



# SEKTÖR RAPORU

Raylı Sistemlerde Ulusal ve Küresel Perspektif



# 2025

Yalçın KAHRAMAN / Dr. İlhami PEKTAŞ

# MİLLİ HIZLI TRENDİ ASELSAN İMZASI







**ASELRAIL TCMS**  
Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi



**ASELRAIL CESUR & MOTOR**  
Çekiş Konvertörü ve Yardımcı Güç Ünitesi



**COBALT  
MAINLINE & CITYLINE**  
Sinyalizasyon Sistemi



**URUK TRAIN**  
Yapay Zeka Destekli Kestirimci ve  
Önleyici Bakım



**COBALT JRU**  
Araçüstü Kayıt Birimi



**KAYIN PRO**  
Akıllı Ağ Video Kaydedici



**ODAKAN**  
Kamera Ürün Ailesi

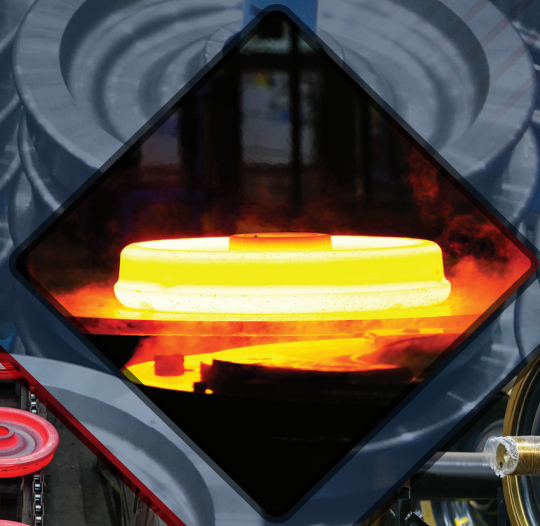


**HEARTLINE OED**  
Otomatik Eksternal Defibrilatör



# DEMİR AĞLARDA **BiZ** VARIZ

Demiryollarına yön veren güç olarak, Türkiye'nin ve bölgenin tek ray ve teker üreticisi olmanın sorumluluğuyla, üretimimizi yerli ve milli kabiliyetlerle, geleceğin ulaştırma altyapılarını inşa etmek için sürdürüyoruz.



[www.kardemir.com](http://www.kardemir.com)



@sosyalkardemir



Dünya  
Hareket  
Halinde.  
Biz de  
Öyle.







# ACARLAR VAGON

## Kuruluş

Establishment

## Demiryolu Araçları Tekerlek Seti Üretimi

Wheel Set Production of  
Railway Vehicles

## Türkiye'nin İlk TSI Sertifikalı Tekerlek Seti Üreticisi

First TSI Certified Wheel  
Set Manufacturer of Türkiye

## TSI Sertifikası Kapsam Genişletme (BA303)

TSI Certificate  
Scope Extension

2011

2014

2018

2020

2022

2023

2024

2025

## Türkiye'nin İlk 4 Fonksiyonlu ECM Belgeli Kuruluşu

First 4-Function ECM Certified Company  
of Türkiye

## Lokomotif Bakım Tesisi

Establishment Of Locomotive  
Maintenance Facility

## Tekerlek Seti Balans Kontrolü

Wheel Set Balance  
Check

## Farklı Tipte Tekerlek Setleri İçin TSI Sertifikası Kapsam Genişletme

TSI Certificate  
Scope Extension  
For Different Types  
Of Wheelsets

### Wheel Set

- Wheel Machining
- Axlebox Maintenance
- Wheel Replacement
- Complete Wheel Set Manufacturing

### Wagon Services

- Repair, maintenance, and revision of wagons
- Wagon wheel and wheel set replacement
- Interior equipment repairs of wagons

### Locomotive Services

- Repair, maintenance, and servicing of locomotives
- Locomotive wheel and wheel set replacement

### Other Services

- Registration procedures for railway vehicles
- ECM services for railway vehicles
- Repair, maintenance, and servicing of road and railway vehicles, as well as track maintenance vehicles.

### OUR STRONG PARTNERSHIPS

- Locomotives
- Diesel-Electric Locomotives
- Electric Locomotives
- Diesel-Hydraulic Locomotives
- Shunting Locomotives
- Compressors
- Laser-based Rust and Paint Removal Equipment
- Axles and Wheels
- Wagon and Locomotive Spare Parts

### TSI CERTIFIED WHEEL SET PRODUCTION

- BA004 Wheelset
- BA319 Wheelset
- BA303 Wheelset

### CERTIFICATES

- -ECM Certificate
- -Ch1 Certificate
- -EC Desing Exmination Certificate
- -Quality Managment Certificate
- -EN 15085-2 Certificate
- -EN ISO 3834-2 Certificate
- -ISO 9001
- -ISO 14001
- -ISO 45001







TCDD TEKNİK



## Demiryollarının gücünü geleceğe taşıyoruz

Mühendislikten müşavirliğe, sinyalizasyondan demiryolu araçlarına, sertifikasyondan ölçüm ve bakım hizmetlerine kadar uzanan uzmanlığımızla; küresel demiryolu ekosistemine sürdürülebilir değer katıyor, ileri teknolojiyle şekillendirdiğimiz projelerle sektöre yön veriyoruz.



[www.tcddteknik.com.tr](http://www.tcddteknik.com.tr)



+90 312 227 02 19



Aziziye, Hoşdere Cd. No:167, 06690  
Çankaya/Ankara





# RAYLI ULAŞIM TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ



T.C. SANAYİ VE  
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



#MILLİ  
TEKNOLOJİ  
HAMLESİ



TÜBİTAK  
RUTE

[rute.tubitak.gov.tr](http://rute.tubitak.gov.tr)

+90 262 677 24 00 - [rute@tubitak.gov.tr](mailto:rute@tubitak.gov.tr)



**ARUS Yayınları : 8**  
Sektör Raporu  
Raylı Sistemlerde Ulusal ve Küresel Perspektif

Hazırlayanlar  
**Yalgın KAHRAMAN**  
**Dr. İlhami PEKTAŞ**

**1. Baskı, Ekim 2025**  
**1.000 Adet**

ARUS Anadolu Raylı Ulaşım Kümelenmesi  
100. Yıl Bulvarı, 101/A Ostim / ANKARA  
Tel: 0312 354 92 10  
**[www.anadoluraylisistemler.org](http://www.anadoluraylisistemler.org)**

Kapak Tasarım/İç Düzen  
**Ekber Yıldız**

© **ARUS**

Sertifika No: 47711

Yazılı izin alınmadan kısmen veya tamamen alıntı  
yapılamaz, kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.







## İÇİNDEKİLER

|                                                                               |          |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|
| TABLolar.....                                                                 | XXII     |
| GRAfİKLER.....                                                                | XXIII    |
| ŞEKİLLER.....                                                                 | 1        |
| <b>1. DÜNYADA RAYLI SİSTEMLER SEKTÖRÜ .....</b>                               | <b>9</b> |
| 1.1.1. Amerika Birleşik Devletleri.....                                       | 20       |
| 1.1.2. Çin Halk Cumhuriyeti.....                                              | 23       |
| 1.1.3. Rusya .....                                                            | 27       |
| 1.1.4. Hindistan.....                                                         | 31       |
| 1.1.5. İlk Dört Ülke Arasında Karşılaştırmalı Değerlendirme .....             | 35       |
| 1.2. Avrupa .....                                                             | 37       |
| 1.2.1. Almanya .....                                                          | 38       |
| 1.2.2. Fransa .....                                                           | 39       |
| 1.2.3. Polonya.....                                                           | 40       |
| 1.2.4. İtalya.....                                                            | 40       |
| 1.2.5. Birleşik Krallık (İngiltere) .....                                     | 41       |
| 1.2.6. İspanya.....                                                           | 42       |
| 1.3. Dünyada Demiryolu Taşımacılığı .....                                     | 43       |
| 1.3.1. Küresel Demiryolu Yolcu-Km İstatistikleri ve Trend Analizi .....       | 45       |
| 1.3.2. Küresel Demiryolu Ton-Km İstatistikleri ve Trend Analizi .....         | 46       |
| 1.4. Dünyada Raylı Sistemler Sektöründe Elektrifikasyon .....                 | 48       |
| 1.5. Küresel Yüksek Hızlı Tren Ağı .....                                      | 51       |
| 1.5.1. Asya Bölgesinde Önemli Ülkeler .....                                   | 54       |
| 1.5.1.1.Çin .....                                                             | 54       |
| 1.5.1.2.Japonya.....                                                          | 55       |
| 1.5.1.3.Güney Kore.....                                                       | 56       |
| 1.5.1.4.Hindistan .....                                                       | 56       |
| 1.5.2. Avrupa Bölgesinde Önemli Ülkeler.....                                  | 57       |
| 1.5.2.1. İspanya .....                                                        | 57       |
| 1.5.2.2. Fransa.....                                                          | 57       |
| 1.5.2.3. Almanya .....                                                        | 58       |
| 1.5.2.4. İtalya .....                                                         | 58       |
| 1.5.2.5.Birleşik Krallık.....                                                 | 59       |
| 1.5.3. Kuzey ve Güney Amerika Bölgesinde Önemli Ülkeler .....                 | 59       |
| 1.5.3.1. ABD.....                                                             | 59       |
| 1.5.3.2.Kanada .....                                                          | 60       |
| 1.5.3.3. Brezilya .....                                                       | 60       |
| 1.5.3.4.Arjantin .....                                                        | 61       |
| 1.5.4. Afrika Bölgesinde Önemli Ülkeler .....                                 | 61       |
| 1.5.4.1. Fas.....                                                             | 61       |
| 1.5.4.2. Mısır, Güney Afrika ve Nijerya Örnekleri .....                       | 62       |
| 1.5.5. Diğer Bölgelerdeki Önemli YHT Çalışmaları .....                        | 62       |
| 1.5.5.1.Suudi Arabistan .....                                                 | 62       |
| 1.5.5.2.Birleşik Arap Emirlikleri ve Katar .....                              | 63       |
| 1.6. Dünya Pazarında Raylı Sistem Araç Üretimi Ve Teknoloji Beklentileri..... | 63       |





|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.7. Dünya Pazarında Raylı Sistem Araç Üreticileri Ve Pazar Dinamikleri.....                         | 66        |
| 1.7.2. Alstom.....                                                                                   | 70        |
| 1.7.3. Bombardier .....                                                                              | 71        |
| 1.7.4. CRRC Corporation Limited .....                                                                | 72        |
| 1.7.5. GE Transportation.....                                                                        | 73        |
| 1.7.6. Stadler Rail AG.....                                                                          | 74        |
| 1.7.7. The Greenbrier Companies.....                                                                 | 75        |
| 1.7.8. Trinity Rail Group .....                                                                      | 76        |
| 1.7.9. Hyundai Rotem.....                                                                            | 76        |
| 1.7.10. Hitachi Rail Systems.....                                                                    | 77        |
| 1.7.11. CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles).....                                        | 78        |
| 1.7.12. Transmashholding .....                                                                       | 79        |
| <b>2. TÜRKİYE'DE DEMİRYOLU SEKTÖRÜNÜN DURUMU .....</b>                                               | <b>81</b> |
| 2.1. Türkiye'de Demiryolunun Tarihsel Gelişimi.....                                                  | 81        |
| 2.1.1. Osmanlı Döneminde Demiryolu (1856-1923).....                                                  | 81        |
| 2.1.1.1 Rumeli Demiryolları.....                                                                     | 81        |
| 2.1.1.2. Anadolu-Bağdat Demiryolu.....                                                               | 81        |
| 2.1.1.3. İzmir-Kasaba ve İzmir-Aydın Hatları.....                                                    | 82        |
| 2.1.1.4. Hicaz Demiryolu (1900-1908).....                                                            | 82        |
| 2.1.1.5. Şam-Hama ve Yafa-Kudüs Hatları .....                                                        | 83        |
| 2.1.1.6. Dar Hatlı Demiryolları .....                                                                | 83        |
| 2.1.2. Cumhuriyet Döneminde Demiryolu (1923-1950).....                                               | 84        |
| 2.1.2.1. Cumhuriyet Tarihi'nin Birinci Dönem Demiryolu Çalışmaları .....                             | 85        |
| 2.1.2.2. Cumhuriyet Tarihi'nin İkinci Dönem Demiryolu Çalışmaları.....                               | 86        |
| 2.1.2.3. Ankara-Kayseri-Sivas Demiryolu Hattı.....                                                   | 87        |
| 2.1.2.4. Sivas-Erzurum Demiryolu Hattı (1924-1939).....                                              | 87        |
| 2.1.2.5. Fevzipaşa-Diyarbakır Demiryolu Hattı (1933-1935) .....                                      | 88        |
| 2.1.2.6. Kayseri-Ulukışla Demiryolu Hattı (1930-1933) .....                                          | 88        |
| 2.1.2.7. Kütahya-Tavşanlı-Balıkesir Demir Yolu Hattı (1931-1936) .....                               | 89        |
| 2.1.2.8. Samsun-Sivas Demir Yolu Hattı (1924-1932) .....                                             | 89        |
| 2.1.2.9. Malatya-Çetinkaya Demir Yolu Hattı (1931-1936) .....                                        | 89        |
| 2.1.2.10. Irmak - Filyos ve Filyos-Ereğli Hatları (1927 - 1935) .....                                | 90        |
| 2.1.3. 1950-2003 Yılları Arası Demiryolları .....                                                    | 90        |
| 2.1.4. 2003-2020 Yılları Arası Demiryolları .....                                                    | 92        |
| 2.1.4.1. Hızlı Tren Projeleri (2003-2020).....                                                       | 96        |
| 2.1.4.2. Tamamlanan Önemli Projeler.....                                                             | 99        |
| 2.1.5. 2020-2025 Yılları Arası Demiryolları .....                                                    | 102       |
| 2.1.5.1. Yatırım Bütçeleri, Finansman Kaynakları ve Ekonomik Etkiler.....                            | 108       |
| 2.1.5.2. Şehir Bazlı Önemli Demiryolu Projeleri (İstanbul, Ankara, İzmir).....                       | 110       |
| 2.1.5.3. Demiryolu Projelerinin Ulaştırma ve Lojistik Stratejileriyle İlişkisi .....                 | 112       |
| 2.1.5.4. Demiryolu Projelerin Çevresel ve Sosyal Etkileri ve Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi ..... | 113       |
| 2.1.5.5. Devam Eden Önemli Demiryolu Projeleri.....                                                  | 115       |
| 2.1.5.5.1. Ankara-İzmir Hızlı Tren Hattı.....                                                        | 116       |
| 2.1.5.5.2. Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı .....                                    | 117       |
| 2.1.5.5.3. Bandırma-Bursa-Yenişehir-Osmaneli Hızlı Tren Hattı.....                                   | 118       |
| 2.1.5.5.4. Halkalı-Çerkezköy-Kapıkule Hızlı Tren Hattı .....                                         | 119       |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1.5.5.5. Karaman-Ulukışla Hızlı Tren Hattı .....                                                                | 120 |
| 2.1.5.5.6. Sivas-Erzincan Hızlı Tren Hattı .....                                                                  | 121 |
| 2.1.5.5.7. Yerköy - Kayseri Hızlı Tren Hattı .....                                                                | 122 |
| 2.1.5.6. Planlanan Önemli Demiryolu Projeleri .....                                                               | 123 |
| 2.1.5.6.1. Ankara-İstanbul Süper Hızlı Tren Hattı .....                                                           | 123 |
| 2.1.5.6.2 Dünya Bankası Finansmanlı Demiryolu Lojistiğini Geliştirme Projesi.....                                 | 124 |
| 2.1.5.6.3. Kuzey Marmara Hızlı Tren Hattı .....                                                                   | 127 |
| 2.1.5.6.4. Kars-İğdır-Aralık-Dilucu (Zengezur) Demiryolu Hattı .....                                              | 127 |
| 2.1.5.6.5. Kırıkkale - Çorum - Samsun Hızlı Tren Hattı .....                                                      | 128 |
| 2.1.5.6.6. Aksaray - Ulukışla - Yenice Hızlı Tren Hattı .....                                                     | 130 |
| 2.1.5.6.7. Dörtöyol - Hassa Otoyol ve Demiryolu Bağlantısı.....                                                   | 131 |
| 2.1.5.6.8. Karadeniz Sahil Demiryolu Projesi (Samsun - Hopa - Sarp) Etüt Proje ve Mühendislik Hizmetleri İşi..... | 132 |
| 2.1.5.6.9. Divriği - Kars - Hudut Demiryolu Hattını Rehabilitasyonu .....                                         | 133 |
| 2.1.5.6.10. Aksaray - Ulukışla - Yenice Hızlı Tren Hattı .....                                                    | 134 |
| 2.1.5.6.11. Adapazarı-Karasu Limanı ve Sanayi Tesisleri Demiryolu Bağlantısı Projesi.....                         | 134 |
| 2.1.5.6.12. Malatya - Narlı Hızlı Demiryolu Hattı Projesi.....                                                    | 135 |
| 2.1.5.6.13. Kırıkkale (Delice) - Çorum Hızlı Tren Projesi.....                                                    | 136 |
| 2.1.5.6.14. Aliağa-Bergama-Soma Revize Demiryolu ve Maden Sahaları Demiryolu Bağlantısı .....                     | 137 |
| 2.1.5.6.15. Gaziantep-Şanlıurfa- Mardin Hızlı Demiryolu Projesi.....                                              | 138 |
| 2.1.5.6.16. Nusaybin-Habur Hızlı Demiryolu Projesi .....                                                          | 138 |
| 2.1.5.6.17. Antalya-Eskişehir Hızlı Tren Hattı.....                                                               | 139 |
| 2.1.5.6.18. Antalya-Kayseri Hızlı Tren Hattı.....                                                                 | 139 |
| 2.2. Demiryollarının Mevcut Durumu .....                                                                          | 140 |
| 2.3. Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi.....                                                            | 140 |
| 2.4. Türkiye’de Demiryolu Yük Taşımacılığı (2003-2024) .....                                                      | 142 |
| 2.4.1. TCDD ve TCDD Taşımacılık AŞ’nin Rolü .....                                                                 | 143 |
| 2.4.2. Serbestleşme Etkisi ve Özel Sektörün Girişi .....                                                          | 144 |
| 2.4.3. İstatistiksel Analiz: Hacimler ve Demiryolunun Payı.....                                                   | 147 |
| 2.4.4. Lojistik Projeler ve Altyapı Atılımları .....                                                              | 148 |
| 2.4.4.1. Lojistik Merkezler .....                                                                                 | 150 |
| 2.4.5. Uluslararası Entegrasyon ve Dış Ticarete Demiryolu .....                                                   | 152 |
| 2.4.6. Türkiye’yi İlgilendiren Demiryolu Ulaştırma Koridorları .....                                              | 154 |
| 2.4.6.1. Bir Kuşak Bir Yol Projesi – Orta Koridor .....                                                           | 155 |
| 2.4.6.2. EİT Koridorları (ATI, ITI Konteyner Trenleri) .....                                                      | 158 |
| 2.4.6.3. Birleşmiş Milletler Koridorları .....                                                                    | 159 |
| 2.4.6.4. TEN-T (Trans Europe Network-Transportation) .....                                                        | 161 |
| 2.4.6.5. TRACECA (Avrupa Kafkasya Asya Ulaşım Koridoru) .....                                                     | 162 |
| 2.4.6.6. Lapis Lazuli Transit Taşıma Koridoru.....                                                                | 163 |
| 2.4.6.7.Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü(KEİ) .....                                                            | 163 |
| 2.4.7. Dış Ticarete Demiryolu Taşımacılığı.....                                                                   | 164 |
| 2.5. Ana Hat ve Banliyö Yolcu Taşımacılığı.....                                                                   | 165 |
| 2.5.1. Konvansiyonel Yolcu Taşımacılığı .....                                                                     | 166 |
| 2.5.2. Yüksek Hızlı Tren İşletmeciliği.....                                                                       | 167 |
| 2.5.3. Banliyö Tren İşletmeciliği.....                                                                            | 168 |
| 2.5.3.1.Marmaray (İstanbul) .....                                                                                 | 169 |



|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.5.3.2. Başkentray (Ankara) .....                                        | 170        |
| 2.5.3.3. İZBAN (İzmir).....                                               | 171        |
| 2.5.3.4. Halkalı-Bahçeşehir (İstanbul Banliyö) Yolcu Taşımacılığı.....    | 172        |
| 2.5.3.5. Gaziray (Gaziantep Banliyö) Yolcu Taşımacılığı .....             | 173        |
| 2.5.3.6. Adaray (Sakarya Banliyö) Yolcu Taşımacılığı.....                 | 173        |
| 2.5.3.7. Sirkeci-Kazlıçeşme (İstanbul Banliyö) Yolcu Taşımacılığı.....    | 174        |
| 2.5.3.8. Yeni Projeler .....                                              | 174        |
| 2.5.4. Yolcu Taşımacılığı İstatistikleri (2003-2024) .....                | 175        |
| 2.6. Demiryolu Sektörü İçerisinde TCDD'nin Durumu .....                   | 176        |
| <b>3. TÜRKİYE'DE ŞEHİR İÇİ RAYLI SİSTEMLER SEKTÖRÜNÜN DURUMU .....</b>    | <b>179</b> |
| 3.1. Kentiçi İşletmeciliği .....                                          | 179        |
| 3.1.1. İstanbul Metrosu.....                                              | 179        |
| 3.1.2. Ankara Raylı Sistem İşletmesi.....                                 | 187        |
| 3.1.3. İzmir Raylı Sistem İşletmesi.....                                  | 191        |
| 3.1.4. Bursa Raylı Sistem İşletmesi.....                                  | 195        |
| 3.1.5. Konya Raylı Sistem İşletmesi.....                                  | 199        |
| 3.1.6. Adana Raylı Sistem İşletmesi .....                                 | 201        |
| 3.1.7. Eskişehir Raylı Sistem İşletmesi.....                              | 204        |
| 3.1.8. Gaziantep Raylı Sistem İşletmesi.....                              | 206        |
| 3.1.9. Kocaeli Raylı Sistem İşletmesi.....                                | 209        |
| 3.1.10.Samsun Raylı Sistem İşletmesi .....                                | 211        |
| 3.1.11. Antalya Raylı Sistem İşletmesi.....                               | 213        |
| 3.1.12. Kayseri Raylı Sistem İşletmesi .....                              | 216        |
| 3.2. Raylı Sistem Planlanan Kentler.....                                  | 217        |
| 3.2.1. Mersin.....                                                        | 217        |
| 3.2.2. Trabzon.....                                                       | 218        |
| <b>4. TÜRKİYE'DE RAYLI SİSTEMLER ARAÇ VE VAGON ÜRETİCİLERİ İLE HİZMET</b> |            |
| VEREN ARAÇLARIN DURUMU .....                                              | 219        |
| 4.1. TÜRASAŞ .....                                                        | 219        |
| 4.1.1. TÜRASAŞ Eskişehir Bölge Müdürlüğü.....                             | 221        |
| 4.1.2. TÜRASAŞ Sakarya Bölge Müdürlüğü .....                              | 221        |
| 4.1.3. TÜRASAŞ Sivas Bölge Müdürlüğü.....                                 | 222        |
| 4.2. Bozankaya .....                                                      | 222        |
| 4.3. Durmazlar .....                                                      | 224        |
| 4.4. Vako Vagon.....                                                      | 225        |
| 4.5. RC Endüstri (Erciyas Rail).....                                      | 226        |
| 4.6. Railtur Vagon .....                                                  | 227        |
| 4.7. Esray Vagon .....                                                    | 228        |
| 4.8. Epsilon NDT .....                                                    | 229        |
| 4.9. GökRail.....                                                         | 230        |
| 4.10. Hizmet Veren Araçların Durumu .....                                 | 231        |
| 4.10.1. Konvansiyonel Hatlarda Çeken-Çekilen Araçlar .....                | 231        |
| 4.10.1.1. TCDD Taşımacılık.....                                           | 231        |
| 4.10.1.2. Körfez Ulaştırma A.Ş.....                                       | 233        |
| 4.10.2.Hizmet Veren Şehir İçi Raylı Sistem Araçların Durumu.....          | 233        |
| 4.10.2.1. İstanbul .....                                                  | 233        |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.10.2.2. Ankara .....                                                                | 235        |
| 4.10.2.3. İzmir .....                                                                 | 235        |
| 4.10.2.4. Eskişehir .....                                                             | 235        |
| 4.10.2.5. Adana.....                                                                  | 235        |
| 4.10.2.6. Bursa .....                                                                 | 235        |
| 4.10.2.7. Kayseri.....                                                                | 236        |
| 4.10.2.8. Konya .....                                                                 | 236        |
| 4.10.2.9. Samsun.....                                                                 | 236        |
| 4.10.2.10. Antalya.....                                                               | 237        |
| 4.10.2.11. Gaziantep.....                                                             | 237        |
| 4.10.2.12. Kocaeli .....                                                              | 237        |
| <b>5. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE RAYLI SİSTEM (GTİP 86) İHRACAT-İTHALAT ANALİZİ.....</b>   | <b>238</b> |
| 5.1. GTIP 86 Bölümü, 4 Haneli GTIP Alt Başlıkları.....                                | 238        |
| 5.2. Uluslararası İthalat Değerlendirmesi .....                                       | 240        |
| 5.2.1. Ülke Bazlı Performans Analizi .....                                            | 241        |
| 5.2.2. Bölgesel Dağılım ve Ticaret Akışı .....                                        | 242        |
| 5.2.3. Küresel Ticaret Dengesi ve İthalatçıların Davranışı.....                       | 242        |
| 5.2.4. Pazar Fırsatları ve Yatırım Stratejileri .....                                 | 243        |
| 5.2.5. İthalat Artışı ve Azalışının Nedenleri.....                                    | 244        |
| 5.2.6. Stratejik Öneriler .....                                                       | 244        |
| 5.2.7. Öneriler ve Sonuçlar.....                                                      | 245        |
| 5.3. Uluslararası İhracat Değerlendirmesi.....                                        | 246        |
| 5.3.1. Ülke Bazlı Ticaret Performansı.....                                            | 247        |
| 5.3.2. İhracat Artışı ve Azalışının Nedenleri.....                                    | 248        |
| 5.3.3. Bölgesel Dağılım .....                                                         | 249        |
| 5.3.4. İlgili Sektörler ve Alt Kalemler.....                                          | 250        |
| 5.3.5. Küresel Ticaret Geleceği ve Fırsatlar .....                                    | 251        |
| 5.3.6. Öneriler ve Sonuçlar.....                                                      | 253        |
| 5.4. Uluslararası İthalat ve İhracat Verilerinin Değerlendirmesi.....                 | 254        |
| 5.4.1. En Büyük İhracatçı ve İthalatçı Ülkelerdeki Değişimler .....                   | 255        |
| 5.4.2. Öne Çıkan Artış ve Azalış Oranları.....                                        | 256        |
| 5.4.3. Ticaret Hacmindeki Değişimlerin Nedenleri ve Etkileri.....                     | 256        |
| 5.4.4. Ürün Bazında İthalat ve İhracat Karşılaştırması .....                          | 257        |
| 5.4.5. GTIP 86 Sektörünün Geleceğe Yönelik Beklentileri.....                          | 261        |
| 5.5. Türkiye'nin Ticaret Göstergeleri .....                                           | 262        |
| <b>6. TÜRK MÜTEAHHİTLERİNİN ULUSLARARASI RAYLI SİSTEM İHALELERİ.....</b>              | <b>264</b> |
| 6.1. Türk İnşaat Firmalarının Küresel Konumu .....                                    | 264        |
| 6.1.1. Başarılı Tamamlanmış Bazı Önemli Projeler .....                                | 265        |
| 6.1.2. Devam Eden veya Yeni Kazanılmış Bazı Önemli Projeler .....                     | 266        |
| 6.2. Önde Gelen Türk Müteahhitleri ve Uluslararası Raylı Sistem Proje Kazançları..... | 267        |
| 6.2.1. Yapı Merkezi.....                                                              | 267        |
| 6.2.2. Doğuş İnşaat.....                                                              | 269        |
| 6.2.3. Limak İnşaat.....                                                              | 269        |
| 6.2.4. Gülermak İnşaat.....                                                           | 270        |
| 6.2.5. Mapa İnşaat.....                                                               | 271        |
| 6.3. Türk Raylı Sistem Projelerinin Coğrafi Dağılımı.....                             | 274        |



|                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.4. Teknik Yeterlilik ve Mühendislik Kabiliyetleri.....                                           | 274        |
| 6.5. Finansal Rekabet Gücü ve Uluslararası Finansman Kullanımı .....                               | 275        |
| 6.6. Politik ve Diplomatik Etkiler.....                                                            | 275        |
| 6.7. Türk Müteahhitleri Raylı Sistem Projelerinin Çeşitliliği ve Ölçeği .....                      | 276        |
| 6.8. Projelerin Ölçeği ve Ekonomik Etkisi .....                                                    | 277        |
| 6.9. Karşılaşılan Zorluklar (Yerel Mevzuat, Jeopolitik Riskler, Rekabet).....                      | 278        |
| <b>7. AR-GE KURULUŞLARI, TEST VE ÖLÇÜM MERKEZLERİ .....</b>                                        | <b>279</b> |
| 7.1. Dünyada AR-GE Kuruluşları ve İnovasyon Yapılanmaları.....                                     | 279        |
| 7.2. Dünyada Test ve Ölçüm Merkezleri.....                                                         | 280        |
| 7.3. Türkiye’de Raylı Sistemlerde Kamu Destekli Ar-Ge ve Test Merkezleri .....                     | 283        |
| 7.3.1. TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE) .....                                   | 284        |
| 7.3.2. TCDD Araştırma Merkezi: DATEM.....                                                          | 285        |
| 7.3.3. TÜRASAŞ (Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş.) .....                                   | 286        |
| 7.3.4. URAYSİM (Eskişehir Ulusal Raylı Sistemler Test ve Araştırma Merkezi) .....                  | 286        |
| 7.3.5. UDHAM (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi).....                      | 287        |
| <b>8. YERLİ VE MİLLİ AR-GE ÇALIŞMALARI.....</b>                                                    | <b>289</b> |
| 8.1. Yerli Sinyalizasyon Çalışmaları .....                                                         | 291        |
| 8.2. Yeni Nesil Millî Yük Vagonu.....                                                              | 293        |
| 8.3. Millî Hızlı Tren.....                                                                         | 293        |
| 8.4. Millî Elektrikli Tren Seti .....                                                              | 294        |
| 8.5. E5000 Elektrikli Anahat Lokomotifi.....                                                       | 295        |
| 8.6. Millî Cer Sistemi ve Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi .....                                    | 296        |
| 8.7. HSL-700 Hibrit Manevra Lokomotifi.....                                                        | 296        |
| 8.8. E1000 Elektrikli Manevra Lokomotifi .....                                                     | 297        |
| 8.9. DE10000 Dizel-Elektrikli Manevra Lokomotifi .....                                             | 297        |
| 8.10. Durmazlar Tramvay ve LRV Geliştirme Projesi.....                                             | 298        |
| 8.11. İstanbul Ulaşım A.Ş (Metro İstanbul) Tramvay Geliştirme Projesi.....                         | 298        |
| 8.12. Sürücüsüz Metro Aracı .....                                                                  | 299        |
| 8.13. Bataryalı Yeni Nesil Tramvay Projesi.....                                                    | 299        |
| 8.14. Millî Tren Tekeri Projesi.....                                                               | 300        |
| <b>9. DÜNYADA HİDROJEN VE YÜKSEK HIZLI TREN ARGE ÇALIŞMALARI .....</b>                             | <b>301</b> |
| 9.1. Hidrojen Trenleri .....                                                                       | 301        |
| 9.2. Ray Ötesi Sistemler: Hyperloop Ve Manyetik Levitasyon (Maglev) Teknolojilerinin Gelişimi..... | 301        |
| 9.2.1. Manyetik Levitasyon (Maglev) Teknolojisi: Mevcut Durum ve Küresel Gelişmeler .....          | 302        |
| 9.2.1.1. Maglev Teknolojisinin Teknik ve Operasyonel Üstünlükleri .....                            | 303        |
| 9.2.2. Hyperloop Teknolojisi: Mevcut Durum ve Küresel Gelişmeler .....                             | 305        |
| 9.2.2.1. Hyperloop’un Önündeki Yapısal ve Sistemsel Engeller.....                                  | 308        |
| 9.2.3. Hyperloop ve Maglev Karşılaştırması: Farklar ve Ortak Yönler .....                          | 308        |
| 9.2.3.1. Gelişim Aşamaları ve Ticari Olgunluk Farkları.....                                        | 310        |
| 9.2.4. Çevresel Etkiler .....                                                                      | 310        |
| 9.2.5. Yasal ve Düzenleyici Çerçeve.....                                                           | 312        |
| 9.2.5.1. Hyperloop İçin Yasal Çerçeve ve Standart Gelişimi.....                                    | 312        |
| 9.2.5.2. Maglev Sistemleri İçin Mevzuat ve Standartlar .....                                       | 313        |
| 9.2.6. Türkiye’deki Gelişmeler ve Potansiyel Uygulama Alanları.....                                | 313        |
| 9.2.6.1. Türkiye İçin Potansiyel Uygulama Alanları ve Fırsatlar .....                              | 315        |
| 9.2.6.2. Sınırlayıcı Faktörler ve Zorluklar .....                                                  | 316        |
| 9.2.7. Sonuç ve Gelecek Perspektifleri.....                                                        | 317        |
| 9.2.7.1. Politika Yapıcılara, Yatırımcılara ve Araştırmacılara Yönelik Öneriler .....              | 318        |

|                                                                                                          |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>10. ULUSAL VE ULUSLARARASI KURALLAR, MEVZUAT VE BELGELENDİRME.....</b>                                | <b>319</b> |
| 10.1. Ulusal Düzey.....                                                                                  | 319        |
| 10.1.1 6461 Sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun .....             | 319        |
| 10.1.2. Demiryolu Emniyet Yönetmeliği.....                                                               | 319        |
| 10.1.3. Tren Makinist Yönetmeliği.....                                                                   | 320        |
| 10.1.4. Demiryolu Emniyet Kritik Görevler Yönetmeliği .....                                              | 321        |
| 10.1.5. Demiryolu Eğitim ve Sınav Merkezi Yönetmeliği.....                                               | 321        |
| 10.1.6. Demiryolu İşletmeciliği Yetkilendirme Yönetmeliği.....                                           | 322        |
| 10.1.7. Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelik..... | 323        |
| 10.1.8. Demiryolu Araçları Tip Onay Yönetmeliği.....                                                     | 323        |
| 10.1.9. Demiryolu Araçları Tescil ve Sicil Yönetmeliği.....                                              | 324        |
| 10.1.10. Demiryolu Yolcu Taşımacılığı Kamu Hizmeti Yükümlülüğü Yönetmeliği .....                         | 325        |
| 10.1.11. Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Erişim Yönetmeliği .....                            | 326        |
| 10.1.12. Demiryolu İle Seyahat Eden Yolcuların Haklarına Dair Yönetmelik .....                           | 326        |
| 10.2. Uluslararası Düzey .....                                                                           | 327        |
| 10.2.1. Uluslararası Demiryolu Taşımalarına İlişkin Sözleşme (COTIF) .....                               | 327        |
| 10.2.1.1. COTIF'in Tarihsel Gelişimi ve Temel Revizyonları: .....                                        | 328        |
| 10.2.1.2. COTIF 1999'un Yapısı ve Temel Hükümleri:.....                                                  | 331        |
| 10.2.1.3 COTIF'in Coğrafi ve Operasyonel Kapsamı ve Üye Devletler .....                                  | 333        |
| 10.2.1.4. Türkiye'nin COTIF ve Ulusal Mevzuat İlişkisi .....                                             | 334        |
| 10.2.1.5. Güncel Gelişmeler ve Gelecek Yönelimler.....                                                   | 334        |
| 10.2.2. ECM (Entity in Charge of Maintenance) Sertifikası .....                                          | 335        |
| 10.2.3. Bakım Fonksiyonu Uygunluk Belgesi.....                                                           | 338        |
| 10.2.4. 15085 Kaynaklı İmalat Belgeli Firmalar.....                                                      | 338        |
| 10.2.5. IRIS (International Railway Industry Standard) Belgesi.....                                      | 340        |
| 10.2.6. TSI (Technical Specifications for Interoperability) Belgesi .....                                | 342        |
| <b>11. ULUSLARARASI VE ULUSAL RAYLI SİSTEM KÜMELENMELERİ VE BENZERİ YAPILANMALAR.....</b>                | <b>343</b> |
| 11.1. Avrupa'daki Raylı Sistem Kümelenmeleri.....                                                        | 343        |
| 11.1.1. i-Trans – Fransa .....                                                                           | 347        |
| 11.1.2. In-Move by Railgrup – İspanya .....                                                              | 347        |
| 11.1.3. Rail.S – BTS Rail Saxony.....                                                                    | 348        |
| 11.1.4. MAFEX – Asociación Ferroviaria Española .....                                                    | 349        |
| 11.1.5. DITECFER – Distretto per le Tecnologie Ferroviarie.....                                          | 350        |
| 11.1.6. Railenium – Institut de Recherche Technologique Ferroviaire .....                                | 350        |
| 11.1.7. RCSEE – Rail Cluster for South-East Europe Kümelenmesi .....                                     | 352        |
| 11.1.8. Swedish Rail Industry Group (SWERIG) .....                                                       | 352        |
| 11.1.9. Railway Innovation Hub .....                                                                     | 353        |
| 11.1.10. SwissRail Industry Association .....                                                            | 354        |
| 11.1.11. UKRRIN – UK Rail Research and Innovation Network .....                                          | 354        |
| 11.1.12. ACRI (Association of Czech Railway Industry) .....                                              | 355        |
| 11.1.13. PFP – Plataforma Ferroviária Portuguesa.....                                                    | 356        |
| 11.1.14. ACStyria Mobilitätscluster.....                                                                 | 357        |
| 11.1.15. Cluster Transport, Mobility and Logistics (Verkehr, Mobilität und Logistik – VML).....          | 358        |
| 11.1.16. BCRRE (Birmingham Centre for Railway Research and Education) .....                              | 359        |
| 11.1.17. CNA e.V. – Cluster Bahntechnik .....                                                            | 360        |
| 11.1.18. Järnvägsklustret – Railway Cluster of Sweden .....                                              | 360        |
| 11.1.19. Logistics in Wallonia.....                                                                      | 361        |
| 11.1.20. Południowy Klaster Kolejowy.....                                                                | 362        |



|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 11.1.21. Rail Cluster Scotland.....                                                           | 362        |
| 11.1.22. Rail Forum.....                                                                      | 363        |
| 11.2. Asya'daki Raylı Sistem Kümelenmeleri.....                                               | 364        |
| 11.2.1. MARIC – Malezya.....                                                                  | 364        |
| 11.2.2. Japan Railway Technical Research Institute (RTRI).....                                | 365        |
| 11.2.3. Korean Railway Research Institute (KRRI).....                                         | 366        |
| 11.3. Kuzey Amerika'daki Raylı Sistem Kümelenmeleri.....                                      | 366        |
| 11.3.1. Railway Association of Canada (RAC) – Kanada.....                                     | 366        |
| 11.4. Uluslararası Organizasyonlar.....                                                       | 367        |
| 11.4.1. Union Internationale des Chemins de Fer (UIC).....                                    | 367        |
| 11.4.2. OTIF (Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü).....                | 368        |
| 11.4.3. OSJD – Organisation for Co-operation between Railways.....                            | 370        |
| 11.4.4. AAR – Association of American Railroads.....                                          | 370        |
| 11.4.5. ALAF – Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles.....                               | 371        |
| 11.4.6. GCC Railway Committee – Körfez İşbirliği Konseyi Demiryolu Komitesi.....              | 372        |
| 11.4.7. African Union of Railways (AUR).....                                                  | 372        |
| 11.4.8. PRIME – Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe.....                       | 373        |
| 11.4.9. RNE – RailNetEurope.....                                                              | 373        |
| 11.4.10. CER – Community of European Railway and Infrastructure Companies.....                | 374        |
| 11.4.11. UNIFE – Association of the European Rail Supply Industry.....                        | 375        |
| 11.4.12. International Association of Public Transport (UITP).....                            | 375        |
| 11.5. Ulusal Raylı Sistem Kümelenmeleri.....                                                  | 376        |
| 11.5.1. Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi (ARUS).....                               | 376        |
| 11.5.2. Eskişehir Raylı Sistemler Kümelenmesi (RSK).....                                      | 377        |
| 11.5.3. Bursa Raylı Sistemler Kümelenmesi (BURAY).....                                        | 377        |
| 11.6. Diğer Raylı Sistem Dernekleri.....                                                      | 378        |
| 11.6.1. Raylı Ulaştırma Sistemleri ve Sanayicileri Derneği (RAYDER).....                      | 378        |
| 11.6.2. Demiryolları Taşımacılık Derneği (DTD).....                                           | 378        |
| 11.6.3. Raylı Sistemler Derneği (RSD).....                                                    | 378        |
| 11.6.4. Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği (UTİKAD).....          | 379        |
| <b>12. ULUSAL RAYLI SİSTEM HEDEFLERİ.....</b>                                                 | <b>380</b> |
| 12.1. Kısa Vadeli Demiryolu Hedefleri (2023-2028): Büyümenin Temelleri.....                   | 381        |
| 12.1.1. Yönetişim ve Yasal Çerçeve.....                                                       | 381        |
| 12.1.2. Dijitalleşme ve Emniyet.....                                                          | 382        |
| 12.1.3. Ağ Genişletme ve Kapasite Artırma.....                                                | 382        |
| 12.1.4. Yük ve Yolcu Taşımacılığı Gelişimi.....                                               | 383        |
| 12.1.5. Yerli Üretim ve Kent İçi Raylı Sistemler.....                                         | 384        |
| 12.1.6. İnsan Kaynakları ve Teknoloji Entegrasyonu.....                                       | 385        |
| 12.2. Orta Vadeli Demiryolu Hedefleri (2029-2035): Hızlandırılmış Dönüşüm.....                | 386        |
| 12.2.1. Modal Değişim ve Ağ Genişletme.....                                                   | 386        |
| 12.2.2. Teknolojik Gelişim ve Operasyonel Verimlilik.....                                     | 386        |
| 12.2.3. Kent İçi Raylı Sistemler ve Yüksek Hızlı Tren Performansı.....                        | 387        |
| 12.2.4. Sürdürülebilirlik ve Uluslararası Bağlantı.....                                       | 388        |
| 12.3. Uzun Vadeli Demiryolu Hedefleri (2053'e Doğru): Küresel Bir Demiryolu Gücü Vizyonu..... | 388        |
| 12.3.1. Ağ Ölçeği ve Yüksek Hızlı Hizmetler.....                                              | 388        |
| 12.3.2. 2053 İçin Kapsayıcı Stratejik Öncelikler.....                                         | 389        |
| <b>KAYNAKÇA.....</b>                                                                          | <b>392</b> |

## TABLOLAR

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 1.1</b> Küresel Raylı Sistemler Pazarı Temel Göstergeleri.....                                                         | 2   |
| <b>Tablo 2:</b> Türkiye Demiryolu Ağı Gelişimi ve 2053 Hedefleri.....                                                           | 4   |
| <b>Tablo 2.1</b> 2003 ile 2020 yılları arasındaki demiryolu ağı gelişimini özet                                                 | 95  |
| <b>Tablo 2.2</b> Ankara-Eskişehir Hattı Teknik Özellikleri.....                                                                 | 97  |
| <b>Tablo 2.3</b> Ankara-Konya YHT Hattı Teknik Özellikleri.....                                                                 | 97  |
| <b>Tablo 2.4</b> Eskişehir-İstanbul YHT Hattı Teknik Özellikleri.....                                                           | 98  |
| <b>Tablo 2.5</b> Marmaray Projesi Teknik Özellikler Tablosu.....                                                                | 99  |
| <b>Tablo 2.6</b> Proje Bileşenlerine İlişkin Maliyet ve Teknik Özellikler.....                                                  | 100 |
| <b>Tablo 2.7</b> İşletmeye Açılan Lojistik Merkezlerin Teknik Özellikleri.....                                                  | 102 |
| <b>Tablo 2.8</b> Ankara-Sivas YHT Hattı Teknik Özellikler.....                                                                  | 103 |
| <b>Tablo 2.9</b> Ankara-İzmir YHT Projesi Teknik Özellikler.....                                                                | 104 |
| <b>Tablo 2.10</b> İstanbul-Edirne (Halkalı-Kapıkule) YHT Projesi Teknik Özellikler.....                                         | 104 |
| <b>Tablo 2.11</b> Etüt Çalışmaları Devam Eden İltisak Hatları.....                                                              | 125 |
| <b>Tablo 2.12</b> Devam Eden İltisak Hattı Projeleri.....                                                                       | 125 |
| <b>Tablo 2.13</b> İşletmeye Açılan Lojistik Merkezlerde Yıl Bazlı Taşınan Toplam Yük Miktarı.....                               | 151 |
| <b>Tablo 2.14</b> Türkiye Demiryolu Taşımacılığı: Yolcu Sayıları ve Yıllık Değişim Trendleri.....                               | 175 |
| <b>Tablo 3.1</b> İstanbul'daki metro hatlarının hizmete açılış tarihleri ve işletme bilgileri.....                              | 182 |
| <b>Tablo 3.2</b> İstanbul'daki tramvay hatlarının hizmete açılış tarihleri ve işletme bilgileri.....                            | 183 |
| <b>Tablo 3.3</b> İstanbul'da devam eden hatlara ilişkin bilgiler.....                                                           | 184 |
| <b>Tablo 3.4</b> İstanbul'da proje aşamasındaki metro hatlarına ilişkin güncel bilgiler.....                                    | 185 |
| <b>Tablo 3.5</b> Ankara Raylı Sistem Hatları.....                                                                               | 188 |
| <b>Tablo 3.6</b> Bursa Raylı Sistemleri: Hatlar, Araçlar ve Teknik Özellikler.....                                              | 198 |
| <b>Tablo 3.7</b> Adana Metro Projesi: Teknik Özellikler ve Sistem Bilgileri.....                                                | 203 |
| <b>Tablo 4.1</b> TÜRASAŞ Yıllık Üretim Kapasitesi.....                                                                          | 220 |
| <b>Tablo 4.2</b> TCDD Taşımacılık- Çeken Araçların Yaş Gruplarına Göre Dağılımı.....                                            | 232 |
| <b>Tablo 4.3</b> Yolcu Vagonu Türlerine Göre Yaş Dağılımı ve Toplam Sayı.....                                                   | 232 |
| <b>Tablo 4.4</b> TCDD Taşımacılık- Yük Vagonlarının Yaş Gruplarına Göre Dağılımı.....                                           | 232 |
| <b>Tablo 4.5</b> İstanbul Raylı Sistem Araçları: Hatlar, Araç Sayısı ve Marka Bilgileri.....                                    | 234 |
| <b>Tablo 5.1</b> Demiryolu ve Tramvay Araçları ile İlgili GTIP Kodu ve Açıklamaları.....                                        | 238 |
| <b>Tablo 5.2</b> Demiryolu Araçları ve Ekipmanları İthalat Verileri:<br>Ülkelere Göre 2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim..... | 241 |
| <b>Tablo 5.3</b> Demiryolu Araçları ve Ekipmanları İhracat Verileri:<br>Ülkelere Göre 2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim..... | 247 |
| <b>Tablo 5.4</b> Dünyanın Raylı Sistem Sektöründeki İhracat Verileri:<br>2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim.....              | 259 |
| <b>Tablo 5.5</b> Dünyanın Raylı Sistem Sektöründeki İthalat Verileri:<br>2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim.....              | 260 |
| <b>Tablo 6.1</b> Türk müteahhitlerce 2000 sonrası tamamlanan<br>bazı seçkin raylı sistem projeleri.....                         | 265 |
| <b>Tablo 6.2</b> Türk Müteahhitlerinin Uluslararası Raylı Sistem Projelerine Genel Bakış.....                                   | 273 |
| <b>Tablo 6.3</b> Proje Türü Dağılımı.....                                                                                       | 277 |
| <b>Tablo 9.1</b> Hyperloop ve Maglev Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi.....                                              | 310 |
| <b>Tablo 10.1</b> Türkiye'de ECM Sertifikalı Firmalar.....                                                                      | 337 |
| <b>Tablo 10.2</b> Türkiye'de EN15085 Sertifikalı Firmalar.....                                                                  | 339 |
| <b>Tablo 10.3</b> Türkiye'de IRIS Sertifikalı Firmalar.....                                                                     | 341 |



## GRAFİKLER

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Grafik 1.1</b> Dünya'da demiryolu hat uzunluğu oranları (2024) [UIC].....                       | 20  |
| <b>Grafik 1.2</b> Ülkelere göre Tren-Km Dağılımı.....                                              | 44  |
| <b>Grafik 2.1</b> Demiryolu Hatları Mevcut Durumu .....                                            | 140 |
| <b>Grafik 2.2</b> Yıllara göre Marmaray yolcu sayıları .....                                       | 169 |
| <b>Grafik 2.3</b> Yıllara göre Baskentray yolcu sayıları .....                                     | 171 |
| <b>Grafik 2.4</b> Yıllara göre İzban yolcu sayıları .....                                          | 172 |
| <b>Grafik 3.1</b> İstanbul Metrosu 2005-2023 Yolcu Sayıları.....                                   | 181 |
| <b>Grafik 3.2</b> 2016-2023 yılları arasında Ankara raylı sistemler hatlarının yolcu sayıları..... | 189 |



## ŞEKİLLER

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 2.1</b> Ankara-İzmir Hızlı Tren Hattı .....                                                                                  | 116 |
| <b>Şekil 2.2</b> Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı .....                                                               | 117 |
| <b>Şekil 2.3</b> Bandırma-Bursa-Yenişehir-Osmaneli Hızlı Tren Hattı .....                                                             | 118 |
| <b>Şekil 2.4</b> Halkalı-Çerkezköy-Kapıkule Hızlı Tren Hattı .....                                                                    | 119 |
| <b>Şekil 2.5</b> Karaman-Ulukışla Hızlı Tren Hattı .....                                                                              | 120 |
| <b>Şekil 2.6</b> Yerköy - Kayseri Hızlı Tren Hattı .....                                                                              | 122 |
| <b>Şekil 2.7</b> Ankara-İstanbul Süper Hızlı Tren Hattı .....                                                                         | 123 |
| <b>Şekil 2.8</b> Dünya Bankası Finansmanlı OSB İltisak Hatları .....                                                                  | 124 |
| <b>Şekil 2.9</b> Filyos Limanı Ve Filyos Endüstri Sanayi Bölgesi İltisak Hattı Bağlantısı .....                                       | 126 |
| <b>Şekil 2.10</b> Çukurova Bölgesi Ve İskenderun Körfezi San. Tes. Yumurtalık Ser. Böl. San. Merkez. ve Limanları İltisak Hattı ..... | 126 |
| <b>Şekil 2.11</b> Kuzey Marmara Hızlı Tren Hattı .....                                                                                | 127 |
| <b>Şekil 2.12</b> Kars-Iğdır-Aralık-Dilucu (Zengezur) Demiryolu Hattı .....                                                           | 128 |
| <b>Şekil 2.13</b> Kırıkkale - Çorum - Samsun Hızlı Tren Hattı .....                                                                   | 129 |
| <b>Şekil 2.14</b> Aksaray - Ulukışla - Yenice Hızlı Tren Hattı .....                                                                  | 130 |
| <b>Şekil 2.15</b> Dört Yol - Hassa Otoyol ve Demiryolu Bağlantısı .....                                                               | 131 |
| <b>Şekil 2.16</b> Karadeniz Sahil Demiryolu Projesi (Samsun - Hopa - Sarp ) Projesi .....                                             | 132 |
| <b>Şekil 2.17</b> Divriği - Kars - Hudut Demiryolu Hattını Rehabilitasyonu .....                                                      | 133 |
| <b>Şekil 2.19</b> Malatya - Narlı Hızlı Demiryolu Hattı Projesi .....                                                                 | 136 |
| <b>Şekil 2.20</b> Kırıkkale (Delice) - Çorum Hızlı Tren Projesi .....                                                                 | 137 |
| <b>Şekil 2.21</b> Aliağa-Bergama-Soma Revize Demiryolu ve Maden Sahaları Demiryolu Bağlantısı .....                                   | 137 |
| <b>Şekil 2.22</b> Ülkemizde İşletmede Olan ve Kurulması Planlanan Lojistik Merkezler .....                                            | 152 |





## GİRİŞ

Bu rapor, “Raylı Sistemlerde Ulusal ve Küresel Perspektif 2025” başlıklı kapsamlı bir çalışmanın ürünüdür. Temel amacı, küresel ve Türkiye özelindeki raylı sistemler sektörünün mevcut durumunu ve geleceğe yönelik eğilimlerini bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koymaktır. Rapor, altyapı yatırımları, teknolojik dönüşüm, küresel pazar dinamikleri, şehir içi raylı sistemler, üretim ve tedarik kapasitesi, dış ticaret verileri ve sürdürülebilirlik gibi ana konuları ele almaktadır.

Mevcut raporun, karar vericilere yönelik stratejik bir çerçeve sunması hedeflenmektedir. Bu yazar özeti, söz konusu kapsamlı çalışmanın bulgularını daha sade, akıcı ve stratejik bir dille özetleyerek, kritik noktaları ve önerileri yoğun gündemleri olan karar alıcılar için vurgulamaktadır.

Küresel raylı sistemler sektörü, altyapı, teknoloji, pazar büyüklüğü ve sürdürülebilirlik boyutlarıyla istikrarlı ve sürdürülebilir bir büyüme eğilimi sergilemektedir. Bu büyüme, ekonomik kalkınma, lojistik verimlilik ve sürdürülebilir ulaşım hedefleri açısından demiryolunun stratejik bir ulaşım modu olarak öne çıkmasıyla desteklenmektedir.

UNIFE (Avrupa Demiryolu Endüstrileri Birliği) tarafından yayımlanan 2024 Dünya Raylı Sistemler Pazarı Raporu’na göre, küresel demiryolu ekipman ve hizmet pazarının büyüklüğü 2021-2023 döneminde yıllık ortalama 201,8 milyar avroya ulaşmıştır. Bu rakam, 2019-2021 dönemindeki 176,5 milyar avro seviyesine kıyasla önemli bir artışı temsil etmektedir. Rapor, 2029 yılına kadar sektörün reel bazda yıllık ortalama %3 oranında büyüerek 240,8 milyar avroya erişeceğini öngörmektedir. SCI Verkehr analizleri de küresel demiryolu endüstrisinin 2026 yılına kadar yıllık ortalama %1,6 reel büyüme ile yaklaşık 236 milyar avroya ulaşacağını belirtmektedir.

Küresel demiryolu hat uzunluğu 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 1,3 milyon kilometredir ve 2030 yılı sonuna kadar 1,5 milyon kilometreye yaklaşması beklenmektedir. Bu genişleme, özellikle Asya, Afrika ve Latin Amerika’daki yeni hat inşaatları ve modernizasyon projeleriyle beslenmektedir. Bölgesel dağılıma bakıldığında, Asya-Pasifik bölgesi hala en büyük pazar payına sahiptir, ancak 2021-2023 döneminde pandemi etkileriyle yıllık ortalama %1,2’lik bir daralma yaşamıştır. Buna karşılık, Batı Avrupa yıllık %7,3’lük büyüme ile güçlü bir toparlanma sürecine girmiştir. Doğu Avrupa’da bu oran %6,8 olarak gerçekleşirken, Afrika-Ortadoğu bölgesi %10,2 ile en yüksek büyüme oranını kaydetmiştir. Kuzey Amerika ise %3,8’lik daha ılımlı bir büyüme göstermiştir.

Bu bölgesel büyüme oranları, küresel raylı sistem yatırımlarında stratejik bir değişimi işaret etmektedir. Batı Avrupa’daki güçlü büyüme, doğrudan “Yeşil Mutabakat” politikalarıyla ilişkilendirilmektedir. Bu durum, çevresel politikaların demiryolu yatırımlarına doğrudan dönüştüğünü göstermektedir. Afrika-Ortadoğu ve Doğu Avrupa’daki yüksek büyüme ise yeni altyapı ve modernizasyon ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Bu farklılaşan büyüme dinamikleri, gelecekteki yatırım fırsatlarının nerede yoğunlaşacağına dair önemli sinyaller vermektedir; pazar genişlemesinin temel belirleyicileri arasında politika uyumu (örneğin sürdürülebilirlik) ve temel altyapı eksikliklerinin giderilmesi yer almaktadır.

| Gösterge                                                                         | Değer                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Küresel Demiryolu Ekipman ve Hizmet Pazarı Büyüklüğü (Yıllık Ortalama 2021-2023) | 201,8 milyar €                                                                                                   |
| Küresel Demiryolu Ekipman ve Hizmet Pazarı Tahmini (2029)                        | 240,8 milyar €                                                                                                   |
| Küresel Demiryolu Hat Uzunluğu (2023)                                            | ~1,3 milyon km                                                                                                   |
| Küresel Demiryolu Hat Uzunluğu Tahmini (2030)                                    | ~1,5 milyon km                                                                                                   |
| Bölgesel Pazar Büyüme Oranları (2021-2023 Yıllık Ortalama)                       | Asya-Pasifik: -%1,2, Batı Avrupa: +%7,3,<br>Doğu Avrupa: +%6,8,<br>Afrika-Ortadoğu: +%10,2, Kuzey Amerika: +%3,8 |
| Küresel Demiryolu Yolcu Taşımacılığı Hacmi (2019)                                | ~4,2 trilyon yolcu-km                                                                                            |
| Küresel Demiryolu Yük Taşımacılığı Hacmi (2022 Tahmini)                          | ~12 trilyon ton-km                                                                                               |

**Tablo 1.1** Küresel Raylı Sistemler Pazarı Temel Göstergeleri

Küresel demiryolu sektöründe CRRC Corporation Limited (Çin) dünyanın en büyük raylı araç üreticisi konumundadır. Bunu Alstom (Fransa), Siemens Mobility (Almanya) ve Hitachi Rail (Japonya) gibi büyük oyuncular takip etmektedir. Bu firmalar, yüksek hızlı trenlerden metro sistemlerine, lokomotiflerden tramvaylara kadar geniş bir ürün yelpazesi sunmaktadır.

Sektör, teknolojik olarak da önemli dönüşümler geçirmektedir. Yüksek hızlı tren teknolojilerinde Çin'in Fuxing serisi 350 km/saat hızlara ulaşırken, Japonya'nın Shinkansen N700S enerji verimliliği ve güvenlikte yenilikler sunmaktadır. Manyetik Levitasyon (Maglev) trenleri, Japonya'nın 603 km/saat hıza ulaşan SC Maglev prototipi ve Çin'in 600 km/saat Maglev prototipi ile geleceğin ulaşımını şekillendirmektedir. Otonom (sürücüsüz) metro ve tren sistemleri (GoA4 otomasyon düzeyi) giderek yaygınlaşmakta, Pekin-Zhangjiakou YHT hattı 350 km/saat hızda tam otomatik sürüş yeteneğine sahiptir. Alternatif enerji ve yeşil teknolojiler, hidrojen yakıt hücreli trenler (Alstom Coradia iLint) ve batarya-elektrikli trenler (Japonya'da DENCHA modeli) ile dizel trenlere çevreci alternatifler sunmaktadır. Dijitalleşme ve akıllı demiryolları, kestirimci bakım, dijital ikiz teknolojisi, akıllı sinyalizasyon (CBTC, FRMCS) ve Dijital Otomatik Kuplör (DAC) gibi uygulamalarla verimliliği ve güvenliği artırmaktadır. Bu teknolojik ilerlemeler, sadece fiziksel genişlemeyi değil, aynı zamanda operasyonel verimliliği, güvenliği ve raylı sistemlerin genel rekabet gücünü artırmak için kritik öneme sahiptir. Gelecekte rekabet gücünü korumak isteyen ülkelerin ve şirketlerin dijital çözümlere ve yapay zeka destekli sistemlere yatırım yapması gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik, demiryolu sektöründe sadece bir eğilim olmaktan çıkıp, yatırım, teknoloji geliştirme ve politika oluşturmanın temel bir itici gücü haline gelmiştir. Demiryolu taşımacılığı, özellikle elektrikli tren sistemleri kullanıldığında, birim yolcu-kilometre veya ton-kilometre başına düşen sera gazı salımı açısından tüm ulaşım modları arasında en düşük karbon emisyon değerlerine sahiptir.

Çelik tekerleklerin çelik raylar üzerinde minimum yuvarlanma direnciyle hareket etmesi, yüksek enerji verimliliği sağlamaktadır. Avrupa'da demiryolu hatlarının ortalama %57'si elektrikli hale gelirken, Asya'daki büyük demiryolu ülkelerinde bu oran %70'i aşmıştır. Hollanda Demiryolları'nın tüm trenlerini rüzgâr enerjisi ile çalıştırması gibi örnekler, yenilenebilir enerji kullanımındaki artışı göstermektedir. Birçok ülke, karayolu ve havayolu taşımacılığından demiryolu sistemlerine geçişi teşvik eden politikalar benimsemektedir; Fransa'nın yüksek hızlı tren alternatifi bulunan kısa mesafeli iç hat uçuşlarını yasaklaması bunun somut bir örneğidir. Bu durum, sürdürülebilirliğin artık kurumsal sosyal sorumluluktan öte, doğrudan ekonomik ve stratejik bir zorunluluk olduğunu ortaya koymaktadır. Büyük ekonomik bloklar, çevresel faydaları nedeniyle demiryoluna ciddi fonlar aktarmaktadır.

Uluslararası entegrasyon ve koridorlar da küresel demiryolu ağının gelişiminde merkezi bir rol oynamaktadır. Çin'in "Bir Kuşak Bir Yol Girişimi" (BRI) ve bunun Orta Koridor bileşeni, Avrupa Birliği'nin Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) gibi projelerle demiryolu taşımacılığı küresel ölçekte giderek daha fazla entegre olmaktadır. Mart 2023'te ilan edilen "Kalkınma Yolu Projesi", Irak'ın Faw Limanı'ndan Türkiye'ye uzanan 1200 kilometrelik bir demiryolu hattını içermekte olup, Süveyş Kanalı'na alternatif hayati bir lojistik koridor oluşturmayı ve Orta Koridor ile entegre olmayı hedeflemektedir.

Türkiye'de demiryolu sektörü, 2003 yılından itibaren stratejik bir dönüşüm ve atılım sürecine girmiştir. Yaklaşık yarım asırlık ihmalin ardından, demiryollarına yeniden öncelik veren politikalar sonucunda sektör, kapsamlı altyapı yatırımları ve sistematik modernizasyon çalışmalarıyla önemli ilerlemeler kaydetmiştir.

2003-2012 yılları arasında, ağırlıklı olarak Yüksek Hızlı Tren (YHT) projeleri ile mevcut hatların rehabilitasyonu ve sistem modernizasyonuna odaklanan 80'in üzerinde büyük ölçekli altyapı projesi hayata geçirilmiştir. Bu dönemde toplam 1.085 km yeni hat tamamlanmış, bunun 888 km'si YHT hattından oluşmuştur. Ayrıca, 6.455 km mevcut konvansiyonel hat altyapısı tamamen yenilenmiş, sinyalizasyon ve elektrifikasyon çalışmalarıyla taşıma hızları ve hizmet kalitesi kayda değer ölçüde artırılmıştır. Bu atılım, demiryolunu sadece bir ulaşım modu olmaktan çıkarıp, ekonomik kalkınmayı destekleyen bütüncül bir lojistik sistemin temel unsuru haline getirme vizyonunun bir parçasıdır.

2023 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin toplam demiryolu hattı uzunluğu 13.919 km'ye ulaşmıştır. Bu ağın 11.668 km'si konvansiyonel hatlardan (8.402 km anahat, 2.433 km tali hatlar) oluşurken, 2.251 km'si yüksek hızlı (YHT) ve hızlı tren (HT) hatlarıdır. Elektrifikasyon oranı toplam ağın %51,33'üne (7.142 km) ulaşmış, sinyalizasyon sistemi ise hatların %57,81'inde (8.046 km) mevcuttur.

Şehir içi raylı sistemler, Türkiye'nin büyükşehirlerinde hızla büyümektedir. Özellikle İstanbul'da Marmaray tüneli (77 km) sayesinde Asya-Avrupa yakası banliyö hatları entegre edilmiş, kent içi yolculuklarda demiryolunun payı artmıştır. Marmaray, 2023 yılında 207,8 milyon yolcu taşıyarak dünyanın en yoğun banliyö hatlarından biri

haline gelmiştir. Bu tür projeler, sadece ulaşım konforuna değil, aynı zamanda çevresel faydalara da önemli katkı sağlamaktadır. Örneğin, Marmaray hattının işletmeye alınmasından bu yana yaklaşık 62 milyon ton.

CO2 emisyonu azaltımı sağlandığı raporlanmıştır. Bu durum, kent içi raylı sistemlerin sadece insanları taşımakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir kentsel gelişimde kilit bir rol oynadığını ve çevresel faydalarıyla sürekli kamu ve özel yatırım için güçlü bir gerekçe sunduğunu göstermektedir.

Ankara'da Başkentray (36 km) ve İzmir'de İZBAN (136 km) gibi diğer büyük banliyö ağları da önemli bir rol oynamaktadır. Bursa, Konya, Adana, Eskişehir, Gaziantep, Kocaeli, Samsun ve Antalya gibi diğer büyükşehirlerde de yeni metro ve tramvay hatları işletmeye alınmış veya inşa halindedir. Mersin ve Trabzon gibi kentlerde de yeni raylı sistem projeleri planlanmaktadır.

Demiryolu taşımacılığının Türkiye'deki karasal taşımacılık modları içindeki payı, yolcуда %5,7'ye, yükte ise %5,4'e yükselmiştir. Yük taşımacılığında ivmelenme görülmüş, 2022 yılında taşınan yük miktarı 38,9 milyon tona ulaşmıştır. 2023 yılında TCDD Taşımacılık tarafından 27.071.000 ton, özel sektör vagonlarıyla ise 7,4 milyon ton yük taşınmıştır. Yolcu tarafında da YHT hatlarıyla seyahat eden yolcu sayısı milyonlara ulaşmış, 2023 yılında 255 milyon yolcu ile tüm zamanların rekoru kırılmıştır.

Türkiye'nin "2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı", demiryolu sektörü için oldukça iddialı hedefler belirlemiştir. Bu hedefler, demiryolunun Türkiye ekonomisinde stratejik bir taşıyıcı omurga haline gelmesi vizyonuna dayanmaktadır.

| Gösterge                                               | 2023 Durumu | 2053 Hedefi     |
|--------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| Toplam Hat Uzunluğu                                    | 13.919 km   | 28.590 km       |
| Yüksek Hızlı Tren (YHT) / Hızlı Tren (HT) Hat Uzunluğu | 2.251 km    | 12.000 km (YHT) |
| Elektrifikasyon Oranı                                  | %51,33      | %90             |
| Sinyalli Hat Oranı                                     | %57,81      | %90             |
| Kent İçi Raylı Sistem Ağı                              | 800+km      | 1.000 km        |
| YHT ve HT Sefer Sayısı                                 | 50+         | 272 sefer/gün   |
| YHT ve HT Set Sayısı                                   | 31+         | 120 set         |

**Tablo 2:** Türkiye Demiryolu Ağı Gelişimi ve 2053 Hedefleri

Bu hedefler, mevcut durumla karşılaştırıldığında önemli bir dönüşümün gerekliliğini ortaya koymaktadır. Örneğin, toplam hat uzunluğunun iki katına çıkarılması ve yük taşımacılığı payının yaklaşık dört kat artırılması, önümüzdeki 30 yılda sadece sürekli ve yüksek bütçeli yatırımları değil, aynı zamanda proje uygulama süreçlerinin hızlandırılmasını ve operasyonel verimliliğin artırılmasını da gerektirmektedir. Bu durum, yenilikçi finansman modellerine, bürokratik süreçlerin sadeleştirilmesine ve daha agresif bir modal değişim politikasına olan ihtiyacı göstermektedir.

| Taşımacılık Türü   | 2023 Payı | 2053 Hedef Payı |
|--------------------|-----------|-----------------|
| Yolcu Taşımacılığı | %5,7      | %5              |
| Yük Taşımacılığı   | %5,4      | %22             |

**Tablo 3:** Türkiye Demiryolu Taşımacılığı Payları (2023 ve 2053 Hedefleri)

Yolcu taşımacılığındaki mevcut payın (%5.7) 2053 hedefinden (%5) yüksek olması, uzun vadeli hedeflerin belirlenmesinde yolcu taşımacılığının mevcut durumunun gözden geçirilmesi veya yük taşımacılığına daha fazla odaklanılması stratejisinin bir yansıması olabilir.

Ulaştırma yatırımlarında demiryolunun payı hızla artmaktadır: 2003 yılında %33 seviyesindeyken, 2023 yılı itibarıyla %64'e yükselmiştir. Bu artış, karayolu altyapı projelerinin büyük ölçüde tamamlanmış olması nedeniyle yeni yatırım odağının demiryolu sektörüne kaydığını göstermektedir. Bu durum, sadece bir harcama kayması değil, aynı zamanda ulusal ulaşım stratejisinin temelden yeniden değerlendirilmesidir. Hükümet, demiryolunu uzun vadeli ekonomik büyüme, sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı için stratejik bir varlık olarak konumlandırmaktadır.

Demiryolu projeleri ağırlıklı olarak genel bütçe kaynakları ile finanse edilmekle birlikte, Kamu-Özel İşbirliği (KÖİ/PPP) modelleri de devreye alınmıştır. Ulaştırma sektöründe toplam 214,7 milyar TL büyüklüğünde KÖİ projesi başlatılmış, demiryolu özelinde ise yaklaşık 374,7 milyar TL'lik KÖİ projesi bulunmaktadır. Uluslararası finansman kuruluşları (AB IPA, EBRD, AIIB, Dünya Bankası) ve hibe programları da Halkalı-Kapıkule ve Samsun-



Kalın gibi projelere stratejik katkılar sunmaktadır. Bu yatırımlar, 2003 yılından itibaren yıllık ortalama 700 bin kişiye istihdam sağlamış, 2019 yılında Türkiye ekonomisine 13,4 milyar ABD doları tutarında tasarruf sağlamış ve YHT ile kent içi raylı sistemlerden yıllık yaklaşık 10,3 milyon ABD doları karbon emisyonu azaltımı elde edilmiştir.

Türkiye, raylı sistemler sektöründe dışa bağımlılığı azaltmak, teknolojik yetkinliğini artırmak ve uluslararası pazarda rekabetçi bir konuma gelmek amacıyla kapsamlı bir yerli ve milli Ar-Ge seferberliği başlatmıştır.

Türkiye’de raylı sistem araçlarının üretim, bakım ve onarım hizmetleri, 2020 yılında TÜLOMSAŞ, TÜVASAŞ ve TÜDEMSAŞ’ın birleşmesiyle kurulan Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş. (TÜRASAŞ) tarafından yürütülmektedir. TÜRASAŞ, dizel ve elektrikli lokomotifler, elektrikli ve dizel tren setleri (EMU/DMU), banliyö ve metro araçları, yüksek hızlı tren (YHT) setleri ile yolcu ve yük vagonlarının üretimini gerçekleştiren devlete ait bir kuruluştur.

Özel sektörde ise Bozankaya, Durmazlar, Vako Vagon, RC Endüstri (Erciyas Rail), Raltur Vagon, Esray Vagon, Epsilon NDT ve GökRail gibi önemli üreticiler bulunmaktadır.

Bozankaya, Türkiye’nin ilk %100 elektrikli otobüsünü, ilk yerli düşük tabanlı tramvayını ve bojisini üretmiş, 2018’de Tayland’a metro aracı ihraç ederek Türkiye’nin ilk metro ihracatını gerçekleştirmiştir. Durmazlar, Türkiye’nin ilk %100 yerli alçak tabanlı tramvayını (“İpekböceği”) geliştirmiştir. Vako Vagon, Türkiye’nin ilk TSI sertifikalı yük vagonu üreticisidir ve Avrupa’ya ihracat yapmaktadır. RC Endüstri, yıllık 1.000 vagon üretim kapasitesine sahip olup, yeni bir 2.000 vagon/yıl kapasiteli fabrika yatırımı planlamaktadır ve İsviçre, Almanya, Polonya, Irak gibi ülkelere ihracat yapmaktadır. Esray Vagon ve Epsilon NDT de üretimlerinin büyük çoğunluğunu başta Almanya, Fransa, İtalya ve Avusturya olmak üzere gelişmiş raylı sistem endüstrilerine ihraç etmektedir. GökRail, yıllık 1000 adet vagon üretim hedefiyle Fransa, Almanya, İngiltere, Avusturya, Polonya, Hindistan ve Rusya gibi birçok ülkeye vagon tedarik etmektedir.

Türkiye, demiryolu ulaşımında dışa bağımlılığı azaltmak ve teknolojik yetkinliğini artırmak amacıyla kapsamlı bir yerli ve milli Ar-Ge seferberliği başlatmıştır. Bu çalışmalar, sadece iç pazar ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda yüksek katma değerli bir endüstri oluşturarak ulusal güvenliği ve ihracat potansiyelini artırmayı hedeflemektedir.

Yerli sinyalizasyon alanında, TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE) CENELEC SIL4 emniyet bütünlüğü düzeyine sahip anlaşılan sistemleri ve CBTC hat boyu sistemleri geliştirmektedir. ASELSAN tarafından geliştirilen COBALT Metro Sinyalizasyon Sistemi, İstanbul Havalimanı metro hattında başarıyla uygulanmıştır. Bu sistemlerin uluslararası sertifikasyonlara (örneğin TSI) sahip olması, Türkiye’nin bu alanda uluslararası pazarlara açılmasının önünü açmaktadır.

Milli tren setleri ve lokomotifler de önemli başarılar kaydetmiştir. TÜRASAŞ tarafından üretilen Milli Elektrikli Tren Seti, saatte 160 kilometre işletme hızına ulaşabilmekte, TSI sertifikasına sahip olup %65 yerlilik oranıyla üretilmektedir (hedef %75). İlk setler 2023 yılında TCDD Taşımacılık’a teslim edilerek Adapazarı-Gebze hattında hizmete başlamıştır. Milli Hızlı Tren Projesi, 225 km/saat hızı ulaşabilen tren setlerinin geliştirilmesini hedeflemekte olup, prototip üretimine 2023’te başlanmış ve 2025 sonunda dinamik testlere geçilmesi planlanmaktadır. E5000 Elektrikli Anahat Lokomotifi, Türkiye’nin ilk yerli ve milli elektrikli anahat lokomotifi olarak TÜRASAŞ tarafından geliştirilmiştir. 5000 kW gücünde ve 140 km/saat hızı sahip olan bu lokomotif, TSI sertifikasını alan ilk Türk lokomotifi olmuştur. TCDD Taşımacılık A.Ş. ile 95 adetlik üretim anlaşması imzalanmıştır. Ayrıca, HSL-700 Hibrit Manevra Lokomotifi ve E1000 Elektrikli Manevra Lokomotifi gibi yerli manevra lokomotifleri de geliştirilmiştir.

Şehir içi raylı araçlarda da yerleşme çalışmaları sürmektedir. Durmazlar ve Metro İstanbul, yerli tramvay projeleri geliştirmiş, Bozankaya ise sürücüsüz metro araçları ve bataryalı tramvaylar üzerinde çalışmaktadır.

KARDEMİR, Türkiye’nin ilk yerli tren tekerleğini üretmektedir. Bu çalışmalar, Türkiye’nin raylı sistemler değer zincirinde daha yüksek katma değerli üretime geçme potansiyelini ortaya koymaktadır.

Türk inşaat sektörü, uluslararası pazarda dikkate değer bir varlık göstermekte, 2018 yılı itibarıyla küresel pazarda Çin’in ardından ikinci sırada yer almaktadır. Raylı sistem projeleri, Türk müteahhitlerinin uluslararası portföylerinde önemli bir paya sahiptir. Bu durum, Türk firmalarının sadece genel müteahhitler olmadığını, aynı zamanda raylı sistemlerde özel bir uzmanlık geliştirdiğini göstermektedir.

Yapı Merkezi, Afrika (Tanzanya SGR, Uganda Malaba-Kampala Demiryolu, Etiyopya, Senegal, Fas, Cezayir) ve Orta Doğu’da (Doha Metrosu, Haramain Hızlı Tren İstasyonu) geniş bir portföye sahiptir ve anahtar teslim çözümler sunmaktadır. Doğu İnşaat, Mumbai Metro Hat 3 ve Riyad Metrosu’nun TBM tünelleri gibi teknik

açıdan zorlu metro tünellerinde ve karmaşık köprü yapılarında uzmanlaşmıştır. Limak İnşaat ve Mapa İnşaat, Dubai Metrosu Mavi Hat gibi milyarlarca dolarlık projelerde konsorsiyum üyesi olarak yer almaktadır. Gülermak İnşaat ise Polonya (Varşova Metrosu), Dubai Metro Expo 2020 ve Hindistan (Lucknow Metro) gibi Avrupa ve Asya pazarlarında güçlü bir varlık göstermektedir.

Türk müteahhitleri, teknik yeterlilikleri (TBM teknolojisi, sinyalizasyon, elektrifikasyon gibi kapsamlı mühendislik hizmetleri) ve uluslararası standartlara (Eurocode, CE, FIDIC, Dünya Bankası/AFB normları) uyumlarıyla öne çıkmaktadır. Finansal olarak da rekabetçidirler, benzer projelere kıyasla %10-20 daha düşük maliyetli teklifler sunabilmekte ve Türk Eximbank gibi kamu destekli finansman araçlarını etkin biçimde kullanmaktadırlar. Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası gibi uluslararası finans kuruluşlarıyla işbirliği yaparak projeleri finanse edebilmektedirler. Ayrıca, yap-işlet-devret (YİD) veya gelir paylaşımı gibi esnek sözleşme modelleri önerebilmektedirler.

Ancak bu başarıların yanı sıra, Türk müteahhitleri yerel mevzuat, jeopolitik riskler (siyasi istikrarsızlık, ödeme gecikmeleri), yoğun rekabet (devlet destekli Çinli firmalar, teknolojik olarak gelişmiş Avrupalı firmalar) ve kültürel farklılıklar gibi zorluklarla da karşılaşmaktadır. Bu zorluklar, çok yönlü bir strateji gerektirmektedir.

Türk müteahhitlerinin bu başarısı, Türkiye'nin inşaat sektörünün basit müteahhitlikten, yüksek değerli, entegre altyapı çözümleri sunan olgun bir ihracat modeline doğru evrildiğini göstermektedir. Bu durum, Türkiye'nin küresel altyapı gelişiminde önemli bir oyuncu olarak konumlanmasına ve yumuşak gücünü artırmasına katkıda bulunmaktadır.

Türkiye'nin uluslararası demiryolu ulaştırma koridorlarındaki stratejik rolü, coğrafi konumu ve son yıllarda yapılan yatırımlar sayesinde önemli ölçüde güçlenmiştir. Ülke, Asya ile Avrupa arasında doğal bir taşımacılık köprüsü konumundadır.

Türkiye, küresel ticaretin önemli akslarından olan Doğu-Batı ve Kuzey-Güney koridorlarının tam ortasında yer almaktadır. Bu merkezi konum, Türkiye'yi 4 saatlik uçuş mesafesinde 67 ülke, 1,6 milyar insan ve 43 trilyon dolarlık gayrisafi milli hasıla ile stratejik bir bölgenin kalbine yerleştirmektedir.

Çin'in "Bir Kuşak Bir Yol Girişimi" (BRI) kapsamında geliştirilen Orta Koridor'da Türkiye kilit aktör haline gelmiştir. Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı, Orta Koridor'un omurgasını oluşturarak Asya ile Avrupa arasında kesintisiz yük ve yolcu taşımacılığına olanak tanımaktadır. İstanbul Boğazi'ni deniz altından geçen Marmaray Tüneli, başlangıçta banliyö hattı olmasına rağmen, uluslararası yük taşımacılığı açısından stratejik bir altyapı yatırımıdır ve Asya ile Avrupa arasında kesintisiz demiryolu bağlantısı sağlamaktadır. Kasım 2019'da Çin'den yola çıkan ilk transit yük treni, Marmaray üzerinden geçerek Prag'a ulaşmıştır. Türkiye'nin doğu sınırında planlanan Kars-Iğdır-Aralık-Dilucu (Zengezur) Demiryolu Hattı, Türkiye'yi Nahçıvan üzerinden Azerbaycan'a ve oradan Orta Asya rotalarına bağlayarak jeopolitik ve ekonomik açıdan yüksek katma değer yaratmayı hedeflemektedir.

Mart 2023'te ilan edilen Kalkınma Yolu Projesi, Hint Okyanusu'ndaki Basra Körfezi'nden başlayarak Irak'ın Faw Limanı'ndan Türkiye'ye ulaşan 1200 kilometrelik bir demiryolu hattını içermektedir. Bu hat, Orta Koridor ile entegre edilerek Süveyş Kanalı'na alternatif hayati bir lojistik koridor oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu proje, Türkiye'nin sadece bir transit ülke olmaktan öte, depolama, dağıtım, işleme ve hatta üretim gibi kapsamlı katma değerli hizmetler sunarak ekonomik faydaları artırmayı hedefleyen merkezi bir lojistik üs haline gelme arzusunun ortaya koymaktadır. Bu stratejik değişim, Türkiye'nin ekonomik kaldıraç gücünü, jeopolitik etkisini ve Avrasya ticaretindeki stratejik önemini artırmayı hedeflemektedir.

Türkiye, Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (EİT) koridorları (örneğin İslamabad-Tahran-İstanbul (ITI) Konteyner Treni), Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) (örneğin Halkalı-Kapıkule YHT hattı), TRACECA ve Lapis Lazuli Transit Taşıma Koridoru gibi diğer önemli uluslararası koridorlara da entegredir.

Türkiye'nin stratejik konumuna ve devam eden yatırımlara rağmen, demiryolunun dış ticaret taşımacılığında payı hala düşüktür. 2023 yılı itibarıyla ihracat taşımacılığının yalnızca %0,7'si, ithalat taşımacılığının ise %0,5'i demiryolu ile gerçekleştirilmiştir. Bu durum, Türkiye'nin kıtalararası köprü konumunun ve stratejik altyapısının dış ticarete henüz tam olarak değerlendirilemediğini göstermektedir. Bu, ekonomik büyüme ve bölgesel etki için büyük bir kullanılmayan potansiyelin varlığına işaret etmektedir.

Ancak, genel demiryolu yük hacminde olumlu bir eğilim gözlemlenmektedir. 2003 yılından itibaren demiryolu ile yük taşımacılığı canlanmış, 2021 yılında TCDD Taşımacılık yaklaşık 33 milyon ton yük taşımış ve özel sektör dahil toplam hacim 38 milyon tona ulaşmıştır. Bu rakam 2022'de 38,9 milyon tona yükselmiş, 2023'te ise özel sektör vagonlarının katkısıyla 7,4 milyon ton yük taşınmıştır. Konteyner taşımacılığı da önemli bir büyüme göstermiş, 2019-2021 döneminde toplam demiryolu taşımacılığı içindeki oranı %39'dan %41'e yükselmiştir.

Uluslararası tren seferleriyle taşınan yük miktarında da 2020'de %35, 2021'de %24 büyümeye kaydedilmiş ve 2022 yılı itibarıyla uluslararası yük hacmi 5 milyon tonu aşmıştır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı'na göre, demiryolunun yük taşımacılığındaki payının %22'ye yükseltilmesi ve yıllık yük taşıma miktarının 448 milyon tona çıkarılması öngörülmektedir. Bu hedeflere ulaşmak, demiryolunun diğer ulaşım modlarıyla sorunsuz bir şekilde entegrasyonuna bağlıdır. Demiryolu projeleri, karayolu, havayolu ve denizyolu yatırımlarıyla bütüncül bir şekilde koordine edilmekte ve modlar arası entegrasyonu esas alan bir ulaşım sistemi geliştirilmektedir. Liman bağlantılı demiryolu hatları, havalimanı erişim hatları ve karayolu-demiryolu aktarma merkezleri oluşturulması bu stratejinin temelini oluşturmaktadır. Bu entegrasyon, demiryolunun uzun mesafeli verimliliğini maksimize etmek için kritik öneme sahiptir, çünkü ilk ve son mil çözümleri olmadan demiryolunun potansiyeli sınırlı kalmaktadır.

Raylı sistemler sektörünün hem küresel hem de ulusal ölçekte büyük bir atılım içinde olduğu gözlemlenmektedir. Bu dönüşümün sürdürülebilirliği ve Türkiye'nin bu alandaki hedeflerine ulaşması için aşağıdaki stratejik çıkarımlar ve öneriler önem arz etmektedir:

Türkiye'nin 2053 için öngördüğü 28.600 km'lik demiryolu ağı hedefine ulaşmak, önümüzdeki on yıllar boyunca kesintisiz finansman ve siyasi kararlılık gerektirecektir. Bu hedefler, mevcut durumdan katlanarak artan bir büyümeye ve dönüşüm anlamına gelmektedir. Büyük ölçekli projelerin zamanında tamamlanması, ara hedeflerle takip edilmeli ve yatırım portföyünde demiryolu önceliği korunmalıdır. Demiryolu yatırımlarının getirdiği ekonomik faydalar (bölgesel kalkınma, istihdam, iç pazar canlanması) düzenli etki analizleriyle takip edilerek kamuoyu ile paylaşılmalıdır. Bu, sadece finansal bir taahhüt değil, aynı zamanda ulusal kalkınma stratejisinin temel bir bileşenidir.

Küresel örnekler, demiryolu sektöründe rekabet ve özel sektör katılımının verimlilik artışı getirebildiğini göstermektedir. Türkiye'de 6461 sayılı Kanun ile başlayan demiryolu taşımacılığında serbestleşme süreci devam ettirilmeli; özel firmaların yük ve yolcu taşımacılığına girmesi teşvik edilmelidir. Bu sayede TCDD ve TCDD Taşımacılık AŞ, artan rekabet ortamında hizmet kalitesini ve mali etkinliğini yükseltebilecektir. Özellikle yük taşımacılığında lojistik firmalarının demiryolu operasyonlarına yatırım yapmaları için uygun düzenleyici çerçeve (altyapı erişim ücretleri, teşvikler vb.) sağlanmalıdır. Uluslararası başarılı işletmecilik modelleri incelenerek Türkiye koşullarına uyarlanabilir uygulamalar değerlendirilmelidir.

Raylı sistemlerde dışa bağımlılığı azaltmak ve küresel pazarda yer almak için Türkiye'nin yerli üretim ekosistemini güçlendirmesi şarttır. TÜRASAŞ'ın milli tren, lokomotif ve vagon geliştirme projeleri stratejik bir konu olarak görülmeye devam etmeli, bu projelere yeterli Ar-Ge desteği ve kaynak ayrılmalıdır. Özel sektör raylı sistem üreticilerinin (boji, motor, kontrol sistemleri, sinyalizasyon vb. alanlarda) gelişimi için teşvik mekanizmaları uygulanmalı, üniversite-sanayi işbirlikleri artırılmalıdır. Teknoloji transferi yoluyla edinilen kazanımlar kalıcı hale getirilmeli; örneğin yabancı ortaklı projelerde Türk mühendislerin eğitimine önem verilerek birikimin yerleşmesi sağlanmalıdır. Uzun vadede Türkiye'nin sadece iç pazarı için değil, bölgede ve gelişen ülkelerdeki raylı sistem projeleri için de araç ve ekipman tedarik eden bir ihracatçı konumuna gelmesi hedeflenmelidir. Bu, uluslararası sertifikasyon (IRIS, ECM gibi) ve rekabetçi maliyet yapısı konusunda şirketlerin desteklenmesini gerektirmektedir. Uluslararası standartlara uyum, sadece teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda yerli üretimin kalitesini artırmak ve ihracat rekabetçiliğini güçlendirmek için stratejik bir araçtır.

Demiryolu yatırımlarının en büyük getirilerinden biri, çevresel faydaları ve düşük karbon emisyonlu bir ulaşım altyapısı oluşturmalarıdır. Karar vericiler, demiryolu projelerini iklim hedeflerine katkı sağlayan yatırımlar olarak konumlandırarak uluslararası finansman ve fonlardan (örneğin Yeşil İklim Fonu, karbon kredileri, AB'nin yeşil yatırım destekleri) azami ölçüde yararlanmayı amaçlamalıdır. Marmaray projesinde örneklediği üzere, demiryolu projelerinin sağladığı karbon emisyonu tasarruflarını karbon kredi mekanizmalarına entegre etme çalışmaları hızlandırılmalıdır. Bu, hem finansal getiri sağlayacak hem de projelerin çevresel değerini somut şekilde ortaya koyacaktır. Ayrıca sürdürülebilirlik ekseninde bakım-onarım ve işletme süreçlerinde enerji verimliliği artırılmalı; elektrikli trenlerin kullandığı enerjinin yenilenebilir kaynaklardan gelmesi için enerji sektöründeki paydaşlarla ortak programlar geliştirilmelidir. Demiryolu taşımacılığının toplam ulaşım pastasındaki payını artırmak, Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmasında önemli bir kaldıraç olacaktır.

Demiryolu ancak diğer ulaşım modlarıyla entegre olduğunda azami faydayı sağlar. Bu nedenle, karar vericiler demiryolu bağlantılı lojistik merkezlerini yaygınlaştırmaya devam etmelidir. Türkiye'de farklı bölgelerde kurulan lojistik merkezlerin etkin işletilmesi, demiryolu-karayolu-denizyolu geçişlerinin sorunsuz yapılması için



gerekli dijital altyapı ve gümrük kolaylıkları sağlanmalıdır. Limanların demiryolu bağlantıları güçlendirilerek ithalat/ihracat yüklerinin trenle taşınması özendirilmelidir. Özellikle organize sanayi bölgelerine iltisak hatları kurularak, sanayicilerin ürünlerini limanlara veya yurtiçi pazara demiryoluyla sevk etmesi kolaylaştırılmalıdır. Bu adımlar, karayolu taşımacılığının neden olduğu trafik sıkışıklığı ve çevre maliyetlerini azaltırken Türkiye'nin lojistik performans endeksinde üst sıralara çıkmasına katkı yapacaktır. Büyük şehirlerde artan trafik ve hava kirliliği sorunlarına karşı metro, tramvay ve banliyö yatırımlarının kararlılıkla sürdürülmesi gerekmektedir. Kent içi raylı sistem projeleri ulusal düzeyde stratejik altyapı projeleri olarak görülüp desteklenmeli, finansman temininde merkezi yönetim ile yerel yönetimler arasında koordinasyon güçlendirilmeli, gerekirse kamu-özel işbirliği (PPP) modelleri devreye alınmalıdır.

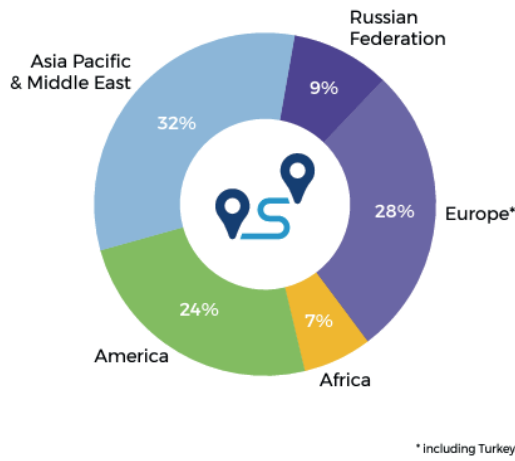
Sektördeki büyüme ve teknolojik dönüşüm, yetkin insan kaynağını ve kurumsal yapılanmayı da ön plana çıkarmaktadır. Demiryolu sektöründe uzman mühendis, teknisyen ve yöneticilerin yetişmesi için eğitim programları ve sertifikasyonlar desteklenmelidir. Üniversitelerde demiryolu mühendisliği, ulaştırma planlaması gibi alanlarda müfredat güçlendirilerek sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli mezunlar yetiştirilmelidir. TCDD ve ilgili kurumlar içinde değişen vizyona uygun kurumsal dönüşüm adımları atılmalı, örneğin dijitalleşme ve veri analitiği konularında iç kapasite oluşturulmalıdır. Küresel standartlara uyumlu bir demiryolu emniyet yönetim sistemi ve düzenleyici çerçeve tam olarak işletilmeli (örneğin AB standartlarıyla uyumlu TSI sertifikasyonları, ECM bakım organizasyonu belgeleri alımı teşvik edilmeli). Kurumlar arası koordinasyon (Ulaştırma Bakanlığı, belediyeler, özel sektör) geliştirilerek ulusal demiryolu ağının tek bir entegre sistem gibi işlemesi sağlanmalıdır.

Türkiye, demiryolu alanındaki uluslararası organizasyonlara ve projelere aktif katılımını sürdürmelidir. UIC (Uluslararası Demiryolları Birliği), OTIF, OSJD gibi örgütlerdeki etkin rol, teknik bilgi paylaşımı ve standartlara uyum açısından değerlidir. Transasya Orta Koridoru, TEN-T genişlemesi, Orta Doğu demiryolu ağları gibi inisiyatiflerde Türkiye'nin proaktif davranması, geleceğin çok modlu ulaşım haritasında kilit bir oyuncu olmasını sağlayacaktır. Ayrıca, yurt dışı proje fırsatları (örneğin Afrika veya Orta Asya ülkelerinin demiryolu projelerinde üstlenici olma) kovalanmalı; Türk müteahhitlik firmalarının demiryolu inşası ve sinyalizasyon alanındaki başarılı referansları yeni projelere dönüştürülmelidir. Bu çerçevede hükümet, ürün ve müteahhitlik ihracatını diplomatik ve finansal destek mekanizmalarıyla teşvik edebilir. Demiryolu projeleri, sadece ekonomik bir çaba olmaktan öte, ülkenin yumuşak gücüne ve ekonomik diplomasisine önemli katkılar sağlayarak küresel konumunu güçlendirmektedir.

Sonuç itibarıyla, raylı sistemler sektörü önümüzdeki dönemde hem küresel hem ulusal ölçekte büyük bir atılım içindedir. Karar vericiler, demiryolunu ulaşım sistemini ülkemizin belkemiği haline getirecek politikaları kararlılıkla uygulamalı; kısa vadeli dalgalanmalara rağmen uzun vadeli vizyondan sapmamalıdır. Bu sektör, doğru yatırım ve stratejilerle sadece ulaşım sorunlarına çare olmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik kalkınma, teknoloji üretimi, istihdam ve sürdürülebilir yaşam kalitesi için de bir kaldıraç işlevi görecektir. Türkiye, güçlü siyasi irade ve kamu-özel işbirliğiyle, küresel trendleri kendi potansiyeliyle birleştirerek demiryolu alanında bölgesinde lider ve dünyada saygın bir konuma ulaşma fırsatına sahiptir. Bu fırsatın değerlendirilmesi, bugünden alınacak kararlara ve kararlılıkla uygulanacak politikalara bağlıdır.

## 1. DÜNYADA RAYLI SİSTEMLER SEKTÖRÜ

2023 yılı itibarıyla Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) tarafından yayımlanan verilere göre, küresel demiryolu hatlarının toplam uzunluğu yaklaşık 1,3 milyon kilometre olarak rapor edilmiştir. Mevcut gelişim trendlerine ve altyapı yatırımlarına dayanarak yapılan projeksiyonlar, bu uzunluğun 2030 yılı sonuna kadar yaklaşık 1,5 milyon kilometreye ulaşacağını öngörmektedir. Bu artış; mevcut demiryolu hatlarının modernizasyonu, yeni hat inşaatları ve demiryolu taşımacılığının küresel ölçekte stratejik öneminin artmasına bağlı olarak planlanan genişleme faaliyetleri ile ilişkilidir. Özellikle Asya, Afrika ve Latin Amerika gibi gelişmekte olan bölgelerde, ulaşım altyapısının güçlendirilmesi amacıyla büyük ölçekli demiryolu projelerinin hayata geçirilmesi beklenmektedir. Bu süreç, sürdürülebilir ulaşım politikalarının uygulanması ve karbon salınımının azaltılmasına yönelik küresel çabaların da bir yansımasıdır.



Şekil 1.1 Dünya'da demiryolu hat uzunluğu oranları (2023) [UIC].

Küresel raylı sistemler sektörü, son yıllarda istikrarlı ve sürdürülebilir bir büyüme eğilimi sergilemiştir. UNIFE (Avrupa Demiryolu Endüstrileri Birliği) tarafından yayımlanan 2024 Dünya Raylı Sistemler Pazarı Raporu'na göre, küresel demiryolu ekipman ve hizmet pazarının büyüklüğü 2021-2023 döneminde yıllık ortalama 201,8 milyar avro düzeyine ulaşmıştır. Bu rakam, 2019-2021 döneminde kaydedilen 176,5 milyar avro seviyesine kıyasla kayda değer bir artışa işaret etmektedir. Söz konusu artış, COVID-19 pandemisi sonrasında hem kamu hem de özel sektör nezdinde demiryolu yatırımlarına verilen önemin artmasıyla açıklanmaktadır. Rapor, 2029 yılına kadar sektörün reel bazda yıllık ortalama %3 oranında büyüyerek 240,8 milyar avro düzeyine erişeceğini öngörmektedir.

Bölgesel değerlendirmelere göre, Asya-Pasifik bölgesi hâlen en büyük pazar payına sahip konumunu korumakta olup, 2021-2023 döneminde pandeminin etkileri nedeniyle yıllık ortalama %1,2 oranında daralma yaşamıştır. Buna karşılık, Batı Avrupa bölgesi, yılda %7,3 oranında büyüme ile güçlü bir toparlanma sürecine girmiştir. Doğu Avrupa'da bu oran %6,8 olarak gerçekleşirken, Afrika-Ortadoğu bölgesi %10,2 ile en yüksek büyüme oranını yakalamıştır. Kuzey Amerika ise daha ılımlı bir ivmeyle %3,8 oranında büyüme göstermiştir. Bu bölgesel farklılıkların temelinde; Avrupa Birliği'nin Yeşil Mutabakat ve sürdürülebilir ulaşım politikaları doğrultusunda raylı sistem yatırımlarına öncelik tanınması ve pandeminin ardından birçok ülkede altyapı harcamalarının ekonomik toparlanma aracı olarak öne çıkması yatmaktadır. Nitekim Avrupa Komisyonu, Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) kapsamında yer alan 134 projeye toplam 7 milyar avro tutarında destek sağlamış ve bu finansmanın yaklaşık %80'ini demiryolu projelerine tahsis etmiştir.

Sektöre ilişkin orta ve uzun vadeli projeksiyonlar, demiryolu pazarının önümüzdeki on yıl boyunca istikrarlı bir şekilde genişlemeye devam edeceğini göstermektedir. UNIFE'nin öngörülerine göre, 2023 sonrası dönemde yıllık ortalama %3 reel büyüme oranı korunarak, on yılın sonunda küresel pazar büyüklüğünün 240 milyar avro seviyesini aşması beklenmektedir. Bu büyümenin başlıca itici güçleri; hızla artan kentleşme, düşük karbon emisyonlu ulaşım modellerine olan ihtiyaç ve sektör genelinde dijitalleşme süreçleridir. Özellikle şehir içi raylı ulaşım sistemleri (metro, hafif raylı sistemler) ve elektrikli tren setlerine yönelik yatırımların artması, hem demiryolu araçlarına hem de buna bağlı hizmetlere olan talebi kayda değer şekilde artırmaktadır.

Demiryolu sektörü, dünya genelinde belirli ülkelerin liderliğinde önemli bir dönüşüm süreci geçirmektedir. Bu bağlamda Çin Halk Cumhuriyeti, son 15 yıllık dönemde gerçekleştirdiği büyük ölçekli yatırımlarla demiryolu alanında küresel liderliğe yükselmiştir. 2008 yılında yalnızca 6.000 kilometre olan ülkenin yüksek hızlı demiryolu hattı uzunluğu, 2023 yılı itibarıyla 42.000 kilometreye ulaşarak dünyanın en geniş Yüksek Hızlı Tren (YHT) ağı haline gelmiştir. Çin'in Fuxing serisi trenleri, 250 ila 350 km/saat hızlarında işletilmekte olup, Pekin-Şanghay arasındaki 10 saatlik seyahat süresini yaklaşık 4 saate düşürerek ulaşım verimliliğinde önemli kazanımlar sağlamıştır.

Çin'in demiryolu politikası, yalnızca iç hatlarla sınırlı kalmayıp küresel ölçekte de etkisini artırmaktadır. "Kuşak ve Yol Girişimi (BRI)" çerçevesinde, Çin Asya, Afrika ve Avrupa'da pek çok stratejik demiryolu projesine yatırım yapmaktadır. Bu kapsamda 2021 yılında faaliyete geçen Çin-Laos Demiryolu hattı, Çin'i Güneydoğu Asya'ya bağlamış; 2023'te hizmete alınan Jakarta-Bandung YHT projesi ise Çin finansmanı ve teknolojisi ile Endonezya'da hayata geçirilmiştir. Çin'in uzun vadeli hedefleri arasında, Orta Asya üzerinden Avrupa'ya kadar uzanacak modern bir demiryolu koridoru inşa etmek yer almaktadır. Bu kapsamda 2049 yılına kadar tamamlanması öngörülen "modern demir İpek Yolu" vizyonu, küresel ticaret ve yolcu taşımacılığı dinamiklerini dönüştürme potansiyeline sahiptir.

Avrupa kıtasında ise Almanya, Fransa ve İspanya gibi ülkeler demiryolu teknolojileri ve üretim kapasitesi açısından öncü konumdadır. Almanya, Siemens Mobility gibi yüksek teknolojiye sahip şirketleriyle uluslararası raylı sistem endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır. Siemens tarafından geliştirilen ICE ve Velaro serisi yüksek hızlı trenler, gelişmiş sinyalizasyon çözümleriyle birlikte hem Avrupa'da hem de dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır.

Fransa, yüksek hızlı demiryolu teknolojisinin tarihsel öncülerinden biridir. Alstom firması tarafından geliştirilen ve 1981 yılında hizmete giren TGV (Train à Grande Vitesse) konsepti, yüksek hızlı tren standartlarının şekillenmesinde belirleyici olmuştur. Alstom'un 2021 yılında Bombardier Transportation'ı bünyesine katmasıyla birlikte, şirketin yıllık cirosu 15,7 milyar avroya ulaşmış, toplam sipariş portföyü ise 71,1 milyar avro seviyesine çıkmıştır. Bu birleşme sonucunda Alstom, Çin'in CRRC şirketinden sonra dünyanın ikinci büyük demiryolu araç üreticisi konumuna gelmiştir.

İspanya da raylı sistem üretiminde küresel pazarda önemli bir oyuncu hâline gelmiştir. CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles) ve Talgo gibi üreticiler, hem Avrupa'da hem de Latin Amerika, Asya ve Afrika pazarlarında geniş çaplı ihracat faaliyetleri yürütmektedir. İtalya ise Hitachi Rail Italy ortaklığıyla yüksek teknoloji demiryolu araçları ve sistemleri geliştirme kapasitesini artırarak Avrupa demiryolu endüstrisinde önemli bir konum edinmiştir. Tüm bu gelişmeler, demiryolu sektöründe hem teknolojik hem de ticari rekabetin giderek yoğunlaştığını göstermektedir.

Japonya, dünya demiryolu tarihinde yüksek hızlı tren teknolojisinin öncüsü olarak kabul edilmekte olup, 1964 yılında hizmete alınan Shinkansen hattı ile bu alandaki liderliğini ortaya koymuştur. Ülkenin demiryolu endüstrisi, özellikle yüksek güvenilirlik, sismik dayanım ve teknolojik inovasyon açısından öne çıkmaktadır. Hitachi Rail ve Mitsubishi Corporation gibi büyük ölçekli Japon firmaları, hem yurtiçindeki hatlarda hem de uluslararası pazarda etkin şekilde faaliyet göstermektedir. Hitachi Rail, Avrupa pazarına girişini İtalya'nın yüksek hızlı tren filosu olan Frecciarossa 1000 projesine verdiği katkı ile gerçekleştirmiştir. Japon yapımı trenler, özellikle operasyonel güvenilirlik ve deprem riskine karşı alınan ileri düzey önlemleri ile bilinmektedir. Ayrıca Japonya, manyetik levitasyon (maglev) teknolojisinde de öncü konumda yer almakta; 2015 yılında gerçekleştirilen test sürüşünde saatte 603 kilometre hıza ulaşarak dünya rekorunu kırmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin demiryolu sektörü ise farklı bir yapısal profile sahiptir. Ülkede demiryolları ağırlıklı olarak yük taşımacılığına hizmet vermekte olup, bu alanda dünyanın en geniş demiryolu altyapısına sahiptir. BNSF Railway, Union Pacific ve CSX gibi özel sektör firmaları, ABD yük taşımacılığının omurgasını oluşturmaktadır. 2023 yılı itibarıyla, ABD'de faaliyet gösteren Class I kategorisindeki büyük yük demiryolu işletmecileri altyapıya toplamda 26,8 milyar ABD doları yatırım gerçekleştirmiştir. Ancak yolcu taşımacılığı tarafında, ülke genelinde yüksek hızlı tren altyapısının sınırlı olduğu görülmektedir. Amtrak tarafından işletilen hatlar dışında YHT hizmeti bulunmamakta; buna karşın Kaliforniya Eyaleti başta olmak üzere bazı bölgelerde yeni yüksek hızlı tren projeleri ve Kuzeydoğu Koridoru'nun (NEC) modernizasyonu için ciddi kamu yatırımları planlanmaktadır.

Küresel raylı sistemler pazarında üretici ölçeğinde konsolidasyon eğilimleri de artış göstermektedir. 2022 yılı itibarıyla, dünya genelindeki yeni raylı araç satışlarının yaklaşık %75'i, ilk 10 büyük üretici firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum, sektörde yoğunlaşan rekabeti ve ölçek ekonomilerinin belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Söz konusu firmalara ilişkin detaylı bilgiler raporun 1.7 numaralı bölümünde sunulmuştur.



**CRRC (Çin):** Çin merkezli CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation), mevcut durumda dünyanın en büyük raylı araç üreticisi konumundadır. Ürün portföyü metro araçlarından yüksek hızlı trenlere, lokomotiflerden tramvaylara kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Ciro açısından, sektörün diğer büyük aktörlerinin oldukça önünde yer almakta ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde maliyet avantajına dayalı fiyat rekabetiyle pazar payını artırmaktadır. 2023 yılında şirket gelirlerinin yaklaşık %12'si Çin dışı pazarlardan elde edilmiştir; bu durum CRRC'nin küresel varlığını stratejik biçimde genişletmeye devam ettiğini göstermektedir.

**Alstom (Fransa):** Alstom, 2021 yılında Bombardier Transportation'ı satın alarak ürün gamını ve küresel erişimini önemli ölçüde genişletmiştir. Şirket, yüksek hızlı TGV trenlerinden Eurostar hatlarına, kentsel metro sistemlerinden tramvay çözümlerine kadar çok sayıda segmentte faaliyet göstermektedir. Alstom, bu birleşme sonrası CRRC'nin ardından dünyanın ikinci en büyük raylı sistem üreticisi hâline gelmiştir. Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika pazarlarında önemli projelere imza atan şirket, aynı zamanda sürdürülebilir mobilite çözümleri üzerine Ar-Ge yatırımlarını sürdürmektedir.

**Siemens Mobility (Almanya):** Siemens Mobility, Almanya'nın mühendislik gücünü demiryolu teknolojilerine yansıtan öncü firmalardan biridir. ICE ve Velaro platformları ile yüksek hızlı tren alanında global çapta bilinirliğe sahiptir. Ayrıca Vectron serisi elektrikli lokomotifler, sinyalizasyon sistemleri ve demiryolu otomasyonu çözümleriyle sektörde geniş kapsamlı faaliyet göstermektedir. Siemens, Avrupa'nın yanı sıra Asya ve Amerika'daki çok sayıda metro ve banliyö demiryolu projesinde yer alarak küresel tedarik zincirinde stratejik bir aktör hâline gelmiştir.

**Hitachi Rail (Japonya):** Hitachi Rail, Japonya'nın yüksek hızlı tren teknolojisindeki birikimini Avrupa ve diğer pazarlara taşımakta önemli bir rol üstlenmektedir. Şirket, 2015 yılında İtalya'da Frecciarossa 1000 trenlerinin ortak üretimiyle Avrupa pazarına girmiş, 2022'de ise batarya-dizel-elektrik hibrit tren modelini tanıtarak sürdürülebilir çözümlere yönelmiştir. İngiltere'de geliştirilen "Intercity Express Programme" kapsamında modern yolcu trenleri üretmiş olup, bu proje Hitachi'nin teknoloji transferi ve uluslararası mühendislik kabiliyetlerinin somut bir göstergesidir.

**Bombardier Transportation (Kanada/Fransa):** Bombardier Transportation, 2021 yılına kadar özellikle Flexity tramvayları, metro araçları ve TRAXX lokomotifleri ile tanınan güçlü bir üretici konumundaydı. Alstom tarafından devralınmasının ardından, bu ürün grupları artık Alstom çatısı altında geliştirilmeye devam etmektedir. Şirketin geçmişten gelen teknolojik birikimi, Alstom'un ürün çeşitliliği ve küresel mühendislik kapasitesi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

#### Diğer Önemli Üreticiler:

**Stadler (İsviçre):** Özellikle Doğu Avrupa ve ABD pazarlarında hızlı büyüme göstermekte olup, düşük katlı banliyö trenleri ve dar hat çözümleriyle öne çıkmaktadır.

**CAF (İspanya):** Metro, hafif raylı sistem ve bölgesel tren üretiminde uzmanlaşmış olup, Avrupa dışında Latin Amerika ve Asya pazarlarında da aktif projeleri bulunmaktadır.

**Kawasaki Heavy Industries (Japonya):** Japon iç pazarı başta olmak üzere, ABD ve Asya ülkelerine yönelik metro ve hızlı tren sistemleri üretmektedir.

**Hyundai Rotem (Güney Kore):** Güney Kore iç pazarının yanı sıra ihracat pazarlarında da (örneğin Türkiye'de elektrikli tren setleri) aktif olarak yer almakta, global marka olma yönünde adımlar atmaktadır.

**Transmashholding-TMH (Rusya):** Eski Sovyet coğrafyası başta olmak üzere, Doğu Avrupa ve Asya'da bölgesel demiryolu projelerinde faaliyet göstermektedir.

Bu büyük üreticiler arasındaki rekabetin yanı sıra zaman zaman geliştirilen stratejik işbirlikleri, teknoloji transferi, yerleşme politikaları ve ölçek ekonomileri yoluyla raylı sistemler sektöründe inovasyonu hızlandırmaktadır. Örneğin, CRRC ile Alstom gibi pazarın önde gelen aktörlerinin küresel projelerdeki varlığı, tedarik zincirlerinin yeniden yapılandırılmasına ve üretimin merkezileşmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, çeşitli ülkelerdeki yerel üreticiler de büyüme eğilimi göstermekte; Hindistan'da Integral Coach Factory, Türkiye'de TÜRASAŞ gibi kamu destekli kuruluşlar, büyük üreticilerle işbirliği geliştirerek karma üretim ve teknoloji paylaşımı modelleri aracılığıyla sektördeki etkinliklerini artırmaktadır. Bu durum, raylı sistemlerin küresel ölçekte yaygınlaşmasında ve sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Raylı sistemler teknolojisi, 21. yüzyılda hız, verimlilik, güvenlik ve dijitalleşme odaklı gelişmelerle önemli bir dönüşüm süreci geçirmektedir. Aşağıda, öne çıkan güncel teknolojik eğilimler sistematik biçimde sunulmuştur:

**Yüksek Hızlı Tren Teknolojileri:** Yüksek hızlı tren sistemleri, günümüzde modern ulaşım altyapısının temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Tipik işletme hızları 300–350 km/sa düzeyinde olan bu sistemler, hem hat kapasitesini artırmakta hem de karayolu ve havayoluna sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Son yıllarda yaşanan teknolojik ilerlemeler, bu hız limitlerinin aşılması yönündeki araştırmaları teşvik etmektedir. Örnek olarak;

- Çin, Fuxing serisi trenlerle ülke genelinde 350 km/sa hızında işletmeyi yaygınlaştırmış; ayrıca uluslararası bağlantılara yönelik 400 km/sa hızında prototip trenler geliştirmiştir. Bu trenler, aerodinamik tasarım, hafif kompozit malzemeler ve gelişmiş fren sistemleri ile donatılmıştır.
- Japonya, yeni nesil Shinkansen N700S tren seti ile hem enerji verimliliği hem de güvenlik alanlarında önemli yenilikler sunmaktadır. Özellikle deprem algılamalı otomatik frenleme sistemleri ve modüler yapı tasarımı ile öne çıkmaktadır.
- Avrupa’da, İtalya’nın Frecciarossa 1000 ve İspanya’nın Talgo Avril trenleri 350 km/sa sınıfında hizmet vererek Trans-Avrupa Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı’nın gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu trenler; dinamik eğim kontrolü, aktif süspansiyon sistemleri ve sessiz çalışma gibi gelişmiş özellikler taşımaktadır.

Öte yandan, teorik olarak 1000 km/sa üzeri hızlara ulaşmayı hedefleyen Hyperloop konsepti de Ar-Ge aşamasında ilerlemektedir. Düşük basınçlı tüpler içerisinde manyetik kaldırma veya hava yastığı teknolojileri ile çalışan bu sistemler, henüz ticari kullanıma geçmemekle birlikte ulaştırma mühendisliği açısından çığır açıcı potansiyele sahiptir.

**Manyetik Levitasyon (Maglev) Trenler:** Maglev teknolojisi, konvansiyonel ray-tekerlek temasını ortadan kaldırarak elektromanyetik kuvvetler aracılığıyla aracın raydan birkaç santimetre yukarıda askıda hareket etmesini sağlamaktadır. Bu yapı, mekanik sürtünmeyi minimize ederek çok yüksek hızlara erişimi mümkün kılmakta ve bakım gereksinimlerini azaltmaktadır.

- Japonya, bu alanda öncü ülke konumundadır. SC Maglev prototipi ile test ortamında 603 km/sa hıza ulaşarak dünya rekorunu elinde tutmaktadır. Halihazırda inşa edilen Chuo Shinkansen hattı (Tokyo–Nagoya arası), 500 km/sa işletme hızıyla iki şehir arasındaki mesafeyi yaklaşık 40 dakikaya indirecek şekilde planlanmıştır.
- Çin, Temmuz 2021’de CRRC tarafından geliştirilen ve 600 km/sa hıza ulaşabilen yeni nesil maglev prototipini tanıtmıştır. Bu sistemin Beijing–Şanghay arasındaki seyahat süresini 2,5 saate düşürebileceği öngörülmektedir. Çin, aynı zamanda 2003 yılından bu yana Şanghay’da 431 km/sa hızla çalışan 30 kilometrelik Transrapid hattını ticari olarak işletmektedir.

Bununla birlikte, maglev teknolojisinin yaygınlaşmasının önünde bazı yapısal zorluklar bulunmaktadır. Özellikle yüksek altyapı maliyetleri, konvansiyonel demiryolu sistemleriyle uyumsuzluk ve enerji tüketimi bu teknolojinin ticarileşmesini sınırlandıran başlıca etkenlerdir. Buna karşın, Çin’in düşük basınçlı tüpler içinde çalışacak maglev sistemleriyle 4.000 km/sa hıza ulaşmayı hedefleyen konsept çalışmaları, gelecekte ulaştırma paradigmasını köklü biçimde değiştirme potansiyeli taşımaktadır.

**Otonom (Sürücüsüz) Metro ve Tren Sistemleri:** Raylı sistemlerde otomatik işletim sistemleri, güvenlik, kapasite, enerji verimliliği ve maliyet avantajları nedeniyle giderek yaygınlaşmaktadır. Grade of Automation (GoA) sınıflandırmasına göre GoA4, trenin makinistsiz, tamamen otonom olarak işletildiği en yüksek otomasyon düzeyini temsil etmektedir. Bu sistemlerde kalkış, duruş, kapı kontrolü, güvenlik, hız regülasyonu ve acil durum yönetimi yazılım ve sensörlerle kontrol edilmektedir.

İlk GoA4 örnekleri 1980’li yıllarda Kopenhag ve Lille gibi şehirlerde devreye alınmış olup, günümüzde bu teknoloji birçok yeni metro projesinde temel standart hâline gelmiştir. 2020 yılı sonu itibarıyla dünya genelinde 48 şehirde en az bir GoA4 metro hattı bulunmakta; bu hatların toplam uzunluğu 1.350 kilometreyi aşmaktadır. Bu değer, küresel metro ağının yaklaşık %8’ine tekabül etmektedir. Dubai, Singapur, Vancouver ve Paris gibi kentler, GoA4 sistemlerinin yaygınlaştırılmasında öncülük etmektedir. Örneğin, Paris’in 1 numaralı metro hattı, insanlı işletmeden tam otonom işletmeye dönüştürülerek hem tren sıklığı artırılmış hem de sistem güvenliği iyileştirilmiştir.

Türkiye’de de bu alanda gelişmeler yaşanmakta olup, Gebze–Darıca Metro Hattının GoA4 otomasyon düzeyinde işletilmesi planlanmakta ve hattın 2026 yılında tamamlanması hedeflenmektedir.

Otonom teknolojilerin etkisi yalnızca metro hatlarıyla sınırlı kalmamıştır. Avrupa’da ana hat demiryolu sistemlerinde, Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) ve Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) ile

entegre edilen Automatic Train Operation (ATO) çözümleri test edilmektedir. Almanya ve Fransa'da bazı yüksek hızlı tren hatlarında, makinist gözetiminde otomatik sürüş uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, Avustralya'daki Rio Tinto şirketine ait Pilbara bölgesindeki demiryolu hattı, tamamen otonom yük trenleriyle işletilerek dünya genelinde bu alandaki ilk örnek olmuştur.

Bu gelişmeler, demiryolu sektörünün Endüstri 4.0 entegrasyonunu açıkça ortaya koymaktadır. Yapay zekâ tabanlı trafik yönetimi sistemleri, sensör ağları, nesnelerin interneti (IoT) destekli izleme çözümleri, işletme süreçlerinde optimizasyon, arıza öngörüsü ve güvenlik iyileştirmeleri gibi alanlarda somut faydalar sunmaktadır.

**Alternatif Enerji ve Yeşil Teknolojiler:** Küresel ölçekte artan iklim krizi ve karbon salınımını azaltma yükümlülükleri doğrultusunda, raylı sistemlerde fosil yakıt kullanımını minimize etmeye yönelik teknolojik dönüşümler hız kazanmıştır. Özellikle elektrifikasyon altyapısının bulunmadığı hatlarda, batarya ile çalışan ya da hidrojen yakıt hücreli tren setleri geliştirilerek dizel trenlerin yerini alacak çevreci çözümler sunulmaktadır.

- Alstom tarafından geliştirilen Coradia iLint, yalnızca su buharı emisyonu oluşturan hidrojen yakıt hücreli tahrik sistemiyle donatılmış ilk ticari tren olup, 2018 yılından itibaren Almanya'da hizmet vermektedir.
- Siemens Mobility tarafından üretilen Mireo Plus serisi, hem batarya destekli hem de hidrojenle çalışan versiyonlarıyla piyasaya sunulmuş; düşük karbon ayak iziyle sürdürülebilir ulaşımın öncülerinden biri olmuştur. Bu tür trenler, özellikle elektrik altyapısının kurulmasının ekonomik veya coğrafi olarak mümkün olmadığı bölgelerde sıfır emisyon hedefiyle tercih edilmektedir.

Buna ek olarak, enerji verimliliği hedeflerine ulaşmak amacıyla:

- Rejeneratif frenleme sistemleri ile trenin frenleme sırasında açığa çıkan kinetik enerjisi geri kazanılarak elektrik üretimi sağlanmakta,
- Enerji optimizasyon algoritmaları sayesinde sürüş profilleri analiz edilerek tüketim minimize edilmektedir.

Bu tür uygulamalar yalnızca çevresel sürdürülebilirliği desteklemekle kalmamakta; aynı zamanda uzun vadede işletme maliyetlerini azaltarak raylı sistemlerin ekonomik cazibesini artırmaktadır.

**Dijitalleşme ve Akıllı Demiryolları:** Demiryolu endüstrisi, dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte köklü bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu dijital dönüşüm; büyük veri analitiği, yapay zekâ (AI), nesnelerin interneti (IoT) ve simülasyon tabanlı modelleme gibi teknolojilerin operasyonel süreçlere entegre edilmesiyle ivme kazanmıştır. Amaç, sistem performansını artırmak, bakım süreçlerini optimize etmek ve güvenlik seviyesini yükseltmektir.

- **Akıllı Bakım Teknolojileri:** Koşul Bazlı ve Kestirimci Yaklaşımlar: Modern demiryolu sistemlerinde koşul bazlı bakım (Condition-Based Maintenance, CBM) ve kestirimci bakım (Predictive Maintenance, PdM) uygulamaları, bakım stratejilerinin dönüşümünde temel rol oynamaktadır. Bu sistemler sayesinde; raylar, traversler, sinyalizasyon sistemleri ve araç komponentlerinin durumu sensörler ve IoT cihazları aracılığıyla gerçek zamanlı izlenebilmekte; aşınma, bozulma veya arıza eğilimleri veri analitiği ve makine öğrenimi algoritmaları ile önceden tahmin edilebilmektedir.

Bu sayede:

- Arıza öncesi müdahale ile hizmet kesintileri minimize edilmekte,
- Yedek parça ve iş gücü kullanımı daha verimli planlanmakta,
- Sistem güvenilirliği ve kullanılabilirliği artırılmaktadır.
- **Dijital İkiz (Digital Twin) Teknolojisi:** Dijital ikiz teknolojisi, fiziksel varlıkların ve süreçlerin dijital bir temsili oluşturmakta ve bu model üzerinden sistemin davranışı gerçek zamanlı ya da simülatif biçimde analiz edilebilmektedir. Demiryolu mühendisliğinde dijital ikiz uygulamaları, özellikle:
  - Yeni hat projelendirme,
  - Trafik modelleme,
  - Enerji tüketimi optimizasyonu,
  - Operasyon senaryolarının test edilmesi gibi alanlarda önemli avantajlar sunmaktadır.

Bu teknolojiler sayesinde kaynak planlaması ve yatırım verimliliği artırılmakta; proje yaşam döngüsünün her aşamasında karar destek sistemleri güçlenmektedir.



- **Akıllı Sinyalizasyon ve İletişim Sistemleri:** Dijitalleşme, sinyalizasyon altyapısında da önemli dönüşümler yaratmaktadır. Özellikle kablosuz iletişime dayalı tren kontrol sistemleri şu gelişmelerle dikkat çekmektedir:
- **CBTC (Communications-Based Train Control):** Metro ve banliyö sistemlerinde yaygınlaşan bu sistem, tren konumunun sürekli ve hassas biçimde takip edilmesini sağlar. Bu sayede trenler daha kısa aralıklarla ve daha güvenli şekilde işletilebilir.
- **FRMCS (Future Railway Mobile Communication System):** Avrupa merkezli olarak geliştirilen bu yeni nesil iletişim standardı, mevcut GSM-R sistemlerinin yerini alacak şekilde tasarlanmakta ve 5G tabanlı güvenli haberleşme altyapısı ile yüksek veri iletim kapasitesi sunmaktadır. FRMCS, otonom trenler ve akıllı bakım sistemleri gibi ileri uygulamaların temelini oluşturacaktır.
- **Lojistikte Dijitalleşme: Dijital Otomatik Kuplör (DAC):** Yük taşımacılığı tarafında, Dijital Otomatik Kuplör (Digital Automatic Coupler, DAC) teknolojisi, operasyonel verimliliği artıran devrim niteliğinde bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel manuel kuplaj işlemlerinin yerini alan DAC, tren dizilişini otomatikleştirmekte ve aynı zamanda güç, veri ve hava aktarımını entegre etmektedir. Bu sayede:
- Yük trenlerinin oluşturulması ve dağıtılması süreci hızlanmakta,
- Vagon arası iletişim mümkün hâle gelmekte,
- Otomatik fren testleri ve izleme sistemleri entegre edilebilmektedir.

DAC sistemlerinin yaygınlaşması, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve sıfır karbon lojistik hedefleri doğrultusunda dijital demiryolu taşımacılığının temel yapı taşlarından biri olarak görülmektedir.

Raylı sistem teknolojileri, 21. yüzyılda dijitalleşmenin sağladığı imkânlarla daha hızlı, daha güvenli, daha verimli ve çevreci bir yapıya kavuşmaktadır. Gerek konvansiyonel yüksek hızlı trenlerde gerekse maglev ve otonom trenlerde hedeflenen hız ve güvenlik seviyelerine ulaşmada; yapay zekâ, büyük veri, simülasyon, otomasyon ve alternatif enerji çözümleri belirleyici rol oynamaktadır. Demiryolları, bu dönüşüm sayesinde yalnızca teknik bir ulaşım altyapısı değil, aynı zamanda akıllı, entegre ve sürdürülebilir bir mobilite ekosistemine dönüşmektedir.

Son yıllarda birçok ülke, ekonomik kalkınmayı desteklemek ve sürdürülebilir ulaştırma sağlamak amacıyla büyük ölçekli demiryolu projelerine imza atmaktadır. Bu mega proje niteliğindeki yatırımlar, hem şehir içi toplu taşımayı geliştirmekte hem de şehirlerarası koridorlarda hızlı ve yüksek kapasiteli bağlantılar oluşturmaktadır. Öne çıkan bazı büyük projeler şunlardır:

**Çin'in Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı ve Kuşak-Yol Projeleri:** Çin Halk Cumhuriyeti, 21. yüzyılın başından itibaren demiryolu sektöründe küresel ölçekte en iddialı ve sistematik genişleme stratejisini uygulayan ülke konumuna gelmiştir. Bu strateji, hem yurt içi yüksek hızlı tren (YHT) ağı inşası hem de uluslararası demiryolu projelerine teknik, mali ve siyasi katkılar yoluyla küresel bir demiryolu altyapısı şekillendirme vizyonunu içermektedir.

Çin'in YHT politikası, merkezi hükümetin ulaşım altyapısını "yüksek hızlı, entegre ve erişilebilir" hâle getirme hedefi doğrultusunda şekillenmiştir. 2035 yılına kadar toplamda 70.000 kilometre uzunluğunda yüksek hızlı demiryolu ağına ulaşılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda her yıl yüzlerce kilometre yeni hat tamamlanmakta ve hizmete alınmaktadır.

- Chengdu–Chongqing Yüksek Hızlı Hattı, ülkenin batısında yoğun nüfuslu iki büyük metropolü birbirine bağlayarak bölgesel kalkınmayı desteklemektedir.
- Xiong'an Yeni Bölgesi bağlantısı, Pekin'in güneyinde geliştirilen bu özel ekonomik bölgeyi başkent ile entegre eden stratejik bir ulaşım projesi olup, inovasyon ve sürdürülebilirlik temelli yeni şehircilik vizyonunun parçası olarak inşa edilmektedir.
- Çin'in küresel demiryolu politikasının ikinci eksenini, 2013 yılında başlatılan Kuşak ve Yol Girişimi (Belt and Road Initiative - BRI) oluşturmaktadır. Bu stratejik çerçevede, Çin; Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarında demiryolu altyapı projelerine hem mühendislik ve teknoloji desteği sağlamakta hem de finansman ve işletme modelleri geliştirmektedir.
- **Çin-Avrupa Demiryolu Koridorları:** Çin ile Avrupa arasında, özellikle Orta Asya ve Rusya üzerinden uzanan demiryolu hatları, yük taşımacılığı kapasitesinin artırılmasında kritik rol oynamaktadır. Çin-Avrupa ekspres yük trenleri, taşıma süresini deniz yoluna göre önemli ölçüde azaltarak rekabetçi bir lojistik çözüm sunmakta; bu hatlar üzerinden gönderilen konteyner hacmi yıllık bazda sürekli artmaktadır.

- **Güneydoğu Asya Projeleri:** Çin-Laos Demiryolu (414 km), 2021 yılında faaliyete geçmiş olup Çin'in Yunnan Eyaleti'ni Laos'un başkenti Vientiane ile doğrudan bağlamaktadır. Bu hattın, Laos-Tayland-Malezya üzerinden Singapur'a kadar uzanacak şekilde genişletilmesi planlanmaktadır. Malezya Doğu Kıyısı Demiryolu Projesi, Malezya'nın iç kesimlerini liman bölgeleriyle entegre etmeyi amaçlamakta ve Çin sermayesiyle inşa edilmektedir.
- **Afrika Projeleri:** Afrika kıtası, Çin'in altyapı dış yatırımları açısından öncelikli bölgelerden biri hâline gelmiştir. Etiyopya-Cibuti elektrikli demiryolu hattı, 2016 yılında işletmeye açılmış olup Doğu Afrika'nın ilk elektrikli demiryolu projesi olma özelliği taşımaktadır. Nijerya, Kenya ve Mısır gibi ülkelerde Çin destekli demiryolu projeleri sürmekte; bu projeler hem iç ulaşımı güçlendirmekte hem de limanlarla bağlantılı taşımacılığı kolaylaştırmaktadır.

**Hindistan'ın Mumbai-Ahmedabad YHT Projesi:** Hindistan'ın ilk yüksek hızlı demiryolu projesi, Mumbai ile Ahmedabad şehirleri arasında 508 kilometre uzunluğundaki bir güzergâh üzerinde inşa edilmektedir. Proje, Japonya'nın ileri teknolojik katkıları (özellikle Shinkansen E5 serisi tren setleri) ve finansal desteğiyle yürütülmektedir. Tasarlanan sistem, saatte 320 kilometre işletme hızı ile mevcut yaklaşık 7 saatlik seyahat süresini yaklaşık 2 saate indirmeyi hedeflemektedir. Proje kapsamında öngörülen toplam yatırım maliyeti 15 milyar ABD dolarının üzerindedir. 2024 yılı itibarıyla viyadük yapılarının inşası büyük ölçüde tamamlanmış olup, hattın ilk etabının 2027 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır. Söz konusu girişim, yalnızca Hindistan'da değil, aynı zamanda Güney Asya bölgesinde yüksek hızlı demiryolu teknolojisinin ilk uygulaması olması bakımından stratejik öneme sahiptir. Proje, Hindistan'ın demiryolu altyapısının modernizasyonuna yönelik kapsamlı stratejisinin temel yapı taşlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

**Birleşik Krallık – HS2 (High Speed 2) Projesi:** Birleşik Krallık'ın "High Speed 2" (HS2) Projesi, Avrupa kıtasındaki en büyük altyapı yatırımlarından biri olarak öne çıkmakta ve ülkenin kuzey-güney ulaşım ekseninde kapasiteyi artırmayı hedeflemektedir. Londra ile Birmingham arasındaki ilk etap hâlihazırda inşaat aşamasındadır. Proje kapsamında hizmet verecek trenlerin 360 km/saat hıza ulaşması planlanmaktadır. Bu sayede seyahat sürelerinde önemli ölçüde azalma sağlanarak, ülke içi ekonomik ve sosyal entegrasyon güçlendirilecektir.

Toplam maliyetinin yaklaşık 45 milyar Sterlin seviyesinde olması öngörülen projenin, mevcut demiryolu altyapısındaki darboğazları azaltması ve ağın kapasitesini genişletmesi beklenmektedir. Ancak 2023 yılında alınan bütçe revizyon kararları doğrultusunda Manchester bağlantısı iptal edilmiştir. HS2, Manş Tüneli'ni Londra'ya bağlayan HS1'den sonra Birleşik Krallık'taki ikinci büyük ölçekli yüksek hızlı demiryolu girişimi olup, stratejik ulaştırma politikalarının öncelikli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmeye devam etmektedir.

**Avrupa Birliği:** Trans-Avrupa Demiryolu Mega Projeleri (TEN-T): Avrupa Birliği, Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) kapsamında sınır ötesi yüksek kapasiteli demiryolu bağlantılarının oluşturulmasını hedeflemekte ve kıta genelinde entegre bir ulaştırma altyapısı tesis etmeye yönelik çok uluslu projeleri hayata geçirmektedir:

- **Lyon-Torino Tüneli (Fransa-İtalya):** Alplerin altından geçecek şekilde tasarlanan 57 kilometre uzunluğunda çift tüplü bu demiryolu tüneli, Avrupa'nın kuzey-güney lojistik koridorunun önemli bir parçasıdır. Yaklaşık 25 milyar Euro'luk bütçeyle yürütülen projenin 2032 yılında tamamlanması öngörülmektedir.
- **Fehmarnbelt Tüneli (Danimarka-Almanya):** Baltık Denizi'nin altından geçecek şekilde inşa edilen 18 kilometre uzunluğundaki karayolu ve demiryolu tüneli, İskandinavya ile Orta Avrupa arasındaki ulaşımı önemli ölçüde hızlandıracaktır. Açılışının 2029 yılında gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.
- **Rail Baltica:** Estonya, Letonya ve Litvanya'yı Polonya üzerinden Batı Avrupa demiryolu ağına entegre edecek 870 kilometrelik yüksek standartlı hat, yaklaşık 5,8 milyar Euro'luk yatırım ile hayata geçirilmektedir. Tamamlanmasının 2030 yılında gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu hat, Baltık ülkelerinin Avrupa içi lojistik sistemine entegrasyonunu sağlayarak bölgesel kalkınmaya katkı sunacaktır.

Bu projeler, Avrupa'da hızlı, sürdürülebilir ve sınır ötesi entegre demiryolu ulaşım ağının oluşturulması bakımından stratejik önem arz etmektedir.

**Orta Doğu ve Körfez Projeleri:** Körfez ülkeleri, petrol dışı ekonomik dönüşüm politikaları ve sürdürülebilir ulaşım vizyonları doğrultusunda büyük ölçekli demiryolu yatırımlarına yönelmektedir. Bu kapsamda geliştirilen projeler, hem kent içi ulaşımın modernizasyonunu hem de bölgesel entegrasyonun güçlendirilmesini hedeflemektedir:

- **Suudi Arabistan:** 2018 yılında hizmete giren Haramain Yüksek Hızlı Demiryolu, Mekke ile Medine şehirleri arasında 453 kilometre uzunluğundaki güzergâhta, 300 km/saat tasarım hızında çalışmaktadır. Proje, hem dini turizmi destekleyen hem de ulaşım altyapısını modernize eden stratejik bir yatırımı temsil etmektedir. Ayrıca başkent Riyad ve Cidde gibi büyük şehirlerde, çok hatlı metro sistemlerinin inşası da sürdürülmektedir.
- **Birleşik Arap Emirlikleri (BAE):** Ülke genelinde yük ve yolcu taşımacılığına hizmet edecek şekilde planlanan Etihad Rail Projesi, 1.200 kilometrelik demiryolu ağıyla Körfez bölgesindeki ulaştırma altyapısında önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. 2023 yılı itibarıyla Abu Dabi ile Dubai arasındaki ilk demiryolu seferi gerçekleştirilmiştir. Projenin nihai hedefi, Körfez İşbirliği Konseyi (GCC) Demiryolu Projesi kapsamında bölgedeki tüm ülkeler arasında kesintisiz ve entegre bir demiryolu bağlantısı kurmaktır. Bu sayede ekonomik bütünleşmenin, lojistik verimliliğin ve bölgesel hareketliliğin artırılması öngörülmektedir.

**Afrika Mega Projeleri:** Afrika'da demiryolu yatırımları, kıta içi entegrasyonu güçlendirmek, ticaret hacmini artırmak ve sürdürülebilir ulaşım çözümleri geliştirmek amacıyla hızla artmaktadır. Birçok ülke, yüksek standartlara sahip hat projeleriyle bölgesel kalkınma hedeflerini desteklemektedir:

- **Tanzanya:** Doğu Afrika'nın en büyük standart hat (SGR – Standard Gauge Railway) projelerinden biri olan Darüsselam–Dodoma Demiryolu Hattı, 541 kilometrelik ilk fazıyla dikkat çekmektedir. Türk inşaat firması Yapı Merkezi tarafından yaklaşık 3,1 milyar ABD doları yatırım ile inşa edilen hat, 2024 yılında elektrikli sistemle hizmete girmiştir. Yeni hat, yolcu seyahat süresini 8 saatten 3,5 saate düşürmüş, 10.000 tonluk yük taşıma kapasitesi ile bölgedeki demiryolu taşımacılığına yeni bir standart kazandırmıştır.
- **Kenya:** Çin finansmanı ile gerçekleştirilen Mombasa–Nairobi Demiryolu Hattı, 2017 yılında faaliyete geçirilmiş olup, projenin Uganda sınırına kadar uzatılması planlanmaktadır. Bu proje, Doğu Afrika'daki sınır ötesi taşımacılığın gelişmesi açısından önemli bir adımdır.
- **Fas:** 2018 yılında devreye alınan Al-Boraq Yüksek Hızlı Demiryolu Hattı, Tanca–Rabat–Kazablanka güzergâhında hizmet vermekte olup, Afrika kıtasındaki ilk yüksek hızlı demiryolu sistemi olma özelliğini taşımaktadır. Sistem, 320 km/saat'e varan işletme hızlarıyla hem şehirler arası yolcu taşımacılığında hem de teknolojik altyapı bakımından örnek teşkil etmektedir.

**Diğer Ülkeler:** Nijerya, Mısır ve Etiyopya başta olmak üzere birçok Afrika ülkesinde hem şehir içi metro sistemlerine hem de şehirler arası demiryolu hatlarına yönelik yatırımlar ivme kazanmıştır. Bu projeler, kıta genelinde ekonomik büyümeyi ve mobilitayı artırma amacı taşımakta olup, aynı zamanda küresel yatırımcılar açısından da cazip fırsatlar sunmaktadır.

**Kentsel Demiryolu (Metro, Hafif Raylı) Projeleri:** Giderek artan kentleşme, nüfus yoğunluğu ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda, dünya genelindeki metropoliten bölgelerde kentsel raylı toplu taşıma sistemleri öncelikli altyapı yatırımları arasında yer almaktadır. Metro ve hafif raylı sistem projeleri, trafik sıkışıklığını azaltma, karbon salımını düşürme ve kentsel hareketliliği artırma açısından stratejik önem taşımaktadır. Bu çerçevede öne çıkan bazı örnekler aşağıda sunulmuştur:

- **Kahire (Mısır):** Afrika kıtasının ilk ve en büyük metro sistemine sahip olan Kahire, mevcut 3 hat üzerinden çalışan ağını, 6 hatta ulaşacak şekilde genişletmeyi hedefleyen kapsamlı bir genişleme planını hayata geçirmiştir. Bu plan, artan nüfus ve kent içi ulaşım talebine yanıt vermek amacıyla kapasite artırımı ve yeni güzergâhların entegrasyonunu içermektedir.
- **Delhi (Hindistan):** Delhi Metro sistemi, son yirmi yıl içerisinde sıfırdan inşa edilerek önemli bir toplu taşıma altyapısı hâline gelmiştir. 2024 itibarıyla 390 kilometreyi aşan hat uzunluğu ile Delhi, küresel ölçekte en büyük entegre metro sistemlerinden biri konumuna ulaşmıştır. Sistem; hat çeşitliliği, teknolojik altyapısı ve sürdürülebilir ulaşım modeliyle örnek teşkil etmektedir.
- **Lagos (Nijerya):** Batı Afrika'nın en büyük metropolü olan Lagos'ta 2023 yılında hizmete giren ilk hafif raylı sistem hattı, Sahra-altı Afrika'da kent içi ulaşım modernizasyonunun önemli bir örneğidir. Proje, hem toplu taşıma kapasitesini artırmakta hem de özel taşıt kullanımına bağımlılığı azaltmaktadır.
- **New York (ABD):** Mevcut metro altyapısının modernizasyonu ve kapasite artırımı kapsamında sürdürülen ikinci Cadde Metro Hattı gibi projeler, yoğun hatlardaki tıkanıklığı azaltmayı ve sistemin genel verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. New York, hem yeni hat yatırımları hem de sistem içi rehabilitasyon projeleri ile kentsel ulaşımın sürdürülebilir çözümleri benimsemektedir.



- **İstanbul (Türkiye):** 2023 yılı itibarıyla İstanbul Havalimanı metrosu da dâhil olmak üzere birçok yeni hattın devreye alınmasıyla İstanbul'daki toplam kent içi raylı sistem uzunluğu yaklaşık 340 kilometreye ulaşmıştır. Kent genelinde uygulanan entegrasyon ve aktarma çözümleri sayesinde, raylı sistemlerin toplu taşıma içerisindeki payı giderek artmaktadır. İstanbul, hem kapasite büyüklüğü hem de dinamik proje portföyüyle Avrupa'nın en hızlı büyüyen kentsel raylı sistemlerinden birine sahiptir.

Kentsel ölekte uygulanan raylı sistem projeleri, küresel perspektiften değerlendirildiğinde toplamda yüzlerce kilometrelik yeni demiryolu altyapısının devreye alındığını ortaya koymaktadır. Bu eğilim, dünya genelinde raylı ulaşım sistemlerine yönelik güçlü bir yatırım ivmesinin oluştuğuna işaret etmektedir. Özellikle büyük metropollerde artan ulaşım talebi, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ve ekonomik kalkınma stratejileri, raylı sistemlerin yeniden yapılandırılması ve yaygınlaştırılmasını öncelikli hâle getirmiştir.

2024 yılı itibarıyla küresel ölekte 205 adet büyük ölçekli raylı sistem inşaat projesi başlatılmış olup, bu projelerin toplam yatırım hacminin 389 milyar ABD doları seviyesinde olduğu tahmin edilmektedir. Söz konusu yatırımlar, metro, hafif raylı sistem, yüksek hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatlarını kapsamaktadır. Raylı sistem projeleri, planlama ve uygulama aşamalarında uzun zaman dilimlerine ihtiyaç duysa da; ekonomik dinamizmin teşvik edilmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve bölgesel entegrasyonun sağlanması bakımından kritik rol oynamaktadır.

COVID-19 pandemisi sonrasında oluşturulan ekonomik toparlanma programlarında, birçok ülke hükümeti demiryolu yatırımlarını öncelikli altyapı alanları arasında konumlandırmış; bu durum sektördeki büyümeyi önemli ölçüde hızlandırmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde de bu eğilim dikkat çekmektedir. Örneğin 2023 yılında Endonezya'da faaliyete geçen Jakarta-Bandung Yüksek Hızlı Demiryolu Hattı, Güneydoğu Asya'daki ilk yüksek hızlı tren (YHT) projesi olma niteliği taşımaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti ortaklığında hayata geçirilen bu proje, 142 kilometre uzunluğunda olup; 350 km/saat hıza sahip trenlerle işletilmektedir. Proje, sadece Endonezya'nın ulaştırma altyapısını dönüştürmekle kalmamış, aynı zamanda bölgesel ekonomik kalkınma ve teknoloji transferi açısından da stratejik bir örnek oluşturmuştur.

Raylı sistemler, diğer ulaştırma modlarıyla kıyaslandığında daha düşük çevresel etki ve yüksek enerji verimliliği sağlayan sürdürülebilir bir ulaşım alternatifi olarak öne çıkmaktadır. Ulaştırma sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %25'ini oluşturmakta olup, bu oran içinde demiryollarının payı oldukça sınırlı kalmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, demiryolları dünya genelinde toplam yolcu-kilometre taşımalarının %7'sini ve yük ton-kilometre taşımalarının %6'sını gerçekleştirmektedir. Buna karşın, ulaşım sektörü kaynaklı karbon emisyonlarının yalnızca %1'i demiryolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır. Bu çarpıcı oran, raylı sistemlerin yüksek enerji verimliliği, karbonsuzlaştırma potansiyeli ve alternatif enerji kaynaklarına adaptasyon yeteneği bakımından sahip olduğu çevresel üstünlüğün açık bir göstergesidir.

Raylı sistemlerin çevresel avantajları aşağıdaki başlıklar altında özetlenebilir:

**Düşük Karbon Emisyonu:** Demiryolu taşımacılığı, özellikle elektrikli tren sistemleri kullanıldığında, birim yolcu-kilometre veya ton-kilometre başına düşen sera gazı salımı açısından tüm ulaşım modları arasında en düşük karbon emisyon değerlerine sahip alternatiflerden biridir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, elektrikli trenlerle gerçekleştirilen bir seyahat, havayolu taşımacılığına kıyasla yaklaşık %80 oranında daha az karbon emisyonu üretmektedir. Bu emisyon farkı, karayolu taşımacılığı ile yapılan karşılaştırmalarda da benzer düzeyde seyretmektedir.

Elektrifikasyon oranlarının artması ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının giderek yükselmesi, demiryolu taşımacılığından kaynaklanan dolaylı emisyonların da azaltılmasını mümkün kılmaktadır. Bu gelişmeler, sektörü iklim değişikliğiyle mücadelede stratejik bir çözüm aracı hâline getirmekte ve ulusal/uluslararası karbon nötr hedeflerine ulaşmada kritik bir rol üstlenmesini sağlamaktadır.

Güncel küresel verilere göre, yolcu demiryolu taşımacılığının yaklaşık %85'i elektrikli trenlerle gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerin büyük bir bölümü, doğrudan veya dolaylı olarak sıfır emisyon ilkesine dayalı olarak işletilmektedir. Bu bağlamda, demiryolları yalnızca düşük karbon salımı ile değil, aynı zamanda enerji geçiş politikalarına entegrasyon kabiliyeti ile de öne çıkan sürdürülebilir ulaşım çözümlerindendir.

**Yüksek Enerji Verimliliği:** Demiryolu taşımacılığı, temel fiziksel yapısı itibarıyla yüksek enerji verimliliğine sahip bir ulaşım modudur. Çelik tekerleklerin çelik raylar üzerinde minimum yuvarlanma direnciyle hareket etmesi, sistemin sürtünme kaynaklı enerji kayıplarını en aza indirerek aynı enerji girdisiyle daha fazla yolcu veya yük taşınmasına olanak tanımaktadır. Bu yapısal avantaj, demiryollarını motorlu taşıma türleri arasında enerji verimliliği açısından öne çıkarmaktadır.

Özellikle yük taşımacılığı açısından değerlendirildiğinde, eşdeğer taşıma kapasitesine sahip bir karayolu araç konvoyuna kıyasla, bir yük treninin kilometre başına çok daha düşük enerji tüketimi ile çalıştığı bilimsel verilerle ortaya konmuştur. Bu durum, enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve lojistik maliyetlerin azaltılması açısından stratejik önem taşımaktadır.

Buna ek olarak, modern demiryolu araçlarında kullanılan rejeneratif frenleme sistemleri, frenleme sırasında ortaya çıkan kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülerek enerji şebekesine geri beslenmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknoloji, hem sistem verimliliğini artırmakta hem de toplam enerji tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır.

Uzun ömürlü altyapıları, yüksek taşıma kapasiteleri ve düşük işletme enerjisi gereksinimiyle demiryolları, birim enerji başına en verimli motorlu ulaşım sistemi olma niteliğini korumaktadır. Bu özellikleriyle raylı sistemler, yalnızca ekonomik bir tercih değil, aynı zamanda enerji politikalarıyla uyumlu sürdürülebilir bir ulaşım çözümü olarak da ön plana çıkmaktadır.

**Hava Kalitesi ve Gürültü Yönetimi:** Elektrikli raylı sistemler, özellikle yoğun kentleşmenin yaşandığı büyükşehirlerde hava kalitesinin korunmasına ve çevresel yükün azaltılmasına önemli katkılar sunmaktadır. Sıfır egzoz emisyonuna sahip elektrikli trenler, dizel motorlu kara taşıtlarıyla karşılaştırıldığında partikül madde (PM), azot oksit (NO<sub>x</sub>) ve diğer zararlı kirleticilerin salımını tamamen ortadan kaldırarak hava kalitesinde kayda değer iyileşmeler sağlamaktadır.

Bu çerçevede birçok ülke, özellikle Avrupa Birliği üyesi devletler, dizel trenlerin kademeli olarak hizmet dışı bırakılmasını ve bu filoların elektrifikasyon yoluyla ya da alternatif yakıt teknolojileri (örneğin batarya-elektrikli veya hidrojen yakıt hücreli trenler) ile ikame edilmesini öngören politikalar geliştirmektedir. Bu geçiş, yalnızca emisyonları azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda enerji çeşitliliği ve enerji güvenliği hedefleriyle de uyumludur.

Gürültü yönetimi açısından da raylı sistemler, kara yolu taşımacılığına kıyasla daha avantajlıdır. Demiryolu araçlarının daha düşük desibel seviyelerinde çalışması, gürültü kirliliğini sınırlandırmakta; ilave olarak gürültü bariyerleri, hat geometrisi optimizasyonları ve lastik takozlu ray sistemleri gibi teknik çözümlerle çevresel ses emisyonları etkin biçimde kontrol altına alınabilmektedir.

Özellikle metro ve tramvay sistemleri, yüksek nüfus yoğunluğuna sahip kent merkezlerinde gürültü hassasiyeti yüksek bölgelerde daha az akustik etki yaratmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Bu sistemler, hem toplu taşımının etkinliğini artırmakta hem de yaşanabilir şehir ortamlarının oluşturulmasında önemli bir rol üstlenmektedir.

**Arazi Kullanımı ve Kentsel Gelişim:** Demiryolu altyapıları, yüksek yolcu ve yük taşıma kapasitesini sınırlı bir hat koridoru üzerinde sağlayabilme özellikleri sayesinde, arazi kullanımı açısından son derece verimli ulaşım çözümleri sunmaktadır. Bu durum, karayolu ulaşımına kıyasla çok daha düşük arazi tüketimi gerektirmekte; dolayısıyla doğal yaşam alanlarının, tarım arazilerinin ve orman ekosistemlerinin korunmasına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Kentleşme bağlamında demiryolu sistemleri, yalnızca bir ulaşım altyapısı değil, aynı zamanda planlı ve sürdürülebilir kentsel gelişimin yönlendirici bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda giderek yaygınlaşan raylı sistem odaklı gelişim modeli (Transit-Oriented Development – TOD), ulaşım altyapısının çevresinde yoğun, karma kullanımlı ve yaya dostu yerleşim alanlarının oluşturulmasını öngörmektedir.

- TOD yaklaşımı;
- Yeşil alanların korunmasını,
- Ulaşım kaynaklı kent yayılımının (urban sprawl) azaltılmasını,
- Toplu taşıma sistemlerinin erişilebilirliğinin ve kullanım oranlarının artırılmasını,
- Karbon yoğun bireysel araç kullanımının sınırlandırılmasını

amaçlamaktadır.

Bu yaklaşım, daha kompakt, kaynak etkin ve düşük karbonlu kent modellerinin geliştirilmesine imkân tanımakta; aynı zamanda sosyal eşitsizlikleri azaltarak herkes için erişilebilir ve yaşanabilir kentsel çevrelerin oluşumunu teşvik etmektedir.

Sonuç olarak, demiryolu sistemleri yalnızca çevresel açıdan sürdürülebilir değil, aynı zamanda mekânsal planlama ve sosyoekonomik bütünleşme açısından da stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır.

**Ulaşım Modu Değişimi (Modal Shift):** Son yıllarda pek çok ülke, ulusal ve bölgesel ulaşım politikalarında karayolu ve havayolu taşımacılığından demiryolu sistemlerine geçişi teşvik eden stratejiler benimsemektedir. Bu yönelim, toplam ulaştırma kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması ve ulaşım sektörünün karbon nötr hedeflerine ulaşması açısından stratejik önem arz etmektedir.

Özellikle Avrupa kıtasında, kısa mesafeli uçuşlara olan bağımlılığın azaltılması amacıyla demiryolu sistemleri, alternatif ve daha sürdürülebilir bir çözüm olarak konumlandırılmaktadır. Bu bağlamda;

- Fransa, 2022 yılında yürürlüğe giren yasal düzenleme ile, yüksek hızlı tren (YHT) alternatifi bulunan kısa mesafeli iç hat uçuşlarını yasaklamıştır. Bu politika, yalnızca emisyonların azaltılmasını değil, aynı zamanda raylı sistemlerin ulaşımındaki rolünün artırılmasını da hedeflemektedir.
- Avrupa genelinde, benzer yaklaşımlar çerçevesinde, kısa mesafeli uçuşların yerine geçebilecek gece trenleri ve yüksek hızlı hatların planlanmasına hız verilmiştir. Bu stratejiler, hem karbon ayak izinin düşürülmesine katkı sunmakta hem de demiryolunun kıtalar arası sürdürülebilir mobilite ağının temel taşı hâline geldiğini göstermektedir.
- **İklim Direnci ve Uyum Yeteneği:** Demiryolu altyapıları, uygun mühendislik tasarımı, dayanıklı yapı malzemeleri ve düzenli bakım uygulamaları ile desteklendiğinde, iklim değişikliğinin neden olduğu ekstrem hava olaylarına karşı yüksek düzeyde direnç sergileyebilmektedir.
- Sel, fırtına, yoğun kar yağışı gibi doğa olaylarının karayolu ve havayolu ulaşımında ciddi aksamalara yol açtığı durumlarda, tünellerden geçen veya fiziksel olarak korunaklı bölümlerde bulunan demiryolu hatları, operasyonlarını sürdürebilme kapasitesine sahiptir.
- Bununla birlikte, iklim değişikliğinin uzun vadeli etkileri olan yüksek sıcaklık kaynaklı ray genişmesi, toprak kaymaları ve altyapı stabilitesi sorunları gibi risklere karşı, demiryolu sektöründe önleyici bakım stratejileri, iklim modellemeleri ve akıllı izleme sistemleri geliştirilmektedir.

Bu özellikleriyle demiryolu taşımacılığı, sadece emisyon azaltım hedeflerine katkı sağlayan değil, aynı zamanda iklimsel risklere karşı dayanıklılığı yüksek, uzun ömürlü ve güvenilir bir toplu ulaşım alternatifi olarak değerlendirilmektedir.

Tüm yapısal, çevresel ve teknolojik faktörler bir arada değerlendirildiğinde, raylı sistemler hem şehir içi toplu taşıma hem de şehirlerarası ulaştırma açısından sürdürülebilirlik kriterleri doğrultusunda en avantajlı ulaşım alternatiflerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından yayımlanan verilere göre, ulaştırma sektörü hâlen Avrupa Birliği sera gazı emisyonlarının en büyük bileşenlerinden biri konumundadır ve 1990 yılı emisyon seviyelerinin altına düşülmesinin ancak 2030'lu yıllarda mümkün olabileceği öngörülmektedir. Bu bağlamda, karbon salımlarını azaltmak ve iklim hedeflerine ulaşmak isteyen ülkeler, demiryolu yatırımlarını ulusal sürdürülebilirlik politikalarında stratejik bir öncelik hâline getirmiştir.

Avrupa Birliği'nin Yeşil Mutabakat (European Green Deal) hedefleri çerçevesinde, önümüzdeki on yıllık dönemde hem yolcu hem de yük taşımacılığında demiryolunun modal payının artırılması planlanmaktadır. Bu hedef doğrultusunda; Yüksek hızlı tren hatlarının genişletilmesi, Kısa mesafeli karayolu ve havayolu taşımacılığına ikame çözümler üretilmesi, Demiryolu altyapısının elektrifikasyon oranının artırılması, Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, Enerji verimli araç teknolojilerinin teşvik edilmesi gibi önlemler ön plana çıkmaktadır.

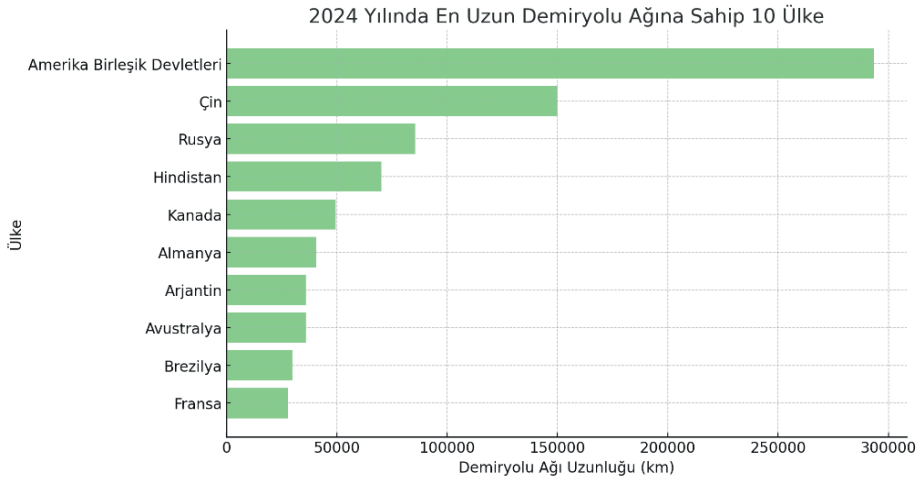
Sonuç olarak, raylı sistemler düşük karbonlu ekonomik büyüme ve iklim dostu ulaşım için anahtar bir role sahiptir. Elektrifikasyonun artırılması, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji verimli araç teknolojileri ve politikalarda demiryolunu destekleyici önlemler sayesinde, trenler gelecekte ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılmasında kritik bir araç olacaktır.

### 1.1. Önemli Demiryolu Ağına Sahip İlk Dört Ülke

Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) tarafından yayımlanan güncel verilere göre, dünya genelindeki toplam demiryolu ağı uzunluğu bakımından Asya kıtası, başta Çin ve Hindistan gibi ülkelerin katkısıyla diğer kıtalara kıyasla önemli bir üstünlük sağlamaktadır. Bu liderlik, hem yüksek yolcu taşımacılığı kapasitesi hem de artan yük taşımacılığı hacmi ile Asya'nın küresel demiryolu taşımacılığındaki stratejik konumunu pekiştirmektedir.

Asya kıtasındaki demiryolu yatırımları, son yıllarda yüksek hızlı tren hatlarının yaygınlaştırılması, lojistik koridorların entegrasyonu ve sınır ötesi demiryolu bağlantılarının güçlendirilmesi gibi çeşitli bileşenlerle desteklenmiştir. Bu gelişmeler, kıta genelinde entegre ve verimli bir demiryolu ulaşım altyapısının oluşmasını sağlamıştır.

Aşağıdaki grafikte sunulan küresel sıralama, ilk 10 ülkenin toplam demiryolu hat uzunluklarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Bu sıralama, ülkelerin demiryolu yatırımlarındaki tarihsel birikimini, coğrafi büyüklüklerini ve ulaştırma politikalarını yansıtmaktadır.



**Grafik 1.1** Dünya'da demiryolu hat uzunluğu oranları (2024) [UIC].

Dünya sıralamasında ilk 4 ülke için araştırma aşağıda sunulmuştur.

#### 1.1.1. Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletleri (ABD), yaklaşık 260.000 kilometre toplam demiryolu hattı uzunluğu ile dünya genelinde en büyük demiryolu ağına sahip ülke konumundadır. Bu geniş ölçekli altyapı, ABD ekonomisinin lojistik ve endüstriyel faaliyetleri açısından kritik bir taşıma omurgası olarak işlev görmektedir.

Demiryolu ağının yaklaşık 225.000 kilometrelik kısmı (yaklaşık 140.000 mil) doğrudan yük taşımacılığına tahsis edilmiştir. Bu yapı, kara yolu dışındaki taşımacılıkta demiryolunun belirleyici rolünü vurgulamakta ve ABD'nin multimodal taşımacılık sistemi içerisinde demiryolunun stratejik önemini ortaya koymaktadır. Özellikle kömür, tarımsal ürünler (örneğin tahıl), kimyasallar, otomotiv ürünleri ve sanayi hammaddeleri, demiryolu ile taşınan başlıca yük kalemleri arasında yer almaktadır.

Yük taşımacılığı, ABD demiryolu faaliyetlerinin yaklaşık %80'ini oluşturarak, sektördeki odaklanmanın ve verimliliğin temelini teşkil etmektedir. Bu sistem, düşük birim maliyet, yüksek taşıma kapasitesi ve uzun mesafelerde istikrarlı hizmet sağlama kabiliyetiyle, ABD'nin iç lojistik ağının ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir.

ABD demiryolu altyapısının büyük bir bölümü özel sektör şirketleri tarafından sahiplenilmekte ve işletilmektedir. Başlıca yük taşımacılığı operatörleri arasında:

- Union Pacific Railroad
- BNSF Railway (Burlington Northern Santa Fe)
- CSX Transportation
- Norfolk Southern Railway



yer almakta olup, bu dört büyük demiryolu şirketi ülke genelindeki yük taşımalarının önemli bir bölümünü kontrol etmektedir. ABD modeli, özel sektör liderliğinde işletilen demiryolu sistemleri açısından küresel ölçekte dikkat çekici bir örnek teşkil etmektedir.

ABD’de demiryolu yolcu taşımacılığı, yük taşımacılığına kıyasla oldukça sınırlı bir role sahiptir.. Şehirlerarası yolculuklarda havayolu ve karayolu taşımacılığı ile yoğun bir rekabet söz konusudur. Ulusal yolcu demiryolu hizmeti sağlayıcısı olan Amtrak (National Railroad Passenger Corporation), çoğunluğu yük taşımacılığı şirketlerine ait hatlar üzerinde yaklaşık 35.000 kilometrelik bir rotada hizmet sunmaktadır.

2019 yılı itibarıyla Amtrak, yılda yaklaşık 32,5 milyon yolcu taşımış ve bu rakam kuruluş tarihindeki en yüksek yolcu sayısı olarak kaydedilmiştir. Bu rakam, aynı yıl ABD iç hat havayolu taşımacılığında kaydedilen 800 milyonun üzerindeki yolcu sayısı ile kıyaslandığında nispeten küçük bir hacme işaret etmektedir. Demiryolu Yolcu taşımacılığının önemli bir bölümü, ülkenin doğu kıyısında bulunan Kuzeydoğu Koridoru (Northeast Corridor) üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Boston–New York–Washington D.C. hattı, Amtrak’ın en yoğun kullanılan ve yüksek hızlı hizmet sunduğu ana arter olup, Acela Express gibi hızlı tren uygulamaları ile dikkat çekmektedir.

Yolcu taşımacılığı, altyapının mülkiyet yapısı, düşük yatırım önceliği ve otomobil odaklı kentleşme nedeniyle ikincil bir faaliyet alanı olarak kalmaya devam etmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri, yıllık yaklaşık 1,7 trilyon ton-mil (yaklaşık 2,7 trilyon ton-kilometre) yük taşımacılığı hacmi ile dünyanın en yüksek demiryolu yük taşımacılığı kapasitesine sahip ülkesidir. Bu büyüklük, ülkenin iç lojistik sisteminin etkinliği açısından kritik öneme sahip olup, karayolu trafiğini azaltma, lojistik maliyetleri düşürme ve enerji verimliliğini artırma gibi temel avantajlar sunmaktadır.

ABD demiryolu sistemi, başta kömür, tahıl, kimyasal ürünler, otomotiv parçaları ve konteyner taşımacılığı olmak üzere ağır ve hacimli yüklerin taşınmasında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu durum, hem özel sektör yatırımlarıyla güçlenen yük taşımacılığı altyapısının bir sonucu, hem de coğrafi olarak geniş bir ülke yapısına sahip olmanın getirdiği stratejik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri’nde yolcu demiryolu yatırımları yeniden ivme kazanmıştır. Ülkenin ilk gerçek yüksek hızlı demiryolu projesi olan Kaliforniya Yüksek Hızlı Tren (California High-Speed Rail) hattının inşası devam etmekte olup, tamamlandığında Los Angeles ile San Francisco arasında yaklaşık 300 km/sa hızla hizmet vermesi öngörülmektedir. Florida’da özel sektör girişimiyle faaliyete geçirilen Brightline hattı, 2018 yılında Miami–West Palm Beach arasında işletmeye açılmış ve 2023 itibarıyla Orlando’ya kadar genişletilmesi planlanmıştır. Teksas eyaletinde Dallas–Houston arasında Japonya menşeli Shinkansen teknolojisine dayanan bir yüksek hızlı tren projesi geliştirilmekte, ayrıca Orta Batı bölgesinde Chicago merkezli koridorlarda iyileştirme çalışmaları yürütülmektedir.

Kuzeydoğu Koridoru’nda ise mevcut altyapının modernizasyonuna yönelik kapsamlı yatırımlar gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda, New York ile New Jersey arasında ulaşımı sağlayan tünellerin yenilenmesini içeren Gateway Projesi, kapasite artırımı ve seyahat süresinin azaltılması hedefleri doğrultusunda federal finansman desteği almıştır. 2021 yılında kabul edilen Altyapı Yatırımları ve İstihdam Yasası (Infrastructure Investment and Jobs Act - IIJA), demiryolu sektörü için 66 milyar ABD doları tutarında kaynak tahsis ederek çok sayıda projenin finansmanını mümkün kılmıştır. Bu doğrultuda Amtrak, mevcut güzergâhların modernizasyonu, hat kapasitesinin artırılması ve yeni nesil Acela yüksek hızlı tren setlerinin hizmete alınması yönünde çalışmalarını sürdürmektedir.

Yük taşımacılığı tarafında ise başlıca demiryolu operatörleri olan BNSF, Union Pacific, CSX ve Norfolk Southern gibi şirketler, artan lojistik talepleri karşılayabilmek amacıyla hat kapasitelerini sistematik olarak artırmaktadır. Özellikle darboğaz noktalarının giderilmesi, çift hat uygulamalarının yaygınlaştırılması ve liman bağlantılarının güçlendirilmesine yönelik altyapı projeleri son beş yıl içinde öncelikli hale gelmiştir.

Her ne kadar ABD’de yeni demiryolu hattı inşa etme hızı uluslararası karşılaştırmalarda düşük kalmakta olsa da, mevcut altyapının rehabilitasyonu ve seçilmiş yüksek hızlı hat projeleri aracılığıyla demiryolu ulaşımının yeniden canlandırılması hedeflenmektedir.

### Raylı Sistemler Sektörü:

**Üretim Kapasitesi ve Yerli Üreticiler:** Amerika Birleşik Devletleri'nde demiryolu ekipman üretim sektörü ağırlıklı olarak yük taşımacılığına odaklanmış durumdadır. General Electric Transportation (günümüzde Wabtec çatısı altında) ve Progress Rail (Caterpillar iştiraki) gibi önde gelen firmalar, yıllık bazda onlarca dizel-elektrikli lokomotif üreterek iç pazarın ihtiyaçlarını karşılamakta ve zaman zaman ihracat faaliyetlerinde bulunmaktadır. Yük vagonu üretiminde ise Trinity Industries ve Greenbrier Companies, global ölçekte rekabet edebilirlikleriyle öne çıkan başlıca üreticiler arasında yer almaktadır.

Yolcu taşımacılığına yönelik ekipman üretimi açısından ise ABD pazarı, büyük ölçüde Siemens ve Alstom gibi uluslararası üreticilerin faaliyetlerine sahne olmaktadır. Bu firmalar, federal "Buy America" düzenlemeleri doğrultusunda ABD içerisinde üretim tesisleri kurarak bölgesel tren setleri, hafif raylı sistem araçları ve elektrikli lokomotiflerin üretimini gerçekleştirmektedir.

Toplamda yıllık yaklaşık 80 milyar ABD doları büyüklüğe sahip olan ABD demiryolu üretim endüstrisi, yaklaşık 167 bin kişiye doğrudan istihdam sağlamaktadır. Sektör, yüksek üretim kapasitesi ve teknik altyapısına rağmen, iç pazardaki talep dalgalanmalarına ve dönemsel daralmalara duyarlıdır. Özellikle son yıllarda yük vagonlarına yönelik siparişlerde yaşanan düşüş, bazı üreticilerin kapasite azaltımına gitmesine yol açmıştır.

Bununla birlikte, küresel düzeyde demiryolu ekipmanlarına olan talebin artması, iklim dostu taşımacılığa yönelik politika yönelimleri ve ABD içindeki demiryolu filosunun yaşlanması, orta vadede sektöre yönelik yenileme ve modernizasyon fırsatlarını beraberinde getirmektedir. Bu gelişmeler, ABD merkezli üreticiler açısından hem iç pazarda hem de ihracat pazarlarında büyüme potansiyelini artırmaktadır.

**Yatırım Trendleri ve Finansman Modelleri:** Amerika Birleşik Devletleri'nde demiryolu yatırımlarının finansman modeli, diğer ülke örneklerinden belirgin biçimde ayrılan özgün bir yapıya sahiptir. Ülkedeki yük taşımacılığı ağı büyük ölçüde özel sektör mülkiyetinde bulunduğundan, bu hatların altyapı bakım, yenileme ve kapasite artırımı yatırımları ağırlıklı olarak şirketlerin kendi gelirleriyle finanse edilmektedir. Nitekim BNSF, Union Pacific, CSX ve Norfolk Southern gibi önde gelen yük demiryolu işletmecileri, yıllık gelirlerinin ortalama %19'unu yeniden altyapıya yatırım amacıyla kullanmakta; bu oran yaklaşık 25 milyar ABD doları seviyesindedir. Bu bağlamda demiryolu yük taşımacılığı, ABD ulaştırma sektörü içinde en yüksek yeniden yatırım oranına sahip alt sektörlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Öte yandan yolcu taşımacılığı segmentinde finansman büyük ölçüde kamu kaynaklarına dayanmaktadır. Ulusal yolcu taşımacılığı kuruluşu olan Amtrak, eyaletler arası ve uzun mesafe seferlerinde faaliyetlerini sürdürebilmek için federal sübvansiyonlardan faydalanmakta; kentsel alanlardaki banliyö ve metro sistemleri ise genellikle eyalet ve yerel yönetim bütçeleriyle finanse edilmektedir.

2020'li yıllarla birlikte federal düzeyde yolcu demiryollarına yönelik kamu yatırımlarında kayda değer bir artış gözlemlenmektedir. Özellikle 2021 yılında yürürlüğe giren Altyapı Yatırımları ve İstihdam Yasası (Infrastructure Investment and Jobs Act - IIJA), önümüzdeki beş yıllık dönemde yolcu demiryolu projeleri için önemli düzeyde kamu finansmanı öngörmekte; yeni hatların planlanması ve mevcut altyapının modernizasyonu için kapsamlı kaynak tahsisini sağlamaktadır.

Her ne kadar özel sektör katılımı Brightline gibi münferit projelerle sınırlı kalsa da, yüksek hızlı tren projeleri başta olmak üzere gelecekte kamu-özel sektör iş birliği (Public-Private Partnership, PPP) modellerinin daha yaygın bir şekilde uygulanması gündeme gelmektedir. Bu eğilim, sektörde alternatif finansman modellerine olan ihtiyacın arttığını ve özel sermayenin demiryolu altyapı projelerine entegre edilme potansiyelini işaret etmektedir.

**Teknolojik Gelişmeler ve Dijitalleşme:** Amerika Birleşik Devletleri demiryolu sektörü, son yıllarda güvenlik, verimlilik ve sürdürülebilirlik odaklı kapsamlı bir teknolojik dönüşüm sürecine girmiştir. Bu dönüşümün en kritik bileşenlerinden biri, gelişmiş sinyalizasyon ve tren kontrol sistemlerini içeren Olumlu Tren Kontrolü (Positive Train Control - PTC) sisteminin yaygın şekilde uygulanması olmuştur. 2020 yılı sonunda, yasal zorunluluk süresi dolmadan önce tüm büyük ölçekli yolcu ve yük taşımacılığı hatlarında PTC sistemleri devreye alınmış; böylece toplamda 57.536 mil uzunluğundaki ana hat ağı, trenler arası çarpışmaları ve hız ihlallerini önleyebilen dijital bir emniyet altyapısı ile donatılmıştır. Bu gelişme, ABD demiryolu güvenliği açısından tarihsel bir dönüm noktası olarak değerlendirilmektedir.

Yük taşımacılığı segmentinde faaliyet gösteren büyük operatörler (örneğin BNSF, CSX, Union Pacific), dijitalleşme ve veri analitiği temelli uygulamaları operasyonel süreçlerine entegre etmektedir. Bu çerçevede benimsenen "Precision Scheduled Railroading" (PSR - Hassas Planlı Demiryolu İşletimi) yönetim modeli kapsamında, tren telemetri verileri, güzergâh optimizasyonu ve bakım planlamaları ileri düzey veri analizi

ve yapay zeka algoritmaları ile desteklenmektedir. Lokomotifler ve yük vagonlarına entegre edilen sensörler aracılığıyla Nesnelerin İnterneti (IoT) temelli izleme sistemleri kullanılmakta; böylece arıza öngörüsü ve önleyici bakım uygulamaları gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Yolcu taşımacılığı alanında da dijitalleşme süreci hız kazanmıştır. Amtrak ve çeşitli bölgesel demiryolu operatörleri, biletleme ve müşteri hizmetlerini dijital platformlara taşıyarak e-biletleme, gerçek zamanlı tren izleme ve dijital bilgilendirme sistemlerini yaygınlaştırmıştır.

Ayrıca sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda, dizel lokomotiflerin çevre dostu alternatiflerle değiştirilmesi gündeme gelmiş; bu bağlamda Kaliforniya eyaletinde hidrojen yakıt hücreli trenlerin test süreci başlatılmıştır. Elektrikli lokomotiflerin daha yaygın kullanımı da enerji verimliliğini artırmaya ve karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejiler arasında yer almaktadır.

Genel değerlendirmeye, ABD demiryolu sektörü uzun yıllar boyunca sınırlı düzeyde modernizasyon geçirmiş bir altyapıdan, güvenli, etkin ve dijital temelli bir işletme modeline doğru yönelmiş; böylece sektörel rekabet gücünü ve sistem güvenilirliğini artırma yönünde önemli adımlar atmıştır.

**Pazar Büyüklüğü ve Büyüme Tahminleri:** Amerika Birleşik Devletleri demiryolu pazarı, özellikle yük taşımacılığı segmentindeki güçlü yapısı sayesinde önemli bir ekonomik büyüklüğe ulaşmıştır. Mevcut durumda, demiryolu taşımacılığı sektörünün yıllık toplam geliri (yük ve yolcu taşımacılığı dahil) 100 milyar ABD dolarını aşmakta olup, son beş yıllık dönemde yaklaşık %4,5 bileşik yıllık büyüme oranı (CAGR) ile istikrarlı bir artış göstermektedir. Bu büyüme trendinin devam etmesiyle, pazarın 2025 yılı itibarıyla 103 milyar dolar düzeyine ulaşması öngörülmektedir. Söz konusu büyüme, başta ekonomik faaliyet hacmindeki artış ve tedarik zincirlerinde demiryolu taşımacılığına yönelim olmak üzere çeşitli yapısal dinamiklere dayanmaktadır.

Özellikle kombine taşımacılık (intermodal) segmentinde gözlemlenen ivme, konteynerizasyonun yaygınlaşmasıyla birlikte demiryolu işletmeleri için stratejik bir büyüme alanı yaratmıştır. Demiryolu taşımacılığı, ABD’de ton-mil başına sunduğu daha düşük birim maliyet ve karbon salımı avantajı sayesinde, karayoluna kıyasla daha çevreci ve ekonomik bir alternatif olarak konumlanmaktadır. Bu nedenle, önümüzdeki yıllarda belirli taşımacılık koridorlarında yük hacimlerinde anlamlı artışlar beklenmektedir.

Yolcu taşımacılığı tarafında ise büyüme sınırlı düzeyde öngörülmekle birlikte, Amtrak tarafından sürdürülen altyapı modernizasyonu, yeni tren setleri yatırımları ve potansiyel yüksek hızlı tren projeleri sayesinde 2030'lara doğru yolcu sayılarında ivmelenme beklenmektedir. Ayrıca, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikalar, uzun vadede yük taşımalarının bir kısmının karayolundan demiryoluna kaydırılmasını teşvik etmektedir.

Buna ek olarak, kamu kaynaklarıyla finanse edilen demiryolu altyapı yatırımlarının ekonomik çarpan etkisi yoluyla demiryolu araç imalatı ve inşaat sektörlerinde ilave talep yaratacağı, dolayısıyla istihdam ve bölgesel kalkınma açısından olumlu sonuçlar doğuracağı değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, ABD demiryolu sektörü olgun bir pazar yapısına sahip olmakla birlikte; hem yük hem de yolcu taşımacılığı alanlarında teknolojik gelişmeler, kamu yatırımları ve sürdürülebilir ulaşım politikalarıyla desteklenen istikrarlı bir büyüme potansiyeli barındırmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri, dünya genelinde en uzun demiryolu ağına sahip ülke konumundadır. Bu geniş ölçekli ağ, ülkenin coğrafi büyüklüğünü etkili şekilde kapsayarak lojistik ve ulaşım sistemleri içinde stratejik bir rol üstlenmektedir. Bununla birlikte, ABD demiryolu altyapısı ağırlıklı olarak yük taşımacılığına odaklanmakta olup, yolcu taşımacılığı göreceli olarak sınırlı kalmaktadır. Yine de, yük taşımacılığı segmentinde sahip olduğu yüksek kapasiteli ve etkin işletim yapısı, ABD’yi bu alanda küresel ölçekte en gelişmiş demiryolu altyapılarından birine sahip ülkelerden biri hâline getirmiştir.

### 1.1.2. Çin Halk Cumhuriyeti

Çin Halk Cumhuriyeti, son iki on yılda gerçekleştirdiği yoğun altyapı yatırımları sayesinde dünyanın en kapsamlı ikinci demiryolu ağına sahip ülke konumuna gelmiştir. 2022 yılı sonu itibarıyla ülke genelinde işletmedeki toplam demiryolu hat uzunluğu 155.000 kilometreye ulaşmış olup, bunun yaklaşık 42.000 kilometresi yüksek hızlı tren (YHT) hatlarından oluşmaktadır. Çin’in demiryolu altyapısındaki bu dikkat çekici büyüme özellikle 2008 sonrasında ivme kazanmış, 2010’ların başında 90.000-100.000 kilometre seviyesinde olan toplam hat uzunluğu neredeyse iki katına çıkarılmıştır. 2023 yılı sonunda YHT hatlarının uzunluğu 45.000 kilometreyi aşarak, dünya genelindeki yüksek hızlı demiryolu altyapısının yaklaşık üçte ikisini tek başına oluşturmuştur. Bu gelişmeler neticesinde Çin, hem yüksek hızlı tren teknolojisi hem de uygulamada ulaştığı ölçek bakımından küresel liderliğini pekiştirmiştir.

Konvansiyonel hatlar da benzer şekilde hızlı bir şekilde genişletilmiş; ülkenin batısında yer alan az gelişmiş ve uzak bölgeler dâhil olmak üzere tüm eyaletleri kapsayan entegre bir demiryolu ağı inşa edilmiştir. Bugün itibarıyla demiryolu ağının %60'ından fazlası çift hatlı, %70'ten fazlası ise elektrikli hatlardan oluşmakta; bu da kapasite, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır. Taşımacılık hacmi bakımından da Çin demiryolu sistemi küresel ölçekte ön sıralarda yer almaktadır. Örneğin, 2013 yılında Çin demiryolları 2,08 milyar yolcu taşıyarak Hindistan'ın ardından ikinci sırada yer alırken; aynı yıl 3,22 milyar ton yük taşımasıyla ABD'den sonra en yüksek hacme ulaşmıştır.

COVID-19 pandemisinin etkilerine rağmen 2020'li yılların başında yolcu trafiği hızlı bir şekilde toparlanmış; yüksek hızlı trenlerin sunduğu hız, konfor ve erişilebilir fiyat avantajları sayesinde demiryolu, havayolu ve karayoluna karşı rekabet gücünü artırmıştır. Ayrıca ülkenin yüzölçümüne oranla hat yoğunluğunda da kayda değer bir artış yaşanmıştır. 2010'lu yıllarda km başına düşen hat uzunluğunun neredeyse iki katına çıkması, özellikle bölgesel ulaşım da demiryolunun erişimini ve kapsayıcılığını artırmıştır.

Çin'in demiryolu sektöründeki genişlemesi, merkezi planlamaya dayalı stratejik ve istikrarlı yatırımlar yoluyla sürdürülmektedir. 2016–2020 dönemini kapsayan 13. Beş Yıllık Kalkınma Planı kapsamında, ülke genelindeki toplam demiryolu ağı uzunluğunun 150.000 kilometreye, yüksek hızlı tren (YHT) ağının ise 30.000 kilometreye çıkarılması hedeflenmiştir. 2020 yılı sonunda bu hedefler büyük oranda gerçekleştirilmiş; özellikle YHT hat uzunluğu beklentilerin üzerinde bir performansla 36.000 kilometreye ulaşmıştır.

Halihazırda yürürlükte olan 14. Beş Yıllık Plan ve bunu takip eden uzun vadeli hedefler, daha iddialı büyüme öngörülerini içermektedir. Çin, 2035 yılına kadar toplam demiryolu ağını 200.000 kilometreye, YHT ağını ise 70.000 kilometreye çıkarma hedefini ilan etmiştir. Bu hedefler doğrultusunda, Temmuz 2020 itibarıyla 141.400 kilometre olan demiryolu ağı uzunluğunun yaklaşık üçte bir oranında artırılması planlanmaktadır. Ayrıca, 200.000'i aşan nüfusa sahip tüm yerleşimlerin demiryolu ağına, 500.000'i aşan nüfuslu yerleşimlerin ise yüksek hızlı demiryolu ağına entegre edilmesi öngörülmektedir.

Son beş yıl içinde Çin, yıllık ortalama 4.000 kilometre civarında yeni demiryolu hattını işletmeye açmıştır. Sadece 2022 yılında, 2.082 kilometresi YHT olmak üzere toplamda 4.100 kilometre yeni hat hizmete alınmıştır. Bu genişleme yalnızca büyük metropoller arasında yüksek hızlı bağlantıların kurulmasıyla sınırlı kalmamakta; ülkenin batı ve güneybatı bölgelerini merkeze bağlayan yüksek hızlı koridorlar ile konvansiyonel ağlardaki eksik bağlantılar da kapsam dâhilinde yer almaktadır.

Çin aynı zamanda demiryolu inşaat teknolojilerinde de önemli teknik eşikleri aşmaktadır. Deniz altı tünelleri, yüksek irtifada hat inşaatı (örneğin Qinghai–Tibet Demiryolu) ve engebeli arazi koşullarında uzun açıklıklı köprüler, bu alandaki mühendislik kapasitesinin göstergeleridir. Uluslararası ölçekte ise Çin, Kuşak ve Yol Girişimi kapsamında başta Asya ve Avrupa olmak üzere çeşitli ülkelerde demiryolu altyapı yatırımları ve mühendislik projeleri gerçekleştirmektedir. Sınır ötesi bağlantılar kapsamında, Laos ile demiryolu hattı tamamlanmış; Vietnam, Myanmar ve Rusya yönündeki hızlı tren bağlantıları ise proje geliştirme aşamasındadır.

Çin'in demiryolu vizyonu yalnızca 2035 hedefleriyle sınırlı kalmamakta, 2050 yılına yönelik projeksiyonlarda toplam ağ uzunluğunun 270.000 kilometreyi aşması öngörülmektedir. Bu genişleme stratejisi, demiryolunu yalnızca bir ulaşım aracı değil; aynı zamanda ekonomik kalkınma, bölgesel bütünleşme ve uluslararası etki alanını genişletme aracı olarak konumlandırmaktadır.

#### Raylı Sistemler Sektörü:

**Üretim Kapasitesi ve Yerli Üreticiler:** Çin'in raylı sistemler sektörü, sahip olduğu yüksek üretim kapasitesi ve teknoloji düzeyi ile küresel ölçekte lider konuma ulaşmıştır. Devlete bağlı China Railway Rolling Stock Corporation (CRRC), lokomotif, yolcu vagonu, yük vagonu ve yüksek hızlı tren seti üretiminde dünyanın en büyük demiryolu araç üreticisi konumundadır. Şirket, Çin iç pazarındaki araç ihtiyacının büyük bir bölümünü tek başına karşılamakta ve aynı zamanda uluslararası pazarda da etkinliğini artırmaktadır.

Çin genelinde faaliyet gösteren çok sayıdaki üretim tesisinde her yıl yüzlerce yüksek hızlı tren seti, binlerce yolcu vagonu ve on binlerce yük vagonu imal edilebilmektedir. Örneğin, yalnızca 2021 yılı içerisinde ülkede 4.208 kilometrelik yeni demiryolu hattı hizmete alınırken, aynı yıl CRRC ve diğer yerli üreticiler tarafından 2.168 kilometrelik yeni yüksek hızlı hat için gerekli tren setleri ve teknik ekipmanlar tedarik edilmiştir.

Yüksek hızlı tren teknolojisinde, Çin'in CRH serisi ve yeni nesil Fuxing tren setleri ile ulaştığı 350 km/sa işletme hızı, tamamen yerli tasarım ve mühendislik kabiliyetleriyle elde edilmiş olup, bu araçlar ihracat pazarlarına da sunulmaktadır. Ağır yük taşımacılığı alanında da CRRC, 10.000 ton kapasiteli yük trenlerini çekebilen yüksek güçlü elektrikli lokomotif üretimiyle öne çıkmaktadır. Araç üretiminin ötesinde, Çin raylı sistem sektöründe



sinyalizasyon, elektrifikasyon altyapısı, demiryolu inşaat makineleri ve ilgili alt bileşenlerde de kendi kendine yeterlilik seviyesine ulaşmıştır. Bu durum, Çin'in demiryolu projelerinde yerli sanayiye dayalı tedarik yapısını güçlendirmekte ve dışa bağımlılığı asgari düzeye indirmektedir.

CRRC başta olmak üzere Çinli üreticiler, son yıllarda küresel ölçekte ihracat faaliyetlerini hızlandırarak Asya, Afrika, Latin Amerika ve Avrupa pazarlarında çeşitli raylı sistem çözümleri sunmaya başlamıştır. Bu kapsamda yüksek hızlı tren setlerinden metro araçlarına, banliyö trenlerinden tramvay sistemlerine kadar geniş bir ürün yelpazesi farklı ülkelere ihraç edilmektedir. Bu ihracat stratejisi, Çin'in ölçek ekonomisine dayalı üretim gücünü ve rekabetçi maliyet yapısını açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Çin raylı sistem sanayisi, iç pazardaki büyük talebi karşılamanın ötesinde, küresel tedarik zincirinde etkin bir rol üstlenen, teknoloji geliştirme kapasitesine sahip, kapsamlı ve entegre bir üretim ekosistemi hâline gelmiştir. Bu yapısıyla Çin, yalnızca bir ulaşım altyapısı inşa eden ülke değil, aynı zamanda dünya genelinde raylı sistem teknolojilerini ihraç eden bir endüstri gücüne dönüşmüştür.

**Yatırım Trendleri ve Finansman Modelleri:** Çin'de demiryolu altyapı yatırımları, merkezi planlama yaklaşımı çerçevesinde devlet öncülüğünde uzun vadeli, istikrarlı ve yüksek düzeyde sürdürülmektedir. Son beş yıllık dönemde, demiryolu sektörüne yapılan yıllık sabit sermaye yatırımları 700-800 milyar yuan (yaklaşık 100-120 milyar ABD doları) bandında gerçekleşmiştir. Örneğin, 2021 yılında sabit kıymet yatırımları 748,9 milyar yuan (yaklaşık 117,4 milyar ABD doları) seviyesinde olup, bu yatırımla aynı yıl içerisinde 4.200 kilometre yeni demiryolu hattı hizmete alınmıştır. Benzer şekilde, 2022 yılında 710,9 milyar yuan (yaklaşık 105 milyar ABD doları) tutarında yatırım gerçekleştirilerek altyapı genişletme faaliyetleri devam ettirilmiştir.

Bu yatırımların finansmanı ağırlıklı olarak merkezi hükümet ve Çin Devlet Demiryolu Grubu (China Railway) aracılığıyla sağlanmaktadır. Kaynak temini; Çin Kalkınma Bankası gibi kamu finans kuruluşlarından sağlanan uzun vadeli krediler, merkezi bütçe transferleri ve Çin Demiryolları tarafından ihraç edilen tahviller yoluyla iç piyasadan fon temini gibi çeşitli yöntemlerle yürütülmektedir. Yerel yönetimler de kendi idari sınırları içindeki projelere kaynak aktarımı yaparak sürece dâhil olmaktadır. Yatırımların ekonomik geri dönüş süresi ve doğrudan kârlılığı ikinci planda tutulmakta, demiryolu projeleri esas olarak bölgesel kalkınmayı teşvik etme, altyapı entegrasyonunu güçlendirme ve uzun vadeli ekonomik büyümeyi destekleme amacıyla değerlendirilmektedir.

Bu doğrultuda, China Railway zaman zaman önemli ölçüde işletme zararı açıklamakta; örneğin 2022 yılının ilk dokuz ayında yaklaşık 94,7 milyar yuan tutarında zarar bildirilmiştir. Ancak demiryolu taşımacılığı, Çin hükümeti tarafından stratejik bir kamu hizmeti olarak değerlendirildiği için, finansal sürdürülebilirlik kamu destek mekanizmaları ile sağlanmaktadır.

Yabancı sermaye katılımı veya Kamu-Özel Ortaklığı (Public-Private Partnership – PPP) modeli, Çin demiryolu projelerinde sınırlı düzeyde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, son dönemde bazı büyükşehir metro projelerinde özel sektör ortaklığına yönelik pilot uygulamalar hayata geçirilmeye başlanmıştır.

Çin'in demiryolu yatırımlarındaki yüksek tempolu büyüme eğilimi 2023 yılında da sürdürülmüştür. Bu yıl için 3.000 kilometre yeni hattın hizmete alınması hedeflenmiş olup, bu hattın yaklaşık 2.500 kilometresinin yüksek hızlı tren hatlarından oluşması planlanmıştır. 2035 yılına kadar belirlenen genişleme hedefleri doğrultusunda, önümüzdeki on yıllık dönemde yıllık 100 milyar ABD doları düzeyinde yatırımın sürdürüleceği öngörülmektedir. Bu ölçekteki yatırım programı, Çin'i sadece hat uzunluğu ve teknik kapasite açısından değil, aynı zamanda yatırım hacmi ve stratejik yönetim modeli açısından da demiryolu altyapısı alanında dünyanın tartışmasız lider ülkesi konumuna taşımıştır.

**Teknolojik Gelişmeler ve Dijitalleşme:** Çin demiryolu sektörü, yalnızca altyapı yatırımları açısından değil, aynı zamanda ileri teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması bakımından da dikkat çekici ilerlemeler kaydetmektedir. Bu bağlamda en çarpıcı gelişmelerden biri, dünyanın ilk tamamen otonom (sürücüsüz) yüksek hızlı trenlerinin devreye alınması olmuştur. 30 Aralık 2019 tarihinde hizmete giren Pekin-Zhangjiakou yüksek hızlı tren (YHT) hattı, 350 km/sa işletme hızına kadar tam otomatik sürüş yeteneğine sahip trenlerle hizmet vererek bu alanda küresel bir ilke imza atmıştır. Söz konusu hat, iki şehir arasındaki seyahat süresini 3 saatten 47 dakikaya indirmiş, gelişmiş sinyalizasyon, iletişim ve tren kontrol sistemleri sayesinde insan müdahalesi olmadan emniyetli işletimin mümkün olduğunu ortaya koymuştur.

Manyetik levitasyon (maglev) teknolojisinde de Çin kayda değer bir öncülük sergilemektedir. Temmuz 2021'de tanıtılan ve Qingdao'da üretilen yüksek hızlı maglev prototipi, 600 km/sa hız kapasitesiyle dünya üzerindeki en hızlı kara aracı konumundadır. Bu sistemin ticarileşmesi durumunda, Pekin-Şanghay arasındaki yaklaşık 1.300 km'lik mesafe 2,5 saat gibi kısa bir sürede kat edilebilecektir. Halihazırda Şanghay'da faaliyette olan

30 km uzunluğundaki havalimanı bağlantılı maglev hattı (2004'ten beri hizmettedir) bu alandaki uygulamalı deneyimin temelini oluşturmakta olup, daha uzun mesafeli maglev projeleri için araştırma ve fizibilite çalışmaları devam etmektedir.

Dijitalleşme bağlamında, Çin Demiryolları (China Railway) gelişmiş bir elektronik biletleme sistemine sahiptir. Yolcular, ulusal kimlik belgeleriyle kağıtsız binış gerçekleştirebilmekte; bu sistem ülke genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tren tarifelerinin ve operasyonların planlanması, büyük veri analizleri ve algoritmalarla desteklenmekte; özellikle tatil dönemlerindeki yoğunluklara bağlı olarak ek sefer planlamaları gerçek zamanlı verilerle dinamik biçimde yapılmaktadır. Ayrıca, Beidou uydu navigasyon sistemi gibi yerli teknolojiler demiryolu araçlarının konum takibi, sinyalizasyon ve haberleşme altyapılarında etkin olarak kullanılmaktadır.

Yük taşımacılığı alanında ise, akıllı vagon takip sistemleri ve dijital lojistik platformları sayesinde sevkiyatların izlenebilirliği ve operasyonel verimlilik artmaktadır. Demiryolu bakım süreçlerinde yapay zekâ destekli teşhis sistemleri, sensör ağları ve insansız hava araçları (İHA) kullanılarak hat ve ekipman durumları sürekli olarak izlenmekte; arıza oluşmadan önce bakım müdahaleleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu uygulamalar, arıza sürelerini azaltmakta ve sistem kullanılabilirliğini artırmaktadır. Ayrıca, Çin'in geliştirdiği sinyalizasyon sistemleri, Avrupa Standartları ile uyumlu CTCS (Chinese Train Control System) ve ETCS (European Train Control System) protokolleriyle entegre çalışabilmekte olup, 350 km/sa hıza kadar emniyetli tren işletimini mümkün kılmaktadır.

Sonuç olarak, Çin, demiryolu teknolojileri alanında hem yenilikçi çözümlerin geliştiricisi hem de bu çözümleri sistem düzeyinde uygulayabilen bir ülke konumuna gelmiştir. Otonom tren işletimi, yüksek hızlı maglev sistemleri, dijitalleşmiş operasyon yönetimi ve ileri sinyalizasyon çözümleri ile Çin, küresel demiryolu teknolojilerinde liderliğini pekiştirmektedir.

**Pazar Büyüklüğü ve Büyüme Tahminleri:** Çin'in raylı sistemler pazarı, güçlü iç talep dinamikleri ve devlet destekli büyük ölçekli yatırımlar sayesinde küresel ölçekte benzersiz bir büyüklüğe ulaşmış ve gelişimini sürdürmektedir. 2020 itibarıyla Çin Devlet Demiryolları Grubu'nun (China Railway) yıllık toplam yolcu ve yük taşımacılığı gelirleri yüz milyarlarca yuan seviyesine ulaşmış olup, bu gelir yapısı, kârlılıktan ziyade kamusal hizmet sunumu ve ekonomik kalkınmayı öncelleyen bir model çerçevesinde şekillenmektedir. Yıllık 700-800 milyar yuan (yaklaşık 110 milyar ABD doları) düzeyinde seyreden altyapı yatırımları ve işletme harcamaları dikkate alındığında, Çin demiryolu sektörü, yalnızca bir ulaşım altyapısı değil, aynı zamanda devasa bir ekonomik faaliyet alanı olarak değerlendirilmektedir.

Raylı sistem ekipman pazarında da Çin, küresel pazarda lider konumdadır. Başta China Railway Rolling Stock Corporation (CRRC) olmak üzere çok sayıda yerli üretici, Çin iç pazarının ihtiyaçlarını karşıladığı gibi, aynı zamanda dış pazarlara da yüksek hacimli ihracat gerçekleştirmektedir. CRRC'nin yıllık satış gelirinin 30 milyar ABD doları seviyelerinde olması ve firmanın küresel raylı sistem ekipman pazarının yaklaşık %20 -30'unu elinde tutması, Çin'in bu alandaki üretim ve tedarik kapasitesini açıkça ortaya koymaktadır.

Yolcu taşımacılığı segmentindeki büyüme, yüksek hızlı tren (YHT) ağına yapılan yatırımlar ile doğrudan ilişkilidir. Hız, konfor ve erişilebilirlik avantajları sayesinde iç hat havayolu taşımacılığına karşı ciddi rekabet avantajı sağlayan YHT sistemleri, önümüzdeki yıllarda daha fazla yolcu çekme potansiyeline sahiptir. 2035 yılı itibarıyla demiryolu ile taşınan yolcu sayısının yıllık 3 ila 4 milyar arasında bir seviyeye ulaşacağı öngörülmektedir.

Yük taşımacılığı açısından ise Çin hükümeti, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda karayolundan demiryoluna modal geçişi teşvik etmektedir. Özellikle kömür, maden cevheri ve konteyner gibi ağır yüklerin demiryolu aracılığıyla taşınmasına yönelik stratejiler kapsamında, yıllık %5-6 oranında bir hacim artışı potansiyeli söz konusudur. Bu hedeflere ulaşmak amacıyla, ülke genelinde kuzey-güney eksenli yeni yük taşımacılığı koridorları inşa edilmekte, ayrıca limanlara doğrudan erişimi sağlayan "denize köprü" bağlantı projeleri hayata geçirilmektedir.

Raylı sistem pazarının bir diğer önemli alt bileşeni ise kent içi raylı sistemlerdir. Çin, son beş yılda çok sayıda metropol ve gelişmekte olan şehirde metro ve hafif raylı sistem hatları inşa etmiş, bu da kent içi yolcu taşımacılığına yönelik ekipman ve altyapı pazarının hızlı bir şekilde büyümesini beraberinde getirmiştir.

Sonuç olarak, Çin'in raylı sistemler pazarı, ulusal kalkınma planları ile doğrudan bağlantılı şekilde şekillenen, kamu güdümlü ve güçlü talep temelli bir yapıya sahiptir. 2035 yılı hedeflerine yönelik yapılan projeksiyonlar, hem ulusal hem de küresel ölçekte Çin'in demiryolu sektöründeki dominant pozisyonunu daha da pekiştireceğini ve pazarın önümüzdeki on yıllık süreçte çift haneli büyüme trendini sürdüreceğini göstermektedir.

### 1.1.3. Rusya

Rusya Federasyonu, sahip olduğu geniş coğrafi alan sayesinde, dünyanın en uzun üçüncü demiryolu ağına ev sahipliği yapmaktadır. Toplam hat uzunluğu yaklaşık 85.500 kilometre olan bu ağ, doğuda Pasifik kıyılarından batıda Avrupa sınırlarına, kuzeyde Kuzey Kutup Dairesi'nden güneyde Kafkasya'ya kadar uzanarak ülkenin tamamına yakınına kapsamaktadır. Rusya Devlet Demiryolları (Rossiyskie Zheleznye Dorogi – RZD), bu geniş ağın büyük bir bölümünün işletmesinden sorumludur. Demiryolu hatları, ülkenin %80'inden fazlasında birincil ulaşım arterleri olarak stratejik rol üstlenmekte; ulusal ve bölgesel ekonomik faaliyetlerin sürdürülmesinde temel bir işlev görmektedir.

Ulusal demiryolu sisteminin omurgasını, Moskova merkezli olarak yayılan ana hatlar ve özellikle Trans-Sibirya Demiryolu gibi uzun mesafeli koridorlar oluşturmaktadır. Moskova ile Vladivostok arasında uzanan 9.289 kilometre uzunluğundaki Trans-Sibirya hattı, yalnızca dünyanın en uzun sürekli demiryolu hattı olmakla kalmayıp, aynı zamanda Rusya'nın en yoğun kullanılan taşıma güzergâhlarından biridir. Ağ üzerinde yer alan 85.000'in üzerinde köprü ve yüzlerce tünel, zorlu iklim koşullarına rağmen yıl boyunca güvenli ve kesintisiz tren işletimini mümkün kılmaktadır.

Altyapının teknik özelliklerine bakıldığında, demiryolu ağının yaklaşık %50'si elektrifikasyonludur. Elektrikli hatlar özellikle ülkenin batısında, Avrupa yakasında ve Sibirya'nın önemli bir bölümünde yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte, çift hatlı kesimler yalnızca yüksek trafik hacmine sahip kritik koridorlarla sınırlı kalmakta; uzun mesafeli birçok hat hâlâ tek hat olarak işletilmektedir. Bu durum, hat kapasitesini ve işletme esnekliğini sınırlandıran önemli bir altyapı kısıtı oluşturmaktadır.

Yük taşımacılığı açısından Rusya demiryolları, yılda 1,2 milyar tonun üzerinde yük hacmi ile ABD ve Çin'in ardından küresel sıralamada üçüncü sırada yer almaktadır. Başlıca taşınan yükler arasında enerji hammaddeleri (petrol ve kömür), metal cevherleri, inşaat malzemeleri ve tarımsal ürünler (özellikle tahıl) yer almaktadır. Demiryolu, Rusya'nın iç taşımacılık sisteminde baskın mod konumunda olup, toplam yük taşımacılığı (ton-km) içindeki payı yaklaşık %87 düzeyindedir. Bu yüksek oran, Rusya'nın geniş coğrafyasında karayoluna kıyasla demiryolunun sağladığı maliyet ve verimlilik avantajlarının bir yansımasıdır.

Yolcu taşımacılığı açısından Rusya, yılda yaklaşık 1 milyar yolcu taşıma kapasitesine ulaşmakta; 2013 yılında bu sayı 1,08 milyar yolcu olarak kaydedilmiştir. Söz konusu yolcuların önemli bir bölümü, büyük metropollerin çevresinde yoğunlaşan banliyö tren hatları ile orta mesafeli bölgesel tren hizmetlerinde taşınmaktadır. Bu hatlar, günlük iş gücü mobilitesini desteklemesi bakımından özellikle Moskova, St. Petersburg ve diğer büyük kent merkezlerinde kritik bir işlev üstlenmektedir. Uzun mesafeli yolculuklarda ise demiryolu, havayolu ve otobüs taşımacılığına alternatif bir mod olarak varlığını sürdürmekte olup, özellikle geleneksel "yataklı tren" hizmetleri, düşük maliyetli ve gece yolculuğuna uygun yapısı sayesinde geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından tercih edilmektedir.

Yüksek talep yoğunluğuna sahip güzergâhlarda, örneğin Moskova-St. Petersburg hattında, her gün çok sayıda ekspres tren işletilmekte ve bu güzergâh, Rusya'daki en yoğun yolcu taşımacılığı akslarından biri olarak öne çıkmaktadır. Hattın yüksek frekanslı işletme kapasitesi ve gelişmiş hizmet kalitesi, bu güzergahta demiryolunun rekabet gücünü artıran başlıca unsurlar arasında yer almaktadır.

Uluslararası entegrasyon açısından değerlendirildiğinde, Rusya'nın demiryolu ağı komşu ülkelere doğrudan bağlantılar sunmaktadır. Finlandiya, Çin, Moğolistan, Kazakistan, Belarus ve Ukrayna gibi ülkelerle mevcut demiryolu geçiş hatları, uluslararası ticaret ve yolcu taşımacılığı açısından stratejik bir altyapı sunmaktadır. Ancak altyapı standardizasyonu açısından belirli teknik sınırlılıklar söz konusudur. Rusya ve eski Sovyet coğrafyasında kullanılan 1.520 mm genişliğindeki hat açıklığı (broad gauge), Avrupa'da yaygın olarak kullanılan 1.435 mm'lik standart hat genişliği ile uyumlu değildir. Bu nedenle, Avrupa ile doğrudan hat sürekliliği sağlanamamakta; Belarus-Polonya ve Ukrayna-Avrupa Birliği sınır geçişlerinde tekerlek değiştirme sistemleri veya yük aktarma operasyonları zorunlu hale gelmektedir. Bu durum, demiryolu taşımacılığında zaman kaybına ve operasyonel maliyet artışına yol açmakta, aynı zamanda teknik sınır olarak değerlendirilerek altyapı uyumu konusundaki jeopolitik tartışmaları da gündeme taşımaktadır.

Rusya, 2010'ların sonundan itibaren demiryolu altyapısını modernize etmeye ve kapasitesini artırmaya yönelik büyük projelere girişmiştir. Son 5 yılda öncelikli hedef, Trans-Sibirya Demiryolu ile paralel uzanan Baykal-Amur Ana Hattı (BAM) koridorlarının genişletilmesi ve modernizasyonu olmuştur.

Uzak Doğu'daki Pasifik limanlarına artan maden ve konteyner taşımacılığı talebini karşılamak amacıyla bu hatlarda ek hat inşaatları, tünel ve köprü yapımları gerçekleştirilmiştir. Örneğin 2021'de tamamlanan altyapı

iyileştirmeleriyle Trans-Sibirya'nın doğu kesiminde taşıma kapasitesi %20'nin üzerinde artırılmıştır. Benzer şekilde, Kuzey-Güney Ulaşım Koridoru kapsamında İran ve Hindistan'a uzanan demiryolu bağlantılarının Rusya içindeki kısımlarında geliştirmeler yapılmaktadır. Son yıllarda tamamlanan projelerden biri de 2019'da açılan Kırım Köprüsü Demiryolu Bağlantısıdır; Kerç Boğazı'ndaki bu dev köprü sayesinde Rusya anakarası ile Kırım Yarımadası ilk kez doğrudan tren yoluyla bağlanmıştır. Rusya'nın gelecekteki en iddialı demiryolu projesi, ilk yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının inşasıdır. Haziran 2024'te Rus hükümeti, Moskova - St. Petersburg arasında inşa edilecek YHD projesini resmen onaylamıştır. Uzunluğu 679 km olacak bu hat tamamlandığında, Rus yapımı trenlerin saatte 360 km hızla iki şehir arasında 2 - 2,5 saatte yol alması planlanmaktadır. Bu, mevcut seyahat süresini (4-5 saat) yarı yarıya indirecektir. Projenin maliyeti yaklaşık 2,3 trilyon ruble (26 milyar \$) olarak hesaplanmış olup büyük oranda devlet bütçesinden ve Ulusal Refah Fonu'ndan karşılanacaktır. Finansman modelinde kamu-özel sektör ortaklığı öngörülmüş; VSM Two Capitals adlı konsorsiyum hattı inşa ve 30 yıl işletme imtiyazına sahip olacaktır. Projede devlet, düşük faizli kredi ve sübvansiyonlarla özel sektörü desteklemeyi taahhüt etmiştir.

Moskova-St. Petersburg yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının 2030'ların başında hizmete alınması planlanmakta olup, bu proje Rusya'nın iki en büyük ve en yoğun nüfuslu kentini yüksek hızlı trenle birbirine bağlayarak havayolu taşımacılığına doğrudan rekabet oluşturacak bir alternatif sunmayı hedeflemektedir. Hat tamamlandığında, Moskova-St. Petersburg arasındaki ulaşım süresi yaklaşık 2 ila 2,5 saate inecek; böylece hem iç turizm hem de ticari hareketlilik açısından önemli bir ivme sağlanacaktır. Uzun vadede bu hattın Finlandiya'ya (Helsinki) kadar uzatılması yönünde stratejik değerlendirmeler de gündemdedir.

Planlama aşamasında olan diğer yüksek hızlı hat projeleri arasında, uzun süredir tartışılmakta olan Moskova-Kazan hattı öne çıkmaktadır. Yaklaşık 770 kilometrelik uzunluğa sahip bu proje, ülkenin YHD ağını doğu yönünde genişleterek Ural bölgesine ulaşmayı amaçlamaktadır. Söz konusu proje kapsamında Çin ile teknolojik ve finansal iş birliği seçenekleri değerlendirilmiş olmakla birlikte, henüz yapım aşamasına geçilememiştir. Ayrıca Moskova-Adler (Soçi) ve Moskova-Minsk-Kiev güzergâhlarında uluslararası yüksek hızlı demiryolu bağlantıları öneri düzeyinde gündeme gelmiştir; ancak bu hatlar hâlihazırda erken fizibilite veya fikir geliştirme aşamasındadır.

Konvansiyonel demiryolu yatırımları çerçevesinde ise, Kuzey Geniş Hat Projesi (Northern Latitudinal Railway) önemli bir örnek teşkil etmektedir. Sibirya'nın kuzeyinde yer alan bu 707 kilometrelik yeni hat, bölgedeki petrol ve doğalgaz rezervlerini Ural sanayi merkezlerine entegre etmeyi amaçlamaktadır. Projenin inşaatına başlanmış olmakla birlikte, 2023 yılında yaşanan ekonomik kısıtlamalar nedeniyle çalışmalar geçici olarak askıya alınmıştır. Mevcut koşullar doğrultusunda, altyapı yatırımlarında öncelik doğu-batı koridorlarına kaydırılmıştır.

Öte yandan, Rusya'nın demiryolu altyapısı fiziksel, teknolojik ve iklimsel koşullar bakımından önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Ülkenin büyük bir bölümü uzun süreli sert kış koşullarına maruz kalmakta olup, bu durum hem altyapı bakım faaliyetlerini hem de işletme süreçlerini olumsuz etkilemekte, operasyonel maliyetleri artırmaktadır. Özellikle permafrost (donmuş toprak) bölgelerinde hat altyapısında deformasyonlar ve çökmeler gözlenebilmekte, bu da uzun vadeli mühendislik çözümleri gerektirmektedir.

Ayrıca, Rusya demiryolu sisteminin önemli bir bölümü eski altyapı unsurlarına dayanmaktadır. Yaşlanmış köprüler, tüneller ve ray sistemleri hem güvenlik hem de işletme verimliliği açısından risk teşkil etmektedir. Bu kapsamda, ağ genelinde kapsamlı bir modernizasyon ihtiyacı söz konusudur. Gelişmiş sinyalizasyon sistemleri, trafik yönetim altyapısı, emniyet ve haberleşme teknolojilerine yönelik yatırımların artırılması gerekmektedir. Modern demiryolu standartlarıyla uyumlu işletme sistemlerine geçiş, hem kapasite artışı hem de uluslararası entegrasyon açısından öncelikli stratejik hedefler arasında yer almalıdır.

### Raylı Sistemler Sektörü:

**Üretim Kapasitesi ve Yerli Üreticiler:** Rusya'nın raylı sistemler endüstrisi, büyük ölçüde yerli firmalar tarafından yönlendirilmekte olup, özellikle lokomotif ve yük vagonu üretimi alanlarında köklü bir sanayi geçmişine sahiptir. Sektörün en büyük oyuncusu olan Transmaşholding (TMH), hem Rusya Federasyonu hem de Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) bölgesinde lider konumda bulunmaktadır. TMH, yılda yüzlerce lokomotif ve binlerce yük vagonu üretim kapasitesine sahip olmasının yanı sıra, yolcu vagonları, banliyö trenleri ve metro araçları da dahil olmak üzere geniş bir ürün yelpazesi sunmaktadır.

Bir diğer önemli yerli üretici olan Sinara Group ise özellikle elektrikli lokomotif üretiminde öne çıkmaktadır. Şirketin geliştirdiği modern "Yermak" ve "Granit" serisi elektrikli lokomotifler, ağır yük taşımacılığına uygun performans özellikleri ve enerji verimliliği ile dikkat çekmektedir. Ayrıca, çift üniteli (2B0) yüksek kapasiteli



lokomotifler, dizel-elektrikli modeller ve bölgesel yolcu tren setleri gibi çeşitli ürünler, tamamen yerli mühendislik altyapısıyla tasarlanmakta ve üretilmektedir.

Sovyet döneminden miras kalan vagon üretim tesisleri, özellikle Uralvagonzavod gibi büyük ölçekli fabrikalar, modernize edilerek üretim faaliyetlerine devam etmektedir. Bu durum, Rusya'nın demiryolu filosunun yenilenmesini büyük ölçüde kendi ulusal sanayi kapasitesiyle karşılamasını mümkün kılmaktadır. Banliyö hatları ve uzun mesafe konvansiyonel tren seferlerinde kullanılan vagonların büyük kısmı, yerli üreticiler tarafından temin edilmektedir.

Yüksek hızlı tren segmentinde ise geçmişte dışa bağımlılık söz konusu olmuştur. Moskova-St. Petersburg hattında hâlen işletilmekte olan "Sapsan" tren setleri, Alman Siemens firmasının Velaro serisi platformuna dayalı olarak tedarik edilmiştir. Ancak 2022 itibarıyla uygulamaya konulan uluslararası yaptırımlar, bu tedarik kanallarının kesilmesine yol açmış ve bu durum, yüksek hızlı tren teknolojilerinin millileştirilmesi yönündeki girişimleri hızlandırmıştır.

Bu doğrultuda, Rusya 2025-2026 dönemine kadar saatte 360 km hıza ulaşabilecek tamamen yerli üretim bir yüksek hızlı tren seti geliştirmeyi hedeflemektedir. Geliştirilmekte olan bu trenlerin, onaylanan Moskova-St. Petersburg yüksek hızlı hattında kullanılmak üzere hizmete alınması planlanmaktadır. Bu gelişme, Rusya'nın raylı sistemler sanayisini ileri teknoloji segmentine taşıma ve dışa bağımlılığı azaltma stratejisinin somut bir çıktısı olarak değerlendirilmektedir.

**Yatırım Trendleri ve Finansman Modelleri:** Rusya'daki demiryolu yatırımları, ülkenin kalkınma stratejileriyle doğrudan bağlantılı olup, merkezi planlamanın önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir. 2010'lu yılların sonunda yaşanan ekonomik durgunluk ve bütçe kısıtlamaları, demiryolu altyapı projelerinde bir miktar yavaşlamaya yol açmışsa da, 2020'li yıllarla birlikte bu yatırımlar yeniden ivme kazanmıştır. 2024 yılı itibarıyla, Rusya Devlet Demiryolları'nın (RZD) yatırım programı 1,5 trilyon ruble (yaklaşık 15,9 milyar ABD doları) gibi rekor düzeyde bir bütçeyle planlanmıştır. Bu tutar, 2021-2022 döneminde yıllık ortalama 0,7-0,8 trilyon ruble düzeyinde gerçekleşen yatırımlarla karşılaştırıldığında kayda değer bir artışı ifade etmektedir. Artan altyapı ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla devlet, RZD'ye doğrudan sermaye desteğini artırmış ve Ulusal Refah Fonu'ndan önemli miktarda kaynak tahsisi gerçekleştirmiştir. Örneğin, 2023 yılı içerisinde devlet bütçesinden demiryolu yatırımlarına 162 milyar ruble tutarında ek kaynak aktarılmıştır.

Finansman yapısı bakımından, Rusya uzun yıllar ağırlıklı olarak kamu kaynaklı yatırım modeline dayanmıştır. Ancak son dönemde yüksek hızlı demiryolu projeleri kapsamında, ilk kez Yap-İşlet-Devret (YİD) benzeri kamu-özel sektör ortaklığı modelleri hayata geçirilmeye başlanmıştır. Özellikle Moskova-St. Petersburg yüksek hızlı demiryolu projesinde, özel sektör katılımı önemli bir finansman bileşeni olarak öne çıkmış; Sberbank, VTB ve benzeri özel bankalar ile çeşitli özel sektör kuruluşları projeye mali ortak olmuştur. Devlet ise düşük faizli krediler ve sübvansiyonlarla projeyi finansal açıdan cazip hale getirmiştir. Ayrıca, RZD yerli yatırımcılardan fon temin etmek amacıyla tahvil ihracına da başvurmuştur. "Halk tahvilleri" olarak adlandırılan bu enstrümanlar aracılığıyla bireysel yatırımcılardan önemli miktarda sermaye toplanmakta ve bu fonlar altyapı yatırımlarında değerlendirilmektedir.

Yatırım öncelikleri büyük ölçüde gelir getirici yük taşımacılığı hatlarına odaklanmaktadır. Bu doğrultuda, 2018-2023 döneminde Uzak Doğu ve Sibirya koridorları başta olmak üzere ihracat yönlü hatlara yoğun yatırımlar yapılmıştır. Bu yatırımlar, başta enerji, maden ve tarım ürünleri olmak üzere stratejik ihracat kalemlerinin limanlara ve sınır geçiş noktalarına etkin şekilde ulaştırılmasını amaçlamaktadır.

Yolcu taşımacılığı segmentinde ise yatırımların geri dönüş süresi düşük olmakla birlikte, sosyal önemi nedeniyle özellikle büyükşehirlerdeki banliyö sistemlerine bütçe ayrılmaktadır. Moskova ve St. Petersburg gibi metropol alanlarda, demiryolu tabanlı kentsel ulaşım sistemleri öncelikli projeler arasında yer almaktadır. Örneğin, Moskova Merkezi Çember Hattı (MCC) 2019 yılında devreye alınmış; MCD 1 ve MCD 2 hatları ise 2019-2021 yılları arasında kademeli olarak hizmete girmiştir. Bu projeler, Moskova Belediyesi ile RZD arasında geliştirilen ortak finansman modelleri aracılığıyla gerçekleştirilmiştir ve kent içi ulaşım entegrasyonuna katkı sağlamaktadır.

**Teknolojik Gelişmeler ve Dijitalleşme:** Rusya Demiryolları, son yıllarda dijital dönüşüm programlarına ağırlık vermiştir. RZD'nin "Dijital Demiryolu" stratejisi kapsamında, 2025'e kadar 8 ana dijital platformun (çok modlu yolcu taşımacılığı, çok modlu yük taşımacılığı, altyapı yönetimi vb.) geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çerçevede, IoT (nesnelerin interneti) ve büyük veri teknolojileri aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. RZD, lokomotif ve vagonlarına sensörler yerleştirerek gerçek zamanlı veri toplamayı, bu verileri merkezî bir platformda analiz ederek arıza tahminleme ve koşula dayalı bakım yapmayı amaçlamaktadır. Özellikle uzun Trans-Sibirya rotasında deneme amaçlı bazı tren setlerinde otonom sürüş teknolojileri test edilmiştir. 2021 yılında RZD,

makineless yük treni denemesini başarıyla gerçekleştirdiğini duyurmuştur (ancak yasal düzenlemeler nedeniyle henüz tam uygulamaya geçmemiştir). Sinyalizasyon alanında, Rusya demiryolları Sovyet döneminden kalma otomatik blok sistemlerini yenilemek üzere ERTMS uyumlu sistemler geliştirmektedir. Bazı pilot hatlarda uydu tabanlı tren kontrol sistemleri (GLONASS destekli) ve kablosuz haberleşme (GSM-R) uygulamaları hayata geçirilmiştir.

Yolcu deneyimini iyileştirmek için dijital biletleme ve entegre mobil uygulamalar kullanılmaktadır; RZD'nin mobil uygulaması üzerinden ülke içindeki tüm trenlere elektronik bilet satışı yapılabilmekte ve biniş kartı olarak cep telefonları kullanılabilir. RZD'nin mobil uygulaması üzerinden ülke içindeki tüm trenlere elektronik bilet satışı yapılabilmekte ve biniş kartı olarak cep telefonları kullanılabilir.

Teknolojik gelişmeler bakımından dikkate değer bir diğer alan, yeni enerji kaynaklarıdır: RZD, dizel hatlarda işletme maliyetlerini ve emisyonları azaltmak için LNG yakıtlı lokomotifler ve hidrojen yakıt hücreli trenler üzerine Ar-Ge çalışmaları yürütmektedir. 2020'de geliştirilen GT1h model gaz türbini-lokomotif, sıvılaştırılmış doğal gaz ile çalışarak konvansiyonel dizellere kıyasla daha temiz bir alternatif sunmuştur. Yakın gelecekte hidrojen yakıtlı manevra lokomotiflerinin Sakhalin adasında test edilmesi planlanmaktadır. Ayrıca RZD, zorlu iklim koşullarında demiryolu altyapısını korumak için gelişmiş meteoroloji ve erken uyarı sistemleri kurmuştur; örneğin aşırı soğuk, buzlanma veya permafrost (donmuş toprak) çözülmesi gibi risklere karşı izleme yapılmaktadır.

Dijitalleşme girişimleri RZD'nin verimliliğini artırmaya başlamış; 2019-2021 arasında dijital teknolojiler sayesinde trenlerin ortalama bekleme sürelerinde ve enerji tüketiminde belirgin iyileşmeler rapor edilmiştir. Sonuç olarak Rusya, geleneksel demiryolu işletmeciliğinden dijital ve teknolojik açıdan yenilikçi bir yapıya geçiş yapmak üzere yatırımlar yapmakta, bu alanda dünya demiryolu trendlerine uyum sağlamaya çalışmaktadır.

**Pazar Büyüklüğü ve Büyüme Tahminleri:** Rusya'nın demiryolu sektörü, ülkenin geniş coğrafi yapısı ve kaynak temelli ekonomisi nedeniyle stratejik bir taşıma altyapısı niteliği taşımakta; hem ulusal lojistik sistemin omurgasını oluşturmakta hem de dış ticaretin yönlendirilmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Rusya Devlet Demiryolları (RZD), 2021 yılında yaklaşık 2,5 trilyon ruble (dönemin döviz kuruyla yaklaşık 35 milyar ABD doları) düzeyinde gelir elde etmiş ve operasyonlarını büyük ölçüde bu kaynakla finanse etmiştir. 2022-2023 döneminde yaşanan ekonomik dalgalanmalara rağmen, özellikle Asya-Pasifik bölgesine yönelen ticaret rotaları sayesinde yük taşımacılığı hacmi güçlü kalmayı sürdürmüştür.

Yük taşımacılığı segmenti, toplam iç taşımalardaki ton-kilometre bazlı %87'lik payı ile sektörde baskın konumdadır. Orta vadede bu oranın korunması, hatta enerji ve doğal kaynak ihracat rotalarının yeniden şekillenmesiyle artış göstermesi öngörülmektedir. Özellikle Rusya-Çin ticaret hacminin genişlemesiyle birlikte, demiryolu ile gerçekleştirilen konteyner taşımacılığına olan talebin artması beklenmektedir. Bu doğrultuda, 2030 yılına kadar Uzak Doğu'daki limanlara demiryolu aracılığıyla taşınan yük hacminin iki katına çıkabileceği yönünde projeksiyonlar yapılmaktadır.

Yolcu taşımacılığı segmenti ise daha çok nüfus dinamikleri ve alternatif ulaşım modlarının gelişimine bağlı olarak dalgalı bir yapı sergilemektedir. İç hat havayollarının fiyat ve hız avantajının yüksek olduğu bölgelerde demiryolu taşımacılığı pazar payı kaybı riski taşıırken, Moskova-St. Petersburg yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattı gibi projelerle bu alanda yeni büyüme alanları oluşturulması hedeflenmektedir. Söz konusu hattın hizmete girmesiyle, yılda 10 milyondan fazla yolcunun havayolundan demiryoluna yönelmesi öngörülmektedir. Banliyö taşımacılığı ise kentleşme oranının artmasıyla birlikte düzenli bir artış eğilimindedir; örneğin Moskova metropol alanında banliyö treni yolcu sayısında yıllık yaklaşık %5 oranında artış kaydedilmektedir.

Raylı sistem ekipman pazarı açısından bakıldığında, 2022 sonrası uygulamaya konan uluslararası yaptırımlar nedeniyle ithal ürünlerin yerini yerli üretimin alması yönünde bir dönüşüm yaşanmaktadır. Siemens, Alstom gibi yabancı firmaların pazardan çekilmesinin ardından, bakım, yedek parça ve yeni üretim segmentlerinde Transmashholding (TMH) gibi yerli firmalar bu boşluğu doldurmak üzere konumlanmıştır. Kısa vadede bu geçiş, tedarik zinciri uyumsuzlukları ve teknik adaptasyon zorlukları yaratabilse de, uzun vadede iç pazarda yerli üreticiler lehine korumalı bir büyüme alanı doğurmaktadır.

Demiryolu sektörüne ilişkin büyüme projeksiyonları, makroekonomik belirsizliklere rağmen belirli hedeflere dayalıdır. RZD tarafından hazırlanan 2030 stratejisine göre, yük taşımacılığında yıllık %2-3, yolcu taşımacılığında ise %1-2 oranında bileşik büyüme öngörülmektedir. Bu hedefleri desteklemek amacıyla Rus hükümeti, 2030 yılına kadar 10.000 kilometrelik yeni demiryolu hattı inşası ve 20.000 kilometrelik mevcut hattın modernizasyonunu içeren geniş çaplı bir altyapı geliştirme programı planlamaktadır. Bu yatırımların gerçekleşmesi, Rusya'nın Avrasya coğrafyasında bir transit demiryolu merkezi olma stratejisini pekiştirecek yapısal gelişmelere zemin hazırlamaktadır.

#### 1.1.4. Hindistan

Hindistan, 68.000 kilometreyi aşan hat uzunluğu ile dünyanın dördüncü en büyük demiryolu ağına sahip ülkesidir. Bu geniş ölçekli ulaşım altyapısı, merkezi olarak Hindistan Demiryolları (Indian Railways) adlı devlet kuruluşu tarafından işletilmekte ve Hint alt kıtasının neredeyse tamamına hizmet sunmaktadır. Hatlar, 1.676 mm genişliğindeki geniş hat (broad gauge) standardında inşa edilmiş olup, 7.325'ten fazla istasyonu kapsayan bu ağ, her gün binlerce trenin işletilmesine olanak sağlamaktadır.

Hindistan demiryolu sistemi, ülke nüfusunun büyük bölümü için temel ulaşım modu olma özelliğini sürdürmektedir. 2019-2020 mali yılı itibarıyla, yıllık yolcu taşımacılığı hacmi 8,086 milyar kişi olarak kaydedilmiş ve Hindistan bu verilerle yolcu sayısı açısından dünya sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Bu rakam, başta Mumbai ve Kalküta gibi büyük metropollerin çevresindeki yoğun banliyö hatlarında gerçekleştirilen kısa mesafeli seyahatleri de içermekte olup, Çin'i geride bırakan bir yolcu trafiğine işaret etmektedir. Yolcu trenleri, kırsal bölgeler ile kentsel merkezler arasında günlük işe gidiş geliştiren uzun mesafeli ekspres hatlara kadar geniş bir hizmet yelpazesi sunmaktadır.

Yük taşımacılığı segmentinde de Hindistan Demiryolları, 2021-2022 döneminde 1,418 milyar ton yük taşıma kapasitesine ulaşarak küresel ölçekte dördüncü sırada konumlanmıştır. Taşınan başlıca emtialar arasında termik santraller için kömür, demir cevheri, çimento, tahıl ve rafine petrol ürünleri yer almaktadır. Yük taşımacılığı gelirleri, demiryollarının mali sürdürülebilirliği açısından kritik önem taşımakta ve altyapı yatırımlarının finansmanında önemli bir rol üstlenmektedir.

Hindistan demiryolu sisteminin ayırt edici bir özelliği, karma işletim modelidir. Aynı hatlar üzerinde hem yüksek kapasiteli yük trenleri hem de yolcu trenleri eş zamanlı olarak işletilmekte; bu durum, kapasite yönetimini ve trafik optimizasyonunu önemli ölçüde zorlaştırmaktadır. Özellikle yüksek yoğunluklu koridorlarda, hat kapasitesi zaman zaman yetersiz kalmakta ve bu durum gecikmelere neden olabilmektedir. Mevcut ağın yaklaşık %45'i çift hatlı veya daha fazla kapasiteye sahipken, kalan kısmı tek hatlı olarak işletilmektedir. Ayrıca tarihsel olarak farklı hat açıklıkları (örneğin metre hat ve dar hat) kullanılan bölgeler mevcuttu; ancak son yıllarda yürütülen "hattı genişletme programı" kapsamında, ülkenin stratejik taşıma güzergâhlarının neredeyse tamamı geniş hat standardına dönüştürülmüş; yalnızca ikincil öneme sahip ya da turistik değeri olan hatlarda eski açıklıklar korunmuştur.

Hindistan, demiryolu elektrifikasyonu alanında son yıllarda kayda değer bir ilerleme kaydetmiş ve bu alanda küresel ölçekte dikkat çeken bir dönüşüm gerçekleştirmiştir. Mart 2022 itibarıyla, geniş hat ağı üzerindeki 50.400 kilometrelik kesim elektrikli hale getirilmiş olup, bu da toplam geniş hat ağının %80'inden fazlasının elektrikli lokomotiflerle işletilebilmesine olanak tanımaktadır. Hindistan Demiryolları'nın stratejik hedefi, 2024 yılı sonuna kadar tüm geniş hat ağının elektrifikasyonunu tamamlayarak ana hatlardan dizel lokomotiflerin tamamen çekilmesini sağlamaktır. Bu hedefin gerçekleşmesi durumunda, Hindistan, dünyanın en geniş kapsamlı tam elektrikli demiryolu sistemlerinden birine sahip olacaktır.

Demiryolu ağının coğrafi kapsama alanı da genişletilerek, ülkenin daha önce demiryolu erişimi olmayan bölgelerine hizmet götürülmüştür. Özellikle kuzeydoğu eyaletleri, son yıllarda geniş hat sistemine entegre edilmiştir. 2014 yılına kadar demiryolu bağlantısından yoksun olan Meghalaya eyaleti, söz konusu yılda ilk kez trenle bağlanmış; bunu 2018 yılında Tripura takip etmiştir. Bu genişleme politikası, ülkenin ulaşımında bölgesel eşitsizliklerini azaltmayı ve ekonomik kalkınmayı desteklemeyi amaçlamaktadır.

Son beş yıllık dönemde Hindistan, demiryolu altyapısını modernize etmek ve taşıma kapasitesini artırmak üzere çok sayıda büyük ölçekli projeyi hayata geçirmiştir. Bu projelerin başında, yalnızca yük taşımacılığına özel olarak tasarlanan koridorların inşası gelmektedir. Dedicated Freight Corridors (DFC) olarak adlandırılan bu hatlar, ülkenin doğu ve batı aksında yük taşımacılığı performansını önemli ölçüde artıracak şekilde planlanmıştır. Batı Yük Koridoru, Delhi yakınlarındaki Dadri ile Mumbai'nin kuzeyindeki Jawaharlal Nehru Limanı arasında uzanan yaklaşık 1.500 kilometrelik çift hatlı elektrikli bir demiryolu hattıdır. Doğu Yük Koridoru ise Punjab'ın Ludhiana kentinden başlayarak Doğu Hindistan'daki Dankuni'ye kadar uzanan yaklaşık 1.800 kilometrelik bir güzergâhı kapsamaktadır. Bu koridorların büyük bir kısmı 2022 itibarıyla tamamlanmış ve kademeli olarak hizmete alınmaya başlanmıştır.

DFC projeleri, yük trenlerinin geleneksel hatlardan ayrılarak bu özel koridorlara aktarılmasını sağlayacak; bu sayede yolcu trafiği için mevcut hatlarda kapasite artışı sağlanırken, yük taşımacılığında daha yüksek hızlar ve ağır tonajlı seferler mümkün hale gelecektir. Öte yandan, 100% elektrifikasyon hedefi doğrultusunda yapılan çalışmalar sayesinde, 2023 itibarıyla demiryolu hatlarının %97'sinde elektrikli işletme sağlanmış ve bu dönüşüm, enerji verimliliği ile birlikte işletme maliyetlerinde düşüş ve seyahat sürelerinde iyileşme yaratmıştır.

Hindistan demiryolu modernizasyon programı çerçevesinde öne çıkan projelerden biri, ülkenin ilk yüksek hızlı demiryolu hattı olan Mumbai – Ahmedabad Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) projesidir. Toplam 508 kilometre uzunluğundaki bu hat, Japonya'nın gelişmiş Shinkansen teknolojisine dayalı olarak inşa edilmektedir. Projenin finansmanı büyük ölçüde Japon hükümeti tarafından sağlanan uzun vadeli ve düşük faizli dış kredilerle desteklenmiş olup, toplam yatırım maliyeti yaklaşık 9,65 milyar ABD doları olarak açıklanmıştır. 2017 yılında başlatılan proje, başta arazi kamulaştırması süreçlerindeki gecikmeler ve COVID-19 pandemisinin yarattığı aksaklıklar nedeniyle öngörülen takvimin gerisinde kalmıştır. Güncel planlamaya göre, hattın ilk bölümlerinin 2028 yılı itibarıyla kademeli olarak işletmeye açılması hedeflenmektedir.

Proje tamamlandığında trenlerin saatte 320 kilometre azami işletme hızıyla Mumbai ve Ahmedabad gibi iki büyük metropol arasında yaklaşık 2 saatlik bir seyahat süresi sunması beklenmektedir. Mumbai-Ahmedabad hattı, Hindistan'da yüksek hızlı demiryolu sisteminin ilk örneği olarak pilot proje niteliği taşımakta olup, ülke genelinde benzer nitelikteki diğer hatların geliştirilmesi için bir model teşkil etmesi amaçlanmaktadır. Hindistan hükümeti tarafından açıklanan planlarda, Delhi-Varanasi, Delhi-Ahmedabad, Mumbai-Hyderabad ve Chennai-Bengaluru-Mysuru gibi altı yeni koridorda daha yüksek hızlı tren hatlarının hayata geçirilmesi öngörülmektedir. Bu projeler hâlihazırda fizibilite ve ön tasarım aşamasında olup, nihai ilerleme Mumbai-Ahmedabad hattının teknik ve ekonomik başarımına bağlı olarak şekillenecektir.

Öte yandan Hindistan, yüksek hızlı sistemler tam anlamıyla devreye alınmadan önce, mevcut altyapı üzerinde hız ve hizmet kalitesini artırmak amacıyla yarı hızlı tren konseptine yönelmiştir. Bu kapsamda geliştirilen Vande Bharat Express tren setleri, 2019 yılından itibaren hizmete alınmış olup, saatte 160 kilometreye ulaşabilen işletme hızları ve gelişmiş hızlanma-kontrol sistemleriyle konvansiyonel hatlarda önemli bir performans artışı sağlamaktadır. Yerli üretim olan bu trenler, "Train18" girişimi kapsamında Hindistan Demiryolları'na bağlı Integral Coach Factory tarafından tasarlanmış ve üretilmiştir. 2023 yılı itibarıyla 25'in üzerinde hat üzerinde Vande Bharat seferleri başlatılmış, altyapı iyileştirmeleri ile birlikte bu trenler seyahat sürelerinde %10 ila %15 oranında kısalma sağlamıştır. Hükümetin önümüzdeki yıllarda 400 adet Vande Bharat tren seti üretme hedefi, ülkenin demiryolu sisteminde kapsamlı bir modernizasyon sürecini işaret etmektedir.

Hindistan demiryolu altyapısının modernizasyon süreci kapsamında, hat kapasitesini artırmaya yönelik çift hat (doubling) ve üç hat projelerine önemli ölçüde hız verilmiştir. Özellikle yüksek trafik yoğunluğuna sahip koridorlarda, mevcut tek hatların çift hatla dönüştürülmesiyle kapasite darboğazlarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, stratejik kavşak noktalarında tren trafiğini rahatlatmak amacıyla çevresel bağlantılar ve by-pass hatları inşa edilmekte, böylece hat kullanılabilirliği ve işletme verimliliği artırılmaktadır. Bu tür yatırımlar, hem yük hem yolcu taşımacılığında gecikmeleri azaltmayı ve hat esnekliğini artırmayı amaçlamaktadır.

Bir diğer önemli altyapı bileşeni, istasyon modernizasyon projeleridir. Delhi, Mumbai Chhatrapati Shivaji Maharaj Terminus (CSMT), Ahmedabad gibi yüksek yolcu kapasiteli ana istasyonlarda, uluslararası havalimanı standartlarında yeniden yapılandırma projeleri başlatılmıştır. Bu kapsamda istasyonların yalnızca ulaşım işleviyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda ticari merkezler olarak da hizmet vermesi hedeflenmiştir. Kamu-özel iş birliği (PPP) modeliyle yürütülen bu projelerde, istasyon alanları üzerinde otel, alışveriş merkezi ve ofis gibi çok amaçlı yapılar içeren karma kullanım senaryoları öngörülmekte ve özel yatırımcılara açılmaktadır. Bu sayede, hem kamu finansmanı üzerindeki yük hafifletilmekte hem de yolcu deneyimi iyileştirilmektedir.

Bu altyapı yatırımları, Hindistan'ın demiryolu sistemini daha entegre, verimli ve modern bir yapıya kavuşturma yönündeki ulusal hedeflerinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

#### Raylı Sistemler Sektörü:

**Üretim Kapasitesi ve Yerli Üreticiler:** Hindistan, kapsamlı ve kendi kendine yeterli bir demiryolu ekipman üretim altyapısına sahip olup, bu kapasite büyük oranda Indian Railways'e bağlı kamu işletmeleri ve destekleyici özel sektör kuruluşları tarafından yürütülmektedir. Lokomotif, yolcu vagonu, yük vagonu, tekerlek setleri ve sinyalizasyon sistemlerine kadar geniş bir ürün yelpazesi, yerli tesislerde üretilmektedir. Chittaranjan Lokomotif Fabrikası (CLW) ve Patiala Dizel Lokomotif Modernizasyon Tesisleri (DLMW), geçmişte büyük ölçekli dizel ve elektrikli lokomotif üretimleriyle sistemin belkemiğini oluşturmuş, özellikle elektrifikasyon projelerinin ivme kazanmasıyla birlikte üretim odaklarını elektrikli lokomotiflere kaydırmıştır.

Son dönemde öne çıkan tesislerden biri, Alstom ile yapılan stratejik ortaklık çerçevesinde Madhepura'da kurulan Elektrikli Lokomotif Fabrikasıdır. Bu tesis, 12.000 beygir gücündeki WAG-12B sınıfı ağır yük lokomotiflerinin seri üretimine ev sahipliği yapmakta olup, özellikle Doğu ve Batı Dedicated Freight Corridor (DFC) hatlarında kullanılan yüksek kapasiteli tren setlerinin çekiş gücünü sağlamaktadır.



Yolcu vagonu üretimi açısından, Integral Coach Factory (ICF) – Chennai, yılda 3.000’den fazla yolcu vagonu üretim kapasitesiyle küresel ölçekte öncü üretim merkezlerinden biri konumundadır. 2018-2019 mali yılında tek başına 3.262 adet yolcu vagonu üretmiş ve bu alanda dünya rekoru kırmıştır. ICF aynı zamanda, yerli teknolojiyle geliştirilen ve “Train 18” olarak da bilinen Vande Bharat Express tren setlerinin üretildiği ana tesistir. Modern Coach Factory (Raebareli) ve Rail Coach Factory (Kapurthala) gibi diğer büyük ölçekli fabrikalar, ülke genelindeki talebi karşılamak üzere yılda binlerce yolcu vagonu üretme kapasitesine sahiptir.

Yük taşımacılığına yönelik vagon üretiminde ise özel sektör firmaları önemli bir rol oynamaktadır. Texmaco Rail & Engineering, Titagarh Wagons ve Jupiter Wagons gibi özel üreticiler, Hindistan Demiryolları’nın yanı sıra çeşitli endüstriyel müşterilere yönelik yılda on binlerce yük vagonu üretebilme kapasitesine sahiptir. Bu firmalar, aynı zamanda Asya-Pasifik bölgesindeki diğer ülkelere vagon ihracatı gerçekleştirmeye başlamış; örneğin ICF tarafından Bangladeş ve Sri Lanka gibi ülkelere ihraç edilen yolcu vagonları ile Hindistan’ın bölgesel üretim üssü olma vizyonu desteklenmiştir.

Üretim ekosistemi, Hindistan hükümetinin “Make in India” stratejisi doğrultusunda daha da gelişmiş ve raylı sistem projelerinde yerli katkı oranını artırmaya yönelik regülasyonlarla desteklenmiştir. Bu kapsamda, Bombardier (günümüzde Alstom çatısı altında) gibi çok uluslu üreticiler Hindistan’da metro aracı üretim tesisleri kurmuş ve buradan hem yerel hem bölgesel pazarlara hizmet vermeye başlamıştır.

**Yatırım Trendleri ve Finansman Modelleri:** Hindistan demiryolu sektöründe sermaye yatırımları, son on yılda istikrarlı bir şekilde artarak tarihsel olarak en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. 2014 yılı öncesi dönemde yaklaşık x 45.000 crore (yaklaşık 6 milyar ABD doları) düzeyinde seyreden yıllık demiryolu yatırımları, 2020’li yılların başında x 2 trilyon sınırını aşmış ve bu artış trendi devam etmiştir. 2022-2023 mali yılında Hindistan Demiryolları (Indian Railways), yaklaşık x 1,9 trilyon (22,4 milyar ABD doları) tutarında yatırım harcaması gerçekleştirmiştir; bu tutar, bir önceki yıla kıyasla yaklaşık %17 oranında artışı temsil etmektedir. 2023-2024 yılı bütçesinde ise sektöre tahsis edilen kaynak, x 2,62 trilyon (yaklaşık 32 milyar ABD doları) ile rekor düzeye ulaşmıştır. Bu kapsamlı yatırımlar; yeni hat inşası, Dedicated Freight Corridor (DFC) projeleri, elektrifikasyon çalışmaları, istasyon modernizasyonu ve yeni tren setlerinin tedariki gibi çeşitli altyapı ve üstyapı kalemlerini kapsamaktadır.

Finansman yapısı büyük ölçüde kamu kaynaklarına dayanmaktadır. 2017 yılında demiryolu bütçesinin genel merkezi bütçeyle birleştirilmesiyle birlikte, merkezi hükümet her yıl artan oranda doğrudan sermaye transferi gerçekleştirmekte ve sektörel yatırımlar bu kaynaklarla desteklenmektedir. Bununla birlikte, büyük ölçekli projelerde uluslararası kalkınma finansmanı da önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, Mumbai-Ahmedabad Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) projesi, Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) tarafından sağlanan düşük faizli ve 50 yıl vadeli kredi ile finanse edilmektedir. Benzer biçimde, Doğu DFC projesi Dünya Bankası, Batı DFC ise yine JICA tarafından desteklenmektedir. Bu tür finansman modelleri, Hindistan’ın büyük ölçekli altyapı projelerini uygun koşullarda hayata geçirmesine olanak sağlamaktadır.

Kamu-özel işbirliği (PPP) modelleri ise özellikle istasyon modernizasyonu ve yük terminali projelerinde devreye alınmaktadır. Habibganj (Bhopal) ve Gandhinagar gibi stratejik öneme sahip istasyonlar, özel sektör tarafından yenilenmiş ve işletilmeye başlanmıştır. Öte yandan, 2020 yılında duyurulan belirli hatlarda özel yolcu treni işletmeciliğine yönelik düzenlemeler beklenen ilgiyi görmemiş ve uygulama süreci ertelenmiştir. Buna karşılık, yük taşımacılığı alanında özel sektör, uzun süredir kendi vagon yatırımlarını yaparak Hindistan Demiryolları altyapısı üzerinde kontrollü modeller dahilinde tren işletmeciliği yapabilmektedir.

Yatırım öncelikleri ise ağırlıklı olarak ekonomik getirisi yüksek ve kapasite artışı gerektiren alanlara yönelmiştir. Özellikle kömür taşımacılığı gibi kritik önemdeki sektörlerde, maden sahaları ile ana demiryolu hatları arasındaki ilk bağlantı noktalarını (First Mile Connectivity) tesis etmeye yönelik hatlar ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, limanlara yönelik doğrudan demiryolu bağlantılarının geliştirilmesine yönelik Sagarmala programı kapsamında altyapı projeleri yürütülmektedir.

Teknolojik Gelişmeler ve Dijitalleşme Hindistan demiryolu sektörü, sahip olduğu büyük ölçeğe rağmen teknolojik yenilikleri hızlı biçimde uygulamaya koyma yönünde güçlü bir irade sergilemektedir. Son yıllarda öne çıkan en kritik gelişmelerden biri, yerli imkânlarla geliştirilen Tren Çarpışma Önleme Sistemi “Kavach” (eski adıyla TCAS) olmuştur. Kavach sistemi, sinyalizasyon hatalarını ve trenler arası çarpışmaları önlemeye yönelik olarak tasarlanmıştır. Avrupa’daki ETCS Seviye 2 sistemine benzer bir otomatik tren koruma teknolojisidir. 2022 yılı itibarıyla Güney Merkez Demiryolu bölgesinde 1.098 kilometrelik hat kesimi ve 65 lokomotif pilot olarak uygulanmaya başlanan sistemin, 2022-2023 bütçesi kapsamında 2.000 kilometrelik hatta daha kurulması onaylanmıştır. Hedef, toplamda 34.000 kilometrelik yüksek yoğunluklu çekirdek ağın Kavach sistemi ile donatılmasıdır. Bu gelişme, Hint demiryolları açısından hem operasyonel güvenlik hem de insan hatasından kaynaklanan kazaların azaltılması bakımından önemli bir eşiği temsil etmektedir.

Dijitalleşme süreci, özellikle yolcu taşımacılığı alanında belirgin biçimde ilerlemektedir. Ülkenin çevrim içi biletleme sistemi olan IRCTC, dünya çapında en yüksek kapasiteli sistemlerden biri olup, günde milyonlarca bilet satışı gerçekleştirmektedir.

Dijital biletlerin yaygınlaşması, tren konum bilgilerini gerçek zamanlı sunan mobil uygulamalar ve istasyonlarda kullanılan dijital bilgi ekranları ile birlikte yolcu deneyimini iyileştirmektedir. Yük taşımacılığı tarafında ise FOIS (Freight Operations Information System) aracılığıyla vagon takip, yük rezervasyonu ve planlama işlemleri çevrim içi platformlar üzerinden yürütülmektedir.

İşletme verimliliğini artırmaya yönelik olarak geliştirilen E-Drishti ve Satark gibi karar destek uygulamaları sayesinde yöneticiler operasyonel verileri canlı olarak izleyebilmekte, müdahale ve kaynak tahsis kararlarını daha etkin şekilde alabilmektedir. Bakım faaliyetlerinde dijitalleşmenin yanı sıra, makine görsü ve ultrasonik test sistemleri gibi ileri düzey teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Ray kusurlarının tespiti için mobil ultrasonik hata dedektörleri, köprü ve tünel yapılarının ise sensör tabanlı izleme sistemleri ile denetimi pilot uygulamalarla hayata geçirilmiştir. Elektrikli trenlerde ise rejeneratif frenleme sistemleri kullanılarak frenleme sırasında üretilen enerji yeniden şebekeye aktarılmakta, böylece enerji verimliliği sağlanmaktadır.

Filo modernizasyonu kapsamında da önemli teknolojik gelişmeler kaydedilmiştir. Vande Bharat Express tren setleri, geleneksel lokomotif-vagon diziliminden farklı olarak dağıtık tahrik sistemine sahip elektrikli çoklu üniteler (EMU) şeklinde tasarlanmış, engelli erişimine uygun ergonomik yapıları, GPS tabanlı bilgilendirme ekranları ve otomatik kapılar gibi çağdaş sistemlerle donatılmıştır. Bu trenler, Hindistan'ın mühendislik ve üretim kapasitesinin bir göstergesi olup yalnızca 18 ay içinde yerli kaynaklarla geliştirilmiştir. Elektrikli lokomotif dönüşüm projeleri kapsamında, eski dizel lokomotiflerin çift motorlu elektrikli lokomotiflere dönüştürülmesi çalışmaları da başlatılmış ve ilk prototipler hizmete alınmıştır. Bu dönüşüm, varlık optimizasyonu açısından dikkat çekici bir uygulamadır.

Yüksek hızlı demiryolu projelerinde ise sinyalizasyon ve afet yönetimi alanında ileri düzey çözümler entegre edilmektedir. Mumbai-Ahmedabad YHD projesinde, Japonya'nın ETCS Seviye 2 sistemine entegre tren kontrol teknolojisi (TKV) ile birlikte sismik izleme sistemleri kurulmaktadır. Bu, Hindistan'ın ilk kez bu denli yüksek seviyede güvenlik ve sinyal sistemlerini uygulamaya koyduğu bir projedir.

Sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda, Hindistan Demiryolları enerji arzını yenilenebilir kaynaklardan sağlama yönünde çalışmalarını hızlandırmıştır. İstasyon çatılarına ve açık arazilere güneş panelleri yerleştirilmekte, tren depoları ve bakım atölyelerinde güneş enerjisi kullanımına geçilmektedir. Bu kapsamda 2030 yılına kadar karbon nötr demiryolu işletmeciliğine ulaşılması hedeflenmektedir.

**Pazar Büyüklüğü ve Büyüme Tahminleri:** Hindistan'ın demiryolu sektörü, ülkenin ekonomik büyümesine paralel olarak genişleyen bir pazardır. Hindistan Demiryolları, 2021-22 mali yılında x 196.128 crore (yaklaşık 25 milyar \$) gelir elde etmiştir. 2023-24 mali yılına gelindiğinde bu gelirin x 2,6 trilyon civarına (yaklaşık 32 milyar \$) çıktığı ve 2024-25'te x 2,8 trilyon'a ulaşacağı (yıllık %8 artış) öngörülmektedir.

Yolcu gelirleri ve yük gelirleri toplamının artış trendinde olması, hem tarifelerin düzenli ayarlanması hem de taşıma hacimlerinin büyümesinden kaynaklanmaktadır. Pazar büyüklüğü sadece işletme gelirleriyle sınırlı değildir; demiryolu altyapı inşaat pazarı ve demiryolu ekipman pazarı da devasa boyuttadır. 2023-24 için ayrılan x 2,62 trilyon'luk sermaye harcaması, Hindistan'ı demiryolu yatırımlarında dünyada Çin'den sonra ikinci sıraya koymaktadır. Bu yatırımın ekonomide yaratacağı katma değer, inşaat sektöründen çelik-sement üretimine, mühendislik ve elektrik-elektronik sektörlerine kadar geniş bir yelpazede hissedilecektir. Demiryolu imalat sanayiinin (lokomotif, vagon, sinyal ekipmanı vb.) yıllık pazar büyüklüğü Hindistan'da tahmini x 350-400 milyar (4-5 milyar \$) düzeyindedir ve artan taleple bunun yükseleceği beklenmektedir.

Büyüme tahminlerine bakıldığında, Hindistan Demiryolları 2030 yılına dek hem yolcu hem yük tarafında önemli artışlar öngören bir "Ulusal Demiryolu Planı" hazırlamıştır. Bu plana göre demiryolu yük taşımalarının 2030'da 2018'e kıyasla yaklaşık iki katına çıkarak yıllık 2,5 milyar tona ulaşması hedeflenmektedir. Yolcu tarafında ise ekonomik büyüme, şehirleşme ve demografik artışla orantılı bir yükseliş beklenmektedir; özellikle şehirlerarası yolculuklarda demiryolunun pazar payının korunduğu, hatta yüksek hızlı tren projeleriyle birlikte belirli koridorlarda artırıldığı bir senaryo öngörülmektedir. Hindistan'ın genç nüfusu ve gelişen ekonomisi düşünüldüğünde, demiryolu talebinin uzun vadede güçlü kalacağı söylenebilir. Zaten 2010'larda demiryolu taşımacılığının kapasite yetersizlikleri nedeniyle bastırılmış bir talebi söz konusuydu; yeni yatırımlarla bu baskı azalacak ve sektör daha fazla yolcu/yük taşıyabilecektir.

Rekabetçi dinamikler açısından, karayolu taşımacılığı Hindistan'da hem yolcu hem yük alanında en büyük rakiptir. Ancak artan yakıt maliyetleri, çevresel kaygılar ve karayolu sıkışıklığı, demiryolu lehine bazı eğilimler yaratmaktadır. Hükümet politikası olarak demiryolu payını artırma hedefi (özellikle yükte) kesin bir şekilde dile getirilmiştir. Bu nedenle, navlun tarifelerinde esneklik, özel yük tren şirketlerinin teşviki, lojistik parklarının demiryoluna entegre edilmesi gibi adımlar atılmaktadır. Yolcуда ise havayolu sektörü ucuz tarifeli taşıyıcılarla demiryoluna rakip olsa da, demiryolu bilet fiyatlarının düşük tutulması ve artan konfor/ hız, orta mesafede yeniden cazibe kazandırmaktadır.

Önümüzdeki 5-10 yıl için Hindistan demiryolu sektörü yıllık ortalama %6-8 büyüme potansiyeli taşımaktadır. Bu büyüme oranı, sektöre yapılan yatırımların geri dönüşü oldukça, hatta daha da yükselebilir. Özellikle DFC'lerin tam kapasite çalışmaya başlamasıyla yük gelirlerinde sıçrama, yüksek hızlı ve yarı-hızlı trenlerle yolcu gelirlerinde artış beklenmektedir. Pazar büyüklüğü 2030'a gelindiğinde muhtemelen bugünkünün birkaç katı olacaktır; zira Hindistan ekonomisinin büyüklüğü arttıkça demiryolu taşımacılığı da bununla doğru orantılı genişleyecektir. Sonuç olarak, Hindistan raylı sistemler sektörü dinamik bir büyüme sürecindedir ve bu trend orta vadede devam edecektir.

### 1.1.5. İlk Dört Ülke Arasında Karşılaştırmalı Değerlendirme

Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin, Rusya ve Hindistan'ın demiryolu sektörleri, altyapı büyüklüğü, işletme modelleri, yolcu ve yük taşımacılığı kapasiteleri ile teknolojik gelişim düzeyleri açısından hem benzerlikler hem de önemli farklılıklar sergilemektedir. Demiryolu ağı uzunluğu bakımından, 2020'li yılların başı itibarıyla ABD yaklaşık 257.000 kilometreyle küresel lider konumunu sürdürürken, Çin 155.000 kilometreyle ikinci sıraya yükselmiş; onu yaklaşık 85.000 kilometreyle Rusya ve 68.000 kilometreyi aşan ağıyla Hindistan takip etmiştir. ABD demiryolu sistemi ağırlıklı olarak yük taşımacılığına odaklı olup, büyük ölçüde özel sektör mülkiyetinde ve işletmesindedir. Buna karşılık, Çin, Rusya ve Hindistan'ın demiryolu ağları devlet mülkiyetinde olup, hem yolcu hem yük taşımacılığına hizmet eden entegre bir yapı sergilemektedir.

Yolcu taşımacılığı performansı açısından Hindistan, yılda yaklaşık 8 milyar yolcu taşımaya küresel ölçekte birinci sıradadır. Çin ve Rusya, sırasıyla 1 ila 2 milyar yolcu aralığında seyrederken, ABD yolcu taşımacılığında sınırlı bir rol oynamakta ve Amtrak aracılığıyla yıllık yalnızca 30 milyon civarında yolcu taşımaktadır. Yük taşımacılığında ise ton-kilometre bazında ABD, özellikle uzun mesafeli taşımacılıktaki verimliliğiyle lider konumunu sürdürmektedir. Ancak toplam taşınan yük miktarı bakımından Çin, yılda 3 milyar tonu aşan hacmiyle ABD ile eşdeğer düzeye ulaşmıştır. Rusya ve Hindistan ise yıllık 1 ila 1,5 milyar ton aralığında kayda değer yük taşımacılığı gerçekleştirmektedir. Bu göstergeler, Çin'in son yıllarda demiryolu taşımacılığına yaptığı yatırımların etkisini ortaya koyarken, ABD'nin yük taşımacılığındaki küresel üstünlüğünü de vurgulamaktadır.

Yüksek hızlı demiryolu teknolojisi ve uygulamaları bakımından ülkeler arasında belirgin bir ayrışma gözlemlenmektedir. Çin, 45.000 kilometreyi aşan yüksek hızlı demiryolu ağıyla açık ara küresel lider konumundadır. Buna karşılık, Hindistan ve Rusya, sırasıyla Mumbai-Ahmedabad ve Moskova-St. Petersburg koridorlarında geliştirilmekte olan ve yaklaşık 500 kilometrelik uzunluklara sahip ilk yüksek hızlı hat projelerini yürütmektedir. ABD ise bu alanda halen başlangıç düzeyindedir ve yalnızca Kaliforniya gibi sınırlı bölgesel projeler üzerinden ilerleme kaydetmektedir. Bu farklılık, ülkelerin ulaştırma politikaları, ekonomik öncelikleri ve finansman kaynaklarına erişim düzeyleriyle yakından ilişkilidir.

Elektrifikasyon oranları açısından da ülkeler arasında kayda değer farklar bulunmaktadır. Çin demiryolu ağının yaklaşık %72'si, Hindistan'ın ise %80 ila %97'si arasında değişen oranlarda elektrikli hale getirilmiştir. Rusya, yaklaşık %50 seviyesinde bir elektrifikasyon oranına sahiptirken, ABD'nin yük taşımacılığı odaklı ağının büyük kısmı dizel lokomotiflerle çalışmaktadır. ABD'de yalnızca Kuzeydoğu Koridoru ve bazı büyükşehir banliyö hatları elektrikli işletmeye sahiptir. Bu bağlamda, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından Çin ve Hindistan gibi Asya ülkelerinin demiryolu sistemleri görece daha avantajlı bir konumda bulunmaktadır.

Demiryolu yatırımları bakımından, Çin ve Hindistan son yıllarda bu sektöre tahsis ettikleri bütçeleri kayda değer ölçüde artırarak demiryollarını ekonomik kalkınma stratejilerinin merkezine yerleştirmişlerdir. Çin, yılda 100 milyar Amerikan dolarını aşan demiryolu yatırım hacmiyle küresel ölçekte lider konumdayken, Hindistan 20 ila 30 milyar dolar düzeyindeki yıllık yatırımlarıyla Asya-Pasifik bölgesinde ikinci sırada yer almaktadır. Buna karşılık, ABD ve Rusya'da demiryolu yatırımları daha sınırlı kalmakta veya dönemsel dalgalanmalar göstermektedir. ABD'de özel sektöre ait yük taşımacılığı şirketleri yıllık yaklaşık 25 milyar dolarlık bakım ve yatırım harcaması gerçekleştirmektedir; ancak yolcu taşımacılığına yönelik kamu yatırımları henüz sınırlı bir düzeyde seyretilmektedir. Rusya'da ise 2024 yılı için açıklanan yaklaşık 16 milyar dolarlık yatırım planı, tarihsel

açıdan rekor düzeyde olsa da Çin'in beşte biri kadar bir büyüklüğe işaret etmektedir. Bu farklılıklar, ülkelerin ulaştırma politikalarında demiryolu taşımacılığına verdikleri stratejik öncelikleri açıkça yansıtmaktadır. Çin ve Hindistan, demiryolunu kalkınmayı hızlandıracak temel bir altyapı alanı olarak görürken; ABD'de bu sektör ağırlıklı olarak özel yük taşımacılığı alanında konumlanmakta, Rusya ise ekonomik ve politik kısıtlar nedeniyle daha temkinli bir yatırım yaklaşımı izlemektedir.

Finansman ve işletme modelleri açısından da ülkeler arasında belirgin ayrımlar mevcuttur. Çin, Hindistan ve Rusya'da demiryolu sistemleri kamuya ait entegre yapılar şeklinde örgütlenmiş olup, devlet sübvansiyonları sektörde önemli bir yer tutmaktadır. Bu ülkelerde, kârlı yük taşımacılığı faaliyetlerinden elde edilen gelirler genellikle zarar eden yolcu taşımacılığını finanse etmekte kullanılır; bu çapraz sübvansiyon modeli sayesinde demiryolu, kamu hizmeti niteliğini sürdürebilmektedir. Ancak bu yapı, son yıllarda özel sektörün daha fazla katılımını hedefleyen politika arayışlarıyla dönüşüm sürecine girmiştir. Örneğin, Hindistan'da özel yolcu tren işletmeciliği pilot projelerle test edilmekte; Rusya'da yüksek hızlı tren hatları Kamu-Özel İşbirliği (PPP) modeliyle gündeme alınmakta; Çin'de ise yerel metro hatlarında özel yatırımların önü açılmaktadır. ABD'de ise söz konusu eğilim ters yönde gelişmektedir: geleneksel olarak özel yük işletmecilerinin hâkim olduğu sektörde, kamu müdahalesi özellikle yolcu taşımacılığı ve yüksek hızlı tren yatırımları çerçevesinde yeniden tartışılmaya başlanmıştır. Amtrak gibi kamu destekli yolcu işletmecilerinin varlığı, bu dönüşüm arayışlarının somut bir örneğini teşkil etmektedir.

Teknolojik gelişmişlik ve dijitalleşme alanında, Çin demiryolları, ileri düzey sinyalizasyon sistemleri, yüksek kapasiteli modern tren setleri ve sürücüsüz metro sistemleri gibi unsurlarla küresel teknolojik liderliğini pekiştirmiştir. Hindistan ise Kavach adlı yerli geliştirme otomatik tren koruma sistemi, Vande Bharat sınıfı modern tren setleri ve dijital işletme altyapıları ile hızlı bir modernizasyon sürecine girmiştir. ABD'de ise tren güvenliğini artırmak amacıyla uygulanan Pozitif Tren Kontrolü (PTC) sistemleri önemli bir adımı temsil etse de, genel anlamda tren hızları, hizmet kalitesi ve dijitalleşme düzeyi bakımından Avrupa ve Asya ülkelerinin gerisinde kalmaktadır. Rusya, tarihsel olarak Batılı ülkelerden teknoloji transferine dayalı bir model izlemişken, son yıllarda uygulanan ekonomik yaptırımlar nedeniyle yerli teknolojilere yönelerek dijital demiryolu dönüşümünü hızlandırma çabası içindedir.

Örneğin, sürücüsüz tren teknolojileri Çin'de 2019 itibarıyla hayata geçirilmişken; Hindistan ve Rusya bu alanda henüz planlama ve fizibilite aşamasındadır. ABD'de ise güvenlik düzenlemeleri ve sendikal yapı nedeniyle otonom işletmeciliğe geçiş konusunda çekinceler sürmektedir. Bununla birlikte, tüm bu ülkelerde demiryolu sektörünün daha akıllı, güvenli ve enerji verimli hale getirilmesine yönelik dijitalleşme eğilimleri küresel ve ortak bir dönüşüm dinamiği oluşturmaktadır.

Küresel raylı sistemler pazarının büyüklüğü ve ekonomik etkileri değerlendirildiğinde, Çin'in belirgin bir liderlik rolü üstlendiği görülmektedir. Çin, demiryolu altyapısına yaptığı yüksek hacimli yatırımlar ve üretim kapasitesiyle, yalnızca iç pazarını dönüştürmekle kalmamış, aynı zamanda küresel tedarik zincirinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu durum, başta CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation) olmak üzere, büyük ölçekli kamu destekli üreticiler aracılığıyla sağlanmıştır. Çin'in demiryolu sektöründeki üretim hacmi ve ihracat kabiliyeti, onu hem teknolojik hem de ekonomik açıdan küresel rekabette öne çıkarmaktadır.

ABD pazarı ise daha çok içe dönük, yük taşımacılığı temelli bir yapıya sahiptir. Yıllık yaklaşık 100 milyar ABD doları düzeyindeki sektör geliri, istikrarlı bir ekonomik hacmi temsil etmekle birlikte, büyüme hızı bakımından görece düşük bir performans sergilemektedir. Bu durum, ABD demiryolu sisteminin uzun yıllardır özel sektör öncülüğünde, ağırlıklı olarak yük taşımacılığına odaklanmış olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak son yıllarda yolcu taşımacılığına yönelik kamu yatırımlarının artması, sektörde yapısal bir dönüşümün sinyallerini vermektedir.

Hindistan ve Çin, yüksek büyüme potansiyeli taşıyan iki büyük pazar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Hindistan'ın artan ulaşım talebi ve hükümetin demiryolu odaklı kalkınma stratejileri doğrultusunda, taşıma kapasitesini ve altyapı kalitesini artırmaya yönelik yatırımları, sektörün çift haneli büyüme oranlarına ulaşmasını mümkün kılmaktadır. Bu büyüme, sadece taşıma hizmetleriyle sınırlı kalmayıp, demiryolu ekipmanları üretimi, altyapı inşası ve dijital çözümler gibi destekleyici sektörlerde de ekonomik etkiler yaratmaktadır.

Rusya pazarı ise daha olgunlaşmış bir iç piyasaya sahip olmakla birlikte, Asya-Avrupa arasındaki transit taşımacılıkta oynayabileceği rol nedeniyle potansiyel sıçrama alanı barındırmaktadır. Özellikle "Kuzey Koridoru"na alternatif olarak değerlendirilen "Orta Koridor" senaryoları kapsamında, Rusya üzerinden gerçekleştirilen Çin-Avrupa demiryolu yük taşımacılığının artması halinde, sektörel büyüme yeniden ivme kazanabilir. Bununla birlikte, mevcut jeopolitik gelişmeler – özellikle Rusya-Ukrayna Savaşı ve buna bağlı uluslararası yaptırımlar – bu potansiyelin gerçekleşmesini ciddi biçimde etkilemektedir.



Genel olarak değerlendirildiğinde, dört ülkenin demiryolu sektörü farklı kalkınma aşamalarında konumlanmakta olup, her biri için demiryolu sistemleri stratejik öneme sahiptir. Çin, devasa yatırımlarla ultra modern bir demiryolu altyapısı kurarak sektörü küresel ölçekte bir ekonomik güç haline getirmiştir.

ABD, güçlü yük taşımacılığı altyapısını sürdürürken, yolcu taşımacılığında yeniden yapılanma sürecine girmiştir. Rusya, geniş demiryolu ağını modernize ederek ve ilk yüksek hızlı hatlarını geliştirerek sektörde yeniden canlanma arayışındadır; ancak ekonomik yaptırımlar ve finansman kısıtları bu süreci yavaşlatmaktadır. Hindistan ise kapasite artışına odaklanarak altyapısını hızla dönüştürmekte, ekonomik büyümeyi destekleyecek şekilde demiryolu taşımacılığını genişletmektedir.

Bu çerçevede, raylı sistemlerin ekonomik kalkınma, sürdürülebilir ulaşım ve uluslararası ticaretin etkin bir bileşeni olarak konumlandırılması, tüm ülkelerin ortak hedefidir. Demiryolu sektörüne yönelik yatırımların artarak devam etmesi; altyapı projeleri, yerli üretim kapasitesinin geliştirilmesi ve taşımacılık talebinin karşılanmasıyla desteklenerek küresel raylı sistemler pazarının büyümesini sürdüreceği öngörülmektedir.

## 1.2. Avrupa

Avrupa kıtasının demiryolu ağı, hem kıta içi ulaşım sistemlerinin entegrasyonunda hem de sürdürülebilir lojistik çözümlerin oluşturulmasında temel bir altyapı bileşeni olarak stratejik öneme sahiptir. 2023 yılı itibarıyla Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerin toplam demiryolu hat uzunluğu yaklaşık 201.000 kilometreye ulaşmış olup, bu ağın büyük bir kısmı yoğun nüfuslu kent merkezleri ve endüstriyel bölgeler çevresinde kümelenmiştir. AB genelinde demiryolu hatlarının ortalama %57,4'ü elektrikli işletme altyapısına sahiptir. Bu oran, AB'nin karbonsuzlaştırma hedefleri doğrultusunda demiryolu sistemlerinde enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılmasına yönelik yürütülen sistematik dönüşümün bir göstergesidir.

Avrupa'da yüksek hızlı demiryolu (YHT) hatlarına yapılan yatırımlar da dikkat çekici düzeydedir. 2023 yılı itibarıyla AB içerisinde özel olarak inşa edilmiş yüksek hızlı hatların toplam uzunluğu 8.556 kilometreye ulaşmış, bu değer son on yıl içerisinde %47'lik bir artışı yansıtmaktadır. Bu alandaki liderlik İspanya ve Fransa'dadır; söz konusu iki ülke, AB içindeki YHT altyapısının yaklaşık dörtte üçünü oluşturarak yüksek hızlı taşımacılıkta belirleyici aktörler konumuna gelmiştir.

Demiryolu ağının taşıma kapasitesi, hem yolcu hem de yük taşımacılığı bakımından AB ulaşım sistemleri içinde kayda değer bir yer tutmaktadır. Özellikle yolcu taşımacılığında Avrupa demiryolları, COVID-19 pandemisinin etkilerinden önemli ölçüde toparlanarak 2023 yılı itibarıyla toplamda 429 milyar yolcu-kilometre taşıma hacmine ulaşmıştır. Bu değer, 2019 yılındaki önceki zirve olan 411 milyar yolcu-kilometrenin üzerine çıkarak tarihi bir rekorun kaydedilmesini sağlamıştır. Pandemi kaynaklı kısıtlamalar nedeniyle 2020 yılında 221 milyar yolcu-kilometreye kadar düşen talep, üç yıl içinde neredeyse iki katına çıkarak hızlı bir toparlanma eğrisi göstermiştir.

Toplam yolcu sayısı açısından da AB demiryolları 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 8 milyar yolcu taşımış olup, bu hacmin önemli bir kısmı Almanya (%33,9) ve Fransa (%15,0) gibi yüksek kapasiteli demiryolu işletmeciliği yapan ülkelerde gerçekleşmiştir.

Özellikle Fransa'da yüksek hızlı trenlerin yaygın kullanımı sayesinde uzun mesafeli yolcu taşımacılığında demiryolu önemli bir rekabet avantajına sahip hale gelmiştir. Nitekim Fransa yıllık yaklaşık 100 milyar yolcu-kilometrelik taşımayla Avrupa'da Rusya'dan sonra ikinci sırada yer almakta; Almanya ise 2023 yılında 106 milyar yolcu-kilometrelik hacimle ülke tarihinin en yüksek yolcu taşımacılığı seviyesine ulaşmıştır.

Avrupa demiryolu sistemleri, yük taşımacılığı alanında da kıta genelindeki lojistik ağların etkinliğinde önemli bir rol üstlenmektedir. 2023 yılı itibarıyla Avrupa demiryolları toplamda yaklaşık 378 milyar ton-kilometre yük taşımış olup, bu değer bir önceki yıla kıyasla %4,9 oranında azalma göstermiştir (2022'de yaklaşık 398 milyar ton-km). Bu gerileme, COVID-19 pandemisi dönemi hariç tutulduğunda, 2015 yılından bu yana kaydedilen en düşük seviyeye işaret etmektedir. Pandeminin etkisiyle 2020 yılında yaşanan keskin düşüş (367 milyar ton-km) sonrasında yük taşımacılığında 2021 ve 2022 yıllarında görece bir toparlanma yaşanmış; ancak 2023 yılında ekonomik durgunluk, arz zinciri kesintileri ve intermodal taşımacılıktaki darboğazlar gibi etkenler nedeniyle yeniden düşüş eğilimi görülmüştür.

Avrupa genelinde demiryolu yük taşımacılığı, toplam kara yolu taşımacılığı içerisinde yaklaşık %17 oranında bir paya sahiptir. Bu oran, AB'nin 2030 yılı hedefi olan %30 düzeyinin oldukça gerisindedir. Yük taşımacılığı performansı ülke bazında önemli farklılıklar göstermektedir. Almanya, yaklaşık 127 milyar ton-km'lik taşımayla AB içindeki en büyük demiryolu yük taşımacılığı hacmine sahip ülkedir. Polonya ise özellikle Doğu-Batı eksenindeki stratejik transit konumuyla öne çıkmakta ve Almanya'nın ardından ikinci sırada yer almaktadır.

Buna karşın Fransa gibi büyük ekonomilerde demiryolu ile yük taşıma oranı yalnızca %9 seviyesindedir; bu oran AB ortalamasının neredeyse yarısıdır. Bu durum, ülkelerin ulaştırma politikalarındaki öncelikler ve altyapı yatırımı tercihleriyle doğrudan ilişkilidir. Nitekim Fransa, bu düşük oranı artırmak amacıyla son yıllarda demiryolu yük taşımacılığını teşvik edici özel program ve sübvansiyon paketlerini uygulamaya koymuştur.

Avrupa Birliği'nin iklim ve ulaşım politikaları bağlamında demiryollarına atfettiği stratejik önem giderek artmaktadır. AB'nin Yeşil Mutabakat (Green Deal) hedefleri doğrultusunda geliştirdiği "Fit for 55" programı çerçevesinde demiryolu taşımacılığı, karayolu ve havayoluna göre daha düşük karbon ayak izine sahip sürdürülebilir bir alternatif olarak ön plana çıkartılmaktadır. Bu kapsamda 2030 yılına kadar yüksek hızlı tren yolcu trafiğinin iki katına çıkarılması ve demiryolu yük trafiğinde %50 artış sağlanması hedeflenmektedir.

Bu stratejik hedeflere ulaşmak amacıyla, Avrupa genelinde hem yeni hatların inşası hem de mevcut demiryolu altyapısının modernizasyonu ve kapasite artırımı için kapsamlı yatırımlar sürdürülmektedir. Son beş yıllık dönemde, Avrupa'nın birçok bölgesinde büyük ölçekli demiryolu projeleri başarıyla tamamlanmış veya başlatılmıştır. Bu projeler, yüksek hızlı tren hatlarının genişletilmesi, sınır ötesi geçişlerdeki darboğazların ortadan kaldırılması için inşa edilen tünel ve köprü sistemleri ile kentsel raylı sistemlerin (metro, tramvay vb.) yaygınlaştırılmasını kapsamaktadır.

Özellikle Avrupa Komisyonu öncülüğünde yürütülen Trans-Avrupa Ulaşım Ağı (TEN-T) girişimi doğrultusunda, Avrupa ülkeleri arasında çok modlu bağlantı sağlayan ana koridorlar üzerinde altyapı kapasitesini artırıcı projelere öncelik verilmektedir. Bu yatırımlar, Avrupa demiryolu sisteminin hem içsel entegrasyonunu güçlendirmekte hem de kıta ölçeğinde rekabetçiliği artırmaktadır.

Aşağıda, Avrupa'nın 5 ülkesini ve İngiltere'yi kapsayan önemli projeler ve planlar ülke bazında özetlenmiştir:

### 1.2.1. Almanya

Almanya, Avrupa kıtasının en gelişmiş ve en yoğun demiryolu altyapısına sahip ülkesi konumundadır. Toplam demiryolu hattı uzunluğu yaklaşık 39.200 kilometre olup, bu hattın yaklaşık 33.400 kilometrelik bölümü ülkenin ulusal demiryolu işletmecisi Deutsche Bahn (DB) tarafından işletilmektedir. Mevcut ağın yaklaşık %62'si elektrikli olup, ülkedeki toplam tren trafiğinin %90'ından fazlası elektrikli lokomotifler ve elektrikli tren setleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu veriler, Almanya'nın enerji verimliliği ve sürdürülebilir ulaşım politikalarına verdiği önemi göstermektedir. Ayrıca, Almanya kilometrekare başına düşen ortalama 109 metrelik demiryolu hattı uzunluğuyla, demiryolu altyapı yoğunluğu bakımından Avrupa'da ilk sıralarda yer almaktadır.

Yolcu taşımacılığı segmentinde, 1994–2023 döneminde sürekli bir artış eğilimi gözlemlenmiş; bu dönemde yolcu demiryolu trafiği %50'nin üzerinde büyümeye göstermiştir. 2023 yılı itibarıyla Almanya demiryollarında yıllık toplam 106 milyar yolcu-kilometre taşımacılığı gerçekleştirilmiş ve bu değer ülke tarihindeki en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu hacmin yaklaşık üçte ikisi bölgesel tren hizmetleriyle, geri kalanı ise uzun mesafe taşımacılığı kapsamında ICE (InterCity Express) ve IC (InterCity) hizmetleriyle sağlanmıştır. Yük taşımacılığı tarafında da Almanya, 2023 yılında 127 milyar ton-kilometre demiryolu yük taşımacılığı hacmine ulaşarak Avrupa'da liderliğini sürdürmüştür.

Almanya, son beş yıl içerisinde demiryolu altyapısının modernizasyonu ve kapasite artırımına yönelik çok sayıda stratejik yatırıma ev sahipliği yapmıştır. Yüksek hızlı tren hatlarında yaşanan darboğazları ortadan kaldırmak amacıyla hayata geçirilen projeler arasında, 2022 yılında hizmete alınan Stuttgart–Ulm yüksek hızlı demiryolu hattı öne çıkmaktadır. Bu hat, Stuttgart ana istasyonunun yeniden inşasını da içeren geniş kapsamlı bir modernizasyon sürecinin parçasıdır. Ayrıca, Berlin–Münih arasındaki hızlı bağlantının son halkası olan VDE8 projesinin Erfurt–Nürnberg kesimi de tamamlanarak hizmete alınmıştır.

Dijital dönüşüm ekseninde ise "Digitale Schiene Deutschland" (Dijital Demiryolu Almanya) programı kapsamında Hamburg–Berlin koridoru pilot bölge olarak seçilmiş; bu güzergahta Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) ve Otomatik Tren İşletimi (ATO) sistemlerinin testleri gerçekleştirilmiştir.

Öte yandan, Danimarka ile Almanya arasında inşa edilmekte olan 18 kilometrelik Fehmarn Kuşağı Tüneli, tamamlandığında İskandinavya ile Orta Avrupa arasındaki demiryolu taşımacılığında süre ve kapasite açısından önemli iyileştirmeler sağlayacaktır (tamamlanma hedefi: 2029).

Almanya Federal Hükümeti, 2024–2027 dönemi için demiryolu altyapısına toplam 40 milyar avroluk yatırım gerçekleştirmeyi planlamaktadır. "Ray Yenileme ve Dijitalleşme Programı" başlığı altında yürütülecek bu yatırım paketi, 1994 sonrası dönemin en büyük demiryolu altyapı iyileştirme girişimi olarak değerlendirilmektedir.

Plan, özellikle dijital sinyalizasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması ve kritik ana hatlarda kapasite artışının sağlanmasını hedeflemektedir. Söz konusu bütçenin üçte birlik kısmı doğrudan Deutsche Bahn'a sermaye desteği olarak aktarılacak olup, kalan kısmı mevcut altyapının rehabilitasyonu ve darboğaz noktalarının giderilmesi için kullanılacaktır. Bu kapsamda, yolcu ve yük taşımacılığında karayolundan demiryoluna geçişi hızlandırmak ve seferlerin dakiklik oranını artırmak temel amaçlar arasında yer almaktadır.

Finansman kaynakları, genişletilmiş kamyon otoyol ücretleri ve iklim fonlarından sağlanmakta; ayrıca DB tarafından da özkaynak katkısı yapılmaktadır. Geleceğe dönük planlamalar arasında Frankfurt-Mannheim yüksek hızlı demiryolu hattı, Berlin-Polonya sınırı arasındaki koridorun kapasite iyileştirmesi ve Hamburg-Hannover arasında yeni hızlı tren hattının inşası öne çıkmaktadır. Almanya, 2030 yılına kadar tüm ana hatlarda ERTMS sinyalizasyon sistemine geçmeyi ve böylece ağ genelinde kapasiteyi yaklaşık %20 oranında artırmayı hedeflemektedir.

### 1.2.2. Fransa

Fransa, Avrupa'nın ikinci en büyük demiryolu ağına sahip ülkesi olup, 2020 itibarıyla toplam demiryolu hat uzunluğu yaklaşık 30.000 kilometredir. Bu ağın yaklaşık 15.000 kilometrelik kısmı elektrikli hatlardan oluşmaktadır. Fransa'nın demiryolu altyapısında yüksek hızlı tren (TGV) hatları özel bir yer tutmakta; ülke, 1981 yılında hizmete aldığı TGV ile Avrupa'da yüksek hızlı demiryolu taşımacılığı kavramını ilk uygulayan ülke olmuştur. Bugün itibarıyla Fransa'nın 2.700 kilometreyi aşan yüksek hızlı demiryolu hattı mevcuttur ve bu uzunluk itibarıyla Avrupa Birliği içinde ikinci sırada yer almaktadır. Paris merkezli LGV (Ligne à Grande Vitesse) hatları aracılığıyla Lyon, Bordeaux, Strasbourg ve Lille gibi büyük şehirlerle doğrudan yüksek hızlı bağlantılar sağlanmaktadır.

Fransa'da yolcu demiryolu taşımacılığı büyük ölçüde TGV hatlarına dayanmaktadır. Ülke, yıllık yaklaşık 100 milyar yolcu-kilometre ile küresel ölçekte yolcu taşımacılığında Rusya'nın ardından ikinci sırada yer almaktadır. Ayrıca, başkent Paris ve çevresindeki banliyö bölgelerine hizmet veren RER (Réseau Express Régional) ve bölgesel ekspres ağlar, yılda yaklaşık 1,7 milyar yolculuk ile ülke içi yolcu taşımacılığının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte, yük taşımacılığı Fransa demiryolu sektörünün görece zayıf yönlerinden biridir; demiryolu yük taşımacılığının toplam karayolu taşımacılığı içindeki payı yalnızca %9 düzeyindedir ve bu oran Avrupa Birliği ortalamasının yarısı seviyesindedir. Bu düşük oranı iyileştirmek amacıyla devlet, demiryolu ile yük taşımacılığını teşvik etmeye yönelik sübvansiyonlar ve yeni hat yatırımları içeren politikalar uygulamaya koymuştur.

Son beş yıllık dönemde Fransa, hem kent içi raylı sistemlerde hem de yüksek hızlı demiryolu altyapısında önemli projeleri hayata geçirmiştir. Paris ve çevresinde, 2024 Olimpiyat Oyunları'na hazırlık kapsamında başlatılan Grand Paris Express projesi, 200 kilometreyi aşkın otomatik metro hattıyla Avrupa'nın en büyük şehir içi raylı sistem genişleme projelerinden biridir. Projenin 2030 yılına kadar kademeli olarak tamamlanması planlanmaktadır ve Paris'in banliyö sistemini büyük ölçüde dönüştürmesi beklenmektedir. Buna ek olarak, Charles de Gaulle Havalimanı ile şehir merkezi arasında hızlı ve doğrudan bağlantı sağlayacak olan CDG Express hattının inşası sürmekte olup, hattın 2026 yılında hizmete girmesi öngörülmektedir.

Fransa'nın güneybatı bölgesinde, Bordeaux-Toulouse yüksek hızlı demiryolu hattının inşaatına 2022 yılında başlanmış olup bu proje, 2017 yılında devreye giren Tours-Bordeaux hattının uzantısı niteliğindedir. Söz konusu hat tamamlandığında Paris-Toulouse arası seyahat süresinin yaklaşık 3,5 saate düşmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, Fransa ve İtalya arasında Alpler'in altından geçecek olan 57 kilometrelik Mont Cenis Tüneli'nin inşası sürdürülmektedir. Bu yüksek kapasiteli demiryolu tünelinin 2030 yılı civarında hizmete alınması planlanmakta ve Lyon-Torino arasındaki taşımacılığı önemli ölçüde iyileştirmesi beklenmektedir.

Fransa'nın demiryolu sektörüne ilişkin gelecek vizyonu, 2040 yılına kadar 100 milyar avroluk yatırım öngören "Yeni Demiryolu Paketi" (Pacte Ferroviaire) kapsamında şekillenmektedir. Bu yatırım stratejisi, yalnızca mevcut hatların modernizasyonunu değil, aynı zamanda ülke genelinde Paris örneğine benzer ekspres banliyö tren sistemlerinin (RER) büyük metropollerde yaygınlaştırılmasını da içermektedir. Bu doğrultuda Marsilya, Lyon, Lille ve Bordeaux gibi şehirlerde, çevre yerleşimlerle merkezi kentsel alanlar arasında hızlı ve entegre ulaşım sağlanması hedeflenmektedir. Planın ana amaçlarından biri, başkent Paris ile diğer bölgeler arasındaki altyapı eşitsizliklerinin azaltılması ve yüksek karbon salımına neden olan kara taşımacılığı yerine demiryolunun daha fazla tercih edilmesini sağlayarak ülkenin karbon ayak izinin düşürülmesidir.

Yatırımın finansmanı; merkezi hükümet, ulusal demiryolu işletmecisi SNCF, Avrupa Birliği yapısal fonları ve yerel yönetimlerin eş finansman katkısıyla sağlanmaktadır. Öte yandan, Fransa demiryolu pazarının kademeli olarak serbestleştirilmesine paralel olarak, özel yolcu tren operatörlerinin (örneğin Ouigo, Trenitalia) sektöre girişleri desteklenmekte; bu gelişmelerin, hizmet kalitesinin artırılması ve yolcu deneyiminin iyileştirilmesi üzerinde olumlu etkiler yaratması beklenmektedir.

### 1.2.3. Polonya

Polonya, Orta ve Doğu Avrupa'nın en geniş demiryolu ağlarından birine sahip olup, Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler arasında Almanya ve Fransa'dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Ülke genelindeki toplam demiryolu hat uzunluğu yaklaşık 18.800 kilometreye ulaşmakta, bunun 12.149 kilometresi 3 kV DC sistemle elektrikleştirilmiş hatlardan oluşmaktadır. Polonya'nın demiryolu altyapısı tarihsel olarak özellikle yük taşımacılığına odaklanmıştır; kömür, sanayi ürünleri ve transit taşımacılık faaliyetlerinde demiryolu sektörü önemli bir rol oynamaktadır.

2004 yılında AB üyeliğiyle birlikte Polonya, Avrupa Yatırım Bankası ve uyum fonları aracılığıyla demiryolu altyapısını kapsamlı biçimde modernize etmeye başlamıştır. Bu süreçte, ray altyapısı, sinyalizasyon sistemleri ve elektrifikasyon ağlarının büyük bir bölümü yenilenmiş; hatlardaki teknik kısıtların kaldırılması ve seyir hızlarının artırılması amacıyla çeşitli yatırımlar gerçekleştirilmiştir. Halihazırda ülke genelindeki demiryolu hatlarının büyük bir kısmında maksimum işletme hızı 120-160 km/sa düzeyindeyken, yaklaşık 2.800 kilometrelik kesimde bu hız sınırı 160 km/sa ve üzerine çıkarılabilecek şekilde iyileştirmeler tamamlanmıştır.

Son yıllarda Polonya demiryolu sektöründe öne çıkan en önemli gelişme, yüksek hızlı demiryolu yatırımlarının somutlaşması olmuştur. Bu bağlamda, Varşova merkezli olarak geliştirilen ve "Merkez İletişim Limanı" (Centralny Port Komunikacyjny – CPK) projesi kapsamında planlanan yüksek hızlı tren (YHT) ağı, ülkenin büyük metropollerini birbirine bağlamayı hedeflemektedir. Proje kapsamında, Varşova ile Łódź, Wrocław ve Poznań gibi şehirler arasında 480 kilometre uzunluğunda, 350 km/sa azami hıza uygun olarak inşa edilecek yeni bir yüksek hızlı demiryolu hattının 2035 yılına kadar tamamlanması öngörülmektedir. Bu proje aynı zamanda yeni inşa edilecek uluslararası havalimanına da doğrudan demiryolu bağlantısı sağlayacaktır. Toplam maliyeti yaklaşık 140 milyar zloty (~32,5 milyar avro) olarak tahmin edilen bu yatırım, Polonya tarihinin en büyük altyapı projelerinden biri olma özelliğini taşımaktadır. Projenin ilk kesimi olan Varşova-Łódź hattının, 2030'lu yılların başında faaliyete alınması hedeflenmektedir.

Yüksek hızlı demiryolu projelerine ek olarak, Polonya demiryolu sektöründe AB destekli büyük ölçekli modernizasyon çalışmaları sürmektedir. Varşova-Gdańsk hattı, E30 Doğu-Batı koridoru ve diğer ana hatlar Avrupa fonlarıyla modernize edilerek hem kapasite artırılmış hem de işletme hızları yükseltilmiştir. Bunun yanı sıra, kuzey-güney ekseninde Baltık ülkeleri ile Orta Avrupa arasında bağlantı kuracak olan Rail Baltica projesi kapsamında, Litvanya sınırına kadar uzanan Polonya kesiminde 249 km/sa hıza uygun altyapı çalışmaları devam etmektedir.

Kent içi ulaşım alanında da önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Varşova metrosunun ikinci hattı, 2019-2022 yılları arasında uzatılmış ve hizmete alınmıştır. Ayrıca, Varşova, Kraków ve Poznań gibi büyük şehirlerde yeni tramvay hatları devreye sokularak kent içi raylı sistemlerin kapsama alanı genişletilmiştir.

Polonya'nın demiryolu sektöründe dikkat çeken bir diğer unsur ise yerli raylı sistemler endüstrisinin gelişimidir. PESA ve Newag gibi yerli üreticiler, hem konvansiyonel hem de yüksek hızlı tren teknolojileri için gerekli altyapı bileşenleri ve tren setlerini ulusal ölçekte temin edebilecek teknik kapasiteye ulaşmıştır. Bu durum, Polonya'nın büyük ölçekli altyapı projelerinde yerli üretimi önceliklendireceğini ve demiryolu yatırımlarının sanayi politikalarıyla entegre biçimde yürütüleceğini göstermektedir.

Bu gelişmeler ışığında değerlendirildiğinde, Polonya demiryolu sektörü, AB üyeliğiyle elde ettiği finansman kaynaklarını etkin biçimde kullanarak, eskiyen altyapısını modernize etmekte ve yüksek hızlı demiryolu çağını yakalamaya yönelik somut adımlar atmaktadır.

### 1.2.4. İtalya

İtalya, Avrupa'nın köklü ve kapsamlı demiryolu altyapı sistemlerinden birine sahip olup, ülke genelindeki toplam demiryolu ağı yaklaşık 17.000 kilometre uzunluğa ulaşmaktadır. Bu ağın yaklaşık %70'i elektrikli hatlardan oluşmakta olup, ülkenin kuzeyinde – özellikle Milano, Torino, Venedik ve Bologna gibi sanayi merkezlerinde – demiryolu bağlantı yoğunluğu dikkate değerdir. İtalya, aynı zamanda Avrupa'da yüksek hızlı tren (YHT) taşımacılığına öncülük eden ülkelerden biridir. 1977 yılında kısmen işletmeye alınan Floransa-Roma "Direttissima" hattı, kıtadaki ilk yüksek hızlı demiryolu hattı olma özelliğine sahiptir.

Günümüzde İtalya'nın YHT altyapısı, üç ana koridor üzerinde yapılandırılmıştır: Napoli-Roma-Floransa-Bologna-Milano-Torino hattı; yapım aşamasındaki Milano-Verona-Venedik doğu-batı aksı; ve Milano-İsviçre (Gotthard Tüneli) bağlantısı. Toplamda yaklaşık 1.100 kilometreyi bulan YHT hat uzunluğu ile İtalya, Avrupa'da dördüncü sırada yer almaktadır. Bu yüksek hızlı ağ, özellikle Roma-Milano koridorunda hava yolu taşımacılığının büyük kısmının demiryoluna kaymasına neden olmuş ve yolcu taşımacılığında ciddi bir ivme



yaratmıştır. Ülke genelinde yıllık demiryolu yolcu trafiği yaklaşık 90 milyar yolcu-kilometre düzeyine ulaşarak İtalya'yı Avrupa'da ilk beş içerisinde konumlandırmaktadır. Buna karşın demiryolu ile yük taşımacılığı sınırlı kalmış; yıllık yaklaşık 25 milyar ton-kilometre ile ağırlıklı olarak ülkenin kuzey sanayi bölgeleri ve Almanya ile olan lojistik hatlarında yoğunlaşmıştır.

İtalya, son dönemde hem ulusal iç hatlarını geliştirmeye hem de sınır ötesi bağlantılarını güçlendirmeye yönelik çeşitli stratejik projeler yürütmektedir. Brescia-Verona-Vicenza yüksek hızlı demiryolu hattı, doğu-batı yönünde Venedik'e uzanacak hat yapısının ilk etabı olarak 2023 yılında kısmi işletmeye açılmıştır. Öte yandan Napoli-Bari yüksek hızlı hattı ile güney İtalya'nın YHT ağına entegrasyonu sağlanmakta olup, hattın kademeli olarak 2024-2025 döneminde tamamlanması hedeflenmektedir. Bu yatırımla birlikte Napoli-Bari arası seyahat süresi yaklaşık %50 oranında kısaltılacaktır.

Uluslararası entegrasyon açısından, İtalya iki önemli Alp geçiş tüneli projesinde aktif rol üstlenmektedir. Fransa ile ortak yürütülen Lyon-Torino arasındaki Mont Cenis Tüneli ve Avusturya ile geliştirilen Brenner Base Tüneli, Alpler'in demiryolu ile aşılmasını sağlayacak yüksek kapasiteli altyapı projeleridir. Özellikle 57 kilometrelik uzunluğu ile Brenner Tüneli, tamamlandığında (yaklaşık 2030) dünyanın en uzun demiryolu tünellerinden biri olacak ve Münih-Verona ekseninde yük ve yolcu taşımacılığını karayolundan demiryoluna kaydırmada kritik bir rol üstlenecektir. Ayrıca, Sicilya'yı ana karaya bağlayacak Mesina Köprüsü projesi tekrar gündeme alınmış olup, projenin gerçekleştirilmesi durumunda feribot taşımacılığına alternatif doğrudan kara-demiryolu bağlantısı kurulacaktır.

Kent içi raylı sistem alanında da İtalya önemli yatırımlar gerçekleştirmektedir. Roma metrosunun C hattı genişletme çalışmaları ile Milano'daki yeni M4 hattı 2022 itibarıyla kademeli olarak hizmete girmiştir. Napoli, Torino ve Palermo gibi şehirlerde de metro ve tramvay sistemlerinin geliştirilmesine yönelik projeler sürdürülmektedir.

İtalya, demiryolu sektörünü özel işletmelere açma konusunda da Avrupa'da öncü konumdadır. 2012 yılında hizmete giren Italo (Nuovo Trasporto Viaggiatori), Avrupa'daki ilk özel yüksek hızlı tren işletmecisi olmuş ve kamuya ait Frecciarossa (Trenitalia) ile rekabet ortamı oluşturmuştur. Bu rekabet, hem bilet fiyatlarının düşmesine hem de yolcu sayısında artışa neden olmuştur.

Demiryolu projelerinin finansmanı ağırlıklı olarak kamu kaynaklarından sağlanmakla birlikte, AB'nin COVID-19 sonrası toparlanma fonları kapsamında İtalya'ya ayrılan yaklaşık €25 milyarlık bütçenin önemli bir bölümü demiryolu projelerine tahsis edilmiştir. Bu fonlarla özellikle güney bölgelerdeki düşük kapasiteli hatların iyileştirilmesi, dijital sinyalizasyon sistemlerine geçiş ve hidrojenle çalışan trenlerin pilot uygulamaları gibi yenilikçi projeler desteklenmektedir. Öte yandan, İtalya'nın demiryolu araç üretim kapasitesi Hitachi Rail (eski AnsaldoBreda) ve Alstom (eski Bombardier Transportation Italy) gibi sanayi aktörleri tarafından temsil edilmekte olup, bu firmalar modern üretim tesislerine yönelik yatırımlarla sektörel dönüşüme katkı sağlamaktadır.

### 1.2.5. Birleşik Krallık (İngiltere)

Birleşik Krallık, Avrupa Birliği üyesi olmamakla birlikte kıtanın en büyük ve en yoğun demiryolu pazarlarından birine sahiptir. Ülkedeki toplam demiryolu ağı uzunluğu yaklaşık 16.000 kilometredir; bu uzunluğun 15.935 kilometresi İngiltere, İskoçya ve Galler'i kapsayan Great Britain ana hattına, kalan kısmı ise Kuzey İrlanda'daki hatlara aittir. Demiryolu ağının yaklaşık %38'i elektrifikasyon kapsamındadır. Elektrifikasyon oranını artırmaya yönelik olarak İngiltere Ulaştırma Bakanlığı himayesinde çeşitli stratejik programlar yürütülmektedir. Britanya demiryolu ağı, 1960'larda Beeching raporuyla önerilen hat kapatma politikaları sonrasında önemli ölçüde daralmış olsa da, 2000'li yıllardan itibaren yeniden büyüme ve modernizasyon süreçlerine girmiştir.

Yolcu taşımacılığı açısından Birleşik Krallık, Avrupa'nın en yüksek hacimli sistemlerinden birine sahiptir. Pandemi öncesinde yıllık 1,8 milyar yolculuk düzeyine ulaşmış, yolcu-kilometre bazında ise yaklaşık 70 milyar yolcu-km değerleri kaydedilmiştir. Bu yolcu trafiğinin önemli bir kısmı, özellikle Londra metropol alanındaki banliyö ve kentsel raylı sistem hatlarından kaynaklanmaktadır. Öte yandan yük taşımacılığı demiryolunda görece sınırlı kalmakta; yıllık yaklaşık 17 milyar ton-km seviyesindeki taşıma hacmi ile toplam yük pazarında demiryolunun payı %10'un altında kalmaktadır. Ancak demiryolu, limanlardan iç bölgelere yönelik konteyner taşımacılığı gibi belirli lojistik segmentlerde kritik bir rol üstlenmektedir.

Son yıllarda ülkenin en büyük kentsel altyapı yatırımı olan Crossrail projesi (Elizabeth Line), 2022 yılı itibarıyla hizmete alınmıştır. On yılı aşkın sürede tamamlanan ve toplamda £18.8 milyarlık bir bütçeyle finanse edilen bu proje kapsamında, Londra'nın doğusu ile batısı arasında 42 kilometrelik tüneller inşa edilmiş; Heathrow

Havalimanı, kentin finans merkezi ve doğu banliyöleri doğrudan ve yüksek kapasiteli bir raylı sistemle bağlanmıştır. Elizabeth Line'in tam kapasiteyle çalışması, Londra'daki raylı sistem yolcu taşıma kapasitesini tek başına %10 oranında artırmış ve yıllık yaklaşık 200 milyon yolcu taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Proje, Avrupa genelinde kentsel demiryolu planlaması açısından örnek gösterilen bir model haline gelmiştir. Bunun yanı sıra, Thameslink güzergâhının modernizasyonu ve Northern Line metro hattının Battersea bölgesine uzatılması gibi projeler de yakın dönemde başarıyla tamamlanmıştır.

Ülkedeki en stratejik demiryolu yatırımı ise, High Speed 2 (HS2) projesidir. Bu yüksek hızlı tren ağı, Londra ile İngiltere'nin orta ve kuzey şehirleri arasında yüksek kapasiteli ve hızlı bağlantılar tesis etmeyi amaçlamaktadır. Projenin ilk aşaması olan Londra-Birmingham kesiminde yapım faaliyetleri devam etmekte olup, hattın 2030 civarında hizmete girmesi öngörülmektedir. Hattın tasarımı, 330 km/saat hızlara uygun olarak gerçekleştirilmiş ve seyahat sürelerinde önemli azalmalar hedeflenmiştir. Ancak projenin sonraki fazları (Birmingham'dan Manchester ve Leeds'e uzanacak kesimler) maliyet, çevresel etki ve kamuoyu baskısı gerekçeleriyle yeniden değerlendirilmiş; 2023 yılı sonu itibarıyla Manchester uzantısı iptal edilmiş, Leeds kolu ise daha önce planlama dışına çıkarılmıştır. HS2 tamamlandığında, mevcut HS1 hattı (Londra-Manş Tüneli bağlantısı) ile entegre edilerek Birleşik Krallık'ın kuzey-güney yönlü ana omurgasını oluşturacaktır.

Buna paralel olarak, Kuzey İngiltere'de büyük şehirleri doğu-batı yönünde bağlayacak olan Northern Powerhouse Rail projesi ile İskoçya'da Edinburgh-Glasgow yüksek hızlı bağlantısı gibi girişimler de gündemdedir. Bu projelerle, ülke genelinde ulaşım entegrasyonunun güçlendirilmesi ve seyahat sürelerinin azaltılması hedeflenmektedir.

Birleşik Krallık demiryolu sektörü, yapısal olarak özelleştirilmiş bir modele sahiptir. 1990'larda gerçekleştirilen reformlar neticesinde, yolcu tren işletmeciliği çeşitli franchise şirketler tarafından yürütülmekte; altyapı ise kamuya ait, bağımsız bir kuruluş olan Network Rail tarafından yönetilmektedir. Son yıllarda bazı franchise sözleşmelerinde yaşanan performans problemleri nedeniyle, bazı hatların (örneğin LNER ve Northern) kamu işletmesine devredildiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kamu-özel ortaklığı (PPP) modelleri hâlen yaygın olarak kullanılmakta; örneğin Crossrail projesi büyük oranda kamu finansmanı ile gerçekleştirilmişken, HS1 hattı özel sektör konsorsiyumu tarafından inşa edilip işletilmiştir. HS2 projesi için de benzer hibrit finansman modelleri değerlendirilmektedir.

Ülkede demiryolu araç üretim sektörü büyük ölçüde çok uluslu şirketlerin yerel iştiraklerine dayanmaktadır. Derby'deki Alstom (eski Bombardier) tesisi ile County Durham'daki Hitachi Rail fabrikası, yüksek hızlı Azuma trenleri ve banliyö tipi elektrikli tren setleri gibi çeşitli yolcu trenlerinin üretimini gerçekleştirmektedir. İspanyol CAF firması da Galler'de bir montaj tesisi kurarak Britanya pazarına girmiştir. Bu yatırımlar, özellikle eski dizel trenlerin yerini elektrikli veya hibrit araçlarla değiştirme politikası kapsamında teşvik edilmektedir.

#### 1.2.6. İspanya

İspanya, Avrupa kıtasında demiryolu taşımacılığı denildiğinde özellikle yüksek hızlı tren (YHT) altyapısının yaygınlığı ve kapsayıcılığı ile öne çıkmaktadır. Ülkenin toplam demiryolu ağı uzunluğu 2020 yılı itibarıyla 15.489 kilometre olup, bunun 9.953 kilometresi elektrikli hatlardan oluşmaktadır. 2020 sonrası devreye alınan yeni hatlarla birlikte toplam hat uzunluğu yaklaşık 16.000 kilometreye, elektrikli hat uzunluğu ise 10.000 kilometrenin üzerine çıkmıştır. Bu bağlamda İspanya, yaklaşık 4.000 kilometreyi bulan YHT ağı ile Avrupa'nın en uzun, dünyada ise Çin'den sonra ikinci en büyük yüksek hızlı demiryolu ağına sahiptir. Ulusal YHT ağı, Madrid merkezli radyal bir yapıya sahip olup ülkenin büyük kentleriyle entegrasyonu esas alan bir planlamaya dayanmaktadır. Madrid-Sevilla hattı (1992), Madrid-Barcelona (2008), Madrid-Valensiya, Madrid-Málaga, Madrid-Valladolid ve Madrid-Galiçya (Ourense) gibi hatlar, YHT ağının omurgasını oluşturmaktadır.

2019-2023 döneminde İspanya'nın YHT kapasitesi önemli ölçüde artmıştır. Bu dönemde Madrid-Granada hattı (2019), Galicia AVE bağlantısı (2021) ve Murcia yüksek hızlı hattı (2022) devreye alınmıştır. 2023 yılında Bask Bölgesi'nde "Y" formundaki yeni YHT ağının ilk kesimleri faaliyete geçmiş, böylece Burgos kenti ilk kez yüksek hızlı tren sistemine entegre edilmiştir. Söz konusu gelişmeler, 2010'lu yılların başında 2.000 kilometre civarında olan YHT hat uzunluğunun son on yılda iki katına çıkmasını sağlamıştır.

İspanya demiryolu altyapısının bir diğer ayırt edici özelliği, farklı hat açıklıklarının birlikte kullanılmasıdır. Geleneksel hatlar 1668 mm "İber genişliği" ile inşa edilirken, yeni inşa edilen YHT hatları 1435 mm uluslararası standart genişliğe sahiptir. Bu nedenle sınır ötesi taşımacılıkta Fransa bağlantılarında değişken aks açıklıklı tren setleri ya da üç raylı hat sistemleri gibi teknik çözümler uygulanmaktadır. Son dönemde, bu uyumsuzluğu azaltmak amacıyla sınır kesimlerinde standardizasyona geçiş politikaları benimsenmiş; Barselona-Fransa hattı dönüştürülmüş ve Portekiz ile Lizbon-Madrid YHT bağlantısı için ikili iş birlikleri hız kazanmıştır (Portekiz tarafında inşaat süreci başlamıştır).

Yüksek hızlı hatların genişletilmesine paralel olarak, şehir içi raylı sistem projeleri de İspanya genelinde ivme kazanmıştır. Madrid ve Barselona, son beş yılda metro sistemlerini genişletmiş; Madrid'de üçüncü büyük metro halkasını oluşturacak olan Line 11 projesine başlanmıştır. Madrid, toplam 294 kilometre uzunluğundaki ağıyla dünyadaki en büyük metro sistemlerinden birine sahiptir. Diğer taraftan, Valensiya, Sevilla, Malaga gibi şehirlerde de tramvay ve hafif metro sistemleri geliştirilmiş, Palma de Mallorca'da 2023 yılı itibarıyla ilk tramvay hattının inşasına başlanmıştır.

İspanya, demiryolu sektörünün serbestleştirilmesi açısından da Avrupa'da öncü ülkelerden biridir. 2021 yılından itibaren yüksek hızlı demiryolu hatları rekabete açılmış ve bu sayede SNCF iştiraki Ouigo ile İspanyol-İtalyan ortak girişimi Iryo, Renfe'nin tekeli sona erdirerek Madrid-Barcelona gibi yüksek talep gören hatlarda hizmet vermeye başlamıştır. Rekabetin artması, bilet fiyatlarında düşüşe ve yolcu sayısında kayda değer artışlara neden olmuştur.

Finansman açısından değerlendirildiğinde, İspanya'daki demiryolu projeleri büyük ölçüde kamu bütçesi ve Avrupa Birliği fonları ile desteklenmektedir. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren Avrupa Ulaşım Ağı (TEN-T) ve Uyum Fonları, ülkenin YHT projelerinde belirleyici rol oynamıştır. Örneğin, Madrid-Barcelona hattının önemli kesimleri AB fonları ile inşa edilmiştir. Endülüs ve Galiçya bölgelerine yönelik projeler de benzer biçimde AB destekli programlardan faydalanmıştır. Özel sektör katılımı sınırlı olmakla birlikte bazı hatlar kamu-özel ortaklığı (PPP) modeli ile gerçekleştirilmiştir; örneğin Burgos-Vitoria hattının yapımı özel bir konsorsiyum tarafından üstlenilmiştir.

İspanya'nın demiryolu endüstrisindeki gelişimi yalnızca altyapı ile sınırlı kalmamış; yerli üreticiler de sektörde önemli roller üstlenmiştir. CAF ve Talgo gibi firmalar, ülkenin genişleyen YHT filosuna araç temininde bulunmakta ve aynı zamanda ihracat kapasiteleri ile küresel pazarda rekabet avantajı elde etmektedir.

Sonuç olarak, İspanya demiryolu sektörü hem kapasite artışı hem de yapısal dönüşüm açısından dinamik bir gelişim içerisinde. 2023 yılı itibarıyla 654 milyon yolcu taşınarak tarihsel bir rekora ulaşılmıştır. Önümüzdeki dönemde Lizbon-Madrid bağlantısı, Endülüs bölgesinde Huelva ve Almeria hatları gibi yeni YHT projeleri ile mevcut hatların hız ve kapasite artırımlarına yönelik yatırımların sürdürülmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, İspanya'nın Avrupa'da yolcu taşımacılığı odaklı demiryolu yatırımlarında lider pozisyonunu pekiştirmektedir.

### 1.3. Dünyada Demiryolu Taşımacılığı

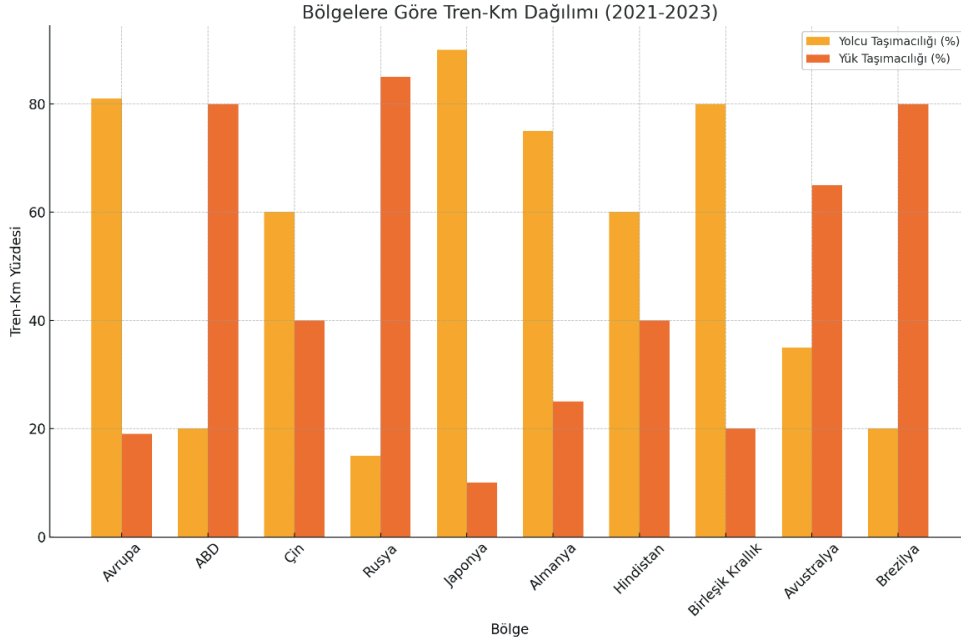
Demiryolu taşımacılığı, hem şehir içi hem de şehirler arası ulaşımlarda kritik öneme sahip olan, sürdürülebilirliği, güvenliği ve yüksek taşıma kapasitesiyle öne çıkan stratejik bir ulaşım modudur. Tren-km (train-kilometre) bazında yapılan küresel değerlendirmeler, yolcu ve yük taşımacılığı oranlarının coğrafi bölgelere göre önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Avrupa kıtasında tren-km'nin büyük kısmı yolcu taşımacılığına ayrılırken, Kuzey Amerika ve Asya'nın bazı bölgelerinde (örneğin Çin) yük taşımacılığı ön plana çıkmaktadır. Bu durum, ulaşım altyapısının yapısı, ekonomik faaliyetlerin coğrafi dağılımı ve ulusal ulaşım politikalarıyla doğrudan ilişkilidir.

Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde toplam tren-km'nin yaklaşık %80'i yük taşımacılığına tahsis edilmiş olup, bu oran dünya genelinde en yüksek seviyelerdendir. Buna karşılık, Japonya'da tren-km'nin büyük bir bölümü yüksek hızlı trenler ve banliyö ağları üzerinden gerçekleştirilen yolcu taşımacılığına aittir. Benzer şekilde, Güney Kore de yüksek yoğunluklu yolcu taşımacılığına dayalı demiryolu işletmeciliğiyle dikkat çekerken, Hindistan'da ise hem yolcu hem yük taşımacılığı önemli oranlara sahiptir.

Dünya genelinde demiryolu ile gerçekleştirilen yolcu taşımacılığının, toplam kara yolu yolcu taşımacılığı içindeki payı coğrafi bölgelere göre değişmekle birlikte genellikle %7 ile %10 aralığında seyretmektedir. Bu oran, ülkelerin demiryolu ağ uzunluğu, kentleşme düzeyi, nüfus yoğunluğu, ulaştırma altyapısına yönelik kamu yatırımları ve ulaşım politikalarının önceliklendirilmesi gibi birçok faktörle şekillenmektedir.

Avrupa Birliği üyesi ülkelerde demiryolu yolcu taşımacılığının toplam yolcu taşımacılığı içindeki payı genellikle %8 ile %10 arasında değişmektedir. Özellikle Almanya, Fransa, İtalya ve İspanya gibi ülkelerde hızlı tren ağlarının yaygınlaşması bu oranın korunmasına katkı sağlamaktadır. Asya kıtasında ise Japonya ve Güney Kore gibi gelişmiş demiryolu altyapısına sahip ülkelerde söz konusu oran %25'in üzerine çıkabilmektedir. Buna karşılık, Kuzey Amerika'da demiryolu yolcu taşımacılığı oldukça sınırlı düzeydedir. ABD ve Kanada'da otomobil sahipliğinin yüksekliği, karayolu ve hava taşımacılığına yönelik yoğun kamu yatırımları, demiryolunun yolcu taşımacılığındaki payını %1'in altına düşürmüştür.

Bu çerçevede, demiryolu taşımacılığı özellikle karbon salımını azaltmayı hedefleyen sürdürülebilir ulaşım politikaları kapsamında yeniden ön plana çıkmakta; Avrupa Birliği'nin Fit-for-55 ve Yeşil Mutabakat gibi programları bu dönüşümü teşvik etmektedir. Gerek yolcu gerekse yük taşımacılığı açısından demiryolunun payının artırılması, önümüzdeki dönemin önemli ulaşım stratejileri arasında yer almaktadır.



**Grafik 1.2** Ülkelere göre Tren-Km Dağılımı

Demiryolu taşımacılığına ilişkin tren-km bazlı veriler, ülkeler arasında çarpıcı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, her ülkenin coğrafi özellikleri, ulaşım politikaları, ekonomik öncelikleri ve altyapı yatırımları doğrultusunda şekillenmektedir.

Avrupa'da toplam tren-km'nin yaklaşık %81'i yolcu taşımacılığına, %19'u ise yük taşımacılığına ayrılmış durumdadır. Bu eğilim, kıtada yüksek hızlı tren hatlarının yaygınlığı ve şehirlerarası yolculuklarda demiryolunun tercih edilmesi ile doğrudan ilişkilidir. Almanya örneğinde tren-km'nin %70-75'i yolcu taşımacılığına, geri kalan %25-30'u yük taşımacılığına yöneliktir. Birleşik Krallık'ta ise bu oran yaklaşık %80 yolcu, %20 yük şeklindedir.

Buna karşın, Amerika Birleşik Devletleri tren-km bazında oldukça farklı bir yapıya sahiptir. Toplam tren-km'nin yaklaşık %80'i yük taşımacılığına ayrılmıştır; bu durum, ülkedeki geniş mesafeler ve karayolu taşımacılığına kıyasla demiryolunun daha ekonomik olduğu büyük hacimli yük taşımalarında demiryolunun tercih edilmesinden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde Rusya'da da tren-km'nin %85'ten fazlası yük taşımacılığına tahsis edilmiştir. Brezilya'da bu oran %80-85 seviyelerindedir; demiryolu, özellikle maden ve tarım ürünleri gibi hacimli yüklerin limanlara taşınmasında başat bir rol oynamaktadır.

Çin'de tren-km dağılımı görece daha dengelidir: Yaklaşık %60'ı yolcu taşımacılığına, %40'ı ise yük taşımacılığına yöneliktir. Çin, hem yüksek hızlı tren ağına genişliği hem de ülke geneline yayılmış yük taşımacılığı altyapısıyla her iki alanda da küresel ölçekte öne çıkmaktadır. Hindistan da benzer şekilde, tren-km'nin %60'ının yolcu, %40'ının yük taşımacılığına ayrıldığı, melez bir yapıya sahiptir.

Japonya, tren-km bazında dünyada en yüksek yolcu taşımacılığı oranlarından birine sahiptir. Şehir içi banliyö hatları ve şehirlerarası Shinkansen yüksek hızlı tren ağı sayesinde toplam tren-km'nin yaklaşık %85-90'ı yolcu taşımacılığına ayrılmıştır. Bu yapı, yüksek nüfus yoğunluğu, toplu taşıma kültürü ve yüksek hızlı demiryolu yatırımları ile doğrudan ilişkilidir.

Avustralya'da ise tren-km'nin %65-70'i yük taşımacılığına ayrılırken, %30-35'i yolcu taşımacılığına yöneliktir. Ülkedeki uzun mesafeler ve düşük nüfus yoğunluğu, yük taşımacılığının demiryolu aracılığıyla gerçekleştirilmesini daha verimli hale getirmektedir.

Bu bölgesel farklılıklar, yalnızca mevcut demiryolu altyapısının teknik özelliklerini değil, aynı zamanda ulaşım sistemlerinin bütünsel tasarımını da yansıtmaktadır. Avrupa ve Japonya gibi bölgelerde demiryolu, karbon emisyonlarını azaltma hedefleri doğrultusunda yolcu taşımacılığında önemli bir alternatif olarak öne çıkarken; Amerika, Rusya, Brezilya ve Avustralya gibi ülkelerde demiryolu, özellikle enerji, hammadde ve konteyner taşımacılığında stratejik bir yük taşıma aracı konumundadır.



Dolayısıyla, demiryolu taşımacılığının gelişimi ve tren-km bazlı kullanım oranları, her ülkenin ulaşım öncelikleri, yatırım stratejileri, yerleşim dokusu ve ticaret altyapısıyla doğrudan bağlantılıdır. Sürdürülebilir ulaşım hedefleri doğrultusunda, hem yolcu hem de yük taşımacılığına hizmet edecek şekilde demiryolu ağlarının genişletilmesi ve modernize edilmesi, önümüzdeki on yıllarda sektörde belirleyici rol oynayacaktır.

### 1.3.1. Küresel Demiryolu Yolcu-Km İstatistikleri ve Trend Analizi

Yolcu-kilometre (yolcu-km) kavramı, demiryolu taşımacılığının etkinliği, kapsayıcılığı ve kullanım yoğunluğu açısından temel bir performans göstergesidir. Bu gösterge, taşınan yolcu sayısı ile bu yolcuların kat ettikleri mesafenin çarpımıyla hesaplanmakta olup, hem altyapı kapasitesinin değerlendirilmesinde hem de bölgesel taşımacılık politikalarının karşılaştırılmasında kullanılmaktadır.

Son yıllarda küresel ölçekte gözlemlenen başlıca eğilimlerden biri, yüksek hızlı tren (YHT) ağlarının yaygınlaşması ile yolcu-km değerlerinde kayda değer bir artış yaşanmasıdır. Özellikle Çin, Japonya ve Avrupa ülkelerinde YHT yatırımları, şehirlerarası yolculukları önemli ölçüde demiryoluna kaydırmış ve yolcu-km bazında ciddi büyümeyi beraberinde getirmiştir. Buna paralel olarak, kentleşmenin hızlanması şehir içi raylı sistemlere olan talebi artırmış; dijitalleşme, otomasyon ve entegre ulaşım çözümleri gibi gelişmeler, taşımacılık hizmetlerinin verimliliğini daha da yükseltmiştir. Sürdürülebilir ulaşım politikaları kapsamında demiryolunun çevresel avantajları – özellikle düşük karbon salımı – yolcu taşımacılığında tercih edilirliğini artıran önemli bir faktör olmuştur.

2018-2019 döneminde küresel yolcu demiryolu taşımacılığı talebi istikrarlı bir artış eğilimi göstermiştir. 2018 yılında dünya genelinde toplam demiryolu yolcu taşımacılığı hacmi yaklaşık 4 trilyon yolcu-km seviyesinde iken, bu değer 2019 yılında yaklaşık 4,2 trilyon yolcu-km'ye ulaşarak zirve noktasını görmüştür. Bu hacmin yaklaşık %95'i Asya ve Avrupa bölgeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Çin ve Hindistan, yolcu-km bazında küresel lider konumda olup; 2019 yılı itibarıyla Çin 1,55 trilyon, Hindistan ise 1,16 trilyon yolcu-km performansı sergilemiştir. Japonya, yüksek nüfus yoğunluğu ve gelişmiş şehir içi demiryolu sistemleri sayesinde aynı yıl 447 milyar yolcu-km'ye ulaşmıştır. Rusya Federasyonu yaklaşık 134 milyar yolcu-km ile bu sıralamayı takip ederken; Fransa, Almanya ve Birleşik Krallık gibi Batı Avrupa ülkeleri her biri 80 ila 112 milyar yolcu-km aralığında katkı sağlamıştır. Buna karşılık, demiryolu yolcu taşımacılığının daha sınırlı olduğu Amerika kıtası, 2022 itibarıyla yalnızca 37 milyar yolcu-km'lik bir hacimle Asya-Pasifik ve Avrupa'nın oldukça gerisinde kalmıştır.

Asya-Pasifik bölgesi, küresel demiryolu yolcu-kilometre (yolcu-km) hacminde yaklaşık %60-65'lik payla açık ara lider konumundadır. Bu bölgedeki en büyük yolcu taşımacılığı pazarları Çin, Japonya ve Hindistan tarafından oluşturulmaktadır. Çin, yüksek hızlı tren (YHT) ağına hızla genişlemesi ve yaygın kullanımı sayesinde dünya genelinde en yüksek yolcu-km performansına sahip ülkedir. Ülkede yılda 1 milyardan fazla yolcu YHT ile seyahat etmekte olup, bu değer iç hat hava yolculuklarının iki katından fazladır. Hindistan, yolcu sayısı açısından küresel çapta ikinci sırada yer almakta; özellikle metropol bölgelerdeki banliyö hatları, günlük yaklaşık 8 milyonu aşan yolcu taşımacılığı ile kritik bir rol üstlenmektedir. Nüfus ve yüzölçümüne kıyasla daha kompakt yapıya sahip Japonya ise iç hat demiryolu yolcu-km bazında bölgenin üçüncü büyük aktörüdür.

Avrupa Birliği ülkeleri toplu olarak yıllık birkaç yüz milyar yolcu-km performansına ulaşmaktadır. 2019 yılında AB-27 toplam yolcu-km değeri yaklaşık 411 milyar olarak kaydedilmiş ve bu yıl kıtasal ölçekte en yüksek seviyeye ulaşılmıştır. Ancak 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle yolcu taşımacılığında %42,2 oranında ciddi bir düşüş yaşanmış, 2021 ve 2022 yıllarında ise kademeli bir toparlanma gözlemlenmiştir. 2022 yılı itibarıyla AB yolcu-km değeri hâlen pandemi öncesi seviyelerin %11,2 altında seyretmiştir. Almanya (92,3 milyar yolcu-km) ve Fransa (102,8 milyar yolcu-km), Avrupa'nın en yüksek performans gösteren ülkeleridir. Birleşik Krallık, 80 milyar yolcu-km ile Avrupa'nın üçüncü büyük demiryolu yolcu pazarıdır; bu hacmin büyük kısmı Londra ve çevresindeki yüksek yoğunluklu banliyö ağlarından kaynaklanmaktadır. Genel olarak Avrupa, dünya demiryolu yolcu-km performansında yaklaşık %25'lik payla ikinci sırada yer almaktadır. Avrupa içi demiryolu taşımacılığı ağırlıklı olarak ulusal sınırlarda kalmakta olup, uluslararası yolcu taşımacılığının payı sınırlıdır. Bununla birlikte, Danimarka gibi bazı ülkelerde uluslararası taşımacılık hacmi %46'ya varan oranlarda artış göstermiştir.

Kuzey ve Güney Amerika kıtalarında demiryolu yolcu taşımacılığı, genellikle ikincil öneme sahip olup, kıtalar düzeyinde yolcu-km değerleri oldukça sınırlıdır. Bu bölgelerde demiryolu altyapısı büyük ölçüde yük taşımacılığı odaklı gelişmiştir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2019 yılı itibarıyla yalnızca 32,5 milyar yolcu-km'lik bir hacim kaydedilmiş olup, bu düşük değer, ülkedeki otomobil bağımlılığı ve yaygın karayolu ağı ile doğrudan ilişkilidir. Kanada'da yolcu demiryolu taşımacılığı çok daha sınırlı düzeydedir ve yıllık yolcu-km hacmi 2 milyar seviyesinin altında kalmaktadır. Güney Amerika'da da durum benzerdir. Brezilya ve Arjantin gibi ülkelerde bazı büyük kentlerde banliyö hizmetleri sunulmakla birlikte, kıtasal düzeyde toplam demiryolu yolcu-km hacmi genellikle 5 milyarın altında seyretmektedir.

Küresel yolcu-km hacminin yalnızca %5'ten azı Kuzey ve Güney Amerika tarafından karşılanmakta olup, bu durum kıtaların demiryolu altyapı öncelikleri, ekonomik yapıları ve ulaştırma politikaları ile doğrudan bağlantılıdır.

Diğer bölgeler açısından değerlendirildiğinde, Avustralya'da demiryolu yolcu taşımacılığı şehirlerarası hatlarla sınırlı kalmakta; 2023 yılı itibarıyla ülkenin yolcu-km performansının yaklaşık 10-15 milyar seviyelerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu değer, demiryolunun ulaşım modları içindeki ikincil konumunu ve otomobile dayalı ulaşım alışkanlıklarının baskınlığını yansıtmaktadır.

**Pandemi Etkisi:** 2020 yılında başlayan COVID-19 pandemisi, küresel demiryolu yolcu taşımacılığı üzerinde tarihsel ölçekte benzeri görülmemiş bir etki yaratmıştır. Pandemiye bağlı kısıtlamalar, seyahat yasakları ve sosyal mesafe önlemleri, yolcu trafiğinde ciddi daralmalara yol açmış; birçok ülkede demiryolu yolcu-kilometre (yolcu-km) değerleri 2019 seviyelerine kıyasla %40 ila %60 arasında azalmıştır.

Avrupa Birliği özelinde, yolcu taşımacılığı hacmi 2019 yılına göre %46 oranında düşerek 2020 yılında yaklaşık 223 milyar yolcu-km'ye gerilemiştir. Bu düşüş özellikle 2020 yılının ikinci çeyreğinde dramatik boyutlara ulaşmış; aynı dönemde AB genelinde trenle seyahat eden yolcu sayısında bir önceki yılın aynı çeyreğine göre %74 oranında azalma kaydedilmiştir.

Kuzey Amerika'da, büyük ölçekli yolcu taşımacılığı gerçekleştiren Amtrak (ABD) ve VIA Rail (Kanada) operatörleri, 2020 yılında sırasıyla %65 ve %78 oranlarında yolcu-km bazlı düşüş yaşamıştır. Bu, bölgedeki yolcu demiryolu sistemlerinin pandemiye karşı oldukça kırılğan bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Asya-Pasifik bölgesinde ise etkiler ülke bazında farklılık göstermiştir. Japonya'da yolcu-km performansı %30'un biraz üzerinde bir oranda azalırken, Tayvan gibi bazı ülkelerde düşüş %16 gibi daha sınırlı seviyelerde kalmıştır. Çin ve Rusya'da iç hat yolcu trafiği 2020 yılında gerilemiş olmakla birlikte, yılın son çeyreğinde toparlanma eğilimleri gözlemlenmiştir.

2021 yılı itibarıyla küresel ölçekte kademeli bir iyileşme süreci başlamış; birçok ülkede demiryolu ile seyahat talebinde yeniden artış eğilimi görülmüştür. 2022 yılının ikinci yarısında ise bölgesel farklılıklar olmakla birlikte, yolcu sayılarında pandemi öncesi seviyelere yaklaşan bir toparlanma ivmesi yaşanmıştır. Avrupa genelinde 2021 ve 2022 yılları toparlanma açısından kritik yıllar olmuş; buna karşılık Çin gibi bazı Asya ülkelerinde 2022 yılında devam eden kısıtlamalar nedeniyle iyileşme daha yavaş seyretmiştir.

Uluslararası ulaştırma kuruluşları ve sektörel analizler, demiryolu yolcu taşımacılığı talebinin 2025 yılına kadar yıllık ortalama %2,3 oranında büyüyerek istikrarlı bir toparlanma süreci içinde ilerleyeceğini öngörmektedir. Bu süreçte, ulusal hükümetler tarafından sağlanan mali kurtarma paketleri, sektör destek programları ve sürdürülebilir ulaşımı teşvik eden politikalar belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, demiryolunun çevresel açıdan düşük emisyonlu ve güvenli bir ulaşım modu olarak öne çıkması, toparlanmayı destekleyen yapısal faktörler arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, demiryolu taşımacılığı, küresel ölçekte ekonomik kalkınma, lojistik verimlilik ve sürdürülebilir ulaşım hedefleri açısından stratejik öneme sahip bir ulaşım modudur. Yolcu-kilometre (yolcu-km) göstergesi, demiryolu sistemlerinin yaygınlığı, etkinliği ve kullanıcı tercihi üzerindeki etkilerini analiz etmek açısından temel bir ölçüt niteliğindedir. Asya-Pasifik ve Avrupa bölgeleri, gelişmiş altyapıları ve yüksek hızlı tren yatırımları sayesinde yolcu demiryolu taşımacılığında lider konumlarını sürdürmektedir. Bununla birlikte, Kuzey ve Güney Amerika ile Afrika gibi bölgelerde de büyüme potansiyeli mevcuttur ve bu potansiyelin değerlendirilmesi, küresel ulaşım sistemlerinin dengeli gelişimi açısından önem arz etmektedir. Önümüzdeki dönemde, demiryolu taşımacılığının hem yolcu hem de yük taşımacılığı alanında artan dijitalleşme, çevresel sürdürülebilirlik ve kamu politikaları desteğiyle birlikte daha da ön plana çıkacağı öngörülmektedir.

### 1.3.2. Küresel Demiryolu Ton-Km İstatistikleri ve Trend Analizi

Ton-kilometre (ton-km), demiryolu ile taşınan yük miktarının kat edilen mesafe ile çarpılmasıyla elde edilen, yük taşımacılığının hacmini ve verimliliğini nicel olarak ortaya koyan temel bir performans göstergesidir. Bu metrik, ulusal ve bölgesel düzeyde lojistik kapasitelerin değerlendirilmesi, ulaştırma modları arasındaki etkinlik karşılaştırmaları ve uzun vadeli taşımacılık stratejilerinin oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır.

2018 yılı itibarıyla küresel demiryolu yük taşımacılığı hacmi yaklaşık 11 trilyon ton-km seviyesine ulaşmış ve bu değer, 2010 yılına göre %12 oranında bir artış göstermiştir. Bu artışın başlıca kaynakları, Asya-Pasifik bölgesi, Kuzey Amerika ve Avrasya coğrafyasındaki büyüyen sanayi üretimi ve artan iç lojistik ihtiyaçlarıdır. 2022 itibarıyla bu hacmin yaklaşık 12 trilyon ton-km seviyesine yükseldiği tahmin edilmekte olup, demiryolunun küresel tedarik zincirindeki stratejik önemini pekiştirmektedir.

Ülke bazında incelendiğinde, Çin (~3,0 trilyon ton-km, 2019), Rusya (~2,6 trilyon ton-km, 2018) ve Amerika Birleşik Devletleri (~2,1 trilyon ton-km, 2020) dünya genelinde en yüksek demiryolu yük taşımacılığı hacmine sahip ilk üç ülke konumundadır. Hindistan da 2022 itibarıyla ~1,4 trilyon ton-km düzeyine ulaşarak bu sıralamada dördüncü sıraya yerleşmiştir. Buna karşın, Avrupa Birliği'nin toplam demiryolu yük hacmi (2019 verilerine göre) yıllık yaklaşık 0,26 trilyon ton-km seviyesinde kalmakta, bu da Çin ve ABD gibi büyük ekonomilerin oldukça gerisinde bir performansa işaret etmektedir. Bu farkın başlıca nedeni, Avrupa'daki kısa mesafeli taşımacılık yapısı, yüksek otoyol yoğunluğu ve karayolu ile denizyolu taşımacılığı kombinasyonunun yaygın kullanımındır.

Demiryolunun yük taşımacılığındaki payı, bölgesel koşullar, altyapı yatırımları ve ulaştırma politikaları doğrultusunda önemli farklılıklar göstermektedir. Karasal taşımacılığın toplam ton-km değerleri açısından analizi yapıldığında, Rusya'da yük taşımacılığının yaklaşık %60'ı demiryolu ile gerçekleştirilmekte olup bu oran dünyadaki en yüksek değerler arasındadır. ABD'de demiryolunun ton-mil cinsinden yük taşımacılığı içindeki payı yaklaşık %28 seviyesindedir ve bu durum, demiryolunun ağır yüklerin uzun mesafeli taşınmasındaki etkinliğini yansıtmaktadır. Çin'de 2010'larda demiryolunun yük taşımacılığındaki payı azalmakla birlikte, son yıllarda bu eğilim tersine çevrilmeye başlanmış ve 2020'li yıllarda ton-km bazında yeniden %50 seviyesine yaklaşmıştır.

Avrupa Birliği'nde demiryolunun yük taşımacılığı içindeki payı uzun süredir %18 seviyelerinde seyretmekte olup, karayolu taşımacılığı hâkim mod konumundadır (%75-80). Hindistan'da ise tarihsel olarak baskın olan demiryolu taşımacılığı, karayolu ile rekabet nedeniyle gerilemiş; 1950'lerde %85 düzeyinde olan demiryolu yük payı, 2022 itibarıyla %27'ye düşmüş ancak kamu müdahaleleri ile bu oran 2024'te %29 seviyesine yeniden çıkarılmıştır. Benzer şekilde, Çin'de 2000'li yıllarda yaşanan karayolu taşımacılığı patlaması, demiryolunun yük taşıma payını tonaj bazında %8'e kadar düşürmüştür.

Günümüzde, birçok ülke sürdürülebilir taşımacılığı desteklemek amacıyla demiryolu yük taşımacılığına yeniden öncelik vermeye başlamıştır. Brezilya, 2019 yılında %15 olan demiryolu yük taşımacılığı payını 2025 yılına kadar %31 seviyesine yükseltmeyi hedeflemektedir. Hindistan ise özel yük koridorları (Dedicated Freight Corridors) yatırımları sayesinde kara taşımacılığının yaklaşık %70'ini demiryoluna kaydırmayı amaçlamaktadır. Bu gelişmeler, demiryolunun yalnızca çevresel avantajlarıyla değil, aynı zamanda uzun mesafeli ve hacimli taşımacılıkta sunduğu operasyonel verimlilikle de yeniden ön plana çıktığını göstermektedir.

**Pandemi Etkisi:** COVID-19 pandemisinin küresel ulaşım üzerindeki etkisi özellikle yolcu taşımacılığı alanında keskin bir düşüşe neden olurken, demiryolu yük taşımacılığı görece dirençli bir performans sergilemiştir. 2020 yılında pek çok ülkede demiryolu yük taşımacılığı hacmindeki azalma sınırlı kalmış; genel olarak %5 ila %10 aralığında düşüş gözlemlenmiştir. Avrupa Birliği'nde yük taşımacılığı, ton-kilometre bazında yalnızca %6 oranında azalmış; hatta 2020'nin son çeyreğinde bir önceki yılın aynı dönemine kıyasla %6'lık bir artış kaydedilmiştir. Rusya, Çin ve Hindistan gibi yüksek hacimli yük taşıyıcılarında ise demiryolu yük taşımacılığı, 2019 seviyelerine yakın gerçekleşmiş ya da yalnızca %1-3 arasında hafif düşüş göstermiştir.

Dahası, bazı ülkelerde –örneğin İran, Kazakistan, Demokratik Kongo Cumhuriyeti ve Gabon'da– pandemi yılı olan 2020'de demiryolu yük taşımacılığı hacimlerinde artış bildirilmiştir. Bu eğilim, demiryolunun temel sanayi girdilerinin ve hayati lojistik zincirlerinin taşınmasında stratejik önemini sürdürdüğünü ortaya koymaktadır. Söz konusu dirençlilik, demiryolunun özellikle kriz dönemlerinde diğer taşıma modlarına kıyasla daha az etkilenmeye açık olduğunu da göstermektedir.

2021 ve 2022 yıllarında küresel demiryolu yük taşımacılığı yeniden büyüme trendine girmiş; tedarik zincirlerinde yaşanan bozulmalara rağmen demiryolu, karayolu ve denizyolu taşımacılığına kıyasla daha güvenilir ve istikrarlı bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Bu bağlamda, Çin ile Avrupa arasında işletilen konteyner trenleri –özellikle Kuşak ve Yol Girişimi (BRI) kapsamında geliştirilen hatlar aracılığıyla– pandemi döneminde hava ve denizyolu taşımacılığına kıyasla süreklilik sağlayan önemli bir lojistik koridor işlevi görmüştür.

Önümüzdeki yıllarda, demiryolu yük taşımacılığının küresel lojistik sistemindeki payının daha da artması beklenmektedir. Bu öngörü; iklim değişikliğiyle mücadele politikaları, sera gazı emisyonlarının azaltılması hedefleri, yakıt maliyetlerindeki artış ve sürdürülebilir ulaşım çözümlerine yönelen stratejilerin yaygınlaşması ile doğrudan ilişkilidir. Bu çerçevede demiryolu, ekonomik verimliliği ve çevresel avantajlarıyla geleceğin taşımacılık altyapısında daha merkezi bir konuma taşınmaktadır.

Demiryolu taşımacılığında dijitalleşme ve otomasyon uygulamaları, operasyonel verimliliği artırmak ve rekabet gücünü yükseltmek amacıyla giderek daha yaygın biçimde benimsenmektedir.

Özellikle uzun mesafe yük trenlerinde insan müdahalesini asgariye indiren otomasyon teknolojileri, taşıma süreçlerinin güvenliğini ve sürekliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu kapsamda, Avustralya merkezli madencilik firması Rio Tinto tarafından 2019 yılında başlatılan AutoHaul programı, 2,5 km uzunluğundaki demir cevheri trenlerinin tamamen sürücüsüz biçimde işletilmesiyle dünyanın ilk tam otonom ağır yük tren operasyonu olarak literatüre geçmiştir. Benzer bir gelişme, 2021 yılında Almanya'da Deutsche Bahn ve Siemens iş birliğiyle Hamburg kentinde hayata geçirilmiş; dijital sinyalizasyon ve kontrol sistemleri aracılığıyla kendi kendine hareket edebilen, istasyon manevralarını insansız gerçekleştirebilen ilk tam otomatik demiryolu treni hizmete alınmıştır.

Dijitalleşme sadece tren işletmeciliği ile sınırlı kalmamakta; yapay zekâ destekli algoritmalar ve Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı sensör sistemleri sayesinde lokomotif ve vagonların bakım ihtiyaçları önceden tahmin edilmekte, rotalama ve tren dizilim planlamaları daha etkin biçimde gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, yük vagonlarının fiziksel bağlanma sürecini otomatikleştiren Dijital Otomatik Kuplör (DAC) teknolojisi, veri ve enerji iletimi sağlayarak tren dizilerinin daha hızlı ve güvenli bir şekilde oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Avrupa genelinde yürütülen DAC inisiyatifi, kıtanın yük taşımacılığında dijital dönüşümünü hızlandıracak ve insan gücüne olan bağımlılığı azaltacak stratejik bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Ayrıca, Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) Seviye 3 ve üzeri sinyalizasyon altyapıları ile entegre çalışan otomatik tren işletim sistemleri (ATO), yük trenlerinin seyir, sıralama ve kapasite kullanımında önemli kazanımlar sunmaktadır. Gerçek zamanlı konum ve performans takibi sağlayan dijital platformlar, lojistik zincirleri içerisinde demiryolunun entegrasyonunu kolaylaştırmakta ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır. Bu dijitalleşme hamleleri, demiryolu taşımacılığının hem operasyonel etkinliğini hem de lojistik sektörü içerisindeki rekabet gücünü artırarak, sistemin daha fazla yük hacmini çekebilmesine katkı sağlamaktadır.

#### 1.4. Dünyada Raylı Sistemler Sektöründe Elektrifikasyon

Dünya genelinde raylı sistemler sektöründe elektrifikasyon, demiryolu taşımacılığının verimliliğini artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve sürdürülebilir ulaşım çözümleri sunmak amacıyla kritik bir rol oynamaktadır. Elektrifikasyon, demiryolu hatlarının elektrikli lokomotiflerle çalıştırılmasını sağlar ve bu da genellikle dizel motorlarla karşılaştırıldığında daha düşük enerji tüketimi ve emisyon anlamına gelir.

Demiryolu hatlarının elektrikli hale getirilmesi, dünya genelinde ilerleyen bir trend olmakla birlikte bölgeler arasında farklılık gösteriyor. 2018 itibarıyla dünya çapındaki demiryolu hatlarının %37'si elektrifikasyonluydu. Bu oran 2019'da yaklaşık %40,2'ye yükselmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) verilerine göre, 2020 yılı itibarıyla küresel demiryolu sektöründeki enerji tüketiminin %44'ü elektrikle sağlanırken, geri kalanı büyük oranda dizel enerjisine dayanmaktadır.

Avrupa'da ortalama demiryolu elektrifikasyon oranı %50-60 seviyesindedir. Bu bağlamda İsviçre (%99,8) ve Lüksemburg (~%97) gibi ülkeler, neredeyse tüm hatlarını elektrikli hale getirerek elektrifikasyonda lider konumda bulunmaktadır. İspanya, İtalya, Almanya ve Fransa gibi büyük demiryolu ağına sahip ülkelerde elektrifikasyon oranı %50 ila %75 arasında değişmektedir. Buna karşın, Birleşik Krallık yaklaşık %40'lık oranla Avrupa ortalamasının gerisinde kalmakta ve elektrifikasyon seviyesini artırmak üzere planlı yatırımlar yürütmektedir.

Asya kıtasında ise özellikle Çin ve Hindistan, son yıllarda kapsamlı elektrifikasyon programlarıyla dikkat çekmektedir. Her iki ülke de son on yıllık dönemde yılda ortalama 1.000 km'den fazla konvansiyonel hattı elektrikli hale getirmiştir. Bu performans, Avrupa'nın önde gelen ülkeleriyle kıyaslandığında oldukça yüksektir. Örneğin Almanya ve Birleşik Krallık, aynı dönemde yılda 100 km'nin altında elektrifikasyon gerçekleştirmiştir.

Hindistan, demiryolu elektrifikasyonunu hızla artıran Asya ülkeleri arasında ön sıralarda yer almaktadır. "Mission Electrification" programı kapsamında, ülkenin demiryolu hatlarının tamamının elektrikli hale getirilmesi hedeflenmiş ve bu doğrultuda yoğun bir altyapı geliştirme süreci başlatılmıştır. Hindistan Demiryolları, 2025 yılına kadar tam elektrifikasyon hedefine ulaşmayı planlamaktadır. 2023 yılı başı itibarıyla, ülke demiryolu ağının yaklaşık %83'ü elektrikli hale getirilmiştir. Bu oran, Hindistan'ı küresel ölçekte en hızlı elektrifikasyon gerçekleştiren ülkelerden biri konumuna getirmiştir.

Çin, demiryolu elektrifikasyonu konusunda küresel ölçekte en kapsamlı ve ileri düzeyde uygulamalara sahip ülkelerden biridir. Ülke genelinde elektrifikasyon oranı %72 seviyelerine ulaşmış olup, özellikle 2007 sonrası dönemde gerçekleştirilen büyük ölçekli yüksek hızlı tren (YHT) yatırımları bu başarıda belirleyici olmuştur. Çin, bu süreçte 40.000 kilometreden fazla yeni elektrikli YHT ve ana hat inşa etmiş; toplam elektrikli hat uzunluğunu hızla artırmıştır. Orta vadeli stratejiler doğrultusunda, Çin demiryolu ağının tamamına yakın bir kısmının elektrifikasyonu hedeflenmektedir.



Rusya, geniş coğrafi yapısı ve karmaşık iklim koşullarına rağmen, demiryolu elektrifikasyonunda kayda değer bir gelişme göstermiştir. Ülkede elektrifikasyon oranı yaklaşık %50 seviyesindedir. Özellikle ana yük koridorları ve yoğun yolcu hatları elektrikli hale getirilmiş; ancak ülkenin doğu kesimlerinde dizel lokomotifler hâlen yaygın olarak kullanılmaktadır.

Buna karşılık, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gibi ülkelerde demiryolu elektrifikasyonu son derece sınırlı düzeydedir. ABD'nin toplam demiryolu ağında elektrifikasyon oranı %1'in altındadır. Ülkede büyük ölçüde yük taşımacılığına dayalı demiryolu işletmeciliği yapılmakta ve bu taşımacılık, dizel motorlu lokomotiflerle sürdürülmektedir. Elektrifikasyonun düşük seviyede kalmasında, büyük arazi yapısı, yatırım önceliklerinin farklılığı ve düşük yolcu taşımacılığı oranı gibi etkenler rol oynamaktadır.

Dünya genelinde büyük ekonomiler elektrifikasyonu artırma yönünde planlar açıklamıştır. Örneğin Avrupa Birliği, 2030 ve 2050 iklim hedefleri doğrultusunda üye ülkelerde elektrifikasyon oranlarını yükseltmeyi teşvik etmektedir. Türkiye gibi ülkeler de son yıllarda elektrifikasyona yatırım yapmakta; Türkiye'de demiryolu hatlarının %51'i elektrikli hale gelmiştir.

Demiryolu elektrifikasyonu, yalnızca dizel yakıtlı taşıma modlarından vazgeçmekle sınırlı bir dönüşüm değildir; asıl sürdürülebilirlik, elektrik enerjisinin üretim kaynağının da düşük karbonlu ve çevre dostu olmasıyla sağlanmaktadır. Bu bağlamda, elektrifikasyonun iklim değişikliğiyle mücadelede anlamlı katkı sunabilmesi, kullanılan elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesine doğrudan bağlıdır.

2015 yılı itibarıyla, küresel düzeyde demiryolu sektöründe kullanılan elektriğin yaklaşık %25'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Aynı yıl, sektörün toplam enerji tüketiminin %9'u doğrudan yenilenebilir elektrik olarak kaydedilmiştir. Bu oranlar, takip eden yıllarda özellikle gelişmiş bölgelerde ivme kazanmış ve artış eğilimi sürmektedir.

Avrupa kıtası, bu dönüşümde öncü konumda yer almakta olup, demiryolu sektöründe yenilenebilir elektriğin payı 2005 yılında %6 seviyesindeyken, 2015 itibarıyla bu oran %21'e ulaşmıştır. Bu artış, hem ulusal enerji politikalarının yönlendirmesiyle hem de demiryolu işletmecilerinin doğrudan yeşil enerji tedarik stratejileriyle sağlanmıştır. Birçok operatör, uzun vadeli Yenilenebilir Enerji Satın Alma Anlaşmaları (PPA – Power Purchase Agreements) aracılığıyla demiryolu sistemlerini %100 yenilenebilir kaynaklarla besleme yoluna gitmektedir.

Bu kapsamda öne çıkan örneklerden biri Hollanda'dır. Hollanda Demiryolları (NS), 2017 itibarıyla tüm elektrikli tren filosunu yalnızca rüzgâr enerjisi ile çalıştırdığını açıklamış ve dünyada bu geçişi tamamlayan ilk ulusal demiryolu operatörü olmuştur. Benzer şekilde, Almanya, İsviçre, Avusturya gibi ülkelerde de yeşil enerji kullanımı istikrarlı biçimde artmakta ve demiryolu taşımacılığının karbon ayak izi azaltılmaktadır.

Bu eğilim, çevresel etki azaltımı hedeflerine katkı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda enerji maliyetlerinin öngörülebilirliğini artırmakta ve demiryolu sektörünün uzun vadeli rekabetçiliğini güçlendirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu sayesinde, demiryolu taşımacılığı hem karbon nötr ulaşım vizyonuna yaklaşmakta hem de enerji arz güvenliğine katkı sunmaktadır.

2019 yılı itibarıyla, demiryolu yolcu taşımacılığının enerji başına karbon emisyon yoğunluğu, kilometre başına sadece 14 gram CO<sub>2</sub> seviyesine kadar gerilemiştir. Bu değer, karayolu taşımacılığına ve özellikle havayolu taşımacılığına kıyasla son derece düşüktür.

Örneğin;

- Karayolu yolcu taşımacılığında emisyon yoğunluğu ortalama 100-150 gCO<sub>2</sub>/km aralığında,
- Havayolu taşımacılığında ise 200 gCO<sub>2</sub>/km'ye kadar çıkabilmektedir.

Elektrikli trenlerin çevresel performansı, doğrudan elektrik üretim kaynağına bağlıdır. Günümüzde birçok ülkede şebeke elektriği içerisindeki yenilenebilir enerji oranının artması, elektrikli demiryolu taşımacılığının dolaylı (gizli) emisyonlarını da önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu eğilim sürdüğü takdirde, elektrikli trenlerin karbon emisyonu sıfıra yakın seviyelere ulaşabilecek; böylece demiryolu taşımacılığı, karbon nötr ulaşım stratejilerinin temel bileşeni hâline gelecektir.

Son dönemde Asya ülkeleri elektrifikasyonda liderliği alırken, Avrupa da "elektrifikasyon açığını kapatmaya" yönelik yatırımlarını artırma kararı aldı. Örneğin, SCI Verkehr analizine göre küresel demiryolu elektrifikasyon pazarının yıllık yaklaşık 10 milyar € hacmi bulunmaktadır ve 2021-2023 ortalamasıyla bu pazarda önümüzdeki yıllarda %5'e yakın yıllık büyüme beklenmektedir. Bu büyüme özellikle Asya'da devam eden büyük çaplı yeni hat inşaatları ve elektrifikasyon projeleri ile Avrupa'daki hızlanan yenileme projeleri tarafından sürüklenecektir.

Avrupa'da hükümetlerin tekrar tekrar vurguladığı demiryolu yatırımlarına rağmen, bugüne dek ilerleme yavaş; Avrupa ortalama elektrifikasyon oranı %50 civarında kalırken Asya'daki önemli demiryolu ülkeleri %70'in üzerine çıkmıştır.

Ancak Avrupa'da gecikmiş hatların elektrikleştirilmesi için ciddi bütçeler ayrılmaya başlanmıştır. Örneğin Almanya, 2030'a kadar demiryolu ağının %75'ini elektrikli hale getirme hedefini ortaya koymuştur. Fransa, İtalya gibi ülkeler de benzer şekilde on yıllık planlarla elektrifikasyon projelerini hızlandırmaktadır. Elektrifikasyon yatırımları uzun vadede işletme maliyetlerini düşürdüğü, trenlerin enerji verimliliğini artırdığı ve dışa bağımlılığı azalttığı için stratejik öneme sahiptir. Ayrıca elektrifikasyon, yüksek hızlı tren hatlarının ve ağır yük koridorlarının geliştirilmesinde temel bir gerekliliktir. Bu nedenle, hem yeni hat inşaatlarında hem de mevcut hat iyileştirmelerinde elektrifikasyon küresel demiryolu sektörünün ana gündem maddelerinden biri olmaya devam edecektir.

Küresel ölçekte demiryolu elektrifikasyonu artış göstermeye devam etse de, dizel tahrikli trenler birçok ülkede hâlen önemli bir işletme aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle hat yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde ve uzak/kırsal alan bağlantılarında, elektrifikasyon yatırımları kısa ve orta vadede ekonomik olarak uygulanabilir kabul edilmediğinden, dizel lokomotifler ve dizel çoklu birimler (DMU – Diesel Multiple Units) bu tür hatlarda yaygın şekilde hizmet vermeyi sürdürmektedir.

Bununla birlikte, karbon emisyonlarının azaltılması, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında dizel trenlerin kullanımdan kaldırılmasına yönelik politikalar geliştirilmektedir. Bu doğrultuda, birçok ülke dizel trenlerin kademeli olarak devre dışı bırakılmasına yönelik stratejik hedefler ve takvimler belirlemiştir.

Hidrojen yakıt hücreli trenler, fosil yakıt kullanımını tamamen ortadan kaldıran çevreci bir alternatif olarak, özellikle elektrifikasyonun bulunmadığı hatlarda giderek daha fazla ilgi görmektedir.

Bu sistemler, sıfır doğrudan emisyon üretmeleri nedeniyle sürdürülebilir ulaşım stratejilerinde önemli bir yer edinmiştir. Bu alanda öncü ülkelerden biri olan Almanya, 2018 yılından itibaren Alstom tarafından geliştirilen Coradia iLint model hidrojenli yolcu trenlerini pilot uygulamalar kapsamında işletmeye başlamıştır. 2022 yılında, Aşağı Saksonya Eyaleti'nde tamamen hidrojenle çalışan ilk demiryolu hattı resmî olarak hizmete girmiştir. Bu gelişme, hidrojen teknolojisinin operasyonel ölçeklenebilirliğini göstermesi açısından önemli bir dönüm noktasıdır. Fransa'nın ulusal demiryolu şirketi SNCF, 2019'da 15 adet hidrojen yakıt hücreli tren seti siparişi vererek bunları dizel trenlerin yerini almak üzere devreye alacağını duyurmuştur.

Hibrit tren sistemleri ve batarya-elektrikli trenler de dizel kullanımını azaltmaya yönelik yenilikçi çözümler arasında yer almaktadır. Örneğin, Japonya'da JR East, 2016 yılında "DENCHA" adı verilen batarya-elektrikli banliyö trenini hizmete alarak dünyada bu türdeki ilk uygulamayı gerçekleştirmiştir. Söz konusu tren, şebekeye bağlı olmayan kesimlerde batarya gücüyle çalışmakta, elektrifikasyonun olduğu kesimlerde ise yeniden şarj olabilmektedir.

Birleşik Krallık'ta ise 2020'li yıllarda Hitachi ve Stadler gibi üreticiler tarafından geliştirilen batarya destekli tren modelleri çeşitli test aşamalarına tabi tutulmuştur. Birleşik Krallık, 2040 yılına kadar tüm saf dizel trenlerin aşamalı olarak hizmetten kaldırılmasını içeren ulusal bir politika benimsemiş; bu hedef doğrultusunda, alternatif tahrik sistemlerine (hidrojen, batarya, hibrit) geçiş sürecini hızlandırmıştır. Özellikle Stadler Rail, hem hidrojen hem de batarya ile çalışabilen çift tahrik sistemine sahip trenler geliştirerek bu alanda teknoloji liderliği üstlenmiştir. Bu trenler, Kanada ve çeşitli Avrupa ülkelerinde operasyonel olarak devreye alınmış; elektrifikasyonsuz hatlarda çevreci alternatif olarak konumlandırılmıştır.

Öte yandan, dizel lokomotiflerin kullanımda kalmaya devam ettiği manevra (shunting) operasyonlarında, batarya ve hibrit sistemlere geçiş yönünde belirgin bir eğilim gözlemlenmektedir. ABD ve Avrupa'da bazı büyük demiryolu işletmecileri, geleneksel dizel manevra lokomotiflerini lityum-iyon bataryalarla donatılmış hibrit modellere dönüştürmekte veya bu tür sistemleri yeni alımlarda tercih etmektedir. Bu dönüşüm, özellikle kısa mesafeli, sık dur-kalk içeren operasyonlarda yakıt verimliliğini artırmak ve yerel emisyonları azaltmak amacıyla önem taşımaktadır.

Özetle, dizel trenlerin halen kullanımda olduğu hatlarda "yeşil dönüşüm" için üç yol izleniyor:

- Uygun hatlarda elektrifikasyonun tamamlanması,
- Elektrifikasyon mümkün değilse hidrojen ve batarya gibi alternatif enerji kullanan tren setlerinin devreye alınması,
- Mevcut dizel filosunun daha verimli ve düşük emisyonlu hibrit teknolojilerle yenilenmesi.

Bu sayede demiryolu sektörü, karayolu taşımacılığına kıyasla halihazırda düşük olan emisyonlarını daha da azaltmayı hedeflenmektedir.

### 1.5. Küresel Yüksek Hızlı Tren Ağı

Yüksek hızlı trenler (YHT), modern ulaşımın en gelişmiş biçimlerinden biri olarak kabul edilir. Saatte 250 km ve üzeri hız yapabilen bu trenler, şehirlerarası yolculuk sürelerini kısaltır, çevre dostu bir ulaşım çözümü sunar ve ekonomik kalkınmayı teşvik eder. YHT teknolojisi, ilk olarak 1964 yılında Japonya'da Shinkansen olarak adlandırılan trenlerle başlamış ve o tarihten bu yana dünya genelinde hızla yayılmıştır. Bugün, YHT ağları birçok ülkede, özellikle Çin, Japonya ve Avrupa'da, ulaşım altyapısının kritik bir parçası haline gelmiştir.

Yüksek hızlı tren altyapısı son on yılda dünya genelinde hızla genişledi. 2022 itibarıyla küresel yüksek hızlı demiryolu hatlarının toplam uzunluğu yaklaşık 59.000 km'ye ulaştı. Bu, 2020'deki ~44.000 km seviyesinden sadece iki yıl içinde % 30 artış ile pandemi sonrası yeni hatların açıldığını vurgulamaktadır. Asya-Pasifik bölgesi açık ara lider konumdadır: bölgedeki YHT hat uzunluğu 44.400 km'yi aşmış durumdadır. Bu hatların büyük kısmını Çin oluşturur – tek başına Çin'in yüksek hızlı demiryolu ağı 40.000 km'yi geçerek dünya YHT ağının yaklaşık üçte ikisini teşkil etmektedir. Çin, 2007'den bu yana devasa bir yatırım hamlesiyle ülkeyi boydan boya ören bir YHT ağı kurmuştur ve halen binlerce kilometre yeni hattın inşasına devam etmektedir. Avrupa, küresel YHT ağında ikinci sıradadır: Kıta genelinde YHT hatlarının toplamı ~12.000 km civarındadır. Avrupa'da İspanya, Fransa, Almanya, İtalya ve Japonya (coğrafi olarak Asya'da olsa da teknoloji ve ağ büyüklüğü bakımından benzer bir kategori) önde gelen YHT ülkeleridir. İspanya, Avrupa'nın en uzun YHT ağına (~3.700 km) sahip olup dünyada da Çin'den sonra ikinci en büyük ağıdır. Japonya yaklaşık 3.000 km yüksek hızlı hat ile (Shinkansen sistemi) uzun yıllardır yüksek hızlı trenin öncülerindendir. Fransa (~2.800 km) ve Almanya (~1.800 km) YHT altyapısını sürekli geliştiren diğer ülkelerdir. Orta Doğu bölgesi de YHT haritasına girmiştir: Suudi Arabistan 2018'de Haremeyn Hızlı Tren hattını (Mekke-Medine arası) açmış, ayrıca kuzey-güney yönünde bir diğer hızlı tren hattını işletmeye almıştır; bölgedeki toplam YHT hattı uzunluğu ~1.500 km kadardır. Kuzey Amerika'da ise YHT gelişimi oldukça sınırlıdır – bölgedeki ~735 km'lik hat çoğunlukla ABD'nin kısmi hızlı demiryolu (Acela koridoru) ve bazı Kanada/ABD projelerini içerir. Afrika kıtasında ilk ve tek yüksek hızlı tren hattı Fas'ta 2018'de açılan 186 km'lik Tanger – Kazablanka (Al-Boraq) hattıdır.

Yüksek hızlı tren ağı, inşa halindeki projelerle birlikte önümüzdeki yıllarda ciddi bir büyüme daha yaşayacak. Hâlihazırda yapım aşamasında olan YHT hatları, mevcut küresel ağı %33 oranında artıracak uzunlukta olup, tamamlandıklarında dünya toplamını 80.000 km düzeyine çıkaracaktır. Çin, 2035'e kadar YHT ağını 70.000 km'ye ulaştırmayı hedeflediğini açıklamıştır; ülke içinde yeni şehirleri bağlayan hatlar yanında komşu ülkelere (Laos, ileride Tayland, Vietnam) uzanan uluslararası YHT projelerine de yatırım yapmaktadır.

Hindistan, ülkenin ilk yüksek hızlı tren hattını Ahmedabad-Mumbai koridoru üzerinde, Japonya iş birliğiyle inşa etmektedir. 508 km uzunluğundaki bu hattın 2027 yılı itibarıyla tamamlanarak işletmeye alınması planlanmaktadır. Ayrıca Hindistan, Delhi-Varanasi ve Mumbai-Pune-Hyderabad gibi yeni yüksek hızlı tren koridorları için fizibilite çalışmaları yürütmektedir. Bu projeler, Hindistan'ın artan kentleşme ve ulaşım talebine yanıt vermek üzere demiryolu altyapısını modernize etme stratejisinin bir parçasıdır.

Güneydoğu Asya'da, Endonezya, Ekim 2023 itibarıyla Çin destekli Jakarta-Bandung YHT hattını hizmete alarak, yüksek hızlı tren işletmeciliğine başlayan ülkeler arasına katılmıştır. Bölgedeki diğer ülkeler olan Tayland, Vietnam ve Malezya, çeşitli YHT projelerini gündemlerinde tutmakta olup, örneğin Tayland'da Bangkok-Nong Khai hattının inşaatına başlamıştır.

Avrupa'da, Trans-Avrupa Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı (TEN-T) kapsamında, kıtadaki YHT bağlantılarının doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunda genişletilmesi hedeflenmektedir. Bu çerçevede, Almanya-Fransa-İspanya ekseninde yeni sınır ötesi bağlantılar planlanmakta; Doğu Avrupa'da ise Rail Baltica projesi kapsamında Polonya ile Baltık ülkeleri arasında 210 km/sa hıza uygun yeni bir yüksek hızlı hat inşa edilmektedir.

Birleşik Krallık, HS2 (High Speed 2) projesi ile Londra ile ülkenin kuzeyi arasındaki ulaşımı yüksek hızlı trenlerle güçlendirmeyi hedeflemektedir. Her ne kadar projenin bazı kısımları mali nedenlerle ertelenmiş veya iptal edilmiş olsa da, Londra-Birmingham etabının yapımı devam etmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, Kaliforniya Eyaleti, Los Angeles-San Francisco arasında yüksek hızlı tren hattı inşaatına 2010'lu yıllarda başlamış olup, proje çeşitli idari ve finansal nedenlerle gecikmelere uğramıştır. Bunun yanında Teksas'ta Dallas-Houston arasında, özel sektör öncülüğünde geliştirilen bir diğer YHT projesi planlama aşamasındadır.

Türkiye, hâlihazırda Ankara-İstanbul, Ankara-Konya ve Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hatlarıyla birlikte yaklaşık 1300 km uzunluğunda YHT hattı işletmektedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı öncülüğünde, bu ağın İzmir, Bursa ve Adana gibi önemli metropollere genişletilmesine yönelik altyapı yatırımları sürdürülmektedir.

Tayvan ve İran gibi ülkelerde de yüksek hızlı demiryolu projeleri gündemde olup, çeşitli teknik ve ekonomik nedenlerle bu projelerin ilerleme hızları sınırlı kalmaktadır. Bu durum, özellikle kamu finansmanı ve dış yatırım temininde yaşanan zorluklarla ilişkilendirilmektedir.

Yüksek hızlı tren (YHT) projeleri, başlangıçta yüksek sermaye yatırımı gerektirmelerine rağmen, uzun vadede hem yüksek yolcu talebini karşılamaları hem de bölgesel ekonomik kalkınmayı teşvik etmeleri açısından önemli getiriler sunmaktadır. Bugüne kadar dünya genelinde YHT altyapılarına yüz milyarlarca dolarlık yatırım gerçekleştirilmiş; bu yatırımlar, ulaştırma sistemlerinin modernizasyonunda ve karbon emisyonlarının azaltılmasında stratejik bir rol oynamıştır.

Örneğin, Çin, 2008-2020 döneminde yalnızca yüksek hızlı demiryolu projelerine yaklaşık 300 milyar ABD doları tutarında yatırım yaparak 25.000 kilometreden fazla YHT hattı inşa etmiştir. Bu kapsamlı ağ, ülkenin iç ekonomik entegrasyonunu güçlendirmiş ve şehirler arası ulaşımı önemli ölçüde hızlandırmıştır.

Avrupa'da, özellikle İspanya, son 20 yıl içinde YHT altyapısına yaklaşık 50 milyar avro düzeyinde yatırım yapmıştır. Bu yatırımlar sayesinde İspanya, Avrupa'nın en geniş ikinci yüksek hızlı demiryolu ağına sahip olmuş ve büyük şehirler arasında hızlı, konforlu ve düşük emisyonlu ulaşım seçenekleri sunmuştur.

Birleşik Krallık'ın HS2 projesi ise, Avrupa'nın en büyük altyapı yatırımlarından biri olup, projenin toplam maliyetinin 100 milyar İngiliz sterlinine yaklaşacağı öngörülmektedir. HS2 projesi yalnızca yolcu taşımacılığını değil; aynı zamanda iş gücü mobilitesini, emlak piyasasını ve bölgesel ekonomik dengeleri de doğrudan etkileyecek bir dönüşüm projesi olarak değerlendirilmektedir.

YHT hatları, özellikle 500-1000 kilometre arası mesafelerde, geleneksel hava taşımacılığına karşı rekabetçi bir alternatif oluşturmaktadır. Bu mesafe aralığında yüksek hızlı trenler, şehir merkezleri arası doğrudan bağlantılar, kısa terminal süreleri ve daha düşük çevresel etkiler sayesinde havayolu pazarından önemli ölçüde pay almaktadır. Fransa, İspanya, Çin ve Japonya gibi ülkelerde YHT hatlarının açılmasını takiben iç hat hava taşımacılığı talebinde %30-50 arasında düşüşler gözlemlenmiştir.

Bu bağlamda, yüksek hızlı demiryolu sistemleri sadece bir ulaşım aracı değil; aynı zamanda sosyo-ekonomik entegrasyonun, sürdürülebilir büyümenin ve teknolojik ilerlemenin bir taşıyıcısı olarak konumlandırılmaktadır. Önemli yıllarda da bu alandaki yatırımların, özellikle gelişen ülkelerde ve büyük metropol bölgeleri arasında, artarak devam etmesi beklenmektedir.

Yüksek hızlı trenler (YHT), özellikle 1.200 km'ye kadar olan mesafelerde, seyahat süresi, erişilebilirlik, konfor ve çevresel sürdürülebilirlik açısından hava yolu taşımacılığı ile doğrudan rekabet edebilen bir ulaşım modu hâline gelmiştir. Bu mesafe aralığında YHT sistemleri, şehir merkezleri arasında doğrudan bağlantı sunmaları, kısa check-in süreleri ve emisyon avantajları sayesinde hava yolu taşımacılığına karşı güçlü bir alternatif oluşturmaktadır.

Bu eğilim, YHT'nin devreye alındığı birçok ülkede iç hat hava trafiğinde gözle görülür azalmalarla kendini göstermektedir. Örneğin, İspanya'da Madrid-Barcelona hattında, yüksek hızlı demiryolu işletmesi AVE'nin açılmasının ardından hava yolu yolcu sayısı %30'dan fazla azalmıştır. Benzer şekilde Fransa'da Paris-Lyon hattı gibi güzergâhlarda da iç hat uçuşlarında ciddi gerilemeler yaşanmıştır.

Yüksek hızlı trenler, aynı zamanda küresel demiryolu yolcu taşımacılığı pazarının büyümesini doğrudan tetikleyen ve yönlendiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır. YHT hatları, dünya genelindeki toplam demiryolu ağının yalnızca yaklaşık %2'sini oluşturmalarına rağmen, toplam yolcu-kilometrenin yaklaşık %25'ini gerçekleştirmektedir. Bu durum, yüksek hızlı tren sistemlerinin düşük oransal altyapıya rağmen yüksek düzeyde verimlilik ve yolcu talebi ile çalıştığını açıkça ortaya koymaktadır.

Çin, bu konuda en dikkat çekici örneklerden biridir. Ülkede yılda 1 milyardan fazla yolcu yüksek hızlı trenlerle seyahat etmektedir. Bu rakam, aynı dönemde Çin iç hatlarında taşınan hava yolu yolcu sayısının (yaklaşık 415 milyon) iki katından fazladır. Çin'in yüksek hızlı tren sistemi, iç ulaşımında hava yolunun payını azaltmakla kalmamış; aynı zamanda bölgesel kalkınmayı hızlandırmış ve iç pazar entegrasyonunu güçlendirmiştir.

Japonya'da, 1964'te hizmete giren ve yıllar içinde genişletilen Shinkansen ağı, yılda yaklaşık 400 milyon yolcu taşımaktadır. Ülke genelinde büyük şehirler arasındaki yolculukların %90'ından fazlası artık trenle gerçekleştirilmektedir, bu da YHT'nin hava yolu taşımacılığı karşısında erişim, hız ve güvenilirlik bakımından sağladığı üstünlüğün somut bir göstergesidir.

Bu örnekler, yüksek hızlı demiryolu sistemlerinin yalnızca bir ulaşım alternatifi değil, aynı zamanda ulusal ulaşım politikalarının merkezi bir unsuru ve karbonsuz ulaşım hedeflerinin temel taşı hâline geldiğini göstermektedir.



Önümüzdeki dönemde artan şehirleşme, mobilite ihtiyacı ve çevresel baskılar, yüksek hızlı trenlerin küresel ölçekte daha da yaygınlaşmasını kaçınılmaz kılacaktır

Uluslararası Demiryolu Birliği (UIC) ve diğer önde gelen küresel ulaştırma kuruluşları, yüksek hızlı demiryolu yatırımlarını artık bir "lüks" değil, daha temiz, daha verimli ve sürdürülebilir bir ulaşım sistemine geçişte stratejik bir gereklilik olarak değerlendirmektedir. Artan nüfus, şehirleşme oranları ve iklim değişikliğiyle mücadele hedefleri doğrultusunda, YHT sistemleri hem altyapı yatırımları hem de kamu politikaları açısından öncelikli gündem maddesi hâline gelmiştir.

Yüksek hızlı trenlerin sunduğu avantajlar – yüksek taşıma kapasitesi, düşük özgül enerji tüketimi ve karbon emisyonu, yüksek hızda güvenli seyahat – hükümetler açısından yalnızca ulaştırma performansını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sosyal refah ve çevresel sürdürülebilirlik bağlamında da önemli kazanımlar yaratmaktadır. Bu nedenle, birçok ülke YHT yatırımlarını uzun vadeli sosyal fayda getirisi yüksek altyapı projeleri olarak sınıflandırmakta ve ulusal kalkınma planları içerisine entegre etmektedir.

Önümüzdeki 10 yıllık projeksiyonlar, özellikle Asya-Pasifik bölgesinde YHT'ye yönelik yolcu talebinin güçlü bir artış ivmesini sürdüreceğine işaret etmektedir. Çin ve Hindistan gibi ülkelerde artan şehirleşme, iç turizm ve iş seyahati trafiği bu talebi desteklemektedir. Avrupa'da ise sınır ötesi bağlantıların yaygınlaşmasıyla birlikte YHT'nin kıta içi hava yolu taşımacılığına rakip hâle gelmesi ve pazar payını artırması beklenmektedir.

Bu bağlamda yapılan bir analize göre:

- Kuzey Amerika'da, uygun güzergâhlarda gerçekleştirilecek yüksek hızlı tren yatırımları ile iç hat hava yolu uçuşlarının %21'inin trene kaydırılabileceği,
- Avrupa'da bu oranın %10,
- Latin Amerika'da ise %9 düzeyinde olabileceği öngörülmektedir.

Bu tahminler, yüksek hızlı trenlerin yalnızca karayolu ve konvansiyonel demiryolu taşımacılığına alternatif oluşturmakla kalmadığını, aynı zamanda havacılık sektörü gibi karbon yoğun ulaşım modlarında doğrudan bir "karbon azaltım aracı" olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır.

YHT yatırımları, bu bağlamda sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda ulaşım sektörünün yeniden yapılandırılmasında temel stratejik araçlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle 2030 ve 2050 yılları için belirlenen karbon nötr hedefler kapsamında, yüksek hızlı demiryolları, hükümetlerin ulaşım altyapısı politikalarında karbonsuzlaştırma yol haritalarının ana bileşenlerinden biri hâline gelmektedir.

Çin, Japonya, Fransa ve İspanya, yüksek hızlı tren (YHT) teknolojisi ve işletmeciliği alanında küresel ölçekte öncü ülkeler konumunda olup, hem altyapı yatırımları hem de sistem geliştirme kabiliyetleri açısından sektöre yön vermeye devam etmektedir.

Çin, CRH (China Railway High-speed) ve daha gelişmiş versiyonu olan Fuxing tren setleri ile 350 km/sa operasyonel hıza ulaşabilen geniş kapsamlı bir YHT ağına sahiptir. Çin YHT sistemi, teknolojik olarak tamamen yerli üretim kapasitesine dayanmakta ve tren setlerinden sinyalizasyon altyapısına kadar kapsamlı bir sistem entegrasyonu sunmaktadır. Aynı zamanda Çin, 400 km/sa hız sınıfındaki yeni nesil trenlerin prototiplerini geliştirmekte ve uluslararası hatlara yönelik uyumlu araçlar üretmektedir.

Japonya, 1964'te faaliyete geçen Shinkansen sistemi ile YHT teknolojisinin öncüsü olmuş ve bu alandaki sürekli inovasyon yaklaşımını günümüze kadar sürdürmüştür. Günümüzde Japonya, sadece geleneksel tekerlekli sistemlerle değil, aynı zamanda manyetik levitasyon (maglev) teknolojisi ile çalışan trenler üzerinde de Ar-Ge faaliyetlerini ilerletmektedir. Bu çerçevede inşası süren Chuo Shinkansen hattı, Tokyo ile Nagoya arasında 500 km/sa hızla hizmet verecek dünyanın ilk süper iletken maglev hattı olma özelliğini taşımaktadır.

Avrupa'da, YHT sistemleri farklı ülkelerde kendine özgü markalar altında gelişmiştir:

- Fransa'nın TGV (Train à Grande Vitesse) sistemi, Avrupa'da yüksek hızlı demiryolunun simgesi hâline gelmiş ve sınır ötesi bağlantılarda da etkin biçimde kullanılmaktadır.
- Almanya, ICE (InterCity Express) serisi ile yüksek konfor ve entegrasyon odaklı bir yaklaşım benimsemiş; teknolojik olarak daha sessiz, enerji verimliliği yüksek tren setleri üretmiştir.
- İtalya, Frecciarossa serisi ile hızlı ve premium yolcu hizmetlerine odaklanarak, farklı hız sınıflarında hizmet sunan ticari modeller geliştirmiştir.
- İspanya, AVE (Alta Velocidad Española) markası altında, geniş coğrafi kapsama sahip yüksek hızlı demiryolu hatlarını hizmete almış ve ülkenin doğu-batı ulaşım omurgasını bu sistem üzerine kurmuştur.

Bu ülkeler yalnızca tren setlerinin hız ve konfor parametrelerini geliştirmekle kalmayıp, aynı zamanda ileri sinyalizasyon sistemleri, otomatik tren kontrol teknolojileri (ETCS/ERTMS), akıllı bakım sistemleri ve karbon salımı düşük tahrik sistemleri gibi alanlarda da sürekli yenilikler yapmaktadır. Yüksek hızlı trenler, bu sayede yalnızca daha hızlı ulaşımı değil, aynı zamanda daha güvenli, daha verimli ve çevre dostu taşımacılığı da temsil etmektedir.

Hindistan gibi yüksek nüfusa sahip ülkelerin yüksek hızlı tren (YHT) sistemlerine dâhil olması, küresel demiryolu taşımacılığı dinamiklerinde yeni bir denge oluşturma potansiyeline sahiptir. Yüksek nüfus yoğunluğu, şehirlerarası ulaşımında büyük bir yolcu hacmi anlamına gelmekte ve bu da YHT sistemleri için yüksek kapasite ve verimlilikle çalışan altyapılara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu nedenle Hindistan'ın YHT yatırımları, yalnızca ulusal ulaşım sisteminde bir dönüşüm değil, aynı zamanda küresel YHT pazarının yeniden şekillenmesi anlamına da gelmektedir.

Benzer şekilde, Güneydoğu Asya ülkeleri arasında bölgesel entegrasyonu hedefleyen bir YHT ağı vizyonu giderek daha fazla gündeme gelmektedir. Özellikle Singapur'dan başlayarak Malezya ve Tayland üzerinden Çin'e bağlanacak yüksek hızlı demiryolu koridorları, yalnızca ulaşımı kolaylaştırmakla kalmayacak, aynı zamanda ekonomik iş birliklerini de pekiştirecek stratejik altyapı projeleri olarak değerlendirilmektedir.

Orta Doğu coğrafyasında da Birleşik Arap Emirlikleri ve İsrail gibi ülkeler, enerji kaynaklı gelirlerini çeşitlendirme ve sürdürülebilir ulaşımı teşvik etme amacıyla YHT sistemlerine yönelik ilgilerini artırmaktadır. Bu ülkelerde YHT projeleri hem şehirlerarası ulaşım süresini azaltmakta hem de turizm ve lojistik potansiyelini genişletmeye katkı sunmaktadır.

Latin Amerika özelinde ise, geçmişte Meksika ve Brezilya gibi ülkeler çeşitli YHT projelerini gündeme almış ancak bu projeler, finansman yetersizliği ve politik istikrarsızlık gibi nedenlerle ertelenmiştir. Ancak günümüzde artan kentleşme oranları, orta sınıfın büyümesi ve altyapı modernizasyonuna yönelik dış kaynakların erişilebilirliği, bu ülkelerde YHT projelerinin yeniden canlandırılması için uygun bir zemin oluşturmaktadır.

Yüksek hızlı tren teknolojisi yalnızca yayılmakla kalmayıp, aynı zamanda sistem olgunluğu ve operasyonel mükemmeliyet açısından da sürekli evrim geçirmektedir. Bu bağlamda tren setlerinde geliştirilen yeni teknolojiler şu alanlarda yoğunlaşmaktadır:

- Geliştirilmiş aerodinamik tasarımlar, hava direncini azaltarak daha yüksek hız ve daha düşük enerji tüketimi sağlamaktadır.
- Rejeneratif fren sistemleri, frenleme sırasında açığa çıkan enerjinin geri kazanılarak yeniden kullanılması sayesinde enerji verimliliğini artırmaktadır.
- Gelişmiş sinyalizasyon ve güvenlik sistemleri, yolcu emniyetini en üst düzeyde garanti altına almakta; özellikle otomatik tren kontrol (ATC) ve ETCS/ERTMS gibi sistemlerin entegrasyonu hızlanmaktadır.
- Yolcu deneyimine odaklanan dijital teknolojiler, tren içi bağlantı sistemleri, akıllı koltuk rezervasyon sistemleri ve gerçek zamanlı bilgilendirme panelleri gibi uygulamalarla hizmet kalitesini artırmaktadır.

Özetle, küresel yüksek hızlı tren sistemi hem coğrafi kapsam açısından genişlemekte, hem de teknolojik ve operasyonel açıdan olgunlaşarak yeni nesil ulaşım anlayışını şekillendirmektedir. Önümüzdeki on yılda, başta Asya ve Avrupa olmak üzere, çok sayıda yeni oyuncunun sahneye çıkması, yolcu sayılarında dramatik artışlar, sınır ötesi entegrasyon projelerinin hız kazanması ve karbon nötr ulaşım stratejileriyle daha güçlü biçimde entegrasyon beklenmektedir.

Yüksek hızlı demiryolları, bu yönüyle yalnızca teknik bir ulaşım çözümü değil, aynı zamanda bölgesel kalkınma, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik entegrasyon açısından da stratejik bir araç olarak değerlendirilmeye devam edecektir.

### **1.5.1. Asya Bölgesinde Önemli Ülkeler**

#### **1.5.1.1. Çin**

Çin'in yüksek hızlı demiryolu stratejisi, yalnızca iç ulaşım entegrasyonunu sağlamakla kalmayıp aynı zamanda küresel ulaşım ağlarıyla bütünleşik bir yapı oluşturmaya hedeflemektedir. "Belt and Road Initiative (BRI)" kapsamında geliştirilen projelerle Çin, komşu ülkelerle karayolu ve denizyoluna ek olarak demiryolu bağlantılarını da güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda Laos, Tayland ve Vietnam gibi ülkelerle sınır ötesi yüksek hızlı demiryolu projeleri planlanmış veya yapım aşamasına geçilmiştir. Çin-Laos Demiryolu (Kunming-Vientiane), 2021 yılında faaliyete geçerek bu vizyonun somut örneklerinden biri olmuştur.

Çin YHT altyapısının karakteristik özellikleri, yüksek hat kapasiteleri, çok sayıda istasyon entegrasyonu, gelişmiş sinyalizasyon sistemleri ve trenlerin 300–350 km/sa hızlarda düzenli çalışabilmesiyle dikkat çekmektedir. “Fuxing Hao” adı verilen modern tren setleri, yerli teknoloji ile geliştirilmiş olup hem performans hem enerji verimliliği açısından ileri düzeydedir. Çin bu alanda lokomotif ve vagon üretimi, altyapı inşası ve sinyalizasyon sistemleri dahil olmak üzere eksiksiz bir yerli tedarik zinciri kurmuştur.

Ayrıca Çin, YHT sistemini ikincil ve üçüncül kentlere yayarak yalnızca büyük metropoller değil, aynı zamanda iç bölgelerdeki kentleri de kapsayan dengeli bir ulaşım ağı oluşturmayı hedeflemektedir. Bu strateji, bölgesel eşitsizliklerin azaltılması ve iç pazarın entegrasyonu açısından önemli bir politika aracı olarak kullanılmaktadır.

2025 ve sonrası için öngörüler, Çin’in YHT ağına 50.000 km’ye çıkarılması yönündedir. Bu büyüme yalnızca hat uzunluğu anlamında değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve dijitalleşme açısından da yeni standartlar belirlemeyi içermektedir. Yapay zekâ destekli trafik kontrol sistemleri, otomatik tren sürüş teknolojileri (ATO) ve karbon nötr enerji kaynakları kullanımı gibi alanlarda Ar-Ge yatırımları devam etmektedir.

Çin’in YHT deneyimi, diğer gelişmekte olan ülkeler için model teşkil ederken, aynı zamanda küresel demiryolu endüstrisinde stratejik bir ihracat kalemi ve dış politika enstrümanı haline gelmiştir. Hem teknik bilgi transferi hem de altyapı finansmanı açısından Çin, küresel YHT projelerinde aktif bir aktör olmaya devam etmektedir.

#### 1.5.1.2. Japonya

Japonya, yüksek hızlı demiryolu teknolojisinin öncüsü olarak kabul edilmekte olup, Shinkansen sistemi ile modern hızlı tren işletmeciliğinin temelini atmıştır. 1964’te hizmete giren Tōkaidō Shinkansen hattı, yalnızca teknolojik bir yenilik olmakla kalmamış, aynı zamanda ulaşımında devrimsel bir dönüşüm yaratmıştır. Günümüzde Japonya genelinde faaliyet gösteren Shinkansen ağı, Tōhoku, Sanyō, Kyushu, Hokkaido ve Hokuriku gibi birçok ana hatla 2.800 km’yi aşkın bir yüksek hızlı demiryolu sistemine ulaşmıştır.

Shinkansen trenleri, 300 km/saat üzerindeki operasyonel hızlara ulaşmakta ve %99’un üzerinde zamanında varış performansı ile dikkat çekmektedir. Sistemin güvenlik geçmişi son derece başarılıdır; bugüne kadar yolcu kaynaklı ölümcül bir kaza yaşanmamış olması, Japonya’nın YHT sisteminde uyguladığı yüksek mühendislik standartları, sürekli bakım politikaları ve gelişmiş sinyalizasyon sistemlerinin başarısını göstermektedir.

Japonya, geleneksel tekerlekli sistemlerin ötesinde, manyetik levitasyon (maglev) teknolojisinde de lider ülkelerden biridir. Chūō Shinkansen adı verilen yeni nesil maglev hattı, Tokyo–Nagoya–Osaka arasında inşa edilmekte olup, trenlerin 600 km/saat’e kadar ulaşan hızlarla çalışması hedeflenmektedir. Bu proje tamamlandığında, iki şehir arasındaki ulaşım süresi mevcut YHT sistemine göre yarı yarıya azalacaktır. Maglev teknolojisinin ticarileştirilmesi, yalnızca Japonya’nın iç ulaşımı açısından değil, aynı zamanda küresel pazarda teknolojik üstünlük elde etmesi bakımından da stratejik önem taşımaktadır.

Japonya’da Shinkansen hatları, ülke nüfusunun büyük bölümünün yaşadığı şehirleri birbirine bağlamakta ve günlük olarak milyonlarca yolcuya hizmet vermektedir. Yılda ortalama 400 milyonun üzerinde yolcu, Shinkansen sistemini kullanmakta ve bu, Japonya’nın iç ulaşımında YHT’nin ne denli merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Örneğin Tokyo–Osaka koridoru, yolcu yoğunluğu açısından dünyanın en işlek YHT rotalarından biridir.

Japon hükümeti ve demiryolu işletmecileri, Shinkansen sisteminin çevresel etkilerini daha da azaltmak, enerji verimliliğini artırmak ve akıllı ulaşım sistemleriyle entegre etmek amacıyla Ar-Ge faaliyetlerine hız vermiştir. Bu kapsamda, rejeneratif frenleme sistemleri, gelişmiş tren kontrol yazılımları, yolcu konforunu artıran dijital çözümler ve deprem erken uyarı sistemleri gibi çok sayıda teknolojik yenilik sisteme entegre edilmektedir. Güney Kore, KTX (Korea Train Express) adlı YHT ağıyla tanınır. 2004 yılında hizmete giren bu ağ, Seul, Busan ve diğer büyük şehirler arasında hızlı ulaşım sağlamaktadır. Güney Kore’nin YHT ağı, 1.000 km’den fazladır ve sürekli olarak genişletilmektedir. KTX, güvenilirlik ve yüksek hız açısından dünya standartlarına uygun bir sistem olarak kabul edilir.

Japonya’nın yüksek hızlı demiryolu deneyimi, yüksek güvenlik, dakiklik, kapasite ve ileri teknoloji kriterlerini başarıyla bir araya getiren bütüncül bir modeldir. Japonya bu alanda yalnızca uygulayıcı değil, aynı zamanda bilgi ve teknoloji ihracatçısı bir aktör olarak küresel YHT pazarında stratejik bir konumda bulunmaktadır.

### **1.5.1.3. Güney Kore**

Güney Kore, Doğu Asya bölgesinde yüksek hızlı demiryolu sistemlerini başarıyla uygulayan öncü ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir. KTX (Korea Train Express) adıyla bilinen yüksek hızlı tren ağı, 2004 yılında Seul-Busan hattının devreye alınmasıyla hizmete başlamış ve o tarihten itibaren ülkenin ana ulaşım omurgası haline gelmiştir.

Güney Kore'nin YHT altyapısı, Fransız TGV teknolojisine dayalı olarak geliştirilmiş, ancak daha sonraki aşamalarda yerli mühendislik katkılarıyla özgünleştirilmiştir. 2023 yılı itibarıyla KTX ağı 1.000 km'yi aşmış durumdadır ve Seul-Busan, Seul-Gwangju, Seul-Mokpo gibi yüksek talep gören güzergâhlarda düzenli ve yüksek kapasiteli hizmet sunmaktadır. KTX tren setleri, 300 km/saat'e kadar operasyonel hızlara ulaşabilmekte olup, yüksek güvenlik ve zamanında varış oranları ile öne çıkmaktadır.

KTX sistemi, açıldığı tarihten itibaren hızlı kentler arası ulaşımı yaygınlaştırmış ve hava yolunun bu mesafelerdeki pazar payını ciddi şekilde azaltmıştır. Örneğin Seul-Busan hattında KTX'in devreye alınmasıyla birlikte iç hat uçuşlarındaki yolcu sayısında %40'tan fazla düşüş yaşanmıştır. Bu durum, yüksek hızlı trenin havayoluna rekabetçi bir alternatif oluşturduğunun önemli bir göstergesidir.

Güney Kore, KTX sisteminin ardından yerli yüksek hızlı tren üretimi konusunda da önemli adımlar atmıştır. "HEMU-430X" gibi prototiplerle 430 km/saat hıza ulaşabilen tren setleri geliştirilmiş, bu sayede yalnızca işletmeci değil aynı zamanda teknoloji sağlayıcı ülke konumuna gelinmiştir. Bu gelişmeler, ülkenin demiryolu sanayisinde bağımsızlık düzeyini artırmış ve ihracat potansiyelini güçlendirmiştir.

YHT sisteminin ülke genelinde yaygınlaşmasıyla birlikte bölgesel kalkınma, iş gücü hareketliliği ve kentler arası ekonomik entegrasyon hız kazanmıştır. KTX, özellikle başkent Seul merkezli işgücü mobilitesini artırarak megakent baskısını azaltan bir ulaşım çözümü haline gelmiştir.

Güney Kore, KTX sistemini daha da geliştirerek 2025 sonrasında ulusal kapsamlı bir süper hızlı tren ağı kurmayı hedeflemektedir. Seul-Gangneung hattı gibi yeni hatların yanı sıra, "SRT (Super Rapid Train)" adıyla alternatif yüksek hızlı hatlar da devreye alınmış ve özel sektör katılımı artırılmıştır. Ayrıca Kore, yüksek hızlı tren sistemini çevreci ulaşım vizyonuna entegre etme yönünde adımlar atmakta; enerji verimliliği, karbon salınımının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu gibi alanlara yatırım yapılmaktadır.

### **1.5.1.4. Hindistan**

Hindistan, Asya kıtasında demiryolu altyapısı en yaygın ülkelerden biri olarak, geleneksel demiryolu sisteminin ötesine geçip yüksek hızlı tren (YHT) teknolojisini benimseyen ülkeler arasına katılma yönünde önemli adımlar atmaktadır. Bu kapsamda yürütülen en dikkat çekici proje, Mumbai-Ahmedabad Yüksek Hızlı Demiryolu Koridorudur.

Söz konusu hat, Hindistan'ın ilk YHT hattı olmasının yanı sıra, Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ile gerçekleştirilen stratejik bir teknoloji transferi projesidir. Hat, Japonya'nın gelişmiş Shinkansen teknolojisi (E5 Series) temel alınarak inşa edilmekte olup, tasarım hızı 320 km/saat, operasyonel hızı ise 300 km/saat düzeyindedir. 508 km uzunluğundaki bu hat, tamamlandığında Mumbai ile Ahmedabad arasındaki mevcut 8 saatlik seyahat süresini yalnızca 2 saate düşürecektir. Hattın 2026-2027 döneminde kademeli olarak hizmete girmesi öngörülmektedir.

Hat kapsamında, Hindistan'da ilk defa yer üstü viyadükler, tüneller (özellikle deniz altı tüneli segmenti) ve modern istasyon kompleksleri inşa edilmektedir. Projede %80'in üzerinde fiziksel ilerleme sağlanmış olup, bazı kesimlerde üstyapı montajı ve sinyalizasyon sistemlerinin kurulumu başlamıştır.

Mumbai-Ahmedabad hattı, Hindistan'ın uzun vadeli Ulusal Altyapı Planı çerçevesinde planlanan geniş kapsamlı YHT ağına ilk etabıdır. Hindistan hükümeti, Delhi-Varanasi, Mumbai-Hyderabad, Chennai-Bengaluru-Mysore ve Delhi-Amritsar gibi çok sayıda yeni yüksek hızlı koridorun fizibilite çalışmalarını sürdürmektedir. Bu koridorlar arasında Delhi-Varanasi hattı, Hindistan'ın kutsal şehirlerini birbirine bağlaması açısından stratejik öneme sahiptir ve pilot proje statüsündedir.

YHT projeleri, Hindistan'ın ulaşım altyapısını dönüştürmeye yönelik daha geniş kapsamlı bir stratejinin parçasıdır. Bu strateji, kentler arası bağlantıyı hızlandırmak, büyükşehirlerin etki alanını genişletmek, karbon emisyonlarını azaltmak ve bölgesel kalkınmayı desteklemek gibi çok boyutlu hedefler taşımaktadır. Ayrıca projeler kapsamında yerli üretimin teşvik edilmesi amacıyla "Make in India" politikası doğrultusunda ray, travers, sinyalizasyon ve bazı tren ekipmanlarının yerli imalatı desteklenmektedir.



Her ne kadar yüksek hızlı tren projeleri gelecekte önemli katkılar sağlayacak olsa da, Hindistan özelinde arazi kamulaştırma süreçleri, finansman gereksinimleri, tedarik zinciri sorunları ve inşaatte teknik kapasite eksiklikleri, uygulamada karşılaşılan başlıca zorluklar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, merkezi hükümetin projelere verdiği güçlü siyasi destek, bu engellerin aşılmasına katkı sağlamaktadır.

Hindistan, yüksek nüfusu ve hızla büyüyen şehirleşmesiyle yüksek hızlı tren teknolojisi için büyük bir potansiyele sahiptir. Mumbai-Ahmedabad hattı, bu dönüşümün başlangıç noktası olup, başarılı bir model olması durumunda ülke genelinde benzer yatırımlara ivme kazandırması beklenmektedir.

## 1.5.2. Avrupa Bölgesinde Önemli Ülkeler

### 1.5.2.1. İspanya

İspanya, Avrupa kıtasında yüksek hızlı demiryolu altyapısına en çok yatırım yapan ülkelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Alta Velocidad Española (AVE) adıyla bilinen YHT sistemi, ülkenin ulaşım politikalarının merkezinde yer almakta ve hem büyük şehirleri hem de daha küçük yerleşimleri birbirine bağlayarak ekonomik bütünleşmeye ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlamaktadır.

2023 yılı itibarıyla İspanya'nın yüksek hızlı demiryolu ağının toplam uzunluğu 3.100 kilometreyi aşmıştır ve bu uzunluk ile ülke, Avrupa'da en geniş YHT ağına sahip devlet konumundadır. Madrid merkezli yıldız şeklinde yayılan ağ, Barcelona, Sevilla, Valencia, Málaga, Zaragoza, Valladolid gibi büyük metropoller ve orta ölçekli kentleri birbirine bağlayacak şekilde planlanmıştır.

AVE hatları, tasarım olarak 300-350 km/saat hızlara uygun olarak inşa edilmiştir. Modern sinyalizasyon sistemleri (ör. ERTMS - European Rail Traffic Management System) ile donatılan hatlar, yüksek güvenlik ve zamanında varış performansı göstermektedir. AVE trenleri, operasyonel olarak hem yüksek hızda hem de konvansiyonel hatlarla uyumlu çok sistemli araçlar sayesinde geniş bir kapsama sahasına ulaşmaktadır.

İspanya, YHT yatırımlarını yalnızca ulaşım süresi azaltımı olarak değil, aynı zamanda kırsal alanlarda ekonomik canlılık yaratma stratejisi çerçevesinde değerlendirmektedir. Madrid-Sevilla hattının açılmasından itibaren yapılan analizler, yüksek hızlı tren erişiminin bölgesel turizm, konut piyasası ve istihdam üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Bu nedenle, altyapı yatırımları sadece büyük şehirleri değil, aynı zamanda az gelişmiş bölgeleri demiryolu aracılığıyla ülke ekonomisine entegre etme amacı taşımaktadır.

İspanya, yüksek hızlı tren ağını Avrupa'nın diğer bölgeleriyle entegre etmeye yönelik projelere de odaklanmaktadır. Barcelona üzerinden Fransa'ya (Perpignan-Montpellier hattı aracılığıyla) uluslararası bağlantılar kurulmuş; Madrid-Lizbon hattı gibi projeler gündeme alınmıştır. Ayrıca, ülke içinde yüksek hızlı yük taşımacılığı (freight high-speed rail) konsepti üzerine pilot uygulamalar da değerlendirilmektedir.

Son yirmi yılda İspanya, yüksek hızlı demiryolu altyapısına yaklaşık 50 milyar avro düzeyinde yatırım yapmıştır. Bu yatırımların önemli bir kısmı Avrupa Birliği fonları ve kamu-özel iş birliği (PPP) modelleriyle finanse edilmiştir. Bu bağlamda İspanya, hem teknik kapasite hem proje yönetimi hem de demiryolu politikası açısından Avrupa Birliği içinde model ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir.

İspanya'nın AVE sistemi, sadece hızlı ve güvenli ulaşım sağlamakla kalmayıp, kapsayıcı kalkınma, bölgesel eşitsizliklerin azaltılması ve düşük karbonlu ulaşımın teşvik edilmesi gibi çok boyutlu stratejik hedeflere hizmet eden bir kamu yatırımı olarak değerlendirilmektedir.

### 1.5.2.2. Fransa

Fransa, yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisinin öncülerinden biri olup, 1981 yılında hizmete giren Paris-Lyon hattı ile bu alanda küresel ölçekte çığır açmıştır. Fransız Ulusal Demiryolu Şirketi (SNCF) tarafından işletilen TGV (Train à Grande Vitesse) ağı, Avrupa kıtasındaki en gelişmiş ve yaygın YHT sistemlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

2023 yılı itibarıyla Fransa'nın yüksek hızlı demiryolu ağı, 3.000 kilometreyi aşan özel yüksek hızlı hatlardan (LGV - Lignes à Grande Vitesse) oluşmaktadır. Bu hatlar, başkent Paris'i ülkenin diğer büyük şehirleri olan Lyon, Marsilya, Lille, Strasbourg, Bordeaux ve Nantes gibi merkezlere yüksek hızlı bağlantılarla entegre etmektedir. TGV trenleri, tipik olarak 270-320 km/saat operasyonel hızlarla çalışmakta, bazı hatlarda ise 350 km/saat'e kadar deneme sürüşleri gerçekleştirilmiştir.

Fransa'nın YHT altyapısı, yalnızca ülke içi bağlantıları değil, aynı zamanda Avrupa'nın uluslararası demiryolu koridorlarıyla entegrasyonunu da sağlamaktadır. TGV ağı, İspanya (Barcelona), Almanya (Frankfurt),

Stuttgart), Belçika (Brüksel) ve İtalya (Milano) gibi ülkelere doğrudan hizmet verebilen sınır ötesi hatlara sahiptir. Bu bağlamda Fransa, Avrupa Birliği'nin Trans-Avrupa Ulaşım Ağı (TEN-T) stratejisinin önemli bir halkasını oluşturmaktadır.

TGV trenleri, düşük titreşimli yolculuk konforu, yüksek emniyet seviyesi ve zamanında varış oranları ile bilinir. Fransa, 2007 yılında 574,8 km/saat ile hâlen geçerliliğini koruyan dünya hız rekorunu kıırarak bu alandaki mühendislik kapasitesini ortaya koymuştur. Yeni nesil TGV tren setleri (örneğin TGV M), daha hafif yapı, enerji verimliliği, yüksek koltuk kapasitesi ve dijital kontrol sistemleri gibi iyileştirmelerle geliştirilmektedir.

Fransa'daki YHT yatırımları, karayolu ve havayolu talebini azaltarak karbon salınımının düşürülmesine katkı sağlamakta; ayrıca bölgesel kalkınma, iç turizmin desteklenmesi ve kırsal alanlara ulaşımın kolaylaştırılması gibi sosyal hedeflere de hizmet etmektedir. Özellikle Paris merkezli radyal ağ yapısı, merkez-çevre entegrasyonunu güçlendiren bir model olarak gösterilmektedir.

Fransa, yüksek hızlı demiryolu ağını genişletme stratejisi kapsamında Paris-Normandiya, Lyon-Torino ve Bordeaux-Toulouse gibi yeni LGV hatlarını planlamakta veya inşa etmektedir. Ayrıca sınır ötesi dijital biletleme sistemleri, yeşil enerji kaynaklarının entegrasyonu ve kademeli emisyon azaltımı gibi alanlarda Ar-Ge faaliyetleri sürdürülmektedir.

### **1.5.2.3. Almanya**

Almanya, yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisi ve işletmeciliği alanında Avrupa'nın öncü ülkelerinden biridir. Ülkede Deutsche Bahn (DB) tarafından işletilen ICE (InterCity Express) ağı, Almanya'nın ulusal ve uluslararası ölçekte en hızlı ve en entegre demiryolu sistemlerinden birini oluşturur.

ICE ağı, ilk olarak 1991 yılında Hannover-Würzburg hattında hizmete girmiştir. O tarihten bu yana sistem hem altyapı hem de tren setleri açısından sürekli olarak genişletilmiş ve modernize edilmiştir. 2023 itibarıyla ICE hatlarının toplam uzunluğu 1.600 km'yi aşmakta, yüksek hızlı hatlar (Neubaustrecken) ve yükseltilmiş konvansiyonel hatlar (Ausbaustrecken) kombinasyonu ile geniş bir coğrafyada hizmet sunulmaktadır.

ICE ağı, Berlin, Frankfurt, Münih, Hamburg, Köln ve Düsseldorf gibi ülkenin başlıca metropollerini birbirine bağlamaktadır. Bu hatlarda 250-300 km/saat hızlara ulaşan ICE trenleri, yolcu taşımacılığında havayolu ve karayolu taşımacılığına kıyasla zaman verimliliği, konfor ve çevre performansı açısından güçlü bir alternatif sunmaktadır. ICE trenleri, ayrıca yoğun talep gören şehirlerarası ve iş amaçlı seyahat segmentinde önemli bir paya sahiptir.

Almanya'nın YHT sistemi, Avrupa'daki birçok ülke ile entegre çalışmaktadır. ICE hatları, Fransa (Paris), Belçika (Brüksel), Hollanda (Amsterdam), İsviçre (Zürich, Basel), Avusturya (Viyana) ve Çekya (Prag) gibi ülkelerle doğrudan bağlantılar sunarak Trans-Avrupa Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı içerisinde stratejik bir köprü görevi görmektedir.

ICE filosu, sürekli teknolojik yenilemelerle geliştirilmektedir. Yeni nesil tren setleri olan ICE 4 ve ICE L, enerji verimliliği, aerodinamik yapı, düşük bakım maliyetleri ve engelli erişimi gibi modern demiryolu standartlarına uygun şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca dijital trafik yönetimi, uzaktan tanımlama sistemleri ve yolcu bilgi teknolojileri, hizmet kalitesini artıran önemli unsurlar arasında yer almaktadır.

Almanya'da ICE yatırımları, karbon emisyonlarının azaltılması, sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin güçlendirilmesi ve şehirler arası ekonomik etkileşimin artırılması açısından stratejik öneme sahiptir. ICE hatları, kısa ve orta mesafeli iç hat hava taşımacılığına güçlü bir alternatif sunmakta ve mobilite dönüşüm politikalarının temel taşı olarak değerlendirilmektedir.

Almanya, ICE ağını genişletme ve modernize etme hedefiyle Berlin-Münih yüksek hızlı koridorunun tamamlanması, Frankfurt-Mannheim bağlantısının güçlendirilmesi ve dijital sinyalizasyon sistemlerinin (ETCS) yaygınlaştırılması gibi projeleri gündemine almıştır. Ayrıca çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı ve emisyonlu ulaşım çözümleri çerçevesinde YHD sistemlerinin sürdürülebilirliğini artırmayı amaçlamaktadır.

### **1.5.2.4. İtalya**

İtalya, yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerini hem kamu hem de özel sektör tarafından işletilen iki ana marka üzerinden sunmaktadır: Trenitalia tarafından işletilen Frecciarossa (Kırmızı Ok) ve özel sektör girişimi olan Italo (Nuovo Trasporto Viaggiatori - NTV). Bu yapı, İtalya'yı Avrupa'da serbestleştirilmiş YHD pazarında öncü ülkelerden biri haline getirmiştir.

2023 yılı itibarıyla İtalya'daki yüksek hızlı demiryolu ağı, 1.500 km'yi aşkın bir hat uzunluğuna ulaşmıştır. Bu ağ, ülkenin kuzey-güney aksında uzanan ve ekonomik açıdan en dinamik bölgelerini birbirine bağlayan bir ulaşım omurgası oluşturur. Hatlar, çoğunlukla Torino-Milano-Bologna-Floransa-Roma-Napoli-Salerno güzergahında konumlanmıştır. Ayrıca kuzeyde Venedik ve Trieste, güneyde ise Bari ve Reggio Calabria gibi destinasyonlara doğru genişleme planları mevcuttur.

- Frecciarossa, 300-360 km/saate varan hızlarla hizmet veren ve yüksek yolcu konforu sağlayan Trenitalia'ya ait premium YHT markasıdır.
- Italo, Avrupa'daki ilk özel YHT işletmecisi olarak, benzer rotalarda alternatif hizmetler sunmakta; modern tren setleri ve esnek tarifeleriyle pazarda rekabeti teşvik etmektedir.

Frecciarossa ve Italo'nun faaliyetleri, İtalya'da yüksek hızlı demiryolu taşımacılığını hem talep hem de hizmet kalitesi açısından önemli ölçüde geliştirmiştir. Rekabet ortamı sayesinde yolcu ücretleri düşmüş, hizmet sıklığı artmış ve müşteri memnuniyeti yükselmiştir. Bu sistem, diğer AB ülkeleri için model olarak gösterilmektedir.

İtalya'daki YHT hatları, Avrupa demiryolu güvenlik ve sinyalizasyon sistemleri ile uyumlu olarak ERTMS/ETCS teknolojisi ile donatılmıştır. Tren setlerinde ise yüksek enerji verimliliği, gelişmiş aerodinamik tasarım, Wi-Fi ve yolcu bilgilendirme sistemleri gibi modern çözümler sunulmaktadır.

YHT yatırımları, İtalya'da kentsel yoğunluğu yüksek bölgeler arasında sürdürülebilir ve düşük emisyonlu ulaşım seçenekleri oluşturmuştur. Özellikle iç hat uçuşlarının ve otoyol kullanımının azaltılması, karbon ayak izinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca YHT ağı, bölgesel ekonomik kalkınmayı destekleyen bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

### 1.5.2.5 Birleşik Krallık

Birleşik Krallık, yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımlarıyla hem uluslararası hem de ulusal düzeyde demiryolu kapasitesini artırmayı ve karayolu/havayolu üzerindeki baskıyı azaltmayı hedeflemektedir.

Birleşik Krallık'ın ilk yüksek hızlı demiryolu hattı olan High Speed 1 (HS1), Londra ile Fransa'yı Eurotunnel aracılığıyla bağlayan ve Eurostar hizmetlerinin temelini oluşturan bir koridordur. 2007 yılında tam olarak devreye giren HS1 hattı, Londra St Pancras International ile Channel Tunnel (Manş Tüneli) arasında uzanmakta olup saatte 300 km'ye varan hızlara olanak tanımaktadır. Bu hat, Birleşik Krallık'ın kıta Avrupa'sına entegre demiryolu bağlantısını sağlayan tek yüksek hızlı hatlıdır.

Birleşik Krallık, yüksek hızlı demiryolu kapasitesini ülke içinde artırmak amacıyla High Speed 2 (HS2) projesini geliştirmiştir. Proje, Londra ile İngiltere'nin kuzeyindeki Birmingham, Manchester ve Leeds gibi büyük şehirler arasında yeni çift hatlı yüksek hızlı hatlar inşa edilmesini kapsamaktadır.

HS2'nin devreye girmesiyle birlikte:

- Var olan hatlardaki kapasite baskısı azalacak, konvansiyonel trenlere daha fazla yer açılacaktır.
- Yolculuk sürelerinde %40'a varan düşüşler sağlanacaktır (örneğin, Londra-Birmingham arası ~49 dakikaya inecektir).
- Karbon emisyonlarının azaltılması hedeflenmektedir; proje, karayolu ve havayolundan tren taşımacılığına modal geçişi teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Ancak projenin bazı bölümleri, yüksek maliyetler, kamuoyu tepkileri ve çevresel kaygılar nedeniyle iptal edilmiş ya da ertelenmiştir. Bununla birlikte, Londra-Birmingham etabının yapımı sürmekte ve 2030'ların başında hizmete alınması planlanmaktadır.

HS2 tamamlandığında, Birleşik Krallık'ın YHT altyapı kapasitesi kayda değer ölçüde artacak, böylece hem ekonomik kalkınma hem de bölgesel bütünleşme açısından stratejik bir fayda sağlayacaktır.

### 1.5.3. Kuzey ve Güney Amerika Bölgesinde Önemli Ülkeler

#### 1.5.3.1. ABD

Amerika Birleşik Devletleri'nde yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımları, diğer gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında sınırlı kalmış olsa da, son yıllarda özellikle eyalet düzeyinde başlatılan projelerle bu alanda ilerleme kaydedilmeye çalışılmaktadır.

ABD'nin ilk büyük ölçekli YHT projesi, Kaliforniya Eyaleti tarafından yürütülmektedir. Kaliforniya Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi, Los Angeles ile San Francisco arasında yaklaşık 840 km uzunluğunda yeni bir yüksek hızlı hat inşa edilmesini hedeflemektedir.

Bu projenin başlıca hedefleri şunlardır:

- Eyaletin kuzey ve güney bölgeleri arasında karayolu ve havayolu alternatiflerine çevreci ve hızlı bir seçenek sunmak,
- Saatte 320 km'ye varan hızlarla yolculuk sürelerini önemli ölçüde kısaltmak (Los Angeles-San Francisco arası yaklaşık 2 saat 40 dakika),
- Karbon emisyonlarını azaltmak ve sürdürülebilir ulaşım altyapısını geliştirmek.

İnşaat çalışmaları 2010'ların başında başlamış olup, proje teknik, finansal ve siyasi nedenlerle çeşitli gecikmelere uğramıştır. İlk etabın 2030'lu yılların başında hizmete girmesi öngörülmektedir.

Bir diğer önemli girişim, Teksas Eyaleti'nde Dallas ile Houston arasında planlanan yaklaşık 390 km uzunluğunda bir YHT projesidir. Bu proje özel sektör öncülüğünde geliştirilmektedir ve Japonya'nın N700 Shinkansen teknolojisinin uygulanması planlanmaktadır.

Proje hayata geçtiğinde:

- Yolculuk süresi 90 dakikaya düşecek,
- Eyaletler arası ulaşımında hava yoluna önemli bir alternatif sunulacaktır.

Ancak Teksas YHT projesi de benzer şekilde mülkiyet hakları, finansman ve çevresel değerlendirmeler gibi unsurlar nedeniyle uygulama sürecinde zorluklarla karşı karşıyadır.

#### **1.5.3.2. Kanada**

Kanada, yüksek hızlı demiryolu (YHD) sistemleri konusunda hâlen planlama ve fizibilite çalışmaları aşamasındadır. Ülkede bugüne kadar YHT hizmeti sunulmamış olmakla birlikte, özellikle Ontario ve Québec eyaletleri arasında kurulması planlanan hatlar uzun süredir gündemdedir.

Federal ve eyalet yönetimleri tarafından desteklenen bu proje, Toronto, Ottawa, Montreal gibi ülkenin en büyük ve en yoğun nüfuslu şehirlerini birbirine bağlamayı amaçlamaktadır.

Hattın temel hedefleri şunlardır:

- Kara ve hava ulaşımındaki yoğunluğu azaltmak,
- Yolculuk sürelerini önemli ölçüde kısaltmak,
- Çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacak düşük emisyonlu bir ulaşım alternatifi sunmak.

Proje kapsamında şu anda:

- Fizibilite analizleri, güzergâh değerlendirmeleri ve çevresel etki çalışmalarına devam edilmektedir.
- Ulaşım altyapısı ve ekonomik fayda analizleri doğrultusunda, yüksek hızlı (300+ km/s) ya da daha düşük hızlı (200-250 km/s) tren seçenekleri değerlendirme sürecindedir.

Ancak bu projeler henüz inşaat aşamasına geçmemiştir ve uygulamaya geçiş süreci; maliyet, altyapı entegrasyonu, çevresel etki yönetimi ve politik irade gibi birçok faktöre bağlı olarak ilerlemektedir.

#### **1.5.3.3. Brezilya**

Brezilya, Güney Amerika kıtasında yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımlarını başlatmaya yönelik en somut adımları atan ülkelerden biridir. Ülkenin en büyük iki metropolü olan Rio de Janeiro ve São Paulo arasında inşa edilmesi planlanan yüksek hızlı tren hattı, tamamlandığında kıtanın ilk YHT hattı olma niteliğini taşıyacaktır.

**Proje Özeti:**

- Planlanan hat uzunluğu yaklaşık 510 kilometre olarak belirlenmiştir.
- Trenlerin saatte 300 km üzeri hızlarla sefer yapması öngörülmektedir.
- Yolculuk süresinin mevcut kara yolu alternatifine kıyasla yaklaşık 3 saate kadar düşürülmesi hedeflenmektedir.



**Amaç ve Hedefler:**

- Şehirlerarası ulaşım süresini azaltmak,
- Bölgesel ekonomik entegrasyonu ve iş gücü mobilitesini artırmak,
- Karayolu ve hava yolu taşımacılığına çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir alternatif sunmak.

Brezilya hükümeti, bu projeyi aynı zamanda ülkenin altyapı modernizasyonu ve karbon emisyonlarının azaltılması stratejisi çerçevesinde değerlendirmektedir. Ancak projenin finansmanı, arazi kamulaştırmaları, çevresel etki değerlendirmeleri ve teknik fizibilite süreçleri nedeniyle uygulama aşamasına geçişi gecikmiştir. 2020'li yıllarda projeye özel sektör katılımı ve uluslararası teknoloji ortaklıklarıyla ivme kazandırılması hedeflenmektedir.

**1.5.3.4. Arjantin**

Arjantin, Güney Amerika'da yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisine yatırım yapmayı değerlendiren ülkeler arasında yer almaktadır. Hükümetin uzun vadeli ulaşım stratejileri kapsamında, Buenos Aires, Rosario ve Córdoba şehirlerini birbirine bağlayacak bir YHT hattı inşa edilmesi planlanmaktadır.

**Proje Özellikleri ve Hedefleri:**

- Planlanan hattın toplam uzunluğu yaklaşık 700 kilometre olarak öngörülmektedir.
- Hattın, Arjantin'in en önemli sanayi ve ticaret merkezlerini birbirine entegre ederek iç lojistik verimliliği artırması hedeflenmektedir.
- Yüksek hızlı trenlerin devreye alınmasıyla birlikte, şehirler arası yolculuk sürelerinin önemli ölçüde azaltılması ve bölgesel ekonomik entegrasyonun güçlendirilmesi amaçlanmaktadır.

**Stratejik Önemi:**

- Hat, Arjantin'in iç pazarı canlandırma, bölgesel kalkınmayı teşvik etme ve ulaşım altyapısını modernize etme hedeflerinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir.
- Ayrıca, YHT sisteminin uygulanmasıyla karayolu taşımacılığına olan bağımlılığın azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin güçlendirilmesi beklenmektedir.

Ancak proje, yüksek maliyet, altyapı yeterliliği, siyasi istikrar ve finansman modeli gibi birçok değişkene bağlı olarak henüz uygulama aşamasına geçememiştir. Arjantin hükümeti, bu projeyi hayata geçirmek üzere uluslararası iş birliği ve özel sektör yatırımlarıyla ilerlemeyi hedeflemektedir.

**1.5.4. Afrika Bölgesinde Önemli Ülkeler****1.5.4.1. Fas**

Fas, Afrika kıtasında yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisini hayata geçiren ilk ülke olma özelliğine sahiptir. Ülkenin ulusal demiryolu işletmecisi ONCF (Office National des Chemins de Fer) tarafından geliştirilen Tangier-Casablanca yüksek hızlı tren hattı, 2018 yılında resmi olarak işletmeye alınmıştır.

**Hattın Teknik Özellikleri:**

- **Toplam uzunluk:** Yaklaşık 350 km.
- **Maksimum işletme hızı:** 320 km/sa, bu sayede Tangier-Casablanca arasındaki yolculuk süresi 4 saatten 2 saate düşürülmüştür.
- Hattın kuzey kesiminde (Tangier-Kenitra) tamamen yeni yüksek hızlı hat inşa edilmiş, güney kesiminde ise mevcut hatlar iyileştirilerek karma kullanım stratejisi uygulanmıştır.

**Stratejik ve Ekonomik Önemi:**

- Bu proje, Fas'ın bölgesel entegrasyonunu güçlendirme, ekonomik merkezler arası bağlantıyı artırma ve ulaşım altyapısını modernize etme stratejilerinin önemli bir bileşenidir.
- Ayrıca, sürdürülebilir kalkınma, enerji verimliliği ve çevresel etki azaltımı açısından karayolu taşımacılığına göre önemli avantajlar sunmaktadır.

Fas hükümeti, yüksek hızlı demiryolu ağını Rabat, Marakeş ve Agadir gibi diğer büyük şehirleri kapsayacak şekilde güney yönünde genişletmeyi planlamaktadır. Bu doğrultuda hem demiryolu altyapısının teknik kapasitesinin artırılması hem de ulusal ulaştırma stratejisinin uzun vadeli sürdürülebilirliğinin sağlanması hedeflenmektedir.

#### 1.5.4.2. Mısır, Güney Afrika ve Nijerya Örnekleri

Afrika kıtasında, artan kentleşme, nüfus yoğunluğu ve sürdürülebilir ulaşım ihtiyacı çerçevesinde yüksek hızlı demiryolu (YHD) projelerine yönelik ilgi giderek artmaktadır. Mısır, Güney Afrika ve Nijerya gibi önde gelen ülkeler, ulaşım altyapılarını modernize etmek amacıyla YHT projelerini fizibilite aşamasından yatırım planlamasına taşıyan ülkeler arasında yer almaktadır.

**Mısır:** Mısır, kıtadaki en iddialı YHT projelerinden birini hayata geçirme sürecindedir. Ülke, Kahire-İskenderiye, Kahire-Luksor-Asvan ve Kızıldeniz ile Akdeniz limanlarını birbirine bağlayacak koridorlar üzerinde yüksek hızlı demiryolu hatları planlamaktadır. Bu kapsamda, Alman Siemens Mobility firmasıyla yapılan anlaşmalar doğrultusunda yaklaşık 2.000 km uzunluğunda elektrikli hızlı tren ağı inşa edilmesi öngörülmektedir.

- **Tasarım hızı:** 250 km/sa.
- **Elektrifikasyon:** Tam elektrikli altyapı, düşük karbon salımı hedefiyle planlanmıştır.
- **Proje amacı:** Kentler arası ulaşımı hızlandırmak, turizmi desteklemek, yük taşımacılığını raylı sisteme kaydırmak ve sürdürülebilir ulaşımı yaygınlaştırmaktır.

**Güney Afrika:** Güney Afrika Cumhuriyeti, mevcut demiryolu altyapısını modernize etmeye yönelik planlar kapsamında YHT projelerine ilgi göstermektedir. Özellikle Johannesburg-Pretoria ekseninde var olan Gautrain hızlı banliyö sistemi, yüksek hızlı sistemlere geçişin temelini oluşturabilecek bir pilot uygulama olarak değerlendirilmektedir. Ülke genelinde demiryolu sektörünün altyapı eksiklikleri ve finansal sınırlamaları, YHT projelerinin ilerlemesini yavaşlatmaktadır; ancak fizibilite çalışmalarına devam edilmektedir.

**Nijerya:** Nijerya, Afrika'nın en kalabalık ülkesi olarak, kentler arası hızlı ulaşımın geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır. Bu doğrultuda hükümet, özellikle Lagos-Abuja ve Lagos-Kano gibi stratejik koridorlarda yüksek hızlı demiryolu fizibilite analizleri gerçekleştirmektedir. Yatırım finansmanı konusunda Çin başta olmak üzere çeşitli dış paydaşlarla iş birliği arayışları sürmektedir.

Afrika kıtasında YHT projeleri, hem ekonomik kalkınmayı hızlandırma, hem de sürdürülebilir kentsel gelişimi destekleme araçları olarak görülmektedir. Ancak bu projelerin hayata geçirilebilmesi, büyük ölçüde altyapı modernizasyonu, finansman erişimi ve bölgesel planlama kabiliyeti ile doğrudan ilişkilidir.

#### 1.5.5. Diğer Bölgelerdeki Önemli YHT Çalışmaları

Orta Doğu'da da YHT projeleri hız kazanmaktadır. Bölgedeki ülkeler, YHT teknolojisini kullanarak ulaşım altyapılarını modernize etmeyi ve şehirlerarası bağlantıları güçlendirmeyi hedeflemektedir.

##### 1.5.5.1. Suudi Arabistan

Suudi Arabistan, Orta Doğu bölgesinde yüksek hızlı demiryolu (YHD) sistemine sahip ilk ülkelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Ülkenin Haramain Yüksek Hızlı Tren (HHR – Haramain High-Speed Railway) projesi, Mekke, Medine, Cidde ve Kral Abdullah Ekonomik Şehri'ni kapsayan bir güzergâh üzerinde inşa edilmiştir.

##### Projenin Teknik Özellikleri:

- **Toplam hat uzunluğu:** Yaklaşık 450 km.
- **Maksimum tasarım hızı:** 300 km/sa, işletme hızı ise genellikle 300 km/sa düzeyindedir.
- Hat tamamen elektrikli ve yüksek hızlı tren işletmeciliğine uygun altyapı ile donatılmıştır.
- ETCS Level 2 uyumlu modern sinyal sistemleri ve SCADA altyapısı kullanılmaktadır.
- Hat, çöl ikliminin yüksek sıcaklık ve toz gibi ekstrem çevresel koşullarına uygun özel teknolojilerle inşa edilmiştir.

##### Stratejik Önemi:

- Haramain hattı, özellikle Hac ve Umre dönemlerinde hacılara güvenli, konforlu ve hızlı ulaşım olanağı sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.
- Proje, ülkenin 2030 Vizyonu kapsamında ulaştırma sektörünün çeşitlendirilmesi, modernizasyonu ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi hedeflerine doğrudan hizmet etmektedir.

Suudi Arabistan, Haramain hattını başkent Riyad'a kadar uzatarak ulusal bir yüksek hızlı demiryolu ağı oluşturmayı planlamaktadır. Planlanan genişleme projeleri, ülke genelindeki ekonomik merkezleri entegre edecek şekilde yapılandırılmakta ve multimodal ulaşım altyapısıyla entegrasyon gözetilmektedir. Bu stratejik adımlar, karayolu ve hava yolu üzerindeki yükü hafifletmeyi, karbon emisyonlarını azaltmayı ve bölgesel kalkınmayı desteklemeyi amaçlamaktadır.

#### 1.5.5.2. Birleşik Arap Emirlikleri ve Katar

Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) ve Katar, Körfez Bölgesi'nde yüksek hızlı demiryolu (YHD) sistemlerinin kurulmasına yönelik stratejik planlamalarını sürdürmektedir. Her iki ülke de, artan kentleşme, mobilite ihtiyacı ve sürdürülebilir ulaşım politikaları doğrultusunda demiryolu yatırımlarını çeşitlendirmeyi hedeflemektedir.

**Birleşik Arap Emirlikleri (BAE):** BAE, demiryolu altyapısının geliştirilmesine yönelik kapsamlı bir strateji doğrultusunda, Abu Dabi-Dubai arasında yüksek hızlı demiryolu bağlantısı kurulmasını gündemine almıştır. Bu hat, ülkedeki iki ana metropol arasında karayolu trafiğini azaltmak, seyahat süresini önemli ölçüde kısaltmak ve ekonomik entegrasyonu güçlendirmek amacıyla planlanmaktadır.

Ayrıca, BAE'nin ulusal demiryolu operatörü Etihad Rail, halihazırda yük taşımacılığı için geliştirilen altyapının uzun vadede yüksek hızlı yolcu taşımacılığına dönüştürülmesi ihtimalini de değerlendirmektedir. Projede, yüksek standartlı raylı altyapı, elektrifikasyon opsiyonları, akıllı sinyalizasyon sistemleri ve karbon salımını azaltan teknolojik çözümler öngörülmektedir.

**Katar:** Katar, yüksek hızlı tren sistemleri konusunda henüz erken planlama aşamasındadır. Ancak Doha merkezli demiryolu altyapısı gelişmekte olup, gelecekte yüksek hızlı yolcu taşımacılığına uygun hale getirilmesi planlanmaktadır. Katar, büyük uluslararası etkinliklerin ardından (ör. 2022 FIFA Dünya Kupası), ulaşım altyapısını modernize etme yönünde güçlü bir motivasyon kazanmıştır.

#### Bölgesel Perspektif – GCC Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı:

Her iki ülke, Körfez İşbirliği Konseyi (Gulf Cooperation Council – GCC) bünyesinde önerilen bölgesel yüksek hızlı demiryolu ağı planlamasında da yer almaktadır. Söz konusu ağ, Suudi Arabistan, Kuveyt, Bahreyn, BAE, Katar ve Umman arasında kesintisiz bir demiryolu ulaşımı sağlamayı hedeflemektedir. Bu sistemin, özellikle yüksek hızlı yolcu taşımacılığı ve entegre lojistik ağları açısından bölgesel mobiliteyi artırması ve ekonomik birlikteliği güçlendirmesi beklenmektedir.

#### 1.6. Dünya Pazarında Raylı Sistem Araç Üretimi Ve Teknoloji Beklentileri

Küresel demiryolu araçları endüstrisi; demiryolu araçları ile demiryolu araçları bileşenlerinin ve parçalarının Ar-Ge faaliyetlerinden üretimine, satışına ve bakım-onarım gibi satış sonrası hizmetlerine kadar geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu kapsam içinde; araç üreticileri, bileşenlerin ve parçaların tedarikçileri, müşteri pozisyonunda yer alan demiryolu operatörleri ile altyapı yöneticileri, bakım-onarım hizmet sağlayıcıları gibi birçok paydaş yer almaktadır.

Son beş yıllık süreçte küresel raylı sistem araçları pazarı (lokomotifler, yolcu tren setleri, metro ve tramvay araçları, yük vagonları vb.) dalgalı bir seyir izlemekle birlikte genel olarak büyüme eğilimini sürdürmüştür. 2019 yılı, COVID-19 pandemisi öncesi dönemde yeni araç üretimi ve satışları açısından yüksek bir performans sergilenmiş, ancak 2020 yılında küresel salgının etkisiyle üretim tesislerinin geçici olarak kapanması ve siparişlerin ertelenmesi gibi nedenlerle sektörde daralma yaşanmıştır. Bu dönemde, küresel yeni raylı sistem aracı üretim değeri yaklaşık %4 oranında azalmıştır.

2021 yılı itibarıyla sektör, pandemi koşullarına hızla uyum sağlayarak toparlanma sürecine girmiş ve yaklaşık %2 oranında büyüme kaydetmiştir. 2022 yılına gelindiğinde ise, küresel raylı sistem araçları pazarında yıllık satış gelirlerinde %5'lik bir artış gerçekleşmiş ve pazar hacmi pandemi öncesi seviyelerin üzerine çıkmıştır. SCI Verkehr tarafından yayımlanan verilere göre, 2022 yılı itibarıyla yeni raylı araç satış geliri 56,8 milyar avro olarak gerçekleşmiş ve sektör, 2019 seviyesini aşmıştır.

Bu dönemde üretici firmalar, pandemi sürecinde yaşanan üretim gecikmelerini telafi edebilmek amacıyla üretim kapasitelerini artırarak birikmiş siparişlerin teslimatını hızlandırmışlardır. Böylece, arz-talep dengesindeki geçici bozulmanın etkileri büyük ölçüde giderilmiştir.

Son 5 yılda özellikle yüksek hızlı tren setleri, metro vagonları ve yük vagonları segmentlerinde önemli üretim adetlerine ulaşıldı. Çin, kendi iç talebi sayesinde yılda yüzlerce yüksek hızlı tren seti ve lokomotif üretirken; Avrupa'da da çok sayıda yeni metro aracı ve elektrikli tren seti imal edildi. Örneğin 2018-2022 arasında

sadece Avrupa'daki büyük üreticiler (Alstom, Siemens, Stadler vb.), Londra, Paris, New York gibi büyük şehirlerin metro projeleri ve bölgesel tren filoları için binlerce yolcu aracı teslim etti. Yük vagonu pazarı da özellikle Kuzey Amerika'da hareketliydi; ABD ve Kanada'da 2021-2022'de ekonomik canlanmayla onbinlerce yeni yük vagonu (özellikle tanker ve konteyner vagonları) üretildi.

Raylı sistem araçlarında son yıllarda gözlemlenen teknoloji trendleri, sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve enerji verimliliği ekseninde şekillenmektedir. Bu çerçevede, daha çevreci, akıllı ve yüksek verimlilik sağlayan araçların geliştirilmesi öncelikli hedef hâline gelmiştir. Elektrikli tahrik sistemleri günümüzde raylı sistem araçları için temel standart haline gelirken, elektrifikasyon altyapısının bulunmadığı hatlar için alternatif enerji kaynaklarına dayalı çözümler ön plana çıkmaktadır.

Bu bağlamda, hidrojen yakıt hücreli trenler önemli bir teknolojik gelişme olarak dikkat çekmektedir. 2018 yılında Almanya'da ticari hizmete giren hidrojen yakıt hücreli yolcu trenleri, dizel hatlar üzerinde sıfır emisyonlu işletmecilik olanağı sunarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamıştır. Bu gelişmeyi takiben, Fransa ve İtalya gibi ülkeler de hidrojenli trenler için sipariş vermiştir.

Bununla birlikte, batarya-elektrikli trenler de elektrifikasyonsuz hatlar için alternatif bir çözüm olarak yaygınlaşmaktadır. Örneğin, Japonya'da hizmet veren DENCHA (Dual Energy Charge Train) modeli, istasyonlarda bulunan kısa mesafeli elektrik hatları aracılığıyla bataryalarını şarj edebilmekte ve elektrifikasyon bulunmayan kesimlerde batarya gücüyle seyir gerçekleştirebilmektedir. Benzer uygulamalar Birleşik Krallık'ta da denenmektedir.

Öte yandan, hibrit lokomotifler (dizel ve elektrik tahrikli sistemlerin birleşimi) de özellikle manevra operasyonları ve kısa mesafeli hatlar için enerji verimliliği ve esneklik açısından tercih edilen bir çözüm haline gelmiştir. Bu lokomotifler, farklı enerji kaynaklarını entegre biçimde kullanarak hem emisyonları azaltmakta hem de işletme esnekliğini artırmaktadır.

Çin'in geliştirdiği Fuxing serisi yüksek hızlı trenleri, hâlihazırda 350 km/saat'e kadar operasyonel hızla ticari işletmecilikte kullanılmakta olup, bu trenler CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation) tarafından tasarlanmıştır. Fuxing serisi, özellikle Beijing-Shanghai yüksek hızlı hattında kullanılmakta ve Çin'in ulusal demiryolu stratejisi çerçevesinde yerli üretim yetkinliklerinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu trenler aynı zamanda ETCS benzeri bir Çin tren kontrol sistemi (CTCS) ile donatılmıştır.

Japonya ise demiryolu teknolojilerinde öncü ülkelerden biri olarak, ALFA-X (Advanced Labs for Frontline Activity in rail eXperimentation) adını taşıyan prototip tren ile 400 km/saat düzeyinde test hızlarına ulaşmıştır. Bu trenler, Shinkansen hattının ileri teknoloji kuşağını temsil etmekte olup, özellikle sismik emniyet sistemleri, aerodinamik yapı ve yolcu konforu açısından birçok yenilik içermektedir. ALFA-X, 2030'lu yıllarda açılması planlanan Hokkaido bağlantılı yüksek hızlı hatlarda kullanılmak üzere geliştirilmektedir.

Manyetik levitasyon teknolojisi, konvansiyonel tekerlek-ray temasını ortadan kaldırarak sürtünmeyi minimuma indirmekte ve çok daha yüksek hızlara ulaşılmasına olanak tanımaktadır. Çin, 2021 yılında 600 km/saat tasarım hızına sahip maglev prototipini tanıtmış olup, bu araç CRRC Qingdao Sifang tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu sistem, hem hız hem de titreşimsiz seyahat açısından geleceğin ulaşım çözümleri arasında yer almaktadır.

Japonya ise uzun yıllardır üzerinde çalıştığı Chūō Shinkansen projesi kapsamında Tokyo-Osaka arasında süperiletken maglev (SCMAGLEV) teknolojisine dayalı bir hattı 2030'lu yıllarda hizmete almayı planlamaktadır. Sistem, 500 km/saat'in üzerinde seyir hızları hedeflemekte olup, proje Central Japan Railway Company (JR Central) tarafından yürütülmektedir.

Kentsel raylı sistemlerde sürdürülebilirlik, erişilebilirlik ve teknoloji entegrasyonu öncelikli başlıklar haline gelmiştir. Bu doğrultuda geliştirilen teknolojik yeniliklerden bazıları şunlardır:

- %100 alçak tabanlı tramvaylar, özellikle yaşlılar, engelliler ve çocuklar için daha erişilebilir bir toplu taşıma deneyimi sunmakta olup, platformla araç zemini arasında kot farkı olmaksızın kolay binış sağlanmaktadır. Bu araçlar, EN 16586 standardına uygun tasarlanmakta ve modern kent içi ulaşımın temel yapı taşlarından biri hâline gelmektedir.
- Otonom sürüş destekli metro sistemleri (GoA 3 ve GoA 4 düzeyi), sürücüsüz işletmeciliğe imkân tanımakta ve operasyonel verimliliği artırmaktadır. Bu sistemlerde otomatik tren kontrolü (ATC), tren koruma (ATP) ve tren işletme sistemleri (ATO) entegre biçimde çalışmaktadır. Paris, Dubai ve Singapur gibi şehirlerde bu teknolojiler yaygın biçimde kullanılmaktadır.



- Süper kapasitör teknolojisine sahip tramvaylar, enerji iletim hattının (katenersiz) bulunmadığı kesitlerde enerji ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmektedir. Çin'in Guangzhou, Zhuzhou ve Nanjing gibi şehirlerinde kullanılan bu sistemlerde, tramvaylar istasyonlarda saniyeler içinde şarj edilerek kısa mesafeleri kablosuz şekilde kat edebilmektedir. Bu teknoloji, kentsel peyzajın korunmasına ve altyapı maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Demiryolu araç üreticileri, günümüzde yalnızca mekanik yeniliklerle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda dijitalleşme ve akıllı sistem entegrasyonu alanlarında da önemli ilerlemeler kaydetmektedir. Bu kapsamda, otonom tren teknolojileri özellikle sinyalizasyon ve kontrol sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak somutlaşmıştır. Günümüzde dünya genelinde birçok tam otomatik metro hattı aktif olarak hizmet vermektedir. Örneğin, Paris Metro Hattı 14, Dubai Metrosu ve Vancouver SkyTrain gibi sistemler tamamen sürücüsüz olarak işletilmektedir.

Ana hat demiryolu uygulamalarında ise otonom işletmecilik 2020'li yıllarda somut örneklerle ortaya çıkmaya başlamıştır. 2021 yılında Almanya'da bir banliyö treninin otonom modda sefere başlaması, bu alanda önemli bir dönüm noktası olarak değerlendirilmektedir. Bu gelişme, üretici firmaların trenlerine Gelişmiş Tren İşletme Sistemleri (ATO - Automatic Train Operation) gibi dijital kontrol çözümlerini entegre etmeleri sayesinde mümkün olmuştur. Bu tür sistemler, hat boyunca yer alan sinyalizasyon altyapısıyla sürekli veri alışverişi sağlayarak trenin hız kontrolü, dur-kalk işlemleri ve hatta acil durum yönetimi gibi işlevleri otonom biçimde gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır.

Yapay zekâ teknolojileri, günümüzde demiryolu araçlarının operasyonel verimliliğini artırmak amacıyla çeşitli alanlarda etkin biçimde kullanılmaktadır. Özellikle trenlerin enerji tüketiminin optimize edilmesinde –örneğin, hızlanma ve frenleme süreçlerinin dinamik koşullara göre en verimli biçimde düzenlenmesinde– yapay zekâ temelli algoritmalar önemli rol oynamaktadır.

Bununla birlikte, arıza teşhisinde kestirimci bakım uygulamaları ve bakım planlamasında da yapay zekâdan yararlanılmaktadır. Modern lokomotifler ve elektrikli tren setleri (EMU'lar), yüzlerce sensör ve Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazı ile donatılarak gerçek zamanlı veri toplama kapasitesine sahiptir. Bu sensör verileri, üretici firmalar tarafından geliştirilen ve genellikle "Filo Yönetim Sistemleri" (Fleet Management Systems) kapsamında sunulan yazılımlar aracılığıyla analiz edilmektedir.

Bu sistemler, trenlerin çalışma sürekliliğini artırmakta; arıza kaynaklı beklemleri minimize etmekte ve toplam yaşam döngüsü maliyetlerinin (Life Cycle Cost - LCC) düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Böylece üreticiler, yalnızca fiziksel araç temini değil, aynı zamanda veri odaklı hizmetler sunarak demiryolu işletmecilerine katma değerli çözümler sağlamaktadır.

Dijital ikiz (digital twin) teknolojisi, günümüzde demiryolu araçlarının tasarım, simülasyon ve doğrulama süreçlerinde yenilikçi bir araç olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji sayesinde, henüz fiziksel üretim aşamasına geçilmeden önce yeni tren tasarımları sanal ortamda binlerce farklı senaryo altında test edilebilmekte ve performansları değerlendirilebilmektedir. Bu yaklaşım, ürün geliştirme süresini kısaltmakta, maliyetleri düşürmekte ve olası tasarım hatalarının erken aşamada tespit edilmesini sağlamaktadır.

Öte yandan, sürüş destek sistemlerinin (Driver Assistance Systems) demiryolu araçlarına entegrasyonu da hız kazanmıştır. Bu sistemler, trenin seyir güvenliğini ve sürüş konforunu artırmayı amaçlamaktadır. Gelişmiş tren kontrol sistemleri; önündeki trenle olan mesafeyi otomatik olarak izleyebilir, sinyalizasyon sistemlerinden gelen verileri gerçek zamanlı analiz ederek makiniste uyarılar sunabilir veya gerek görüldüğünde otomatik frenleme yapabilir.

Bu tür işlevsellik, Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS - European Train Control System) gibi dijital otomatik tren koruma sistemleriyle entegre çalışarak, hem güvenlik hem de işletme verimliliği açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Dijital ikiz ve sürüş destek teknolojilerinin birlikte kullanımı, demiryolu sistemlerinin dijitalleşmesinde ve otonomiye geçiş sürecinde kritik bir rol oynamaktadır.

Otonom yük trenleri alanında da son yıllarda kayda değer ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle Avustralya'da Rio Tinto tarafından işletilen tam otonom ağır yük trenleri, bu alandaki en gelişmiş uygulamalardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler, insan müdahalesi olmaksızın binlerce kilometrelik güzergâhlarda yüksek tonajlı yük taşımacılığını güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirebilmektedir.

Benzer şekilde, Amerika Birleşik Devletleri'nde bazı demiryolu işletmecileri, uzun yük trenlerinde görevli personel sayısını azaltarak, uzaktan izleme ve kontrol mekanizmalarıyla otonomi düzeyini artırmaya yönelik çalışmalar yürütmektedir. Bu yaklaşımlar, hem operasyonel maliyetlerin azaltılması hem de güvenlik ve sürekliliğin artırılması hedefleriyle uyumludur.

Rusya Federasyonu da Trans Sibiry Demiryolu gibi uzun mesafeli hatlarında, otomatik pilota benzer sürüş destek sistemlerini test etmeye başlamış ve bu sistemlerin zorlu iklim ve coğrafi koşullarda güvenilirliğini değerlendirmektedir.

Orta ve uzun vadede, özellikle kapalı sistemlerde –örneğin liman ile maden sahaları arasındaki özel demiryolu hatları– ve banliyö hatlarında otonom tren uygulamalarının yaygınlaşması öngörülmektedir. Bu dönüşüm, demiryolu araçlarının daha fazla sayıda yazılım modülü, sensör tabanlı izleme sistemi ve yapay zekâ destekli kontrol algoritmalarıyla donatılmasını gerektirmektedir. Mevcut AR-GE faaliyetleri de bu teknolojik gereksinimleri karşılamaya odaklanmakta olup, üretici firmaların inovasyon stratejileri giderek daha fazla dijitalleşme ve otonomi ekseninde şekillenmektedir.

Küresel raylı sistem araç pazarında, araçların ortalama 30 ila 40 yıl arasında hizmet vermesi nedeniyle inovasyon döngüsü görece uzun olmakla birlikte, son yıllarda çevresel sürdürülebilirlik ve dijital dönüşüm yönündeki küresel baskılar bu döngüyü hızlandırmaktadır. Regülasyonların sıklaşması, enerji verimliliği hedeflerinin artması ve dijital teknolojilerin olgunlaşması, yeni nesil demiryolu araçlarının daha hızlı benimsenmesini ve ticarileşmesini beraberinde getirmiştir.

Yakın gelecekte raylı sistem araçlarında üç ana teknolojik eksenle ilerleme beklenmektedir:

- **Enerji verimliliği:** Rejeneratif frenleme ile elde edilen enerjinin bataryalarda depolanması, hafif kompozit malzemelerin kullanımıyla araç kütlesinin azaltılması ve enerji tüketiminin minimize edilmesi gibi çözümler öne çıkmaktadır.
- **Artan otomasyon:** Sürücüsüz işletim, gelişmiş tren kontrol sistemleri, uzaktan izleme ve filo yönetimi gibi dijital çözümler, operasyonel verimliliği ve güvenliği artırmak amacıyla yaygınlaşmaktadır.
- **Modülerlik ve enerji kaynağı çeşitliliği:** Demiryolu araçlarında enerji altyapısına duyarlılığın azaltılması amacıyla geliştirilen modüler platformlar, farklı enerji kaynaklarına (elektrik, batarya, hidrojen) uyum sağlayabilecek biçimde tasarlanmaktadır. Örneğin, Stadler firması tarafından geliştirilen çok amaçlı tren platformu, aynı gövde tasarımı üzerinden elektrikli, hidrojenli ve bataryalı versiyonların üretilmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede demiryolu işletmecileri, altyapı koşulları ve operasyonel gereksinimlere göre enerji kaynağını esnek biçimde seçebilmektedir.
- Buna ek olarak, insan faktörünü ve yolcu konforunu önceleyen teknolojik yenilikler de sektörde yaygınlık kazanmaktadır. Gürültüsüz seyir sağlayan tahrik sistemleri, titreşim izolasyon teknolojileri, yüksek hızlı 5G bağlantısı, akıllı aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri gibi donanımlar, yeni nesil trenlerde standart hale gelmeye başlamıştır.

Tüm bu gelişmeler, hem kamu hem de özel sektör operatörlerinin modern araçlara yönelik talebini artırmakta, aynı zamanda raylı sistem araç pazarının büyümesini ve teknolojik yenilenmesini teşvik etmektedir.

### 1.7. Dünya Pazarında Raylı Sistem Araç Üreticileri Ve Pazar Dinamikleri

Küresel raylı sistem araçları pazarında birkaç büyük oyuncu sektörün büyük kısmını elinde bulundurmaktadır. 2022 itibarıyla, dünyadaki ilk 10 büyük raylı araç üreticisi, yeni araç satış gelirlerinin %75'ini kontrol etmektedir. Çin merkezli CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation) açık ara dünyanın en büyük raylı sistem araç üreticisidir; yüksek iç talep ve agresif ihracat stratejisiyle yıllık yeni araç satış gelirinde ~13 milyar € ile birinci sıradadır. Fransa merkezli Alstom (2021'de Bombardier Transportation'ı satın almasıyla daha da büyümüştür) ~11 milyar € seviyesinde satışla ikinci büyük üreticidir. Ardından Almanya merkezli Siemens Mobility, İsviçre merkezli Stadler Rail, Japonya merkezli Hitachi Rail, Rusya merkezli Transmashholding (TMH), Güney Kore'den Hyundai Rotem, İspanya'dan CAF, ABD'li yük vagon üreticileri Greenbrier ve Trinity gibi şirketler ilk 10'da yer alır. Yolcu taşımacılığına odaklı üreticiler sıralamasında CRRC ve Alstom yine ilk iki sırayı alırken, Stadler ve Siemens sonraki önemli aktörlerdir.

Yük vagonu segmentinde ise ABD'li Greenbrier ve Trinity ile Rus TMH ve Çin CRRC öne çıkar. Bölgesel olarak bakıldığında, Çin'li CRRC tek başına dünya pazarının yaklaşık dörtte birini oluşturmakta, onu Avrupa konsolidasyonu ile büyüyen Alstom takip etmektedir. Siemens, Hitachi, Stadler, Bombardier (artık Alstom bünyesinde) gibi firmalar ise teknoloji yoğun ürünlerde etkin konumdadır.

Küresel demir yolu pazarı büyüklüğü 2022'de 281,24 milyar ABD doları olarak değerlendirildi ve 2023'ten 2030'a kadar %5,6'lık bileşik yıllık büyüme oranıyla (CAGR) büyüme ile 2030 yılına kadar 436,35 milyar ABD dolarına ulaşması bekleniyor.

Demiryolu araçları sektöründe rekabet, hem teknolojik hem de ticari düzlemde giderek yoğunlaşmaktadır. Özellikle Çinli üreticilerin küresel pazarlardaki etkisi, devlet destekli finansman mekanizmaları ve anahtar teslim projeleri içeren rekabetçi teklif paketleri sayesinde hızla artmaktadır. Çin'in en büyük demiryolu üreticisi olan CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation), son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye, Arjantin, Macaristan, Çekya, Hindistan ve İran gibi birçok ülkeye metro araçları ve tren setleri ihraç ederek küresel ölçekte etkinliğini artırmış ve geniş bir ihracat ağı oluşturmuştur.

Bu agresif büyüme stratejisi, Batılı üreticiler açısından ciddi bir rekabet baskısı doğurmuştur. Avrupa Birliği, bu duruma karşılık olarak Avrupa merkezli firmaların rekabet gücünü artırmak amacıyla stratejik birleşmeleri desteklemiştir; bu kapsamda, Alstom ile Bombardier Transportation'ın birleşmesine onay verilmiştir. Bu birleşme, Avrupa demiryolu sanayisinin konsolidasyonu açısından önemli bir dönüm noktası olmuştur.

Batılı üreticiler ise rekabet avantajlarını; ileri mühendislik çözümleri, sistem entegrasyonu kabiliyeti ve yüksek kalite standartları gibi alanlarda sürdürmeye çalışmaktadır. Özellikle yüksek hızlı tren teknolojilerinde (örneğin Siemens Velaro ve Alstom Avelia serileri), gelişmiş sinyalizasyon altyapısında (ETCS – European Train Control System) ve tam entegre metro sistem çözümlerinde rekabet üstünlüğü hedeflenmektedir. Siemens Mobility ve Alstom, bu alanlardaki yetkinlikleriyle pazarın üst segmentinde yer almaktadır.

Genel pazar dinamikleri incelendiğinde, dünya genelinde artan şehirleşme, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ve ulaşım altyapısına yönelik kamu yatırımları doğrultusunda demiryolu sektörünün önümüzdeki yıllarda pozitif bir büyüme trendi izlemesi beklenmektedir. Bu çerçevede, teknolojik yenilik, maliyet etkinliği ve sistem entegrasyonu yetkinlikleri, küresel rekabette belirleyici unsurlar olmaya devam edecektir.

Allied Market Research tarafından yayınlanan son piyasa raporuna göre ise, küresel demiryolu araçları piyasası büyüklüğü 2026 yılına kadar 73,8 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmekte, bu da tahmin döneminde yaklaşık % 3'lük sabit bir bileşik yıllık büyüme oranına karşılık gelmektedir. Demiryollarının geliştirilmesi için devlet bütçesinin artırılması, güvenli, hızlı ve verimli ulaşım talebinin artması ve trafik sıkışıklığını en aza indirecek bir çözüm olarak toplu taşıma hizmetlerinin kullanımının artması gibi faktörler, küresel demiryolu araçları piyasasının büyümesine neden olmaktadır.

Avrupa Komisyonu tarafından 2011 yılında yayımlanan "Tek Avrupa Taşımacılık Sahası İçin Yol Haritası" (White Paper on Transport), Avrupa ulaşım politikalarının yönünü belirleyen stratejik belgelerden biridir. Bu yol haritası kapsamında, mevcut yüksek hızlı tren hatlarının 2030 yılına kadar üç katına çıkarılması ve Avrupa genelinde entegre bir yüksek hızlı tren ağı oluşturularak 2050 yılına kadar tamamlanması hedeflenmiştir. Bu strateji ile özellikle orta mesafe yolcu taşımacılığının demiryoluna kaydırılması, Avrupa Birliği'nin sürdürülebilir, entegre ve karbon azaltım odaklı ulaşım hedeflerinin temel taşlarından biri olarak konumlandırılmıştır.

Küresel ölçekte değerlendirildiğinde, Asya ve Afrika kıtaları, 2050 yılına kadar şehirleşme oranında en yüksek artışın beklendiği bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Bu demografik eğilimler doğrultusunda, söz konusu bölgelerde hem şehirlerarası hem de kent içi raylı sistemlere olan talebin artması öngörülmektedir. Özellikle hızlı kentleşmenin yaşandığı bölgelerde, artan nüfusun ulaşım ihtiyaçlarına sürdürülebilir çözümler sunmak adına hafif raylı sistemler (LRT), metro hatları ve hızlı tren sistemleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Ekonomik büyümeye paralel olarak, 2017 yılı itibarıyla nüfusu 1 milyonun üzerinde olan 22 şehir merkezi, raylı sistem yatırımları açısından öncelikli gelişme alanları arasında yer almaktadır. Bu tür büyük kent merkezlerinde nüfus yoğunluğunun artması, ulaşım altyapısında kapasite artışını ve daha çevreci taşıma çözümlerinin benimsenmesini zorunlu kılmakta, bu da kent içi raylı sistemlerin gelişimini doğrudan teşvik etmektedir.

SCI Verkehr tarafından yayımlanan piyasa öngörülerine göre, küresel demiryolu endüstrisinin (altyapı, araç ve hizmet segmentlerini kapsayan toplam pazarın) 2026 yılına kadar yıllık ortalama %1,6 oranında reel büyüme göstererek yaklaşık 236 milyar Avro düzeyine ulaşması beklenmektedir. Bu büyüme, demiryolu sektörünün sürdürülebilir ulaşım çözümleri bağlamında artan küresel önemini yansıtmaktadır.

Özellikle yeni araç üretimi (OEM - Original Equipment Manufacturer) segmentinin, 2026 yılına kadar yıllık yaklaşık %2,9 reel büyüme (enflasyon dahil %5,1 nominal büyüme) kaydedeceği ve bu segmentin hacminin yaklaşık 123 milyar Avro seviyesinden anlamlı ölçüde artacağı öngörülmektedir. Bu büyümenin başlıca itici güçleri arasında şunlar yer almaktadır:

- **Küresel şehirleşme trendi:** Kent nüfuslarının artması, metro ve tramvay gibi kentsel raylı sistem araçlarına olan talebi doğrudan artırmaktadır.
- **Yüksek hızlı tren yatırımları:** Uzak mesafeli yolcu taşımacılığında demiryolunun tercih edilmesi, yeni YHT araçlarına olan gereksinimi artırmaktadır.

- **Filo yenileme ihtiyacı:** Yaşlanan demiryolu araçlarının hizmet dışına çıkarılması, yeni alımları zorunlu kılmaktadır.
- **Lojistik sektörü talebi:** Özellikle konteyner taşımacılığının demiryolu üzerinden gerçekleştirilmesine yönelik artan eğilim, yük vagonlarına olan talebi büyümektedir.

SCI Verkehr'in "Metro Vehicles – Global Market Trends 2022" başlıklı raporuna göre, küresel metro hatlarının 2030 yılına kadar yaklaşık %50 oranında genişlemesi beklenmektedir. Bu öngörü, önümüzdeki on yıl içinde binlerce yeni metro aracına duyulan ihtiyacın ortaya çıkacağını göstermektedir. Bu gelişme, özellikle büyük şehirlerde artan yolcu talebi ve çevreci ulaşım politikalarıyla doğrudan ilişkilidir.

Yük taşımacılığı segmentinde de benzer bir büyüme trendi gözlenmektedir. Navlun talebindeki artış ve demiryolu ile konteyner taşımacılığının yaygınlaşması, yeni yük vagonu ihtiyacını tetiklemektedir. Ayrıca, mevcut yük vagonu filolarının yaşlanması ve hizmet ömrünü doldurması nedeniyle yenileme yatırımları da artmaktadır. Özellikle Asya-Pasifik ve Kuzey Amerika bölgelerinde faaliyet gösteren yük vagonu üreticileri açısından 2026'ya kadar %8'i aşan bileşik yıllık büyüme oranları (CAGR) öngörülmektedir.

Demiryolu araçları pazarında müşteri beklentileri, teknolojik gelişmelere ve sürdürülebilirlik odaklı küresel eğilimlere paralel olarak önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Günümüzde çevre dostu ve enerji verimli araçlar, kamu ve özel sektör operatörleri tarafından öncelikli talep unsurları arasında yer almakta; bu doğrultuda, birçok satın alma ihalesinde düşük enerji tüketimi, geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı ve düşük ya da sıfır emisyonlu araçlar şart koşulmaktadır. Bu eğilim, üreticileri hibrit tahrik sistemleri, batarya destekli trenler ve hidrojen yakıt hücreli çözümler gibi alternatif enerji kaynaklarına sahip araç platformları geliştirmeye yönlendirmektedir.

Ayrıca, trenlerin bağlanılabilirlik ve dijital entegrasyon yetkinlikleri de pazarın belirleyici kriterleri arasına girmiştir. Modern yolcu trenlerinden; Wi-Fi bağlantısı, dinamik yolcu bilgilendirme sistemleri, gerçek zamanlı izleme ve otomatik arıza bildirim sistemleri gibi işlevsellikler artık standart olarak beklenmektedir. Bu sistemler, hem operasyonel verimliliği artırmakta hem de yolcu memnuniyetine doğrudan katkı sağlamaktadır.

Yolcu konforuna yönelik beklentiler de artış göstermektedir. Araç içi gürültü düzeyleri, hızlanma ve frenleme sırasında oluşan konfor hissi, sıcaklık ve nem kontrolü gibi unsurlar, yeni nesil tren tasarımlarında öncelikli mühendislik kriterleri arasında yer almaktadır. Geniş ve ergonomik koltuklar, titreşim yalıtımı ve iklimlendirme sistemleri gibi yolcu deneyimini iyileştiren donanımlar, rekabet avantajı yaratan temel özellikler haline gelmiştir.

Bununla birlikte, pazarda sadece araç satışına dayalı geleneksel iş modelleri yerini yaşam döngüsü temelli hizmet modellerine bırakmaktadır. Üretici firmalar, artık yalnızca araç tedarik etmekle kalmayıp aynı zamanda uzun vadeli bakım hizmetleri veya tam kapsamlı servis anlaşmaları da sunmaktadır. Örneğin, Alstom ve Siemens gibi önde gelen üreticiler, "araç + 20 yıl bakım" paketlerini entegre olarak sunmakta ve bu sayede hem müşterilere operasyonel güvenilirlik sunmakta hem de kendilerine sürdürülebilir gelir akışı sağlamaktadırlar.

Günümüzde birçok ülke, demiryolu aracı tedarik süreçlerinde yalnızca teknolojik ve maliyet avantajlarını değil, yerel sanayi katılımı ve ekonomik kalkınmaya katkı gibi kriterleri de göz önünde bulundurmaktadır. Bu kapsamda, demiryolu aracı alımlarında yerli üretim zorunluluğu getiren politikalar yaygınlaşmaktadır. Örneğin Hindistan, "Make in India" stratejisi doğrultusunda metro araçları başta olmak üzere raylı sistem yatırımlarında belirli bir oranda yerli üretim şartı ararken; Amerika Birleşik Devletleri ise "Buy America" düzenlemeleri çerçevesinde kamu kaynaklarıyla finanse edilen projelerde yerli üretim oranlarını ön koşul olarak sunmaktadır.

Bu durum, küresel ölçekte faaliyet gösteren büyük üretici firmaları, farklı ülkelerde üretim tesisleri kurma, yerel ortaklarla iş birliği yapma ya da ortak girişimler (joint venture) oluşturma yönünde stratejik adımlar atmaya yöneltmektedir. Örneğin, Çin merkezli CRRC, Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri ve Malezya gibi ülkelerde ortak üretim tesisleri kurarak hem yerel pazarlara daha etkin erişim sağlamak hem de kamu ihalelerinde rekabet avantajı elde etmektedir.

Ticari görünüm açısından değerlendirildiğinde, demiryolu araçları pazarı genel olarak sağlıklı ve dirençli bir yapı sergilemektedir. Sektör, küresel ölçekte yaşanan COVID-19 pandemisi gibi büyük ölçekli krizlerden görece hızlı toparlanma göstermiştir. Bu süreçte, birçok ülkenin kriz sonrası ekonomik iyileşme programlarında yeşil ulaşım yatırımlarına öncelik vermesi, demiryolu sektörünü olumlu yönde etkilemiştir. Avrupa Birliği'nin COVID-19 sonrası toparlanma fonları ve Amerika Birleşik Devletleri'nin altyapı yatırımları kapsamında demiryolu araç yenilemelerine ciddi bütçeler ayrılması, bu eğilimi destekleyen örnekler arasında yer almaktadır.

Bununla birlikte, sektörün gelecekteki büyüme potansiyelini etkileyebilecek bazı yapısal riskler de mevcuttur. Ham madde fiyatlarındaki dalgalanmalar, tedarik zinciri aksaklıkları ve jeopolitik gelişmeler (örneğin, bazı ülkelerin Çin menşeli ürünlere yönelik ticari kısıtlamalar getirme ihtimali) sektörel belirsizliklerin başlıca kaynakları arasında gösterilmektedir. Bu nedenle, sektör analistleri 2020'li yılların ortasına kadar demiryolu araçları pazarının istikrarlı bir büyüme eğilimi sergileyeceğini öngörmekle birlikte, bu tür dışsal faktörlerin yakından izlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, küresel demiryolu taşımacılığı ve raylı sistemler sektörü, COVID-19 pandemisi sürecinde yaşanan geçici daralma dışında, uzun vadeli perspektifte istikrarlı bir büyüme eğilimi sergilemeye devam etmektedir. Yolcu taşımacılığı tarafında, yüksek hızlı tren sistemleri ve şehir içi raylı ulaşım çözümleri giderek daha fazla tercih edilirken, yük taşımacılığı alanında ise demiryolu, düşük karbon salımı ve lojistik verimlilik avantajları sayesinde yeniden stratejik bir taşıma modu olarak öne çıkmaktadır.

Sektördeki elektrifikasyon çalışmaları ve sürdürülebilirlik odaklı politikalar, demiryolunun çevresel etkilerini azaltmakta ve karbon nötr ulaşım hedeflerine katkı sunmaktadır. Bununla birlikte, dijitalleşme, otomasyon, veri tabanlı filo yönetimi ve akıllı sinyalizasyon sistemleri gibi teknolojik gelişmeler, işletme verimliliğini artırmakta ve sistem güvenliğini daha üst seviyelere taşımaktadır.

Raylı sistem araçları pazarında, önde gelen küresel üreticiler arasında süregelen teknolojik rekabet ve inovasyon odaklı stratejiler, daha yüksek enerji verimliliğine sahip, düşük bakım gereksinimli ve yolcu konforunu önceleyen yeni nesil trenlerin geliştirilmesini teşvik etmektedir.

Önümüzdeki dönemde demiryolu sektörünün, artan küresel yolcu ve yük taşımacılığı talebini karşılayabilmek adına altyapı kapasitesini ve taşıma hacmini artırması, aynı zamanda karayolu ve havayolu taşımacılığına kıyasla pazar payını genişletmesi beklenmektedir. Bu büyüme süreci, yalnızca kamu otoritelerinin stratejik yatırım kararları ile değil, aynı zamanda özel sektörün üretim, teknoloji geliştirme ve hizmet modelleri alanındaki girişimleri ile de şekillenecektir. Böylece demiryolu sektörü, sürdürülebilir, güvenli ve entegre bir ulaşım sisteminin temel bileşenlerinden biri olma konumunu pekiştirecektir.

#### 1.7.1. Siemens Mobility

Siemens Mobility; Siemens AG'nin bir yan kuruluşu olup, ulaşım sektörüne odaklanan global liderlerden biridir. Raylı sistemler, otomatikleştirilmiş çözümler, akıllı altyapılar ve dijital hizmetler konularında uzmanlaşan Siemens Mobility, hem şehir içi hem de şehirler arası ulaşımında yenilikçi teknolojiler sunmaktadır. Siemens Mobility'nin faaliyetleri beş ana alanda yoğunlaşmaktadır:

- 1. Raylı Sistem Araçları:** Şirket, hafif raylı sistemler, metro trenleri, tramvaylar ve yüksek hızlı trenler gibi çeşitli raylı araç çözümleri sunar. Siemens Mobility'nin amiral gemisi olan Velaro yüksek hızlı trenleri, dünyanın en hızlı ve en güvenilir trenleri arasında yer almaktadır. Ayrıca Desiro trenleri, bölgesel yolcu taşımacılığında yaygın olarak kullanılmaktadır.
- 2. Sinyalizasyon ve Kontrol Sistemleri:** Siemens Mobility, raylı sistemlerde güvenliği ve verimliliği artırmak için gelişmiş sinyalizasyon sistemleri sunmaktadır. ETCS (European Train Control System) ve CBTC (Communications-Based Train Control) sistemleri, hat kapasitesini artırırken, güvenliği de üst seviyeye çıkarır.
- 3. Akıllı Trafik Yönetimi:** Şirket, şehir içi trafiği daha akıllı ve verimli hale getiren entegre trafik yönetim sistemleri geliştirmektedir. Bu çözümler, sinyalizasyon, kavşak yönetimi ve akıllı trafik ışıkları gibi bileşenler ile şehirlerin trafik yoğunluğunu optimize eder.
- 4. Yolcu Bilgi Sistemleri ve Dijital Hizmetler:** Siemens Mobility, dijitalleşme alanında sunduğu çözümlerle de öne çıkmaktadır. Yolcu bilgi sistemleri, tren operasyonlarının uzaktan izlenmesi ve yönetilmesi gibi dijital çözümler, işletmelere büyük bir operasyonel verimlilik sağlar. Ayrıca, büyük veri ve yapay zeka kullanarak bakım süreçlerini iyileştiren Railigent platformu, predictive maintenance (öngörücü bakım) sistemlerinde devrim yaratmaktadır.
- 5. Elektrifikasyon ve Altyapı:** Siemens Mobility, raylı sistemlerin enerji verimliliğini artırmak için elektrifikasyon çözümleri sunar. Şirketin sunduğu elektrikli trenler, karbon ayak izini azaltarak sürdürülebilir bir ulaşım imkanı sağlamaktadır. Aynı zamanda raylı sistemlerin altyapı projelerinde de Siemens önemli bir oyuncudur.

Siemens Mobility, dünyanın birçok farklı bölgesinde büyük ölçekli raylı sistem projelerinde yer almıştır. Bunlardan birkaçı aşağıda belirtmiştir.



1. **Almanya'daki ICE Treni Projeleri:** Siemens Mobility, Almanya'nın hızlı tren projeleri için Velaro trenlerini üretmiş ve ICE (InterCity Express) tren ağının genişlemesine katkı sağlamıştır.
2. **Mısır Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi:** Siemens, Mısır'da Afrika'nın en büyük yüksek hızlı demiryolu sistemini kurmak için 2021 yılında önemli bir anlaşmaya imza atmıştır.
3. **Londra Crossrail:** Siemens Mobility, Londra'daki Crossrail projesine önemli katkılar sağlamış ve yeni nesil tren setlerini bu projede kullanıma sunmuştur.

Siemens Mobility, dijitalleşme ve otonom teknolojilerde önemli bir öncü konumundadır. Özellikle Railigent platformu, demiryolu işletmecileri için büyük veri analitiği ve yapay zeka kullanarak operasyonları optimize etmeyi ve bakım süreçlerini daha etkin hale getirmeyi sağlar. Ayrıca, sürücüsüz tren teknolojileri de Siemens'in geliştirdiği önemli çözümler arasında yer alır.

Siemens Mobility, küresel raylı sistemler pazarında güçlü bir konuma sahip olup, yenilikçi teknolojiler ve sürdürülebilir ulaşım çözümleri ile sektörde öncü rol oynamaktadır. Hem şehir içi hem de şehirler arası ulaşım çözümleriyle dünya çapında güvenli, verimli ve çevre dostu ulaşım imkanları sunmaya devam etmektedir.

### 1.7.2. Alstom

Alstom, küresel ulaşım sektöründe özellikle raylı sistemler alanında faaliyet gösteren bir Fransız çok uluslu şirkettir. Alstom 1928 yılında Fransa'da kurulmuş olup, ilk olarak elektrikli cihazlar ve altyapı projeleriyle ilgili faaliyetlerde bulunmuştur. Zamanla raylı sistemler alanında uzmanlaşarak, lokomotif, tren setleri, sinyalizasyon sistemleri ve demiryolu altyapı çözümleri sunan bir dünya lideri haline gelmiştir. 2021 yılında Alstom, Bombardier Transportation'ı satın almıştır. Bombardier Transportation'ın satın alınması, Alstom'un özellikle Kuzey Amerika ve Asya pazarındaki varlığını güçlendirmiştir. Avrupa'da ise Alstom, yüksek hızlı trenler, bölgesel trenler ve şehir içi ulaşım çözümleri ile pazarın liderlerinden biri konumundadır.

Dünya çapında raylı sistem araçlarının üretimi, bakım hizmetleri, sinyalizasyon çözümleri ve altyapı projelerinde önemli bir oyuncudur. Alstom, sürdürülebilir ulaşım çözümleriyle tanınır ve çevre dostu teknolojiler geliştirmeye odaklanmaktadır.

1. **Raylı Sistem Araçları:** Alstom, çeşitli raylı araçlar üretmektedir. Hafif raylı sistemlerden (tramvay, metro), bölgesel trenlere ve yüksek hızlı trenlere kadar geniş bir ürün yelpazesi sunar. Alstom'un ürettiği TGV (Train à Grande Vitesse), yüksek hızlı tren kategorisinde dünya çapında tanınmış ve Fransa'da çok yaygın olarak kullanılan bir tren modelidir. Bunun yanında, Coradia iLint gibi hidrojene dayalı tren teknolojileri de sürdürülebilir ulaşım için geliştirilmiştir.
2. **Sinyalizasyon Sistemleri:** Alstom, demiryolu sinyalizasyon çözümlerinde de dünya lideridir. Şirket, hem şehir içi hem de şehirler arası raylı sistemlerde güvenliği ve verimliliği artıran teknolojiler geliştirir. ERTMS (European Rail Traffic Management System) ve CBTC (Communications-Based Train Control) sistemleri, Alstom'un en çok bilinen çözümleri arasındadır.
3. **Bakım ve Servis Hizmetleri:** Alstom, tren setlerinin ve raylı sistemlerin bakım ve onarım hizmetlerini de sunmaktadır. Özellikle demiryolu operatörlerine sunulan bakım hizmetleri, trenlerin daha uzun ömürlü ve güvenli bir şekilde işletilmesini sağlamaktadır. Bu hizmetlerin bir kısmı dijital çözümlerle desteklenerek predictive maintenance (öngörücü bakım) stratejileri uygulanmaktadır.
4. **Altyapı Projeleri:** Alstom, raylı sistem altyapısının inşası, elektrifikasyonu ve modernizasyonu alanında da hizmet verir. Demiryolu hatlarının kurulumu, sinyalizasyon sistemlerinin entegrasyonu ve enerji verimliliğini artıran altyapı projeleri şirketin önemli bir uzmanlık alanıdır.

Alstom, dünya genelinde pek çok önemli raylı sistem projesinde yer almıştır:

1. **Fransa'daki TGV Projeleri:** Alstom, yüksek hızlı TGV trenleri ile tanınır ve bu trenler Fransa başta olmak üzere Avrupa'da yüksek hızlı demiryolu taşımacılığında önemli bir role sahiptir.
2. **Hollanda ve Belçika'nın Thalys Treni:** Alstom, Avrupa'da çeşitli ülkeler arasında seyahat eden Thalys yüksek hızlı trenlerinin üretimini ve bakımını üstlenmiştir.
3. **Hindistan Metro Projeleri:** Alstom, Hindistan'daki birçok büyük şehirde metro projelerinde yer almış ve bu şehirler için metro trenleri üretmiştir.

Alstom, özellikle sürdürülebilirlik alanında yaptığı yeniliklerle dikkat çekmektedir. Şirketin geliştirdiği Coradia iLint, dünyanın ilk hidrojen yakıt hücresiyle çalışan treni olarak tanıtılmıştır. Bu tren, fosil yakıtlar yerine hidrojen kullanarak çalışır ve sıfır emisyon üretir. Bu teknoloji, özellikle dizel trenlerin yerini alarak karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltmayı hedeflemektedir.

Ayrıca, Alstom dijitalleşmeye büyük yatırım yapmaktadır. Trenlerin operasyonel verimliliğini artırmak ve bakım süreçlerini optimize etmek amacıyla büyük veri analitiği ve yapay zeka uygulamalarını içeren dijital çözümler sunmaktadır. Mastria adlı çözümü, şehir içi ulaşımında trafiği optimize etmek için veriye dayalı karar destek sistemleri sunmaktadır.

Alstom, dünya çapında raylı sistemler sektöründe inovasyon, sürdürülebilirlik ve dijitalleşme alanlarında öne çıkan bir şirkettir. Hidrojenle çalışan trenler gibi yenilikçi teknolojiler geliştirerek çevreye duyarlı çözümler üretmekte ve küresel pazarda güçlü bir konuma sahiptir. Hem yolcu taşımacılığında hem de yük taşımacılığında sunduğu teknolojilerle gelecek nesil ulaşımın öncüsü olmaya devam etmektedir.

### 1.7.3. Bombardier

Bombardier, başlangıçta Kanada merkezli bir şirket olup, havacılık ve demiryolu taşımacılığı alanlarında faaliyet göstermiştir. 1942 yılında Joseph-Armand Bombardier tarafından kurulan şirket, kar araçları üretimiyle başlayarak daha sonra büyük ölçüde havacılık ve raylı sistemler sektöründe büyümüştür. Bombardier, 20. yüzyılın ortalarından itibaren demiryolu ve havacılık endüstrisinde önemli bir rol oynamıştır. Ancak, 2021 yılında raylı sistemler bölümü olan Bombardier Transportation'ı Fransız şirketi Alstom'a devretmiştir. Bugün Bombardier, yalnızca iş jetleri alanında faaliyet göstermektedir.

Bombardier, ilk yıllarında kar araçları (snowmobile) üreticisi olarak faaliyete başlamıştır. 1970'lerde ise demiryolu sektörüne adım atmış ve özellikle tren üretiminde hızla büyümüştür. Bombardier Transportation, raylı sistem araçlarının üretimi, bakım hizmetleri ve sinyalizasyon çözümleri gibi alanlarda faaliyet göstererek, dünya çapında geniş bir pazar payına sahip olmuştur.

- **1970'ler:** Bombardier, Montreal metrosu için tren üretimi yaparak raylı sistemler alanında ilk büyük başarısını elde etti.
- **1980'ler:** Bombardier, Kuzey Amerika ve Avrupa'da demiryolu şirketlerini satın alarak büyümesini sürdürdü.
- **1990'lar ve 2000'ler:** Bombardier Transportation, yüksek hızlı trenler, hafif raylı sistemler ve metro sistemleri gibi alanlarda genişlemeye devam etti.
- **2021:** Bombardier, raylı sistemler bölümünü Alstom'a satarak tamamen iş jetleri üzerine odaklanmaya karar verdi.

Bombardier Transportation, dünya genelinde birçok önemli raylı sistem projesinde yer aldı. Şirket, yüksek hızlı trenler, metro sistemleri, hafif raylı araçlar ve bölgesel trenler gibi çeşitli raylı sistem çözümleri sundu. Şirketin en bilinen ürünleri arasında Bombardier Innovia ve Bombardier Zefiro tren setleri yer almaktadır.

**Innovia:** Innovia tren setleri, genellikle şehir içi ulaşımında kullanılan hafif raylı sistemler ve metro hatlarında tercih edilen modern, çevre dostu araçlardır. Bu trenler, sürücüsüz otonom sürüş teknolojilerine sahiptir ve dünya genelindeki birçok büyük şehirde hizmet vermektedir.

**Zefiro:** Zefiro serisi, Bombardier'in yüksek hızlı tren teknolojilerinde liderlik yaptığı bir alandır. Bu trenler, uzun mesafeli yolcu taşımacılığında kullanılarak özellikle Avrupa ve Asya'da yaygın olarak hizmet vermiştir.

Bombardier Transportation, dünya genelinde önemli raylı sistem projelerinde yer almıştır:

1. **Almanya ve İtalya'daki Hızlı Tren Projeleri:** Bombardier'in Zefiro tren setleri, Almanya ve İtalya'daki hızlı tren hatlarında kullanılarak yüksek hızda yolcu taşımacılığı sağlamıştır.
2. **Amerika Birleşik Devletleri Metro Projeleri:** Bombardier, New York ve Chicago gibi büyük şehirlerde metro araçları üretmiştir.

2021 yılında Bombardier, raylı sistemler bölümünü Fransız şirketi Alstom'a sattı. Bu stratejik karar, Bombardier'in iş jetleri alanına odaklanma kararıyla ilgilidir. Bombardier, havacılık sektöründeki iş jetleri üretimini güçlendirmek amacıyla bu satışla demiryolu sektöründen tamamen çekilmiştir. Alstom, bu satın alma ile Bombardier Transportation'ın varlıklarını kendi bünyesine dahil ederek küresel raylı sistemler pazarındaki konumunu güçlendirmiştir.

Bombardier, bir zamanlar hem demiryolu hem de havacılık sektörlerinde faaliyet gösteren çok uluslu bir şirket olarak global ölçekte tanınmıştı. Ancak stratejik bir karar ile demiryolu sektöründen çekilerek havacılıkta iş jetleri alanında faaliyetlerini sürdürmektedir. Raylı sistemler bölümü olan Bombardier Transportation'ın Alstom'a satışı ile raylı sistem projelerindeki faaliyetleri son bulmuş olsa da, geçmişte dünya genelinde birçok önemli projede yer almış ve sektöre katkı sağlamıştır.

#### 1.7.4. CRRC Corporation Limited

CRRC Corporation Limited, Çin merkezli dünyanın en büyük raylı sistem araçları üreticisidir. 2015 yılında iki büyük Çinli demiryolu üreticisi olan China CNR Corporation ve CSR Corporation Limited'in birleşmesiyle kurulmuştur. CRRC, hem Çin'de hem de dünya çapında demiryolu araçları, metro trenleri, tramvaylar, yüksek hızlı trenler, lokomotifler ve sinyalizasyon sistemleri üreten küresel bir liderdir. Şirket, sürdürülebilir ulaşım çözümleri ve yenilikçi demiryolu teknolojileri ile öne çıkmaktadır.

CRRC, Çin hükümeti tarafından kontrol edilen bir kamu şirketi olarak kurulmuştur. 2015 yılındaki birleşme, Çin'in demiryolu sanayisinde daha güçlü ve rekabetçi bir oyuncu yaratma hedefiyle gerçekleştirilmiştir. O tarihten itibaren CRRC, küresel demiryolu pazarında en büyük şirket haline gelmiş ve Çin'in "Kuşak ve Yol" inisiyatifi kapsamında birçok ülkeye demiryolu araçları ihraç etmeye başlamıştır.

- Yüksek Hızlı Trenler:** CRRC, yüksek hızlı trenlerin üretiminde dünya lideridir. Çin'in genişleyen yüksek hızlı demiryolu ağına büyük bir kısmını CRRC üretmiştir. Şirketin ürettiği trenler, Fuxing ve Harmony gibi modellerle tanınır ve bu trenler, saatte 350 kilometreye kadar ulaşan hızlara sahiptir. Çin'deki yüksek hızlı tren ağına gelişmesinde CRRC'nin büyük katkısı olmuştur.
- Metro ve Hafif Raylı Sistemler:** CRRC, dünyanın birçok büyük şehrine metro trenleri ve hafif raylı araçlar sağlamaktadır. Çin'in birçok büyük şehrinde ve dünya çapında Asya, Afrika, Latin Amerika ve Avrupa'daki şehirlerde CRRC tarafından üretilen metro trenleri kullanılmaktadır.
- Lokomotifler:** CRRC, hem elektrikli hem de dizel lokomotifler üretmektedir. Bu lokomotifler, yük ve yolcu taşımacılığında kullanılan güçlü araçlar olarak dünyanın farklı bölgelerinde hizmet vermektedir.
- Tramvaylar:** Şirket, modern tramvaylar da üretmektedir. Bu araçlar, şehir içi toplu taşımanın çevre dostu bir parçası olarak CRRC'nin portföyünde yer almaktadır. Özellikle, pil ile çalışan tramvaylar gibi çevreci teknolojiler CRRC'nin bu alandaki yenilikleri arasında öne çıkmaktadır.
- Sinyalizasyon ve Kontrol Sistemleri:** CRRC, demiryolu sinyalizasyon ve kontrol sistemlerinde de faaliyet göstermektedir. Demiryolu hatlarının güvenli ve verimli çalışmasını sağlayan bu sistemler, özellikle büyük demiryolu projelerinde kritik öneme sahiptir.
- Bakım ve Servis Hizmetleri:** Şirket, ürettiği araçlar için bakım, onarım ve işletme hizmetleri de sunmaktadır. Bu hizmetler, araçların uzun ömürlü ve güvenilir bir şekilde işletilmesini sağlamaya yönelik kapsamlı çözümleri içerir.

CRRC, dünya genelinde birçok önemli demiryolu projesinde yer almıştır:

- Çin Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı:** CRRC, Çin'in dünyanın en büyük yüksek hızlı demiryolu ağına sahip olmasında büyük bir rol oynamıştır. Bu ağ, hem iç hatlarda hem de dış pazarlarda büyük başarılar kazanmıştır.
- Endonezya Yüksek Hızlı Tren Projesi:** CRRC, Endonezya'da inşa edilen Jakarta-Bandung yüksek hızlı tren hattı için tren setleri sağlamaktadır.
- ABD Metro Projeleri:** CRRC, Amerika Birleşik Devletleri'nde Boston, Chicago ve Los Angeles gibi büyük şehirler için metro trenleri üretmiştir.
- Macaristan-Sırbistan Yüksek Hızlı Tren Hattı:** Çin'in "Kuşak ve Yol" girişimi kapsamında CRRC, bu hattın geliştirilmesinde önemli bir rol üstlenmiştir.

CRRC, ileri teknolojiler ve yenilikçi çözümler konusunda önemli adımlar atmaktadır:

- Hidrojene Dayalı Trenler:** Şirket, fosil yakıtlar yerine hidrojenle çalışan çevre dostu trenler geliştirerek karbon emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir. Bu trenler, hem çevre dostu hem de enerji verimliliği açısından önemli bir teknolojik adımdır.
- Otonom Tren Teknolojisi:** CRRC, otonom tren teknolojileri üzerinde de çalışmalar yapmaktadır. Bu teknoloji, trenlerin insansız bir şekilde, güvenli ve verimli bir şekilde işletilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

- 3. Yeni Nesil Yüksek Hızlı Trenler:** Şirket, daha hızlı ve daha verimli yüksek hızlı tren modelleri geliştirmeye devam etmektedir. Özellikle manyetik levitasyon (maglev) trenleri gibi yeni teknolojilerle yüksek hızlara ulaşmak için Ar-Ge çalışmalarını sürdürmektedir.

CRRC, Çin'in "Kuşak ve Yol" (Belt and Road Initiative) inisiyatifi kapsamında, Asya, Afrika, Avrupa ve Güney Amerika'daki birçok ülkeye demiryolu araçları ihraç etmektedir. Bu kapsamda, Çin'in küresel ekonomik nüfuzunu artırırken, CRRC de dünya genelinde demiryolu sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir oyuncu haline gelmiştir.

Şirket, küresel büyüme stratejisi çerçevesinde yerel demiryolu üreticileriyle işbirlikleri yaparak teknoloji transferi ve bilgi paylaşımı yoluyla uluslararası pazardaki varlığını güçlendirmiştir.

CRRC Corporation, hem Çin'de hem de dünya genelinde demiryolu taşımacılığında büyük bir liderdir. Yüksek hızlı trenlerden metro sistemlerine kadar geniş bir yelpazede raylı sistem çözümleri sunan şirket, teknolojik yenilikler, sürdürülebilirlik odaklı projeler ve küresel işbirlikleri ile dikkat çekmektedir. CRRC, önümüzdeki yıllarda da hem yerel hem de uluslararası pazarlarda etkisini artırmaya devam edecektir.

### 1.7.5. GE Transportation

GE Transportation, General Electric'in eski bir yan kuruluşu olup, demiryolu taşımacılığı, madencilik, denizcilik, enerji üretimi ve sondaj sektörleri için ekipman ve hizmetler geliştiren bir sanayi devidir. 1907 yılında kurulan şirket, demiryolu sektörü odaklı ürünleriyle global ölçekte faaliyet göstermektedir. 2019 yılında Wabtec Corporation ile birleşerek sektördeki varlığını daha da güçlendirmiştir. GE Transportation, özellikle lokomotif üretimi, sinyalizasyon, dijital demiryolu çözümleri ve filo yönetimi alanlarında uzmanlaşmıştır.

GE Transportation'ın faaliyetleri başlıca şu beş alanda toplanabilir:

- 1. Lokomotif Üretimi:** Şirket, dizel-elektrikli lokomotifler başta olmak üzere yüksek güçlü ve düşük emisyonlu lokomotifler üretmektedir. Evolution Series lokomotifleri, yakıt verimliliği ve emisyon azaltımı konusunda sektörde standartları belirlemiştir.
- 2. Dijital Demiryolu Teknolojileri:** GE Transportation, demiryolu operasyonlarını daha güvenli, verimli ve ekonomik hale getiren dijital çözümler sunmaktadır. Predix tabanlı RailConnect platformu, varlık yönetimi, filo performansı, tahmine dayalı bakım ve trafik optimizasyonu gibi alanlarda çözümler sunar.
- 3. Sinyalizasyon ve Kontrol Sistemleri:** Otomatik tren kontrol sistemleri (ATC), sinyalizasyon altyapısı ve entegre trafik kontrol sistemleri ile demiryolu hatlarının güvenliğini ve verimliliğini artırmaktadır. Şirketin bu alandaki çözümleri hem şehir içi hem de şehirlerarası hatlarda kullanılmaktadır.
- 4. Madencilik ve Endüstriyel Uygulamalar:** GE Transportation, maden taşımacılığı için lokomotifler ve ağır yük vagonları üretmekte ve bu alanlarda özel mühendislik çözümleri sunmaktadır. Özellikle Brezilya ve Avustralya gibi kaynak zengini ülkelerde aktif rol oynamaktadır.
- 5. Sürdürülebilirlik ve Enerji Verimliliği:** Şirket, karbon emisyonunu azaltmak için geliştirdiği hibrit ve bataryalı lokomotifler ile daha çevre dostu taşımacılık çözümleri sunmaktadır. Yakıt tüketimini azaltan yazılımlar ve enerji geri kazanım sistemleri ile operasyonel sürdürülebilirlik sağlamaktadır.

#### Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:

- North American Class I Railroads:** GE Transportation, ABD'deki büyük demiryolu taşımacılığı şirketlerinin (Union Pacific, BNSF vb.) filo yönetimi ve lokomotif tedariki konularında ana tedarikçidir.
- Avustralya Madencilik Hatları:** Şirket, Fortescue Metals ve Rio Tinto gibi büyük madencilik şirketlerine lokomotif ve dijital trafik kontrol sistemleri sağlamıştır.
- Wabtec Birleşmesi (2019):** GE Transportation, 2019'da Wabtec ile birleşerek sinyalizasyon, yolcu taşımacılığı ve demiryolu altyapı hizmetleri alanındaki portföyünü genişletmiştir. Bu birleşme ile birlikte, firmanın ürün yelpazesi elektrikli lokomotifleri de kapsar hale gelmiştir.
- Teknoloji ve Dijitalleşme:** GE Transportation, demiryolu sektöründe dijital dönüşümün öncülerindendir. RailConnect platformu sayesinde demiryolu şirketleri, operasyonel verimliliği artırmak ve maliyetleri düşürmek için büyük veri ve yapay zeka çözümlerinden faydalanabilmektedir. Ayrıca, trenlerin gerçek zamanlı izlenmesi, arıza tahmini ve bakım yönetimi alanlarında önemli çözümler sunmaktadır.

GE Transportation, lokomotif üretimi ve dijital demiryolu çözümlerinde lider bir markadır. Wabtec birleşmesi ile birlikte yolcu taşımacılığı, sinyalizasyon ve elektrikli çözümler gibi alanlarda da küresel rekabet gücünü artırmıştır. Karbon emisyonlarını azaltma ve operasyonel verimliliği artırma hedefleri doğrultusunda sürdürülebilir ulaşım vizyonuna katkı sağlamaya devam etmektedir.

#### 1.7.6. Stadler Rail AG

Stadler Rail AG, merkezi İsviçre'nin Bussnang kentinde bulunan, dünya çapında faaliyet gösteren bir raylı sistem araç üreticisidir. 1942 yılında kurulan şirket, başta Avrupa olmak üzere Asya, Kuzey Amerika ve Afrika'da da yaygın faaliyet göstermektedir. Stadler; metro trenleri, tramvaylar, hafif raylı sistemler, banliyö ve bölgesel trenler, lokomotifler ve yüksek hızlı trenler gibi geniş bir ürün gamına sahiptir. Özellikle modüler tasarım yaklaşımıyla farklı müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş çözümler sunmasıyla bilinmektedir.

#### Stadler Rail'in faaliyet alanları beş ana başlıkta toplanabilir:

- **Yolcu Taşımacılığı Araçları:** Stadler, Flirt (Fast Light Innovative Regional Train) ve KISS (komfortablar innovativer spurtstarker S-Bahn-Zug) gibi tren modelleriyle bölgesel ve şehirlerarası taşımacılıkta fark yaratmaktadır. Hafif raylı araçlar, tramvaylar ve metro trenleri de şirketin ürün portföyünde yer almaktadır. Bu araçlar, enerji verimliliği, yolcu konforu ve modüler yapı avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır.
- **Lokomotif Üretimi:** Şirket, EURODUAL ve EURO9000 gibi çift modlu (elektrik/dizel) lokomotifler geliştirerek hem çevresel hem de operasyonel avantajlar sunmaktadır. Bu lokomotifler, Avrupa'nın farklı ülkelerinde hem yük hem de yolcu taşımacılığında kullanılmaktadır.
- **Özel Uygulamalar ve Dar Hatlı Trenler:** Stadler, zorlu coğrafyalarda hizmet veren özel hatlar için dar hatlı ve dişli sistemli trenler üretmektedir. İsviçre Alpleri'ndeki Glacier Express veya Norveç'teki Flåm hattı için geliştirdiği özel araçlar, mühendislik kalitesini yansıtmaktadır.
- **Servis ve Bakım Hizmetleri:** Şirket, sadece üretimle sınırlı kalmayıp uzun dönemli bakım, filo yönetimi ve modernizasyon hizmetleri de sunmaktadır. Bu kapsamda açtığı bölgesel bakım merkezleriyle, müşterilerine araçların tüm yaşam döngüsü boyunca destek vermektedir.
- **Sürdürülebilirlik ve Dijital Teknolojiler:** Stadler, araçlarında enerji verimliliğini artırmak için hafif malzeme kullanımı, geri kazanımlı fren sistemleri ve elektrikli tahrik sistemleri kullanmaktadır. Ayrıca dijitalleşme alanında tren kontrol sistemleri, durum izleme ve veri analiz platformları ile müşteri işletmelerinin performansını artırmaktadır.

#### Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:

- **Berlin S-Bahn Projesi:** Stadler, Almanya'nın başkenti Berlin için yüzlerce yeni S-Bahn treni üretmiştir. Bu trenler, modern tasarımı, geniş iç hacmi ve enerji verimliliği ile öne çıkmaktadır.
- **ABD - TEXRail Projesi:** Stadler, ABD'de Fort Worth bölgesinde hizmet veren TEXRail hattı için FLIRT model trenler tedarik etmiş ve Amerika pazarındaki varlığını güçlendirmiştir.
- **Norveç'in Vy Grubu için Çok Amaçlı Trenler:** Şirket, Norveç'in zorlu iklim koşullarına dayanıklı, hem yolcu hem de kargo taşıyabilen çok amaçlı trenler üretmiştir.
- **İspanya - Renfe Projesi:** Renfe için üretilen KISS tipi çift katlı trenler, İspanya'da yüksek yolcu kapasitesi ve konfor sunan önemli ulaşım çözümlerinden biridir.

Stadler, modern tren setlerinde akıllı fren sistemleri, dijital yolcu bilgilendirme sistemleri ve uzaktan arıza izleme gibi teknolojiler kullanmaktadır. Ayrıca, trenlerin yaşam döngüsü maliyetini düşüren veri odaklı bakım çözümleriyle dijitalleşmeyi operasyonel verimliliğe dönüştürmektedir.

Stadler Rail AG, Avrupa merkezli ancak küresel ölçekli büyümesini sürdüren, yüksek mühendislik kabiliyeti ile özelleştirilmiş raylı sistem çözümleri sunan güçlü bir oyuncudur. Çift modlu lokomotifler, sürdürülebilir ulaşım teknolojileri ve kullanıcı dostu yolcu araçları sayesinde Stadler, geleceğin mobilitesine yön veren firmalardan biri olma yolunda ilerlemektedir.



### 1.7.7. The Greenbrier Companies

The Greenbrier Companies, merkezi Amerika Birleşik Devletleri'nin Oregon eyaletinde bulunan, dünya genelinde yük taşımacılığına yönelik demiryolu araçları tasarlayan, üreten ve yöneten lider bir firmadır. Özellikle yük vagonları üretimi, vagon kiralama hizmetleri ve vagon bakımı alanlarında uzmanlaşmıştır. Şirket, Kuzey Amerika pazarında güçlü bir konuma sahip olmasının yanı sıra Latin Amerika, Avrupa ve Orta Doğu'da da etkin faaliyet göstermektedir.

Greenbrier, müşterilerine "tasarımdan kullanıma" kadar uzanan bütüncül çözümler sunmakta ve lojistik zincirinin önemli bir oyuncusu olarak ön plana çıkmaktadır.

#### Faaliyet alanları beş ana başlık altında toplanabilir:

- Yük Vagonları Üretimi:** Greenbrier, kapalı vagonlar, platform vagonları, tank vagonları, açık yük vagonları ve özel yük taşımacılığına yönelik modüler tasarımı yük vagonları üretmektedir. Şirketin yüksek kaliteli üretim tesisleri; ABD, Meksika, Brezilya ve Polonya gibi ülkelerde faaliyet göstermektedir.
- Vagon Kiralama ve Filo Yönetimi:** Şirket, uzun ve kısa dönemli vagon kiralama hizmetleri sunmaktadır. GRS (Greenbrier Rail Services) çatısı altında, filo takibi, kira yönetimi, bakım planlaması ve yeniden pazarlama gibi operasyonlar yürütülmektedir. Greenbrier'in yönettiği filo 450.000'in üzerinde yük vagonunu kapsamaktadır.
- Bakım, Onarım ve Modernizasyon:** Greenbrier, demiryolu araçlarının bakım ve modernizasyon hizmetlerini veren geniş bir servis ağına sahiptir. Özellikle Kuzey Amerika'da stratejik olarak konumlanmış bakım tesisleri ile hem kendi ürettiği hem de diğer üreticilere ait araçlara hizmet vermektedir.
- Avrupa ve Uluslararası Operasyonlar:** Şirketin Avrupa kolu olan Greenbrier Europe, Polonya'daki Wagony Świdnica fabrikası başta olmak üzere çeşitli üretim merkezlerinde faaliyet göstermekte ve Avrupa yük taşımacılığı standartlarına uygun vagonlar üretmektedir. Ayrıca uluslararası ortaklıklarla Körfez ülkelerinde de faaliyet yürütmektedir.
- Sürdürülebilirlik ve Dijital Hizmetler:** Greenbrier, düşük karbon ayak izine sahip, daha hafif malzemelerle üretilen, daha yüksek taşıma kapasitesine sahip vagonlar geliştirerek sürdürülebilir taşımacılığı teşvik etmektedir. Şirket ayrıca demiryolu filoları için dijital izleme, veri analitiği ve filo verimliliği çözümleri de sunmaktadır.

#### Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:

- Union Pacific, BNSF, CSX gibi Kuzey Amerika Devletleri ile Çalışmalar: Şirket, bu büyük operatörlere yıllardır binlerce yük vagonu tedarik etmiş ve özel üretim hizmetleriyle demiryolu taşımacılığında yüksek güven kazanmıştır.
- Greenbrier-GIMSA Ortaklığı:** Meksika'daki Greenbrier GIMSA üretim tesisleri, özellikle Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA/USMCA) kapsamındaki taşımacılık ihtiyaçlarını karşılayan stratejik bir üretim noktasıdır.
- Gulf Cooperation Council (GCC) Ülkelerine Açılım:** Greenbrier, Suudi Arabistan ve BAE gibi ülkelerde yük taşımacılığı için özel vagon projelerine imza atmış, sıcak iklimlere uygun çözümler sunmuştur.

Greenbrier, vagon üretiminde ileri kaynak teknolojileri, modüler tasarım ve entegre kalite kontrol sistemleri kullanmaktadır. Ayrıca, vagonlara entegre edilen sensörler ve izleme sistemleri sayesinde, filo verilerinin toplanması ve analiz edilmesi mümkün hale gelmiş; bu sayede işletmelerin arıza, bakım ve verimlilik takibi kolaylaştırılmıştır.

The Greenbrier Companies, demiryolu yük taşımacılığına yönelik hem üretim hem de yönetim çözümleri sunarak sektörde benzersiz bir konum edinmiştir. Özellikle Kuzey Amerika'daki liderliği, Avrupa'daki stratejik genişlemesi ve Orta Doğu'daki yeni pazarlara açılımı ile küresel ölçekte büyümeye devam etmektedir. Şirket, demiryolu yük taşımacılığının sürdürülebilir, verimli ve dijitalleşmiş geleceğinde aktif bir rol oynamayı hedeflemektedir.

### 1.7.8. Trinity Rail Group

Trinity Rail Group, ana şirketi olan Trinity Industries, Inc. bünyesinde faaliyet gösteren, Kuzey Amerika'nın önde gelen demiryolu yük vagonu üreticisi ve filo yönetimi sağlayıcısıdır. Merkezi Dallas, Teksas'ta bulunan şirket, 85 yılı aşkın bir süredir demiryolu sektörüne hizmet vermektedir. TrinityRail markası altında yük vagonları üretimi, vagon leasing hizmetleri, filo yönetimi ve bakım gibi geniş bir hizmet yelpazesi sunmaktadır.

**Trinity Rail Group'un faaliyet alanları beş ana başlıkta özetlenebilir:**

- 1. Demiryolu Yük Vagonu Üretimi:** TrinityRail, kapalı kutu vagonlar (boxcar), gondola, silindirik tank vagonları, basınçlı gaz tankerleri, açık yük vagonları ve özel taşımacılık çözümlerine yönelik çok çeşitli yük vagonları üretmektedir. Üretim tesisleri ABD, Meksika ve Kanada'da stratejik olarak konumlandırılmıştır.
- 2. Vagon Leasing ve Filo Hizmetleri:** Trinity, müşterilerine operasyonel ya da finansal kiralama seçenekleriyle vagon leasing hizmetleri sunmaktadır. Bu kapsamda yönettiği filo 125.000'den fazla yük vagonunu kapsamaktadır. Şirketin TrinityRail Leasing and Management Services (TRLX) birimi bu hizmetleri profesyonel şekilde yürütmektedir.
- 3. Filo Yönetimi ve Bakım:** Şirket, bakım-onarım hizmetlerinin yanı sıra filo takibi, sigorta yönetimi, kira optimizasyonu ve yasal düzenlemelere uygunluk gibi konularda da entegre çözümler sunar. Bu hizmetler, müşterilerin operasyonel verimliliğini artırmayı hedefler.
- 4. Vagon Yedek Parça ve Yükseltme Hizmetleri:** Trinity, sadece yeni üretim değil, aynı zamanda kullanımdaki vagonların yükseltilmesi ve modernize edilmesi konusunda da faaliyet göstermektedir. Bu sayede vagonların kullanım ömrü uzatılmakta, performansı artırılmaktadır.
- 5. Sürdürülebilirlik ve Güvenlik Yaklaşımı:** TrinityRail, daha hafif, daha az enerji tüketen, daha güvenli vagon tasarımları geliştirmeye odaklanmaktadır. Tanker vagonlarında kullanılan gelişmiş emniyet sistemleri, demiryolu taşımacılığında güvenlik standartlarını artırmaktadır.

**Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:**

- Petrol ve Kimyasal Taşımacılığı Vagonları:** TrinityRail, Kuzey Amerika'da enerji sektörünün taleplerine özel tanker vagonları üretmekte ve tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan yüksek güvenlikli vagonlar ile pazar liderliğini sürdürmektedir.
- BNSF, Norfolk Southern, Canadian National gibi Dev Operatörlerle İşbirlikleri:** Şirket, bu büyük taşımacılık şirketleri için on yıllardır vagon tedarik etmekte ve kiralama hizmeti sunmaktadır.
- Yeşil Ulaşım Yatırımları:** 2020 sonrası dönemde, düşük karbon salınımı sağlayan daha hafif materyallerle üretilmiş vagonlar ve enerji geri kazanımı destekli taşıma çözümleri üzerine AR-GE yatırımlarını artırmıştır.

TrinityRail, dijital filo yönetimi sistemleri ile müşterilere vagon konum takibi, arıza izleme, bakım ihtiyaç analizi ve performans raporlaması gibi imkanlar sunmaktadır. Ayrıca üretimde otomasyon, kaynak robotları ve hassas kalite kontrol sistemleri ile üretim süreçlerinde dijitalleşmeyi hızla yaygınlaştırmaktadır.

Trinity Rail Group, Kuzey Amerika yük taşımacılığı sektörünün en büyük oyuncularından biri olarak, güvenilir ve sürdürülebilir taşımacılığa katkı sunmaktadır. Güçlü üretim kapasitesi, geniş leasing portföyü ve entegre filo yönetimi çözümleriyle şirket, demiryolu yük taşımacılığının dijital ve çevre dostu dönüşümünde kilit rol oynamayı hedeflemektedir.

### 1.7.9. Hyundai Rotem

Hyundai Rotem, Güney Kore merkezli Hyundai Motor Grubu'na bağlı bir demiryolu, savunma ve endüstriyel sistemler üreticisidir. 1999 yılında Hyundai Precision, Daewoo Heavy Industries ve Hanjin Heavy Industries'in birleşmesiyle kurulan şirket, özellikle raylı sistem araçları konusunda global ölçekte faaliyet göstermektedir. Hyundai Rotem; yüksek hızlı trenler, metro sistemleri, hafif raylı araçlar, dizel-elektrikli trenler ve otomatik tren kontrol sistemleri üretiminde uzmanlaşmıştır.

**Şirketin faaliyetleri beş ana alanda toplanabilir:**

- 1. Raylı Sistem Araçları Üretimi:** Hyundai Rotem, Asya, Avrupa ve Orta Doğu'da kullanılan metro trenleri, hafif raylı sistemler, banliyö trenleri ve yüksek hızlı trenlerin tasarımı ve üretiminde önemli bir tedarikçidir. Şirketin KTX (Korea Train Express) projesi için ürettiği yüksek hızlı trenler, Güney Kore'nin hızlı tren taşımacılığı altyapısının temelini oluşturmuştur.

2. **Metro ve Otomatik Sürücüsüz Sistemler:** Şirket, birçok ülkede otomatik (sürücüsüz) metro sistemleri tedarik etmektedir. Tam otomatik sinyalizasyon sistemleriyle entegre çalışan bu sistemler, şehir içi ulaşımında verimliliği ve güvenliği artırmaktadır. Kuala Lumpur, Dubai ve İstanbul gibi şehirlerde Hyundai Rotem üretimi metro trenleri kullanılmaktadır.
3. **Elektrikli ve Hibrit Trenler:** Enerji verimliliğini önceliklendiren Hyundai Rotem, elektrikli trenlerin yanı sıra hibrit ve hidrojen yakıt hücreli tren prototipleri de geliştirmektedir. Bu alandaki Ar-Ge çalışmaları ile çevre dostu ulaşım sistemlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.
4. **Savunma ve Endüstriyel Sistemler:** Raylı sistemlerin dışında, zırhlı araçlar (K2 Black Panther tankı gibi) ve askeri sistemler üreten Hyundai Rotem, savunma sanayisinde de stratejik öneme sahiptir. Ayrıca, fabrika otomasyon sistemleri ve endüstriyel robotlar gibi alanlarda da mühendislik çözümleri sunmaktadır.
5. **Uluslararası Projeler ve İhracat:** Hyundai Rotem, ihracata büyük önem vermektedir. Filipinler, Hindistan, Mısır, Tayland, Brezilya ve Türkiye gibi birçok ülkede raylı sistem projelerine katılmış, bölgesel ihtiyaçlara uygun çözümler sunmuştur. Bu ihracatlar genellikle yerli ortaklarla iş birliği modeliyle yürütülmektedir.

#### Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:

- **KTX Hızlı Trenleri (Kore):** Hyundai Rotem, Fransa menşeli TGV teknolojisi ile iş birliği içinde Güney Kore'nin KTX hızlı trenlerini üretmiş ve ülkenin ulaşım altyapısının modernleşmesine katkı sağlamıştır.
- **İstanbul Metro Projeleri:** İstanbul'da M2, M5 ve M7 metro hatlarında kullanılan tren setleri Hyundai Rotem tarafından üretilmiş olup, Türkiye'ye teknoloji transferi sağlayan başarılı iş birliklerinden biri olmuştur.
- **Kahire Metro Projesi (Mısır):** Şirket, Mısır'ın başkenti Kahire için metro tren setleri üretmiş ve yerel üretim partnerliği ile Afrika pazarında da önemli bir adım atmıştır.
- **Hidrojen Yakıtlı Tren Prototipi:** 2021 yılında tanıtılan hidrojen yakıtlı tren konsepti ile şirket, emisyonlu ulaşım çözümlerinde öncü rol üstlenmeyi hedeflemektedir.

Hyundai Rotem, dijital sinyalizasyon, otomatik tren kontrol sistemleri (ATC) ve uzaktan izleme çözümleri gibi ileri teknolojiler geliştirmektedir. Akıllı bakım sistemleri, yolcu bilgilendirme panelleri ve tren içi Wi-Fi çözümleri ile dijitalleşmeyi hem operatörler hem de yolcular için erişilebilir kılmaktadır.

Hyundai Rotem, Asya merkezli olmasına rağmen global pazarda giderek büyüyen etkili bir oyuncudur. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki projelere sunduğu maliyet-etkin çözümler ve yüksek mühendislik kalitesi ile öne çıkmaktadır. Şirket, sürdürülebilir taşımacılığı desteklemek amacıyla çevre dostu teknolojilere, otonom sistemlere ve enerji verimliliği çözümlerine yatırım yapmaya devam etmektedir.

#### 1.7.10. Hitachi Rail Systems

Hitachi Rail Systems, Japonya merkezli Hitachi Ltd. bünyesinde faaliyet gösteren, küresel ölçekte raylı ulaşım çözümleri sunan entegre bir demiryolu sistemleri üreticisidir. Merkezi Londra'da bulunan Hitachi Rail, Avrupa, Asya, Kuzey Amerika, Avustralya ve Orta Doğu'da geniş bir müşteri ağına sahiptir. Hitachi Rail; yüksek hızlı trenlerden metro sistemlerine, sinyalizasyon sistemlerinden dijital yolcu hizmetlerine kadar raylı sistemlerin her alanında faaliyet göstermektedir.

#### Hitachi Rail'in faaliyetleri beş ana başlık altında toplanabilir:

1. **Raylı Sistem Araçları Üretimi:** Şirket; yüksek hızlı trenler (örneğin Class 800 Intercity Express), bölgesel ve banliyö trenleri, hafif raylı sistemler ve sürücüsüz metro araçları üretmektedir. Japonya'daki Shinkansen teknolojisinden beslenen mühendislik kabiliyetiyle trenleri yüksek güvenlik, konfor ve enerji verimliliği ile donatılmaktadır.
2. **Sinyalizasyon ve Kontrol Sistemleri:** Hitachi Rail, hem şehir içi hem şehirlerarası hatlarda kullanılmak üzere gelişmiş sinyalizasyon çözümleri sunmaktadır. Bu çözümler arasında ETCS (European Train Control System), CBTC (Communications-Based Train Control) ve SCADA sistemleri bulunmaktadır. Şirket, bu alandaki faaliyetlerini İtalya merkezli eski Ansaldo STS şirketiyle birleşerek daha da güçlendirmiştir.
3. **Yolcu Bilgilendirme ve Dijital Sistemler:** Şirket, tren operasyonları, yolcu akışı, biletleme sistemleri ve dijital bakım platformları sunarak ulaşımı daha akıllı hale getirmektedir. Özellikle Lumada adlı platformu, büyük veri ve yapay zeka tabanlı analizler ile tren işletmeciliğinde verimlilik sağlamaktadır.

4. **Anahtar Teslim Metro ve Ulaşım Sistemleri:** Hitachi Rail, hat tasarımı, inşaat, araç üretimi, sinyalizasyon ve bakım dâhil olmak üzere “anahtar teslim metro sistemi” çözümleri sunmaktadır. Bu sistem, özellikle gelişmekte olan ülkelerde entegre ulaşım altyapısının oluşturulmasında tercih edilmektedir.
5. **Sürdürülebilirlik ve Enerji Verimliliği:** Şirket, daha hafif malzemelerle üretilmiş tren gövdeleri, rejeneratif fren sistemleri, elektrikli tahrik sistemleri ve karbon emisyonunu azaltan teknolojilerle çevreci ulaşım çözümleri sunmaktadır.

#### Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:

- **Birleşik Krallık Intercity Express Programı (IEP):** Hitachi Rail, İngiltere için Class 800 ve 801 serisi trenleri üretmiş; bu trenler, yüksek hızda, hem dizel hem elektrikli (bi-mode) çalışma kabiliyeti ile öne çıkmıştır. Trenlerin üretimi İngiltere Newton Aycliffe’deki fabrikada yapılmıştır.
- **İtalya’daki Metro Napoli Projesi:** Şirket, İtalya’da Napoli metro hattı için sürücüsüz metro araçları ve sinyalizasyon sistemleri sağlamış ve hattın modernizasyonuna katkıda bulunmuştur.
- **Washington DC Metro Geliştirme Projesi:** ABD’deki DC Metro için Hitachi Rail tarafından yeni nesil tren setleri üretilmektedir. Bu proje, firmanın ABD pazarındaki büyüme hedeflerinin bir parçasıdır.
- **Shinkansen Projeleri:** Hitachi Rail, Japonya’da hizmet veren bazı Shinkansen serilerinin üretiminde yer almış; bu trenlerde yüksek hız, güvenlik ve konforu bir araya getirmiştir.

Hitachi Rail, dijitalleşme stratejisinin merkezine “akıllı ulaşım” kavramını yerleştirmiştir. Yolcu akışı, enerji kullanımı ve tren performansına dair gerçek zamanlı veri analizleri, yapay zekâ ile desteklenen sistemlerle optimize edilmektedir. Hitachi Lumada platformu sayesinde bakım süreçleri dijitalleşmekte, arıza tahmini ve planlı bakım olanakları geliştirilmektedir.

Hitachi Rail Systems, Japon mühendisliğini global çözümlerle buluşturarak, raylı sistemler alanında entegre çözümler sunan öncü firmalardan biri haline gelmiştir. Şirketin sürdürülebilir ulaşım, dijitalleşme ve şehirleşme konularına verdiği önem; hem gelişmiş hem gelişmekte olan ülkelerde güvenilir bir çözüm ortağı olmasını sağlamaktadır. Özellikle otomatikleştirilmiş sürücüsüz sistemler ve karbon nötr ulaşım çözümleri ile sektörün geleceğine yön vermeyi hedeflemektedir.

#### 1.7.11. CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)

CAF, İspanya merkezli, dünya çapında raylı sistem araçları ve ilgili teknolojiler geliştiren köklü bir firmadır. 1917 yılında kurulan şirket, yüksek hızlı trenlerden tramvaylara, metro sistemlerinden sinyalizasyona kadar geniş bir ürün ve hizmet portföyüne sahiptir. CAF, İspanya’nın Beasain kentinde bulunan merkezinden tüm dünyaya hizmet vermekte olup, Avrupa, Kuzey Amerika, Latin Amerika, Asya ve Afrika’da çok sayıda projeye imza atmıştır.

#### CAF’in faaliyetleri beş ana alanda özetlenebilir:

1. **Raylı Sistem Araçları Üretimi:** Şirket, yüksek hızlı trenler (ör. Oaris), bölgesel trenler (Civity), metro setleri, tramvaylar (Urbos) ve hafif raylı araçlar üretmektedir. Modüler yapıları sayesinde, CAF araçları farklı iklim koşullarına ve müşteri ihtiyaçlarına uygun olarak özelleştirilebilmektedir.
2. **Sinyalizasyon ve Entegre Sistem Çözümleri:** CAF, 2013 yılında İtalyan sinyalizasyon firması EKE’yi, ardından Fransız sinyalizasyon şirketi SNC-Lavalin Infrastructures & Transport’u satın alarak sinyalizasyon ve kontrol sistemleri alanındaki kabiliyetlerini geliştirmiştir. Bu kapsamda CBTC, ERTMS ve ATS gibi sistem çözümleri sunmaktadır.
3. **Filo Yönetimi, Bakım ve Modernizasyon:** CAF, yalnızca yeni araç üretimiyle değil, aynı zamanda işletmedeki araçların bakımı, modernizasyonu ve ömrünün uzatılması hizmetleriyle de sektörde önemli bir rol oynamaktadır. Şirketin hizmet verdiği bakım merkezleri Avrupa ve Latin Amerika’da yaygındır.
4. **Elektrifikasyon, Otomasyon ve Dijital Sistemler:** CAF, demiryolu hatlarının elektrifikasyonu, sinyal kontrolü, enerji izleme ve yolcu bilgilendirme sistemlerinde entegre çözümler sunmaktadır. Ayrıca, dijital bakım platformları ve uzaktan izleme sistemleriyle operatörlerin daha verimli çalışmasına yardımcı olur.
5. **Uluslararası Projeler ve İş Ortaklıkları:** CAF, 5 kıtada 40’tan fazla ülkede raylı sistem projelerinde görev almıştır. Bu projelerde genellikle yerel üretim ortaklıkları kurarak teknoloji transferi ve yerel katma değer oluşturmaya hedeflemiştir.

**Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:**

- **İstanbul Tramvay Projesi:** CAF, İstanbul Büyükşehir Belediyesi için tramvay ve hafif metro araçları üretmiş, yerli üretim desteğiyle Türkiye’de raylı sistem teknolojilerinin gelişmesine katkı sağlamıştır.
- **Amsterdam Metro Sistemi:** Hollanda’nın başkenti Amsterdam için CAF tarafından üretilen metro araçları, hem modern tasarımı hem de enerji verimliliği ile dikkat çekmektedir.
- **Norveç NSB Bölgesel Trenleri:** CAF, Norveç’in zorlu iklim koşullarına uygun Civity model trenleriyle NSB’ye (Norwegian State Railways) hizmet vermektedir.
- **ABD – Amtrak ve Kansas City Projeleri:** Şirket, ABD’de hem şehir içi hem şehirlerarası ulaşım için modern hafif raylı araçlar ve trenler üretmiş; Kuzey Amerika pazarında güçlü bir varlık oluşturmuştur.

CAF, demiryolu araçlarını dijital çözümlerle donatmak konusunda öncüdür. Özellikle LeadMind adlı dijital platformu ile araçların gerçek zamanlı izlenmesi, tahmine dayalı bakım ve performans analizi sağlanmaktadır. Bu sistem, işletmecilerin maliyetlerini düşürürken, güvenlik ve verimliliği artırır.

CAF, mühendislik kapasitesi, modüler araç tasarımları ve müşteri odaklı çözümleriyle global raylı sistemler sektörünün güvenilir oyuncularından biridir. Sürdürülebilir taşımacılığı hedefleyen şirket, enerji verimli araçlar, düşük karbon emisyonlu çözümler ve dijital inovasyonlar ile geleceğin ulaşımına yön vermeyi hedeflemektedir. Özellikle yeni nesil şehirleşme ve akıllı ulaşım sistemleri için sunduğu entegre çözümlerle öne çıkmaktadır.

**1.7.12. Transmashholding**

Transmashholding (TMH), Rusya merkezli ve Doğu Avrupa’nın en büyük demiryolu ve metro aracı üreticisidir. 2002 yılında kurulan şirketin merkezi Moskova’da bulunmaktadır. TMH, Rusya başta olmak üzere BDT (Bağımsız Devletler Topluluğu) ülkelerinde, Doğu Avrupa, Latin Amerika ve Afrika’da faaliyet göstermektedir. Şirket, yük ve yolcu taşımacılığına yönelik lokomotifler, yolcu vagonları, metro trenleri, elektrikli trenler ve bakım sistemleri üretmektedir.

**TMH’in faaliyet alanları beş ana başlıkta toplanabilir:**

1. **Lokomotif ve Yolcu Vagonu Üretimi:** TMH, dizel-elektrikli ve elektrikli lokomotifler ile uzun mesafe yolcu vagonları, bölgesel trenler, çift katlı vagonlar ve yüksek konforlu ekspres vagonlar üretmektedir. Şirketin amiral gemilerinden biri olan EP2D elektrikli tren seti, Rusya’daki bölgesel taşımacılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır.
2. **Metro Araçları ve Şehir İçi Taşımacılık Çözümleri:** TMH, Moskova, Bakü, Budapeşte ve Kahire gibi büyük şehirlerin metro sistemleri için sürücüsüz ya da klasik metro araçları geliştirmiştir. Şirket, şehir içi ulaşım için dayanıklı ve düşük enerji tüketimli metro setleri tasarlamaktadır.
3. **Bakım, Modernizasyon ve Teknik Destek Hizmetleri:** TMH, sadece üretim değil, aynı zamanda demiryolu araçlarının modernizasyonu, teknik servis hizmetleri, yedek parça tedariki ve filo yönetimi konusunda da entegre çözümler sunmaktadır. Şirket, bu faaliyetleri TMH-Service markası altında yürütmektedir.
4. **Dijital Sistemler ve Otomasyon:** Şirket, sinyalizasyon, tren kontrol sistemleri ve dijital izleme platformları üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Ayrıca, trenlerin ömür döngüsünü izleyen entegre dijital altyapılar sayesinde müşterilere durum izleme ve önleyici bakım hizmetleri sunulmaktadır.
5. **Küresel Üretim ve Uluslararası İş Ortaklıkları:** TMH; Almanya, Macaristan, Güney Afrika ve Arjantin gibi ülkelerde üretim ve bakım tesisleri açarak uluslararası varlığını artırmıştır. Bu tesislerde yerel üretim ve teknoloji transferiyle projelere katılım sağlamaktadır.

**Öne Çıkan Projeler ve Faaliyetler:**

- **Moskova Metro Modernizasyonu:** TMH, Moskova metrosu için binlerce metro vagonu üretmiş ve sistemin modernizasyonunda kritik rol üstlenmiştir. Araçlar yüksek yolcu kapasitesi, geniş kapılar ve akıllı yolcu bilgilendirme sistemleriyle donatılmıştır.
- **Arjantin Tren Setleri Projesi:** Arjantin’in banliyö demiryolu sistemleri için üretilen elektrikli tren setleri, TMH’nin Latin Amerika’daki en büyük projelerinden biridir.



- **Macaristan Dunakeszi Üretim Tesisi:** TMH, Avrupa'daki üretim üssünü Macaristan'da kurmuş ve buradan Avrupa pazarına yönelik modern yolcu vagonları üretimine başlamıştır.
- **Mısır Banliyö Trenleri Projesi:** TMH, Mısır'da 1300'den fazla yolcu vagonunun tedarikini üstlenmiş, bu projede yerli üretimi de destekleyen iş birliklerine gitmiştir.

Transmashholding, araçlarının yaşam döngüsü boyunca performans izleme, durum bazlı bakım ve operasyonel verimlilik sağlayan dijital çözümler geliştirmektedir. Trenlere entegre edilen sensörler ve kontrol modülleri, arıza tespiti, enerji tüketimi analizi ve filo takibi gibi işlevleri desteklemektedir.

Transmashholding, Rusya'nın ve BDT bölgesinin en büyük raylı sistem üreticisi konumundadır. Yerli mühendislik gücünü uluslararası ortaklıklarla destekleyen firma, hem gelişmekte olan ülkelere uygun maliyetli çözümler hem de gelişmiş pazarlara yönelik yüksek teknolojili araçlar üretme kapasitesine sahiptir. Sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve yerelleşme odaklı stratejilerle küresel pazardaki etkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

## 2. TÜRKİYE'DE DEMİRYOLU SEKTÖRÜNÜN DURUMU

### 2.1. Türkiye'de Demiryolunun Tarihsel Gelişimi

#### 2.1.1. Osmanlı Döneminde Demiryolu (1856-1923)

Osmanlı Devleti'nde demiryolu inşası, 19. yüzyılın ortalarından itibaren Avrupa'daki Sanayi Devrimi'nin etkisiyle ve büyük güçlerin Osmanlı coğrafyası üzerindeki ekonomik ve siyasi nüfuzlarını artırma çabalarının bir parçası olarak ivme kazanmıştır. Demiryolları, bu bağlamda yalnızca bir ulaşım altyapısı değil, aynı zamanda modernleşme, devlet otoritesini pekiştirme ve ekonomik kalkınmayı teşvik etme aracı olarak konumlanmıştır. Osmanlı'nın demiryolu politikası, yerli kapasitenin sınırlı olması nedeniyle büyük ölçüde Batı kaynaklı teknik bilgi birikimi ve dış finansman ile şekillendirilmiştir.

1856-1922 yılları arasında inşa edilen demiryolu hatları, imparatorluğun geniş coğrafyasında lojistik bütünlüğü sağlamak, ticaret ağlarını güçlendirmek ve askeri hareket kabiliyetini artırmak gibi çok boyutlu stratejik hedefler doğrultusunda planlanmıştır. Bu dönemde hayata geçirilen başlıca projeler arasında:

- **İzmir-Aydın Demiryolu Hattı (1856):** Osmanlı topraklarında inşa edilen ilk demiryolu hattı olup, Batı Anadolu'nun tarım ürünlerinin limanlara ulaştırılmasını kolaylaştırmıştır.
- **Rumeli Demiryolları (1870'ler):** Balkanlar'daki ulaşım entegrasyonunu güçlendirerek, bölgedeki Osmanlı varlığının idamesine katkı sağlamıştır.
- **Hicaz Demiryolu (1900-1908):** İstanbul'dan Mekke'ye ulaşım sağlama hedefiyle inşa edilen bu hat, yalnızca teknik bir altyapı yatırımı değil, aynı zamanda Osmanlı'nın İslam dünyası üzerindeki siyasi ve dini meşruiyetini pekiştiren bir araç olmuştur.

Özellikle Hicaz Demiryolu, ümmetçi politikaların sembolü haline gelmiş; Müslüman dünyada büyük bir heyecan ve destekle karşılanmıştır. Hattın inşası sırasında kullanılan kaynakların önemli bir kısmı, İslam coğrafyasından gönüllü bağışlarla temin edilmiş ve proje, dini dayanışmanın modern mühendislikle birleştiği özgün bir örnek olarak tarihe geçmiştir.

##### 2.1.1.1 Rumeli Demiryolları

Osmanlı İmparatorluğu'nun Balkanlar'daki topraklarını birbirine entegre etmek amacıyla 1869 yılında inşasına başlanan Rumeli Demiryolları Projesi, yaklaşık 2.383 kilometrelik bir hat uzunluğuna sahip olup, Osmanlı ulaşım politikalarının en kapsamlı girişimlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu demiryolu hattı, imparatorluğun batısındaki önemli ticaret ve askeri merkezleri birbirine bağlamayı hedeflemiş; aynı zamanda Osmanlı'nın Avrupa ile ekonomik ve siyasi entegrasyon çabalarının stratejik bir parçasını oluşturmuştur.

Hat, Sirkeci Garı'ndan başlayarak Belgrad, Sofya ve Niş gibi dönemin jeopolitik açıdan kritik şehirlerinden geçmek suretiyle Orta Avrupa'ya uzanmış; bu yönüyle Avusturya-Macaristan İmparatorluğu ve Almanya gibi büyük Avrupa devletlerinin Osmanlı üzerindeki ekonomik, teknik ve diplomatik nüfuzlarını artırmalarına olanak sağlamıştır.

Rumeli Demiryolları, yalnızca fiziksel bir ulaşım altyapısı değil, aynı zamanda Osmanlı yönetiminin Balkan coğrafyasındaki merkezi otoritesini güçlendirme ve idari-siyasi kontrolünü sürdürme çabalarının da bir aracı olmuştur. Bölgedeki ticaret hacmini artırma, askeri sevkıyatı kolaylaştırma ve idari entegrasyonu sağlama işlevleriyle bu hat, 19. yüzyıl sonlarında Osmanlı modernleşme politikalarının önemli bir unsurunu teşkil etmiştir.

Ancak bu stratejik öneme rağmen, 1912 yılında başlayan Balkan Savaşları ile birlikte hattın büyük bir kısmı Osmanlı kontrolünden çıkmıştır. Bu gelişme, Rumeli Demiryolları'nın hem jeostratejik hem de ekonomik değerinin Osmanlı açısından büyük ölçüde kaybedilmesine neden olmuştur. Savaşlar sonrasında demiryolunun yalnızca sınırlı bir bölümü Osmanlı sınırları içerisinde kalırken, hattın önemli bir kısmı yeni kurulan Balkan devletlerinin egemenliğine geçmiştir.

##### 2.1.1.2. Anadolu-Bağdat Demiryolu

Anadolu-Bağdat Demiryolu, Osmanlı İmparatorluğu'nun modernleşme ve altyapı geliştirme vizyonu çerçevesinde hayata geçirdiği en kapsamlı ve stratejik projelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Toplam 2.424 kilometre uzunluğundaki bu demiryolu hattı, Sultan II. Abdülhamid döneminde Alman mühendisliği ve sermayesi desteğiyle inşa edilmeye başlanmış; imparatorluğun doğu ve batı bölgeleri arasındaki ulaşım entegrasyonunu sağlamayı ve küresel ticaret ağlarında daha etkin bir rol üstlenmeyi amaçlamıştır.

Projenin temelleri, 1888 yılında Deutsche Bank'ın finansal desteği ile atılmış ve hat inşası, Almanya'nın Osmanlı toprakları üzerindeki siyasi ve ekonomik nüfuzunu artırma stratejisinin bir parçası olarak konumlandırılmıştır. Bu bağlamda Anadolu-Bağdat Demiryolu, yalnızca Osmanlı İmparatorluğu açısından değil, aynı zamanda Almanya'nın "Berlin-Bağdat Demiryolu" vizyonu çerçevesinde, Avrupa'dan Orta Doğu'ya uzanan alternatif bir ticaret ve jeopolitik etki hattı kurma hedefi açısından da büyük önem taşımıştır.

Demiryolu hattı, Osmanlı'nın iç bölgelerindeki ekonomik kaynakların limanlara ve dış pazarlara taşınmasını kolaylaştırmak, askeri sevkiyat ve kontrolü etkinleştirmek ve Anadolu'nun doğu bölgelerinde merkezi idareyi güçlendirmek gibi çok yönlü işlevler taşımaktaydı. Aynı zamanda bu hat, Avrupa'nın sanayi merkezleri ile Basra Körfezi arasında kesintisiz bir demiryolu bağlantısı oluşturmayı hedefleyen daha geniş bir jeopolitik projenin parçasıydı.

Ancak projenin tamamlanması, I. Dünya Savaşı'nın patlak vermesiyle kesintiye uğramış; savaş yıllarında inşa edilen hat bölümleri, askeri ve lojistik amaçlarla yoğun şekilde kullanılmıştır. Savaşın ardından Osmanlı İmparatorluğu'nun dağılmasıyla birlikte demiryolu hattı siyasi bütünlüğünü yitirmiş ve güzergâh üzerindeki topraklar farklı yeni devletlerin sınırları içine girmiştir. Bu durum, hattın bütünsel işletimini imkânsız hale getirerek, uluslararası politikalar çerçevesinde parçalı ve farklı kullanım senaryolarına konu olmasına neden olmuştur.

#### **2.1.1.3. İzmir-Kasaba ve İzmir-Aydın Hatları**

İzmir-Kasaba ve İzmir-Aydın demiryolu hatları, 19. yüzyılda Osmanlı İmparatorluğu'nun Batı Anadolu bölgesinde hayata geçirdiği en erken ve en önemli ulaştırma projeleri arasında yer almakta olup, bölgenin ekonomik entegrasyonu ve tarımsal üretim kapasitesinin dış pazarlara açılması açısından stratejik bir rol üstlenmiştir.

Yaklaşık 695 kilometre uzunluğundaki İzmir-Kasaba hattı, İzmir Limanı'nı iç bölgelere bağlayarak Batı Anadolu'nun tarım ürünlerinin taşınmasını kolaylaştırmış; 610 kilometrelik İzmir-Aydın hattı ise Ege Bölgesi'nin verimli tarım arazilerinden elde edilen ürünlerin doğrudan denizyolu ihracatına entegre edilmesini mümkün kılmıştır.

Özellikle İzmir-Aydın hattı, İngiliz sermayesiyle inşa edilmiş olması açısından dikkat çekmektedir. Bu durum, 19. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere'nin Osmanlı tarım ürünlerine yönelik ekonomik çıkarlarını ve Osmanlı topraklarındaki dış finansman temelli altyapı yatırımlarını yansıtan önemli bir örnek teşkil etmektedir. Hat aracılığıyla başta pamuk, tütün ve üzüm olmak üzere bölgenin temel tarım ürünleri, hızlı ve kesintisiz şekilde İzmir Limanı üzerinden Avrupa pazarlarına ulaştırılmıştır.

İzmir-Kasaba hattı ise daha çok bölgesel ölçekli ticari canlılığın sağlanmasına hizmet etmiş; Batı Anadolu'nun üretim merkezlerini liman hinterlandıyla bütünleştirerek iç ticaretin modernleşmesini desteklemiştir. Her iki demiryolu hattı da, yalnızca ekonomik kalkınmayı desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda sosyal ve kültürel etkileşimin artmasına, kentleşmenin hızlanmasına ve bölgesel hareketliliğin güçlenmesine katkıda bulunmuştur.

Bununla birlikte, bu hatlar Osmanlı İmparatorluğu'nda yabancı sermayenin ekonomik nüfuz alanlarını genişletmesi bağlamında da değerlendirilmiştir. Söz konusu demiryolu yatırımları, Batılı devletlerin Osmanlı topraklarındaki stratejik ve ekonomik çıkarlarını gerçekleştirmek üzere kullandıkları altyapı projeleri arasında yer almakta; bu yönüyle ekonomik bağımlılık ilişkilerinin somut göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir.

#### **2.1.1.4. Hicaz Demiryolu (1900-1908)**

Hicaz Demiryolu, Osmanlı Devleti'nin 20. yüzyıl başında hayata geçirdiği en kapsamlı ve simgesel altyapı projelerinden biri olarak tarihsel önem taşımaktadır. 1900 yılında inşasına başlanan ve 1908 yılında tamamlanan bu hat, Şam'dan Medine'ye uzanan yaklaşık 1.320 kilometrelik bir demiryolu güzergâhını kapsamaktadır. Proje, dönemin Osmanlı Padişahı II. Abdülhamid'in siyasi vizyonu doğrultusunda, dini, siyasi, ekonomik ve askeri hedefleri aynı anda gerçekleştirmeye yönelik olarak kurgulanmıştır.

Teknik açıdan hat, 1050 mm açıklığında dar hat (narrow gauge) formunda inşa edilmiş olup, çöl iklimi ve zorlayıcı coğrafi koşullar nedeniyle ileri düzey mühendislik çözümleri gerektirmiştir. Hat boyunca çok sayıda menfez, köprü, istasyon binası ve bakım tesisi inşa edilmiş; projede hem Avrupa'dan ithal edilen hem de Osmanlı atölyelerinde üretilen lokomotif ve vagonlar kullanılmıştır. İnşaat sürecinde başta Alman mühendislik desteği olmak üzere çeşitli teknik iş birlikleri söz konusu olmuştur.

Hicaz Demiryolu'nu benzerlerinden ayıran en özgün unsurlardan biri, finansman modelidir. Sultan II. Abdülhamid, projeyi yalnızca bir ulaştırma yatırımı değil, aynı zamanda İslam dünyasının dayanışma ve birlik sembolü olarak sunmuş; bu doğrultuda Hindistan'dan Kuzey Afrika'ya kadar uzanan geniş bir coğrafyada yaşayan Müslüman topluluklardan gönüllü bağışlar toplanmıştır. Projenin büyük bölümü, bu vakıf temelli finansman modeliyle gerçekleştirilmiş ve Hicaz Demiryolu, sadece Osmanlı'nın değil, tüm İslam dünyasının ortak eseri olarak değerlendirilmiştir.

Stratejik düzlemde Hicaz Demiryolu, bir yandan hac ulaşımını kolaylaştırarak Mekke ve Medine'ye seyahatleri daha güvenli ve hızlı hale getirirken, diğer yandan Osmanlı'nın Arap Yarımadası üzerindeki siyasi ve askeri kontrolünü pekiştirmeyi hedeflemiştir. Hat, aynı zamanda İngiltere'nin Hindistan üzerindeki sömürge yollarına karşı bir denge unsuru olarak tasarlanmış ve bu yönüyle jeopolitik anlamda da büyük önem arz etmiştir.

Günümüzde Hicaz Demiryolu'nun büyük bir bölümü aktif olarak kullanılmamakla birlikte, Ürdün, Suriye ve Suudi Arabistan sınırları içerisindeki bazı hat kesimleri restorasyon çalışmaları kapsamında müze ve turistik amaçlarla değerlendirilmektedir. Özellikle Medine'deki Hicaz Demiryolu İstasyonu, bugün müze olarak hizmet vermekte ve bu tarihi hattın mirasını yaşatmaktadır.

#### 2.1.1.5. Şam-Hama ve Yafa-Kudüs Hatları

Osmanlı İmparatorluğu'nun Suriye, Lübnan ve Filistin topraklarında inşa ettiği demiryolu hatları, yalnızca ulaştırma altyapısının geliştirilmesi amacıyla değil, aynı zamanda bölgedeki askeri, dini ve idari stratejilerin desteklenmesi amacıyla da planlanmış çok boyutlu projelerdir. Bu hatlar, imparatorluğun merkezi otoritesini pekiştirme, lojistik kapasitesini artırma ve bölgesel entegrasyonu sağlama hedeflerinin somut yansımalarıdır.

Şam-Hama Demiryolu Hattı, yaklaşık 498 kilometrelik uzunluğuyla, Suriye'nin iç bölgelerinde ticaretin canlandırılması ve ulaşım ağının modernleştirilmesi amacıyla inşa edilmiştir. Bu hat, aynı zamanda Osmanlı'nın söz konusu bölgede askeri sevkıyatları hızlandırmasına, güvenlik düzeyini artırmasına ve yerel ekonomik hareketliliği teşvik etmesine olanak tanımıştır. Böylece hat, hem stratejik hem de ekonomik işlevler üstlenmiştir.

Diğer yandan, Yafa-Kudüs Demiryolu Hattı, 86 kilometrelik kısa bir mesafeyi kapsamakla birlikte yüksek dini ve sembolik değere sahip bir projedir. Kudüs'ün liman kenti Yafa ile doğrudan bağlanması, özellikle Hac ve dini ziyaretlerin kolaylaştırılması açısından önemli bir gelişme olmuş; bu durum, dini turizmin gelişmesini ve şehirler arası ulaşımın güvenli ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlamıştır. Ayrıca, bu hat sayesinde tarımsal ürünlerin kıyı kentlerine ve dış pazarlara ulaşımı kolaylaşmış, bölge ekonomisinin liman bağlantıları üzerinden entegre olması mümkün kılınmıştır.

Bu demiryolu yatırımları, Osmanlı'nın bölgede yürüttüğü modernleşme ve merkezileşme politikalarının birer aracı niteliğindedir. Hatların inşası, yalnızca ulaştırma kapasitesinin artırılmasıyla sınırlı kalmamış, aynı zamanda idari denetim, askeri kontrol ve ekonomik kalkınma hedefleriyle bütünleşmiştir.

Ancak, Birinci Dünya Savaşı'nın ardından Osmanlı İmparatorluğu'nun dağılmasıyla birlikte, bu hatlar üzerindeki egemenlik sona ermiş; demiryolları, yeni kurulan manda yönetimleri ve bağımsız devletlerin kontrolüne geçmiştir. Bu gelişme, söz konusu demiryolu projelerinin Osmanlı açısından stratejik önemini yitirmesine yol açmış, ancak bu hatlar sonraki dönemlerde bölgesel ulaşım sistemlerinin temel taşlarından biri olmayı sürdürmüştür.

#### 2.1.1.6. Dar Hatlı Demiryolları

Osmanlı İmparatorluğu döneminde inşa edilen bazı demiryolu hatları, kısa mesafeli ulaşım ihtiyaçlarına hizmet etmek ve özellikle yerel ekonomik faaliyetleri desteklemek amacıyla planlanmış ve uygulanmıştır. Bu tür hatlar, genellikle dar hatlı demiryolu sistemleri olarak inşa edilmiş olup, geniş hatlı sistemlere kıyasla daha düşük maliyetli olmaları nedeniyle tercih edilmiştir. Söz konusu hatlar, tarım ağırlıklı bölgelerde üretim merkezlerini pazarlara ve limanlara bağlama, bölgesel ticareti canlandırma ve kırsal kalkınmayı teşvik etme hedefleri doğrultusunda önemli işlevler üstlenmiştir.

Dar hatlı demiryolları, Osmanlı'nın modern ulaşım altyapısı oluşturma vizyonunun bir uzantısı olarak, imparatorluk coğrafyasındaki modernize edilmemiş ya da ulaşımından yoksun bölgelerde ekonomik ve sosyal yaşama önemli katkılar sağlamıştır. Ancak bu hatlar, sınırlı taşıma kapasiteleri, ağ entegrasyonundaki zorluklar ve düşük hız/kapasite özellikleri nedeniyle geniş ölçekli demiryolu sistemlerine entegre olmada sınırlı kalmış; imparatorluğun çözülme süreciyle birlikte birçoğu atıl hale gelmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti'nin 1923 yılında kurulmasıyla birlikte, Osmanlı döneminden miras kalan toplam 8.619 kilometrelik demiryolu ağının yaklaşık 4.112 kilometrelik kısmı, Türkiye sınırları içerisinde kalmıştır. Bu ağ, yeni kurulan Cumhuriyet'in ulaşım altyapısının temelini oluşturmuş ve yürütülen kalkınma politikalarında stratejik öneme sahip olmuştur.

Cumhuriyet dönemi demiryolu politikaları, Osmanlı'dan devralınan bu altyapıyı temel alarak, ulusal ölçekte ekonomik bütünleşme, kamu hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve bölgesel kalkınmanın desteklenmesi hedefleriyle genişletilmiş; demiryolu yapım faaliyetleri 1923 sonrasında öncelikli yatırım alanlarından biri haline gelmiştir. Bu süreçte Anadolu'nun dört bir yanına yeni hatlar ulaştırılarak ekonomik faaliyetlerin merkezî planlama doğrultusunda yönlendirilmesi sağlanmış, aynı zamanda ulaşım dışı bağımlılığın azaltılması ve ulusal egemenliğin pekiştirilmesi amaçlanmıştır.

### **2.1.2. Cumhuriyet Döneminde Demiryolu (1923-1950)**

Osmanlı Devleti'nden Türkiye Cumhuriyeti'ne geçiş sürecinde devralınan demiryolu altyapısı, önemli ölçüde yabancı sermayeli imtiyazlı şirketlerin denetimi altında bulunmaktaydı. Cumhuriyet'in kuruluşu öncesinde Anadolu topraklarında mevcut olan toplam 4.112 kilometrelik demiryolu ağının yaklaşık 3.756 kilometresi, Osmanlı döneminde yabancı şirketlere verilmiş imtiyazlar çerçevesinde inşa edilmiş ve işletilmekteydi. Buna ek olarak, 356 kilometrelik bir hat, Rusya'dan geri alınan topraklar ile birlikte yeniden Osmanlı topraklarına katılmış; ancak bu hatların önemli bir bölümü ülkenin doğu, güneydoğu ve kıyı bölgelerini kapsamamaktadır. Ayrıca, bu dönemde Erzurum-Sarıkamış arasındaki 232 kilometrelik hat, teknik olarak dar hat (narrow gauge) olarak inşa edilmiştir.

Yabancı şirketlerin demiryolu yatırımlarındaki dağılım incelendiğinde, hatların yaklaşık %67,5'inin Alman, %19,8'inin Fransız ve %12,7'sinin İngiliz şirketleri tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu tablo, Osmanlı döneminde demiryolu projelerinin büyük ölçüde dış finansman ve yabancı teknik uzmanlıkla hayata geçirildiğini ve dolayısıyla Cumhuriyet yönetiminin bu alanda karşılaştığı bağımlılık ilişkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, Cumhuriyet öncesi dönemde, Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) tarafından millî egemenlik ilkesine dayalı olarak birtakım millileştirme çalışmaları başlatılmıştır. Bu kapsamda:

- Anadolu hattının 926 kilometresi,
- Bağdat hattının 325 kilometresi,
- ve İzmir-Kasaba hattının 223 kilometresi

millileştirilmiş ve bu hatların yönetimi, 18 Temmuz 1920 tarihinde Eskişehir'de kurulan Anadolu-Bağdat Demiryolları Müdüriyet-i Umumiyesi'ne devredilmiştir. Söz konusu müdürlüğün başına, demiryolu politikalarının uygulanmasında önemli bir rol üstlenen Kurmay Albay Behiç (Erkin) Bey atanmıştır.

Bu kapsamlı millileştirme faaliyetleri sonucunda, Cumhuriyet'in ilanı sırasında yabancı şirketlerin işletmesinde kalan demiryolu ağı, 2.352 kilometreye düşürülmüştür. Bu gelişme, yeni kurulan Cumhuriyet'in ulusal egemenlik, ekonomik bağımsızlık ve altyapı kontrolü ilkeleri doğrultusunda ulaştırma sektöründe attığı stratejik adımların ilk ve en önemli örneklerinden biri olmuştur.

Bu durum, Türkiye Cumhuriyeti'nin erken dönem kalkınma stratejileri doğrultusunda, demiryolu ağının millileştirilmesi ve yaygınlaştırılması yönündeki politikaların temelini oluşturmuştur. Cumhuriyet yönetimi, demiryollarını yalnızca bir ulaşım aracı değil, aynı zamanda ekonomik kalkınmanın, sanayileşmenin ve toplumsal bütünleşmenin temel altyapı unsurlarından biri olarak değerlendirmiştir.

Cumhuriyet döneminde demiryolları, özellikle sanayi üretiminin ham madde ve mamul madde akışını sağlama, tarımsal ürünlerin pazarlara etkin biçimde ulaştırılması, ve yurdun iç kesimlerinde yer alan ekonomik olarak geri kalmış bölgelerin kalkındırılması gibi işlevler açısından stratejik bir araç olarak benimsenmiştir. Bu doğrultuda hükümetin öncelikli hedeflerinden biri, Osmanlı döneminde yabancı sermaye ile inşa edilmiş ve yabancı şirketler tarafından işletilen demiryolu hatlarını millileştirmek olmuş; diğer yandan ülke geneline yayılmış, entegre bir demiryolu ağı oluşturmak amacıyla yeni hatların inşasına hız verilmiştir.

Söz konusu demiryolu politikaları, yalnızca ulaştırma sektörü açısından değil, aynı zamanda iktisadi bağımsızlık, bölgesel eşitsizliklerin giderilmesi ve cumhuriyetin kurumsallaşması bağlamında da kritik bir rol oynamıştır. Böylece demiryolu yatırımları, erken Cumhuriyet döneminde izlenen karma ekonomik modelin altyapı boyutundaki temel yapı taşlarından biri haline gelmiştir.



### 2.1.2.1. Cumhuriyet Tarihi'nin Birinci Dönem Demiryolu Çalışmaları

Cumhuriyet'in ilk on beş yıllık dönemi, demiryolu politikaları açısından iki temel evrede değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki, 1923-1927 yıllarını kapsayan erken Cumhuriyet dönemidir.

Türkiye Cumhuriyeti'nin ilanıyla birlikte ulaştırma ve altyapı politikaları, kalkınma stratejilerinin merkezi unsurlarından biri haline gelmiştir. Bu çerçevede, Anadolu'nun iç bölgeleri ile liman kentleri ve sanayi merkezleri arasındaki ulaşımı sağlayacak yeni demiryolu hatlarının inşasına öncelik verilmiştir. Devletin doğrudan müdahalesiyle yürütülen bu projeler, yalnızca fiziksel bağlantılar kurmayı değil, aynı zamanda ekonomik bütünleşmeyi sağlama, bölgesel kalkınmayı teşvik etme ve toplumsal refahı artırma hedeflerini de kapsamıştır.

Söz konusu dönemde, sınırlı yerli kaynaklara ve teknik kapasiteye rağmen, demiryolu yapım faaliyetleri başlatılmış; aynı zamanda Millî Mücadele döneminin yol açtığı yıkımın giderilmesine yönelik yoğun bir bakım-onarım süreci yürütülmüştür. Özellikle savaş sırasında zarar gören hatlar yeniden işler hâle getirilmiş, yıkılan köprülerin yerine farklı boyutlarda çelik köprüler inşa edilmiş, tünel kaplamaları güçlendirilmiş ve Haydarpasha Garı gibi stratejik istasyon yapıları restore edilmiştir.

Bu dönemin temel karakteristiği, hem mevcut altyapının rehabilitasyonu hem de uluslararası sermayeden bağımsız, millî kaynaklarla demiryolu inşasına geçişin başlatılmasıdır. Aşağıda, 1923-1927 yılları arasında tamamlanan başlıca öncü demiryolu hatları ve bunların stratejik önemi detaylı olarak incelenmektedir.

- **Ankara – Yahşihan (Irmak) Hattı (1924-1925):** Cumhuriyet döneminde devlet eliyle tamamlanan ilk demiryolu hattı olma özelliğini taşıyan bu güzergâh, İç Anadolu'nun merkezinde yer alan iller arasında doğrudan bir ulaşım hattı kurmuştur. Hem yolcu hem de yük taşımacılığı açısından önemli bir açılım sunan bu hat, aynı zamanda Cumhuriyet yönetiminin ulaştırma alanındaki ilk bağımsız ve kurumsal altyapı yatırımını temsil etmektedir.
- **Kütahya – Balıkesir Hattı (1923-1926):** Ege ve İç Anadolu bölgeleri arasında doğu-batı ekseninde bir lojistik bağlantı kuran bu hat, özellikle tarımsal üretimin limanlara erişimini kolaylaştırması yönüyle öne çıkmıştır. Hat, hem ihracat kapasitesinin artırılmasına hem de bölgesel ekonomik dinamizmin güçlenmesine katkı sağlamıştır.
- **Kayseri – Ulukışla Hattı (Kısmi) (1926-1927):** Orta Anadolu'da sanayi ve tarım ürünlerinin ulusal pazarlara taşınmasını sağlayan önemli bir güzergâhtır. Özellikle Kayseri gibi erken sanayileşme eğilimi gösteren kentlerin dışa açılmasında kritik bir rol oynamış; üretim merkezlerini limanlara ve diğer tüketim bölgelerine bağlayarak ekonomik entegrasyonu hızlandırmıştır.
- **Yahşihan (Irmak) – Çankırı Hattı (1926-1927):** Çankırı'nın Ankara ile doğrudan bağlantısını sağlayan bu hat, kırsal alanların merkeze entegrasyonu amacıyla planlanmıştır. Hat, özellikle tarım ürünleri ve madencilik faaliyetlerinden elde edilen hammaddelerin pazara ulaştırılmasında etkin olmuş; böylece bölgesel kalkınma politikalarının uygulanmasında tamamlayıcı bir rol üstlenmiştir.
- **Eskişehir – Afyon Hattı (1925-1927):** Batı Anadolu'daki sanayi merkezlerini birbirine bağlayan bu hat, bölgesel lojistik altyapının güçlendirilmesine önemli katkı sunmuştur. Ulaşımın demiryolu aracılığıyla daha hızlı, ekonomik ve güvenli hâle gelmesi, bölgedeki ticaret hacminin artmasına ve sanayi üretiminin desteklenmesine imkân tanımıştır.

1923-1927 yılları arasında inşa edilen demiryolu hatları, genç Türkiye Cumhuriyeti'nin ulaştırma politikalarına yönelik kararlılığını ve kalkınma vizyonunu açık biçimde yansıtmaktadır. Bu hatlar, yalnızca fiziksel bir ulaşım altyapısının inşası değil, aynı zamanda devletin merkezî idarenin taşraya ulaşmasını sağlama, kamu hizmetlerini yurt geneline yayma ve bölgesel kalkınma farklarını azaltma yönündeki iradesinin somut göstergeleri olmuştur.

Erken Cumhuriyet döneminde gerçekleştirilen demiryolu yatırımları, ekonomik canlılığın artırılması, sosyal bütünleşmenin sağlanması ve yurttaş-devlet ilişkilerinin güçlendirilmesi gibi çok boyutlu hedeflere hizmet etmiş; bu altyapı çalışmaları, ilerleyen yıllarda gerçekleştirilecek büyük ölçekli ulaştırma projelerinin zeminini oluşturmuştur. Söz konusu hatlar, aynı zamanda tarımsal üretimin pazarlara entegrasyonunu kolaylaştırmış, sanayi bölgelerine erişimi iyileştirmiş ve kırsal bölgelerin kalkınmasını desteklemiştir.

Bu döneme ilişkin istatistikler, Türkiye'nin ulaştırma altyapısının oluşturulmasındaki sistematik planlama ve yatırım önceliklerini açıkça ortaya koymaktadır. 1923-1931 yılları arasında, yılda ortalama 181 kilometre olmak üzere toplam 1.452 kilometre demiryolu inşa edilmiştir. Bu, kaynakların sınırlı olduğu bir dönemde ulaştırma sektörüne verilen önemi göstermektedir.

1931-1940 yılları arasında ise demiryolu yapım hızı önemli ölçüde artmış; bu dönemde yılda ortalama 291 kilometre demiryolu inşa edilmiştir. Bu artış, Türkiye'nin sanayileşme süreciyle eş zamanlı olarak ekonomik ve lojistik kapasitesini artırmaya yönelik altyapı geliştirme stratejilerinin hız kazandığını göstermektedir. Ulaştırma alanındaki bu yatırımlar, erken Cumhuriyet döneminin kalkınmacı ve devletçi ekonomik modeliyle uyumlu olarak şekillenmiş ve Türkiye'nin modernleşme sürecine yön veren temel hamlelerden biri olmuştur.

### **2.1.2.2. Cumhuriyet Tarihi'nin İkinci Dönem Demiryolu Çalışmaları**

Cumhuriyet'in erken dönem demiryolu politikalarının ikinci evresi, 1927-1938 yılları arasını kapsamaktadır. Bu dönemde demiryolu inşa faaliyetleri hız kazanmış; bir yandan yeni hatların yapımı sürdürülürken diğer yandan yabancı sermayeli imtiyazlı demiryolu hatlarının millileştirilmesi süreci kararlılıkla yürütülmüştür. Yapım işlerinin hem yerli hem de yabancı müteahhitlik firmalarına ihale edilmesi, projenin teknik kapasite ve kaynak temini açısından çeşitlendirilmesini sağlamıştır.

Bu süreç, demiryollarının yönetim yapısında kurumsal dönüşümleri de beraberinde getirmiştir. 24 Nisan 1924 tarihi ve 506 sayılı Kanun ile Devlet Demiryolları Müdüriyeti Umumiyesi, Nafia Vekâleti'ne bağlı bir kamu kurumu olarak yeniden teşkilatlandırılmıştır. Bu yeni yapı, yalnızca demiryolu hatlarını değil, aynı zamanda demiryolu bağlantılı limanların yönetimini de kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Özellikle yabancı şirketlerin işlettiği limanların da devletleştirilmesi ile birlikte demiryolları ve limanlar arasında daha bütüncül bir ulaştırma stratejisi oluşturulmuştur.

Bu çerçevede, 23 Mayıs 1927 tarihinde kabul edilen 1042 sayılı Kanun ile kurumun adı "Devlet Demiryolları ve Limanları İdare-i Umumiyesi" olarak değiştirilmiş; bu değişiklik hem görev alanının genişletilmesini hem de kurumsal kimliğin güçlendirilmesini yansıtmıştır. Ardından, 30 Mayıs 1929 tarih ve 1483 sayılı Kanun ile teşkilat, tüzel kişiliğe sahip bir kamu işletmesi olan "Devlet Demiryolları ve Limanları İşletme Umum Müdürlüğü" hâline dönüştürülmüş ve merkezi Haydarpaşa'dan Ankara'ya taşınarak Cumhuriyet'in başkenti ile kurumsal uyum sağlanmıştır.

Millileştirme politikası ile yeni demiryolu yapımı, bu dönemde eşzamanlı ve tamamlayıcı süreçler olarak yürütülmüştür. Cumhuriyet'in ilanı sırasında 4.112 kilometre olan toplam demiryolu ağı, 1926 yılı itibarıyla 4.459 kilometreye, 1930'da 5.639 kilometreye ve 1935 yılında 6.639 kilometreye ulaşmıştır. Bu istikrarlı genişleme, Cumhuriyet yönetiminin ulaştırma altyapısını güçlendirme, ekonomik kalkınmayı destekleme ve ülke geneline kamu hizmetlerini ulaştırma hedefleri doğrultusunda izlediği planlı stratejilerin bir yansımasıdır.

Ayrıca, bu dönemde başlatılan ve tamamlanması sonraki yıllara sarkan birçok demiryolu hattı, Türkiye'nin uzun vadeli ulaşım planlamasının temelini oluşturmuş; demiryolu merkezli bir ulaştırma vizyonunun kurumsallaşmasını sağlamıştır. Böylece 1927-1938 dönemi, kurumsal yapılandırma, millî egemenlik, teknik kapasite artırımı ve coğrafi kapsayıcılık açısından Türk demiryolu tarihinin en kritik evrelerinden biri olmuştur.

Yabancı sermayeye ait demiryolu hatlarının millileştirilmesi, esas itibarıyla satın alma yoluyla gerçekleştirilmiş olup, bu süreç Türkiye Cumhuriyeti'nin ekonomik bağımsızlık hedefleri doğrultusunda atılmış önemli bir adımdır. Ancak dönemin sınırlı kamu mali kaynakları, bu alımların büyük ölçüde dış borçlanma yoluyla finanse edilmesini zorunlu kılmıştır. Bu durum, Cumhuriyet Hükûmeti'nin henüz 1933 yılında imzalanan Paris Nihai Antlaşması ile Osmanlı borçlarının yeniden yapılandırılmasından önce bile ilave dış borç yükümlülükleri altına girmesine neden olmuştur. 1928-1933 yılları arasında devletleştirilen demiryolları, limanlar ve diğer imtiyazlı altyapı kuruluşları, Türkiye'nin bu dönemdeki dış borç stokunun önemli bir bölümünü teşkil etmiştir.

Bu dönemde ulaştırma yatırımları, Türkiye'nin sanayileşme süreciyle doğrudan ilişkilendirilmiştir. 1934 yılında yürürlüğe giren Birinci Beş Yıllık Sanayi Planı, Türkiye ekonomisinin kalkınma sürecini hızlandırmayı ve ağır sanayi odaklı üretim altyapısını kurmayı hedefleyen kapsamlı bir stratejik belge niteliğindedir. Plan kapsamında, sanayi tesislerinin sürdürülebilir şekilde işletilebilmesi için lojistik destek altyapısı olarak demiryollarına öncelik verilmiş ve demiryolu projeleri planın merkezinde konumlandırılmıştır. Özellikle demir-çelik, kömür ve makine üretimi gibi ağır sanayi faaliyetlerinin hammadde ve mamul madde taşıma gereksinimleri, demiryolu ağı üzerinden karşılanmıştır. Böylece demiryolları, sanayileşmenin can damarı olarak görülmüş; düşük maliyetli ve hızlı taşımacılık kapasitesi ile ekonomik kalkınmanın fiziksel altyapısını oluşturmuştur.

Demiryolu şebekesinin coğrafi olarak genişlemesi, beraberinde işletme hacminin de önemli ölçüde artmasını sağlamıştır. 1923 yılında 1,9 milyon olan yolcu sayısı, 1925'te 3,6 milyona, 1930'da 5,4 milyona ve 1935 yılında 11,5 milyona ulaşmıştır. Ancak aynı dönemde yolcu-kilometre artışının daha sınırlı kalması, banliyö trenlerinde yoğunluk artışının, uzun mesafeli yolculuklardaki artıştan daha hızlı gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu durum, demiryollarının sadece uzak mesafeli ulaşımında değil, aynı zamanda günlük kent içi ve yakın çevre hareketliliğinde de önemli bir taşıma aracı haline geldiğini göstermektedir.

Yük taşımacılığı ise demiryolu işletmeleri içinde daha belirgin ve dinamik bir büyüme eğilimi sergilemiştir. 1923 yılında 313 bin ton olan yük hacmi, 1925'te 791 bin tona, 1930'da 1.973 bin tona, 1935 yılında ise 3.099 bin tona yükselmiştir. Bu artış, demiryollarının üretim-pazar bağlantısını güçlendirme, ham madde tedariki ve ürün dağıtımı gibi ekonomik işlevlerdeki rolünün artmakta olduğunu ortaya koymaktadır.

### 2.1.2.3. Ankara-Kayseri-Sivas Demiryolu Hattı

Türkiye Cumhuriyeti'nin erken dönem ulaştırma politikaları çerçevesinde hayata geçirilen stratejik öneme sahip altyapı projelerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Hat, Anadolu'nun iç kesimlerini doğu-batı ekseninde birbirine bağlayarak, hem ekonomik kalkınmayı desteklemiş hem de bölgeler arası ticaretin canlanmasına ve mekânsal entegrasyonun güçlenmesine önemli katkı sunmuştur.

Hattın ilk aşaması olan Ankara-Kayseri bölümü, 1925-1927 yılları arasında tamamlanmış ve bu kesim, İç Anadolu'dan çıkan tarımsal ve ticari ürünlerin daha geniş pazarlara ulaştırılmasına olanak tanımıştır. Bu gelişme, özellikle Ankara ile Kayseri arasında ekonomik canlılığın artmasına ve bölgesel ticaret akışlarının ivme kazanmasına neden olmuştur. Ayrıca Kayseri'nin bu hatla birlikte erken sanayileşme eğilimi gösteren bir merkez haline gelmesi, demiryolunun ekonomik ve stratejik önemini daha da artırmıştır.

İkinci etap olan Kayseri-Sivas bölümü, 1927-1930 yılları arasında inşa edilmiş ve böylece demiryolu hattı, İç Anadolu'nun doğusuna kadar uzanarak hem ticari hem de sosyal etkileşim kapasitesini artırmıştır. Sivas, bu bağlantı sayesinde daha geniş bir ekonomik hinterlanda entegre olmuş; ticaret, ulaşım ve hizmet sektörleri açısından bölgesel bir merkez işlevi kazanmaya başlamıştır.

Hattın tüm kesimlerinin tamamlanmasıyla birlikte, Anadolu'nun doğusunu batısına bağlayan entegre bir lojistik koridor oluşturulmuştur. Bu demiryolu hattı, yalnızca ekonomik kalkınmaya hizmet etmekle kalmamış; aynı zamanda kültürel etkileşimleri güçlendirmiş, ulusal bütünleşmeye katkı sunmuş ve devletin taşra üzerindeki erişimini kurumsallaştıran bir araç haline gelmiştir.

Teknik açıdan, hat inşası Türkiye'nin yerli mühendislik, planlama ve inşaat kabiliyetlerinin gelişimine önemli katkı sağlamış; demiryolu yapımında millî kaynaklara dayalı birikimin oluşmasını desteklemiştir. Ekonomik açıdan ise, hat; başta tarımsal ürünler ve madenler olmak üzere bölgesel üretim girdilerinin düşük maliyetli ve etkin taşınmasını sağlamış, aynı zamanda yeni sanayi bölgelerinin gelişimini teşvik ederek, Cumhuriyet'in sanayileşme hedeflerine doğrudan hizmet etmiştir.

### 2.1.2.4. Sivas-Erzurum Demiryolu Hattı (1924-1939)

Türkiye Cumhuriyeti'nin doğu bölgelerini batı ile entegre etme hedefi doğrultusunda inşa edilen stratejik öneme sahip ulaştırma projelerinden biri olmuştur. Hattın inşasına 1924 yılında başlanmış ve zorlu topoğrafik koşullar, sert iklim şartları ve sınırlı teknik imkânlarla rağmen, çalışmalar 1939 yılında tamamlanarak başarıyla sonuçlandırılmıştır. Proje, yalnızca fiziksel bir ulaşım altyapısı oluşturmayı değil, aynı zamanda doğu bölgelerinin sosyoekonomik kalkınmasını hızlandırmayı ve ulusal bütünleşmeyi sağlamlaştırmayı amaçlayan çok boyutlu bir kalkınma hamlesi niteliği taşımaktadır.

Hattın hayata geçirilmesiyle birlikte, doğudan batıya doğru tarımsal ürünler ve yeraltı kaynaklarının taşınması daha sistematik ve düşük maliyetli bir şekilde gerçekleştirilmiş; bu durum, doğu illerinin ekonomik aktivitesini artırmış ve bölgesel üretimin ulusal pazarlara entegrasyonunu mümkün kılmıştır. Bu bağlamda, Erzurum, demiryolu bağlantısı sayesinde bir ticaret, lojistik ve ulaşım merkezi haline gelmiş; şehrin stratejik ve ekonomik önemi belirgin biçimde artmıştır.

Sivas-Erzurum Demiryolu, aynı zamanda sosyal ve kültürel etkileşimi destekleyen bir araç işlevi görmüş; doğu bölgelerindeki yerel toplulukların ülkenin diğer kesimleriyle daha güçlü bağlar kurmasına, kültürel çeşitliliğin ülke bütünlüğü içinde yaşanmasına ve ulusal kimliğin pekişmesine katkı sağlamıştır.

Projenin önemi, 1934 yılında uygulamaya konulan Birinci Beş Yıllık Sanayi Planı kapsamında daha da artmıştır. Sanayi planı çerçevesinde, doğu bölgelerinde kurulması hedeflenen ağır sanayi tesislerinin ihtiyaç duyduğu ulaştırma altyapısının sağlanmasında bu hattın kritik bir lojistik omurga işlevi üstlenmesi öngörülmüştür. Demiryolu; demir-çelik, maden ve makine sanayi gibi sektörlerin üretim ve dağıtım süreçlerini desteklemiş, hammadde temini ve ürün sevkiyatı bakımından verimli ve sürdürülebilir bir taşıma çözümü sunmuştur.

Teknik açıdan bakıldığında, hattın inşası sürecinde Türk mühendislik kapasitesi önemli ölçüde gelişmiş ve yerli teknik kadroların demiryolu inşaatı konusunda ciddi bir birikim ve deneyim kazanması sağlanmıştır. Bu süreç, Cumhuriyet döneminde yerli mühendisliğin kurumsallaşması ve demiryolu teknolojisinin gelişimi açısından dönüm noktalarından biri olmuştur.

Hattın tamamlanmasıyla birlikte Türkiye'nin demiryolu ağı doğu yönünde genişlemiş, Erzurum üzerinden Kars ve diğer doğu illeriyle bağlantı sağlanmış; böylece ülkenin doğu sınırları ile batıdaki ekonomik merkezler arasında etkin, sürekli ve güvenli bir lojistik köprü kurulmuştur.

#### **2.1.2.5. Fevzipaşa-Diyarbakır Demiryolu Hattı (1933-1935)**

Türkiye Cumhuriyeti'nin erken Cumhuriyet döneminde uygulamaya koyduğu bölgesel kalkınma ve ulaşım stratejisinin önemli bileşenlerinden biri olarak inşa edilmiştir. Hat, Fevzipaşa'dan başlayarak Diyarbakır'a kadar uzanmakta olup, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin merkezi yerleşim alanları ile batıdaki sanayi ve ticaret merkezleri arasında doğrudan ulaşım sağlayan stratejik bir lojistik koridor niteliği taşımaktadır.

Hattın inşası, 1933 yılında çıkarılan ve 12 milyon lira tutarındaki "Ergani İstikrazı" ile finanse edilmiştir. Bu finansman, Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk uzun vadeli kamu borçlanma araçlarından biri olup, dönemin sınırlı mali kaynakları içinde demiryolu yatırımlarına verilen önemin açık bir göstergesidir. Hattın yapım süreci boyunca, güzergâh üzerinde köprüler, tüneller, menfezler ve istasyon yapıları inşa edilmiş; bölgenin zorlayıcı topoğrafik ve jeolojik koşullarına rağmen, demiryolu altyapısı yüksek mühendislik standartlarıyla başarıyla tamamlanmıştır.

Fevzipaşa-Diyarbakır hattı, yalnızca fiziksel bir ulaşım altyapısı değil; aynı zamanda ekonomik kalkınmanın bölgesel dağılımını destekleyen ve mekânsal eşitsizlikleri azaltmayı hedefleyen bir devlet politikası olarak planlanmıştır. Hat üzerinden gerçekleştirilen taşımacılık faaliyetleri sayesinde, bölgedeki maden kaynakları (özellikle Ergani ve çevresindeki bakır rezervleri) ile tarımsal ürünler, ulusal pazarlara entegre edilmiş ve bu kaynakların ekonomik değer zincirine katılımı sağlanmıştır.

Bu demiryolu hattı, doğu bölgelerinin ekonomik potansiyelinin mobilize edilmesinde, aynı zamanda iç bölgelerin batı ile entegrasyonunda anahtar bir rol oynamıştır. Hat sayesinde, Diyarbakır gibi doğu illerinin iç ve dış ticaret ağlarına dâhil edilmesi, istihdam yaratılması, ve ulaşım maliyetlerinin düşürülmesi mümkün olmuş; bu gelişmeler, bölgedeki ekonomik canlılığı doğrudan etkilemiştir.

Teknik açıdan bakıldığında, hattın inşası Türkiye'nin mühendislik kapasitesini ve inşaat teknolojisini geliştiren örnek projelerden biri olmuş; kamu eliyle gerçekleştirilen bu yatırım, yerli iş gücünün istihdamı ve kurumsal inşaat yönetiminin gelişimi açısından da önemli bir deneyim alanı sağlamıştır.

#### **2.1.2.6. Kayseri-Ulukışla Demiryolu Hattı (1930-1933)**

Türkiye Cumhuriyeti'nin erken Cumhuriyet döneminde demiryolu ağını genişletme, iç bölgeler arası entegrasyonu sağlama ve ekonomik kaynakları mobilize etme hedefleri doğrultusunda inşa edilmiş stratejik öneme sahip bir ulaştırma projesidir. Hat, özellikle İç Anadolu'nun tarımsal ve ticari potansiyelinin değerlendirilmesi, maden kaynaklarının üretim ve dağıtım süreçlerine entegre edilmesi ve bölgesel kalkınmanın hızlandırılması amacıyla planlanmıştır.

Hattın yapımına 1930 yılında başlanmış ve 1933 yılında tamamlanarak hizmete açılmıştır. Kayseri'den başlayarak Ulukışla'ya kadar uzanan bu demiryolu hattı, zorlayıcı arazi koşullarına rağmen dönemin teknik imkânlarıyla başarıyla inşa edilmiştir. Hat boyunca çok sayıda tünel, köprü, menfez ve istasyon yapısı inşa edilmiş; bu süreçte yerli mühendislik kapasitesi ve inşaat deneyimi önemli ölçüde gelişmiştir. Kayseri-Ulukışla hattı, Orta Anadolu'yu Akdeniz kıyısındaki limanlarla doğrudan bağlayan bir lojistik koridor işlevi görerek, iç bölgeler ile dış pazarlara erişim arasında kritik bir bağlantı noktası oluşturmuştur.

Hat, hizmete alınmasıyla birlikte bölgeye hem yük hem de yolcu taşımacılığı açısından önemli kolaylıklar sağlamış; taşıma maliyetlerini düşürmüş, pazarlara erişimi kolaylaştırmış ve böylece bölgesel ticaret hacminin genişlemesine katkıda bulunmuştur. Özellikle tarım ürünleri, sanayi girdileri ve yer altı kaynaklarının taşınmasında hat üzerinden sağlanan lojistik avantajlar, bölgesel ekonomik canlılığı artırmış ve yerel üretimin ulusal pazarlara entegrasyonunu desteklemiştir.

Bu demiryolu hattı, aynı zamanda Cumhuriyet'in ulaştırma politikalarında benimsediği devletçi ve planlı kalkınma anlayışının somut bir uygulaması olarak değerlendirilmelidir. Hat, hem ekonomik rasyonalite hem de bölgesel bütünlüşme ve sosyal kalkınma ilkeleri çerçevesinde tasarlanmış ve Cumhuriyet döneminin modernleşme vizyonunu yansıtan önemli altyapı yatırımlarından biri olarak tarihsel yerini almıştır.

#### 2.1.2.7. Kütahya-Tavşanlı-Balıkesir Demir Yolu Hattı (1931-1936)

Türkiye Cumhuriyeti'nin erken Cumhuriyet döneminde uyguladığı bölgesel kalkınma ve ulaşım altyapısını güçlendirme stratejisinin önemli uygulamalarından biri olarak inşa edilmiştir. Hat, Batı Anadolu'nun tarım, madencilik ve ticaret potansiyelini etkin biçimde değerlendirmek; liman kentleri ile iç bölgeler arasında sürdürülebilir bir lojistik bağlantı sağlamak amacıyla planlanmıştır.

Hattın yapımına 1931 yılında başlanmış ve 1936 yılında tamamlanarak hizmete alınmıştır. Güzergâh, Kütahya'dan başlayarak Tavşanlı üzerinden Balıkesir'e kadar uzanmakta; bu yönüyle iç bölgeler ile Ege ve Marmara limanları arasındaki taşıma koridorunun güçlendirilmesinde kilit rol oynamaktadır. Hat boyunca inşa edilen köprüler, menfezler, istasyon yapıları ve mühendislik altyapıları, bölgenin karmaşık topoğrafyasına ve zorlu jeolojik koşullarına rağmen başarıyla tamamlanmış; yerli mühendislik ve inşaat kapasitesinin gelişmesine katkı sağlamıştır.

Bu demiryolu hattı, tarımsal ürünlerin (buğday, şeker pancarı, tütün vb.) ve maden kaynaklarının (özellikle linyit ve bor mineralleri) ekonomik döngüye katılmasını kolaylaştırmış; bu sayede bölgenin üretim yapısının ulusal pazarlara entegrasyonu hızlandırılmıştır. Ayrıca, hat üzerinden gerçekleştirilen taşımacılık faaliyetleri, Batı Anadolu'daki şehirler arasındaki ekonomik ve sosyal etkileşimi artırmış, ticaret hacmini genişletmiş ve bölgesel ulaşım ağının etkinliğini pekiştirmiştir.

Hat, aynı zamanda Cumhuriyet'in demiryolu merkezli kalkınma vizyonunun somut bir yansımasıdır. Genişleyen demiryolu ağı, bölgesel ulaşım maliyetlerini düşürmüş; kamu yatırımlarıyla desteklenen tarım ve sanayi faaliyetlerinin lojistik altyapısını güçlendirmiştir. Bu bağlamda Kütahya-Tavşanlı-Balıkesir Hattı, hem taşra bölgelerinin merkezle entegrasyonunu sağlayan hem de yerli üretimi rekabetçi hale getiren bir kalkınma aracı olarak işlev görmüştür.

#### 2.1.2.8. Samsun-Sivas Demir Yolu Hattı (1924-1932)

Samsun-Sivas Demiryolu Hattı (1924-1932), Türkiye Cumhuriyeti'nin erken dönem ulaştırma politikaları kapsamında hayata geçirilen ilk büyük ölçekli demiryolu projelerinden biri olup, Karadeniz kıyı şehri Samsun'un İç Anadolu Bölgesi ile entegrasyonunu sağlamak amacıyla planlanmıştır. Bu hat, doğu-batı aksındaki ulaşım bağlantısını güçlendirme, bölgesel kalkınmayı destekleme ve kıyı ile hinterland arasında etkin lojistik hatlar oluşturma hedefleri doğrultusunda geliştirilmiştir.

Hattın inşasına 1924 yılında başlanmış, 1932 yılında tamamlanarak işletmeye açılmıştır. Proje kapsamında zorlu topoğrafik koşulların aşılması adına köprü, tünel, viyadük ve menfez gibi çok sayıda mühendislik yapısı inşa edilmiş; böylece Türk mühendislik ve inşaat kapasitesi açısından önemli bir teknik deneyim kazanılmıştır. Hat, Samsun'dan başlayarak Sivas'a uzanmakta ve güzergâh boyunca özellikle tarım, hayvancılık ve madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu yerleşim alanlarına hizmet vermektedir.

Samsun-Sivas Hattı, Karadeniz limanlarını İç Anadolu'ya bağlayarak, bölgesel ürünlerin iç ve dış pazarlara ulaştırılmasını kolaylaştırmış, aynı zamanda Samsun Limanı'nın hinterland etkisini artırmıştır. Bu sayede, ulaşım maliyetlerinin azalmasıyla birlikte tarım ve madencilik sektörlerinin rekabet gücü artmış, bölgenin üretim kapasitesi ekonomik değer zincirine entegre edilebilmiştir.

Hat ayrıca, sosyoekonomik kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde bir araç olarak değerlendirilmiş ve bölge halkının eğitim, sağlık ve ticaret gibi temel hizmetlere erişimini kolaylaştırarak sosyal bütünleşmeye de katkı sunmuştur. Aynı zamanda, stratejik konumu itibarıyla hem bölgesel hem de ulusal ölçekte lojistik planlamada kilit rol üstlenmiş, Türkiye'nin bütüncül kalkınma vizyonunun somut bir parçası olmuştur.

#### 2.1.2.9. Malatya-Çetinkaya Demir Yolu Hattı (1931-1936)

Malatya-Çetinkaya Demiryolu Hattı (1931-1936), Türkiye Cumhuriyeti'nin erken dönem demiryolu politikaları çerçevesinde, doğu-batı ve kuzey-güney ulaşım koridorlarını entegre etme hedefi doğrultusunda inşa edilen stratejik bir altyapı projesidir. Bu hattın temel amacı, Fevzipaşa-Malatya-Ergani üzerinden uzanarak Diyarbakır'a erişen güney aksı ile, Sivas-Erzurum hattı üzerinden ilerleyen doğu aksını birbirine bağlamak, böylece ülkenin doğu bölgelerini Akdeniz limanlarına kısa ve etkin bir güzergâh üzerinden entegre etmek olmuştur.

Hattın yapımına 1931 yılında başlanmış, 1936 yılında tamamlanarak hizmete açılmıştır. Güzergâh, Malatya'dan başlayarak Çetinkaya'ya kadar uzanmakta olup, bölgenin topoğrafik zorlukları nedeniyle proje sürecinde çok sayıda mühendislik çözümüne başvurulmuştur. Bu kapsamda, tüneller, demir ve taş köprüler, menfezler ve istasyon yapıları inşa edilmiş, yerli mühendislik kabiliyetleri önemli ölçüde geliştirilmiştir.



Malatya-Çetinkaya hattı, sadece ulaştırma bağlamında değil, aynı zamanda bölgesel ekonomik entegrasyon açısından da kritik bir işleve sahiptir. Hat sayesinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nden çıkarılan madenler ve üretilen tarım ürünleri, Akdeniz üzerinden dış pazarlara ulaştırılabilmiş; bu da doğu-batı ticaretinin canlanmasına ve lojistik ağların verimliliğinin artırılmasına olanak tanımıştır.

Bu demiryolu hattı, Cumhuriyet'in sanayileşme ve ulaştırma politikaları kapsamında doğuya yönelik açılımının önemli bir halkası olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, birleştirici bir ulaştırma omurgası işlevi görerek iç bölgeler arasındaki ekonomik ve sosyal etkileşimi artırmış, ulusal bütünleşmeye katkı sunmuştur.

#### **2.1.2.10 . Irmak – Filyos ve Filyos-Ereğli Hatları (1927 – 1935)**

Irmak-Filyos Demiryolu Hattı (1927-1935), Türkiye Cumhuriyeti'nin erken dönem ulaştırma politikaları kapsamında hayata geçirilen stratejik öneme sahip kalkınma projelerinden biri olmuştur. Hat, 1927 yılında inşa edilmeye başlanmış ve 12 Kasım 1935 tarihinde tamamlanarak hizmete açılmıştır. Toplamda 391 kilometre uzunluğa sahip bu hat üzerinde 27 istasyon, 1.368 menfez ve köprü, ayrıca toplam 8.800 metre uzunluğunda 37 tünel yer almaktadır.

Bu demiryolu hattının temel amacı, Zonguldak taşkömürü havzasını İç Anadolu'ya demiryolu aracılığıyla entegre etmek ve özellikle başkent Ankara ve çevresinin enerji ihtiyacını karşılamaktır. Bu sayede, kömür sevkiyatı için deniz yoluna alternatif bir lojistik güzergâh oluşturulmuş; demiryolu üzerinden daha hızlı, düşük maliyetli ve güvenli taşımacılık imkânı sağlanmıştır. Hattın en dikkat çekici yapılarından biri, Türkiye'nin o döneme kadar inşa edilen en uzun demiryolu tüneli olan 3.440 metre uzunluğundaki Batıbeli Tünelidir. Bu tünel, yerli mühendislik ve inşaat kapasitesinin gelişimi açısından önemli bir kilometre taşı olarak değerlendirilmektedir.

Irmak-Filyos hattının bir devamı niteliğinde planlanan Filyos-Ereğli Demiryolu Projesi, 13 Aralık 1925 tarihli ve 1314 sayılı "Kömüre Giden Demiryolu" Kanunu çerçevesinde gündeme gelmiş, ancak çeşitli teknik, ekonomik ve idari gerekçelerle tamamlanamamıştır. Ereğli'ye demiryolu bağlantısı bu bağlamda gerçekleşmemiş; onun yerine 1945 yılında Zonguldak-Kozlu hattı devreye alınarak bölgedeki ulaşım ihtiyacına kısmen çözüm getirilmiştir.

Irmak-Filyos Demiryolu Hattı, sadece bölgesel bir ulaşım projesi değil, aynı zamanda Türkiye'nin sanayileşme vizyonunu destekleyen bir altyapı yatırımı olarak da değerlendirilmelidir. Hat, Zonguldak taşkömürünün ulusal enerji arz zincirine entegrasyonunu sağlayarak, Türkiye'nin ekonomik kalkınma sürecine ve enerji lojistiği stratejilerine önemli katkılar sunmuştur.

Genel olarak, 1923-1931 yılları arasında ortalama yıllık 181 kilometre olmak üzere toplam 1.452 kilometre demiryolu hattı inşa edilmiştir. 1931-1940 döneminde ise bu hız artarak ortalama 291 kilometreye ulaşmış, Cumhuriyet'in ulaştırma ve sanayileşme hedefleri doğrultusunda demiryolu yatırımları sistematik bir biçimde ivme kazanmıştır. Bu süreç, Türkiye'nin bölgesel kalkınma, ekonomik bütünleşme ve stratejik altyapı geliştirme vizyonunun temel unsurlarından biri olmuştur.

#### **2.1.3. 1950-2003 Yılları Arası Demiryolları**

1950-2003 yılları arasındaki dönem, Türkiye'nin ulaştırma politikalarında karayolu taşımacılığı lehine bir yönelimin benimsendiği, buna karşılık demiryolu yatırımlarının büyük ölçüde ihmal edildiği bir dönüşüm süreci olarak öne çıkmaktadır. Bu süreçte, özellikle 1950'li yıllarda ABD'nin ekonomik ve siyasi yönlendirmesiyle, Türkiye'de ulaştırma sistemlerinde köklü bir paradigma değişikliği yaşanmıştır.

Marshall Planı kapsamında sağlanan yardımların ve ABD menşeli ulaştırma politikası önerilerinin etkisiyle, Türkiye, karayolu taşımacılığını esas alan ve ithalata dayalı bir ulaşım altyapısı politikası benimsemiştir. Bu tercihler, demiryolu yatırımlarının sistematik şekilde geri plana itilmesine, yeni hat inşa faaliyetlerinin durdurulmasına ve mevcut demiryolu altyapısının modernizasyonunun ihmal edilmesine neden olmuştur. Neticede, demiryolu sektörü, Türkiye'nin uzun vadeli kalkınma hedefleri ve ulusal çıkarları ile tam anlamıyla örtüşmeyen, dış yönlendirmelere açık bir ulaşım politikası çerçevesinde gelişmemiştir.

Bu dönemin ilk kesiti olan 1950-1960 yılları, demiryolları açısından belirgin bir durağanlık ve yatırım yetersizliği dönemi olmuştur. 1950 yılında 7.894 kilometre olan toplam hat uzunluğu, 1960 yılına gelindiğinde yalnızca 91 kilometre artışla 7.985 kilometreye ulaşabilmıştır. Bu rakamlar, dönemin ulaştırma politikalarının demiryolu sektörüne yönelik ilgisizliğini açık biçimde yansıtmaktadır.

1960-1980 yılları arasında, Devlet Planlama Teşkilatı'nın kurulmasıyla birlikte ulaştırma sistemlerine bütüncül ve planlı yaklaşım geliştirme amacı güdülmüş olsa da, demiryolu sektörü kalkınma planlarında yeterli düzeyde önceliklendirilmemiştir. Beş Yıllık Kalkınma Planlarında demiryolu taşımacılığına ilişkin modernizasyon ve yaygınlaştırma hedefleri yer alsa da, bu hedeflerin büyük bir kısmı uygulamada yeterince karşılık bulamamıştır.

Özellikle 1970'li yıllarda yaşanan küresel petrol krizleri, enerji maliyetlerinin artması nedeniyle demiryoluna olan ilgiyi geçici olarak artırmış; ancak bu ilgi, yapısal dönüşüme veya sürdürülebilir yatırımlara dönüşmemiştir. Bu dönemde sinyalizasyon, elektrifikasyon, hat yenileme ve modern taşıt filosu yatırımları gibi altyapı gereksinimleri büyük ölçüde ihmal edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye demiryolu sektörü bu yıllarda güncel teknolojik gelişmelere ayak uyduramamış ve taşımacılık sistemleri içindeki payı giderek azalmıştır.

1980 sonrası dönemde, Türkiye'nin ekonomik yapısında yaşanan yapısal dönüşüm ve serbest piyasa ekonomisine geçiş süreci, ulaştırma sektöründeki önceliklerin yeniden şekillenmesine neden olmuştur. Bu süreçte demiryolları, ulaştırma yatırımları içerisindeki önemini büyük ölçüde yitirmiş ve kamu politikalarının odağından uzaklaşmıştır. Demiryolu yatırımlarına ayrılan pay %10'un altına gerilemiş, yolcu ve yük taşımacılığı içindeki oranı ise giderek azalmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda karayolu taşımacılığı baskın ulaşım modu haline gelmiş, demiryolu sektörü ise hem kurumsal hem de teknolojik anlamda atıl bir yapıya sürüklenmiştir.

1980'li yıllar boyunca sınırlı sayıda dizel ve elektrikli lokomotif temin edilmiş, bazı güzergâhlarda elektrifikasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, sektörde bütünsel bir dönüşüm veya modernizasyon sağlanamamıştır. Mevcut hatların büyük bölümü düşük hız kapasitesi, sinyalizasyon eksiklikleri ve altyapı yetersizlikleri nedeniyle uluslararası rekabetten uzak kalmıştır.

1990'lı yıllarda ise Türkiye'de ilk yüksek hızlı tren projeleri, özellikle İstanbul-Ankara hattı özelinde gündeme getirilmiştir. Ancak, bu projeler ciddi finansman kısıtları, uygulama yetersizlikleri ve kurumsal koordinasyon eksiklikleri nedeniyle uzun yıllar boyunca hayata geçirilememiştir. Bu gecikmeler, Türkiye'nin demiryolu modernizasyonunda önemli fırsatları kaçırmasına neden olmuştur.

2000 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam demiryolu uzunluğu 8.697 kilometreye ulaşmış olsa da, bu artış yaklaşık elli yıllık bir dönem için oldukça sınırlı kalmış, ulaştırma yatırımlarının demiryolu lehine yeniden yapılandırılmasına yönelik somut bir adım atılamamıştır. Mevcut hatlar büyük ölçüde yenileme ve kapasite artırımı ihtiyacı içerisinde kalmaya devam etmiştir.

Bu dönemde karayolu taşımacılığı, artan ekonomik hacim ve gelişen iç ticaret yapısıyla birlikte ulaşım sektörünün temel taşıyıcısı haline gelmiştir. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi metropollerde banliyö hatlarında bazı gelişmeler kaydedilmiş olsa da, şehirlerarası yolcu taşımacılığı açısından demiryolunun pazar payı ciddi biçimde daralmış; taşımacılık faaliyetlerinin büyük bölümü karayolu taşımacılığına kaymıştır. Aynı eğilim yük taşımacılığında da gözlenmiş ve demiryolları lojistik sektöründeki etkinliğini büyük ölçüde kaybetmiştir.

Uluslararası taşımacılık açısından ise Kapıkule-Sirkeci Hattı ve İran Transit Koridoru gibi bazı güzergâhlarda iyileştirme çalışmaları yapılmış ve dış ticaret bağlantılarının güçlendirilmesi hedeflenmiştir. Ancak bu girişimler de genel demiryolu politikalarıyla yeterince entegre olamamış ve kalıcı etki yaratacak yapısal gelişmelere dönüşmemiştir.

Ayrıca, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bölgesel kalkınmayı hedefleyen bazı demiryolu projeleri hayata geçirilmiş olsa da, bu projeler genellikle sınırlı kaynaklarla ve düşük kapsamla yürütülmüş; istenen düzeyde ekonomik ve sosyal fayda üretilenmemiştir. Dolayısıyla, demiryolu taşımacılığı 1980 sonrası dönemde stratejik altyapı politikalarının merkezinden uzaklaşmış ve küresel eğilimlerin aksine gerileyen bir sektör haline gelmiştir.

1950-2000 yılları arasında Türkiye'deki taşımacılık politikaları, karayolu odaklı gelişmelerin etkisiyle ulaşım türleri arasında ciddi bir dengesizliğe yol açmıştır. Bu dönemde özellikle Marshall Planı çerçevesinde sağlanan dış yardımların etkisiyle karayolu altyapısına yönelik yatırımlar hız kazanmış; bu durum, karayolu taşımacılığının hem yük hem de yolcu taşımacılığı içindeki payında belirgin bir artışa neden olmuştur.

Yük taşımacılığı açısından değerlendirildiğinde, 1950 yılında toplam taşımacılık içindeki payı %25 olan karayolu taşımacılığı, 2000 yılına gelindiğinde %87'ye yükselmiştir. Bu dramatik artış, karayolu altyapısına yapılan sistematik yatırımların bir sonucudur. Buna karşılık, demiryolu taşımacılığı aynı dönemde ciddi bir gerileme yaşamıştır. 1950 yılında yük taşımacılığı içinde %68,2 gibi yüksek bir paya sahip olan demiryolu taşımacılığı, 2000 yılına gelindiğinde yalnızca %5,3'e kadar gerilemiştir. Bu azalma, ulaşım politikasında demiryolundan karayoluna yönelimin yapısal ve kalıcı bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.

Denizyolu taşımacılığı, 1950'deki %6,8 oranından 2000 yılında %7,8'e hafif bir artış göstermiş olmakla birlikte, genel taşımacılık içinde görece sınırlı bir paya sahip kalmıştır. Havayolu taşımacılığı ise 1950 yılında yok denecek düzeydeyken, 2000 yılı itibarıyla %0,2'lik bir paya ulaşarak ancak marjinal bir varlık gösterebilmiştir.

Yolcu taşımacılığı açısından bakıldığında, karayolu taşımacılığı bu dönemde baskın ulaşım modu haline gelmiştir. 1950 yılında yolcu taşımacılığı içindeki payı %50,3 olan karayolu taşımacılığı, 2000 yılına gelindiğinde %96 seviyesine çıkarak mutlak bir hâkimiyet kazanmıştır. Bu gelişme, karayolu altyapısına öncelik verilmesinin ve bireysel araç kullanımının yaygınlaşmasının doğrudan sonucudur.

Demiryolu yolcu taşımacılığı, 1950 yılında %42,2 olan payını 2000 yılında %2,2'ye kadar kaybederek ciddi bir düşüş yaşamıştır. Bu düşüş, hem demiryolu hizmetlerinin yaygınlaştırılmaması hem de hız, konfor ve erişilebilirlik açısından karayoluna karşı rekabet gücünü kaybetmesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde, denizyolu yolcu taşımacılığı da %7,5 seviyesinden %0,03 gibi son derece düşük bir seviyeye gerilemiştir. Havayolu taşımacılığı ise aynı dönem içinde gelişen altyapı ve teknolojik ilerlemelerin etkisiyle 2000 yılında %1,8'lik bir yolcu taşımacılığı payına ulaşmıştır.

Genel olarak, 1950-2000 döneminde Türkiye'deki ulaştırma politikaları, demiryolu ve denizyolu gibi daha sürdürülebilir taşıma modlarını geri plana iterken, karayolu taşımacılığını teşvik eden bir yapı oluşturmuş ve bu durum, ulaştırma sisteminin dengesizleşmesine ve alternatif ulaşım modlarının gelişmemesine neden olmuştur.

#### **2.1.4. 2003-2020 Yılları Arası Demiryolları**

2003 yılından itibaren Türkiye'de demiryolu sektörü, yaklaşık yarım asırlık durgunluk sürecinin ardından yeniden stratejik bir devlet politikası haline getirilmiş ve ulaştırma yatırımlarında öncelikli alanlardan biri olmuştur. Bu dönemde demiryolları, sadece ulaşım altyapısının bir parçası olarak değil, aynı zamanda ekonomik kalkınmayı destekleyen bütüncül bir lojistik sistemin temel unsuru olarak değerlendirilmiştir.

2003-2012 yılları arasında, ağırlıklı olarak Yüksek Hızlı Tren (YHT) projeleri ile mevcut hatların rehabilitasyonu ve sistem modernizasyonuna odaklanan 80'in üzerinde büyük ölçekli altyapı projesi hayata geçirilmiştir. Karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, önceki 50 yıllık süreçte yalnızca yaklaşık 1.000 km yeni demiryolu hattı inşa edilebilmişken, bu yeni atılım döneminde toplam 1.085 km yeni hat, bunun 888 km'si YHT hattı olmak üzere tamamlanmıştır. Ayrıca, 6.455 km mevcut konvansiyonel hat altyapısı tamamen yenilenmiş, sinyalizasyon ve elektrifikasyon çalışmalarıyla birlikte taşıma hızları ve hizmet kalitesi kayda değer ölçüde artırılmıştır.

Demiryolu uzunluğu bakımından, 2000 yılında 10.922 km olan toplam hat uzunluğu, 2020 yılı sonu itibarıyla 12.803 km'ye ulaşmıştır. Bu uzunluğun 1.213 km'si Yüksek Hızlı Tren hatlarından oluşmaktadır. 2003-2021 döneminde demiryolu ağı yaklaşık 1.800 km genişletilmiştir. Ancak, aynı dönemde ulaşılamayan hedefler de söz konusu olmuştur. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 2023 yılı için öngörülen 25.000 km toplam demiryolu ağı hedefi, Eylül 2021 itibarıyla önemli ölçüde gerisinde kalınarak 12.803 km seviyesinde kalmıştır.

Bu süreçte Türk demiryolu sektörü, altyapı kapasitesinin artırılması, yüksek hızlı tren işletmeciliğinin yaygınlaştırılması ve lojistik merkezlerin kurulması gibi politikalar doğrultusunda, ulaştırma sektörünün en dinamik alanlarından biri haline gelmiştir. Demiryolu taşımacılığının yeniden canlandırılması, uzun vadede ekonomik kalkınmanın yanı sıra sürdürülebilir ve çevreci bir ulaşım sisteminin inşası açısından da kritik öneme sahiptir.

Türkiye, Yüksek Hızlı Tren (YHT) teknolojisiyle ilk kez 2009 yılında tanışmış ve bu gelişme, demiryolu taşımacılığı açısından yapısal bir dönüşümün başlangıcını temsil etmiştir. 245 km uzunluğundaki Ankara-Eskişehir YHT hattının hizmete alınmasıyla birlikte, iki şehir arasındaki seyahat süresi 1 saat 25 dakikaya indirilmiş ve modern raylı ulaşım sistemlerinin ilk örneği hayata geçirilmiştir.

Bu gelişmeyi takiben, 212 km uzunluğundaki Ankara-Konya YHT hattı 24 Ağustos 2011 tarihinde hizmete açılmış ve bu sayede daha önce yaklaşık 10 saat süren Konya-Ankara seyahati 1 saat 45 dakikaya düşürülmüştür. Bu hat, Türkiye'deki ikinci yüksek hızlı tren projesi olarak, ulaşım sürelerini ciddi oranda azaltmış ve yolcu memnuniyetini artırmıştır.

Türkiye'nin en uzun yüksek hızlı demiryolu hattı olan Ankara-İstanbul YHT projesi, kademeli olarak devreye alınmıştır. İlk aşama olan Ankara-Eskişehir bölümü 2009 yılında, ikinci aşama olan Eskişehir-Pendik kesimi ise 2014 yılında tamamlanmıştır. Bu hattın Marmaray projesiyle entegrasyonu sağlanarak, 2019 yılı itibarıyla tren seferleri Halkalı İstasyonu'na kadar uzatılmış ve Ankara-İstanbul arası seyahat süresi yaklaşık 3,5 saate indirilmiştir. Toplam maliyeti yaklaşık 8,6 milyar TL olan bu proje kapsamında 35 tünel, 26 viyadük, 52 köprü

ve yüzlerce menfez inşa edilmiştir. Proje, mühendislik kapasitesi, lojistik planlama ve yatırım ölçeği açısından Türkiye'nin en kapsamlı ulaşım projelerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

2010'lu yıllarda, YHT projeleri ülke geneline yayılmış ve stratejik güzergâhlar üzerinde yeni hatların inşasına başlanmıştır. Bu kapsamda:

- Ankara-Sivas YHT hattı (405 km), 2020 yılı itibarıyla %99 fiziki gerçekleşme seviyesine ulaşmış ve 2023 yılında hizmete açılmıştır.
- Ankara-İzmir YHT hattı (505 km) ile Konya-Karaman hızlı tren hattı (102 km) projeleri büyük oranda tamamlanmış; Konya-Karaman hattı 2020 yılında bitirilmiş ve 2022'de işletmeye alınmıştır.
- Ayrıca, Halkalı-Kapıkule (İstanbul-Edirne) yüksek standartlı demiryolu ile Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep hızlı demiryolu hattı gibi projelerin yapım çalışmaları 2019-2020 yılları itibarıyla devam etmekteydi.

2020 yılı sonu itibarıyla, Türkiye'de işletmeye açık hızlı tren hatlarının toplam uzunluğu yaklaşık 1.213 km'ye ulaşmıştır. Bu gelişmeler, Türkiye'nin demiryolu taşımacılığını yeniden canlandırma ve ulaşırma sistemini çeşitlendirme hedefleri doğrultusunda atılmış önemli adımlar olarak değerlendirilmektedir. Yüksek hızlı tren projeleri, yalnızca seyahat süresini azaltmakla kalmayıp; çevreci ulaşım politikalarının teşvik edilmesi, bölgesel kalkınmanın hızlandırılması ve ekonomik entegrasyonun güçlendirilmesi açısından da stratejik bir rol oynamaktadır.

Yüksek Hızlı Tren (YHT) projelerinin yanı sıra, Türkiye demiryolu sektöründe konvansiyonel hatların modernizasyonu da 2003 sonrasında ulaşırma politikalarının temel unsurlarından biri hâline gelmiştir. 1950'li yıllardan itibaren ihmal edilen mevcut demiryolu altyapısı, bu dönemde kapsamlı bir yenileme sürecine tabi tutulmuş; hem yol geometrisi hem de altyapı elemanları bakımından uluslararası standartlara yaklaştırılmıştır.

Bu kapsamda, özellikle yük taşımacılığı açısından stratejik öneme sahip ana akslar önceliklendirilerek, ray ve traverslerin fiziksel ömrünü doldurmuş kısımları yenilenmiş ve hat kapasiteleri artırılmıştır. 2004-2013 yılları arasında toplam 6.455 km konvansiyonel hattın yenilenmesi, bu dönüşüm sürecinin ölçeğini göstermektedir.

Yenileme faaliyetleri sadece hat üstyapısı ile sınırlı kalmamış, sinyalizasyon ve elektrifikasyon sistemlerinde de önemli ilerlemeler sağlanmıştır. 2003 yılı itibarıyla sinyalli hat oranı %23 ve elektrikli hat oranı %26 düzeyindeyken, bu oranlar 2020 yılı sonu itibarıyla sırasıyla %45,5 ve %45 seviyelerine yükseltilmiştir. Bu artış sayesinde hem tren trafik yönetimi daha verimli hale gelmiş hem de emniyet düzeyi kayda değer biçimde artırılmıştır.

Modernizasyon süreci kapsamında:

- Hat geometrileri iyileştirilmiş,
- Raylar ve traversler yenilenmiş, özellikle eski ahşap traverslerin yerine beton traversler kullanılmış,
- Hat kesitlerinde rijitlik ve dayanım artırılmış,
- ve çift hatlı demiryolu uygulamaları yaygınlaştırılmıştır.

Nitekim 2003 yılında %9 seviyesinde olan çift hat oranı, izleyen dönemdeki yatırımlarla %20'nin üzerine çıkmıştır. Bu gelişme, hem taşıma kapasitesinin hem de güzergâh esnekliğinin artırılmasına katkı sağlamıştır.

Konvansiyonel demiryolu ağının modernizasyonu; Türkiye'nin yük ve yolcu taşımacılığı ihtiyaçlarını daha etkin biçimde karşılamasına imkân tanımış, aynı zamanda sürdürülebilir ve güvenli demiryolu taşımacılığı hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından kritik bir rol üstlenmiştir.

Mevcut demiryolu hatlarının modernizasyonuna paralel olarak, 2003 sonrası dönemde bazı yeni konvansiyonel hat bağlantıları da hayata geçirilmiş ve böylece Türkiye'nin iç ve dış lojistik ağlarının entegrasyonu önemli ölçüde güçlendirilmiştir. Bu bağlamda en dikkat çeken stratejik altyapı yatırımı, Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Projesi olmuştur.

BTK Hattı, Türkiye'nin ilk kez Kafkasya üzerinden Orta Asya'ya doğrudan demiryolu bağlantısı kurmasını sağlayarak jeopolitik ve ekonomik açıdan önemli bir dönüm noktası olmuştur. Ekim 2017'de hizmete alınan hat, Türkiye-Gürcistan sınırında inşa edilen bir tünel ile iki ülkeyi bağlamış, bu kapsamda Türkiye sınırları içerisinde 76 km yeni demiryolu, 4 istasyon ve 3 köprü inşa edilmiştir. Hat, yıllık 6,5 milyon ton yük ve 1 milyon yolcu taşıma kapasitesine sahip olup, Orta Koridor stratejisi çerçevesinde Çin-Avrupa eksenli uluslararası yük taşımacılığına yeni bir güzergâh alternatifi sunmaktadır.

Modernizasyon kapsamında ayrıca, Irmak-Karabük-Zonguldak ve Samsun-Kalın (Sivas) hatları Avrupa Birliği finansal destekleri ile yeniden inşa edilmiş ve tamamen sinyalli hale getirilmiştir. Karabük hattı, özellikle ağır aks yüküne uygun ray sistemleriyle güçlendirilmiş, bu sayede demir-çelik ve maden taşımacılığı açısından stratejik kapasite artışı sağlanmıştır. Samsun-Sivas hattında yaklaşık 378 km uzunluğundaki altyapı, zorlu coğrafi koşullara rağmen baştan sona iyileştirilerek 2019 yılında yeniden işletmeye açılmıştır.

İzole bölgelerin ana hatlara entegrasyonu amacıyla da çeşitli kısa bağlantı hatları tesis edilmiştir. Kars-Akyaka, Çetinkaya-Divriği ve Kemalpaşa-Turgutlu gibi bağlantılar, sanayi bölgeleri ve yük merkezlerinin ulusal demiryolu ağına dâhil edilmesini sağlamıştır. Bu bağlamda, Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve büyük ölçekli üretim tesislerini ana hatlara bağlayan iltisak hatlarının yapımına da hız verilmiş; bu hatlar aracılığıyla doğrudan blok tren işletmeciliğine geçilmiştir. Bu sayede taşıma verimliliği artmış, karayolu-demiryolu geçişleri azaltılmıştır.

TCDD verilerine göre, iltisak hatlarının toplam uzunluğu 2003 yılında 439 km iken, 2020 yılı itibarıyla 663 km'ye ulaşmıştır. Bu gelişme, demiryolunun yük taşımacılığındaki etkinliğini ve rekabet gücünü artıran önemli bir yapısal dönüşümün göstergesidir.

2003-2020 döneminde Türkiye demiryolu altyapısında gerçekleştirilen yatırımlar, ileri mühendislik uygulamalarıyla dikkat çekmiş ve özellikle zorlu topoğrafik bölgelerde inşa edilen tüneller, viyadükler ve entegre ulaşım merkezleri ile önemli bir teknik kapasite ortaya konmuştur. Bu kapsamda hızlı tren projeleri başta olmak üzere birçok yapısal proje hayata geçirilmiştir.

Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren (YHT) Hattı, mühendislik açısından en yoğun altyapı çalışmalarının yapıldığı hatlardan biri olmuştur. Toplamda 35 tünel (en uzununu yaklaşık 4 km) ve 26 büyük viyadük inşa edilerek güzergâhın yüksek hızlı tren işletmeciliğine uygun hale getirilmesi sağlanmıştır.

Ankara-Sivas YHT Projesi kapsamında ise toplam uzunluğu yaklaşık 43 km olan 11 tünel ile 6 viyadük inşa edilmiştir. Bu yapılar, Orta Anadolu'nun karmaşık jeolojik yapısına rağmen yüksek hızlı tren trafiğini güvenli ve sürdürülebilir hale getirmiştir.

Marmaray Projesi, yalnızca Türkiye değil, dünya mühendislik literatürüne de giren bir örnek teşkil etmektedir. Proje kapsamında toplam uzunluğu 13,6 km olan demiryolu tünelleri inşa edilmiş, bu tünellerin 1,4 km'si batırma tüp tünel, 9,4 km'si ise delme tünel olarak tasarlanmıştır. 60 metre derinlikte inşa edilen 1,4 km uzunluğundaki batırma tüp tünel, dünyanın en derin batırma tünellerinden biri olup Asya ile Avrupa kıtalarını İstanbul Boğazı'nın altından demiryolu ile birleştiren ilk yapıdır. Marmaray'ın ilk etabı, 29 Ekim 2013 tarihinde Kazlıçeşme-Ayrılıkçeşme kesimi ile hizmete alınmış, kalan kesimler ise 12 Mart 2019'da tamamlanarak Halkalı-Gebze arasında kesintisiz banliyö taşımacılığı başlatılmıştır.

Marmaray projesi çerçevesinde ayrıca;

- 3 yeni yeraltı istasyonu (Üsküdar, Sirkeci, Yenikapı),
- 37 adet mevcut istasyonun modernizasyonu,
- ek üçüncü hattın döşenmesi,
- 440 adet modern banliyö tren setinin temini gerçekleştirilmiştir.

Bu proje, şehir içi raylı ulaşım sistemleri ile ulusal demiryolu ağına entegrasyonunu sağlayarak, İstanbul'daki ulaşım sistemleri arasında kesintisiz geçiş imkânı sunmuştur.

Ayrıca, Yeni Ankara YHT Garı, 2016 yılında tamamlanarak 29 Ekim 2016 tarihinde hizmete açılmış ve demiryolu sektöründe ilk Kamu-Özel İşbirliği (KÖİ) modeli ile hayata geçirilen proje olma niteliğini taşımaktadır. Celal Bayar Bulvarı üzerindeki eski yük sahasında konumlanan bu yapı: 8 katlı mimari tasarımıyla, 194.000 m<sup>2</sup> kapalı alanıyla, YHT, konvansiyonel tren, Başkentray ve Ankaray metro hattı bağlantılarıyla, Ankara'nın entegre ulaşım merkezlerinden biri haline gelmiştir.

Bu dönemde ayrıca Konya, Eskişehir, Bilecik ve Pendik YHT istasyonları yeniden inşa edilmiş veya modernize edilmiştir. Aynı zamanda, tarihi demiryolu mirasına yönelik restorasyon faaliyetleri kapsamında çok sayıda tarihi tren garı yenilenmiştir. Ancak, bu süreçte Sirkeci ve Haydarpasha garları, Marmaray entegrasyonu çalışmaları nedeniyle uzun süre hizmet dışı kalmıştır.

Demiryolu altyapısının stratejik bir bileşeni olarak lojistik merkezler, yük taşımacılığının verimliliğini artırmak ve intermodal taşımacılığı teşvik etmek amacıyla planlanmış ve hayata geçirilmiştir. Bu merkezler, demiryolu, karayolu ve uygun durumlarda denizyolu altyapılarını entegre ederek, yük akışlarının kesintisiz ve etkin biçimde yönetilmesini sağlamaktadır.



2006 yılında başlatılan Türkiye Lojistik Merkezleri Programı kapsamında, yük potansiyeli yüksek bölgelerde toplam 21 adet lojistik merkezin kurulması öngörülmüştür. Bu merkezlerin;

- 11'i 2007-2020 yılları arasında faaliyete geçirilmiş,
- 7'si inşaat aşamasında,
- geri kalanları ise proje veya kamulaştırma sürecindedir.

İlk etapta hizmete giren merkezler arasında;

- Samsun (Gelemen),
- İstanbul (Halkalı),
- Kocaeli (Köseköy),
- Eskişehir (Hasanbey),
- Balıkesir (Gökköy),
- Denizli (Kaklık) ve
- Uşak yer almaktadır.

Sonraki yıllarda faaliyete geçirilen merkezler:

- Erzurum (Palandöken),
- Bilecik (Bozüyük) ve
- Mersin (Yenice) (2017-2018),
- Konya (Kayacık) ve
- Kars (2020).

Bu merkezler, sanayi bölgeleri ile limanlar ve sınır kapıları arasında demiryolu bağlantısını güçlendirerek; yüklerin elleçlenmesi, depolanması, dağıtımı ve gümrük işlemlerinin tek noktadan yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin;

- Konya (Kayacık) Lojistik Merkezi, yıllık 1,7 milyon ton yük elleçleme kapasitesi ile bölgesel taşımacılıkta önemli bir rol üstlenirken,
- Kars Lojistik Merkezi, Orta Asya ve Kafkasya'ya yönelik taşımalarda bir aktarma ve dağıtım üssü işlevi görmektedir.

Aşağıdaki tablo, Türkiye'de 2003 ile 2020 yılları arasındaki demiryolu ağı gelişimini özetlemektedir. Bu dönemde konvansiyonel hatlarda sınırlı bir artış gerçekleşirken, özellikle 2009 yılında devreye alınan yüksek hızlı tren projeleriyle birlikte YHT hat uzunluğunda dikkat çekici bir büyüme yaşanmıştır. Ayrıca Organize Sanayi Bölgeleri'ne yönelik bağlantı hatları da artış göstermiştir. Toplam demiryolu ağı uzunluğu, bu süreçte 1.800 kilometrenin üzerinde bir artış kaydederek ulaştırma altyapısında yeniden demiryolunun önem kazanmaya başladığını göstermektedir.

| Hat Türü                               | 2003 (km) | 2020 (km) | Açıklama                                             |
|----------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------------------|
| Konvansiyonel Ana Hat Uzunluğu         | 8.697     | 9.194     | Sabit bir artış eğilimi gözlenmiştir.                |
| İltisak ve İstasyon (Bağlantı) Hatları | 2.262     | 2.396     | Organize Sanayi Bölgeleri bağlantıları ön plandadır. |
| Konvansiyonel Hat Toplamı              | 10.959    | 11.590    | 2015 sonrası artış hızlanmıştır.                     |
| Yüksek Hızlı Tren Hat Uzunluğu         | 397       | 1.213     | 2009'da başlamış, 2013'te zirveye ulaşmıştır.        |
| Toplam Demiryolu Ağı Uzunluğu          | 10.959    | 12.803    | 2003-2020 arasında 1.844 km'lik artış sağlanmıştır.  |

**Tablo 2.1** 2003 ile 2020 yılları arasındaki demiryolu ağı gelişimini özet

Bu gelişmeler, 2003 sonrası demiryolu altyapısına yeniden öncelik verildiğini ve sektöre yönelik yatırım planlamalarının uzun vadeli bir stratejiyle yürütüldüğünü göstermektedir. Konvansiyonel hatlardaki sabit artış eğilimi, yük taşımacılığına olan yönelimi güçlendirmekte; YHT hatlarındaki genişleme ise yolcu taşımacılığında kalite ve hız unsurlarını ön plana çıkarmaktadır.

#### 2.1.4.1. Hızlı Tren Projeleri (2003-2020)

2003 yılından itibaren Türkiye'de demiryolu ulaşımı, ulaştırma politikalarında yeniden stratejik öncelik olarak konumlandırılmış ve bu kapsamda yüksek hızlı demiryolu projeleri devlet politikası düzeyinde desteklenmiştir. Bu dönemde, demiryolu sektörü uzun bir duraklama sürecinin ardından yeniden yatırım odaklı bir yapıya kavuşturulmuş; özellikle yüksek hızlı tren (YHT) projeleri, altyapı modernizasyonunun temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir.

2003-2020 yılları arasında yürütülen kapsamlı yatırım programları ile Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde YHT hatları planlanmış, inşa edilmiş ve kademeli olarak işletmeye alınmıştır. Bu süreçte, hem yeni hatların inşası hem de mevcut konvansiyonel hatların geometrik, teknik ve teknolojik açıdan iyileştirilmesi yoluyla demiryolu ulaşımının hız, konfor ve güvenlik düzeyi önemli ölçüde artırılmıştır.

Bu çerçevede hayata geçirilen yüksek hızlı demiryolu projeleri, Türkiye'de demiryolu ulaşımının modernizasyonu açısından önemli bir dönüm noktası niteliğinde olup, ulaştırma sisteminde demiryolunun rekabet gücünün yeniden tesis edilmesine katkı sağlamıştır.

**Ankara-Eskişehir YHT Hattı (2003-2009):** Ankara-Eskişehir Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı, Türkiye'nin ilk yüksek hızlı demiryolu projesi olarak 2003 yılında planlanmış, altyapı inşaatına 2004 yılında başlanmış ve 13 Mart 2009 tarihinde tamamlanarak ticari işletmeye açılmıştır. Proje, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından yürütülmüş olup, Türkiye'nin yüksek hızlı demiryolu teknolojisi ile tanışmasında bir dönüm noktası olmuştur. Toplam uzunluğu 245 kilometre olan bu hat, Ankara ile Eskişehir arasındaki seyahat süresini konvansiyonel demiryolu taşımacılığına kıyasla önemli ölçüde azaltarak yaklaşık 1 saat 30 dakikaya indirmiştir.

Bu proje, Türkiye'nin yüksek hızlı demiryolu teknolojisiyle entegrasyonunun ilk adımı olup, ülke demiryolu politikalarında paradigma değişikliğini simgelemektedir. Hat boyunca uluslararası standartlara uygun olarak yüksek hızlı tren altyapısı inşa edilmiş; üstyapı, sinyalizasyon, elektrifikasyon ve telekomünikasyon sistemleri modern raylı ulaşım kriterlerine göre yapılandırılmıştır.

Hattın altyapısı, yüksek hızlı demiryolu standartlarına uygun olarak tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Zemin türüne bağlı olarak yer yer fore kazıklı temel sistemleri, taş kolonlar ve geotekstil donatılar kullanılmıştır. Üstyapı ise beton traversler üzerine R260 kalitesinde raylar ile uzun kaynaklı sistem (LRW) biçiminde döşenmiş, hat geometrisi hassas lazer ekipmanlarla kontrol edilmiştir.

Proje kapsamında tüm hat boyunca 25 kV 50 Hz AC katener sistemleri ile elektrifikasyon sağlanmış; aynı zamanda Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) Seviye 1 sinyalizasyon sistemi uygulanmıştır. Bu sistem, yüksek hızlı trenlerin güvenli şekilde seyrini sağlarken, operatörlere otomatik tren koruma (ATP) desteği sunmaktadır.

Ankara-Eskişehir hattında ilk etapta CAF (İspanya) üretimi 6'lı tren setleri kullanılmış, daha sonra Siemens Velaro TR tren setleri filo eklenmiştir. Tren setleri, yolcu konforu açısından basınç kontrollü vagonlar, Wi-Fi bağlantısı, dijital bilgilendirme sistemleri ve yemek vagonları gibi donanımlarla desteklenmiştir.

| Teknik Parametre      | Bilgi                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|
| Hat Uzunluğu          | 245 km                                                    |
| Hat Yapısı            | Çift hat – tamamen yeni güzergâh                          |
| Maksimum Hız          | 250 km/s                                                  |
| Tasarım Hızı          | 300 km/s                                                  |
| Sinyalizasyon Sistemi | ETCS Level 1 (European Train Control System)              |
| Elektrifikasyon       | 25 kV, 50 Hz AC                                           |
| Hat Genişliği         | 1.435 mm (standart hat açıklığı)                          |
| Tünel Sayısı          | 4 adet (toplam uzunluk: ~4,5 km)                          |
| Viyadük Sayısı        | 13 adet (toplam uzunluk: ~7 km)                           |
| Köprü ve Menfez       | 220 adet civarında                                        |
| Zemin İyileştirme     | Derin temel, fore kazık ve zemin enjeksiyonu uygulamaları |
| Üstyapı               | Beton travers + uzun ray kaynaklı (LRW) ray sistemi       |

Tablo 2.2 Ankara-Eskişehir Hattı Teknik Özellikleri

Ankara-Eskişehir YHT hattı, hem demiryolu ulaşımında hizmet kalitesini yükselten öncü bir uygulama, hem de sonraki yıllarda hayata geçirilen yüksek hızlı tren projelerine model teşkil eden stratejik bir altyapı yatırımı olarak değerlendirilmiştir. Projenin başarılı şekilde tamamlanması, Türkiye'de hızlı tren ağının genişletilmesi yönündeki çalışmalara ivme kazandırmıştır.

**Ankara-Konya YHT Hattı (2006-2011):** Ankara-Konya Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından hayata geçirilen ikinci yüksek hızlı demiryolu projesidir. Hattın inşasına 2006 yılında başlanmış, altyapı ve üstyapı çalışmaları tamamlandıktan sonra 24 Ağustos 2011 tarihinde ticari işletmeye açılmıştır.

Projenin temel amacı, İç Anadolu Bölgesi'nin iki önemli kenti olan Ankara ve Konya arasında hızlı, güvenli ve konforlu bir ulaşım altyapısı tesis ederek bölgesel kalkınmayı ve şehirlerarası etkileşimi güçlendirmektir.

Ankara-Konya hattı, mevcut Konya-Eskişehir konvansiyonel hattı üzerine inşa edilen yeni yüksek hızlı tren hattı ile entegre şekilde tasarlanmıştır. Ankara ile Polatlı arasındaki mevcut YHT hattı kullanılırken, Polatlı'dan itibaren Konya yönünde 94 kilometrelik yeni bir yüksek standartlı hat inşa edilmiştir. Ray üstyapısı uzun kaynaklı raylar (LRW) ile beton traversler üzerinde döşenmiştir.

| Teknik Parametre      | Değer                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Toplam Hat Uzunluğu   | 306 km (94 km yeni inşa + 212 km mevcut hattın rehabilitasyonu) |
| Maksimum İşletme Hızı | 250 km/s                                                        |
| Tasarım Hızı          | 300 km/s                                                        |
| Hat Yapısı            | Çift hat – Elektrikli – Sinyalli                                |
| Hat Genişliği         | 1.435 mm (standart açıklık)                                     |
| Elektrifikasyon       | 25 kV, 50 Hz AC                                                 |
| Sinyalizasyon Sistemi | ETCS Level 1 (Avrupa Tren Kontrol Sistemi)                      |
| Tünel ve Viyadük      | 7 tünel ve 27 viyadük                                           |
| Sefer Süresi          | Yaklaşık 1 saat 45 dakika                                       |
| Bağlantılar           | Konya YHT Garı, Ankara Garı, Başkentray entegrasyonu            |

Tablo 2.3 Ankara-Konya YHT Hattı Teknik Özellikleri

Hatta işletilen tren setleri çoğunlukla CAF ve Siemens Velaro TR üretimi olup, yolcu konforunu artıracak donanımlara sahiptir. YHT seferleri ortalama 1 saat 45 dakika sürmekte olup, günlük karşılıklı çok sayıda sefer düzenlenmektedir. Hat, zamanla Konya-İstanbul, Konya-Eskişehir ve Konya-Sivas gibi diğer YHT bağlantılarına da entegre edilmiştir.

**Eskişehir-İstanbul YHT Hattı (2008-2014):** Eskişehir-İstanbul Yüksek Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin doğu-batı ekseninde yüksek hızlı demiryolu ağı oluşturma hedefi doğrultusunda hayata geçirilen en önemli projelerden biridir. Hat, Ankara-Eskişehir YHT hattının devamı niteliğinde olup Marmara Bölgesi'ni İç Anadolu'ya yüksek standartlı demiryolu ile bağlamaktadır. Projenin inşasına 2008 yılında başlanmış, 25 Temmuz 2014 tarihinde ise Ankara-İstanbul YHT hattının ikinci aşaması olan Eskişehir-Pendik kesimi işletmeye açılmıştır.

Hat üzerinde yer alan zorlu topoğrafya nedeniyle proje kapsamında 35 tünel, 26 viyadük, 52 köprü ve yüzlerce menfez inşa edilmiştir. İstanbul-Pendik kesimine ulaşan hızlı tren hattı, Marmaray projesi ile entegre edilerek 2019 yılında Halkalı'ya kadar uzatılmıştır. Böylece Asya-Avrupa arasında kesintisiz hızlı tren işletmeciliği mümkün hale gelmiştir.

Ray üstyapısı, uzun kaynaklı raylar ve beton traversler kullanılarak yüksek hızlı tren işletmeciliğine uygun şekilde inşa edilmiştir. Hat boyunca çeşitli noktalarda hemzemin geçitler kaldırılmış, sinyalizasyon ve elektrifikasyon sistemleri ile trafik güvenliği artırılmıştır.

| Teknik Parametre                      | Değer                                              |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Toplam Hat Uzunluğu (Ankara-İstanbul) | ~513 km (Eskişehir-İstanbul arası ~260 km)         |
| Maksimum İşletme Hızı                 | 250 km/s                                           |
| Tasarım Hızı                          | 300 km/s                                           |
| Hat Yapısı                            | Çift hat - Elektrikli - Sinyalli                   |
| Hat Genişliği                         | 1.435 mm (standart açıklık)                        |
| Elektrifikasyon                       | 25 kV, 50 Hz AC                                    |
| Sinyalizasyon Sistemi                 | ETCS Level 1                                       |
| Tünel Sayısı                          | 35 adet (toplam ~55 km)                            |
| Viyadük Sayısı                        | 26 adet (toplam ~15 km)                            |
| Sefer Süresi (Ankara-İstanbul)        | ~3 saat 30 dakika                                  |
| İlk Açılış Noktası                    | İstanbul-Pendik (2014)                             |
| Son Entegrasyon Noktası               | İstanbul-Halkalı (2019, Marmaray entegrasyonu ile) |

**Tablo 2.4** Eskişehir-İstanbul YHT Hattı Teknik Özellikleri

Eskişehir-İstanbul hattı, Ankara ile İstanbul arasındaki seyahat süresini yaklaşık 3 saat 30 dakikaya indirmiştir. Proje sayesinde Türkiye'nin iki büyük metropolü arasında hızlı, konforlu ve güvenli bir ulaşım imkânı sağlanmış; karayolu ve havayolu ile rekabet eden sürdürülebilir bir alternatif oluşturulmuştur.

Hat, sadece şehirler arası yolcu taşımacılığı açısından değil, Marmaray entegrasyonu ile birlikte İstanbul içi toplu taşımada da önemli bir rol üstlenmiştir. Banliyö hatları ile entegrasyon sayesinde Gebze-Halkalı arasında kesintisiz demiryolu ulaşımı sağlanmış, şehir içi ve şehirler arası ulaşım bütüncül bir yapıya kavuşturulmuştur.

Eskişehir-İstanbul YHT hattı, Türkiye'nin ulusal ulaşım sisteminin yeniden yapılandırılması sürecinde kritik bir bileşen olmuş; büyükşehirler arası ulaşımı dönüştürmenin yanı sıra İstanbul'un Avrupa bağlantılarına entegre olmasına da katkı sağlamıştır. Proje, ayrıca ülkenin demiryolu altyapısında mühendislik kapasitesinin gelişmesine ve yüksek hızlı demiryolu projelerindeki kurumsal tecrübenin artmasına olanak tanımıştır.

#### 2.1.4.2. Tamamlanan Önemli Projeler

**Marmaray Projesi ve Gebze-Halkalı Banliyö Hattının İyileştirilmesi:** Marmaray Projesi, İstanbul'un sürdürülebilir kentsel gelişimini desteklemek ve ulaşım altyapısını uluslararası standartlara taşımak amacıyla hayata geçirilmiş, yüksek kapasiteli ve çevre dostu bir demiryolu sistemidir. Proje, elektrik enerjisi ile çalışan modern banliyö hatlarının entegrasyonunu sağlayarak, Asya ve Avrupa yakalarını İstanbul Boğazı'nın altından birbirine bağlamakta ve böylece Pekin'den Londra'ya kadar kesintisiz bir demiryolu koridorunun oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Proje, Türkiye Cumhuriyeti ile Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) arasında imzalanan finansman anlaşması kapsamında gerçekleştirilmiştir. İstanbul Boğazı'nın altından geçen bölümde, her biri ileri mühendislik teknikleriyle inşa edilmiş toplam 1.387 metre uzunluğunda batırma tünel ve bağlantılı yaklaşım tünelleri yer almaktadır. Bu altyapı, üç yer altı ve iki yer üstü istasyon ile desteklenmiştir.

| Özellik                      | Değer                                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Toplam Hat Uzunluğu          | 63 km                                                         |
| Avrupa Yakası                | 19,2 km                                                       |
| Asya Yakası                  | 43,8 km                                                       |
| Boğaz Geçişi (Batırma Tünel) | 1.387 m                                                       |
| Toplam Tünel Uzunluğu        | 13,6 km (1,4 km batırma + 9,4 km delme + yaklaşım tünelleri)  |
| Derinlik                     | Maksimum 60 m (deniz seviyesi altında)                        |
| Hat Yapısı                   | Üç hat (2 banliyö + 1 yük/yüksek hızlı tren)                  |
| Elektrifikasyon              | 25 kV, 50 Hz AC                                               |
| Sinyalizasyon                | Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS Level 1)                    |
| İstasyonlar                  | 43 adet (5'i yeni; 38'i yenilenmiş)                           |
| Yeraltı İstasyonları         | Sirkeci, Üsküdar, Yenikapı                                    |
| Araç Temini                  | 440 araç (300'ü Adapazarı EUROTEM tesisinde monte edilmiştir) |

**Tablo 2.5** Marmaray Projesi Teknik Özellikler Tablosu

Toplam 63 kilometre uzunluğundaki Marmaray hattı, hemzemin düzlemde üç hatlı işletmeye uygun şekilde tamamen yenilenmiş; sinyalizasyon, elektrifikasyon, haberleşme ve SCADA sistemleri başta olmak üzere çağdaş elektromekanik sistemlerle donatılmıştır. Hattın 19,2 kilometresi Avrupa, 43,8 kilometresi ise Asya yakasında konumlanmaktadır.

Demiryolu araç filosu kapsamında toplam 440 adet modern banliyö aracı üretilmiştir. Bu araçların 140 adedi Güney Kore'de, kalan 300 adedi ise yerli katkı oranı yüksek olacak şekilde Türkiye'de, Adapazarı'nda bulunan EUROTEM tesislerinde üretilmiştir. Halen Marmaray hattında TCDD Taşımacılık A.Ş.'ye teslim edilen 19 adet 5 araçlı ve 30 adet 10 araçlı tren seti aktif olarak işletilmektedir.

İstanbul Boğazı geçişinde kullanılan batırma tünel, 60 metreye varan derinliğiyle, raylı sistemlerde kullanılan dünyanın en derin batırma tüneli olma özelliğine sahiptir. Çift hatlı olarak projelendirilen ve toplam uzunluğu 13,6 kilometreyi bulan bu tünel, Avrupa ile Asya kıtalarını kesintisiz demiryolu bağlantısıyla birbirine entegre etmektedir.

Marmaray Projesi'nin Boğaz geçişine ilişkin kısmı, 29 Ekim 2013 tarihinde işletmeye alınmış olup, bu etapta 13,6 kilometrelik bir güzergâh üzerinde toplam 5 istasyon yer almaktadır.

Marmaray Projesi kapsamında yürütülen Gebze-Halkalı banliyö hattının 63 kilometrelik bölümü, 13 Mart 2019 tarihinde başarıyla tamamlanarak hizmete açılmıştır. Söz konusu modernizasyon çalışmaları sonucunda



banliyö hatlarında önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlanmıştır. Kazlıçeşme–Söğütlüçeşme arasındaki seyahat süresi 18 dakikaya, Gebze–Halkalı arasındaki toplam yolculuk süresi ise 115 dakikaya indirilmiştir. Bu iyileştirme, hat boyunca gerçekleştirilen altyapı yatırımlarıyla desteklenmiştir.

Proje kapsamında sinyalizasyon sistemleri, güç temin altyapısı, işletme kontrol merkezi ve modern SCADA sistemleri gibi hayati önem taşıyan elektromekanik sistemler başarıyla devreye alınmıştır. Bu sistemler sayesinde hem emniyet hem de işletme verimliliği üst düzeye çıkarılmıştır.

| Proje Kalemi                | Maliyet (TL)   | Teknik Özellikler                               |
|-----------------------------|----------------|-------------------------------------------------|
| Boğaz Tüp Geçişi            | 10.556.465.000 | 13,6 km uzunluk, 5 istasyon, batırma tüp tünel  |
| Banliyö Hatları İyileştirme | 11.318.699.000 | 63 km hat uzunluğu, 38 istasyon, 3 hatlı sistem |
| Araç Üretimi                | 3.683.692.000  | Toplam 440 adet modern demiryolu aracı          |

**Tablo 2.6** Proje Bileşenlerine İlişkin Maliyet ve Teknik Özellikler

Marmaray Projesi, yalnızca İstanbul'un kentsel ulaşım sistemine değil, aynı zamanda uluslararası taşımacılık ve lojistik koridorlarına doğrudan etki eden stratejik bir altyapı yatırımdır. Proje, Asya ile Avrupa kıtalarını kesintisiz bir demiryolu hattı ile birbirine bağlayarak Türkiye'yi Pekin-Londra ekseninde uzanan modern İpek Yolu güzergâhının kritik bir bileşeni haline getirmiştir.

Marmaray Projesi, Türkiye'nin uluslararası taşımacılık ağlarındaki stratejik konumunu güçlendiren, çok modlu ulaşım sistemleriyle entegre bir altyapı yatırımdır. Proje, Trans-Avrupa Ulaşım Ağı (TEN-T) ile Trans-Asya Demiryolu Ağı'nın kesişim noktasında yer almakta olup, bu iki kıtalar arası ana koridorun fiziksel ve operasyonel olarak birbirine bağlanmasını sağlamaktadır. Marmaray'ın tamamlanmasıyla birlikte, yük ve yolcu taşımacılığında kesintisiz, güvenli ve zaman kaybı olmaksızın bir ulaşım olanağı tesis edilmiştir.

Bu entegrasyon, Türkiye'nin bölgesel bir lojistik üs olma hedefiyle tam uyumlu olup, Avrupa ile Asya arasında doğrudan demiryolu bağlantısı sağlayarak uluslararası tedarik zincirlerinde süreklilik, maliyet etkinliği ve zaman avantajı yaratmaktadır.

Marmaray Projesi, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunan önemli bir altyapı unsurudur. Demiryolu taşımacılığı, kara yolu taşımacılığına kıyasla daha düşük karbon salınımı ile çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Marmaray'ın işletmeye alınmasıyla birlikte, kıtalararası yük taşımacılığında demiryolu kullanım oranı artmış; böylece fosil yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonlarında kayda değer azalmalar sağlanmıştır.

Marmaray üzerinden geçen uluslararası yük trenleri, Avrupa ve Asya pazarları arasında daha düşük çevresel etkiyle taşımacılık yapılmasına olanak tanımakta; bu yönüyle küresel karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Proje, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat hedefleri ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ile de doğrudan uyumludur.

Marmaray, yalnızca İstanbul metropolünün kent içi raylı ulaşım kapasitesini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda Türkiye'nin jeopolitik önemini pekiştiren ve uluslararası demiryolu taşımacılığı alanında yapısal bir paradigma değişimi yaratan bir projedir. Asya ve Avrupa arasındaki demiryolu taşımacılığını fiziksel olarak birleştiren ilk kalıcı ve yüksek kapasiteli altyapı olması nedeniyle, Marmaray küresel taşımacılık sistemleri bağlamında oyun değiştirici (game-changer) bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Bu bağlamda Marmaray, entegre taşımacılık sistemlerinin geliştirilmesi, çok modlu koridorların optimize edilmesi ve sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin yaygınlaştırılması açısından model teşkil eden bir projedir.

#### **Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı:**

Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Projesi, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye arasında doğrudan demiryolu bağlantısı sağlayan, bölgesel ölçekli ve yüksek stratejik öneme sahip bir altyapı yatırım projesidir. "Demir İpek Yolu" olarak da anılan bu hat, tarihi İpek Yolu'nun çağdaş demiryolu taşımacılığı vizyonuyla yeniden canlandırılmasını hedeflemekte; bölge ülkeleri arasındaki ekonomik, ticari ve kültürel entegrasyonu güçlendirmektedir.

BTK hattı, Trans-Hazar Uluslararası Taşımacılık Koridoru'nun (TITR) kritik bir bileşeni olarak konumlanmakta ve Çin'den Avrupa'ya uzanan Orta Koridor'un (Middle Corridor) demiryolu bağlantısını oluşturmaktadır. Proje sayesinde, Türkiye ile Gürcistan, Azerbaycan ve Orta Asya Türk Cumhuriyetleri arasında kesintisiz ve düşük maliyetli bir demiryolu taşımacılığı altyapısı tesis edilmiştir.

BTK Demiryolu Hattı'nın toplam uzunluğu 838,6 kilometre olup; bu uzunluğun

- 503 kilometresi Azerbaycan,
- 259 kilometresi Gürcistan,
- 79 kilometresi Türkiye sınırları içerisindedir.

Proje, ilk etapta tek hat, dizel işletmecilik esasına göre hayata geçirilmiş olmakla birlikte, orta ve uzun vadede çift hatlı, elektrifikasyon sistemine sahip, sinyalizasyon ve modern telekomünikasyon altyapılarıyla desteklenen bir yapıya dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

BTK Hattı'nın işletmeye alınmasıyla birlikte, bölgedeki taşımacılık kapasitesinin aşağıdaki seviyelere ulaşması öngörülmektedir:

- **Başlangıç Kapasitesi:** Yıllık 1 milyon yolcu ve 6,5 milyon ton yük
- **2034 Yılı Hedefi:** Yıllık 3 milyon yolcu ve 17 milyon ton yük

Bu hedefler doğrultusunda, BTK hattı sadece bölgesel değil, aynı zamanda Avrasya ölçeğinde önemli bir yük ve yolcu taşımacılığı koridoru olarak işlev görmektedir.

BTK hattının Türkiye-Gürcistan sınırını kapsayan Kars-Ahılkelek kesimi için inşaat çalışmaları 2008 yılında başlatılmış; Ahılkelek-Bakü arasındaki mevcut demiryolu altyapısı ise yenilenerek hattın tamamı 30 Ekim 2017 tarihinde resmi olarak hizmete açılmıştır.

Projenin toplam maliyeti yaklaşık 450 milyon ABD doları olup, bu yatırım Türkiye, Gürcistan ve Azerbaycan arasında geliştirilen çok taraflı iş birliğinin somut bir göstergesi niteliğindedir. BTK, üç ülkenin bölgesel kalkınma stratejileriyle uyumlu olarak tasarlanmış ve uygulanmış örnek bir ulaştırma altyapısı projesidir.

Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı, Ermenistan güzergâhını bypass ederek Azerbaycan'ın başkenti Bakü'den başlayıp Gürcistan'ın başkenti Tiflis ve Ahılkelek üzerinden Türkiye'nin Kars iline uzanan bölgesel ve kıtalararası öneme sahip bir demiryolu bağlantısıdır. Hat, İstanbul Boğazı altından geçen Marmaray Projesi ile entegre bir yapıda çalışmakta olup, Avrupa ile Çin arasında kesintisiz demiryolu taşımacılığı altyapısını mümkün kılmaktadır.

Bu yapısal entegrasyon, Avrupa-Orta Asya ekseninde yük taşımalarının demiryolu moduna kaydırılmasını teşvik etmekte; böylece kara yolu taşımacılığına kıyasla daha düşük lojistik maliyetler ve daha az çevresel etki ile sürdürülebilir bir taşımacılık çözümü sunmaktadır. Proje, özellikle karbon emisyonlarının azaltılması, enerji verimliliği ve ulaşım sürelerinin kısaltılması açısından ciddi kazanımlar sağlamaktadır.

BTK hattı, yalnızca Türkiye ile Kafkasya ve Orta Asya ülkeleri arasındaki ticareti kolaylaştırmakla kalmayıp, Avrupa-Asya ulaştırma koridorunun stratejik bir bileşeni haline gelmiştir. Hattın, Çin'den Avrupa'ya uzanan Orta Koridor (Middle Corridor) üzerindeki konumlanışı, özellikle tedarik zincirlerinin çeşitlendirilmesi ve ulaştırma rotalarının çeşitliliğinin artırılması hedefleriyle örtüşmektedir.

Bu çerçevede BTK, Türkiye'nin hem jeopolitik konumunu güçlendirmekte hem de lojistik merkez olma vizyonunu destekleyen bir altyapı yatırımı olarak öne çıkmaktadır. Hat, geleneksel kuzey (Trans-Sibirya) ve güney (İran üzerinden Basra Körfezi) koridorlarına alternatif, rekabetçi ve güvenilir bir güzergâh sunmaktadır.

BTK hattının taşıma kapasitesinin önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artırılması planlanmakta olup, bu doğrultuda demiryolu altyapısının modernizasyonu ve ilave yatırımlarla desteklenmesi hedeflenmektedir. Orta vadede yük ve yolcu taşıma hacminin artmasıyla birlikte, bölgesel ekonomik kalkınmaya doğrudan katkı sağlayacak lojistik ve ticaret potansiyelinin daha da etkin hale gelmesi beklenmektedir.

Sonuç olarak, BTK Demiryolu Projesi, sadece bir altyapı yatırımı olmanın ötesinde; Avrasya'nın ulaştırma mimarisini yeniden şekillendiren, çok taraflı ekonomik iş birliğini destekleyen ve Türkiye'nin uluslararası taşımacılıkta merkez ülke olma stratejisini güçlendiren anahtar projelerden biri olarak değerlendirilmektedir.

#### Lojistik Merkezler:

Türkiye, 2003 yılından itibaren ulaştırma ve lojistik altyapısını güçlendirmek amacıyla bölgesel lojistik merkezler oluşturma stratejisi benimsemiş ve bu doğrultuda entegre taşımacılık faaliyetlerini destekleyecek yapılar inşa etmiştir. Bu merkezler; taşımacılık, yükleme-boşaltma, depolama, elleçleme, gümrükleme ve diğer lojistik hizmetleri aynı çatı altında sunarak çok modlu taşımacılığın entegrasyonunu ve verimliliğini artırmayı hedeflemiştir.

2020 yılı itibarıyla Türkiye genelinde 25 lojistik merkez planlanmış, bunlardan 11'i tamamlanarak hizmete açılmıştır. 2021 yılında Kars Lojistik Merkezi'nin de devreye alınmasıyla toplam sayı 12'ye ulaşmıştır.

| Lojistik Merkezi         | Yıllık Kapasite<br>(1000 Ton) | Toplam Alan<br>(1000 m <sup>2</sup> ) | İşletmeye<br>Açılış Yılı |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Samsun (Gelemen)         | 1.156                         | 258                                   | 2007                     |
| İzmit (Köseköy)          | 2.000                         | 694                                   | 2010                     |
| Uşak                     | 246                           | 40                                    | 2012                     |
| İstanbul (Halkalı)       | 2.000                         | 220                                   | 2013                     |
| Eskişehir (Hasanbey)     | 1.400                         | 541                                   | 2014                     |
| Balıkesir (Gökköy)       | 1.000                         | 211                                   | 2014                     |
| Denizli (Kaklık)         | 500                           | 125                                   | 2014                     |
| Kahramanmaraş (Türkoğlu) | 1.900                         | 805                                   | 2017                     |
| Erzurum (Palandöken)     | 437                           | 350                                   | 2018                     |
| Konya (Kayacık)          | 1.700                         | 1.000                                 | 2020                     |
| Mersin (Yenice)          | 896                           | 416                                   | 2020                     |
| Kars                     | 412                           | 400                                   | 2021                     |

**Tablo 2.7** İşletmeye Açılan Lojistik Merkezlerin Teknik Özellikleri

Bu lojistik merkezler, Türkiye'nin uluslararası taşımacılık koridorlarına entegrasyonunu kolaylaştırmak, lojistik maliyetleri azaltmak, taşımacılık modları arasında denge sağlamak ve ticaretin lojistik altyapı üzerinden yaygınlaştırılmasını desteklemek amacıyla konumlandırılmıştır.

Marmaray, BTK Demiryolu, Orta Koridor gibi projelerle entegre biçimde çalışan bu merkezler, Türkiye'nin lojistik üs olma vizyonunu destekleyen temel altyapı bileşenleri arasında yer almaktadır.

#### 2.1.5. 2020-2025 Yılları Arası Demiryolları

2020-2025 yılları arasında Türkiye, demiryolu ulaştırma altyapısını modernize etmek ve genişletmek amacıyla kapsamlı yatırımlar gerçekleştirmiştir. Bu dönemde, özellikle yüksek hızlı tren (YHT) ve hızlı tren projeleri önceliklendirilmiş; konvansiyonel hat yatırımları da eş zamanlı olarak sürdürülmüştür.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın "Türkiye'yi demir ağlarla örme" vizyonu doğrultusunda, demiryolu hatlarının inşası stratejik bir kalkınma hedefi olarak ele alınmıştır. Bu çerçevede 2025 yılı itibarıyla devam eden hat inşaatlarının toplam uzunluğu 3.872 kilometreye ulaşmıştır. Bu uzunluk, hat türlerine göre aşağıdaki şekilde dağılım göstermektedir:

- 1.889 km → Yüksek Hızlı Tren (YHT) Hatları
- 1.662 km → Hızlı Tren Hatları
- 337 km → Konvansiyonel Hatlar

Bu yatırımlar, Türkiye'nin bölgesel entegrasyonunu güçlendirme, kentler arası ulaşım sürelerini azaltma, karayolu trafiğini dengeleme ve sürdürülebilir ulaştırma modlarını teşvik etme hedeflerine katkı sağlamaktadır.

Aşağıda bu dönemde öne çıkan yeni demiryolu projeleri hakkında özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

**Ankara-Sivas YHT Hattı (405 km):** Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren (YHT) Hattı, Türkiye'nin doğu-batı aksında yüksek hızlı demiryolu ulaşımını genişletme vizyonunun önemli bir bileşeni olarak tasarlanmış ve 405 kilometrelik güzergâhıyla Türkiye'nin en uzun hızlı tren hatlarından biri olmuştur. Hat, Ankara-Kırıkkale-Yozgat-Sivas güzergâhını takip etmekte olup, 26 Nisan 2023 tarihinde hizmete alınmıştır.

Proje, Ankara ile Sivas arasındaki seyahat süresini yaklaşık 12 saatten 2 saate indirerek bölgeler arası ekonomik, sosyal ve kültürel etkileşimi önemli ölçüde artırmayı hedeflemiştir. Aynı zamanda Yozgat ve Sivas illeri ilk defa yüksek hızlı tren ağına entegre edilmiştir. Bu gelişme, Anadolu'nun iç kesimlerinin ulaşırma altyapısıyla bütünleşmesini ve ulaşım hizmetlerinin bölgesel dengeli kalkınmayı destekleyecek şekilde sunulmasını sağlamıştır.

| Özellik             | Değer                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------------|
| Toplam Hat Uzunluğu | 405 km                                                |
| Güzergâh            | Ankara - Kırıkkale - Yozgat - Sivas                   |
| Proje Başlangıcı    | 2008                                                  |
| Hizmete Açılış      | 26 Nisan 2023                                         |
| Seyahat Süresi      | ~2 saat (önceden ~12 saat)                            |
| Maksimum Hız        | 250 km/s                                              |
| İstasyon Sayısı     | 8 (Yozgat, Sorgun, Akdağmadeni, Yıldızeli, Sivas vb.) |
| Tünel Uzunluğu      | ~66 km (49 adet tünel)                                |
| Viyadük Uzunluğu    | ~27 km (49 adet viyadük)                              |
| Sinyalizasyon       | ETCS Level 1                                          |
| Elektrifikasyon     | 25 kV, 50 Hz AC                                       |

**Tablo 2.8** Ankara-Sivas YHT Hattı Teknik Özellikler

Hattın inşası sırasında zorlu jeolojik koşullar ve dağlık araziler nedeniyle birçok tünel ve viyadük yapısına başvurulmuştur. Toplamda 49 tünel (~66 km) ve 49 viyadük (~27 km) inşa edilmiştir. En uzun tünel yaklaşık 5 kilometre, en yüksek viyadük ise 90 metre yüksekliğe ulaşmaktadır. Bu mühendislik çözümleri sayesinde güzergâhın topografik engelleri aşılmış ve yüksek hızlı tren işletmeciliğine uygun bir hat altyapısı oluşturulmuştur.

Ankara-Sivas YHT hattı, mevcut Ankara merkezli hızlı tren hatları (Ankara-Eskişehir, Ankara-Konya, Ankara-İstanbul) ile entegre çalışmakta ve Ankara'yı tüm yönleri bağlayan bir hızlı tren omurgası oluşturmaktadır.

Ankara-Sivas YHT hattı, başkent ile Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri arasında yüksek kaliteli ve kısa süreli bir ulaşım alternatifi sunmaktadır. Bu sayede hem iş seyahatleri hem de sosyal amaçlı seyahatler için yüksek talep potansiyeline sahip yeni bir koridor oluşturulmuştur. Ayrıca hat, ilerleyen yıllarda Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars güzergâhına kadar uzatılarak Türkiye'nin doğu sınırına kadar hızlı tren hizmetlerinin yaygınlaştırılmasına zemin hazırlamaktadır.

**Ankara-İzmir YHT Projesi (508 km):** Ankara-İzmir Yüksek Hızlı Tren (YHT) Projesi, Türkiye'nin batı-doğu ekseninde yüksek hızlı demiryolu ulaşımını genişletmeyi hedefleyen en büyük altyapı yatırımlarından biridir. Toplam uzunluğu 508 kilometre olan bu hat, başkent Ankara ile Türkiye'nin üçüncü büyük ili olan İzmir arasında modern, hızlı ve güvenli bir demiryolu bağlantısı kurulmasını amaçlamaktadır.

Ankara-İzmir YHT hattı, hâlihazırda yaklaşık 14 saat süren seyahati 3,5 saate düşürerek, iki büyük ekonomik merkez arasında hem yolcu hem yük taşımacılığı açısından yüksek verimlilik sağlamayı hedeflemektedir. Proje kapsamında yılda yaklaşık 13,5 milyon yolcu taşınması ve 90 milyon tonluk yük potansiyelinin değerlendirilmesi öngörülmektedir. Bu sayede, Ege Bölgesi ile İç Anadolu arasında ekonomik, ticari ve sosyal entegrasyonun güçlendirilmesi beklenmektedir.

| Özellik                             | Değer                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Toplam Hat Uzunluğu                 | 508 km                                          |
| Güzergâh                            | Ankara – Afyonkarahisar – Uşak – Manisa – İzmir |
| Maksimum Hız                        | 250 km/s                                        |
| Seyahat Süresi (hedeflenen)         | ~3,5 saat                                       |
| Mevcut Seyahat Süresi               | ~14 saat                                        |
| Proje Başlangıcı                    | 2012                                            |
| Altyapı Tamamlanma Oranı (2022)     | %52                                             |
| Yıllık Yolcu Kapasitesi (öngörülen) | ~13,5 milyon                                    |
| Yıllık Yük Kapasitesi (öngörülen)   | ~90 milyon ton                                  |
| Elektrifikasyon                     | 25 kV, 50 Hz AC                                 |
| Sinyalizasyon                       | ETCS Level 1 standardına uygun                  |

**Tablo 2.9** Ankara-İzmir YHT Projesi Teknik Özellikler

Hattın inşasında toplamda 41 tünel (~40 km), 49 viyadük (~20 km), 67 köprü ve 828 menfez inşa edilmesi planlanmaktadır. Ayrıca zorlu topoğrafik koşulları aşmak amacıyla güzergâh üzerinde birçok kesimde yüksek mühendislik çözümleri uygulanmaktadır. Hattın büyük bir kısmı sıfırdan inşa edilmekte olup, mevcut hatlara paralel bir yapı izlenmemektedir.

**Proje;** Ankara-Afyonkarahisar, Afyonkarahisar-Uşak, Uşak-Manisa ve Manisa-İzmir olmak üzere dört ana kesimde yürütülmektedir. 2022 itibarıyla altyapı imalatlarının %52'si tamamlanmış olup, elektromekanik işler ve üstyapı imalatlarının da kademeli olarak başlaması planlanmıştır. Projenin tamamlanmasıyla birlikte Manisa, Uşak ve Afyonkarahisar illeri ilk kez YHT ağına entegre edilecektir.

Hat, yalnızca yolcu taşımacılığı açısından değil, aynı zamanda yük taşımacılığı bakımından da stratejik bir öneme sahiptir. İzmir Limanı'nın hinterlandının genişletilmesi, sanayi üretim merkezleri ile lojistik alanların demiryolu ağına entegre edilmesi ve çevreci ulaşım çözümlerinin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Ankara-İzmir YHT hattı, Türkiye'nin doğrudan hızlı trenle birbirine bağlanan üç büyük kenti (Ankara-İstanbul-İzmir) arasındaki stratejik üçgenin son halkası olacaktır. Hat, ayrıca Avrupa-Asya arasında sürdürülebilir ulaştırma modlarının geliştirilmesi hedefi doğrultusunda da kritik bir rol oynayacaktır.

**İstanbul-Edirne (Halkalı-Kapıkule) YHT Projesi (229 km):** Halkalı-Kapıkule Yüksek Standartlı Demiryolu Projesi, Türkiye'nin Avrupa ile demiryolu bağlantısını güçlendirmeyi hedefleyen stratejik bir altyapı yatırımdır. İstanbul'u Edirne üzerinden Bulgaristan sınırına, oradan da Avrupa demiryolu ağına bağlayan bu hat, aynı zamanda Çin'den Avrupa'ya uzanan İpek Demiryolu'nun (Orta Koridor) Avrupa bağlantısını da oluşturmaktadır.

| Özellik                       | Değer                                                                                         |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toplam Hat Uzunluğu           | 229 km                                                                                        |
| Güzergâh                      | Halkalı – Çerkezköy – Kapıkule                                                                |
| Hız                           | Yolcu trenleri: 200 km/s Yük trenleri: 120 km/s                                               |
| Elektrifikasyon               | 25 kV AC, 50 Hz                                                                               |
| Sinyalizasyon                 | Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) / ETCS Level 1                                |
| Hat Tipi                      | Çift hat, elektrikli ve sinyalli                                                              |
| Proje Başlangıcı              | 2019                                                                                          |
| Finansman                     | Avrupa Birliği IPA II Programı (Çerkezköy-Kapıkule kesimi) + Türkiye Cumhuriyeti bütçesi      |
| İnşa Durumu (2024 itibarıyla) | Çerkezköy-Kapıkule kesimi büyük ölçüde tamamlanmış; Halkalı-Çerkezköy kesimi ihale aşamasında |

**Tablo 2.10** İstanbul-Edirne (Halkalı-Kapıkule) YHT Projesi Teknik Özellikler



**Hedeflenen Kazanımlar**

- **Yolcu taşımacılığı süresi:** Halkalı-Kapıkule arası 4 saatten 1 saat 20 dakikaya inecektir.
- **Yük taşımacılığı süresi:** 6,5 saatten 2 saat 20 dakikaya düşecektir.
- **Kapasite artışı:** Yük taşıma kapasitesinde ciddi artış sağlanacak, uluslararası ticaret akışları hızlanacaktır.

Proje, Avrupa Birliği'nin Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) ile Türkiye arasındaki entegrasyonu güçlendirmeyi hedeflemektedir. Özellikle Kapıkule Sınır Kapısı üzerinden Bulgaristan'a (Svilengrad) bağlanan hat, Avrupa'nın demiryolu ağlarına entegrasyon açısından kritik öneme sahiptir. Bu sayede Orta Asya-Avrupa ekseninde demiryolu taşımacılığı daha rekabetçi, güvenli ve sürdürülebilir hale gelecektir.

Hat, tamamen yeni altyapı üzerinde çift hatlı olarak inşa edilmekte olup, yüksek aks yükü taşıyabilecek nitelikte (22.5 ton/aks) tasarlanmıştır. Bu, yük taşımacılığı açısından kapasiteyi ve güvenliğini artırmaktadır. Çerkezköy-Kapıkule kesimi yaklaşık 153 km uzunluğundadır ve bu kesimin inşası için yaklaşık 275 milyon Euro'luk AB hibe finansmanı (IPA II) sağlanmıştır. Halkalı-Çerkezköy kesimi ise ulusal bütçe ile gerçekleştirilmesi planlanan ikinci aşamadır. Projenin tamamının 2028 yılında faaliyete geçirmesi beklenmektedir.

**Konya-Karaman-Ulukışla Hızlı Tren Hattı:** Konya-Karaman-Ulukışla hızlı tren hattı, Türkiye'nin iç bölgelerini Akdeniz'e bağlayan yüksek kapasiteli bir ulaşım koridoru oluşturmayı hedefleyen stratejik bir projedir. Proje, mevcut Konya-Karaman demiryolu hattının yüksek standartlı hale getirilmesi ve devamında Karaman-Ulukışla kesiminin inşasını kapsamaktadır.

**Projenin Aşamaları ve Teknik Özellikler****1. Aşama: Konya-Karaman (102 km)**

- Altyapı ve üstyapı çalışmaları tamamlanarak hat, 200 km/s hıza uygun hale getirilmiştir.
- Sinyalizasyon ve elektrifikasyon sistemleri modern ERTMS/ETCS düzeyinde uygulanmıştır.
- Açılış tarihi: Ocak 2022
- Seyahat süresi: Konya-Karaman arası yaklaşık 1 saatten 35 dakikaya indirilmiştir.
- 2. Aşama: Karaman-Ulukışla (135 km)
- 2025 yılı itibarıyla fiziki gerçekleşme oranı %92 seviyesine ulaşmıştır.
- Projede çok sayıda tünel, viyadük ve köprü yer almakta olup, zorlu topoğrafyaya uygun mühendislik çözümleri uygulanmaktadır.
- Hat, tamamlandığında Karaman'dan Adana yönüne kesintisiz hızlı tren işletimine olanak sağlayacaktır.

**Planlanan Uyumlu Projeler****Aksaray-Ulukışla-Yenice Hattı (192 km)**

- 2022 yılı itibarıyla yapım çalışmalarına başlanmıştır.
- Bu yeni hat ile Aksaray üzerinden Orta Anadolu'nun Mersin Limanı ve Gaziantep gibi sanayi merkezlerine demiryolu erişimi sağlanacaktır.
- Hat, yük ve yolcu taşımacılığına yönelik çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilmektedir.

**Beklenen Kazanımlar**

- **Konya-Adana arası seyahat süresi:** Mevcut 6 saatten yaklaşık 2 saat 20 dakikaya düşecektir.
- **Lojistik etkinlik:** Akdeniz limanları ile İç Anadolu arasındaki yük taşımacılığı hızlanacak, intermodal taşımacılık kolaylaşacaktır.
- **Bölgesel kalkınma:** Karaman, Niğde ve Aksaray gibi şehirlerin ulaşırma erişilebilirliği artacak ve ekonomik etkileşimler ivme kazanacaktır.

Bu hat, Türkiye'nin doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde yüksek hızlı demiryolu ağını bütünleştiren ana projelerden biridir. Aynı zamanda Orta Anadolu ile Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasındaki ticaret ve yolcu akışını destekleyen, limanlara bağlantı sağlayan çok modlu bir taşımacılık yapısının bel kemiğini oluşturmaktadır.

**Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Yüksek Standartlı Demiryolu:** Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep yüksek standartlı demiryolu hattı, Türkiye'nin Güney ve Güneydoğu Anadolu bölgelerini birbirine ve ülke genelindeki hızlı tren ağına entegre etmeyi hedefleyen stratejik öneme sahip bir altyapı projesidir. Hat, yalnızca yolcu taşımacılığı değil, aynı zamanda yük taşımacılığı kapasitesinin artırılması amacıyla da planlanmıştır.

#### Projenin Kapsamı ve Teknik Özellikleri

- Hat uzunluğu yaklaşık 312 km olarak planlanmıştır.
- Hat, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olacak şekilde inşa edilmektedir.
- Maksimum tasarım hızı 200-250 km/s olup, hem yüksek hızlı yolcu taşımacılığına hem de yük taşımacılığına hizmet verecek altyapı standardı hedeflenmektedir.
- ETCS Seviye 1 sinyalizasyon sistemi ve GSM-R haberleşme altyapısı kurulmaktadır.
- Proje kapsamında toplam 50 tünel, 63 köprü/viyadük, 130 alt ve üst geçit yer almaktadır.
- Hattın güzergâhında yer alan Nurdağı Tüneli (yaklaşık 17 km), Türkiye'nin en uzun demiryolu tüneli olacaktır.
- Çukurova Bölgesel Havalimanı'na doğrudan demiryolu bağlantısı kurulmakta olup, hava-demiryolu entegrasyonu sağlanacaktır.

Mevcut Adana-Mersin kesimi, dört hatlı hâle getirilecek; iki hat banliyö ve konvansiyonel trenler, diğer iki hat ise yüksek hızlı ve yük trenleri için ayrılacaktır. Nurdağı-Başpınar arasında yeni bir güzergâh açılarak, mevcut eğimli hatlar yerine düşük eğimli ve daha verimli bir taşıma koridoru oluşturulacaktır.

Proje tamamlandığında Adana-Gaziantep arası seyahat süresi, yaklaşık 6 saatten 2 saat 15 dakikaya düşecektir. Hat, yılda yaklaşık 6,4 milyon yolcu ve 100 milyon ton yük taşıma kapasitesine sahip olacaktır. Güzergâh boyunca bulunan tarım, ticaret ve sanayi bölgeleri, bu hat aracılığıyla daha hızlı, güvenli ve düşük maliyetli ulaşım olanaklarına kavuşacaktır.

Mersin-Adana kesimi altyapı çalışmalarında %98, Adana-Toprakkale-Bahçe arasında %92, Nurdağı-Başpınar arasında ise %80 oranında fiziki ilerleme sağlanmıştır. Nurdağı Tüneli'nin kazı işlemleri tamamlanmış olup, iç kaplama ve sistem entegrasyon süreçleri devam etmektedir. Hattın etaplar hâlinde işletmeye alınması planlanmakta olup, ilk kesimlerin 2025 yılı itibarıyla devreye alınması, tamamının ise 2027-2028 yılları arasında hizmete girmesi hedeflenmektedir.

Proje, Güneydoğu Anadolu'nun sanayi merkezleri ile Mersin Limanı arasında etkin bir lojistik hat kurulmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca Mersin-Gaziantep koridoru boyunca tarım, ticaret ve sanayi yoğunluğu göz önüne alındığında, bu demiryolu hattı bölgesel kalkınma açısından yüksek potansiyele sahiptir. Enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından karayolu taşımacılığına kıyasla daha düşük karbon salımı ve daha az arazi kullanımı avantajları sağlamaktadır.

**Bursa-Yenişehir-Osmaneli (Bursa YHT) Hattı:** Bursa-Yenişehir-Osmaneli Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı, uzun yıllardır demiryolu bağlantısı bulunmayan Bursa ilini ülke genelindeki YHT ağına entegre etmek amacıyla hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında inşa edilen hat, Bursa'dan başlayarak Yenişehir üzerinden Osmaneli ilçesine ulaşmakta ve burada Ankara-İstanbul YHT hattına bağlanmaktadır. Hattın toplam uzunluğu yaklaşık 201 km olup, çift hatlı, elektrikli ve hem yolcu hem yük taşımacılığına uygun olarak projelendirilmiştir.

Proje, Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) seviyesine uygun olarak tasarlanmış olup, hat boyunca ETCS Seviye 1/2 sinyalizasyon sistemleri ve GSM-R haberleşme altyapısı uygulanmaktadır. Bu kapsamda Alstom firması tarafından yürütülen elektromekanik sistem kurulumları devam etmektedir.

Hattın altyapı inşaatında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Toprak işlerinde %88, zemin iyileştirmelerinde %91 ve sanat yapılarında (köprü, viyadük, menfez) %96 oranında fiziki gerçekleştirme sağlanmıştır. Güzergâh boyunca toplam 29 tünel (yaklaşık 35,7 km), 15 viyadük (8,3 km), 35 köprü ve 99 menfez inşa edilmektedir. Ayrıca 7 istasyonun faaliyete geçirilmesi planlanmaktadır. Tünel kazı çalışmalarında Osmaneli-Yenişehir arasındaki 17,42 km'lik bölüm tamamlanmış, Bursa yönündeki TBM çalışmaları ise devam etmektedir.

Hat tamamlandığında Bursa-İstanbul arası seyahat süresi yaklaşık 1 saat 15 dakikaya, Bursa-Ankara arası ise yaklaşık 2 saat 15 dakikaya düşecektir. Ayrıca hattın, Karacabey ve TEKSOSAB istasyonları üzerinden Balıkesir ve Bandırma'ya uzatılması planlanmakta olup, bu bağlantı sayesinde Bursa'nın Ege Bölgesi ile doğrudan demiryolu entegrasyonu sağlanacaktır.

Yıllık yaklaşık 30 milyon yolcu ve 59 milyon ton yük taşıma kapasitesine sahip olacak olan bu hat, sadece ulaşım süresini kısaltmakla kalmayıp, aynı zamanda bölgesel kalkınma, lojistik verimlilik ve sanayi bölgelerinin rekabetçiliği açısından da önemli katkılar sunacaktır.

Projenin Osmaneli-Bursa kesiminin 2026 yılı ilk yarısında tamamlanarak hizmete alınması hedeflenmektedir. Devamında planlanan uzatmalar ile birlikte hat, Marmara ve Ege Bölgeleri arasında yüksek kapasiteli bir ulaşım koridoru oluşturacaktır.

**Kayseri YHT Bağlantısı:** Ankara-Sivas YHT hattı üzerinden Yerköy'de ayrılarak Kayseri'ye ulaşacak 142 km uzunluğundaki Yerköy-Kayseri YHT bağlantısı, Kayseri'nin (yaklaşık 1,5 milyon nüfus) hızlı tren ağına entegrasyonunu sağlamayı hedeflemektedir. Hattın devreye alınmasıyla İç Anadolu'nun en önemli ticaret ve sanayi merkezlerinden biri olan Kayseri, hızlı ve yüksek kapasiteli demiryolu ulaşımına dahil olacaktır.

#### Teknik Özellikler ve Güzergâh

- **Toplam uzunluk:** ~142 km, Yerköy (Yeni YHT) - Şefaattli - Yenifakılı - Himmetdede - Kayseri YHT güzergâhında planlanmıştır.
- **Hat standardı:** Çift hatlı, 25 kV AC elektrifikasyonlu, ETCS uyumlu sinyalizasyon sistemi, maksimum tasarım hızı 250 km/s.
- **Yapısal işler:** 21 tünel (~20,3 km), 18 demiryolu köprüsü (~2 572 m), 224 menfez, 27 üst geçit, 92 alt geçit planlanmıştır.
- **İstasyon sayısı:** Yerköy, Şefaattli, Yenifakılı ve Himmetdede olmak üzere dört istasyon bulunmaktadır.

#### Altyapı İlerleme Durumu

- **İnşaat başlangıcı:** Temel atma töreni 23 Temmuz 2022 tarihinde gerçekleştirilmiş, Yerköy YHT istasyonu 23 Ağustos 2024'te açılmıştır.
- **Şantiye durumu:** Yerköy'de toprak çalışmaları, tünel portalları ve sanat yapılarında ilerleme sağlanmıştır; GT-2 tüneline kazı ve destek betonu tamamlanmıştır.

Himmetdede T7 tüneline %25 imalat tamamlanmış; genel kazı ve toprak işleri hattın yaklaşık %50'sine ulaşmıştır.

Ankara-Kayseri Yüksek Hızlı Tren (YHT) Projesi, İç Anadolu Bölgesi'nin önemli kentlerinden Kayseri'yi yüksek hızlı demiryolu ağına entegre ederek bölgesel kalkınmayı desteklemeyi ve ulusal ulaşım altyapısında sürdürülebilirliği artırmayı hedefleyen stratejik bir projedir. Mevcut konvansiyonel demiryolu hattında yaklaşık 7 saat süren Ankara-Kayseri seyahati, YHT hattının tamamlanmasıyla birlikte 1 saat 45 dakikaya inecek; İstanbul-Kayseri arası ise yaklaşık 5,5 saat olacaktır. Proje kapsamında yıllık yaklaşık 11 milyon yolcu ve 650 bin ton yük taşınması öngörülmektedir.

Hattın devreye alınmasıyla birlikte yıllık 242 milyon avro düzeyinde zaman tasarrufu, işletme maliyetlerinde azalma ve karbon emisyonlarında ciddi bir düşüş beklenmektedir. Bu sayede proje, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik hedeflerine doğrudan katkı sunacaktır. Ayrıca hat, doğu-batı aksında Erzincan-Kars ile kuzey-güney aksında Samsun bağlantılarına entegre edilerek Avrupa-Asya ulaştırma koridorlarının bir parçası haline getirilecek ve Kayseri, önemli bir lojistik merkez konumuna ulaşacaktır. Karayoluna kıyasla daha düşük karbon salımı, daha yüksek enerji verimliliği ve çevre dostu ulaşım imkânı sunan bu proje, Türkiye'nin yeşil ulaştırma hedefleri açısından da önemli bir adımdır.

Uluslararası Bağlantı Projeleri: Türkiye'nin demiryolu ağını bölgesel ve küresel düzeyde entegre etmek amacıyla Orta Asya, Kafkaslar ve Orta Doğu ile bağlantıları güçlendirmeye yönelik önemli adımlar atılmıştır. Bu kapsamda 2017 yılında işletmeye açılan Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı, 2019 itibarıyla Asya-Avrupa transit yük taşımalarında etkin biçimde kullanılmaya başlanmış; 2021 yılı itibarıyla bu hat üzerindeki uluslararası taşımalar bir önceki yıla göre %91 oranında artış göstermiştir. Hat kapasitesinin önümüzdeki süreçte yıllık 1 milyon tondan 3 milyon tona çıkarılması hedeflenmektedir.

Ayrıca, Türkiye ile Azerbaycan'ı doğrudan birbirine bağlayacak olan Kars-Iğdır-Nahçıvan Demiryolu Projesi (Zengezur Koridoru) gündeme alınmıştır. Toplam 224 kilometre uzunluğundaki bu yeni hat için teknik planlamalar sürdürülmekte ve uluslararası düzeyde iş birliği görüşmeleri yürütülmektedir.

Bununla birlikte, Irak üzerinden Türkiye'ye uzanacak ve Basra Körfezi'ni Orta Koridor üzerinden Avrupa'ya bağlamayı amaçlayan "Kalkınma Yolu" Ulaştırma Koridoru Projesi, Türkiye açısından stratejik önem

taşımaktadır. Bu kapsamda, Türkiye topraklarında inşa edilmesi planlanan demiryolu hatlarının toplam uzunluğu 727 kilometre olarak belirlenmiştir.

Yeni hat projelerinin yanı sıra, mevcut demiryolu altyapısının modernizasyonuna yönelik önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 2003-2021 döneminde, mevcut 10.959 km'lik demiryolu hattı tamamen yenilenmiş ve toplam ağ uzunluğu 13.022 km'ye ulaşmıştır. Bu dönüşüm süreci, Ekim 2020 tarihinde duyurulan "Demiryolu Reformu" programı çerçevesinde hız kazanmıştır.

Elektrifikasyon ve sinyalizasyon alanlarında da ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. 2023 hedefleri doğrultusunda, elektrikli hat oranı %46'dan %77'ye çıkarılmakta; sinyalli hat oranı ise mevcut %53 seviyesinden yine %77'ye yükseltilmesi amaçlanmaktadır.

Son 19 yılda sinyalli hat uzunluğunda %172, elektrikli hat uzunluğunda ise %180 oranında artış sağlanmıştır. Bu gelişmeler, tren işletmeciliğinde hem emniyet hem de operasyonel verimlilik açısından önemli kazanımlar sağlamıştır.

Türkiye'nin demiryolu altyapısında yürütülen kapsamlı modernizasyon faaliyetleri kapsamında birçok konvansiyonel hattın kapasite ve hız değerlerinde önemli iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, Samsun-Sivas (Kalin) Demiryolu Hattı, 2015-2020 yılları arasında Avrupa Birliği finansal desteğiyle bütünüyle yenilenmiş, sinyalizasyon sistemi ile donatılmış ve Mayıs 2020'de beş yıllık kesintinin ardından tekrar işletmeye açılmıştır. Yaklaşık 350 milyon avro bütçeyle tamamlanan bu proje neticesinde hattın yıllık taşıma kapasitesi 1 milyon tondan 3 milyon tona çıkarılmış; yolcu taşımacılığında seyahat süresi %50 azaltılarak yaklaşık 9 saatten 5 saate indirilmiştir. Altyapının güçlendirilmesi amacıyla proje kapsamında 48 tarihi köprü restore edilmiş, ayrıca 30 yeni köprü inşa edilmiştir.

Benzer şekilde, Konya-Karaman demiryolu hattında yürütülen iyileştirme çalışmaları kapsamında sinyalizasyon altyapısı modernize edilmiş, hat geometrisi hız artırımı doğrultusunda revize edilmiştir. Bu sayede hat, Ocak 2022 itibarıyla 200 km/sa işletme hızıyla hizmet vermeye başlamıştır.

Demiryolunun yük taşımacılığındaki etkinliğini artırmak ve karayolu trafiğini azaltmak amacıyla organize sanayi bölgeleri, limanlar ve lojistik merkezlere yönelik bağlantı hatlarının geliştirilmesine öncelik verilmektedir. Bu doğrultuda, Adana-Mersin hattı üzerinde organize sanayi bölgelerine iltisak hatları inşa edilmekte olup, ayrıca yeni Çukurova Havalimanı'na demiryolu bağlantısı sağlanması yönündeki inşaat çalışmaları devam etmektedir. Ege Bölgesi'nde ise Alsancak Limanı-Kemalpaşa Lojistik Merkezi bağlantısı ile Aliaga-Çandarlı-Bergama demiryolu uzatma projeleri planlama aşamasındadır.

Bu yatırımların tamamlayıcı bir unsuru olarak, 2021 yılı içerisinde Kars Lojistik Merkezi faaliyete geçirilmiş ve böylece Türkiye genelinde işletmeye alınan demiryolu lojistik merkezlerinin sayısı 12'ye, toplam elleçleme kapasitesi ise 13,6 milyon tona ulaşmıştır. Söz konusu merkezlerde 2021 yılı boyunca toplam 4,4 milyon ton yük elleçlenmiştir. Artan uluslararası taşımacılık hacmine bağlı olarak, demiryolu tabanlı lojistik altyapısının güçlendirilmesine yönelik yatırımlar sürdürülmektedir. Bu kapsamda, toplam 25 lojistik merkez inşası planlanmış olup bu hedef doğrultusunda yeni merkezlerin projelendirme ve uygulama süreçleri devam etmektedir.

#### **2.1.5.1. Yatırım Bütçeleri, Finansman Kaynakları ve Ekonomik Etkiler**

Son yıllarda Türkiye, ulaştırma politikalarında önemli bir paradigma değişikliği gerçekleştirerek demiryolu sektörünü stratejik öncelik haline getirmiştir. Bu doğrultuda, ulaştırma yatırımlarında demiryollarına ayrılan bütçe payı belirgin şekilde artış göstermiştir. 2003-2020 döneminde ulaştırma ve haberleşme altyapısına toplamda 1 trilyon 96 milyar TL tutarında yatırım yapılmış olup, bu miktarın %19'u demiryolu projelerine yönlendirilmiştir. Ancak, söz konusu oran yıllar içerisinde istikrarlı biçimde artış kaydetmiştir. Örneğin, 2013 yılında demiryolu yatırımlarının ulaştırma yatırımları içindeki payı %33 seviyesindeyken, bu oran 2020'de %47'ye yükselmiştir. 2023 yılı itibarıyla ise yatırım payının %60'ın üzerine çıkarılması hedeflenmiş ve nihayetinde bu oran %64'e ulaşmıştır.

2021 yılı yatırım programı kapsamında demiryolu sektörüne toplam 17,8 milyar TL tahsis edilmiştir. Bu kaynağın 12,556 milyar TL'si TCDD altyapı projelerine, 4,3 milyar TL'si Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) tarafından yürütülen diğer demiryolu projelerine ve 950 milyon TL'si TCDD Taşımacılık AŞ yatırımlarına ayrılmıştır. Aynı yıl içerisinde yalnızca Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren (YHT) Projesi'ne 2,05 milyar TL, Ankara-İstanbul YHT Projesi'ne 1,28 milyar TL ve YHT set alımları için 1,06 milyar TL kaynak tahsis edilmiştir. 2022 ve 2023 yıllarında ise demiryolu yatırımlarına ayrılan bütçe tutarları katlanarak artmıştır. Nitekim 2023 yılı Bakanlık toplam bütçesi yaklaşık 181,9 milyar TL olarak belirlenmiş; bunun 116 milyar TL'si (%64'ü) demiryolu

projelerine ayrılmıştır. Karayolu altyapı projelerinin büyük ölçüde tamamlanmış olması nedeniyle yeni yatırım odağı demiryolu sektörü olmuştur.

Demiryolu projeleri ağırlıklı olarak genel bütçe kaynakları ile finanse edilmekle birlikte, son yıllarda alternatif finansman mekanizmaları da uygulamaya konulmuştur. Bu çerçevede, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, özel sektörün yatırım gücü ve işletme kabiliyetinden yararlanmak amacıyla Kamu-Özel İşbirliği (KÖİ / PPP) modellerini devreye almıştır. Bugüne kadar ulaştırma sektöründe toplam 214,7 milyar TL büyüklüğünde KÖİ projesi başlatılmıştır.

Demiryolu sektörü özelinde, Ankara YHT Garı gibi bazı büyük ölçekli projeler KÖİ modeliyle hayata geçirilmiş; ayrıca, İstanbul'daki bazı kent içi raylı sistem hatlarında da KÖİ ve dış kredi kaynakları kullanılmıştır. Bakanlık verilerine göre demiryolu alanında başlatılan KÖİ projelerinin toplam büyüklüğü yaklaşık 374,7 milyar TL olup, bu yatırımların %83'ü tamamlanmış durumdadır. Önümüzdeki dönemde KÖİ modeli kapsamında 63,7 milyar TL tutarında yeni demiryolu yatırımının gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Türkiye'nin demiryolu altyapısına yönelik yatırımları yalnızca ulusal bütçe ve KÖİ modelleriyle sınırlı kalmayıp, uluslararası finansman kuruluşları ve hibe programları aracılığıyla da desteklenmektedir. Özellikle Avrupa Birliği (AB) mali yardım mekanizmaları ve uluslararası kalkınma bankalarının finansal enstrümanları, Türkiye'nin demiryolu hamlesine stratejik katkılar sunmaktadır.

Bu kapsamda, Halkalı-Kapıkule Hızlı Tren Projesi için AB Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA) kapsamında 275 milyon avro tutarında hibe sağlanmış ve projenin toplam maliyetinin yaklaşık %85'i Avrupa Birliği tarafından karşılanmıştır. Projenin Ispartakule-Çerkezköy kesiminin inşası ise, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) ile Asya Altyapı Yatırım Bankası (AIIB) tarafından sağlanan toplam 300 milyon avroluk kredi ile finanse edilmektedir. Bu finansman, söz konusu hatların Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı (TEN-T) ile entegrasyonunu desteklemenin yanı sıra, projelerin çevresel sürdürülebilirlik (yeşil ulaşım) hedeflerine uygunluğunu da teyit etmektedir.

Benzer şekilde, Samsun-Kalın Demiryolu Hattı'nın modernizasyonu için 240 milyon avro tutarında AB hibesi sağlanmış; proje maliyetinin %85'i hibe ile finanse edilmiştir. Ayrıca, Dünya Bankası, Türkiye Demiryolu Lojistiğini Geliştirme Projesi gibi programlar kapsamında teknik danışmanlık ve finansal destek sağlayarak demiryolu taşımacılığı sektörünün kurumsal kapasitesinin artırılmasına katkıda bulunmuştur.

Demiryolu yatırımları, yalnızca ulaştırma sektöründe değil, makroekonomik göstergeler, istihdam, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi alanlarda da çok yönlü etkiler yaratmaktadır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerine göre, 2003 yılından itibaren ulaştırma altyapısına yapılan yatırımların, doğrudan ve dolaylı olarak yıllık ortalama 700 bin kişiye istihdam sağladığı belirtilmektedir.

Bu yatırımların aynı zamanda ekonomik verimlilik açısından önemli kazanımlar sağladığı görülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre, tüm ulaştırma modlarında gerçekleştirilen iyileştirmeler neticesinde sadece 2019 yılı içerisinde Türkiye ekonomisine yaklaşık 13,4 milyar ABD doları tutarında tasarruf sağlanmıştır. Demiryolu sektörü özelinde ise yüksek hızlı tren hatları ve kent içi raylı sistemlerin hizmete alınmasıyla yıllık yaklaşık 10,3 milyon ABD doları tutarında karbon emisyonu azaltımı sağlanarak çevresel performansa olumlu katkı sunulmuştur.

Demiryolu yatırımları, yalnızca ulaştırma sektörünü değil; aynı zamanda ticaret, lojistik ve bölgesel kalkınma dinamiklerini de doğrudan etkilemiştir. Pandemi süreci, uluslararası tedarik zincirlerinin kırılganlığını ortaya koyarken, demiryolu taşımacılığı özellikle orta mesafeli yük taşımalarında güvenilir ve sürdürülebilir bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Bu bağlamda, TCDD tarafından taşınan yük miktarı, 2020 yılında 34,5 milyon ton iken, 2021 yılı sonunda 38 milyon tona yükselmiştir. Özellikle Bakü-Tiflis-Kars (BTK) hattı üzerinden gerçekleştirilen uluslararası taşımacılar, bir önceki yıla göre %91 artış kaydederek Orta Koridor'un etkinliğini pekiştirmiştir.

Ayrıca, lojistik merkezlerin faaliyete geçmesiyle, iç ve dış ticaret ürünlerinin demiryolu ile taşınan hacminde önemli artışlar gözlemlenmiştir. Örneğin, Konya (Kayacık), Kars ve Mersin (Yenice) Lojistik Merkezleri'nin hizmete girmesiyle, söz konusu bölgelerde tarım, gıda ve sanayi ürünlerinin daha ekonomik, güvenli ve zamanında taşınması mümkün hale gelmiştir. Bu merkezler, üretici ve ihracatçılara karayoluna kıyasla daha düşük maliyetli ve çevre dostu bir taşıma altyapısı sunmaktadır.

Yolcu taşımacılığı alanında ise, yüksek hızlı tren (YHT) projeleri şehirlerarası ulaşımın zaman maliyetlerini azaltarak hem iş dünyası hem de turizm sektörü açısından verimlilik artışı sağlamıştır. Özellikle Ankara-İstanbul, Ankara-Konya ve Ankara-Sivas hatlarında hizmet veren YHT seferleri, büyükşehirler arası erişimi kolaylaştırarak iş seyahatlerinin daha sık ve planlı biçimde gerçekleştirilmesine olanak tanımış; aynı zamanda



turizm hareketliliğini desteklemiştir. Bu süreçte, büyükşehirlerde yoğunlaşan ekonomik aktivitenin çevre illere yayılması da gözlemlenmiş ve bölgesel kalkınma açısından olumlu dışsallıklar oluşmuştur.

2020-2025 döneminde hayata geçirilen demiryolu projeleri, büyük ölçekli bir kamu yatırım seferberliği çerçevesinde yürütülmüş ve ekonomik geri dönüşleri kısa sürede kendini göstermeye başlamıştır. Demiryolu taşımacılığı, karayolu ve havayoluna kıyasla daha düşük uzun vadeli işletme maliyetleri, daha az çevresel etki, trafik güvenliği açısından avantajlar ve enerji verimliliği gibi unsurlar nedeniyle sürdürülebilir kalkınma hedeflerine doğrudan katkı sunan bir ulaşım modudur.

#### **2.1.5.2. Şehir Bazlı Önemli Demiryolu Projeleri (İstanbul, Ankara, İzmir)**

Türkiye'nin demiryolu stratejisinde büyükşehirler, hem şehirlerarası ulaştırma bağlantılarının güçlendirilmesi hem de kent içi raylı sistem altyapısının yaygınlaştırılması açısından odak noktası haline gelmiştir. Özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi yüksek nüfus yoğunluğuna sahip metropoller, hem ekonomik hem de mekânsal erişilebilirlik açısından öncelikli yatırım alanları olarak öne çıkmaktadır. Aşağıda, İstanbul, Ankara ve İzmir başta olmak üzere çeşitli büyükşehirlerde yürütülen şehir bazlı demiryolu projelerine dair temel gelişmeler incelenmektedir:

##### **İstanbul:**

Türkiye'nin en büyük metropolü olan İstanbul, 2020'li yıllarda hayata geçirilen büyük ölçekli demiryolu projeleri ile ülkenin ve bölgenin önemli bir ulaşım düğüm noktası hâline gelmiştir. 2019 yılında tamamlanan Marmaray Projesi ile İstanbul'un Avrupa ve Asya yakaları, 77 kilometrelik kesintisiz banliyö hattı aracılığıyla birbirine entegre edilmiştir. Bu hat, yalnızca şehir içi toplu taşımada önemli bir dönüşüm yaratmakla kalmamış, aynı zamanda Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattının Avrupa yakasında Halkalı Garı'na kadar uzanmasına olanak tanıyarak şehirlerarası demiryolu taşımacılığına da doğrudan katkı sunmuştur. Marmaray hattı, 2021 yılı itibarıyla yıllık 150 milyon yolcu taşıma kapasitesine ulaşarak dünyanın en yoğun banliyö hatlarından biri olmuştur.

İstanbul'un uluslararası demiryolu bağlantılarını güçlendiren en önemli projelerden biri, Halkalı-Kapıkule Hızlı Tren Projesi'dir. Avrupa Birliği eş finansmanı ile yürütülen bu yüksek standartlı demiryolu hattı, İstanbul'un Halkalı ilçesinden başlayarak Edirne sınır kapısına kadar uzanmakta ve Bulgaristan üzerinden Avrupa demiryolu ağına kesintisiz erişim sağlamayı hedeflemektedir. Proje tamamlandığında, yolcu seyahat süresi yaklaşık 1 saat 20 dakikaya düşecek, yük taşımacılığı da bu hat üzerinden Avrupa ile bütünsel hâle gelecektir. Hattın Çerkezköy-Kapıkule kesimindeki yapım çalışmaları hızla devam etmekte olup 2024 yılı içinde tamamlanması öngörülmektedir.

Öte yandan, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından İstanbul içerisinde sürdürülen şehir içi raylı sistem yatırımları da dikkat çekicidir. Yeni İstanbul Havalimanı'na erişimi sağlamak amacıyla planlanan Gayrettepe-İstanbul Havalimanı metro hattı tamamlanma aşamasına gelirken, kuzey aksında Gebze-Yavuz Sultan Selim Köprüsü-İstanbul Havalimanı-Halkalı/Çatalca güzergâhında bir hızlı tren ring hattının geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Bu hat, üçüncü Boğaz Köprüsü üzerinde ayrılmış demiryolu kapasitesi kullanılarak iki kıta arasında YHT ve banliyö entegrasyonu sağlayacaktır. Söz konusu proje için etüt ve fizibilite çalışmaları tamamlanmış olup, yatırım programına alınması beklenmektedir.

Ayrıca İstanbul'da mevcut demiryolu koridorlarının kapasite artırımı ve modernizasyonu da öncelikli yatırım alanları arasındadır. İstanbul-Ankara ana hattının İstanbul yaklaşımda, özellikle Halkalı-Çerkezköy kesiminde ilave hat inşası planlanmakta; İstanbul-Kapıkule hattında ise Çorlu ve çevresindeki altyapı iyileştirmeleri gündemdedir. Tüm bu projeler, İstanbul'un kentsel ulaşım yükünü hafifletmekle kalmayıp aynı zamanda Türkiye'nin Avrupa'ya açılan stratejik geçidi olma özelliğini daha da güçlendirmektedir.

##### **Ankara:**

Türkiye'nin başkenti Ankara, demiryolu ulaşım sisteminde coğrafi ve işlevsel olarak merkezî bir konumda yer almakta olup, özellikle yüksek hızlı tren (YHT) hatlarının birleşim noktası niteliğindedir. 2020-2025 döneminde, başkent merkezli YHT ağına doğu ve batı yönlerinde genişletilmesine yönelik iki önemli projede kritik aşamalar kaydedilmiştir.

Bunlardan ilki olan Ankara-Sivas YHT Hattı, 2023 yılında işletmeye alınmış ve Ankara'dan hareket eden bir yolcunun, Yozgat güzergâhı üzerinden yaklaşık 2 saat içerisinde Sivas'a ulaşabilmesine imkân tanımıştır. Bu hat, daha önce devreye alınan Ankara-İstanbul ve Ankara-Konya YHT hatlarının ardından Türkiye'nin

üçüncü faal yüksek hızlı tren hattı olmuştur. Proje, başkentin doğu yönündeki demiryolu erişimini güçlendirerek İç Anadolu'nun doğu kesimleri ile Orta Karadeniz bölgelerinin Ankara'ya entegrasyonunu hızlandırmıştır.

İkinci büyük ölçekli proje olan Ankara-İzmir YHT Hattı, başkentin Ege Bölgesi ile olan bağlantısını ciddi ölçüde kısaltmayı amaçlamaktadır. Hattın tamamlanmasıyla birlikte, Ankara'dan yola çıkan bir trenin Afyonkarahisar ve Uşak üzerinden yaklaşık 3,5 saatte İzmir'e ulaşması hedeflenmektedir. Bu bağlantı, Ankara ile İzmir arasında ticaret, turizm ve sosyal etkileşimi artıracak; ayrıca Ege Bölgesi'nin demiryolu ile entegre ulaşım yapısına önemli katkı sağlayacaktır.

Ankara içindeki kentsel demiryolu altyapısında da dikkate değer gelişmeler yaşanmaktadır. BaşkentRay Projesi kapsamında, Ankara'nın mevcut banliyö sistemi 2018 yılında kapsamlı bir modernizasyondan geçirilmiş; Sincan-Kayaş arasındaki demiryolu hattı ve istasyonlar yenilenerek hizmete açılmıştır. Bu sistem, 2021 yılında yaklaşık 13,5 milyon yolcu taşıma hedefiyle faaliyet göstermiştir. BaşkentRay, Ankara YHT Garı ile doğrudan entegre bir yapıya sahiptir ve şehir içi banliyö taşımacılığı ile yüksek hızlı tren seferleri arasında kesintisiz bağlantı sunarak çok modlu ulaşım sistemine katkı sağlamaktadır. 2016 yılında kamu-özel iş birliği (KÖİ) modeliyle hizmete alınan Ankara YHT Garı, halen modern bir ulaşım merkezi olarak YHT yolcularına hizmet vermektedir.

Ayrıca, Ankara Ulaşım Ana Planı çerçevesinde kentsel raylı sistem uzunluğunun artırılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda 2022 yılında AKM-Kızılay metro hattı tamamlanmış; Mamak ve Esenboğa Havalimanı hatları ise proje aşamasına getirilmiştir. Bu yatırımlar, başkentin toplu ulaşım entegrasyonunu güçlendirirken, şehirlerarası demiryolu sistemleriyle etkileşimli, çok modlu bir ulaşım ağı oluşturma stratejisinin önemli bileşenleri arasında yer almaktadır.

#### **İzmir:**

Türkiye'nin üçüncü büyük metropolü olan İzmir, 2020'li yıllarda Ege Bölgesi'nin demiryolu odaklı ulaşım ve lojistik yatırımlarında merkezi bir konuma yükselmiştir. Bu dönemde, İzmir'in Anadolu iç bölgeleriyle entegrasyonunu sağlayacak olan Ankara-İzmir Yüksek Hızlı Tren (YHT) Hattı başlıca altyapı projelerinden biri olarak inşa sürecine girmiştir. Söz konusu proje, İzmir'in demiryolu erişilebilirliğini stratejik düzeyde artırmanın yanı sıra bölgesel ticaret ve turizm hareketliliğine ivme kazandıracaktır.

İzmir'i Manisa, Afyonkarahisar ve Uşak güzergâhları üzerinden Ankara'ya bağlayan mevcut konvansiyonel demiryolu koridorunun modernizasyonu da yatırım gündeminde yer almaktadır. Bu çerçevede, özellikle Alsancak Limanı ile Aliağa-Nemrut Körfezi sanayi ve liman bölgesi arasındaki demiryolu entegrasyonunu sağlayacak projelere öncelik verilmektedir. Bu hatlar, yük taşımacılığı kapasitesinin artırılması ve liman-hinterland bağlantılarının güçlendirilmesi açısından kritik rol oynamaktadır.

Kent içi toplu taşıma alanında, İZBAN banliyö sistemi İzmir metropoliten alanında etkili biçimde işletilmeye devam etmektedir. Güneyde Selçuk, kuzeyde ise Aliağa'ya kadar uzanan İZBAN hattının kuzeye doğru Bergama yönünde ~50 km'lik yeni bir kesimle genişletilmesi planlanmaktadır. Aliağa-Bergama hattının 2025 yılı itibarıyla inşasına henüz başlanmamış olmakla birlikte, proje etüt ve planlama aşamaları tamamlanmış olup ihaleye hazır durumdadır. Bu hat tamamlandığında, Bergama antik kentini kapsayan İzmir'in kuzey aksı raylı sistemle entegre edilecek, böylece İZBAN ağı İzmir genelinde daha geniş bir yolcu kitlesine hizmet verecektir.

İzmir'in lojistik altyapısını güçlendirmeye yönelik demiryolu projeleri de önem arz etmektedir. Özellikle Alsancak Limanı ile hinterlandaki Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi (OSB) arasında planlanan demiryolu bağlantısı, yük akışlarını hızlandırmayı ve kara yolu trafiğini azaltmayı hedeflemektedir. Benzer şekilde, Aliağa-Çandarlı arasında inşa edilmesi planlanan hat, Çandarlı Kuzey Ege Limanı'na demiryolu erişimi sağlayarak limanın potansiyelini artıracaktır. Bu projeler tamamlandığında, İzmir limanlarına ulaşan ithalat ve ihracat yükleri doğrudan demiryolu ile iç bölgelere veya sanayi merkezlerine aktarılabilir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın desteğiyle, İzmir'de sürdürülen kentsel raylı sistem yatırımları da dikkat çekmektedir. Özellikle Buca metrosu projesine uluslararası finansman (ör. EBRD aracılığıyla) sağlanmış; İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin yürüttüğü metro ve tramvay projeleriyle birlikte kent genelinde entegre bir toplu taşıma altyapısı oluşturulmaktadır.

Sonuç olarak, İzmir'de yürütülen demiryolu projeleri yalnızca şehir içi ulaşımı modernize etmekle kalmamakta; aynı zamanda bölgesel düzeyde lojistik maliyetlerin düşürülmesi, dış ticaretin desteklenmesi ve sürdürülebilir ulaşımın teşviki açısından da stratejik katkılar sunmaktadır. İzmir'in Ankara'ya doğrudan hızlı tren bağlantısının tesis edilmesi ve Bandırma-Bursa hattı üzerinden İstanbul ile dolaylı entegrasyonun sağlanması, kentin ulusal demiryolu ağındaki önemini daha da pekiştirecektir.

### 2.1.5.3. Demiryolu Projelerinin Ulaştırma ve Lojistik Stratejileriyle İlişkisi

Demiryolu yatırımları, Türkiye'nin uzun vadeli ulaştırma ve lojistik politikalarının temel yapı taşlarından biri olarak konumlandırılmaktadır. Son dönemde yayımlanan strateji belgeleri – özellikle Ulaştırma 2023 Hedefleri ve Ulaştırma 2053 Vizyonu – kapsamında demiryolları, sürdürülebilir, entegre ve çevre dostu bir ulaşım sisteminin inşasında öncelikli yatırım alanı olarak tanımlanmıştır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, "Türkiye'yi entegre ulaşım sistemleriyle donatılmış, çevre ve insan odaklı küresel bir lojistik süper güç" haline getirme vizyonunu ortaya koymuş; bu hedef doğrultusunda demiryollarını stratejik bir araç olarak konumlandırmıştır.

Yurt içi stratejik hedefler çerçevesinde, demiryolunun yolcu taşımacılığındaki modal payının artırılması hedeflenmektedir. 2023 yılı itibarıyla yolcu taşımacılığı içindeki demiryolu payının %1,3'ten %5 seviyesine çıkarılması planlanmıştır. Benzer şekilde, yük taşımacılığında demiryolunun rolünü artırmak amacıyla lojistik merkezlerin yaygınlaştırılması, intermodal taşımacılık çözümlerinin geliştirilmesi ve yük koridorlarının güçlendirilmesi gibi yapısal adımlar atılmaktadır. Bu doğrultuda, karayolu taşımacılığına olan bağımlılığın azaltılması ve özellikle uzun mesafeli yüklerin demiryolu ve denizyoluna yönlendirilmesi, hem ekonomik verimlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri kapsamında teşvik edilmektedir. Türkiye'nin 2053 yılına yönelik net sıfır emisyon hedefi ile uyumlu olarak, demiryolu yatırımları aynı zamanda iklim politikalarının temel taşıyıcılarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Jeostratejik konum avantajını değerlendiren Türkiye, Avrasya lojistik merkezinde lider ülke olma vizyonuyla transit taşımacılıkta merkez ülke olma hedefini sürdürmektedir. Bu kapsamda, Çin ile Avrupa arasındaki ticaret akışını sağlayan Orta Koridor (Trans-Hazar Uluslararası Taşımacılık Güzergâhı) inisiyatifinde kilit aktör haline gelmiştir. Özellikle Bakü-Tiflis-Kars (BTK) demiryolu hattının devreye alınmasıyla birlikte, Türkiye bu uluslararası güzergâhta doğrudan söz sahibi olmuştur. Bu gelişme neticesinde, Çin'den Avrupa'ya yönelen ilk transit yük treni Kasım 2019'da Marmaray üzerinden Türkiye'yi geçerek Avrupa'ya ulaşmış; Aralık 2020'de ise Türkiye'den Çin'e ilk ihracat treni gönderilmiştir.

Orta Koridor'un işlerlik kazanması, küresel demiryolu yük taşımacılığında Rusya üzerinden geçen Kuzey Koridoru'na alternatif bir güzergâh sunmuş; Türkiye'nin uluslararası demiryolu lojistik zincirindeki stratejik pozisyonunu güçlendirmiştir. Marmaray gibi projeler sayesinde, Asya ile Avrupa arasında kesintisiz demiryolu taşımacılığı mümkün hale gelmiş ve Türkiye, bu bağlamda bölgesel lojistik entegrasyonun anahtar ülkesi konumuna yükselmiştir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerine göre Türkiye, dört saatlik uçuş mesafesi içerisinde yaklaşık 1,5 milyar kişilik nüfusu ve toplamda 51 trilyon ABD doları gayrisafi yurt içi hasılaya (GSYH) sahip 67 ülkenin merkezinde yer almaktadır. Bu jeostratejik konum, Türkiye'nin ulaştırma ve lojistik politikalarının şekillendirilmesinde temel belirleyici unsur olarak kabul edilmektedir. Demiryolu projeleri ise bu stratejik çerçevenin önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır.

Bu kapsamda, Avrupa Birliği ile ulaştırma entegrasyonunu derinleştirmeyi hedefleyen Halkalı-Kapıkule Yüksek Standartlı Demiryolu Hattı, Türkiye'yi Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı'na (TEN-T) entegre etmeyi amaçlayan en kritik projelerden biridir. Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) tarafından finanse edilen bu hat, hem ticaret hacmini artırmayı hem de çevresel sürdürülebilirliği güçlendirmeyi hedeflemektedir. EBRD, bu projeye sağladığı finansmanın Türkiye'nin AB ile ekonomik entegrasyonunu güçlendireceğini ve düşük karbonlu taşımacılığa geçiş sürecine katkı sağlayacağını belirtmiştir.

Bunun yanında, Türkiye'nin Orta Doğu ile bağlantılarını artırmak amacıyla geliştirilen Kalkınma Yolu Projesi, Basra Körfezi-Türkiye-Avrupa ekseninde yeni bir demiryolu lojistik koridorunun tesis edilmesini öngörmektedir. Proje kapsamında Irak ile Türkiye arasında kurulması planlanan demiryolu bağlantısı sayesinde, Ortadoğu ve Asya pazarları ile Avrupa arasındaki yük akışında Türkiye'nin ana transit ülke rolünün pekişmesi hedeflenmektedir.

Türkiye'de demiryolu projeleri, karayolu, havayolu ve denizyolu yatırımlarıyla bütüncül şekilde koordine edilmekte ve modlar arası entegrasyonu esas alan bir ulaşım sistemi geliştirilmektedir. Bu kapsamda;

- Liman bağlantılı demiryolu hatları (örneğin Tekirdağ, Mersin, İskenderun),
- Havalimanı erişim hatları (İstanbul Havalimanı, Çukurova Havalimanı),
- ve karayolu-demiryolu aktarma merkezleri oluşturulmaktadır.

2020 yılında yayımlanan Ulaştırma Stratejik Programı'nda, demiryolu taşımacılığında konteyner taşımalarının artırılmasına yönelik intermodal terminalerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, özel

sektör tarafından işletilen ilk özel yük terminali olan Railport-Köseköy, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası'nın desteğiyle hayata geçirilmiştir.

Türkiye'nin Lojistik Master Planı doğrultusunda, ülke genelinde 25 adet lojistik merkezin kurulması ve bu merkezlerin ana demiryolu koridorlarına entegre edilmesi öngörülmüştür. 2025 yılı itibarıyla bu merkezlerin büyük bir kısmı faaliyete geçmiş durumdadır. Faaliyette olan merkezler arasında Halkalı, Köseköy, Gelemen (Samsun), Gökköy (Balıkesir), Uşak, Yenice (Mersin), Kars, Konya Kayaçık gibi önemli lojistik üsler yer almaktadır. Bu merkezler, karayolu, demiryolu ve denizyolu modlarının entegrasyonunu sağlayan, aynı zamanda gümrükleme, aktarma ve depolama hizmetlerinin verildiği çok modlu yapılar olarak, Türkiye'nin bölgesel lojistik merkez olma vizyonunun temel altyapısını oluşturmaktadır.

2018 yılında yayımlanan 11. Kalkınma Planı (2019–2023) ile Ulaştırma ve Lojistik Master Planı, Türkiye'nin demiryolu politikaları açısından net ve ölçülebilir hedefler ortaya koymuştur. Bu belgelerde 2023 yılı için öngörülen temel hedeflerden biri, demiryolu ağı uzunluğunun 16.675 kilometreye çıkarılması olmuştur. Bu hedefe bütünüyle ulaşılacakla birlikte, 2023 yılı itibarıyla hizmete alınan yeni hatlarla birlikte toplam demiryolu ağı uzunluğu yaklaşık 13.500 km düzeyine ulaşmıştır.

Bununla birlikte, Ulaştırma 2053 Vizyonu kapsamında Türkiye, demiryolu altyapısını daha da ileri taşımayı hedeflemektedir. Bu vizyonda, toplam demiryolu uzunluğunun 28.590 km'ye çıkarılması planlanmaktadır; bu uzunluğun 12.000 kilometresi yüksek hızlı tren (YHT) hatları olacaktır. Bu hedef, önümüzdeki 30 yıllık süreçte sürekli, yüksek bütçeli ve disiplinli bir yatırım programını zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda Türkiye, ulaştırma yatırımlarında demiryolu merkezli bir paradigma değişikliğine gitmiş; geleneksel olarak karayollarına ayrılan büyük kamu kaynaklarının önemli bir kısmını demiryolu projelerine yönlendirmiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu tarafından 2024 yılında yapılan açıklamaya göre, ulaştırma yatırım portföyü içerisinde demiryolu projelerinin payı %55'e ulaşmış, bu oranın 2025 yılı yatırım teklifinde daha da artması beklenmektedir. Bu durum, demiryolunun Türkiye'nin ulaştırma ve lojistik sistemleri içerisinde stratejik öncelikli sektör olarak yeniden konumlandığını göstermektedir.

Özetle, 2020–2025 döneminde uygulamaya konulan demiryolu projeleri, Türkiye'nin hem ulusal hem de uluslararası düzeydeki ulaştırma stratejilerinin somut tezahürüdür.

- Orta Koridor gibi uluslararası demiryolu girişimlerinde aktif şekilde yer alınması,
- doğu-batı ve kuzey-güney yönlü demiryolu omurgalarının güçlendirilmesi,
- ve lojistik üs olma vizyonuna uygun intermodal altyapının geliştirilmesi,

bu dönemde yürürlüğe giren projelerin temel stratejik eksenlerini oluşturmaktadır. Demiryolu yatırımları, Türkiye'nin 21. yüzyılda sürdürülebilir, entegre ve rekabetçi bir ulaştırma sistemi kurma vizyonunun temel taşıdır.

#### 2.1.5.4. Demiryolu Projelerin Çevresel ve Sosyal Etkileri ve Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi

Demiryolu projeleri, yalnızca ekonomik ve stratejik açılarından değil; aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal fayda açısından da kritik öneme sahiptir. 2020–2025 döneminde Türkiye genelinde gerçekleştirilen demiryolu yatırımları, ülkenin daha dengeli ve çevre dostu bir kalkınma modeline geçiş sürecine önemli katkılar sunmuştur.

Karayolu taşımacılığına kıyasla çok daha düşük sera gazı emisyonuna sahip olan demiryolu ulaşımı, özellikle elektrikli hatların yaygınlaştırılmasıyla çevresel etkilerini minimize eden bir taşıma modu olarak öne çıkmaktadır. Elektrikli trenler, eşdeğer yolcu veya yük taşımacılığı için dizel karayolu araçlarına kıyasla %60–80 oranında daha düşük karbon salımı gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda Türkiye'nin hızlı tren hatlarına ve elektrifikasyon projelerine yaptığı yatırımlar, ülkenin toplam sera gazı emisyonlarının azaltılmasında doğrudan etkili olmuştur.

Özellikle Asya ile Avrupa arasında kesintisiz demiryolu geçişi sağlayan Marmaray Projesi, çevresel kazanımlar açısından öne çıkan örneklerden biridir. 2013 yılında işletmeye alınan bu hat sayesinde bugüne kadar yaklaşık 62 milyon ton karbon emisyonu azaltımı sağlandığı bildirilmiştir. Bu değer, yüz milyonlarca araç-kilometre karayolu trafiğinin yerini demiryolunun almasıyla elde edilen çevresel faydayı yansıtmaktadır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, bu tür projelerin karbon emisyonu tasarruflarını uluslararası karbon kredi sistemlerine entegre ederek ekonomik faydaya dönüştürmeyi planlamaktadır.

Yüksek Hızlı Tren (YHT) sistemlerinin devreye alınması, şehirlerarası yolculuklarda karayolu ve havayolu alternatiflerine kıyasla daha düşük karbon ayak izi sunan bir seçenek oluşturmuştur. Bakanlık verilerine göre, hızlı tren ve kent içi raylı sistem yatırımları sayesinde yıllık 10,3 milyon ABD doları tutarında CO<sub>2</sub> emisyon

tasarrufu sağlanmaktadır. Bu tasarruf; hava kirliliği, fosil yakıt tüketimi ve trafik kaynaklı çevresel bozulmaların önlenmesine doğrudan katkı sunmaktadır. Ayrıca büyükşehirlerde yaygınlaştırılan metro, tramvay ve banliyö hatları; trafik sıklığını azaltmakta ve kent içi hava kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Elektrifikasyon çalışmaları, Türkiye'nin ulaşım sektöründe emisyon yoğunluğunu azaltma hedefi doğrultusunda kritik öneme sahiptir. 2020'li yıllarda tamamlanan çok sayıda elektrifikasyon projesiyle birlikte, dizel lokomotiflerin işletildiği hat uzunluğu giderek azalmış, yerini sıfır emisyonlu elektrikli tren işletmeciliğine bırakmıştır. Orta ve uzun vadede, demiryollarında kullanılan elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması ile birlikte demiryolu taşımacılığı karbon nötr bir ulaşım modu haline gelebilecektir.

Türkiye'nin 2053 yılı net-sıfır emisyon hedefi doğrultusunda, yük taşımacılığında demiryolunun payının artırılması yönündeki politikalar da önem kazanmaktadır. Zira demiryolu, ton-km başına karbon salımı açısından en düşük değere sahip kara ulaşım modudur. Bu kapsamda Bakü-Tiflis-Kars gibi uluslararası hatların ve yeni inşa edilen yüksek hızlı tren güzergâhlarının yük taşımacılığına entegre edilmesi, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da stratejik bir adımdır.

Tüm büyük ölçekli projelerde, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) süreçleri titizlikle yürütülmüş ve güzergâh planlamasında, mevcut doğal ekosistemlere müdahale düzeyinin asgari seviyede tutulması hedeflenmiştir. Özellikle yüksek hızlı tren (YHT) hatlarının güzergâhları, mevcut karayolu ve demiryolu koridorlarına paralel biçimde tasarlanarak yeni doğal alanların kesintiye uğraması sınırlandırılmıştır. Ekosistem bütünlüğünü korumak amacıyla zorunlu geçiş noktalarında uzun tüneller ve viyadükler kullanılarak topografya ile uyumlu çözümler geliştirilmiştir. Örneğin, Ankara-Sivas YHT Projesi kapsamında, Delice-Kırıkkale ve Sivas çevresindeki dağlık alanlarda inşa edilen uzun tüneller sayesinde doğal alanlardaki tahribat minimum düzeyde tutulmuştur.

Gürültü kirliliğiyle mücadele kapsamında, yerleşim alanlarına yakın demiryolu kesimlerinde akustik bariyerler inşa edilmekte; ayrıca yeni nesil tren setlerinde gelişmiş ses yalıtım teknolojileri kullanılmaktadır. İnşaat sürecinde oluşabilecek toz, atık ve titreşim kaynaklı çevresel etkiler, proje bazlı çevre yönetim planları çerçevesinde denetlenmekte ve minimize edilmektedir.

Bununla birlikte, demiryolu projeleri toplumsal düzeyde çok sayıda pozitif dışsalık üretmektedir. Yüksek hızlı tren sistemleri, şehirlerarası ulaşım sürelerini önemli ölçüde kısaltarak bireylerin yaşam kalitesine doğrudan katkı sunmakta; ulaşım da zaman, konfor ve güvenlik gibi kriterlerde iyileşme sağlamaktadır. Örneğin, geçmişte Ankara-Sivas arasında 12 saati bulan seyahat süresi, YHT sayesinde yaklaşık 2 saate inmiş; bu da bireylerin iş, eğitim, sosyal ve turistik amaçlarla şehirlerarası etkileşimini önemli ölçüde artırmıştır.

Bu gelişmeler, yalnızca bireysel fayda değil, bölgesel kalkınma dinamikleri açısından da anlamlı sonuçlar doğurmaktadır. Hızlı tren hatlarının geçtiği orta büyüklükteki kent merkezlerinde ekonomik canlanma gözlemlenmektedir. Örneğin, Yozgat ve Sivas illerine YHT erişiminin sağlanmasıyla birlikte, bu şehirlerde lojistik, hizmet ve turizm sektörlerinde yeni yatırım fırsatları doğmuştur. Nitekim, Sivas'ta yeni YHT garının çevresinde otelcilik, yeme-içme ve ulaşım hizmetlerine yönelik yatırımların artış eğilimi göstermesi, demiryolu yatırımlarının çarpan etkisini ortaya koymaktadır.

Ayrıca, hızlı tren hatlarının sağladığı erişilebilirlik artışı, bölgesel eşitsizliklerin azaltılması ve iç göçün dengelenmesi açısından da stratejik bir rol oynamaktadır. Metropollere erişimi kolaylaşan Anadolu şehirleri, yatırım çeken merkezler haline gelerek demografik dengenin yeniden tesisine katkı sunabilmektedir. Bu yönüyle demiryolu yatırımları, sadece ulaşım altyapısının geliştirilmesi değil, aynı zamanda sürdürülebilir bölgesel kalkınma politikalarının bir aracı olarak da değerlendirilmektedir.

Demiryolu yatırımları, yalnızca ulaşım altyapısının geliştirilmesine katkı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda yüksek nitelikli istihdam olanakları yaratarak önemli sosyoekonomik çıktılar da üretmektedir. Raylı sistem projeleri kapsamında binlerce mühendis, teknisyen ve vasıflı iş gücü istihdam edilmekte; bu durum tedarik zinciri, bakım-onarım hizmetleri ve ilgili yan sektörlerde geniş bir istihdam çarpan etkisi oluşturmaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerine göre, ulaştırma yatırımları doğrudan ve dolaylı olarak yılda 700 bini aşkın kişiye istihdam sağlamaktadır. Bu çerçevede, yerli raylı sistem üretiminin teşvikiyle birlikte Türkiye'de demiryolu sanayisinin millileşme süreci ivme kazanmıştır. Sakarya'da bulunan TÜVASAŞ tesislerinde millî elektrikli tren setlerinin prototipleri üretilmiş; Eskişehir'deki TUSAŞ Motor Sanayii bünyesinde demiryolu dizel motorları geliştirilmiştir. Ayrıca Konya'daki yük vagonu üretim tesisleri ve TCDD Çankırı Makas Fabrikası'nın kapasite artışları, yerli üretim ekosisteminin güçlenmesine katkı sunmuştur. Bu gelişmeler, uzun vadede Türkiye'nin demiryolu teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltarak sürdürülebilir sanayi politikalarına hizmet etmektedir.



Demiryolu yatırımları, karayolu taşımacılığındaki yükü azaltarak trafik güvenliğine de dolaylı katkı sağlamaktadır. Hızlı tren hatlarının devreye alınmasıyla birlikte uzun mesafe yolculuklarda bireylerin otobüs yerine demiryolunu tercih etmesi, karayolu üzerindeki kaza risklerini azaltmakta; yük taşımacılığında trenlerin tercih edilmesi ise ağır vasıta trafiğinin azalmasına, dolayısıyla hem kaza oranlarının düşmesine hem de karayolu altyapısının bakım maliyetlerinin azaltılmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, hem kamu kaynaklarının daha etkin kullanımı hem de toplumun genel güvenliği açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Bununla birlikte, büyük ölçekli demiryolu projelerinin inşaat süreçleri, zaman zaman sosyal zorlukları da beraberinde getirmektedir. Güzergâh üzerinde yer alan tarım arazileri ve yapıların kamulaştırılması gerekmiş; bu süreçte hak sahiplerine yasal tazminatlar ödenmiş ve projeler, yerleşim yerlerinin sosyo-mekânsal bütünlüğünü bozmayacak şekilde yeniden tasarlanmıştır. Özellikle kent geçişlerinde hatların yer altına alınması veya şehir dışı güzergâhların tercih edilmesi bu kapsamda öne çıkan mühendislik çözümleridir. Ancak, bazı projelerde teknik zorluklar ve toplumsal itirazlar proje takviminde gecikmelere neden olmuştur. Örneğin Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren hattının devreye alınması birkaç kez ertelenmiş; 2021 yılındaki gecikmelerin bir kısmı güzergâh üzerindeki zemin stabilitesi sorunları ile yerel halkın güvenlik endişelerinin giderilmesi ihtiyacından kaynaklanmıştır. Nihayetinde, gerekli mühendislik önlemleri alınarak ve güvenli işletme koşulları sağlanarak hattın hizmete alınması mümkün olmuştur.

Türkiye'nin son yıllarda gerçekleştirdiği demiryolu projeleri, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) arasında yer alan "dayanıklı altyapının geliştirilmesi, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmenin desteklenmesi ve inovasyonun teşviki" ile "herkes için erişilebilir, güvenli, sürdürülebilir ve uygun fiyatlı ulaştırma sistemlerinin sağlanması" hedefleriyle doğrudan örtüşmektedir. Karbonsuz ulaşımın teşviki, enerji verimliliğinin artırılması ve toplumsal kapsayıcılığın sağlanması gibi alt hedefler, Türkiye'nin demiryolu politikalarının merkezinde yer almaktadır.

Bu kapsamda, engelsiz ulaşım yaklaşımı doğrultusunda inşa edilen tüm yeni gar yapıları ve tren setleri, engelli bireylerin erişimine uygun şekilde tasarlanmaktadır. Yüksek Hızlı Tren (YHT) setlerinde tekerlekli sandalye kullanıcıları için özel alanlar, görme engelli bireyler için Braille alfabesiyle hazırlanmış yönlendirme sistemleri ve işitme engelliler için görsel bilgilendirme ekranları gibi kapsayıcı çözümler uygulanmaktadır. Bu uygulamalar, demiryolu ulaşımının toplumun tüm kesimleri tarafından erişilebilir olmasını sağlayarak sosyal sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır.

Demiryolu projelerinin sosyal etkileri yalnızca erişilebilirlik ile sınırlı kalmamakta; aynı zamanda kültürel etkileşim ve iç turizmin gelişimi yoluyla da önemli kazanımlar sağlamaktadır. Demiryolu ağının turistik destinasyonlara erişimi kolaylaştırması, bölgesel kalkınma ve kültürel bağların güçlenmesi açısından stratejik bir rol üstlenmektedir. Örneğin, Kapadokya bölgesine erişimi kolaylaştıran Konya ve Kayseri YHT bağlantıları, Karadeniz'e yakın Samsun hattının modernizasyonu ve Doğu Ekspresi gibi hatların artan popülaritesi, yurt içi turizmin canlanmasına ve bölgesel ekonomik hareketliliğin artmasına neden olmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2020-2025 döneminde Türkiye'de hayata geçirilen demiryolu projeleri, çevresel boyutuyla düşük emisyonlu ve sürdürülebilir bir ulaşım altyapısı oluştururken; sosyal boyutuyla da güvenli, erişilebilir ve kapsayıcı bir mobilite imkânı sunmaktadır. Her ne kadar yüksek ilk yatırım maliyetleri gerektirse de, uzun vadede bu projeler hem ekonomik verimlilik hem de çevresel ve toplumsal fayda açısından önemli getiriler sağlamaktadır. Bu bağlamda demiryolu yatırımları, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma yolculuğunda stratejik bir araç olarak konumlanmakta; günümüz ihtiyaçlarına yanıt verirken gelecek kuşaklara daha yaşanabilir bir çevre bırakma hedefiyle de örtüşmektedir.

#### 2.1.5.5. Devam Eden Önemli Demiryolu Projeleri

2003-2025 döneminde Türkiye'nin demiryolu sektörü, kapsamlı altyapı yatırımları ve sistematik modernizasyon çalışmalarıyla önemli bir dönüşüm süreci geçirmiştir. Bu süreçte özellikle yüksek hızlı tren (YHT) projeleri, mevcut konvansiyonel hatların rehabilitasyonu ve demiryolu taşımacılığında operasyonel verimliliği artırmaya yönelik uygulamalar, ulaştırma politikasının temel bileşenleri olarak öne çıkmıştır.

Yüksek hızlı demiryolu yatırımları kapsamında, Ankara merkezli çekirdek ulaşım ağı stratejisi benimsenmiş; bu doğrultuda İstanbul-Ankara-Sivas, Ankara-Afyonkarahisar-İzmir ve Ankara-Konya hatları ana omurga olarak belirlenmiştir. Söz konusu hatlar, Türkiye'nin demografik ve ekonomik açıdan en yoğun kent merkezlerini birbirine bağlayarak ulusal düzeyde yüksek kapasiteli ve entegre bir demiryolu ağının oluşmasını hedeflemektedir. Bu strateji doğrultusunda, toplam 15 büyük ilin YHT hatlarıyla birbirine entegre edilmesi planlanmıştır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın projeksiyonlarına göre, 2028 yılına kadar toplam 3.092 kilometrelik hızlı tren hattının tamamlanması öngörülmektedir. Bu gelişmelerin sonucunda, Türkiye'nin toplam demiryolu ağ uzunluğunun 2028 yılında 17.011 kilometreye ulaşması, 2053 yılı itibarıyla ise bu uzunluğun 28.600 kilometreye çıkarılması hedeflenmektedir. Bu genişleme planı, sadece fiziki altyapı artışı değil, aynı zamanda demiryolunun toplu ulaşımında rekabet gücünü artırarak sürdürülebilir ve düşük karbonlu ulaşım sistemlerine geçişte kilit rol oynamasını da amaçlamaktadır.

#### 2.1.5.5.1. Ankara-İzmir Hızlı Tren Hattı

Ankara-İzmir Yüksek Hızlı Tren Hattı (YHT), Türkiye'nin batı aksındaki ulaşım altyapısını dönüştürmeyi hedefleyen stratejik bir projedir. Bu proje ile başkent Ankara ile ülkenin üçüncü büyük ili olan İzmir arasında yüksek hızlı, güvenli ve konforlu bir demiryolu bağlantısı kurulması amaçlanmaktadır. Proje tamamlandığında, Ankara-İzmir arası yaklaşık 3,5 saate inecek ve böylece karayolu ulaşımına güçlü bir alternatif oluşturulacaktır. Proje; sosyoekonomik entegrasyon, karbon emisyonunun azaltılması ve bölgesel kalkınmanın desteklenmesi bakımından büyük önem arz etmektedir.



Şekil 2.1 Ankara-İzmir Hızlı Tren Hattı

Ankara-İzmir YHT hattının toplam uzunluğu yaklaşık 508 kilometre olup hat, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilmektedir. Projede planlanan işletme hızı 250 km/sa olup, güzergâh boyunca minimum 3.500 metre eğri yarıçapı ve maksimum %1,6 eğim (16‰) dikkate alınmıştır. Hattın elektrifikasyonu 25 kV AC, 50 Hz katener sistemiyle sağlanacak olup, sinyalizasyon sistemleri ETCS (European Train Control System) Level 1/2 standardına uygun olarak tasarlanmıştır. Hat boyunca CTC (Merkezi Trafik Kontrol), interlocking sistemleri ve GSM-R telsiz altyapısı kurulacaktır.

Proje, Polatlı'dan başlayarak Afyonkarahisar, Uşak, Salihli, Manisa ve Menemen güzergâhı üzerinden İzmir'e ulaşacak şekilde üç ana etapta gerçekleştirilmektedir. Polatlı-Afyonkarahisar kesiminde altyapı çalışmaları büyük oranda tamamlanmış olup, yaklaşık %70 ilerleme kaydedilmiştir. Afyonkarahisar-Uşak kesiminde inşaat faaliyetleri devam etmekte, Uşak-İzmir arasındaki kesimde ise elektrifikasyon ve sinyalizasyon planlama aşamasındadır. Hattın tamamının 2027 yılına kadar işletmeye alınması hedeflenmektedir.

Altyapı kapsamında, güzergâh boyunca çok sayıda viyadük, tünel ve köprü inşa edilmektedir. Polatlı-Afyon arasında 11 tünel (toplam ~8 km) ve 16 viyadük (toplam ~6,3 km) yer almakta; ayrıca zemin geçitlerinin yerini alan alt ve üst geçitler sayesinde trafik güvenliği artırılmaktadır. Yapılar, deprem, sel ve iklimsel koşullara dayanıklı şekilde, modern mühendislik ilkelerine uygun olarak projelendirilmiştir. Hat boyunca çevresel etki analizleri gerçekleştirilmiş; yerleşim alanları yakınında ses bariyerleri ve toprak setlerle gürültü azaltımı sağlanacaktır.

Hat, hem teknik hem de çevresel sürdürülebilirlik kriterleri göz önüne alınarak geliştirilmektedir. Telekomünikasyon altyapısı olarak fiber optik tabanlı veri iletimi ve GSM-R sistemi uygulanacak; tünel içi aydınlatma, havalandırma ve güvenlik sistemleri de entegre edilecektir. Çift hatlı yapı sayesinde karşılıklı tren işletimi mümkün olacak ve kapasite maksimum düzeyde kullanılacaktır. Projede yolcu konforunu artırmak amacıyla yeni istasyon yapıları da inşa edilecektir.

Sonuç olarak Ankara-İzmir YHT hattı, Türkiye'nin batı aksındaki yüksek hızlı demiryolu ağına temel yapı taşlarından biridir. Bu hat sayesinde yıllık milyonlarca yolcunun karayolu ve havayolu yerine demiryolu tercihi etmesi sağlanarak trafik yükü azalacak, çevresel etkiler minimize edilecek ve ulaşımında zaman tasarrufu sağlanacaktır. Proje, Türkiye'nin sürdürülebilir ulaşım vizyonu doğrultusunda atılmış önemli bir adımdır.

#### 2.1.5.5.2. Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı

Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin güney koridorunda yer alan önemli metropoller yüksek standartlı demiryolu ağıyla birbirine bağlamayı hedefleyen, bölgesel kalkınmayı destekleyici nitelikte bir mega altyapı projesidir. Bu proje ile birlikte mevcut konvansiyonel hattın kapasitesi artırılacak, seyahat süresi ciddi oranda kısaltılacak ve hem yük hem de yolcu taşımacılığında hızlı, verimli ve sürdürülebilir bir ulaşım sağlanacaktır. Hattın tamamlanmasıyla birlikte Mersin-Gaziantep arası mesafe yaklaşık 48,5 kilometre kısalarak 361 kilometreden 312,5 kilometreye düşecek; bu da seyahat süresini 6 saat 23 dakikadan 2 saat 15 dakikaya indirecektir.

Proje kapsamında hattın tasarım hızı 200 km/sa olarak belirlenmiş olup, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli yapıyla çağdaş hızlı tren kriterlerine uygun olarak inşa edilmektedir. Hat, yılda yaklaşık 6,4 milyon yolcunun taşınmasına olanak sağlayacak şekilde projelendirilmiş; ayrıca yılda yaklaşık 100 milyon ton yük taşıma kapasitesine ulaşması hedeflenmiştir. Bu bağlamda hem şehir içi hem de şehirlerarası lojistik sistemlerin entegre edilmesi, bölgesel ekonomilerin rekabet gücünü artıracak nitelikte stratejik bir kazanım olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.2 Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı

Hattın altyapı tasarımında yeni tüneller, köprüler ve varyant güzergâhlar ile hem topoğrafik engellerin aşılması hem de seyir emniyetinin artırılması amaçlanmaktadır. Özellikle Nurdağ Tüneli ve Bahçe-Nurdağ varyantı gibi kritik yapılar sayesinde eğim ve kurp değerleri optimize edilerek tren işletmeciliği verimli hale getirilecektir. Bu kesimde inşa edilecek yeni tünel ve viyadükler, özellikle Fevzipaşa bölgesinin demiryolu açısından darboğaz niteliğini ortadan kaldıracaktır. Proje kapsamında ayrıca, bölgesel hava taşımacılığıyla entegrasyonu sağlamak amacıyla inşası devam eden Çukurova Havalimanı'na doğrudan erişim sağlayacak 10 kilometrelik bağlantı hattı da projeye entegre edilmiştir.

Sinyalizasyon sistemleri açısından proje, Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) çerçevesinde ETCS Level 1/2 teknolojisine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu sistemler, trenlerin merkezi kontrol altında yüksek güvenlik ve performansla işletilmesini mümkün kılacak olup; GSM-R tabanlı haberleşme altyapısı ile desteklenecektir. Elektrifikasyon ise 25 kV AC, 50 Hz katener sistemiyle sağlanacak ve enerji iletim sistemleri yüksek kapasiteli trafo merkezleriyle desteklenecektir.

Projenin hayata geçirilmesiyle Mersin, Adana, Osmaniye ve Gaziantep illeri arasındaki demiryolu ulaşımı modernize edilecek ve bu iller arası yolculuk süresi önemli ölçüde azalacaktır. Ayrıca İstanbul'dan Gaziantep'e yapılacak seyahatlerde süre 6 saate düşecek, bu da ülke genelinde ekonomik, kültürel ve sosyal etkileşimi artıracaktır. Proje, sadece ulaştırma alanında değil; turizm, sanayi, tarım ve hizmet sektörlerinin de gelişimine doğrudan katkı sağlayacak niteliktedir.



Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu'nun 2024 yılı Kasım ayında yaptığı açıklamaya göre, proje 2025 yılı yatırım programında yer almakta olup çalışmalar bu takvime paralel şekilde sürdürülmektedir. İlgili kamu kurumları ve yüklenici firmalar tarafından yürütülen saha uygulamaları, üstyapı ve elektromekanik işler dahil olmak üzere etaplar hâlinde ilerlemektedir. Projenin zamanında tamamlanması halinde, Türkiye'nin güney hattındaki ulaşım altyapısı bütüncül bir şekilde yeniden şekillenecek ve hızlı tren ağının Doğu Anadolu'ya entegrasyonu için de güçlü bir temel oluşturulacaktır.

#### 2.1.5.5.3. Bandırma-Bursa-Yenişehir-Osmaneli Hızlı Tren Hattı

Bandırma-Bursa-Yenişehir-Osmaneli Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde çok modlu ulaşım entegrasyonunu güçlendirmek ve sanayi-lojistik merkezlerini yüksek hızlı demiryolu ağına bağlamak amacıyla geliştirilen stratejik bir altyapı projesidir. Toplam uzunluğu yaklaşık 201 kilometre olan bu hat, Bandırma'dan başlayarak Bursa, Yenişehir ve Osmaneli üzerinden ilerleyerek Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren hattına bağlanacaktır. Bu güzergâh, yalnızca yolcu taşımacılığı açısından değil; aynı zamanda yük taşımacılığı entegrasyonu açısından da büyük potansiyel taşımaktadır.

Projenin temel hedefi, Bursa'yı yüksek hızlı tren ağına dahil ederek; İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerle güçlü bir ulaşım koridoru oluşturmaktır.

Hat, Bursa şehir merkezinden Gürsu ve Yenişehir güzergâhını takip ederek Osmaneli mevkiinde inşa edilecek olan "müselles hat" (üçlü bağlantı noktası) aracılığıyla Ankara-İstanbul YHT hattına entegre edilecektir. Böylece hem doğu-batı hem de kuzey-güney yönlü hatlar arasında kesintisiz tren işletimi sağlanacaktır. Ayrıca, hattın batı uzantısı olan Karacabey ve TEKNOSAB (Bursa Teknoloji Organize Sanayi Bölgesi) istasyonları üzerinden Bandırma Limanı ve Balıkesir'e bağlantı sağlanarak, yük taşımacılığına yönelik doğrudan liman erişimi oluşturulacaktır.

Proje, 250 km/sa tasarım hızına uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilmektedir. Bu yüksek standartlı yapı sayesinde hem hızlı tren setleri hem de konvansiyonel yük trenleri aynı hat üzerinde işletilebilecektir. Hattın tamamlanmasıyla yıllık 30 milyon yolcu taşıma kapasitesi ve yaklaşık 59 milyon ton yük taşıma kapasitesi öngörülmektedir. Bu sayede Marmara Bölgesi'nde demiryolu taşımacılığı payı önemli ölçüde artacak ve karayolu trafiği üzerindeki baskı azalacaktır.



Şekil 2.3 Bandırma-Bursa-Yenişehir-Osmaneli Hızlı Tren Hattı

Altyapı tasarımı kapsamında proje güzergâhı boyunca zorlu coğrafi koşulları aşmak üzere 29 tünel (toplam 35,7 km), 15 viyadük (toplam 8,3 km) ve 35 köprü (toplam 5.383 m) inşa edilmektedir. Tünel ve viyadüklerin özellikle Uludağ etekleri ve Samanlı Dağları çevresindeki eğimli bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu yapılar, hattın hem emniyetli hem de konforlu şekilde işletilmesi açısından kritik mühendislik unsurlarıdır. Proje kapsamında ayrıca istasyon yapıları, bakım-atölye tesisleri, elektrikli tren besleme sistemleri (TEİAŞ bağlantılı trafo merkezleri), sinyalizasyon kontrol merkezleri ve fiber optik haberleşme altyapısı da yer almaktadır.

Sinyalizasyon sistemleri ETCS (European Train Control System) Level 1/2 düzeyinde tasarlanmış olup; trenlerin merkezi denetim altında işletilmesi ve işletme güvenliğinin maksimum düzeyde sağlanması hedeflenmiştir.

Elektrifikasyon altyapısı 25 kV AC, 50 Hz gerilim değerinde katener sistemine dayalı olarak kurulmaktadır. Projede ayrıca GSM-R tabanlı haberleşme sistemleri, çevresel izleme altyapısı, tünel içi yangın algılama ve acil durum tahliye sistemleri de planlanmaktadır.

Projenin tamamlanmasıyla Bursa-İstanbul arası seyahat süresi yaklaşık 1 saat 15 dakikaya, Bursa-Ankara arası seyahat süresi ise 2 saat 15 dakikaya düşecektir. Bu gelişme, Türkiye'nin üç büyük şehri arasında hızlı, güvenli ve sürdürülebilir bir ulaşım seçeneği oluşturacak ve bölgedeki sanayi, ticaret, turizm ve iş gücü hareketliliğine büyük katkı sağlayacaktır. Bursa'nın İstanbul ve Ankara ile olan zaman-mesafe ilişkisi yeniden şekillenerek bölgesel bütünleşme hızlanacaktır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Eylül 2024'te yaptığı açıklamada, Bursa-Yenişehir arasındaki 106 kilometrelik kesimin yapım çalışmalarını 2025 yılı sonunda tamamlamayı hedeflediklerini belirtmiştir. Bu etapta altyapı işlerinin %60 oranında tamamlandığı; üstyapı, sinyalizasyon ve elektrifikasyon işlerinin de eş zamanlı ihale süreçleriyle yürütüldüğü ifade edilmiştir. Bandırma-Bursa ve Yenişehir-Osmaneli bağlantılarında ise zemin etütleri, kamulaştırma çalışmaları ve proje revizyonları devam etmektedir.

#### 2.1.5.5.4. Halkalı-Çerkezköy-Kapıkule Hızlı Tren Hattı

Halkalı-Çerkezköy-Kapıkule Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin Trakya bölgesinde demiryolu altyapısını Avrupa standartlarında modernize etmeyi ve uluslararası lojistik bağlantıları güçlendirmeyi hedefleyen yüksek öncelikli bir ulaşım projesidir. İstanbul'un Halkalı semtinden başlayan hat, Ispartakule ve Çerkezköy üzerinden Bulgaristan sınır kapısı olan Kapıkule'ye kadar uzanmakta olup toplam 229 kilometrelik bir güzergâhı kapsamaktadır. Hat, hem yolcu hem de yük taşımacılığı için yüksek kapasiteli ve kesintisiz bir koridor oluşturarak Türkiye'nin Avrupa'ya demiryolu entegrasyonunu güçlendirecektir.

Projenin temel amacı, mevcut demiryolu hattının kapasitesini dört kat artırmak ve seyahat sürelerinde ciddi bir iyileşme sağlamaktır. Yolcu taşımacılığında seyahat süresi 4 saatten 1,5 saate, yük taşımacılığında ise 8 saatten 3,5 saate indirilecektir. Bu doğrultuda, hat saatte 200 kilometre hıza uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak tasarlanmış olup, Avrupa Birliği'nin Trans-Avrupa Ulaşım Ağı (TEN-T) kapsamında yer alan ve Pekin-Londra arasındaki İpek Demiryolu Projesi'nin önemli bir halkası olan güzergâhın kritik bir parçasını oluşturmaktadır.



Şekil 2.4 Halkalı-Çerkezköy-Kapıkule Hızlı Tren Hattı

Tamamlandığında, hattın yıllık yaklaşık 3,1 milyon yolcuya hizmet vermesi öngörülmekte olup, aynı zamanda büyük ölçekli yük taşıma potansiyeline de sahiptir. Hat boyunca yolcu taşımacılığı için EMU (Elektrikli Tren Seti) işletmesi planlanırken, yük taşımacılığı için yüksek tonajlı trenlerin kesintisiz ve düşük eğimli hat yapısında çalışabilmesi hedeflenmektedir. Bu, lojistik sektöründe maliyet ve zaman avantajı yaratacak; karayolu taşımacılığına alternatif oluşturarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır.

Altyapı çalışmaları kapsamında hat boyunca tüneller, viyadükler, menfezler, alt ve üst geçitler inşa edilmektedir. Özellikle Halkalı-Ispartakule kesiminde zorlu kent içi geçiş nedeniyle, 6.175 metre uzunluğunda çift tüplü bir TBM (Tunnel Boring Machine) tüneli inşa edilmektedir. Bu kesim, projenin mühendislik açısından en karmaşık bölümü olup, tünel kazıları, zemin stabilizasyon çalışmaları ve segment montajları hassas jeoteknik denetimlerle yürütülmektedir.



Sinyalizasyon sistemleri Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) çerçevesinde ETCS Level 1/2 düzeyinde tasarlanmış; elektrik altyapısı ise 25 kV AC, 50 Hz katener sistemi üzerinden beslenmektedir. Ayrıca GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) tabanlı haberleşme altyapısı, fiber optik veri iletim sistemleri ve merkezi kontrol odaklı CTC (Centralized Traffic Control) uygulamaları projeye entegre edilmiştir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu'nun Kasım 2024'te yaptığı açıklamaya göre, Halkalı-Ispartakule etabında %69 fiziki ilerleme sağlanmış olup, bu bölümün 2025 yılı sonunda tamamlanması hedeflenmektedir. Aynı şekilde, Çerkezköy-Kapıkule kesiminin de 2025 yılı sonuna kadar tamamlanması planlanmakta; proje tüm etaplarıyla birlikte 2026 itibarıyla tam işletmeye alınacak şekilde takvimlendirilmiştir.

Projenin hayata geçirilmesiyle İstanbul-Edirne arası seyahat süresi 1,5 saate düşecek, bölgedeki sanayi, tarım, turizm ve lojistik faaliyetlerin etkinliği artacaktır. Ayrıca Türkiye'nin Avrupa'ya demiryolu ile doğrudan bağlantısı güçlendirilmiş olacak; Kapıkule üzerinden Bulgaristan, Romanya, Macaristan ve Almanya'ya kadar uzanan kesintisiz yük ve yolcu taşımacılığı mümkün hale gelecektir. Bu yönüyle proje, Türkiye'nin AB ile ekonomik bütünleşmesine katkı sağlayan, bölgesel kalkınmayı hızlandıran ve küresel ticaret koridorlarına entegrasyonu güçlendiren stratejik bir hamle niteliğindedir.

#### 2.1.5.5. Karaman-Ulukışla Hızlı Tren Hattı

Karaman-Ulukışla Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin demiryolu ulaşım sistemini modernize etmeye ve bölgesel entegrasyonu güçlendirmeye yönelik geliştirilen önemli bir altyapı yatırımdır. Bu proje, Konya-Karaman Hızlı Tren Hattı'nın devamı niteliğinde olup, Karaman il merkezinden başlayarak Niğde'nin Ulukışla ilçesine kadar uzanan yaklaşık 135 kilometrelik güzergâhı kapsamaktadır. Hattın hayata geçirilmesiyle, Orta Anadolu ile Güneydoğu ve Akdeniz bölgeleri arasında hızlı, güvenli ve çevreci bir demiryolu bağlantısı sağlanacaktır.



Şekil 2.5 Karaman-Ulukışla Hızlı Tren Hattı

Projenin ana hedefi, Karaman-Ulukışla arasındaki mevcut seyahat süresini 3 saat 40 dakikadan 1 saat 35 dakikaya düşürmektir. Bu doğrultuda hat, saatte 200 kilometre hız kapasitesine uygun şekilde çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilmektedir. Yeni altyapı sayesinde, trenlerin hem yolcu hem de yük taşımacılığında yüksek hız ve kapasiteyle çalışması mümkün olacaktır. Proje tamamlandığında, hem zaman hem de işletme maliyetleri açısından önemli tasarruflar sağlanması beklenmektedir.

Altyapı çalışmaları kapsamında güzergâh boyunca 2 tünel, 44 adet alt ve üst geçit ile toplam 153 adet köprü ve menfez inşa edilmektedir. Bu yapılar sayesinde zorlu arazi koşullarının aşılması, hem tren işletmeciliği güvenliğinin artırılması hem de kara yolları ile kesişimlerin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Tünel yapılarında jeoteknik izleme sistemleri, köprülerde ise titreşim ve deformasyon kontrolleri gibi mühendislik uygulamalarıyla üst düzey güvenlik sağlanmaktadır.

Hat, elektrikli tren işletmeciliğine uygun olarak 25 kV AC, 50 Hz katener sistemi ile enerji beslemesi yapacak şekilde projelendirilmiştir. Sinyalizasyon altyapısı ise Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) kapsamında ETCS Level 1/2 standardında olacaktır. Bu sayede, trenlerin merkezi kontrol altında yönetilmesi ve işletme sırasında maksimum güvenliğin sağlanması mümkün hale gelecektir. GSM-R tabanlı haberleşme altyapısı da projeye entegre edilecektir.

Mart 2024 itibarıyla projenin genel fiziki ilerleme oranı %66 seviyesine ulaşmıştır. Hem altyapı hem de üstyapı imalatları etaplar hâlinde ilerlemekte olup, sinyalizasyon, elektrifikasyon ve iletişim sistemlerinin de 2026 yılı itibarıyla kurulumuna başlanması planlanmaktadır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yapılan açıklamalara göre hattın 2027 yılının sonunda tamamlanarak işletmeye alınması hedeflenmektedir.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte Karaman-Ulukışla arası seyahat süresi 1 saat 35 dakikaya düşecek ve bölgedeki ekonomik, ticari ve sosyal hareketlilik önemli ölçüde artacaktır. Hat, aynı zamanda Konya-Karaman hızlı tren hattına entegre olacak ve böylece İç Anadolu'dan Akdeniz'e uzanan yüksek hızlı demiryolu koridorunun kritik bir parçası tamamlanmış olacaktır. Bu gelişme, Mersin Limanı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne yönelik taşımacılık operasyonlarında ciddi kapasite artışı ve hız avantajı sağlayarak Türkiye'nin lojistik altyapısına stratejik katkı sunacaktır.

#### 2.1.5.5.6. Sivas-Erzincan Hızlı Tren Hattı

Sivas-Erzincan Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin doğu-batı yönlü ulaşım altyapısını güçlendirmeyi ve Doğu Anadolu'nun ulaşım entegrasyonunu artırmayı hedefleyen stratejik bir yüksek hızlı demiryolu projesidir. Yaklaşık 245 kilometre uzunluğundaki hat, Sivas'tan başlayarak Zara, İmranlı ve Refahiye gibi yerleşimlerden geçerek Erzincan il merkezine ulaşacaktır. Hat, mevcut Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hattı'nın doğuya doğru uzatılmasıyla Erzurum ve Kars'a kadar ulaşacak bir aşım ilk aşamasını oluşturmaktadır.

Projenin temel amacı, Doğu Anadolu Bölgesi'ni yüksek hızlı tren sistemiyle ülkenin büyük kent merkezlerine bağlayarak; hızlı, güvenli ve konforlu ulaşım altyapısı sağlamaktır. Bu sayede, Erzincan'dan hareket eden bir yolcu Ankara'ya yaklaşık 4 saat 30 dakikada ulaşabilecek; bölgenin ulaşım süreleri kısılacak ve şehirlerarası etkileşim ivme kazanacaktır. Aynı zamanda bu hat, doğu bölgelerinde yaşayan vatandaşların İstanbul gibi metropollere erişimini de kolaylaştıracaktır.

Hat, saatte 250 kilometre hıza uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak tasarlanmıştır. Hem yolcu hem de yük taşımacılığına hizmet verecek şekilde planlanan hat, bölgenin ticaret ve lojistik yapısında dönüşüm yaratacak; kara yolu taşımacılığına olan bağımlılığı azaltacaktır. Lojistik merkezler, sanayi tesisleri ve liman bağlantılarına erişimi olan bu hat, aynı zamanda uluslararası taşımacılıkta önemli bir fonksiyon üstlenecektir.

Zorlu coğrafi koşullar nedeniyle hat boyunca çok sayıda tünel, viyadük ve köprü inşa edilmesi planlanmaktadır. Projekapsamında güzergâhın topoğrafik yapısına uygun olarak modern mühendislik çözümleri geliştirilmektedir. Özellikle İmranlı-Refahiye-Erzincan arasındaki dağlık kesimlerde uzun tünel ve yüksek açıklıklı viyadük tasarımları ile hat geometrisinin yüksek hızlı işletmeye uygun hale getirilmesi hedeflenmektedir.

Güzergâh boyunca Erzincan Garı'nın yanı sıra Refahiye, İmranlı ve Zara gibi durak noktaları yer alacak; bu istasyonlar hem yolcu transfer noktaları olarak hem de bölgesel kalkınma odakları olarak işlev görecekler. İstasyonlarda yolcu konforunu artıracak modern terminal yapıları, elektronik biletleme sistemleri ve çevreci ulaşım bağlantıları (otobüs, taksi, otopark alanları) da planlanmaktadır.

Proje, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın 2024 yılı yatırım programında yer almakta olup; etüt-proje ve zemin araştırma çalışmaları tamamlanmıştır. Teknik fizibilite analizleri doğrultusunda Sivas-Zara ve Zara-İmranlı kesimlerinde ilk altyapı imalatlarının 2025 yılında başlatılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda kamulaştırma, çevresel etki değerlendirmesi ve uygulama projeleri ile ilgili süreçler eş zamanlı olarak yürütülmektedir.

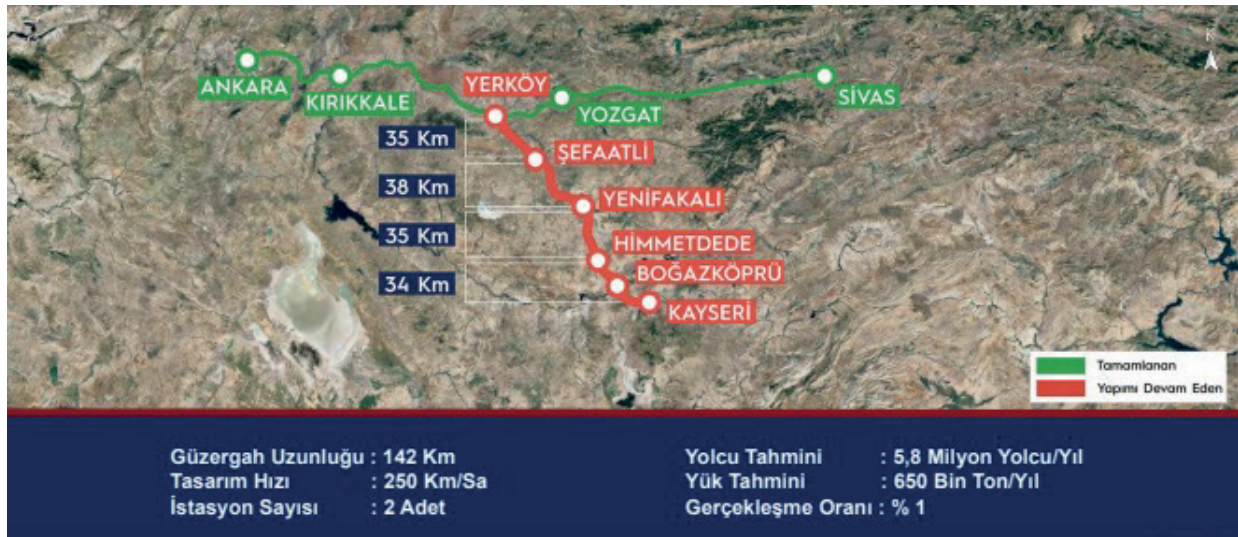
Projenin tamamlanmasıyla birlikte Sivas-Erzincan arası seyahat süresi yaklaşık 1 saat 20 dakikaya inecek; Ankara-Erzincan arası seyahat ise 4 saat 30 dakika civarında gerçekleşecektir. Bu gelişme, bölgenin sosyal ve ekonomik etkileşimini güçlendirecek, ticaret ve turizm faaliyetlerine doğrudan katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda doğu illerinin merkezi ulaşım sistemleriyle bütünleşmesi, göçün dengelenmesi ve hizmetlere erişimin iyileştirilmesi açısından da önemli bir etki yaratacaktır.

Sivas-Erzincan Hattı, ilerleyen aşamalarda Erzurum ve Kars yönüne uzatılacak doğu aksının çekirdek bileşenidir ve Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu ile entegrasyonu sayesinde Türkiye'nin doğu komşularına kesintisiz hızlı tren bağlantısı sağlayacaktır. Bu bağlantı, Türkiye'nin Trans-Hazar Orta Koridor stratejisi kapsamındaki uluslararası taşımacılık vizyonuna doğrudan hizmet edecek ve Çin'den Avrupa'ya uzanan İpek Demiryolu'nun doğu ayağında Türkiye'nin konumunu daha da güçlendirecektir.

#### 2.1.5.5.7. Yerköy - Kayseri Hızlı Tren Hattı

Yerköy-Kayseri Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin doğu-batı yönlü ulaşım omurgasını güçlendirmek ve Kayseri gibi önemli sanayi ve ticaret merkezlerini yüksek hızlı demiryolu ağına entegre etmek amacıyla hayata geçirilen stratejik bir projedir. Bu proje, mevcut Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren hattına Yerköy bağlantısıyla entegre edilmekte ve Kayseri'ye doğrudan hızlı tren erişimini mümkün kılmaktadır. Yaklaşık 142 kilometre uzunluğundaki hat, Yerköy'den başlayarak Şefaattli, Yenifakılı ve Himmetdede üzerinden Kayseri'ye ulaşacak şekilde projelendirilmiştir.

Projenin temel hedefi, Ankara ile Kayseri arasındaki mevcut 7 saatlik seyahat süresini yaklaşık 1 saat 45 dakikaya düşürerek zaman tasarrufu sağlamak ve bölgeler arası etkileşimi artırmaktır. Bu kapsamda hat, saatte 250 kilometre hıza uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli altyapı özelliklerine sahip olacak şekilde inşa edilmektedir. Güzergâh üzerindeki Şefaattli, Yenifakılı ve Himmetdede istasyonları, bölgesel yolcu taleplerine hizmet edecek biçimde planlanmıştır.



Şekil 2.6 Yerköy - Kayseri Hızlı Tren Hattı

Hattın tamamlanmasıyla birlikte yılda yaklaşık 11 milyon yolcu ve 650 bin ton yük taşıma kapasitesine ulaşılması hedeflenmektedir. Bu yönüyle proje, yalnızca yolcu taşımacılığında değil, aynı zamanda sanayi ürünleri, tarımsal yükler ve organize lojistik akışlar açısından da büyük bir kapasite artışı sağlayacaktır. Proje, Kayseri'nin Türkiye'nin yüksek hızlı demiryolu sistemine entegre edilmesi açısından önemli bir kırılma noktasıdır.

Altyapı çalışmaları zorlu arazi ve jeolojik koşullara uygun olarak yüksek mühendislik standartlarıyla sürdürülmektedir. Güzergâh boyunca toplam 20,3 kilometre uzunluğa sahip 21 tünel, 2.572 metre uzunluğunda 18 demiryolu köprüsü, 224 menfez, 27 üst geçit ve 92 alt geçit inşa edilmektedir. Bu yapılar, hat boyunca ulaşım sürekliliğini sağlamak, karayolu ile kesişimleri ortadan kaldırmak ve yüksek hızlı tren işletmeciliği için gerekli geometrik standartları karşılamak amacıyla tasarlanmıştır.

Hat, 25 kV AC, 50 Hz katener sistemiyle elektrifikasyon sağlanacak şekilde projelendirilmiş; sinyalizasyon altyapısı ise ETCS Level 1/2 düzeyinde, uluslararası standartlara uygun olarak planlanmıştır. GSM-R haberleşme sistemleri ve merkezi tren kontrol sistemleri ile birlikte işletme güvenliği ve performans seviyesi üst düzeyde tutulacaktır. Proje kapsamında hem elektromekanik sistemlerin kurulumu hem de bakım-onarım merkezlerinin inşası da yer almaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Ağustos 2024'te yaptığı açıklamada, Yerköy-Kayseri Hızlı Tren Hattı'nın 2028 yılının ilk yarısında tamamlanarak işletmeye alınmasının hedeflendiğini belirtmiştir. Bu doğrultuda kamulaştırma, saha altyapı imalatları, tünel açma çalışmaları ve köprü montajları etaplar hâlinde sürdürülmektedir. Projenin planlanan takvim doğrultusunda ilerlemesi hâlinde, 2028 itibarıyla Ankara'dan Kayseri'ye kesintisiz ve yüksek hızlı demiryolu ulaşımı mümkün olacaktır.

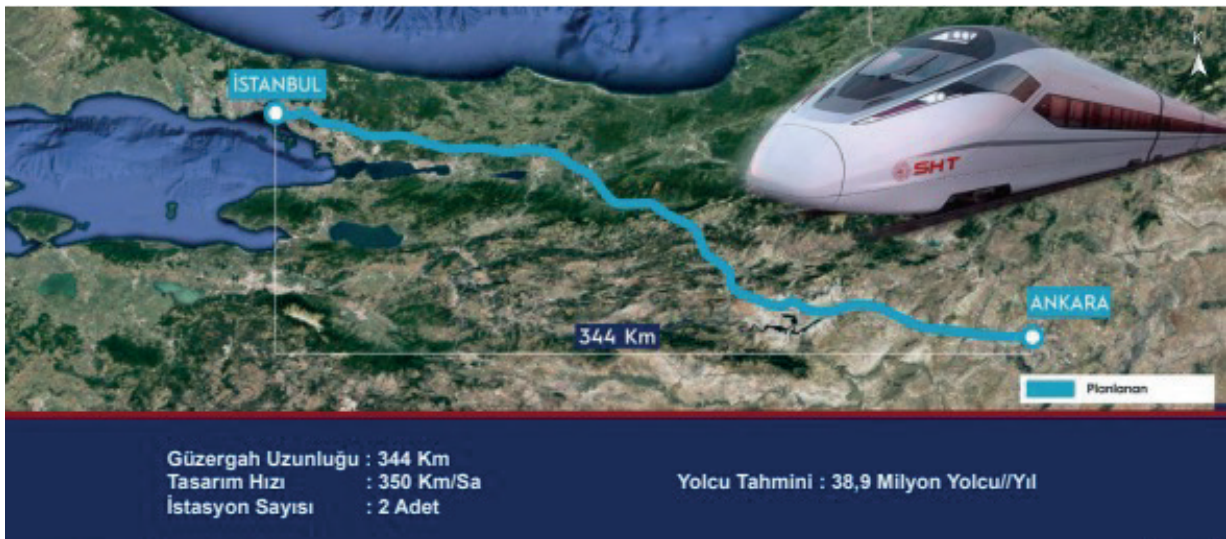


Projenin hayata geçirilmesiyle birlikte Kayseri'nin başta Ankara olmak üzere İstanbul, Konya ve Eskişehir gibi büyük şehirlerle olan entegrasyonu güçlenecek; bölgedeki ekonomik, turistik ve lojistik hareketlilik önemli ölçüde artacaktır. Ayrıca, hızlı tren bağlantısı sayesinde karayolu trafiği azalacak, çevresel etkiler sınırlanacak ve ulaşımda sürdürülebilirlik sağlanacaktır. Proje, Orta Anadolu'nun yüksek hızlı demiryolu ağına tam entegrasyonu açısından stratejik bir rol üstlenmektedir.

#### 2.1.5.6. Planlanan Önemli Demiryolu Projeleri

##### 2.1.5.6.1. Ankara-İstanbul Süper Hızlı Tren Hattı

Ankara-İstanbul Süper Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin iki en büyük metropolü arasında ulaşımı daha da hızlandırmak, yüksek hızlı demiryolu kapasitesini artırmak ve yolcu taşımacılığında zaman tasarrufunu maksimize etmek amacıyla geliştirilen ileri teknolojiye sahip stratejik bir altyapı projesidir. Bu proje, mevcut Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren Hattı'na ek olarak inşa edilecek ikinci bir süper hızlı koridor olup, hem seyahat süresini düşürecek hem de sistem üzerindeki yoğunluğu azaltacaktır.



Şekil 2.7 Ankara-İstanbul Süper Hızlı Tren Hattı

Projenin temel hedefi, Ankara-İstanbul arasındaki demiryolu seyahat süresini mevcut ortalama 4 saat seviyesinden 80 dakikaya indirmektir. Bu hedefe ulaşmak amacıyla, trenlerin saatte 350 kilometreye kadar hız yapabileceği, yaklaşık 344 kilometre uzunluğunda yeni bir hat planlanmıştır. Süper hızlı tren setleri ile yapılacak seferler, Türkiye'de demiryolu ulaşımında yeni bir dönemin başlangıcını temsil edecektir.

Hat, Ankara'dan başlayarak Beypazarı, Nallıhan ve Akyazı güzergâhını izleyerek Adapazarı ve Kocaeli üzerinden İstanbul Söğütözü'ne ulaşacak şekilde tasarlanmıştır. Bu güzergâh, hem topoğrafik olarak yüksek hızlı işletmeye elverişli hem de yeni yerleşim ve sanayi alanlarına yakınlığı ile stratejik öneme sahiptir. Ayrıca, mevcut hızlı tren hattından farklı bir koridor üzerinde yer alması sayesinde kapasite paylaşımı ve acil durum yönetimi açısından avantaj sağlayacaktır.

Altyapı mühendisliği açısından proje, yüksek zorluk derecesine sahip tünel ve viyadük imalatlarını içermektedir. Hat boyunca toplamda 14 kilometre uzunluğunda 19 viyadük ve 120 kilometre uzunluğunda 52 tünel inşa edilmesi planlanmaktadır. Bu tünel ve viyadük yapıları, hem jeolojik hem de topoğrafik engellerin aşılması için ileri mühendislik çözümleri ile projelendirilmiştir. Tünellerde TBM (Tunnel Boring Machine) ve NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu) gibi yöntemler kullanılacaktır.

Süper hızlı tren hattı, 25 kV AC, 50 Hz elektrikli katener sistemine uygun olarak projelendirilmiş olup; ETCS Level 2 veya üzeri sinyalizasyon altyapısı ile çalışacaktır. Bu sayede trenlerin yüksek hızda, yüksek emniyet seviyesinde ve dijital kontrollü olarak işletilmesi sağlanacaktır. Hat boyunca fiber optik veri hatları, GSM-R haberleşme sistemi ve merkezi trafik kontrol birimleri de kurulacaktır. Ayrıca, yüksek hızda yolcu konforunun artırılması için yeni nesil tren setlerinin (örneğin çift katlı süper hızlı trenler) kullanılması planlanmaktadır.

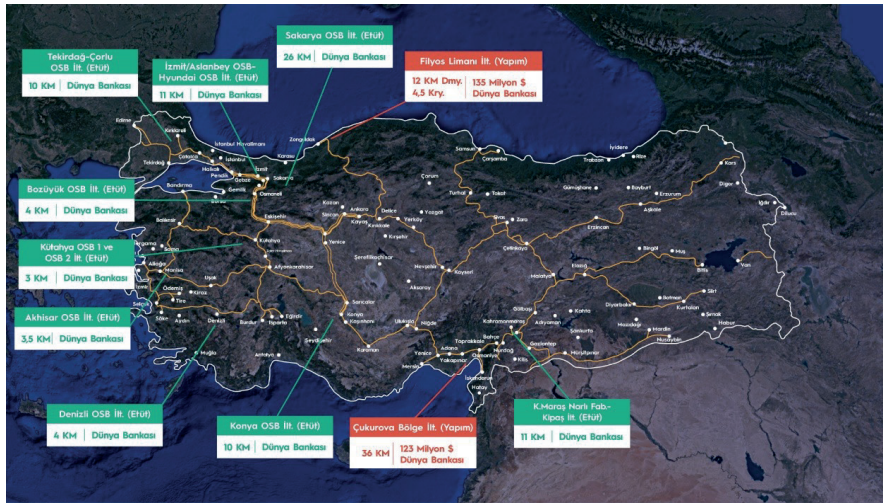
Projenin tamamlanmasıyla birlikte, Ankara ile İstanbul arasındaki yolculuk süresi 80 dakikaya inecek; bu da kara yolu ve hava yolu taşımacılığı üzerindeki baskıyı azaltacaktır. Özellikle sabah-öğle-akşam pik saatlerinde yapılacak seferlerle, iki şehir arasında adeta "şehir içi banliyö trafiği" niteliğinde bir hızlı tren hizmeti sağlanacaktır. Bu, yalnızca ulaşım sürelerini değil, bölgesel ekonomik etkileşimi, iş gücü mobilitesini ve şehirler arası yatırımları da doğrudan etkileyecektir.

Süper Hızlı Tren Projesi, Türkiye'nin demiryolu ulaşım vizyonunda ileri teknolojiye dayalı sürdürülebilir, hızlı ve güvenli ulaşımı esas alan yeni bir dönemin kapılarını aralamaktadır. Bu proje, Avrupa'daki benzer hızlı tren uygulamalarıyla rekabet edebilecek teknik kapasiteye sahip olup; ülkenin 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı hedefleri doğrultusunda hayata geçirilecek en önemli yatırımlar arasında yer almaktadır.

#### 2.1.5.6.2 Dünya Bankası Finansmanlı Demiryolu Lojistiğini Geliştirme Projesi

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ile limanların demiryolu ana hatlarına bağlanmasını amaçlayan iltisak hattı projeleri, Türkiye'nin sürdürülebilir ve entegre lojistik sistem vizyonunun temel yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. Bu projeler, ülke genelinde taşımacılık maliyetlerini azaltmak, sanayi üretiminin rekabet gücünü artırmak ve dış ticaret hacmini genişletmek amacıyla planlanmaktadır. Demiryolu iltisak hatlarının yaygınlaştırılması, Türkiye'nin ulusal lojistik master planı ve 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı hedefleriyle uyumlu bir şekilde yürütülmektedir.

Stratejik olarak ele alındığında, bu projeler ekonomik, çevresel ve bölgesel kalkınma eksenlerinde çok boyutlu katkılar sağlamaktadır. Özellikle lojistik maliyetlerin düşürülmesi, sanayi kuruluşlarının küresel tedarik zincirlerine entegrasyonunu kolaylaştırmakta; üretim merkezleri ile limanlar ve ihracat noktaları arasındaki bağlantı süresini ve maliyetini minimize etmektedir. Bu sayede, Türkiye'nin lojistik performans endeksinde yukarı yönlü bir ivme elde edilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 2.8 Dünya Bankası Finansmanlı OSB İltisak Hatları

Çevresel sürdürülebilirlik açısından bakıldığında, demiryolu taşımacılığı, karayolu taşımacılığına kıyasla birim yük başına çok daha düşük karbon salımı gerçekleştirmektedir. Bu yönüyle, sanayi bölgelerinin demiryolu ağına entegre edilmesi, Türkiye'nin karbon nötr ulaşım politikalarına katkı sağlamakta; emisyon azaltım hedeflerine ulaşılmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, trafik yoğunluğunun azalması, akaryakıt tüketiminin düşmesi ve gürültü kirliliğinin sınırlandırılması gibi dolaylı çevresel faydalar da söz konusudur.



| Proje Adı                               | Uzunluk (km) | Finansman Kaynağı |
|-----------------------------------------|--------------|-------------------|
| Tekirdağ-Çorlu OSB İltisak Hattı        | 10.0         | Dünya Bankası     |
| İzmit/Aslanbey OSB-Hyundai OSB Hattı    | 11.0         | Dünya Bankası     |
| Sakarya OSB İltisak Hattı               | 26.0         | Dünya Bankası     |
| Bozüyük OSB İltisak Hattı               | 4.0          | Dünya Bankası     |
| Kütahya OSB 1 ve 2 İltisak Hattı        | 3.0          | Dünya Bankası     |
| Akhisar OSB İltisak Hattı               | 3.5          | Dünya Bankası     |
| Denizli OSB İltisak Hattı               | 4.0          | Dünya Bankası     |
| Konya OSB İltisak Hattı                 | 10.0         | Dünya Bankası     |
| Kahramanmaraş Narlı Fabrika-Kıpaş Hattı | 11.0         | Dünya Bankası     |

Tablo 2.11 Etüt Çalışmaları Devam Eden İltisak Hatları

Bölgesel kalkınma bağlamında, iltisak hatları yerel ekonomiler için yeni fırsatlar doğurmakta; yatırım çekiciliğini artırarak istihdamı ve üretimi desteklemektedir. Demiryolu erişimi olan OSB'ler, yatırımcı açısından daha cazip hale gelmekte; bu da sanayi kümelenmelerinin güçlenmesini ve üretim kapasitesinin dengeli dağılımını teşvik etmektedir. Aynı zamanda, bu hatlar sayesinde liman kentlerinin hinterland bağlantısı genişlemekte, iç bölgeler ile dış ticaret noktaları arasında doğrudan ve hızlı bir taşımacılık altyapısı oluşturulmaktadır.

Türkiye'nin doğusundan batısına, kuzeyinden güneyine uzanacak şekilde planlanan iltisak hattı ağı, ulusal demiryolu ağının fonksiyonelliğini artırmakta ve taşımacılık sisteminde çok modlu yaklaşımın gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda, başta Mersin, İzmir, Filyos, Bandırma, Tekirdağ ve İskenderun gibi önemli limanlar ile Gebze, Eskişehir, Gaziantep, Konya ve Kayseri gibi büyük OSB kümeleri demiryolu ağına doğrudan bağlanacak şekilde projelendirilmiştir.

Sonuç olarak, iltisak hattı projeleri; Türkiye'nin sanayi üretimini, ihracat kabiliyetini ve lojistik altyapı kalitesini artırmakta; aynı zamanda çevresel ve bölgesel sürdürülebilirlik hedeflerine somut katkı sağlamaktadır. Bu projelerin tamamlanmasıyla birlikte, Türkiye daha düşük maliyetli, çevre dostu ve entegre bir taşımacılık sistemine kavuşacak; küresel lojistik ağlar içinde daha rekabetçi bir konuma ulaşacaktır.

| Proje Adı        | Uzunluk (km) | Maliyet (USD) | Kapasite      | Finansman Kaynağı |
|------------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| Filyos Limanı    | 12           | 135 milyon    | 4,5 karyon    | Dünya Bankası     |
| Çukurova Bölgesi | 36           | 123 milyon    | Belirtilmemiş | Dünya Bankası     |

Tablo 2.12 Devam Eden İltisak Hattı Projeleri

Filyos Limanı Ve Filyos Endüstri Sanayi Bölgesi İltisak Hattı Bağlantısı: Karadeniz kıyısında, Zonguldak ili Çaycuma ilçesine bağlı Filyos beldesinde konumlanan Filyos Limanı ile Filyos Endüstri Sanayi Bölgesi, Türkiye'nin lojistik ve sanayi stratejileri açısından kritik öneme sahip entegre kalkınma projeleri arasında yer almaktadır. Bölgenin lojistik etkinliğini artırmak ve ulusal/uluslararası taşımacılık ağlarıyla entegrasyonunu sağlamak amacıyla, hem demiryolu hem de karayolu bağlantı hatlarının inşası planlanmıştır. Bu kapsamda geliştirilen demiryolu bağlantı projesi, söz konusu liman ve sanayi bölgesini Türkiye'nin ana demiryolu koridorlarına entegre ederek, bölgesel ticaret hacmini artırmayı ve ekonomik kalkınmayı hızlandırmayı hedeflemektedir.



Şekil 2.9 Filyos Limanı Ve Filyos Endüstri Sanayi Bölgesi İltisak Hattı Bağlantısı

Yaklaşık 7,17 kilometrelik güzergâh uzunluğuna sahip bu iltisak demiryolu hattı, sanayi üretimi ve liman faaliyetlerinin daha hızlı, verimli ve sürdürülebilir bir lojistik altyapı ile desteklenmesini mümkün kılacaktır. Hattın uluslararası taşımacılık standartlarına uygun olarak inşa edilmesi, hem ihracat kapasitesinin artırılmasına hem de tedarik zinciri sürekliliğinin sağlanmasına katkı sunacaktır.

Projenin toplam yatırım maliyeti 115 milyon ABD doları olarak öngörülmüş olup, finansmanı Dünya Bankası kaynaklarıyla sağlanmaktadır. Müşavirlik hizmetleri ihalesi, Dünya Bankası'nın kamu alımları mevzuatına uygun şekilde yürütülmüş ve ilgili sözleşme süreci tamamlanmıştır. Proje yönetimi kapsamında müşavir firma ile yakın iş birliği içinde, ilgili tüm kurumsal paydaşlarla teknik ve idari düzeyde koordinasyon sağlanmış; projenin uygulama sürecine temel teşkil edecek nihai revizyon çalışmaları tamamlanmıştır.

Çukurova Bölgesi Ve İskenderun Körfezi San. Tes. Yumurtalık Ser. Böl. San. Merkz. ve Limanları İltisak Hattı: Çukurova Bölgesi ile İskenderun Körfezi'nde yoğunlaşan sanayi tesislerini ve Yumurtalık Serbest Bölgesi'ni limanlara entegre edecek demiryolu iltisak hattı projesi, bölgenin lojistik kapasitesini artırmayı ve sanayi üretim merkezlerinin ulusal ve uluslararası pazarlara erişimini optimize etmeyi amaçlayan stratejik bir altyapı girişimidir. Proje kapsamında, Çukurova'daki endüstriyel üretim kümeleri ile İskenderun Körfezi'ndeki limanlar ve Yumurtalık Serbest Bölgesi arasında doğrudan ve yüksek kapasiteli bir demiryolu bağlantısının kurulması öngörülmektedir. Bu sayede, bölgedeki lojistik operasyonların etkinliği artırılabilecek, taşımacılık maliyetlerinde azalma sağlanacak ve ihracata yönelik rekabetçilik güçlendirilecektir.



Şekil 2.10 Çukurova Bölgesi Ve İskenderun Körfezi San. Tes. Yumurtalık Ser. Böl. San. Merkz. ve Limanları İltisak Hattı

Toplam uzunluğu 36 kilometre olarak planlanan demiryolu hattı, bölgedeki sanayi altyapısıyla bütünleşik çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Güzergâh üzerinde 5 istasyonun inşa edilmesi öngörülmekte olup, trenlerin maksimum 80 km/sa hızla işletilmesi planlanmaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yürütülen proje, ön etüt ve fizibilite çalışmaları tamamlandıktan sonra 2023 yılı kamu yatırım programına dahil edilmiştir. Yapım ihalesi ve uygulama sürecine ilişkin teknik hazırlıkların tamamlanmasının ardından, inşaat faaliyetlerine başlanması planlanmaktadır. Bu altyapı yatırımı, sadece bölgesel kalkınmayı desteklemekle kalmayacak; aynı zamanda Türkiye'nin bütüncül ulaşım planlaması ve sürdürülebilir taşımacılık vizyonuna da önemli katkılar sağlayacaktır.

#### 2.1.5.6.3. Kuzey Marmara Hızlı Tren Hattı

Kuzey Marmara Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin demiryolu ulaşımını geliştirmeyi ve özellikle yük taşımacılığında kapasiteyi artırmayı hedefleyen önemli bir projedir. Bu hat, Gebze'den başlayarak Yavuz Sultan Selim Köprüsü üzerinden İstanbul Havalimanı'na ve oradan da Çatalca'ya uzanan bir güzergâhı kapsamaktadır.



Şekil 2.11 Kuzey Marmara Hızlı Tren Hattı

Projenin temel amacı, Marmara Bölgesi'nde artan yük ve yolcu taşımacılığı taleplerini karşılamak, mevcut demiryolu hatlarının üzerindeki baskıyı azaltmak ve bölgenin lojistik kapasitesini artırmaktır. Bu doğrultuda, saatte 160 kilometre hıza uygun, çift hatlı ve elektrikli bir demiryolu hattı inşa edilmesi planlanmaktadır.

Hat, Gebze'den başlayarak Yavuz Sultan Selim Köprüsü üzerinden İstanbul Havalimanı'na ve son olarak Çatalca'ya ulaşacaktır. Toplam uzunluğu 120 kilometre olan bu güzergâh üzerinde 4 istasyon bulunacaktır. Tamamlandığında, yılda 33 milyon yolcu ve 30 milyon ton yük taşıma kapasitesine sahip olması öngörülmektedir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Ocak 2024'te yaptığı açıklamada, Gebze'den Yavuz Sultan Selim Köprüsü üzerinden geçerek İstanbul Havalimanı'na ve son olarak Çatalca'ya ulaşacak Kuzey Marmara Hızlı Tren Hattı projesinin planlamalarının tamamlandığını belirtmiştir. Ancak projenin kesin tamamlanma tarihi hakkında henüz resmi bir açıklama

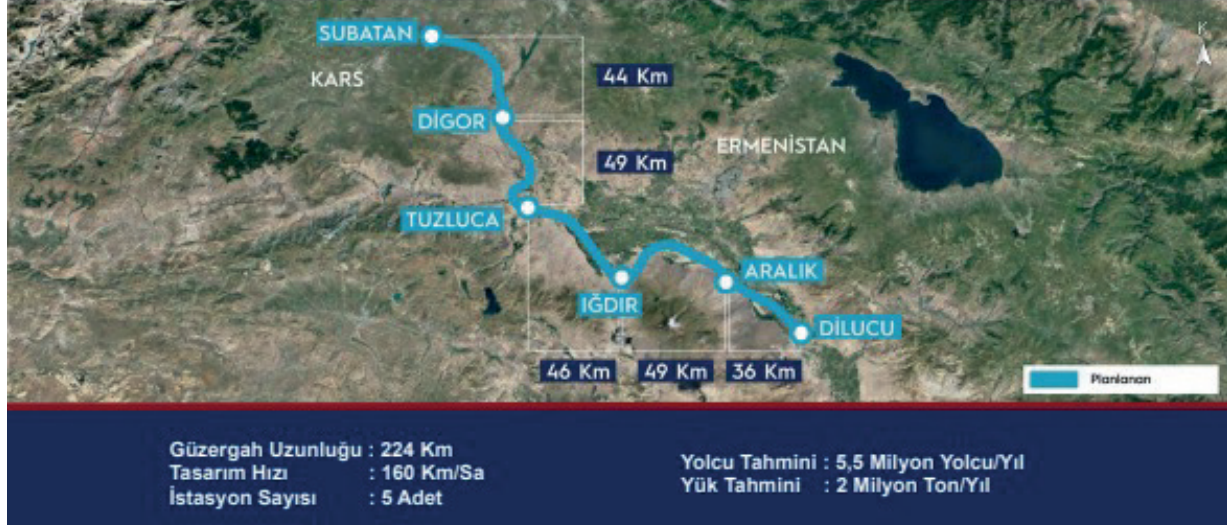
Projenin tamamlanmasıyla birlikte, Marmara Bölgesi'ndeki yük ve yolcu taşımacılığı kapasitesi önemli ölçüde artacaktır. Bu durum, bölgenin ekonomik faaliyetlerini destekleyecek, lojistik sektörünün gelişimine katkı sağlayacak ve mevcut demiryolu hatlarının üzerindeki yoğunluğu azaltacaktır. Ayrıca, İstanbul Havalimanı'na demiryolu bağlantısı sağlanarak, hava ve demiryolu ulaşımı entegre edilecektir.

#### 2.1.5.6.4. Kars-Iğdır-Aralık-Dilucu (Zengezur) Demiryolu Hattı

Kars-Iğdır-Aralık-Dilucu Demiryolu Hattı, Türkiye'nin doğu sınırında stratejik bir ulaştırma koridoru inşa etmeyi ve Kafkaslar ile Orta Asya arasında doğrudan demiryolu bağlantısı kurmayı amaçlayan önemli bir altyapı projesidir. Bu hat, Türkiye'yi Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti üzerinden Azerbaycan'a ve oradan Hazar geçişli Orta Asya rotalarına bağlayarak, hem ekonomik hem de jeopolitik açıdan yüksek katma değer yaratmayı hedeflemektedir. Proje, Türkiye'nin doğuya açılan kapısı olma işlevini pekiştirirken, Trans-Hazar Orta Koridor'un da önemli bir bileşeni olacaktır.



Projenin temel amacı, Türkiye ile Azerbaycan arasında kesintisiz ve doğrudan bir demiryolu bağlantısı tesis ederek, Zengezur Koridoru'nun etkin kullanımını sağlamaktır. Bu sayede Bakü-Tiflis-Kars hattının tamamlayıcısı niteliğinde ikinci bir hat oluşturulacak, Türkiye'nin Kafkasya ve Orta Asya ile olan ticaret hacmi önemli ölçüde artırılabilecektir. Aynı zamanda, bu güzergâh üzerinden gerçekleştirilecek yük ve yolcu taşımacılığı ile Türkiye'nin uluslararası lojistik sistemler içerisindeki rekabet gücü artacaktır.



**Şekil 2.12 Kars-Iğdır-Aralık-Dilucu (Zengezur) Demiryolu Hattı**

Hat, Kars il merkezinden başlayarak Iğdır, Aralık ve Dilucu Sınır Kapısı üzerinden Nahçıvan'a ulaşacak şekilde yaklaşık 224 kilometre uzunluğunda projelendirilmiştir. Demiryolu hattı, saatte 160 kilometre hız kapasitesine uygun olarak çift hatlı ve elektrikli şekilde inşa edilecektir. Bu teknik özellikler sayesinde, hem yolcu hem de yük taşımacılığı hızlı, verimli ve çevresel açıdan sürdürülebilir şekilde gerçekleştirilecektir.

Hattın tamamlanmasıyla birlikte yıllık 5,5 milyon yolcu ve 2 milyon ton yük taşıma kapasitesine ulaşılması öngörülmektedir. Bu kapasite, özellikle Nahçıvan'ın Türkiye ile ekonomik entegrasyonunu artıracak ve bölgedeki ticaret hacmini büyütecektir. Güzergâh boyunca 5 adet istasyon inşa edilmesi planlanmakta olup, bu istasyonlar yalnızca yolcu taşımacılığı değil, aynı zamanda yük transferi, gümrükleme ve lojistik hizmetler için de işlev görecektir.

Demiryolu hattının altyapısı, zorlu iklim ve coğrafi koşullara uygun şekilde yüksek mühendislik standartlarıyla tasarlanacaktır. Bölge genelinde olası sismik etkiler, iklimsel farklılıklar ve sınır güvenliği faktörleri dikkate alınarak tünel, menfez, köprü ve platform gibi yapılar geliştirilecektir. Bu yönüyle proje, hem altyapı mühendisliği hem de uluslararası taşımacılık standartları açısından referans niteliği taşıyacaktır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Kasım 2024'te yaptığı açıklamada, Zengezur Koridoru'nun Türkiye ayağını oluşturacak olan bu hattın yapım sürecine başlanacağını duyurmuştur. Hatla ilgili etüt-proje, zemin etüdü ve güzergâh planlama çalışmaları tamamlanmış olup; uygulama projeleri ile ilgili süreçlerin hızlandırılması beklenmektedir. Ancak projenin kesin tamamlanma takvimine ilişkin henüz resmi bir tarih verilmemiştir.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte Türkiye ile Azerbaycan arasında kara ve demiryolu bağlantıları daha güçlü hale gelecek; Bakü-Tiflis-Kars hattına alternatif bir güzergâh oluşturularak bölgesel ulaşım güvenliği ve sürekliliği artırılabilecektir. Ayrıca, bu hat sayesinde Türkiye'nin Çin'den Avrupa'ya uzanan Orta Koridor üzerindeki stratejik konumu daha da güçlenecek ve ülkenin enerji, lojistik ve dış ticaret politikaları açısından jeopolitik avantajı pekişecektir.

#### **2.1.5.6.5. Kırıkkale - Çorum - Samsun Hızlı Tren Hattı**

Kırıkkale-Çorum-Samsun Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin Orta Anadolu ve Karadeniz bölgeleri arasındaki ulaşımı yüksek standartlı demiryolu altyapısıyla güçlendirmeyi hedefleyen stratejik bir ulaştırma projesidir. Proje, Karadeniz'in önemli bir liman kenti olan Samsun'u Ankara üzerinden ülke genelindeki hızlı tren ağına entegre ederek, hem yolcu hem de yük taşımacılığında sürdürülebilir ve verimli bir bağlantı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu hat, aynı zamanda Karadeniz kıyılarına ilk yüksek hızlı tren erişimini sağlayacak olması açısından da kritik bir adım niteliğindedir.



**Şekil 2.13** Kırıkkale - Çorum - Samsun Hızlı Tren Hattı

Projenin temel amacı, Ankara ile Samsun arasındaki seyahat süresini mevcut karayolu süresi olan yaklaşık 7 saatten, demiryolu ile 2 saat 45 dakikaya düşürmektir. Bu doğrultuda hat; saatte 200 kilometre hız kapasitesine uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilecektir. Yüksek standartlara sahip altyapı sayesinde hem hızlı yolcu trenleri hem de yüksek tonajlı yük trenleri hat üzerinde etkin şekilde işletilebilecektir.

Toplam uzunluğu yaklaşık 293 kilometre olan hattın güzergâhı, Kırıkkale'nin Delice ilçesinden başlayarak Çorum ve ardından Samsun'a ulaşacak şekilde planlanmıştır. Bu hat üzerinde 7 istasyonun inşa edilmesi öngörülmektedir. İstasyonlar, hem şehir merkezlerine hizmet verecek hem de yük transfer noktaları olarak işlev görecektir. Planlanan taşıma kapasitesi yıllık 12 milyon yolcu ve 14 milyon ton yük olup, bu değerler hem sanayi ürünleri hem de Karadeniz limanları üzerinden gerçekleştirilecek dış ticaret açısından kritik öneme sahiptir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Kasım 2024'te yaptığı açıklamada, hattın Kırıkkale (Delice)-Çorum kesiminin yapımına kısa sürede başlanacağını duyurmuştur. Bu kapsamda, 115 kilometre uzunluğundaki ilk etap olan Kırıkkale-Çorum hattının ihalesinin 2024 yılı içerisinde yapılması hedeflenmektedir. Projenin ikinci aşaması olan 185 kilometrelik Çorum-Samsun kesiminin ise 2025 yılında ihale edilerek inşaat sürecine geçilmesi planlanmaktadır.

Hattın inşası ile birlikte, hem bölgesel kalkınma ivme kazanacak hem de Türkiye'nin kuzey-güney ulaşım ekseninde önemli bir demiryolu koridoru oluşturulmuş olacaktır. Özellikle Karadeniz Bölgesi'nin hinterlandına yüksek hızlı erişimin sağlanması, sanayi, tarım ve liman kaynaklı yük taşımalarının etkinliğini artıracak; aynı zamanda yolcu taşımacılığında konfor ve hız düzeyi üst seviyeye çıkarılacaktır. Bu durum, iç bölgelerden limanlara olan erişimi kolaylaştırarak dış ticaretin lojistik maliyetlerini azaltacak, Türkiye'nin lojistik rekabetçiliğini artıracaktır.

Teknik açıdan hat, 25 kV AC, 50 Hz katener sistemiyle elektrikli işletmeye uygun şekilde projelendirilmiş olup; sinyalizasyon sistemi ETCS Level 1/2 düzeyinde olacak şekilde planlanmaktadır. Ayrıca, güzergâh boyunca inşa edilecek viyadükler, tüneller, menfezler ve geçitler; hem yüksek hızlı tren işletmesi için gerekli geometrik koşulları sağlayacak hem de zorlu arazi şartlarına uygun çözümler sunacaktır.

Sonuç olarak, Kırıkkale-Çorum-Samsun Hızlı Tren Hattı, hem Karadeniz Bölgesi'nin kalkınmasına katkı sağlayacak hem de Türkiye'nin kuzey ulaşım koridorunda sürdürülebilir, entegre ve modern bir demiryolu bağlantısı oluşturacaktır. Projenin tamamlanmasıyla birlikte, bölgesel gelişmişlik farklarının azaltılması, yeşil ulaşım politikalarının desteklenmesi ve Karadeniz'in lojistik potansiyelinin daha etkin kullanılması sağlanacaktır.



#### 2.1.5.6.6. Aksaray - Ulukışla - Yenice Hızlı Tren Hattı

Aksaray-Ulukışla-Yenice Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin demiryolu taşımacılık kapasitesini artırmak ve Orta Anadolu ile Akdeniz Bölgesi arasındaki ulaşımı güçlendirmek amacıyla geliştirilen stratejik bir altyapı projesidir. Yaklaşık 192 kilometrelik bu hat, Aksaray'dan başlayarak Ulukışla üzerinden Adana'nın Yenice ilçesine kadar uzanmakta olup, özellikle yük taşımacılığı açısından yüksek kapasiteli bir koridor oluşturmayı hedeflemektedir. Hattın inşasıyla birlikte, Türkiye'nin iç bölgeleri ile Mersin Limanı arasında doğrudan ve hızlı demiryolu bağlantısı sağlanacaktır.



Şekil 2.14 Aksaray - Ulukışla - Yenice Hızlı Tren Hattı

Projenin temel amacı, Orta Anadolu'daki sanayi, tarım ve ticaret merkezlerini Akdeniz kıyısındaki lojistik ve ihracat merkezleriyle etkin bir şekilde entegre etmektir. Bu kapsamda, ihracat süreçlerinin hızlandırılması, lojistik maliyetlerin düşürülmesi ve limanlara erişimin kolaylaştırılmasıyla bölgesel üretim merkezlerinin uluslararası pazarlara erişimi artırılabilecektir. Hat, aynı zamanda Türkiye'nin çok modlu taşımacılık altyapısı içinde önemli bir eksikliği giderecektir.

Hat, saatte 250 kilometre hıza uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak projelendirilmiştir. Bu teknik altyapı sayesinde hem yüksek hızlı yolcu trenleri hem de yüksek tonajlı yük trenleri aynı güzergâh üzerinde verimli şekilde işletilebilecektir. Güzergâh boyunca 3 istasyonun inşa edilmesi planlanmakta olup, bu istasyonlar hem yolcu transferini kolaylaştıracak hem de yük elleçleme noktaları olarak hizmet verecektir.

Projeye ilişkin olarak Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024 yılı içerisinde hattın ihalesinin gerçekleştirileceğini açıklamıştır. Bu kapsamda güzergâh belirleme, zemin etütleri, mühendislik projeleri ve ÇED raporlama süreçlerinin büyük ölçüde tamamlandığı ifade edilmiştir. Ancak hattın kesin tamamlanma tarihine ilişkin resmi bir açıklama henüz yapılmamıştır. Projenin etaplar hâlinde uygulanması ve önceliğin Aksaray-Ulukışla kesimine verilmesi beklenmektedir.

Tamamlandığında hattın yıllık 4,5 milyon yolcu ve 28 milyon ton yük taşıma kapasitesine ulaşması öngörülmektedir. Bu değerler, Aksaray, Niğde ve çevresindeki üretim merkezlerinden Mersin Limanı'na gerçekleştirilecek taşımacılık faaliyetlerinde önemli bir ivme sağlayacak; karayoluna olan bağımlılığı azaltarak çevreci ve ekonomik bir alternatif sunacaktır. Özellikle konteyner taşımacılığı ve tarımsal ürünlerin limana erişimi açısından proje yüksek katma değer yaratacaktır.

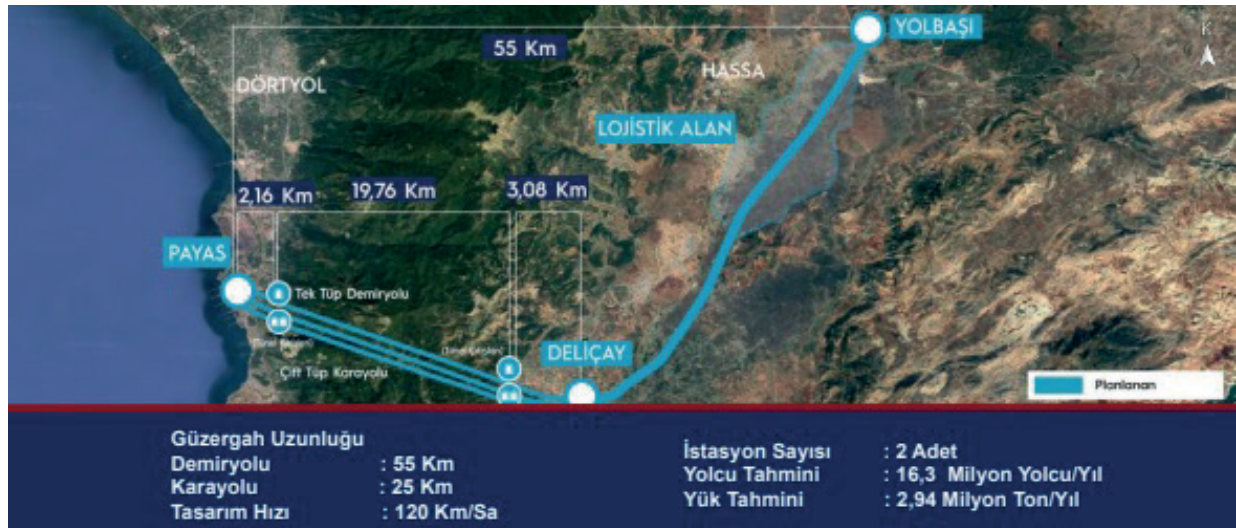
Teknik olarak hat, 25 kV AC, 50 Hz elektrikli katener sistemi ile beslenecek; sinyalizasyon sistemi ise Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) kapsamında ETCS Level 1/2 standardında kurulacaktır. Ayrıca güzergâh boyunca çok sayıda menfez, köprü, viyadük ve geçit yapıları ile arazi koşullarına uygun yüksek mühendislik çözümleri uygulanacaktır.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte, Aksaray ve çevre illerin Mersin Limanı'na demiryolu ile doğrudan erişimi sağlanacak, bu da lojistik süreçlerde hız ve maliyet avantajı yaratacaktır. Aynı zamanda, sanayi ve tarım ürünlerinin yurt içi ve yurt dışı pazarlara daha kısa sürede ulaşması mümkün olacak; bu da bölgesel kalkınmayı destekleyerek Türkiye'nin ihracat odaklı büyüme stratejilerine katkı sağlayacaktır.

#### 2.1.5.6.7. Dört Yol - Hassa Otoyol ve Demiryolu Bağlantısı

Dört Yol-Hassa Otoyol ve Demiryolu Bağlantısı Projesi, Türkiye'nin güney ulaşım aksını yeniden şekillendirmeyi ve İskenderun Körfezi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi arasında yüksek kapasiteli, güvenli ve sürdürülebilir bir ulaştırma koridoru oluşturmayı amaçlayan stratejik bir altyapı girişimidir. Proje, Hatay'ın Dört Yol ilçesinden başlayarak Amanos Dağları'nı tünellerle geçerek Gaziantep'e uzanan sanayi ve lojistik hinterlandına doğrudan erişim sağlayacaktır. Bu sayede, İskenderun Limanı ve çevresindeki yoğun sanayi bölgeleri ile Gaziantep ve Kilis gibi üretim merkezleri arasındaki bağlantı süreleri ve mesafeleri önemli ölçüde azaltılacaktır.

Proje, hem karayolu hem de demiryolu unsurlarını içeren çok modlu bir ulaştırma altyapısı olarak planlanmıştır. Bu kapsamda inşa edilecek uzun tünel yapıları sayesinde Amanos Dağları'nın fiziksel engelleri aşılabilecek; böylece Dört Yol ve Hassa ilçeleri arasında doğrudan, kesintisiz ve yüksek standartlı bir ulaşım hattı tesis edilecektir. Hat, yalnızca gündelik taşımacılığı değil, aynı zamanda afet ve kriz durumlarında bölgeye hızlı erişimi mümkün kılacak depreme dayanıklı ulaşım altyapısını da içerecektir.



Şekil 2.15 Dört Yol - Hassa Otoyol ve Demiryolu Bağlantısı

Projenin temel hedefi, İskenderun Körfezi'ni Amanos Dağları'nın doğusunda yer alan Gaziantep, Kilis ve Osmaniye gibi illere en kısa yoldan bağlayarak lojistik ve ekonomik etkileşimi artırmaktır. Bu doğrultuda, sanayi ürünlerinin limana erişim süresi kısıllanacak; tarım, madencilik ve ihracat potansiyeli yüksek sektörlerin rekabet gücü artacaktır. Proje aynı zamanda Hatay, Gaziantep ve çevre illerdeki turizm hareketliliği için de erişilebilirliği kolaylaştırarak bölgesel kalkınmaya katkı sağlayacaktır.

Projenin altyapısal etkileri sadece zaman ve mesafe tasarrufuyla sınırlı kalmayacak; aynı zamanda ulaşım koridorlarındaki yoğunluğu azaltarak çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlayacaktır. Yapılan hesaplamalara göre:

- Kilis-Osmaniye-İskenderun güzergâhında ulaşım mesafesi 38,3 km kısıllanacaktır.
- Kırıkhan-İskenderun-Dört Yol güzergâhı 15,27 km daha kısa hale gelecektir.
- Nurdağı-Osmaniye-Dört Yol (Payas) hattı ise 20,60 km kısaltılmış olacaktır.

Bu mesafe kısaltmaları, yakıt tüketimi ve taşıma süreleri açısından önemli ekonomik avantajlar sunacaktır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu'nun Ocak 2024'te yaptığı açıklamaya göre, Dört Yol-Hassa Demiryolu ve Otoyolu Projesi'nin ihalesi gerçekleştirilmiş olup proje iki ana etaptan oluşacaktır. İlk etap, Amanos Dağları'nın tünel geçişini ve Hassa kavşağına kadar olan bölümü kapsamaktadır. Bu etapta tünel mühendisliği, jeoteknik analizler ve zemin güçlendirme çalışmaları öncelikli olacaktır. İkinci etapta ise hattın devamı ve entegre demiryolu bağlantılarının kurulması planlanmaktadır.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte, bölgeye yüksek standartlı karayolu ve demiryolu bağlantısı kazandırılacak; bu da Güneydoğu Anadolu'nun liman erişimini kolaylaştıracak ve İskenderun Körfezi'ni Orta Doğu pazarları açısından daha avantajlı bir çıkış noktası haline getirecektir. Ayrıca, ulaştırma sektöründe dayanıklı altyapının geliştirilmesiyle afetlere karşı dirençli lojistik ağlar kurulmuş olacak; bu da ulusal düzeyde kriz yönetiminde stratejik bir avantaj yaratacaktır.

#### 2.1.5.6.8. Karadeniz Sahil Demiryolu Projesi (Samsun - Hopa - Sarp) Etüt Proje ve Mühendislik Hizmetleri İş

Karadeniz Sahil Demiryolu Projesi, Türkiye'nin kuzey aksında çok modlu ulaşımı güçlendirmeyi ve bölgesel kalkınmayı desteklemeyi amaçlayan stratejik bir demiryolu yatırım planıdır. Proje; Samsun'dan başlayarak Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinden geçerek Hopa ve Sarp sınır kapısına kadar uzanan yaklaşık 509 kilometrelik bir güzergâhı kapsamaktadır. Bu hat, Karadeniz kıyı şeridindeki ulaşım altyapısını demiryolu ile entegre ederek, kıyı illeri arasında hem yük hem de yolcu taşımacılığı için yeni bir perspektif sunacaktır.



Şekil 2.16 Karadeniz Sahil Demiryolu Projesi (Samsun - Hopa - Sarp ) Projesi

Projenin temel hedefi, Karadeniz Bölgesi'nde uzun yıllardır eksik olan doğu-batı yönlü demiryolu bağlantısını kurmak ve yaklaşık 10 milyonluk nüfusa sahip bölgeye çağdaş, sürdürülebilir ve verimli bir ulaşım alternatifi sunmaktır. Özellikle mevcut karayolu altyapısının mevsimsel ve coğrafi faktörlerden etkilenebilir yapısı göz önünde bulundurulduğunda, demiryolu hattı hem zaman hem de güvenlik açısından önemli avantajlar sağlayacaktır. Ayrıca proje, bölgedeki sanayi üretiminin, tarımsal ürünlerin ve liman bağlantılı taşımacılığın demiryolu ile desteklenmesini mümkün kılacaktır.

Hat üzerinde yer alacak ana istasyonlar; Samsun, Ünye, Ordu, Giresun, Tirebolu, Trabzon, Of, Rize, Ardeşen, Hopa ve Sarp sınır kapısı civarında konumlandırılacaktır. Bu istasyonlar, bölgesel yolcu taşımacılığına hizmet edecek şekilde tasarlanırken, aynı zamanda ticaret merkezleri ve lojistik transfer noktaları olarak da işlev görecekler. Projenin teknik özellikleri, saatte 160-200 km hıza uygun, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olacak şekilde planlanmaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024 yılı itibarıyla Samsun-Sarp Demiryolu Projesi'nin etüt, proje ve fizibilite çalışmalarını başlatmayı planlamaktadır. Bu aşamada; güzergâh belirleme, jeoteknik zemin analizleri, çevresel etki değerlendirme (ÇED) raporlaması, ekonomik fizibilite modellemeleri ve mühendislik tasarımları gerçekleştirilecektir. Ayrıca, proje boyunca inşa edilmesi öngörülen tünel, viyadük ve köprü sayısı ile ilgili ön tahminler de bu süreçte belirlenecektir.



Karadeniz Bölgesi'nin zorlu topoğrafyası ve sık yağış alan iklim yapısı nedeniyle proje kapsamında yüksek mühendislik gereksinimleri bulunmaktadır. Özellikle Trabzon-Rize-Artvin hattında yoğun tünel ve viyadük yapıları öngörülmektedir. Bu nedenle proje hem teknik hem de mali açıdan uzun vadeli, etaplandırılmış bir yaklaşımla yürütülecektir. Etüt çalışmalarının ardından hattın etaplara ayrılması, örneğin Samsun-Trabzon ve Trabzon-Sarp olmak üzere iki ana fazda gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte Karadeniz sahil şeridinde ulaşım sürelerinde önemli düşüşler sağlanacak; turizm, ticaret, lojistik ve sınır geçişleri açısından bölgenin potansiyeli etkin biçimde değerlendirilecektir. Aynı zamanda, Sarp sınır kapısının Azerbaycan, Gürcistan ve Hazar geçişli Orta Asya taşımacılığıyla entegrasyonu güçlenecek ve Türkiye'nin kuzeydoğu ulaşım koridoru tamamlanmış olacaktır.

Karadeniz Sahil Demiryolu Projesi, yalnızca bir ulaşım altyapı yatırımı değil; aynı zamanda sosyoekonomik gelişmeyi destekleyen, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunan ve sınır ötesi bağlantıları güçlendiren bütünlük bir kalkınma projesidir.

#### 2.1.5.6.9. Divriği - Kars - Hudut Demiryolu Hattını Rehabilitasyonu

Divriği-Kars-Hudut Demiryolu Hattı, Türkiye'nin doğu ulaşım koridorunda stratejik öneme sahip bir ana hat olup, hem ulusal hem de uluslararası taşımacılık açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Bu demiryolu hattı, Divriği'den başlayarak Erzincan, Erzurum ve Kars üzerinden Türkiye'nin doğu sınırına kadar uzanmakta ve sınır ötesi bağlantılar açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Hat, özellikle Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Projesi ile entegrasyonu sayesinde Orta Asya ve Kafkasya'ya açılan demiryolu kapısı niteliğindedir.



Şekil 2.17 Divriği - Kars - Hudut Demiryolu Hattını Rehabilitasyonu

Rehabilitasyon projesinin temel amacı, mevcut altyapının modernize edilmesi yoluyla hat kapasitesinin ve işletme verimliliğinin artırılmasıdır. Bu kapsamda, ray, travers, balast ve üstyapı elemanlarının yenilenmesi; sinyalizasyon ve elektrifikasyon sistemlerinin güncellenmesi; tünel, köprü ve istasyon gibi sanat yapılarına yönelik iyileştirme çalışmaları planlanmaktadır. Ayrıca yük ve yolcu taşımacılığına uygun olarak hız limitlerinin artırılması, emniyet ve konfor düzeyinin yükseltilmesi hedeflenmektedir.

Projeyle birlikte hem yerel hem de uluslararası düzeyde demiryolu taşımacılığının etkinliği artırılabilecek; bu sayede bölgesel kalkınma desteklenecek ve Türkiye'nin lojistik kabiliyetinde stratejik bir ilerleme sağlanacaktır. Doğu Anadolu'nun sanayi ve tarım ürünlerinin daha kısa sürede limanlara ve sınır kapılarına ulaşması, maliyetlerin düşürülmesi ve taşımacılık sürelerinin azaltılmasıyla mümkün olacaktır. Ayrıca rehabilite edilecek hat sayesinde sınır ötesi ticarete süreklilik ve güvenlik artırılabilecektir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Kasım 2024'te yaptığı açıklamada, Divriği-Kars-Hudut Demiryolu Hattı'nın tümüyle modernize edilmesini içeren rehabilitasyon çalışmalarının başlatılacağını duyurmuştur. Ancak, projenin başlangıç ve tamamlanma takvimine ilişkin ayrıntılı bilgiler henüz kamuoyuyla paylaşılmamıştır. Projenin etaplar hâlinde yürütülmesi ve öncelikli olarak yüksek trafik yoğunluğuna sahip bölümlerde çalışmaların başlatılması beklenmektedir.

Teknik açıdan proje kapsamında elektrifikasyon sisteminin 25 kV AC 50 Hz standardına uygun hale getirilmesi, sinyalizasyon sistemlerinin ETCS seviyesine yükseltilmesi ve hat geometrisinin iyileştirilmesi öngörülmektedir. Ayrıca, yeni yükleme-boşaltma alanları ve lojistik merkezlerle birlikte modern istasyon yapılarının da inşa edilmesi planlanmaktadır. Bu unsurlar sayesinde hattın taşıma kapasitesi, yıllık tonaj ve tren sıklığı açısından önemli ölçüde artırılacaktır.

Divriği-Kars-Hudut Hattı'nın rehabilitasyonu, Türkiye'nin demiryolu master planı kapsamında hem iç lojistik bağlantıları güçlendirmek hem de Orta Koridor üzerindeki konumunu pekiştirmek için kritik bir adımdır. Bu sayede doğu sınır kapıları üzerinden Azerbaycan, Gürcistan, Türkmenistan, Kazakistan ve Çin'e kadar uzanan hat boyunca kesintisiz, hızlı ve güvenli bir demiryolu bağlantısı sağlanacaktır.

#### **2.1.5.6.10. Aksaray – Ulukışla – Yenice Hızlı Tren Hattı**

Aksaray-Ulukışla-Yenice Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin demiryolu ulaşım ağını güçlendirmek, Orta Anadolu'yu Akdeniz Bölgesi'ne bağlamak ve Mersin Limanı'na hızlı ve sürdürülebilir erişim sağlamak amacıyla geliştirilen yüksek öncelikli stratejik bir projedir. Bu hat, yalnızca yolcu taşımacılığı değil, aynı zamanda uluslararası ticaret ve ihracat açısından kritik öneme sahip yük taşımacılığı açısından da büyük bir kapasite artışı sağlamayı hedeflemektedir.

Proje kapsamında, Aksaray'dan başlayan hat; Niğde'nin Ulukışla ilçesi üzerinden Adana'nın Yenice bölgesine kadar uzanmakta ve burada Mersin Limanı bağlantısıyla entegre olmaktadır. Yaklaşık 196 kilometrelik bu güzergâh boyunca, modern mühendislik çözümleriyle çift hatlı, elektrikli ve sinyalli bir yüksek hızlı demiryolu altyapısı kurulacaktır. Hat, saatte 250 kilometre hız kapasitesine uygun şekilde projelendirilmiş olup hem yüksek hızlı yolcu trenlerine hem de yüksek tonajlı yük trenlerine hizmet verecek hibrit bir altyapı modeli sunmaktadır.

Projenin teknik kapasitesi yıllık 4,5 milyon yolcu ve 28 milyon ton yük taşımacılığı olarak öngörülmektedir. Bu değerler, hem iç ticaret hem de uluslararası liman taşımacılığı açısından önemli bir lojistik hareketlilik yaratacak; Türkiye'nin Orta Anadolu üretim merkezlerinin doğrudan liman bağlantısı sayesinde tedarik zinciri sürelerini ve maliyetlerini düşürecek. Aynı zamanda Mersin Limanı'nın hinterland genişlemesi sağlanarak, limanın lojistik etkinliği artırılacaktır.

Hat, stratejik olarak yalnızca ticareti değil, bölgesel kalkınmayı ve altyapı çeşitliliğini de desteklemektedir. Aksaray, Niğde, Karaman ve Adana gibi şehirler, proje sayesinde demiryolu ile daha güçlü bir şekilde entegre edilecek ve ulaştırma kaynaklarının dengeli kullanımı sağlanacaktır. Ayrıca proje, Orta Anadolu'daki organize sanayi bölgelerinin limanlara erişimini hızlandırarak, ihracat odaklı büyümeyi destekleyecektir.

2024 yılı itibarıyla projenin detaylı mühendislik etütleri ve uygulama projeleri tamamlanmış, ihale süreci başlatılmıştır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın açıklamasına göre hattın inşaatına 2025 yılında başlanması planlanmakta; projenin tüm etaplarıyla birlikte 2030 yılında tamamlanarak işletmeye alınması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda saha hazırlıkları, kamulaştırma süreçleri ve çevresel etki değerlendirmeleri (ÇED) eş zamanlı olarak yürütülmektedir.

Projenin finansmanı, uluslararası kalkınma bankaları ve ticari kredi kuruluşlarından sağlanan dış kaynaklı krediler ile kamu bütçesi birleşimiyle karşılanmaktadır. Bu durum, projenin ekonomik fizibilitesini ve dış yatırımcı güvenilirliğini artırmakta; finansal sürdürülebilirlik açısından olumlu bir örnek teşkil etmektedir. Ayrıca, projenin AB Yeşil Mutabakatı ve Türkiye'nin sürdürülebilir ulaşım hedefleriyle uyumlu olması, çevresel ve sosyal etki yönetimi açısından avantaj sunmaktadır.

Sonuç olarak Aksaray-Ulukışla-Yenice Hızlı Tren Hattı, Türkiye'nin hem iç lojistik dengesini sağlayacak hem de Mersin Limanı'na olan bağlantıyı güçlendirerek uluslararası rekabet gücünü artıracaktır. Proje tamamlandığında, hem çevre dostu bir ulaşım alternatifi hem de çok modlu taşımacılığı destekleyen kapsamlı bir altyapı yatırımı olarak ülke ekonomisine uzun vadeli katkı sağlayacaktır.

#### **2.1.5.6.11. Adapazarı-Karasu Limanı ve Sanayi Tesisleri Demiryolu Bağlantısı Projesi**

Adapazarı-Karasu Limanı ve Sanayi Tesisleri Demiryolu Bağlantısı Projesi, Sakarya ilinin iç kesimlerini Karadeniz kıyısındaki Karasu Limanı'na ve bölgedeki sanayi bölgelerine demiryolu aracılığıyla entegre etmeyi amaçlayan stratejik bir ulaştırma yatırımıdır. Proje, Sakarya'nın üretim ve lojistik kapasitesini artırmak, ihracat odaklı sanayiye liman erişimi kazandırmak ve bölgedeki karayolu taşımacılığına alternatif çevreci bir ulaşım altyapısı oluşturmak amacıyla geliştirilmiştir.





**Şekil 2.18** Adapazarı-Karasu Limanı ve Sanayi Tesisleri Demiryolu Bağlantısı Projesi

Proje kapsamında yaklaşık 65 kilometrelik yeni bir demiryolu hattı inşa edilmesi planlanmakta olup, güzergâh Arifiye'den başlayarak Adapazarı, Söğütli ve Ferizli ilçelerinden geçerek Karasu Limanı'na ulaşacaktır. Bu koridor boyunca dört ana istasyon öngörülmekte; bunlar Arifiye (1. OSB çevresi), Ferizli ilçe merkezi, Karasu ilçe merkezi ve Karasu Limanı bölgelerinde yer alacaktır. Hat, hem yük hem de yolcu taşımacılığına hizmet edecek şekilde hibrit işletmeciliğe uygun olarak tasarlanmıştır.

Teknik olarak hat, çift hatlı ve elektrikli altyapıya sahip olacak şekilde projelendirilmiş olup, trenlerin maksimum 120 km/s hız kapasitesinde işletilebilmesi hedeflenmektedir. Bu yapı sayesinde hem yüksek hacimli yük trenleri hem de bölgesel yolcu trenleri aynı hat üzerinde verimli şekilde işletilebilecektir. Özellikle Ferizli ve Karasu Limanı'nda inşa edilecek modern istasyonlar, yük elleçleme ve transfer işlemleri açısından ileri düzey lojistik hizmet altyapısı ile donatılacaktır.

Hat, Arifiye'deki mevcut TCDD ana demiryolu hattına entegre edilerek ulusal demiryolu ağına doğrudan bağlantı sağlayacaktır. Bu entegrasyon sayesinde Karasu Limanı üzerinden gerçekleşecek dış ticaret taşımacılığı İstanbul, Ankara, Kocaeli, Eskişehir gibi önemli lojistik merkezlerle demiryolu üzerinden kesintisiz bağlantıya kavuşacaktır. Aynı zamanda, Sakarya'daki organize sanayi bölgelerinin (OSB) Karadeniz kıyısındaki liman erişimi hızlanacak ve ihracat lojistiği daha rekabetçi bir düzeye taşınacaktır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Kasım 2024'te yaptığı açıklamada, projenin yapım ihalesinin 2025 yılı içerisinde gerçekleştirileceğini ve inşaat sürecinin yine aynı yıl içerisinde başlatılacağını duyurmuştur. Projenin etaplara ayrılarak uygulanması ve özellikle Arifiye-Ferizli kesiminin öncelikli olarak tamamlanması planlanmaktadır. Nihai hedef, demiryolu hattının 2028 yılı sonuna kadar tamamlanarak işletmeye açılmasıdır.

Projenin hayata geçirilmesiyle birlikte Sakarya'nın lojistik kapasitesi önemli ölçüde artacak; karayolu taşımacılığının yükü hafifletilecek ve çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu katkılar sağlanacaktır. Aynı zamanda liman çıkışı taşımacılığın demiryoluna yönlendirilmesiyle birlikte, hem emisyon salımı hem de trafik yoğunluğu azalacak; sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda önemli bir altyapı kazanımı sağlanmış olacaktır.

#### 2.1.5.6.12. Malatya – Narlı Hızlı Demiryolu Hattı Projesi

Malatya-Narlı Hızlı Demiryolu Hattı Projesi, Türkiye'nin doğu bölgeleri ile Akdeniz kıyısındaki lojistik merkezler arasındaki bağlantıyı güçlendirmek amacıyla planlanan stratejik bir ulaştırma girişimidir. Bu hat, Malatya ilini Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesine bağlı Narlı üzerinden güneydeki demiryolu koridoruna bağlayarak, özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'ni Mersin, İskenderun ve Adana gibi önemli limanlara doğrudan entegre etmeyi amaçlamaktadır.

Projenin temel hedefi, Malatya'nın yüksek kapasiteli bir demiryolu ağı aracılığıyla Akdeniz limanlarına kesintisiz erişimini sağlamak ve bölgenin lojistik potansiyelini artırmaktır. Bu sayede, başta tarım, hayvancılık, madencilik ve sanayi ürünleri olmak üzere bölgedeki üretim merkezlerinden çıkan yüklerin limanlara daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle taşınması mümkün olacaktır. Ayrıca proje, yolcu taşımacılığı açısından da önemli bir hız ve konfor artışı sunacaktır.

Hattın teknik olarak çift hatlı, elektrikli ve sinyalli altyapı standartlarında, saatte 200–250 km hıza uygun olarak tasarlanması öngörülmektedir. Bu sayede hem hızlı yolcu trenleri hem de yüksek tonajlı yük trenleri aynı hat üzerinden etkin biçimde işletilebilecektir. Proje, Türkiye'nin kuzey-güney yönlü demiryolu entegrasyonunu tamamlayan kilit halkalardan biri olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.19 Malatya – Narlı Hızlı Demiryolu Hattı Projesi

Malatya–Narlı hattının, hem mevcut doğu-batı aksına bağlantı sağlayacak hem de kuzeyden gelen yük ve yolcu hareketlerini Akdeniz'e yönlendirecek bir lojistik geçiş hattı olarak çalışması planlanmaktadır. Bu özelliğiyle, projeye yalnızca bölgesel değil, aynı zamanda ulusal düzeyde stratejik bir ulaşım yatırımı gözüyle bakılmaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 2024 yılı içerisinde etüt-proje çalışmalarının başlatılması ve güzergâh analizlerinin tamamlanması öngörülmektedir. Güzergâh üzerinde jeoteknik etütler, çevresel etki değerlendirme (ÇED) çalışmaları, kamulaştırma analizleri ve mühendislik tasarımları gerçekleştirilecektir. Bu süreçlerin ardından uygulama projeleri hazırlanarak yapım ihalesi aşamasına geçilecektir.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte, Malatya'nın Akdeniz limanlarına olan ulaşımı ortalama 4–5 saatlik süreler içerisinde sağlanabilecek; bu da taşıma maliyetlerinde düşüş, tedarik zinciri sürekliliğinde artış ve ticaretin lojistik altyapı kalitesinde iyileşme sağlayacaktır. Aynı zamanda, karayolu taşımacılığı üzerindeki baskı azalacak ve demiryolu tabanlı taşımacılıkla karbon emisyonu gibi çevresel etkiler de en aza indirgenecektir.

Malatya–Narlı Hızlı Demiryolu Hattı, aynı zamanda Türkiye'nin doğusundan Akdeniz'e uzanan Orta Koridor taşımacılık stratejisine entegre edilerek, bölgenin uluslararası ticaret zincirine katılımını da güçlendirecektir. Böylece proje yalnızca bir ulaşım yatırımı değil, bölgesel kalkınma, dış ticaret ve çevresel sürdürülebilirlik bileşenlerini aynı anda destekleyen çok boyutlu bir altyapı kazanımı sağlayacaktır.

#### 2.1.5.6.13. Kırıkkale (Delice) - Çorum Hızlı Tren Projesi

Kırıkkale (Delice) – Çorum Hızlı Tren Projesi, İç Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasında doğrudan ve yüksek kapasiteli bir demiryolu bağlantısı kurmayı hedefleyen stratejik bir ulaştırma yatırımıdır. Proje, Türkiye'nin başkenti Ankara üzerinden Karadeniz'e kesintisiz ve hızlı erişimi mümkün kılarak, bölgesel ekonomik entegrasyonu güçlendirecek önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Proje kapsamında inşa edilmesi planlanan hızlı tren hattı, hem yolcu hem de yük taşımacılığında önemli bir kapasite artışı sağlayacaktır. Hat, seyahat sürelerini önemli ölçüde kısaltacak, özellikle Çorum'un sanayi ve tarımsal üretim potansiyelini daha geniş lojistik ağlara entegre ederek ihracat kapasitesini artıracaktır.





Şekil 2.20 Kırıkkale (Delice) - Çorum Hızlı Tren Projesi

Teknik olarak proje, 250 km/saat tasarım hızına uygun şekilde çift hatlı, elektrikli ve sinyalli altyapı özellikleriyle planlanmıştır. Yaklaşık 120 kilometre uzunluğundaki bu hat, Kırıkkale-Çorum-Samsun koridorunda yer alacak olup, güzergâh üzerinde toplam 7 istasyonun inşa edilmesi öngörülmektedir.

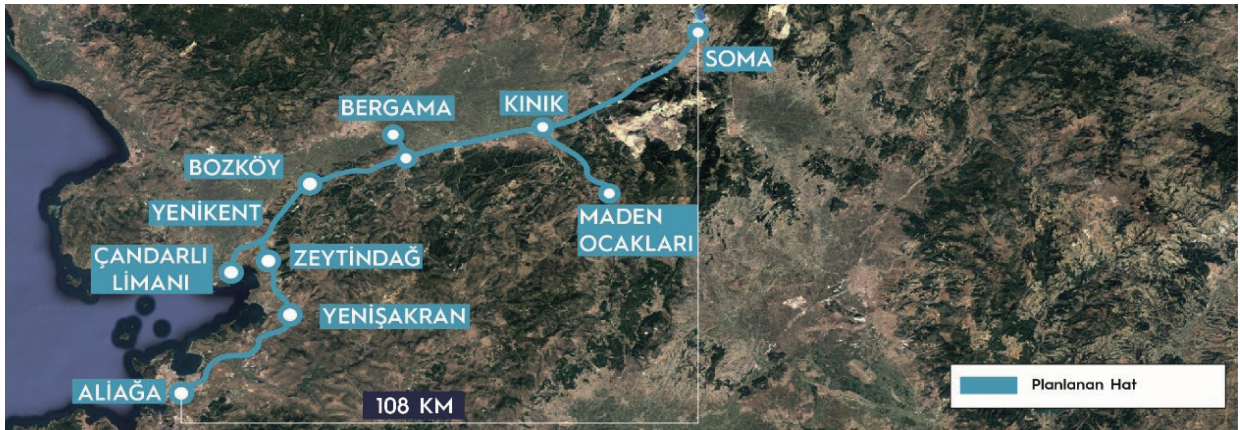
Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu'nun 2024 yılı içerisinde yaptığı açıklamaya göre, hattın yapım ihalesi 2024 yılı içerisinde gerçekleştirilecek ve yapım çalışmalarına başlanacaktır. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından yürütülen proje, 2024 yılı yatırım programına dâhil edilmiş olup, 2027 yılına kadar tamamlanarak işletmeye açılması hedeflenmektedir.

Projenin tamamlanmasıyla birlikte, Ankara ile Karadeniz limanları arasındaki yük taşımacılığı süresi ve maliyetleri önemli ölçüde azalacak; ayrıca bölge halkı için konforlu, hızlı ve güvenli bir ulaşım alternatifi sağlanacaktır. Bu durum, hem bölgesel kalkınmaya katkı sağlayacak hem de Türkiye'nin kuzey-güney yönlü demiryolu entegrasyonunu tamamlayıcı bir rol üstlenecektir.

#### 2.1.5.6.14. Aliğa-Bergama-Soma Revize Demiryolu ve Maden Sahaları Demiryolu Bağlantısı

Aliğa-Bergama-Soma Demiryolu Hattı ile Çandarlı Limanı Demiryolu Bağlantısı Projesi, Ege Bölgesi'nin sanayi, madencilik ve lojistik altyapısını demiryolu ulaşımıyla bütünleştirmeyi amaçlayan stratejik bir ulaştırma yatırımdır. Bu projeler, bölgedeki organize sanayi bölgeleri (OSB), maden işletmeleri ve liman altyapısının demiryolu ağına entegre edilerek taşımacılık verimliliğinin artırılmasını ve ihracat süreçlerinin hızlandırılmasını hedeflemektedir.

Aliğa-Bergama-Soma Demiryolu Hattı kapsamında, mevcut hat altyapısının revize edilmesi ve güzergâhın Aliğa'dan başlayarak Bergama ve Soma ilçeleri üzerinden yeniden yapılandırılması planlanmaktadır. Bu düzenleme ile sanayi bölgeleri ve maden sahalarına iltisak hatları aracılığıyla doğrudan erişim sağlanacak, böylece bölgeye lojistik ve ekonomik açıdan önemli avantajlar kazandırılacaktır.



Şekil 2.21 Aliğa-Bergama-Soma Revize Demiryolu ve Maden Sahaları Demiryolu Bağlantısı

Proje kapsamında ayrıca, Kuzey Ege Çandarlı Limanı'nın demiryolu ağına entegre edilmesi amacıyla yeni bir bağlantı hattı inşa edilecektir. Bu bağlantı, limanın hinterlandını genişleterek iç bölgelerle olan ulaşımı kolaylaştıracak ve limanın uluslararası rekabet gücünü artıracaktır.

Teknik olarak proje; yaklaşık 100 kilometrelik bir hat uzunluğuna sahiptir ve hem ana hat hem de iltisak hatlarını kapsamaktadır. Hat, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli sistem altyapısıyla donatılacak olup, hem yük hem de yolcu taşımacılığına uygun olarak maksimum 120 km/s tasarım hızına sahip olacaktır. Güzergâh üzerinde Aliağa, Bergama, Soma ve Çandarlı Limanı'nda ana istasyonların yer alması planlanmaktadır; ayrıca sanayi ve maden sahalarına özel bağlantı hatları öngörülmektedir.

Projenin revize fizibilite etüt çalışmaları tamamlanmış olup, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından 2023 yılı yatırım programına dahil edilmiştir. Yapım ihalesi hazırlıkları devam etmekte olup, yakın gelecekte ihale sürecine geçilmesi beklenmektedir. Projenin 2026 yılına kadar tamamlanarak işletmeye alınması hedeflenmektedir.

Bu yatırımlar tamamlandığında, bölgedeki yük taşımacılığı kapasitesi önemli ölçüde artacak, sanayi üretiminin limanlara erişimi hızlanacak ve karayolu trafiği üzerindeki baskı azaltılarak çevresel sürdürülebilirlik desteklenecektir.

#### **2.1.5.6.15. Gaziantep-Şanlıurfa- Mardin Hızlı Demiryolu Projesi**

Gaziantep-Şanlıurfa-Mardin Hızlı Demiryolu Projesi, Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde yer alan üç önemli ili modern ve yüksek kapasiteli bir demiryolu altyapısıyla birbirine bağlamayı amaçlayan stratejik bir ulaşım yatırım projesidir. Proje, bölgesel kalkınmayı desteklemenin yanı sıra ekonomik, sosyal ve kültürel bütünleşmeyi teşvik etmeyi hedeflemektedir.

Proje kapsamında, Gaziantep'ten başlayarak Şanlıurfa üzerinden Mardin'e uzanacak yaklaşık 270 kilometre uzunluğunda yeni bir hızlı tren hattının inşa edilmesi planlanmaktadır. Hat, saatte 200 kilometre hızla çalışabilecek trenlerin işletilebileceği teknik altyapıya sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Uygulama fazlarında öncelik verilen Gaziantep-Şanlıurfa kesiminde yıllık yaklaşık 1 milyon yolcu taşınması öngörülmektedir. Bu sayede şehirler arası ulaşım süreleri önemli ölçüde kısalacak, erişilebilirlik ve hizmet kalitesi artacaktır.

Projenin planlama süreci 2017 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından başlatılmış; aynı yıl, Gaziantep-Şanlıurfa Hızlı Tren Hattı'nın kesin projelerinin hazırlanması için ihale süreci yürütülmüştür. 2018 yılı başında proje sözleşmesinin imzalanması planlanmış olsa da, çeşitli teknik ve idari nedenlerden dolayı süreçte gecikmeler yaşanmıştır.

2022 yılında Bakanlık, Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı'nın tamamlanmasının ardından hattın Şanlıurfa'ya kadar uzatılacağını ve projenin askıya alınmasının söz konusu olmadığını kamuoyuna duyurmuştur. Projeye ilişkin gelişmeler 2024 yılı Şubat ayında hız kazanmış, Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Gaziantep-Şanlıurfa hattının etüt projelerinin tamamlandığını, yatırım programına alındıktan sonra yapım ihalesine çıkılacağını açıklamıştır. Aynı açıklamada, Şanlıurfa-Mardin kesimine ilişkin proje çalışmalarının da 2024 yılı içinde tamamlanmasının hedeflendiği belirtilmiştir.

Bu projeye birlikte, bölgenin demiryolu altyapısı önemli ölçüde güçlendirilmiş olacak; bölgesel erişilebilirlik artarken, sanayi, tarım ve turizm sektörlerinde verimlilik ve rekabetçilik desteklenecektir.

#### **2.1.5.6.16. Nusaybin-Habur Hızlı Demiryolu Projesi**

Nusaybin-Habur Demiryolu Hattı Projesi, Türkiye'nin güneydoğusunda stratejik öneme sahip bir demiryolu bağlantısı oluşturarak, Irak ile doğrudan demiryolu entegrasyonu sağlamayı hedefleyen önemli bir altyapı yatırımdır. Bu proje, mevcutta Suriye üzerinden geçen ancak güvenlik gerekçeleriyle kullanılamayan demiryolu hattına alternatif olarak planlanmıştır.

Proje kapsamında, Mardin'in Nusaybin ilçesinden başlayarak Şırnak'ın İdil, Cizre ve Silopi ilçelerinden geçip Habur Sınır Kapısı'na ulaşan yaklaşık 133,3 kilometre uzunluğunda çift hatlı bir demiryolu hattı inşa edilecektir. Hattın teknik özellikleri doğrultusunda, yük trenleri için tasarım hızı saatte 120 kilometre, yolcu trenleri için ise saatte 160 kilometre olarak belirlenmiştir. Bu konfigürasyona göre, bir seferin yaklaşık 81 dakikada tamamlanması planlanmaktadır.

Proje, yalnızca Türkiye-Irak arasındaki ticaretin gelişmesine değil, aynı zamanda Ortadoğu bölgesi ile lojistik entegrasyonun güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Özellikle Habur Sınır Kapısı üzerinden yapılacak taşımacılık faaliyetlerinin demiryolu moduna kaydırılması, taşıma maliyetlerinin düşürülmesini ve sınır geçiş süreçlerinin daha etkin hale getirilmesini mümkün kılacaktır.

2024 yılı itibarıyla, projenin toplam uzunluğu 179 kilometre olarak revize edilmiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yürütülen planlamaya göre, inşaat ve yapım sürecinin ardından projenin 2030 yılı itibarıyla tamamlanması öngörülmektedir. Ayrıca, Habur bölgesinde lojistik üsler ve yük terminalleri kurulması da proje kapsamındaki önemli bileşenlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Bu proje tamamlandığında, Türkiye'nin Orta Doğu'ya açılan demiryolu kapasitelerinde önemli bir artış sağlanacak; bölgenin ticari ve jeopolitik önemi daha da pekişecektir.

#### 2.1.5.6.17. Antalya-Eskişehir Hızlı Tren Hattı

Antalya-Eskişehir Hızlı Tren Hattı Projesi, Türkiye'nin turizm başkenti Antalya'yı Eskişehir üzerinden İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerle demiryolu yoluyla doğrudan bağlamayı amaçlayan stratejik bir altyapı yatırımdır. Proje, ülkenin ekonomik ve sosyal entegrasyonunu güçlendirmeyi, turizm sektörünü lojistik olarak desteklemeyi ve seyahat sürelerini kayda değer ölçüde azaltmayı hedeflemektedir.

Toplamda yaklaşık 425 kilometre uzunluğunda planlanan güzergâh, Eskişehir'den başlayarak Kütahya, Afyonkarahisar, Isparta ve Burdur illerinden geçerek Antalya'ya ulaşacaktır. Bu hat, mevcut demiryolu ağının entegrasyonu sayesinde, İstanbul ve Ankara'dan Antalya'ya kesintisiz hızlı tren seferleri düzenlenmesini mümkün kılacak; iç turizmin canlandırılmasında önemli bir rol üstlenecektir.

Projenin teknik özellikleri kapsamında, hattın tasarım hızı saatte 200 kilometre olarak belirlenmiştir. Bu hızla birlikte, Eskişehir-Antalya arasındaki 347 kilometrelik mesafe yaklaşık 2 saatte, İstanbul-Antalya arasındaki 714 kilometrelik mesafe ise 4 saat 45 dakikada kat edilebilecektir. Bu gelişme, karayoluna kıyasla seyahat süresinde önemli bir azalma sağlayarak ulaşım modları arasında hızlı trenin tercih edilebilirliğini artıracaktır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu, Nisan 2024'te yaptığı açıklamada, Antalya'nın hızlı tren ağına entegre edilmesi amacıyla Eskişehir-Kütahya-Afyonkarahisar-Isparta/Burdur-Antalya kesiminde 200 km/saat tasarım hızına uygun olarak projelendirilen hızlı tren hattının etüt ve proje çalışmalarının tamamlandığını bildirmiştir.

Proje tamamlandığında, Antalya'nın Türkiye'nin hızlı tren ağına bağlanması sağlanacak; böylece hem turizm gelirlerinde hem de bölgesel kalkınma ivmesinde kayda değer bir artış beklenmektedir.

#### 2.1.5.6.18. Antalya-Kayseri Hızlı Tren Hattı

Antalya-Kayseri Hızlı Tren Hattı Projesi, Türkiye'nin güney kıyılarından İç Anadolu Bölgesi'ne uzanan, yüksek kapasiteli bir demiryolu koridoru oluşturmayı hedefleyen önemli bir altyapı yatırımdır. Hat, Antalya'dan başlayarak Konya, Aksaray ve Nevşehir güzergâhı üzerinden Kayseri'ye ulaşacak şekilde planlanmıştır. Bu stratejik güzergâh, hem yolcu taşımacılığı hem de bölgesel kalkınma açısından yüksek öneme sahiptir.

Toplam uzunluğu yaklaşık 607 kilometre olan hat, dört ana kesim halinde yapılandırılmıştır. Proje kapsamında, Acıgöl, Nevşehir ve Avanos olmak üzere üç ana istasyonun inşa edilmesi öngörülmektedir. Hat tamamlandığında, Kayseri-Antalya arası seyahat süresi 2 saat 45 dakikaya kadar düşecek, böylece karayolu ulaşımına göre önemli bir zaman avantajı sağlanacaktır.

Projenin dört aşamalı bölgesel planlaması şu şekildedir:

- **Antalya-Konya Kesimi:** Projelendirme süreci tamamlanmış olup, inşaat faaliyetlerine 2024 yılında başlanması ve bu kesimin 2030 yılında tamamlanması hedeflenmektedir.
- **Konya-Aksaray Kesimi:** Projenin bu bölümü için inşaatın 2031 yılında tamamlanması planlanmaktadır.
- **Aksaray-Kayseri Kesimi:** Bu kesimin inşaatına 2031 yılında başlanması ve 2037 yılında bitirilmesi öngörülmektedir.
- **Genel Tamamlanma Takvimi:** Hat genelinde tüm kesimlerin 2037 yılına kadar tamamlanması planlanmaktadır.

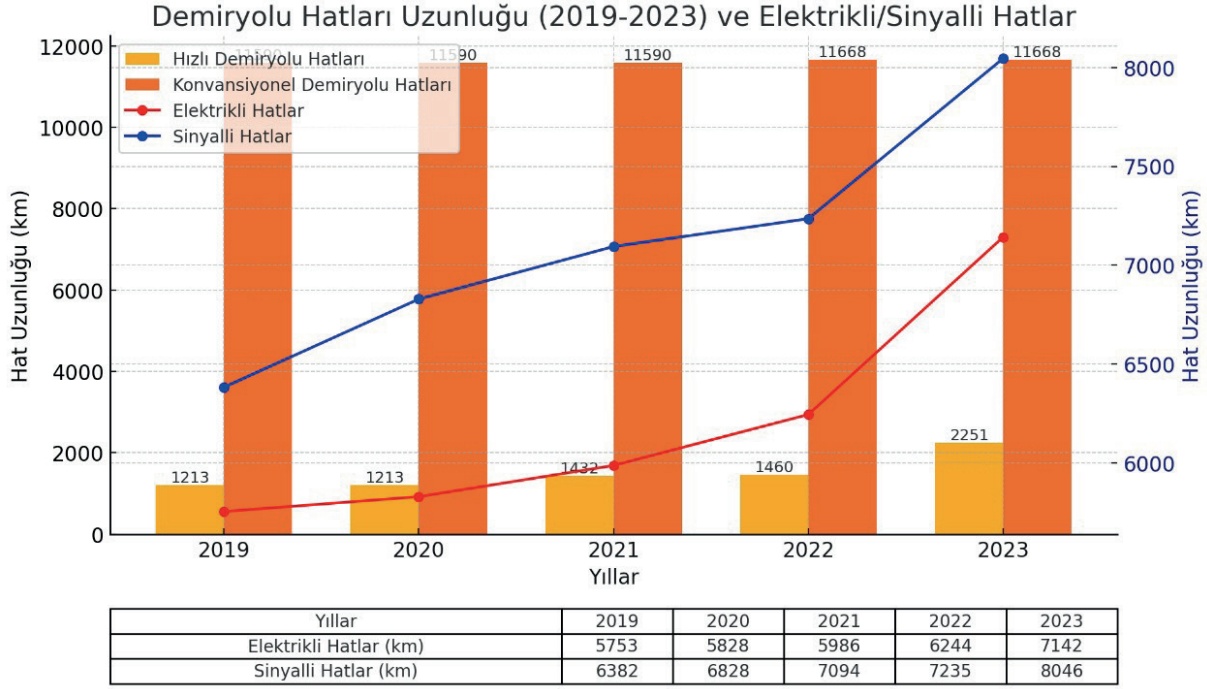
2024 yılı itibarıyla, Antalya-Konya kesiminin uygulama projeleri tamamlanmış, inşaat öncesi hazırlık süreçleri devam etmektedir. Nevşehir-Konya arasındaki bölümde ise etüt ve güzergâh belirleme çalışmaları sürdürülmektedir.

Bu hat, Türkiye'nin güney sahillerinden İç Anadolu'ya yüksek hızlı demiryolu entegrasyonunu sağlayarak hem turizm hem de sanayi lojistiği açısından önemli kazanımlar sunacaktır.



## 2.2. Demiryollarının Mevcut Durumu

2023 yılı sonu itibarıyla, Türkiye demiryolu altyapısı hem konvansiyonel hem de hızlı tren hatları bakımından önemli bir büyüklüğe ulaşmıştır. Ülke genelinde 8.402 km anahat, 833 km ikinci, üçüncü ve dördüncü hatlar olmak üzere toplam 9.235 km uzunluğunda konvansiyonel demiryolu hattı mevcuttur. Buna ilave olarak, 1.994 km istasyon yolları ve 439 km iltisak hattı olmak üzere toplam 2.433 km tali hat, konvansiyonel sistem bünyesine dâhil edilmiştir. Böylece, toplam konvansiyonel hat uzunluğu 11.668 km'ye ulaşmıştır.



**Grafik 2.1** Demiryolu Hatları Mevcut Durumu

Yüksek hızlı tren altyapısı kapsamında ise, 2.032 km yüksek hızlı tren hattı ve 219 km hızlı tren hattı olmak üzere toplam 2.251 km uzunluğunda yüksek hızlı ve hızlı tren hattı bulunmaktadır. Konvansiyonel hatlar ile birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye'deki toplam demiryolu hattı uzunluğu 13.919 km'yi bulmuştur.

Elektrifikasyon bakımından, konvansiyonel hatların 3.543 km'lik kısmı elektrikli olup, bu değer toplam konvansiyonel hat uzunluğunun %41,91'ine karşılık gelmektedir. Öte yandan, yalnızca anahatlar dikkate alındığında, 8.402 km'lik anahatın 3.543 km'sinin elektrikli olduğu görülmekte, bu da yaklaşık %42,17'lik bir elektrifikasyon oranı anlamına gelmektedir.

Tüm demiryolu ağı kapsamında değerlendirildiğinde, toplam 13.919 km'lik hattın 7.142 km'si elektrikli hale getirilmiş olup, bu oran genel ağın %51,33'ünü temsil etmektedir.

Sinyalizasyon açısından ise, toplam 8.046 km uzunluğunda sinyalli hat bulunmaktadır. Bu hattın 5.795 km'si konvansiyonel sistemler içinde yer almakta olup; bunun 4.369 km'si anahat, 639 km'si çok hatlı sistemler, ve 787 km'si tali hatlar olarak sınıflandırılmaktadır. Geriye kalan 2.251 km'si ise hızlı tren hatlarına aittir. Böylece, toplam demiryolu hatlarının %57,81'i sinyalizasyon sistemiyle yönetilmektedir.

## 2.3. Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi

Gelişmiş ülkelerin demiryolu sektörleri incelendiğinde, bu alandaki kurumsal ve yapısal düzenlemelerin, değişen toplumsal ihtiyaçlara, teknolojik gelişmelere ve küresel eğilimlere uyum sağlayacak şekilde sürekli olarak güncellendiği görülmektedir.

Bu dinamik yaklaşım sayesinde, yalnızca taşımacılık hizmetlerinin değil, aynı zamanda demiryolu sanayisinin, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerinin, eğitim ve sertifikasyon sistemlerinin, danışmanlık hizmetlerinin, altyapı inşaat süreçlerinin ve yan sanayinin bütüncül bir şekilde gelişimi sağlanabilmektedir.

Benzer bir anlayışla, Türkiye'nin demiryolu sisteminin de daha sürdürülebilir, rekabetçi ve esnek bir yapıya kavuşturulması hedeflenmiştir. Bu dönüşüm, yalnızca kamu eliyle yürütülen geleneksel taşımacılık modeli yerine, özel sektörün aktif katılımını esas alan, çok aktörlü bir sektör yapılanmasının oluşturulmasını zorunlu kılmıştır. Bu gereklilik doğrultusunda, demiryolu sektörünün yeniden yapılandırılması süreci başlatılmış ve bu kapsamda önemli bir mevzuat düzenlemesi gerçekleştirilmiştir.

Bu dönüşümün temelini oluşturan 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun, 24 Nisan 2013 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından kabul edilmiş; 01 Mayıs 2013 tarihli ve 28634 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Söz konusu kanun ile birlikte, sektörel yeniden yapılanmanın aşağıdaki esaslar çerçevesinde hayata geçirilmesi sağlanmıştır:

- TCDD, yalnızca demiryolu altyapısının sahibi ve yöneticisi konumuna getirilmiş, altyapı işletmecisi olarak yeniden yapılandırılmıştır.
- TCDD Taşımacılık AŞ, TCDD'nin bağlı ortaklığı olarak kurulmuş ve yük ile yolcu taşımacılığı hizmetlerini sunmak üzere görevlendirilmiştir.
- Kamu kurumları ile özel hukuk tüzel kişiliklerinin, demiryolu altyapı işletmeciliği veya tren işletmeciliği faaliyetlerinde bulunabilmesine yönelik yasal ve kurumsal çerçeve oluşturulmuştur.

Bu düzenlemelerle birlikte, demiryolu sektörü özel girişimlere açılarak rekabete dayalı bir piyasa yapısı oluşturulmuş; böylece, sektörel serbestleşme süreci yasal zemine kavuşturulmuştur. Takip eden süreçte, TCDD'nin Ana Statüsü ile TCDD Taşımacılık AŞ'nin Esas Sözleşmesi, 18 Nisan 2016 tarihli ve 2016/T-8 sayılı Yüksek Planlama Kurulu (YPK) Kararı ile onaylanmıştır. TCDD Ana Statüsü, 04 Haziran 2016 tarihli ve 29732 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. TCDD Taşımacılık AŞ ise, 14 Haziran 2016 tarihinde 397254 Ticaret Sicil Numarası ile tescillenmiş ve esas sözleşmesi 17 Haziran 2016 tarihli Türkiye Ticaret Sicili Gazetesi'nde yayımlanmıştır.

TCDD ile TCDD Taşımacılık AŞ arasındaki yapısal ayrışmanın tamamlanması sürecinde, personel ve teknik varlıkların devrine ilişkin düzenleyici adımlar da atılmıştır. Bu kapsamda, personel, demirbaş ekipmanlar, çekici-çekilen araçlar ile diğer teknik varlıkların mülkiyet ve kullanım haklarının devrine dair usul ve esaslar, 14 Aralık 2016 tarihli ve 26/338 sayılı Yüksek Koordinasyon Kurulu (YKK) Kararı ile belirlenmiştir. Ardından, 28 Aralık 2016 tarihinde "Devir, Tahsis ve İşletme Protokolü" taraflar arasında imzalanarak yürürlüğe girmiştir.

Bu gelişmeler doğrultusunda, 01 Ocak 2017 tarihi itibarıyla Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), demiryolu altyapı işletmecisi olarak yeniden yapılanmıştır; TCDD Taşımacılık AŞ ise tren işletmecisi sıfatıyla faaliyetlerine resmen başlamıştır. Söz konusu yeniden yapılanma ile birlikte, özel sektör aktörlerinin de kendi lokomotifleri, vagonları ve personeli ile demiryolu üzerinden yük ve yolcu taşımacılığı yapmalarına yasal zemin oluşturulmuştur. Bu çerçevede, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yetkilendirilen ilk özel taşımacılık şirketi sektörde faaliyete geçmiştir.

Sektördeki bu dönüşüme paralel olarak, hukuki altyapıyı güçlendirmek amacıyla 28 Kasım 2017 tarihli ve 7061 sayılı Kanun'un 114. maddesi ile 6461 sayılı Kanun'un Geçici 3. maddesi revize edilmiştir. Bu değişiklik, madde metnindeki "bakım ve onarım" ibaresi "işletme" olarak değiştirilmiş ve aşağıda belirtilen kapsamda Hazine desteğinin önü açılmıştır:

- Maddede belirtilen harcamalar dışındaki altyapı yatırımlarının finansmanı,
- TCDD'nin işletme bütçesindeki açıkların karşılanması,
- TCDD Taşımacılık AŞ'ye yapılan sermaye transferlerinden doğan yüklerin tazmini.

Bu harcamaların, Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından sermayeye mahsup edilmek suretiyle karşılanabileceği hükme bağlanmıştır.

Yapılan bu yasal düzenlemeyi takiben, 11 Mart 2021 tarihli ve 7297 sayılı Kanun'un 7. maddesi ile aynı geçici maddede yer alan "2020 yılı" ifadesi "2023 yılı" olarak değiştirilmiş, ayrıca Cumhurbaşkanına bu süreyi 10 yıla kadar uzatma yetkisi tanınmıştır. Bu değişiklik, serbestleşme sürecinin mali sürdürülebilirliğini güvence altına almayı ve sektöre olan kamu desteğinin esnekliğini artırmayı hedeflemiştir.

#### **2.4. Türkiye'de Demiryolu Yük Taşımacılığı (2003-2024)**

2003 yılı sonrasında Türkiye'de demiryolu ile yük taşımacılığının gelişim süreci, güçlü kamu politikaları ve uzun vadeli stratejik vizyon çerçevesinde ivme kazanmıştır. 2002 yılında toplam yük taşımacılığı içerisinde demiryolunun payı yalnızca %4 düzeyindeyken, bu dengesizliğin giderilmesi amacıyla demiryolu taşımacılığı hükümet politikaları kapsamında öncelikli bir alan olarak konumlandırılmıştır. 2003 yılı itibarıyla ulaştırma politikalarında demiryolu yatırımlarına ağırlık verilmiş; ihmal edilmiş demiryolu altyapısının modernize edilmesi ve genişletilmesine yönelik olarak 2023 yılına kadar 23,5 milyar ABD doları tutarında yatırım yapılacağı ilan edilmiştir. Dönemin Ulaştırma Bakanı tarafından da açıklandığı üzere, demiryolları devlet politikası düzeyinde öncelikli yatırım alanı haline getirilmiştir.

Bu doğrultuda, son yirmi yılda demiryolu altyapısının güçlendirilmesine yönelik kapsamlı projeler uygulanmıştır. 2023 hedefleri kapsamında 4.000 kilometre uzunluğunda yeni konvansiyonel yük hattının inşa edilmesi planlanmıştır; ayrıca Gürcistan (Bakü-Tiflis-Kars hattı), Irak ve İran gibi komşu ülkelerle demiryolu bağlantılarını tesis etmeyi amaçlayan uluslararası projeler yatırım programına dahil edilmiştir. Özellikle 2017 yılında hizmete giren Bakü-Tiflis-Kars (BTK) hattı ile 2013'te işletmeye açılan ve 2019'da yük taşımacılığına da olanak sağlayacak şekilde genişletilen Marmaray Boğaz Tüp Geçidi, Asya ve Avrupa arasında kesintisiz demiryolu koridoru oluşturma stratejisinin temel bileşenleri olmuştur. Bu projeler, Türkiye'nin "Demir İpek Yolu" vizyonunun somut adımları olarak değerlendirilmiştir.

Demiryolu yük taşımacılığının geliştirilmesi, Türkiye'nin ulusal kalkınma planlarında stratejik öncelikler arasında yer almıştır. 2005 yılından itibaren hazırlanan tüm kalkınma planlarında, ulaştırma modları arasındaki dengesizliğin giderilmesi ve demiryolunun taşımacılıktaki payının artırılması temel hedef olarak benimsenmiştir. 2023 yılı için belirlenen hedef, demiryolunun yük taşımacılığındaki payının %5 seviyelerinden %15-20 düzeyine çıkarılmasıdır. Bu çerçevede, 10. ve 11. Beş Yıllık Kalkınma Planları kapsamında büyük ölçekli demiryolu projelerine öncelik verilmiş; örneğin, 11. Kalkınma Planı (2019-2023) çerçevesinde demiryolu ile taşınan yıllık yük miktarının 14,5 milyar ton-km'den 32,4 milyar ton-km'ye çıkarılması hedeflenmiştir. Ayrıca, yük taşımacılığı odaklı yatırımların önceliklendirilmesi, ana sanayi bölgeleri ile demiryolu bağlantılarının tamamlanması ve ülke genelinde lojistik merkezlerin kurulması planlanmıştır. 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı'nda ise daha iddialı hedefler ortaya konmuştur. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın bu plana göre 2053 yılına kadar demiryolu ağının 28.590 km'ye çıkarılması, demiryolunun yük taşımacılığındaki payının %22'ye yükseltilmesi ve yıllık yük taşıma miktarının 32 milyon tondan 448 milyon tona çıkarılması öngörülmektedir. Bu hedefler, demiryolu sektörünün Türkiye ekonomisinde stratejik bir taşıyıcı omurga haline gelmesi vizyonuna dayanmaktadır.

2003 yılından itibaren Türkiye'de demiryolu ile yük taşımacılığı, devletin öncülüğünde yürütülen kapsamlı politika reformları ve yatırımlar neticesinde yeniden canlanmış ve önemli bir gelişim sürecine girmiştir. Uzun yıllar boyunca ihmal edilen demiryolu altyapısı, modernizasyon projeleriyle yeniden yapılandırılmış; hat kapasitesi, teknik standartlar ve hizmet kalitesi belirgin şekilde artırılmıştır. Yüksek hızlı tren projeleri ile eş zamanlı olarak yük taşımacılığı da ulaştırma politikalarının stratejik bir bileşeni haline gelmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nın (TCDD) yeniden yapılandırılması ve TCDD Taşımacılık A.Ş.'nin kurulması, sektörde kurumsal dönüşümün önünü açmış; hizmet sunumunda operasyonel verimlilik ve kalite artışı sağlanmıştır. 2013 yılında başlatılan serbestleşme süreciyle birlikte özel sektör aktörlerinin sektöre girişi teşvik edilmiş, bu da sektörde rekabetin ve yenilikçiliğin gelişmesine zemin hazırlamıştır. Kamusal ve özel sektör aktörleri, artan rekabet ortamında pazar paylarını artırmak amacıyla süreçlerini daha verimli ve yenilikçi hale getirme yönünde adımlar atmıştır.

Mevcut istatistikler, demiryolu ile taşınan yıllık yük hacminin son yirmi yılda yaklaşık iki katına çıktığını göstermektedir. 2020'li yılların başında yıllık ortalama 38-39 milyon ton yük demiryolu ile taşınmıştır. Ancak bu artışa rağmen, toplam taşımacılık içerisindeki demiryolu payının %5 düzeylerinde seyretmesi, sektörün potansiyelini tam anlamıyla gerçekleştirmediğini ve daha kat edilmesi gereken önemli bir mesafe bulunduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, lojistik merkezlerin kurulması, organize sanayi bölgelerinin demiryoluna entegre edilmesi ve yeni yük hatlarının inşası gibi yapısal projeler devreye alınmıştır. Özellikle lojistik merkezler aracılığıyla sanayi bölgelerinde demiryolu kullanımında artış sağlanmış; Bakü-Tiflis-Kars demiryolu hattı ile Marmaray Boğaz Geçidi gibi stratejik altyapı projeleri sayesinde Türkiye, uluslararası demiryolu ağlarında kritik bir konuma yükselmiştir. Çin ile Avrupa arasındaki yük taşımacılığına hizmet eden Orta Koridor üzerinde yer alan Türkiye, doğu-batı eksenindeki ticaret akışında stratejik bir lojistik köprü rolünü üstlenmiştir.

Önümüzdeki dönemde, planlanan altyapı yatırımlarının tamamlanmasıyla birlikte demiryolu yük taşımacılığının daha üst seviyelere ulaşması öngörülmektedir. 2053 yılı için belirlenen hedefler bu çerçevede yol gösterici niteliktedir: toplam 28.500 km'lik demiryolu ağına ulaşılması, yük taşımacılığında demiryolunun pazar payının %22 seviyesine çıkarılması ve yıllık taşınan yük miktarının 400 milyon tonun üzerine yükseltilmesi hedeflenmektedir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için istikrarlı kamu yatırımlarının devam etmesi, özel sektörün sektöre etkin katılımının sağlanması, altyapı ve üstyapı iyileştirmelerinin bütüncül biçimde sürdürülmesi ve ulaştırma modları arasında dengeyi gözeten politikaların uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, karayolu taşımacılığıyla rekabet edebilmesi adına demiryolu taşımacılığında hız, esneklik ve bürokratik süreçlerin etkinliği artırılmalı; dijitalleşme, entegre gümrük işlemleri ve 7/24 çalışan sınır kapıları gibi uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır. Son kalkınma planlarında bu hedefler doğrultusunda atılması gereken adımlara açıkça yer verilmiştir.

Sonuç olarak, 2003 sonrası dönemde Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığı yeniden stratejik bir sektör haline gelmiş; altyapı yatırımlarından işletmecilik yapısına kadar geniş bir dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Devam eden projeler ve artan kurumsal farkındalık sayesinde demiryolunun Türkiye'nin ulusal lojistik sistemindeki rolünün giderek artması beklenmektedir. Mevcut kazanımların sürdürülebilirliğinin sağlanması ve sektördeki yapısal sorunların giderilmesi halinde, demiryolu yük taşımacılığı hem ekonomik büyümeye daha fazla katkı sağlayacak hem de Türkiye'nin küresel lojistik zincirindeki stratejik konumunu daha da güçlendirecektir.

#### 2.4.1. TCDD ve TCDD Taşımacılık AŞ'nin Rolü

Türkiye'de demiryolu taşımacılığı faaliyetlerinin uzun yıllar boyunca tek yetkili kurumu Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) olmuştur. 2003 sonrasında sektörde yaşanan dönüşüm sürecinde, TCDD'nin kurumsal yeniden yapılandırılması ve buna paralel olarak kurulan TCDD Taşımacılık A.Ş.'nin performansı, sektörel gelişimin ivmelenmesinde belirleyici bir rol oynamıştır.

Demiryolu sektörünün serbestleşmesini amaçlayan 2013 tarihli 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun kapsamında, TCDD altyapı işletmecisi olarak yeniden yapılandırılmış; tren işletmeciliği faaliyetlerinin yürütülmesi için ayrı bir anonim şirket kurulması öngörülmüştür. Bu doğrultuda, 2016 yılında TCDD Taşımacılık A.Ş. kurulmuş ve 1 Ocak 2017 itibarıyla yurtiçi yolcu ve yük taşımacılığı faaliyetleri bu şirkete devredilmiştir. Böylece TCDD, ülke genelindeki demiryolu altyapısının sahibi ve yöneticisi olarak konumlandırılmış; TCDD Taşımacılık A.Ş. ise kamuya ait tren işletmecisi sıfatıyla faaliyet göstermeye başlamıştır. Bu model, Avrupa Birliği demiryolu reformlarında da öngörülen "altyapı ve işletmecilik faaliyetlerinin ayrıştırılması" (unbundling) prensibine uygun bir yapısal reform niteliği taşımaktadır. Reformun temel amacı, kamu tekeli altında yürütülen tren işletmeciliği faaliyetlerini rekabete açarak sektöre özel aktörlerin girişini kolaylaştırmak ve böylece hizmet kalitesini artırmaktır.

TCDD ve sonrasında TCDD Taşımacılık A.Ş., özellikle yük taşımacılığı alanında müşteri odaklı hizmet anlayışını güçlendirmek ve operasyonel verimliliği artırmak amacıyla çeşitli stratejik adımlar atmıştır. 2000'li yılların ortalarından itibaren, daha hızlı ve ekonomik çözümler sunmak amacıyla blok tren uygulamaları yaygınlaştırılmıştır. Geleneksel karma tren taşımacılığı yerine, belirli bir müşteri ya da belirli bir güzergâh için oluşturulan blok konteyner trenleri işletilmeye başlanmış; bu sayede taşıma süreleri kısaltılmış ve lojistik maliyetler düşürülmüştür. Özellikle sanayi bölgeleri ile limanlar arasında tarifeli konteyner tren seferleri organize edilmiştir. Örneğin, Tekirdağ Asyaport-Ankara ve İstanbul-Gaziantep güzergâhlarında düzenli yük trenleri hizmete alınarak karayolu taşımacılığına alternatif oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra, uluslararası taşımalarda Avrupa'ya yönelik günlük konteyner tren seferleri (örneğin Halkalı-Kapıkule hattı üzerinden) düzenlenerek sınır aşan lojistik hizmetlerin etkinliği artırılmıştır.

TCDD Taşımacılık A.Ş. döneminde, taşıma kapasitesini ve hizmet kalitesini artırmak amacıyla taşıma filosunun modernizasyonuna öncelik verilmiştir. Bu kapsamda yeni nesil elektrikli lokomotifler ve yük vagonları temin edilmiş; mevcut lokomotiflerin bakım süreçleri iyileştirilmiştir. Yerli üretim kapasitesinin artırılması amacıyla, TÜRASAŞ tarafından geliştirilen yerli yük vagonları filoya entegre edilmiştir. Özellikle özel sektör operatörlerinin de kullanımına açık olan yeni tip yüksek kapasiteli konteyner vagonları sayesinde, demiryolu ile yapılan konteyner taşımacılığı 2010'lu yıllarda kayda değer bir artış göstermiştir.

Uluslararası taşımacılık alanında da TCDD Taşımacılık, hizmet kalitesini yükseltmeye yönelik çeşitli yenilikçi uygulamaları hayata geçirmiştir. Tek belgeli taşımacılık süreçleri, entegre lojistik hizmet modelleri ve bürokratik süreçlerin sadeleştirilmesi bu kapsamda değerlendirilebilecek başlıca adımlardır. Nitekim 2021 yılında TCDD, Avrupa-Asya ekseninde yürütülen uluslararası taşımacılık faaliyetlerinde kolaylık sağlayan ve iki farklı hukuk sisteminde geçerli olan CIM/SMGS ortak taşıma belgesinin kullanımına geçileceğini açıklamış; böylece kıtalar arası demiryolu taşımacılığında operasyonel uyumu artırma yönünde önemli bir adım atılmıştır.

TCDD Taşımacılık A.Ş., kuruluşunun ardından Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığı alanında kamu operatörü olarak faaliyetlerini sürdürmüş ve ilk yıllardaki performans göstergeleri, sektörel büyüme açısından olumlu bir tablo ortaya koymuştur. Özellikle 2020-2021 döneminde COVID-19 pandemisinin olumsuz etkilerine rağmen demiryolu yük taşımacılığı hacminde dikkate değer artışlar gözlemlenmiştir. 2021 yılında TCDD Taşımacılık, yaklaşık 33 milyon ton yük taşıyarak kendi tarihinin en yüksek taşıma hacmine ulaşmıştır. Aynı yıl, özel sektör dâhil toplam demiryolu yük taşımacılığı hacmi ise yaklaşık 38 milyon ton seviyesine erişmiştir. Bu gelişme, bir önceki yıla kıyasla yaklaşık %10'luk bir artışa tekabül etmektedir. Bununla birlikte, sektör temsilcileri talebin bu seviyenin üzerinde olduğunu; ancak altyapı yetersizlikleri ve kapasite sınırlamaları nedeniyle taşıma miktarının potansiyelin altında kaldığını belirtmiştir.

2021 yılına gelindiğinde ise, demiryolu yük taşımalarının yaklaşık %41'inin konteyner trenleri ile yapılmakta olduğu görülmektedir. Bu oran, TCDD Taşımacılık'ın konteyner taşımacılığına verdiği önemin ve bu alana yönelik stratejik yönelimin açık bir göstergesidir. Söz konusu dönemde TCDD ve TCDD Taşımacılık iş birliğiyle birçok Organize Sanayi Bölgesi'ne (OSB) yükleme rampaları ve bağlantı hatları tesis edilmiştir. Bu altyapı yatırımları sayesinde sanayi tesislerinden doğrudan demiryolu hattına erişim sağlanmış, taşıma süreçlerinde zaman ve maliyet avantajı elde edilmiştir. Örnek olarak, Kocaeli'deki Petkim ve Tüpraş rafinerilerine, Konya Kayacık OSB'ye ve Ankara Boğazköprü (Kayseri) OSB'ye demiryolu bağlantılarının bu dönemde tamamlandığı bilinmektedir.

Finansal açıdan değerlendirildiğinde, TCDD Taşımacılık A.Ş., yolcu taşımacılığı faaliyetleri için kamu hizmet yükümlülüğü kapsamında merkezi yönetimden sübvansiyon alırken, yük taşımacılığını mali açıdan sürdürülebilir ve mümkün olduğunca kârlı hale getirme hedefiyle faaliyetlerini sürdürmektedir. 2021 yılı itibarıyla kurumun yolcu ve yük taşımacılığı faaliyetlerinden elde ettiği toplam gelir yaklaşık 2,6 milyar TL olarak bildirilmiştir. Yük taşımacılığı faaliyetleri birim düzeyinde kârlı olarak değerlendirilmekle birlikte, kurumun genel işletme maliyetlerini karşılamak ve faaliyetlerin devamlılığını sağlamak amacıyla devlet desteği önemini korumaktadır.

Sonuç olarak, TCDD'nin kurumsal dönüşüm süreciyle ortaya çıkan TCDD Taşımacılık A.Ş., Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığının geliştirilmesinde öncü bir rol üstlenmiştir. Hizmet kalitesindeki artış, konteyner taşımacılığına yönelik stratejik yatırımlar ve yeni hat bağlantıları sayesinde operasyonel verimlilik artırılmış; kamu operatörü olarak pazar payı büyük ölçüde korunmuştur. Her ne kadar demiryolu sektörünün serbestleşmesiyle birlikte özel sektör rekabeti başlamış olsa da (ayrıntılar "Serbestleşme Süreci" bölümünde ele alınmaktadır), TCDD Taşımacılık hâlen Türkiye'de demiryolu ile taşınan yüklerin büyük çoğunluğunu gerçekleştiren ana aktör konumundadır.

#### **2.4.2. Serbestleşme Etkisi ve Özel Sektörün Girişi**

Türkiye'de demiryolu taşımacılığının serbestleşme süreci, 2000'li yılların başından itibaren Avrupa Birliği ulaştırma politikalarına uyum sağlama ve sektörde rekabeti teşvik etme hedefleri doğrultusunda gündeme gelmiştir. Bu çerçevede en kritik adım, 1 Mayıs 2013 tarihinde yürürlüğe giren 6461 sayılı "Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun" olmuştur. Söz konusu kanun ile Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nın (TCDD) sektördeki tekel niteliği sona erdirilmiş; özel sektör aktörlerinin hem demiryolu altyapısı inşa ve işletme yetkisi kazanması hem de kendi trenlerini işletme hakkı yasal güvence altına alınmıştır.

Kanun, TCDD'yi altyapı işletmecisi olarak tanımlamış; yolcu ve yük tren işletmeciliği faaliyetlerinin yürütülmesi için ayrı bir kamu şirketi olarak TCDD Taşımacılık A.Ş.'nin kurulmasını hükme bağlamıştır. Ayrıca, her türlü sermaye şirketine (özellikle anonim şirket statüsündeki kuruluşlara), Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan lisans almak kaydıyla demiryolu tren işletmeciliği yapma hakkı tanınmıştır. Böylece karayolu, havayolu ve denizyolunda olduğu gibi demiryolunda da çok aktörlü ve rekabete dayalı bir pazar yapısının oluşturulması hedeflenmiştir.

Serbestleşme süreci, hukuki altyapının oluşturulmasının ardından kademeli biçimde uygulamaya geçirilmiştir. TCDD Taşımacılık A.Ş.'nin 1 Ocak 2017 itibarıyla faaliyetlerine başlamasıyla birlikte, özel sektör tren işletmeciliği için lisanslandırma süreci başlatılmış; aynı yıl Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından ilk "Demiryolu Tren İşletmeciliği Yetki Belgeleri" özel şirketlere verilmiştir. Böylece Türkiye'de ilk özel sektör tren operatörleri resmi olarak faaliyete geçmiştir. Özel sektörün demiryolu taşımacılığına girişi, başlangıçta çoğunlukla kamu iş birlikleri şeklinde yürütülmüş; zamanla bu yapı daha bağımsız operasyonlara doğru evrilmiştir.

Sektörel istatistikler, serbestleşme sürecinin özel sektörün sektöre katılımını artırdığını ortaya koymaktadır. 2003 yılında özel sektöre ait yük vagonu sayısı yalnızca 771 adet iken, bu rakam 2023 yılı itibarıyla 4.024'e yükselmiştir. Aynı yıl kamuya ait yük vagonu sayısı ise 16.511 olarak kaydedilmiştir. Bu gelişme, demiryolu taşımacılığı sektöründe özel sektörün taşıma kapasitesine katkısının giderek arttığını ve serbestleşme politikalarının sektördeki yapısal çeşitliliği teşvik ettiğini göstermektedir.



**Özel tren operatörlerinin ilk örnekleri şunlardır:**

**Körfez Ulaştırma A.Ş.:** Körfez Ulaştırma A.Ş., Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. (Tüpraş)'ın %100 iştiraki olarak 2017 yılında kurulmuş olup, Türkiye'de özel sektör demiryolu tren işletmeciliği lisansı alan ilk şirketlerden biri olmuştur. Haziran 2017'de Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan "Demiryolu Tren İşletmeciliği Yetki Belgesi" olarak faaliyetlerine resmî olarak başlamıştır.

Aralık 2017 itibarıyla Körfez Ulaştırma A.Ş., İzmit ve Kırıkkale rafinerileri arasında akaryakıt taşımacılığına başlamış; operasyonlarını TCDD Taşımacılık'tan kiraladığı lokomotifler ve kendisine ait özel tasarımı akaryakıt vagonlarıyla yürütmüştür. Şirketin faaliyet alanı zamanla genişlemiş, Türkiye'nin çeşitli bölgelerine yönelik akaryakıt ve kimyasal madde taşımacılığı gerçekleştirilerek sektörde önemli bir yük hacmine ulaşılmıştır. Bu kapsamda bugüne kadar İzmit-Kırıkkale hattında toplamda 7 milyon ton ürün taşınmış; yalnızca 2022 yılında 2,5 milyon ton akaryakıt ve 250 bin ton demir cevheri taşıması gerçekleştirilmiştir. Bu operasyonlar sayesinde karayolu tanker trafiği azaltılmış; çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal fayda bakımından önemli kazanımlar sağlanmıştır.

Körfez Ulaştırma, 2022 yılı sonu itibarıyla 81 makinist ve 40 destek personelinden oluşan toplam 121 kişilik profesyonel kadrosuyla faaliyetlerini sürdürmektedir. Şirketin operasyonel başarı düzeyi, nitelikli insan kaynağı, sürekli eğitim politikaları ve yüksek güvenlik standartları ile desteklenmektedir.

Filo modernizasyonuna yönelik yatırımlar, şirketin sürdürülebilirlik vizyonunun önemli bir parçası olarak konumlandırılmıştır. 2019 yılında TÜLOMSAŞ'tan tedarik edilen 5 adet dizel lokomotif ile başlayan bu süreç, hibrit ve çevreci teknolojilere yönelerek devam etmiştir. Şirket, İsviçre menşeli Stadler firması tarafından üretilen 7 adet EuroDual tipi çift yakıtlı (dizel/elektrikli) hibrit lokomotif filosuna katmıştır. 2024 yılı son çeyreğinde teslim edilmesi planlanan 2 yeni EuroDual lokomotif ile toplam lokomotif sayısının 14'e ulaşması öngörülmektedir.

Körfez Ulaştırma A.Ş., Türkiye'nin ilk özel tren işletmecisi unvanı ile sektörde öncü bir konumda yer almakta; Tüpraş'ın entegre lojistik stratejisinin ana taşıyıcısı olarak faaliyet göstermektedir. Şirketin benimsediği modern, güvenli ve çevre dostu taşımacılık vizyonu, demiryolu taşımacılığı sektöründe özel sektör katılımının artmasına yönelik başarılı bir örnek teşkil etmekte ve sektördeki liderliğini pekiştirmektedir.

**Omsan Lojistik:** Omsan Lojistik, OYAK Grubu bünyesinde faaliyet gösteren ve Türkiye'de demiryolu yük taşımacılığı alanında lisans alarak faaliyet gösteren ilk özel tren işletmecilerinden biridir. Şirket, Ekim 2017 tarihinde Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan "Tren İşletmeciliği Yetki Belgesi" ve "Emniyet Yönetim Sertifikası" olarak, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) dışındaki ilk özel yük treni operatörü olmuştur.

Omsan Lojistik, demiryolu operasyonlarına Aralık 2017 itibarıyla başlamış; Türkiye'nin ilk özel yük treni ile Sivas'ın Divriği ilçesindeki ERMAĐEN maden sahasından İskenderun'daki İsdemir demir-çelik tesislerine demir cevheri taşıma operasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu operasyon için TCDD Taşımacılık A.Ş.'den 15 adet elektrikli lokomotif ve 350 adet yük vagonu kiralanmış; böylece özel sektörün kamu kaynaklarıyla entegre biçimde çalışabileceği bir model hayata geçirilmiştir.

Şirket, aynı yıl içinde faaliyet alanını genişletmiş ve Türkiye'de demiryolu ile otomobil taşımacılığı gerçekleştiren ilk özel kuruluş olmuştur. 2017 yılının son çeyreğinde Köseköy (Kocaeli) – Mersin hattında devreye alınan, her biri 204 otomobil taşıma kapasitesine sahip özel trenler ile otomobil taşımacılığı gerçekleştirilmiş; bu sayede hem karayolu taşımacılığına alternatif bir çözüm sunulmuş hem de çevreci lojistik uygulamaları teşvik edilmiştir. Bu girişim, Türkiye lojistik sektöründe sürdürülebilir taşımacılık modelleri açısından önemli bir dönüm noktası olarak değerlendirilmektedir.

Omsan Lojistik, 2020 yılı itibarıyla demiryolu ile taşınan yük miktarını 3,5 milyon tonun üzerine çıkarmış; aynı zamanda yaklaşık 107.290 tonluk karbon salımını engelleyerek çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamıştır. Şirketin operasyonel stratejisinde düşük emisyonlu taşımacılık, lojistik verimlilikle birlikte öncelikli hedefler arasında yer almakta ve bu yaklaşım kurumsal sürdürülebilirlik politikaları ile uyumlu şekilde sürdürülmektedir.

Omsan'ın demiryolu taşımacılığı filosu, 15 kiralık lokomotif ve 400'ün üzerinde yük vagonundan oluşmaktadır. Şirket, Marmaray üzerinden gerçekleştirdiği kıtalar arası taşımalarla intermodal lojistik çözümler geliştirmekte ve bu sayede zaman, maliyet ve çevresel etkiler açısından avantaj sağlayan entegre taşıma modelleri sunmaktadır.

Bununla birlikte, Omsan Lojistik 2002 yılından itibaren swap body ve vagon sistemlerini kullanarak Türkiye-Avrupa hattında intermodal taşımacılık hizmeti sunmaktadır. Bu hizmet modeli, yüklerin hem ekonomik hem de yüksek güvenlik standartlarına uygun şekilde taşınmasına olanak sağlamaktadır. Şirketin bu alandaki faaliyetleri, Avrupa Birliği'nin yeşil lojistik politikalarıyla da uyumlu bir çizgide ilerlemektedir.

**Pasifik Eurasia Lojistik:** Pasifik Eurasia Lojistik, 2019 yılında demiryolu odaklı lojistik çözümler geliştirme hedefiyle sektöre giriş yapmıştır. Şirket, 2023 yılında “Pasifik Eurasia Demiryolu Tren İşletmeciliği” (DTİ) unvanıyla kurduğu tren işletmeciliği organizasyonu aracılığıyla Türkiye'nin üçüncü özel demiryolu tren işletmecisi olmuş; ayrıca uluslararası demiryolu taşımacılığı alanında faaliyet gösteren ilk özel sektör tren operatörü olma niteliğini kazanmıştır.

Pasifik Eurasia, Türkiye'nin demiryolu taşımacılığı kapasitesini artırma amacı doğrultusunda kendi lokomotif ve vagonlarıyla hizmet sunmakta, böylece kamu altyapısına entegre ancak bağımsız bir taşıma ağı tesis etmektedir. Uluslararası operasyonlar kapsamında Bakü-Tiflis-Kars (BTK) hattı üzerinden Gürcistan, Azerbaycan, Kazakistan, Türkmenistan, Özbekistan, Kırgızistan, Tacikistan ve Çin'e; Türkiye-Avrupa hattı üzerinde ise Bulgaristan, Sırbistan, Hırvatistan, Bosna-Hersek, Romanya, Macaristan, Avusturya, Çekya, Almanya, Polonya ve Fransa'ya demiryolu taşımacılığı hizmetleri sunmaktadır.

2024 yılı itibarıyla İstanbul-Budapeşte parkurunda ilk blok tren seferini başarıyla gerçekleştiren şirket, bu hat üzerinde aylık 60, yıllık 600 tren seferi planlamakta ve bu sayede yaklaşık 750 bin tonluk ihracat yükünü, karayolu taşımacılığına kıyasla 22 bin TIR taşımasına eşdeğer şekilde demiryolu ile ulaştırmayı hedeflemektedir. Bu hedef, Türkiye'nin Avrupa ile olan dış ticaret taşımalarında demiryolunun rekabetçi bir mod haline getirilmesi açısından stratejik öneme sahiptir.

Pasifik Eurasia, intermodal taşımacılık alanında da aktif faaliyet göstermekte olup demiryolu, denizyolu ve karayolu modlarını entegre eden taşıma zincirleri kurarak yüklerin zaman, maliyet ve çevresel etki açısından optimize edilmiş biçimde taşınmasını sağlamaktadır.

Çevresel sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda hareket eden şirket, Ocak 2024'te “Yeşil Lojistik Belgesi” almaya hak kazanmış; Avrupa Yeşil Mutabakatı ve sınırda karbon düzenlemeleri kapsamında lojistik faaliyetlerinde karayolu kullanımını asgari düzeyde tutmayı ve karbon emisyonlarını minimize etmeyi temel strateji haline getirmiştir.

Şirketin operasyonel altyapısı, Ankara, İstanbul, İzmir, İzmit, Mersin ve Kars'taki irtibat ofisleri ile Köseköy, Yenice, Biçerova, Iskenderun, Mersin, Payas ve Gaziantep'teki lojistik merkezleri üzerinden desteklenmekte; böylece Türkiye genelinde güçlü bir coğrafi erişim ve operasyonel etkinlik sağlanmaktadır.

Sonuç olarak, Pasifik Eurasia Lojistik demiryolu taşımacılığına yaptığı stratejik yatırımlar, geliştirdiği intermodal çözümler ve uluslararası entegrasyon kabiliyeti ile sektördeki liderliğini pekiştirmekte; Türkiye'nin küresel lojistik koridorlarındaki etkinliğini artıran önemli bir özel sektör aktörü olarak konumlanmaktadır.

TCDD Taşımacılık ve ilk özel operatörlerin sektöre girişlerinin ardından, sonraki yıllarda çeşitli lojistik firmaları ve sanayi kuruluşları da demiryolu tren işletmeciliği lisansı almak üzere girişimlerde bulunmuştur. Arkas Lojistik, Medlog ve Mars Logistics gibi firmalar, kendi tren operasyonlarını planlamaya başlamış ve sektöre aktif olarak dâhil olmuştur. 2024 yılı itibarıyla, lisans almış özel sektör demiryolu tren işletmecisi sayısı 10'a ulaşmıştır; ancak bu işletmecilerin bir kısmı henüz tam anlamıyla operasyonel faaliyetlerine başlamamıştır. Başlangıçta özel sektör operatörleri, TCDD Taşımacılık ile iş birliği modelleri kapsamında –örneğin lokomotif ve vagon kiralama, ortak sefer planlaması– tecrübe kazanarak sektöre adım atmış; zaman içerisinde kendi çeken ve çekilen araç yatırımlarını yaparak operasyonel bağımsızlıklarını artırma yoluna gitmişlerdir.

2013 yılında yürürlüğe giren serbestleşme yasası sonrasında yayımlanan ikincil mevzuat ile altyapı erişimi, emniyet sertifikasyonu ve işletme lisanslandırması gibi kritik konular düzenlenmiş; özel tren işletmecilerinin TCDD altyapısını kullanabilmesi için altyapı kullanım tarifeleri belirlenmiştir.

Ancak sektör temsilcileri, kamu tekeline dayalı geleneksel yapının dönüştürülebilmesi ve rekabetin gerçek anlamda oluşabilmesi için, özel sektörün karşılaştığı teknik, finansal ve operasyonel engellerin azaltılması gerektiğini vurgulamıştır. Özellikle demiryolu ağının fiziki kapasite sınırlamaları, manevra sahalarının yetersizliği ve TCDD Taşımacılık'ın çeken-çekilen araç parkının özel taşımacılık taleplerini karşılamakta zorlanması gibi yapısal sorunlara çözüm talep edilmiştir. Ayrıca, yabancı sermayeli büyük ölçekli operatörlerin pazara girişi durumunda yerli firmaların rekabet gücünün korunabilmesi adına, yerli şirketlerin kapasite ve rekabetçiliğini artırmaya yönelik teşvik mekanizmaları geliştirilmesi gerektiği dile getirilmiştir. Bu çerçevede Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, yerli firmalara uygun koşullarda lokomotif temini, personel eğitimi ve geçiş dönemi destekleri sağlamaya yönelik çalışmalar yürütmüştür. Nitekim, bugüne kadar sektöre giren özel tren işletmecilerinin büyük çoğunluğu yerli sermayeli şirketler olup, yabancı sermayenin doğrudan tren işletmeciliği faaliyeti henüz sınırlı düzeydedir.

2025 yılı itibarıyla, sektördeki rekabet dinamikleri gelişim sürecini sürdürmektedir. TCDD Taşımacılık, özellikle ana hat taşımalarında baskın operatör konumunu korurken; bazı hatlarda ve belirli sektörlerde özel şirketlerin etkinliği artmıştır. Örneğin, akaryakıt taşımalarının önemli bir bölümü Körfez Ulaştırma tarafından, madencilik ürünlerinin taşımaları ise Omsan Lojistik tarafından gerçekleştirilmektedir. Uluslararası transit konteyner taşımacılığı alanında ise Pasifik Eurasia ve benzeri operatörler faaliyetlerini yoğunlaştırmış durumdadır. 2021 yılı verilerine göre, demiryolu ile yapılan yük taşımalarının yaklaşık %60'ı TCDD'ye ait lokomotif ve vagonlarla, %30'u özel sektöre ait vagonlarla (TCDD lokomotifleri çekmektedir) ve %10-13'ü özel sektör lokomotifleriyle gerçekleştirilmiştir. Bu dağılım, özel sektörün özellikle çekilen araç (vagon) yatırımıyla sisteme entegre olduğunu, ancak çekici (lokomotif) temini konusunda kamunun hâlâ belirleyici aktör konumunu sürdürdüğünü göstermektedir.

Serbestleşme sürecinin olumlu etkilerinden biri, sektörde hizmet çeşitliliği ve operasyonel esnekliğin artması olmuştur. Özel sektör lojistik firmaları, müşterilerine kapıdan kapıya entegre lojistik hizmetler sunabilmek amacıyla demiryolunu intermodal taşıma zincirlerine entegre etmeye başlamıştır. Örneğin, bir lojistik firma, müşterinin fabrikasından aldığı konteyneri kendi trenine yükleyip limana ulaştırmakta; oradan da denizyoluyla nihai varış noktasına taşımaktadır. Bu tür çok modlu çözümler, demiryolu taşımacılığının pazar payını artırma ve sektördeki rekabetçiliği güçlendirme potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak, Türkiye'de demiryolu taşımacılığında serbestleşme süreci, 2013 yılında oluşturulan yasal çerçevenin ardından, 2017 yılında özel sektör operatörlerinin fiilen sahaya çıkmasıyla birlikte yeni bir döneme girmiştir. Her ne kadar sektördeki rekabet henüz tam anlamıyla olgunlaşmamış olsa da, özel sektörün katılımı sektöre önemli bir dinamizm kazandırmıştır. Kamu otoritesi ise, bu geçiş sürecinde hem kamu hem özel aktörlerin verimli bir rekabet ortamında faaliyet göstermesini sağlamak amacıyla reform sürecini sürdürmektedir. Bu kapsamda atılan adımlar, gelecekte daha rekabetçi, entegre ve sürdürülebilir bir demiryolu yük taşımacılığı sisteminin oluşturulacağına güçlü işaretlerini vermektedir.

#### 2.4.3. İstatistiksel Analiz: Hacimler ve Demiryolunun Payı

2003 yılından itibaren Türkiye'de demiryolu ile gerçekleştirilen yük taşımacılığında genel olarak istikrarlı bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. 2000'li yılların başında yıllık yaklaşık 16-18 milyon ton seviyesinde olan yük hacmi, 2010'ların başında 25 milyon ton düzeyine ulaşmıştır. 2012 yılında bu miktar 25,7 milyon ton olarak kaydedilirken, 2014 yılında 26,6 milyon tona yükselmiş; bu taşımaların 1,7 milyon tonluk kısmı uluslararası yük trafiğinden oluşmuştur. 2019 yılı itibarıyla demiryolu ile taşınan toplam yük miktarı 33,5 milyon tona ulaşmış, COVID-19 pandemisinin küresel lojistik üzerindeki olumsuz etkilerine rağmen artış trendi devam etmiştir. Bu bağlamda, 2020 yılında 34,6 milyon ton, 2021'de 38,1 milyon ton ve 2022'de 38,9 milyon ton yük demiryolu ile taşınmıştır. 2021 ve 2022 yıllarında kaydedilen bu değerler, Cumhuriyet tarihinin en yüksek taşıma hacimleri arasında yer almaktadır. Sadece TCDD Taşımacılık tarafından 2023 yılında 27.071.000 ton 2024 yılında 26.079.000 ton yük taşınmıştır. Özel sektörün kendi vagonuyla yük taşınması teşvik edilmekte olup 2023 yılında şahıslara ait vagonlarla yapılan 7,4 milyon ton taşıma, 2024 yılında 7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Taşınan yüklerin kompozisyonu da zaman içerisinde çeşitlenmiş; ancak dökme yükler, özellikle de madencilik sektörüne ait yükler, ağırlığını korumuştur. 2000 yılı itibarıyla demiryolu ile taşınan yüklerin yaklaşık %50'si demir cevheri, kömür gibi maden ve minerallerden oluşmaktaydı. 1980 yılında %5'in altında olan inşaat malzemeleri oranı 2000 yılında %10 seviyesine ulaşmıştır. Aynı dönemde, tarımsal ürünler, gıda maddeleri, kimyasal ve petrol türevleri ile metal sanayi ürünleri her biri toplam taşımacılığın %5-10'unu oluşturmuştur. Bu veriler, demiryolunun tarihsel olarak daha çok ağır sanayi ve hammadde taşımalarında tercih edildiğini göstermektedir.

Ancak 2000'li yılların ortalarından itibaren konteyner taşımacılığı demiryolu sektöründe önemli bir gelişim göstermiştir. TCDD'nin politika ve teşvikleri doğrultusunda özel sektör, konteyner vagonlarına yatırım yapmaya başlamış; bu kapsamda 2014 yılı itibarıyla demiryolu ile taşınan yüklerin yaklaşık %20'si özel sektöre ait vagonlarla ve büyük oranda konteyner formunda taşınmıştır. 2019-2021 döneminde konteyner trenlerinin toplam taşımacılık içindeki oranı %39'dan %41'e yükselmiş; 2021 yılında yaklaşık 15 milyon tonluk yükün konteynerler aracılığıyla taşındığı tahmin edilmektedir.

Buna paralel olarak, sıvı yük taşımacılığı da demiryolu taşımacılığı portföyünde daha görünür hale gelmiştir. Özellikle Körfez Ulaştırma'nın faaliyete geçmesiyle birlikte petrol ve kimyasal ürün taşımacılığı ivme kazanmıştır. Örneğin, TÜPRAŞ rafinerileri arasında yılda yaklaşık 1,5-2 milyon ton akaryakıt demiryolu ile taşınmaktadır. Benzer şekilde, PETKİM ve TÜPRAŞ tarafından üretilen petrokimya ürünleri limanlara demiryolu aracılığıyla sevk edilmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'de demiryolu taşımacılığı yalnızca geleneksel dökme yüklerle sınırlı kalmamış; konteynerli taşımacılıktan sıvı yük lojistiğine, otomotiv ve beyaz eşya sevkiyatından tarımsal ürün ve akaryakıt nakliyatına kadar geniş bir yelpazeye yayılmıştır.

Bu hedef doğrultusunda atılan adımlar arasında, yük taşımacılığına özel hat kapasitesinin artırılması, iltisak hatlarının yaygınlaştırılması ve organize sanayi bölgeleri ile lojistik merkezlerin demiryolu ağına entegrasyonu ön plana çıkmaktadır. Özellikle sanayi üretim merkezlerine doğrudan demiryolu bağlantısı sağlanması, yüklerin karayolu yerine demiryoluyla taşınmasını mümkün kılarak sistemin verimliliğini artıracaktır. Bu kapsamda, TCDD Taşımacılık A.Ş. ve özel sektör iş birliğinde gerçekleştirilen yeni vagon yatırımları, terminallerin modernizasyonu ve dijital lojistik yönetim altyapıları da yük taşımacılığının rekabet gücünü artırmaya yöneliktir.

Ayrıca, "yeşil lojistik" ve karbon salımı azaltımı hedefleriyle uyumlu olarak, demiryolunun çevresel avantajları da ön plana çıkarılmaktadır. Karayoluna kıyasla daha düşük enerji tüketimi ve emisyon değerlerine sahip olan demiryolu, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı kapsamında da stratejik bir taşıma modu olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'nin bu bağlamda uyum sürecini hızlandırması, sürdürülebilir taşımacılığın desteklenmesi açısından kritik önemdedir.

Ancak mevcut durumda demiryolu yük taşımacılığı, başta altyapı yetersizlikleri, hat kapasitesi kısıtları, sefer sürelerinin uzunluğu ve lojistik zincir entegrasyonundaki eksiklikler gibi yapısal sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunların çözümü için altyapı yatırımlarının yanı sıra işletme verimliliğini artıracak reformlara da ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle hat tahsis süreçlerinin şeffaflaştırılması, özel sektör tren işletmeciliğinin önünün açılması ve terminal işletmeciliğinde serbestleşmenin teşvik edilmesi bu alandaki reform gündemini oluşturmaktadır.

Gelecek projeksiyonlarına göre, demiryolu yük taşımacılığı sadece taşıma hacmi bakımından değil, taşıma türleri açısından da dönüşüm yaşamaya devam edecektir. Dijitalleşme, yapay zekâ destekli lojistik planlama, akıllı vagon sistemleri ve blok tren uygulamaları gibi teknolojik yenilikler demiryolu taşımacılığının etkinliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca sınır aşan yük koridorlarının etkin kullanımı ve uluslararası entegrasyonun sağlanması, Türkiye'nin jeostratejik konumunu lojistik bir avantaja dönüştürme açısından kritik rol oynayacaktır.

Bu çerçevede, kamu-özel iş birliğinin derinleştirilmesi, sürdürülebilir finansman modellerinin geliştirilmesi ve düzenleyici çerçevenin güçlendirilmesiyle demiryolu yük taşımacılığı sisteminin daha rekabetçi ve sürdürülebilir hale getirilmesi mümkündür. Demiryolunun ulusal taşımacılıktaki payının artırılması, yalnızca ulaştırma sektörü için değil; ekonomik verimlilik, dış ticaretin desteklenmesi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da stratejik bir gereklilik olarak önemini korumaktadır.

#### **2.4.4. Lojistik Projeler ve Altyapı Atılımları**

Demiryolu yük taşımacılığının gelişiminde, büyük ölçekli lojistik projeler ile stratejik altyapı yatırımları temel belirleyici unsurlar olmuştur. Bu doğrultuda Türkiye, demiryolu taşımacılığının etkinliğini artırmak ve sanayi bölgelerini demiryolu ağına entegre etmek amacıyla 2000'li yılların sonunda lojistik merkez (lojistik köy) projelerini başlatmıştır. Söz konusu merkezler; demiryolu, karayolu ve denizyolu gibi farklı taşıma modlarının entegre edildiği, yük aktarma, depolama, elleçleme ve dağıtım gibi lojistik hizmetlerin sunulduğu kompleks tesisler olarak tasarlanmıştır.

TCDD tarafından 2023 hedefleri çerçevesinde 18 ayrı bölgede lojistik merkez kurulması planlanmış ve bu projelerin yapımı üstlenilmiştir. Merkezlerin konumları, Türkiye'nin sanayi altyapısı ve demiryolu erişilebilirliği dikkate alınarak seçilmiş; demiryolu bağlantısı olmayan sanayi bölgelerinin taşıma sistemine entegre edilmesi hedeflenmiştir. Böylece, demiryolu taşımacılığının yalnızca madencilik ve konteyner taşımalarıyla sınırlı kalmaması, daha geniş bir sektörel yelpazeye yayılması amaçlanmıştır.

2010'lu yıllar boyunca söz konusu projeler kademeli olarak hayata geçirilmiştir. İlk faaliyete geçen merkezlerden biri olan Samsun (Gelemen) Lojistik Merkezi, Karadeniz Bölgesi'nin lojistik merkezi niteliğinde 2010 yılında hizmete açılmıştır. Bunu takiben İstanbul (Halkalı), Eskişehir (Hasanbey), Balıkesir (Gökköy), Denizli (Kaklık) ve Kocaeli (Köseköy) lojistik merkezleri 2015 yılına kadar faaliyete geçirilmiştir. 2018 yılı itibarıyla aktif lojistik merkez sayısı yediye ulaşırken, sonraki yıllarda Erzurum (Palandöken), Mersin (Yenice) ve Konya (Kayacık) merkezleri de devreye alınmıştır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın 2024 yılı verilerine göre, halihazırda Türkiye genelinde 12 lojistik merkez faaliyet göstermektedir. Bunlara ek olarak, 4 merkezin inşaat çalışmaları devam etmekte, 1 merkezin proje

süreci tamamlanarak ihale aşamasına gelinmiş, 5 yeni merkez ise planlama aşamasındadır. Bu merkezler sayesinde organize sanayi bölgeleri, limanlar ve demiryolu ana hatları üzerindeki yük merkezleri birbirine bağlanmakta; böylece taşımacılık zincirinde bütünlük sağlanmaktadır.

Lojistik merkezler, demiryolu ile taşınan yükler açısından birer toplanma ve dağıtım noktası olarak işlev görmektedir; yük konsolidasyonu, konteyner aktarma ve gümrükleme gibi süreçlerin merkezi olarak organize edilmesini mümkün kılmaktadır. Örneğin, Eskişehir Hasanbey Lojistik Merkezi'nde kurulan konteyner elleçleme ve depolama tesisleri sayesinde Anadolu'daki sanayi ürünleri burada toplanmakta ve limanlara yönlendirilerek multimodal taşımacılık desteklenmektedir. Benzer şekilde, İstanbul Halkalı Lojistik Merkezi'nde uluslararası taşımacılığa yönelik gümrüklü alanlar ve özel aktarma ekipmanları sağlanarak, küresel taşımacılık zincirine entegrasyon güçlendirilmiştir.

Demiryolu ile yük taşımacılığının artırılmasında en etkili yöntemlerden biri, yükün kaynak ve varış noktası olan üretim merkezlerinin doğrudan demiryolu altyapısına entegre edilmesidir. Bu doğrultuda, son yirmi yıllık süreçte birçok Organize Sanayi Bölgesi (OSB) ve büyük ölçekli üretim tesisi, demiryolu iltisak hatları aracılığıyla mevcut şebekeye bağlanmıştır. Özellikle demiryolu hatlarına yakın konumda bulunan OSB'ler bu yatırımlardan doğrudan fayda sağlamıştır. Kayseri Boğazköprü OSB, Konya (Kayacık) OSB, Kahramanmaraş (Türkoğlu) OSB ve Kocaeli (Köseköy) OSB gibi örneklerde olduğu gibi sanayi bölgelerine yapılan demiryolu bağlantıları, üretim merkezlerinin lojistik etkinliğini artırmıştır. Ege Bölgesi'nde yer alan Manisa OSB'nin demiryolu hattına dahil edilmesiyle birlikte bölge sanayisinin demiryolu erişimi önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Benzer şekilde, İskenderun-Payas bölgesindeki demir-çelik tesisleri ve maden sahaları demiryolu ile birbirine bağlanarak entegre bir lojistik ağ oluşturulmuştur. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, stratejik hedefleri doğrultusunda "OSB'ler, limanlar ve maden ocakları gibi yüksek taşıma potansiyeline sahip yük merkezlerinin demiryolu bağlantılarının tamamlanması" ilkesini benimsemiş; bu kapsamda öncelikli yatırım alanları bu doğrultuda belirlenmiştir. 2023 yılı itibarıyla 50'nin üzerinde iltisak hattı inşa edilerek demiryolu taşımacılığında ilk ve son kilometre bağlantıları güçlendirilmiş, kombine taşımacılık olanakları artırılmıştır. Bu bağlantıların somut etkileri, Konya OSB'den Mersin Limanı'na düzenli ihracat trenlerinin işletilmeye başlanması ve Sivas'taki maden ocaklarından fabrikalara kesintisiz demiryolu taşımalarının gerçekleştirilmesi gibi uygulamalarda açıkça gözlemlenmektedir.

Türkiye'nin uluslararası demiryolu taşımacılığındaki stratejik rolünü pekiştiren en önemli projelerden biri, 30 Ekim 2017 tarihinde işletmeye açılan Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı'dır. Türkiye (Kars), Gürcistan (Tiflis) ve Azerbaycan (Bakü) arasında toplam 838 km uzunluğunda yeni bir demiryolu koridoru oluşturan bu hat, Türkiye'yi Güney Kafkasya ve Orta Asya demiryolu ağlarına doğrudan bağlamaktadır. BTK hattı, Hazar Denizi üzerinden Kazakistan, Türkmenistan ve özellikle Çin'e uzanan Trans-Hazar Uluslararası Taşımacılık Güzergâhı'nın (Orta Koridor) ana bileşeni olarak konumlanmıştır. Bu proje ile birlikte daha önce kesintisiz demiryolu bağlantısına sahip olmayan bölgeler arasında blok tren operasyonları başlatılmış ve hat üzerindeki taşımacılıklar içinde artış göstermiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanı Abdulkadir Uraloğlu'nun 2023 yılında yaptığı açıklamaya göre, hattın açılışından itibaren 1,5 milyon tondan fazla yük bu güzergâh üzerinden taşınmıştır. Özellikle Çin-Türkiye-Avrupa ekseninde transit konteyner trenlerinin bir bölümü bu hatta kaydırılmış, pandemi döneminde (2019-2021) taşınan yük miktarı %200 oranında artış göstererek hattın potansiyelini somut biçimde ortaya koymuştur. BTK hattının lojistik kapasitesini desteklemek amacıyla kurulan Kars Lojistik Merkezi, 2020 yılında faaliyete geçmiş ve bölgedeki yüklerin elleçlenmesi, dağıtımı ve konsolidasyonuna olanak sağlamıştır. Bu merkez ayrıca Doğu Anadolu'daki yüklerin BTK hattına entegrasyonunu da mümkün kılmaktadır. BTK Demiryolu Hattı, Türkiye'nin "Orta Koridor" vizyonunun en somut altyapı yatırımlarından biri olup, özellikle Rusya-Ukrayna savaşının ardından kuzey koridorunun işlevselliğinin azalması, bu hattın jeostratejik önemini daha da artırmıştır. Böylece Türkiye, Çin'den Avrupa'ya uzanan kesintisiz demiryolu taşımalarında merkezi bir transit ülke konumuna yükselmiştir.

İstanbul Boğazı'nı deniz altından geçen Marmaray tüp geçidi, başlangıçta İstanbul'un banliyö hatlarını ve yüksek hızlı tren (YHT) sistemini entegre etmek amacıyla tasarlanmış olmakla birlikte, uluslararası yük taşımacılığı açısından da stratejik bir altyapı yatırımı niteliğindedir. Projenin ilk etabı 29 Ekim 2013 tarihinde yolcu taşımacılığına açılmış, ancak Mart 2019 itibarıyla Halkalı-Gebze banliyö hattının tamamlanmasıyla birlikte yük taşımacılığına da hizmet vermeye başlamıştır. Bu gelişmeyle birlikte, daha önce zorunlu olan feribotla kıtalar arası yük aktarımı sona ermiş; böylece Asya ve Avrupa kıtaları arasında kesintisiz demiryolu bağlantısı sağlanmıştır.

Marmaray hattının yük taşımacılığına açılması, Çin-Avrupa demiryolu trafiği açısından da sembolik ve işlevsel bir dönüm noktası oluşturmıştır. Kasım 2019'da Çin'in Xi'an kentinden yola çıkan ilk transit yük treni, Marmaray üzerinden geçerek Prag'a ulaşmış ve bu hat üzerinde düzenli yük seferlerinin başlamasına zemin hazırlamıştır.



TCDD tarafından yayımlanan verilere göre, Marmaray Tüp Geçidi'nden sadece ilk bir yıl içerisinde 845 yük treni ve 15.255 vagon geçiş yapmış; toplamda net 370 bin ton (brüt 700 bin ton) yük taşınmıştır. Halen bu hat üzerinden günlük ortalama 3 ila 4 yük treni işletilmekte olup, bu trenlerin çoğunluğu Avrupa'ya ihracat konteynerleri taşımaktadır. Örneğin 2020 yılında Marmaray üzerinden geçen 100'üncü ihracat treni, Fransa ve İngiltere'ye ulaşmak üzere İstanbul'dan uğurlanmıştır. Marmaray, Türkiye'nin Avrupa demiryolu sistemine entegrasyonunu önemli ölçüde artırmış, önceki sınırlı köprü geçiş kapasitesine kıyasla çok daha yüksek bir taşıma esnekliği sağlamıştır. Aynı zamanda İstanbul çevresindeki karayolu taşımacılığına alternatif oluşturarak çevresel etkileri azaltan sürdürülebilir bir lojistik çözüm sunmuştur.

Bu gelişmeler, Türkiye'nin Çin'den Avrupa'ya uzanan Orta Koridor üzerindeki konumunu pekiştirmiştir. Orta Koridor, Çin-Orta Asya-Hazar Denizi-Güney Kafkasya-Türkiye güzergâhı üzerinden Avrupa'ya ulaşan alternatif bir demiryolu taşımacılığı rotasıdır. Türkiye, bu koridorun en kritik geçiş ülkelerinden biri konumunda olup, Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı ve Marmaray projeleri ile bu altyapının belkemiğini oluşturmaktadır. Bu çerçevede Türkiye, 2015 yılında Trans-Hazar Uluslararası Taşımacılık Güzergâhı Anlaşması'na taraf olmuş ve Kazakistan, Azerbaycan, Gürcistan ile koordinasyon içerisinde rotanın işlerliğini sağlamaya yönelik çeşitli adımlar atmıştır.

Son yıllarda Çin-Avrupa arası demiryolu konteyner taşımacılığı hızla artmış; 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 9.000 blok yük treni seferi gerçekleştirilmiştir. Bu taşımaların önemli bir bölümü, Rusya üzerinden ilerleyen kuzey koridora alternatif olarak Türkiye üzerinden yönlendirilmeye başlanmıştır. Türkiye, BTK hattı aracılığıyla Orta Koridor'un Hazar geçişli bölümünü; İran üzerinden ise güney rotasını kullanarak Uzak Doğu ile Orta Doğu ve Avrupa arasında lojistik bir köprü işlevi üstlenmektedir. Bu bağlamda, 2021 yılında uzun bir aranın ardından İstanbul-Tahran-İslamabad (ITI) yük treni seferleri yeniden başlatılmış ve Pakistan'a uzanan demiryolu bağlantısı işlerlik kazanmıştır. Türkiye-İran demiryolu taşımaları da pandemi koşullarına rağmen artış göstermiş; 2020 yılında 564 bin ton olan taşınan yük miktarının, 2021 yılında 1 milyon tona çıkarılması hedeflenmiştir.

Orta Koridor'un önemli halkalarından biri olan Çin-Türkiye bağlantısı kapsamında, Xi'an ve Ürümqi gibi Çin şehirlerinden hareket eden konteyner trenleri, Kazakistan üzerinden Hazar Denizi'ni feribotla geçip BTK hattı aracılığıyla Türkiye'ye ulaşmaktadır. Bu bağlamda, Aralık 2020'de Çin'den Türkiye'ye doğrudan ulaşan ilk ihracat treni İstanbul'a varmış ve Türkiye üzerinden Asya-Avrupa demiryolu taşımacılığı açısından yeni bir dönemin başlangıcını simgelemiştir. Bu gelişmeler, Türkiye'nin demiryolu tabanlı transit taşımacılıkta gerçek bir alternatif rota haline geldiğini göstermekte; ülkenin demiryolu diplomasisi kapsamında 2020'li yıllarda çok taraflı anlaşmalar, ortak tarifeler ve gümrük süreçlerinde iyileştirme gibi kolaylaştırıcı önlemleri devreye sokmasına öncülük etmektedir.

Sonuç olarak, 2003 yılından itibaren uygulamaya konulan kapsamlı lojistik projeler ve altyapı yatırımları, Türkiye'nin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde demiryolu yük taşımacılığı kapasitesini ve etkinliğini belirgin biçimde artırmıştır. Lojistik merkezler ve OSB bağlantılarıyla iç lojistik sistemlerin demiryoluna entegrasyonu sağlanırken; BTK, Marmaray ve Orta Koridor gibi projeler, Türkiye'nin küresel tedarik zincirindeki stratejik konumunu güçlendirmiştir. Bu projelerin tamamlanmasıyla, ülke içinde taşınan yük miktarında artış beklenmekte; ayrıca Türkiye'nin demiryolu transit taşımacılığından elde edeceği gelirlerin de orta vadede önemli ölçüde artacağı öngörülmektedir.

#### **2.4.4.1. Lojistik Merkezler**

Lojistik merkezler, günümüz taşımacılık ve tedarik zinciri dinamiklerine yanıt veren entegre altyapı alanları olarak, demiryolu taşımacılığı açısından stratejik bir konuma sahiptir. Uygun lokasyonlarda planlandıklarında, kent içi depo ve elleçleme faaliyetlerini bu merkezlerde toplayarak şehir içi trafik yükünü azaltma ve lojistik süreçleri merkezileştirme potansiyeline sahiptirler. Ayrıca üretim sektörüne doğrudan hizmet sunmaları sayesinde, yüklerin demiryolu başta olmak üzere farklı ulaşım modlarına etkin biçimde aktarılmasına imkân tanımakta; böylelikle ara taşıma ihtiyacı azaltılmakta ve taşıma kaynaklı hasar riskleri en aza indirilmektedir.

Türkiye'de bugüne kadar 12 adet lojistik merkez tamamlanarak faaliyete geçirilmiş ya da yapımı tamamlanmıştır. 2013-2023 döneminde işletmeye alınan bu merkezler aracılığıyla toplam 30.332.083 net ton yük taşınmıştır. Buna ek olarak, 14 lojistik merkezden daha proje geliştirme ve inşaat süreçleri devam etmektedir. Lojistik merkezlerin demiryolu taşımacılığında etkin biçimde kullanılabilmesi için yerel yönetimlerin, lojistik hizmet sağlayıcılarının ve sektör paydaşlarının planlama ve yatırım süreçlerine aktif olarak dâhil edilmesi büyük önem taşımaktadır. Söz konusu merkezlerin kısa sürede tamamlanarak çok modlu ulaşım sistemleriyle entegre bir biçimde konumlandırılması, lojistik verimlilik ve taşıma kapasitesinin artırılması açısından kritik önemdedir.

| Lojistik Merkez          | İşletmeye Açılış Tarihi | 2019–2023 Arası Taşınan Yük<br>Miktarı (1000 Ton) |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Samsun (Gelemen)         | 2007                    | 2.470                                             |
| İzmit (Köseköy)          | 2010                    | 1.972                                             |
| Uşak                     | 2012                    | 113                                               |
| İstanbul (Halkalı)       | 2013                    | 4.442                                             |
| Eskişehir (Hasanbey)     | 2014                    | 562                                               |
| Balıkesir (Gökköy)       | 2014                    | 824                                               |
| Denizli (Kaklık)         | 2014                    | 302                                               |
| Kahramanmaraş (Türkoğlu) | 2017                    | 1.209                                             |
| Erzurum (Palandöken)     | 2018                    | 622                                               |
| Mersin (Yenice)          | 2019                    | 6.725                                             |
| Konya (Kayacık)          | 2020                    | 1.093                                             |
| Kars                     | 2021                    | 249                                               |
| GENEL TOPLAM             |                         | 20.581                                            |

**Tablo 2.13** İşletmeye Açılan Lojistik Merkezlerde Yıl Bazlı Taşınan Toplam Yük Miktarı

Lojistik merkezlerin daha etkin bir biçimde kullanılması ve Türkiye'nin uluslararası lojistik ağında rekabetçi bir konum edinmesi amacıyla, aşağıda belirtilen stratejik adımların hayata geçirilmesi gerekmektedir:

- Kamu-özel sektör iş birlikleri güçlendirilerek, özel sektör yatırımlarının teşviki sağlanmalıdır. Bu sayede lojistik sektöründe rekabet ortamı geliştirilerek hizmet kalitesi artırılabilecektir.
- Demiryolu taşımacılığına ilişkin ikincil mevzuat eksiklikleri giderilmeli, uygulamaya yönelik düzenlemeler hızla hayata geçirilmelidir. Böylece taşımacılık maliyetlerinin sürdürülebilir düzeylere çekilmesi mümkün olacaktır.
- Mevcut lojistik merkezlerin modernizasyonu sağlanmalı ve yeni merkezler uluslararası normlara uygun biçimde planlanarak inşa edilmelidir. Bu merkezlerde verimliliği artıracak işletme yönetimi modelleri benimsenmelidir.
- Uluslararası lojistik koridorlara yönelik altyapı yatırımları hızlandırılmalı; özellikle çok modlu taşımacılığı destekleyen bağlantılar geliştirilerek, koridorlar üzerindeki fiziksel ve yönetsel darboğazlar giderilmelidir.
- Gümrük süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve otomasyon sistemlerinin entegrasyonu ile sınır geçiş süreleri kısaltılmalı, işlem güvenilirliği ve denetim etkinliği artırılmalıdır.
- Lojistik ve üretim altyapılarında dijital dönüşüm desteklenmeli; veri temelli yönetim sistemleri, nesnelerin interneti (IoT) ve yapay zeka çözümleriyle sektörün teknolojik kapasitesi yükseltilmelidir.
- Nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine yönelik programlar geliştirilerek, sektördeki iş gücü ihtiyacı karşılanmalı ve lojistik faaliyetlerin profesyonel düzeyde yürütülmesi sağlanmalıdır.
- Ar-Ge faaliyetleri ve inovatif uygulamalar, lojistik sektörüne özel olarak teşvik edilmeli; dijitalleşme, yeşil lojistik ve akıllı sistemler gibi alanlarda yeni çözümlerin geliştirilmesi desteklenmelidir.
- Kamu kurumları ile diğer yetki ve izin mercileri arasında dijital veri paylaşım sistemleri oluşturulmalı; bu sistemler aracılığıyla bilgi ve belge akışının otomatikleştirilmesi sağlanarak süreç verimliliği artırılmalıdır.

TCDD performans göstergelerine göre 2025 yılında 1 adet, 2026 yılında 2 adet, 2027 yılında 3 adet, ve 2028 yılında 4 adet lojistik merkezin tamamlanması planlanmaktadır.

Öte yandan, ithalat taşımalarında demiryolunun payı ihracata kıyasla daha yüksek olabilmektedir. Bu durum, özellikle kömür, petrol türevleri gibi hacimli ithalat ürünlerinin demiryoluyla taşınmasıyla ilişkilidir. İran üzerinden gerçekleştirilen gübre sevkiyatları ve Azerbaycan üzerinden gelen petrol türevleri bu kapsamda değerlendirilmektedir. Pandemi süreci ve sonrasında karayolu geçişlerinde yaşanan aksaklıklar, dış ticaret firmalarının demiryolu taşımacılığına yönelmesine neden olmuştur. Bu eğilim doğrultusunda, 2022 yılı itibarıyla

demiryolu ile taşınan uluslararası yük hacmi 5 milyon tonu aşmıştır (karşılaştırmalı olarak 2014 yılında bu değer 1,7 milyon ton idi). Bu artış, demiryolunun dış ticarete tamamlayıcı ve destekleyici bir rol üstlendiğini ortaya koymakla birlikte, denizyolu ve karayolu modlarının toplam içindeki baskın konumunu henüz kıramadığını da göstermektedir.

Demiryolu taşımacılığının ihracattaki payını artırmak amacıyla, Türkiye farklı ülkelerle ikili anlaşmalar yaparak taşımacılık tarifelerinin düşürülmesi, ortak tren organizasyonları kurulması ve yeni hatların devreye alınması yönünde adımlar atmaktadır. Bu kapsamda, 2021 yılında Macaristan ile İstanbul-Budapeşte hattında düzenli yük trenlerinin işletilmesine yönelik bir mutabakat sağlanmış ve 2023 yılında ilk tren bu güzergahta hizmet vermeye başlamıştır.

Türkiye'nin Avrupa'ya demiryolu ile bağlantısı, temel olarak Bulgaristan sınırında yer alan Kapıkule sınır kapısı üzerinden sağlanmaktadır. Bu güzergâh, uzun yıllar boyunca kapasite yetersizlikleri ve altyapı eksiklikleri nedeniyle sınırlı bir performansla çalışmakla birlikte, son dönemde Avrupa Birliği (AB) fonları desteğiyle kapsamlı iyileştirme çalışmalarına konu olmuştur.

Bu kapsamda yürütülen Halkalı-Kapıkule Yüksek Standartlı Demiryolu Projesi, Türkiye ile Avrupa arasında taşımacılıkta stratejik öneme sahip ana koridorun çift hatlı ve yüksek kapasiteli bir yapıya kavuşturulmasını hedeflemektedir. Projenin Çerkezköy-Kapıkule kesiminin inşasına 2019 yılında başlanmış olup, tamamlanmasının 2024 yılı içerisinde gerçekleşmesi öngörülmektedir.

Proje tamamlandığında, Bulgaristan sınırından İstanbul'a uzanan kesintisiz ve yüksek kapasiteli bir demiryolu koridoru oluşturulmuş olacak; bu da hem yük hem de yolcu trenlerinin sefer sıklığını ve işletme hızını önemli ölçüde artıracaktır. Halihazırda dahi Türkiye-Avrupa demiryolu yük taşımacılığı hacmi artış eğilimindedir. 2019-2021 döneminde bu hatta taşınan yük miktarında yaklaşık %50 oranında artış kaydedilmiştir. Avrupa yönüne gerçekleştirilen ihracatta ağırlıklı olarak konteynerli sanayi ve tarım ürünleri ile konvansiyonel vagonlarda taşınan maden ürünleri öne çıkarken, Avrupa'dan Türkiye'ye ithal edilen başlıca ürünler arasında kimyasallar, gübre ve çeşitli sanayi hammaddeleri bulunmaktadır.

Marmaray Tüp Geçidi'nin hizmete alınmasıyla birlikte, Avrupa-Asya demiryolu bağlantısında Türkiye'nin rolü daha da güçlenmiştir. Artık teorik olarak, Londra'dan yola çıkan bir yük treninin kesintisiz biçimde İstanbul üzerinden Asya içlerine kadar ulaşması mümkün hâle gelmiştir ve bu kapsamda deneme seferleri de gerçekleştirilmiştir. Türkiye, Avrupa demiryolu ağıyla kurumsal uyumunu artırmak amacıyla, UIC (Uluslararası Demiryolları Birliği) ve CER (Avrupa Demiryolu Topluluğu) gibi önemli uluslararası kuruluşlarda aktif üyelik yürütmekte; bu sayede teknik ve hukuki entegrasyon süreçlerine katkı sağlamaktadır.

Avrupa yönlü tarifeli demiryolu seferleri arasında İstanbul (Halkalı) - Çekya (Prag) konteyner treni, Tekirdağ - Köstence (Romanya) feribot + tren bağlantılı hat ve Çerkezköy - Avusturya (Viyana) blok tren seferleri sayılabilir. Bu trenlerle ihracat gerçekleştiren firmalar, gümrük işlemlerinde hız ve kolaylık sağlamak amacıyla demiryolu bağlantılı gümrük noktalarından (örneğin Halkalı Gümrüğü) yararlanmaktadır.

Sonuç olarak, Avrupa ile demiryolu entegrasyonu güçlendikçe ve AB-Türkiye taşımacılık iş birlikleri derinleştikçe, demiryolu taşımacılığının rekabet gücü de artmaktadır. 2023 yılı sonu itibarıyla, Türkiye; Marmaray hattı üzerinden Avrupa yönüne gönderilen yük trenlerinin sayısını artırmak, yeni uluslararası hatlar geliştirmek ve AB ülkeleriyle taşıma anlaşmalarını genişletmek amacıyla çeşitli stratejik planlamalar yürütmektedir.

Türkiye'nin doğu yönlü demiryolu bağlantıları, İran ve Gürcistan üzerinden Asya içlerine uzanmakta olup, bu hatlar Asya-Avrupa taşımacılığı açısından stratejik önem taşımaktadır. İran üzerinden Pakistan ve Hindistan alt kıtasına kadar uzanabilen teorik bağlantı, İran-Türkiye-Pakistan (ITI) Koridoru kapsamında değerlendirilmektedir. Diğer taraftan, Gürcistan ve Azerbaycan üzerinden ilerleyen hatlar aracılığıyla Orta Asya ülkeleri ve Çin Halk Cumhuriyeti ile bağlantı sağlanmakta, bu kapsamda özellikle Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı ve Orta Koridor adı verilen güzergâh öne çıkmaktadır.

Son yıllarda Çin ile demiryolu taşımacılığı konusundaki iş birlikleri önem kazanmıştır. Çin'in "Kuşak ve Yol Girişimi" kapsamında, denizyoluna alternatif olarak geliştirdiği uluslararası demiryolu ağlarında Türkiye, jeostratejik konumu dolayısıyla kritik bir geçiş noktası olarak değerlendirilmektedir. 2015 yılında Çin'den Avrupa'ya gönderilen ilk blok trenler Kuzey Koridor üzerinden (Rusya güzergâhı) ulaşım sağlamışsa da, 2019 itibarıyla Orta Koridor üzerinden de düzenli yük trenleri çalışmaya başlamıştır. Türkiye ile Çin arasında 2020 yılında başlayan düzenli konteyner tren seferleri sayesinde Çin çıkışlı yüklerin Türkiye'ye yaklaşık 12 gün içerisinde ulaşması mümkün hale gelmiştir. Aralık 2020'de Çin'den yola çıkan ilk ithalat treni, 8.700 kilometrelik mesafeyi 2 haftadan kısa sürede kat ederek İzmit Köseköy Lojistik Merkezi'ne varmış ve 50 konteyner içinde toplam 1.992 ton yük getirmiştir.

Pandemi döneminde küresel denizyolu navlun fiyatlarında yaşanan olağanüstü artış, yük sahiplerini alternatif taşıma modlarına yöneltmiş ve bu doğrultuda Çin-Türkiye arasında birkaç özel blok tren seferi daha organize edilmiştir. Hazar Denizi geçişli Orta Koridor güzergâhında faaliyet gösteren Trans-Caspian International Transport Route (TITR) konsorsiyumu içerisinde Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) da aktif rol üstlenmektedir. Bu çerçevede Çin'den çıkan yükler, Kazakistan'ın Aktau Limanı üzerinden feribotla Azerbaycan'ın Bakü Limanı'na ulaştırılmakta; oradan demiryoluyla Gürcistan üzerinden Kars'a ve Türkiye içindeki varış noktalarına sevk edilmektedir.

2022 yılında Türkiye, Gürcistan, Azerbaycan ve Kazakistan demiryolu idareleri arasında bu güzergâhtaki transit taşımacılığı kolaylaştırmak üzere ortak tarife anlaşması imzalanmıştır. 2023 yılı itibarıyla dünya genelinde değişen jeopolitik koşullar nedeniyle, Kuzey Koridor'u tercih eden bazı Çin-Avrupa blok trenlerinin Orta Koridor'a yönelmesi sonucu Türkiye üzerinden geçen transit konteyner hacminde belirgin bir artış yaşanmıştır. Nitekim, 2023 yılında Çin-Avrupa arası çalışan 9.000 blok trenin önemli bir kısmının Türkiye güzergâhını kullandığı bildirilmektedir. Bu gelişmeler, Türkiye'nin Avrasya lojistik koridorlarında yükselen bir aktarma ve dağıtım merkezi haline geldiğini göstermektedir.

Bununla birlikte, Orta Koridor güzergâhı hâlen bazı yapısal zorluklar içermektedir. Deniz geçişleri, çok sayıda ülke sınırının aşılması ve altyapı standartlarındaki farklılıklar, bu hattın Kuzey Koridor'a göre daha karmaşık ve maliyetli olmasına neden olmaktadır. Bu sorunların azaltılması amacıyla Türkiye hem diplomatik düzeyde iş birliklerini güçlendirmekte, hem de iç hatlardaki darboğazları gidermeye yönelik teknik iyileştirme projeleri yürütmektedir. Örneğin, Bakü-Tiflis-Kars hattının kapasitesinin artırılmasına yönelik çalışmalar 2022 yılında başlatılmış ve yaklaşık bir yıllık bakım-onarım sürecinde hattın taşıma kapasitesi yıllık 1 milyon tondan 3-5 milyon ton seviyesine çıkarılmıştır. Ayrıca, Gürcistan-Türkiye sınırında yer alan Ahılkelek İstasyonu'nda aktarma işlemlerini hızlandırmak amacıyla yeni tesislerin kurulumu sürmektedir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yapılan projeksiyonlara göre, Orta Koridor üzerinden önümüzdeki yıllarda yılda 1.500 blok tren işletilmesi hedeflenmektedir. Bu da orta vadede yüz binlerce tonluk yükün Türkiye üzerinden taşınabileceği bir potansiyele işaret etmektedir.

Uluslararası entegrasyon çerçevesinde, Türkiye'nin transit ülke olarak sahip olduğu stratejik rol özellikle vurgulanmalıdır. Türkiye, Orta Doğu-Avrupa (örneğin Irak/Suriye-Türkiye-Avrupa) ve Balkanlar-Orta Asya yönlü yük hareketlerinde bir ana geçiş güzergâhı olarak işlev görmektedir. Bu doğrultuda, İran üzerinden gelen yüklerin Türkiye aracılığıyla Bulgaristan üzerinden Avrupa'ya ulaşması ya da Gürcistan kaynaklı yüklerin Türkiye üzerinden Orta Doğu'ya yönlendirilmesi gibi çeşitli lojistik senaryolar uygulama alanı bulmaktadır.

Bu kapsamda yürütülen bölgesel iş birliklerinin başında, ECO (Ekonomik İşbirliği Teşkilatı) trenleri gelmektedir. Tahran-İstanbul ve İslamabad-İstanbul arasında düzenli olarak işletilen bu trenler, Türkiye'nin bölgesel taşımacılık ağlarındaki bağlantı rolünü pekiştirmektedir. 2022 yılında Türkiye, İran ve Pakistan ulaştırma bakanlıkları arasında demiryolu taşımacılığına yönelik iş birliğini geliştirmek amacıyla bir dizi mutabakat imzalanmıştır. Bununla birlikte, Avrupa-Asya ekseninde kombine taşımacılık koridorlarının oluşturulması amacıyla hayata geçirilen TRACECA (Transport Corridor Europe-Caucasus-Asia) programında da Türkiye aktif ve yönlendirici bir rol üstlenmiştir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, uluslararası demiryolu entegrasyonu, Türkiye için yeni ekonomik ve stratejik fırsatlar sunmaktadır. Bir yandan ihracatçılar ve ithalatçılar açısından alternatif, maliyet etkin ve güvenilir bir taşıma modu oluşturulurken; diğer yandan uluslararası transit yük hareketlerinden elde edilen navlun gelirleri, lojistik hizmet ihracatı, istihdam artışı ve jeopolitik güç kazanımı gibi getiriler sağlanmaktadır.

Türkiye'nin 2023 sonrası ulaştırma vizyonunda, ülkenin bir lojistik süper güç hâline getirilmesi hedeflenmekte ve bu bağlamda demiryolu taşımacılığına özel önem atfedilmektedir. Özellikle Orta Koridor başta olmak üzere, Türkiye'nin Avrasya lojistik hatlarındaki konumunun pekiştirilmesi, önümüzdeki dönemde hem kamu yatırımlarının hem de uluslararası iş birliklerinin odak noktası olacaktır. Bu çerçevede, 2025 ve sonrasında Türkiye'nin, küresel tedarik zincirleri içinde vazgeçilmez bir transit geçiş ülkesi hâline gelmesi öngörülmektedir.

#### **2.4.6. Türkiye'yi İlgilendiren Demiryolu Ulaştırma Koridorları**

Demiryolu taşımacılığı, günümüzde sürdürülebilirlik, ekonomik verimlilik ve çevresel duyarlılık gibi temel parametreler açısından öne çıkan ulaşım modlarından biri hâline gelmiştir. Özellikle enerji verimliliği, düşük karbon salımı ve yüksek taşıma kapasitesi gibi avantajları nedeniyle, demiryolu ulaştırması hem ulusal taşımacılık politikalarında hem de uluslararası lojistik stratejilerde öncelikli konuma yerleşmektedir.



Türkiye'nin jeostratejik konumu, ülkeyi Asya ile Avrupa arasında doğal bir taşımacılık köprüsü hâline getirmekte ve uluslararası ulaştırma koridorları açısından kritik bir geçiş noktası yapmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye topraklarından geçen ve ülkeyi doğrudan etkileyen çok modlu demiryolu ulaştırma koridorları; yalnızca uluslararası ticaretin akışkanlığını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda ulusal kalkınma, bölgesel entegrasyon ve jeopolitik etki alanının genişletilmesi açısından da stratejik önem taşımaktadır.

Türkiye'nin taraf olduğu ve demiryolu taşımacılığı açısından doğrudan etkili olan başlıca uluslararası ulaştırma koridorları şunlardır:

- **Bir Kuşak Bir Yol (Belt and Road Initiative) – Orta Koridor:** Çin'den Avrupa'ya uzanan bu girişimin kara hattında, Türkiye; Orta Asya ve Kafkasya üzerinden gelen yüklerin geçiş güzergâhında kilit rol oynamaktadır.
- **EİT (Ekonomik İşbirliği Teşkilatı) Koridorları – ATI ve ITI Konteyner Trenleri:** Afganistan–Türkiye–İran (ATI) ve İran–Türkiye–Pakistan (ITI) demiryolu bağlantıları üzerinden yürütülen yük taşımaları, Türkiye'nin Orta Doğu ve Güney Asya ile olan demiryolu entegrasyonunu güçlendirmektedir.
- **TER (Trans-European Railway) Projesi:** UNECE koordinasyonunda yürütülen bu proje, Avrupa ve Asya arasındaki demiryolu entegrasyonunun sağlanmasını hedeflemektedir ve Türkiye bu projede önemli bir bağlantı ülkesidir.
- **TAR (Trans-Asian Railway) Projesi:** UNESCAP çatısı altında yürütülen bu Asya merkezli girişim, kıta içi bağlantıları güçlendirmeyi ve kıtalararası taşımacılığı desteklemeyi amaçlamaktadır. Türkiye, TAR ağı üzerinde kritik bir koridor ülkesidir.
- **TEN-T (Trans-European Transport Network):** Avrupa Birliği'nin ulaştırma altyapısı vizyonunu oluşturan bu ağı, Türkiye'nin AB ulaştırma sistemlerine entegrasyonu açısından stratejik bir işlev görmektedir.
- **TRACECA (Transport Corridor Europe–Caucasus–Asia):** Avrupa'dan Kafkaslar ve Hazar üzerinden Orta Asya'ya ulaşan taşımacılık hattında Türkiye, hem başlangıç noktası hem de lojistik merkez konumundadır.
- **Lapis Lazuli Transit Taşıma Koridoru:** Afganistan'dan Türkmenistan, Azerbaycan ve Gürcistan üzerinden Türkiye'ye ulaşan bu koridor, Güney Asya'yı Avrupa pazarlarına bağlamada alternatif bir güzergâh sunmaktadır.

#### 2.4.6.1. Bir Kuşak Bir Yol Projesi – Orta Koridor

Çin Halk Cumhuriyeti, Orta Asya, Avrupa ve Hint-Pasifik ülkeleri arasında yeni bir ekonomik entegrasyon hattı kurmayı hedefleyen kapsamlı bir altyapı girişimini hayata geçirmektedir. Bu proje, demiryolu hatları, boru hatları, limanlar ve enerji iletim şebekeleri gibi çok modlu altyapı yatırımları aracılığıyla Çin'in küresel ticaret ve lojistik ağlarına entegrasyonunu sağlamayı amaçlamaktadır. Söz konusu girişim üç ana ulaşım koridoru üzerine inşa edilmiştir: Kuzey Koridor (Rusya üzerinden), Güney Koridor (İran üzerinden) ve Orta Koridor (Türkiye üzerinden). Bu yapıda, Türkiye'nin içinde bulunduğu Orta Koridor, Çin ile Orta Asya, Güney Asya ve Avrupa arasında uzanan alternatif ve stratejik bir taşımacılık hattı olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye, Çin'in "İpek Yolu Ekonomik Kuşağı" ve "21. Yüzyıl Deniz İpek Yolu" projelerini desteklemekte; bu kapsamda, Orta Koridor vizyonunu hayata geçirerek Çin–Avrupa eksenindeki taşımalarda Kuzey Hattı'na alternatif, kesintisiz ve güvenilir bir güzergâh oluşturmayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda Türkiye, demiryolu altyapısının kapasitesini artırmak amacıyla çeşitli teknik ve yapısal yatırımlar gerçekleştirmektedir. Özellikle hatların çift hatlı hale getirilmesi, rehabilitasyonu, elektrifikasyon ve sinyalizasyon sistemlerinin modernize edilmesi yönünde çalışmalar sürdürülmekte; aynı zamanda yeni lojistik merkezler inşa edilmekte ve mevcut merkezler demiryolu bağlantılarıyla entegre edilmektedir.

**Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu Projesi:** Bu kapsamda geliştirilen en kritik altyapı projelerinden biri olan Bakü–Tiflis–Kars (BTK) Demiryolu Hattı, Orta Koridor'un omurgasını oluşturmaktadır. 30 Ekim 2017 tarihinde hizmete açılan BTK hattı, Asya ile Avrupa arasında kesintisiz yük ve yolcu taşımacılığı sağlamaktadır. Hat, Türkmenistan'daki Türkmenbaşı Limanı ve Kazakistan'daki Aktau Limanı üzerinden Hazar Denizi'ni tren ferileriyle geçerek Bakü'ye ulaşmakta ve buradan karayolu ile Tiflis ve Kars üzerinden Türkiye'ye bağlanmaktadır.

BTK hattının demiryolu güzergâhı aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır:

- **Kars-Ahılkelek:** 108 km (çift hat)
- **Ahılkelek-Tiflis:** 155 km (tek hat)
- **Tiflis-Bakü:** 566 km (çift hat)

Bakü'den sonra demiryolu hattı ikiye ayrılarak bir kolu Kazakistan, diğer kolu ise Türkmenistan üzerinden Çin'e ulaşmaktadır. Hattın yıllık taşıma kapasitesi, orta vadede 3,2 milyon ton, uzun vadede 6,5 milyon ton yük ve 2034 yılı itibarıyla yaklaşık 3 milyon yolcu olarak öngörülmektedir.

**Orta Koridor Projeleri:** Türkiye, Asya-Avrupa ekseninde yer alan stratejik konumuyla, Orta Koridor kapsamındaki demiryolu projeleri aracılığıyla Orta Doğu, Balkanlar ve Avrupa'ya kesintisiz taşımacılığı mümkün kılacak bir lojistik ağ oluşturmaktadır. Mevcut demiryolu hatlarına ek olarak yapımı süren projeler sayesinde Türkiye, hem ihracat taşımalarında hem de uluslararası transit yük hareketlerinde demiryolu modunu daha cazip ve rekabetçi bir seçenek hâline getirmektedir.

2023 yılında hizmete alınan Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi (393 km), doğu-batı ekseninde yüksek kapasiteli taşımacılığın temelini oluştururken, hâlihazırda devam eden başlıca demiryolu projeleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Erzincan-Erzurum Demiryolu Projesi (173 km)
- Erzurum-Kars Demiryolu Projesi (206 km)
- Sivas-Erzincan Hızlı Demiryolu Projesi (201 km)
- Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi (T26 Tüneli ve Doğançay Ripajı 2 kesimleri)
- Gebze-Halkalı Demiryolu Projesi (120 km)
- Halkalı-Kapıkule Demiryolu Projesi (229 km)
- Kars-Aralık-Iğdır-Dilucu Demiryolu Projesi (224 km)

Bu projelere ek olarak, ülke genelindeki lojistik merkez yatırımları da demiryolu taşımacılığını destekleyici nitelikte ilerlemektedir:

- **Faaliyette olan lojistik merkezler:** Kars, Erzurum (Palandöken), Eskişehir (Hasanbey), İzmit (Köseköy), İstanbul (Halkalı)
- **Yapımı devam eden lojistik merkezler:** Sivas, Kayseri (Boğazköprü)
- **Planlama aşamasındaki merkezler:** Bilecik (Bozüyük), İstanbul (Yeşilbayır), Tekirdağ (Çerkezköy)

Son yıllarda, Avrupa'daki politik ve ekonomik gelişmelerin etkisiyle Orta ve Uzak Asya'daki demiryolu stratejileri yeniden şekillenmiş; Demir İpek Yolu'nun canlandırılması uluslararası gündeme taşınmıştır. Bu bağlamda, 2013 yılında Marmaray Tüp Geçidi'nin ve 2017 yılında Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı'nın devreye girmesiyle Çin-Avrupa arasında kesintisiz demiryolu taşımacılığı Orta Koridor üzerinden gerçekleştirilebilir hâle gelmiştir.

Bu gelişmelerin somut yansıması olarak, 6 Kasım 2019 tarihinde Çin'in Xi'an kentinden yola çıkan ilk blok tren, Türkiye üzerinden geçerek Avrupa'ya ulaşmıştır. Tren, Xi'an-Ankara arasını yaklaşık 12 günde, Çin-Avrupa rotasını ise toplamda 18 günde tamamlayarak Marmaray üzerinden Avrupa kıtasına geçiş yapmıştır.

2020 yılı itibarıyla (tehlikeli madde taşımaları hariç olmak üzere), Asya ile Avrupa arasında gerçekleştirilen demiryolu taşımaları, Marmaray tüp geçidi sayesinde kesintisiz bir biçimde sürdürülmektedir. Bu gelişme, Türkiye'nin bölgesel transit taşımacılıktaki rolünü pekiştirmiş, aynı zamanda ülkeyi Orta Koridor'un işlevsel merkezlerinden biri hâline getirmiştir.

**Kalkınma Yolu Projesi:** Mart 2023 tarihinde ilan edilen Ankara Deklarasyonu ile birlikte, uzun süredir Türkiye ve Irak arasında müzakere edilen Kalkınma Yolu Projesi resmîyet kazanmış ve bölgesel ulaştırma stratejileri açısından yeni bir dönemin kapısını aralamıştır. Proje, Hindistan-Pasifik bölgesinden Avrupa ve Kafkasya'ya uzanacak alternatif bir taşımacılık koridoru oluşturmayı hedeflemekte olup; karşılıklı güvene, ekonomik entegrasyona ve lojistik iş birliğine dayalı, çok taraflı bir bölgesel kalkınma vizyonu sunmaktadır.

Proje kapsamında, Basra Körfezi ve El-Fav Limanı'ndan başlayarak Irak topraklarını kuzey-güney ekseninde kat edecek bir entegre karayolu ve demiryolu ağı inşa edilmesi planlanmaktadır. Güzergâhın, Irak Kürt Bölgesel Yönetimi dahil olmak üzere geniş bir coğrafyayı kapsayacak şekilde kurgulanması, Körfez ülkeleri ile Avrupa arasında alternatif bir ulaştırma hattı oluşturulmasını mümkün kılacaktır. Bu hat aracılığıyla gümrük, vize ve transit geçiş işlemlerinde yaşanan bürokratik engellerin azaltılması ve taşımacılık süreçlerinin daha hızlı, etkin ve düşük maliyetli şekilde yürütülmesi amaçlanmaktadır.

Türkiye açısından Kalkınma Yolu Projesi, jeopolitik ve ekonomik açıdan yüksek stratejik değer taşımaktadır. Bu koridor aracılığıyla Türkiye'nin Hint Okyanusu, Basra Körfezi ve Güneydoğu Asya ülkelerine erişimi güçlenecek; aynı zamanda Süveyş Kanalı'na alternatif bir güzergâhın hayata geçirilmesiyle, Türkiye'nin küresel lojistik zincirlerinde merkezi bir aktör hâline gelmesi mümkün olacaktır. Proje, yalnızca bölgesel ticareti canlandırmakla kalmayıp, Türkiye'nin taşıma kapasitesini ve ihracat potansiyelini de artıracak önemli bir hamledir.

Bununla birlikte, projenin uygulanabilirliği bazı yapısal ve siyasal riskler içermektedir. Özellikle Irak Merkezi Hükümeti ile Irak Kürt Bölgesel Yönetimi arasında sağlanacak siyasi uzlaş, projenin hem inşaat aşamasının hem de sonrasındaki işletme süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu uzlaşının tesis edilmesi durumunda, başta karayolu ve demiryolu inşaatı, altyapı mühendisliği, lojistik merkez planlaması gibi alanlarda Türk müteahhitlik ve teknik müşavirlik firmalarının aktif roller üstlenmesi beklenmektedir.

Projeye ilişkin lojistik hatlar, El-Anbar ve Basra gibi stratejik bölgelerden geçerek, Irak'ın farklı illerini birbirine bağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu durum, hâlihazırda Türkiye'nin üçüncü büyük ihracat pazarı olan Irak ile olan ticaret hacmini artırma potansiyelini barındırmakta; aynı zamanda Orta Doğu, Körfez ve Güneydoğu Asya ülkelerine yönelik ihracat taşımalarının çeşitlendirilmesini ve hızlandırılmasını mümkün kılmaktadır.

Toplamda 2030 yılı itibarıyla tamamlanması öngörülen Kalkınma Yolu Projesi, yalnızca Türkiye-Irak ilişkileri açısından değil, aynı zamanda bölgesel ekonomik bütünleşme, çok taraflı diplomatik iş birlikleri ve küresel lojistik yönetimi açısından da uzun vadeli etkiler doğurma kapasitesine sahiptir. Yapım süreci ve ekonomik getirilerinin yıllara yayılarak kademeli biçimde gerçekleşeceği öngörülen bu proje, Türkiye'nin lojistik vizyonu ve dış ticaret stratejileri bağlamında dönüştürücü bir işlev üstlenmeye adaydır.

**Zengezur Koridoru:** Zengezur Koridoru, diğer adıyla Nahçıvan Koridoru, Azerbaycan ile Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti arasında doğrudan kara ve demiryolu bağlantısı kurmayı amaçlayan, stratejik öneme sahip çok modlu bir ulaştırma projesidir. Bu koridor, 10 Kasım 2020 tarihinde Azerbaycan, Ermenistan ve Rusya arasında imzalanan Dağlık Karabağ Ateşkes Anlaşması'nın 9. maddesi doğrultusunda şekillendirilmiştir. İlgili hüküm, bölgede ekonomik ve ulaşım bağlantılarının yeniden tesis edilmesini ve Azerbaycan'ın batı illeri ile Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti arasında ulaşımın sağlanmasını öngörmektedir. Bu kapsamda, Ermenistan'ın; vatandaşların, araçların ve yük taşımacılığının iki yönlü geçişine izin veren bir ulaşım altyapısı oluşturması karara bağlanmıştır.

Yaklaşık 43 kilometre uzunluğundaki koridorun, Ermenistan topraklarından geçecek kesimi ulaştırma ve ticaret açısından kritik bir işlev üstlenmektedir. Bu hattın işlerlik kazanmasıyla birlikte, Türkiye-Nahçıvan-Azerbaycan-Orta Asya ekseninde kesintisiz bir kara ve demiryolu bağlantısı oluşturulacak; böylece hem lojistik verimlilik artacak hem de bölgesel ticaretin çeşitlenmesine ve derinleşmesine katkı sağlanacaktır.

Azerbaycan tarafında ulaştırma altyapısının güçlendirilmesi amacıyla hayata geçirilen projeler kapsamında, 2021 yılında Fuzuli Uluslararası Havalimanı faaliyete geçmiş; 2022 yılı Ekim ayında ise Zengilan Uluslararası Havalimanı, Türkiye Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan ve Azerbaycan Cumhurbaşkanı İlham Aliyev'in katılımıyla hizmete açılmıştır. Bu gelişmeler, bölgesel ulaştırma entegrasyonunu destekleyen çok modlu taşımacılık altyapısının önemli birer bileşenidir.

1 Mart 2023 itibarıyla güncellenen verilere göre, Zengilan-Nahçıvan kara yolu hattının Azerbaycan tarafındaki kısmının %73'ü tamamlanmış olup, kalan bölüm yaklaşık 30-40 kilometrelik kesimle Ermenistan topraklarında inşa edilmesi gereken kısmı kapsamaktadır. Bu durum, projenin yalnızca teknik değil, aynı zamanda bölgesel diplomatik uzlaşya dayalı çok taraflı bir girişim olduğunun göstergesidir.

Koridorun Türkiye bağlantısını sağlayacak olan Iğdır-Nahçıvan demiryolu hattının Türkiye sınırları içindeki uzantısı olan Kars-Iğdır-Aralık-Dilucu Demiryolu Hattı, 2022 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yatırım Programı'na dahil edilmiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yürütülen revize etüt ve proje çalışmaları, 2020 yılı sonunda tamamlanmıştır. İhalesi sonuçlanan ve yapımına kısa süre içinde başlanması öngörülen hat, 224 kilometre uzunluğunda, çift hatlı ve 160 km/saat tasarım hızına uygun şekilde planlanmıştır.

Söz konusu demiryolu hattı, mevcut Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı ve inşaa süreci devam eden Kars Lojistik Merkezi ile birlikte, Orta Koridor üzerindeki ağın kilit tamamlayıcı bileşenlerinden biri olarak değeriendirilmektedir. Bu hat sayesinde, Asya ile Avrupa arasında güvenli, hızlı ve kesintisiz bir ulaştırma bağlantısı kurulacak ve Türkiye'nin bölgesel ulaştırma ve lojistik merkezi olma vizyonu daha da güçlendirilecektir.

#### 2.4.6.2. EİT Koridorları (ATI, ITI Konteyner Trenleri)

Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (EİT) tarafından 2012 yılında yayımlanan "EİT Demiryolu Ağı Geliştirme Planı" çerçevesinde, üye ülkeler arasında çok modlu taşımacılık entegrasyonunu güçlendirmek amacıyla beş öncelikli demiryolu güzergâhı tanımlanmıştır. Bu güzergâhlar arasında özellikle Güzergâh 1, 2A ve 2B'nin Türkiye topraklarından geçmesi, Türkiye'nin bölgesel ulaşım koridorlarındaki stratejik konumunu bir kez daha teyit etmektedir.

**Güzergâh 1:** Türkiye-İran-Pakistan Merkezli Ana Koridor: Güzergâh 1, Türkiye'nin batı sınırından başlayarak Bulgaristan ve Yunanistan üzerinden İstanbul'a ulaşmakta; buradan Ankara hattı üzerinden Van Gölü geçişli sistemle Kapıköy sınır kapısından İran'a bağlanmaktadır. İran'da Aprin (Tahran yakınıları) üzerinden Pakistan sınırındaki Mirjaveh'e kadar devam eden bu ana hat, Pakistan topraklarında kuzeydoğu yönünde ilerleyerek İslamabad'a ulaşmaktadır. Hat, İran içerisinde Hamedan ve Arak bağlantılarıyla Irak'a; Pakistan tarafında ise Khokhropar, Armuka ve Wagah geçişleriyle Hindistan'a uzanan yan bağlantılarla desteklenmiştir. Ayrıca, Pakistan'ın Rawalpindi-Havelian kesiminden Çin sınırındaki Khanjurab'a ulaşması planlanan bir ilave bağlantı da fizibilite kapsamında değeriendirilmiştir.

Bu ana koridoru destekleyen dokuz ilave bağlantı hattı mevcuttur. Bunlardan üçü Türkiye'deki Samsun, Mersin ve İzmir limanlarına; ikisi İran'daki Bandar-e Abbas ve Çabahar limanlarına; dördü ise Pakistan'daki Karaçi ve Gwadar limanları ile Afganistan'daki Jalalabad ve Kandahar şehirlerine yöneliktir. Bu bağlantılar, karasal taşımacılığın denizyolu ile bütünleşmesini sağlayan çok modlu bir altyapı sistemine işaret etmektedir.

**Güzergâh 2A:** Türkiye'den Çin'e Orta Asya Üzerinden Alternatif Koridor: Güzergâh 2A, Aprin'e kadar Güzergâh 1 ile ortak bir rotayı izlemekte, ardından kuzeydoğu yönünde Türkmenistan (Mary), Özbekistan (Navoi, Taşkent) ve Kazakistan (Almatı) üzerinden Çin sınırına kadar uzanmaktadır. 2002 yılında başlatılan ve EİT bünyesinde ilk blok tren operasyonlarını başlatan bu hat, sekiz adet ilave bağlantı hattı ile desteklenmektedir. Bu bağlantılar; Türkiye'de Samsun, Mersin ve İzmir limanları; İran'da Bandar-e Abbas ve Çabahar limanları; Afganistan'da Herat; Türkmenistan ile Afganistan arasında Türkmenabad-Mezar-ı Şerif ve Özbekistan ile Afganistan arasında Semerkand-Mezar-ı Şerif bağlantılarını içermektedir. Güzergâh, Türkiye, İran, Türkmenistan, Özbekistan ve Kazakistan arasında kesintisiz bir yük taşımacılığı altyapısı sunmakta ve Türkiye ile İran'daki denizyolu limanlarıyla entegre olacak şekilde planlanmıştır.

**Güzergâh 2B:** Güneydoğu Orta Asya'ya Uzanan Alternatif Hat: Güzergâh 2B, İran'daki Neyşabur'a kadar Güzergâh 2A ile benzer bir rota izlemekte; sonrasında doğuya yönelerek Afganistan'ın Herat ve Mezar-ı Şerif şehirlerinden geçip Tacikistan sınırındaki Nijniy Pyanj'a ulaşmaktadır. Güzergâh, Tacikistan'daki Kurgan Tube üzerinden Kırgızistan topraklarından geçerek Çin sınırındaki Karamyk-Irkhetstam bağlantısında son bulmaktadır. Güzergâh, beş bağlantı hattı ile Türkiye (Samsun, Mersin, İzmir) ve İran'daki iki önemli limana entegrasyon sağlamaktadır. Ayrıca bu güzergâh, Afganistan, Tacikistan ve Kırgızistan gibi ulaştırma altyapısında gelişmekte olan ülkelerin küresel ticaret sistemine entegre edilmesini desteklemektedir.

**EİT Konteyner Tren Operasyonları:** Bölgesel Entegrasyonun Uygulamalı Örnekleri: EİT kapsamında hayata geçirilen konteyner tren projeleri, bölgede taşımacılık iş birliğini somutlaştıran önemli adımlardandır. Bu projelerden ilki olan İstanbul-Tahran-Aşkabat-Taşkent-Almatı (ATI) Konteyner Treni, 20 Ocak 2002 tarihinde işletmeye alınmış olup Türkiye'den başlayan yüklerin sırasıyla İran, Türkmenistan, Özbekistan, Tacikistan, Kırgızistan ve Kazakistan üzerinden Çin'e kadar uzanan koridorlarda taşınmasına olanak sağlamaktadır. Mevcut durumda taşımacılık büyük ölçüde kapalı vagonlarla gerçekleştirilmekte ve yükler İran veya Türkmenistan'daki sınır istasyonlarında aktarma yapılarak transit edilmektedir.

Diğer önemli hat ise, 14 Ağustos 2009 tarihinde devreye alınan İslamabad-Tahran-İstanbul (ITI) Konteyner Treni'dir. Türkiye, İran ve Pakistan arasında düzenli yük taşımacılığı sağlayan bu hat,

Güney Asya ile Orta Doğu ve Avrupa pazarları arasında etkili bir lojistik köprü işlevi görmektedir. ITI hattı, özellikle çok taraflı iş birliğini teşvik etmesi ve Türkiye'nin doğu-batı eksenli lojistik koridorlarındaki merkezi rolünü güçlendirmesi açısından kritik bir önem arz etmektedir.

#### 2.4.6.3. Birleşmiş Milletler Koridorları

Birleşmiş Milletler, küresel ölçekte bölgesel entegrasyonu teşvik etmek ve ekonomik ilişkileri geliştirmek amacıyla beş farklı bölgesel komisyon oluşturmuştur. Türkiye, bu kapsamda 1947 yılında kurulan Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) ile Birleşmiş Milletler Asya-Pasifik Ekonomik ve Sosyal Komisyonu'na (UNESCAP) üyedir. Her iki komisyon da Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal Konseyi'ne (ECOSOC) bağlı olarak faaliyet göstermektedir.

UNECE; Avrupa ülkeleri, Kuzey Amerika, ve bağımsızlığını kazanmış eski Sovyetler Birliği ülkelerinden oluşan 56 üyeyi kapsayan çok taraflı bir platformdur. Bu komisyon; ticaret, ulaştırma, çevre, enerji, istatistik, konut ve arazi yönetimi, ormancılık, cinsiyet eşitliği gibi pek çok alanda iş birliği ve bütünleşmeyi desteklemektedir. Komisyon, teknik altyapı farklılıklarını azaltmaya yönelik çalışmalar yürütmekte, normlar, standartlar ve anlaşmalar yoluyla bölgesel ve uluslararası sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektedir.

UNECE tarafından hazırlanan önemli belgelerden biri, demiryolu bağlantılarını geliştirmeye yönelik olan "Uluslararası Ana Demiryolu Hatları Avrupa Anlaşması" (AGC) olup 31 Mayıs 1985 tarihinde kabul edilmiştir. Buna ek olarak, 1 Şubat 1991 tarihinde ise "Uluslararası Önemli Kombine Taşımacılık Hatları ve Bağlı Tesisleri Avrupa Anlaşması" (AGTC) yürürlüğe girmiştir. Türkiye'nin de taraf olduğu bu iki anlaşma, demiryolu altyapısının planlanması, standartların belirlenmesi ve tesislerin geliştirilmesine yönelik ortak hareketi teşvik etmektedir.

UNECE'nin bir diğer önemli girişi, 1990 yılında Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın (UNDP) sağladığı ilk mali destekle başlatılan Trans-Avrupa Demiryolu (TER) Projesi'dir. Bu proje, Orta, Doğu ve Güneydoğu Avrupa ülkeleri arasında entegre bir demiryolu ve ulaştırma altyapısı kurmayı amaçlayan alt bölgesel bir işbirliği platformudur.

Öte yandan, Asya ve Pasifik bölgesine yönelik faaliyet gösteren UNESCAP, 53 üye ve 9 ortak üyesiyle bölgedeki en geniş hükümetlerarası platform olma özelliğini taşımaktadır. Söz konusu komisyon; sosyal, ekonomik ve çevresel dinamiklere dair analizler üreten güçlü bir düşünce kuruluşu niteliğindedir. Ulaştırma alanında; bölgesel politikaların geliştirilmesi, uluslararası ulaştırma ağlarına entegrasyonun sağlanması, taşımacılıkta verimliliğin artırılması ve yol güvenliğinin geliştirilmesine yönelik çok sayıda girişi desteklemektedir.

UNESCAP kapsamında yürütülen Trans-Asya Demiryolu (TAR) Projesi, Avrupa ile Asya arasında entegre bir demiryolu yük taşımacılığı ağı kurmayı hedeflemektedir. Bu ağ dört ana koridordan oluşmakta olup, Türkiye Güney koridorunda yer almaktadır. Bu koridor Türkiye'den başlayarak İran, Pakistan, Hindistan, Bangladeş, Myanmar ve Tayland üzerinden Çin'in Yunnan bölgesine ve oradan da Malezya ile Singapur'a kadar uzanmaktadır.

Bir diğer önemli girişim olan Avrupa-Asya Ulaştırma Bağlantıları (EATL) Projesi, UNECE ve UNESCAP öncülüğünde, Asya ve Avrupa arasında kesintisiz demiryolu taşımacılığı sağlamak amacıyla hayata geçirilmiştir. Projede 38 ülke yer almakta olup, dokuz ana demiryolu koridoru belirlenmiştir. Türkiye, bu koridorlardan üçüncü ve dördüncüsünün güzergâhı üzerinde yer almaktadır. Proje kapsamında, bu koridorlar üzerindeki taşımacılık hizmetlerinin geliştirilmesi amacıyla çeşitli altyapı ve yatırım projeleri yürütülmektedir.

**TER (Trans European Railway) Projesi :** Trans-Avrupa Demiryolu (TER) Projesi, Avrupa ulaştırma altyapı politikalarının sadece Avrupa Birliği sınırları içinde kalmayıp, tüm Avrasya coğrafyasına yayılmasını hedefleyen stratejik bir girişimdir. Bu proje, hükümetler arası düzeyde demiryolu taşımacılığına ilişkin ortak ilgi alanlarını ele alarak, üye ülkelerin demiryolu altyapı standartlarının yükseltilmesine katkı sağlayan bölgesel bir işbirliği platformudur.

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) tarafından 1990 yılında başlatılan TER İşbirliği Güven Fonu Anlaşması ile birlikte, proje finansmanı üye ülkelerin katkılarıyla sağlanmış ve bu sayede TER Projesi kendi kendini finanse edebilen sürdürülebilir bir yapıya kavuşmuştur. Bu yapı, teknik, yönetsel ve ekonomik faaliyetlerin sürekli şekilde koordine edilmesine olanak tanımış ve temel faaliyetlerin istikrarlı biçimde sürdürülmesini mümkün kılmıştır.

Projenin üyeleri arasında Orta, Doğu ve Güneydoğu Avrupa ile Kafkasya bölgesinden 13 ülke yer almakta olup, bunlar: Ermenistan, Avusturya, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Çekya, Polonya, Romanya, Rusya Federasyonu, Sırbistan, Slovakya, Slovenya ve Türkiye'dir. Buna ek olarak, Belarus, Letonya, Moldova, Karadağ, Kuzey Makedonya ve Ukrayna gözlemci statüsünde projeye katılmaktadır. Türkiye, 1992 yılından itibaren TER Projesi'nde aktif üyeliğini sürdürmektedir.



#### **TER Projesi'nin Temel Amaçları**

- Demiryolu koridorlarının operasyonel verimliliğini artırmak,
- Demiryolu projelerinin ekonomik ve çevresel etkilerini optimize etmek,
- Teknik rapor ve analizlerin hazırlanmasında üye ülkeler arasında bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirmek,
- Avrupa ulaştırma altyapı sistemleri ile entegrasyonu desteklemek,
- Kombine taşımacılık alanında bölgesel işbirliğini geliştirmek,
- Uluslararası demiryolu taşımacılığında darboğazların giderilmesi ve sınır geçişlerinin kolaylaştırılması için operasyonel parametrelerin iyileştirilmesini sağlamak,
- TER ağının altyapısının, AGTC ve AGC anlaşmalarında belirlenen teknik standartlara uyumlu hale getirilmesini teşvik etmek,
- Karar vericilere ve politika yapıcılara demiryolu ulaşımıyla ilgili önerilerde bulunmaktadır.

Proje, Baltık, Adriyatik, Ege, Karadeniz ve Hazar Denizi'ni birbirine bağlayan stratejik demiryolu ağları sayesinde Avrupa Birliği'nin TEN-T ağı ile Batı Asya ve Orta Doğu'daki sistemler arasında doğrudan bağlantılar kurulmasını desteklemektedir.

TER Projesi'nin uygulama süreci, UNECE'nin gözetiminde faaliyet gösteren TER Proje Ofisi, ulusal koordinatörler ve üye ülke temsilcilerinin katılımıyla yılda iki defa düzenlenen Yönlendirme Komitesi Toplantıları aracılığıyla yürütülmektedir. Her yıl seçilen TER Danışmanı, üye ülkelerden derlenen verilerle hazırladığı "TER Omurga Şebekesi Yıllık Faaliyet Raporu" ile ülkelerin demiryolu altyapılarına dair istatistiksel durumu raporlamaktadır.

Bu temel raporun yanı sıra hâlihazırda devam eden diğer teknik çalışmalar arasında şunlar öne çıkmaktadır:

- "UNECE / TER Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) Uygulaması",
- TER ülkelerinin altyapılarının uluslararası teknik standartlara uygunluğunu analiz etmeye yönelik çalışmalar.

**TAR (Trans Asian Railway- Unescap) Projesi :** Trans-Asya Demiryolu Ağı (TAR), Asya kıtasında demiryolu altyapısının geliştirilmesini ve bu altyapının daha verimli, entegre ve sürdürülebilir bir biçimde işletilmesini amaçlayan kapsamlı bir bölgesel ulaşım iş birliği platformudur. Bu bağlamda TAR, Asya Karayolu Ağı ve stratejik kara limanları ile birlikte, Birleşmiş Milletler Asya-Pasifik Ekonomik ve Sosyal Komisyonu (UNESCAP) tarafından geliştirilen uluslararası entegre çok modlu taşımacılık ve lojistik sisteminin temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır.

Toplam uzunluğu yaklaşık 125.500 kilometre olan Trans-Asya Demiryolu Ağı, hâlihazırda 28 üye devlete hizmet sunmaktadır. Bu ağın hukuki temelini oluşturan Trans-Asya Demiryolu Ağı Hükümetlerarası Anlaşması, 11 Haziran 2009 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye, söz konusu anlaşmayı 10 Kasım 2006 tarihinde Güney Kore'nin Busan kentinde imzalamış; anlaşmanın uygun bulunduğu 07 Mart 2017 tarihli ve 6939 sayılı Kanun Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından kabul edilmiş, 31 Mart 2017 tarihli ve 30024 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak iç hukukta yürürlüğe girmiştir.

Trans-Asya Demiryolu Ağı'nın Temel Hedefleri;

- Uluslararası taşımacılığın işlerliğini artırmak amacıyla demiryolu hatlarını ortak standartlar ve işletme prosedürleri doğrultusunda geliştirmek,
- Bölgesel ve kıtalararası öneme sahip demiryolu güzergâhlarını tanımlamak ve bu hatların geliştirilmesini koordineli planlama çerçevesinde teşvik etmek,
- Hatların teknik gereksinimlere uygun şekilde tasarlanması ve işletilmesini sağlamak amacıyla, yeni hatların inşası ve mevcut hatların iyileştirilmesinde dikkate alınacak teknik rehber ilkeleri belirlemek.
- TAR Ağı, denizyolu taşımacılığında yaygın olarak kullanılan konteynerlerin yüksek oranda transferine imkân sağlayan bir altyapıya sahiptir. Ancak bu ağın potansiyelinden azami düzeyde yararlanılabilmesi için çeşitli teknik ve operasyonel iyileştirmelerin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda;

- Hat kapasitesinin artırılması,
- Lokomotif ve vagonların (çekici-çekilen araçlar) teknik ve işletme açısından uyumlu hale getirilmesi,
- Intermodal taşımacılığı destekleyen terminallerin ve geçiş noktalarının (arayüzlerin) uygun mühendislik çözümleriyle tasarlanması,

gibi unsurlar, ağın işlevselliğini ve sürdürülebilirliğini doğrudan etkileyen kritik faktörler arasında yer almaktadır.

#### 2.4.6.4. TEN-T (Trans Europe Network-Transportation)

Avrupa Birliği tarafından ulaştırma, enerji ve telekomünikasyon altyapılarının entegrasyonunu sağlamak amacıyla başlatılan Trans-Avrupa Ağları (TEN) politikası, 1993 yılından bu yana AB'nin bütünsel altyapı stratejisinin temel yapı taşlarından biri olmuştur. Bu politika, AB üyesi ülkeler ile komşu devletlerin altyapıları arasında etkin bağlantılar tesis etmeyi ve bu sistemler arasında karşılıklı işletilebilirliği (interoperability) sağlamayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, ortak çıkar niteliği taşıyan projeler belirlenmekte, teknik standartlar oluşturulmakta ve projelerin hayata geçirilmesini desteklemek üzere finansman mekanizmaları geliştirilmektedir.

TEN politikalarının uygulanmasında iki temel araç öne çıkmaktadır: İlki, AB tarafından yayımlanan ve yeni altyapıların geliştirilmesi ile mevcut altyapıların modernizasyonuna ilişkin stratejik yönlendirmeler sunan kılavuz belgelerdir. İkincisi ise bu projelere tahsis edilen altyapı fonları aracılığıyla sağlanan mali destektir. Ulaştırma alanında yürürlüğe giren en güncel düzenleme, 20 Aralık 2013 tarihli AB Resmî Gazetesi'nde yayımlanan ve 1315/2013 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü'dür. Bu düzenleme ile TEN-T yapısında metodolojik değişikliğe gidilerek, ağ yapısı iki katmanlı bir sistem olarak yeniden yapılandırılmıştır.

Bu doğrultuda tanımlanan TEN-T Kapsamlı Ağı, tüm ulaştırma türlerini (demiryolu, karayolu, iç su yolları, deniz ve hava taşımacılığı) kapsayan, geniş kapsamlı ve entegre bir altyapı sistemi olarak tasarlanmıştır. Bu ağın 2050 yılına kadar tamamlanması öngörülmekte olup, temel hedefi Avrupa genelinde asgari teknik standartlara sahip, kesintisiz ve karşılıklı işletilebilir bir ulaşım ağı oluşturmaktır.

TEN-T Çekirdek Ağı ise yüksek öneme sahip ulaşım bağlantılarını içeren ve 2030 yılına kadar tamamlanması hedeflenen öncelikli altyapı projelerini kapsamaktadır. Bu ağ çerçevesinde dokuz ana koridor tanımlanmış olup, söz konusu koridorlar mevcut TEN-T projeleri, ERTMS hatları ve 913/2010 sayılı Tüzük ile belirlenen Demiryolu Yük Koridorları ile uyumlu şekilde planlanmıştır.

Çekirdek Ağ bünyesindeki demiryolu altyapıları için öngörülen teknik gereklilikler şu şekilde özetlenebilir:

- 1435 mm'lik standart ray açıklığı,
- Hatların elektrifikasyonu,
- Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) uygulamaları,
- Yük taşımacılığında 22,5 ton dingil basıncı,
- Minimum 100 km/s işletme hızı,
- En az 740 metre uzunluğundaki yük trenlerinin işletilebilmesi.

TEN-T politikasının temel vizyonu, Avrupa genelinde fiziksel ve dijital olarak entegre edilmiş bir "Tek Ulaştırma Alanı" oluşturarak malların, hizmetlerin ve insanların serbest dolaşımını kolaylaştırmaktır. Bu vizyon doğrultusunda:

- Ağ bazlı planlama anlayışı benimsenmiş,
- Farklı ulaşım modları arasında geçişi sağlayacak düğüm noktaları tanımlanmış,
- Yatırımlar için teknik gereklilikler standardize edilmiş,
- Ulaşım sistemlerinin maksimum verimlilik ve karşılıklı işletilebilirlik düzeyine ulaşması hedeflenmiştir.

Tüzüğün ekinde yer alan haritalarda Türkiye, AB'ye komşu ülkeler kategorisinde TEN-T Kapsamlı Ağına dahil edilmiş olup, ülkemizin bu ağ üzerindeki rolünün güçlendirilmesine yönelik çeşitli teknik çalışmalar yürütülmektedir. Nitekim 20-22 Haziran 2016 tarihlerinde Rotterdam'da düzenlenen "TEN-T Günleri 2016" etkinliğinde, Türkiye'nin TEN-T Çekirdek Ağı ile bağlantısının sağlanması hususunda önemli düzeyde mutabakat sağlanmıştır. Ancak, bu uzlaşmalara rağmen revize edilen haritaların ve bağlantıların AB mevzuatına resmî olarak entegre edilmesine yönelik yasal bir düzenleme henüz yürürlüğe girmemiştir.

Öte yandan, Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde yayımlanan "Akıllı ve Sürdürülebilir Hareketlilik" başlıklı mevzuat paketiyle, TEN-T sisteminde kapsamlı reformlar öngörülmektedir. Bu kapsamda:

- 2040 yılına kadar tüm kıta genelinde demiryolu yolcu taşımacılığı altyapısının 160 km/s hız kapasitesine ulaşacak şekilde geliştirilmesi,
- Yük terminallerinin kapasite artırımı,
- Sınır geçişlerinde bekleme sürelerinin en fazla 15 dakikaya indirilmesi,
- Ulaştırma altyapılarının dijital dönüşüme uygun hâle getirilmesi hedeflenmektedir.
- Bu hedeflere ulaşmak için, 5G gibi ileri seviye iletişim teknolojilerinin taşıma sistemlerine entegre edilmesi planlanmakta, böylece ağın güvenliği, emniyeti ve operasyonel dayanıklılığı artırılmaktadır. Ayrıca çevreci ulaşımın teşviki amacıyla alternatif yakıt altyapılarının yaygınlaştırılması zorunlu hâle getirilmiştir. Bu doğrultuda:
- Üye ülkelerin 2025 yılına kadar çekirdek ağ güzergâhlarında,
- 2030 yılına kadar ise hem çekirdek hem de kapsamlı ağlarda, her 60 kilometrede bir elektrikli şarj istasyonu kurması yasal zorunluluk hâline gelecektir.

#### **2.4.6.5. TRACECA (Avrupa Kafkasya Asya Ulaşım Koridoru)**

Avrupa-Kafkasya-Asya Ulaşım Koridoru (TRACECA), tarihî İpek Yolu güzergâhının modern koşullara uyarlanarak yeniden canlandırılması ve doğu-batı ekseninde çok modlu ulaşım altyapısının geliştirilmesini amaçlayan bölgesel bir ulaşım ve iş birliği girişimidir. Bu programın temel hedefi, Avrupa ile Kafkasya ve Orta Asya ülkeleri arasında sürdürülebilir ekonomik ilişkilerin ve lojistik bağlantıların güçlendirilmesidir.

TRACECA'nın hukuki zemini, 8 Eylül 1998 tarihinde Türkiye, Ukrayna, Moldova, Romanya ve Bulgaristan gibi bölge ülkelerinin de aralarında bulunduğu toplam 12 ülkenin Devlet ve Hükümet Başkanları tarafından imzalanan "Çok Taraflı Temel Anlaşma" (MLA) ile oluşturulmuştur. Bu anlaşma, TRACECA çerçevesinde yürütülecek taşıma projeleri için yasal ve kurumsal çerçeveyi tanımlamaktadır. Türkmenistan programın Tacis-TRACECA dönemine taraf olmakla birlikte MLA'ya katılmamış; İran ise 2009 yılında MLA'yı imzalayarak resmi üye olmuştur.

Programın temelleri, Avrupa Birliği tarafından 1993 yılında başlatılan bir girişim kapsamında atılmıştır. Bu girişim, özellikle Kafkasya ve Orta Asya Cumhuriyetleri için geleneksel ulaşım güzergâhlarına (örneğin Rusya ve İran üzerinden uzanan hatlara) alternatif koridorların geliştirilmesini öngörmekteydi. Böylece bölge ülkelerinin küresel piyasalara erişiminde daha dengeli ve çok yönlü seçeneklerin oluşturulması amaçlanmıştır.

TRACECA güzergâhı kapsamında; Almatı'dan başlayan kara ve demiryolu hatlarının Kırgızistan, Özbekistan ve Türkmenistan üzerinden Hazar Denizi'ne ulaşması, buradan Ro-Ro ve Ro-La gibi denizyolu bağlantılarıyla Azerbaycan'a geçerek Gürcistan'ın Poti ve Batum limanlarına bağlanması planlanmıştır. Bu bağlantı, Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı aracılığıyla Türkiye demiryolu sistemine entegre edilmekte, ardından Türkiye limanlarından Ukrayna, Romanya ve Bulgaristan'a denizyolu geçişleri sağlanarak Pan-Avrupa Ulaştırma Koridorları ile bütünleşme hedeflenmektedir.

Son yıllarda hayata geçirilen büyük ölçekli altyapı projeleri, TRACECA güzergâhının taşıma kapasitesini ve operasyonel etkinliğini önemli ölçüde artırmıştır. Bu kapsamda:

- Marmaray Tüp Geçiş (29 Ekim 2013'te hizmete alınmıştır),
- Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren Hattı (25 Temmuz 2014'te devreye girmiştir),
- Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu Hattı (30 Ekim 2017'de faaliyete geçmiştir),

gibi projeler, Asya ile Avrupa arasında kesintisiz, hızlı ve rekabetçi bir demiryolu koridorunun oluşturulmasına katkı sağlamıştır.

TRACECA güzergâhında demiryolu hatlarının teknik uyumu, bölgesel ulaşımın etkinliğinde belirleyici bir faktördür. Türkiye, Gürcistan ve Romanya'da kullanılan 1435 mm'lik standart ray açıklığı, Avrupa Birliği teknik normları ile uyumlu iken; TRACECA üyesi Orta Asya ülkelerinde yaygın olarak 1520 mm'lik geniş hat açıklığı kullanılmaktadır. Bu durum, sınır geçişlerinde hat uyumluluğunu sağlayacak teknik çözümlerin (örneğin boji değişimi, çok sistemli lokomotifler) geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

TRACECA demiryolu politikaları yalnızca kıtalar arası bağlantıyı tesis etmeyi değil, aynı zamanda üye ülkelerdeki ulusal demiryolu ağlarının modernizasyonunu ve taşıma kapasitelerinin artırılmasını da hedeflemektedir. Bu çerçevede TRACECA ülkeleri üç stratejik öncelik üzerinde uzlaşmıştır:

- Demiryolu sistemlerinin verimliliğini ve mali sürdürülebilirliğini artırmaya yönelik yapısal reformların uygulanması,
- Demiryolunun çok modlu taşımacılık içindeki rolünü artırmak amacıyla planlı ve hedef odaklı altyapı yatırımlarının hayata geçirilmesi,
- AB ile TRACECA ülkeleri arasında karşılıklı işletilebilirliğin sağlanarak hizmet kalitesinin ve ulaştırma etkinliğinin artırılması.

Bu stratejik hedefler doğrultusunda TRACECA, bölgesel ulaşım altyapısının dijitalleşmesi, çevre dostu taşımacılık modellerinin geliştirilmesi ve ticaretin kolaylaştırılması alanlarında da entegre çözümler üretmeye devam etmektedir.

#### 2.4.6.6. Lapis Lazuli Transit Taşıma Koridoru

Afganistan-Türkmenistan-Azerbaycan-Gürcistan-Türkiye Transit Taşımacılık Koridoru, yaygın bilinen adıyla Lapis Lazuli Koridoru, Asya'dan Avrupa'ya uzanan çok modlu ve entegre bir ulaştırma hattı olarak yapılandırılmıştır. Proje, Afganistan'dan başlayan güzergâhın, Türkmenistan üzerinden Hazar Denizi'ni aşarak Azerbaycan ve Gürcistan topraklarından geçmesi ve Karadeniz limanları ya da Bakü-Tiflis-Kars (BTK) Demiryolu Hattı vasıtasıyla Türkiye'ye ulaşması; oradan da Marmaray tüneli ve Boğaz köprüleri üzerinden Avrupa'ya bağlanmasını amaçlamaktadır.

Koridor, sadece fiziksel ulaştırma bağlantılarını değil, aynı zamanda bölgesel kalkınma, lojistik iş birliği ve ticari etkileşimi de kapsayan çok boyutlu bir stratejik altyapı projesi niteliğindedir. Bu doğrultuda projenin orta ve uzun vadeli hedefleri çerçevesinde aşağıdaki öncelikler belirlenmiştir:

- Güzergâh üzerindeki ana karayolu altyapısının ve sınır geçiş noktalarının modernize edilmesi,
- Afganistan ile Türkiye arasında demiryolu bağlantılarının teknik, operasyonel ve kurumsal açıdan geliştirilmesi,
- Beş ülke sınırları içinde çok modlu kara limanlarının (dry ports) iyileştirilmesi ve bu merkezlerin taşımacılık zinciri içindeki entegrasyonunun artırılması,
- Koridor boyunca Sınır Ötesi Ekonomik Bölgeler kurulması amacıyla fizibilite ve fayda-maliyet analizlerinin gerçekleştirilmesi.

Lapis Lazuli Koridoru'nun, Türkiye'nin öncülüğünde yürütülen Orta Koridor Girişimi (Doğu-Batı Trans-Hazar Ticaret ve Ulaşım Koridoru) ile entegrasyonu, hem lojistik verimliliği artırmakta hem de Avrasya'daki ulaşım ağlarının küresel tedarik zincirlerine entegrasyonuna katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle koridor, yalnızca güzergâh ülkeleri ile sınırlı kalmayıp, Hazar ve Karadeniz havzalarını içeren geniş bir coğrafyada bölgesel bağlantıların güçlendirilmesinde kilit rol oynamaktadır.

Söz konusu uluslararası iş birliği, 15 Kasım 2017 tarihinde Türkmenistan'ın başkenti Aşgabat'ta düzenlenen Yedinci Bölgesel Ekonomik İşbirliği Konferansı (RECCA VII) sırasında taraf ülkeler arasında imzalanan mutabakatla resmîyet kazanmıştır. Türkiye açısından, bu iş birliği çerçevesinde imzalanan Transit Ticaret ve Ulaştırma İş Birliği Anlaşması (Lapis Lazuli Güzergâh Anlaşması), 07 Nisan 2020 tarihli ve 7229 sayılı Kanun ile onaylanmış; bu onay 28 Mayıs 2020 tarihli ve 31138 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak kamuoyuna duyurulmuştur. Anlaşma, 5 Ağustos 2020 tarihli ve 2832 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile yürürlüğe girmiş ve 06 Temmuz 2020 tarihi itibarıyla ulusal mevzuat açısından geçerlilik kazanmıştır.

#### 2.4.6.7. Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü(KEİ)

Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü (KEİ) üyesi ülkeler, bölgesel ulaştırma sistemlerinin daha etkin, sürdürülebilir ve entegrasyon odaklı bir yapıya kavuşturulması amacıyla çok taraflı iş birliği çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmaların temel hedefleri arasında, mevcut ulaşım altyapısının teknik ve operasyonel açıdan uyumlaştırılması, altyapı kapasitesinin modernize edilerek güçlendirilmesi ve kara, deniz, demiryolu ile havayolu modlarının birlikte çalışabilirliğine dayalı çok modlu taşımacılık sistemlerine geçişin sağlanması yer almaktadır.

Türkiye, KEİ Dönem Başkanlığı süresince ulaştırma alanındaki aktif tutumunu sürdürmüş ve bölge ülkeleri arasında çevresel sürdürülebilirlik temelli bir ulaşım ağı oluşturulmasını önermiştir. Bu bağlamda sunulan “Çevre Ulaştırma Koridoru” teklifi, yalnızca fiziksel altyapının iyileştirilmesine odaklanmamakta; aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılması, kurumsal uyumun sağlanması ve dijitalleşme aracılığıyla izleme kapasitesinin artırılmasını içeren çok boyutlu bir yaklaşımı benimsemektedir.

Bu önerinin temel bileşenleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Üye ülkeler arasında kesintisiz ve etkin ulaştırma bağlantılarının tesis edilmesi,
- Ulaştırma sektörüne ilişkin ulusal mevzuatların bölgesel düzeyde uyumlaştırılması ve teknik standartların karşılıklı tanınması,
- Ulaştırma faaliyetlerinin çevresel etkilerinin en aza indirilmesi ve bu doğrultuda yeşil lojistik uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- Uluslararası projelerin planlanması, takibi ve etki analizlerinin yapılabilmesi için ortak ve dinamik bir ulaştırma veri tabanının kurulması.

Bu stratejik girişim, KEİ coğrafyasında sürdürülebilir ekonomik bütünleşmenin sağlanmasına katkı sunarken; çevreye duyarlı, düşük karbon ayak izine sahip ulaştırma politikalarının yaygınlaştırılmasına da zemin hazırlamaktadır. Aynı zamanda, bölgesel ulaştırma altyapısının AB normlarıyla uyumlu hâle getirilmesi yönünde önemli bir adım teşkil etmektedir.

#### **2.4.7. Dış Ticarete Demiryolu Taşımacılığı**

Türkiye'nin dış ticaret taşımalarında demiryolunun payı, uzun yıllar boyunca hem ihracat hem de ithalat işlemlerinde %1 seviyesinin üzerine çıkamamıştır. 2023 yılı itibarıyla ihracat taşımalarının yalnızca %0,7'si, ithalat taşımalarının ise %0,5'i demiryolu ile gerçekleştirilmiştir. Buna karşın, küresel ölçekte karayolu taşımacılığına olan bağımlılığın çevresel ve ekonomik sınırlarla karşı karşıya kalması, demiryolunun yeniden ön plana çıkmasına neden olmuştur.

Son otuz yılda demiryolu taşımacılığı; çevre duyarlılığı, enerji verimliliği ve yüksek güvenlik düzeyi gibi avantajları nedeniyle artan biçimde stratejik bir taşıma modu olarak öne çıkmıştır. Sanayi devriminden bu yana küresel ekonomik yapıyı şekillendiren demiryolu, günümüzde sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin ayrılmaz bir bileşeni hâline gelmiştir.

Uluslararası ticaretin büyümesine paralel olarak şekillenen küresel ulaştırma ağları içerisinde, demiryolu koridorları düşük yapım maliyeti, uzun ömürlü altyapısı, sınırlı alan gereksinimi, çevre dostu yapısı ve fosil yakıtlara olan düşük bağımlılığı sayesinde sınır ötesi yük taşımacılığında dikkat çeken bir alternatif konumuna gelmiştir. Bu bağlamda demiryolu, çevresel sürdürülebilirlik açısından en avantajlı ulaşım modlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye, Asya ile Avrupa arasında köprü konumundaki jeostratejik konumu sayesinde; Doğu Avrupa, Orta Doğu, Orta Asya ve Kuzey Afrika gibi pazarlara erişim sağlayarak taşımacılık faaliyetlerinde bölgesel bir merkez olma potansiyeli taşımaktadır. Türkiye üzerinden geçen ulaştırma koridorlarının demiryolu hatlarıyla entegrasyonu, uluslararası kesintisiz taşımacılığın sağlanmasına önemli katkılar sunmakta; bu durum, sektörün gelişimini desteklemektedir. Bu çerçevede altyapı ve işletme süreçlerinde ortak standartların geliştirilmesi, sınır geçiş sürelerinin azaltılması ve koridorlardaki darboğazların giderilmesine yönelik stratejik politika ve düzenlemeler önem kazanmaktadır.

Küresel ölçekte çevresel etkilerin göz ardı edilmesi, ekonomik büyümeyle birlikte ciddi ekolojik sorunlara yol açmıştır. Özellikle COVID-19 pandemisi sonrasında çevresel duyarlılık artış göstermiş ve bu kapsamda yeşil dönüşüm sürecine yönelik küresel ve ulusal politikalar hız kazanmıştır. Avrupa Birliği'nin 11 Aralık 2019 tarihinde ilan ettiği “Avrupa Yeşil Mutabakatı” ile 2050 yılına kadar dünyanın ilk iklim nötr kıtası olma hedefi belirlenmiş, bu çerçevede lojistik sektöründe düşük emisyonlu taşıma modlarının önceliklendirilmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla demiryolu taşımacılığı, sürdürülebilir lojistik sistemlerin merkezine yerleşmiştir.

Türkiye'de demiryolu politikaları, Cumhuriyetin ilk dönemlerinde öncelikli yatırım alanı olarak benimsenmiş ancak 1950 sonrası dönemde karayolu lehine ikinci plana itilmiştir. 2000'li yılların başına kadar durağan seyreden demiryolu yatırımları, 2002 yılından itibaren yeniden devlet politikası düzeyinde ele alınmış ve bu doğrultuda demiryolu odaklı ulaşım stratejileri hayata geçirilmiştir. Bu stratejiler kapsamında yüksek hızlı tren projeleri uygulanmış, mevcut hatların elektrikli ve sinyalli hâle getirilmesi sağlanmış, yerli demiryolu sanayisi



desteklenmiş, lojistik merkezlerin kurulumu ve yük taşıma odaklı iltisak hatlarının yaygınlaştırılması gibi çok boyutlu hedefler uygulamaya konmuştur. 2002-2023 döneminde demiryolu sektörüne toplamda 960 milyar TL'nin üzerinde yatırım gerçekleştirilmiştir.

2023 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin demiryolu hattı uzunluğu 13.919 kilometreye ulaşmış olup, bunun 2.251 kilometresi yüksek hızlı tren hatlarından, kalanı ise konvansiyonel hatlardan oluşmaktadır.

Toplam hat uzunluğunun yaklaşık %60'ı sinyalli, %50'si ise elektrikli. Çin'in "Kuşak ve Yol" girişimi kapsamında inşa edilen Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu Hattı'nın Marmaray ile entegrasyonu sayesinde Asya ve Avrupa kıtaları arasında kesintisiz ve ekonomik bir taşımacılık rotası oluşturulmuştur.

Demiryolu taşımacılığı faaliyetleri, 1 Ocak 2017 tarihi itibarıyla TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından yürütülmekte olup, aynı zamanda özel sektör bünyesinde de tren işletmeciliği yetkisine sahip şirketler faaliyet göstermektedir. Bu firmalar arasında Körfez Ulaştırma A.Ş., Omsan Lojistik A.Ş., Sun Tren LTD., Pars Demiryolu İşletmeciliği A.Ş., Pasifik Eurasia Lojistik A.Ş., Arkas Lojistik A.Ş. ve Mir Global Lojistik A.Ş. yer almaktadır.

Türkiye genelinde demiryolu altyapısı üzerinde 62 gar müdürlüğü, 73 gar şefliği, 227 istasyon şefliği, 302 durak ve 12 lojistik merkez hizmet vermektedir. Mevcut durumda 217 liman ve iskeleden 21'inde, 368 organize sanayi bölgesinden ise yalnızca 12'sinde demiryolu bağlantısı bulunmaktadır. Bu doğrultuda, toplam 240 yük üretim ve aktarma merkezi demiryolu taşımacılığı ile hizmet vermektedir. Ayrıca, "İltisak Hatlarının Projelendirilmesi, Yapımı ve İşletilmesine Dair Usul ve Esaslar"a ilişkin hazırlanan yönetmelik taslağının kısa süre içinde yürürlüğe girmesi beklenmekte olup, mevcut durumda 439 kilometre olan iltisak hat uzunluğunun orta vadede 663 kilometreye çıkarılması hedeflenmektedir.

## 2.5. Ana Hat ve Banliyö Yolcu Taşımacılığı

2003 yılı itibarıyla Türkiye demiryolu sektörü, yaklaşık yarım asırlık bir ihmal sürecinden çıkarak yeniden yapılandırma sürecine girmiştir. 1950'lerden 2003'e kadar demiryolu yatırımları ciddi biçimde azalmış, bu süreçte demiryollarının yolcu taşımacılığındaki payı %2'nin altına gerilemiştir. Ancak 2003 sonrasında demiryolları, taşıma politikalarında yeniden öncelikli bir konuma getirilmiş; bu doğrultuda hem fiziksel altyapı yatırımları hem de kurumsal düzenlemeler hız kazanmıştır. Mevcut hatların modernizasyonu, yeni hat inşaatları ve sektörel yapının güncellenmesine yönelik kapsamlı adımlar atılmıştır.

Bu dönüşüm sürecindeki en köklü kurumsal değişim, 1 Mayıs 2013 tarihinde yürürlüğe giren 6461 sayılı Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun ile gerçekleştirilmiştir. Söz konusu yasa kapsamında, Avrupa Birliği demiryolu reformlarına paralel olarak altyapı işletmeciliği ile tren işletmeciliği faaliyetleri birbirinden ayrılmış; Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) yalnızca altyapı işletmecisi olarak konumlandırılmıştır. Yük ve yolcu taşımacılığı faaliyetlerini yürütecek ayrı bir tüzel kişilik olarak kurulan TCDD Taşımacılık A.Ş., gerekli hazırlıkların tamamlanmasının ardından 14 Haziran 2016 tarihinde resmen tescil edilmiş ve 1 Ocak 2017 itibarıyla operasyonel faaliyetlerine başlamıştır. Bu ayrıştırma, sektöre rekabetin getirilmesini ve özel işletmecilerin de pazara girişinin önünü açmayı hedeflemiştir.

Halihazırda yolcu taşımacılığı hizmetleri yalnızca TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından yürütülmekte olsa da, yasal çerçevede özel sektör işletmecilerine de yolcu seferi düzenleme yetkisi tanınmıştır.

Serbestleşme sürecinin tamamlayıcı bir unsuru olarak kamu hizmeti yükümlülüğü (Public Service Obligation - PSO) mekanizmaları devreye alınmış; ekonomik olarak sürdürülebilir olmayan bazı yolcu hatlarının devlet sübvansiyonu ile işletilmesine olanak sağlanmıştır.

Sonuç olarak, 2003 sonrasında Türk demiryolu sektöründe yaşanan yapısal dönüşüm, sadece altyapı yatırımlarıyla sınırlı kalmayıp kurumsal ve hukuki boyutlarıyla da sektörün yeniden şekillendirilmesini mümkün kılmıştır. Bu dönemde kamu-özel sektör iş birliği modelleri teşvik edilmiş, özellikle Ankara Yüksek Hızlı Tren Garı gibi stratejik projeler Yap-İşlet-Devret (YİD) modeliyle hayata geçirilmiştir (söz konusu kompleks 2016 yılında hizmete açılmıştır). Bu çerçevede, köklü bir geçmişi sahip olan TCDD, altyapı odaklı bir yapıya dönüşürken; genç ve dinamik bir yapı olan TCDD Taşımacılık A.Ş., ülke genelindeki yolcu ve yük taşımacılığı faaliyetlerinin ana aktörü haline gelmiştir. Gerçekleştirilen bu yeniden yapılanma, Türk demiryolu sisteminin daha rekabetçi, sürdürülebilir ve yenilikçi bir yapıya kavuşması açısından önemli bir dönüm noktası niteliğindedir.

#### Tren Tipleri;

- **Konvansiyonel Trenler:** Görece daha uzun seyahat sürelerine rağmen uygun maliyetli ve konforlu ulaşım imkânı sunan geleneksel trenlerdir.
- **Yüksek Hızlı Trenler (YHT):** Belirli ana hatlarda hizmet veren, yüksek hız kapasitesi ve yolcu konforunu birlikte sunan modern ulaşım araçlarıdır. TCDD Taşımacılık A.Ş. filusunun stratejik unsurlarından birini oluşturmaktadır.
- **Banliyö Trenleri:** Şehir merkezleri ile çevresindeki yerleşim alanları arasında düzenli ve sık seferlerle hizmet veren, kısa ve orta mesafeli yolcu taşımacılığına yönelik ulaşım araçlarıdır.

#### 2.5.1. Konvansiyonel Yolcu Taşımacılığı

Konvansiyonel demiryolu hatları, Türkiye genelinde şehirlerarası yolcu ve yük taşımacılığının gerçekleştirildiği, klasik altyapıya sahip demiryolu sistemlerini ifade etmektedir. Bu hatlar, yüksek hızlı tren (YHT) hatlarından farklı olarak daha düşük hızlarda işletilmekte ancak çok daha geniş bir coğrafi kapsama alanına sahiptir. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları Taşımacılık A.Ş. (TCDD Taşımacılık), konvansiyonel hatlar üzerinde çeşitli güzergâhlarda düzenli seferler gerçekleştirerek hem bölgesel hem de uzun mesafeli ulaşım ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Türkiye'de işletilmekte olan başlıca konvansiyonel hatlar aşağıda özetlenmiştir:

- **Ankara-Kars (Doğu Ekspresi):** Türkiye'nin en uzun ve en popüler konvansiyonel tren hatlarından biridir. Ankara'dan başlayarak Sivas, Erzincan ve Erzurum üzerinden Kars'a kadar uzanan bu hat, özellikle turistik seyahatler açısından yoğun talep görmektedir.
- **İzmir-Ankara (İzmir Mavi Treni):** İç Anadolu ile Ege Bölgesi arasında doğrudan bağlantı sağlayan bu hat, Ankara'dan başlayarak Afyonkarahisar ve Uşak üzerinden İzmir'e ulaşır. Sıklıkla tercih edilen hatlardan biridir.
- **Ankara-Adana (Toros Ekspresi):** Ankara çıkışlı bu hat, Niğde ve Mersin üzerinden Adana'ya kadar uzanmakta olup, İç Anadolu ile Akdeniz Bölgesi arasındaki taşımacılığın önemli bir bileşenidir.
- **Ankara-İstanbul (Boğaziçi Ekspresi ve Ankara Ekspresi):** Ankara ile İstanbul (Halkalı) arasında hizmet veren bu konvansiyonel tren hatları, İç Anadolu ile Marmara Bölgesi arasında alternatif ve ekonomik ulaşım imkânı sunmaktadır.
- **Ankara-Tatvan (Vangölü Ekspresi):** Ankara'dan hareket ederek Malatya, Elazığ ve Muş güzergâhını izleyen bu hat, Bitlis'in Tatvan ilçesinde son bulmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'ne yönelik hem iş hem turistik amaçlı seyahatlerde önemli bir rol oynamaktadır.
- **İstanbul (Halkalı)-Kapıkule (Bosfor Ekspresi):** Avrupa yönünde gerçekleştirilen taşımacılıkta stratejik öneme sahip bu hat, Edirne üzerinden Bulgaristan sınırındaki Kapıkule'ye kadar uzanarak Türkiye'yi Trans-Avrupa demiryolu ağına bağlamaktadır.
- **Ankara-Kurtalan (Güney Kurtalan Ekspresi):** Başkent Ankara'dan başlayan ve Diyarbakır ile Batman illerinden geçerek Siirt'in Kurtalan ilçesine ulaşan bu hat, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin demiryolu ile bağlanmasını sağlamaktadır.
- **Konya-İzmir (Konya Mavi Treni):** Konya'dan başlayan ve Afyonkarahisar ile Uşak üzerinden İzmir'e ulaşan bu güzergâh, İç Anadolu ve Ege Bölgesi arasında konvansiyonel taşımacılığın sürdürüldüğü önemli hatlardan biridir.
- **İstanbul-Ankara (Ankara Ekspresi):** Halkalı (İstanbul) ile Ankara arasında hizmet veren bu hat, Boğaziçi Ekspresi ile benzer bir güzergâha sahip olup, yolculara alternatif bir sefer imkânı sunmaktadır.
- **Samsun-Sivas (Amasya Ekspresi):** Karadeniz kıyısındaki Samsun ilinden başlayan bu hat, Amasya ve Tokat üzerinden İç Anadolu'daki Sivas'a ulaşmakta ve bölgesel bütünleşmeyi sağlamaktadır.
- **Diğer Konvansiyonel Hatlar:** Denizli-Eskişehir (Pamukkale Ekspresi), Balıkesir-Eskişehir (Karesi Ekspresi), Bandırma-Balıkesir-Manisa-İzmir hattı, Kayseri-Adana hattı

Konvansiyonel tren yolcu taşımacılığı, 2019 yılında 17.556 bin kişiyle önemli bir düzeye ulaşmıştır. Ancak, COVID-19 pandemisinin etkisiyle 2020 yılında uygulanan sağlık tedbirleri ve seyahat kısıtlamaları nedeniyle yolcu sayısında %79,4 oranında dramatik bir düşüş yaşanmış ve toplam taşınan yolcu sayısı 3.615 bine

gerilemiştir. 2021 yılı itibarıyla normalleşme sürecine geçilmesiyle birlikte sektörde kademeli bir toparlanma gözlemlenmiş; yolcu sayısı bir önceki yıla göre %56,3 artarak 5.648 bine yükselmiştir.

Toparlanma sürecinin ivme kazandığı 2022 yılında ise, konvansiyonel trenlerle taşınan yolcu sayısında %20 2,4 oranında kayda değer bir artış gerçekleşmiş ve bu sayı 17.086 bine ulaşmıştır. Bu artış, pandemi etkisinin azalmasıyla birlikte toplu taşıma sistemlerine olan güvenin yeniden tesis edildiğini ve yolcuların demiryolu taşımacılığına yöneldiğini göstermektedir.

Bununla birlikte, 2023 yılında konvansiyonel tren yolcu sayısında %23,7 oranında bir azalma meydana gelmiş ve toplam yolcu sayısı 13.048 bine düşmüştür. Bu gerileme, yolcu tercihlerinin değiştiğini, özellikle konvansiyonel hatlar yerine daha hızlı, konforlu ve zaman açısından avantaj sağlayan Yüksek Hızlı Tren (YHT) hizmetlerinin tercih edilmeye başlandığını veya alternatif ulaşım modlarına yönelimin arttığını düşündürmektedir.

### 2.5.2. Yüksek Hızlı Tren İşletmeciliği

2003 sonrası dönemde Türkiye'nin demiryolu alanındaki en dikkat çekici atılımlarından biri, Yüksek Hızlı Tren (YHT) projeleri olmuştur. Türkiye, 13 Mart 2009 tarihinde ilk YHT hattını hizmete açarak Avrupa'da yüksek hızlı tren işleten 6. ülke konumuna yükselmiştir. Bu ilk hat, Ankara-Eskişehir arasında yaklaşık 245 kilometrelik güzergâhta, 250 km/sa tasarım hızına uygun olarak inşa edilmiştir.

Ardından, 2011 yılında devreye alınan Ankara-Konya YHT hattı ile iki şehir arasındaki yaklaşık 300 kilometrelik mesafe 1 saat 45 dakikada kat edilebilir hâle gelmiştir. Ankara-İstanbul YHT projesinin ilk aşaması 2014 yılında tamamlanmış; böylece tren seferleri İstanbul'un Pendik ilçesine kadar genişletilmiştir. 13 Mart 2019 tarihinde Marmaray projesinin entegrasyonunun tamamlanmasıyla birlikte YHT seferleri, Avrupa yakasındaki Halkalı istasyonuna kadar uzatılmıştır. Bu entegrasyon, Ankara-İstanbul arası seyahat süresini yaklaşık 4 saate indirirken, toplam hat uzunluğu yaklaşık 530 kilometreye ulaşmıştır.

YHT projelerinin Türkiye'deki gelişimi aşağıdaki kronoloji çerçevesinde özetlenebilir:

- **2004:** Mevcut demiryolu hatlarında "hızlandırılmış tren" uygulamaları başlatılmıştır.
- **2009:** Türkiye'nin ilk YHT hattı olan Ankara-Eskişehir hattı hizmete açılmıştır (tasarım hızı: 250 km/sa).
- **2011:** Ankara-Konya YHT hattı devreye alınmıştır (toplam uzunluk: 306 km; güzergâh: Ankara-Polatlı-Konya).
- **2014:** Ankara-İstanbul YHT hattının ilk etabı tamamlanmış; seferler Eskişehir üzerinden İstanbul Pendik'e kadar başlatılmıştır. İlk Ankara-İstanbul YHT seferi Temmuz 2014'te gerçekleştirilmiştir.
- **2017:** YHT filosuna Siemens Velaro marka tren setleri eklenmiş; sefer sayıları artırılmıştır.
- **2018:** İstanbul hattında İzmit dahil olmak üzere tüm ara istasyonlar hizmete alınmış ve sefer sıklıkları yükseltilmiştir.
- **2019:** Marmaray hattının tamamlanmasıyla birlikte YHT seferleri Halkalı istasyonuna kadar uzatılmış, böylece Ankara ve İstanbul'un merkezleri arasında doğrudan yüksek hızlı demiryolu bağlantısı kurulmuştur. Aynı yıl Ankara-Sivas YHT hattının test sürüşlerine başlanmıştır.
- **2022:** Konya-Karaman hızlı tren hattı hizmete açılmıştır (102 km, 200 km/sa tasarım hızı). YHT standardında olmamakla birlikte bu hat, bölgesel yüksek hızlı tren ağının bir parçası olarak kabul edilmektedir.
- **2023:** Ankara-Sivas YHT hattı 26 Nisan 2023 tarihinde hizmete alınmıştır. 406 kilometre uzunluğundaki bu hat, saatte 250 kilometre hız kapasitesine sahiptir. Hat sayesinde, konvansiyonel trenle 12 saat süren Ankara-Sivas arası seyahat süresi 2 saate inmiştir. Bu hatla birlikte Yozgat gibi daha önce demiryolu bağlantısı olmayan iller ilk kez YHT ağına dahil edilmiştir.

#### Devam Eden YHT Projeleri:

- **Ankara-İzmir YHT Hattı (508 km):** İnşaata devam eden bu projenin 2025 sonrasında kademeli olarak hizmete açılması hedeflenmektedir.
- **Bursa-Osmanlı Hızlı Tren Hattı:** Proje kapsamında Bursa'nın YHT ağına entegrasyonu sağlanacaktır.
- **Halkalı-Kapıkule Hızlı Tren Hattı (231 km, 200 km/sa):** Avrupa yönünde önemli bir ulaşım koridoru niteliği taşıyan bu hattın tamamlanmasıyla İstanbul-Edirne arası seyahat süresi yaklaşık 1,5 saate inecektir.

- Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Hızlı Tren Hattı projesinin tamamlanmasıyla 361 kilometre olan mevcut yolun 312,5 kilometreye, 6 saat 23 dakika olan seyahat süresi ise 2 saat 15 dakikaya düşecek. Saatte 200 kilometre tasarım hızı ile bu hatta yılda ortalama 6,4 milyon yolcu ve yaklaşık 100 milyon ton yük taşınması hedefleniyor.
- Yerköy - Kayseri YHT Projesi ile 250 km/saat hızla, 142 km'lik çift hat uzunluğunda, elektrikli ve sinyalli karma (Yük-Yolcu) işletmecilik yapılması hedeflenmektedir. YHT hattının devreye girmesiyle Yerköy-Kayseri mevcut konvansiyonel demiryolu ile 3 buçuk saatte sağlanan ulaşım 1 saatin altına, Ankara - Kayseri arası mevcut konvansiyonel demiryolu ile 7 saatte sağlanan ulaşım süresi 2 saate düşmesi planlanıyor.

Türkiye'de inşa edilen Yüksek Hızlı Tren (YHT) hatlarında, dünyadaki en güncel demiryolu teknolojileri uygulanmaktadır. Yeni yapılan tüm YHT hatları çift hatlı, yüksek standartlı, beton traversli ve balastlı hat yapısına sahiptir. Hatların tamamı elektrikli olup, Avrupa Demiryolu Trafik Kontrol Sistemi (ETCS) Level 1 ve Level 2 sinyalizasyon sistemleriyle donatılmıştır. Bu sistemler sayesinde hem emniyet hem de işletme verimliliği en üst seviyeye çıkarılmıştır.

YHT filosu ilk aşamada İspanyol üretici CAF tarafından tedarik edilen 6 vagonlu tren setlerinden oluşmuştur. 2015 yılından itibaren ise Alman Siemens firmasından temin edilen Velaro TR tren setleri filoya dahil edilerek kapasite, hız ve yolcu konforu önemli ölçüde artırılmıştır. 2023 yılı itibarıyla TCDD Taşımacılık A.Ş.'nin filosunda toplam 19 adet YHT tren seti bulunmaktadır. Bu setlerden bazıları 8 vagonlu olup, yaklaşık 480 koltuk kapasiteli yeni nesil yüksek hızlı trenlerdir.

Türkiye, aynı zamanda yüksek hızlı tren teknolojisinde yerleşme hedefi doğrultusunda ulusal Ar-Ge faaliyetleri yürütmektedir. Bu kapsamda TÜRASAŞ tarafından azami 225 km/sa hıza sahip yerli yüksek hızlı tren seti prototipi geliştirilmektedir. Hat güvenliği açısından da ileri düzey mühendislik çözümleri uygulanmakta; balast koruma sistemleri, deplase tünel yapıları, viyadük bağlantıları ve anlık hat izleme sistemleri devreye alınmaktadır.

Yüksek Hızlı Tren yolcu taşımacılığı, 2009 yılından itibaren Türkiye'de hızla gelişen bir ulaşım modu haline gelmiştir. 2009-2013 döneminde toplam 12.946.000 yolcu taşınmış; bu dönem, YHT'nin halk nezdinde benimsenmeye başladığı ve sistemin istikrarlı bir büyüme eğilimi gösterdiği bir süreç olmuştur.

2014-2016 yılları arasında taşınan yolcu sayısı yıllık yaklaşık 5-6 milyon bandında sabit kalmış ve bu dönem görece durağan bir seyir izlemiştir. Ancak 2017 itibarıyla yeniden ivmelenme başlamış; 2018 yılında 8.104.000 ve 2019 yılında 8.274.000 yolcu taşınarak önemli bir büyüme sağlanmıştır.

2020 yılında ise COVID-19 pandemisinin etkisiyle YHT yolcu sayısında keskin bir düşüş yaşanmış ve bu rakam 2.833.000 seviyesine gerilemiştir. Bu yıl, YHT tarihinde en düşük yolcu taşıma kapasitesine ulaşılan dönem olarak kayıtlara geçmiştir. Pandemi kaynaklı kısıtlamaların gevşetilmesiyle birlikte 2021 yılında toparlanma süreci başlamış; yolcu sayısı %54,5 oranında artarak 4.376.000'e yükselmiştir.

2022 yılında ise toparlanma daha da hız kazanmış ve 9.364.000 yolcuya ulaşılmıştır. Nihayet, 2023 yılı YHT taşımacılığı açısından bir dönüm noktası olmuş; toplam 12.500.000 yolcu ile sistemin tarihindeki en yüksek yolcu taşıma kapasitesine ulaşılmıştır. Bu başarı, YHT'nin Türkiye ulaşım sistemindeki stratejik rolünü pekiştirmiş ve demiryolu taşımacılığına yönelik toplumsal talebin sürdürülebilirliğini ortaya koymuştur.

### **2.5.3. Banliyö Tren İşletmeciliği**

2003 sonrası dönemde, büyükşehirlerde kent içi ve yakın çevre ulaşımını rahatlatmak, toplu taşımada etkinliği artırmak amacıyla modern banliyö (komütatif) sistemlerinin geliştirilmesine yönelik önemli adımlar atılmıştır. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük metropollerde mevcut banliyö hatları kapsamlı şekilde yenilenmiş, kapasite ve hizmet kalitesi artırılmıştır. Bu çerçevede hat altyapıları modernize edilmiş, sinyalizasyon sistemleri iyileştirilmiş ve yüksek kapasiteli banliyö tren setleri devreye alınmıştır.

Söz konusu banliyö sistemleri, kent içi metro ve hafif raylı sistemlerle entegre edilerek çok modlu ulaşım ağlarının temel bileşeni hâline getirilmiştir. Özellikle Marmaray Projesi kapsamında hayata geçirilen Gebze-Halkalı Banliyö Hattı, İstanbul'un doğu ve batı aksını birbirine bağlayarak Avrupa ile Asya yakaları arasında kesintisiz raylı ulaşımı mümkün kılmıştır. Ankara'da Başkentray, İzmir'de ise İZBAN projeleriyle kent merkezleri ile çevre ilçeler arasında yüksek kapasiteli, hızlı ve konforlu banliyö taşımacılığı sağlanmıştır.

Bunun yanı sıra Gaziantep gibi büyük şehir statüsüne sahip diğer yerleşim alanlarında da yeni banliyö hatları geliştirilmiş; bu sayede banliyö sistemlerinin Türkiye genelinde yaygınlaştırılması yönünde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu sistemler, kent içi trafik yükünü hafifletmekte, toplu taşıma modları arasındaki geçişleri kolaylaştırmakta ve sürdürülebilir şehir içi ulaşım politikalarına önemli katkılar sunmaktadır.

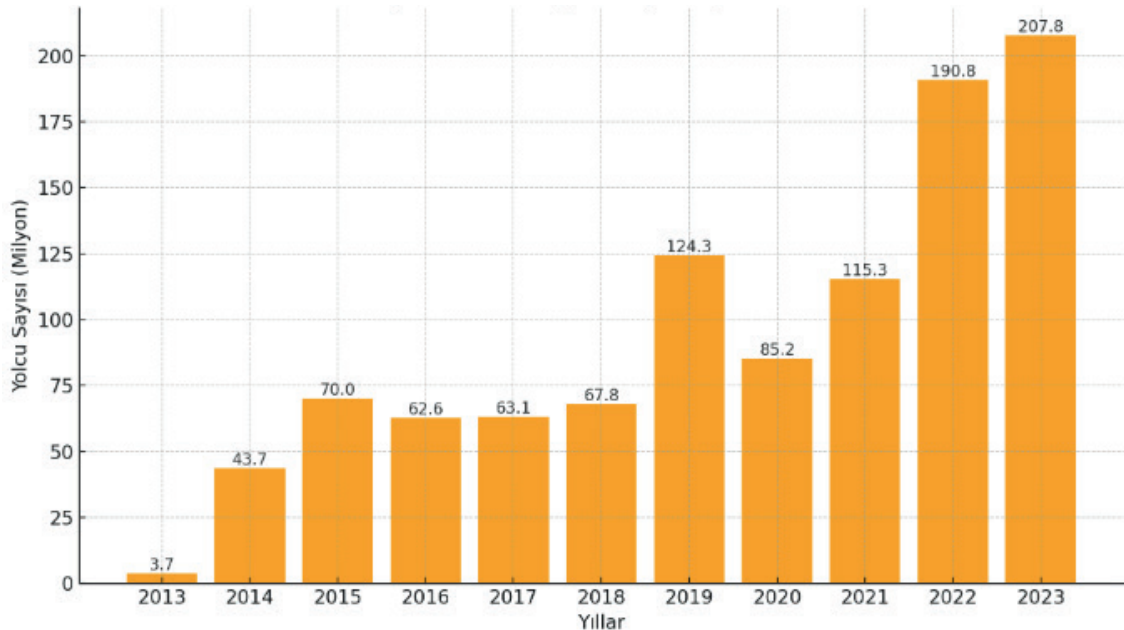
### 2.5.3.1. Marmaray (İstanbul)

İstanbul Boğazı'nı deniz altından geçen Marmaray demiryolu tüneli, kamuoyunda sıklıkla "Asrın Projesi" olarak anılmakta ve Türkiye'nin en kapsamlı ulaşım yatırımlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Projenin ilk etabı, 29 Ekim 2013 tarihinde hizmete açılmış olup, bu kapsamda Ayrılık Çeşmesi (Kadıköy) ile Kazlıçeşme (Zeytinburnu) arasında 13,6 kilometrelik bir kesintisiz demiryolu bağlantısı ve yaklaşım hatları işletmeye alınmıştır. Başlangıçta yalnızca beş istasyonla sınırlı olan hizmet ağı, 12 Mart 2019 itibarıyla Gebze-Halkalı banliyö hattının modernize edilerek hizmete girmesiyle birlikte 76,6 kilometre uzunluğunda ve 43 istasyondan oluşan tam hat haline getirilmiştir. Böylece Marmaray, İstanbul'un Asya yakasındaki Gebze ile Avrupa yakasındaki Halkalı arasında kesintisiz ve entegre banliyö demiryolu hizmeti sunmaya başlamıştır. Hat boyunca uçtan uca seyahat süresi yaklaşık 108 dakika olup, hattın tasarım kapasitesi tek yönde saatte 75 bin yolcudur.

Marmaray hattı, yüksek yolcu kapasitesi ve modern altyapısıyla İstanbul'un kent içi ulaşım sisteminde merkezi bir konuma sahiptir. Artan yolcu talebine yanıt vermek üzere günlük 287 tren seferi düzenlenmektedir ve sistemin günlük teorik taşıma kapasitesi yaklaşık 877 bin yolcudur. Hat üzerinde hizmet veren araç filosu, toplam 54 adet elektrikli çoklu birim (EMU) tren setinden oluşmaktadır: 34 adet 10 vagonlu ve 20 adet 5 vagonlu set ile toplamda 440 vagon aktif olarak kullanılmaktadır. Söz konusu trenler tam elektrikli tahrik sistemine sahip olup, klimalı, güvenlik kameraları ile donatılmış ve gelişmiş yolcu bilgilendirme sistemlerini içermektedir. Bu özellikler, hem konfor hem de güvenlik açısından modern toplu taşıma standartlarını karşılamaktadır.

2013 yılında hizmete alınan Marmaray, geçen on yılda İstanbul'un kentsel ulaşım sisteminde vazgeçilmez bir konuma gelmiş ve Türkiye'nin en stratejik raylı sistem projelerinden biri haline gelmiştir. Açıldığı ilk yıl yalnızca 3,7 milyon yolcu tarafından kullanılan hat, özellikle 2014 yılında büyük bir ivme kazanmış; bu dönemde yolcu sayısında %1100'ün üzerinde bir artış gerçekleşmiş ve yıllık taşınan yolcu sayısı 43,7 milyona ulaşmıştır. 2015-2018 yılları arasında sistemin yıllık yolcu taşıma kapasitesi yaklaşık 62-68 milyon arasında sabit bir düzeyde seyretmiş; bu süreç, Marmaray'ın tam kapasite kullanımına henüz erişemediği bir dönem olarak değerlendirilmektedir.

2019 yılı, Marmaray açısından bir dönüm noktası olmuştur. Gebze-Halkalı banliyö hattının tamamlanarak hizmete alınmasıyla sistem, hem kapasite hem de erişilebilirlik açısından önemli bir genişleme kaydetmiştir. Bu gelişmenin etkisiyle yıllık yolcu sayısı bir önceki yıla göre %83 oranında artarak 124,3 milyon kişiye ulaşmış; Marmaray, İstanbul'un doğu-batı ekseninde ulaşımın ana omurgalarından biri haline gelmiştir. Ancak, 2020 yılında küresel ölçekte etkisini gösteren COVID-19 pandemisi, toplu taşımaya olan talebi önemli ölçüde azaltmış ve Marmaray'da yıllık yolcu sayısı 85,2 milyona gerilemiştir. Bu düşüş, yaklaşık %31 oranında bir azalmaya işaret etmektedir.



Grafik 2.2 Yıllara göre Marmaray yolcu sayıları



Pandeminin etkilerinin hafiflemesiyle birlikte Marmaray, yolcu sayısı açısından yeniden büyüme eğilimine girmiştir. 2021 yılında taşınan yolcu sayısı 115,3 milyona ulaşırken, bu sayı 2022 yılında %65'lik bir artışla 190,8 milyona çıkmıştır. 2023 yılı ise Marmaray tarihinin en yüksek yıllık yolcu sayısına ulaşılan dönem olarak kayıtlara geçmiştir; bu yıl taşınan toplam yolcu sayısı 207,8 milyon olup, bir önceki yıla kıyasla yaklaşık %9 oranında artış gerçekleşmiştir. Aynı dönemde günlük ortalama yolcu sayısı 625.000'nin üzerine çıkmış, sistem tam kapasiteye yakın bir düzeyde işletilmiştir.

Marmaray, yalnızca İstanbul içi yolcu taşımacılığında değil, aynı zamanda uluslararası demiryolu ağları açısından da kritik bir konuma sahiptir. Londra'dan Pekin'e kadar uzanan kıtalararası demiryolu taşımacılığı koridorunda stratejik bir geçiş noktası olarak yer alan Marmaray, Asya ve Avrupa arasında kesintisiz bağlantı sunma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, günlük ortalama 287 sefer ve 440 vagonluk modern bir EMU filosuyla işletilen sistem, yüksek hacimli operasyonlara olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak Marmaray, İstanbul'un ulaşım altyapısında hem kapasite hem de kapsama alanı bakımından kritik bir rol üstlenmektedir. Gerek şehir içi gerekse uluslararası taşımacılıktaki entegrasyon yeteneği, sistemin hem bugün hem de gelecekte stratejik önemini artırmaktadır. Artan yolcu talebi, genişleyen operasyon ağı ve sürdürülebilir taşımacılık hedefleri doğrultusunda Marmaray'ın önümüzdeki yıllarda daha da büyük bir etkiye sahip olması beklenmektedir.

Marmaray'ın en önemli özelliklerinden biri, İstanbul'un diğer toplu taşıma sistemleriyle sağladığı güçlü entegrasyondur. Metro, tramvay ve metrobüs hatlarıyla yapılan aktarma olanakları sayesinde, Marmaray hattı kentin doğusu ile batısı arasında hızlı, kesintisiz ve konforlu bir ulaşım alternatifi sunmaktadır. Bunun yanı sıra Marmaray, şehir içi ulaşımın ötesinde ulusal ve uluslararası demiryolu taşımacılığı açısından da stratejik bir rol oynamaktadır. Ankara-İstanbul Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı, İstanbul-Sofya Ekspresi gibi uluslararası yolcu trenleri ve Çin-Avrupa demiryolu yük taşımacılığı gibi uzun mesafeli seferler, Marmaray tüneline geçerek kesintisiz bir şekilde kıtalararası bağlantı sağlamaktadır. Bu yönüyle Marmaray, tarihi Haydarpaşa-Sirkeci banliyö hattının çağdaş bir şehir içi raylı ulaşım sistemine dönüştürülmesini sağlayarak İstanbul'a çevreci, yüksek kapasiteli ve entegre bir toplu taşıma çözümü kazandırmıştır.

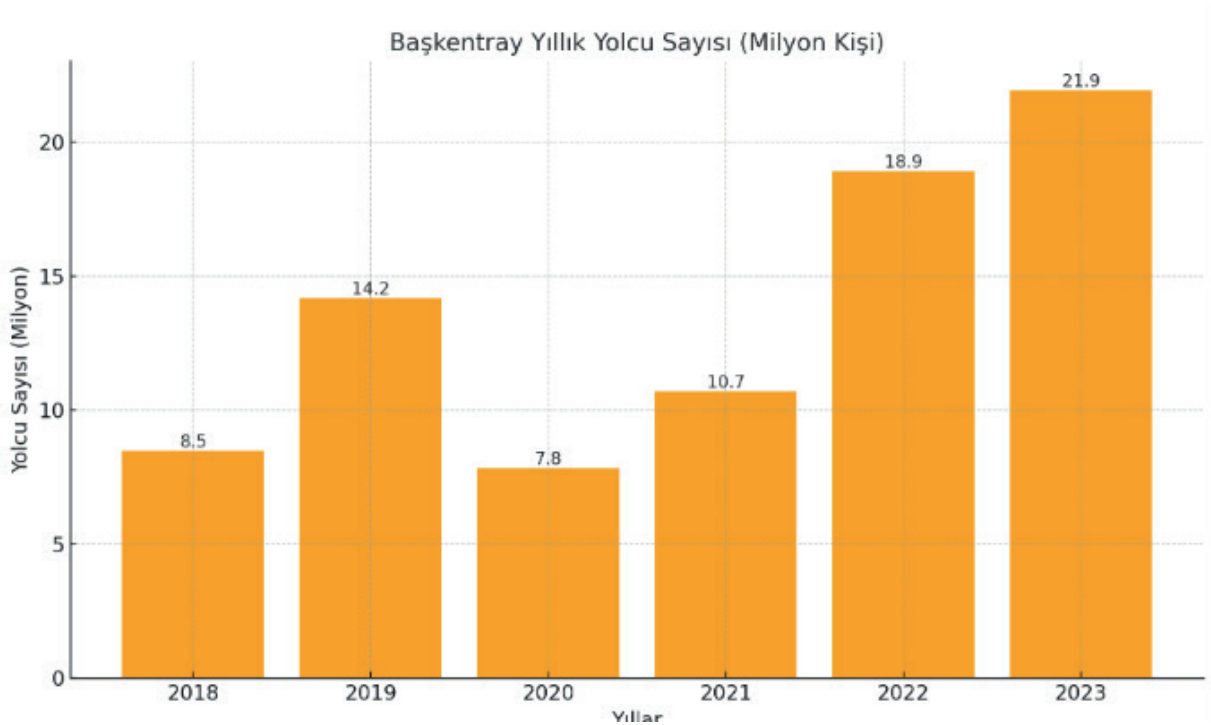
### **2.5.3.2. Başkentray (Ankara)**

Ankara'nın doğu-batı ekseninde kent içi raylı ulaşım ihtiyacını karşılayan ve uzun yıllar dizel trenlerle işletilen Sincan-Kayaş banliyö hattı, kapsamlı bir altyapı dönüşüm sürecinden geçirilerek "Başkentray" adı altında modernize edilmiştir. Bu kapsamda hat 2016 yılında tamamen kapatılmış ve 36 kilometrelik güzergâh baştan sona yeniden inşa edilmiştir. Proje kapsamında çok hatlı bir yapı oluşturulmuş; Ankara-Kayaş kesimi 4 hat, Ankara-Behiçbey kesimi 6 hat, Behiçbey-Sincan kesimi ise 5 hat olacak şekilde yeniden yapılandırılmıştır. Bu düzenleme sayesinde banliyö trenleri, Yüksek Hızlı Trenler (YHT) ve konvansiyonel trenler aynı güzergâh üzerinde birbirini engellemeden yüksek işletme verimliliğiyle çalışabilecek duruma getirilmiştir.

Başkentray projesi yalnızca hat geometrisinin yenilenmesiyle sınırlı kalmamış; aynı zamanda 23 yeni banliyö istasyonu, Eryaman YHT Garı (ara YHT istasyonu), çok sayıda alt/üst geçit, tünel yapısı ve modern sinyalizasyon sistemi inşa edilerek kapsamlı bir ulaştırma altyapısı dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Modernizasyon sonucunda Sincan-Kayaş hattında banliyö seyahat süresi 59 dakikadan 49 dakikaya indirilmiş, tren sefer sıklığı başlangıçta 15 dakika olarak belirlenmiş, ilerleyen aşamalarda bu sürenin 5 dakikaya kadar düşürülmesi hedeflenmiştir. Hat için başlangıçta günlük 520 bin yolcu taşıma kapasitesi öngörülmüştür.

Başkentray sistemi, Ankara'nın toplu taşıma altyapısıyla entegre şekilde işletilmektedir. ANKARAKART ile ödeme sistemi sayesinde metro, otobüs ve diğer toplu taşıma modlarıyla kolay aktarma imkânı sunularak şehir içi ulaşımında bütünlük bir yapı tesis edilmiştir. Bu entegrasyon, sistemin erişilebilirliğini ve kullanım oranını artırıcı önemli bir faktör olmuştur.

Sistemin işletmeye alındığı 2018 yılında (yarım yıl hizmet) yaklaşık 8,5 milyon yolcu taşınmıştır. 2019 yılında bu sayı %67 oranında artış göstererek 14,2 milyon kişiye ulaşmış; bu artış, hattın etkinliğinin artması ve kullanıcılar tarafından daha fazla tercih edilmesiyle açıklanabilir. Ancak, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin toplu taşımaya olan olumsuz etkileri net bir şekilde hissedilmiş ve yolcu sayısı %45 oranında düşerek 7,8 milyon kişiye gerilemiştir. Bu durum, pandeminin kent içi ulaşım sistemleri üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır.



**Grafik 2.3** Yıllara göre Baskentray yolcu sayıları

Pandeminin etkilerinin azalmasıyla birlikte, 2021 yılında sistemde toparlanma süreci başlamış ve yıllık yolcu sayısı %36 artarak 10,7 milyon kişiye ulaşmıştır. 2022 yılında ise bu artış eğilimi daha da hızlanmış; %77'lik bir yükselişle yıllık yolcu sayısı 18,9 milyon olmuştur. 2023 yılı, Başkentray açısından rekor düzeyde bir yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Yolcu sayısı %15 artarak 21,9 milyona ulaşmış, günlük ortalama yolcu sayısı ise %14'lük bir artışla 60.000 kişinin üzerine çıkmıştır. Aynı yıl sistemde günlük ortalama 138 sefer düzenlenmiştir. Özellikle yılın son çeyreğinde yoğunlaşan yolcu talebi sonucunda, 20 Kasım 2023 tarihinde 94.084 yolcu taşınarak Başkentray tarihinin günlük yolcu taşıma rekoru kırılmıştır.

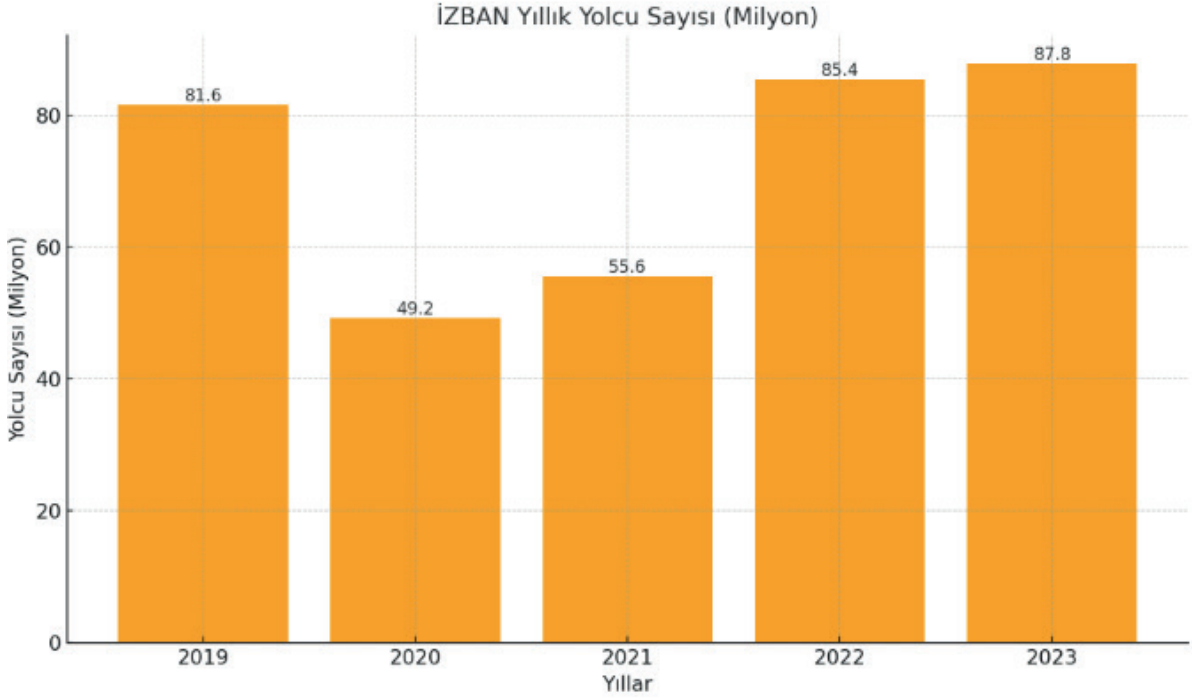
Açılışından itibaren geçen altı yıllık sürede toplamda 104 milyon yolcu taşıyan Başkentray, Ankara'nın kent içi toplu taşıma sisteminde önemli bir yer edinmiştir. Sistem, yalnızca bir banliyö hattı olmanın ötesine geçerek, YHT ağıyla sağladığı entegrasyon sayesinde şehir içi ve şehirlerarası ulaşımı doğrudan birbirine bağlayan stratejik bir taşıma omurgası haline gelmiştir.

### 2.5.3.3. İZBAN (İzmir)

İZBAN banliyö sistemi, İzmir kent merkezini kuzey-güney doğrultusunda kat eden yüksek kapasiteli bir raylı toplu taşıma çözümü olarak, TCDD ile İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin eşit ortaklığı (%50-%50) çerçevesinde geliştirilmiştir. İzmir'in kronikleşmiş trafik sorununa kalıcı bir çözüm üretmek amacıyla, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, TCDD ve İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığı iş birliğiyle yürütülen EGERAY/İZBAN Projesi kapsamında hayata geçirilen sistem, 30 Ağustos 2010 tarihinde ilk yolcularını taşımaya başlamıştır. Başlangıçta Aliağa-Cumaovası arasında 80 km'lik bir hat üzerinde işletmeye alınan sistem, 2016 yılında Torbalı'ya, 2017 yılında ise Selçuk'a kadar uzatılmış ve böylece toplam hat uzunluğu 136 kilometreye, istasyon sayısı ise 41'e ulaşmıştır.

İZBAN, Türkiye'nin havalimanı bağlantılı en büyük kent içi banliyö sistemi olup, Adnan Menderes Havalimanı'na doğrudan erişim sağlamaktadır. Günde yaklaşık 250 karşılıklı sefer gerçekleştirilmekte ve tipik iş günlerinde günlük yolcu sayısı 300 binin üzerine çıkmaktadır.

2019-2023 dönemi, İZBAN'ın İzmir toplu taşıma sistemi içerisindeki stratejik konumunu pekiştirdiği bir dönem olmuştur. 2019 yılında yaklaşık 81,6 milyon yolcu taşıyan sistem, pandemi öncesinde yüksek kullanım oranına ulaşmıştır. Ancak, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin toplu taşımaya olan talebi düşürmesiyle birlikte yıllık yolcu sayısı 49,2 milyona gerilemiş; bu, bir önceki yıla göre yaklaşık %40'lık bir azalmayı ifade etmektedir. Bu düşüş, küresel sağlık krizinin ulaşım sistemleri üzerindeki etkisini açıkça yansıtmaktadır.



**Grafik 2.4** Yıllara göre İzban yolcu sayıları

2021 yılı, İZBAN için toparlanma sürecinin başlangıcı olmuştur. Pandemi kısıtlamalarının kademeli olarak kaldırılmasıyla birlikte yolcu sayısı 55,6 milyona yükselmiş, bu da bir önceki yıla göre %13'lük bir artış anlamına gelmiştir. Ancak bu artış, pandemi öncesi seviyelere ulaşmak için yetersiz kalmıştır. 2022 yılı ise güçlü bir sıçrama yılı olmuştur. Yıllık yolcu sayısı 85,4 milyona ulaşmış, böylece 2021'e göre %54 oranında bir artış gerçekleşmiştir. Bu durum, toplu taşımaya olan talebin hızlı bir şekilde geri döndüğünü göstermektedir. 2023 yılı itibarıyla İZBAN, pandemi öncesi seviyelere tamamen geri dönerek toplam 87,8 milyon yolcu taşımış ve güçlü bir operasyonel performans sergilemiştir. Ancak 2022-2023 arasında kaydedilen %2,8'lik sınırlı artış, sistemin mevcut kapasite sınırlarına yaklaştığını ve daha fazla büyüme için yeni altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Açılışından bu yana geçen 14 yıllık süreçte (2010-2024), İZBAN toplam 1 milyar yolcu barajını aşarak İzmir'in toplu taşıma altyapısında hayati bir rol üstlenmiştir. Bu başarıda, metro, tramvay ve otobüs hatlarıyla sağlanan entegrasyon, yerli üretim modern EMU setlerinin (Körfez Yunusu) kullanımı ve pik saatlerde 6-7 dakikada bir sefer yapılabilmesi etkili olmuştur.

#### 2.5.3.4. Halkalı-Bahçeşehir (İstanbul Banliyö) Yolcu Taşımacılığı

Halkalı-Bahçeşehir Demiryolu Hattı, 23 Mayıs 2022 tarihinde hizmete alınmış olup, sabah ve akşam saatlerinde olmak üzere günde toplam 4 sefer (2+2) ile işletilmeye başlanmıştır. Toplam 13,5 km uzunluğundaki hat üzerinde Konutbirlik, Altınşehir ve Ispartakule istasyonları yer almaktadır. İşletmeye alındığı 2022 yılı boyunca toplam 49.416 yolcu taşınmıştır. Bu sayının sınırlı kalmasında; hattın yeni olması, sefer sıklığının düşük düzeyde tutulması ve kamuoyunda yeterli farkındalığın oluşmamış olması etkili olmuştur.

2023 yılında ise, düzenli sefer planlamalarının yapılması, hizmet kalitesinin artırılması ve kullanıcı farkındalığının artmasıyla birlikte yolcu sayısı önemli ölçüde artarak 80.445 kişiye ulaşmıştır. Bu, bir önceki yıla göre %63'lük bir artışı ifade etmektedir. Söz konusu artış, hattın bölgedeki toplu taşıma talebini karşılama kapasitesinin geliştiğini ve kullanıcılar tarafından daha fazla tercih edildiğini ortaya koymaktadır.

Halkalı-Bahçeşehir hattının Marmaray ana omurgasıyla entegrasyonu, İstanbul'un batı yakasındaki ulaşım talebinin karşılanmasında stratejik bir rol üstlenmektedir. Ancak mevcut durumda sınırlı sefer sıklığı ve hattın hizmet alanının dar kalması, taşınan yolcu sayısını sınırlandıran başlıca etkenler arasında yer almaktadır.

2023 yılında gözlemlenen yolcu sayısındaki artış, hattın potansiyel taşıma kapasitesini ve toplu taşımadaki önemini açıkça göstermektedir.

İlerleyen dönemlerde sefer sayısının artırılması, hattın fiziksel ve operasyonel kapsamının genişletilmesi ve tanıtım faaliyetlerinin yoğunlaştırılmasıyla birlikte, Halkalı-Bahçeşehir hattının daha yüksek yolcu talebine karşılık verebilecek düzeye ulaşması öngörülmektedir. Kısa süre içerisinde sergilediği performans, bu hattın İstanbul'daki toplu taşıma sistemine önemli katkılar sunmaya devam edeceğini göstermektedir.

#### 2.5.3.5. Gaziray (Gaziantep Banliyö) Yolcu Taşımacılığı

Gaziray Projesi, Gaziantep kent içi ulaşımındaki yapısal sorunlara çözüm üretmek ve toplu taşıma altyapısını çağdaş standartlara taşımak amacıyla geliştirilmiş bir banliyö raylı sistem girişimidir. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) ile Gaziantep Büyükşehir Belediyesi iş birliğinde yürütülen bu proje, kent merkezini çevre yerleşim alanları ve sanayi bölgeleriyle entegre etmeyi hedeflemekte; güvenli, hızlı ve konforlu ulaşım imkânları sunarak kent içi hareketliliği artırmaktadır.

Toplam uzunluğu 25 kilometre olan Gaziray hattı, Taşlıca ile Küçük Sanayi Bölgesi arasında konumlandırılmıştır. Güzergâh boyunca yer alan 16 istasyon aracılığıyla hat, kentin ekonomik ve demografik bakımdan stratejik noktalarını birbirine bağlamaktadır. Özellikle Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi (OSB) gibi üretim ve istihdam açısından kritik öneme sahip alanların bu sistemle entegre edilmesi, ulaşım sisteminin işlevselliğini artırmakta ve bölge ekonomisine doğrudan katkı sağlamaktadır.

İkili hat yapısında inşa edilen Gaziray, hem yolcu hem de yük taşımacılığına uygun olarak tasarlanmıştır. Sistem, metro standartlarında modern bir altyapı ve üstyapıyla donatılmış olup, elektrikli tren setleri sayesinde düşük emisyonlu, çevre dostu ve sürdürülebilir bir ulaşım çözümü sunmaktadır.

Günlük 150.000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olan sistemde kullanılan tren setleri, yaklaşık 1.000 kişilik yolcu taşıma kapasitesiyle donatılmış modern ve ergonomik araçlardır. Özellikle yoğun saatlerde artırılan sefer sıklığı sayesinde sistem, kullanıcı taleplerine hızlı yanıt verebilmekte; bu da kentsel trafik sıkışıklığını azaltmaya yönelik önemli bir etki yaratmaktadır.

Gaziray hattı, konut alanları ve sanayi bölgeleri arasında etkin bir bağlantı kurarak iş gücünün hareketliliğini kolaylaştırmakta; sanayi bölgelerine olan erişimi hızlandırmak suretiyle hem çalışanlar hem de işverenler için operasyonel avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca hattın yük taşımacılığına uygun tasarımı, sanayi kuruluşları açısından lojistik maliyetlerin düşürülmesine katkı sunmaktadır.

Bununla birlikte, TÜRASAŞ tarafından yerli ve milli imkânlarla geliştirilen "Milli Banliyö Tren Seti"nin prototip ve tasarım süreçleri devam etmektedir. 2025 yılında tamamlanması planlanan bu setlerin, Gaziray hattında hizmete alınması öngörülmektedir. Saatte 90 kilometre işletme hızı ve 120 kilometre tasarım hızına sahip olacak şekilde geliştirilen bu araçlar; güvenlik, konfor ve ergonomi ilkeleri doğrultusunda, yüksek yerli katkı oranına sahip bileşenlerle donatılarak Türkiye'nin demiryolu ulaşımındaki millî teknoloji kabiliyetini yansıtmaktadır.

#### 2.5.3.6. Adaray (Sakarya Banliyö) Yolcu Taşımacılığı

ADARAY Banliyö Raylı Sistem Hattı, Sakarya Büyükşehir Belediyesi ile Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) iş birliğinde hayata geçirilmiş ve Adapazarı ile Arifiye arasında kent içi toplu taşıma hizmeti sunan kısa mesafeli bir banliyö raylı sistem projesidir. Toplam 8,5 kilometre uzunluğa sahip hat üzerinde 7 istasyon bulunmaktadır ve sistem, Adapazarı şehir merkezi ile Arifiye Tren Garı arasında doğrudan ve kesintisiz bir ulaşım imkânı sağlamaktadır.

İlk olarak 28 Mayıs 2013 tarihinde işletmeye alınan ADARAY, çeşitli sebeplerle 2016 yılında hizmet dışı kalmış, ancak artan toplu taşıma talebi ve kent içi ulaşımında yaşanan yoğunluk nedeniyle 29 Ekim 2024 tarihinde yeniden faaliyete geçmiştir. Günlük karşılıklı 21 sefer ile toplamda 42 tren seferi düzenlenmekte olup, bu seferler aracılığıyla yaklaşık 15 dakika süren Adapazarı-Arifiye hattı boyunca hızlı, konforlu ve ekonomik bir ulaşım alternatifi sunulmaktadır.

ADARAY, elektrikli trenlerle işletilen çevreci bir sistem olması sayesinde karbon salınımını azaltarak sürdürülebilir kentsel ulaşım politikalarına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, kısa mesafelerde sağladığı yüksek erişilebilirlik ve düşük maliyetli ulaşım avantajlarıyla şehir içi trafiği önemli ölçüde rahatlatmakta ve yolcu taşımacılığında verimliliği artırmaktadır.

Sakarya Büyükşehir Belediyesi, hattın doğu yönünde Sapanca'ya kadar uzatılmasına yönelik çalışmalar planlamakta olup, bu genişletme ile ADARAY'ın hizmet verdiği nüfusun artırılması ve bölgesel toplu taşıma sistemine daha fazla entegrasyon sağlanması hedeflenmektedir. Yeniden hizmete alınmasıyla birlikte ADARAY, Sakarya'nın kent içi ulaşım altyapısında çevreci, yenilikçi ve bütünleyici bir unsur olarak stratejik önemini korumaya devam etmektedir.

#### 2.5.3.7. Sirkeci-Kazlıçeşme (İstanbul Banliyö) Yolcu Taşımacılığı

İstanbul'un tarihi banliyö hatlarından biri olan Sirkeci-Kazlıçeşme hattı, kapsamlı bir modernizasyon sürecinden geçirilerek 26 Şubat 2024 tarihinde yeniden hizmete alınmıştır. Toplam uzunluğu 8,3 kilometre olan hat, Sirkeci ile Kazlıçeşme arasında konumlanan 8 istasyon üzerinden toplu taşıma hizmeti sunmaktadır. Proje kapsamında, sadece raylı sistem değil, aynı zamanda bütünleşik ulaşım ve yaşam alanları da geliştirilmiştir.

Hattın 7,3 kilometrelik bölümünde inşa edilen yaya ve bisiklet yolları, bölge sakinlerine alternatif ulaşım imkânları ile birlikte sosyal ve rekreasyonel alanlar da kazandırmıştır. Ayrıca, 122.550 metrekairelik meydan ve rekreasyon alanı, 74.000 metrekairelik yeni yeşil alan ve toplam 22 adet karayolu-yaya alt geçidiyle İstanbul'un kentsel dokusuna sürdürülebilirlik ve erişilebilirlik açısından önemli katkılar sağlamıştır.

Hattın yeniden açılışının ilk haftasında 80.446 yolcu taşınmış, 24 Mart 2024 itibarıyla bu sayı 260.408'e ulaşmıştır. 16 Mayıs 2024 tarihinde yolcu sayısı 800.000'i aşmış; 29 Eylül 2024'e geldiğinde toplam yolcu sayısı 2.100.000'e ulaşarak projenin toplu taşımadaki etkinliği açık şekilde ortaya konmuştur.

Sirkeci-Kazlıçeşme Raylı Sistem Projesi, tarihi dokuya saygılı yaklaşımıyla modern ulaşım ihtiyaçlarını bütünleştiren ve kent içi ulaşım entegre yaya/bisiklet altyapısı kazandıran öncü bir uygulama niteliğindedir.

#### 2.5.3.8. Yeni Projeler

**AFRAY Banliyö Raylı Sistem Projesi:** AFRAY, Afyonkarahisar'ın kent içi ulaşım yapısını güçlendirmek amacıyla Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) ile Afyonkarahisar Belediyesi ortaklığında hayata geçirilen modern bir banliyö raylı sistem projesidir. Bu proje, şehir merkezi ile Afyon Kocatepe Üniversitesi, Organize Sanayi Bölgesi ve çevre mahalleler arasında hızlı, güvenli, çevre dostu ve erişilebilir bir ulaşım koridoru oluşturmayı hedeflemektedir.

25 kilometre uzunluğundaki hat üzerinde, kentin sosyal ve ekonomik yapısında öne çıkan merkezleri kapsayan çeşitli duraklar planlanmıştır. Çift hatlı yapısıyla ve elektrikli tren işletmeciliğine uygun altyapısıyla AFRAY, düşük emisyonlu, çevreci ve sürdürülebilir bir ulaşım çözümü olarak tasarlanmıştır. Hat, yalnızca yolcu taşımacılığıyla sınırlı kalmayıp, ilerleyen dönemlerde yük taşımacılığına da entegre edilebilecek şekilde planlanmıştır.

Projenin ilk etabının 2025 yılı içerisinde tamamlanarak hizmete alınması öngörülmektedir. Özellikle üniversite öğrencileri, sanayi çalışanları ve kent içi yolcular için ekonomik ve hızlı bir ulaşım seçeneği sunacak olan AFRAY, özel araç kullanımının azaltılmasına katkı sağlayarak şehir içi trafik yoğunluğunu hafifletmeyi amaçlamaktadır. Karbon salınımını düşüren yapısı ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygunluğu ile şehir planlamasında önemli bir yer edinmektedir.

AFRAY, Afyonkarahisar'a modern, güvenli ve erişilebilir bir toplu taşıma altyapısı kazandırmakla kalmayacak; aynı zamanda kentin sosyal hareketliliğini artırarak ekonomik gelişim sürecine katkı sunacaktır. Projenin ilerleyen aşamalarında hattın genişletilerek daha fazla bölgeye hizmet vermesi planlanmakta olup, bu gelişmeler doğrultusunda AFRAY'ın Afyonkarahisar'ın ulaşım vizyonunun temel bileşenlerinden biri haline gelmesi beklenmektedir.

**KONYARAY Banliyö Raylı Sistem Projesi:** KONYARAY, Konya Büyükşehir Belediyesi ile Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) iş birliğinde geliştirilen, kent içi ve çevresel ulaşım ihtiyaçlarına yanıt vermeyi amaçlayan kapsamlı bir banliyö raylı sistem projesidir. Toplam 26 kilometre uzunluğundaki bu sistem, şehir merkezi, Konya Havalimanı ve Organize Sanayi Bölgesi gibi stratejik öneme sahip noktalar arasında kesintisiz ve güvenli bir ulaşım ağı oluşturmayı hedeflemektedir. Hatta 19 istasyon yer almakta olup, sistemin tamamı elektrikli trenlerle işletilecektir. Bu yönüyle KONYARAY, çevresel sürdürülebilirlik ilkesine uygun, modern ve düşük karbon ayak izine sahip bir toplu taşıma çözümüdür.

Proje, iki etap halinde planlanmış olup, ilk etap kapsamında Konya Garı ile Konya Havalimanı arasındaki 17,4 kilometrelik kesimin inşası sürdürülmektedir. Mevcut karayolu ulaşımında yaklaşık bir saat süren yolculuk süresinin, raylı sistemle 30 dakikaya düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu dönüşüm, zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra bireysel araç kullanımını azaltarak şehir içi trafik yoğunluğunu da önemli ölçüde hafifletecektir.



KONYARAY Projesi'nin temeli atılmış olup, inşaat çalışmaları planlanan takvime uygun şekilde devam etmektedir. Sistem, 2026 yılı içerisinde tamamlanarak işletmeye alınacaktır. Proje, günlük yaklaşık 90.000 yolcu taşıma kapasitesiyle Konya'nın kent içi ulaşımında önemli bir paya sahip olacak; modern, konforlu ve erişilebilir bir toplu taşıma alternatifi sunacaktır.

KONYARAY, sadece bir ulaşım altyapı yatırımı olmanın ötesinde; Konya'nın sürdürülebilir kentsel gelişim hedeflerine katkı sunan, çevreci, teknolojik ve uzun vadeli bir ulaşım vizyonunun somut bir yansıması olarak değerlendirilmektedir.

#### 2.5.4. Yolcu Taşımacılığı İstatistikleri (2003-2024)

2020 yılı, küresel COVID-19 pandemisinin etkisiyle demiryolu yolcu taşımacılığında ciddi bir kırılma noktası olmuştur. Salgın nedeniyle alınan sağlık önlemleri ve toplu taşıma kısıtlamaları, demiryolu yolcu trafiğini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu dönemde Yüksek Hızlı Tren (YHT) seferleri Mart-Haziran ayları arasında tamamen durdurulmuş; sonrasında ise sınırlı kapasiteyle hizmet vermiştir. Şehirlerarası konvansiyonel tren seferlerinin çoğu geçici olarak askıya alınırken, banliyö hatları da yalnızca belirli saat aralıklarında çalışabilmiş ve sokağa çıkma kısıtlamaları nedeniyle talep minimum seviyelere gerilemiştir. Bu nedenlerle 2020 yılında demiryolu ile taşınan yolcu sayısı, 2019 yılına kıyasla yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Avrupa genelinde benzer bir eğilim gözlemlenmiş; Avrupa Demiryolları ve Altyapı Şirketleri Birliği (CER) verilerine göre yolcu taşımacılığında %40 ila %60 arasında bir daralma yaşanmıştır.

2019 yılı, Türkiye'de demiryolu yolcu taşımacılığı açısından önemli bir dönüm noktası olmuş; söz konusu yılda yaklaşık 250 milyon yolcu trenle seyahat ederek Cumhuriyet tarihinin o döneme kadarki en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu artışın temel belirleyicisi, Marmaray hattının tam kapasiteyle hizmet vermeye başlamasıdır. Buna paralel olarak Yüksek Hızlı Tren (YHT) hatları ve konvansiyonel tren hizmetlerinde de kademeli bir büyüme kaydedilmiştir.

Ancak, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle toplu taşıma sistemlerinde genel bir daralma yaşanmış ve demiryolu yolcu taşımacılığı bu süreçten ciddi şekilde etkilenmiştir. Mart-Haziran 2020 döneminde YHT seferleri tamamen durdurulmuş, ardından %50 koltuk kapasitesi sınırıyla yeniden başlatılmıştır. Ana hat şehirlerarası trenlerin çoğu aylarca işletilememiş, banliyö hatları ise yalnızca kısıtlı saatlerde hizmet vermiştir. Uygulanan sokağa çıkma kısıtlamaları ve toplumsal hareketliliğin azalması nedeniyle, 2020 yılında taşınan yolcu sayısı 2019'a kıyasla yaklaşık yarı yarıya azalmıştır. Benzer şekilde, Avrupa genelinde demiryolu yolcu trafiğinde %40-60 arasında bir daralma yaşanmıştır.

| Yıl  | Toplam Taşınan Yolcu (milyon) | Önemli Açıklamalar                                                                                                                                               |
|------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2003 | ~77 (tahmini)                 | YHT ve Marmaray öncesi. Yolcu payı %1-2 seviyesinde.                                                                                                             |
| 2018 | 183                           | YHT: 8,1; Konvansiyonel: 16 m; Marmaray: 68 m; İZBAN: ~90 m.                                                                                                     |
| 2019 | ~240-250                      | Tarihî rekor. YHT: 8,3 maa.com.tr; Konvansiyonel: 17,5 m (+%10); Marmaray: 124 m (+%84)aa.com.tr; Başkentray: 14 m (+%67); İZBAN: 81,5 m                         |
| 2020 | ~120-130 (tahmini)            | Pandemi etkisiyle sert düşüş. 2019'a göre ~%50 azalma (küresel ortalama %40-60 düşüş)uic.org. YHT seferleri aylarca durdu, şehirlerarası yolculuklar kısıtlandı. |
| 2021 | ~170 (tahmini)                | Kademeli toparlanma. Kısıtlamaların kalkmasıyla yolcu sayıları 2019'un %70-80'ine ulaştı.                                                                        |
| 2023 | ~255                          | Yeniden rekor. TCDD Taşımacılık 2023'te toplam 255 milyon yolcu taşıdı. YHT ~12,5 m (rekor); Marmaray ~190+ m; Başkentray ~22 m; İZBAN ~80+ m.                   |
| 2024 | ~279                          | Büyüme sürüyor. 2024'te 279,4 milyon yolcu (ilk 11 ayda 256,4 m) taşındı. Marmaray yıllık 218,9 m ile İstanbul'un en yoğun                                       |

**Tablo 2.14** Türkiye Demiryolu Taşımacılığı: Yolcu Sayıları ve Yıllık Değişim Trendleri

2021 yılı ise aşılama süreci ve salgın tedbirlerinin kademeli olarak gevşetilmesiyle birlikte talepte toparlanmanın başladığı bir yıl olmuştur. Bu dönemde Marmaray ve İZBAN hatları pandemi öncesi yolcu sayılarına yeniden yaklaşırken, YHT seferleri de normal tarifeye dönüş sürecine girmiştir.

2022 ve 2023 yıllarında, demiryolu yolcu taşımacılığı hızlı bir toparlanma sürecine girerek yeniden büyüme trendine dönmüştür. 2023 yılında 255 milyon yolcu sayısı tüm zamanların rekoru kırılmıştır. Bu artış, YHT hatlarında tam kapasiteyle gerçekleştirilen seferler ve ek tren hizmetleriyle desteklenmiştir. Marmaray hattında ise 2023 sonbaharında ardışık günlerde günlük yolcu taşımada rekor seviyeler kaydedilmiştir. Başkentray ve İZBAN hatlarında da yolcu sayıları pandemi öncesi düzeylerin üzerine çıkmıştır.

2024 yılında bu artış eğilimi devam etmiş, yılın ilk 11 ayında taşınan yolcu sayısı 256,4 milyona ulaşmış, yıl sonunda ise yaklaşık 279 milyon yolcu taşınarak bir önceki yıla göre %9'luk bir artış kaydedilmiştir.

Uzun dönemli eğilimler incelendiğinde, 2003-2019 yılları arasında demiryolu yolcu sayısında yaklaşık üç katlık bir artış yaşanmış, bu süreçte demiryolunun yolcu taşımacılığındaki payı %1,3'ten %4 seviyelerine yaklaşmıştır. 2020 yılındaki pandemi kaynaklı geçici düşüş hariç tutulduğunda, demiryolu yatırımlarının etkisiyle sürdürülebilir ve kesintisiz bir büyüme trendi yakalandığı görülmektedir. Marmaray'ın 2019 yılında tam kapasiteyle hizmete alınması bu artışta belirleyici bir rol oynamış; YHT hatlarında ise her yeni hattın devreye girmesiyle birlikte milyonlarca yeni yolcu kazanılmıştır.

Bölgesel bazda incelendiğinde, İstanbul'da Marmaray hattı sayesinde 2024 yılında yaklaşık 218,9 milyon banliyö yolcusu taşınarak toplam demiryolu yolcu sayısının büyük bir bölümünü oluşturmuştur. Ankara'da Başkentray hattı ile yıllık yolcu sayısı 24 milyonun üzerine çıkarken, İzmir'de İZBAN hattı yıllık yaklaşık 80-90 milyon yolcu aralığına ulaşmıştır. Şehirlerarası yolcu taşımacılığında ise (YHT + konvansiyonel) 2024 yılı itibarıyla yaklaşık 23 milyon yolcu seyahat etmiştir.

## **2.6. Demiryolu Sektörü İçerisinde TCDD'nin Durumu**

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), kamu tüzel kişiliğine sahip, sermayesinin tamamı devlete ait olan bir İktisadi Devlet Teşekkülü (İDT) olarak faaliyet göstermektedir. Kuruluş, iktisadi alanda ticari esaslara göre yapılandırılmış olup; faaliyetlerinde 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun, 233 sayılı Kanun Hükmünde Kararname, 399 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ve TCDD Ana Statüsü hükümleri saklı kalmak kaydıyla özel hukuk hükümlerine tabidir.

TCDD'nin mali ve idari denetimi, 2 Nisan 1987 tarihli ve 3346 sayılı Kanun (Kamu İktisadi Teşebbüsleri ile Fonların Türkiye Büyük Millet Meclisince Denetlenmesinin Düzenlenmesi Hakkında Kanun) ile 3 Aralık 2010 tarihli ve 6085 sayılı Sayıştay Kanunu çerçevesinde Sayıştay denetimine tabidir.

Kuruluşun temel fonksiyonu, uluslararası ve ulusal demiryolu altyapı ağı içinde yer alan, devlet tasarrufundaki demiryolu hatlarının altyapı işletmeciliğini yürütmektir. Bu kapsamda, TCDD'ye devredilen hat kesimlerinde altyapının işletilmesi, bakımının sağlanması ve erişim hizmetlerinin sunulması görevleri, 6461 sayılı Kanun ile belirlenen yükümlülükler, Ana Statü ve Görev Talimatları Kitabı çerçevesinde yerine getirilmektedir.

### **TCDD'nin Başlıca Faaliyet Alanları**

**Demiryolu Altyapısının İnşası ve Modernizasyonu:**TCDD, Türkiye'nin demiryolu ulaşım sisteminin geliştirilmesi amacıyla kapsamlı altyapı projeleri yürütmektedir. Bu kapsamda yürütülen başlıca faaliyetler şunlardır:

- Yüksek Hızlı Tren (YHT) hatlarının inşası,
- Hızlı tren hatlarının projelendirilmesi ve kurulumu,
- Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve sanayi tesislerine yönelik iltisak hatlarının yapımı ve modernizasyonu,
- Gar, istasyon ve yolcu terminallerinin inşa edilmesi,
- Demiryolu hatlarında elektrifikasyon, sinyalizasyon ve telekomünikasyon sistemlerinin kurulması,
- Konvansiyonel hatların kapasite artışı amacıyla çift hatlı hale getirilmesi,
- Yurt genelinde yeni lojistik merkezlerinin planlanması ve hayata geçirilmesi.
- Demiryolu Altyapısının Bakım ve Onarımı: TCDD, mevcut demiryolu altyapısının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla aşağıdaki teknik bakım ve onarım faaliyetlerini yürütmektedir:

- Kullanım ömrünü tamamlamış hat kesimlerinin yenilenmesi ve modernizasyonu,
- Hatların periyodik olarak bakım ve iyileştirme çalışmalarına tabi tutulması,
- Ray, travers, balast ve benzeri altyapı bileşenlerinin üretimi, tedariki ve lojistiğinin sağlanması,
- Gar ve istasyon yapılarının fiziksel iyileştirme, bakım ve restorasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi.
- Kapasite Planlaması ve Trafik Yönetimi: Demiryolu altyapısının etkin ve verimli işletilmesi için TCDD, kapasite yönetimi ve trafik kontrolüne yönelik aşağıdaki hizmetleri sunmaktadır:
- Her yıl yayımlanan yıllık şebeke bildirimi (Network Statement) aracılığıyla altyapı kullanım koşullarının tanımlanması,
- Altyapı kapasitesinin tahsisi, rezervasyonu ve fiyatlandırılması süreçlerinin yürütülmesi,
- Ulusal ve uluslararası tren trafiğinin planlanması, koordinasyonu ve gerçek zamanlı yönetimi,
- Gar ve istasyon sahalarının işletilmesi ve düzenlenmesi,
- Demiryolu Tren İşletmecilerine (DTİ) ve üçüncü taraf hizmet sağlayıcılara lojistik merkezlerinde operasyonel destek sunulması,
- Yük elleçleme, depolama ve terminal hizmetlerinin sağlanması.
- Liman ve Feribot İşletmeciliği ile Multimodal Ulaşım Entegrasyonu: TCDD, ulaştırma modları arasında etkin entegrasyonun sağlanması amacıyla aşağıdaki alanlarda faaliyet göstermektedir:
- Haydarpaşa ve İzmir limanlarında liman altyapısı işletmeciliği ve yük hizmetlerinin yürütülmesi,
- Van Gölü üzerinde Tatvan-Van arasında feribot taşımacılığı hizmetlerinin sunulması,
- Karayolu, denizyolu, iç su yolu ve havayolu taşımacılığıyla entegre, çok modlu taşımacılık çözümlerinin geliştirilmesi.

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), kamu tüzel kişiliğine sahip, sermayesinin tamamı devlete ait olan bir İktisadi Devlet Teşekkülü (İDT) olarak faaliyet göstermektedir. TCDD, iktisadi faaliyetlerini ticari esaslara dayalı olarak yürütmekte olup, 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun, 233 ve 399 sayılı Kanun Hükmünde Kararnameler ile TCDD Ana Statüsü hükümleri saklı kalmak kaydıyla, özel hukuk hükümlerine tabi olarak hizmet vermektedir.

Kuruluşun en üst karar organı, Genel Müdür başkanlığında bir başkan ve beş üyeden oluşan Yönetim Kuruludur. Yürütme faaliyetleri, Genel Müdür ile beş Genel Müdür Yardımcısı tarafından yerine getirilmekte; bu yapı, stratejik karar alma ile operasyonel yönetimi birlikte içeren çift başlı bir organizasyon modeli sunmaktadır.

#### **Merkez ve Taşra Teşkilatı**

TCDD'nin merkez teşkilatı, kurumsal politika geliştirme, denetim, teknik koordinasyon ve Ar-Ge faaliyetlerini yürütmek üzere aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır:

TCDD'nin merkez yapılanması;

- 18 İhtisas Daire Başkanlığı,
- Teftiş Kurulu Başkanlığı,
- Hukuk Müşavirliği,
- Kurumsal İletişim Dairesi Başkanlığı,
- İç Denetim Dairesi Başkanlığı,
- Demiryolu Araştırma ve Teknoloji Merkezi (DATEM) İşletme Müdürlüğü gibi birimlerden oluşmaktadır.

Taşra teşkilatında ise demiryolu altyapı işletmeciliği faaliyetleri;

TCDD'nin taşra teşkilatı, bölgesel altyapı işletmeciliği faaliyetlerini yürütmekte olup, aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır:

- **Bölge Müdürlükleri:** İstanbul, Ankara, İzmir, Sivas, Malatya, Adana, Afyonkarahisar, Erzurum (geliştirme aşamasında),
- **YHT Bölge Müdürlüğü:** Merkezi Ankara'da bulunan Yüksek Hızlı Tren Bölge Müdürlüğü.

#### Sanayi Tesisleri ve Ulaştırma Hizmetleri

TCDD, demiryolu altyapısının üretimi ve sürdürülebilirliğini desteklemek amacıyla çeşitli sanayi tesislerine sahiptir:

- **Beton Travers Üretim Tesisleri:** Sivas ve Afyonkarahisar'da yer almaktadır.
- **Ray Kaynak ve Yol Makineleri Onarım Fabrikası:** Ankara Behiçbey'de konumlanmıştır.
- **Makas Üretim Fabrikası:** Çankırı ilinde faaliyet göstermektedir.

Bu tesisler, altyapı bileşenlerinin üretimi, bakım-onarımı ve teknik ihtiyaçların yerli üretimle karşılanması açısından stratejik öneme sahiptir.

TCDD, taşıma modları arasında entegrasyon sağlamak ve çok modlu taşımacılığı desteklemek amacıyla aşağıdaki işletmecilik faaliyetlerini yürütmektedir:

- **Liman Hizmetleri:** 2023 yılı itibarıyla Haydarpaşa ve İzmir limanlarında yürütülmektedir.
- **Feribot Taşımacılığı:** Van Gölü'nde Tatvan-Van hattı üzerinde düzenli feribot seferleri gerçekleştirilmektedir.

TCDD'nin tek bağlı ortaklığı, merkezi Ankara'da bulunan TCDD Taşımacılık A.Ş.'dir. Bu kuruluş, 6461 sayılı Kanun kapsamında 1 Mayıs 2013 tarihinde kurulmuş ve Demiryolu Tren İşletmecisi (DTİ) statüsüyle faaliyetlerine başlamıştır. TCDD'den ayrılan operasyonel sorumluluklar – yük taşımacılığı, yolcu taşımacılığı ve araç parkı yönetimi – bu şirkete devredilmiştir.

Öte yandan, 4 Mart 2020 tarihli ve 2186 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı uyarınca, TCDD'nin bağlı ortaklıkları olan TÜLOMSAŞ, TÜDEMSAŞ ve TÜVASAŞ birleştirilerek, Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii A.Ş. (TÜRASAŞ) adı altında yeni bir İktisadi Devlet Teşekkülü kurulmuştur. Bu yapı, raylı sistem araçlarının yerli ve milli üretim kapasitesinin artırılmasına yönelik kurumsal bir dönüşüm girişimidir.

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), demiryolu sektöründeki faaliyetlerini çeşitlendirmek, kamu-özel iş birliğini geliştirmek ve sektörel uzmanlaşmayı desteklemek amacıyla beş farklı şirkette ortaklık yapısını sürdürmektedir. Bu iştirakler, banliyö taşımacılığından mühendislik hizmetlerine, raylı sistem araç üretiminden altyapı bileşeni imalatına kadar geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir.

Bu kapsamda ilk olarak, İzmir Banliyö Taşımacılığı Sistemi Ticaret A.Ş. (İZBAN A.Ş.), TCDD ile İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin eşit (%50-%50) ortaklığıyla 2007 yılında kurulmuş olup, İzmir ilinde metro standardında banliyö taşımacılığı hizmeti sunmaktadır. Başlangıçta Aliağa-Cumaovası-Tepeköy hattında 110 km uzunluğunda bir güzergâhta hizmet veren İZBAN, 2017 yılında Tepeköy-Selçuk hattının devreye alınmasıyla toplam hat uzunluğunu 136 kilometreye, istasyon sayısını ise 41'e çıkarmıştır.

TCDD'nin bir diğer iştiraki olan TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. (TCDD Teknik A.Ş.), 2017 yılında RAYSİMAŞ adıyla kurulmuş, 2020 yılında bugünkü unvanını almıştır. Şirket, demiryolu, metro ve hafif raylı sistem projelerine yönelik olarak etüt, fizibilite, projelendirme, test, sertifikasyon, Ar-Ge, ürün geliştirme (Ür-Ge) ve varlık yönetimi gibi çok disiplinli mühendislik ve danışmanlık hizmetleri sunmaktadır.

Üretim tarafında ise Hyundai Eurotem Demiryolu Araçları Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Hyundai EUROTREM A.Ş.), 2006 yılında kurulmuş olup, elektrikli tren setleri, hafif raylı sistem araçları, hızlı tren setleri ve yolcu vagonları üretimi konularında faaliyet göstermektedir. Bu şirket, Türkiye'nin raylı sistem araç sanayinde önemli bir teknoloji ve üretim kapasitesini temsil etmektedir.

Raylı sistem altyapı bileşenleri alanında faaliyet gösteren Voestalpine Kardemir Demiryolu Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (VADEMSAŞ), 2010 yılında Çankırı'da kurulmuştur. Şirket, konvansiyonel ve yüksek hızlı tren hatlarında kullanılmak üzere yerli makas sistemlerinin üretimini gerçekleştirmekte ve Türkiye'nin demiryolu altyapı projelerine katkı sunmaktadır.

Son olarak, 2011 yılında kurulan Sivas Travers İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş. (SİTAŞ), Sivas Beton Travers Fabrikası sahasında yüksek kapasiteli beton travers üretimi gerçekleştirmekte olup, TCDD'nin altyapı projelerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu iştirakler, TCDD'nin demiryolu taşımacılığındaki rolünü yalnızca altyapı işletmeciliği ile sınırlı tutmayıp; üretim, mühendislik ve kent içi taşımacılık alanlarında da yaygınlaştırmaya olanak tanımaktadır.

### 3. TÜRKİYE'DE ŞEHİR İÇİ RAYLI SİSTEMLER SEKTÖRÜNÜN DURUMU

Son yıllarda Türkiye'de artan kentleşme, nüfus yoğunluğu ve ulaşım talebi doğrultusunda, şehir içi ve şehirlerarası toplu taşımacılıkta raylı sistem çözümlerine duyulan ihtiyaç hızla artmaktadır. Özellikle nüfusu 1 milyonun üzerinde olan büyükşehirlerde, sürdürülebilir ulaşım altyapılarının kurulması, çevresel etkilerin azaltılması ve ulaşım verimliliğinin artırılması hedefleri doğrultusunda raylı sistem toplu taşıma yatırımları stratejik öncelik haline gelmiştir.

Bu bağlamda, önümüzdeki yıllarda Türkiye genelinde binlerce kilometrelik yeni raylı ulaşım hattının projelendirilmesi ve hayata geçirilmesi öngörülmektedir. 2035 yılına kadar, yalnızca şehir içi raylı sistemlerde kullanılmak üzere yaklaşık 1.500 kilometrelik yeni hat uzunluğu planlanmakta olup, bu hatlarda işletilmek üzere yaklaşık 7.000 adet tramvay, metro ve hafif raylı taşıt (LRT) ihtiyacı doğacaktır. Bu durum, yerli üretim kapasitesinin artırılmasını, teknolojik yetkinliklerin geliştirilmesini ve sektörel ekosistemin güçlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

#### 3.1. Kentiçi İşletmeciliği

Türkiye, hızlı kentleşme ve artan nüfusun yarattığı ulaşım talebine yanıt vermek amacıyla, etkin, sürdürülebilir ve çevre dostu ulaşım çözümleri geliştirmeye yönelik olarak kentiçi raylı sistem yatırımlarına büyük önem atfetmektedir. Metro, tramvay, hafif raylı sistemler (LRT) ve banliyö hatları gibi çeşitli raylı ulaşım türleri, özellikle büyükşehirlerde toplu taşımının temel bileşenini oluşturmaktadır. İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa gibi metropollerde yoğunlaşan bu sistemler; kent içi trafik yoğunluğunu azaltmak, sera gazı emisyonlarını düşürmek, enerji verimliliğini artırmak ve yaşam kalitesini yükseltmek gibi çok boyutlu hedeflere hizmet etmektedir.

2000'li yıllardan itibaren ivme kazanan raylı sistem yatırımları kapsamında, metropol bölgelerdeki metro ağırları genişletilmiş, yeni tramvay ve hafif raylı sistem hatları inşa edilmiştir. Marmaray gibi entegre, yüksek kapasiteli ve uluslararası standartlara uygun projeler sayesinde, şehir içi ulaşım nitelikli dönüşüm sağlanmıştır. Aynı zamanda, yerli üretim kabiliyetlerinin artırılmasına yönelik politikalarla birlikte, raylı sistem araçlarının yurt içinde tasarlanıp üretilmesine olanak tanınmış; bu doğrultuda birçok yerli firma iç pazarın ihtiyaçlarını karşılarken dış pazarlarda da rekabet edebilir konuma gelmiştir.

Raylı sistemlerin gelişimi yalnızca altyapı yatırımları ile sınırlı kalmamış; akıllı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu, yolcu odaklı hizmet anlayışı ve toplu taşıma modları arası uyum gibi konular da planlamaların merkezinde yer almıştır. Bu çerçevede, otobüs, minibüs ve diğer toplu taşıma araçlarıyla entegrasyon sağlanarak, kent içi ulaşım çok modlu ve bütünleşik bir yapının oluşturulması hedeflenmiştir.

Günümüzde Türkiye'de kentiçi raylı sistemlerin geleceği, teknolojik yenilikler, sürdürülebilir ulaşım stratejileri ve iklim değişikliği ile mücadele politikaları doğrultusunda şekillenmektedir. Bu gelişmelerin, şehirlerin sosyal yapısı, ekonomik canlılığı ve çevresel sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan ve dönüştürücü etkileri olduğu değerlendirilmektedir.

#### 3.1.1. İstanbul Metrosu

İstanbul, kentiçi raylı ulaşım sistemleri bakımından köklü bir geçmişe sahiptir. 1875 yılında hizmete giren Tünel (Karaköy-Beyoğlu), dünyanın ikinci, Avrupa'nın ise ilk yer altı metrosu olarak kent ulaşımı tarihinde öncü bir rol üstlenmiştir. Tünel hattı, İstanbul'un yoğun nüfuslu bölgelerinde toplu taşımaya olan ihtiyacı karşılamak üzere inşa edilmiş ve şehir içi raylı ulaşımın ilk önemli adımı olarak kabul edilmiştir.

Ancak Tünel'in ardından uzun yıllar boyunca raylı sistem yatırımları duraksamış; ulaşım altyapısı ağırlıklı olarak karayolu ve deniz ulaşımı üzerine şekillenmiştir. 20. yüzyılın ortalarından itibaren İstanbul'daki hızlı nüfus artışı ve kentleşme süreci, trafik sıkışıklığını ciddi bir sorun haline getirmiş ve raylı sistem ihtiyacını yeniden gündeme taşımıştır. 1960'lı yıllarda modern metro sistemlerine yönelik ilk fizibilite çalışmaları gerçekleştirilmiş olsa da, bu projeler mali kaynak yetersizliği nedeniyle uygulamaya geçirilememiştir.

1980'li yıllarda Türkiye'nin ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleri doğrultusunda ulaştırma politikalarında önemli değişiklikler yaşanmış; bu doğrultuda raylı sistem yatırımları yeniden planlama süreçlerine dâhil edilmiştir. İstanbul'un demografik büyümesi ve mekânsal yayılımı, modern metro sistemlerinin gerekliliğini ortaya koymuş, bu bağlamda ilk ciddi uygulama adımları atılmıştır. 1989 yılında İstanbul'un ilk modern metro hattı olan M1 hattının inşasına başlanmış, bu hat 1990'lı yılların başında hizmete sunulmuştur.



M1 hattı (Aksaray-Kartaltepe), İstanbul'un ilk hafif metro hattı olarak 8,5 km uzunluğunda ve 10 istasyonla hizmete girmiştir. Atatürk Havalimanı gibi yüksek yolcu potansiyeline sahip bölgelere güvenli ve hızlı erişim sağlamak amacıyla planlanan bu hat, dönemin ileri teknolojileriyle donatılmıştır. Elektrikli tren setleri, otomatik sinyalizasyon sistemleri ve enerji verimliliği sağlayan altyapı çözümleriyle, hem operasyonel verimlilik hem de yolcu konforu hedeflenmiştir.

Artan yolcu talebi doğrultusunda M1 hattı iki kola ayrılarak genişletilmiştir: M1A (Yenikapı-Atatürk Havalimanı) ve M1B (Yenikapı-Kirazlı) uzatmaları, hem turistik ve ticari alanlara hem de yoğun yerleşim bölgelerine erişimi kolaylaştırmıştır. Bu süreçte, diğer metro hatlarına yönelik fizibilite çalışmaları da hız kazanmış, özellikle Taksim-Levent (M2) gibi yeni hatların temelleri atılmıştır. Raylı sistemlerin yaygınlaştırılmasına yönelik toplumsal farkındalık kampanyaları düzenlenmiş, otobüs ve minibüs hatlarıyla entegrasyon hedeflenerek çok modlu bir ulaşım ağı oluşturulmuştur.

1990'ların sonunda M1 hattı, İstanbul ulaşımında temel omurgalardan biri haline gelmiş; günlük yüzbinlerce yolcu taşıyan bir sistem olarak yeni yatırımların önünü açmıştır. Bu başarı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin raylı sistem vizyonunu güçlendirmiş ve 2000'li yıllarda kapsamlı bir metro atılım süreci başlatılmıştır.

2000'li yıllar, İstanbul'da raylı sistem yatırımlarının hızlandığı ve çeşitlendiği bir dönem olmuştur. Nüfus artışı, mekânsal büyüme ve ekonomik hareketlilik, daha fazla metro hattının inşasını zorunlu kılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından önceliklendirilen raylı sistem projeleri, hem kapasite artışı hem de teknolojik gelişmişlik açısından dikkat çekici nitelik taşımaktadır.

Bu kapsamda 2000 yılında M2 hattının (Taksim-4. Levent) ilk etabı hizmete açılmış ve sonrasında Hacıosman'a kadar uzatılmıştır. Hat, Beşiktaş, Şişli ve Maslak gibi iş ve ticaret merkezlerine kesintisiz erişim sağlayarak kent içi mobilitenin artmasına katkıda bulunmuştur. M2 hattı, tam otomatik sinyalizasyon sistemleri ve yüksek kapasiteli tren setleriyle modern metro standartlarını karşılamaktadır.

M3 hattı (Kirazlı-Başakşehir), 2006 yılında inşa edilmeye başlanmış ve özellikle kentin batı bölgelerine raylı sistem erişimi sağlamak amacıyla projelendirilmiştir. Olimpiyat Parkı gibi stratejik alanlara ulaşım sağlayan hat, kentsel gelişim bölgelerine hizmet vermektedir. Benzer şekilde, T4 hattı (Topkapı-Mescid-i Selam) ise 2007 yılında hafif metro sistemi olarak işletmeye alınmış ve kuzeybatıdaki yoğun yerleşim bölgelerini ana ulaşım ağına entegre etmiştir.

2000-2010 döneminde raylı sistemlerin entegrasyonu öncelikli hale gelmiş, İstanbulkart gibi ortak ücretlendirme ve erişim sistemleri devreye alınarak farklı toplu taşıma modları arasında geçiş kolaylaştırılmıştır. Yolcu bilgilendirme sistemleri geliştirilmiş; istasyonlarda dijital yönlendirme ekranları, sesli anons sistemleri ve güvenlik uygulamaları yaygınlaştırılmıştır.

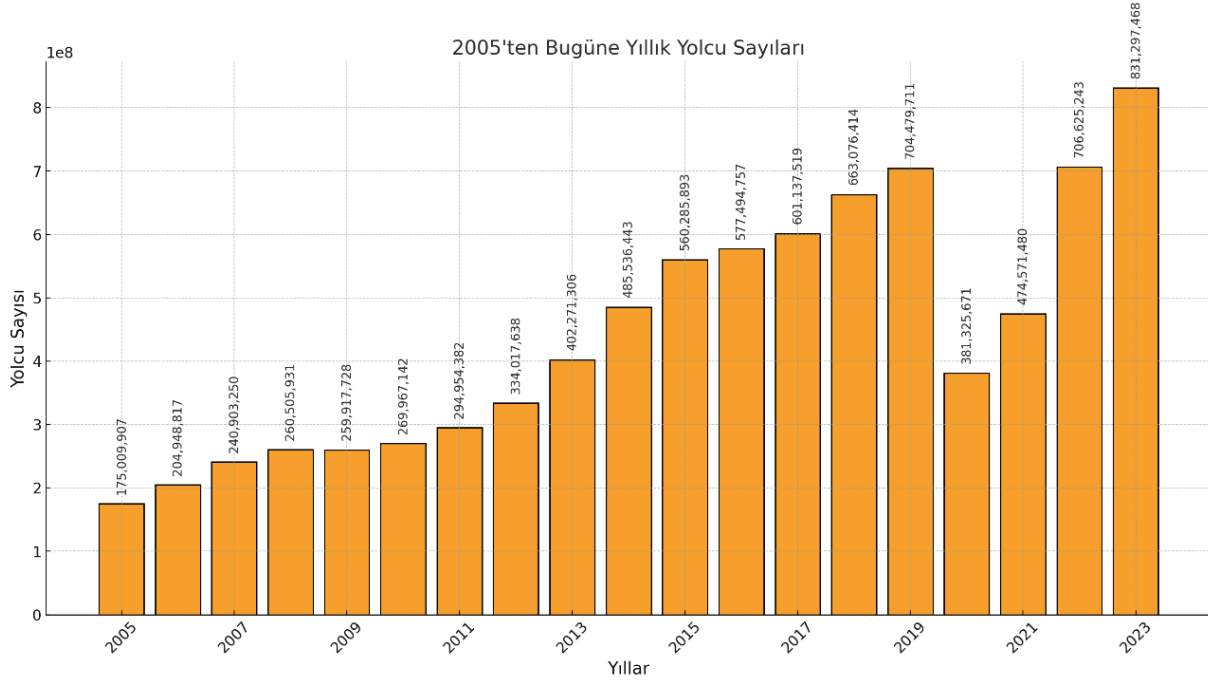
2010-2020 dönemi ise İstanbul'daki raylı sistem altyapısının hem fiziksel anlamda genişlediği hem de dijitalleşme ve otomasyon gibi teknolojik yeniliklerle donatıldığı bir dönüşüm süreci olmuştur. Bu dönemde hayata geçirilen sürücüsüz metro hatları ve mega projeler, İstanbul'un ulaşım altyapısını daha ileri bir düzeye taşımıştır.

2013 yılında hizmete giren Marmaray Projesi, İstanbul Boğazı'nın altından geçerek Avrupa ve Asya yakalarını birbirine bağlayan stratejik bir banliyö ve kent içi raylı ulaşım projesi olarak öne çıkmıştır. Gebze-Halkalı arasındaki 76 km'lik hatta modernizasyon ve entegrasyon sağlanarak, İstanbul'daki diğer metro sistemleriyle güçlü bir bağlantı kurulmuştur. Marmaray, günlük yüz binlerce yolcu kapasitesiyle uluslararası ölçekte örnek bir ulaşım projesi haline gelmiştir.

Anadolu Yakası'nın ilk metrosu olan M4 hattı (Kadıköy-Tavşantepe), 2012 yılında 26,5 km uzunluğunda hizmete alınmış; Kadıköy gibi ticaret ve turizm merkezlerini Pendik gibi yerleşim bölgelerine bağlayarak sosyal ve ekonomik etkileşimi güçlendirmiştir. 2017 yılında hizmete giren M5 hattı (Üsküdar-Çekmeköy), Türkiye'nin ilk sürücüsüz metro hattı olarak ileri otomasyon teknolojileri ve modern sinyalizasyon sistemleri ile kentiçi raylı sistemlerin yeni bir evresine geçişi simgelemiştir.

Avrupa Yakası'nda 2020'de açılan M7 hattı (Mecidiyeköy-Mahmutbey) ise, İstanbul'un ikinci sürücüsüz metro hattı olarak yüksek yolcu kapasiteli, verimli ve çevreci bir ulaşım alternatifi sunmuştur. Bu dönemde ayrıca Metro İstanbul, çevresel sürdürülebilirliği önceliklendirmiş; metro istasyonlarında enerji tasarrufuna yönelik uygulamalar hayata geçirilmiş, yenilenebilir enerji kullanımı teşvik edilmiştir. Aynı zamanda dijitalleşme ve akıllı ulaşım sistemleri kapsamında mobil uygulamalar, gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemleri ve temassız geçiş teknolojileri geliştirilmiştir.

2020 sonrası dönemde ise hat genişlemeleri ivme kazanmış; M9 hattı (Ataköy-İkitelli) ile iş, sanayi ve konut bölgeleri arasında entegrasyon sağlanmış, M11 hattı (Gayrettepe-İstanbul Havalimanı) ile uluslararası ulaşım bağlantısı güçlendirilmiştir. Anadolu Yakası'nda tamamlanmak üzere olan M8 hattı (Bostancı-Parseller) ise çevreci teknolojilerle donatılmış yeni bir raylı sistem çözümü sunmaktadır.



**Grafik 3.1** İstanbul Metrosu 2005-2023 Yolcu Sayıları

Grafik, 2005-2023 yılları arasında Metro İstanbul'un yıllık yolcu sayılarında kayda değer bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. 2005 yılında yaklaşık 175 milyon olan yolcu sayısı, 2019 yılı itibarıyla %302 oranında artarak 704 milyon seviyesine ulaşmıştır. Bu büyüme, İstanbul'daki toplu taşıma altyapısının gelişimi, yeni metro hatlarının devreye alınması ve artan nüfusla birlikte toplu taşıma sistemlerine olan ihtiyacın artmasıyla doğrudan ilişkilendirilebilir.

Ancak, 2020 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisi, toplu taşıma sistemlerinde ciddi bir talep daralmasına yol açmıştır. Metro İstanbul'un yıllık yolcu sayısı bu dönemde bir önceki yıla göre %46 oranında azalarak 381 milyona gerilemiştir. Sokağa çıkma yasakları, uzaktan çalışma uygulamaları ve sosyal mesafe kuralları gibi önlemler, metro kullanımını büyük ölçüde sınırlamıştır.

Pandeminin etkilerinin kademeli olarak azalmasıyla birlikte, 2021 yılından itibaren yolcu sayılarında yeniden toparlanma gözlemlenmiştir. 2021 yılında yolcu sayısı, bir önceki yıla kıyasla %24 oranında artarak 474 milyon olarak gerçekleşmiştir. Bu artış eğilimi izleyen yıllarda da devam etmiş, 2023 yılı itibarıyla Metro İstanbul tarihindeki en yüksek yolcu sayısına ulaşmıştır: 831 milyon. Bu rakam, 2022 yılına göre %18'lik bir artışı temsil etmekte olup, hem toplu taşımaya olan talebin artmasını hem de hizmete alınan yeni hatların sistem üzerindeki etkisini göstermektedir.

Bu veriler, İstanbul'da raylı sistemlere olan talebin uzun vadede istikrarlı bir şekilde arttığını ve 2020 yılına ait düşüşün pandemiye özgü istisnai bir durum olduğunu ortaya koymaktadır. Yolcu taşımacılığı verileri, sadece geçmiş performansın değerlendirilmesi açısından değil, aynı zamanda ileriye dönük kapasite planlaması, altyapı yatırımları ve hizmet optimizasyonu için de kritik bir göstergesi niteliği taşımaktadır.

Metro İstanbul'un kapasitesini artırmaya yönelik sürdürülen çalışmalar, İstanbul'un kent içi ulaşım problemlerine çözüm üretmenin ötesinde, şehirdeki trafik yoğunluğunun azaltılmasına ve ulaşım sistemlerinin sürdürülebilirliğinin güçlendirilmesine de katkı sunmaktadır. Bu doğrultuda, mevcut metro hattı uzunluğunun 2025 yılına kadar 400 kilometreye çıkarılması hedeflenmektedir.

Raylı sistemlerin geliştirilmesi yalnızca ulaşım verimliliğini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda İstanbul'un sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında da merkezi bir rol oynamaktadır. Karbon emisyonlarının azaltılması, ulaşım da enerji verimliliğinin artırılması ve kent içi hareketliliğin kesintisiz sağlanması gibi çok boyutlu kazanımlar, Metro İstanbul'un stratejik önemini pekiştirmektedir. Öte yandan, modern ve güvenilir bir metro altyapısının sunulması, İstanbul'un turistik ve ticari çekiciliğini artırarak uluslararası alanda rekabet gücünü desteklemektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Metro İstanbul tarafından belirlenen 2050 vizyonu çerçevesinde, şehrin raylı sistem uzunluğunun 1.100 kilometreye ulaştırılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda planlanan yeni hatlar ve kapasite artırımı projeleri, İstanbul'un gelecekteki ulaşım ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik bütüncül ve entegre bir yaklaşımın ürünüdür.

İstanbul'daki metro hatlarının hizmete açılış tarihleri ve işletme bilgileri aşağıdaki tabloda sunulmuştur:

| Hat Kodu | Hat Adı                                              | Hizmete<br>Açılış Tarihi | Hat<br>Uzunluğu | İstasyon<br>Sayısı | Sefer<br>Süresi | Sefer Sıklığı<br>(Pik Saat) |
|----------|------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|
| M1A      | Yenikapı - Atatürk Havalimanı Metro Hattı            | 3.Eyl.89                 | 26,3 km         | 18                 | 35 dk           | 5 dk                        |
| M1B      | Yenikapı - Kirazlı Metro Hattı                       | 14.Haz.13                |                 | 13                 | 25 dk           | 5 dk                        |
| M2       | Yenikapı - Hacıosman Metro Hattı                     | 16.Eyl.00                | 23,49 km        | 16                 | 32 dk           | 4 dk                        |
| M3       | Kirazlı - Kayaşehir Merkez Metro Hattı               | 14.Haz.13                | 18,2 km         | 11                 | 27 dk           | 6 dk                        |
| M4       | Kadıköy - Sabiha Gökçen Havalimanı Metro Hattı       | 17.Ağu.12                | 33,7 km         | 20                 | 45 dk           | 5 dk                        |
| M5       | Üsküdar - Çekmeköy Metro Hattı                       | 15.Ara.17                | 20,0 km         | 16                 | 27 dk           | 4 dk                        |
| M6       | Levent - Boğaziçi Üniversitesi/Hisarüstü Metro Hattı | 19.Nis.15                | 3,3 km          | 4                  | 6 dk            | 5 dk                        |
| M7       | Mecidiyeköy - Mahmutbey Metro Hattı                  | 28.Eki.20                | 20 km           | 15                 | 31 dk           | 6 dk                        |
| M8       | Bostancı - Parseller Metro Hattı                     | 6.Oca.23                 | 14,3 km         | 13                 | 22 dk           | 5 dk                        |
| M9       | Bahariye - Olimpiyat Metro Hattı                     | 29.May.21                | 5,9 km          | 5                  | 12 dk           | 8 dk                        |
| M11      | Gayrettepe - İstanbul Havalimanı Metro Hattı         | 22.Oca.23                | 37,5 km         | 9                  | 35 dk           | 10 dk                       |
| Toplam   |                                                      |                          | 203,19 km       |                    |                 |                             |

**Tablo 3.1** İstanbul'daki metro hatlarının hizmete açılış tarihleri ve işletme bilgileri

## Notlar

- **M1A ve M1B Hatları:** İstanbul'un ilk metro hattı olan M1 hattı, 3 Eylül 1989 tarihinde Aksaray-Kocatepe arasında hizmete açılmıştır. Zamanla hat ikiye ayrılarak M1A (Yenikapı-Atatürk Havalimanı) ve M1B (Yenikapı-Kirazlı) adlarını almıştır. Bu ayırım, yolcu akışını optimize etmek ve güzergâh üzerindeki yoğunluğu yönetilebilir kılmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.
- **M3 Hattı:** Kirazlı-Başakşehir/Metrokent hattı, 14 Haziran 2013 tarihinde işletmeye alınmıştır. Hat, İstanbul'un batı bölgelerinde artan yerleşim ve ulaşım talebine yanıt vermek üzere inşa edilmiştir. Bu hatta bağlı İkitelli Sanayi-Olimpiyat şube hattı, 29 Mayıs 2021 tarihi itibarıyla M9 hattına devredilerek yeniden yapılandırılmıştır.
- **M9 Hattı:** Başlangıçta M3 hattının bir uzantısı olarak işletilen Bahariye-Olimpiyat şube hattı, 29 Mayıs 2021 itibarıyla ayrı bir hat olarak tanımlanmış ve M9 hattı adıyla hizmet vermeye başlamıştır. Bu değişiklik, hatların daha verimli işletilmesini ve bölgesel hizmetlerin çeşitlendirilmesini amaçlamaktadır.
- **M11 Hattı:** Gayrettepe-İstanbul Havalimanı metro hattı, İstanbul'un havalimanı bağlantılarını güçlendirmek amacıyla geliştirilmiş olup, 22 Ocak 2023 tarihinde hizmete alınmıştır. Yüksek hızlı tren setleriyle işletilen bu hat, şehir merkezi ile İstanbul Havalimanı arasında hızlı, konforlu ve kesintisiz ulaşım sağlamaktadır.

İstanbul'daki tramvay hatlarının hizmete açılış tarihleri ve işletme bilgileri aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

| Hat Kodu | Hat Adı                                          | Hizmete<br>Açılış Tarihi | Hat<br>Uzunluğu | İstasyon<br>Sayısı | Sefer<br>Süresi | Sefer Sıklığı<br>(Pik Saat) |
|----------|--------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|
| T1       | Kabataş - Bağcılar<br>Tramvay Hattı              | 1992                     | 19,3 km         | 31                 | 65 dk           | 2 dk                        |
| T3       | Kadıköy - Moda Nostaljik<br>Tramvay Hattı        | 1.Kas.03                 | 2,6 km          | 10                 | 20 dk           | 10 dk                       |
| T4       | Topkapı - Mescid-i Selam<br>Tramvay Hattı        | 12.Eyl.07                | 15,3 km         | 22                 | 45 dk           | 3 dk                        |
| T5       | Eminönü - Alibeyköy Cep<br>Otogarı Tramvay Hattı | 1.Oca.21                 | 10,1 km         | 14                 | 32 dk           | 5 dk                        |

**Tablo 3.2** İstanbul'daki tramvay hatlarının hizmete açılış tarihleri ve işletme bilgileri

## Notlar

- **T1 Hattı:** İstanbul'un modern tramvay sistemlerinin öncüsü olan T1 hattı, ilk olarak 1992 yılında Sirkeci-Aksaray arasında işletmeye alınmıştır. Kent içi ulaşımın entegre edilmesi ve tarihi yarımadanın toplu taşımaya erişiminin artırılması amacıyla, hat ilerleyen yıllarda yapılan etaplar ile Kabataş istasyonuna kadar uzatılmıştır. Günümüzde, turistik ve ticari merkezleri birbirine bağlayan önemli bir ulaşım omurgası konumundadır.
- **T3 Hattı:** Kadıköy Meydanı-Bahariye-Moda güzergâhında döngüsel olarak çalışan bu hat, nostaljik tramvay konseptiyle tasarlanmıştır. Hem tarihi dokuya uygun mimarisi hem de toplu taşımaya katkısı nedeniyle sembolik bir öneme sahiptir. Hat, aynı zamanda Anadolu Yakası'nda raylı sistemlere olan kültürel bağlılığın sürdürüldüğü özel bir örnek teşkil etmektedir.
- **T4 Hattı:** İstanbul'un kuzeydoğusundaki yerleşim bölgelerine hizmet sunmak amacıyla inşa edilen bu tramvay hattının ilk etabı 12 Eylül 2007 tarihinde, ikinci etabı ise 18 Mart 2009 tarihinde işletmeye alınmıştır. Hat, yüksek eğimli bölgelerde çalışabilecek şekilde tasarlanmış olup, raylı sistem çözümlerinin topografyaya adaptasyonunun başarılı bir örneğidir.
- **T5 Hattı:** İstanbul'un Haliç kıyı şeridi boyunca hizmet veren bu hat, etaplar hâlinde açılmıştır. Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı bölümü 1 Ocak 2021 tarihinde hizmete alınmış, Küçükpazar ve Eminönü istasyonları ise 30 Ağustos 2023 itibarıyla kullanıma açılmıştır. Hat, hem tarihi yarımadanın kuzey ulaşımını güçlendirmiş hem de çevreci, modern ulaşım konseptiyle dikkat çekmiştir.

| Hat Kodu | Hat Adı                                       | İşe Başlama Tarihi | Proje Bedeli             | Hat Uzunluğu |
|----------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------|
| M10      | Pendik - Sabiha Gökçen Havalimanı Metro Hattı | 10.10.2022         | 2.896.691.026,14 ₺ + KDV | 7.4 km       |
| M12      | Göztepe - Ümraniye Metro Hattı                | 28.04.2017         | 2.469.924.400,00 ₺       | 13.0 km      |
| M1B      | Kirazlı - Halkalı Metro Hattı                 | 28.04.2017         | 2.414.401.632 ₺          | 9.7 km       |
| M4       | Tavşantepe - Tuzla Metro Hattı Uzatması       | 28.04.2017         | 1.613.815.000,00 ₺       | 7.9 km       |
| M7       | Mahmutbey - Esenyurt Metro Hattı              | 21.08.2017         | 3.043.994.729,00 ₺       | 18.5 km      |
| T7       | Eyüpsultan - Bayrampaşa Tramvay Hattı         | 25.03.2024         | 3.278.000,00 TL          | 5.0 km       |

**Tablo 3.3** İstanbul’da devam eden hatlara ilişkin bilgiler

**Notlar:**

- **M10 Pendik – Sabiha Gökçen Havalimanı Metro Hattı:** Bu hat, Pendik Merkez ile Fevzi Çakmak-Hastane istasyonları arasında uzanan bir kesimi kapsamaktadır. Proje, Pendik ilçesinin merkezini havalimanına ve sağlık kampüslerine bağlayarak hem bölgesel hareketliliği artırmayı hem de ulaşım sürelerini azaltmayı hedeflemektedir.
- **M12 Göztepe – Ümraniye Metro Hattı:** Anadolu Yakası’nda inşa edilmekte olan bu hat, tam otomatik sürücüsüz (UTO - Unattended Train Operation) sistemle işletilecek şekilde projelendirilmiştir. Sürücüsüz metro teknolojisinin Türkiye’deki örneklerinden biri olan M12 hattı, operasyonel verimliliği artırmayı ve yolcu güvenliğini en üst düzeyde sağlamayı amaçlamaktadır.
- **M1B Kirazlı – Halkalı Metro Hattı:** Mevcut M1B hattının Halkalı yönünde uzatılmasıyla oluşturulan bu proje, Kirazlı istasyonunda M3 Kirazlı-Başakşehir/Metrokent hattı ile entegre olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece, Avrupa Yakası’ndaki raylı sistem ağıları arasında kesintisiz bağlantılar kurulması hedeflenmektedir.
- **M4 Tavşantepe – Tuzla Metro Hattı Uzatması:** İstanbul’un Anadolu Yakası’ndaki M4 hattının doğuya doğru genişletilmesiyle oluşturulan bu proje, Tuzla ilçesi sınırlarına kadar erişim sağlamayı amaçlamaktadır. Uzatma, özellikle Tuzla OSB ve çevresindeki sanayi bölgelerine erişimi kolaylaştıracak ve banliyö taşımacılığına entegre bir çözüm sunacaktır.
- **M7 Mahmutbey – Esenyurt Metro Hattı:** Halihazırda işletilmekte olan M7 hattının üçüncü etabı olarak planlanan bu uzatma, Esenyurt gibi yüksek nüfuslu ve ulaşım ihtiyacının yoğun olduğu bölgelere doğrudan metro erişimi sağlamayı hedeflemektedir. Proje tamamlandığında, hattın batı yönündeki erişimi önemli ölçüde genişleyecektir.
- **T7 Eyüpsultan – Bayrampaşa Tramvay Hattı:** Bu yeni tramvay hattı, Eyüp Meydanı’ndan başlayarak Haliç kıyısı boyunca ilerlemekte ve Bayrampaşa Meydanı’nda sonlanmaktadır. Hat, tarihi dokuyu bozmadan düşük emisyonlu toplu taşıma alternatifi sunmakta ve kuzey Haliç bölgesinde ulaşımı çeşitlendirmeyi amaçlamaktadır.

İstanbul’da proje aşamasındaki metro hatlarına ilişkin güncel bilgiler aşağıdaki tabloda sunulmuştur:



| Hat Kodu | Hat Adı                                                 | İşe Başlama Tarihi               | Yüklenici Firma                                | Proje Bedeli    | Hat Uzunluğu |
|----------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|--------------|
| M        | Vezneciler - Sultangazi Metro Hattı                     | 13.10.2014                       | Idom Consulting Engineering Architecture S.A.U | 4.539.108,79 €  | 17,35 km     |
| M        | Sultangazi - Arnavutköy Metro Hattı                     | 19.01.2016                       | Metro İstanbul A.Ş.                            | 6.050.000,00 TL | 15,0 km      |
| M2       | Yenikapı - Sefaköy Metro Hattı Uzatması                 | 1.03.2018                        | -                                              | -               | 14,0 km      |
| M3       | Kayaşehir - Fenertepe Metro Hattı Uzatması              | 14.04.2017                       | Idom Consulting Engineering Architecture S.A.U | 2.340.000,00 TL | 3,0 km       |
| M        | İTÜ - Kağıthane Metro Hattı                             | Tecnimont Civil Construction SPA | 12.05.2016                                     | 4.500.000,00 TL | 5,0 km       |
| M        | Kazlıçeşme - Söğütlüçeşme Metro Hattı 1. Aşama          | 23.03.2017                       | Geodata Engineering S.P.S.A.                   | 6.971.000,00 TL | 20,0 km      |
| M        | Sabiha Gökçen Havalimanı - Kurtköy Kavşağı Uzatma Hattı | 8.08.2016                        | Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.                 | 2.120.000,00 TL | 6,0 km       |
| M        | Seyrantepe - Alibeyköy Metro Hattı                      | 28.09.2016                       | Metro İstanbul A.Ş.                            | 2.199.000,00 TL | 7,0 km       |
| T        | Esenler - Davutpaşa Tramvay Hattı                       | 20.07.2017                       | Ove Arup Partner Int. Ltd.                     | 2.950.000,00 TL | 3,5 km       |

Tablo 3.4 İstanbul'da proje aşamasındaki metro hatlarına ilişkin güncel bilgiler

## Notlar

- **Vezneciler - Sultangazi Metro Hattı:** Fatih, Eyüpsultan ve Gaziosmanpaşa ilçelerinden geçerek Mescid-i Selam istasyonunda sonlanan bu hat, kent merkezini kuzey yerleşim bölgelerine bağlamayı hedeflemektedir. Hat, Vezneciler istasyonunda M2 Yenikapı-Haciosman metro hattı ve T1 Bağcılar-Kabataş tramvay hattı, Edirnekapi istasyonunda ise T4 Topkapı-Mescid-i Selam tramvay hattı ve metrobüs ile entegre olacak şekilde planlanmıştır.
- **Sultangazi - Arnavutköy Metro Hattı:** Vezneciler-Sultançiftliği hattının devamı niteliğindeki bu proje, özellikle Arnavutköy ilçesine metro erişimini sağlayarak kuzeybatı ulaşım aksında kapsayıcılığı artırmayı amaçlamaktadır. Hattın Mescid-i Selam istasyonunda T4 hattı ile, Taşoluk istasyonunda ise M11 Gayrettepe-Yeni Havalimanı-Halkalı hattı ile entegrasyonu öngörülmektedir.
- **Yenikapı - Sefaköy Metro Hattı Uzatması:** M2 Yenikapı-Haciosman hattının batı yönünde uzatılmasıyla oluşturulan bu proje, AYGM tarafından yatırım programına alınmış olup ihale sürecine hazırlanmaktadır. Hat, Yenikapı istasyonunda M1A, M1B ve Marmaray, İncirli istasyonunda ise M1A, M3 Başakşehir-Bakırköy İDO hatları ve metrobüs ile çoklu mod entegrasyonuna sahiptir.
- **Kayaşehir - Fenertepe Metro Hattı Uzatması:** M3 Başakşehir-Metrokent hattının üçüncü etap uzatması olarak planlanan bu proje, Fenertepe yönünde kapasite artırımı sağlayacaktır. Ayrıca, hattın ilerleyen aşamalarda Vezneciler-Arnavutköy hattı ile entegrasyonu öngörülmektedir.

- **İTÜ – Kağıthane Metro Hattı:** İTÜ–Maslak bölgesinden başlayacak hat, Ayazağa ve Cendere gibi yoğun iş ve yaşam alanlarından geçerek Kağıthane ilçesine ulaşacaktır. Hat, hem akademik hem de sanayi-ticaret bölgelerine hizmet sunarak önemli bir bağlantı işlevi göreacaktır.
- **Kazlıçeşme – Söğütlicheşme Metro Hattı (1. Aşama):** Bu hat, Marmaray sisteminden sonra Avrupa ve Anadolu yakalarını ikinci kez raylı sistemle birbirine bağlayacak stratejik bir projedir. Kazlıçeşme istasyonunda Marmaray hattı ile, Zeytinburnu istasyonunda ise M2 batı uzatması (Yenikapı–Sefaköy) hattı ile entegre çalışacaktır.
- **Sabiha Gökçen Havalimanı – Kurtköy Kavşağı Uzatma Hattı:** Bu uzatma, M4 Kadıköy–SGH ve M10 Pendik–SGH hatlarının sahil bölgelerine kadar erişimini sağlayacak biçimde planlanmıştır. Özellikle Kurtköy bölgesinin erişilebilirliğini artırmayı ve havalimanı bağlantısını güçlendirmeyi amaçlamaktadır.
- **Seyrantepe – Alibeyköy Metro Hattı:** Bu hat, Seyrantepe istasyonundan başlayarak Cendere vadisi boyunca ilerleyecek ve Alibeyköy Cep Otagarı'na ulaşacaktır. Böylece hem sanayi hem de ulaşım aktarma merkezleri arasında bağlantı kurulması hedeflenmektedir.

İstanbul'un kent içi raylı sistem ağı, günümüzde çok bileşenli ve karmaşık bir yapıya ulaşmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) iştiraki olan Metro İstanbul A.Ş. tarafından işletilen metro, tramvay, hafif metro, föniküler ve teleferik hatlarının toplam uzunluğu, 2023 yılı itibarıyla 216 km'ye ulaşmış; bu ağı 18 hat ve 216 istasyondan oluşmaktadır. Bu sistem içerisinde, 10 metro hattı (tamamı elektrikli ve büyük oranda yeraltında), 3 tramvay hattı (at-grade), 2 föniküler ve 1 teleferik hattı yer almaktadır.

Kent içi raylı sistem ağına entegre biçimde hizmet veren bir diğere önemli sistem ise Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından inşa edilen ve TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından işletilen Marmaray banliyö hattıdır. Yaklaşık 76,6 km uzunluğundaki bu hat, Asya ve Avrupa yakaları arasında kesintisiz raylı ulaşım sağlayarak İstanbul'un en önemli ulaşım omurgalarından birini oluşturmaktadır.

Teknolojik açıdan İstanbul'daki raylı sistem hatlarında kullanılan sinyalizasyon ve kontrol sistemleri hat bazında farklılık göstermektedir. Yeni inşa edilen metro hatlarının büyük bir bölümü, tam otomatik sürücüsüz işletmeye (GoA4) olanak tanıyan CBTC (Communication-Based Train Control) sistemleriyle donatılmaktadır. Buna karşın daha eski hatlarda ATP/ATO (Automatic Train Protection/Operation) sistemleri kullanılmaktadır. Türkiye'nin ilk tam otomatik metrosu olan M5 Üsküdar–Çekmeköy hattı, bu alandaki teknolojik dönüşümün öncüsü olmuştur. Enerji beslemesi ise genellikle üçüncü ray (1500V DC) veya katener sistemi üzerinden sağlanmaktadır. 2023 yılı sonu itibarıyla Metro İstanbul bünyesinde 1.015 metro vagonu aktif olarak hizmet vermektedir.

İstanbul'daki kent içi raylı sistemlerin işletme yapısı büyük ölçüde kamu sektörü eliyle yürütölmektedir. Metro ve tramvay hatlarının işletmesi, İBB'nin iştiraki olan Metro İstanbul A.Ş. tarafından üstlenilmişken; Marmaray banliyö hattı, merkezi yönetim organı olan TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından işletilmektedir. Metro İstanbul, 1988 yılında kurulmuş olup, sonraki yıllarda yapımı tamamlanan tüm hatların işletmesini devralarak İstanbul'daki raylı sistemlerin kurumsallaşmasında merkezi bir rol üstlenmiştir. Bu çerçevede, İBB tarafından inşa edilen hatların işletme gelirleri ve giderleri doğrudan belediye ve şirket bütçesi üzerinden yönetilmekte; merkezi hükümet tarafından geliştirilen Marmaray gibi projelerde ise işletme tamamen devlet eliyle yürütölmektedir.

Raylı sistem yatırımlarının finansman modeli ise proje bazlı olarak farklılaşmaktadır, ancak genel olarak kamu kaynaklarına dayalı bir finansman yaklaşımı benimsenmiştir. İBB, geçmiş yıllarda metro yatırımları için önemli miktarda özkaynak tahsis etmiş, aynı zamanda EBRD (Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası), JICA (Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı) ve EIB (Avrupa Yatırım Bankası) gibi uluslararası kuruluşlardan uzun vadeli ve düşük faizli kredi temin etmiştir. Örneğin, M2 Yenikapı–Hacıosman hattının ilk etap inşasında JICA kredisi, Marmaray projesinde ise JICA ve EIB kredileri kullanılmıştır.

Ancak 2019 sonrasında, makroekonomik koşulların değişmesi ve yerel yönetimlerin yatırım kapasitesinin daralması nedeniyle, bazı büyük ölçekli metro projeleri (örneğin Gayrettepe–İstanbul Havalimanı ve Halkalı–Havalimanı metro hatları) Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından devralınmış ve merkezi bütçe kaynaklarıyla finanse edilmeye başlanmıştır. İstanbul'da henüz metro projelerinde Kamu–Özel İşbirliği (PPP) modeli yaygınlaşmamış; raylı sistem yatırımları büyük oranda iç ve dış borçlanma, İBB özkaynakları ve merkezi hükümet destekleri ile gerçekleştirilmiştir. Hibe kaynaklar oldukça sınırlı olup, bu durum özellikle uzun vadeli yatırım planlamasında kamu bütçesinin kritik rolünü öne çıkarmaktadır.

İşletme sürecinde ise bilet gelirleri genellikle işletme giderlerini tam olarak karşılamamakta ve bu nedenle İBB tarafından sübvansiyon uygulanmaktadır. Bu durum, raylı sistemlerin kamu hizmeti niteliği taşıdığı ve sosyal faydanın ekonomik kârlılığın önünde tutulduğu yaklaşımın bir yansımasıdır.

**Hızray Projesi:**

Hızray Projesi, Türkiye'nin mega kenti İstanbul'un kent içi ulaşım sistemine stratejik bir katkı sağlamak amacıyla geliştirilmiş, yüksek hızlı bir toplu taşıma projesidir. Projenin temel hedefi; kent içi ve kentler arası ulaşımı hızlandırmak, farklı ulaşım modları arasında etkin entegrasyonu sağlamak ve İstanbul'un mevcut toplu taşıma altyapısını uluslararası standartlara taşımaktır. Bu doğrultuda Hızray, hem ulaşım sürelerini kısaltarak kent içi verimliliği artırmayı hem de karbon salımını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca projenin ekonomik büyümeye ivme kazandırması ve istihdam yaratması da hedefler arasında yer almaktadır.

Hızray hattı, İstanbul'un yüksek yolcu yoğunluğuna sahip bölgeleri arasında doğrudan ve hızlı bağlantılar kuracak şekilde planlanmıştır. Söğütöçesme, Pendik, Gebze, Bakırköy ve Halkalı gibi ulaşım açısından stratejik öneme sahip merkezler projede ana duraklar olarak belirlenmiştir. Bu güzergâh seçimi sayesinde, yalnızca şehir içi ulaşım değil, aynı zamanda İstanbul'un çevresel gelişim koridorlarıyla entegrasyonu sağlanarak bölgesel kalkınma da desteklenecektir.

Projede kullanılacak tren setleri, çevre dostu ve ileri teknolojilere sahip elektrikli yüksek hızlı trenler olacaktır. Araçlar saatte 200 km hıza ulaşabilecek kapasitede olup, her biri yaklaşık 1.200 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Bu sayede yüksek talep dönemlerinde dahi yoğunluk yönetimi etkin biçimde sağlanacaktır.

Hızray altyapısı, çift hatlı modern ray sistemleri, ileri düzey sinyalizasyon teknolojileri (muhtemelen ETCS veya CBTC) ve akıllı ulaşım sistemleri (ITS) ile donatılacaktır. Bu altyapı sayesinde hem operasyonel güvenlik artırılacak hem de yolculara konforlu, kesintisiz bir yolculuk deneyimi sunulacaktır. Ayrıca, biletleme ve seyahat planlama işlemleri dijital platformlar üzerinden entegre bir biçimde yürütülecektir. Elektrifikasyon sistemi, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik esas alınarak tasarlanmıştır.

Hızray Projesi, İstanbul'un mevcut toplu taşıma altyapısıyla tam entegre bir şekilde çalışacak biçimde planlanmıştır. Özellikle Marmaray hattıyla sağlanacak bağlantılar, Asya ve Avrupa yakaları arasında kesintisiz ve hızlı geçiş imkânı taniyacaktır. Ayrıca Hızray'ın metro hatlarıyla stratejik aktarma noktalarında, şehir içi otobüs ve minibus sistemleriyle durak seviyesinde, uluslararası havalimanlarıyla ise erişim hatları üzerinden entegre çalışması öngörülmektedir. Bu bütünsel entegrasyon yaklaşımı sayesinde Hızray, İstanbul'un çok modlu ulaşım ağının ana omurgalarından biri hâline gelecektir.

Projenin toplam yatırım maliyeti yaklaşık 10 milyar TL olarak öngörülmektedir. Yapılan fizibilite çalışmaları, projenin hayata geçirilmesiyle yılda 1 milyar TL'lik ekonomik tasarruf sağlanacağını ve 10.000 kişilik yeni istihdam yaratılacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca, kent içi ve çevresel erişilebilirliğin artması sayesinde İstanbul'un ekonomik aktivitelerine katılım kolaylaşacak, bu da şehir ekonomisine dolaylı yoldan katkı sağlayacaktır.

Hızray Projesi, İstanbul'un ulaşım sistemini yalnızca kapasite anlamında değil, hız, entegrasyon ve sürdürülebilirlik bakımından da ileriye taşımayı hedefleyen öncü bir projedir. Kentin doğu-batı aksında yüksek hızlı, yüksek kapasiteli bir çözüm sunarak ulaşım altyapısında paradigma değişimi yaratma potansiyeline sahiptir. Uygulama sürecinde altyapı, sinyalizasyon, entegrasyon ve finansman modellerinin başarıyla yönetilmesi, projenin hem kısa vadede hem de uzun vadede toplumsal faydasını maksimize edecektir.

**3.1.2. Ankara Raylı Sistem İşletmesi**

Ankara'nın hızla artan nüfusu ve büyüyen kentleşme dinamikleri, kent içi ulaşımında çağdaş, hızlı, güvenli ve sürdürülebilir toplu taşıma çözümlerine duyulan ihtiyacı giderek artırmıştır. Bu doğrultuda, başkentte raylı sistem yatırımlarına yönelik ilk somut adım 1989 yılında atılmış ve Ankara Metrosu için altyapı çalışmaları Temmuz 1991'de 15 Temmuz Kızılay Milli İrade Meydanı'nda başlatılmıştır. Meydanın trafiğe kapatılmasıyla başlayan inşaat faaliyetleri, Temmuz 1992'de yol trafiğinin yeniden açılmasının ardından yer altından devam ettirilmiştir.

Ankara'nın ilk hafif raylı sistemi olan ANKARAY, 8.527 metre uzunluğundaki güzergâhı ile AŞTİ ile Dikimevi arasında hizmet vermektedir. Sistem, İtalya üretimi araçlar ve Almanya menşeli hat ekipmanlarıyla donatılmış olup, 1996 yılı Ağustos ayında işletmeye alınmıştır. Günümüzde ANKARAY hattı, günlük ortalama 96.235 yolcuya hizmet sunmaktadır.

Öte yandan, Ankara Metrosu'nun ilk etabı olan Kızılay-Batıkent hattı (M1), 14.661 metre uzunluğunda olup, inşaatına Nisan 1993'te başlanmış ve 1997 yılı sonunda tamamlanarak hizmete sunulmuştur. Bu hattı izleyen genişleme projeleri ile Ankara Metro sistemi aşağıdaki etaplarla büyütülmüştür:

- **M2 Hattı (Kızılay-Çayyolu):** 16.590 metre uzunluğunda ve 11 istasyondan oluşan hat, 13 Mart 2014 tarihinde hizmete alınmıştır.
- **M3 Hattı (Batıkent-Sincan-Törekent):** 15.360 metre uzunluğunda, 11 istasyonlu güzergâh, 12 Şubat 2014 itibarıyla işletmeye açılmıştır.
- **M4 Hattı (AKM-Keçiören):** 9.220 metre uzunluğa ve 9 istasyona sahip bu hat, 5 Ocak 2017 tarihinde yolculu işletmeye başlamıştır.
- **M4 Uzatma Hattı (AKM-Kızılay):** 3,3 kilometrelik bu bağlantı kesimi, 3 yeni istasyon ile birlikte 12 Nisan 2023 tarihinde hizmete sunulmuştur.

Toplamda, M1-M4 hatlarından oluşan Ankara Metrosu'nun günlük yolcu taşıma kapasitesi yaklaşık 339.327 kişidir. Sistem, yüksek kapasiteli raylı taşıma imkânı sunarak Ankara'nın kent içi ulaşım sisteminin bel kemiğini oluşturmaktadır.

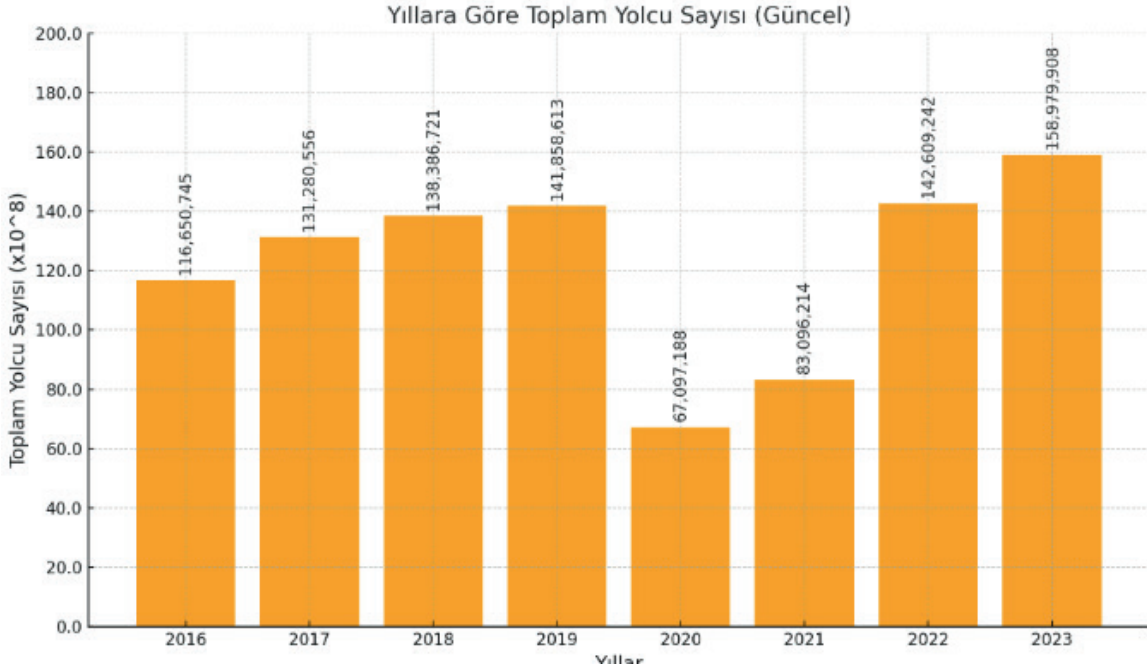
Kentsel mobilitayı çeşitlendirme stratejisi doğrultusunda, Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından teleferik sistemleri de toplu taşıma ağına entegre edilmiştir. Yenimahalle Metro İstasyonu ile Şentepe arasında planlanan teleferik hattının inşaatına 2013 yılında başlanmış, ilk üç istasyonu 17 Haziran 2014'te, hattın tamamı ise 20 Mayıs 2015'te hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 3.257 metre olan sistem, 4 duraktan oluşmakta ve 99 kabinle saatte tek yönde 2.400 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Sistem şuan çalışmamaktadır.

Ankara'nın kent içi toplu taşıma altyapısı, raylı sistemler (metro, hafif raylı sistem) ve lastik tekerlekli ulaşım modları ile entegre biçimde çalışacak şekilde kurgulanmıştır. Raylı sistemlerin genişletilmesi ve çeşitlendirilmesi sayesinde hem çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine yaklaşmış hem de trafik yoğunluğu azaltılarak toplu taşıma sistemlerinin verimliliği artırılmıştır. Düşük emisyonlu, yüksek kapasiteli ve zaman avantajı sunan bu sistemler, Ankara'nın ulaşım master planı çerçevesinde önemli bir dönüşümün parçasıdır.

| Hat Adı                         | Açılış Tarihi | Uzunluk (km) | İstasyon Sayısı |
|---------------------------------|---------------|--------------|-----------------|
| Batıkent-Kızılay (M1)           | 28.12.1997    | 14,661       | 12              |
| Çayyolu-Kızılay (M2)            | 13.03.2014    | 16,59        | 11              |
| Batıkent-Sincan (M3)            | 12.02.2014    | 15,63        | 11              |
| Keçiören-AKM (M4)               | 5.01.2017     | 9,223        | 9               |
| AŞTİ-Dikimevi (A1)              | 30.08.1996    | 8,527        | 11              |
| Yenimahalle-Şentepe (Teleferik) | 17.06.2014    | 3,257        | 4               |
| (Çalışmamaktadır)               | 17.06.2014    | 3,257        | 4               |
| Keçiören-AKM (M4)*              | 12.04.2023    | 3,3          | 3               |

Tablo 3.5 Ankara Raylı Sistem Hatları

\*Not: Keçiören-AKM hattının 2023'te eklenen kısmı ayrı olarak belirtilmiştir.



**Grafik 3.2** 2016-2023 yılları arasında Ankara raylı sistemler hatlarının yolcu sayıları

2016 yılında yaklaşık 116,7 milyon olan toplam yolcu sayısı, 2019 yılına kadar istikrarlı bir artış eğilimi göstermiş ve bu süreçte %21,5 oranında artarak 141,9 milyona ulaşmıştır. Ancak 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle toplu taşıma sistemlerinde ciddi bir gerileme yaşanmış, yolcu sayısı %52,7 oranında düşerek yaklaşık 67 milyon seviyesine gerilemiştir. Bu keskin düşüş, pandeminin kent içi raylı ulaşım üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır.

Pandemi sonrası toparlanma süreci 2021 yılı itibarıyla başlamış; yolcu sayısı bir önceki yıla göre %23,8 oranında artarak 83 milyon seviyesine yükselmiştir. 2022 yılında bu artış ivmesi hızlanmış, %71,8 oranındaki artışla toplam yolcu sayısı 142,6 milyona ulaşmış ve böylece pandemi öncesi seviyeler aşılmıştır. 2023 yılı ise %11,4'lük ek bir artışla 158,9 milyon yolcuyla bugüne kadarki en yüksek seviyeye ulaşılmıştır. 2016-2023 döneminde toplam yolcu sayısındaki artış %36,2 olarak hesaplanmaktadır. Bu göstergeler, kent içi raylı sistemlere yönelik talebin artış eğiliminde olduğunu ve mevcut altyapının pandemi sonrası dönemde etkin biçimde kullanıldığını ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, gelecek döneme ilişkin ulaşım politikalarının ve altyapı yatırımlarının planlanması açısından önemli bir referans niteliğindedir.

Ankara kent içi raylı ulaşım sistemi; metro (ağır raylı sistem) ve hafif raylı sistem hatlarından oluşan, toplamda yaklaşık 67 kilometrelik uzunluğa ve 57 istasyona sahip bir ağ yapısına sahiptir.

Bu ağın 8,5 km'si Ankaray hafif raylı hattı iken, geri kalanı metro hatlarından oluşmaktadır. Metro hatları teknik olarak incelendiğinde; M1 hattı (Kızılay-Batıkent) 14,6 km uzunluğunda, hemzemin, viyadük ve tünel bölümlerinden oluşan çift hatlı bir sistemdir. M2 hattı (Kızılay-Koru) 16,5 km, M3 hattı (Batıkent-Törekent) 15,3 km, M4 hattı (AKM-Kızılay-Keçiören) ise 12,5 km uzunluğundadır. Bu hatlarda üçlü veya altılı metro tren setleri kullanılmakta olup, sinyalizasyon sistemleri olarak CBTC tabanlı geleneksel Otomatik Tren Koruma ve Otomatik Tren İşletimi (ATC/ATO) sistemleri devrededir. Ankaray hattı ise 8,527 km uzunluğunda, 11 istasyona sahip olup Siemens-Adtranz üretimi üçlü hafif metro tren setleriyle işletilmektedir. Tüm hatlarda enerji beslemesi, üçüncü ray üzerinden 750V DC gerilim ile sağlanmaktadır. Hatların işletme ve bakım faaliyetleri, uç istasyonlardaki depo ve atölye tesislerinden (örneğin Macunköy, AŞTİ ve Kayaş) yürütülmektedir. Bunlara ek olarak TCDD tarafından işletilen Başkentray banliyö hattı (Sincan-Kayaş, 36 km, 24 istasyon), kentsel raylı ulaşım ağına önemli katkılar sağlamaktadır.



Ankara'daki kent içi raylı sistem işletmeciliği, büyük oranda Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. EGO, hem Ankaray hem de metro hatlarının işletmesinden sorumlu olup entegre bir yönetim modeli benimsemektedir. Başkentray hattı ise TCDD Taşımacılık AŞ tarafından işletilmekte olup, Ankarakart sistemine entegre edilerek kentsel ulaşım sisteminin bir parçası haline getirilmiştir. Başlangıçta Ankara metrosunun işletilmesi için farklı işletme modelleri gündeme gelmiş, 1980'li yıllarda Yap-İşlet-Devret (YİD) modeli üzerine çalışmalar yapılmışsa da, finansman temininde yaşanan güçlükler nedeniyle projeler kamu kaynakları ve dış kredilerle finanse edilerek belediye iştiraki olan BUGSAŞ/EGO tarafından işletilmeye başlanmıştır. Günümüzde EGO, metro ve Ankaray sistemlerini kamu hizmeti anlayışıyla işletmekte; bilet gelirleri, reklam ve benzeri yan gelirlerle maliyetlerin bir kısmını karşılamakta, kalan kısmı ise gerektiğinde belediye bütçesinden sübvansede edilmektedir. Ankara özelinde, raylı sistemlerde özel sektör ortaklığı veya imtiyaz devri uygulaması bulunmamakta; tüm hatlar kamu mülkiyetinde olup, denetimi kamu otoriteleri tarafından yürütülmektedir. Ancak temizlik, güvenlik ve bakım gibi alt hizmetlerde hizmet alımı yöntemiyle özel sektör katkısından yararlanılmaktadır.

Ankara'daki raylı sistem projeleri tarihsel olarak merkezi idare ve yerel yönetim iş birliğiyle finanse edilmiştir. İlk metro hattı olan M1'in inşaa sürecinde YİD modeli tartışılmış, ancak nihayetinde Hazine garantili dış finansmanla yoluna devam edilmiştir. 1990'larda Ankaray hattı Alman kredisıyla, M1 hattı ise Kanada kaynaklı dış kredi ile finanse edilmiştir. İnşaat maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle 2011 sonrası hayata geçirilen M2, M3 ve M4 hatlarının inşaatı Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından üstlenilmiş, merkezi bütçeden karşılanan bu yatırımlar tamamlandıktan sonra işletme Ankara Büyükşehir Belediyesi'ne devredilmiştir. Bu yöntem, belediyenin finansal yükünü azaltmış ve projelerin uygulanabilirliğini artırmıştır. Günümüzde devam eden projeler için de çeşitli finansman modelleri uygulanmaktadır. Örneğin, planlama aşamasındaki Esenboğa Havalimanı metrosu (M5) için dış kredi ve merkezi bütçe kaynaklarının birlikte kullanılması öngörüldürken; Dikimevi-Natoyolu hafif raylı sistemi uzatma projesi Avrupa Yatırım Bankası kredisıyla finanse edilmektedir.

Ankara'da Kamu-Özel İş Birliği (KÖİ) modeli henüz uygulanmamış olmakla birlikte, Bakanlık tarafından yapılan hatların borç yükü merkezi bütçeden karşılanmakta ve sonrasında işletme sorumluluğu yerel yönetimlere devredilmektedir. Özellikle eski projelere ait dış kredilerin geri ödemeleri, uzun yıllar boyunca devlet ve belediye bütçesinden karşılanmaktadır. Genel olarak, Ankara'daki raylı sistem yatırımlarının finansmanı belediye öz kaynakları, İller Bankası kredileri ve Hazine garantili dış kredilerin bir kombinasyonu ile sağlanmaktadır.

#### Planlanan ve Devam Eden Metro Projeleri:

Ankara'nın hızla artan nüfusu ve kent içi ulaşım talebi, mevcut raylı sistem altyapısının hem genişletilmesini hem de modernize edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından birçok yeni metro ve hafif raylı sistem projesi planlanmış, bazıları uygulama aşamasına gelmiş, bazıları ise ihale ve revizyon süreçlerine alınmıştır. Aşağıda 2023 sonrası dönemde gündemde olan raylı sistem projelerinin teknik durumlarını, aşamalarını ve hedeflerini özetlemektedir.

**Esenboğa Havalimanı Metroyu:** Esenboğa Havalimanı Metro Hattı, Ankara şehir merkezi ile Esenboğa Havalimanı arasında doğrudan, hızlı ve verimli bir toplu taşıma bağlantısı kurmayı hedefleyen önemli bir metro projesidir. Toplam uzunluğu 26,2 km olacak bu hat, 9 istasyondan oluşacak şekilde planlanmıştır. Hat; Keçiören'deki Kuyubaşı (M4 Hattı) istasyonundan başlayarak Pursaklar ilçesi üzerinden Esenboğa Havalimanı'na ve Yıldırım Beyazıt Üniversitesi'nin Çubuk'taki yerleşkesine ulaşacaktır.

Proje, 2023 yılında yatırım programına alınmış ve 2024 yılı yatırım programında da yer almıştır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yürütülen projede, ihale öncesi hazırlıklar tamamlanmış ancak daha sonra proje tasarımında bazı revizyonlar yapılmasına karar verilmiştir. Bakanlık, revize edilen projeyi 2024 yılı sonuna kadar tamamlayarak ihaleye çıkmayı planladığını açıklamıştır. İnşaat çalışmalarına 2025 yılında başlanması hedeflenmektedir.

Projenin finansmanı Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bütçesi ve potansiyel dış kredi kaynaklarıyla sağlanacaktır. Hattın tamamlanarak hizmete alınması için öngörülen açılış tarihi 2029-2030 yılları arasındadır.

Esenboğa Havalimanı Metro Hattı tamamlandığında, Ankara'nın şehir merkezi ile havalimanı arasında entegre metro bağlantısı sağlanmış olacak; bu da başkentte hava ulaşımıyla kent içi ulaşımı birbirine entegre eden önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

**YHT Gar - Etlik Hastaneler Bölgesi - Ovacık Metro Hattı:** Bu hat, YHT Gar'dan başlayarak Etlik Şehir Hastanesi, Yozgat Bulvarı ve Ovacık bölgesine uzanacak şekilde planlanmıştır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yürütülen etüt-proje çalışmaları devam etmektedir. Hattın tamamlanmasıyla, Ankara'daki büyük sağlık komplekslerine ulaşım önemli ölçüde kolaylaşacak ve kent içi toplu taşımada sosyal fayda artacaktır.

**ANKARAY AŞTİ – Söğütözü Uzatma Hattı:** ANKARAY hattının AŞTİ istasyonundan Söğütözü'ne kadar uzatılmasını öngören proje kapsamında 788 metrelik yeni hat inşa edilmiştir. İnşaat ve elektromekanik işlerin tamamlanmasına rağmen, sinyalizasyon sistemindeki teknik uyumsuzluk nedeniyle hattın mevcut işletmeye entegrasyonu sağlanamamıştır. Sinyal uyum süreci tamamlandığında, ANKARAY hattı şehir merkeziyle daha etkin bir şekilde entegre olacaktır.

**Dikimevi – Natoyolu ANKARAY Uzatma Hattı:** Dikimevi – Natoyolu ANKARAY Uzatma Hattı, Ankara'da mevcut ANKARAY (A1) hattının doğruya doğru, Dikimevi'nden Natoyolu'na kadar genişletilmesini hedefleyen bir hafif raylı sistem projesidir. Toplam 7,4 km uzunluğundaki hat, 8 istasyondan oluşacaktır.

Proje kapsamında kesin proje hizmetleri tamamlanmış ve ilgili belgeler Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na sunulmuştur. Yapım çalışmalarına 2022 yılında başlanmış olup, inşaat çalışmaları hâlihazırda devam etmekte ve %10'un üzerinde bir ilerleme kaydedilmiştir. Hattın 2028 yılında hizmete açılması planlanmaktadır.

Proje, EGO Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmekte ve Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) kredisıyla finanse edilmektedir. Başlangıçta 18 yeni araç alımı ve 33 aracın revizyonu öngörülmüşken, Cumhurbaşkanlığı kararıyla bu sayı 66'ya çıkarılmıştır. Hattın tamamlanmasıyla birlikte, Ankara'nın doğu bölgelerinde toplu taşıma erişimi önemli ölçüde artacak ve kentin ulaşım altyapısına büyük katkı sağlanacaktır.

**M2 Hattı Uzatmaları: Koru – Yaşamkent – Bağlıca:** M2 hattının Koru istasyonundan itibaren batıya doğru Yaşamkent ve Bağlıca bölgelerine uzatılması planlanmıştır. Yapılan etüt çalışmaları sonucunda hattın 1,91 kilometre uzatılarak toplam 9,36 kilometreye ulaşacağı tespit edilmiştir. Projedeki değişiklikler nedeniyle süre uzatımı verilmiş olup uygulama çalışmaları sürmektedir. Bu uzatma, batıdaki konut bölgelerinin metro sistemine entegre olmasını sağlayacaktır.

**M5 Kızılay – Dikmen Metro Hattı:** Kızılay – Dikmen Metro Hattı (M5), Ankara'nın güney aksında planlanan ve kentin önemli yerleşim bölgelerinden biri olan Dikmen'i şehir merkezine doğrudan bağlamayı amaçlayan yeni bir metro projesidir. Yaklaşık 18,5 km uzunluğa sahip olacak bu hat, 14 istasyondan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Güzergâh, Kızılay'dan başlayarak İlkbahar Mahallesi'ne kadar uzanacaktır.

Başlangıçta föniküler sistem olarak tasarlanan proje, yapılan fizibilite çalışmalarında teknik ve ekonomik açılardan yetersiz bulunmuş ve bu nedenle metro sistemine dönüştürülmesine karar verilmiştir. Yeni güzergâh ve istasyon planlamaları bu doğrultuda güncellenmiştir.

Projenin kesin proje çalışmaları 2024 yılında tamamlanmış ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı onayına sunulmuştur. Hâlihazırda planlama aşamasında olan hattın yapımına henüz başlanmamış olup, finansmanının büyük ölçüde dış kredi kaynakları ve merkezi bütçe desteğiyle sağlanması öngörülmektedir. Açılış tarihi henüz kesinleşmemiştir; ancak tahmini olarak 2030 yılı civarında hizmete alınması hedeflenmektedir.

Proje tamamlandığında, Dikmen bölgesinin şehir merkezine doğrudan ve hızlı ulaşımı mümkün hale gelecek, bu da toplu taşıma kullanımını artırarak özel araç kullanımını azaltacaktır. Böylece Ankara'nın ulaşım altyapısına hem kapasite hem de erişilebilirlik açısından önemli katkılar sağlanacaktır.

**M4 Şehitler – Forum Uzatma Hattı:** M4 hattının Şehitler istasyonundan Forum bölgesine doğru uzatılması öngörülmektedir. Etüt çalışmaları sonucunda hattın 2,69 kilometre daha uzatılarak toplamda 9,63 kilometreye çıkarılması planlanmıştır. Değişiklikler nedeniyle projeye süre uzatımı verilmiş olup, uygulama süreci devam etmektedir. Hat devreye alındığında, Keçiören bölgesindeki metro erişimi daha geniş bir kapsama ulaşacaktır.

Yukarıda sıralanan projeler, tamamlandığında Ankara'nın raylı sistem ağı hem uzunluk hem de hizmet kapsamı bakımından önemli bir dönüşüm geçirmiş olacaktır. Özellikle havalimanı, sağlık kampüsleri, yeni konut alanları ve iş merkezlerinin toplu taşıma ağına doğrudan bağlanması, kent içi ulaşımında hem erişilebilirliği hem de sürdürülebilirliği artıracaktır. Yolcu memnuniyeti yükselirken; trafik sıkışıklığı, çevresel etkiler ve zaman kaybı gibi sorunlar da asgari seviyeye indirilecektir. Bu projeler, Ankara'nın çağdaş, entegre ve insan odaklı bir toplu ulaşım vizyonuna ulaşması yönünde kritik adımlar niteliğindedir.

### 3.1.3. İzmir Raylı Sistem İşletmesi

İzmir'de raylı sistem işletmeciliği, kamu kurumları arasında oluşturulan iş birliği modelleriyle yürütülmektedir. Kentte metro ve tramvay hatlarının işletmesi, 2000 yılında İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulan İzmir Metro A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu şirket, sermayesinin tamamı belediyeye ait olan bir anonim şirket statüsünde faaliyet göstermektedir. Altyapının mülkiyeti belediyede kalmakta; işletme hakkı ise şirket aracılığıyla yürütülmektedir.

Banliyö hattının işletmesi ise İzmir Büyükşehir Belediyesi ile TCDD'nin eşit ortaklıkla kurduğu İZBAN A.Ş. tarafından üstlenilmiştir. Bu yapı, Türkiye'de yerel yönetim ile merkezi idarenin eşit ortaklıkla raylı sistem işletmesi yürüttüğü ilk örnek olarak öne çıkmaktadır. Tramvay hatları, İzmir Metro A.Ş. bünyesinde metro ile aynı kurumsal yapı içinde işletilmektedir.

Kent genelinde tüm raylı sistem modlarının planlaması ve entegrasyonu, İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı tarafından koordine edilmektedir. İşletme gelirleri esas itibarıyla belediyeye ait olmakla birlikte, İZBAN hattında gelir paylaşımı modeli uygulanmaktadır. Özel sektörün raylı sistem işletmeciliğindeki rolü sınırlı olup, yalnızca temizlik, güvenlik gibi bazı yardımcı hizmetlerde taşeron olarak yer almaktadır. Hat işletimi ve araç bakım sorumluluğu ise tamamen kamu ortaklı şirketlerin kontrolündedir.

İzmir'in raylı sistem altyapısı; metro, banliyö (İZBAN) ve tramvay hatlarından oluşmaktadır:

İzmir metrosu, doğu-batı yönünde uzanan 20 kilometre uzunluğunda ve 17 istasyonlu bir hat olarak hizmet vermektedir. Evka-3 – Üçyol arasındaki 11 istasyon yeraltında, Hatay – Fahrettin Altay arasındaki 6 istasyon ise yer üstü viyadükler üzerindedir. Hat, 750V DC üçüncü ray ile elektrikleştirilmiştir. Araç filosu 182 adet LRV (hafif raylı araç) setinden oluşmakta, bu setler genellikle 4'lü dizi halinde işletilmektedir.

İZBAN hattı, kuzeyde Aliağa'dan güneyde Selçuk'a kadar uzanan toplam 136 km uzunluğunda, 41 istasyonlu çift hatlı elektrikli bir sistemdir. Altyapı TCDD'ye ait olup, 25 kV AC yüksek gerilimle elektrikleştirilmiştir. ERTMS (Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi) sinyalizasyonu kullanılırken, trenler 140 km/saat hıza ulaşabilmektedir. Hattın şehir içi bölümleri yüksek frekansta, kırsal kesimlere uzanan bölümleri ise banliyö frekansında çalışmaktadır.

İzmir'de tramvay sistemi iki ana hattan oluşmaktadır:

- **Konak Tramvayı:** Fahrettin Altay – Halkapınar arasında 12,8 km uzunluğunda, 19 duraklı bir güzergahtır.
- **Karşıyaka Tramvayı:** Alaybey – Ataşehir arasında 8,8 km uzunluğunda, 14 duraklıdır.

Tramvay sistemlerinde enerji beslemesi 750V DC katener hat üzerinden sağlanmakta, 32 metre uzunluğundaki alçak tabanlı modern araçlar kullanılmaktadır.

İzmir'de raylı sistem modları arasında fiziksel ve tarifeli entegrasyon oldukça gelişmiştir. Metro ile İZBAN, Halkapınar ve Hilal istasyonlarında; tramvay hatları ile metro ve İZBAN sistemleri Halkapınar, Konak, Alsancak gibi noktalarda entegre çalışmaktadır. Vapurlarla da aktarma olanakları sağlanmaktadır. Tüm ulaşım modlarında İzmir Kart kullanılmakta; 90 dakika içinde yapılan aktarmalar ücretsizdir.

Sistemlerin operasyonel kontrolü İzmir Ulaşım Merkezi (İZUM) üzerinden yürütülmektedir. Bu merkezde sinyalizasyon, araç takip, yolcu bilgi sistemleri ve güvenlik kameraları merkezi olarak izlenmekte ve yönetilmektedir. Bakım ve depo tesisleri; İZBAN için Çiğli, metro için Halkapınar, tramvaylar içinse ilgili hatlara bağlı atölyelerde konuşlanmıştır.

İzmir raylı sistem yatırımları, ağırlıklı olarak kamu finansmanı ve uluslararası kredi modelleriyle gerçekleştirilmektedir. 1990'lı yıllarda inşa edilen İzmir metrosu, Japonya'dan sağlanan Hazine garantili dış kredi ile finanse edilmiştir. İZBAN projesinde altyapı TCDD tarafından üstlenilirken; tren alımı ve istasyon yapımı İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Son dönemde hayata geçirilen büyük ölçekli projelerde ise uluslararası finans kuruluşlarından sağlanan krediler öne çıkmaktadır. Özellikle Buca Metrosu (Üçyol – Çamlıkule, 13,5 km, 11 istasyon) için Asya Altyapı Yatırım Bankası (AIIB), Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) ve Fransız Kalkınma Ajansı (AFD) gibi kurumlardan yaklaşık 1 milyar Euro'luk dış finansman temin edilmiştir. Bu proje, bir Türk belediyesi tarafından tek kalemde alınan en büyük dış kredi destekli raylı sistem yatırımı olarak kayda geçmiştir.

Tramvay hatlarının yapımı ise büyük ölçüde belediye öz kaynakları ve İller Bankası kredileri ile gerçekleştirilmiştir. İzmir'de bugüne kadar raylı sistem finansmanında Kamu-Özel İşbirliği (KÖİ) modeli kullanılmamış; tüm projeler kamu kaynaklarıyla finanse edilmiştir.

İşletme döneminde metro ve tramvay hatlarının işletme giderleri büyük oranda bilet gelirleriyle karşılanmakta, ancak sosyal indirim politikaları nedeniyle yıllık bazda yaklaşık %15-20 oranında belediye sübvansiyonu yapılmaktadır. İzmir Büyükşehir Belediyesi, çevreci fonlar ve AB destekli hibeler başta olmak üzere alternatif kaynakları da izleyerek, finansman karmaşasını çeşitlendirmeyi başarmıştır.

**İzmir Metro Sistemi:**

İzmir'de kent içi raylı sistemlerin gelişimi, tarihsel olarak 19. yüzyıla dayanmaktadır. Osmanlı döneminde atlı tramvaylarla başlayan bu süreç, 20. yüzyıl başlarında elektrikli tramvaylara geçişle devam etmiş; ancak 1950'li yıllardan itibaren tüm tramvay hatları kaldırılarak raylı sistem uygulamalarına son verilmiştir. Modern dönemde yeniden raylı sistem ulaşımına dönüş, 1990'lı yıllarda İzmir Metro Projesi'nin başlatılmasıyla ivme kazanmıştır.

İzmir Metro hattının temeli 1995 yılında atılmış; ilk faz olan Üçyol – Bornova hattı (11,6 km, 10 istasyon), 25 Mayıs 2000 tarihinde hizmete alınmıştır. Başlangıçta sınırlı bir güzergâha sahip olan metro hattı, ilerleyen yıllarda yapılan yeni bağlantılar ve uzatmalarla kent genelinde kapsamlı bir ağına dönüşmüştür.

2024 yılı itibarıyla İzmir metrosu, toplamda 27,2 km uzunluğa ve 24 istasyona ulaşmıştır. Hattın batıdaki son durağı Fahrettin Altay, doğudaki son durağı ise Evka-3 istasyonudur. Bu temel hattın üzerine, batı yönünde yapılan Narlıdere uzatması ile metro sistemine 7 yeni istasyon ve 7,2 km yeni hat eklenmiş; böylece Narlıdere ilçesi raylı sistem ağına entegre edilmiştir.

İzmir Metro trenleri, çevresel sürdürülebilirlik esas alınarak tasarlanmış %100 elektrikli sistemler ile çalışmaktadır. Bir tren seti, yaklaşık 1000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Hat üzerinde sefer aralıkları yoğun saatlerde 3 dakika, diğer saatlerde ise 6 dakika olacak şekilde düzenlenmiştir.

Elektrifikasyon sistemi 750V DC üçüncü ray teknolojisine dayanmaktadır. Araç filosu, LRV (Light Rail Vehicle) tipi modern ve konforlu dizilerden oluşmakta, işletme konforu ve enerji verimliliği bakımından uluslararası standartlara uygunluk göstermektedir.

İzmir Metrosu, artan nüfus ve raylı ulaşım talebi doğrultusunda yıllar içinde ciddi bir kullanıcı kitlesine ulaşmıştır. 2022 yılı verilerine göre, metro hattı toplam 94 milyon 321 bin yolcu taşımıştır. Bu rakam, bir önceki yıla kıyasla %60 oranında bir artış göstermektedir. Bu artışta, pandemi sonrası toplu taşıma kullanımının toparlanması ve metro hattının hizmet kalitesinin yükseltilmesi etkili olmuştur.

İzmir Metrosu, kentin doğu-batı aksında yüksek kapasiteli ve çevreci bir toplu taşıma hizmeti sunarak hem günlük işe gidiş-geliş trafiğini hem de öğrenci ve turistik hareketliliği desteklemektedir. Narlıdere gibi yeni bölgelerin ağına dahil edilmesiyle birlikte, ulaşım ağının kapsayıcılığı artırılmış ve kentsel hareketlilikte önemli iyileşmeler sağlanmıştır. İzmir Metrosu, sadece bir ulaşım aracı değil; aynı zamanda sürdürülebilir kentsel gelişimin temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir.

**İzmir Tramvay Sistemi:**

İzmir Tramvay Sistemi, kent içi toplu taşıma kapasitesini artırmak ve mevcut raylı ulaşım ağını tamamlamak amacıyla 2017 yılında faaliyete geçirilmiştir. İlk olarak Konak ve Karşıyaka gibi yoğun nüfuslu bölgelerde hizmete alınan sistem, kısa sürede kent içi ulaşımında önemli bir yer edinmiş ve toplu taşıma modları arasında hızlı ve çevreci bir alternatif oluşturmuştur. Tramvay sistemi, zamanla kuzey aksında yer alan Çiğli gibi gelişmekte olan bölgelere doğru genişletilmiş ve böylece kentin ulaşım ağı daha dengeli ve erişilebilir hale getirilmiştir.

Günümüzde İzmir Tramvay Sistemi üç ana hat üzerinden hizmet vermektedir. Konak Tramvayı, 12,8 kilometre uzunluğunda ve 19 duraktan oluşmakta; Fahrettin Altay ile Halkapınar arasında körfezin güney yakasını kapsayan önemli bir güzergâhta çalışmaktadır. Karşıyaka Tramvayı, 8,8 kilometre uzunluğunda ve 14 duraklı bir hattır ve Alaybey ile Ataşehir arasında kuzey aksında hizmet vermektedir. Bu iki hatta ek olarak, 2023 yılında hizmete giren Çiğli Tramvayı ise Karşıyaka hattının devamı niteliğinde olup 12 kilometre uzunluğunda ve 14 duraktan oluşmaktadır. Çiğli Eğitim ve Araştırma Hastanesi gibi sağlık merkezlerine erişim sağlaması bakımından sosyal fayda yönüyle de dikkat çekicidir.

İzmir Tramvay sisteminde kullanılan araçlar, modern, çevre dostu ve erişilebilirlik açısından yüksek standartlara sahiptir. Her bir tramvay aracı yaklaşık 285 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir ve 32 metre uzunluğundaki bu araçlar tamamen alçak tabanlı olarak tasarlanmıştır. Sistem, %100 elektrikli çalışmakta olup enerji beslemesi 750V DC katener hat üzerinden sağlanmaktadır. İzmir Büyükşehir Belediyesi, tramvaylarda yenilenebilir enerji kullanımını artırmaya yönelik çeşitli projeleri hayata geçirmeyi planlamakta ve karbon ayak izini azaltmayı hedeflemektedir.

İşletme açısından bakıldığında, tramvay seferleri kent içi yoğunluğu göz önünde bulundurarak saatlik frekanslarla düzenlenmektedir. Yoğun saatlerde 5 dakikada bir, diğer saat dilimlerinde ise 10 dakikada bir yapılan seferler, özellikle sabah ve akşam pik saatlerinde bireysel araç kullanımını azaltmakta ve kent trafiğini rahatlatmaktadır. Yüksek frekanslı sefer yapısı, tramvayı hem zaman hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir ulaşım modu haline getirmektedir.

İzmir'in genel raylı sistem altyapısı, metro, banliyö (İZBAN) ve tramvay hatlarından oluşan üç ana moddan meydana gelmektedir. Bu sistemler, hem fiziksel hem de tarifeli olarak entegre edilmiş ve kent genelinde tek bir ulaşım ağı gibi çalışacak şekilde yapılandırılmıştır. Metro hattı, doğu-batı yönünde 27,2 kilometre uzunluğunda ve 24 istasyondan oluşurken; İZBAN hattı, kuzey-güney yönünde 136 kilometre uzunlukta, 41 istasyona sahip çift hatlı elektrikli demiryolu sistemidir. Her iki sistem de yüksek kapasiteli ulaşım sağlamaktadır. Tramvay sistemi, metro ve İZBAN hatlarıyla stratejik noktalarda entegre çalışmaktadır. Özellikle Halkapınar, Hilal ve Konak gibi aktarma merkezlerinde modlar arası geçiş imkânı sunulmakta; vapur, otobüs ve deniz ulaşımıyla da entegre bir yapı kurulmaktadır. Kent genelinde biletleme sistemi olarak kullanılan İzmirim Kart, tüm raylı sistemlerde geçerli olup 90 dakika içerisinde yapılan aktarmalar ücretsizdir. Bu bütünlüklü yapı sayesinde, İzmir'de raylı sistem toplu taşıma altyapısı hem kullanıcı dostu hem de erişilebilir bir model olarak öne çıkmaktadır.

#### Devam Eden ve Yeni Projeler:

**Üçyol – Buca – Çamlıkule Metro Hattı (M2):** İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin en büyük raylı sistem yatırımı olan Buca Metrosu, 13,5 km uzunluğunda ve 11 istasyondan oluşmaktadır. Hat, Üçyol'dan başlayarak Bozyaka, Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Buca ilçesi merkezi ve Çamlıkule'ye kadar uzanacaktır. 2022 yılında yapımına başlanan hat, İzmir'in ilk sürücüsüz metro hattı olacaktır. 2024 itibarıyla fiziki ilerleme yaklaşık %30 seviyesine ulaşmış olup açılışın 2026 yılında gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Projenin finansmanı Avrupa ve İngiltere kaynaklı 490 milyon € tutarındaki dış kredilerle sağlanmaktadır.

**Halkapınar – Otogar Metro Hattı (M5):** İzmir'in uzun süredir beklenen projelerinden biri olan M5 hattı, Halkapınar Aktarma Merkezi ile Otogar arasında inşa edilecektir. Toplam uzunluğu 4,5 km olan hat, 5 istasyon içerecektir. Uygulama projeleri tamamlanmış, AYGM onayına sunulmuş ve yapım ihalesi için hazırlık aşamasına geçilmiştir. 2023 fiyatlarıyla yaklaşık 14,9 milyar TL keşif bedeline sahip hattın inşaatının onay sonrası başlaması ve yaklaşık 4 yılda tamamlanması beklenmektedir. Hattın hizmete girmesiyle İzmir Otogarı ilk kez raylı sistemle şehir merkezine bağlanacaktır.

**Çiğli Tramvayı (T3):** Karşıyaka Tramvayı'nın devamı niteliğinde olan 12 km uzunluğundaki Çiğli Tramvayı, 14 istasyondan oluşmakta olup Ocak 2024'te hizmete açılmıştır. Hat, Çiğli Devlet Hastanesi, Ata Sanayi ve Katip Çelebi Üniversitesi gibi yoğun kullanım noktalarına erişim sağlamaktadır. Bu hat ile İzmir'deki toplam tramvay ağı uzunluğu 33,6 km'ye ulaşmıştır.

#### Projelendirme Aşamasındaki Raylı Sistem Hatları

- **Örnekköy – Yeni Girne – Ana Hat Arası Tramvay Bağlantısı,** kuzeydeki yoğun konut alanları olan Örnekköy ve Yeni Girne mahallelerini mevcut ana tramvay hattına entegre edecek şekilde planlanmaktadır. Bu hattın proje danışmanlık hizmeti alımı süreci hâlihazırda devam etmektedir. Projenin tamamlanmasıyla, bu bölgelerdeki toplu taşıma erişimi ve aktarma olanakları artacaktır.
- **İzmir Hafif Raylı Sistem 6. Aşama:** Karabağlar – Gaziemir Hattı, kentin güney aksında yer alan Karabağlar ve Gaziemir ilçeleri arasında ulaşımı güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu proje de uygulamaya esas proje danışmanlık sürecindedir. Söz konusu hattın, hem Adnan Menderes Havalimanı hem de sanayi alanlarıyla bağlantı kurması öngörülmektedir.
- **Otogar – Kemalpaşa Hafif Raylı Sistem (HRS) Hattı:** Otogar'dan başlayarak Kemalpaşa ilçesine uzanacak bu hat, özellikle sanayi bölgeleri ile kent merkezi arasında bağlantı kurarak lojistik ve iş gücü erişimini artıracaktır. Uygulamaya esas proje danışmanlığı süreci devam etmektedir.
- İzmir'de mevcut tramvay hatlarının genişletilmesine yönelik projeler de gündemdedir:
- Karşıyaka Tramvayı'nın Örnekköy'e uzatılması (~5 km): Proje aşamasında olup ihale projeleri hazırlanmaktadır.
- **Konak Tramvayı'nın Tınaztepe Kampüsü ve Yeni Otogar yönlerine uzatılması:** Orta vadeli planlar arasında yer almakta ve 2024–2025 döneminde ihale edilerek yapımına başlanması öngörülmektedir. 2024–2025 döneminde yapılan ihalede 22 araçlık tramvay ihalesini Bozankaya kazanmış olup üretilecek yerli araçların Çiğli, Konak ve Karşıyaka hatlarında çalışacağı belirtilmiştir.

İzmir Ulaşım Ana Planı doğrultusunda, 2030 yılına kadar hayata geçirilmesi hedeflenen yeni metro hatları şunlardır:

- **M3:** Karabağlar – Gaziemir – Menderes Metro Hattı (~22,3 km)
- **M4:** Bornova – Bayraklı – Menemen Metro Hattı (~35,8 km)
- **M6:** Halkapınar – Otogar – Kemalpaşa Metro Hattı (~27 km)



Bu hatlar için etüt ve fizibilite çalışmaları yapılmakta olup, yapım aşamasına henüz geçilmemiştir. İzmir Büyükşehir Belediyesi önceliği Buca Metrosu ve Otogar hattının tamamlanmasına vermiştir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2025 yılı yatırım bütçesinde raylı sistem projeleri için 12 milyar 350 milyon TL kaynak ayırmıştır. Bu bütçe; metro, hafif raylı sistem ve tramvay hatlarının genişletilmesi, proje danışmanlık hizmetleri, tünel ve altyapı inşaatları ile mevcut sistemlerin modernizasyonu gibi kalemlerde kullanılacaktır. Kaynakların önemli bir kısmının Buca Metrosu'nun devam eden inşaatına yönlendirileceği öngörülmektedir. Ayrıca yeni projelere yönelik etüt ve fizibilite çalışmaları için de bu bütçeden pay ayrılmıştır.

Böylece İzmir'in raylı sistem yatırımlarında hem altyapı genişletmesi hem de kurumsal proje planlaması birlikte yürütülmektedir.

### 3.1.4. Bursa Raylı Sistem İşletmesi

Bursa'daki kent içi raylı sistemlerin gelişimi, 1990'lı yılların sonunda planlanmış ve 2000'li yılların başından itibaren uygulamaya geçirilmiştir. İlk etapta BursaRay adı verilen hafif raylı sistemin inşaatı 1998 yılında başlamış ve 24 Nisan 2002 tarihinde Organize Sanayi – Şehreküstü hattının hizmete açılmasıyla faaliyete geçmiştir. Bu hattın 2008 yılında Şehreküstü – Arabayatağı uzatmasıyla doğuya doğru genişletilmesiyle birinci aşama tamamlanmıştır. 2012–2014 yılları arasında gerçekleştirilen batıda Üniversite, doğuda ise Kestel yönüne yapılan uzatmalar ile sistemin toplam uzunluğu yaklaşık 39 kilometreye ulaşmıştır. Bu gelişmelerle birlikte Bursa, İstanbul ve Ankara'nın ardından Türkiye'de metro standardına yakın raylı sistem altyapısına sahip üçüncü kent olmuştur.

Tramvay sistemleri açısından Bursa, Cumhuriyet'in ilk yıllarında kısa süreli bir tramvay işletmesine sahip olmuş ancak bu hat daha sonra kaldırılmıştır. Modern tramvay işletmeciliği ise 2013 yılında Cumhuriyet Caddesi'nde nostaljik tramvay (T3) hattının açılmasıyla yeniden başlamış, aynı yıl T1 hattı (Heykel – Garaj, 6,5 km'lik şehir merkezi ring hattı) hizmete sunulmuştur. 2022 yılı itibarıyla ise kent meydanı ile otobüs terminali arasında uzanan 8,2 km'lik T2 tramvay hattı işletmeye alınmıştır. Raylı sistemlerin genişlemesinde önemli bir dönüm noktası ise 2020'li yıllarda merkezi idarenin devreye girmesidir. Bu kapsamda 2021 yılında temeli atılan Emek – Şehir Hastanesi metro uzatma hattı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı sorumluluğunda yürütülmektedir.

Bursa'nın kent içi raylı ulaşım altyapısı temelde iki ana bileşene ayrılmaktadır: BursaRay hafif metro sistemi ve tramvay hatları. BursaRay, yaklaşık 39 km uzunluğunda, 38 istasyona sahip, çift hatlı ve büyük oranda yer üstünden geçen bir sistemdir. Elektrifikasyon 1500 V DC üçüncü ray sistemi ile sağlanmakta, sinyalizasyon ise sabit blok prensibine dayalı Otomatik Tren Kontrol (ATC) sistemi ile yürütülmektedir. Araç filosu Siemens, Bombardier ve yerli üretici Durmazlar tarafından üretilmiş tren setlerinden oluşmakta olup, 3'lü ve 4'lü dizi halinde işletilmektedir; toplam araç sayısı yaklaşık 78'dir. Emek – Şehir Hastanesi uzatma projesinin tamamlanmasıyla sisteme 6 yeni istasyonun daha dahil edilmesi öngörülmektedir.

Tramvay sistemleri T1, T2 ve T3 olmak üzere üç hat üzerinden hizmet vermektedir. T1 hattı, şehir merkezinde nostaljik karakterli tek yönlü bir ring şeklindedir. T2 hattı ise daha modern tramvay araçları ile işletilen, çift hatlı ve 11 duraktan oluşan bir güzergahtır. Elektrifikasyon sistemi 750 V DC katener tipi olup, yerli üretim alçak tabanlı 30 metrelik Durmazlar tramvayları kullanılmaktadır. T3 hattı, Cumhuriyet Caddesi üzerinde turistik amaçla hizmet vermekte olan nostaljik bir hat olup, 1,5 km uzunluğunda ve 4 duraktan oluşmaktadır.

Bursa'daki tüm raylı sistemlerde ücret toplama işlemleri entegre bir elektronik biletleme sistemi olan BursaKart üzerinden yapılmaktadır. BursaRay istasyonları kapalı sistem olup turnikelerle erişim sağlanırken, tramvay durakları açık sistemde çalışmaktadır. Güzergâh entegrasyonu kapsamında BursaRay'ın şehir merkezindeki Şehreküstü ve Osmangazi istasyonları, tramvay hatlarıyla yürüme mesafesinde bağlantılıdır. Sistem altyapısının bakım ve onarımı için Arabayatağı'nda BursaRay'a ait geniş bir bakım atölyesi ve depo alanı bulunmakta; tramvay sistemine ise Acemler bölgesinde daha sınırlı kapasiteli bir bakım sahası hizmet vermektedir. Sinyalizasyon altyapısı, pik saatlerde 2 dakikaya kadar düşebilen sefer aralıklarını destekleyecek kapasiteye sahiptir. Mevcut durumda BursaRay'da sefer sıklığı yoğun saatlerde 4 dakikadır; tramvaylar ise T2 hattında ortalama 10 dakikalık aralıklarla çalışmaktadır.

Bursa'da kent içi raylı sistemlerin işletmesi, Bursa Büyükşehir Belediyesi'ne ait olan BURULAŞ (Bursa Ulaşım Toplu Taşıma İşletmeciliği Turizm Sanayi ve Ticaret AŞ) tarafından yürütülmektedir. BURULAŞ, 2002 yılından itibaren BursaRay metro sistemini işletmekte; 2013 yılından bu yana ise tramvay hatlarının da işletmeciliğini üstlenmektedir. Aynı zamanda belediye otobüsleri ve deniz ulaşımında faaliyet gösteren BUDO gibi farklı ulaşım modlarının da işletmesini gerçekleştirmektedir. Bu bütünlük yapı sayesinde toplu taşıma modları arasında yüksek düzeyde koordinasyon ve entegrasyon sağlanmakta, bilet gelirleri ve işletme planlamaları tek bir çatı altında yürütülmektedir. BursaRay'da personel istihdamı, sefer planlaması, bakım-onarım

faaliyetleri ve güvenlik-temizlik hizmetleri tamamen BURULAŞ organizasyonu ya da onun yetkilendirdiği yükleniciler aracılığıyla yürütülmektedir. 2020'li yıllarda yapımı süren Emek – Şehir Hastanesi uzatma hattının tamamlanmasının ardından, işletmesinin TCDD veya Bakanlık tarafından mı yoksa BURULAŞ tarafından mı yapılacağı belirsizliğini korumakla birlikte, mevcut uygulamalara paralel olarak BURULAŞ'a devredilmesi olasılığı daha yüksek görünmektedir.

Bursa'daki kent içi raylı sistem yatırımları, hem yerel yönetim kaynakları hem de merkezi hükümet destekleriyle finanse edilmiştir. BursaRay projesinin ilk etabı (Organize Sanayi – Şehreküstü) için 1990'lı yıllarda Avrupa Yatırım Bankası ve çeşitli Avrupa kredi kuruluşlarından uzun vadeli dış finansman temin edilmiştir. Bu uluslararası kredi destekleri sayesinde sistemin ilk fazı 2002 yılında hizmete açılabilmiştir. Takip eden uzatmalar olan Üniversite ve Kestel hatları ise Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin özkaynakları ile İller Bankası kredileri yoluyla finanse edilmiştir. Daha düşük maliyetli olan T1 ve T2 tramvay hatlarının yatırımı ise belediye bütçesi ve kent içi ulaşım fonları aracılığıyla karşılanmıştır. Bu kapsamda, 2013 yılında T1 tramvay hattı için yerli tramvay araçları Durmazlar firması tarafından üretilmiş ve üretim sürecinde bazı ulusal sanayi destek programlarından yararlanılmıştır.

Ancak 2020'li yıllara gelindiğinde, Emek – Şehir Hastanesi metro uzatma projesi gibi büyük çaplı altyapı yatırımlarının belediye kaynaklarıyla finanse edilmesinin mümkün olmaması nedeniyle merkezi idare devreye girmiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından üstlenilen bu 6 kilometrelik hattın inşaat maliyeti, 2021 fiyatlarıyla yaklaşık 1,6 milyar TL olarak hesaplanmakta ve merkezi bütçeden karşılanmaktadır.

Bu gelişme, Bursa'da merkezi hükümetin ilk kez doğrudan bir kentsel raylı sistem yatırımını finanse etmesi açısından önem arz etmektedir. İlerleyen dönemde BursaRay sistemine eklenecek olası yeni hatlarda (örneğin Yıldırım metro hattı gibi) benzer bir finansman modelinin uygulanması muhtemel görünmektedir.

Kamu-Özel İş Birliği (KÖİ) modeli, Bursa'daki raylı sistem yatırımlarında bugüne kadar uygulanmamıştır. Finansman modeli, ağırlıklı olarak belediye borçlanması ve merkezi kamu kaynakları üzerine kurulmuştur. İşletme aşamasında ise BURULAŞ, 2024 yılı itibarıyla toplam toplu taşıma gelirlerinin yaklaşık %30'unu raylı sistemlerden elde etmektedir. Bilet gelirleri, özellikle tam bilet kategorisinde yapılan fiyat güncellemeleri ile birlikte, işletme giderlerini karşılama oranını artırmış ve sistemin mali sürdürülebilirliğine katkı sağlamıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, Bursa'daki raylı sistem finansman modeli; yatırım döneminde dış kredi ve kamu finansmanı, işletme döneminde ise kısmi sübvansiyon ve kullanıcı ücretleri ile desteklenen bir yapıya sahiptir.

Bursa'da raylı sistemler, özellikle BursaRay hafif metro hattı, kent içi toplu taşımada en yoğun kullanılan ulaşım modudur. Pandemi öncesi dönemde, 2019 yılı itibarıyla günlük ortalama yolcu sayısı 300 bin seviyelerinde gerçekleşmiş; 14 Haziran 2019 tarihinde 300.402 yolcu ile sistemin tarihî yolcu taşıma rekoru kırılmıştır. COVID-19 pandemisinin etkisiyle 2020 yılında bu sayı 120-150 bin bandına kadar gerilese de, 2022 yılından itibaren yolcu sayılarında yeniden artış gözlemlenmiştir. BURULAŞ tarafından 2024 yılında yayımlanan verilere göre, Bursa'daki raylı sistemlerin toplam yıllık yolcu sayısı 104,5 milyona ulaşmıştır. Bu rakam, günlük ortalama 286 bin yolcunun raylı sistemi kullandığını göstermektedir.

Toplam raylı sistem yolculuklarının yaklaşık %95'i BursaRay metro hattında gerçekleşmektedir (yıllık ~100 milyon, günlük ~270 bin yolcu). Buna karşın tramvay hatları daha sınırlı bir yolcu kapasitesine sahiptir. 2024 yılında T1 ve T3 nostaljik hatlarında günlük ortalama 5-6 bin, T2 hattında ise yaklaşık 10 bin yolcu taşınmıştır. Üç tramvay hattının toplam yıllık yolcu sayısı 4 milyon civarında gerçekleşmiş ve bu değer raylı sistemlerin toplam yolcu taşımalarının yaklaşık %4'ünü oluşturmuştur. 2022 yılında 70 milyon olan toplam yıllık raylı yolcu sayısının 2024'te 100 milyonu aşarak rekor seviyeye ulaşması, pandemi sonrası toplu taşımaya olan talebin güçlü bir şekilde geri döndüğünü göstermektedir.

Bursa'da kent içi raylı sistemlerin tercih edilmesinde, ücretsiz aktarma imkanları, kademeli ücretlendirme sistemi ve öğrencilere yönelik abonman teşvikleri önemli rol oynamaktadır. Bu unsurlar, özel araç kullanımından toplu taşımaya yönelişi teşvik eden başlıca politikalar arasında yer almaktadır. BURULAŞ'ın 2024 yılı verilerine göre, kent genelinde taşınan toplam yolcu sayısı 334 milyon olarak gerçekleşmiş; bu yolculukların yaklaşık %31'i raylı sistemler üzerinden yapılmıştır.

BursaRay hattı, özellikle sabah ve akşam pik saatlerde yoğun talep görmekte ve yüksek doluluk oranlarına ulaşmaktadır. Mevcut sinyalizasyon altyapısı sayesinde sefer sıklıkları artırılarak bu talep karşılanabilmektedir.

2019 yılında pik saatte taşınan yolcu sayısı saatte 35 bin seviyesinde iken, pandemi sonrası dönemde (2023) bu değeri 25-30 bin yolcu bandında gerçekleşmiştir. Yolcu profiline bakıldığında, işçi ve öğrenci grupları sistemin ana kullanıcı kitlesini oluşturmaktadır. 2024 yılında öğrenci abonman kartı kullanımında kayda değeri bir artış yaşanmış, yaklaşık 97 milyon indirimli binişin büyük çoğunluğu bu grup tarafından gerçekleştirilmiştir.

Gece seferleri henüz düzenli bir uygulama halini almamış olsa da, 2023 yılında hafta sonları başlatılan pilot gece seferleri kapsamında toplam 35.965 yolcu taşınmıştır. Bu deneyim, sistemin farklı zaman dilimlerinde de kullanıcı talebini karşılamaya yönelik esneklik taşıdığını göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, Bursa'daki raylı sistemler, yolcu talebini büyük ölçüde karşılamakta ve orta ölçekli şehirler için etkili bir toplu ulaşım modeli sunmaktadır.

Bursa'nın mevcut raylı sistem ağı, batıdaki Emek/Üniversite bölgesinden başlayarak doğuda Kestel'e kadar uzanan BursaRay hafif metro hattı ile şehir merkezini çevreleyen T1, T2 ve T3 tramvay hatlarından oluşmaktadır. Her ne kadar sistem henüz tüm ilçelere erişim sağlamasa da, ana nüfus ve ulaşım akslarını kapsayan bir yapıdadır.

Kapasite kullanım açısından, BursaRay hattı özellikle pik saatlerde yüksek doluluk oranlarına ulaşmaktadır. Zaman zaman araç içi sıkışıklık yaşanmakta, bu durum özellikle pandemi öncesi dönemde daha belirgin olmuştur. BURULAŞ, artan yolcu talebine yanıt verebilmek amacıyla filosundaki 78 aracı maksimum kapasitede çalıştırmakta ve 3 dakikaya varan sefer sıklıkları ile hizmet sunmaktadır. Bu sayede sistem, mevcut sınırlarına yaklaşan durumlarda dahi yolcu akışını yönetebilmektedir.

Tramvay hatları (T1, T2, T3) ise genellikle orta düzeyde yolcu yoğunluğuna sahiptir ve kapasite bakımından kritik eşiklere ulaşmamaktadır. Günlük işletme genellikle oturarak yolculuk imkanı sağlayacak düzeydedir; yalnızca belirli dönemlerde (örneğin turistik sezonlar veya şehir içi etkinlikler) artan yoğunluk gözlenmektedir. Bu dönemlerde ring seferlerle ek kapasite sağlanarak talep yönetimi yapılmaktadır.

Entegrasyon düzeyi, Bursa'da oldukça gelişmiştir. Tüm toplu taşıma modlarında BursaKart sistemi geçerlidir ve 120 dakika içerisinde yapılan ilk aktarma ücretsizdir. Metro-tramvay-otobüs entegrasyonu bu sayede kolaylaştırılmıştır. Ayrıca metro istasyonlarında bireysel taşıt kullanıcılarını raylı sisteme yönlendirmeye yönelik "Park Et Devam Et" uygulamaları (örneğin Osmangazi ve Nilüfer istasyonlarında) devrededir.

Dijitalleşme açısından da Bursa çağdaş uygulamaları benimsemiş durumdadır. BursaKart mobil uygulaması aracılığıyla QR kod ile biniş, online bakiye yükleme ve bilet hareketlerinin görüntülenmesi gibi işlevler kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. İstasyonlarda dijital bilgilendirme panoları ile tren geliş bilgileri anlık olarak iletilmekte; araç içi ekranlarda ise bir sonraki durak ve aktarma olanakları gösterilmektedir. 2023 yılında temassız kredi kartı ile turnikelerden geçiş uygulaması da pilot olarak başlatılmıştır.

Altyapı bakımından BursaRay filosu için Arabayatağı'nda bulunan depo ve bakım sahası, mevcut 78 araçlık kapasiteye uygun şekilde tasarlanmıştır. Ancak gelecekteki genişlemeler ve yeni araç alımları söz konusu olduğunda ilave depo alanlarına ihtiyaç duyulacaktır. Hattın mevcut kapasitesi henüz tamamen doygunluğa ulaşmamış olup, sinyalizasyon iyileştirmeleri ile tek yönde saatte 40-45 bin yolcu taşıma kapasitesine ulaşılması mümkündür. Tramvay hatlarının mevcut kapasitesi ise özellikle maç çıkışları gibi kısa süreli talep artışlarına karşı yeterlidir.

Sonuç olarak, Bursa'nın raylı sistem altyapısı; teknik kapasitesi, yolcu taşıma performansı, entegrasyon düzeyi ve dijitalleşme uygulamaları açısından yüksek verimlilikle çalışmakta ve kentin ulaşım ihtiyaçlarına etkin çözümler sunmaktadır. Bu yapı, hem sürdürülebilir kent içi ulaşım politikaları hem de örnek uygulama modelleri açısından dikkat çekicidir.

BURSARAY hattı ve tramvay hatları, Bursa'nın farklı bölgelerini birbirine bağlayacak şekilde planlanmıştır. Toplamda 39,7 km uzunluğunda sahip metro hattı ve iki tramvay hattı ile şehir içi toplu taşıma ağı oluşturulmuştur.

| Hat Adı                 | Burtram-T1                     | Burtram-T2            | Burtram-T3             | Bursaray-HRS                 |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| İşletmeye Açılış Tarihi | 12.10.2013                     | 02.07.2022            | 28.05.2011             | 23.04.2002                   |
| Raylı Sistem Türü       | Tramvay                        | Tramvay               | Nostaljik Tramvay      | HRS                          |
| Hat Uzunluğu            | 6,5 Km                         | 9,4 Km                | 2,5 Km                 | 38,5 Km                      |
| İstasyon Sayısı         | 14 Adet                        | 11 Adet               | 9 Adet                 | 38 Adet                      |
| Araç Sayısı             | 6 adet + 12 adet               | 12 adet               | 6 adet                 | 60 adet + 48 adet + 30 adet  |
| Araç Markası            | Durmazlar-İpekböceği (Türkiye) | Durmazlar             | Gotha (Almanya)        | Durmazlar-Siemens-Bombardier |
| Araç Kapasitesi         | 248 kişi (30 oturan)           | 271 kişi              | 68 kişi (45 oturan)    | 288 kişi (60 oturan)         |
| Minimum Dizi Aralığı    | 8 dakika (480 saniye)          | 5 dakika (300 saniye) | 1,5 dakika (90 saniye) | -                            |
| Ticari Hız              | 40 km/saat                     | 50 km/saat            | -                      | 40 km/saat                   |
| Maximum Hız             | 80 km/saat                     | 70 km/saat            | 40 km/saat             | 80 km/saat                   |

**Tablo 3.6** Bursa Raylı Sistemleri: Hatlar, Araçlar ve Teknik Özellikler

**BURSARAY Metro Hattı:**

- **Toplam Uzunluk:** 39,7 km
- **İstasyon Sayısı:** 38

**T1 Hattı (İpekböceği Tramvay Hattı):**

- **Açılış Tarihi:** 12 Ekim 2013
- **Uzunluk:** 6,5 km
- **İstasyon Sayısı:** 14 adet

**T2 Hattı (Kent Meydanı - Terminal Tramvay Hattı):**

- **Açılış Tarihi:** 2 Temmuz 2022
- **Uzunluk:** 9,4 km
- **İstasyon Sayısı:** 11 adet
- **Araç Sayısı:** 12 adet tramvay aracı

**T3 Hattı (Nostaljik Tramvay Hattı):**

- **Açılış Tarihi:** 2011
- **Uzunluk:** 2,4 km
- **İstasyon Sayısı:** 6 adet
- **Araç Sayısı:** 2 adet nostaljik tramvay aracı

**Planlanan Projeler:**

**Emek – YHT- Şehir Hastanesi Metro Hattı:** Bursa Emek – Şehir Hastanesi Metro Hattı, mevcut BursaRay M1 hattının batı yönünde Emek istasyonundan başlayarak Yüksek Hızlı Tren (YHT) Garı üzerinden Bursa Şehir Hastanesi'ne uzatılmasını hedefleyen önemli bir raylı sistem projesidir. Toplam uzunluğu yaklaşık 6,1 kilometre olan hat, 4 yeni istasyon içerecek şekilde planlanmıştır.

Projenin temeli 2021 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından atılmıştır. Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından desteklenen proje, stratejik bir altyapı yatırımı olarak değerlendirilmekte olup; hem şehir içi toplu taşıma sistemini sağlık ve hızlı tren gibi önemli ulaşım odaklarıyla entegre etmeyi hem de batıdaki sanayi bölgeleri ile kent merkezi arasındaki bağlantıyı güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

2024 yılı itibarıyla projede %70 oranında fiziki ilerleme sağlanmış; özellikle tünel kazı ve temel altyapı işleri büyük ölçüde tamamlanmıştır. Bu süreçte Geçit/Balat istasyonu 2024 yılı Mart ayında hizmete alınmıştır. Proje bütçesi yaklaşık 10 milyar TL olarak belirlenmiş olup, finansmanı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM) tarafından merkezi bütçeyle karşılanmaktadır.

Hattın 2025 yılı sonu veya 2026 yılı başında hizmete girmesi hedeflenmektedir. Tam kapasiteyle devreye alındığında, BursaRay sisteminin toplam uzunluğu 62 kilometreye ulaşacaktır. Emek – YHT – Şehir Hastanesi hattı, Bursa'nın kent içi raylı sistem altyapısını hem yatayda hem de işlevsellik açısından genişletecek, özellikle şehir hastanesine erişimi büyük ölçüde kolaylaştıracaktır. Bu kapsamda Bursa Emek Şehir Hastanesi Raylı Sistem Hattı için açılan 20 adet LRT raylı sistem araç ihalesini Bozankaya kazanmıştır. Üretilen araçlar mevcut BursaRay hattı ile Bursa Emek Şehir Hastanesi bağlantısında hizmet verecektir.

**Üniversite – Görükle Metro Hattı:** Üniversite – Görükle Metro Uzatması, mevcut BursaRay M2 hattının batı yönünde Uludağ Üniversitesi kampüsünden Görükle Mahallesi'ne kadar uzatılmasını hedefleyen stratejik bir ulaşım projesidir. Yaklaşık 3,5 km uzunluğunda olacak hat, 2 yeni istasyon içerecek şekilde planlanmıştır. Bu uzatma ile yoğun öğrenci ve genç nüfusa sahip Görükle bölgesinin kent içi raylı sistem ağına doğrudan entegrasyonu sağlanacaktır.

Proje, Bursa Ulaşım Ana Planı kapsamında uzun süredir gündemde olup, 2023 yılı başında temeli atılmış ve yapım süreci resmen başlamıştır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından devralınan proje, AYGM (Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü) bütçesiyle finanse edilmekte olup; Bursa Büyükşehir Belediyesi ise hattın işletmecisi olarak sürece dâhil olmuştur.

2024 yılı ortası itibarıyla projede yaklaşık %50 oranında fiziki ilerleme kaydedilmiştir. İnşaat çalışmaları devam etmekte olup hattın 2025 yılı içerisinde tamamlanarak hizmete açılması hedeflenmektedir. Hat, yalnızca Görükle bölgesinin değil, aynı zamanda Uludağ Üniversitesi öğrencilerinin de şehir merkezine daha hızlı ve konforlu bir şekilde ulaşmasına olanak tanıyacaktır.

Üniversite – Görükle Metro Hattı, aynı zamanda bu yoğun aks üzerindeki karayolu trafiğini de azaltmayı amaçlamakta; böylece Bursa'nın batı koridorunda hem toplu taşıma kapasitesini artırmakta hem de sürdürülebilir ulaşım hedeflerine katkı sağlamaktadır.

**Çalı – Gürsu Metro Hattı:** Çalı – Gürsu Metro Hattı, Bursa'nın batı ve doğu uçlarını raylı sistemle doğrudan birbirine bağlamayı hedefleyen büyük ölçekli bir ulaşım projesidir. Bursa Ulaşım Ana Planı revizyonu kapsamında geliştirilen proje, kentin yoğun nüfus barındıran Çalı ve Gürsu bölgeleri arasında yaklaşık 28,8 kilometrelik bir güzergah boyunca uzanacak şekilde tasarlanmıştır.

Projede 22 istasyon planlanmakta olup, sistemin hafif metro standardında (HRS) inşa edilmesi öngörülmektedir. Hattın devreye girmesiyle birlikte, Bursa'nın doğu-batı yönlü ulaşım akslarında yaşanan trafik yoğunluğunun azaltılması ve kent içi ulaşım süresinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Mevcut durumda proje fizibilite ve ön etüt aşamasındadır. İhale süreci, finansman modeli ve uygulama takvimi henüz netleşmemiştir. Uzun vadeli stratejik bir proje olan Çalı – Gürsu hattı, hayata geçirilmesi durumunda Bursa'nın raylı sistem omurgasını tamamlayacak niteliktedir.

**3.1.5. Konya Raylı Sistem İşletmesi**

Konya tramvayının işletmesi, Konya Büyükşehir Belediyesi bünyesinde yürütülmektedir. Bu işletme süreci, belediyenin ulaşım hizmetlerini sağlamak amacıyla kurduğu Konya Ulaşım A.Ş. tarafından organize edilmektedir. Söz konusu şirket, tramvay sürücüleri, bakım personeli ve diğer tüm işletme görevlilerini bünyesinde istihdam etmektedir.



Konya'da raylı sistem işletmesinde özel sektör ortaklığı bulunmamaktadır. Tüm süreçler, doğrudan belediyenin denetiminde kamu hizmeti anlayışıyla yürütülmektedir. Bu yapı içerisinde bilet gelirleri ve işletme giderleri belediye tarafından karşılanmakta; gelirler, giderleri tam anlamıyla karşılamadığı için toplu taşıma bütçesinden sübvansiyon yapılmaktadır. Ancak Konya'nın düz bir şehir olması, tramvay sisteminin işletme maliyetlerini görece olarak düşük tutmaktadır.

Tramvay sistemi, şehirdeki otobüs taşımacılığı ile entegre çalışacak şekilde planlanmıştır. Bu sayede kent içi toplu taşıma hizmetleri daha verimli ve yaygın bir şekilde sunulabilmektedir. İşletme modeli olarak kamu işletmeciliğinin esas alındığı Konya'da, ilerleyen dönemde hizmete girmesi beklenen yeni raylı sistem hatlarında da (örneğin metro ve banliyö hatlarında) kamu eliyle işletme yaklaşımının sürdürülmesi planlanmaktadır.

Özellikle Konyaray Banliyö Hattı'nın işletmesinin TCDD ile koordineli bir şekilde yürütülmesi öngörülmektedir. Bu da Konya'nın ulaşım politikasında merkezi ve yerel kamu kurumlarının birlikte çalışacağı yeni bir aşamayı temsil etmektedir. Özetle, Konya'da raylı sistemlerin işletilmesi belediye şirketi üzerinden kamu hizmeti modeliyle gerçekleştirilmektedir.

Konya'nın raylı sistem yatırımları, büyük oranda yerel imkanlarla ve merkezi yönetim desteği olmaksızın gerçekleştirilmiştir. 1990'larda inşa edilen ilk tramvay hattında, Konya Büyükşehir Belediyesi, yabancı kredilerle özkaynaklarını birleştirerek projeyi finanse etmiştir. Bu dönemde merkezi hükümetin finansal desteği olmaksızın yatırım yapılması dikkat çekicidir.

Tramvay sisteminin işletmeye alınmasından sonra, özellikle 2010'lu yıllarda önemli genişleme yatırımları gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte yeni tramvay araçları Çekya EximBank'tan sağlanan kredilerle alınmış; Alaaddin-Adliye hattı gibi projeler doğrudan belediye bütçesiyle finanse edilmiştir. 2015 yılına kadar Konya raylı sistem projelerine merkezi hükümet doğrudan finansman sağlamamıştır.

2019 yılında gündeme gelen Konya Metro Projesi ile birlikte finansman modelinde değişiklik yaşanmıştır. Bu proje merkezi idarenin yatırım programına alınmış ve finansmanın Çin'den sağlanacak uygun kredilerle gerçekleştirilmesi planlanmıştır. İlk ihale yapılmış ve temel atılmış, ancak projenin revize edilmesi gerektiği için süreç Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na devredilmiştir. Bu nedenle, Konya metrosunun tamamlanması halinde finansmanı devlet bütçesi ve dış kredi kaynaklı olacaktır.

Benzer şekilde planlanan Konyaray Banliyö Hattı da merkezi yönetim tarafından yapılacaktır. 2022 yılı itibarıyla hattın ilk etabı için 1,2 milyar TL bütçe ayrılmıştır. Böylece, Konya'da büyük ölçekli raylı sistem projelerinin merkezi hükümet tarafından üstlenilmesi yönünde yeni bir eğilim ortaya çıkmıştır.

Öte yandan, Konya Büyükşehir Belediyesi şehir içinde yapılacak yeni tramvay hatları için kendi kaynaklarını kullanmayı planlamaktadır. Bu projelerde İller Bankası kredileri ve belediyenin özkaynakları kullanılacaktır. Dolayısıyla Konya'nın genel finansman modelinde, büyük projelerde merkezi hükümet desteği, daha küçük ölçekli projelerde ise belediye finansmanı esas alınmaktadır.

Konya tramvay sistemi, yolcu sayıları bakımından oldukça verimli bir tablo ortaya koymaktadır. 2018 yılına ait ölçümlere göre, Konya'da tramvaylar günde ortalama 104 bin yolcu taşımaktadır. Bu sayı, aylık yaklaşık 3,12 milyon ve yıllık 37 milyonun üzerinde bir yolculuğa karşılık gelmektedir. 2017 yılında Konya Büyükşehir Belediyesi verilerine göre tramvayla taşınan yolcu sayısı 31,1 milyon olarak kaydedilmiştir. Yolcuların önemli bir kısmını üniversite öğrencileri oluşturmaktadır. Özellikle Alaaddin – Selçuk Üniversitesi hattı, kampüse her gün binlerce öğrenciyi taşıyarak pik saatlerde ciddi yoğunluk yaşamaktadır.

Bu yoğun kullanım, Konya'yı Türkiye'de nüfusa oranla en yüksek tramvay kullanımına sahip şehirlerden biri haline getirmiştir. 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle yolcu sayılarında düşüş yaşanmış olsa da, 2022 itibarıyla sayılar eski seviyelerine yaklaşmıştır. Ayrıca Konya'da tramvay hatlarında 24 saat kesintisiz ulaşım sağlanmakta, özellikle Selçuk Üniversitesi hattında gece saatlerinde saat başı seferlerle hizmet verilmektedir.

Konya tramvaylarında ortalama yolculuk mesafesi diğer şehirlerle karşılaştırıldığında daha uzundur. Bunun temel nedeni, hattın şehrin bir ucundan diğerine uzanmasıdır. Ortalama 8-10 kilometrelik yolculuk mesafesi, toplam yolcu-kilometre değerini de artırmaktadır. Sistem, tek yönde saatte 15.000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Mevcut durumda, yoğun saatlerde bu kapasitenin %70-80'i kullanılmakta ve saatte yaklaşık 10-12 bin yolcu taşınmaktadır. 2022 yılı sonu itibarıyla günlük yolcu sayısının yeniden 90 binin üzerine çıktığı tespit edilmiştir.

Konya’nın mevcut tramvay ağı şehir merkezi ve çevresini kapsamakla birlikte tüm kente yayılmış değildir. Bu nedenle, tramvayın toplu taşıma içindeki genel payı sınırlı kalmakta; ancak belirli hatlarda ve koridorlarda kullanım oranı oldukça yüksektir. Özellikle Alaaddin – Kampüs hattı, en yoğun kullanılan güzergahların başında gelmektedir. Tramvay setleri 2’li olarak çalışmasa da, sefer sıklığı artırılarak kapasite yönetimi sağlanmaktadır. Halihazırda yaklaşık 5 dakikada bir sefer yapılmakta ve toplam 41 araç hizmet vermektedir. Bu yapı, kentin toplu taşıma ihtiyacını büyük ölçüde karşılamaktadır.

Konya, önümüzdeki yıllarda raylı sistem alanında Türkiye’de en büyük atılımı yapmayı hedefleyen şehirlerden biridir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Konya Büyükşehir Belediyesi iş birliğinde toplam 55,6 kilometrelik yeni raylı sistem hattının hayata geçirilmesi planlanmaktadır.

Konya’nın ilk metro projesi olan Selçuk Üniversitesi – Meram Metro Hattı, yaklaşık 21 kilometre uzunluğunda ve 17 istasyondan oluşacak şekilde planlanmıştır. Tamamı yer altından geçecek şekilde tasarlanan ve sürücüsüz trenlerle işletilmesi öngörülen hat, Bakanlık tarafından üstlenilmiştir. Metro hattının devreye alınmasıyla mevcut tramvay koridorundaki yoğunluğun önemli ölçüde azalması beklenmektedir.

Ancak, Konya Meram – Necmettin Erbakan Üniversitesi Metro Hattı (Metro Hattı-1) olarak 2019’da duyurulan proje, ihale ve temel atma aşamalarına rağmen ekonomik koşullar ve finansman sorunları nedeniyle fiilen durdurulmuştur. 2022 yılında ihalenin iptali gündeme gelmiş, Bakanlık projesi revize etme kararı almıştır. Belediye, metronun tamamen iptal edilmediğini ancak yeniden ihale edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu nedenle hattın 2030 öncesinde tamamlanması düşük ihtimal olarak değerlendirilmektedir. Yeni finansman modeli dış kredi ve merkezi bütçe destekli olabilir.

Konyaray Banliyö Hattı, Konya Garı ile Organize Sanayi Bölgesi ve Havalimanı arasında toplam 45,9 km uzunluğunda planlanmış olup, 13 istasyonla hizmet verecektir. Proje üç etapta gerçekleştirilecektir. İlk etap olan Konya Gar – Kayacık OSB (19,7 km) hattının yapımına 2023 yılında başlanmıştır. Konyaray tamamlandığında, doğu-batı ekseninde şehir içi ve çevresine yönelik hızlı ve alternatif bir ulaşım hattı oluşturacaktır.

Konya’nın mevcut tramvay sistemi, yeni hat projeleri ve araç yatırımlarıyla geliştirilmektedir:

- **Fetih Caddesi – Ahmet Özcan – Meram Tramvay Hattı:** Yaklaşık 20 km uzunluğundaki bu yeni hat, Konya’nın güney ve batı mahallelerini ring hattı şeklinde birbirine bağlayacak şekilde tasarlanmıştır. 2024 yılında uygulama projesi ihalesi gerçekleştirilmiştir. Hat, ana tramvay güzergâhlarıyla entegrasyon sağlayarak sistemin bütünselliğini artıracaktır.
- **Şehir Hastanesi – Stadyum Tramvay Hattı (2. Etap):** 2020 yılında açılan hattın devamı niteliğindeki bu etap, yaklaşık 10 km uzunluğunda olup yeni sanayi bölgesine kadar uzanacaktır. Hat, şehir hastanesi, stadyum ve sanayi alanlarını birbirine bağlayarak önemli bir toplu taşıma aksı oluşturacaktır.
- **Karatay ve Beyhekim Şehir Hastanelerine bağlantılar:** Ulaşım Master Planı kapsamında planlanan bu yeni hatlar ile sağlık altyapısına raylı sistem erişimi artırılması hedeflenmektedir. Ancak bu projeler henüz yapım programına alınmamıştır.
- **Tramvay filosunun yenilenmesi:** 2023 yılında 26 yeni tramvay aracının hizmete alınmasıyla birlikte, hat kapasitesi artırılmış ve yolcu taşıma kapasitesi iki katına çıkarılmaya başlanmıştır. Modernizasyon çalışmaları, mevcut ağda daha sık ve konforlu seferlerin yapılmasını sağlamaktadır.

Konya’da raylı sistem projeleri; metro, banliyö ve tramvay olmak üzere üç ana başlık altında gelişmekte ve birbirini tamamlayacak şekilde kurgulanmaktadır. Planlanan ve yapımı devam eden projeler tamamlandığında, Konya’nın kent içi ve çevresel ulaşımı daha entegre, hızlı ve yüksek kapasiteli bir yapıya kavuşacaktır.

### 3.1.6. Adana Raylı Sistem İşletmesi

Adana, Türkiye’de kent içi raylı sisteme en geç kavuşan büyükşehirlerden biridir. Şehirde uzun yıllar planlanan Adana Metrosu’nun inşaatına 1996 yılında başlanmış, ancak finansman ve teknik sorunlar nedeniyle ancak 14 Mayıs 2010 tarihinde hizmete açılabilmiştir. Söz konusu hat, Adana’nın kuzeyindeki Hastaneler bölgesinden başlayarak güneybatıdaki Akkapı (Yüreğir) semtine kadar uzanmakta olup, toplamda yaklaşık 13,5 kilometre uzunluğundadır. Hat, hafif metro standardındadır ve Adana raylı sisteminin tarihsel gelişimi bu tek hatla sınırlı kalmıştır.

Metronun genişletilmesi için çeşitli planlamalar yapılmış ancak hayata geçirilememiştir. 2010 sonrasında hattın üniversite ve yeni stadyum yönüne doğru uzatılması öngörülmüş, ancak kamulaştırma sorunları nedeniyle bu ikinci etap uygulamaya konulamamıştır. 2018 yılında merkezi hükümet tarafından Adana'daki metro projesinin Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na devredileceği açıklanmış, ancak yerel düzeyde gerekli hazırlıklar tamamlanamadığı için herhangi bir somut ilerleme kaydedilememiştir.

Adana'daki modern raylı sistem, yalnızca 2010 yılında hizmete giren bu metro hattı ile sınırlıdır. Oysa şehirde raylı ulaşım fikri çok daha eskilere dayanmaktadır. 1940'lı yıllarda kısa ömürlü bir tramvay hattı faaliyet göstermiş, ancak bu hat 1954 yılında kapatılmıştır. Böylece Adana'nın raylı sistem geçmişi, hem tarihsel olarak hem de hat uzunluğu bakımından diğer büyükşehirlerle kıyasla oldukça sınırlı kalmıştır.

Adana metrosu teknik özellikleri itibarıyla hafif metro standardındadır. Hat üzerinde 13 istasyon bulunmaktadır. Güzergâhın yaklaşık 9 kilometresi yer üstünde, 4 kilometresi ise yer altında inşa edilmiştir. Hemzemin geçişlerin sayısı oldukça azdır; tünel ve viyadük yapıları ağırlıktadır. Hat boyunca Çin yapımı 36 adet 3'lü dizi tren seti hizmet vermektedir ve bu araçlar azami 80 km/s hızla çalışabilmektedir. Enerji beslemesi 750V DC katener sisteminden sağlanmaktadır.

Metro istasyonları uzun peronlara sahiptir ve 4'lü tren dizilerine göre inşa edilmiştir. Sinyalizasyon sistemi ATC (Automatic Train Control) tabanlı olup yarı otomatik sürüş kabiliyetine sahiptir. Hattın tasarım kapasitesi, tek yönde saatte 21.600 yolcuya ulaşabilmektedir. Bu kapasiteye rağmen yolcu talebi, mevcut durumda bu potansiyelin oldukça altındadır. Metro sisteminin ana bakım ve depo tesisi, Anadolu (Yüreğir) tarafındaki Bahçelievler semtinde konumlanmıştır. Bu tesis, trenlerin park edilmesi ve bakımı için kullanılmaktadır.

Adana metrosunun işletmesi, Adana Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Ulaşım Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülmektedir. İşletme başlangıcında bir belediye şirketi kurulması planlansa da, metro filen belediye bünyesindeki bir birim tarafından işletilmektedir. Tüm sürücüler, bakım personeli ve diğer çalışanlar doğrudan belediye kadrosundadır. Herhangi bir özel sektör ortaklığı veya dış hizmet alımı söz konusu değildir.

Ancak bu kamu işletmeciliği modeli ciddi finansal sorunları da beraberinde getirmiştir. Metro hattının bilet gelirleri doğrudan belediyenin ulaşım bütçesine aktarılmakta, fakat bu gelirler işletme giderlerini karşılamamaktadır. Örneğin 2018 yılında metro ciddi bir bütçe açığı yaratmış ve belediye kaynakları üzerinde ek bir yük oluşturmuştur. Bu durum, hattın merkezi yönetime devredilmesi yönündeki talepleri artırmıştır.

Bir diğer sorun ise metro ile otobüs sisteminin entegrasyon eksikliğidir. 2010'ların başında otobüs hatlarının metroya entegre edilmesi gündeme gelmişse de sınırlı ölçüde uygulanabilmiştir. Bu nedenle, metro hattı ve otobüs hatları ayrı planlanmakta ve verimlilik sorunları yaşanmaktadır. Örneğin bazı güzergâhlarda metro araçları boş seyrederken, paralel otobüs hatlarında ciddi yolcu yoğunluğu yaşanabilmektedir.

Adana'da raylı sistemin tek hatla sınırlı olması, işletme esnekliğini de kısıtlamaktadır. Hat üzerinde meydana gelebilecek herhangi bir bakım veya arıza durumunda alternatif bir güzergâh bulunmamaktadır. Bununla birlikte, işletmecisi birim yoğun saatlerde 5 dakikada bir, normal saatlerde ise 10 dakikada bir tren seferi planlaması yaparak yolcu talebine yanıt vermeye çalışmaktadır.

Metro hattının Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na devredilmesi halinde, yeni bir işletme modeli gündeme gelebilir. Bu durumda, hattın TCDD Taşımacılık ya da Bakanlığa bağlı bir şirket tarafından işletilmesi olasıdır. Ancak mevcut durumda böyle bir devir gerçekleşmemiştir ve metro işletmesi tümüyle Adana Büyükşehir Belediyesi'nin kontrolündedir.

| Adana Metro Projesi     |                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| İşletmeye Açılış Tarihi | 2010                                                                                          |
| Raylı Sistem Türü       | Metro                                                                                         |
| Hat Uzunluğu            | 13.5 Km                                                                                       |
| İstasyon Sayısı         | 13 Adet                                                                                       |
| Araç Sayısı             | 36 Adet                                                                                       |
| Araç Markası            | Hyundai Rotem (Kore)                                                                          |
| Araç Kapasitesi         | 311 kişi, 3 araçlık katarlar halinde çalışacak sistemde; her katarınyolcu kapasitesi 933 kişi |
| Minimum Dizi Aralığı    | 2,5 dakika ( 150 saniye)                                                                      |
| Ticari Hız              | 40 km/saat                                                                                    |
| Maximum Hız             | 80 km/saat                                                                                    |

**Tablo 3.7** Adana Metro Projesi: Teknik Özellikler ve Sistem Bilgileri

Adana metrosu, Türkiye'de bir belediye tarafından hayata geçirilmiş en pahalı raylı sistem projelerinden biridir. İlk etabın maliyeti 2010 yılı itibarıyla yaklaşık 535 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu tutarın büyük kısmı Hazine garantili dış krediler yoluyla finanse edilmiştir. Adana Büyükşehir Belediyesi, 1996 yılında projeye başlarken bu borçlanma yöntemini tercih etmiş; ancak inşaat süresinin uzaması nedeniyle borç yükü yıllar içinde katlanarak artmıştır. Merkezi hükümetten gelen sınırlı bir hibe dışında, yatırımın neredeyse tamamı belediye tarafından üstlenilmiştir. Bu durum, belediyenin yıllar boyunca metro borcu ödemeye devam etmesine yol açmıştır.

Finansman sıkıntıları, metro projesinin ikinci etabının (Akıncılar – Çukurova Üniversitesi) hayata geçirilmesini engellemiştir. 2018 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın projeyi devralma vaadi, belediyeyi bu ağır finansal yükten kurtarmak amacıyla verilmiştir. Devralma gerçekleşirse, ikinci etap devlet bütçesinden yapılacak ve belediyenin kalan borçları merkezi idareye geçecektir. Ancak bugüne kadar bu süreç tamamlanmamıştır ve Adana metrosunun finansman sorunu devam etmektedir.

İşletme tarafında da Adana metrosu ciddi mali açıklar vermektedir. Hat, iki yönlü günlük 660 bin yolcu taşıma kapasitesine sahip olmasına rağmen, ortalama günlük yolcu sayısı yalnızca 40 bin civarındadır. Bu durum, kapasite kullanım oranının sadece %7 seviyesinde olduğunu göstermektedir. Beklenen yolcu talebinin karşılanamaması nedeniyle sistem yıllık 50-60 milyon TL civarında zarar etmektedir. Bu zarar, belediye bütçesinden sübvansede edilmekte, bu da sürdürülebilirlik açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır.

Yolcu sayıları yıllar içinde beklentilerin oldukça altında kalmıştır. 2013 yılında yapılan bir açıklamada, metro yolcu sayısının 17 binden 40 bine çıkarıldığı belirtilmiştir. Ancak bu artış istikrarlı bir şekilde devam etmemiştir.

Yıllık yolcu sayısı yaklaşık 14-15 milyon seviyesinde seyretmektedir. Metro hattının üniversite ve kampüslere ulaşmaması nedeniyle öğrenci kullanımı sınırlı kalmıştır. Yolcu kitlesinin büyük bölümünü, işe gidip gelen yetişkinler oluşturmaktadır. Pandemi döneminde yolcu sayısı dramatik bir şekilde düşmüş; 2020 yılında 10 binin altına inmiş, 2023 yılı itibarıyla yeniden 40 bin seviyesine ulaşmıştır.

Adana metrosunun şehir merkezine yeterli erişim sağlayamaması da yolcu talebini sınırlamıştır. Örneğin, hattın kuzey ucundaki hastaneler bölgesinden şehir merkezine ulaşmak isteyen bir yolcu, metro + aktarma yerine tek otobüsle doğrudan gitmeyi tercih etmektedir. Bu tür kullanım alışkanlıkları, metro hattının çekiciliğini azaltmakta ve paralel otobüs hatlarının metroya göre daha fazla tercih edilmesine yol açmaktadır. Hattın işletme kapasitesine göre trenler genellikle boş kapasiteyle çalışmaktadır. Sadece sabah ve akşam pik saatlerde kısmi doluluk gözlemlenmektedir.

Adana Büyükşehir Belediyesi, yolcu sayısını artırmak amacıyla çeşitli iyileştirme adımları atmıştır. Bu kapsamda besleyici otobüs hatları devreye alınmış, bilet entegrasyonu güçlendirilmiş ve tanıtım kampanyaları düzenlenmiştir. Bu çabalar sonucunda kısmi bir artış sağlanmıştır. Ancak sistemin potansiyeline ulaşabilmesi için 2. etap yatırımının gerçekleşmesi kritik bir öneme sahiptir. Çukurova Üniversitesi uzatmasıyla birlikte on binlerce yeni öğrenci ve sağlık çalışanının metro hattına entegre olması beklenmektedir.

Adana Metro 2. Etap projesi, hattın Çukurova Üniversitesi ve Şehir Hastanesi yönüne uzatılmasını kapsamaktadır. Yaklaşık 10,5 kilometre uzunluğundaki bu yeni hat, 8 istasyon içerecek ve üniversite kampüsü ile hastane gibi yoğun yolcu çeken noktalara hizmet verecektir. 2018 yılında hazırlanan proje, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na sunulmuş, 2024 Yılı Yatırım Programı'na alınmış olup Cumhurbaşkanlığı onayıyla resmileştirilmiştir. Finansmanın Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı yatırım programı desteği ve belediye kaynakları ile sağlanması öngörülmektedir. Eğer hayata geçirilirse, projenin 2 yıl içinde tamamlanabileceği ifade edilmiştir.

Bunun dışında, Adana Büyükşehir Belediyesi'nin yeni raylı sistem planlamaları da mevcuttur. Özellikle kent merkezindeki yoğun koridorlara nostaljik ya da modern tramvay hatları kurulması hedeflenmektedir. Ancak bu projeler henüz planlama aşamasındadır. Uzun vadede Şakirpaşa Havalimanı ve yeni stadyum gibi önemli ulaşım noktalarının da metro ağına entegre edilmesi hedeflenmektedir. Havalimanı bağlantısı, mevcut hat üzerinden kısa bir saplama ile gerçekleştirilebilecek durumdadır.

Adana'nın ulaşım vizyonu, raylı sistemi büyüterek hem trafik sıkışıklığını azaltmak hem de çevresel sürdürülebilirliği artırmak üzerine kuruludur. 2030 yılına kadar günlük metro yolcu sayısının 150-200 bine çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşılması durumunda, kent merkezinde önemli miktarda araç trafiği azalması sağlanabilecek, hava kalitesi olumlu yönde etkilenecektir. Ayrıca bisiklet yolları, elektrikli otobüsler gibi tamamlayıcı sistemlerin raylı sistemlerle entegre edilmesi de planlanmaktadır.

Sonuç olarak, Adana metrosu ilk etabı itibarıyla yüksek maliyetli, düşük verimli ve finansal sürdürülebilirliği zayıf bir örnek oluşturmuştur. Ancak mevcut hattın genişletilmesi, entegrasyonun sağlanması ve yolcu talebinin artırılmasıyla bu yapının zamanla daha verimli hale gelmesi mümkündür. Adana'nın geleceğe dönük hedefi, raylı sistemleri kent içi ulaşımın omurgası haline getirerek geçmişteki verimlilik sorunlarını geride bırakmaktır.

### **3.1.7. Eskişehir Raylı Sistem İşletmesi**

Eskişehir, kent içi raylı sistem kurulumunu 2000'li yılların başında başarıyla gerçekleştiren öncü şehirlerden biridir. 1990'lı yıllarda şehirde artan nüfus ve yoğunlaşan trafik sorunlarına çözüm arayışıyla gündeme gelen raylı sistem projesi, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi tarafından 2002 yılında başlatılmıştır. "EsTram" adı verilen hafif raylı sistem projesi, kısa sürede inşa edilerek 24 Aralık 2004 tarihinde işletmeye açılmıştır.

İlk aşamada hayata geçirilen hatlar, Otogar – Opera ve SSK – Üniversite akslarıdır. Bu iki hat, şehrin doğu-batı ve kuzey-güney yönlerini birbirine bağlamış, şehir merkezinde kesişerek aktarma imkânı sunmuştur. Açılıştan kısa süre sonra beklenenin üzerinde yolcu talebi oluşmuş ve EsTram sistemi şehir içi toplu ulaşımında önemli bir başarı sağlamıştır. Bu başarının etkisiyle, 2012 yılında hatların uzatılması kararı alınmıştır.

2014 yılına gelindiğinde sistem dört yeni hatla genişletilmiştir. Bu hatlar, Batıkent, Çamlıca, Emek-71 Evler ve Çankaya yönlerine uzanmış, böylece tramvay ağı şehrin daha geniş mahallelerine ulaşmıştır. Genişleme sonucunda hat uzunluğu iki katına çıkmış ve sistemin kapsadığı nüfus önemli ölçüde artmıştır. 2021 yılında ise yeni gelişim alanlarına ulaşmak amacıyla Şehir Hastanesi ve 75. Yıl Mahallesi gibi bölgelere iki yeni hat daha eklenmiştir.

Bugün itibarıyla EsTram, Türkiye'nin en kapsamlı tramvay ağlarından birine sahiptir. Sistem, 2004'ten 2021'e kadar sürekli büyümüş, yaklaşık 20 yıl içinde 650 milyona yakın yolcu taşımıştır. Bu istatistik, sistemin Eskişehir halkı tarafından ne kadar yoğun kullanıldığını göstermektedir. Eskişehir, bu yönüyle raylı sistemi hızlı benimseyip yaygınlaştıran örnek bir kent olarak öne çıkmaktadır.

Teknik açıdan bakıldığında, EsTram bir hafif raylı sistemdir ve tamamı tramvay formatındadır. Günümüzde 9 hattan oluşan ağ, şehrin iki üniversitesini, kamu hastanelerini ve ana merkezlerini birbirine bağlamaktadır. Toplam hat uzunluğu yaklaşık 55 km, durak sayısı ise 75'in üzerindedir. Hatlar büyük ölçüde yeryüzü seviyesinde (at-grade) inşa edilmiştir ve şehir içi trafiğe entegre şekilde çalışmaktadır.

Tramvayların enerji beslemesi 750V DC katener sistemiyle sağlanmaktadır. Araçlar çift yönlü, 5 modüllü ve 30 metre uzunluğundadır. Azami hızları 70 km/s olmakla birlikte şehir içinde ortalama 20-30 km/s hızla seyretilmektedirler. Hat güzergahları büyük oranda karayolu akslarını takip etmektedir. Örneğin Otogar – SSK hattı doğu-batı yönündeki ana cadde boyunca ilerlerken, Üniversite hattı şehrin kuzeyine uzanan ayrı bir kolu oluşturmaktadır.

Aktarma olanakları şehir merkezinde, özellikle İsmet İnönü-1 Caddesi civarındaki Opera ve Doktorlar Caddesi duraklarında sunulmaktadır. Bu merkez noktalar, sistemin yüksek erişilebilirlik sağlamasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca EsTram, akıllı trafik yönetimiyle entegre bir sinyalizasyon sistemine sahiptir. Tramvay yaklaşırken trafik ışıkları öncelik tanıyacak şekilde ayarlanmakta; ancak bazı yoğun kavşaklarda (örneğin Otogar kavşağı) zaman zaman tramvayların duraklaması gerekebilmektedir.



Sistem bakım altyapısı açısından da güçlü bir donanımına sahiptir. Ana bakım tesisi ve tramvay deposu, Otogar yakınında konumlanmıştır. Burada tüm araçların bakımı, onarımı ve park işlemleri yapılmaktadır. Elektrikli olması sayesinde EsTram sistemi yerel emisyon oluşturmaz ve enerji tüketimi bakımından oldukça verimlidir.

Genel olarak EsTram, orta büyüklükte bir şehir olan Eskişehir için oldukça kapsamlı, modern ve sürdürülebilir bir raylı sistem çözümüdür. Teknik altyapısı, işletme verimliliği ve çevreci yapısıyla uluslararası standartlara uygun bir hafif raylı sistem örneği oluşturmaktadır. Şehirle bütünleşmiş bu yapı, diğer kentler için de ilham verici bir modeldir.

Eskişehir tramvay sisteminin işletmesi, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'ne ait Estram A.Ş. tarafından yürütülmektedir. 2004 yılında 50.000 TL sermaye ile kurulan bu kamu şirketi, tramvay sisteminin işletilmesi ve bakımından sorumludur. %100 belediyeye ait olan şirket, Ulaştırma Bakanlığı ile koordineli çalışmakta; sürücüler, istasyon görevlileri ve bakım personeli Estram A.Ş. kadrosunda yer almaktadır. Eskişehir'de raylı sistemin işletilmesinde özel sektör ortaklığı bulunmamakla birlikte, teknik ekipman temini ve araç alımlarında özel firmalarla iş birliği yapılmaktadır.

İşletme planlaması Estram Kontrol Merkezi tarafından yapılmakta ve sistem dinamik olarak yönetilmektedir. Yoğun saatlerde ek seferler konulmakta, yedek araçlar devreye sokulmakta ve özellikle iki üniversitenin açılış-kapanış saatlerine göre sefer sıklığı artırılmaktadır. Böylece esnek ve talep odaklı bir işletme modeli uygulanmaktadır.

Tramvay sistemi, şehir içi otobüslerle entegre bir yapıya sahiptir. Ulaştırma koordinasyon birimi, otobüs hatlarını tramvaya besleme yapacak şekilde planlamaktadır. Bu sayede tek merkezden yönetilen toplu taşıma sistemiyle verimlilik artırılmış, aktarmasız erişim sağlanamayan noktalarda entegrasyonla çözüm üretilmiştir.

Estram A.Ş., Türkiye'de örnek gösterilen bir belediye işletme modeli geliştirmiştir. Şirket yöneticileri, Konya ve Kocaeli gibi şehirlerin tramvay sistemleri kurulurken danışmanlık sağlamış; böylece Eskişehir modeli başka şehirlerde de uygulama alanı bulmuştur. Bu durum, EsTram'ın yalnızca yerel değil, ulusal düzeyde başarılı bir örnek olduğunu göstermektedir.

Finansal açıdan EsTram, kuruluşunun ilk yıllarında işletme giderlerini karşılamış ve kar dahi etmiştir. İlerleyen yıllarda indirimli ve ücretsiz binişlerin artmasıyla sübvansiyon ihtiyacı doğmuşsa da bu durum belediye bütçesine aşırı bir yük getirmemiştir. Hâlen sürdürülebilir ve belediye kontrolünde verimli bir işletme modeli uygulanmaktadır.

Eskişehir tramvay sisteminin ilk yatırımı, ağırlıklı olarak dış kredi ve belediye özkaynakları ile finanse edilmiştir. 2004 yılında hizmete giren ilk faz için Avrupa Yatırım Bankası ve İller Bankası kredileri kullanılmıştır. Yaklaşık 60 milyon Euro tutarındaki bu yatırım, uzun vadeli borçlanma modeliyle yapılandırılmıştır.

Belediye, kredi geri ödemelerini büyük ölçüde yolcu gelirleriyle karşılayabilmektedir. Gelir-gider dengesi başlangıçta başarılı bir şekilde kurulmuş, Estram A.Ş. bazı yıllarda kâr ederek bu fazlalığı yeni yatırımlarda kullanmıştır. Bu da sistemin yalnızca borçlanmaya değil, aynı zamanda kendi geliriyle büyümeye uygun bir yapı sunduğunu göstermektedir.

Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, sürdürülebilir ulaşım hedefleri doğrultusunda Avrupa Birliği hibelerine de başvurmuştur. 2021 yılında "Sustainable Urban Transport" fonuna yapılan başvuru sonucunda belli ölçüde hibe desteği alınmış; bu destek, sistemin çevreci dönüşüm projelerine katkı sağlamıştır.

Genel olarak Eskişehir raylı sistem finansmanı, küçük-orta ölçekli ama disiplinli bir model sergilemiştir. Borçlar düzenli ödenmiş, sistem genişledikçe yeni finansman kaynakları bulunmuş ve finansal sürdürülebilirlik korunmuştur. Bu durum, diğer büyükşehirlerde karşılaşılan finansman krizlerinin aksine, Eskişehir'de iyi planlanmış ve kontrollü bir büyüme yaşandığını ortaya koymaktadır.

Eskişehir tramvay sistemi, yolcu başına verimlilik açısından Türkiye'nin en başarılı toplu taşıma uygulamalarından biridir. 2019 verilerine göre hafta içi günlük ortalama 97.820 yolcu taşınmış, hafta sonları dahil edildiğinde bu sayı 85 bin civarında seyretmiştir. 2022 ve 2023 yıllarında yeni hatların devreye alınmasıyla yolcu sayılarında önemli bir artış yaşanmış; Nisan 2024 itibarıyla Estram, günlük ortalama 124 bin yolcu taşır hâle gelmiştir. Bu değer, 900 bin nüfuslu bir şehirde kişi başına yıllık yaklaşık 50 yolculuk anlamına gelmektedir. 2004-2024 arasında taşınan toplam yolcu sayısı 647.853.638 olarak açıklanmıştır.

Yolcu talebi, özellikle hafta içi ve üniversitelerin açık olduğu dönemlerde zirve yapmaktadır. Sabah ve akşam yoğun saatlerde tramvaylarda yer bulmak zorlaşmakta, bazı duraklarda yığılmalar yaşanabilmektedir. Öğrenciler, yolcu kitlesinin yaklaşık %50'sini oluştururken; diğer yarısı çalışanlar, alışveriş ve sosyal amaçlı

seyahat eden yolculardan oluşmaktadır. Pandemi döneminde (2020) günlük yolcu sayısı 30 binlere kadar düşmüş, ancak 2021 sonrasında hızlı bir toparlanma yaşanmış ve 2023 yılında tüm zamanların en yüksek kullanım seviyelerine ulaşılmıştır.

Kapasite kullanımı açısından bakıldığında, sistemin özellikle pik saatlerde sınırlarına yaklaştığı görülmektedir. Örneğin Osmangazi Üniversitesi – SSK hattında sabah saatlerinde araçlar %100 dolulukla çalışmaktadır. Ancak sistemin esnekliği sayesinde ek seferler düzenlenerek talep dengelenmektedir. Günümüzde Estram, hafta içi günde yaklaşık 1200 sefer yapmakta ve günde 12 bin kilometre yol kat etmektedir.

Mevcut tramvay ağı, Eskişehir'in ana ulaşım akslarını kapsayacak biçimde yayılmıştır. Hatların çoğu şehir merkezinden geçmekte ve üniversiteler, hastaneler, alışveriş alanları gibi önemli merkezleri doğrudan bağlamaktadır. Estram filosu 47 araçtan oluşmakta ve yoğun saatlerde bu filonun neredeyse tamamı sahada görev yapmaktadır. Ortalama 2-3 dakikada bir sefer yapılmakta olup, bu sıklık tramvay sistemleri için oldukça yüksek bir seviyedir. Ancak talebin daha da artması durumunda yeni araç alımları veya mevcut araçların çift setli çalıştırılması gibi çözümlere ihtiyaç duyulacaktır.

Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, raylı sistem ağını daha da genişletmeyi hedeflemektedir. Ulaşım Ana Planı kapsamında Odunpazarı – Muttalıp aksında yeni bir tramvay hattı öngörülmekte, bu hat şehrin turistik ve yeni yerleşim bölgelerini birbirine bağlayacaktır. Ayrıca mevcut hatlarda bazı kısa uzatmalar da planlanmaktadır; örneğin Batıkent hattının İhlamurkent'e kadar uzatılması düşünülmektedir. Bu projeler, finansman bulunması halinde uygulamaya alınacaktır.

Araç filosunun modernizasyonu da gündemdedir. Özellikle 2004 yılında hizmete giren eski Bombardier tramvaylarının 2030'a kadar emekliye ayrılması, yerli ve daha verimli araçlarla değiştirilmesi planlanmaktadır. Böylece bakım maliyetleri düşürülecek, enerji verimliliği artırılacaktır. Ayrıca Estram, güneş panelleriyle enerji üretimi sağlayacak bir projeyi de yürütmektedir. Bu kapsamda depo binasının çatısına kurulacak panellerle yıllık enerji tüketiminin %5'inin karşılanması hedeflenmektedir.

Eskişehir, raylı ulaşımında sağladığı başarıyı korumak ve ileri taşımak için yeni teknolojilere de yatırım yapmayı planlamaktadır. Özellikle otonom konvoy sistemleri gibi küresel ölçekte gelişmekte olan teknolojilerin uygun hâle gelmesi durumunda, bu tür uygulamaları ilk hayata geçiren şehirlerden biri olmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda akıllı ulaşım uygulamaları ile talep yönetimi, veri analizi ve sürdürülebilirlik alanlarında yeni adımlar atılması öngörülmektedir.

Sonuç olarak, Eskişehir tramvay sistemi; erişilebilirliği, işletme verimliliği, yolcu memnuniyeti ve çevresel sürdürülebilirliği ile örnek teşkil etmektedir. Geliştirilmekte olan yeni hatlar, modernizasyon projeleri ve akıllı ulaşım hedefleriyle birlikte, Eskişehir'in toplu taşıma sistemindeki yüksek performansı daha da güçlenecek ve Türkiye genelinde iyi bir örnek olmaya devam edecektir.

### **3.1.8. Gaziantep Raylı Sistem İşletmesi**

Gaziantep, kent içi raylı sistem kurulumunu 2010'lu yıllarda gerçekleştiren büyükşehirlerden biridir. Şehirdeki ilk tramvay hattı 1 Mart 2011 tarihinde Karataş – Gar arasında hizmete başlamış, bu başlangıç hattı yaklaşık 9 kilometre uzunluğunda tek bir güzergahtan oluşmuştur. Başlangıçta sınırlı sayıda araçla işletilen sistem, günde 30-40 bin yolcu taşımış ve kısa sürede yoğun ilgi görmüştür.

2012-2014 döneminde tramvay sistemi önemli ölçüde genişletilmiştir. Hat uzunluğu 22 kilometreye çıkarılmış ve toplam üç ayrı güzergah oluşturulmuştur: Gar – Karataş ana hattı, Burç Kavaşı – Adliye hattı ve Gar – İbn-i Sina (Üniversite) hattı. 2016 yılında istasyon peronlarının uzatılmasıyla çiftli tramvay dizileri çalıştırılmaya başlanmış, bu da sistemin kapasitesini belirgin şekilde artırmıştır. 2018 yılı itibarıyla sistem tam kapasiteyle işletilmeye başlanmıştır.

Gaziantep'in raylı sistem tarihindeki en büyük adım ise Gaziray Banliyö Hattı'dır. 5 Kasım 2022 tarihinde Cumhurbaşkanının katılımıyla açılışı yapılan Gaziray, şehir merkezini Organize Sanayi Bölgeleri ve Başpınar'a bağlayan 25 km uzunluğunda modern bir banliyö tren hattıdır. TCDD ile Gaziantep Büyükşehir Belediyesi iş birliğiyle hayata geçirilen proje, 2023 itibarıyla kısmi işletmeye alınmıştır. Böylece Gaziantep, önce tramvayla başladığı raylı sistem altyapısını banliyö hattı ile çeşitlendirmiştir.

Toplam 22 kilometre uzunluğundaki tramvay ağı, üç ayrı hatta yayılmıştır. Hatlar genellikle karayolu seviyesinde, orta refüjlerden veya yol kenarlarından geçmektedir. 2016 yılındaki altyapı iyileştirmesiyle peron boyları 70 metreye çıkarılmış ve ikili tramvay dizileri devreye alınmıştır. Filoda yaklaşık 40 adet çift yönlü tramvay aracı bulunmaktadır. Araçlar genellikle 28-32 metre uzunluğundadır ve 750V DC katener sistemi ile çalışmaktadır.

Tramvay sinyalizasyonu, şehir içi trafik ışıklarıyla entegre şekilde çalışmaktadır. Birçok kavşakta tramvaylara öncelik tanınmaktadır. Hatların bakım ve depo tesisi Karataş bölgesinde yer almaktadır. Çiftli dizilerle çalışabilen tramvaylar, bir seferde daha fazla yolcu taşıyarak sistemin taşıma kapasitesini artırmaktadır.

Gaziray, toplam 25 kilometre uzunluğunda ve 16 istasyonlu bir banliyö hattıdır. Güzergâh Başpınar OSB – Gaziantep Merkez – Taşlıca doğrultusunda uzanmakta ve TCDD'nin mevcut demiryolu koridoru üzerine inşa edilmiştir. Altyapısı çift hatlı ve 25 kV AC elektrikli sistemle çalışmaktadır. Hat üzerinde 5 kilometrelik yer altı tüneli, çeşitli viyadükler ve üst geçitler gibi ileri mühendislik yapıları yer almaktadır.

İlk etapta, TCDD'den devralınan dizel Raybüs araçlarıyla hizmete giren Gaziray'da, 2023 yılında elektrikli EMU setleri sipariş edilmiştir. Yeni setlerin hizmete girmesiyle 4'lü dizilerle saatte tek yönde 30.000 yolcu taşıma kapasitesine ulaşılması hedeflenmektedir. Güzergâh üzerindeki trenler 120 km/s hıza kadar çıkabilmekte, istasyonlar arası mesafelerin uzun olması sayesinde hızlı ve verimli bir ulaşım sunulmaktadır. TÜRASAŞ tarafından üretilen Gaziray'da kullanılacak ilk Milli Banliyö Tren Setinin teslim töreni ve ilk test sürüşünü gerçekleştirilmiştir. Diğer 3 set ağustos ayında ve son 3 set de ekim ayında olmak üzere 28 vagonlu oluşan 7 tren seti 2025 içinde teslim edilecektir.

Gaziray, teknik altyapı açısından da ileri düzeydedir. Sistem, ERTMS sinyalizasyonu ile yüksek güvenlik standartlarında işletilmektedir ve bu yönüyle Marmaray sistemine benzerlik göstermektedir.

Bilet entegrasyonu, şehirde yaygın olarak kullanılan Gaziantep Kart elektronik ücretlendirme sistemiyle sağlanmaktadır. Tramvay istasyonları açık ve turnikesizdir; ancak Gaziray istasyonlarında turnike sistemi uygulanmaktadır.

2023 yılında hizmete giren Gaziantep – Nizip Raybüs Hattı, Gaziray sistemine entegre çalışmaktadır. Bu hatta işletilen dizel raybüsler, Nizip ilçesinden yolcu taşıyarak Gaziray'ın başlangıç noktasıyla bağlantı kurmaktadır. Böylece, şehir merkezi dışındaki ilçelere raylı sistem erişimi sağlanmış ve bölgesel entegrasyon güçlendirilmiştir.

Gaziantep'te raylı sistemlerin işletmeciliği, iki farklı kurumsal modelle yürütülmektedir. Tramvay sisteminin işletmesi, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı GAZİULAŞ A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. 2011 yılında ilk tramvay hattının hizmete açılmasıyla birlikte kurulan bu şirket, sadece tramvayları değil aynı zamanda otobüsleri de işleten entegre bir toplu taşıma kuruluşudur. Tramvay sürücülerinden bakım teknisyenlerine ve kontrol merkezi personeline kadar tüm insan kaynağı GAZİULAŞ bünyesinde istihdam edilmektedir.

Buna karşılık, Gaziray banliyö hattı TCDD ile Gaziantep Büyükşehir Belediyesi arasında kurulan bir iş birliği modeliyle yürütülmektedir. Hat altyapısı TCDD'ye ait olup, işletme başlangıçta TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. Ancak Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, uzun vadede işletmeyi kendi bünyesine almayı ve elektrikli tren setleriyle hizmeti yerel düzeyde yürütmeyi hedeflemektedir. Mevcut durumda banliyö trenlerinin makinistleri TCDD personelinden oluşurken, istasyon işletmesi kısmen belediye personeli tarafından yürütülmektedir. Bilet entegrasyonu ve yerel lojistik planlama ise Gaziantep Ulaşım Dairesi tarafından sağlanmaktadır. Bu yapı, karma bir kamu modeli oluşturmaktadır. Tüm bilet gelirleri Gaziantep Kart sistemi üzerinden toplanmakta ve taraflar arasında protokoller çerçevesinde paylaşılmaktadır.

Gaziantep'in raylı sistem yatırımları, ağırlıklı olarak kamu kaynakları ve kalkınma finansmanı kuruluşlarından sağlanan uzun vadeli kredilerle finanse edilmiştir. İlk tramvay hattı ve sonraki genişletmeler, büyük ölçüde Gaziantep Büyükşehir Belediyesi'nin öz kaynakları ve İller Bankası kredileri ile gerçekleştirilmiştir. 2011 yılında açılan ilk 9 kilometrelik tramvay hattının yaklaşık maliyeti 50 milyon Euro olup, önemli bir bölümü belediye bütçesinden karşılanmıştır. 2014'te yapılan genişleme yatırımlarında ise Fransa menşeli düşük faizli krediler kullanılarak yeni araç alımları gerçekleştirilmiştir.

Gaziray banliyö sistemi, yaklaşık 30 milyar TL yatırım büyüklüğüne sahip olup, bu yatırımın finansmanı kamu kurumları arasında hibrit bir yapı ile gerçekleştirilmiştir. Projenin altyapı işleri (kazi, dolgu, demiryolu platformu vb.) Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bütçesinden karşılanırken, elektrifikasyon, sinyalizasyon ve istasyon yapımı gibi üstyapı yatırımları Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından finanse edilmiştir. Bu kapsamda Dünya Bankası ve İslam Kalkınma Bankası'ndan toplam 300 milyon dolarlık uzun vadeli kredi temin edilmiştir. Belediyeye düşen kredi geri ödemeleri, 2030 yılına kadar yayılmış olup, bu yükümlülüklerin işletme gelirlerinden karşılanması planlanmaktadır.

Gaziantep'te kamu-özel iş birliği (KÖİ) modeli raylı sistem yatırımları için uygulanmamış, tüm projeler kamu kaynakları veya kamu kredileri ile finanse edilmiştir. Ayrıca Gaziray projesinde, işletmenin ilk yıllarındaki zararların merkezi yönetim tarafından karşılanacağına ilişkin protokoller devreye alınmıştır. Bu sayede, büyük ölçekli yatırımlar belediye bütçesine aşırı yük getirmeden gerçekleştirilebilmiştir.

Gaziantep raylı sistemleri, tramvay ve banliyö olmak üzere iki modda hizmet vermekte olup, yolcu verileri bu iki sistem özelinde değerlendirilmektedir. Tramvay sistemi, 2018 yılı sonu itibarıyla günlük ortalama 75 bin yolcu taşımış; 2014 yılı itibarıyla teorik kapasitesi 150 bin yolcu/gün seviyesine çıkarılmış olsa da bu kapasitenin yaklaşık %50’si fiilen kullanılabilir. 2018 yılında yıllık tramvay yolcu sayısı 21 milyon olarak gerçekleşmiş, 2019 yılında günlük yolcu sayısı 70-75 bin bandına ulaşmıştır. Kullanıcı profiline yaklaşık %45’ini öğrenciler oluşturmaktadır; özellikle Karataş bölgesinden üniversiteye ulaşım sağlayan hatlarda bu oran daha yüksektir.

COVID-19 pandemisinin etkisiyle 2020 yılında toplu taşımada genel bir düşüş yaşanmış ancak 2022 itibarıyla yeniden toparlanma gözlemlenmiştir. 2023 yılında tramvay yolcu sayısı günlük 80-85 bin seviyelerine ulaşarak pandemi öncesi değerleri aşmıştır. Buna karşın, Gaziray banliyö hattı henüz tam kapasiteyle işletilmekte olup, açılış sonrası ilk aylarda günlük ortalama 10 bin yolcu taşımıştır. 2023 yılı ortalarında bu sayı 6-7 bin seviyelerine gerilemiş; ancak yıl sonuna doğru 20 bin yolcu/gün seviyesine ulaşacağı öngörülmüştür. Gaziray hattında hedeflenen kapasite, yeni tren setlerinin devreye girmesiyle 2026 yılına kadar günlük 60 bin yolcuya ulaşmaktır.

Mevcut durumda, tramvay hattı %50 oranında kapasiteyle çalışırken, Gaziray yalnızca %10 oranında kapasite kullanımına sahiptir. Bu durum, Gaziray’ın yeni hizmete alınması, sefer sıklığının düşük olması ve kademeli işletmeye geçiş süreciyle açıklanmaktadır. Tramvay sisteminin hız avantajı ve şehir merkezine erişimi kullanıcılar tarafından olumlu karşılanırken, yaz aylarında klima yetersizliği gibi nedenlerle memnuniyetsizlikler bildirilmiştir. Bu kapsamda 2019 yılında yapılan yeni araç alımlarıyla klimalı tramvay sayısı artırılmıştır. Gaziray hattında ise seyahat süresinin karayolu alternatiflerine göre daha kısa olması (örneğin OSB-şehir merkezi arası 30 dakika) yolcu memnuniyetini artıran önemli bir unsurdur.

Gaziantep’te mevcut raylı sistem altyapısı, kent içi ulaşımın yükünü hafifletmekle birlikte, henüz tam entegrasyona ulaşmamıştır. Tramvay ağı, şehir merkezinde gerçekleştirilen yolculukların önemli bir bölümünü karşılamakta olup, yapısal olarak olgunlaşmış ve oturmuş bir sistemdir. Günlük ortalama 80 bin yolcu taşıma kapasitesine ulaşan tramvay sistemi, özellikle yoğun saatlerde araç içi kalabalık yaşansa da, genel anlamda ciddi bir kapasite sorunu gözlemlenmemektedir. Bu noktada, çift dizi uygulamalarıyla daha uzun tramvay setlerinin işletilmesi, sistem üzerindeki yükü azaltmış ve hizmet kalitesini artırmıştır.

Banliyö hattı olan Gaziray ise halen tam kapasiteyle devreye alınmamış durumdadır. Mevcut operasyonel koşullarda, sefer sıklığı 30 dakikada bir olup, hizmet veren vagon sayısı sınırlıdır. Bu nedenle sistem, toplu taşıma ağı içinde şu an için sınırlı bir rol oynamaktadır. Ancak ilerleyen süreçte sefer sıklığının artırılması ve araç kapasitesinin genişletilmesiyle birlikte Gaziray hattının, şehir içi trafiği ciddi ölçüde rahatlatarak potansiyele sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Gaziantep Ulaşım Ana Planı çerçevesinde, 2030 yılına kadar raylı sistemlerin toplu taşımadaki payının belirgin şekilde artırılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, öncelikli adım olarak Gaziray hattının tam kapasiteyle işletilmesi planlanmaktadır. 2024 yılı sonuna kadar elektrikli tren setlerinin tamamen devreye alınması ve sefer sıklığının 10 dakikaya indirilmesi öngörülmektedir. Bu iyileştirmelerin gerçekleşmesiyle birlikte, Gaziray’ın günlük 100 binin üzerinde yolcuya hizmet verebileceği tahmin edilmektedir.

Bununla birlikte, banliyö hattının kapsamının genişletilmesi amacıyla havalimanı ve Nizip yönünde hat uzatma projeleri gündemdedir. Halihazırda Nizip’e hizmet veren raybüs sisteminin, elektrifikasyon ile Gaziray’a entegre edilmesi planlanmaktadır. Tramvay ağına yönelik genişleme hedefleri de ulaşım planlamasında önemli yer tutmaktadır. Mevcut Karataş hattının Kuzeyşehir gibi yeni konut alanlarına uzatılması, Burç Kavşağı hattının ise Şahinbey bölgesine yaygınlaştırılması, uzun vadeli yatırım projeksiyonları arasında yer almaktadır. Özellikle Şehir Hastanesi’nin hizmete açılmasıyla birlikte, bu bölgeye tramvay hattı uzatılması zaruri hale gelmiştir.

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, raylı sistemlerin yerli üretimle desteklenmesi yönünde de stratejik adımlar atmaktadır. Mevcut bakım atölyelerinin kapasitesinin artırılması ve ileride bir araç üretim merkezine dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Bu yaklaşım, yerli teknolojiye dayalı çözümlerle raylı sistem işletmeciliğinde sürdürülebilirliği güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

Sürdürülebilir ulaşım politikalarının temel bir bileşeni olarak, Gaziantep 2021 yılında yayımladığı İklim Eylem Planı’nda toplu taşımada elektrikli ulaşım modlarının payını artırmayı taahhüt etmiştir. Raylı sistem yatırımları bu hedefin temel taşı olarak görülmektedir. Banliyö hattının hizmet alanını genişletmek ve özel araç kullanımını azaltmak amacıyla Park Et – Devam Et (Park & Ride) sistemlerinin Gaziray istasyonlarında yaygınlaştırılması planlanmaktadır. Bu sistem sayesinde, özel araç kullanıcıları araçlarını ücretsiz park ederek toplu taşımaya kolay erişim sağlayabilecektir.

Ayrıca, enerji verimliliği hedefleri doğrultusunda Gaziray hattı üzerine güneş panelleri yerleştirilmesi planlanmakta olup, hattın enerji ihtiyacının bir bölümünün yenilenebilir kaynaklardan karşılanması hedeflenmektedir. Bu projenin, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) desteğiyle 2025 yılına kadar uygulanması öngörülmektedir.

### 3.1.9. Kocaeli Raylı Sistem İşletmesi

Kocaeli'nin merkez ilçesi İzmit'te hizmet veren Akçaray tramvay hattı, kent içi ulaşım altyapısının modernizasyonu kapsamında 17 Haziran 2017 tarihinde faaliyete geçirilmiştir. İlk etapta Otogar ile Sekapark arasında inşa edilen 7,4 kilometrelik güzergâhta 11 istasyon yer almış, sefer sıklığı başlangıçta 20 dakikada bir olacak şekilde planlanmıştır. Kısa sürede halk tarafından benimsenen sistem, artan talep doğrultusunda kademeli olarak genişletilmiştir.

9 Şubat 2019 tarihinde ikinci etap kapsamında Sekapark'tan Plajyolu'na kadar olan kesimde dört yeni istasyon devreye alınarak hattın uzunluğu 9,5 kilometreye çıkarılmıştır. Kasım 2019'da eklenen dört istasyonla birlikte Plajyolu nihai doğu terminali olmuş, toplam istasyon sayısı 14'e ulaşmıştır. Son olarak batı yönünde yapılan Kuruçeşme uzatması 20 Nisan 2023 tarihinde tamamlanarak işletmeye alınmış ve Akçaray hattı, Otogar ile Kuruçeşme arasında kesintisiz ulaşım sağlamaya başlamıştır. Görece yeni bir sistem olmasına rağmen Akçaray, kısa sürede İzmit kent merkezinin ulaşım simgelerinden biri haline gelmiştir.

Akçaray tramvay hattı, uluslararası standartlara uygun olarak 1435 mm (standart) ray açıklığında inşa edilmiştir. Enerji beslemesi 750 V DC gerilimle katener sistemi üzerinden sağlanmaktadır. Genişletmelerle birlikte toplam çift hat uzunluğu yaklaşık 10,3 kilometreye ulaşan sistem, 14 istasyon üzerinden hizmet vermektedir.

Hat boyunca raylar büyük oranda yeşil bant içinde veya şehir içi trafiğe kapalı özel koridorlar üzerinde konumlandırılmıştır. Trafikle kesişen noktalarda sinyal önceliği uygulanarak tramvayların güvenli ve hızlı ilerlemesi sağlanmaktadır.

Filo, Bursa merkezli Durmazlar tarafından üretilen Panorama modelinden oluşmakta olup, sistemde toplam 18 adet %100 alçak tabanlı tramvay aracı görev yapmaktadır. Her biri çift yönlü ve beş modüllü yapıda tasarlanmış olan bu araçlar, yaklaşık 32 metre uzunluğa sahiptir. Araçlar tam donanımlı klima sistemine sahip olup engelli erişimine uygun olarak üretilmiştir. Azami hızları 70 km/saat olan araçlar, yaklaşık 300 yolcu kapasitesiyle hizmet vermektedir.

Akçaray tramvay hattı, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulan ve belediyeye %100 bağlı bir iştirak olan UlaşımPark A.Ş. tarafından işletilmektedir. UlaşımPark, sadece tramvay sistemini değil, aynı zamanda belediye otobüsleri ve deniz ulaşımı gibi diğer toplu taşıma modlarını da bütünsel bir yapı içerisinde yönetmektedir. Bu model, tamamen kamu mülkiyetinde ve belediye denetiminde yürütülen bir kamu işletmeciliği örneği sunmaktadır.

Sistem, sinyalizasyon, makas kontrolü ve enerji yönetimini sağlayan merkezi bir işletme ve izleme merkezine entegre edilmiştir. Hattın tüm noktaları güvenlik kameraları ve sesli anons sistemleri ile 7 gün 24 saat izlenmekte; yoğunluk durumuna göre dinamik olarak ek seferler planlanabilmektedir. Bu yapı, hem operasyonel verimliliği hem de yolcu memnuniyetini artırmaya yönelik bir yönetim anlayışının yansımasıdır.

Kocaeli Akçaray tramvay hattının inşaat ve altyapı yatırımları, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı koordinasyonunda gerçekleştirilmiştir. Hattın yapım ihalesi Mayıs 2015'te tamamlanmış olup, projenin ana yüklenicisi 113,9 milyon TL sözleşme bedeli ile belirlenmiştir. İlk etapta Otogar-Sekapark güzergâhı kapsanmış ve inşaat maliyetleri Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından karşılanmıştır. Finansman; belediyenin ulaştırma yatırımları fonu ve İller Bankası'ndan sağlanan uygun koşullu kredilerle sağlanmıştır.

Hattın 2017 yılında hizmete alınmasının ardından yapılan 2. etap (Plajyolu) uzatması için yaklaşık 60 milyon TL tutarında ilave yatırım gerçekleştirilmiştir. Takiben, 2020 yılında ihale edilen Kuruçeşme uzatması ise belediyenin özkaynakları kullanılarak inşa edilmiştir. Bu yatırımlar, Akçaray sisteminin etaplar hâlinde geliştirilerek şehir merkezinin doğu-batı yönünde kesintisiz raylı sistem bağlantısına kavuşmasını sağlamıştır.

Akçaray tramvay hattı, 2017 yılındaki açılışından itibaren Kocaeli Büyükşehir Belediyesi iştirak şirketi olan UlaşımPark A.Ş.'ye devredilmiştir. UlaşımPark, belediyeye %100 bağlı bir kamu işletmesi niteliğinde olup tramvay işletmesinin yanı sıra şehir içi otobüs ve deniz ulaşımı hizmetlerini de yürütmektedir.

Şirket bünyesinde tramvay bakım-onarım birimi, sürüş operasyonları ekibi, istasyon görevlileri ve kontrol merkezi personelinin oluştuğu kapsamlı bir organizasyon yapısı bulunmaktadır. İşletme giderleri—başta enerji tüketimi,



araç ve altyapı bakımı ile personel maaşları olmak üzere-bilet gelirleri ile karşılanmaya çalışılmaktadır. Ancak, öğrenci ve indirimli taşıma oranlarının yüksekliği ile kamu yararı odaklı toplu taşıma politikaları doğrultusunda, finansal sürdürülebilirliği sağlamak adına belediyeden dönemsel destek alınabilmektedir.

Akçaray tramvay sistemi, işletmeye alındığı ilk günden itibaren beklenenin üzerinde yolcu talebi ile karşılaşmış ve kısa sürede kentsel yaşamın önemli bir parçası haline gelmiştir. 2017 yılında sistem günlük ortalama 18-20 bin yolcu taşımaya başlamış; 2019 yılında Plajyolu uzatmasının tamamlanmasıyla birlikte bu sayı 30-35 bin aralığına yükselmiştir. Sistemin rekor günlük yolcu sayısı 56.502 kişi ile 2022 yılı Eylül ayında kaydedilmiştir.

2022 genelinde günlük ortalama yolcu sayısı yaklaşık 40 bin civarında gerçekleşmiş ve haftalık toplam taşınan yolcu sayısı 270 bini aşmıştır. 2024 yılında toplam yolcu sayısı 17.125.579 olarak kayıtlara geçmiş, bu da günlük ortalama yaklaşık 47 bin yolcuya karşılık gelmiştir.

Yoğun kullanım saatleri, sabah ve akşam işe gidiş-geliş saatleridir. Özellikle Yahya Kaptan – Merkez – Sekapark arasında yer alan istasyonlar, hat üzerindeki en yoğun yolcu sirkülasyonunun gerçekleştiği duraklar olarak öne çıkmaktadır. Bu eğilim, sistemin hem işe gidiş hem de merkez odaklı yolculuklar açısından etkin bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Kocaeli ili İzmit merkezinde hizmet veren Akçaray tramvay sistemi, güncel olarak T1 (Otogar-Kuruçeşme) ve T2 (Otogar-Şehir Hastanesi) olmak üzere iki hat üzerinden işletilmektedir. T1 hattı doğuda İzmit Otogarı ile batıda Kuruçeşme arasında yaklaşık 10 km uzunluğunda bir güzergâh üzerinde 14 istasyonla hizmet sunmaktadır. Tüm istasyonlar çift yönlü işletmeye uygun olarak düzenlenmiştir.

T2 hattı ise mevcut T1 hattı ile entegre olarak 2023 Nisan ayında inşa edilen ve Kasım 2025 itibarıyla tam işletmeye alınan bir bağlantı hattıdır. Bu hat, Otogar istasyonundan ayrılarak 3 km’lik bir güzergâhla Şehir Hastanesi’ne uzanmakta ve 5 istasyondan oluşmaktadır. Aktarmasız ulaşım sağlayan bu hat, sağlık kampüsüne erişimi kolaylaştırarak tramvay sisteminin toplumsal erişim işlevini güçlendirmiştir. Bozankaya tarafından Kocaeli Büyükşehir Belediyesi için özel olarak tasarlanan 10 adet tramvay, şehre sevk edilmiştir. Buna ek olarak, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile imzalanan sözleşme kapsamında 5 adet tramvay daha üretilerek Kocaeli’ye teslim edilecektir. Her iki kurumla yapılan anlaşmalar doğrultusunda, kentte hizmet verecek Bozankaya marka tramvay sayısı toplamda 15’e ulaşacaktır.

Bu araçlar, Kocaeli Şehir Hastanesi, Alikahya Stadyumu ve Otogar hatlarında hizmet verecek şekilde planlanmıştır. Söz konusu tramvaylar, hem sağlık hem de ulaşım altyapısına entegre bir katkı sunarak kent içi hareketliliği desteklemektedir.

Akçaray tramvay hattı, 06:00 – 24:00 saatleri arasında kesintisiz hizmet vermekte olup, gece saatlerinde bakım ve altyapı çalışmalarına ayrılmış zaman dilimi bulunmaktadır. Günlük ortalama 300 sefer gerçekleştirilmekte ve toplamda yaklaşık 3.000 kilometrelik mesafe kat edilmektedir. Yoğun saatlerde sefer sıklığı 4-6 dakika arasında değişmekte ve sistem tek yönde saatte yaklaşık 7.000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir.

Mevcut talep seviyelerinde kapasite kullanım oranı %60-70 civarında seyretmektedir. Bu oran, sistemin hâlen önemli ölçüde büyüme ve yolcu artışına yanıt verebilecek bir yapıda olduğunu göstermektedir. Elektronik ücretlendirme, KocaeliKart sistemi üzerinden gerçekleştirilmekte ve sistem, otobüs ve deniz ulaşımı ile entegre biçimde çalışmaktadır. Ayrıca tramvay hattı; İzmit Şehirlerarası Otobüs Terminali (Otogar) ve TCDD Marmaray hattına yürüme mesafesinde olup, şehirlerarası ve bölgesel ulaşım sistemleriyle bağlantı kurmaktadır.

Akçaray tramvay sisteminin başarısı doğrultusunda, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi kent genelinde yeni genişleme projeleri planlamaktadır. Bu kapsamda, Otogar istasyonundan kuzeye ayrılarak Kocaeli Stadyumu ve planlanan Kentsel Dönüşüm Alanı’na ulaşacak yaklaşık 3,8 kilometrelik Alikahya uzatma hattının inşasına 2025 yılı itibarıyla başlanmasa hedeflenmektedir. Bu projeye 5 yeni istasyonun daha eklenmesiyle Akçaray sisteminin toplam uzunluğunun 15 km’ye ulaşması beklenmektedir.

Bununla birlikte, Gebze ilçesinde yürütülen Gebze Metro Projesi, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na devredilmiş ve inşaat faaliyetleri merkezi bütçe ile yürütülmektedir. 2024-2025 döneminde açılması öngörülen bu metro hattı, Marmaray banliyö hattı ile entegrasyon sağlayarak Gebze-İstanbul aksında kesintisiz yolculuk imkânı sunacaktır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, bu hattın işletmesini UlaşımPark A.Ş. aracılığıyla gerçekleştirmeyi planlamaktadır.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, kentin artan ulaşım ihtiyacını karşılamak ve sürdürülebilir ulaşım çözümleri sunmak amacıyla yeni nesil raylı sistem projeleri üzerinde kapsamlı çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda hem mevcut Akçaray tramvay sisteminin geliştirilmesi hem de yeni metro projelerinin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

Uzun vadeli planlamalar doğrultusunda, Akçaray tramvay hattının çevre ilçelere doğru tram-train (hafif raylı tren) konseptiyle uzatılması değerlendirilmektedir. Bu sayede hem şehir merkezindeki yolcu taşımacılığı kapasitesi artırılabilecek hem de uzak ilçelere doğrudan raylı sistem erişimi sağlanarak, toplu taşımada erişilebilirlik önemli ölçüde gelişecektir.

Bu stratejik vizyonun bir parçası olarak geliştirilen en önemli projelerden biri de Kuzey Metro Projesidir. Gebze bölgesinden başlayarak Sabiha Gökçen Havalimanı üzerinden Körfez ilçesine kadar uzanması planlanan bu hat, Kuzey Hafif Raylı Sistem Hattı olarak adlandırılmaktadır. Yaklaşık 27 kilometre uzunluğunda olması öngörülen proje, 2024 yılı itibarıyla etüt ve fizibilite çalışmalarına başlamış ve Cumhurbaşkanlığı 2024 Yılı Yatırım Programı'na dâhil edilmiştir.

Güzergâh ve istasyon sayısı henüz kesinleşmemekle birlikte, teknik çalışmaların tamamlanmasının ardından nihai yatırım kararının alınması planlanmaktadır. Projenin temel hedefi; İstanbul'un Pendik ve Sabiha Gökçen Havalimanı gibi kritik ulaşım merkezlerini, Kocaeli'nin Gebze ve Körfez ilçeleri ile özellikle yoğun sanayi bölgeleri üzerinden entegre etmektir. Böylece hem şehirler arası erişim kolaylaşacak hem de iş gücü hareketliliği, hızlı ve çevreci ulaşım sistemleriyle desteklenmiş olacaktır.

Kısa vadede sistemin işletme kapasitesini artırmak adına 2 adet yedek tramvay aracı temin edilmesi ve mevcut depo sahasının genişletilmesi öngörülmektedir. Ayrıca akıllı sinyalizasyon sistemlerinin devreye alınmasıyla, sefer sıklığının azaltılması ve daha yüksek işletme verimliliği sağlanması hedeflenmektedir. Ulaşım türleri arası entegrasyonu artırmak amacıyla, tramvay istasyonlarında elektrikli otobüs, bisiklet paylaşım sistemleri ve Park Et-Devam Et (Park & Ride) alanlarının kurulmasına yönelik yatırımlar planlanmaktadır.

### 3.1.10. Samsun Raylı Sistem İşletmesi

Samsun kent içi hafif raylı sistemi (SAMRAY), 10 Ekim 2010 tarihinde Gar – Ondokuz Mayıs Üniversitesi istasyonları arasında hizmete açılarak Karadeniz Bölgesi'nin ilk modern tramvay hattı olmuştur. Yaklaşık 16 kilometrelik bu birinci etap, kent merkezi ile üniversite arasındaki yoğun yolcu trafiğine çözüm sunmayı amaçlamıştır.

Sistemin yüksek yolcu talebi ve başarılı işletim performansı doğrultusunda, doğu yönünde Tekkeköy ilçesine uzanan ikinci etap 2013 yılında planlanmış ve 2016 yılında tamamlanmıştır. 12,8 kilometrelik bu ilave hat ile birlikte sistemin toplam uzunluğu yaklaşık 30 kilometreye ulaşmıştır. Bu genişlemeyle hat, şehir merkezinden geçerek Samsun 19 Mayıs Stadyumu ve organize sanayi bölgesine kadar uzanmıştır.

5 Temmuz 2019'da devreye alınan üçüncü etap kapsamında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsü içinde batı yönüne doğru gerçekleştirilen uzatma sayesinde öğrenci yurtlarına kadar erişim sağlanmış ve hattın toplam uzunluğu 35 kilometreye ulaşmıştır. Toplam durak sayısı bu tarihte 43'e yükselmiştir. Daha önce planlanan havaalanı uzatması ise, yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle raylı sistem yerine elektrikli trolleybüs alternatifi çerçevesinde değerlendirmeye alınmıştır.

Samsun hafif raylı sistemi, çift hatlı ve 1435 mm (standart) ray açıklığına sahip olarak inşa edilmiştir. Güzergâh genel olarak yer seviyesinden (at-grade) ilerlemekte, Atakum bölgesinde sinyal kontrollü kavşaklarla karayolu trafiğiyle entegre biçimde çalışmaktadır. Yüksek trafik yoğunluğu olan bazı noktalarda iki karayolu üst geçidi, ayrıca Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsü içerisinde 420 metrelik bir kapalı geçiş kesiti (tünel/viyadük) bulunmaktadır.

Hat boyunca toplam 43 istasyon yer almakta olup istasyon yapıları genellikle açık hava, basit platform düzenindedir. Elektrifikasyon, 750 V DC gerilimli havai katener sistemi ile sağlanmaktadır. Tüm sistem SAMULAŞ A.Ş. bünyesinde bulunan merkezden yönetilmekte olup, kontrol merkezi; sinyalizasyon altyapısı, telsiz haberleşme sistemleri ve CCTV güvenlik kameraları ile desteklenmektedir.

Samsun hafif raylı sisteminde hizmet veren araç filosu toplamda 29 adet modern tramvaydan oluşmaktadır. İlk açılıшта İtalyan AnsaldoBreda firmasının Sirio modeli 16 adet tramvay aracı devreye alınmıştır. Hattın uzatılmasıyla birlikte 2016 yılında Çinli CRRC firmasından 5 adet tramvay temin edilmiş, 2019 yılında ise yerli üretici Durmazlar tarafından üretilen Panorama modelinden 8 adet araç satın alınarak filoya eklenmiştir.

Tüm araçlar çift yönlü sürüşe uygun ve %100 alçak tabanlı yapıda olup, uzunlukları modele göre 32 ila 40 metre arasında değişmektedir. Araçlar klimalı, engelli erişimine uygun donanımlara sahip olup, kentsel yolcu taşımacılığı için çağdaş standartlara uygundur.

Samsun hafif raylı sisteminin işletmesi, Samsun Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı iştirak şirketi olan SAMULAŞ A.Ş. tarafından yürütülmektedir. SAMULAŞ (Samsun Ulaşım İmar İnşaat Yatırım Sanayi ve Ticaret A.Ş.), tramvay ve otobüs gibi tüm kent içi toplu ulaşım modlarını entegre biçimde yöneten kamu sermayeli bir şirkettir.

İşletme modeli, belediyeye ait varlıkların (hat altyapısı, araçlar ve tesisler) yine belediyeye bağlı bir şirket eliyle işletilmesi şeklinde tanımlanabilecek kamu iştiraki eliyle işletme modelidir. Şirketin üst yönetimi doğrudan belediye tarafından atanmakta olup, karar alma ve yatırım planlama süreçleri yerel yönetim denetimi altında yürütülmektedir.

SAMULAŞ, günlük sefer planlamasından araç bakım-onarımına, ücret toplama sisteminden müşteri ilişkilerine kadar tüm operasyonel süreçleri entegre biçimde yönetmektedir.

Samsun hafif raylı sisteminin kuruluşu ve etaplar hâlinde genişletilmesi, ağırlıklı olarak uluslararası finans kuruluşlarından sağlanan krediler ile yerel belediye kaynaklarının birleşimiyle finanse edilmiştir. İlk etabın (Gar – Üniversite, 15,7 km) inşası için Avrupa Yatırım Bankası (AYB) ve OPEC Uluslararası Kalkınma Fonu (OFID) ile yapılan anlaşmalar neticesinde, sırasıyla yaklaşık 60 milyon ABD doları ve 33,95 milyon ABD doları tutarında uzun vadeli kredi sağlanmıştır. Bu dönemde toplam proje maliyeti 156 milyon ABD doları düzeyinde gerçekleşmiştir.

İkinci etap olan Tekkeköy uzatması, 2016 yılında TL cinsinden ihale edilmiş ve Gülermak-YDA ortaklığı tarafından inşa edilmiştir. Bu yatırım, ağırlıklı olarak Samsun Büyükşehir Belediyesi bütçesinden ve İller Bankası kredisi ile karşılanmıştır. Üçüncü etap olan üniversite kampüsü içi uzatma ise belediyenin özkaynaklarıyla ve kısmen Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı desteğiyle tamamlanmıştır.

İşletme maliyetleri (enerji, bakım, personel vb.), büyük ölçüde bilet gelirleriyle karşılanmaya çalışılmakta; ancak indirimli taşımacılık ve sosyal tarife uygulamaları nedeniyle zaman zaman belediye sübvansiyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. 2018 itibarıyla, sistemin 8 yıllık işletme döneminde toplam 136 milyon yolcu taşınmış, bu sayede raylı sistemin kente olan ekonomik ve sosyal katkısı açık biçimde ortaya konmuştur.

Samsun hafif raylı sistemi, açılışından itibaren kent halkı tarafından yoğun ilgiyle karşılanmış ve yolcu sayılarında sürekli bir artış gözlemlenmiştir. 2011 yılında 12 milyon olan yıllık yolcu sayısı, hat genişledikçe artarak 2015'te 17,4 milyon, 2016'da 18,2 milyon, 2017'de 18,9 milyon ve 2018'de 19,5 milyon yolcuya ulaşmıştır. Bu rakamlar, 2018 yılı itibarıyla günlük ortalama 53 bin yolcuya tekabül etmektedir.

2025 yılı projeksiyonlarına göre sistem, günlük 100 bin yolcuya kadar olan talebi karşılayabilecek kapasiteye sahiptir. Bu öngörü, mevcut talebin yaklaşık 1,5 katı olup, sistemin gelecekteki yolcu artışlarına karşı operasyonel olarak hazırlıklı olduğunu göstermektedir.

Samsun hafif raylı sistemi, yaklaşık 35 kilometrelik kesintisiz bir hat üzerinde, 43 istasyonla hizmet vermektedir. Seferler Gar – Tekkeköy ve Üniversite – Kampüs uçları arasında düzenlenmekte, yoğun saatlerde tren sıklığı 5-6 dakikaya kadar düşmektedir. Günlük işletmede yaklaşık 25 tramvay aktif olarak kullanılmakta, geri kalan araçlar ise bakım ve yedekleme amaçlı ayrılmaktadır.

Saatlik taşıma kapasitesi, her biri yaklaşık 375 yolcu kapasiteli araçlarla ve 5 dakikalık sefer aralığıyla tek yönde 8.000 yolcu olarak hesaplanmıştır. Mevcut durumda, sistemin kapasite kullanım oranı gün ortalamalarında bu seviyenin altındadır; ancak sabah-akşam pik saatlerde özellikle Atakum-Merkez kesiminde yüksek yoğunluk gözlenmektedir. Talebe göre ek seferler planlanmakta ve dinamik sefer frekansları uygulanmaktadır.

Samsun Büyükşehir Belediyesi, raylı sistemin geliştirilmesine yönelik kısa ve orta vadeli projeksiyonlar hazırlamaktadır. Bunlar arasında öncelikli gündem maddesi, Samsun-Çarşamba Havalimanı bağlantısıdır. Başlangıçta tramvayla bağlantı düşünülmüş, ancak 2020'de tamamlanan fizibilite çalışmaları sonrasında yüksek maliyet ve sınırlı yolcu potansiyeli nedeniyle elektrikli trolleybüs alternatifi ön plana çıkarılmıştır. Ancak, bölgedeki gelişmelere bağlı olarak tramvay uzatması uzun vadede yeniden değerlendirilebilir.

Bir diğer önemli yatırım projesi, Samsun Şehir Hastanesi'ni raylı sisteme bağlayacak yaklaşık 6 km uzunluğundaki yeni tramvay hattıdır. Bu hattın 2028 yılına kadar tamamlanarak hizmete alınması hedeflenmektedir. Böylece üniversite, stadyum ve şehir hastanesi gibi stratejik noktalar, raylı sistem omurgasıyla entegre biçimde bağlanmış olacaktır.

Araç filosu açısından, mevcut 29 tramvay aracına ek olarak 2023 itibarıyla Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın desteğiyle 15 adet yeni nesil tramvay aracı alımı planlanmıştır. Bu kapsamda, 2024 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından satın alınarak Samsun Büyükşehir Belediyesi'nin kullanımına sunulacak 10 adet tramvay ihalesini Bozankaya kazanmış ve üretim sürecine başlamıştır. Yeni araçların hizmete alınmasıyla birlikte, mevcut AnsaldoBreda tramvaylarının bir kısmının yedek veya yardımcı filo olarak değerlendirilmesi planlanmaktadır.

SAMULAŞ, aynı zamanda enerji verimliliğini artırmak amacıyla rejeneratif fren sistemlerini iyileştirmeyi, yolcu bilgilendirme sistemlerini yenilemeyi ve akıllı şehir entegrasyonu (örneğin sinyal önceliği, gerçek zamanlı veri paylaşımı) gibi teknoloji odaklı projeleri sürdürmektedir.

Samsun ulaşım master planında, hafif raylı sistemin doğu-batı ekseninde kent içi mobilitenin omurgası olarak planlandığı görülmektedir. Bu sistemin, yüksek kapasiteli ekspres otobüs hatları, elektrikli trolleybüsler ve mikro mobilite çözümleriyle desteklenmesi öngörülmektedir. 2030 hedefleri doğrultusunda ikinci bir bağımsız tramvay hattı inşa edilmesi değil, mevcut hattın besleyici ulaşım modlarıyla güçlendirilmesi planlanmaktadır.

Yapımı süren Samsun Şehir Hastanesi için planlanan yeni tramvay hattı, mevcut sistemin doğu yönlü uzantısı olarak hayata geçirilecektir. 10,2 km uzunluğunda ve 11 istasyondan oluşacak bu yeni hat, Tekkeköy ilçesinden ayrılarak şehir hastanesi kampüsüne ulaşacaktır. Proje, 2025 Yılı Yatırım Programı'na alınmış olup, yapım sürecinin beş yıl içinde tamamlanarak 2030'dan önce hizmete alınması hedeflenmektedir. Hat, Samsun Büyükşehir Belediyesi ve İLBANK kredileriyle finanse edilecektir.

Bu hattın tamamlanmasıyla Samsun'un hafif raylı sistem ağı, batıda Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nden başlayarak doğuda Şehir Hastanesi'ne kadar uzanacak ve toplamda yaklaşık 45 km uzunluğa ulaşacaktır.

Samsun'un mevcut Üniversite - Tekkeköy tramvay hattı, 2022 yılında üniversite kampüsü içine kadar 6 km uzatılmış, böylece hattın toplam uzunluğu 35 km'ye çıkarılmıştır. Aynı yıl içerisinde sistemin Samsun Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne ve Çarşamba Havalimanı'na ulaşan doğu uzantısı da tamamlanmıştır.

2023 yılı itibarıyla yeni tramvay araçları filoya eklenmiş, bu sayede sefer sıklığı artırılmış ve özellikle yoğun saatlerde taşıma kapasitesi önemli ölçüde yükseltilmiştir. Bu gelişmeler, sistemin performansını ve kullanıcı memnuniyetini artırmıştır.

Ulaşım planlarında, Samsun hafif raylı sisteminin batıda Alaçam ve Bafra, doğuda ise Terme yönüne uzatılması olasılığı değerlendirilmektedir. Ayrıca şehir içindeki eski demiryolu koridorunun hafif raylı sistem hattına dönüştürülmesi önerisi de gündemdedir. Bu sayede ikinci bir hatla kentin kuzey-güney yönünde de raylı toplu taşıma hizmeti sunulabilecektir.

Genel olarak Samsun'da kentsel raylı ulaşımın geleceği; mevcut hattın verimli kullanımı, stratejik uzatmalarla önemli merkezlere erişimin artırılması, araç filosunun modernizasyonu ve dijitalleşme odaklı teknoloji yatırımları üzerine inşa edilmiştir. Bu yaklaşım, Samsun'u Türkiye'de raylı sistem planlamasında ölçek uyumu ve sürdürülebilirlik açısından örnek gösterilebilecek kentlerden biri haline getirmektedir.

### 3.1.11. Antalya Raylı Sistem İşletmesi

Antalya kent içi raylı sisteminin temelleri, 1999 yılında Müze ile Zerdalilik arasında işletmeye açılan 5 km uzunluğundaki nostaljik tramvay hattı ile atılmıştır. Bu hat, eski model tramvay araçlarıyla hizmet vermekte olup turistik ve sembolik niteliktedir. Kente çağdaş raylı sistemin kazandırılması ise 2009 yılında AntRay adıyla başlatılan modern hafif raylı sistemle mümkün olmuştur. Fatih ile Meydan istasyonları arasında açılan ilk etap yaklaşık 11 km uzunluğunda olup 16 istasyondan oluşmaktadır.

2016 yılında sistem, doğu yönünde Havalimanı ve Expo 2016 fuar alanına kadar uzatılmış, böylece toplam hat uzunluğu iki katına çıkmıştır. 2019 yılında inşasına başlanan 3. Aşama kapsamında, Varsak bölgesinden Otogar ve şehir merkezine ulaşan yeni güzergâh etaplar halinde hizmete alınmış ve mevcut ağ ile bütünleştirilmiştir. Bu genişlemeler sonucunda, 2023 yılı itibarıyla modern tramvay ağının uzunluğu 50 kilometrenin üzerine çıkmıştır.

Antalya Büyükşehir Belediyesi, ulaşım ana planı doğrultusunda raylı sistem ağını genişletmeye devam etmektedir. 2024 itibarıyla, Konyaaltı-Varsak hattını içeren 4. Aşama (18 km) ve Lara-Kundu turizm bölgesine uzanacak 5. Aşama projeleri planlama aşamasındadır. Ayrıca, kuzeyde Döşemealtı Organize Sanayi Bölgesi'ne kadar uzanacak 6. Aşama hattının proje çalışmaları tamamlanmış durumdadır. Bu projeler, Antalya'nın sürdürülebilir ulaşım politikalarının temel bileşenlerindendir.

Antalya raylı sistemi, nostaljik tramvay ve modern hafif raylı sistem olmak üzere iki ayrı yapıdan oluşmaktadır. Modern sistem, AntRay markasıyla işletilmekte olup toplamda 51,5 kilometre hat uzunluğuna ve 69 istasyona sahiptir. Hatlar doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde uzanmakta, şehir merkezinde ortak bir güzergâh üzerinden dört farklı işletme hattı (T1A, T1B, T1C, T1D) ile hizmet vermektedir.

Hat altyapısı, 1435 mm standart ray açıklığına sahip çift hatlı bir yapıda olup, enerji beslemesi 750 V DC katener sistemi ile sağlanmaktadır. Hattın büyük bir bölümü at-grade (yüzeysel) olarak tasarlanmış, bazı noktalarda ise kavşak geçişleri için farklı kot çözümleri uygulanmıştır.

Modern sistemde kullanılan 37 adet çift yönlü tramvay aracı, 375 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir (66 oturan, 309 ayakta). Araçların her biri yaklaşık 43 ton ağırlığında olup, Antalya’nın sıcak iklimi ve turistik yapısı dikkate alınarak güçlü klima sistemleri, geniş iç hacim ve ferah tasarım gibi özelliklerle donatılmıştır. İlk nesil tramvaylar İtalyan CAF firması tarafından temin edilmiş, sonraki dönemlerde Hyundai Rotem ve Bozankaya üretimi araçlar filoya dâhil edilmiştir. Ayrıca nostaljik hatta, Almanya’nın Nürnberg kentinden temin edilen 3 adet klasik tramvay kullanılmaktadır.

Antalya’daki tüm raylı sistemin bakım, onarım ve işletme faaliyetleri, Antalya Ulaşım A.Ş. bünyesindeki uzman teknik ekip tarafından yürütülmektedir. Hat üstyapısı, makaslar, katener sistemleri, sinyalizasyon altyapısı, istasyon donanımları ve araç sistemleri düzenli olarak kontrol edilmekte ve bakım programları kapsamında iyileştirilmektedir. Bu süreçler, hizmet sürekliliği, güvenlik ve konfor açısından kritik öneme sahiptir.

Antalya’daki kent içi raylı sistemlerin işletmesi, Antalya Büyükşehir Belediyesi’ne bağlı bir iştirak olan Antalya Ulaşım A.Ş. tarafından yürütülmektedir. Şirket, hem modern tramvay sistemi (AntRay) hem de nostaljik tramvay hattının yanı sıra kent genelindeki otobüs işletimini de entegre şekilde yönetmektedir. Mülkiyeti belediyeye ait olan altyapı ve araçlar, doğrudan belediye şirketi eliyle işletilmektedir. Şirketin yönetim kurulu belediye tarafından atanmakta olup, kamu hizmeti odaklı ve kâr amacı gütmeyen bir anlayışla faaliyet göstermektedir.

Raylı sistem işletmeciliğinde bilet gelirleri Antalya Ulaşım A.Ş. tarafından toplanmakta ve operasyonel giderlerin karşılanmasında kullanılmaktadır. Gelirlerin yetersiz kaldığı durumlarda ise belediye bütçesinden sübvansiyon sağlanmaktadır. Özellikle nostaljik tramvay hattı, ağırlıklı olarak turistik amaçlı işletildiğinden ekonomik getiriden çok şehrin imajına katkı sağlamak üzere hizmet vermektedir. Raylı sistem yatırımlarının planlama ve uygulama süreçleri ise Antalya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Planlama ve Raylı Sistemler Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülmektedir. Yeni hat projelerinde dış finansman kullanılmasına rağmen, işletme yetkisi belediye şirketinde kalmaya devam etmektedir.

Antalya raylı sistem projeleri, Türkiye’deki diğer büyükşehir uygulamalarından farklı olarak çok kaynaklı ve geniş ölçekli bir finansman modeliyle hayata geçirilmektedir. İlk modern tramvay hattı olan Meydan-Fatih güzergâhı (1. Aşama), 2007-2009 yılları arasında Avrupa Yatırım Bankası (AYB) ve OPEC Fonu kredileriyle inşa edilmiştir. Bu kapsamda, AYB yaklaşık 60 milyon ABD doları, OPEC Fonu ise 30 milyon ABD doları tutarında finansman sağlamıştır.

İkinci aşama olan Meydan-Havalimanı-Expo hattı ise EXPO 2016 organizasyonu çerçevesinde stratejik öncelik kazanmış ve kısmen Hazine garantili dış kredi, kısmen de belediye özkaynakları ile finanse edilmiştir. Bu dönemde ayrıca, İslam Kalkınma Bankası desteğiyle Antalya, Kayseri ve Gaziantep şehirleri için toplam 66 adet tramvay aracının alımı gerçekleştirilmiştir.

Varsak-Otogar güzergâhını kapsayan 3. Aşama için Dünya Bankası’nın iştiraklerinden biri olan IFC (International Finance Corporation) aracılığıyla yaklaşık 140 milyon Avro tutarında dış kredi sağlanmıştır. Takip eden dönemde, Antalya 2023 yılı itibarıyla Dünya Bankası ve İLBANK iş birliğiyle yürütülen “Yeşil Ulaşım” projesi kapsamında Türkiye’de pilot il seçilmiştir. Bu çerçevede, 200 milyon Avro büyüklüğünde finansman paketi onaylanmış olup, bu kaynak öncelikle 4. Aşama Konyaaltı-Varsak hattının yaklaşık 15 milyar TL tutarındaki yatırım maliyetinin karşılanmasında kullanılacaktır.

Raylı sistemin işletmesinden elde edilen bilet gelirleri, otobüs sistemiyle ortak bir finans havuzunda toplanmakta ve ulaştırma hizmetlerinin bütüncül finansmanı sağlanmaktadır. 2024 yılı itibarıyla yalnızca tramvay sisteminden elde edilen biniş geliri yaklaşık 31,4 milyon seviyesine ulaşmıştır. Bu gelirler özellikle enerji giderleri, araç-bakım ve yedek parça temini gibi temel işletme kalemlerini karşılamada kullanılırken; sosyal belediyecilik anlayışıyla uygulanan öğrenci indirimleri ve benzeri teşviklerin yarattığı açıklar belediye bütçesinden karşılanmaktadır.

Antalya’da kent içi modern tramvay sistemi (AntRay), 2024 yılında önemli bir yolcu artışı göstermiştir. Resmî verilere göre modern tramvay hatlarında toplam 31.397.892 biniş gerçekleşmiş, bu da günlük ortalama yaklaşık 86.000 yolcuya karşılık gelmiştir. Aynı yıl, nostaljik tramvay hattı ise 1.135.960 yolcu taşımış ve günlük ortalama 3.100 kullanıcıya ulaşmıştır. Bu verilerle birlikte tramvay, otobüsten sonra Antalya’da en çok tercih edilen ikinci toplu taşıma modu hâline gelmiştir.

Son beş yıllık süreçte (2020-2024), raylı sistem kullanımında düzenli bir artış gözlemlenmiştir. 2020 yılında pandeminin etkisiyle düşen toplam toplu taşıma biniş sayısı (~73 milyon), 2022 itibarıyla 112 milyona, 2024’te ise 112,6 milyona ulaşmıştır. 2024 yılı verilerine göre tramvayın toplu taşımadaki payı yaklaşık %28’dir.



Tramvay yolculuklarında mevsimsel ve bölgesel farklılıklar dikkat çekmektedir. Yaz aylarında turistik alanlara (Havalimanı, Expo) gidişlerde belirgin artış gözlenirken, kış döneminde yerleşik halkın işe ve okula ulaşımında sistem yoğun kullanılmaktadır. En fazla yolcu taşıyan hat, Fatih – Aksu güzergâhını kapsayan T1C hattıdır. En yoğun kesitler ise şehir merkezindeki Otogar – Doğu Garajı koridorunda yer almaktadır.

2025 yılı itibarıyla Antalya modern tramvay sistemi dört ana hat üzerinden (T1A, T1B, T1C, T1D) işletilmektedir. Hatlar şehir merkezinde birleşik güzergâhlar kullanmakta ve bu sayede taşıma kapasitesi merkezi bölgelerde yüksek düzeye ulaşmaktadır. Özellikle Otogar – Müze – Zerdalilik hattı üzerinde sefer sıklığı yoğun saatlerde 2–3 dakikaya kadar düşmektedir. Uç kısımlarda (Varsak, Havalimanı, Expo) bu sıklık 5–10 dakika aralığındadır.

Modern tramvay filosu çift dizi (iki araçlı katar) olarak çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu uygulama, özellikle havalimanı yönündeki yüksek talep dönemlerinde başarıyla uygulanmakta ve taşıma kapasitesini iki katına çıkarmaktadır. Merkez hattın saatlik tek yön taşıma kapasitesi yaklaşık 15.000 yolcuya ulaşabilmektedir.

Antalya tramvay sistemi, otobüs hatlarıyla çeşitli aktarma merkezlerinde (Otogar, Doğu Garajı, Meltem vb.) entegre çalışmaktadır. Elektronik ücretlendirme, AntalyaKart sistemi üzerinden hem tramvay hem otobüslerde ortak olarak sağlanmakta; nostaljik tramvay hattı da bu sisteme dâhildir.

İşletme, Antalya Ulaşım A.Ş. kontrol merkezinden yönetilmekte; araçlar, trafik ve yolcu akışı 7/24 izlenmektedir. Kamera sistemleri, araç takip donanımları ve sefer yönetim yazılımları ile sistemin güvenliği ve sürekliliği sağlanmaktadır. Ayrıca dinamik bilgilendirme ekranları ve AntalyaKart mobil uygulaması üzerinden gerçek zamanlı tramvay takibi gibi yenilikçi uygulamalar da hayata geçirilmektedir.

Antalya Büyükşehir Belediyesi, kentin hızla artan ulaşım ihtiyacını karşılamak ve sürdürülebilir toplu taşımayı güçlendirmek amacıyla raylı sistem ağını batı, doğu ve kuzey yönlerinde genişleten kapsamlı projeler yürütmektedir. Bu çerçevede 4., 5. ve 6. Aşama Raylı Sistem Projeleri eş zamanlı olarak planlanmış ve farklı aşamalarda ilerlemektedir.

**4. Aşama Raylı Sistem Hattı (Varsak – Konyaaltı):** Mevcut Varsak – Otogar hattının batıya uzatılmasını içeren bu etap, Varsak'tan başlayarak şehir merkezini kat ederek Konyaaltı (Antalyaspor Stadyumu) bölgesine kadar ulaşacaktır. Yaklaşık 18 km uzunluğundaki hattın 5,5 km'lik bölümü yer altından geçecek şekilde tasarlanmış olup bu sayede kent merkezindeki çevresel ve kültürel mirasın korunması hedeflenmektedir. 2023 yılında ihalesi gerçekleştirilmiş, yaklaşık 15 milyar TL bedelle yüklenici firma belirlenmiştir. Proje kapsamında 17 adet yeni raylı sistem aracı alınması planlanmaktadır. Yapım aşamasında olan hattın 2026 yılı civarında tamamlanması hedeflenmektedir. Finansman belediye bütçesi ve dış kredi ile sağlanmaktadır.

**5. Aşama Raylı Sistem Hattı (Konyaaltı – Lara – Kundu):** Antalya'nın doğu-batı aksını sahil boyunca bağlayacak olan bu etap, kentin ilk metro standardındaki hattı olarak öne çıkmaktadır. Hat; Konyaaltı'ndan başlayarak şehir merkezi ve Lara üzerinden turistik Kundu bölgesine kadar uzanacaktır. Yaklaşık 22 km uzunluğunda ve 16 ila 18 istasyondan oluşması planlanan hat, özellikle yaz aylarında artan yolcu yoğunluğunu karşılamak üzere yüksek kapasiteli şekilde tasarlanmaktadır. Hattın fizibilite ve proje hazırlık çalışmaları devam etmekte olup süreç, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM) ile koordineli şekilde yürütülmektedir. Projenin 2025 sonrası dönemde yatırım programına alınarak inşasına başlanması planlanmaktadır. Bu proje ile Antalya ilk metro hattına kavuşmuş olacak. Ayrıca mevcut Meydan-EXPO hattının Lara bölgesine uzatılması gibi tali bağlantılar da gündeme alınmıştır.

**6. Aşama Raylı Sistem Hattı (Döşemealtı – Organize Sanayi Bölgesi):** Şehir merkezinden kuzeye, Döşemealtı ve Organize Sanayi Bölgesi yönüne uzanacak bu yeni etap ile Antalya'nın sanayi bölgelerine erişimi artırılması hedeflenmektedir. Hafif metro özellikleriyle planlanan hat, hem iş gücü hareketliliğini kolaylaştıracak hem de kent içi trafik yükünü azaltacaktır. Projenin yatırım programına alınması için hazırlık çalışmaları devam etmektedir.

Antalya tramvay sisteminin gelecekteki gelişiminde, enerji verimliliği ve akıllı şehir uygulamaları ön plandadır. Antalya Ulaşım A.Ş., istasyonlarda süperkapasitör şarj üniteleri gibi sistemlerle enerji depolama çözümleri entegre etmeyi ve belirli hat bölümlerinde (örneğin Kaleiçi) katenersiz işletmeye geçmeyi planlamaktadır. Bu sayede görsel ve çevresel uyum artırılacaktır.

2030 Ulaşım Ana Planı'na göre, Antalya'da raylı sistemin toplu taşımadaki payının %40'a yükseltilmesi hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için hem fiziksel ağın genişletilmesi hem de teknolojik altyapının güçlendirilmesi kritik görülmektedir.

Antalya kent içi raylı sistemleri, güçlü kurumsal yapısı, entegre işletme modeli ve dış kaynak destekli yatırım programlarıyla Türkiye'nin en hızlı gelişen raylı sistem ağlarından biri hâline gelmiştir. Artan yolcu talebi, sürdürülebilir ulaşım hedefleri ve akıllı şehir vizyonu doğrultusunda Antalya'nın raylı sistem ağı, önümüzdeki on yılda bölgesel ölçekte örnek bir model olma potansiyeline sahiptir.

### 3.1.12. Kayseri Raylı Sistem İşletmesi

Kayseri'de kent içi raylı sistem taşımacılığının temelleri, 2009 yılında hizmete açılan 1. etap hat ile atılmıştır. Cumhuriyet Meydanı ile Organize Sanayi Bölgesi arasında işletmeye alınan bu ilk hat yaklaşık 17 km uzunluğundadır ve Kayseri Ulaşım A.Ş. tarafından işletilmektedir. Hat, çağdaş hafif raylı sistem standartlarına uygun şekilde tasarlanmış olup, kentin kuzeydoğu-güneybatı yönündeki ana akslarını birbirine bağlamaktadır.

İlerleyen yıllarda raylı sistem ağı genişletilmiştir. 2014 yılında Talas Üniversitesi hattı devreye girmiş, 2016'da İldem ve Beyazşehir mahallelerini kapsayan batı uzatması ile sistemin toplam uzunluğu 34 km'ye çıkmıştır. 2023 itibarıyla üç ana hattan oluşan Kayseri Raylı Sistem Ağı'nın toplam uzunluğu yaklaşık 35 kilometreyi bulmuş, 55 adet istasyonla kent içi toplu taşımada önemli bir rol üstlenmiştir.

2024 yılı itibarıyla, Kayseri Büyükşehir Belediyesi'nin ulaşım ana planı doğrultusunda raylı sistemin toplam hat uzunluğunun 48 kilometreye çıkarılması hedeflenmektedir. Kayseri Ulaşım Ana Planı kapsamında, uzun vadede fiziksel metro (yer altı) hattı yapımı da gündemdedir. İldem – Organize Sanayi Metro Hattı olarak anılan bu konsept proje, kenti doğudan batıya yüksek kapasiteli bir metro hattı ile bağlamayı hedeflemektedir. Ancak proje şu aşamada yalnızca fikir düzeyindedir ve henüz fizibilite, etüt ya da ihale süreçleri başlatılmamıştır.

Kayseri raylı sistem altyapısı, 1435 mm standart ray açıklığında ve çift hatlı yapıdadır. Enerji beslemesi 750 V DC katener sisteminden sağlanmaktadır. Hatların tamamı yüzey (at-grade) olup, kavşak geçişlerinde sinyalizasyon sistemi ile güvenlik ön planda tutulmaktadır. Tramvay sistemi, yüksek platformlu duraklar, modern biletleme sistemleri ve engelli erişimine uygun tasarımıyla çağdaş bir ulaşım çözümüdür.

Kayseri'de hizmet veren toplam tramvay sayısı 80'dir. Bu araçlardan ilk alınan 38 adet tramvay, Ansaldo Breda tarafından İtalya'da üretilmiştir. Modern sistemde ise Bozankaya tarafından yerli imkânlarla üretilen 42 adet tramvay aktif olarak hizmet vermektedir.

Söz konusu araçlar; Kayseri Organize Sanayi Bölgesi, Doğu Terminali, İldem, Cumhuriyet Meydanı, İpeksaray, Talas ve Anayurt hatlarında görev yapmaktadır. Bozankaya tarafından üretilen son 11 adet yeni nesil tramvay ise 2024 yılı içerisinde filoya dâhil edilmiştir.

Beş modüllü yapıya sahip olan bu araçlar, ortalama 300 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Kayseri'de toplu ulaşımında yerli üretime öncelik verilmekte olup, hizmetteki 42 adet tramvay Bozankaya tarafından tedarik edilmiştir.

Kayseri'de raylı sistemin işletmesi ve bakımı, Kayseri Ulaşım A.Ş. tarafından yürütülmektedir. Firma, Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı bir kamu iştirakidir ve otobüs sistemleriyle entegre şekilde toplu taşımayı koordine etmektedir. Araçların periyodik bakımları, ray hatlarının kontrolleri, katener sistemleri ve sinyalizasyon altyapısının izlenmesi tamamen kurum bünyesindeki uzman ekipler tarafından yapılmaktadır.

Raylı sistemden elde edilen bilet gelirleri, kent genelindeki otobüs ve otopark işletmelerini de kapsayan ortak havuz sistemi içinde değerlendirilmekte ve sistemin operasyonel sürdürülebilirliği bu yolla sağlanmaktadır. Belediye, düşük gelirli gruplar, öğrenciler ve engelliler için uygulanan indirimli tarifelerin maliyetlerini kendi bütçesinden karşılamaktadır.

2024 yılı verilerine göre, Kayseri Raylı Sistem Ağı'nda yıllık toplam 33 milyon biniş gerçekleşmiş olup bu sayı günlük ortalama 90.000 yolcuya tekabül etmektedir. Yolcu yoğunluğu özellikle sabah ve akşam saatlerinde artmakta, Talas – Cumhuriyet Meydanı hattı en yoğun kullanılan güzergâh olarak öne çıkmaktadır. Yaz aylarında şehir merkezinden dış mahallelere olan turistik ve sosyal seyahatlerde artış görülmektedir.

Kayseri raylı sisteminde işletme yoğunluğu bazı güzergâhlarda 5 dakikada bir sefere kadar düşmektedir. Araçlar, çift set halinde çalışabilmekte ve bu sayede saatlik taşıma kapasitesi merkez koridorlarda 12.000 yolcuya kadar çıkmaktadır. Yeni hatlarla bu kapasitenin 2026 yılı itibarıyla %30 oranında artırılması öngörülmektedir.

Raylı sistem, KayseriKart elektronik ücretlendirme sistemi ile çalışmakta; hem otobüs hem tramvay hatlarında geçerli olan bu sistem sayesinde aktarmalı yolculuklar kolaylaştırılmaktadır. Kent genelindeki otobüs sistemleriyle Otogar, Üniversite, Şehir Hastanesi gibi merkezlerde aktarma noktaları oluşturulmuştur.

Kayseri raylı sistem yatırımları büyük oranda belediye özkaynakları ve uluslararası finans kuruluşlarından sağlanan kredilerle gerçekleştirilmiştir. 1. ve 2. etap projeleri Avrupa Yatırım Bankası desteğiyle, Talas ve Beyazşehir uzantıları ise İslam Kalkınma Bankası ve İLBANK iş birliğiyle finanse edilmiştir. Son dönemde 6,7 km'lik Mevlana – Furkan Doğan hattı için Dünya Bankası kaynaklı Yeşil Ulaşım finansman paketi devreye alınmıştır.

2030 Ulaşım Ana Planı'na göre Kayseri'de raylı sistemin toplu taşımadaki payının %35'e çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda hem yeni hat yatırımları hem de mevcut sistemde verimlilik artırıcı dijital uygulamaların entegrasyonu sürmektedir. 2024 yılı itibarıyla, yolcu bilgilendirme sistemleri, araç içi kamera sistemleri, mobil uygulama ile gerçek zamanlı takip ve katenersiz test hatları gibi birçok teknoloji entegre edilmiştir.

Sonuç olarak, Kayseri raylı sistem ağı; şehir içi ulaşımında entegre, verimli ve sürdürülebilir bir model olarak gelişimini sürdürmektedir. Yerli üretimi önceleyen araç politikası, güçlü kurumsal yapı ve yeşil finansman yaklaşımı ile Kayseri, Türkiye'nin model kentlerinden biri olarak ön plana çıkmaktadır.

## 3.2. Raylı Sistem Planlanan Kentler

### 3.2.1. Mersin

Mersin, kent içi raylı sistem kurulumuna yönelik somut adımları 2010'lu yılların sonunda atmaya başlamış ve uzun vadeli ulaşım stratejisi çerçevesinde metro sistemine odaklanmıştır. Türkiye'nin önemli liman kentlerinden biri olan Mersin, artan nüfusu ve kent içi trafik yoğunluğu nedeniyle raylı toplu taşıma sistemlerini ulaşım planlamasında stratejik bir araç olarak değerlendirmektedir.

Mersin'in raylı sistem projesi, 2018 yılında Mersin Ulaşım Ana Planı kapsamında tasarlanmış ve metro sisteminin fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. Mersin Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan projeye ilişkin Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın onayı 2019 yılında alınmıştır. Proje, kent merkezinden başlayarak doğu-batı ekseninde yayılması planlanan toplam 13.4 kilometrelik tek bir metro hattı olarak tasarlanmıştır.

Hattın inşaatına yönelik ihale süreci 2020 yılında başlatılmış ve kazanan firmaya sözleşme 2021 yılı başında verilmiştir. COVID-19 pandemisi ve makroekonomik gelişmeler nedeniyle yatırım süreci öngörülen takvimden sapmalar yaşasa da, 2022 yılında temel atma töreni gerçekleştirilmiştir.

Mersin Metrosu, batıda Mezitli'den başlayarak doğuda eski otogar bölgesine kadar uzanacak şekilde 13.4 km uzunluğunda ve 11 istasyondan oluşacak biçimde planlanmıştır. Hat tamamlandığında Mersin Üniversitesi, Marina, Forum AVM, Gar ve Otogar gibi önemli merkezleri birbirine bağlayacaktır. Tamamen yer altı inşa edilecek hat, 80 metre uzunluğunda peronlara ve saatte tek yönde 15.000 – 20.000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olacaktır.

Elektrifikasyon sistemi 1500 V DC katener sistemi olarak planlanmakta, tren setlerinin maksimum hızı ise 80 km/s olacak şekilde belirlenmiştir. Hat üzerinde yüksek güvenlik standardı sağlayacak sinyalizasyon sistemleri ve enerji geri kazanım teknolojileri (rejeneratif frenleme gibi) yer alacaktır.

Mersin metrosunun işletmeciliği, Mersin Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı koordinasyonunda yürütülecek olup, işletme şirketinin belediye iştiraki olarak kurulması planlanmaktadır. Tüm sürücü, bakım personeli ve istasyon çalışanları bu yapı altında istihdam edilecektir. Hat üzerindeki bilet entegrasyonu, Mersin Kart sistemi üzerinden sağlanacaktır.

İstasyonlar turnike kontrollü olup, engelli erişimine uygun düzenlemeler içerecektir. Hat üzerindeki tüm istasyonlarda CCTV sistemleri, yolcu bilgilendirme ekranları ve acil durum haberleşme sistemleri yer alacaktır.

Mersin metro projesinin toplam yatırım maliyeti yaklaşık 3.379.000.000 TL (2021 fiyatlarıyla) olarak öngörülmüş ve yatırımın büyük bölümü uzun vadeli dış kredilerle finanse edilmektedir. Çin menşeli bankalardan sağlanan düşük faizli krediler ile projenin %80'i karşılanmakta, geri kalan kısmı ise belediye öz kaynakları ve İller Bankası katkısı ile tamamlanmaktadır. Proje, kamu-özel iş birliği modeliyle değil, doğrudan kamu yatırımı olarak gerçekleştirilmektedir.

Proje fizibilite raporlarına göre Mersin Metrosu hizmete girdiğinde günlük 300.000'e kadar yolcu taşıma kapasitesine ulaşabilecektir. İlk etapta bu kapasitenin %30-40'ının kullanılması öngörülmekte olup, özellikle üniversite ve alışveriş merkezi gibi yoğun noktalar arasında yolculuk sürelerinin ciddi oranda azalması beklenmektedir. Mezitli – Otogar arasındaki ulaşım süresi, metro hattı ile yaklaşık 20 dakikaya düşecektir.

Mersin, 2022 yılında yayımladığı Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Planı (SUMP) kapsamında, kentte toplu taşımada elektrikli ulaşım sistemlerinin payını artırmayı hedeflemiştir. Bu doğrultuda metro yatırımı, karbon salınımını azaltma, özel araç kullanımını düşürme ve toplu taşımaya yönlendirme açısından kritik rol oynamaktadır.

Metro hattı ile birlikte Park Et – Devam Et sistemlerinin kurulması planlanmaktadır. Ayrıca bisiklet paylaşım sistemleri ve lastik tekerlekli otobüslerle metro entegrasyonunun artırılması amacıyla aktarma merkezlerinin kurulması öngörülmektedir.

Mersin Metrosu’nun ikinci etap planlamaları da uzun vadede gündeme alınmıştır. Özellikle ilk hattın Tarsus yönüne uzatılması, havalimanı bağlantısının kurulması ve OSB gibi sanayi bölgelerine erişimin sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca, tramvay ve hafif raylı sistem gibi alternatif raylı modlar da orta vadeli planlara dâhil edilmiştir.

Belediye, mevcut metro bakım atölyesinin ileride araç üretim ve test merkezine dönüştürülmesini planlamakta; yerli raylı sistem teknolojilerine yatırım yapma yönünde stratejik kararlar almaktadır.

### **3.2.2. Trabzon**

Trabzon, Karadeniz Bölgesi’nin en büyük metropol şehirlerinden biri olarak, coğrafi yapısı ve artan ulaşım talebi doğrultusunda kent içi toplu taşıma çözümleri arasında raylı sistemlere yönelmiştir. Türkiye’de sahil şeridine paralel uzanan yerleşim dokusu, Trabzon’da doğu-batı aksında bir raylı sistem ihtiyacını doğurmuştur. Bu kapsamda, Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Akçaabat – Trabzon Merkez – Yomra Hafif Raylı Sistem Projesini hayata geçirmek üzere kapsamlı bir hazırlık süreci yürütmektedir.

Raylı sistem ihtiyacı, 2009 yılı Trabzon Ulaşım Ana Planı’nda ilk kez gündeme gelmiş; 2020’de güncellenen plan kapsamında birincil öncelikli yatırım haline gelmiştir. Bu doğrultuda Trabzon Büyükşehir Belediyesi, 2023 yılında projenin kamuoyuna tanıtımını yapmıştır. Aynı yıl içinde etüt ve sondaj çalışmaları büyük ölçüde tamamlanmış; Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na bağlı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü tarafından uygulama projelerinin 2025 yılı sonuna kadar tamamlanması ve projenin 2026 yılı yatırım programına alınması hedeflenmiştir.

Planlanan hafif raylı sistem hattı, Trabzon sahil koridoru boyunca batıdan doğuya uzanacak şekilde tasarlanmıştır. Hat, batıda Akçaabat ilçesinden başlayarak, şehir merkezinden (Meydan) geçip doğuda Yomra ilçesi ve havaalanı bölgesine kadar uzanacaktır. Projenin toplam uzunluğu yaklaşık 32 kilometre, istasyon sayısı ise 31 olarak öngörülmüştür.

Hat, kentsel odak noktaları olan üniversite kampüsü, hastane, belediye, liman, alışveriş merkezleri ve havaalanını birbirine bağlayacak şekilde tasarlanmış, özellikle sabah ve akşam saatlerindeki trafik yükünü hafifletmeyi amaçlamaktadır.

Raylı sistemin tamamı karayolu seviyesinde (at-grade) çalışacak şekilde planlanmıştır. Güzergâh üzerinde çift hat, 750V DC katener elektrik sistemi, ve her biri yaklaşık 40 metre uzunluğunda %100 alçak tabanlı çift yönlü tramvay araçları yer alacaktır.

Hattın işletmesi, Trabzon Büyükşehir Belediyesi bünyesinde kurulacak özel amaçlı bir şirket (örneğin TrabRay A.Ş.) tarafından yürütülecek şekilde planlanmaktadır. Tüm personel, bakım süreçleri, kontrol merkezleri ve istasyon işletmesi yerel yönetim bünyesinde organize edilecektir.

Trabzon Kart elektronik ücretlendirme sistemi ile bilet entegrasyonu sağlanacak, turnike sistemi büyük transfer istasyonlarında uygulanacaktır.

Trabzon Hafif Raylı Sistem Projesi’nin finansmanı, büyük oranda Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı üzerinden merkezi bütçe kaynaklarıyla sağlanacaktır. Trabzon Büyükşehir Belediyesi’nin proje geliştirme, etüt ve koordinasyon görevlerini yürüttüğü bu yatırımda, altyapı yatırımlarının tamamı merkezi yönetim tarafından üstlenilecektir.

Üstyapı için gerekli olan araç temini, sinyalizasyon ve elektromekanik işler kapsamında dış kredi imkanları araştırılmakta olup, projede kamu-özel iş birliği modeli (KÖİ) düşünülmemektedir.

Projenin ilk kazmasının 2026 yılının son çeyreğinde vurulması hedeflenmekte, uygulama ve inşaat sürecinin etaplar halinde yürütülmesi planlanmaktadır. Trabzon Hafif Raylı Sistemi, hayata geçtiğinde Karadeniz Bölgesi’nde Samsun’dan sonra raylı toplu taşıma altyapısına sahip ikinci şehir olacaktır. 32 kilometrelik bu hat, Trabzon’un doğu-batı ekseninde gelişen ulaşım ihtiyacına çağdaş bir çözüm sunacak; toplu taşımaya erişimi artırarak özel araç kullanımını azaltacaktır. Sistem, günlük 150.000 yolcuya kadar hizmet verebilecek kapasitede tasarlanmış, özellikle üniversite öğrencileri, kamu çalışanları ve havaalanı ulaşımı açısından yüksek talep potansiyeline sahiptir.

Trabzon’un İklim Eylem Planı kapsamında elektrikli ulaşım modlarının artırılması hedeflenmiş olup, bu proje söz konusu hedefin omurgasını oluşturmaktadır. Raylı sistemle birlikte, kent içinde Park Et – Devam Et (P+R) sistemlerinin kurulması, bisiklet yolları ve mikro mobilite araçlarıyla entegrasyon, karbon emisyonlarının azaltılması gibi çevresel kazanımlar da öngörülmektedir.

Gelecekte hat üzerinde yenilenebilir enerji kaynakları (örneğin güneş panelleri) ile enerji ihtiyacının kısmen karşılanması hedeflenmekte; bu konuda Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) gibi kuruluşlarla iş birliği araştırılmaktadır.

## 4. TÜRKİYE’DE RAYLI SİSTEMLER ARAÇ VE VAGON ÜRETİCİLERİ İLE HİZMET VEREN ARAÇLARIN DURUMU

Türkiye, raylı sistem araçlarının üretimi ve bakım hizmetleri alanında hem ulusal hem de uluslararası pazarlarda önemli bir konuma sahiptir. Türkiye’deki başlıca raylı sistemler araç üreticileri şunlardır:

### 4.1. TÜRASAŞ

Türkiye’de demiryolu araçlarının üretim, bakım ve onarım hizmetleri uzun yıllar boyunca TCDD Genel Müdürlüğü’ne bağlı olarak faaliyet gösteren TULOMSAŞ, TÜVASAŞ ve TÜDEMSAŞ tarafından yürütülmüştür. Bu kuruluşlar; sırasıyla anahat ve manevra lokomotifleri, yük ve yolcu vagonları ile dizel/elektrikli tren setlerinin üretiminde, bakımında ve onarımında uzmanlaşmışlardır. Ancak, 4 Mart 2020 tarihli ve 31058 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 2186 sayılı Cumhurbaşkanî Kararı ile bu üç kurumun tek çatı altında birleştirilmesi kararlaştırılmış ve Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş. (TÜRASAŞ) adıyla yeni bir yapı oluşturulmuştur. Merkezi Ankara’da yer alan TÜRASAŞ, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na bağlı bir kamu kuruluşu olarak faaliyet göstermeye başlamış, bu kapsamda TULOMSAŞ, TÜVASAŞ ve TÜDEMSAŞ’ın tüzel kişilikleri sona erdirilmiştir.

TÜRASAŞ, demiryolu sektöründe geniş bir ürün yelpazesi sunarak dizel ve elektrikli lokomotifler, elektrikli ve dizel tren setleri (EMU/DMU), banliyö ve metro araçları, yüksek hızlı tren (YHT) setleri ile yolcu ve yük vagonlarının üretimini gerçekleştirmektedir. Kurumsal miras doğrultusunda; Eskişehir tesisleri lokomotif ve motor üretiminde, Sakarya tesisleri yolcu vagonları ve tren setlerinde, Sivas tesisleri ise yük vagonlarında uzmanlaşmıştır. TÜRASAŞ günümüzde özellikle yerli ve milli üretim hedefi doğrultusunda yeni nesil elektrikli lokomotif, milli elektrikli tren seti ve milli hızlı tren seti projelerini yürütmektedir.

TÜRASAŞ’ın ana statüsü, 3 Haziran 2020 tarihli ve 2603 sayılı Cumhurbaşkanî Kararı ile yürürlüğe girmiştir. Şirketin Ticaret Siciline kaydı 30 Temmuz 2020 tarihinde tamamlanmış ve bu işlem 5 Ağustos 2020 tarihli ve 10131 sayılı Ticaret Sicil Gazetesi’nde yayımlanmıştır. Bu tarihten itibaren TULOMSAŞ, TÜRASAŞ Eskişehir Bölge Müdürlüğü; TÜVASAŞ, TÜRASAŞ Sakarya Bölge Müdürlüğü; TÜDEMSAŞ ise TÜRASAŞ Sivas Bölge Müdürlüğü adıyla faaliyetlerine devam etmektedir.

TÜRASAŞ, üç bölge müdürlüğüyle birlikte demiryolu sanayisinde 100 yılı aşkın birikimiyle faaliyet göstermektedir. Yaklaşık 4.000 nitelikli personeli ve 370 bin metrekareyi aşan kapalı üretim alanıyla, yerli ve milli teknolojilere dayalı ürün geliştirme kapasitesini her geçen gün artırmaktadır. Bu yönüyle TÜRASAŞ, Türkiye’de raylı sistemler sektörünün en büyük temsilcisi konumundadır.

TÜRASAŞ’ın kuruluş amaçları aşağıdaki temel hedeflere dayanmaktadır:

- Raylı sistem araçlarının ve kritik alt bileşenlerinin yerli ve milli tasarım ile üretimini gerçekleştirmek ve bu alandaki yerlilik oranını artırmak,
- Yerli sanayinin Ar-Ge, tasarım ve üretim kabiliyetlerini geliştirmek,
- Her türlü raylı sistem aracı ve bileşenlerinin imalatı ile bakım-onarım faaliyetlerini yürütmek veya bu hizmetleri temin etmek,
- Faaliyetlerini doğrudan veya bağlı müessese, işletme, iştirak ve diğer birimler vasıtasıyla organize etmek,
- Ulusal ihtiyaçları öncelikli olarak karşılamak amacıyla, herhangi bir siparişe bağlı olmaksızın raylı sistem araçları ve bileşenlerine yönelik proje ve prototip çalışmalarını kendi kaynaklarıyla gerçekleştirmek.

TÜRASAŞ, Türkiye’nin raylı sistem araçları alanında yerli ve milli üretim politikalarının hayata geçirilmesinde stratejik bir görev üstlenmektedir. Ülkemizin demiryolu araçlarında dışa bağımlılığı azaltmayı ve uluslararası standartlara uygun üretim yapmayı hedefleyen bu yapısal dönüşüm, Avrupa Birliği düzenlemeleriyle de doğrudan ilişkilidir.

2007 yılında Avrupa Birliği ülkelerinde yürürlüğe giren Trans-Avrupa Konvansiyonel Demiryolu Sistemi çerçevesinde, çeken ve çekilen araçlar ile yük vagonlarının alt sistemlerinin, teknik uyum ve birlikte işlerliğini sağlayan TSI (Technical Specification for Interoperability) gerekleri zorunlu hale gelmiştir. Bu düzenleme doğrultusunda, üreticilerin ve işletmecilerin Trans-Avrupa Demiryolu Ağı’nda (TEN-T) faaliyet gösterebilmeleri için TSI sertifikası almaları şart olmuştur.



Bu kapsamda TÜRASAŞ, aşağıda belirtilen ürün grupları için TSI uygunluk belgelerini alarak uluslararası geçerliliğe sahip üretim kabiliyetini belgelemiştir:

- DE 36000 Tipi Elektrikli Lokomotif
- Yataklı Vagon
- Kompakt Fren Sistemli Y25 Boji
- Kompakt Fren Sistemli H Tipi Y25 Boji
- Konvansiyonel Fren Sistemli Y25 Boji
- Rilns, Eanoss, Rgns, Sgns, Talns, Zacens ve Sggmrs tipi yük vagonları

Ayrıca, araba taşıma vagonunun sertifikasyon süreci tamamlanmak üzere olup, yük vagonlarının bakım ve onarım faaliyetlerine yönelik ECM (Entity in Charge of Maintenance) sertifikası da temin edilmiştir. Hâlen yürütülmekte olan Milli E5000 Elektrikli Lokomotif Projesi için TSI sertifikasyon süreci tamamlanmıştır.

TÜRASAŞ’ın üç bölge müdürlüğü bünyesinde çeşitli kalite yönetim sistemleri ve uluslararası belgeler mevcuttur. Bu belgelerden bazıları şunlardır:

- IRIS Sertifikası (Sakarya Bölge Müdürlüğü)
- **ISO 9001:** Kalite Yönetim Sistemi
- **ISO 14001:** Çevre Yönetim Sistemi
- **ISO 45001:** İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi
- **ISO 27001:** Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi
- **EN 15085-2:** Demiryolu Araçları Kaynak Standardı
- **ISO 3834-2:** Kaynak Kalite Gereklilikleri
- **ISO 17025:** Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarları Yeterlilik Standardı

TÜRASAŞ’ın üretim ve bakım-onarım kapasitesi, sektördeki teknik altyapısının büyüklüğünü ve etkinliğini göstermektedir:

| Faaliyet Alanı                | Yıllık Kapasite |
|-------------------------------|-----------------|
| Dizel Tren Seti Üretimi       | 75 araç/vagon   |
| Lokomotif Üretimi             | 45 adet         |
| Dizel Tren Seti Bakım-Onarımı | 500 araç/vagon  |
| Lokomotif Bakım-Onarımı       | 120 adet        |
| Yük Vagonu Üretimi            | 1150 vagon      |
| Yük Vagonu Bakım-Onarımı      | 3250 vagon      |

**Tablo 4.1** TÜRASAŞ Yıllık Üretim Kapasitesi

TÜRASAŞ’ın sunduğu üretim ve hizmet yelpazesi oldukça geniştir. Başlıca faaliyet alanları aşağıdaki gibidir:

- Dizel ve elektrikli tren setlerinin üretimi, bakımı ve onarımı
- Dizel elektrikli, elektrikli, dizel hidrolik ve hibrit tipte anahat ve manevra lokomotiflerinin üretimi ve bakımı
- Demiryolu bakım-onarım araçlarının üretimi ve modernizasyonu
- Hafif raylı sistem araçlarının modernizasyonu ile alt komponent üretimi ve bakımı
- Yük ve yolcu vagonlarının çeşitli tiplerde üretimi ve onarımı
- Ana alt bileşenlerin (boji, fren sistemleri, motor vb.) tasarımı ve üretimi

#### 4.1.1. TÜRASAŞ Eskişehir Bölge Müdürlüğü

TÜRASAŞ Eskişehir Bölge Müdürlüğü, demiryolu araçlarının üretimi ve bakımında 127 yıllık köklü bir tecrübeye sahiptir. Başta TCDD Genel Müdürlüğü olmak üzere, yurt içi ve yurt dışındaki birçok kamu ve özel sektör kuruluşunun ihtiyaçlarını karşılayarak sektöre önemli katkılar sunmaktadır.

Bölge Müdürlüğü; dizel hidrolik, dizel elektrikli, elektrikli ve hibrit tipte anahat ve manevra lokomotifleri, yük vagonları, yol bakım araçları ile bu araçlara ait alt bileşenler ve yedek parçaların üretimini gerçekleştirmektedir. Türkiye'de lokomotif üretimi gerçekleştiren tek tesis olma özelliğini taşımaktadır.

Eskişehir Bölge Müdürlüğü'nün sahip olduğu teknik altyapı, üretim esnekliği ve entegre tesis yapısı sayesinde aşağıdaki kapasite hedefleri gerçekleştirilmekte ya da gerçekleştirilebilir durumdadır:

- Aynı anda iki farklı tipte olmak üzere, aylık 2 adet dizel elektrikli ve 4 adet elektrikli lokomotif üretimi
- Günlük 1 adet dizel motor üretimi
- Aylık 2 adet lokomotif revizyonu
- Günlük 3 adet yük vagonu ve 2 adet cer motoru üretimi

Toplamda 540.000 m<sup>2</sup> açık ve 183.700 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip olan Eskişehir Bölge Müdürlüğü, entegre çalışan 6 ayrı fabrikadan oluşan bir üretim kompleksidir. Bu yapı, tasarımdan nihai ürüne kadar olan tüm üretim ve bakım süreçlerinin aynı kampüs içerisinde yürütülmesine olanak tanımakta, böylece verimlilik ve kalite kontrol süreçlerinde yüksek bir etkinlik sağlanmaktadır.

Eskişehir Bölge Müdürlüğü, sahip olduğu uzmanlık, üretim kabiliyeti ve kurumsal birikimle, Türkiye'nin raylı sistemler alanındaki en stratejik üretim merkezlerinden biri konumundadır. Lokomotif üretimi başta olmak üzere, demiryolu sanayisinin kritik ihtiyaçlarına yanıt verebilecek kapasite ve donanımına sahiptir.

#### 4.1.2. TÜRASAŞ Sakarya Bölge Müdürlüğü

TÜRASAŞ Sakarya Bölge Müdürlüğü, Türkiye'nin raylı sistem araçları üretiminde köklü geçmişe sahip stratejik bir merkezdir. Temeli 25 Ekim 1951 tarihinde "Vagon Tamir Atölyesi" adıyla atılan kurum; sırasıyla 1961'de "Adapazarı Demiryolu Fabrikası (ADF)", 1975'te "Adapazarı Vagon Sanayi Müessesesi (ADVAS)", 1985'te ise "Türkiye Vagon Sanayi A.Ş. (TÜVASAŞ)" adlarını almıştır. 4 Mart 2020 tarihli ve 31058 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 2186 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile TÜRASAŞ çatısı altına alınarak bugünkü statüsüne kavuşmuştur.

1962 yılında ilk vagon üretimini gerçekleştiren Sakarya Bölge Müdürlüğü, geçen yıllar içerisinde yolcu vagonları, elektrikli banliyö trenleri, raybüsler, TVS-2000 serisi pulman, yataklı, yemekli ve kuşetli lüks yolcu vagonları ile dizel tren setleri üretimiyle ürün gamını genişletmiştir. Bugüne kadar yaklaşık 3.000 adet farklı tipte yolcu aracı üretilmiş; ayrıca 40.000'den fazla raylı araç bakım, onarım ve modernizasyondan geçirilmiştir.

Sakarya Bölge Müdürlüğü'nün en önemli projelerinden biri, Türkiye'nin ilk Milli Elektrikli Tren Setinin geliştirilmesi olmuştur. 2013 yılında başlatılan proje kapsamında, saatte 160 km hıza ulaşabilen ve alüminyum gövdeden üretilen tren setleri tasarlanmış, başarıyla tamamlanmıştır. Her tren seti, biri motorlu diğeri treyler olmak üzere iki bojdin oluşmakta; tahrikli bojdilerde yer alan 325 kW gücündeki elektrik motorları yüksek performans sağlamaktadır.

Söz konusu tren setleri, ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak tasarlanmış; güvenlik, seyir emniyeti ve yolcu konforu ön planda tutulmuştur. Tasarım ve üretim aşamalarının tamamı, bağımsız ve akredite bir uygunluk değerlendirme kuruluşu (No-Bo) tarafından denetlenmiş olup, araçların TSI (Technical Specification for Interoperability) sertifikasyonu süreci de sürmektedir. Bu sertifika, tren setlerinin hem Türkiye'de hem de Avrupa Birliği ülkelerinde işletilebilmesine olanak sağlayacaktır.

Sakarya Bölge Müdürlüğü'nün ihracat faaliyetleri, 1971-1976 yılları arasında Pakistan'a gönderilen 77 adet vagon ile başlamıştır. Bunu 2006 yılında Irak'a 12 adet jeneratör vagonu, 2012'de Bulgaristan'a 30 adet TSI sertifikalı yataklı vagon, 2016 yılında ise yine Irak'a yemekli, yataklı, pulman ve kompartımanlı tipte 14 adet yolcu vagonu ihracatı izlemiştir. Bulgaristan'a ihraç edilen vagonlar, Türkiye'de üretilen ilk TSI sertifikalı araçlar olması açısından özel bir öneme sahiptir.

Sakarya Bölge Müdürlüğü, toplam 380.000 m<sup>2</sup> alan üzerinde faaliyet göstermekte olup bunun 110.000 m<sup>2</sup>'si kapalı alandır. Mevcut 5 fabrikanın yanı sıra, Haziran 2019'da faaliyete geçen Alüminyum Gövde Üretim Tesisi ile birlikte üretim kapasitesi önemli ölçüde artmıştır. Bu tesis, yıllık 240 araç gövdesi üretim kapasitesiyle, kurumu çelik gövde üretiminin yanı sıra alüminyum gövde üretiminde de öncü bir konuma taşımıştır.

Ayrıca, 2020 yılında kurulan robotik kaynak otomasyon sistemi sayesinde boji şasilerinin imalatı tamamen yerli imkanlarla gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknolojik yatırımlar, Sakarya Bölge Müdürlüğü’nün modern üretim anlayışını ve yerli sanayiye olan katkısını göstermektedir.

#### 4.1.3. TÜRASAŞ Sivas Bölge Müdürlüğü

TÜRASAŞ Sakarya Bölge Müdürlüğü, Türkiye’nin raylı sistem araçları üretiminde köklü geçmişe sahip stratejik bir merkezdir. Temeli 25 Ekim 1951 tarihinde “Vagon Tamir Atölyesi” adıyla atılan kurum; sırasıyla 1961’de “Adapazarı Demiryolu Fabrikası (ADF)”, 1975’te “Adapazarı Vagon Sanayi Müessesesi (ADVAS)”, 1985’te ise “Türkiye Vagon Sanayi A.Ş. (TÜVASAŞ)” adlarını almıştır.

4 Mart 2020 tarihli ve 31058 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 2186 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile TÜRASAŞ çatısı altına alınarak bugünkü statüsüne kavuşmuştur.

1962 yılında ilk vagon üretimini gerçekleştiren Sakarya Bölge Müdürlüğü, geçen yıllar içerisinde yolcu vagonları, elektrikli banliyö trenleri, raybüsler, TVS-2000 serisi pulman, yataklı, yemekli ve kuşetli lüks yolcu vagonları ile dizel tren setleri üretimiyle ürün gamını genişletmiştir. Bugüne kadar yaklaşık 3.000 adet farklı tipte yolcu araç üretilmiş; ayrıca 40.000’den fazla raylı araç bakım, onarım ve modernizasyondan geçirilmiştir.

Sakarya Bölge Müdürlüğü’nün en önemli projelerinden biri, Türkiye’nin ilk Millî Elektrikli Tren Setinin geliştirilmesi olmuştur. 2013 yılında başlatılan proje kapsamında, saatte 160 km hıza ulaşabilen ve alüminyum gövdeden üretilen tren setleri tasarlanmış, başarıyla tamamlanmıştır. Her tren seti, biri motorlu diğeri treyler olmak üzere iki bojiden oluşmakta; tahrikli bojilerde yer alan 325 kW gücündeki elektrik motorları yüksek performans sağlamaktadır.

Söz konusu tren setleri, ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak tasarlanmış; güvenlik, seyir emniyeti ve yolcu konforu ön planda tutulmuştur. Tasarım ve üretim aşamalarının tamamı, bağımsız ve akredite bir uygunluk değerlendirme kuruluşu (No-Bo) tarafından denetlenmiş olup, araçların TSI (Technical Specification for Interoperability) sertifikasyonu süreci de sürmektedir. Bu sertifika, tren setlerinin hem Türkiye’de hem de Avrupa Birliği ülkelerinde işletilebilmesine olanak sağlayacaktır.

Sakarya Bölge Müdürlüğü’nün ihracat faaliyetleri, 1971–1976 yılları arasında Pakistan’a gönderilen 77 adet vagon ile başlamıştır. Bunu 2006 yılında Irak’a 12 adet jeneratör vagonu, 2012’de Bulgaristan’a 30 adet TSI sertifikalı yataklı vagon, 2016 yılında ise yine Irak’a yemekli, yataklı, pulman ve kompartımanlı tipte 14 adet yolcu vagonu ihracatı izlemiştir. Bulgaristan’a ihraç edilen vagonlar, Türkiye’de üretilen ilk TSI sertifikalı araçlar olması açısından özel bir öneme sahiptir.

Sakarya Bölge Müdürlüğü, toplam 380.000 m<sup>2</sup> alan üzerinde faaliyet göstermekte olup bunun 110.000 m<sup>2</sup>’si kapalı alandır. Mevcut 5 fabrikanın yanı sıra, Haziran 2019’da faaliyete geçen Alüminyum Gövde Üretim Tesisi ile birlikte üretim kapasitesi önemli ölçüde artmıştır. Bu tesis, yıllık 240 araç gövdesi üretim kapasitesiyle, kurumu çelik gövde üretiminin yanı sıra alüminyum gövde üretiminde de öncü bir konuma taşımıştır.

Ayrıca, 2020 yılında kurulan robotik kaynak otomasyon sistemi sayesinde boji şasilerinin imalatı tamamen yerli imkanlarla gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknolojik yatırımlar, Sakarya Bölge Müdürlüğü’nün modern üretim anlayışını ve yerli sanayiye olan katkısını göstermektedir.

#### 4.2. Bozankaya

Bozankaya, yenilikçi, çevre dostu ve yüksek teknolojiye sahip toplu taşıma araçları geliştiren bir özel sektör kuruluşudur. Şirketin temelleri 1989 yılında Almanya’da kurulan bir araştırma ve geliştirme şirketine dayanmakta olup, 2003 yılında Türkiye’ye taşınarak Ankara’da üretim faaliyetlerine başlamıştır. Bugün yaklaşık 1.000 kişilik uzman kadrosuyla sektörde güçlü bir konuma sahiptir.

Bozankaya’nın tüm fıkri mülkiyet hakları kendisine ait olan ürünleri, Ankara Sincan 1. Organize Sanayi Bölgesi’nde bulunan 110.000 m<sup>2</sup>’lik entegre tesislerinde üretilmektedir. Bu modern üretim kampüsü; elektrikli otobüs, trambüs, tramvay ve metro araçlarının üretimine uygun olarak 11 üretim hattı, robotik kaynak sistemleri ve ileri düzey montaj teknolojileriyle donatılmıştır. Mevcut altyapısı sayesinde tesis, ileride yüksek hızlı tren üretimi için de hazır durumdadır. Ayrıca Ankara Kahramankazan’daki 14.000 m<sup>2</sup>’lik ikinci tesiste ticari araç gövdeleri ile metal aksamaların üretimi gerçekleştirilmektedir.

Bozankaya, Ar-Ge faaliyetlerine stratejik bir öncelik vermektedir. 2012–2017 döneminde 10 projeyi tamamlamış, aynı süreçte 6 yeni proje üzerinde çalışmış ve toplamda 80 milyon TL’lik Ar-Ge yatırımı gerçekleştirmiştir. Son 10 yılda hayata geçirilen 36 Ar-Ge projesi ile şirket, Türkiye’nin toplu taşıma teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltmaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır.

Bu projeler sayesinde Bozankaya, hem yurt içinde hem de yurt dışında yenilikçi, sürdürülebilir ve enerji verimli toplu taşıma çözümleri sunmaktadır. Özellikle batarya ile 70 km menzil sağlayan ve Romanya'nın Timişoara kenti için üretilen tramvay projesi, Avrupa Raylı Sistemler Kümelenmeleri Birliği (ERCI) tarafından "Avrupa'nın En İnovatif Firması" ödülüne layık görülerek uluslararası düzeyde takdir kazanmıştır.

Bozankaya, Türkiye'nin ilk %100 elektrikli otobüsünü üretmesiyle çevreci toplu taşıma alanında bir ilke imza atmıştır. Aynı zamanda ülkenin ilk yerli düşük tabanlı tramvayı ve bojisini tasarlayarak raylı sistem teknolojilerindeki yerli üretim yetkinliğini artırmıştır. 2018 yılında Tayland'ın Bangkok şehrine metro araçları ihraç ederek, Türkiye'nin ilk metro ihracatını gerçekleştirmiştir. Bu başarı, Bozankaya'nın küresel pazarda da rekabet gücünü pekiştirmiştir.

**İç Pazar Projeleri:** Bozankaya, Türkiye iç pazarında hayata geçirdiği raylı sistem projeleriyle, yerli ve milli üretim kapasitesini güçlendirerek ithalat bağımlılığını azaltmakta ve kent içi toplu taşıma altyapısına önemli katkılarda bulunmaktadır. Şirketin çeşitli büyükşehir belediyeleriyle yürüttüğü projeler aşağıda kronolojik olarak özetlenmiştir:

- **Kayseri Tramvay Projesi (2016-2024):** Kayseri Büyükşehir Belediyesi'ne, %100 alçak tabanlı yapıya sahip 42 adet modern tramvay aracı başarıyla teslim edilmiştir. Bu proje, Bozankaya'nın Türkiye iç pazarındaki ilk büyük tramvay teslimatlarından biri olmuştur
- **Gebze-Darica Sürücüsüz Metro Projesi (2023):** Türkiye'nin ilk yerli ve milli sürücüsüz metro aracı, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi için Gebze-Darica hattına özel olarak üretilmiştir. Proje kapsamında toplam 28 adet sürücüsüz metro aracı teslim edilmiştir. Bozankaya'nın yurt içindeki ilk metro aracı projesi olan bu çalışma, Türkiye'nin metro ithalatını azaltma hedefi açısından stratejik bir öneme sahiptir.
- **İstanbul Metro Projesi (2023):** İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile iş birliği içinde yürütülen projede, Kadıköy-Sabiha Gökçen Havalimanı metro hattı için toplam 100 adet metro aracı üretilecek ve teslim edilecektir. Proje, Bozankaya'nın yüksek adetli metro üretim kapasitesini göstermesi açısından dikkat çekicidir.
- **Kocaeli Tramvay Projesi (2023-2024):** Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ile yapılan anlaşma doğrultusunda 15 adet yeni tramvay aracının 10 adedi teslim edilmiş diğer 5 adedinin ise planlanan takvime uygun şekilde üretimi devam etmektedir.
- **Samsun Tramvay Projesi (2024):** Samsun Büyükşehir Belediyesi için 10 adet yeni tramvay aracı üretilecektir. Bu proje, Bozankaya'nın Karadeniz Bölgesi'ndeki ilk büyük tramvay teslimatı olacaktır.
- **İzmir Tramvay Projesi (2024):** İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından düzenlenen ihaleyi kazanan Bozankaya, 22 adet tramvay aracı üretilip teslim edecektir. Araçların modern tasarımı ve enerji verimliliği özellikleri ile kent içi ulaşımına katkı sunması hedeflenmektedir.
- **Bursa Tramvay Projesi (2025):** Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin 2025 yılına yönelik tramvay yatırımı kapsamında, Bozankaya 20 adet hafif raylı sistem aracı üreterek teslim edecektir. Bu proje, şirketin Marmara Bölgesi'ndeki üretim varlığını pekiştirmektedir.

**Dış Pazar Projeleri:** Bozankaya, Türkiye merkezli bir üretici olarak raylı sistem sektöründe uluslararası pazarlarda önemli projelere imza atmakta, özellikle Avrupa ve Asya'daki projeleriyle global rekabet gücünü pekiştirmektedir. Şirketin dış pazara yönelik başarıları aşağıda özetlenmiştir:

- **Bangkok Metro Projesi - Tayland (2018 & 2024):** 2018 yılında Siemens ile iş birliği çerçevesinde Tayland'ın başkenti Bangkok için toplam 88 adet metro vagonu üretilmiş ve teslim edilmiştir. Bu proje, Bozankaya'nın Asya pazarındaki ilk büyük çaplı metro ihracatı olarak dikkat çekmektedir. 2024 yılında imzalanan yeni sözleşmeyle, Bozankaya-Siemens Mobility konsorsiyumu kapsamında 159 adet ek metro vagonunun üretimi, Ankara tesislerinde gerçekleştirilecektir. Bu devam projesi, şirketin metro üretimindeki güvenilirliğini ve teknik yeterliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Üretilen metro vagonlarının 96 adedi Orange Line, 63 adedi ise Blue Line hattında hizmet verecektir. 2018 yılında üretilen metro araçlarının devamı niteliğindeki bu proje, şirketin metro üretimindeki teknik yeterliliğini ve sektördeki güvenilirliğini bir kez daha gözler önüne sermektedir.
- **Timişoara Tramvay Projesi - Romanya (2020-2024):** Bozankaya, Romanya'nın Timişoara kenti için toplam 40 adet tramvay üretmiştir. İlk Aşama (2020-2021): 21 adet tramvay teslim edilmiştir. İkinci Aşama (2023-2024): İlave 17 adet tramvay ile toplam sayı 40'a ulaşmıştır. Tramvaylar, 60 km'ye kadar katanersiz sürüş sağlayan batarya teknolojisiyle donatılmıştır. Bu yenilikçi çözüm, Avrupa Raylı Sistemler Kümelenmesi (ERCI) tarafından Bozankaya'ya "Avrupa'nın En İnovatif Firması" ödülünü kazandırmıştır. Proje, şirketin Avrupa pazarındaki tanınırlığını ve güvenilirliğini ciddi biçimde artırmıştır.

- **Iaşi Tramvay Projesi – Romanya (2021–2024):** Romanya’nın Iaşi şehri için 16 adet alçak tabanlı tramvay üretilmiştir. Tüm araçlar, 2021 yılında başlayan teslimat süreciyle 2022 yılı içinde tamamlanmıştır. Batarya destekli sürüş kapasitesi sayesinde araçlar, 60 km’ye kadar elektrik hattı olmadan çalışabilmektedir. Bu proje, Bozankaya’nın Romanya’daki ikinci büyük teslimatını temsil etmekte ve çevre dostu toplu taşıma çözümleri sunma vizyonunu pekiştirmektedir. Bozankaya, 2024 yılında Iaşi şehri için kazandığı 24 adetlik yeni tramvay ihalesiyle, bu şehirdeki toplam araç sayısını 42’ye yükseltmiştir. Bu başarı, Bozankaya tramvaylarının kalitesini ve firmaya duyulan güveni bir kez daha teyit etmiştir.
- **Napoli Tramvay Projesi – İtalya (2024–):** Bozankaya, İtalya’nın Napoli kenti için toplam 20 adet tramvay üretimi gerçekleştirecektir. İlk tramvayın üretimi 2025 yılında tamamlanacaktır. Teslimatlar kademeli olarak yapılacaktır. Bu proje, Bozankaya’nın İtalya’daki ilk büyük iş birliğidir ve Avrupa pazarındaki konumunu güçlendiren bir kilometre taşı niteliği taşımaktadır.
- **Belgrad Tramvay Projesi – Sırbistan (2024–):** Sırbistan’ın başkenti Belgrad için 30 adet tramvay üretimi planlanmıştır. İlk araçların üretimi 2025 yılı içinde gerçekleştirilecektir. Teslimatlar yine aynı yıl içinde kademeli olarak yapılacaktır. Bu proje, Bozankaya’nın Balkanlar’daki varlığını artıran önemli bir ihracat hamlesidir.

Bozankaya, yurt dışı projelerinde geliştirdiği özgün tasarımlar, enerji verimliliği odaklı teknolojiler ve batarya ile çalışan yenilikçi sistemler sayesinde Avrupa ve Asya pazarlarında sürdürülebilir ve çevreci ulaşım çözümleri sunmaktadır. Uluslararası ölçekte alınan ihaleler ve hayata geçirilen projeler, şirketin sadece üretici değil aynı zamanda teknoloji geliştirici bir aktör olarak da kabul gördüğünü göstermektedir.

#### 4.3. Durmazlar

1956 yılında Ali Durmaz tarafından kurulan ve merkezi Bursa’da bulunan Durmazlar, Türkiye’nin köklü sanayi kuruluşlarından biridir. Sac işleme makineleri ve sanayi makineleri üretimindeki lider konumunu 2010’lu yıllarda raylı sistemler alanına da taşıyan firma, Türkiye’nin ilk %100 yerli alçak tabanlı tramvayını geliştirerek bu sektörde öncülük etmiştir.

Raylı sistemler üretimini “Durmaray” markası altında sürdüren Durmazlar, kardeş şirketi Duray Ulaşım Sistemleri ile birlikte toplamda yaklaşık 437 kişilik uzman bir kadroya sahiptir. Şirketin raylı sistem üretimi, Bursa Organize Sanayi Bölgesi’ndeki entegre tesislerinde yürütülmektedir. Bu tesislerde tramvay ve hafif metro araçları ile bu araçlara ait boji, gövde ve kaynaklı bileşenler gibi kritik parçalar üretilmektedir. Duray ise özellikle hızlı tren ve metro için boji ve kaynaklı komponent üretimiyle tanınmakta olup 2024 yılında Alstom tarafından satın alınmıştır.

Durmazlar, aşağıdaki alanlarda üretim ve mühendislik faaliyetlerini sürdürmektedir:

- Sac işleme makineleri
- Lazer kesim ve bükme makineleri
- Tramvay üretimi
- Hafif Raylı Sistem (HRS) araçları

#### İç Pazar Projeleri

- **İpekböceği Tramvayı (2013 – Bursa):** Türkiye’nin ilk %100 alçak tabanlı yerli tramvayı olan İpekböceği, Durmazlar tarafından tasarlanmış ve toplamda 18 adet üretilmiştir. Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından kent içi ulaşımında kullanılmaktadır. Bu proje, Türkiye’nin raylı sistem endüstrisinde yerli üretime geçiş sürecinde bir dönüm noktası olmuştur.
- **GreenCity Hafif Raylı Sistem (Bursa):** Modern tasarımı ve teknolojiyle dikkat çeken GreenCity hafif raylı sistem araçları, Bursa’da toplu taşımada kullanılmak üzere 60 adet üretilmiştir.
- **Panorama Tramvayı (2016 – Samsun, 2017 – Kocaeli):** Durmazlar’ın yüksek performanslı ve estetik tasarıma sahip Panorama tramvayları; 2016 yılında Samsun’da yaklaşık 33 metre uzunluğundaki ve 330 yolcu kapasiteli olmak üzere 8 adet, 2017 yılında ise Kocaeli’nde aynı özelliklere sahip 18 Tramvay hizmete girmiştir.



- **4. Eminönü – Alibeyköy Tramvay Hattı (2018 – İstanbul):** Türkiye'de ilk kez APS (Alimentazione a Potenza Statica) sistemine sahip tramvay üretimi bu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. 32 adet modern Panorama marka tramvay İstanbul'un Eminönü-Alibeyköy hattında kullanılmak üzere üretilmiştir.

#### Dış Pazar Projeleri

- **Olsztyn Tramvay Projesi (2020–2021 / Polonya):** Durmazlar, yaklaşık 20 milyon Euro değerindeki proje kapsamında 12 adet Panorama marka tramvay üretmiş ve Polonya'nın Olsztyn kentinde başarıyla işletmeye almıştır. Olsztyn şehri için özel olarak tasarlanan bu alçak tabanlı sistem, 5 modülden oluşmakta; 32.500 mm uzunluk, 2.500 mm genişlik ve 210 yolcu taşıma kapasitesi ile öne çıkmaktadır. Proje, Avrupa Birliği pazarında hizmet veren ilk Türk tramvayları olması bakımından özel bir öneme sahiptir.
- **Bükreş Tramvay İhalesi (2019 / Romanya):** Durmazlar, 2019 yılında Bükreş Belediyesi tarafından açılan 100 adetlik tramvay ihalesini kazanmış ve yaklaşık 180 milyon Euro tutarında sözleşme imzalamıştır. Ancak ihale süreci, sonrasında idare tarafından iptal edilmiştir.
- **Reşița Tramvay Projesi (2023 / Romanya):** 2023 yılında Romanya'nın Reșița kenti için 13 adet çift yönlü tramvayın üretimi için sözleşme imzalanmıştır. Reșița a'ya özel olarak tasarlanan bu araçlar, 135 yolcu kapasitesine sahip olup, Durmazlar'ın Doğu Avrupa'daki ihracat ağını güçlendiren önemli bir adım olmuştur. Tramvaylar hâlihazırda Romanya'da başarıyla hizmet vermektedir.

Ancak ne yazık ki Durmazlar, raylı sistemler alanında hedeflediği performansı tam olarak yakalayamamış; bu doğrultuda Duray şirketini 2024 yılında Alstom'a devretmiş, Durmaray şirketiyle ise satış sonrası hizmet faaliyetlerini sürdürmektedir.

#### 4.4. Vako Vagon

VAKO (Vagon Konteyner A.Ş.), Türkiye'de özel sektörde yük vagonu üretimi alanında faaliyet gösteren ilk firma olarak, ulusal ve uluslararası demiryolu taşımacılığı sektörüne yenilikçi çözümler sunmaktadır. Şirketin temelleri, 1963 yılında Talat Göçmen tarafından Ankara'da kurulan ve ilk üretimlerini geleneksel at arabası ile gerçekleştiren küçük bir imalathaneye dayanmaktadır. Metal imalatında edinilen uzun yıllara dayanan tecrübenin ardından, 2007 yılında gerçekleştirilen yeniden yapılanma süreci ile birlikte VAKO, 2010 yılında yük vagonları için seri üretim izni alarak sektörde önemli bir konum elde etmiştir.

Şirketin üretim faaliyetleri Ankara'nın Beypazarı ve Temelli (Sincan) bölgelerinde yer alan modern tesislerinde sürdürülmektedir. Toplam 35.000 m<sup>2</sup>'lik (10.000 m<sup>2</sup> kapalı, 25.000 m<sup>2</sup> açık) alana sahip bu üretim altyapısı, yüksek adetli imalat için gerekli esnekliği ve kapasite artırma imkânını sağlamaktadır. VAKO, üretim süreçlerinde ileri imalat teknolojileri, robotik kaynak hatları ve kalite kontrol sistemleri kullanarak verimliliği ve ürün güvenilirliğini artırmaktadır.

Türkiye'nin ilk TSI (Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartları) sertifikalı yük vagonu üreticisi olan VAKO, sektördeki birçok ilke imza atmıştır. Şirket, konteyner taşıma vagonları, açık yük vagonları ve özel amaçlı vagonlar gibi çeşitli ürün gruplarının yanı sıra, kendi tasarımı olan yük vagonu bojileri ve yedek parçalarının üretimini de gerçekleştirmektedir. Bugüne kadar 10'dan fazla vagon ve boji modelini TSI sertifikasıyla tescilleyen firma, bu ürünleri Avrupa Demiryolları Ajansı (ERA) kayıtlarına geçirmiştir. Ürün portföyünü genişletmeyi hedefleyen VAKO, yakın gelecekte tank (sarnıç) ve kutu (box) tipi yük vagonlarının üretimine de başlamayı planlamaktadır.

VAKO'nun ihracat odaklı büyüme stratejisi, şirketin uluslararası pazardaki konumunu güçlendirmiştir. Almanya, Fransa, İsviçre, İspanya ve Hollanda gibi Avrupa ülkelerine konteyner taşıma vagonları ihraç eden şirket, 2021 yılında 12 milyon avro olan ihracat gelirini 2022'de yeni ürün tiplerinin geliştirilmesiyle 30 milyon avroya yükseltmiştir.

2023 yılı itibarıyla üretiminin tamamını yurt dışı pazarlar için gerçekleştiren firma, Avrupa'daki demiryolu işletmecilerinin ihtiyaçlarına özel çözümler üretmektedir. Ayrıca, Afrika kıtasındaki çeşitli ülkelerle demiryolu altyapı projeleri kapsamında iş birlikleri geliştirerek yeni pazarlara açılma yönünde adımlar atmaktadır.

Yurt içi pazarda da güçlü bir konuma sahip olan VAKO, 2010–2018 yılları arasında özel lojistik firmalarının konteyner taşıma vagonu ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılamıştır. Şirket, yalnızca özel sektör projelerinde değil, aynı zamanda TCDD Taşımacılık A.Ş. ve diğer kamu kurumları tarafından yürütülen demiryolu projelerinde de aktif olarak rol almış; böylece geniş ve güvenilir bir referans listesi oluşturmıştır.

Kalite yönetimi ve uygunluk belgelendirme süreçlerinde sektör liderlerinden biri olan VAKO, Avrupa Birliği standartlarına tam uyumlu üretim anlayışını benimsemektedir. Şirketin kalite yönetim sistemleri; IRIS (International Railway Industry Standard), ISO 9001 (Kalite Yönetim Sistemi), ISO 14001 (Çevre Yönetim Sistemi) ve ISO 45001/OHSAS 18001 (İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi) belgeleriyle belgelendirilmiştir. Bunun yanı sıra, Avrupa Demiryolları Ajansı onaylı kalite yönetim sistemi uygulayan firma, ürettiği vagonların bakım sorumluluğunu üstlenebilmek amacıyla ECM (Bakımdan Sorumlu Kuruluş) sertifikasına da sahiptir.

Yarım asrı aşan birikimi, yenilikçi yaklaşımı, kaliteye verdiği önem ve uluslararası pazardaki başarıları ile VAKO, Türkiye demiryolu sanayisinin küresel ölçekteki temsilcilerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

#### 4.5. RC Endüstri (Erciyas Rail)

RC Endüstri, Erciyas Holding bünyesinde faaliyet gösteren ve Türkiye'nin önde gelen yük vagonu üreticilerinden biri olarak konumlanan bir şirkettir. Holdingin çelik boru üretimi alanındaki köklü geçmişi ve mühendislik deneyimi, 2016 yılında RC Endüstri'nin satın alınmasıyla birlikte demiryolu sektörüne taşınmıştır. Bu stratejik hamle ile birlikte RC Endüstri, ihracat odaklı bir yapıya kavuşmuş ve mevcut üretim kabiliyetleriyle birlikte global demiryolu piyasasında rekabet gücünü artırmıştır. Şirketin ana üretim üssü Sakarya'daki Erciyas Vagon fabrikasıdır; ayrıca Sivas'ta da bakım ve üretim kapasitesine sahip tesisleri bulunmaktadır.

RC Endüstri, geniş ürün gamıyla dikkat çekmektedir. Sarnıç (tank) vagonlar, platform/konteyner taşıma vagonları, cevher ve tahıl taşımaya yönelik kapalı kutu ve silindirik vagonlar, şirketin üretim portföyünde öne çıkan ürünler arasındadır. Bunun yanında, tramvay, metro ve elektrikli tren setleri (EMU) için boji üretimi de gerçekleştiren firma, yük vagonlarına ait Y25 tipi ve türevlerini üretme yetkinliğine sahiptir. Ayrıca, yolcu taşımacılığı alanında da Avrupa'ya yönelik yataklı vagon ve yolcu trenlerine ait bazı parçaların üretimi ve montajında görev almaktadır. RC Endüstri, tasarımdan üretime, bakım ve filoların yönetimine kadar tüm süreçleri kapsayan entegre bir çözüm sağlayıcı olarak faaliyet göstermektedir.

Sakarya'daki üretim tesisinde yıllık 1.000 vagon üretim kapasitesine sahip olan şirket, aynı zamanda Sakarya ve Sivas'taki tesislerinde yılda 1.500 vagonun bakım-onarımını gerçekleştirebilecek altyapıyı da barındırmaktadır. 2022 itibarıyla üretim kapasitesini artırmak amacıyla Kayseri'de 2.000 vagon/yıl kapasiteli yeni bir fabrika yatırımı duyurulmuştur. Bu yatırımın devreye girmesiyle birlikte Erciyas Vagon Grubu'nun toplam üretim kapasitesinin altı katına çıkarılması hedeflenmektedir. Şirket, bu atılım ile birlikte Türkiye'nin en büyük, Avrupa'nın ise ilk üç üreticisinden biri olmayı amaçlamaktadır.

RC Endüstri'nin üretim altyapısı yalnızca kapasite ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda dijitalleşme ve otomasyon açısından da modern bir yapıya sahiptir. Sakarya'da yer alan, bakanlık onaylı Ar-Ge Merkezi; yeni ürün geliştirme, üretim süreçlerinin optimizasyonu ve yenilikçi teknolojilerin adaptasyonu konusunda önemli katkılar sağlamaktadır. Endüstri 4.0 prensipleri doğrultusunda dijital izlenebilirlik ve otomasyon sistemleri aktif olarak kullanılmakta, üretim süreçlerinde kalite ve verimlilik artırılmaktadır.

İhracat alanında Türkiye'nin öncü firmalarından biri haline gelen RC Endüstri, başta İsviçre, Almanya, Polonya ve Irak olmak üzere pek çok ülkeye düzenli olarak yük vagonu ihraç etmektedir. 2019 yılında İsviçre Federal Demiryolları'na gerçekleştirilen ihracat, Türkiye'den bu kuruma yapılan ilk yük vagonu teslimatı olması açısından önem taşımaktadır. Avrupa'nın önde gelen vagon kiralama ve lojistik firmaları (VTG, GATX, Touax gibi) ile yürütülen işbirlikleri, RC Endüstri'yi Türkiye'de üretim yapan tek onaylı tedarikçi konumuna taşımıştır. Şirket, ihracat pazarlarını daha da genişletmek adına dört yeni vagon tipi üzerinde çalışmalarını sürdürmekte; yalnızca Avrupa'da değil, Orta Doğu ve Asya pazarlarında da etkin bir varlık kurmayı hedeflemektedir.

Şirketin Erciyas Holding'e katılmadan önceki dönemde TCDD ve özel sektör için bakım, onarım ve yedek parça üretimi faaliyetlerinde bulunduğu bilinmektedir. Holding bünyesine geçişin ardından stratejik olarak ihracata odaklansa da, TCDD Taşımacılık ve TÜRASAŞ gibi kamu kurumlarıyla teknik iş birlikleri devam etmektedir. Bu kapsamda TCDD filosundaki bazı vagonların modernizasyon projelerinde danışmanlık ve parça desteği sağlanmış, ayrıca madencilik, çimento ve akaryakıt sektörlerinde faaliyet gösteren yerli sanayi kuruluşlarına vagon satışları gerçekleştirilmiştir.

RC Endüstri, grup sinerjisini etkin kullanarak büyümesini sürdürmektedir. Holdingin mühendislik ve finansal kaynaklarının yanı sıra, Avrupa'daki iş bağlantıları RC Endüstri'nin müşteri ağına entegre edilmiştir. Özbal Çelik Boru ile gerçekleştirilen ortaklık doğrultusunda Erciyas Vagon A.Ş. kurulmuş; böylece vagon üretim faaliyetleri kurumsal bir çatı altında yeniden yapılandırılmıştır. Şirket, Avrupa'daki mühendislik firmaları ve tasarım ofisleriyle iş birliği yaparak yüksek kapasiteli petrol tankı ve tahıl vagonu gibi özel projelerde Ar-Ge çalışmaları yürütmektedir. Sakarya Üniversitesi ile birlikte yürütülen "akıllı vagon" projesi kapsamında IoT tabanlı sensör sistemlerinin entegrasyonu sağlanmış ve bu yönde TÜBİTAK destekli projeler başlatılmıştır. Aynı zamanda Avrupa menşeli fren sistemleri üreticileriyle yerli entegrasyon çalışmalarına devam edilmektedir.

Uluslararası sertifikasyon süreçlerinde de yüksek bir yetkinliğe sahip olan RC Endüstri, ECM (Bakımdan Sorumlu Kuruluş) lisansına sahiptir. Şirketin üretim süreçleri, EN 15085-2 ve EN 3834 gibi kaynaklı imalat ve kalite yönetim standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmekte olup, IRIS (ISO/TS 22163), ISO 9001, ISO 14001 ve ISO 45001 belgeleriyle desteklenmektedir. Üretilen vagon tiplerinin tamamı için TSI sertifikasyonları alınmış; özellikle AB içi işletme uyumluluğu için gerekli tüm testler başarıyla tamamlanmıştır. Almanya Federal Demiryolu Ofisi (EBA) tarafından onaylanan ilk 95 m<sup>3</sup> kapasiteli TSI'lı tank vagonunun üretimi de RC Endüstri tarafından gerçekleştirilmiştir.

RC Endüstri'nin Sakarya'daki entegre üretim tesisi, 12.000 m<sup>2</sup> kapalı ve 55.000 m<sup>2</sup> açık alana sahip olup; montaj hatları, boji üretim atölyeleri, kumlama ve boyama üniteleri ile kalite kontrol laboratuvarlarını içermektedir. Aynı anda birden fazla vagon tipinin üretimi yapılabilen bu tesis, üretim çeşitliliği ve esnekliği açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Sivas'taki tesis ise özellikle Doğu Anadolu ve Orta Asya pazarları için konumlandırılmıştır; burada boji montaj/demontaj hatları ve büyük ölçekli bakım atölyeleri yer almaktadır. Kayseri Serbest Bölge'de tam otomasyonlu üretim hatlarına sahip yeni bir fabrika kurulması planlanmakta; Eskişehir'de ise özellikle tramvay ve yüksek hızlı tren komponentlerine odaklı bir tesisin kurulması hedeflenmektedir.

RC Endüstri, Türkiye'nin demiryolu araçları sanayisinde küresel ölçekte temsil kabiliyeti olan güçlü bir aktör olarak, ihracat liderliğini sürdürmeyi ve Avrupa'nın ilk üç üreticisi arasına girmeyi amaçlayan vizyoner bir yaklaşımla faaliyetlerine devam etmektedir. Özellikle InnoTrans 2025 Fuarı'nda sergilenen "spiral kaynaklı LPG vagonu", küresel lojistik sektöründe büyük ilgi görmüş ve dikkatleri üzerine çekmiştir.

#### 4.6. Raitur Vagon

Raitur Vagon Endüstrisi ve Taşımacılık A.Ş., 2006 yılında Turgut Şirketler Grubu tarafından Kayseri Serbest Bölge'de kurulmuş ve Türkiye'nin özel sektördeki ilk yük vagonu fabrikalarından biri olarak faaliyetlerine başlamıştır. Kuruluş amacı, Avrupa Birliği standartlarında yük vagonu ve yedek parça üretiminin yanı sıra, vagon bakım ve onarım hizmetleri sunmaktır. Raitur, 2008 yılında Türkiye'nin ilk TSI onaylı Y25 tipi bojisini ve 2009'da TSI belgeli 95 m<sup>3</sup> kapasiteli sarnıç (tank) vagonunu üretmiş, bu vagonları Almanya'ya ihraç ederek sektörde bir dönüm noktası yaratmıştır. Bu başarı, özel sektör girişimcileri için önemli bir örnek teşkil etmiştir.

2017 yılı itibarıyla şirket stratejik bir karar olarak vagon üretimine ara vermiş, tüm kapasitesini boji üretimine yönlendirmiştir. Bu kapsamda üretim altyapısı yeniden yapılandırılmış ve Raitur, yüksek kaliteli boji üretiminde uzmanlaşarak özellikle Avrupa pazarında güçlü bir konuma gelmiştir. Kayseri'de 15.000 m<sup>2</sup> kapalı ve 60.000 m<sup>2</sup> açık alana sahip tesislerinde faaliyet gösteren şirket, bugün Türkiye'nin boji imalatında lider firmalarından biri olarak kabul edilmektedir.

Raitur'un ürün yelpazesi başlangıçta sarnıç, platform ve tehlikeli madde taşımaya uygun yük vagonlarını içermektedir. TSI onaylı Zacns tipi 95 m<sup>3</sup> tank vagonları ile UIC ve RID standartlarına uygun Zas ve Zaes tipi sarnıç vagonlar şirketin öncü projeleri arasında yer almıştır. Platform tipi Rgns vagonları da TEN-RIV trafiğine uygun olarak Y25 bojili ve CFCB fren sistemli şekilde üretilmiştir. Günümüzde ise Raitur'un odak noktası konvansiyonel Y25 yük vagonu bojileridir. Şirket, bu bojilere farklı fren sistemlerini (örneğin kompakt disk fren - CFCB, IBB10) entegre edebilmekte; ayrıca şasi altına fren sistemi sığmayan durumlar için geliştirilmiş Y25Lssif-K gibi özel boji tiplerini de üretmektedir.

Raitur'un uzmanlığı yalnızca yük vagonları ile sınırlı değildir. Şirket, yurtdışındaki müşterileri için tramvay ve metro sistemlerine yönelik motorlu ve motorsuz boji iskeletleri üretmiştir. Bununla birlikte Türkiye'de geliştirilen Milli Elektrikli Tren Seti (EMU) projesine uygun, 160 km/s hıza dayanıklı boji çerçevelerinin üretimi de gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle Raitur, şehir içi raylı sistemler ve yüksek hızlı demiryolu araçları için alt bileşen üretiminde de önemli bir rol üstlenmektedir.

Şirketin yıllık Y25 tipi boji üretim kapasitesi yaklaşık 2.000 adettir. Artan talep doğrultusunda son yıllarda üretim alanı iki katına, tezgah sayısı ise üç katına çıkarılmıştır. 2022 yılında üretim verimliliğini artırmak amacıyla yeni kaynak robotları yatırımı yapılmış; tek bir robotun tek vardiyada 15 kaynakçının işini aynı kaliteyle yapabilmesi hedeflenmiştir. Raitur'un uzun vadeli hedefi, yıllık boji üretimini 2.500 adedin üzerine çıkarmak ve Avrupa pazarındaki talebi karşılayacak bir ölçeğe ulaşmaktır. Mevcut üretim altyapısı, olası vagon siparişlerine yanıt verebilecek şekilde korunmakta; ayrı bir üretim hattı açılarak vagon üretimine yeniden başlanabilecek esneklik muhafaza edilmektedir.

Raitur üretiminin büyük çoğunluğunu ihraç etmektedir. Ana pazar Almanya olup, bojilerin önemli bir kısmı bu ülkeye gönderilmektedir. Şirket, 2009 yılında Almanya'ya TSI'lı 95 m<sup>3</sup> tank vagonları ihraç ederek Türkiye'den Avrupa'ya ilk yük vagonu ihracatını gerçekleştirmiştir. Raitur, bu başarının ardından İngiltere, Fransa, Polonya gibi ülkelere yüzlerce vagon ve bine yakın boji sevkiyatı yapmıştır. Şirketin boji üretiminin %90'ından

fazlası Avrupa'ya gönderilmektedir. 2022 yılı itibarıyla, Rusya-Ukrayna Savaşı nedeniyle bazı siparişler iptal edilmesine rağmen, firma tam kapasite üretim gerçekleştirmiştir.

Railtur'un Avrupa pazarında elde ettiği başarı, onu bölgedeki önemli vagon üreticilerinin güvenilir bir tedarikçisi haline getirmiştir. Şirket, Almanya'daki üreticilere entegre fren sistemli Y25 bojiler sağlamış; Polonya merkezli firmalara ise platform vagon kitleri göndermiştir. Ayrıca, Avrupa'daki bazı tramvay üreticilerine alt yüklenici olarak boji çerçevesi imal etmiş ve bu ürünleri Kayseri'den ihraç etmiştir. Bu çalışmalar, Türkiye'nin şehir içi raylı sistem bileşenleri üretiminde de rekabetçi olabileceğini göstermektedir.

İhracat odaklı bir strateji izleyen Railtur, Türkiye iç pazarına da dolaylı katkılar sunmuştur. TCDD'nin eski vagon filosunun modernizasyon projelerinde, yerli üretim TSI onaylı bojiler sağlayarak önemli rol oynamıştır.

Ayrıca, TÜRASAS Eskişehir (eski adıyla TÜLOMSAŞ) tarafından yürütülen yük vagonu projelerinde boji tedariki gerçekleştirmiştir. Kayseri merkezli bir firma olması dolayısıyla, Kayseri Ulaşım A.Ş. ile tramvay projelerinde de iş birliği yapılmış; yerli tramvay geliştirme sürecinde prototip boji üretimi sağlanmıştır. Bunun yanında, TÜPRAŞ gibi özel sanayi kuruluşlarının özel tip tanker vagon projelerine mühendislik ve üretim desteği verilmiştir.

Railtur, Almanya merkezli mühendislik firmalarıyla teknik iş birlikleri yürütmekte ve bu kapsamda yüksek standartlarda ürün geliştirmektedir. TSI sertifikalı ürünlerin tasarım ve test aşamalarında Almanya Federal Demiryolları Ofisi (EBA) ile doğrudan çalışılmış; test süreçleri Alman uzmanların katkısıyla tamamlanmıştır. Bu süreçler, Railtur'a ciddi bir mühendislik birikimi ve sertifikasyon deneyimi kazandırmıştır. Ayrıca, Bozankaya ile yürütülen bir iş birliği sayesinde entegre fren sistemine sahip tramvay bojileri geliştirilmiştir.

Railtur, Türkiye'de TSI sertifikası alan ilk özel sektör firması olarak belgelendirme süreçlerinde öncü konumdadır. Şirketin ürettiği Y25Ls-K tipi boji, Avrupa Birliği standartlarında onaylanmış ilk yerli boji olarak kayıtlara geçmiştir. Zaçns tipi tehlikeli madde taşıma vagonları ise Alman EBA onayı ile birlikte TSI sertifikası alarak Avrupa pazarına girmiştir. Railtur, ISO 9001 (Kalite), ISO 14001 (Çevre), OHSAS 18001 (İş Sağlığı ve Güvenliği), EN 15085 (kaynaklı imalat) ve EN 3834 (kaynak kalite) belgelerine sahiptir. Ayrıca UIC ve RID düzenlemelerine tam uyumluluk sağlayan üretim altyapısıyla, özellikle tehlikeli madde taşımacılığı için güvenilir çözümler sunmaktadır.

#### 4.7. Esray Vagon

1992 yılında Eskişehir'de kurulan Esray Makine Sanayi A.Ş., faaliyetlerine çeşitli makine imalatı ve kaynaklı üretim işleriyle başlamış; 2008 yılından itibaren ise odak noktasını demiryolu sektörüne kaydırmıştır. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan iki ayrı üretim tesisinde toplam 14.000 m<sup>2</sup> kapalı ve 22.000 m<sup>2</sup> açık alanda üretim gerçekleştiren firma, sektördeki gelişmeleri yakından takip ederek hem yurt içi hem de yurt dışı pazarlara yönelik özgün çözümler geliştirmektedir.

Esray, yük vagonları ve lokomotif komponentlerinin tasarımı ve üretimi konusunda uzmanlaşmıştır. Müşteri taleplerine göre vagon şasileri, boji aksamaları ve üstyapı ekipmanlarının projelendirilip üretilmesi, firmanın esnek mühendislik kabiliyetini yansıtmaktadır. "İhtiyaca özel vagon tasarlayıp üretiyoruz" sloganıyla hareket eden Esray, özellikle standart ürünlerin yetersiz kaldığı özel ihtiyaçlara yönelik çözümler üretmektedir.

Firma, demiryolu altyapı çalışmaları için balast taşıma vagonları gibi özel tip yük vagonlarının yanı sıra; demir-çelik endüstrisine yönelik yüksek sıcaklıktaki (600-800°C) malzemelerin taşınmasına elverişli çelik rulo (coil) ve slab taşıma vagonları geliştirmiştir. Ayrıca pota taşıma vagonları da firmanın uzmanlık alanına girmektedir. Standart ürün grubu içerisinde ise konteyner platform vagonları ve damperli tahıl vagonlarının şasi ve bileşenleri yer almaktadır.

Esray, vagonlar için üç dingilli ağır yük bojileri ile lokomotif bojileri gibi kompleks sistemler üretmektedir. Örneğin, 1435 mm ray açıklığına sahip, maksimum 150 ton taşıma kapasiteli ve yaprak yaylı süspansiyona sahip 3 dingilli özel bojiler, düşük hızla çalışan (maksimum 50 km/sa) ağır sanayi vagonları için geliştirilmiştir. Firma ayrıca TÜRASAS tarafından yürütülen millî elektrikli lokomotif projesi kapsamında lokomotif boji çerçevesi üretimi gerçekleştirmiştir.

Yaklaşık 100 kişilik uzman kadrosuyla proje bazlı çalışan Esray, eş zamanlı olarak farklı sektörlerde özel projeler yürütebilecek kapasiteye sahiptir. 2023 itibarıyla, hem iç pazara hem de ihracata yönelik vagon ve komponent üretimi yapan firma, yıllık onlarca komple vagon teslimatı gerçekleştirebilmiştir. Artan talep ve ihracat potansiyeli doğrultusunda, Eskişehir Hasanbey Lojistik Merkezi yakınlarında 40.000 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip yeni bir üretim tesisi yatırımı planlanmıştır. Yeni tesisin, doğrudan demiryolu hattına bağlanarak test ve sevkiyat süreçlerini ray üzerinde gerçekleştirecek altyapıya sahip olması hedeflenmektedir. Bu yatırımla birlikte, Esray'ın yıllık üretim kapasitesinin yüzlerce konvansiyonel vagon seviyesine ulaşması beklenmektedir.

Esray, modern üretim tekniklerini süreçlerine entegre ederek robotik kaynak hatları ve Endüstri 4.0 sistemlerini aktif olarak kullanmaktadır. Firma, lazer ve plazma kesim tezgahları, tam otomatik 23 metrelik kumlama hattı ve çok sayıda kaynak robotu gibi ekipmanlara yatırım yaparak yüksek hassasiyetli ve hızlı üretim yeteneği kazanmıştır. Bu altyapı sayesinde, karmaşık mühendislik gereksinimlerini karşılayabilecek seviyeye ulaşılmıştır. Hâlihazırda firma, üç farklı yeni tip vagon ve bir lokomotif bojisini tasarlamış, uluslararası sertifikasyon süreçlerini tamamlamış ve seri üretime geçiş hazırlıklarını sürdürmektedir.

Üretiminin yaklaşık %70'ini ihraç eden Esray, Almanya, ABD, İsviçre, Polonya, Slovakya, Bulgaristan, İspanya, İtalya, Hollanda, Fransa, Mısır, Güney Afrika ve Azerbaycan gibi birçok ülkeye vagon şasileri, boji komponentleri ve belirli vagon parçaları göndermektedir. Almanya'ya düzenli olarak çelik rulo taşıma vagonlarının şasilerini ihraç eden firma, ABD'ye ise lokomotif parçaları ve endüstriyel vagon bileşenleri sevk etmiştir. 2019 yılı itibarıyla Avusturya ve Polonya'daki firmalarla yürütülen ortak projelendirme ve üretim planlama çalışmalarıyla Avrupa'daki pazar payını genişletmiştir.

Esray, kalite yönetimi ve kaynaklı üretim konularında öncü firmalardandır. Türkiye'de EN 15085 (Demiryolu Araçları için Kaynaklı Üretim) ve EN 3834 (Kaynak Kalite Yönetimi) sertifikalarını alan ilk firmalardan biri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetimi ve ISO 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği sertifikalarına sahiptir. Firma, ürün bazlı olarak Avrupa demiryolu karşılıklı işletilebilirlik teknik şartnamesi (TSI) gerekliliklerini de karşılamaktadır. Örneğin balast vagonu tiplerinden biri, Avrupa pazarı için TSI uygunluk değerlendirmesinden geçirilerek onay almıştır.

Esray Makine Sanayi A.Ş., demiryolu sektörüne sunduğu yenilikçi, ihtiyaca özel ve yüksek kaliteli çözümleriyle hem ulusal hem de uluslararası ölçekte rekabetçi bir konuma ulaşmıştır. Esnek üretim yapısı, güçlü mühendislik altyapısı, uluslararası sertifikasyonları ve ihracat başarısıyla firma, demiryolu taşımacılığında artan kalite beklentilerini karşılayan önemli bir yerli üretici olarak dikkat çekmektedir.

#### 4.8. Epsilon NDT

Epsilon NDT A.Ş., Eskişehir merkezli bir firma olarak, demiryolu sektöründeki varlığını son yıllarda önemli ölçüde pekiştirmiştir. Kuruluş temelleri tahribatsız muayene (Non-Destructive Testing - NDT) hizmetlerine dayanan firma, 2010 yılında demiryolu taşıtlarına yönelik imalat faaliyetlerine yönelerek sektörel bir dönüşüm gerçekleştirmiştir. Bu süreçte Bursa'da faaliyet gösteren Solentek firmasıyla başlattığı iş birliği, Epsilon'un vagon imalatı alanındaki yetkinliğini geliştirmesine katkı sağlamıştır. NDT alanındaki uzmanlığı, kalite kontrol süreçlerine entegre edilebilmesini mümkün kılmış; bu da firmanın üretim kabiliyetlerinin kısa sürede güven kazanmasına olanak tanımıştır. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan iki farklı tesiste faaliyet gösteren firma, yük vagonları ve ilgili komponentlerin üretimini gerçekleştirmektedir.

Epsilon'un ürün gamı, yük vagonlarının şasi ve üstyapı imalatlarının yanı sıra belirli özel amaçlı vagonların üretimini de kapsamaktadır. Firma, proje bazlı üretim anlayışı doğrultusunda; otomobil taşıma, balast taşıma ve makas taşıma vagonları gibi niş ihtiyaçlara yönelik özel çözümler geliştirmiştir. Özellikle ray döşeme projelerinde kullanılan makas taşıma vagonları, ağır ve hassas bileşenlerin güvenli taşınması için özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Otomotiv sektörüne hizmet veren çift katlı otomobil taşıma vagonları da firmanın portföyünde yer almaktadır.

Uluslararası pazarda konumunu güçlendiren Epsilon, Avrupa'daki müşterilere yönelik olarak çeşitli konteyner vagonlarının şasi ve üstyapı üretimini sürdürmektedir. 60 feet ve 80 feet uzunluğundaki platform konteyner vagonlarının çerçeveleri firma tarafından üretilmekte ve yurt dışına ihraç edilmektedir. Çelik sanayisine yönelik olarak da çelik rulo (coil) taşıma vagonlarının ana yapı bileşenleri Epsilon tarafından imal edilip, montajın tamamlanacağı yurtdışı tesislere gönderilmektedir.

Şirketin tahribatsız muayene kökeni, kalite kontrol sistemlerine yatırım yapmasını ve bu alanda ekipman üretimine yönelmesini de beraberinde getirmiştir. Epsilon, demiryolu tekerlekleri için portatif NDT test sistemleri ile vagon şasilerinin kontrolüne yönelik aparatlar geliştirmiştir. Ayrıca, kaynaklı üretim hatlarında kullanılmak üzere ultrasonik test sistemleri entegre edilmiştir. Bu sayede üretim süreçlerinde kalite güvence mekanizmaları ön planda tutulmuştur.

İki farklı üretim lokasyonu ile faaliyet gösteren Epsilon, imalat süreçlerini fonksiyonel olarak bölümlendirmiştir. Bu kapsamda bir tesis ağır imalat işlemleri (örneğin şasi kaynağı ve çelik konstrüksiyon) için yapılandırılmışken, diğeri daha hassas işçilik ve montaj faaliyetlerine tahsis edilmiştir.

Üretim kapasitesi proje bazlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, 2023 itibarıyla toplam üretimin %95'inin ihracata yönelik gerçekleştiği raporlanmıştır. Firma yılda 100'ün üzerinde vagon şasi ve üstyapı seti üretip



Avrupa’ya ihraç edebilecek düzeyde bir kapasiteye ulaşmıştır. Özellikle otomobil taşıma vagonları gibi yüksek mühendislik gerektiren ürünlerde yıllık onlarca adetlik üretim hacmine sahiptir. Bu artan üretim talebi karşısında, firmanın makine parkı yenilenmiş; ağır hizmet CNC tezgahları, otomatik kaynak sistemleri ve boyama kabinleri devreye alınmıştır. Ayrıca, paralel projeleri yürütebilmek amacıyla tam zamanlı mühendislik ekibi oluşturulmuştur. Eskişehir OSB içerisinde ilave bir üretim tesisi yatırımı da gündemdedir; bu yatırımın gerçekleşmesiyle birlikte eşzamanlı büyük ölçekli projelere yanıt verebilme kapasitesinin önemli ölçüde artması beklenmektedir.

Epsilon’un faaliyetlerinin büyük bir bölümü ihracat odaklıdır. Firma, üretiminin %95’ini başta Almanya, Fransa, İtalya ve Avusturya olmak üzere demiryolu endüstrisinde gelişmiş ülkelere ihraç etmektedir. Örneğin, Almanya’da faaliyet gösteren bir vagon üreticisi için otomobil taşıma vagonlarının mekanik aksamalarını, Fransa’daki bir üretici içinse balast vagonu parçalarını temin etmiştir. Bu iş birlikleri çoğunlukla altyüklenici düzeyindedir; Epsilon, nihai ürünü tasarlayan ana yükleniciye ait çizimler doğrultusunda üretim gerçekleştirmekte, kalite kontrollerini tamamladıktan sonra ürünleri teslim etmektedir. Firma ismi son kullanıcı tarafından doğrudan görünmese de, Avrupa’daki birçok demiryolu aracında Epsilon’un üretim katkısı bulunmaktadır. Ayrıca İsviçre’de bir demiryolu bakım projesi kapsamında makas taşıma platformları, İtalya’daki bir müşteri için özel ölçülerde konteyner taşıma aracı parçaları üretmiş ve ihraç etmiştir. Epsilon, yalnızca ürün tedarikiyle sınırlı kalmamakta, ihtiyaç halinde teknik ekiplerini yurtdışına göndererek montaj süreçlerine destek sağlamaktadır. Bu esnek hizmet yaklaşımı, uluslararası pazarda firmanın tercih edililiğini artıran önemli bir etkidir.

Epsilon’un demiryolu üretim sektörüne entegrasyonunda, Solentek firmasıyla kurduğu iş birliği kritik rol oynamıştır. Bu iş birliği sayesinde vagon şasisi üretiminde bilgi birikimi edinmiş, ortak projelerle Avrupa pazarına açılmıştır. İki firma, birbirini tamamlayan kabiliyetleriyle çeşitli projelerde birlikte ürün tedariki gerçekleştirmiştir. Epsilon, zamanla yurt dışındaki müşterileriyle de stratejik düzeyde iş birlikleri kurarak, doğrudan uzun vadeli üretim ortaklıkları geliştirmiştir.

Kuruluşunun kalite kontrol odaklı olması, Epsilon’un kalite belgelerine verdiği önemi açıkça ortaya koymaktadır. ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve ISO 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi sertifikaları doğrultusunda faaliyet göstermekte; kaynaklı imalat alanındaki yeterliliğini EN 15085-2 belgesi ile belgelendirmektedir. Ayrıca RT (radyografik test), UT (ultrasonik test), MT (manyetik parçacık) ve PT (penetrant test) gibi tahribatsız muayene yöntemlerinde Level II ve Level III düzeyinde sertifikalı personel istihdam etmektedir. Epsilon’un ürettiği vagon şasisi ve bileşenleri, nihai üreticilerin TSI sertifikalı ürünlerine entegre edilmektedir. Bu nedenle firma, Avrupa Demiryolu Ajansı (ERA) standartları doğrultusunda izlenebilirlik ve kalite kontrol prosedürlerine uygun bir üretim disiplini benimsemektedir.

#### 4.9. GökRail

Gökrail, Gök Grup çatısı altında faaliyet gösteren bir yük vagonu üreticisidir. 1980 yılında kurulan Gök Grup’un inşaat ve sanayi alanlarındaki tecrübesi, 2008 yılında demiryolu sektörüne aktarılmış ve Gökrail markası bu doğrultuda hayata geçirilmiştir. Şirket, Sivas Organize Sanayi Bölgesi’nde gerçekleştirdiği yatırımlarla demiryolu araç ve ekipmanlarının üretimine başlamış; daha sonra Demirağ Organize Sanayi Bölgesi’nde kurduğu modern üretim tesisiyle Türkiye’nin önde gelen yük vagonu üretim merkezlerinden biri konumuna yükselmiştir. Bu yatırım, bölgesel kalkınma açısından da stratejik öneme sahip olup, yerel yönetim ve merkezi idare desteğiyle “Çoban Yıldızı” olarak tanımlanmaktadır. Gökrail’in resmi ticari unvanı Gök Yapı A.Ş. olup, grup şirketleriyle sinerji içinde çalışarak kısa sürede Avrupa pazarına entegre olmuştur.

Şirketin ürün portföyü, intermodal taşımacılığa yönelik platform vagonları ile dökme yük vagonlarını kapsamaktadır. Öne çıkan modeller arasında, 80 ve 90 feet uzunluğundaki çift konteyner taşıyabilen çok dingilli Sggrs ve Sggmrs tip platform vagonları yer almaktadır. Ayrıca, Talns 80 m³ gibi kodlarla anılan tahıl ve maden taşımacılığına uygun dökme yük vagonları da üretilmektedir. Yeni nesil tasarımlarda hafifletilmiş yapılar benimsenmiş; firma açıklamalarına göre üretilen vagonlar benzerlerine kıyasla %26 daha hafif olup, daha yüksek taşıma kapasitesi ve düşük işletme maliyeti sunmaktadır. Bu ürün gruplarına ek olarak örtülü vagonlar, sarnıç vagonları ve diğer konvansiyonel yük vagonları da çeşitliliği artırmaktadır. Tüm vagonlar, Avrupa demiryolu işletim sistemlerine uygun olarak TSI (Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri) sertifikalı şekilde üretilmekte; ayrıca boji ve fren sistemi gibi kritik komponentler de ayrı bir ürün grubu olarak müşterilere sunulmaktadır.

Gökrail, üretim kapasitesini artırmak üzere önemli yatırımlar gerçekleştirmiştir. 2023 yılı için belirlenen 1000 adet vagon üretim hedefi doğrultusunda, günlük ortalama 2 adet vagon üretim kapasitesine ulaşılmıştır.

Şirketin Sivas'taki tesisinde 212.000 m<sup>2</sup>'lik arazi üzerinde, ilk etapta 56.615 m<sup>2</sup> kapalı alan üretime açılmış; ikinci etapta ise ek 13.700 m<sup>2</sup>'lik kapalı alan inşaatı sürdürülmektedir. Bu fiziksel kapasite, orta vadede yıllık üretim adedinin birkaç bine çıkarılmasına olanak tanımaktadır. Gökrail, üretim süreçlerini daha verimli hale getirmek amacıyla robotik kaynak sistemleri ve Endüstri 4.0 uygulamalarını entegre etmektedir. Mevcut kapasite, iç piyasa ve ihracat taleplerini karşılayacak şekilde yapılandırılmış olup, sipariş yoğunluğu durumunda esnek çalışma modelleriyle kapasite artırımı sağlanabilmektedir. 2020'de 150 olan istihdam sayısı, 2021 itibarıyla 300'ü aşmış; yetişmiş iş gücüyle desteklenen üretim altyapısı, şirketin büyümesine ivme kazandırmıştır.

Gökrail, kurulduğu günden bu yana ihracat odaklı bir strateji izlemekte olup, Fransa, Almanya, İngiltere, Avusturya, Polonya, Hindistan ve Rusya gibi birçok ülkeye vagon tedarik etmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri, Gökrail vagonlarının en yoğun kullanıldığı coğrafyalar arasında yer almakta; örneğin Fransa'da SNCF ve özel lojistik firmalarının filolarında Gökrail üretimi konteyner vagonları aktif olarak hizmet vermektedir.

İngiltere pazarına ise Brexit sonrası dönemde, ülkenin demiryolu standartlarına uygun modifikasyonlar yapılarak vagon ihracatı gerçekleştirilmiştir. Almanya ve Avusturya gibi geleneksel pazarlarla doğrudan ve dolaylı iş birlikleri sürdürülmekte; bazı durumlarda Alman firmalara üretim yapılarak ürünler onların markasıyla pazara sunulmaktadır. Rusya'ya gerçekleştirilen ihracat, Rusya'nın geniş ray açıklığına uygun vagon tasarımı ile sağlanmış; özel boji ve kuplör sistemleri geliştirilerek sevkiyatlar gerçekleştirilmiştir. Hindistan pazarı ise uzak bir bölge olmasına rağmen, Gökrail'in ihracat vizyonu kapsamında özel tip vagon tedariki yapılan ülkeler arasında yer almıştır. Bu ihracat başarısı, 2020 yılında şirketin Türkiye'nin ilk 1000 ihracatçısı arasına girmesiyle tescillenmiş; yaklaşık 22 milyon dolarlık ihracat hacmiyle önemli bir ekonomik katkı sağlamıştır.

Gökrail, yurt içi pazarda da özel sektör lojistik firmalarına vagon tedarik etmektedir. Konteyner taşımacılığı yapan çeşitli firmalar, filolarını yenileme süreçlerinde Gökrail'den ürün temin etmiştir. Şirketin büyüme süreci büyük ölçüde öz kaynaklarla ve grup şirketleri arasında oluşturulan stratejik iş birlikleriyle desteklenmiştir. Bu süreçte Demirağ OSB'nin lojistik altyapısından maksimum düzeyde faydalanılmış, TCDD ve ilgili bakanlıklarla koordinasyon içinde fabrika sahasına demiryolu bağlantısı tesis edilmiştir.

Teknolojik gelişmeleri ve uluslararası iş birliklerini önemseyen Gökrail, Ar-Ge faaliyetlerini de bu doğrultuda sürdürmektedir. Hafif malzemeli yeni nesil vagon tasarımları konusunda Alman mühendislik ofisleriyle prototip geliştirme çalışmaları yapılmış; ayrıca TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi ile İstanbul Teknik Üniversitesi'nden akademik danışmanlık alınarak boji tasarımı ve vagon dinamikleri üzerine projeler yürütülmüştür. Bu bilimsel ve teknolojik iş birlikleri, ürün kalitesinin yanı sıra üretim süreçlerinin de iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Sertifikasyon açısından sektördeki güçlü konumunu pekiştiren Gökrail, ürettiği tüm vagonlar için TSI uygunluk belgelerini alarak Avrupa pazarına erişimi güvence altına almıştır. Bunun yanı sıra ISO 9001 kalite yönetimi, ISO 14001 çevre yönetimi ve ISO 45001 iş sağlığı ve güvenliği yönetimi sistem belgelerine sahiptir. Kaynaklı imalat süreçleri EN 15085-2 standardına göre yapılandırılmış; kaynak personeli ve prosedürleri bu standardın gerekliliklerini karşılayacak biçimde yetkilendirilmiştir. Üretim sürecinin her aşamasında dijital izlenebilirlik sağlanmakta; her vagon bir QR kod ile takip edilerek kalite kontrol sistemiyle entegre edilmektedir. Bu uygulama aynı zamanda ISO 10002 müşteri memnuniyeti gibi standartların karşılanmasına katkı sunmaktadır. Kullanıma sunulan ürünlerin garanti ve bakım süreçleri de sistematik olarak takip edilmekte olup, bu kapsamda ECM (Entity in Charge of Maintenance) sertifikasyon süreci için çalışmalar sürdürülmektedir.

#### 4.10. Hizmet Veren Araçların Durumu

##### 4.10.1. Konvansiyonel Hatlarda Çeken-Çekilen Araçlar

###### 4.10.1.1. TCDD Taşımacılık

2024 yılı sonu itibarıyla Türkiye demiryolu sisteminde hizmet veren çeken araç filosu, 551 adet anahat lokomotif ile temsil edilmektedir. Bu lokomotiflerin 426'sı dizel, 125'i ise elektrikli tahrik sistemine sahiptir. Ayrıca manevra hizmetlerinde görevli 108 adet manevra lokomotif filoda yer almaktadır. Konvansiyonel yolcu taşımacılığında kullanılan 189 adet tren dizisinin 98'i dizel, 91'i elektrikli tahriklidir. Yüksek Hızlı Tren (YHT) taşımacılığında ise 31 set aktif olarak işletilmektedir.

Çeken araç filosunun yaş dağılımı, filonun genel modernizasyon durumunu değerlendirmek açısından önemlidir. Buna göre, toplam çeken araçların %20'si 40 yaşın üzerinde, %32'si 30-39 yaş arasında, %7'si 20-29 yaş arasında, %24'ü 10-19 yaş arasında ve %17'si 10 yaşın altındadır. Bu dağılım, filonun yaklaşık yarısından fazlasının 30 yaş ve üzerinde olduğunu ve teknolojik güncellemeye ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır.

| Çeken Araç Grubu                    | Toplam<br>(Adet) | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40+ |
|-------------------------------------|------------------|-----|-------|-------|-------|-----|
| Dizel Anahat Lokomotifi             | 426              | 12  | 83    | 13    | 145   | 172 |
| Elektrikli Anahat Lokomotifi        | 125              | 72  | 1     | 0     | 6     | 46  |
| Manevra Lokomotifi                  | 108              | 0   | 43    | 3     | 58    | 4   |
| Konvansiyonel Dizel Dizi (DMU)      | 98               | 8   | 52    | 1     | 33    | 4   |
| Konvansiyonel Elektrikli Dizi (EMU) | 91               | 4   | 16    | 5     | 43    | 23  |
| Yüksek Hızlı Tren (YHT)             | 31               | 29  | 5     | 5     | 0     | 0   |
| Toplam Çeken Araç                   | 879              | 125 | 200   | 27    | 285   | 249 |

**Tablo 4.2** TCDD Taşımacılık- Çeken Araçların Yaş Gruplarına Göre Dağılımı

2024 yılı sonunda Türkiye'de toplam 17.378 adet tescilli yük vagonu bulunmaktadır. Bunların 17.133 adedi ticari yük vagonu, 245 adedi ise idari yük vagonudur. Aynı dönemde yolcu taşımacılığına hizmet veren 623 adet tescilli yolcu vagonu mevcuttur.

| YOLCU VAGONU TÜRÜ | TOPLAM | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40+ |
|-------------------|--------|-----|-------|-------|-------|-----|
| Banliyö Tipi      | 2      | 0   | 0     | 2     | 0     | 0   |
| Pulman            | 340    | 0   | 66    | 116   | 44    | 114 |
| Kompartıman       | 55     | 0   | 0     | 0     | 20    | 35  |
| Kuşetli           | 68     | 0   | 0     | 4     | 20    | 44  |
| Yataklı           | 60     | 0   | 15    | 15    | 15    | 15  |
| Yemekli           | 63     | 0   | 19    | 40    | 30    | 12  |
| TOPLAM (adet)     | 623    | 0   | 100   | 192   | 129   | 220 |

**Tablo 4.3** Yolcu Vagonu Türlerine Göre Yaş Dağılımı ve Toplam Sayı

Yolcu vagonlarının yaş gruplarına göre dağılımı incelendiğinde, filonun %31'i 40 yaşın üzerinde, %22'si 30-39 yaş arasında, %31'i 20-29 yaş arasında, ve yalnızca %16'sı 20 yaşın altındadır. Bu yapı, yolcu vagonlarının önemli bir kısmının ileri yaşta olduğunu ve konfor, güvenlik ve enerji verimliliği açısından güncellenmeye açık olduğunu göstermektedir.

| YÜK VAGONU TÜRÜ | TOPLAM | 0-9  | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40+  |
|-----------------|--------|------|-------|-------|-------|------|
| Kapalı          | 2647   | 302  | 1566  | 331   | 111   | 335  |
| Açık            | 5931   | 871  | 1336  | 1229  | 1513  | 982  |
| Platform        | 7838   | 2236 | 3229  | 1561  | 901   | 1231 |
| Sarnıçlı        | 717    | 197  | 397   | 90    | 90    | 43   |
| TOPLAM (adet)   | 17133  | 3606 | 6529  | 3211  | 2615  | 2672 |

**Tablo 4.4** TCDD Taşımacılık- Yük Vagonlarının Yaş Gruplarına Göre Dağılımı

Yük vagonlarının yaş profili ise görece daha genç bir yapıya sahiptir. Buna göre, yük vagonlarının %16'sı 40 yaşın üzerinde, %15'i 30-39 yaş arasında, %10'u 20-29 yaş arasında, %38'i 10-19 yaş arasında ve %21'i 10 yaşın altındadır. Bu tablo, özellikle son on yıl içinde yük vagonu filosunun önemli ölçüde yenilendiğini ve gençleştirildiğini göstermektedir.

Taşıma kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde, mevcut yük vagonlarının %27'si 16-30 ton aralığında yük taşıma kapasitesine sahipken, %74'ü 50 ton ve üzeri taşıma kapasitesindedir. Bu dağılım, Türkiye demiryolu yük taşımacılığının büyük ölçüde ağır yük segmentine yönelik yapılandığını ve yüksek taşıma kapasiteli vagonların yaygın olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır.

#### 4.10.1.2. Körfez Ulaştırma A.Ş.

Körfez Ulaştırma A.Ş., demiryolu taşımacılığı faaliyetlerini güçlü bir araç filosuyla sürdürmektedir. Şirketin envanterinde, 519 adet akaryakıt vagonu ile 35 adet platform vagon yer almakta olup, bu araçlar çeşitli yüklerin güvenli ve etkin şekilde taşınmasını sağlamaktadır.

Lokomotif parkı ise toplamda 12 adet olup, bunların 5'i dizel yakıtlı, 7'si ise hem dizel hem elektrikle çalışabilen çift yakıtlı (hibrit) lokomotiflerden oluşmaktadır. Bu çeşitlilik, farklı hat profillerine ve operasyonel gereksinimlere uyum sağlayarak esnek bir işletme kapasitesi sunmaktadır.

Körfez Ulaştırma A.Ş., sahip olduğu vagon ve lokomotiflerle, Türkiye'de yük taşımacılığı alanında önemli bir rol üstlenmekte ve demiryolu sektöründe özel sektör katılımının artmasına katkıda bulunmaktadır.

#### 4.10.1.3 OMSAN Lojistik

OMSAN Lojistik, demiryolu yük taşımacılığı faaliyetlerini hem öz mal hem de kiralık araçlardan oluşan geniş bir filo ile gerçekleştirmektedir. Şirketin envanterinde, 500'ün üzerinde vagon (öz mal ve kiralık) bulunmakta olup, bu vagonlar çeşitli yük türlerine uygun taşıma imkânı sunmaktadır.

Bunun yanı sıra, OMSAN, 15 adet kiralık lokomotif ile operasyonlarını sürdürmekte, bu sayede farklı güzergâhlarda kesintisiz hizmet verebilmektedir. Sahip olduğu taşıma altyapısıyla OMSAN, özel sektör demiryolu taşımacılığının gelişimine katkıda bulunan önemli aktörlerden biri konumundadır.

#### 4.10.1.4 Türkiye'de Özel Sektöre Ait Yük Vagonları (Şahıs Vagonları)

Türkiye'de özel sektöre ait yük vagonları, sektörel terminolojide "şahıs vagonları" olarak adlandırılmaktadır. Bu vagonlar, kamu dışındaki işletmelerin mülkiyetinde olup, genellikle ticari yük taşımacılığı faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

2022 yılı sonu itibarıyla, Türkiye genelinde 41 farklı firmaya ait toplam 3.731 adet şahıs vagonu faal durumdadır. Bu veri, özel sektörün demiryolu taşımacılığı alanında artan etkinliğini ve sektördeki çeşitliliği ortaya koymaktadır. Şahıs vagonları, kamuya ait hatlarda özel yük taşımacılığına olanak sağlayarak demiryolu taşımacılığının serbestleşme sürecine katkı sunmaktadır.

### 4.10.2. Hizmet Veren Şehir İçi Raylı Sistem Araçların Durumu

#### 4.10.2.1. İstanbul

İstanbul'un gelişen raylı sistem altyapısı, metro ve tramvay hatlarında kullanılan çeşitli araç modelleriyle dikkat çekmektedir. Metro hatlarında farklı üretici firmaların imzasını taşıyan araçlar, hatların teknolojik seviyelerine ve hizmet özelliklerine göre çeşitlenmektedir.

M1A ve M1B hatlarında, 1980'li yılların ortalarında ABB tarafından üretilen toplam 105 araç hizmet vermektedir. Bu araçların modernizasyonu ve sürücüsüz işletim sistemine entegrasyonu planlanmaktadır. M2 ve M6 hatlarında ise Alstom ve Hyundai Rotem ortak üretimi toplam 192 araç kullanılmakta olup, bu araçlar İstanbul'un yoğun yolcu taşımacılığını karşılamak üzere tasarlanmıştır. M3 hattında Alstom'un Metropolis serisi araçları hizmet verirken, M4 hattında İspanya'nın Beasain kentinde üretilen 144 adet CAF marka araç görev yapmaktadır.

Türkiye'nin ilk tam otomatik, sürücüsüz metro hattı olan M5'te ise yine CAF üretimi 126 araç kullanılmaktadır. M7 hattı, Hyundai Rotem tarafından üretilen 40 araçla hizmet verirken; M8 ve M9 hatlarında sırasıyla Hyundai Rotem ve Alstom üretimi araçlar tercih edilmiştir. İstanbul Havalimanı'na doğrudan erişimi sağlayan M11 hattında ise, CRRC Zhuzhou tarafından üretilen toplam 176 araç kullanılmakta olup, bu araçların bir bölümü Türkiye'de üretilmiştir.

Banliyö hizmeti veren Marmaray hattında ise Güney Kore merkezli Hyundai Rotem tarafından üretilmiş 50 tren seti işletilmektedir. Bu setler, yüksek yolcu kapasiteleri ve tünel geçiş sistemlerine uyumlarıyla öne çıkmaktadır.

Tramvay hatlarında ise model ve üretici çeşitliliği göze çarpmaktadır. T1 hattında Bombardier ve Alstom üretimi toplam 92 araç, T3 hattında Almanya'dan temin edilen Tatra GT6 model 5 araç, T4 hattında Metro İstanbul tarafından yerli olarak üretilmiş 22 araç ve T5 hattında Durmazlar tarafından geliştirilen, %60 yerlilik oranına sahip 30 araç hizmet vermektedir.

Bu çeşitlilik, İstanbul’un raylı sistem ağının hem uluslararası tedarikçi çeşitliliğine hem de yerli üretim kapasitesine dayalı çok katmanlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

| Hat İsmi       | Araç Sayısı | Marka                 | Not                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>METRO</b>   |             |                       |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| M1A ve M1B     | 105         | ABB                   | ABB tarafından 1980’lerin ortalarında Graz’da 105 adet üretilen araçlar kullanılmaktadır. Gelecekte araçların yenilenmesi ve sürücüsüz hale getirilmesi planlanmaktadır.                                                                                |
| M2             | 192         | Alstom, Hyundai Rotem | M2 hattındaki araçlar, toplamı 192 olmak üzere, Fransa menşeli Alstom araçlarına ek olarak, Adapazarı’nda üretilen Güney Kore menşeli Hyundai Rotem araçlarından oluşmaktadır.                                                                          |
| M3             | 68          | Alstom                | M3 hattında Alstom’un Metropolis tipindeki araçlar çalışmaktadır.                                                                                                                                                                                       |
| M4             | 144         | CAF                   | M4 hattında kullanılan araçlar CAF tarafından, İspanya’nın Beasain şehrinde tasarlanmış ve üretilmiştir.                                                                                                                                                |
| M5             | 126         | CAF                   | M5 hattında 126 adet CAF marka araç tam otomatik sürücüsüz bulunmaktadır. Bu özelliğiyle İstanbul’daki ve Türkiye’deki ilk tam otomatik sürücüsüz metro hattıdır.                                                                                       |
| M6             | 12          | Alstom                | M6 hattında M2 hattına ait eski Alstom araçları kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                       |
| M7             | 40          | Hyundai Rotem         | Bu araçlar, M5 hattından sonra İstanbul’daki ikinci tam otomatik sürücüsüz araçlardır.                                                                                                                                                                  |
| M8             | 40          | Hyundai Rotem         | M9 hattında M3 hattının araçları kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                      |
| M9             | 20          | Alstom                | Bu araçlar, M7 hattından sonra İstanbul’daki üçüncü tam otomatik sürücüsüz araçlardır.                                                                                                                                                                  |
| M11            | 176         | CRRC Zhuzhou          | Teslim edilen ilk 10 set yurt dışından gelmiştir ve sürücülüdür. 3 Ocak 2024 tarihinde teslimleri başlayan 15 sürücüsüz set CRRC-MNG ortaklığı ile Türkiye’de üretilmektedir. Gelecekte ilk 10 set de modernize edilerek sürücüsüz hale getirilecektir. |
| <b>BANLİYÖ</b> |             |                       |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Marmaray       | 50          | Hyundai Rotem         | Toplam 440 vagonluk 50 adet banliyö tren seti Güney Kore’den ithal edilmiştir.                                                                                                                                                                          |
| B2             | -           | Hyundai Rotem         | Marmaray araçlarındaki araçlar kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                        |
| U3             | -           | Hyundai Rotem         | Marmaray araçlarındaki araçlar kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                        |
| <b>TRAMVAY</b> |             |                       |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| T1             | 92          | Bombardier, Alstom    |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| T3             | 5           | Tatra GT6             | Almanya Jena şehrinde ikinci el olarak alınan Tatra GT6 model tramvay araçları ile hizmet verilmektedir.                                                                                                                                                |
| T4             | 22          | Metro İstanbul        | Metro İstanbul tarafından üretilen araçlar kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                            |
| T5             | 30          | Durmazlar             | %60 yerli üretilen araçlar kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                            |

**Tablo 4.5** İstanbul Raylı Sistem Araçları: Hatlar, Araç Sayısı ve Marka Bilgileri



#### 4.10.2.2. Ankara

Ankara'da raylı sistem ulaşımı kapsamında çeşitli dönemlerde önemli araç tedarikleri gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin ilk hafif raylı sistemlerinden biri olan Ankaray projesi için, 1996 yılında İtalyan ANSALDO-BREDA firması tarafından üretilen toplam 33 adet hafif metro aracı hizmete alınmıştır. Bu araçlar, AŞTİ-Dikimevi hattında bugüne kadar aktif şekilde işletilmektedir.

Ankara Metrosu'nun ilk etabı olan Batıkent-Kızılay hattı, 1997 yılında tamamlanarak 14,6 kilometrelik bir güzergâhta hizmete açılmıştır. Bu hat için, 1996 yılında BOMBARDIER firması tarafından üretilen 108 adet metro aracı temin edilmiştir. Ancak bu araçlar 2014 yılından itibaren CRRC metro araçları ile yer değiştirerek hizmet dışı bırakılmıştır.

Son dönemde gerçekleştirilen büyük ölçekli araç yatırımları kapsamında, Çayyolu (M2), Sincan (M3) ve Keçiören (M4) hatları için 2012 yılında Çin merkezli CRRC firmasından toplam 324 adet modern metro aracı satın alınmıştır. Bu araçlar, yeni nesil sinyalizasyon sistemlerine ve yolcu konforunu artırıcı donanımlara sahiptir.

Bunun yanı sıra, banliyö taşımacılığı kapsamında hizmet veren Başkentray hattında, Güney Koreli Hyundai Rotem üretimi 96 adet tren seti kullanılmaktadır. Bu araçlar, Ankara'nın doğu-batı aksında banliyö hizmetlerinin modernizasyonunda önemli bir rol üstlenmektedir.

#### 4.10.2.3. İzmir

İzmir'de kent içi raylı sistem işletmeciliği, 1999 yılında kurulan İzmir Metro A.Ş. tarafından yürütülmektedir. İzmir Metrosu, 2000 yılında 45 adet ABB marka araç ile hizmete başlamış; artan yolcu talebini karşılamak amacıyla yıllar içerisinde filosunu önemli ölçüde genişletmiştir. Bu kapsamda, 2012 yılında 32 adet 400 kW gücünde CSR marka metro aracı filoya dâhil edilmiş, 2015 yılında bu sayı 10 araçlık ek tedarikle artırılmıştır. Devam eden süreçte, 2016 yılında 15 adet 460 kW gücünde CNR ve 38 adet 480 kW gücünde Hyundai Rotem üretimi araçlar temin edilmiştir. Çin menşeli CRRC firması tarafından üretilen 137 yeni metro aracının da eklenmesiyle birlikte, 2017 yılı itibarıyla İzmir Metrosu'nun toplam araç sayısı 182'ye ulaşmıştır.

Tramvay taşımacılığı ise İzmir'de 2017 yılında Karşıyaka Tramvayı ve 2018 yılında Konak Tramvayı hatlarının hizmete alınmasıyla başlamıştır. Konak hattında tamamı Hyundai Rotem üretimi olmak üzere 38 tramvay aracı faaliyet göstermektedir. Ayrıca, 2024 yılı Aralık ayında Bozankaya firması ile imzalanan sözleşme kapsamında, İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin filosuna 22 yeni tramvay aracı daha eklenecektir. Bu gelişme, kentin tramvay kapasitesini artırarak daha etkin bir hizmet sunulmasına olanak sağlayacaktır.

Banliyö taşımacılığı alanında ise İzmir Banliyö Sistemi (İZBAN) toplamda 219 araçlık bir filo ile işletilmektedir. Bu araçların 99 adedi CAF, 120 adedi ise Hyundai Rotem markasına aittir. Söz konusu araçlar, İzmir'in kuzey-güney aksında yüksek yolcu kapasitesine sahip kesintisiz banliyö taşımacılığı hizmeti sunmaktadır.

#### 4.10.2.4. Eskişehir

Eskişehir'de kent içi raylı sistem taşımacılığı, modern tramvay araçlarıyla yürütülmektedir. Mevcut filo, 33 adet tramvay aracıyla Bombardier firması tarafından temin edilmiştir. Artan yolcu talebi ve hizmet kapsamının genişletilmesi amacıyla, 2018 yılında Skoda firması ile yapılan anlaşma doğrultusunda 14 adet yeni tramvay aracı tedarik edilmiş olup şu an Eskişehir'de hizmet vermektedir.

Bu kapsamda, Eskişehir ilindeki toplam tramvay araç sayısı 47'ye ulaşmış olup, kentteki raylı sistem ağı hem yerleşik kullanıcılar hem de ziyaretçiler için önemli bir toplu taşıma alternatifi sunmaktadır.

#### 4.10.2.5. Adana

Adana Metrosu, toplam 13,5 kilometre uzunluğunda ve 13 istasyondan oluşan tek hat üzerinden kent içi toplu taşıma hizmeti sunmaktadır. Hat üzerinde işletilen araç filosu, her biri üç araçtan oluşan 12 adet tren setinden meydana gelmektedir. Bu setler, Güney Kore menşeli Hyundai Rotem firması tarafından üretilmiştir.

Toplamda 36 metro aracından oluşan bu filo, 520 kW çekiş gücüne sahip modern araçlardan oluşmakta olup, Adana kent içi ulaşımında hızlı, güvenli ve yüksek kapasiteli bir taşıma alternatifi sunmaktadır.

#### 4.10.2.6. Bursa

Bursa'da kent içi raylı sistem ulaşımı, hafif metro ve tramvay hatları aracılığıyla yürütülmektedir. BursaRay olarak bilinen hafif raylı sistem ağı, toplamda 138 hafif raylı sistem aracından oluşan geniş bir filoya sahiptir. Bu araçlar dört vagonlu setler hâlinde çalışmakta ve yüksek yolcu kapasitesiyle toplu taşımada etkin rol oynamaktadır.

Filo, farklı üreticilere ait araçlardan oluşmaktadır:

- **Siemens B80:** 48 adet
- **Bombardier Flexity Swift B2010:** 30 adet
- **Durmazlar GreenCity:** 60 adet

Bu çeşitlilik, sistemin hem yerli üretime entegre olması hem de uluslararası teknolojilerle donatılması açısından dikkat çekicidir.

Bursa’daki tramvay sistemi, üç ayrı hattan oluşmaktadır. Bu hatlardan ikisinde, yerli üretici Durmazlar tarafından geliştirilen ve “İpekböceği” modeli olarak bilinen toplam 18 adet tramvay aracı hizmet vermektedir. Üçüncü hatta ise, nostaljik konseptle tasarlanmış 6 adet Gotha ve 13 adet Düwag marka tramvay kullanılmaktadır. Nostaljik hat, özellikle güvenlik gerekçeleriyle zaman zaman geçici olarak işletmeye kapatılabilmektedir.

Bursa genelinde toplam 175 adet raylı sistem aracı hizmet vermektedir. Son olarak ihalesi tamamlanan 20 adet hafif raylı sistem (LRT) aracı için Bozankaya ile sözleşme imzalanmış olup üretim süreci devam etmektedir. Bu yeni araçların filoya katılmasıyla birlikte Bursa’daki toplam raylı sistem araç sayısı 192’ye ulaşacaktır.

#### 4.10.2.7. Kayseri

Kayseri’de kent içi raylı sistem ulaşımı, tamamı tramvay araçlarından oluşan bir filo ile sağlanmaktadır. Toplam 80 adet tramvay aracına sahip olan sistem, hem ithal hem de yerli üretim araçlardan oluşan dengeli bir yapıya sahiptir.

Filo içerisinde 38 adet tramvay, İtalyan menşeli Ansaldo Breda tarafından üretilen Sirio model araçlardan oluşmaktadır. Yerli üretim kapsamında ise Bozankaya tarafından geliştirilen 42 adet Talas model tramvay aracı hizmet vermektedir.

Bu yapı, Kayseri’nin raylı sistem filosunda yerli üretime yönelme stratejisini desteklemekte ve aynı zamanda ithal teknolojiyle entegre çalışabilen bir işletme modeli sunduğunu göstermektedir.

#### 4.10.2.8. Konya

Konya’da raylı sistem işletmeciliği, Türkiye’de en erken başlayan uygulamalardan biri olarak 1987 yılında faaliyete geçmiştir. Kent içi toplu taşımada önemli bir rol üstlenen tramvay sistemi, 2010 yılında filosunu önemli ölçüde yenileyerek modernizasyon sürecine girmiştir.

Bu kapsamda, Çekya merkezli Skoda firması tarafından üretilen 72 adet tramvay aracı filoya dâhil edilmiştir. Her biri 400 kW gücünde çekiş sistemine sahip olan bu araçlar, Konya’nın toplu taşıma ihtiyacını karşılamakta ve şehir içi ulaşımında yüksek verimlilik sağlamaktadır.

#### 4.10.2.9. Samsun

Samsun’da raylı sistem işletmeciliği, 2010 yılında 15,6 kilometre uzunluğundaki hattın inşa edilmesiyle başlamıştır. Kent içi toplu taşımaya entegre edilen bu sistemde, başlangıçta İtalyan menşeli ANSALDO BREDA firması tarafından üretilen, her biri 636 kW çekiş gücüne sahip 16 adet tramvay aracı kullanılmaya başlanmıştır.

Artan yolcu talebini karşılamak amacıyla 2013 ve 2014 yıllarında Çin merkezli CNR firmasından sırasıyla 2 ve 3 adet olmak üzere toplam 5 adet, 800 kW çekiş gücüne sahip tramvay aracı satın alınmıştır. Takip eden dönemde, 2016 ve 2017 yıllarında ise yerli üretici Durmazlar tarafından üretilen, 650 kW gücünde toplam 8 adet tramvay aracı (2 + 6) filoya dâhil edilmiştir.

2024 yılı itibarıyla Samsun Büyükşehir Belediyesi’ne bağlı olarak faaliyet gösteren SAMULAŞ tarafından işletilen sistem, toplam 29 adet tramvay aracıyla hizmet vermektedir. Son olarak, 2024 yılında gerçekleştirilen 10 adet tramvay alım ihalesini Bozankaya firması kazanmış ve üretim sürecine başlamıştır. Söz konusu araçlarda kullanılacak cer sistemi ise ASELSAN tarafından geliştirilecektir.

Filo, farklı yıllarda ve üreticilerden temin edilen araçlardan oluşmakta olup, sistemin genişleyen kapasitesi doğrultusunda kent içi ulaşımında önemli bir rol oynamaktadır.

#### 4.10.2.10. Antalya

Antalya'da toplu taşıma hizmeti veren raylı sistem ağı, AntRay markası altında işletilmekte olup, toplam 51,5 kilometre uzunluğa ve 69 istasyona sahiptir. Sistem, ilk olarak 1999 yılında açılan nostaljik tramvay hattı (T2) ile kent yaşamına dâhil olmuştur. Bu hat, tarihi ve turistik bölgeleri birbirine bağlayan sembolik bir güzergâh olarak hizmet vermektedir.

Modern tramvay işletmeciliği ise 2009 yılında T1A ve T1B hatlarının devreye alınmasıyla başlamıştır. Bu hatlar, kent merkezinden başlayarak kuzeydeki yoğun yerleşim alanlarına ulaşım sağlamaktadır. 2019 yılında, Varsak-Müze arasında hizmete giren T3 hattı ile sistem genişletilmiş ve kuzeydeki banliyö bölgeleri de raylı sistem ağına entegre edilmiştir.

2024 yılında yeni tramvay araçlarının filoya dâhil edilmesiyle birlikte, T1 hattı üzerindeki kapasite artırılmış; ayrıca yeni güzergâhları kapsayan T1C ve T1D hatları da hizmete alınmıştır. Bu gelişmelerle birlikte AntRay sistemi, Antalya kent içi ulaşımında erişilebilirlik, sürdürülebilirlik ve konfor açısından önemli bir toplu taşıma alternatifi sunmaktadır.

Araç Filosu;

- **CAF:**14 adet
- **Hyundai Rotem:**18 adet
- **Nostalji Tramvayı:**3 adet
- **Bozankaya:** 2 adet

olmak üzere Antalya'da 37 adet tramvay hizmet vermektedir.

#### 4.10.2.11. Gaziantep

Gaziantep'te kent içi raylı sistem taşımacılığı, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi bünyesinde faaliyet gösteren Gaziulaş tarafından yürütülmektedir. Toplam 23 kilometre uzunluğa sahip üç hat ve 28 istasyondan oluşan tramvay sistemi, kentin ana ulaşım koridorlarında önemli bir toplu taşıma alternatifi sunmaktadır.

Gaziulaş bünyesindeki tramvay filosu, iki farklı modelden oluşmaktadır. İlk grup, 1972 model Siemens-Düwag üretimi 25 adet PT8 tipi tramvay aracından oluşmaktadır. İkinci grup ise, 1994 model Alstom üretimi 28 adet TFS tipi tramvay aracıdır. Filo, farklı üretim yıllarına sahip olmasına rağmen, düzenli bakım ve işletme stratejileriyle hizmete devam etmektedir.

Bunun yanı sıra, kentteki banliyö ulaşımını sağlayan Gaziray Banliyö Hattı'nda modern elektrikli tren setleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş. (TÜRASAŞ) tarafından üretilen toplam 32 vagon, dörder araçtan oluşan 8 elektrikli tren seti şeklinde yapılandırılmıştır.

Yüzde 70 yerlilik oranına sahip olan bu vagonların ilk seti, 2025 yılında Gaziantep'te raylarla buluşmuş ve Milli Banliyö Tren Seti'nin test sürüşleri başarıyla gerçekleştirilmiştir. Saatte 90 kilometre azami hıza ulaşacak şekilde tasarlanan tren setlerinin üretimi devam etmektedir. Gaziray hattında kullanılacak olan diğer 28 vagonun 7 tren setinin ise aynı yıl içerisinde teslim edilmesi planlanmaktadır.

Dört vagonun 2 set, yaklaşık 1000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olup, hem şehir içi hem de şehir çeperindeki bölgelerde konforlu ve hızlı bir ulaşım imkânı sunmaktadır.

#### 4.10.2.12. Kocaeli

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen Akçaray tramvay hattı, kent merkezinde toplu ulaşımı güçlendiren önemli bir raylı sistem çözümüdür. 2024 yılı itibarıyla, hat üzerinde toplam 22 tramvay aracı hizmet vermektedir.

Mevcut filo, iki farklı yerli üretici tarafından temin edilen araçlardan oluşmaktadır. Bunların 12 adedi, Durmazlar firması tarafından üretilen Panorama model tramvaylardır. Kalan 10 adet araç ise 2023 yılında teslim edilen Bozankaya üretimi tramvaylardan oluşmaktadır. Ayrıca, Bozankaya tarafından üretimi devam eden 5 adet yeni tramvay aracının da yakın dönemde filoya katılması planlanmaktadır.

Bu yapı, Akçaray sisteminin tamamen yerli üretimle desteklenen bir filo yapısına sahip olduğunu göstermekte; aynı zamanda Kocaeli'nin raylı sistem ulaşımında dışa bağımlılığı azaltma ve yerli sanayiye destekleme politikasını da yansıtmaktadır.

## 5. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE RAYLI SİSTEM (GTİP 86) İHRACAT-İTHALAT ANALİZİ

GTIP 86 bölümü, “Demiryolu ve Tramvay Lokomotifleri, Demiryolu veya Tramvay Vagonları ve Bunların Aksam, Parçaları; Demiryolu veya Tramvay Trafik Kontrol ve Emniyet Cihazları” ile ilgilidir.

Aşağıdaki tablodan GTIP 86 bölümü, demiryolu ve tramvay taşımacılığında kullanılan lokomotifler, vagonlar, yedek parçalar ve ilgili ekipmanları kapsar. Aşağıda 4 haneli GTIP alt başlıkları, resmi çevirileri ve detaylı açıklamaları bulunmaktadır.

| GTIP Kodu | Açıklama (İngilizce)                                                                                                                                                                                   | Türkçe Çeviri                                                                                                                                                             |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8601      | Rail locomotives powered from an external source of electricity or by electric accumulators                                                                                                            | Harici bir elektrik kaynağı veya akümülatörler ile çalışan demiryolu lokomotifleri                                                                                        |
| 8602      | Other rail locomotives; locomotive tenders                                                                                                                                                             | Diğer demiryolu lokomotifleri; lokomotif tenderleri (kömür veya yakıt depoları)                                                                                           |
| 8603      | Self-propelled railway or tramway coaches, vans and trucks, other than those of heading 8604                                                                                                           | Kendi tahrikli (motorlu) demiryolu veya tramvay yolcu vagonları, yük vagonları (8604 pozisyonundakiler hariç)                                                             |
| 8604      | Railway or tramway maintenance or service vehicles, whether or not self-propelled (for example, workshop, crane, ballast tamping and track-lining vehicles)                                            | Demiryolu veya tramvay bakım ve servis araçları (kendi tahrikli olsun veya olmasın) (örneğin atölye, vinç, balast sıkıştırma ve hat hizalama araçları)                    |
| 8605      | Railway or tramway passenger coaches, not self-propelled; luggage vans, post office coaches and other special purpose railway or tramway coaches, not self-propelled (excluding those of heading 8604) | Lokomotif çekişli demiryolu veya tramvay yolcu vagonları; bagaj vagonları, posta vagonları ve özel amaçlı demiryolu veya tramvay vagonları (8604 pozisyonundakiler hariç) |
| 8606      | Railway or tramway goods vans and wagons, not self-propelled                                                                                                                                           | Lokomotif çekişli yük vagonları ve demiryolu yük taşımacılığı için vagonlar                                                                                               |
| 8607      | Parts of railway or tramway locomotives or rolling stock                                                                                                                                               | Demiryolu veya tramvay lokomotifleri ve vagonlarının aksam ve parçaları                                                                                                   |
| 8608      | Railway or tramway track fixtures and fittings; mechanical (including electro-mechanical) signaling, safety or traffic control equipment for railways or tramways                                      | Demiryolu veya tramvay hattı donanımları ve bağlantı elemanları; mekanik (elektromekanik dahil) sinyalizasyon, güvenlik veya trafik kontrol ekipmanları                   |
| 8609      | Containers (including containers for transport by one or more modes)                                                                                                                                   | Konteynerler (bir veya birden fazla taşıma türüne uygun olanlar dahil)                                                                                                    |

**Tablo 5.1** Demiryolu ve Tramvay Araçları ile İlgili GTIP Kodu ve Açıklamaları

### 5.1. GTIP 86 Bölümü, 4 Haneli GTIP Alt Başlıkları

**GTIP 8601 - Harici Bir Elektrik Kaynağı veya Akümülatörler ile Çalışan Demiryolu Lokomotifleri:** Bu kategori, yalnızca elektrikle çalışan demiryolu lokomotiflerini kapsamaktadır. Söz konusu lokomotifler, elektrik enerjisini genellikle katener hattı (hava hattı) veya üçüncü ray sistemi aracılığıyla temin eder. Ayrıca, batarya ile çalışan akümülatörlü lokomotifler de bu sınıf içerisinde değerlendirilir.

Elektrikli lokomotifler, hem şehir içi ulaşım sistemlerinde hem de uzun mesafeli tren hatlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür lokomotiflere örnek olarak TCDD E68000 serisi, Siemens Vectron ve Alstom Prima gibi modeller gösterilebilir.

**GTIP 8602 - Diğer Demiryolu Lokomotifleri; Lokomotif Tenderları:** Bu kategori, elektrik harici güç kaynaklarıyla çalışan demiryolu lokomotiflerini kapsamaktadır. Dizel lokomotifler, dizel motor ile jeneratör kombinasyonuna dayanarak çalışmakta olup, günümüzde yük ve yolcu taşımacılığında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Buharlı lokomotifler ise, modern demiryolu işletmeciliğinde aktif olarak kullanılmamakla birlikte, ağırlıklı olarak nostaljik veya turistik amaçlarla hizmet vermektedir.

Hibrit lokomotifler, birden fazla güç kaynağına sahiptir; genellikle elektrik ve dizel tahrik sistemlerini bir arada kullanarak esnek ve çevresel açıdan daha verimli bir çözüm sunar. Ayrıca, buharlı lokomotiflerin çalışması için gerekli olan kömür veya su taşıma vagonları da bu kategoriye dâhil edilmektedir.

Bu gruba örnek olarak TCDD DE 24000 serisi, GE Evolution Serisi ve nostaljik kullanımda yer alan Buharlı 55000 Serisi lokomotifler gösterilebilir.

**GTIP 8603 - Kendi Tahrikli (Motorlu) Demiryolu veya Tramvay Yolcu Vagonları ve Yük Vagonları:** Bu kategori, harici bir lokomotif gerektirmeyen ve kendi tahrik sistemine sahip yolcu veya yük vagonlarını kapsamaktadır. Bu araçlar, kendi motorları sayesinde bağımsız hareket kabiliyeti sunar.

Elektrikli Çoklu Üniteler (EMU), elektrik motoruyla çalışan ve özellikle metro ile banliyö tren hatlarında tercih edilen araçlardır. Dizel Çoklu Üniteler (DMU) ise dizel motorlara sahip olup, lokomotif olmaksızın yolcu taşımacılığı gerçekleştirebilir. Hibrit trenler, hem elektrikli hem de dizel sistemleri bir arada barındırarak farklı altyapı koşullarında çalışabilirlik sağlar.

Şehir içi toplu taşımacılığın önemli bileşenlerinden biri olan tramvaylar da bu gruba dâhildir. Tramvaylar, kendi motor sistemleriyle çalışan ve genellikle düşük kapasiteli yolcu taşımacılığına yönelik geliştirilen araçlardır.

Bu kategoride yer alan araçlara örnek olarak İstanbul Marmaray tren setleri, Alstom Coradia ve Stadler Flirt serileri verilebilir.

**GTIP 8604 - Demiryolu veya Tramvay Bakım ve Servis Araçları (Kendi Tahrikli Olsun veya Olmasın):** Bu kategori, demiryolu altyapısının bakım, onarım ve ölçüm faaliyetlerinde kullanılan özel amaçlı araçları kapsamaktadır. Bu araçlar, hatların güvenli, düzenli ve sürdürülebilir işletimini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Balast düzenleme makineleri, ray hizalama ve balast profili iyileştirme işlemlerinde kullanılırken; ray kaynak makineleri, rayların birleştirilmesi ve onarımı için görev yapar. Ayrıca, hat geometrisinin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla kullanılan ölçüm ve muayene araçları da bu grup içerisinde yer alır. Bunun yanında, demiryolu vinçleri ağır ekipman taşıma ve acil müdahale durumlarında; kar temizleme araçları ise kış şartlarında hatların işlerliğini sürdürebilmek için kullanılmaktadır.

Bu tür araçlara örnek olarak Plasser & Theurer tarafından üretilen balast düzenleme makineleri ile EM-SAT 1200 ölçüm treni gösterilebilir.

**GTIP 8605 - Lokomotif Çekişli Demiryolu veya Tramvay Yolcu Vagonları:** Bu kategori, lokomotif tarafından çekilen ve kendi tahrik sistemine sahip olmayan yolcu vagonlarını kapsamaktadır. Söz konusu vagonlar, farklı kullanım amaçlarına göre çeşitli tiplerde tasarlanmıştır.

Bölgesel ve uzun mesafeli yolcu taşımacılığı için kullanılan standart yolcu vagonlarının yanı sıra, gece trenlerinde hizmet veren yataklı ve kuşetli vagonlar da bu gruba dâhildir. Ayrıca, seyahat esnasında yeme içme hizmeti sunan restoran ve yemekli vagonlar, bagaj ve posta taşımacılığına yönelik özel donanımlı vagonlar ile hastane, laboratuvar gibi özel amaçlara hizmet eden vagonlar da bu kategori kapsamında değerlendirilir.

Bu tür vagonlara örnek olarak TCDD’ye ait yataklı vagonlar, Almanya’da kullanılan ICE yolcu vagonları ve uluslararası standartlara uygun Eurofima vagonları gösterilebilir.

**GTIP 8606 - Lokomotif Çekişli Yük Vagonları:** Bu kategori, lokomotif tarafından çekilen ve yük taşımacılığına yönelik olarak tasarlanmış vagonları kapsamaktadır. Söz konusu vagonlar, taşınacak yük türüne göre farklı yapı ve donanımlara sahiptir.

Kapalı yük vagonları, özellikle gıda ürünleri, tekstil malzemeleri ve değerli eşyalar gibi dış etkenlerden korunması gereken yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Açık yük vagonları ise kömür, hurda, maden cevheri ve çeşitli inşaat malzemeleri gibi hacimli ve dayanıklı yüklerin taşınmasına olanak tanır.

Tanker vagonları, sıvı formdaki akaryakıt, kimyasal maddeler ve endüstriyel sıvı yüklerin güvenli taşınması amacıyla özel olarak tasarlanmıştır. Platform ve konteyner vagonları ise modüler taşımacılığa uygun olup, otomobil, konteyner ve benzeri standartlaşmış yük birimlerinin taşınmasında kullanılmaktadır.



Bu gruba örnek olarak TCDD’nin UIC standardına uygun yük vagonları ile DB Cargo filosunda yer alan çeşitli tanker vagonları gösterilebilir.

**GTIP 8607 - Demiryolu veya Tramvay Lokomotifleri ve Vagonlarının Aksam ve Parçaları:** Bu kategori, demiryolu taşıtlarında kullanılan yedek parçaları ve sistem bileşenlerini kapsamaktadır. Söz konusu bileşenler, hem araç güvenliği hem de konfor düzeyinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Dingiller ve tekerlek takımları, taşıma yükünü raylara ileten temel yapı elemanlarıdır. Fren sistemleri ve çeşitli bağlantı elemanları, trenin güvenli duruşunu ve araçlar arası bağlantıyı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu bağlamda, tamponlar ve özellikle Scharfenberg gibi otomatik kuplaj sistemleri öne çıkan örneklerdir.

Ayrıca, süspansiyon sistemleri ve amortisörler, yolcu ve yük taşıma konforunu artırmak, ray-yol etkileşimlerini dengelemek ve titreşimleri azaltmak amacıyla bu grup içerisinde yer almaktadır.

Bu kapsamda örnek olarak CAF üretimi dingil takımları ile Knorr-Bremse tarafından geliştirilen fren sistemleri gösterilebilir.

**GTIP 8608 - Demiryolu veya Tramvay Ray Sistemleri için Donanım ve Aksamlar:** Bu kategori, demiryolu altyapısına ait sinyalizasyon ve ray bağlantı sistemlerini kapsamaktadır. Ray bağlantı sistemleri, hat bütünlüğünün sağlanması ve taşıt güvenliğinin korunması açısından kritik işlevler üstlenmektedir.

Ray bağlantı elemanları; klipsler, cıvatalar ve travers bağlantı sistemleri gibi bileşenleri içermekte olup, ray ile travers arasındaki sabitlemeyi ve kuvvet aktarımını sağlar. Makas sistemleri, trenlerin hatlar arasında yön değiştirmesine olanak tanıyan dinamik altyapı bileşenleridir.

Ayrıca, titreşim önleyici ve gürültü azaltıcı malzemeler, özellikle şehir içi hatlarda çevresel etkilerin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu sistemleri tamamlayıcı olarak, mekanik ve elektromekanik sinyalizasyon sistemleri tren trafiğini düzenleyerek emniyetli işletmeyi temin eder.

Bu gruba örnek olarak Pandrol Fastclip ray bağlantı sistemleri ve Vossloh tarafından geliştirilen makas sistemleri gösterilebilir.

**GTIP 8609 - Konteynerler (Bir veya Daha Fazla Taşıma Türüne Uygun Olanlar Dahil):** Bu kategori, demiryolu, kara ve deniz taşımacılığına uygun olarak özel şekilde tasarlanmış konteynerleri kapsamaktadır. Konteynerler, taşımacılık süreçlerinde standardizasyon, hızlı aktarma ve güvenli taşıma avantajları sunarak lojistik zincirinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır.

ISO standartlarına uygun genel kargo konteynerleri, çok çeşitli yüklerin taşınmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğutma donanımına sahip konteynerler (Reefer Containers), özellikle gıda maddeleri, ilaçlar ve diğer bozulabilir ürünlerin taşınması için geliştirilmiştir. Tank konteynerler ise sıvı ve gaz halindeki yüklerin güvenli taşımacılığına imkân tanımakta olup, kimyasal maddeler de dâhil olmak üzere birçok endüstriyel ürün için uygundur.

Buna ek olarak, tehlikeli maddelerin uluslararası güvenlik düzenlemelerine uygun biçimde taşınabilmesi amacıyla özel donanımlı konteynerler de bu gruba dâhildir.

Bu kapsamdaki örnekler arasında Maersk firmasına ait soğutmalı (reefer) konteynerler ile Hapag-Lloyd tarafından kullanılan tank konteynerler yer almaktadır.

## 5.2. Uluslararası İthalat Değerlendirmesi

Küresel demiryolu taşımacılığı ürünleri (GTIP/HS 86) ithalatı, son beş yıllık dönemde dalgalı bir seyir izlemekle birlikte genel olarak artış eğilimindedir. 2018–2019 yılları arasında görece ılımlı bir büyüme kaydedilmiş; bu dönemde demiryolu ekipmanlarına yönelik talep, çeşitli altyapı projeleri ve modernizasyon faaliyetleriyle desteklenmiştir.

Ancak 2020 yılında, COVID-19 pandemisinin küresel ölçekte yarattığı ekonomik ve lojistik kısıtlamalar nedeniyle, büyük ölçekli altyapı projeleri birçok ülkede yavaşlamış ya da ertelenmiştir. Bu durum, demiryolu taşıtları ve ilgili ekipmanların ithalatında ciddi bir düşüşe yol açmıştır. Nitekim aynı yıl dünya mal ticareti genelinde yaklaşık %5,6 oranında bir daralma meydana gelmiş; bu daralma, demiryolu sektörünün ithalat verilerine de doğrudan yansımıştır.

Pandemi sonrası toparlanma süreci ise hızlı ve güçlü olmuştur. 2021 yılında, bir önceki yıl ertelenen taleplerin yeniden devreye girmesiyle birlikte, demiryolu araçları ve ekipmanlarına yönelik ithalat hacmi kayda değer biçimde artmış ve birçok pazarda rekor seviyelere ulaşmıştır.

| SIRA | İthalatçı Ülkeler           | 2019<br>(1000\$) | 2020<br>(1000\$) | 2021<br>(1000\$) | 2022<br>(1000\$) | 2023<br>(1000\$) | Artış<br>Miktarı |
|------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|      | Dünya                       | 31.638.023       | 26.646.424       | 30.919.069       | 33.276.175       | 34.771.278       | 4%               |
| 1    | Almanya                     | 3.644.995        | 3.501.848        | 3.423.288        | 3.550.877        | 3.612.974        | 2%               |
| 2    | Amerika Birleşik Devletleri | 2.141.861        | 1.502.550        | 2.189.773        | 3.253.366        | 3.011.507        | -7%              |
| 3    | Meksika                     | 1.121.497        | 656.327          | 882.669          | 1.406.398        | 1.787.277        | 27%              |
| 4    | Birleşik Krallık            | 2.091.688        | 1.078.736        | 1.052.509        | 1.185.645        | 1.688.500        | 42%              |
| 5    | Kanada                      | 2.001.307        | 1.213.855        | 1.447.199        | 1.619.431        | 1.630.979        | 1%               |
| 6    | Fransa                      | 1.011.528        | 949.752          | 1.192.177        | 1.085.863        | 1.257.563        | 16%              |
| 7    | Polonya                     | 822.777          | 844.236          | 878.292          | 889.846          | 1.184.485        | 33%              |
| 8    | Avusturya                   | 872.023          | 898.524          | 1.614.931        | 1.285.394        | 1.111.228        | -14%             |
| 9    | İspanya                     | 401.227          | 448.968          | 614.049          | 1.176.860        | 1.057.200        | -10%             |
| 10   | Avustralya                  | 1.104.776        | 813.421          | 1.022.660        | 980.739          | 1.053.630        | 7%               |
| 11   | İtalya                      | 933.669          | 851.020          | 888.163          | 953.377          | 904.953          | -5%              |
| 12   | İsviçre                     | 716.575          | 784.457          | 893.528          | 821.106          | 802.065          | -2%              |
| 13   | İsveç                       | 511.302          | 522.607          | 453.602          | 449.505          | 792.291          | 76%              |
| 14   | Hindistan                   | 516.612          | 534.362          | 505.153          | 585.382          | 780.010          | 33%              |
| 15   | Kazakistan                  | 525.342          | 312.957          | 571.848          | 406.075          | 772.698          | 90%              |
| 16   | Slovakya                    | 305.536          | 315.982          | 309.936          | 436.215          | 758.420          | 74%              |
| 17   | Taipei, Çin                 | 142.998          | 111.200          | 496.566          | 857.264          | 679.584          | -21%             |
| 18   | Belçika                     | 248.169          | 271.371          | 384.504          | 436.036          | 658.985          | 51%              |
| 19   | Rusya Federasyonu           | 1.011.907        | 747.826          | 743.168          | 897.186          | 638.692          | -29%             |
| 20   | Mısır                       | 67.893           | 97.610           | 718.244          | 385.054          | 620.203          | 61%              |

**Tablo 5.2** Demiryolu Araçları ve Ekipmanları İthalat Verileri: Ükelere Göre 2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim

### 5.2.1. Ülke Bazlı Performans Analizi

Küresel demiryolu ekipmanı ithalatında en büyük pay, gelişmiş ekonomilere aittir. 2022 yılı verilerine göre, en fazla ithalat gerçekleştiren ülkeler sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri (4,08 milyar ABD doları), Almanya (3,47 milyar ABD doları), Kanada (1,66 milyar ABD doları), Birleşik Krallık (1,53 milyar ABD doları) ve Fransa (1,52 milyar ABD doları) olmuştur.

ABD ve Almanya, demiryolu ekipmanı ithalatında lider konumda olup, tek başlarına küresel ithalatın yaklaşık %20’sini gerçekleştirmektedir. ABD’de özellikle metro sistemleri, şehir içi ulaşım araçları ve yolcu vagonları ithalatı öne çıkmaktadır. Almanya ise güçlü bir yerli demiryolu sanayisine sahip olmasına rağmen, Avrupa Birliği içi ticaret hacmi ve ileri teknolojiye dayalı ürün ihtiyaçları nedeniyle yüksek oranda ithalat yapmaktadır.

Kanada ve Birleşik Krallık gibi ülkeler, yüksek hızlı tren projeleri ve lokomotif modernizasyonları gibi büyük ölçekli yatırımlar kapsamında önemli ithalatçılar arasında yer almaktadır. Fransa ise Alstom gibi büyük üretici firmalara ev sahipliği yapmasına rağmen, özellikle spesifik komponent ve alt sistemlerde dış tedarike ihtiyaç duyduğundan, ithalatçı kimliğini sürdürmektedir.

İlk beş ülke dışında İtalya, Avustralya, İspanya, Avusturya ve Kazakistan gibi ülkeler de dönemsel büyük ölçekli projelere bağlı olarak demiryolu ekipmanı ithalatında öne çıkabilmektedir. Türkiye de bu alandaki yatırımlarını son yıllarda hızlandırmış; 2023 yılında 338 milyon ABD doları tutarındaki ithalatıyla dikkat çekmiştir. Aynı yıl, Türkiye en fazla ithalatı Çekya’dan gerçekleştirmiş, Almanya ise ikinci sırada yer almıştır.

Bu veriler, ülkelerin demiryolu ekipmanı ithalat sıralamasının, ulusal pazar büyüklüğü ve altyapı yatırım döngüleriyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

### 5.2.2. Bölgesel Dağılım ve Ticaret Akışı

Demiryolu taşımacılığı ürünlerinin küresel ticareti, bölgesel farklılıklar göstermekte ve belirli ülke grupları arasında yoğunlaşmaktadır. Avrupa, bu alanda hem güçlü bir üretim altyapısına hem de yüksek iç talebe sahip bir bölgedir. Avrupa Birliği (AB) ülkeleri arasında lokomotif, vagon ve yedek parça ticareti yaygın olup, Almanya, Fransa, Çekya ve İtalya gibi ülkeler hem birbirleriyle hem de komşu bölgelerle aktif ticaret gerçekleştirmektedir. Ticaretin yoğunlaştığı eksenler arasında Almanya-Fransa ve Almanya-Doğu Avrupa hattı öne çıkmaktadır.

Kuzey Amerika ise ağırlıklı olarak ithalatçı bir pozisyonda yer almakta; ABD ve Kanada, sınırlı yerli üretimi telafi etmek için Avrupa ve Asya’dan önemli miktarda demiryolu aracı ve ekipmanı ithal etmektedir. Özellikle ABD, bazı montaj faaliyetlerini Meksika’da yürüttüğü için, Kanada ve Meksika bu bölge içinde önemli tedarikçi ülkelerdir. 2022 yılında ABD’nin bu gruptaki ithalatı yaklaşık 3,52 milyar \$, Almanya’nın 3,38 milyar \$, Kanada’nın ise 1,63 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir.

Asya-Pasifik bölgesinde ise Çin, Japonya ve Güney Kore gibi ülkeler gelişmiş üretim altyapıları sayesinde net ihracatçı konumundadır. Özellikle Çin, 2022 yılında GTİP 86 kapsamında 9,83 milyar \$ ihracat hacmine ulaşarak, ABD (3,41 milyar \$) ve Almanya’nın (3,35 milyar \$) önünde açık ara lider konuma gelmiştir. Çin merkezli üreticiler (örneğin CRRC), dünya genelinde büyük pazar payı elde ederken, ABD merkezli Wabtec ve Avrupa’da Siemens ve Alstom gibi büyük üreticilerle küresel rekabet içindedir.

Gelişmekte olan ülkeler, demiryolu ekipmanı ihtiyaçlarını büyük ölçüde dış tedarikle karşılamaktadır. Hindistan, Endonezya, Malezya gibi Asya ülkeleri hızla büyüyen demiryolu projeleri için ithalata yönelirken; Orta Doğu ve Afrika da önemli ithalat pazarları olarak dikkat çekmektedir. Suudi Arabistan, BAE, Katar, Mısır, Nijerya ve Etiyopya gibi ülkeler, özellikle Avrupa ve Asya’dan tren setleri ve altyapı ekipmanları temin etmektedir.

Ticaret akışları belirli rotalarda yoğunlaşmaktadır. Çin, Kuşak-Yol Girişimi çerçevesinde Asya-Pasifik, Orta Doğu ve Afrika ülkelerine ihracatını artırmakta, teknoloji ve finansman desteğiyle bu pazarlarda etkisini genişletmektedir. Yıllık ortalama 0,4 milyar \$ değerinde Çin menşeli demiryolu ürünü Orta Doğu’ya ihraç edilmektedir. Avrupa ise özellikle Orta Doğu ve Kuzey Amerika’ya ihracatta güçlüdür. Örneğin, Türkiye’ye yüksek değerli tren seti satışlarında Çekya ve Almanya öne çıkmaktadır.

Bazı ülkeler çift yönlü ticaret yapmaktadır. Örneğin Almanya, yüksek hızlı tren setlerini ihraç ederken, tramvay ve metro araçlarında ithalat yapmaktadır. Benzer şekilde ABD, dizel lokomotif ihracatı gerçekleştirirken, yolcu tren setlerini Avrupa ve Asya’dan ithal etmektedir. Bu yönüyle gelişmiş ülkeler hem üretici hem de kullanıcı konumundadır.

Türkiye, 2021 yılında 214 milyon \$ ihracat ve 213 milyon \$ ithalat ile demiryolu sektöründe dış ticaret açısından dengeli bir pozisyonudadır. Bu durum, Türkiye’nin küresel sıralamada üst basamaklarda olmasa da sektörde etkin bir oyuncu olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, küresel demiryolu ekipman ticaretinde Asya ve Avrupa üretim merkezleri olarak öne çıkarken, Kuzey Amerika, Orta Doğu ve Afrika tüketici pazarları olarak daha fazla ithalat gerçekleştirmektedir. Çin, Almanya ve ABD gibi ülkeler küresel ihracatta başı çekmekte; gelişmekte olan ülkeler ise büyüyen altyapı projeleriyle ithalat tarafında rol üstlenmektedir. Bu yapısal farklar, önümüzdeki yıllarda demiryolu sektöründe ticaret akışlarının daha da çeşitleneceğini göstermektedir.

### 5.2.3. Küresel Ticaret Dengesi ve İthalatçıların Davranışı

Demiryolu sektörü özelinde ülkelerin dış ticaret dengeleri, yapısal ekonomik farklılıklar ve sektörel kapasitelerle bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Çin ve Almanya gibi ülkeler bu alanda net ihracatçı konumunda olup, güçlü üretim altyapıları sayesinde dış ticaret fazlası vermektedir. Özellikle Çin, dünyanın en büyük demiryolu ekipmanı ihracatçısı haline gelmiş ve ithalatı asgari düzeyde tutmaktadır. Ülkenin en büyük üreticisi olan CRRC’nin, 2016-2020 yılları arasında yıllık ortalama 2,5 milyar ABD doları tutarında demiryolu aracı ve yedek parça ihraç ettiği raporlanmıştır.

Benzer şekilde Almanya ve Fransa da köklü demiryolu sanayileri sayesinde ihracat ağırlıklı bir dış ticaret dengesi yürütmektedir. Buna karşılık, ABD, Birleşik Krallık ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerde, yerli üretim mevcut talebi karşılamada yetersiz kaldığı için net ithalatçı pozisyonu hâkimdir. Bu ülkeler, özellikle yolcu vagonları ve lokomotif gibi yüksek teknoloji ekipmanları büyük ölçüde yurt dışından tedarik etmekte; bu durum, sürekli bir dış ticaret açığına yol açmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde de benzer bir eğilim söz konusudur. Türkiye, Mısır ve Suudi Arabistan gibi ülkelerde demiryolu yatırımlarının artmasına karşın, yerli üretim kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle ithalat, ihracatın belirgin şekilde önünde yer almaktadır. Bu ülkeler, henüz üretici konuma geçmemiş olmakla birlikte, iç talebi dış kaynaklarla karşılayarak küresel ithalat pazarında önemli birer aktör hâline gelmektedir.

Demiryolu ekipmanı ithalatçısı ülkelerin pazar davranışları belirli ortak eğilimler sergilemektedir. Bunlardan ilki, büyük ölçekli altyapı projeleri ve kamu alımlarının, ithalatı doğrudan yönlendirmesidir. Metro setleri, yüksek hızlı trenler ve lokomotif gibi yüksek bütçeli ürünler genellikle uluslararası ihaleler aracılığıyla temin edilmekte; bu ihaleleri kazanan firmalar çoğunlukla Avrupa veya Asya merkezli üreticiler olmaktadır. Bu firmalar, nihai ürünleri veya parçalarını ithalat yoluyla pazara sunmaktadır.

Ancak pek çok ithalatçı ülke, söz konusu alımlarda yerli üretim veya montaj şartı getirmekte, bu da ithal edilen ürünlerin belirli bir bölümünün ilgili ülkede montajlanmasına yol açmaktadır. Bu durum, ithalat verilerini doğrudan azaltmasa da, üretim süreçlerinin kısmen ithalatçı ülkeye kaydırılmasına neden olmaktadır.

İkinci önemli eğilim, teknoloji transferi ve yerleştirme politikalarıdır. Çin, 2000’li yıllarda yabancı firmalara yönelik zorunlu ortak üretim stratejisiyle dış teknolojiye erişmiş ve kısa sürede kendi demiryolu sanayisini geliştirmiştir. Hindistan da benzer şekilde “Make in India” politikasıyla yabancı yatırımcıları ülke içinde üretime teşvik etmekte; böylece ithalata bağımlılığı azaltma yoluna gitmektedir. Bu stratejiler, uzun vadede ithalatçı ülkeleri üretici konuma yaklaştırmakta ve küresel ticaret dengelerini yeniden şekillendirmektedir.

Son olarak, ithalatçı ülkelerdeki ekipman yenileme ve bakım döngüleri de dış ticaret hacmini etkilemektedir. Mevcut filo ve altyapıların modernizasyon dönemlerinde ithalat talebinde sıçrama yaşanırken, bakım ve işletme odaklı durgun dönemlerde bu talep geçici olarak azalmaktadır. Dolayısıyla, demiryolu ekipmanı ithalatı, ülkelerin yatırım takvimlerine ve bütçelerine bağlı olarak dönemsel dalgalanmalar göstermektedir.

#### 5.2.4. Pazar Fırsatları ve Yatırım Stratejileri

Demiryolu ekipmanı sektörü, küresel ölçekte artan altyapı ihtiyaçları, sürdürülebilir ulaşım politikaları ve kentleşme dinamikleri doğrultusunda önemli büyüme potansiyeline sahiptir. Önümüzdeki dönemde, hem gelişmekte olan ülkelerdeki yeni yatırımlar hem de gelişmiş ekonomilerdeki modernizasyon süreçleri sektöre çok sayıda fırsat sunmaktadır.

Bu bağlamda aşağıda öne çıkan alanlar, gelecek projeksiyonları açısından stratejik öneme sahiptir.

Orta Doğu ve Afrika ülkeleri, son yıllarda demiryolu altyapı projelerine ivme kazandırmıştır. Körfez ülkelerinde yüksek hızlı tren hatları, metro sistemleri ve yük taşımacılığına yönelik lojistik koridorlar gibi büyük ölçekli projeler gündemdedir. Bu bölgelerde yerli üretici altyapısının yetersiz olması nedeniyle, ihtiyaçların büyük bölümü ithalat yoluyla karşılanacaktır. Dolayısıyla, bu pazarlar uluslararası üreticiler için önemli tedarik ve yatırım fırsatları sunmaktadır.

Artan kentleşmeyle birlikte, şehir içi toplu taşıma projelerine olan ilgi dünya genelinde artmaktadır. Asya’daki mega kentlerden Latin Amerika’daki orta ölçekli şehirlere kadar birçok belediye, ulaşım altyapısını metro, tramvay ve hafif raylı sistemler aracılığıyla genişletmeye çalışmaktadır. Bu durum, elektrikli tren setleri, vagonlar, sinyalizasyon sistemleri ve altyapı donanımları gibi alanlarda talebi artırmakta ve tedarikçiler açısından geniş bir pazar yaratmaktadır.

Karayolu taşımacılığından demiryoluna geçişi teşvik eden politikalar, özellikle Avrupa Birliği ve diğer gelişmiş ekonomilerin karbon salımını azaltma hedefleriyle paralel yürütülmektedir. Bu kapsamda, mevcut demiryolu hatlarının elektrifikasyonu, bataryalı tren sistemleri ve çevreci lokomotif çözümleri gibi yenilikçi teknolojilere yönelik talep artmaktadır. Bu eğilim, üreticiler için hem yeni ürün geliştirme hem de mevcut portföyü dönüştürme açısından stratejik bir alan oluşturmaktadır.

Hali hazırda dünya genelinde kullanımda olan binlerce lokomotif, vagon ve tren seti için yedek parça, bakım ve modernizasyon ihtiyaçları giderek artmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde filo yaşlanması, fren sistemleri, tekerlek takımları, süspansiyon bileşenleri ve dijital kontrol üniteleri gibi alt sistemlerin yenilenmesini gerektirmektedir. GTIP 8608 kapsamındaki dijital sinyalizasyon ve otomatik tren kontrol sistemleri gibi ileri teknolojiler de bu süreçte ön plana çıkmaktadır.

Pazar büyüdükçe, birçok ülke sadece ürün ithalatına değil, aynı zamanda yerel istihdam ve sanayi kazanımı hedefleyen yatırım karşılığı alım modellerine yönelmektedir. Bu durum, demiryolu aracı üreticilerine hedef pazarlarda fabrika kurma, montaj hatları oluşturma ya da yerel ortaklıklar geliştirme fırsatı sunmaktadır. Yatırım yapan firmalar, kamu ihalelerinde öncelik kazanmakta ve uzun vadeli ticari ilişkiler kurma potansiyeli elde etmektedir. Dolayısıyla, yeni pazarlara açılım sadece ihracat değil, doğrudan yabancı yatırım stratejisi ile birlikte düşünülmelidir.

Yukarıda belirtilen fırsat alanları, önümüzdeki yıllarda küresel demiryolu ekipmanı sektörünün büyüme dinamiklerini belirleyecek temel faktörlerdir. Altyapı fonları, kalkınma bankalarının sağladığı uzun vadeli krediler ve özel sektör yatırımları bu pazara daha fazla kaynak yönlendirecektir. Bununla birlikte, artan talep rekabeti de beraberinde getirecek; bu nedenle firmaların doğru pazarlara, uygun iş modelleriyle ve uzun vadeli stratejilerle yönelmesi büyük önem taşımaktadır.

#### 5.2.5. İthalat Artışı ve Azalışının Nedenleri

Son yıllarda bazı ülkelerde demiryolu ekipmanı ithalatında artış, bazılarında ise düşüş eğilimleri gözlemlenmektedir. Bu değişkenliğin ardında, kısa vadeli proje uygulamaları, stratejik sanayi politikaları ve ekonomik koşullar gibi çok boyutlu etkenler yer almaktadır.

Demiryolu ithalatında yaşanan ani artışlar, çoğunlukla büyük altyapı projelerinin devreye alındığı dönemlere denk gelmektedir. Örneğin Mısır, 2018–2020 yılları arasında yeni yolcu tren setleri alımlarıyla ithalat hacmini ciddi şekilde artırmıştır. Benzer biçimde Suudi Arabistan, hızlı tren projeleri kapsamında Avrupa menşeli ekipmanları yüksek miktarda ithal etmiştir. Kanada ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde ise metro ve banliyö tren filolarının yenilenmesi nedeniyle son beş yılda ithalat artışı kaydedilmiştir. Ancak bu artışlar genellikle geçici niteliktedir; projelerin tamamlanmasıyla birlikte ithalat düzeyi istikrara kavuşmaktadır.

2020 yılında COVID-19 pandemisi, demiryolu ekipmanlarının teslimat süreçlerini sekteye uğratarak pek çok ülkede ithalatın geçici olarak düşmesine neden olmuştur. 2021’de ise ertelenen teslimatların devreye girmesi ve boş konteyner arzına yönelik ani talep artışı, küresel ithalat hacminde olağanüstü bir yükseliş yaratmıştır. Bu dönemsel dalgalanma, arz-talep dengesizliklerinden kaynaklanan istisnai bir durum olarak değerlendirilmelidir. 2022 yılında konteyner piyasasının normalleşmesiyle birlikte toplam ithalat hacminde kısmi bir gerileme yaşanmıştır.

Bazı ülkelerde ithalat hacmindeki düşüş, demiryolu araçlarının yerli üretimle karşılanmaya başlanmasıyla doğrudan ilişkilidir. Çin, yabancı teknolojiyi kendi üretim süreçlerine başarıyla entegre ettikten sonra lokomotif ve tren seti ithalatını neredeyse sıfırlamış; iç pazarı büyük ölçüde yerli üreticiler aracılığıyla karşılamaya başlamıştır. Benzer şekilde Hindistan ve Brezilya gibi ülkeler de sanayileşme politikaları doğrultusunda yerli üretimi teşvik ederek ithalat bağımlılığını azaltma yönünde ilerlemektedir. Bu durum, söz konusu ülkelere ithalatın azalmasını yapısal bir dönüşümün sonucu hâline getirmektedir.

İthalat hacmindeki değişikliklerde döviz kurlarındaki dalgalanmalar, bütçe kısıtlamaları ve jeopolitik yaptırımlar da belirleyici olabilmektedir. Örneğin, Rusya 2022 sonrası uygulanan yaptırımlar nedeniyle Avrupa’dan demiryolu araç ve parça ithalatını büyük oranda kaybetmiş; bu açığı iç üretim ve Çin’den yapılan tedarikle kapatmaya yönelmiştir. Benzer şekilde, ekonomik kriz yaşayan bazı gelişmekte olan ülkeler, planladıkları ithalat projelerini ertelemek veya tamamen iptal etmek zorunda kalmaktadır.

Demiryolu ithalatında dalgalanmalara neden olan bir diğer unsur, ülkelerin demiryolu filolarında uyguladıkları bakım ve yenileme döngüleridir. Örneğin, lokomotif filosunun her 30 yılda bir yenilendiği bir ülkede, bu döneme denk gelen yıllarda ithalat artışı yaşanması doğaldır. Buna karşılık, aradaki yıllarda yalnızca sınırlı yedek parça alımları söz konusu olacağından ithalat hacmi düşük seviyelerde seyredebilir. Bu nedenle, ithalat verileri değerlendirilirken her ülkenin yatırım takvimi ve filo ömrü dikkate alınmalıdır.

Küresel demiryolu ekipmanı ithalatındaki artış veya azalış eğilimleri, çoğu zaman tekil projelere, yerli üretim politikalarına, ekonomik dalgalanmalara ve filo yenileme döngülerine bağlı olarak şekillenmektedir. Bu nedenle, ithalat verilerini doğru analiz edebilmek için her ülkenin özgün yapısal koşulları, yatırım stratejileri ve sanayi politikaları bütüncül bir şekilde ele alınmalıdır.

#### 5.2.6. Stratejik Öneriler

Demiryolu ekipmanları sektöründe faaliyet gösteren üreticiler, ihracatçılar ve ithalatçı ülke karar vericileri için, mevcut eğilimler ve bölgesel fırsatlar doğrultusunda çeşitli stratejik aksiyonlar geliştirmek mümkündür. Aşağıda, bu aktörlere yönelik olarak öne çıkan öneriler bütüncül bir yaklaşımla sunulmaktadır.



Orta Doğu, Afrika ve Güney Asya gibi yüksek büyüme potansiyeline sahip pazarlarda yatırım ve altyapı projeleri artış göstermektedir. Bu bölgelerde faaliyet göstermek isteyen üretici ve ihracatçılar, projeler henüz planlama aşamasındayken yerel karar vericilerle ilişki kurmalı, ihtiyaç analizlerini erkenden yapmalı ve teknik-diplomatik çözümler sunmalıdır. Hükümetler arası anlaşmalar, resmi kalkınma yardımları ve kredi temelli destekler, bu tür projelerin kazanımında stratejik kaldıraç görevi görebilir.

Pek çok ithalatçı ülke, ithalatın doğrudan yerel ekonomiye katkı sağlamasını talep etmekte ve bu doğrultuda yerli üretim şartlarını öne çıkarmaktadır. Bu nedenle, uluslararası üreticilerin hedef pazarlarda montaj hatları, bakım merkezleri ya da üretim tesisleri kurmaları; yerli firmalarla ortak girişimler (joint venture) geliştirmeleri önerilmektedir. Bu yaklaşım, sadece siyasi beklentilerin karşılanmasını değil, aynı zamanda lojistik maliyetlerin azaltılmasını ve yerel pazarda kalıcılığı da mümkün kılacaktır.

Demiryolu projeleri genellikle yüksek bütçeli, uzun vadeli yatırımlardır. Bu nedenle ihracatçılar sadece ürün sunmakla kalmamalı, alıcı ülkelere cazip finansman paketleriyle birlikte entegre çözümler de sunmalıdır. Eximbank destekleri, kalkınma bankaları kredileri, uygun faizli ödeme planları ve geri ödemeli hibeler gibi finansal araçlar; tekliflerin rekabet gücünü artırarak proje kazanım şansını önemli ölçüde yükseltir.

COVID-19 pandemisi ve jeopolitik gelişmeler, tek kaynağa dayalı tedarik zincirlerinin kırılganlığını açık biçimde ortaya koymuştur. Bu kapsamda, ithalatçı ülkelerin sinyalizasyon, fren sistemleri ve tekerlek takımları gibi kritik ekipmanlar için tedarikçi çeşitlendirme stratejileri benimsemeleri önerilmektedir. Benzer şekilde üretici firmaların da alternatif tedarik kaynaklarına yönelmesi ve mümkünse yerel tedarikçi ekosistemlerini geliştirmesi, proje sürekliliği ve kriz dayanıklılığı açısından önem arz etmektedir.

Küresel pazarda Çin gibi maliyet avantajına sahip üreticilerin baskın olduğu ortamda, Avrupa ve diğer gelişmiş üreticilerin yüksek kaliteli ve yenilikçi çözümlerle farklılaşmaları kritik hâle gelmiştir.

Bu kapsamda yüksek hızlı tren teknolojileri, otonom tren kontrol sistemleri, bataryalı trenler ve enerji verimliliği yüksek taşıtlar gibi AR-GE yoğun alanlara yatırım yapılması önerilmektedir. Bu tür teknolojik liderlik, güvenlik açısından hassas olan demiryolu sektöründe özellikle kamu ihalelerinde belirleyici bir avantaj sağlayacaktır.

Demiryolu ekipmanı satışı, sadece ürün teslimiyle sınırlı olmayıp uzun vadeli bakım, yedek parça tedariği ve teknik destek süreçlerini de içermektedir. Bu nedenle ihracatçı firmaların hedef ülkelerde bakım onarım merkezleri kurmaları, yerel teknik personelin eğitilmesini sağlamaları ve sürekli yedek parça tedarik zinciri kurmaları müşteri memnuniyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, müşteri bağlılığını artırarak gelecekteki ihalelerde tekrar tercih edilme olasılığını güçlendirir.

Yukarıda sıralanan stratejiler, üretici ve ihracatçı firmalara küresel pazarda rekabet avantajı sağlarken, ithalatçı ülkelerin de sürdürülebilir, yerel kalkınmayı destekleyen ve stratejik ortaklık temelli çözümler geliştirmesine katkı sunacaktır. Özellikle kamu ihalelerinin yoğun olduğu bu sektörde güvenilirlik, uzun vadeli ilişki inşası ve karşılıklı değer yaratma gibi ilkeler, başarılı uluslararası iş birliklerinin temelini oluşturmaktadır.

### 5.2.7. Öneriler ve Sonuçlar

Son yıllarda artan altyapı yatırımları ve sürdürülebilir ulaşım hedefleri doğrultusunda, küresel demiryolu taşımacılığı ürünleri pazarı canlılığını korumaktadır. Demiryolu sistemleri, düşük karbon emisyonları, yüksek taşıma kapasitesi ve enerji verimliliği gibi avantajları sayesinde, kamu ve özel sektör yatırımları açısından stratejik öneme sahip bir alan olarak öne çıkmaktadır.

Üretim tarafında Çin, Almanya ve Fransa gibi ülkeler öne çıkarken; ithalat tarafında ABD, Kanada, Birleşik Krallık, Fransa ve Polonya gibi gelişmiş ülkeler ön sıralarda yer almaktadır. Bölgeler arası ticaret incelendiğinde, Asya ve Avrupa çıkışlı demiryolu ekipmanlarının, Kuzey Amerika, Orta Doğu ve Afrika gibi bölgelere yöneldiği bir akış gözlenmektedir. Bu yapının temelinde, sanayi altyapısı güçlü ülkelerin ihracatçı, altyapı yatırımlarını büyütmeğe olan ülkelerin ise ithalatçı konumda yer alması bulunmaktadır.

Ülkelerin ithalat performansları büyük ölçüde içsel faktörlere–altyapı yatırım döngüleri, yerli sanayi politikaları, finansman kapasitesi ve jeopolitik koşullar–bağlı olarak şekillenmektedir.

2019 yılında 31,64 milyar dolar olan küresel demiryolu ekipmanı ithalatı, COVID-19 pandemisinin etkisiyle 2020’de %16 azalarak 26,64 milyar dolara gerilemiştir. Ancak, 2021’de %16 artışla 30,91 milyar dolara yükselmiş; 2022 ve 2023’te sırasıyla %8 ve %4 oranında büyüyerek 2023 itibarıyla 34,77 milyar dolara ulaşmıştır. Bu veriler, pandeminin yarattığı geçici düşüşe rağmen, küresel ölçekte sektörün toparlanarak büyümeye devam ettiğini göstermektedir.

Avrupa ülkelerinde ithalat performansları genellikle istikrarlı bir görünüm sunmaktadır:

- Almanya, 2019’da 3,64 milyar dolar olan ithalat hacmini 2023’te 3,61 milyar dolara taşıyarak %2’lik sınırlı bir artış göstermiştir. Bu durum, Almanya’nın güçlü yerli üretim altyapısının ithalat ihtiyacını dengelediğine işaret etmektedir.
- Fransa, 2020’de yaşadığı gerilemeye rağmen, 2023’te 1,25 milyar dolar seviyesine ulaşarak %16’lık bir artış sergilemiştir.
- Polonya, 2019’daki 822 milyon dolarlık ithalat hacmini 2023’te 1,18 milyar dolara çıkararak %33’lük kayda değer bir büyüme gerçekleştirmiştir.
- Buna karşılık, İtalya %5 düşüşle 904 milyon dolara gerilemiş, İspanya %10 düşüşle 1,05 milyar dolara ve Avusturya ise %14 düşüşle 1,11 milyar dolara düşmüştür.

Amerika kıtasında ise farklı yönlü eğilimler gözlenmektedir:

- ABD, 2022 yılında 3,25 milyar dolar olan ithalatını 2023’te 3,01 milyar dolara düşürerek %7’lik bir azalma yaşamıştır.
- Kanada, 1,63 milyar dolarlık ithalatla istikrarlı bir seyir izlemiştir.
- Meksika, 2020’de 656 milyon dolar seviyesine kadar gerileyen ithalatını, 2023’te 1,78 milyar dolara çıkararak %27’lik büyüme gerçekleştirmiştir. Bu artış, yedek parça ve bileşen yenilemeye yönelik yatırımlarla doğrudan ilişkilidir.
- Asya ve Orta Doğu ülkelerinde dikkat çeken büyümeler söz konusudur:
- Hindistan, 2023’te 780 milyon dolarlık ithalat hacmine ulaşarak %33 oranında büyüme kaydetmiştir.
- Kazakistan, 2020’de 312 milyon dolar olan ithalatını 2023’te 772 milyon dolara çıkararak %90’lık bir artış göstermiştir.
- Mısır, aynı dönemde %61’lik artışla 620 milyon dolarlık ithalat hacmine ulaşmıştır.

Buna karşılık, Rusya Federasyonu 2023 yılında %29’luk bir daralma ile ithalat hacmini 897 milyon dolardan 638 milyon dolara düşürmüştür. Bu düşüş, büyük ölçüde Batılı ülkelerle yaşanan siyasi gerilimler ve yaptırımların bir sonucudur.

Genel tabloya bakıldığında, Avrupa genelinde kademeli bir büyüme eğilimi söz konusu olsa da, bazı ülkelerde sanayi politikaları ve ekonomik koşullar nedeniyle ithalat düşüşleri yaşanmaktadır. Kuzey Amerika’da ABD ithalatı gerilerken, Meksika gibi yükselen pazarlar büyüme göstermektedir. Asya ve Orta Doğu’da ise demiryolu altyapı yatırımlarının hız kazanması, ithalat hacimlerinin istikrarlı şekilde artmasına neden olmaktadır.

Bu veriler, küresel demiryolu sektörünün altyapı yatırımları ve sürdürülebilir ulaşım politikaları doğrultusunda büyümeye devam edeceğini göstermektedir. Hem kamu otoriteleri hem de özel sektör aktörleri için demiryolu ürün ve ekipman pazarında uzun vadeli stratejik planlama, pazar araştırması ve finansal işbirliği modelleri geliştirmek büyük önem taşımaktadır.

### 5.3. Uluslararası İhracat Değerlendirmesi

GTİP 86 başlığı altında yer alan ürünler – demiryolu veya tramvay lokomotifleri, vagonları ve bunlara ait aksam-parçalar – küresel ticaret açısından önemli bir sektörü oluşturmaktadır. Bu alandaki dış ticaret hacmi son yıllarda dalgalı bir seyir izlemiş, özellikle küresel ekonomik gelişmelerin etkisi belirgin şekilde hissedilmiştir.

2020 yılında COVID-19 pandemisinin küresel tedarik zincirlerinde yarattığı aksaklıklar ve yatırım kararlarında yaşanan belirsizlikler, bu sektörde belirgin bir durgunluğa yol açmıştır. Ancak 2021 yılında, özellikle konteyner talebindeki ani artışın etkisiyle güçlü bir toparlanma yaşanmış ve küresel ihracat değeri 55,2 milyar ABD dolarına ulaşarak zirve yapmıştır. Bu değer, bir önceki yıla kıyasla kayda değer bir artışı temsil etmektedir.

2022 yılına gelindiğinde ise küresel ölçekte talebin normalleşmesi ve ekonomik belirsizliklerin artması, ihracat performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu doğrultuda GTİP 86 kapsamındaki ihracat değeri yaklaşık 50,5 milyar dolara gerileyerek yıllık bazda %9 civarında bir düşüş kaydetmiştir. 2023 yılında bu düşüş eğilimi devam etmiş ve toplam ihracat değeri 45 milyar dolar seviyesine inmiştir. Böylece, 2021 yılına kıyasla son iki yılda keskin bir azalma meydana gelmiştir.

Genel eğilim değerlendirildiğinde, 2010’lu yıllar boyunca bu sektörde istikrarlı bir büyüme trendi gözlenmiş; ancak pandemiyle başlayan arz-talep dengesizlikleri ve devamındaki küresel ekonomik dalgalanmalar, bu trendi geçici olarak kesintiye uğratmıştır.

| SIRA | İhracatçı Ülkeler           | 2019<br>(1000\$) | 2020<br>(1000\$) | 2021<br>(1000\$) | 2022<br>(1000\$) | 2023<br>(1000\$) | Artış<br>Miktarı |
|------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|      | Dünya                       | 39.454.801       | 34.839.249       | 55.285.864       | 50.516.071       | 45.083.815       | -11%             |
| 1    | Çin                         | 9.131.684        | 9.787.017        | 26.084.292       | 18.431.312       | 11.758.478       | -36%             |
| 2    | Meksika                     | 3.785.598        | 2.073.196        | 2.159.368        | 4.180.460        | 5.257.128        | 26%              |
| 3    | Amerika Birleşik Devletleri | 3.495.618        | 2.716.650        | 2.653.173        | 3.522.489        | 3.615.147        | 3%               |
| 4    | Almanya                     | 4.074.144        | 4.002.134        | 3.984.892        | 3.161.876        | 2.995.180        | -5%              |
| 5    | İspanya                     | 2.375.861        | 1.396.281        | 1.650.368        | 1.461.461        | 2.028.478        | 39%              |
| 6    | Polonya                     | 1.808.646        | 1.219.287        | 1.927.218        | 1.853.703        | 1.826.912        | -1%              |
| 7    | Avusturya                   | 1.552.285        | 1.681.972        | 2.179.781        | 1.751.721        | 1.614.904        | -8%              |
| 8    | Çek Cumhuriyeti             | 990.068          | 1.012.625        | 1.241.707        | 1.214.850        | 1.492.960        | 23%              |
| 9    | Guyana                      | 510.007          | 251.928          | 176.465          | 2.349.651        | 1.258.838        | -46%             |
| 10   | Slovakya                    | 612.982          | 689.266          | 668.408          | 737.369          | 1.246.957        | 69%              |
| 11   | İtalya                      | 1.157.836        | 791.822          | 974.719          | 1.053.387        | 1.031.446        | -2%              |
| 12   | İsviçre                     | 1.065.845        | 946.945          | 1.176.083        | 990.936          | 1.025.329        | 3%               |
| 13   | Fransa                      | 1.061.191        | 905.304          | 1.079.566        | 953.153          | 916.435          | -4%              |
| 14   | Kore Cumhuriyeti            | 475.303          | 754.285          | 1.355.513        | 1.258.818        | 869.951          | -31%             |
| 15   | Rusya Federasyonu           | 910.555          | 795.681          | 1.195.774        | 613.591          | 707.551          | 15%              |
| 16   | Japonya                     | 759.426          | 646.552          | 550.886          | 780.343          | 695.703          | -11%             |
| 17   | Birleşik Krallık            | 287.055          | 253.532          | 408.111          | 522.391          | 689.842          | 32%              |
| 18   | Macaristan                  | 413.017          | 405.223          | 535.053          | 442.801          | 518.841          | 17%              |
| 19   | Kanada                      | 204.358          | 176.949          | 260.210          | 372.077          | 483.469          | 30%              |
| 20   | Şili                        | 400.200          | 336.547          | 336.591          | 448.369          | 446.363          | 0%               |

**Tablo 5.3** Demiryolu Araçları ve Ekipmanları İhracat Verileri: Ülkelere Göre 2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim

### 5.3.1. Ülke Bazlı Ticaret Performansı

GTİP 86 kapsamında yer alan demiryolu ve tramvay lokomotifleri, vagonlar ve bunların aksam ve parçalarına ilişkin küresel ticaret, sınırlı sayıda ülkenin egemenliğinde gerçekleşmektedir. 2023 yılı itibarıyla Çin, bu ürün grubunda açık ara küresel lider konumundadır. 11,76 milyar ABD doları ihracatla dünya toplamının yaklaşık %26’sını tek başına karşılayan Çin’i, sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri (3,62 milyar \$; %7,9) ve Almanya (2,88 milyar \$; %6,3) takip etmektedir.

Bu lider ülkelerin ardından İspanya, Polonya, Avusturya ve Çekya gibi Avrupa ülkeleri öne çıkmaktadır. İspanya, 2023 yılında 2 milyar dolarlık ihracat hacmiyle pandemi sonrası dönemde güçlü bir performans sergilemiştir. Orta Avrupa ülkeleri olan Polonya, Avusturya ve Çekya ise uluslararası üretim ağlarına entegrasyon sayesinde yüksek ihracat rakamlarına ulaşmıştır. Bu durum, Çin merkezli büyük üreticilerin (örneğin CRRC) küresel yayılımını yansıtırken; ABD’de GE Transportation/Wabtec gibi lokomotif üreticilerinin ve Almanya’da Siemens ile Alstom gibi sistem entegratörlerinin sektördeki ağırlığını da göstermektedir.

Avrupa genelinde demiryolu araçları üretimi yoğunlaşmış durumdadır. Almanya, Fransa, İtalya, Polonya, Avusturya ve Çekya gibi ülkeler hem yüksek üretim kapasitesine hem de güçlü ihracat kabiliyetine sahiptir. 2021 yılında yalnızca Almanya, Avusturya ve İspanya’nın toplam ihracatı 7,8 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır. Lokomotif, yüksek hızlı tren, metro ve tramvay üretiminde öne çıkan bu ülkeler, aynı zamanda birbirleriyle yoğun ticaret ilişkileri kurmaktadır. Örneğin Fransa, TGV trenlerini ihraç ederken Almanya’dan banliyö trenleri ithal etmekte; İtalya ise İspanya’dan tren seti alırken kendi ürettiği demiryolu parçalarını Avrupa’ya satmaktadır. Bu karşılıklı alışveriş, Avrupa içi ticaretin derinliğini ortaya koymaktadır.

Amerika kıtası ise toplam küresel ticarete daha sınırlı bir paya sahiptir. ABD, büyük iç pazarını desteklemenin yanı sıra, özellikle Latin Amerika ve Orta Doğu gibi bölgelere lokomotif ihracatı gerçekleştirmektedir. 2023 yılı itibarıyla ABD’nin küresel ihracattaki payı yaklaşık %9’dur. Kanada ve Meksika, özellikle ABD pazarına yönelik üretim ve ihracat faaliyetleri yürütmekte, ancak Kuzey Amerika dışı ihracatları sınırlı kalmaktadır. Örneğin, Meksika’nın 2023 yılı ihracatı 561 milyon dolar ile dünya toplamının yalnızca %1,4’üne karşılık gelmektedir. Güney Amerika’da Brezilya ve Arjantin gibi ülkeler ise esasen iç pazara yönelik üretim yapmaktadır. Bununla birlikte, 2022 yılında Guyana’nın beklenmedik bir ihracat artışı yaşaması, bölge dışı tedarik edilen ekipmanların tekrar ihracıyla açıklanabilecek istisnai bir durumdur.

Afrika ve Orta Doğu bölgeleri, GTİP 86 kapsamındaki ürünlerin ihracatında oldukça sınırlı bir paya sahiptir. Güney Afrika ve Mısır gibi ülkeler, komşu ülkelere yönelik sınırlı ölçekte vagon ve lojistik ekipman ihracatı yapmaktadır; ancak bu ihracatların küresel payı %1’in altında kalmaktadır. Söz konusu bölgeler genellikle net ithalatçı konumundadır. Özellikle Körfez ülkeleri (Suudi Arabistan, BAE, Katar vb.) ile bazı Afrika ülkeleri (örneğin Mısır, Nijerya, Etiyopya), büyük ölçekli demiryolu projelerinde tedarikçi olarak Çin, Avrupa ve ABD menşeli üreticileri tercih etmektedir.

İthalat cephesinde ise en büyük ekonomiler öne çıkmaktadır. ABD, Almanya ve Kanada, 2022 yılında GTİP 86 ürün grubunda en yüksek ithalat hacmine sahip ülkelerdir. ABD yaklaşık 3,52 milyar dolar, Almanya 3,38 milyar dolar ve Kanada 1,63 milyar dolarlık ithalat gerçekleştirmiştir. Bu ülkeleri Avusturya ve Fransa gibi diğer Avrupa ekonomileri takip etmektedir. Gelişmiş ülkelerin hem üretici hem de büyük tüketici olmaları, karşılıklı ticaretin yüksek seviyelerde gerçekleşmesine neden olmaktadır.

Bu çift yönlü ticaret, Almanya’nın yüksek hızlı tren setleri ihraç ederken metro ve tramvay araçlarını ithal etmesi veya ABD’nin dizel lokomotif ihracatının yanında Avrupa ve Asya’dan yolcu tren seti ithal etmesi gibi örneklerle somutlaşmaktadır. Kanada, Avusturya, Fransa ve Birleşik Krallık gibi ülkeler de büyük ölçekli demiryolu projeleri için dış alıma başvururken, bazı alt ürün gruplarında ihracat da gerçekleştirmektedir.

Yükselen ekonomiler arasında yer alan Türkiye, Brezilya ve Güney Afrika gibi ülkeler ise henüz küresel ticarete üst sıralarda yer almamakla birlikte, hem ihracat hem de ithalat faaliyetleriyle sektörde belirli bir varlık göstermektedir. Türkiye, 2021 yılında 214 milyon dolar ihracat ve 213 milyon dolar ithalat gerçekleştirmiş olup, dış ticaret dengesini büyük ölçüde korumuştur.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, Çin ve Avrupa ülkeleri GTİP 86 kapsamındaki ürünlerde net ihracatçı; Afrika, Latin Amerika ve Orta Doğu ülkeleri ise net ithalatçı konumundadır. ABD ve Almanya gibi büyük ekonomiler ise yüksek üretim ve tüketim kapasiteleriyle, çift yönlü ticaretin merkezinde yer almaktadır. Bu tablo, demiryolu sektöründe bölgesel uzmanlaşmanın yanı sıra küresel ölçekte karşılıklı bağımlılığın hâkim olduğunu ortaya koymaktadır. Bir bölgedeki altyapı ihtiyacı, diğer bölgedeki üretici ülkeler tarafından karşılanmakta ve bu süreç, teknoloji transferi ve ticaret aracılığıyla dünya genelinde demiryolu ağlarının gelişmesine katkı sunmaktadır.

### 5.3.2. İhracat Artışı ve Azalışının Nedenleri

GTİP 86 kapsamındaki demiryolu ve tramvay lokomotifleri, vagonlar ile bunların aksam ve parçalarına ilişkin küresel ticaret hacmi, ekonomik konjonktür, uluslararası projelerin takvimleri ve küresel gelişmelerle yakından ilişkilidir. İhracattaki yükseliş dönemleri çoğunlukla büyük altyapı yatırımları ve özel sektör talebiyle desteklenmektedir. Özellikle 2010’ların sonlarına doğru Asya, Orta Doğu ve Afrika’da başlatılan yeni demiryolu projeleri, bu alandaki küresel talebi artırmış; Çin ve Almanya gibi önde gelen üretici ülkelerin ihracat hacmini olumlu yönde etkilemiştir.

Çin’in “Kuşak ve Yol Girişimi” (BRI) kapsamında Asya ve Afrika ülkelerine sağladığı finansman desteğiyle gerçekleştirdiği lokomotif, vagon ve sinyalizasyon ekipmanı ihracatı, 2018-2019 döneminde dış ticaret performansını önemli ölçüde artırmıştır. Benzer biçimde, Avrupa Birliği’nin Doğu Avrupa ülkelerine sağladığı altyapı fonları, bölgedeki demiryolu yatırımlarını tetiklemiş ve Batı Avrupa merkezli üreticilerin ihracat hacimlerini güçlendirmiştir.

Buna karşın, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin küresel etkisi sektörde ciddi bir daralmaya neden olmuştur. Üretim tesislerinin kapanması, uluslararası lojistik zincirindeki aksamalar ve hükümetlerin önceliğini sağlık harcamalarına vermesi, GTİP 86 ürünlerine olan dış talebi azaltmıştır. Çok sayıda projenin ertelenmesi veya yavaşlatılması, teslimat gecikmeleriyle birleşmiş ve bu süreçte ihracat çift haneli oranlarda gerilemiştir.

2021 yılı, ertelenen projelerin yeniden devreye alınması ve ekonomik toparlanmanın etkisiyle ihracatın yeniden yükselişe geçtiği bir dönem olmuştur. Bu yılın dikkat çekici gelişmelerinden biri, deniz taşımacılığında yaşanan konteyner krizi nedeniyle GTİP 86 kapsamında değerlendirilen konteyner ihracatındaki hızlı artıştır. Çin başta olmak üzere üretici ülkeler, 2021 yılında konteyner üretim kapasitelerini %200’ün üzerinde artırmış ve dünya genelinde yaklaşık 7 milyon TEU (20 ft’lik eşdeğer birim) konteyner üretilmiştir. Bu rakam, 2020’ye göre yaklaşık %67’lik bir artışı ifade etmektedir. Sonuç olarak, GTİP 86 ihracat değeri 2021 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %30 artarak 39,2 milyar ABD dolarına ulaşmıştır.

Ancak bu büyüme sürdürülebilir olmamış; 2022 itibarıyla konteyner piyasasında arz-talep dengesi yeniden sağlanmış ve 2023’te üretim 1 milyon TEU’nun altına gerilemiştir. Böylece konteyner kaynaklı geçici yükseliş etkisini yitirmiştir. Bunun yanı sıra, 2021 sonrasında dünya genelinde artan enflasyon ve faiz oranları, birçok ülkede altyapı yatırımlarını yavaşlatmış; lokomotif ve vagon gibi sermaye yoğun ürünlere olan talebi azaltmıştır.

Bununla birlikte, bazı ülkelerde uygulanan teşvik paketleri ve altyapı fonları, ihracat üzerinde olumlu etkiler yaratmıştır. ABD’nin 2021 yılında açıkladığı altyapı yatırım planları kapsamında demiryolu sektörüne sağlanan destek, iç üretimi artırmakla birlikte ihracat faaliyetlerini de teşvik etmiştir. EXIM Bank gibi kurumların finansman mekanizmaları sayesinde ABD menşeli lokomotif ve vagon üreticileri küresel pazarda rekabet gücünü korumuştur. Avrupa Birliği de “Yeşil Mutabakat” çerçevesinde demiryolu taşımacılığına stratejik yatırım yaparak bölgedeki üreticilere dolaylı bir talep yaratmıştır.

Çin’in BRI çerçevesinde üstlendiği demiryolu projeleri 2010’larda ihracat hacmini besleyen önemli bir kanal olmuşsa da, son yıllarda bu girişimin yavaşlaması ve bazı ülkelerde borç sürdürülebilirliği sorunlarının baş göstermesi, Çin’in ihracatını bu yönde kısıtlamaya başlamıştır.

Jeopolitik gelişmeler de küresel ticaretin yönünü etkilemektedir. Rusya-Ukrayna savaşı sonrasında, 2022 itibarıyla Rusya’ya uygulanan uluslararası yaptırımlar, bu ülkenin demiryolu araçları ihracatını önemli ölçüde azaltmıştır. 2021 yılında 1,2 milyar dolar seviyesinde olan Rusya’nın ihracatı, 2023’te 0,78 milyar dolara gerilemiştir. Bu düşüş, geleneksel pazarlarla olan ticaretin kısıtlanmasından kaynaklanmaktadır. Buna karşın, Polonya ve Çekya gibi bazı Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri, Avrupa pazarındaki boşluğu doldurarak ihracatlarını artırmayı başarmıştır.

Diğer yandan, döviz kuru dalgalanmaları ve emtia fiyatlarındaki artışlar da GTİP 86 ürünlerinin nihai maliyetlerini etkilemektedir. Özellikle çelik ve bakır gibi temel hammaddeledeki fiyat oynaklığı, ihracat rakamları üzerinde hem değer hem de hacim yönünden etkili olmuş; bu durum, gelişmekte olan ülkelerde büyük ölçekli demiryolu araç yatırımlarının ertelenmesine neden olmuştur.

Sonuç olarak, GTİP 86 kapsamındaki ürünlerin küresel ticareti, ekonomik koşullar, lojistik süreçler, finansal dengeler, jeopolitik gelişmeler ve sektör içi arz-talep dinamikleri gibi çok boyutlu faktörlere bağlı olarak dönemsel dalgalanmalar göstermektedir. Siyasi girişimler, savaşlar ve finansman politikaları gibi dışsal unsurlar ticaretin yönünü belirlerken, belirli pazarlarda yaşanan daralmanın, esnek üretim ve tedarik yapısı sayesinde alternatif pazarlara yönelerek kısmen telafi edilebildiği görülmektedir. Örneğin, Avrupa pazarı Rusya’dan tedarik sağlayamazken, Çin benzer ürünleri Orta Asya ve Afrika pazarlarına ihraç ederek küresel ihracattaki payını korumayı başarmıştır. Bu durum, sektörün coğrafi çeşitliliğe dayanan esnek yapısının, küresel ticarete dengeleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

### 5.3.3. Bölgesel Dağılım

GTİP 86 kapsamında değerlendirilen demiryolu ve tramvay lokomotifleri, vagonlar ve ilgili aksam-parçaların ticareti, belirli bölgelerde yoğunlaşmış bir yapı sergilemekte ve bölgesel uzmanlaşma ile küresel karşılıklı bağımlılık dinamiklerini birlikte barındırmaktadır.

Asya-Pasifik, özellikle Doğu Asya ülkeleri, hem üretim hem ihracat kapasitesi açısından lider konumdadır. 2023 itibarıyla bölge, küresel GTİP 86 ticaretinde en yüksek paya sahiptir. Bu durumu büyük ölçüde Çin’in baskın rolü belirlemektedir; Çin, dünya ihracatının yaklaşık %26’sını tek başına gerçekleştirmektedir. Çin’in yanı sıra Güney Kore (870 milyon \$) ve Japonya (696 milyon \$) da bölgesel ihracatta öne çıkan ülkeler arasında yer almaktadır. Hindistan ve Malezya gibi ülkeler ise daha mütevazı ihracat değerlerine sahip olmakla birlikte, bölgenin toplam ihracat hacmine katkı sunmaktadır.



Asya’daki üretici ülkeler genellikle iç pazarlarını besledikten sonra artan üretim kapasiteleriyle gelişmekte olan ülkelere yönelmektedir. Bu çerçevede Asya menşeli ürünler, Afrika’dan Latin Amerika’ya kadar uzanan geniş bir coğrafyada kullanılmaktadır.

Avrupa, küresel demiryolu ticaretinde ikinci büyük merkezdir. Batı ve Orta Avrupa ülkeleri yüksek mühendislik kapasitesi, güçlü tedarik zinciri yapısı ve uzun geçmişe dayanan endüstriyel birikimi ile sektördeki etkinliğini sürdürmektedir. Almanya, Avusturya, Polonya, İspanya, Fransa ve Çekya; lokomotif, yüksek hızlı tren, metro ve tramvay gibi araçların önde gelen üreticileridir. Örneğin Almanya, Avusturya ve İspanya’nın 2021 yılı toplam ihracatı 7,8 milyar doları bulmuştur.

Avrupa Birliği içindeki bölge içi ticaret de oldukça yoğundur. Fransa’nın TGV trenlerini ihraç ederken, Almanya’dan banliyö trenleri ithal etmesi veya İtalya’nın İspanya’dan tren seti tedarik ederken kendi ürettiği parçaları diğer ülkelere ihraç etmesi gibi örnekler, bu yoğun ticaret yapısının göstergesidir. Avrupa’daki karşılıklı alışveriş, hem ihracat hem ithalat rakamlarını yukarı çekmekte ve teknolojik uzmanlığın kıta genelinde dolaşımını desteklemektedir.

Kuzey Amerika, özellikle yük taşımacılığına odaklı demiryolu ağı sayesinde GTİP 86 kapsamındaki ürünlerde önemli bir pazar oluşturmaktadır. ABD ve Meksika, lokomotif ve yük vagonu üretiminde entegre bir yapı geliştirmiştir. ABD’nin üretici firmaları, Meksika’daki tesislerle işbirliği içerisinde çalışarak bölgesel bir tedarik zinciri kurmuştur. Bu yapı sayesinde Meksika, 2021 yılında 1,34 milyar dolarlık ihracat ile ilk 10 ihracatçı arasında yer almıştır. Kanada ise çoğunlukla ithalatçı konumundadır; ABD’den lokomotif ve vagon, Avrupa’dan ise metro ve hafif raylı sistem araçları ithal etmektedir.

2022 yılında ABD ve Kanada’nın toplam demiryolu ithalatı yaklaşık 5 milyar dolara ulaşmış ve bu değer, küresel ithalatın dörtte birine karşılık gelmiştir. Bölgenin ağırlıklı olarak dizel lokomotif ve yük vagonu ticaretine odaklandığı görülmektedir.

Orta Doğu, Afrika ve Latin Amerika bölgeleri, GTİP 86 ticaretinde daha çok ithalatçı rolündedir. Orta Doğu ülkeleri (Suudi Arabistan, BAE, Katar gibi), son yıllarda yüksek hızlı tren hatları ve metro sistemleri başta olmak üzere büyük ölçekli projelere yönelmiş ve bu yatırımlar çerçevesinde Avrupa ve Asya’dan yoğun ekipman ithalatı gerçekleştirmiştir.

Afrika’da Etiyopya, Kenya, Mısır, Fas ve Nijerya gibi ülkeler, Çin’in Kuşak ve Yol Girişimi kapsamında sağladığı finansmanla Çin’den lokomotif ve vagon ithalatını artırmıştır. Latin Amerika’da ise Brezilya, Arjantin, Şili ve aynı zamanda ihracatçı konumundaki Meksika, modernizasyon çabaları doğrultusunda özellikle ABD, İspanya ve Çin’den alımlar yapmaktadır.

Bu üç bölgenin toplam ticaret hacmi her bir ülke açısından sınırlı görünse de, küresel ölçekte değerlendirildiğinde GTİP 86 ürün grubunda önemli bir talep segmenti oluşturdukları görülmektedir. 2021 yılında yalnızca Afrika’nın toplam ithalatı, Güney Afrika öncülüğünde birkaç milyar dolara ulaşmış ve bu hacmin büyük bölümü Çin ile Avrupa Birliği menşeli ürünlerden oluşmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, GTİP 86 kapsamındaki üretim Asya ve Avrupa’da yoğunlaşırken, tüketim dünya geneline yayılmış durumdadır. Çin ve Avrupa ülkeleri net ihracatçı konumunda yer almakta; Afrika, Latin Amerika ve çoğu Orta Doğu ülkesi ise net ithalatçıdır. ABD ve Almanya gibi büyük ekonomiler ise hem üretici hem de tüketici olarak çift yönlü ticaret hacmine sahiptir.

Bu tablo, demiryolu sektöründe bölgesel uzmanlaşmanın ötesinde küresel ölçekte bir karşılıklı bağımlılık yapısını da ortaya koymaktadır. Bir bölgedeki altyapı ihtiyacı, diğer bölgedeki üretici tarafından karşılanmakta; bu süreçte teknoloji transferi, mühendislik desteği ve tedarik zinciri işbirlikleriyle tüm dünyada demiryolu altyapısının gelişimi sağlanmaktadır. Bu bağlamda, GTİP 86 ürün grubundaki bölgesel ticaret ağları, sadece ekonomik değil aynı zamanda stratejik bir önem taşımaktadır.

#### 5.3.4. İlgili Sektörler ve Alt Kalemler

GTİP 86 faslı, demiryolu ve tramvay taşımacılığına yönelik ekipmanları kapsayan ve birbirini tamamlayan çeşitli alt sektörlerden oluşur. Bu ürün grupları yalnızca taşıma araçlarını değil, altyapı sistemlerini, bileşenlerini ve bakım hizmetlerini de içeren geniş bir sanayi ekosistemine işaret eder. Ağır sanayi ürünleriyle ileri teknoloji çözümlerini bir araya getiren bu yapı, küresel tedarik zincirleriyle entegre bir şekilde faaliyet göstermektedir. Her bir GTİP alt kalemi, sektörel trendleri farklı yönlerden etkiler ve küresel ticaretin yönünü şekillendirir.

GTİP 8601 ve 8602 kalemlerinde yer alan lokomotifler; dizel-elektrikli, elektrikli (katener beslemeli) ve bataryalı sistemlere göre sınıflandırılır. Lokomotifler, yolcu ve yük taşımacılığının temelini oluşturan çekiş araçlarıdır.

Gelişmekte olan ülkelerde filo yenileme ve yeni hat yatırımlarıyla birlikte bu gruba olan talep artmakta; İspanya, ABD ve Çin gibi ülkeler önde gelen ihracatçılar arasında yer almaktadır. Ancak bu ürünler yüksek birim değerine ve uzun hizmet ömrüne sahip olduklarından, yıllık ticaret hacmi adet bazında sınırlı kalmaktadır. Küresel ölçekte çevreci ulaşım politikalarının artmasıyla birlikte dizel lokomotiflerden elektrikli ve hidrojenli sistemlere geçiş eğilimi belirginleşmiş, bu eğilim lokomotif segmentinde AR-GE yatırımlarını artırmıştır. Elektrikli lokomotif ihracatı, özellikle bu altyapıya sahip ülkelere yönelik olarak artış göstermektedir.

GTİP 8603, 8604, 8605 ve 8606 alt kalemleri; kendi tahrik sistemine sahip yolcu tren setleri (EMU/DMU), çekiş gücü olmayan yolcu vagonları ve yük vagonlarını içermektedir. Yük vagonları, özellikle ABD ve Rusya gibi büyük yük taşımacılığı altyapısına sahip ülkeler tarafından Latin Amerika ve Afrika pazarlarına ihraç edilmektedir. Yolcu vagonları ve tren setleri ise genellikle büyük kamu altyapı projeleri kapsamında toplu alımlarla ithal edilir. Yüksek hızlı tren setleri son yıllarda Çin’den Endonezya’ya, İtalya’dan İspanya’ya kadar uzanan geniş bir uluslararası alanda talep görmektedir. Tramvay ve metro araçları, kent içi ulaşım projeleri kapsamında birçok ülkeye ihraç edilmektedir. Örneğin Polonya’da üretilen tramvaylar Avrupa ve Kanada’ya pazarlanırken, bu segmentte güvenlik ve teknoloji standartlarının yüksekliği nedeniyle uluslararası ihaleler genellikle büyük ve sertifikalı üreticilerce kazanılmaktadır. Alstom, Siemens, CRRC ve Hyundai Rotem gibi firmalar küresel pazarda belirleyici aktörlerdir.

GTİP 8607 grubu; bojiler, dingiller, tekerlekler, fren sistemleri, motorlar ve kapılar gibi demiryolu araçlarının ana ve yardımcı bileşenlerini kapsar. Bu parçalar yalnızca yeni üretim için değil, mevcut filoların bakım ve modernizasyonu için de kritik öneme sahiptir. Parça segmenti bu yönüyle sürekli bir ticaret akışına sahiptir. 2022 yılında ABD, bu gruptan 1,68 milyar dolarlık ihracat gerçekleştirmiş ve bu tutar ülkenin toplam demiryolu ekipman ihracatının yaklaşık yarısını oluşturmuştur. Türkiye gibi ülkeler ray-teker setleri üretip Avrupa’ya ihraç ederken, yüksek hızlı trenlerin bazı özel parçalarını ithal etmektedir. Parça ticaretinin seyri, filoların yaşına, modernizasyon ihtiyaçlarına ve bakım döngülerine bağlı olarak değişmektedir.

Örneğin Avrupa’da 2021-2022 döneminde artan modernizasyon faaliyetleri yedek parça talebini yükseltmiştir. Bu segment ekonomik dalgalanmalardan etkilenmekle birlikte, güvenlik ve operasyon sürekliliği gereklilikleri nedeniyle daha istikrarlı bir büyüme yapısına sahiptir.

GTİP 8608, demiryolu hatlarının kurulumu için gerekli raylar, makaslar, bağlantı elemanları, sinyalizasyon sistemleri ve hat kontrol ekipmanlarını içerir. Bu kalem, altyapı yatırımlarının ayrılmaz bir parçasıdır. Sinyalizasyon sistemleri, hat güvenliği ve kapasite yönetimi açısından kritik olduğundan, bu alandaki ticaret genellikle büyük ölçekli projelerin bir parçası olarak gerçekleşir. Avrupa merkezli üreticiler, özellikle Orta Doğu ve Asya’daki projelere gelişmiş sinyalizasyon çözümleri sunmaktadır. Dijitalleşme süreciyle birlikte, Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) gibi modern kontrol sistemlerinin yaygınlaşması yazılım ve donanım içeren yüksek katma değerli ürünlerin ticaretini artırmıştır.

GTİP 8609 kalemi, çok modlu taşımacılığa uygun konteynerler (standart ISO yük konteynerleri, tanker konteynerler vb.) kapsamaktadır. Bu grup, GTİP 86 içindeki en dalgalı ticaret trendine sahip kalemlerden biridir. Üretimin büyük kısmı Çin’de gerçekleştiğinden, Çin’in ihracat performansı bu kategoriye doğrudan ilişkilidir. 2021 yılında küresel konteyner talebindeki ani artış, bu kalemden rekor düzeyde ihracat hacmine yol açmıştır. Ancak 2022 itibarıyla piyasadaki denge sağlanmış, 2023 yılında üretimin %80’den fazla azalmıştır. Bu oynak yapı, GTİP 86 faslının toplam ticaret rakamlarını da doğrudan etkilemektedir. Bununla birlikte, sıvı taşımaya özel konteynerler gibi niş ürünler, bu alt kalemin ticari önemini korumasını sağlamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, GTİP 86 kapsamındaki ürün grupları sanayileşme, teknolojik gelişim ve sürdürülebilir ulaşım hedefleri doğrultusunda stratejik bir konumda yer almaktadır. Bu sektör, otomotiv veya elektronik gibi yüksek hacimli sektörlerden farklı olarak daha düşük adetli, ancak yüksek katma değerli ürünler içermekte ve uzun vadeli bakım ve servis ilişkilerine dayalı bir pazar yapısına sahiptir. Bir lokomotifin veya tren setinin satışı, yaklaşık 30-40 yıllık bir bakım ve yedek parça gereksinimi doğurmaktadır; bu da sektörde istikrarlı bir ticaretin sürmesini mümkün kılmaktadır. Bu yönüyle GTİP 86 faslı, hem ekonomik hem de yapısal dönüşüm süreçlerinde vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir.

### 5.3.5. Küresel Ticaret Geleceği ve Fırsatlar

GTİP 86 kapsamındaki demiryolu ve tramvay ekipmanlarının küresel ticaretinde geleceğe yönelik önemli fırsatlar ortaya çıkmaktadır. Yeni pazarların gelişmesi, teknolojik yenilikler ve kamu politikaları bu alandaki ihracat potansiyelini artırmaktadır. Karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik küresel hedefler doğrultusunda, demiryolu taşımacılığına olan ilgi giderek artmakta ve bu eğilim GTİP 86 ürünlerine olan talebi desteklemektedir.

Birçok ülke, kentsel ulaşım sorunlarını çözmek ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri kurmak amacıyla yeni demiryolu projelerine yatırım yapmaktadır. 2023 yılı itibarıyla, dünya genelinde toplam değeri 250 milyar doları aşan 250 büyük ölçekli demiryolu inşaat projesi başlatılmıştır.

Bu projeler; yüksek hızlı tren hatları, metro ağları ve konvansiyonel hat iyileştirmelerini kapsamakta olup, önümüzdeki yıllarda lokomotif, vagon ve bağlantılı ekipmanlara yönelik küresel talebi artıracaktır.

Avrupa Birliği ve ABD gibi büyük ekonomiler, demiryolu yatırımlarına ciddi bütçeler ayırarak bu alanda stratejik yönelimlerini güçlendirmiştir. AB, Yeşil Mutabakat çerçevesinde yük ve yolcu taşımacılığında demiryolu payını artırmayı hedeflemekte; 2021-2027 dönemi için yüz milyarlarca avruluk kaynak demiryolu altyapısı ve araç yatırımlarına ayrılmaktadır. Benzer şekilde, ABD’de 2021 yılında kabul edilen altyapı yasası kapsamında demiryolu ve toplu taşımaya önemli kaynak tahsis edilmiştir. Bu tür kamu destekli yatırımlar, küresel demiryolu ekipmanı piyasasında önümüzdeki 5-10 yıl içinde istikrarlı ve öngörülebilir bir talep yapısı oluşturacaktır.

Küresel sektör raporlarına göre, dünya demiryolu ekipman pazarının 2027-2029 dönemine kadar yılda ortalama %3 oranında reel büyüme göstermesi beklenmektedir. Bu büyüme, sürdürülebilir ulaşım politikaları ve altyapı harcamalarının artışıyla desteklenmektedir.

Teknolojik yenilikler, sektörün dönüşümünde kilit bir rol oynamakta ve yeni ihracat fırsatları yaratmaktadır. Hidrojen yakıt hücreli trenler ve batarya destekli sistemler, dizel trenlere çevreci bir alternatif sunmakta ve çevresel kaygıların arttığı bir ortamda daha fazla ilgi görmektedir. Bu alanda Ar-Ge yatırımlarına öncülük eden firmalar, küresel pazarda rekabet avantajı elde edecektir.

Dijitalleşme, sinyalizasyon ve kontrol sistemlerine olan talebi artırarak “akıllı demiryolu” uygulamalarını ön plana çıkarmaktadır. Bu sistemlerde uzmanlaşmış firmalar, özellikle gelişmekte olan pazarlarda öne çıkmaktadır. Sürücüsüz tren teknolojisinin yaygınlaşmasıyla birlikte ilgili yazılım ve donanım çözümlerinin uluslararası ticaretinde yeni fırsatlar oluşmaktadır. Aynı zamanda, yüksek hızlı demiryolu projeleri hâlâ birçok ülkenin yatırım planlarında önemli yer tutmaktadır. Orta Doğu, Güneydoğu Asya ve Afrika’da bu yöndeki planlar, tren setleri ve altyapı ekipmanı ihracatı açısından büyük fırsatlar sunmaktadır.

Afrika ve Güney Asya bölgeleri, önümüzdeki on yıl içinde en yüksek büyüme potansiyeline sahip pazarlar olarak değerlendirilmektedir. Dünya Bankası ve uluslararası finans kurumlarının desteklediği Afrika’daki projeler, bölgesel ulaşımı güçlendirmeyi ve demiryolu ağlarını genişletmeyi amaçlamaktadır. Trans-Afrika koridor projeleri gibi girişimlerin hayata geçmesi durumunda, GTİP 86 ürünlerine yönelik büyük ölçekli bir talep doğabilir.

Latin Amerika’da Brezilya, Arjantin ve Meksika, demiryolu yük taşımacılığının payını artırmaya yönelik stratejiler geliştirmektedir. Orta Doğu’da Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri ve İsrail gibi ülkeler, bölgesel yüksek hızlı tren ve yük taşımacılığı projelerine yatırım yapmayı planlamaktadır. Hindistan ise kapsamlı modernizasyon projeleri aracılığıyla demiryolu altyapısını yenilemekte ve bu süreçte uluslararası teknoloji tedarikçilerine büyük bir pazar oluşturmaktadır.

2021 yılında 51,3 milyar dolar seviyesinde olan küresel demiryolu taşıtları pazarının, yıllık ortalama %3,7 büyüme ile 2031’de 73 milyar dolar düzeyine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu büyüme, yalnızca iç pazarlardaki genişlemeyi değil, aynı zamanda uluslararası ticaretteki artışı da kapsamaktadır.

Öte yandan, sektördeki olumlu beklentilere rağmen bazı belirsizlikler ve risk faktörleri mevcuttur. Ticaret politikaları, teknik standartlar, jeopolitik gelişmeler ve tedarik zinciri problemleri, gelecekteki ticaret akışlarını etkileyebilecek başlıca unsurlar arasında yer almaktadır.

Bazı ülkeler yerli sanayilerini korumak amacıyla ithalatı sınırlandırıcı politikalar izlemekte; Çin ve Hindistan gibi büyük pazarlarda bu eğilim giderek güçlenmektedir. Avrupa Birliği de küresel demiryolu ekipmanı pazarının yaklaşık %40’ının korumacı politikalar nedeniyle erişime kapalı olduğunu rapor etmektedir.

Ray açıklığı, elektrik altyapısı, güvenlik sertifikaları gibi teknik farklılıklar da ihracat sürecinde karşılaşılan başlıca sorunlar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, Uluslararası Demiryolu Birliği (UIC) ve Avrupa Demiryolu Ajansı (ERA) gibi kuruluşların standart uyumlaştırma çalışmaları bu engelleri azaltmayı amaçlamaktadır.

Jeopolitik gelişmeler de önemli bir risk faktörüdür. Rusya-Ukrayna savaşı nedeniyle Avrupa’dan Rusya’ya yapılan demiryolu ekipmanı ihracatı büyük ölçüde durma noktasına gelirken, Çin Orta Asya’ya ihracatını artırarak bu boşluğu kısmen doldurmuştur. ABD-Çin ticaret gerilimleri de bu alandaki iş birliklerini etkilemektedir.

Ham madde fiyatlarındaki artış ve küresel tedarik zincirlerindeki kırılganlık, nihai ürün maliyetlerini artırmakta ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde yatırım kararlarını geciktirebilmektedir. Bu riski azaltmak için, kritik parçalarda yerel üretimin artırılması ve tedarik zincirinin bölgesel olarak çeşitlendirilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, GTİP 86 kapsamındaki demiryolu ekipmanları ticareti, sürdürülebilir ulaşım politikalarının, altyapı yatırımlarının ve teknolojik dönüşümün etkisiyle önümüzdeki dönemde büyüme potansiyelini korumaktadır. Ancak bu potansiyelin gerçekleşebilmesi, firmaların küresel ticaret dinamiklerini doğru analiz edebilmesine, standartlara uyum sağlayabilmesine ve bölgesel riskleri etkin biçimde yönetebilmesine bağlıdır.

### 5.3.6. Öneriler ve Sonuçlar

Demiryolu ekipmanları ticareti, özellikle konteyner gibi belirli ürün gruplarında gözlemlenen dönemsel dalgalanmalar nedeniyle, yüksek risk içerebilmektedir. Bu bağlamda, şirketlerin yalnızca tek bir ürün segmentine (örneğin sadece yük vagonları veya sadece konteyner) bağlı kalmadan, ürün gamlarını çeşitlendirmeleri büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, coğrafi çeşitlendirme stratejileri de kritik hale gelmiştir.

Yalnızca Avrupa pazarıyla sınırlı kalmak yerine, Asya ve Afrika gibi büyüme potansiyeli yüksek bölgelere yönelmek, uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından avantaj sağlayacaktır. Bu bölgelerde altyapı yatırımlarının artması, erken dönemde pozisyon alan şirketler için rekabet üstünlüğü anlamına gelmektedir.

Bu doğrultuda, GTIP 86 ürün grubuna ait ihracat verileri, ülke performansları açısından dikkat çekici bazı eğilimlere işaret etmektedir. Örneğin, 2021 yılında küresel ihracat değeri 55,3 milyar \$ seviyesine kadar çıkmış, ancak 2023’te bu değer 45 milyar \$’a gerilemiştir. Çin, 2021’de 26 milyar \$’a yaklaşan ihracat hacmiyle liderliği elinde tutarken, 2023’e gelindiğinde bu rakamın 11,7 milyar \$’a düşmesi %36’lık bir daralmayı göstermektedir. Öte yandan, Meksika %26, Slovakya %69, İspanya %39, Birleşik Krallık %32 gibi artışlarla dikkat çekerken, bu ülkelerin pazar çeşitliliği ve ürün esnekliği sayesinde avantaj sağladığı görülmektedir.

Demiryolu sektörünün geleceği, yüksek hızlı trenler, elektrikli ve hidrojen yakıtlı lokomotifler ile akıllı sinyalizasyon sistemleri gibi ileri teknolojilerde şekillenmektedir. Bu gelişmelere paralel olarak, firmaların Ar-Ge faaliyetlerine öncelik vererek, ürün ve hizmetlerini küresel yenilikçi trendlere uygun hale getirmeleri elzemdir. Enerji verimliliği yüksek trenler, otonom sürüş destekli lokomotifler ve alternatif yakıt sistemleri geliştiren firmalar, yalnızca gelişmiş ekonomilerin ihalelerinde avantaj elde etmekle kalmayacak, aynı zamanda uluslararası prestij de kazanacaktır. Sürdürülebilirlik temelli teknolojik çözümler (örneğin batarya destekli çekiş sistemleri veya karbonsuzlaştırma hedeflerine katkı sağlayan ekipmanlar) önümüzdeki dönemde stratejik yatırım alanları olarak öne çıkmaktadır. Avrupa Birliği başta olmak üzere pek çok bölgede benimsenen yeşil ulaşım politikaları, bu eğilimin küresel ölçekte yaygınlaşacağını göstermektedir.

Bu bağlamda, yüksek teknolojiye üretime odaklanan Güney Kore ve Japonya gibi ülkelerin 2021 sonrası ihracat performanslarında yaşanan düşüş (sırasıyla %31 ve %11) dikkatle analiz edilmelidir. Bu düşüş, söz konusu ürünlerin yüksek maliyetli olması ve yeni nesil teknolojilere geçişin hâlen sınırlı pazarlarda uygulanıyor olmasıyla açıklanabilir.

Demiryolu ekipmanlarına yönelik büyük ölçekli alımların çoğu, yerel üretim şartlarını ve teknoloji transferi hükümlerini içermektedir. Bu nedenle, ihracatçı firmaların hedef pazarlarda yerel ortaklarla işbirliklerine gitmesi veya doğrudan yatırım yoluna başvurması stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Örneğin, bir Avrupa merkezli tramvay üreticisinin Asya’da kuracağı montaj tesisi, hem gümrük avantajı sağlayacak hem de pazara adaptasyonu kolaylaştıracaktır. Ortak girişim (joint venture) modelleri, hem sipariş çeşitliliğini artırmakta hem de ev sahibi ülkeye teknoloji ve bilgi birikimi aktarımı sağladığı için tercih edilmektedir. Özellikle Hindistan, Orta Doğu ve Latin Amerika gibi kamu yatırımlarının yüksek olduğu pazarlarda bu tür yerelleşme stratejileri belirleyici olacaktır.

Küresel ölçekte finanse edilen altyapı projeleri, demiryolu sektöründe önemli fırsatlar sunmaktadır. Dünya Bankası, Asya Altyapı Yatırım Bankası gibi çok taraflı finansman kuruluşları; ABD EXIM Bank veya Avrupa’daki ihracat kredi ajansları gibi devlet destekli yapılar, firmaların ihracat tekliflerini cazip hale getirecek finansman olanakları sunmaktadır. Şirketlerin bu kurumlarla aktif ilişkiler kurması ve müşterilerine uygun kredi seçenekleri sağlayacak modeller geliştirmesi, rekabet avantajı yaratacaktır. Öte yandan, her ülkenin uyguladığı gümrük tarifeleri, yerli üretim teşvikleri ve regülasyonlar farklılık gösterebileceğinden, pazara giriş öncesi detaylı politika analizi yapılması, fiyatlama ve stratejik konumlandırma açısından gereklidir.

Bu çerçevede örneğin, Amerika Birleşik Devletleri’nin 2019-2023 arası daha istikrarlı bir performans sergileyerek %3 ihracat artışı kaydetmesi, regülasyonlara hâkim olan üretici firmaların süreklilik sağladığını göstermektedir. Aynı şekilde, Şili gibi küçük ama durağan ekonomilerde dahi (0% değişim) fiyatlama ve politik uyum avantaj yaratabilmektedir.

COVID-19 pandemisi, küresel tedarik zincirlerinin kırılganlığını açıkça ortaya koymuştur. Demiryolu sektörü için kritik öneme sahip komponentlerin (örneğin elektronik modüller, özel çelikler, yarı iletkenler) tedarikinde yaşanabilecek aksaklıkların önüne geçmek adına, firmaların alternatif kaynaklar geliştirmesi ve tedarik ağlarını bölgesel olarak çeşitlendirmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, kritik parçaların yerel olarak stoklanması veya üretimi, tedarik sürekliliğini sağlamak açısından fayda sağlayacaktır. Lojistik planlamada ise demiryolu ve denizyolu kombinasyonlarının kullanılması, ağır ve hacimli ürünlerin daha uygun maliyetlerle taşınmasını mümkün kılmakta; böylece fiyat rekabetinde firmalara avantaj sunmaktadır.

İklim değişikliği ile mücadele ve enerji verimliliği politikaları doğrultusunda, demiryolu taşımacılığına küresel ilgi artmaktadır. Karayolu ve hava taşımacılığına kıyasla daha düşük karbon ayak izine sahip demiryolu çözümleri, hükümetlerin altyapı yatırımlarında öncelik verdiği alanlardan biri haline gelmiştir. Bu gelişme, sektörün önümüzdeki on yıllarda büyüme potansiyelini koruyacağını göstermektedir. Ancak yatırımcıların, demiryolu sektöründeki döngüsel dalgalanmaların farkında olması ve şirketlerin finansal sağlamlığını, sipariş çeşitliliğini ve krizlere dayanıklılık düzeyini dikkatle değerlendirmesi gerekmektedir. 2021 yılında yaşanan ani büyümenin ardından görülen yavaşlama dönemleri, sektöre yönelik yatırımların orta ve uzun vadeli perspektifle ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Sonuç olarak, GTIP 86 ürün grubuna giren demiryolu taşımacılığı ekipmanları, küresel ekonomik koşullara duyarlı olmakla birlikte, sürdürülebilir ulaşım politikaları ve altyapı yatırımlarındaki artış sayesinde uzun vadede büyüme potansiyelini korumaktadır. Pandemi kaynaklı olağanüstü dalgalanmalar kademeli olarak geride kalırken, yeşil dönüşüm odaklı politikaların yaygınlaşması demiryolu teknolojilerine olan talebi artıracaktır. Bu çerçevede, şirketlerin yenilikçi, esnek ve çok boyutlu stratejiler benimsemesi; yeni pazarlara açılması ve teknolojik dönüşüme öncülük etmesi kritik önemdedir.

Yatırımcılar açısından ise demiryolu sektörü, yeşil ekonomi ve altyapı modernizasyonu hedefleriyle uyumlu, stratejik değeri yüksek bir yatırım alanı olarak dikkatle izlenmelidir. Başarı; doğru ortaklıklar kurmak, riskleri çeşitlendirmek ve küresel eğilimleri proaktif biçimde takip edebilmekten geçmektedir.

#### 5.4. Uluslararası İthalat ve İhracat Verilerinin Değerlendirmesi

2019 yılında GTIP 86 kapsamındaki demiryolu ve tramvay taşıtları ile bunların parçalarına ilişkin küresel ticaret hacmi, yaklaşık 71 milyar ABD doları düzeyindeydi. Ancak 2020 yılında COVID-19 pandemisinin küresel ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri neticesinde bu hacim yaklaşık 61,5 milyar dolara gerileyerek %15-16 oranında bir düşüş göstermiştir. Bu daralma, sektörün pandemi kaynaklı talep azalışı, tedarik zinciri aksamaları ve yatırım projelerinin ertelenmesi gibi çok yönlü faktörlerden etkilendiğini ortaya koymuştur. Nitekim demiryolu tedarik endüstrisi, 2020 yılında siparişlerde yaklaşık %10 oranında bir azalma yaşandığını raporlamıştır.

2021 yılı itibarıyla sektörde hızlı bir toparlanma gözlemlenmiştir. Ertelenen yatırımların devreye alınması ve ekonomik canlanmanın etkisiyle küresel ticaret hacmi 86,2 milyar dolara ulaşmış, böylece 2020’de yaşanan kayıpların büyük ölçüde telafisi sağlanmıştır. Bu toparlanma trendi, demiryolu sektörünün krizlere karşı dirençli yapısını da ortaya koymuştur.

2022 yılında büyüme ivmesi büyük ölçüde korunmuş ve ticaret hacmi 83,8 milyar dolara ulaşarak pandemi öncesi 2019 seviyesinin üzerine çıkmıştır. 2023 yılı itibarıyla ise küresel ticaret hacmi yaklaşık 79,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiş ve bu değer dönemsel bir zirveye işaret etmiştir. 2022-2023 yılları arasındaki artış yaklaşık %4-5 düzeyinde seyretmiştir. Genel değerlendirmede, 2019-2023 dönemi boyunca sektör, pandeminin neden olduğu ani daralmanın ardından kademeli bir toparlanma sürecine girerek 2019’a kıyasla yaklaşık %10 oranında bir artışla pozitif dengede kapanış yapmıştır.

Bu dönemde küresel ticaretin yönünü belirleyen birkaç temel eğilim öne çıkmıştır. İlk olarak, pandemi ve sonrasındaki toparlanma döngüsü sektörel hareketliliğin temel belirleyicisi olmuştur. 2020 yılında dünya genelinde yaşanan iç talep daralması, sınır ötesi lojistikteki kesintiler ve projelerin askıya alınması, ticaret hacmini aşağı çekerken; 2021’den itibaren ertelenmiş projelerin yeniden başlatılması sektörde canlanmayı tetiklemiştir.

İkinci olarak, küresel sürdürülebilirlik hedefleri ve altyapı yatırımları demiryolu ticaretinde belirleyici bir rol oynamıştır. Raylı sistemlerin çevreci ulaşım alternatifi olarak yeniden öne çıkması, birçok ülkede yeni demiryolu projelerinin başlamasına yol açmıştır. Özellikle Asya-Pasifik bölgesinde (başta Çin ve Hindistan olmak üzere) ve Batı Avrupa’da (Almanya, Fransa gibi ülkelerde) kapsamlı altyapı yatırımları gerçekleştirilmiştir. Bu yatırımlar hem ithalat talebini artırmış hem de bu ülkelerin ihracat potansiyelini güçlendirmiştir. Almanya



ve Fransa gibi ülkeler, bu süreçte hem önemli ithalatçılar hem de yüksek kapasiteli ihracatçılar olarak öne çıkmıştır.

Üçüncü belirleyici eğilim, jeopolitik gelişmelerin küresel ticaret üzerindeki etkisidir. 2022 yılı itibarıyla Rusya-Ukrayna savaşı ve bu bağlamda uygulanan uluslararası yaptırımlar, demiryolu ekipmanları ticaretinde bazı bölgelerde yön değişikliklerine neden olmuştur. Rusya’nın Batı menşeli ürünlere erişiminin kısıtlanması, 2023 yılında ülkenin demiryolu ekipmanları ithalatında %29’luk bir azalmaya yol açmıştır. Aynı dönemde, Batı ülkeleri de tedarik zinciri güvenliğini artırmak amacıyla yerli üretime ve güvenilir ortaklara yönelme eğilimi göstermiştir. Yüksek hızlı tren setleri ve metro vagonları gibi kritik ürün gruplarında yerli üretim kapasitesini artırma stratejileri ön plana çıkmıştır.

Buna karşılık, Çin’in öncülüğündeki Kuşak ve Yol Girişimi (BRI) kapsamında Asya, Afrika ve Orta Doğu’da yeni demiryolu hatlarının inşa edilmesi, Çin ve Avrupa menşeli ürünlerin bu bölgelere ihracatını destekleyen önemli bir unsur olmuştur. Bu bağlamda küresel demiryolu ekipmanları ticareti, pandemi sonrası canlanma, yeşil dönüşüm odaklı altyapı yatırımları ve jeopolitik yeniden yapılanmaların kesişiminde şekillenmiş; farklı bölge ve aktörlerin rol aldığı dinamik bir yapıya evrilmiştir.

#### 5.4.1. En Büyük İhracatçı ve İthalatçı Ülkelerdeki Değişimler

2019–2023 döneminde GTIP 86 ürün grubu kapsamında Almanya, istikrarlı şekilde en büyük ithalatçı ülke konumunu korumuştur. 2019 yılında yaklaşık 3,64 milyar ABD doları olan Almanya’nın ithalatı, 2023’te 3,61 milyar dolar düzeyinde seyrederek liderliğini sürdürmüştür. Almanya’yı, 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 3,01 milyar dolarlık ithalat hacmiyle Amerika Birleşik Devletleri takip etmiştir. Her iki ülkenin, gelişmiş demiryolu altyapıları ve düzenli araç yenileme politikaları nedeniyle sürekli yüksek ithalat seviyelerini korudukları anlaşılmaktadır.

Kanada, Birleşik Krallık ve Meksika da söz konusu dönemde öne çıkan ithalatçı ülkeler arasında yer almıştır. Özellikle Meksika, 2019 yılında yaklaşık 1,12 milyar dolar olan ithalatını 2023’te 1,79 milyar dolara yükselterek kayda değer bir artış gerçekleştirmiştir. Bu artış, ülkeyi sıralamada daha üst basamaklara taşımıştır. Birleşik Krallık ise 2019’da 2,09 milyar dolarla üçüncü sıradayken, 2020’de ithalat hacminde önemli bir düşüş yaşamış, ancak izleyen yıllarda kademeli bir toparlanma göstererek 2023’te 1,69 milyar dolara ulaşmıştır. Benzer şekilde, Kanada’nın 2020’de gerileyen ithalatı, 2023’te yaklaşık 1,63 milyar dolar seviyesine çıkarak ülkeyi ilk beş içinde tutmuştur.

Avrupa ülkeleri arasında Fransa, Avusturya, İspanya, Polonya ve İsveç gibi ülkeler, dönem boyunca ithalatta önemli pay sahibi olmuşlardır. Özellikle Avusturya, 2021 yılında önceki yılın iki katını aşan 1,61 milyar dolarlık tek seferlik ithalat artışı ile dikkat çekmiş, ancak bu seviyeyi sonraki yıllarda sürdürememiştir. İsveç ise 2023 yılında ithalatını bir önceki yıla göre %76 oranında artırarak 792 milyon dolara çıkarmış ve dikkate değer bir ivme yakalamıştır.

Buna karşılık, Rusya Federasyonu’nun ithalatı belirgin bir düşüş göstermiştir. 2019 yılında yaklaşık 1,01 milyar dolar olan ithalat hacmi, 2023’te 638 milyon dolara gerileyerek ülkeyi en büyük ithalatçılar sıralamasında alt basamaklara itmiştir. Bu düşüş, büyük ölçüde 2022 sonrası uygulanan yaptırımlar ve iç pazardaki daralmaya bağlanmaktadır.

GTIP 86 kapsamındaki ürünlerde küresel ihracatın tartışmasız lideri Çin olmuştur. 2022 yılında Çin’in ihracatı yaklaşık 9,83 milyar dolar seviyesine ulaşarak ikinci sıradaki ülkenin neredeyse üç katına çıkmıştır. Çin’i 3,41 milyar dolarla Amerika Birleşik Devletleri, 3,35 milyar dolarla Almanya takip etmiştir. Bu üç ülke, küresel demiryolu ekipmanları arzında başat rollerini sürdürmüştür.

Çin’in ihracat liderliği, son on yıllık süreçte çok sayıda ülkeye lokomotif, vagon, metro ve tramvay seti satışı yapmasına ve Kuşak ve Yol Girişimi kapsamında gerçekleştirdiği yüksek hacimli dış satımlara dayanmaktadır. Buna karşın, Almanya, ABD ve Fransa gibi geleneksel üretici ülkeler teknolojik üstünlükleri sayesinde güçlü ihracatçı konumlarını korusalar da, Çin’in artan payı karşısında göreceli olarak daha sınırlı büyüme göstermişlerdir.

Polonya ve Avusturya gibi bazı orta ölçekli Avrupa ülkeleri, 2022 itibarıyla önemli ihracatçılar arasında yükselmiştir. Polonya, 1,91 milyar dolarlık ihracat hacmiyle ilk beşte yer alırken, Avusturya 1,84 milyar dolarlık ihracatla dikkat çekmiştir. Bu başarı, büyük ölçüde Avrupa içi tedarik zincirlerindeki üretici rollerinden ve komşu ülkelere yapılan sistematik satışlardan kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde, İspanya, Çekya ve Kanada gibi ülkeler de bu dönemde demiryolu aracı üretiminde güç kazanarak ihracat sıralamasında üst sıralara tırmanmıştır.

Öte yandan, Rusya’nın ihracat performansı da 2022 sonrası yaptırımlardan olumsuz etkilenmiştir. Birçok pazara satış yapamaması nedeniyle ülke, ihracat sıralamasında gerilemiştir. Bu durum, uluslararası ticarete jeopolitik gelişmelerin ve yaptırımların etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2019–2023 dönemi ihracat sıralamasında Çin liderliğini daha da pekiştirirken, ABD ve Almanya gibi geleneksel oyuncular konumlarını korumuş; Polonya ve Avusturya gibi ülkeler paylarını artırmış, Rusya gibi ülkelerin ise küresel pazardaki etkinliği azalmıştır.

#### 5.4.2. Öne Çıkan Artış ve Azalış Oranları

2020 yılında COVID-19 pandemisinin küresel ticaret üzerindeki etkisi, GTIP 86 ürün grubu kapsamında faaliyet gösteren ülkelerde belirgin şekilde hissedilmiştir. Hemen tüm büyük ekonomiler, hem ithalat hem de ihracatta kayda değer düşüşler yaşamıştır. Birleşik Krallık’ın ithalatı 2019’daki 2,09 milyar dolardan 2020’de 1,08 milyar dolara gerileyerek yaklaşık %48 oranında azalmıştır. Meksika’nın ithalatı da aynı dönemde %40’tan fazla düşmüş; 1,12 milyar dolardan 656 milyon dolara inmiştir. Benzer şekilde Kanada yaklaşık %40, ABD %30, Rusya ise %26 civarında ithalat düşüşü yaşamıştır.

İhracat tarafında da 2020 yılı, pek çok büyük üretici için çift haneli oranlarda gerilemenin yaşandığı bir dönem olmuştur. Ancak Çin, bu süreçte görece sınırlı bir düşüşle dikkat çekmiş ve ihracat performansını büyük ölçüde korumayı başaran az sayıdaki ülkeden biri olmuştur. Bu veriler, pandeminin tedarik zincirleri ve yatırım kararları üzerindeki sert etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Pandeminin yarattığı daralmanın ardından, 2021 itibarıyla birçok ülke hızlı bir toparlanma sürecine girmiştir. 2021 yılında Meksika’nın ithalatı %34, ABD’ninki %46, Kanada %19, Fransa ise %26 oranında artış göstererek pandemi öncesi seviyelere yaklaşmıştır. Bu eğilim, ertelenmiş yatırımların devreye girmesiyle paralel bir şekilde gelişmiştir.

2022–2023 döneminde ise toparlanma yerini daha dengeli fakat ülke bazlı farklılaşan oranlarda büyümeye bırakmıştır. İsveç, 2022’den 2023’e ithalatını %76 artırarak (449 milyon \$ → 792 milyon \$) dikkat çekici bir ivme yakalamıştır. Kazakistan aynı dönemde %90 oranında artışla (406 milyon \$ → 773 milyon \$) güçlü bir büyüme kaydetmiştir. Benzer şekilde Slovakya (%74), Belçika (%51) ve Mısır (%61) da yüksek oranlı artışlarla öne çıkan ülkeler arasında yer almıştır. Bu artışlar genellikle büyük altyapı yatırımları, tek seferlik büyük ithalat işlemleri ya da daha önce ertelenmiş projelerin hayata geçirilmesiyle açıklanabilir. Mısır örneğinde olduğu gibi, 2021’de 718 milyon dolara ulaşan ani ithalat artışı büyük bir tren seti alımını yansıtmakta olup, sonraki yıllarda dalgalı bir seyir izlemiştir.

Bununla birlikte, 2022–2023 döneminde ithalatında düşüş yaşayan ülkeler de olmuştur. Rusya’nın ithalatı, uluslararası yaptırımların etkisiyle %29 oranında azalmış ve 897 milyon dolardan 639 milyon dolara gerilemiştir. Benzer şekilde, Tayvan (Taipei, Çin) %21, İspanya %10 ve ABD %7 oranında düşüş kaydetmiştir. Bu gerilemeler, söz konusu ülkelerde teslimatı tamamlanan büyük siparişlerin tekrar edilmemesi veya dış politik faktörlerin ticareti sınırlamasıyla ilişkilendirilebilir. İtalya ve İsviçre gibi bazı Avrupa ülkelerinde de daha düşük oranlarda (%2–5 arası) daralmalar gözlemlenmiştir.

Beş yıllık dönem genelinde değerlendirildiğinde, en yüksek kümülatif büyüme oranlarının Mısır, Kazakistan, Hindistan ve Polonya gibi ülkelerde gerçekleştiği görülmektedir. Hindistan’ın ithalatı 2019 yılında 517 milyon dolar seviyesindeyken, 2023’te 780 milyon dolara çıkarak yaklaşık %50 oranında artış göstermiştir. Polonya’nın ithalatı da aynı dönemde %44’lük bir artışla 823 milyon dolardan 1,184 milyar dolara yükselmiştir.

Buna karşılık, Rusya Federasyonu 2019–2023 arasında %37’lik bir daralma yaşamış; 1,01 milyar dolardan 639 milyon dolara gerileyerek küresel sıralamada alt basamaklara inmiştir. Almanya ve Kanada gibi büyük ithalatçılar ise dalgalanmalara rağmen görece istikrarlı kalmışlardır. Almanya bu dönemi %1’e yakın bir değişimle neredeyse sabit düzeyde tamamlarken, Kanada’nın ithalatı yaklaşık %18 oranında gerilemiştir.

Bu farklı oranlar, ülkelerin demiryolu sektöründeki iç taleplerinin, yatırım döngülerinin ve dış etkenlere (örneğin jeopolitik riskler, yaptırımlar, enerji krizi gibi) maruz kalma derecelerinin ticaret performansı üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır.

#### 5.4.3. Ticaret Hacmindeki Değişimlerin Nedenleri ve Etkileri

2019–2023 yılları arasındaki ticaret hacmi dalgalanmaları, çok boyutlu etkenlerin bir bileşimi olarak değerlendirilmelidir. Bu dönemde yaşanan gelişmeler; küresel sağlık krizleri, jeopolitik riskler, makroekonomik koşullar ve teknolojik dönüşümler bağlamında şekillenmiştir.

2020 yılında küresel ölçekte yaşanan COVID-19 pandemisi, sektör üzerinde en belirgin etkileri yaratan faktör olmuştur. Salgın nedeniyle üretim tesisleri geçici olarak kapanmış, uluslararası lojistikte ciddi aksamlar meydana gelmiş ve birçok hükümet, kaynaklarını acil sağlık harcamalarına yönlendirerek altyapı yatırımlarını ertelenmiştir. Bu gelişmeler, hem arz hem de talep yönlü bir daralmaya yol açmış; ülkeler mevcut demiryolu filolarını yenilemekten vazgeçmiş, yeni projeleri askıya almıştır. Bu durum, ithalat ve ihracatın eş zamanlı olarak gerilemesine neden olmuştur.

Pandeminin kontrol altına alınmasıyla birlikte, 2021 ve 2022 yıllarında ertelenmiş taleplerin devreye girmesiyle sektör hızla toparlanmıştır. Birçok ülke, bekleyen siparişlerini teslim almaya ve yeni yatırımlara yönelmeye başlamıştır. Bu süreçte ayrıca, pandeminin ortaya çıkardığı tedarik zinciri kırılganlıkları da dikkat çekmiş; kritik bileşenlerin (sinyalizasyon, güç sistemleri vb.) tedarikinde yaşanan gecikmeler, ülkeleri tedarikçi çeşitlendirmeye ve stok yönetimini güçlendirmeye yöneltmiştir.

2022 yılında başlayan Rusya-Ukrayna savaşı ve buna karşılık uygulanan ekonomik yaptırımlar, demiryolu ticaretinde önemli kırılmalar yaratmıştır. Rusya, başta Avrupa menşeli olmak üzere lokomotif, yedek parça ve sinyalizasyon sistemleri gibi birçok ürünü ithal edemez hâle gelmiş; alternatif kaynaklara yönelmiştir (örneğin Çin ve BDT ülkeleri). Bu gelişme, ülkenin ithalat verilerine keskin bir düşüş olarak yansımıştır.

Avrupa ülkeleri ise, Rusya’ya ihracat yapamayan firmaların ürünlerini farklı pazarlara yönlendirme ihtiyacı duymuşlardır. Bu durum, ticaret akışlarının yönünü değiştirmiştir. Ayrıca, jeopolitik riskler ve stratejik özerklik arayışı çerçevesinde birçok ülke, yerli üretim kapasitesini artırma politikaları benimsemiş; kamu ihalelerinde yerli üretim şartları ve güvenilir tedarikçi kriterleri sıkılaştırılmıştır. Özellikle ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde Çin menşeli ürünlere yönelik güvenlik, siyasi ve rekabet temelli çekinceler artmıştır. Bu eğilim, önümüzdeki yıllarda ticaret akışlarını kalıcı biçimde yeniden şekillendirebilir.

Ticaret hacmindeki dalgalanmalarda küresel ekonomik koşullar da etkili olmuştur. 2021-2022 döneminde yaşanan ekonomik toparlanma ve düşük faiz ortamı, altyapı yatırımlarını teşvik etmiş; birçok ülke ulaşım projelerini desteklemek amacıyla teşvik paketleri açıklamıştır. Örneğin, ABD’nin altyapı yatırımlarına yönelik planları ve Avrupa Birliği’nin toparlanma fonları bu süreci desteklemiştir.

Ancak 2022 sonu itibarıyla küresel ölçekte yükselen enflasyon ve buna karşılık merkez bankalarının uyguladığı faiz artışları, yatırım kararlarını yavaşlatmıştır. Bu durum, 2023’te demiryolu ekipmanlarına olan talepte görece bir zayıflamaya neden olmuştur. Ayrıca döviz kurlarındaki dalgalanmalar da ithalat maliyetlerini etkilemiş; özellikle gelişmekte olan ülkelerin para birimlerindeki değer kaybı, ithalat hacimlerini baskılamıştır.

İncelenen dönemde teknolojik gelişmeler de ticaret hacmini etkileyen önemli bir unsur olmuştur. Birçok ülke, geleneksel dizel tren setlerini elektrikli veya hidrojen yakıt hücreli trenlerle değiştirme sürecine girmiştir. Bu modernizasyon projeleri, yeni nesil demiryolu ekipmanlarına yönelik talebi artırmıştır. Aynı zamanda, dijital kontrol sistemleri ve akıllı sinyalizasyon altyapıları gibi alanlarda da yatırımlar artmış; bu gelişmeler, ticaret kalemlerinin yapısında daha yüksek teknolojiye dayalı ürünlerin ağırlık kazanmasına neden olmuştur.

Bu teknolojik dönüşüm, hem talep yönünde (modern araçlara ihtiyaç) hem de arz yönünde (yüksek teknoloji ürünlerin ihracı) etkili olmuştur. Özellikle Almanya ve Fransa gibi güçlü sanayi altyapısına sahip ülkeler, bu dönemde ileri teknoloji ürünleri ihraç ederek dış ticaretteki rekabet avantajlarını korumuşlardır.

Söz konusu etkenlerin bir araya gelmesiyle oluşan bu karmaşık yapı, sektör üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler yaratmıştır. Olumlu yönde, birçok ülke demiryolu filolarını modernize ederek taşımacılık kapasitesini ve kalitesini artırmıştır. Küresel ölçekte 2020 şokuna rağmen ticaret hacminin yeniden büyüme eğilimine girmesi, sektörün dirençli yapısını ve üretici firmaların toparlanma kabiliyetini ortaya koymuştur. Nitekim pek çok üretici firma 2021-2023 döneminde yeniden yüksek sipariş hacimlerine ulaşmıştır.

Öte yandan, artan korumacılık politikaları ve jeopolitik gerilimler, tedarik risklerini ön plana çıkarmıştır. Özellikle bazı ülkelerin belirli üreticilere (örneğin Çin) olan bağımlılığını azaltma amacıyla uygulamaya koyduğu ticaret kısıtlamaları, uzun vadede küresel verimliliği ve rekabetçiliği olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, yaşanan dalgalanmalar küçük ve orta ölçekli tedarikçilerin pazardan çekilmesine veya birleşmelere gitmesine neden olarak sektörde daha yoğun bir konsolidasyon sürecini tetikleyebilir.

#### 5.4.4. Ürün Bazında İthalat ve İhracat Karşılaştırması

2019-2023 döneminde demiryolu taşıtları ve ilgili ekipmanların küresel ticaret hacmi ürün gruplarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. GTİP sınıflandırmasına göre incelendiğinde, bazı ürün gruplarında küresel ölçekte ihracat fazlası, bazı gruplarda ise net ithalat fazlası olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, hem üretim kapasitelerinin bölgesel dağılımı hem de teknolojiye erişim düzeyi ile yakından ilişkilidir.

Küresel ticarete en yüksek ithalat hacmi GTİP 8607 (Demiryolu taşıtları ve tramvayların aksam ve parçaları) grubunda gerçekleşmiştir. 2023 yılı itibarıyla bu gruptaki ithalat 14 milyar ABD doları seviyesine ulaşırken, ihracat 12,9 milyar dolar olarak kaydedilmiştir.

Bu tablo, söz konusu ürün grubunda küresel arzın büyük ölçüde talebi karşıladığını, ancak birçok ülkenin teknik ve teknolojik yeterlilik bakımından dışa bağımlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, GTİP 8601 (Elektrikli lokomotifler) ürün grubunda da ithalatın ihracattan fazla olduğu dikkat çekmektedir. 2023 yılında 1,4 milyar dolar değerinde ithalat yapılırken, ihracat 0,78 milyar dolarda kalmıştır. 2021 yılında ihracatın 1,3 milyar dolara ulaştığı göz önünde bulundurulduğunda, 2023’te bu alanda bir gerileme yaşandığı ve küresel ölçekte dışa bağımlılığın devam ettiği anlaşılmaktadır.

GTİP 8605 (Yolcu vagonları) ve GTİP 8604 (Demiryolu hat bakım ve servis taşıtları) gruplarında da ithalat rakamları ihracatı aşmıştır. Özellikle yolcu vagonlarında dışa bağımlılık eğilimi görece daha belirgindir. Bu durum, bazı ülkelerin teknolojik altyapı veya üretim kapasitesi yetersizliği nedeniyle bu araçları dış pazarlardan temin ettiğini göstermektedir.

GTİP 8609 (Özel taşıma konteynerleri), küresel ihracatta en büyük paya sahip olan ürün grubudur. 2021 yılında 27 milyar dolar gibi yüksek bir seviyeye ulaşan ihracat, 2023’te 13,2 milyar dolara gerilemiş olsa da, aynı yıl ithalatın yalnızca 5,9 milyar dolar düzeyinde kalması bu grubun küresel ölçekte net ihracat fazlası verdiğini ortaya koymaktadır.

GTİP 8603 (Kendinden hareketli demiryolu veya tramvay vagonları) grubunda da ihracatın ithalatı aştığı gözlemlenmiştir. 2023 yılı itibarıyla bu gruptaki ihracat 5,5 milyar dolar, ithalat ise 4,4 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu fark, özellikle gelişmiş ülkelerin metro, hafif raylı sistem ve banliyö setleri gibi modern ulaşım araçlarını ihraç etme kapasitesini yansıtmaktadır.

GTİP 8608 (Sabit hat malzemesi ve sinyalizasyon sistemleri) ürün grubunda da ihracat ve ithalat arasında pozitif bir fark oluşmuştur. 2023’te ihracat 1,05 milyar dolara ulaşırken, ithalat 1,01 milyar dolar olarak gerçekleşmiş ve bu alanda sınırlı da olsa dış ticaret fazlası sağlanmıştır. Bu, gelişmiş altyapı teknolojilerine sahip üreticilerin küresel ölçekte rekabet üstünlüğünü sürdürdüğünü göstermektedir.

GTİP 8606 (Kendinden hareketli olmayan yük vagonları) ve GTİP 8605 (Yolcu vagonları) ürün gruplarında ise ithalat ve ihracat rakamlarının birbirine oldukça yakın seyrettiği görülmektedir. Bu gruplarda küresel arz ve talep dengesi görece daha eşit bir yapıya sahiptir. Ancak GTİP 8605 için ithalatın ihracatı hafifçe geçtiği, dolayısıyla bu kalemden net ithalat pozisyonunun daha baskın olduğu söylenebilir.

Demiryolu ekipmanları sektöründe küresel ticaret dengeleri, ürün gruplarının teknik özelliklerine, üretim yoğunluğuna ve teknolojik karmaşıklığına göre şekillenmektedir. Örneğin, yüksek mühendislik ve yatırım gerektiren elektrikli lokomotifler ve sinyalizasyon sistemlerinde ithalat bağımlılığı daha yüksek seyrederken; konteyner gibi modüler ve seri üretime uygun kalemlerde ihracat fazlası oluşabilmektedir.

Bu veriler, ülkelerin üretim kapasitelerinin ve teknoloji düzeylerinin ticaret dengeleri üzerindeki belirleyici etkisini vurgulamaktadır. Ayrıca, bazı ürün gruplarında yaşanan dışa bağımlılıklar, yerli üretim politikalarının ve tedarik güvenliğinin önemini artırmaktadır. Gelecek dönemlerde bu dengenin; dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve tedarik zinciri çeşitlendirme stratejileriyle birlikte daha da farklılaşması beklenmektedir.

| DÜNYANIN RAYLI SİSTEM SEKTÖRÜNDEKİ İHRACATI |                                                                                                                           |                  |                  |                  |                  |                  |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Gtip                                        | Ürün                                                                                                                      | 2019<br>(1000\$) | 2020<br>(1000\$) | 2021<br>(1000\$) | 2022<br>(1000\$) | 2023<br>(1000\$) |
| '8609                                       | Bir veya daha fazla taşıma şekline göre özel olarak yapılmış ve donatılmış konteynerler                                   | 10.130.611       | 10.453.769       | 27.001.832       | 20.870.993       | 13.294.460       |
| '8607                                       | Demiryolu taşıtlarının veya tramvayların aksam ve parçaları                                                               | 12.475.737       | 11.618.723       | 12.157.515       | 11.731.137       | 12.913.158       |
| '8603                                       | Kendinden hareketli demiryolu veya tramvay vagonları                                                                      | 5.575.296        | 3.826.004        | 4.975.752        | 5.704.798        | 5.519.558        |
| '8606                                       | Kendinden hareketli olmayan yük taşımaya mahsus demiryolu veya tramvay vagonları                                          | 6.350.798        | 4.110.233        | 4.094.419        | 2.995.932        | 3.296.300        |
| '8602                                       | Diğer lokomotifler; lokomotif tenderler                                                                                   | 723.843          | 1.065.236        | 1.256.442        | 1.229.569        | 1.273.347        |
| '8605                                       | Kendinden hareketli olmayan demiryolu veya tramvay yolcu vagonları;bagaj furgonları,diğer demiryolu ve tramvay vagonları  | 1.307.013        | 950.195          | 1.513.069        | 1.214.108        | 1.221.396        |
| '8608                                       | Demiryolu-tramvay için sabit malzeme; mekanik işaret, emniyet, trafik kontrol- kumanda cihazları;bunların aksam parçaları | 1.058.423        | 808.503          | 1.023.962        | 957.254          | 1.058.813        |
| '8604                                       | Demiryolu hat bakım ve servis taşıtları (atölye- vinçli vagonlar, balast sıkıştırma vagonları, hat döşeyiciler vb)        | 947.572          | 951.103          | 1.351.410        | 906.373          | 1.025.964        |
| '8601                                       | Elektrikli lokomotifler (elektrik enerjisini dışarıdan alanlar veya elektrik akümülatörlü olanlar)                        | 720.923          | 944.489          | 1.366.570        | 998.621          | 788.347          |

**Tablo 5.4** Dünyanın Raylı Sistem Sektöründeki İhracat Verileri: 2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim



| DÜNYANIN RAYLI SİSTEM SEKTÖRÜNDEKİ İTHALATI |                                                                                                                           |                  |                  |                  |                  |                  |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Gtip                                        | Ürün Grubu                                                                                                                | 2019<br>(1000\$) | 2020<br>(1000\$) | 2021<br>(1000\$) | 2022<br>(1000\$) | 2023<br>(1000\$) |
| 8607                                        | Demiryolu taşıtlarının veya tramvayların aksam ve parçaları                                                               | 13.047.340       | 12.018.795       | 12.398.861       | 12.490.669       | 14.096.749       |
| '8609                                       | Bir veya daha fazla taşıma şekline göre özel olarak yapılmış ve donatılmış konteynerler                                   | 4.029.309        | 3.585.764        | 5.205.089        | 7.248.541        | 5.922.169        |
| '8603                                       | Kendinden hareketli demiryolu veya tramvay vagonları                                                                      | 5.772.673        | 4.028.626        | 4.624.653        | 4.466.977        | 4.374.525        |
| '8606                                       | Kendinden hareketli olmayan yük taşımaya mahsus demiryolu veya tramvay vagonları                                          | 3.391.235        | 2.320.389        | 2.731.851        | 2.872.185        | 3.262.468        |
| '8605                                       | Kendinden hareketli olmayan demiryolu veya tramvay yolcu vagonları;bagaj furgonları;diğer demiryolu ve tramvay vagonları  | 1.301.521        | 736.285          | 1.242.878        | 1.039.653        | 1.488.579        |
| '8601                                       | Elektrikli lokomotifler (elektrik enerjisini dışarıdan alanlar veya elektrik akümülatörlü olanlar)                        | 1.077.811        | 641.441          | 1.077.662        | 1.372.842        | 1.391.556        |
| '8602                                       | Diğer lokomotifler; lokomotif tenderler                                                                                   | 767.370          | 1.236.307        | 1.175.434        | 1.217.039        | 1.379.839        |
| '8604                                       | Demiryolu hat bakım ve servis taşıtları (atölye- vinçli vagonlar, balast sıkıştırma vagonları, hat döşeyiciler vb)        | 1.048.263        | 1.000.222        | 1.101.616        | 972.976          | 1.231.003        |
| '8608                                       | Demiryolu-tramvay için sabit malzeme; mekanik işaret, emniyet, trafik kontrol- kumanda cihazları;bunların aksam parçaları | 960.626          | 879.542          | 880.891          | 1.112.742        | 1.014.534        |

**Tablo 5.5** Dünyanın Raylı Sistem Sektöründeki İthalat Verileri: 2019-2023 Yılları Arasındaki Değişim

#### 5.4.5. GTIP 86 Sektörünün Geleceğe Yönelik Beklentileri

2023 itibarıyla toparlanma eğilimine giren GTIP 86 kapsamındaki demiryolu ekipmanları ticaretinin, orta vadede istikrarlı bir büyüme eğilimi göstermesi beklenmektedir. Avrupa Demiryolu Sanayii Birliği (UNIFE) tarafından yayımlanan Küresel Demiryolu Pazarı Raporu’na göre, önümüzdeki yıllarda sektörün yıllık ortalama %3 oranında büyüyeceği öngörülmektedir. Bu büyüme, yalnızca ekipman ticaretini değil; üretim, modernizasyon, bakım ve dijital hizmetleri kapsayan toplam pazar hacmini de içermektedir. UNIFE’nin projeksiyonuna göre, dünya demiryolu pazarının 2025–2027 döneminde yaklaşık 211 milyar € büyüklüğe ulaşması beklenmektedir.

Küresel büyümenin başlıca itici güçlerinden biri, birçok ülkenin karbon nötr ulaşım hedefleri doğrultusunda demiryolu yatırımlarını artırmasıdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve benzeri ulusal politikalar çerçevesinde demiryolu, çevre dostu ve enerji verimli bir ulaşım alternatifi olarak yeniden ön plana çıkmaktadır. Şehir içi raylı sistemler (metro, tramvay) ile yüksek hızlı tren projeleri, hem gelişmiş ekonomilerde hem de gelişmekte olan bölgelerde yatırım planlarının merkezinde yer almaktadır. Asya, Avrupa ve Latin Amerika bu alanda öncü konumda iken; Afrika ve Orta Doğu gibi pazarlarda daha küçük ölçekte başlayan projelerin hızlı büyüme potansiyeli taşıdığı vurgulanmaktadır.

Sektörün dönüşümünde dijital teknolojiler kritik rol oynamaktadır. Avrupa’da ERTMS (Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi) gibi standartlaşan ileri sinyalizasyon çözümleri, mevcut hatların modernizasyon ihtiyacını doğurmakta ve bu alanda uluslararası iş birliklerini teşvik etmektedir. Ayrıca, otonom trenler, akıllı bakım sistemleri, veri temelli karar destek altyapıları gibi dijital uygulamalar demiryolu altyapısının katma değerini artırmakta ve yeni yatırımları tetiklemektedir.

Sürdürülebilirlik odaklı dönüşüm, ürün gamını da dönüştürmektedir. Geleneksel dizel lokomotiflerin yerini batarya destekli, elektrikli veya hidrojen yakıt hücreli araçlar almaya başlamıştır. Bu dönüşüm, hem iç pazarlarda filoların yenilenmesini hem de uluslararası ticarette yeni nesil ürünlerin payının artmasını beraberinde getirmektedir. Önümüzdeki yıllarda eski teknoloji lokomotif ve vagonların dönüşüm ihtiyacı, hem üreticiler hem de bakım-onarım hizmeti sunan firmalar için önemli fırsatlar yaratacaktır. Aynı zamanda, bu teknolojik değişim, firmaları inovasyon kabiliyeti, AR-GE yatırımı ve ürün farklılaştırması açısından yeni rekabet alanlarına zorlayacaktır.

Küresel rekabette Çin’in rolü önümüzdeki dönemde de güçlü şekilde devam edecektir. Çin, büyük ölçekli altyapı projeleri ve ihracat odaklı stratejileriyle lider ihracatçı konumunu koruyabilir. Ancak, birçok ülkenin kritik altyapılarda dışa bağımlılığı azaltma politikaları çerçevesinde Çin menşeli ürünlere yönelik sınırlamalar uygulaması da olasılıklar arasındadır. Bu durum, Çin’in tüm ihalelerde avantajlı olmasını engelleyebilir.

Avrupa menşeli üreticiler (örneğin Alstom, Siemens) ise pazar paylarını koruyabilmek adına birleşme ve satın alma yoluyla ölçek ekonomisi yaratma çabalarını sürdürecektir. ABD pazarında özellikle yük taşımacılığı ve şehirler arası yolcu taşımacılığına yönelik büyük projeler gündemdedir. Ancak ABD’nin ithalat yerine yerli üretimi teşvik eden yaklaşımı, küresel ticaretin bu pazardan elde edeceği katkırı sınırlayabilir.

Hindistan ise hem artan iç talebi hem de bölgesel ihracat kabiliyetiyle dikkat çeken bir oyuncu hâline gelmektedir. Yerli üretim stratejisini güçlendiren Hindistan, aynı zamanda çevre ülkelerle demiryolu altyapısı iş birliklerine yönelerek ihracat kapasitesini artırma potansiyeline sahiptir.

Bakım hizmetleri, yedek parça tedariki ve yazılım tabanlı çözümler, GTIP 86 kapsamı dışında yer alsa da ekipman talebine doğrudan etki eden alanlar olarak değerlendirilmektedir. Bu segmentlerdeki büyüme, demiryolu ekipmanları sektörünün çevresel hizmetler yoluyla da genişlediğini göstermektedir.

GTIP 86 kapsamındaki demiryolu sektörü, 2020 yılında yaşanan pandemi kaynaklı daralmayı takiben 2023 itibarıyla yeniden büyüme patikasına girmiştir. Orta vadede, sürdürülebilir ulaşım ihtiyacı, dijitalleşme ve altyapı yatırımları sayesinde sektörün küresel ticaret hacminde istikrarlı bir artış yaşanacağı öngörülmektedir. UNIFE’nin projeksiyonları doğrultusunda, sektörün büyüklüğünün yıllık ortalama %3 oranında artması ve toplam pazarın 2027 itibarıyla 211 milyar € seviyesine ulaşması beklenmektedir.

Bu büyüyen pazardan daha fazla pay almak isteyen ülkeler ve firmalar arasında rekabetin artacağı açıktır. Bu bağlamda, teknoloji geliştirme, yerli üretim altyapısının güçlendirilmesi ve adil ticaret kurallarının uygulanması, önümüzdeki dönemin belirleyici unsurları olacaktır. Sektör temsilcileri, sürdürülebilir büyümenin ancak rekabetin eşit koşullarda gerçekleştiği bir ticaret ortamında mümkün olacağını vurgulamaktadır.

### 5.5. Türkiye’nin Ticaret Göstergeleri

2019–2023 döneminde Türkiye’nin raylı sistemler sektöründeki dış ticaret hacmi önemli ölçüde artış göstermiştir. 2019 yılında yaklaşık 83 milyon ABD doları olan ihracat, 2023 itibarıyla 338 milyon dolara yükselerek dört katına yakın bir büyüme kaydetmiştir. Sadece 2022–2023 döneminde ihracatta %19’un üzerinde artış gerçekleşmiş ve raylı sistemler sektörü, Türkiye’nin toplam ihracatının yaklaşık %0,13’ünü oluşturmuştur. Benzer şekilde ithalat da artış göstermiş; 2023 yılında 227 milyon dolarlık ithalat hacmiyle sektör, toplam ithalatın %0,06’sını karşılamıştır. Bu değer, bir önceki yıla göre %48’lik artış anlamına gelmektedir.

2023 itibarıyla Türkiye’nin raylı sistem ihracatında en büyük payı, demiryolu taşıtlarının ve tramvayların aksam ve parçaları (GTİP 8607) almıştır. Bu gruptaki ihracat 147,9 milyon dolara ulaşarak toplam ihracatın %44’ünü oluşturmuştur.

Ardından gelen ürün grupları arasında kendinden hareketli olmayan yük vagonları (GTİP 8606, 93,2 milyon dolar) ve kendinden hareketli tramvay/demiryolu vagonları (GTİP 8603, 48,7 milyon dolar) yer almaktadır. Özel taşıma konteynerleri (GTİP 8609, 29,5 milyon dolar) ve sabit hat ekipmanları ile sinyalizasyon cihazları (GTİP 8608, 16,8 milyon dolar) da önemli ihracat kalemleri arasında bulunmaktadır. Buna karşın, elektrikli lokomotifler (GTİP 8601) ve tenderler (GTİP 8602) gibi ileri teknoloji gerektiren ürünlerde ihracat seviyeleri düşük kalmıştır.

Türkiye’nin başlıca ihracat pazarları 2023 yılı itibarıyla Avusturya (74 milyon dolar, %22), Romanya (63 milyon dolar, %18,8) ve Almanya’dır (47 milyon dolar, %14). Bu üç ülke, toplam raylı sistem ihracatının yarısından fazlasını oluşturmuştur. Ayrıca Fransa (%6,6), Polonya (%5,6), Macaristan (%5) ve Bulgaristan (%3,8) gibi Avrupa ülkeleri de Türkiye’nin önemli ihracat partnerleri arasında yer almaktadır.

Türkiye’nin raylı sistem ithalatında en büyük pay, yine GTİP 8607 kapsamında yer alan aksam ve parçalara aittir. Bu ürün grubundaki ithalat 2023 yılında 161 milyon dolara ulaşarak toplam ithalatın %70’ini oluşturmuştur. Özel taşıma konteynerleri (GTİP 8609, 30 milyon dolar, %13,3) ve sinyalizasyon ile hat donanım ekipmanları (GTİP 8608, 15,7 milyon dolar, %6,9) da dikkat çeken kalemler arasındadır. Türkiye’nin ithalatta başlıca tedarikçileri Almanya (%23), Çin (%16,1) ve Çekya’dır (%11,5). Bu ülkeler, ileri teknoloji ekipmanlar ve sistem çözümleri ile pazara hâkimdir.

Türkiye’nin raylı sistemler sektöründeki uluslararası rekabet gücü hâlen sınırlıdır. Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük (RCA) göstergeleri, Türkiye’nin bu alanda genel olarak dezavantajlı bir konumda olduğunu göstermektedir. Ancak bazı ürün segmentlerinde rekabet avantajı oluşturma yönünde önemli adımlar atılmaktadır. Kamu şirketlerinin birleştirilmesiyle kurulan TÜRASAŞ, yerli lokomotif, vagon ve elektrikli tren seti üretimini artırma hedefiyle çalışmalarını sürdürmektedir. Özel sektörde ise Bozankaya ve Durmazlar gibi firmalar, metro ve tramvay üretimindeki başarılarıyla dikkat çekmektedir. Bozankaya’nın Tayland’a metro aracı ihracatı ve Durmazlar’ın Polonya’daki tramvay ihalelerinde elde ettiği başarılar, Türkiye’nin ihracat potansiyelinin gelişmekte olduğunu göstermektedir.

Türkiye’nin coğrafi konumu, düşük maliyetli iş gücü ve Avrupa-Orta Doğu-Kuzey Afrika pazarlarına yakınlığı, sektöre lojistik ve ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Ancak yüksek teknolojiye dayalı ürünlerde dışa bağımlılık devam etmektedir. Yüksek hızlı tren setleri, ileri sinyalizasyon sistemleri ve çekiş sistemleri gibi kritik bileşenlerde Almanya, Çin ve Güney Kore gibi ülkeler pazara hâkimdir. Türkiye’nin bu teknolojilere erişim konusunda hâlen dış kaynaklara bağımlı olduğu görülmektedir.

### Küresel Eğilimler ve Türkiye’nin Konumu

Dünya genelinde sürdürülebilir ulaşım politikaları ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik hedefler, raylı sistem yatırımlarını teşvik etmektedir. Küresel demiryolu sektörünün önümüzdeki on yılda yıllık ortalama %2,6 oranında büyümesi beklenmektedir. Türkiye, bu dönüşüm sürecinde Asya ile Avrupa arasında bir lojistik merkez olma vizyonunu benimsemiştir. Bu kapsamda Dünya Bankası tarafından sağlanan 660 milyon dolarlık finansman, Doğu Anadolu’daki elektrikli yük taşımacılığı altyapısının geliştirilmesi amacıyla kullanılacaktır. Proje kapsamında yıllık taşıma kapasitesinin 750 bin tondan 20 milyon tona çıkarılması hedeflenmektedir.

Türkiye’nin iç pazarı da önemli bir büyüme potansiyeline sahiptir. 2035 yılına kadar 7.000 adet metro, tramvay ve hafif raylı sistem aracı, 79 yüksek hızlı tren seti, 70 elektrikli tren seti, 600 elektrikli lokomotif, 150 manevra lokomotif ve 26.000 yük vagonuna ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu yatırımlar için yaklaşık 17,4 milyar Euro’luk kaynak gerektiği tahmin edilmektedir. Kent içi ulaşım projelerinin yaygınlaşmasıyla birlikte Türkiye’nin toplam demiryolu yatırımlarının 100 milyar Euro’yu aşması beklenmektedir. Bu kapsamda yerli üretim projelerinin artırılması, yabancı üreticilerin hâkimiyetini dengeleyerek küresel rekabet gücünü artırabilir.

Türkiye’nin raylı sistem dış ticareti, 2019-2023 döneminde önemli bir ivme kazanmıştır. İhracatın çeşitlenmesi ve artışı olumlu bir gelişme olmakla birlikte, ileri teknoloji ürünlerde süregelen dışa bağımlılık, sektörün gelişimi açısından temel bir zorluk olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, yerli üretimin artırılması, teknoloji transferi yapılması ve AR-GE yatırımlarının teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, uluslararası iş birliklerinin güçlendirilmesi ve yerli sanayinin küresel tedarik zincirlerine entegrasyonu, Türkiye’nin uzun vadeli rekabet gücünü belirleyecektir.

## 6. TÜRK MÜTEAHHİTLERİNİN ULUSLARARASI RAYLI SİSTEM İHALELERİ

Türkiye'nin uluslararası müteahhitlik sektörü, son yirmi yılı aşkın sürede raylı sistem projelerinde kayda değer bir başarı sergilemiştir. 2018 yılı itibarıyla Türk inşaat sektörü, küresel pazarda 44 firmayla yer alarak, Çin'in ardından dünya genelinde ikinci sıraya yükselmiştir. Bu firmalar, uluslararası düzeyde metro, hafif raylı sistem (LRT), yüksek hızlı tren (YHT) hatları ve yük taşımacılığına yönelik demiryolu projelerinde önemli roller üstlenmişlerdir. 1972-2022 döneminde Türk müteahhitlerin yurt dışında gerçekleştirdiği projeler içinde demiryolu, metro ve LRT sistemleri yaklaşık %5,8'lik pay ile önemli bir hacme ulaşmıştır.

Bazı Türk firmaları, bu alandaki faaliyetlerini derinleştirerek demiryolu, metro ve hafif raylı sistem projelerinde uzmanlaşmış; teknik yeterlilikleri, proje yönetimi deneyimleri ve uygulama becerileriyle küresel ölçekte rekabet edebilir bir konuma gelmişlerdir. Özellikle 2000'li yıllardan bu yana Türk müteahhitleri, uluslararası raylı sistem ihalelerinde gösterdikleri başarılarla dikkat çekmektedir. Bu başarılar; tamamlanmış ve hâlihazırda devam eden projelerin çeşitliliği, teknik ve finansal kapasite, diplomatik destek olanakları ve geleceğe dönük potansiyel açısından çok boyutlu olarak değerlendirilmektedir.

Türk inşaat sektörünün küresel düzeydeki etkinliği, raylı sistem projelerinde sahip olduğu uzmanlıkla daha da pekişmektedir. Yapı Merkezi, Doğuş İnşaat, Limak İnşaat, Gülermak İnşaat ve Mapa İnşaat gibi sektörün önde gelen firmaları; Asya'dan Afrika'ya, Orta Doğu'dan Avrupa'ya kadar uzanan geniş bir coğrafyada metro, tramvay, konvansiyonel demiryolu ve yüksek hızlı tren projelerini hayata geçirmiştir. Bu projeler, yüzlerce kilometrelik hat uzunluklarına ve milyarlarca dolarlık yatırım büyüklüklerine sahip olup; yalnızca inşaat süreciyle değil, aynı zamanda teknik karmaşıklığı ve çok aktörlü yapısıyla da dikkat çekmektedir.

Türk firmalarının bu alandaki başarısı, salt inşaat yetkinliklerinden ibaret değildir. Aynı zamanda proje yönetimi, sistem entegrasyonu, finansal yeterlilik ve uluslararası iş birlikleri kurma konusundaki kapasiteleriyle öne çıkmaktadır. Bu çok yönlü performans, Türkiye'nin küresel altyapı geliştirme süreçlerinde stratejik bir aktör olarak konumlanmasına katkı sağlamaktadır. Geline nokta, Türk müteahhitlerinin raylı sistem projelerinde elde ettiği deneyim ve oluşturduğu güven, önümüzdeki dönemde yeni pazarlarda daha geniş fırsatlar yakalanmasına olanak tanımaktadır.

### 6.1. Türk İnşaat Firmalarının Küresel Konumu

Türk inşaat sektörü, uluslararası pazarda dikkate değer bir varlık göstermektedir. Türk firmaları, uluslararası inşaat sektöründe üstlendikleri firma sayısı açısından dünya genelinde ikinci sırada yer almaktadır. 2018 yılında, Türk şirketleri küresel uluslararası inşaat pazarının %4,6'sına tekabül eden yaklaşık 20 milyar dolar değerinde 276 uluslararası projeyi hayata geçirmiştir.

Bu veriler, Türk müteahhitlerinin küresel pazardaki köklü kapasitesini ve erişimini açıkça ortaya koymaktadır. Küresel piyasalardaki dalgalanmalara ve artan risklere rağmen bu denli önemli projeleri üstlenebilmeleri, sektörün rekabet gücünü ve sağlamlığını göstermektedir.

Bu istikrarlı yüksek sıralama ve önemli proje hacmi, Türk inşaat sektörünün bilinçli ve başarılı bir uluslararasılaşma stratejisi izlediğini göstermektedir. Bu durum, sadece yerel pazardaki doygunluk veya artan rekabet nedeniyle değil, aynı zamanda inşaat hizmetlerini ulusal bir ekonomik itici güç olarak ihraç etme yönündeki kasıtlı bir politika nedeniyle de gelir akışlarını çeşitlendirme stratejisini yansıtmaktadır. Bu stratejik uluslararasılaşma, olgun ve iddialı inşaat endüstrilerinin ayırt edici bir özelliğidir. Bu güçlü uluslararası varlık, Türkiye'nin döviz gelirlerine önemli katkı sağlamakta, istihdam olanakları yaratmakta ve ülkenin küresel ekonomik ve diplomatik etkisini artırmaktadır. Ayrıca, uluslararası müşterilere Türk müteahhitlerinin karmaşık, büyük ölçekli altyapı geliştirme projeleri için güvenilir ve yetenekli ortaklar olduğunu göstererek "Türk mühendisliği" için olumlu bir marka imajı oluşturmaktadır.

Türk müteahhitlerinin üstlendiği çeşitli uluslararası projeler arasında, demiryolu projeleri önemli bir paya sahiptir; enerji santralleri, karayolları/tüneller/köprüler ve askeri tesislerden sonra gelmektedir. Raylı sistemlerin önemli bir proje türü olarak açıkça belirtilmesi, Türk firmalarının bu uzmanlaşmış altyapı alanına özel ve artan bir odaklanma içinde olduğunu doğrulamaktadır. Bu durum, Türk firmalarının sadece genel müteahhitler olmadığını, aynı zamanda raylı sistemlerde özel bir uzmanlık geliştirdiğini veya geliştirmiş olduğunu göstermektedir.

Raylı sistem projelerinin, diğer baskın sektörler gibi enerji ve karayolları projelerinin yanı sıra, Türk müteahhitlerinin uluslararası portföylerinde sürekli olarak yer alması, yüksek değerli, teknolojik olarak



karmaşık altyapıya stratejik bir yönelimi işaret etmektedir. Özellikle modern metro sistemleri, yüksek hızlı hatlar ve karmaşık yük koridorları, sermaye yoğun olup ileri mühendislik, sofistike sinyalizasyon ve entegre sistemler gerektirmektedir. Bu sektördeki sürekli varlık, Türk müteahhitlerinin uzmanlaşmış teknik yeteneklere, insan kaynaklarına ve teknolojik bilgi birikimine yatırım yaptığını göstermektedir. Bu, genellikle daha iyi kar marjları sunan ve bir firmanın ileri mühendislik alanındaki itibarını artıran daha yüksek değerli ve daha karmaşık projelere doğru bir geçişi ifade etmektedir. Bu stratejik uzmanlaşma, Türk firmalarını küresel bağlantı ve kentsel gelişimde kilit oyuncular olarak konumlandırmaktadır. Birçok gelişmekte olan ve yükselen ekonominin ulaşım ağlarını modernize etmeye yoğun yatırım yapmasıyla, Türk demiryolu uzmanlığı son derece ilgili hale gelmektedir. Bu odaklanma aynı zamanda raylı sistemlerin genellikle daha çevre dostu bir ulaşım şekli olması nedeniyle sürdürülebilir ulaşım çabalarıyla da uyumlu olup, potansiyel olarak yeşil finansman fırsatlarına ve projelere kapı açmaktadır.

#### 6.1.1. Başarılı Tamamlanmış Bazı Önemli Projeler

Türk müteahhitler, 2000'lerden itibaren dünyanın dört bir yanında önemli raylı sistem projelerini tamamlamıştır. Bu projeler arasında metro hatları, hızlı tren altyapıları, tramvay sistemleri, demiryolu köprüleri ve yük taşımacılığı hatları bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda, farklı coğrafyalardan seçilmiş bazı önemli tamamlanmış projeler özetlenmiştir:

| Ülke (Şehir)                      | Proje Adı                                    | Türü                       | Tamamlanma       | Türk Firması           | Proje Büyüklüğü                                   |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|---------------------------------------------------|
| Ukrayna (Kiev)                    | Dnyeper Demiryolu ve Karayolu Köprüsü        | Demiryolu Köprüsü          | ~2007            | Doğuş İnşaat           | 6 şerit karayolu + 2 hat demiryolu                |
| Bulgaristan (Sofya)               | Sofya Metro Hat 2 Genişletme (Lot 1)         | Metro (TBM tünel)          | 2012             | Doğuş İnşaat           | 4 istasyon, 4,1 km hat                            |
| Suudi Arabistan (Riyad)           | Riyad Metro TBM Tüneli (Hat 1 ve 2)          | Metro (TBM tünel)          | 2019 (planlanan) | Doğuş İnşaat           | 16,5 km tünel kazısı                              |
| Hindistan (Mumbai)                | Mumbai Metro Hat 3 (UGC-03 paketi)           | Metro (TBM tünel)          | 2023 (planlanan) | Doğuş İnşaat           | 5 istasyon, 5,05 km hat                           |
| Polonya (Varşova)                 | Varşova Metro Hat 2 (Faz I & II)             | Metro                      | 2015, 2019       | Gülermak               | Toplam ~9 km, 10 istasyon                         |
| Birleşik Arap Emirlikleri (Dubai) | Dubai Metro "Route 2020" (Expo Hattı)        | Metro                      | 2020             | Gülermak (JV)          | 15 km çift hat, 7 istasyon                        |
| Fas (Kazablanka)                  | Kazablanka Tramvay Hattı 1 ve 2              | Tramvay Sistemi            | 2013, 2018       | Yapı Merkezi           | Hat1: 30 km; Hat2: 16 km, 22 istasyon             |
| Cezayir (Sidi Bel Abbes)          | Sidi Bel Abbes Tramvayı                      | Tramvay Sistemi            | 2017             | Yapı Merkezi           | 13,7 km hat, 26 istasyon (2 etap)                 |
| Cezayir (Bir Touta-Zeralda)       | Banliyö Demiryolu Hattı                      | Çift hat demiryolu         | 2016             | Yapı Merk. + Infrarail | 23 km, ERTMS Level 1 sinyalizasyon                |
| Senegal (Dakar)                   | Dakar AIBD Havalimanı Tren Hattı (TER Dakar) | Banliyö Treni (Elektrikli) | 2021             | Yapı Merkezi           | 36 km hızlı banliyö hattı (Havalimanı bağlantısı) |
| Tanzanya (Darüsselam-Morogoro)    | Doğu Afrika SGR Demiryolu Faz-1              | Elektrikli YHT Hattı       | 2022-24          | Yapı Merkezi (JV)      | 202 km tek hat, 160 km/s tasarım hızı             |

**Tablo 6.1** Türk müteahhitlerce 2000 sonrası tamamlanan bazı seçkin raylı sistem projeleri

Yandakii örnekler, Türk firmalarının Avrupa'dan Afrika'ya, Orta Doğu'dan Asya'ya uzanan geniş bir coğrafyada proje tamamladığını göstermektedir. Örneğin Doğu İnşaat, Ukrayna'da Kiev/Dinyeper Demiryolu ve Karayolu Köprüsü'nü inşa ederek bir Türk firmasının o ülkedeki en büyük altyapı projelerinden birine imza atmıştır. Aynı firma, Hindistan'da Mumbai Metro Hat-3 projesinde 5 yeraltı istasyonu ve 5 km tünel inşasını üstlenmiştir. Gülermak ise Polonya'da Varşova Metrosu'nu iki faz halinde başarıyla tamamlamış, Dubai Metro Expo 2020 hattında uluslararası bir konsorsiyumda yer almıştır. Yapı Merkezi, Kuzey Afrika'da Kazablanka Tramvayının ilk hattını tamamlayıp "Yılın En İyi Tramvay Projesi" ödülü kazanmış ve performansı sayesinde ikinci hattın ihalesini de almıştır. Yine Yapı Merkezi, Cezayir'de Sidi Bel Abbes ve Setif tramvay sistemlerini ve Banliyö demiryollarını inşa ederek bu ülkenin şehir içi ulaşımına katkı sağlamıştır. Limak İnşaat da Ukrayna'nın Dnipro (Dnyepropetrovsk) şehrinde 4 km'lik yeni metro hattı ve 3 istasyonluk bir projeyi Avrupa Yatırım Bankası ve EBRD finansmanı ile üstlenmiş, 2021'de tamamlanmak üzere çalışmalar yapmıştır. Bu projelerin bir kısmı yerel veya uluslararası ödüllere layık görülmüş, Türk müteahhitlerin zamanında teslimat ve kaliteli işçilik konusundaki itibarını pekiştirmiştir.

### 6.1.2. Devam Eden veya Yeni Kazanılmış Bazı Önemli Projeler

Türk müteahhitlik firmaları, yalnızca geçmişte tamamladıkları projelerle değil, günümüzde üstlendikleri büyük ölçekli uluslararası raylı sistem yatırımlarıyla da küresel pazarda önemli bir aktör konumundadır. Özellikle Afrika ve Avrupa kıtasında üstlenilen metro ve demiryolu projeleri, Türk firmalarının mühendislik kabiliyetlerini ve uluslararası güvenilirliğini pekiştirmektedir.

Tanzanya Standard Gauge Railway (SGR) Projesi:Doğu Afrika'nın en büyük demiryolu girişimlerinden biri olan Tanzanya SGR Projesi, toplam 1225 kilometre uzunluğundaki elektrikli hat ile Darüsselam Limanı'nı ülkenin iç kesimleri ve komşu kara ülkeleriyle bağlamayı hedeflemektedir. Bu beş fazlı projenin dört etabı, Yapı Merkezi tarafından üstlenilmiştir. 2018 yılında ilk üç etap olan Darüsselam-Morogoro (300 km), Morogoro-Makutupora (426 km) ve Makutupora-Tabora (368 km) hatlarının ihalesini kazanan Yapı Merkezi, 2022'de Tabora-Isaka (165 km) hattı için 900 milyon dolarlık ek bir sözleşme daha imzalamıştır. Projenin ilk fazı 2023 itibarıyla tamamlanmış, Haziran 2024'te işletmeye açılmıştır. Kalan bölümlerin ise 2025-2026 döneminde devreye alınması planlanmaktadır. Projenin finansmanı uluslararası kredi ajanslarıyla sağlanmakta; ilk iki kısım için 1,5 milyar dolar, sonraki kısımlar için ise yaklaşık 1,8 milyar dolarlık finansman görüşmeleri sürmektedir. Projedeki yüksek performans sayesinde Yapı Merkezi, Uganda'nın demiryolu yatırımlarında da tercih edilen firma haline gelmiştir.

**Romanya Metro ve Demiryolu Projeleri:** Türk firmaları, Avrupa Birliği fonlarıyla desteklenen Doğu Avrupa projelerinde de güçlü bir varlık göstermektedir.

- **Bükreş Metro Hattı M6:** Projenin birinci aşaması olan 1 Mai-Tokyo arasındaki 6,6 kilometrelik bölümün tasarım ve yapım ihalesi, 2022 yılında Alsim Alarko - Makyol ortaklığına verilmiştir.
- **Bükreş Metro M6 İkinci Etap:** 2023 yılında Băneasa Havalimanı bağlantısını içeren 7,6 kilometrelik ikinci kesim, Gülermak - Somet ortaklığı tarafından üstlenilmiş ve 255 milyon avroluk sözleşme imzalanmıştır.
- **Cluj-Napoca Metrosu:** Gülermak ayrıca Romanya'nın Cluj-Napoca kentindeki 21 kilometrelik ilk metro hattının inşasını gerçekleştirmektedir.

Bu projeler, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) ve Japon Kalkınma Ajansı (JICA) gibi uluslararası finans kuruluşlarının desteğiyle yürütülmektedir.

**Orta Doğu Projeleri:** Türk firmaları, Körfez ülkelerindeki prestijli raylı sistem yatırımlarında da etkin rol oynamaktadır.

- **Doha Metrosu (Katar):** Altın Hat Projesi, Yapı Merkezi ve STFA'nın da yer aldığı uluslararası bir konsorsiyum tarafından 2019 yılında tamamlanmıştır.
- **Riyad Metrosu (Suudi Arabistan):** Doğu İnşaat, 16,5 kilometrelik TBM tünellerini içeren hatların inşaatında görev almıştır.
- **Haramain Yüksek Hızlı Tren Projesi:** Cidde ana istasyonunun inşaatı, Yapı Merkezi tarafından başarıyla tamamlanmıştır.

Bölgedeki yeni dönemde NEOM, Abu Dabi Metro ve Suudi Arabistan tramvay projeleri gibi mega yatırımlar, Türk firmalarının ilgi alanında yer almaktadır.

**Asya ve Afrika'daki Diğer Girişimler:**

- **Hindistan:** Gülermak tarafından tamamlanan Lucknow Metro Projesi'nin ardından firma, Delhi Metro ve diğer şehirlerdeki ihalelere katılım sağlamaktadır.
- **Pakistan ve Bangladeş:** Türk firmaları, bu ülkelerdeki metro ve demiryolu ihalelerine yönelik teknik çalışmalarını sürdürmektedir.
- **Etiyopya:** 389 kilometrelik Awash-Kombolcha-Hara Gebaya demiryolu projesi, iç savaş nedeniyle kesintiye uğrasa da, projenin yeniden canlandırılması ve Türk müteahhitlerin tekrar görevlendirilmesi gündemdedir.
- **Zambiya, Kongo Demokratik Cumhuriyeti ve Tanzanya:** Yeni demiryolu hatları için fizibilite çalışmaları devam etmekte, Türk firmaları potansiyel yüklenici olarak değerlendirilmektedir.

**Latin Amerika:** Türk müteahhitlerin Latin Amerika'daki raylı sistem faaliyetleri henüz sınırlı düzeyde olsa da, Şili, Meksika gibi ülkelerde açılan metro ihalelerine yönelik ilgi artmaktadır. Bu bölgeler, gelecekte Türk firmalarının çeşitlendirilmiş pazar stratejileri kapsamında hedef alınabilecek yeni yatırım alanları olarak öne çıkmaktadır.

Bu güncel projeler ve genişleyen coğrafi kapsama alanı, Türk firmalarının uluslararası raylı sistem pazarında uzun vadeli ve sürdürülebilir bir oyuncu haline geldiğini göstermektedir. Teknik yeterlilik, finansal rekabetçilik ve zamanında iş teslimi gibi güçlü yönlerle birleşen bu başarı, Türkiye'nin mühendislik markasını küresel ölçekte daha da ileriye taşımaktadır.

**6.2. Önde Gelen Türk Müteahhitleri ve Uluslararası Raylı Sistem Proje Kazançları****6.2.1. Yapı Merkezi**

Yapı Merkezi, birden fazla kıtada geniş bir demiryolu projesi portföyü ile öne çıkmakta ve tasarımdan işletmeye almaya kadar kapsamlı yeteneklerini sergilemektedir.

- **Tanzanya:** Darüsselam – Morogoro Demiryolu projesinde, 160 km/saat tasarım hızına sahip 202 km tek hat demiryolunun tüm tasarım işleri, altyapı inşaatı, ray döşeme, sinyalizasyon, haberleşme sistemleri, yedek parça temini, elektrifikasyon ve personel eğitimi dahil anahtar teslim bir inşaat üstlenilmiştir. Bu proje 30 ay sürmüştür. 30 aylık proje süresinde toplam 33 milyon m<sup>3</sup> kazı işi yapılacak; 96 adet toplam 6.500 m. köprü ve altgeçit-üstgeçit, 460 adet menfez, 6 istasyon ve tamir-bakım atölyesi inşa edilecektir. Morogoro – Makutupora Demiryolu projesi ise başkent Dodoma'yı da kapsayan 409 kilometrelik bir demiryolu hattını hedeflemekte olup, elektrifikasyon ve sinyalizasyon gibi teknolojik birimler dahil tüm altyapı ve üstyapı çalışmalarını kapsayan anahtar teslim bir proje olarak 36 ayda tamamlanması planlanmıştır. Ayrıca, Darüsselam ve Mwanza şehirleri arasında inşa edilecek 5 fazlı demiryolu projesinin 3. fazı olan Makutupora-Tabora Demiryolu ve 119 km uzunluğundaki Tabora-Isaka Demiryolu (Lot 4 SGR) da Yapı Merkezi tarafından üstlenilmiştir. Yapı Merkezi, Tanzanya'da Darüsselam ve Mwanza şehirleri arasında inşa edilecek 5 fazlı demiryolu projesinin bir parçası olan Darüsselam-Mwanza Demiryolu Projesi'ni üstlenmiştir. Bu proje, Uganda, Ruanda ve Demokratik Kongo Cumhuriyeti gibi denize kıyısı olmayan ülkeleri Tanzanya limanlarına bağlayarak Doğu Afrika'yı Hint Okyanusu'na açacak stratejik bir öneme sahiptir. Makutupora ve Tabora demiryolunun, başta ticaret, ulaşım ve turizm olmak üzere Tanzanya'nın genel ekonomisine çok büyük katkıda bulunması beklenmektedir. Proje kapsamında tasarım hızı 160 km/saat olan, 294 km standart açıklıklı tek hat demiryolunun tüm tasarım işleri, altyapı inşaat işleri, ray döşeme, 7 adet istasyonun inşası, sinyalizasyon, telekomünikasyon ve elektrifikasyon işleri dahil olmak üzere anahtar teslim olarak Yapı Merkezi tarafından gerçekleştirilecektir. İstasyon hatları ile toplam 368 km demiryolu yapım işi 46 ay içinde tamamlanacaktır.
- **Etiyopya:** Awash – Kombolcha – Hara Gebaya Demiryolu projesi, 390 km uzunluğunda tek hat olarak inşa edilmiştir. Bu proje, tüm tasarım işleri, malzeme temini, altyapı inşaatı, tamir-bakım atölyeleri, istasyonlar, idari binalar, ray döşeme, sinyalizasyon, katener, enerji temini, haberleşme sistemleri, yedek parça temini ve eğitim verme işlerini anahtar teslim olarak kapsamakta ve Etiyopya'nın kuzey kesimi ile merkezi arasındaki bağlantının sağlanmasında büyük önem taşımaktadır.
- **Uganda:** Yapı Merkezi, 14 Ekim 2024 tarihinde yaklaşık 3 milyar dolarlık Malaba-Kampala Demiryolu Projesi'nin sözleşmesini Uganda Devleti ile imzalamıştır. Türk müteahhitlerin yurtdışında tek başına imzaladığı en büyük projelerden biri olan 273 kilometre uzunluğundaki bu hat, Uganda'nın yanı sıra Doğu Afrika için de stratejik bir öneme sahiptir.

- **Cezayir:** Setif Tramvayı Projesi, Yapı Merkezi – Alstom Konsorsiyumu tarafından inşa edilmiştir. Yapı Merkezi tüm inşaat işlerini üstlenirken, Alstom sistem işlerini gerçekleştirmiştir. Proje, 15.2 km'lik ana hat ve 7.2 km'lik koşullu kısımdan oluşmakta, 26 istasyonla hizmet vermektedir. Sidi Bel Abbes Tramvayı projesinde, 400 m ile 1370 m arasında değişen istasyonlar-arası mesafede tramvayın ortalama ticari hızı 19.1 km/saat'tir. Günlük ortalama 40.000 yolcu taşınması öngörülen sistem, sürdürülebilir, çevre dostu, uzun ömürlü ve modern bir altyapı olarak, modernleşen Sidi bel Abbes'in ulaşım problemine kesin ve kalıcı bir çözüm getirmiştir. Başkent Cezayir'in Zeralda Banliyösü ile bağlantısını sağlayan 23 km'lik yeni çift hatlı Bir Touta – Zeralda Demiryolu da Yapı Merkezi tarafından inşa edilmiştir. Bu demiryolu projesi elektrifikasyon, sinyalizasyon (ERTMS Level1) ve telekomünikasyon dahil tüm sistemleri kapsamaktadır. Anahtar teslim proje; yaklaşık 10 milyon m<sup>3</sup> toprak hareketi ve 30.000 m<sup>2</sup> sanat yapısı ile elektrifikasyon, sinyalizasyon (ERTMS Level1), telekomünikasyon dahil olmak üzere bütün sistemlerin yanı sıra, çevre düzenlenme, işletmeye alma ve personel eğitim hizmetlerini kapsamaktadır.
- **Katar:** Doha Metrosu (Altın Hat) projesinde Yapı Merkezi, STFA, Aktor, LarsenToubro ve Al Jaber Mühendislik'ten oluşan konsorsiyumun bir parçası olmuş, Yapı Merkezi ve STFA konsorsiyum içinde %40'lık en büyük hisseye sahip olmuştur.
- **Suudi Arabistan:** CTW 130 – Sadara & Jubail Demiryolu projesi, günlük yaklaşık 12.000 ton, yıllık ise 4.000.000 ton yük taşımacılığına imkan sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, 450 km uzunluğundaki Haramain Hızlı Tren Projesi kapsamında Cidde Merkez İstasyonu binasının yapım işlerinin tamamlanması, testleri ve işletmecisi firmaya tesliminden Yapı Merkezi sorumlu olmuştur.
- **Senegal:** Dakar – AIBD (Havalimanı) Hızlı Tren Hattı (TER Dakar projesi) ile Dakar, Diamniadio ve AIBD havalimanı arasında hızlı, modern ve yüksek frekanslı bir raylı sistem gerçekleştirilmiştir.
- **Fas:** Yapı Merkezi tarafından 2010-2013 yılları arasında yapılan birinci hattın devamı niteliğindeki Casablanca Tramvayı İkinci Hat projesi, 16.314 metre platform uzunluğu, 22 istasyon ve 34 kavşak gibi ana iş kalemlerini içermektedir. Yapı Merkezi, birinci hattaki başarısıyla LRTA tarafından "Yılın En İyi Projesi Ödülüne" layık görülmüş olup, İkinci Hat Projesinin Yapı Merkezi'ne verilmesinde, ilk hattaki bu üstün performans önemli rol oynamıştır. Mart 2016'da ihale sonucu açıklanan ve 29 ayda tamamlanması planlanan proje kapsamındaki ana iş kalemleri şöyledir: Platform uzunluğu 16.314 metre, 22 adet istasyon, 34 adet kavşak, 1 depo, 1 atölye binası, 1 hat kavşağı, köprü, kazık üstü platform gibi çeşitli yapılar.
- **Slovenya:** Divaca-Koper Demiryolu 2. Hat Projesi kapsamında LOT 1 ve LOT 2 ihalelerini Kolektor CPG-Yapı Merkezi-Özaltın Ortak Girişimi kazanmıştır. Projenin devamı olan ve elektro mekanik işlerin yanı sıra ray döşemeye ilişkin tüm altyapı işlerini kapsayan LOT 3 ihalesini ise Yapı Merkezi-ŽGP-Kolektor IGIN-GHH Ortak Girişimi üstlendi. Bu proje, Koper Limanı ile Orta Avrupa arasında önemli bir bağlantı sağlayarak ülkenin uluslararası lojistik kapasitesini genişletmeyi hedefliyor.
- **Bosna-Hersek:** Ilidža-Hrasnica Tramvay Hattı Projesi, Bosna-Hersek'te 1962 yılından bu yana inşa edilen ilk yeni tramvay hattı olmasıyla önemli bir altyapı yatırımdır. Green Cities Framework 2 (GrCF2) kapsamında geliştirilen proje, Saraybosna'nın uzun vadeli kentsel gelişim hedefleri ve çevresel sürdürülebilirlik vizyonu ile stratejik uyum içindedir. Proje tamamlandığında, toplu taşıma verimliliğini artıracak, çevresel etkileri azaltacak ve şehir içi hareketliliği ile yaşam kalitesini önemli ölçüde iyileştirecektir. Proje, şehir yolunun orta refüjü boyunca inşa edilecek 13 kilometrelik tek hatlı (6,5 km çift hatlı) bir tramvay hattını kapsamaktadır. Bu kapsamda 11 tramvay durağı, iki trafo merkezi, köprü geçişleri, katener sistemleri ve drenaj altyapısı gibi temel yapılar da projeye dâhildir.
- **Romanya:** Yapı Merkezi, Romanya 11 Lot Demiryolu Üstyapı Modernizasyon Projesi'ni üstlenmiştir. Yaklaşık 24 km güzergah uzunluğuna ve 46.5 hat-km tek hat uzunluğuna sahip bu projenin toplam maliyeti 44.6 milyon Euro'dur. Proje, hattın yolcu trenleri için 120 km/sa ve yük trenleri için 100 km/sa trafik hızlarına getirilmesini hedeflemektedir.

Yapı Merkezi'nin özellikle Afrika ve Orta Doğu'daki projelerinin yoğunluğu, bu firmanın gelişmekte olan ekonomilere stratejik bir odaklanma içinde olduğunu ve başlangıç tasarımıyla tam operasyonel devreye almaya ve eğitime kadar kapsamlı, uçtan uca demiryolu çözümleri sunma yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Gelişmekte olan pazarlardaki bu güçlü varlık, hızlı kentleşme ve ekonomik kalkınma süreçlerinden geçen bölgelerdeki yeni ve modernize edilmiş altyapı talebiyle stratejik bir uyumu ifade

etmektedir. Firmanın sözleşmelerinin kapsamlı yapısı (genellikle “anahtar teslim” veya tasarım-yapım-işletme-devretme benzeri modeller), Yapı Merkezi’nin sadece derin mühendislik ve inşaat uzmanlığına değil, aynı zamanda çeşitli karmaşık sistemleri (elektrik, sinyalizasyon, haberleşme) entegre etme ve hatta insan kaynakları gelişimini (eğitim) yönetme konusunda güçlü proje yönetimi yeteneklerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, firmayı tam hizmet veren bir çözüm sağlayıcı olarak konumlandırmakta ve müşteri hükümetler için yükü ve riski azaltmaktadır. Bu yetenek, Yapı Merkezi’nin daha büyük, daha karmaşık ve daha yüksek değerli sözleşmeleri güvence altına almasını sağlamaktadır. Başarısı, ev sahibi ülkelerin bağlantı ve ticaretin iyileştirilmesi yoluyla ekonomik kalkınmasına önemli katkıda bulunurken, aynı zamanda Türkiye’nin küresel altyapı gelişiminde güvenilir ve yetenekli bir ortak olarak itibarını artırmaktadır. Bu durum, diğer Türk şirketleri için de bu pazarlarda olumlu bir etki yaratabilir.

### 6.2.2. Doğuş İnşaat

Doğuş İnşaat, özellikle kentsel metro sistemleri ve karmaşık köprü yapıları içeren teknik açıdan zorlu demiryolu projelerinde güçlü yetenekler sergilemiştir.

- **Ukrayna:** Kiev’deki Dinyeper Demiryolu ve Otoyol Köprüsü projesi, 6 karayolu şeridi ve 2 demiryolu hattını içeren bir demiryolu ve karayolu köprüsünün yapımını, ayrıca 13 ila 17 arası iskele ve bu iskelelerin üst yapıları da dahil olmak üzere köprü’nün geçişe uygun kısmının inşasını kapsamaktadır. Köprü’nün taşıma kapasitesi her yön için 60.000 araba/gün ve 120 tren/gün’dür. Bu proje, bir Türk müteahhitlik şirketinin son yıllarda Ukrayna’da gerçekleştirdiği en büyük projelerden biri olarak belirtilmiştir.
- **Hindistan:** Mumbai Metro Hattı III, Kısım UGC-03 projesi, Mumbai Tren İstasyonu ve Worli arasında 5 istasyon ve 3.55 km uzunluğunda çift hat tünelin yapımı dahil olmak üzere 5.05 km uzunluğundaki metro hattı yapımını içermektedir. Proje kapsamında elektromekanik işler de yapılmaktadır.
- **Suudi Arabistan:** Riyad Metrosu projesi, toplam uzunluğu 16.5 km olan Riyad Metrosu Kuzey ve Güney hatlarının TBM tünelleri yapımının yanı sıra kazık, enjeksiyon ve inşaat işleri ile raylar ve yaya yollarının tesis edilmesini kapsamaktadır.
- **Bulgaristan:** Sofya Metrosu Genişletme Projesi, Hat II Lot 1, 4 istasyonlu ve toplam uzunluğu 4.1 km olan metro hattının tasarım, yapım, test ve işletmeye alma işlerini kapsamaktadır. Bu proje, son yıllarda Bulgaristan’da gerçekleştirilen en büyük altyapı projelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Sofya Metrosu Genişletme Projesi, Hat III Lot 4 ise mevcut Sofya Metrosu hattının genişletilmesi dahilinde 5.97 km uzunluğundaki tünelin yapımını kapsamaktadır.

Doğuş İnşaat’ın proje portföyü, özellikle kapsamlı tünel açma ve büyük ölçekli, çok modlu köprü inşaatlarını içeren kentsel metro sistemleri gibi teknik olarak zorlu demiryolu altyapısında güçlü bir uzmanlaşmayı vurgulamaktadır. Mumbai, Riyad ve Sofya gibi yoğun kentsel alanlarda tünel açma, jeolojik değişkenlikler, mevcut yeraltı altyapısı ve şehir yaşamına verilen aksaklığı en aza indirme ihtiyacı nedeniyle inşaat mühendisliğinin en zorlu yönlerinden biridir. Riyad Metrosu için Tünel Açma Makinelerinin (TBM) kullanılması, ileri teknolojiye ve modern tünel açma yöntemlerinde uzmanlığa yapılan yatırımı göstermektedir. Dinyeper Köprüsü ise firmanın birleşik ulaşım modları için büyük ölçekli yapısal mühendislik yeteneğini daha da sergilemektedir. Bu uzmanlaşma, Doğuş İnşaat’ın daha az firmanın gerekli teknik yeterliliğe ve deneyime sahip olduğu, giriş engelleri yüksek bir pazar segmentinde faaliyet gösterdiği anlamına gelmektedir. Bu niş uzmanlaşma, Doğuş İnşaat’a önemli bir rekabet avantajı sağlamakta ve birçok genel müteahhidin yeteneklerinin ötesindeki projelere teklif vermesine ve kazanmasına olanak tanımaktadır. Bu projelerdeki başarısı, karmaşık mühendislik başarılarının üstesinden gelme konusundaki küresel itibarını artırarak güçlü bir referans görevi görmektedir. Bu aynı zamanda Türk mühendisliğinin dünya standartlarında altyapı çözümleri sunma yeteneğine sahip, son derece sofistike olduğu genel algısına da katkıda bulunmaktadır.

### 6.2.3. Limak İnşaat

Limak İnşaat, yüksek değerli uluslararası demiryolu projelerinde kilit bir oyuncu olup, genellikle büyük uluslararası konsorsiyumların önemli bir üyesi olarak yer almaktadır.

- **BAE (Dubai):** Dubai Metrosu Mavi Hat Tasarımı ve Yapımı ihalesini Mapa ve CRRC ile birlikte oluşturduğu konsorsiyum kazanmıştır. Bu, 1.5 km’si deniz üzerinden geçecek olan 30 km’lik sürücüsüz metro hattı ve 14 istasyonu içeren 5.6 milyar dolarlık devasa bir projedir. Limak ve Mapa tasarım ve inşaat kısmını üstlenirken, CRRC sistem ve vagon sağlayıcısı rolünü üstlenmiştir. Projenin Eylül 2029’da tamamlanması hedeflenmektedir.



- **Ukrayna:** Limak İnşaat, Dnipro Metro İnşaatı projesini üstlenmiştir. Temmuz 2016'da sözleşmesi imzalanan bu proje, yaklaşık 4 kilometre uzunluğundaki metro hattı ve 3 istasyonun tasarımını ve inşaatını içermektedir. Projenin finansmanı Avrupa Yatırım Bankası (EIB) ve Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) tarafından sağlanmaktadır. Proje kapsamında 8 km çift tüp tünel inşaatı, mevcut metro hattına bağlantılar, yerüstü yapıları, elektrik ve mekanik tesisat işleri, ray ve bağlantı elemanları ile demiryolu üstyapısı, elektrifikasyon, sinyalizasyon ve telekomünikasyon sistemlerinin temini ve montajı gerçekleştirilecektir. Projenin 2021 yılı içinde tamamlanması planlanmıştır.

Limak'ın Dubai Metro Mavi Hat gibi milyarlarca dolarlık projelerdeki varlığı ve Dnipro Metrosu gibi projeler için büyük uluslararası finans kuruluşlarından finansman sağlama yeteneği, firmanın güçlü finansal kapasitesini ve büyük ölçekli uluslararası konsorsiyumlar oluşturma ve yönetme konusundaki stratejik yeteneğini vurgulamaktadır. Birkaç milyar doları aşan ve on binlerce kişiyi (örneğin Dubai Metrosu için 15.000 kişi) istihdam eden projeler, muazzam finansal desteğe, sofistike risk yönetimine ve geniş kaynakları koordine etme yeteneğine ihtiyaç duyar. EIB ve EBRD gibi çok taraflı kalkınma bankalarından finansman sağlamak, Limak'ın proje fizibilitesi, yönetim ve çevresel/sosyal güvenceler konusunda katı uluslararası standartlara uyduğunu göstermektedir. Bu düzeydeki finansal güvenilirlik ve operasyonel ölçek, inşaat sektöründeki küresel liderlerin ayırt edici bir özelliğidir. Özellikle CRRC gibi büyük bir sistem sağlayıcısıyla işbirliği modeli, karmaşık, yüksek teknoloji projeler için tamamlayıcı güçlerden yararlanma konusundaki stratejik yeteneği de göstermektedir. Bu tür yüksek profilli, finansal olarak zorlu projelerdeki başarı, Limak'ın (ve dolayısıyla Türk mühendislerinin) küresel itibarını ve piyasa güvenini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu durum, potansiyel müşterilere ve yatırımcılara, en iddialı altyapı girişimleri için bile güvenilir ortaklar olduklarını işaret etmektedir. Bu, daha fazla mega proje fırsatını çekebilecek ve Türkiye'nin gelişmiş inşaat hizmetlerinin önemli bir ihracatçısı olarak konumunu sağlamlaştıracak ekonomik büyümesine önemli katkı sağlayabilecek bir erdem döngüsüne yol açabilir.

#### 6.2.4. Gülermak İnşaat

Gülermak İnşaat, Avrupa metro pazarında güçlü bir yer edinmiş ve entegre demiryolu sistemleri sunma konusunda kapsamlı yetenekler sergilemiştir.

- **Polonya:** Varşova Metrosu Hat II projesi, 6.5 km çift hat metro, 7 yeraltı metro istasyonu tasarım, inşaat ve sanat yapıları ile mimari işler, ray işleri, sinyalizasyon ve elektromekanik işleri kapsamaktadır. Varşova Metrosu Hat II (Faz II) projesi ise 2.5 km çift hat metro ve 3 yeraltı metro istasyonu ile benzer kapsamda işleri içermektedir. Ayrıca 2.hatta 6.5 km Çift Hat Metro, 7 Yeraltı Metro İstasyonu Ray İşleri, Sinyalizasyon ve Elektromekanik İşleri eklenmiştir. Gülermak İnşaat, Polonya Demiryolları'nın Szczyrzyc - Tymbark Bölümü'nün demiryolu ve tünel yapım işlerini, Polonya'da yerleşik %100 bağlı ortaklığı olan Gülermak S.A.'in dahil olduğu "Budimex S.A.- Budimex Kolejnictwo S.A.- Gülermak S.A." konsorsiyumu ile 24 Nisan 2025 tarihinde kazanmıştır.
- **BAE (Dubai):** Dubai Metro Expo 2020 projesi, 15 km çift hat metro inşaatı, 2 yeraltı ve 5 yerüstü metro istasyonu tasarım, inşaat ve sanat yapıları ile mimari işler, ray işleri, sinyalizasyon ve elektromekanik işler, ayrıca Expo 2020 metro aracı teminini kapsamaktadır.
- **Hindistan:** Lucknow Metro projesi, 3.68 km çift hat metro inşaatı, 3 yeraltı metro istasyonu, viyadük metro hattı tasarım, inşaat ve sanat yapıları ile mimari işler, ray işleri, sinyalizasyon ve elektromekanik işleri kapsamaktadır.

Gülermak'ın Polonya gibi Avrupa pazarlarındaki tekrarlayan başarısı ve sivil işler, mimari tasarım ve karmaşık sistem entegrasyonunu içeren kapsamlı proje kapsamı, firmanın katı uluslararası kalite ve düzenleyici standartları karşılarken tamamen işlevsel demiryolu sistemleri sunma yeteneğini vurgulamaktadır. Avrupa Birliği'nde başarılı bir şekilde faaliyet göstermek, yüksek kalite standartlarına, katı güvenlik düzenlemelerine ve genellikle karmaşık çevresel uyumluluk gereksinimlerine uyumu gerektirmektedir. Bu, Gülermak'ın sağlam kalite yönetim sistemlerinin ve gelişmiş teknik yeteneklerinin güçlü bir göstergesidir. Ayrıca, hem fiziksel altyapıyı hem de sofistike operasyonel sistemleri (sinyalizasyon, elektromekanik) kapsayan sözleşmelerinin entegre yapısı, sadece inşaat mühendisliği bileşenleri değil, eksiksiz, operasyonel bir demiryolu sistemi sunma konusundaki uzmanlıklarını göstermektedir. Bu bütünsel yaklaşım, modern, teknolojik olarak gelişmiş kentsel toplu taşıma projeleri için kritik öneme sahiptir. Avrupa gibi olgun ve yüksek düzeyde düzenlenmiş bir pazardaki bu başarı, Gülermak'ın (ve Türkiye'nin) uluslararası itibarını önemli ölçüde artırarak, onları dünya çapındaki projeler için daha çekici hale getirmektedir. Bu titiz standartları karşılama konusunda kazanılan deneyim, yüksek düzeyde aktarılabilir olup, çeşitli küresel pazarlardaki rekabet güçlerini artırmaktadır.

Bu durum aynı zamanda Türk mühendislik firmaları içinde, temel inşaatın ötesine geçerek karmaşık sistem entegrasyonu ve tam proje yaşam döngüsü teslimatına doğru artan bir gelişmişliği de işaret etmektedir.

### 6.2.5. Mapa İnşaat

Mapa İnşaat'ın yüksek profilli Dubai Metro Mavi Hat projesindeki varlığı, büyük ölçekli uluslararası işbirlikleri için kapasitesini ortaya koymaktadır.

- **BAE (Dubai):** Dubai Metrosu Mavi Hat Tasarımı ve Yapımı ihalesini Mapa-Limak-CRRC ortaklığı kazanmıştır. Bu 5.6 milyar dolarlık proje, 30 kilometrelik sürücüsüz bir metro hattının tasarım ve yapımını içermekte olup, 14 istasyondan oluşacak ve 1.5 kilometrelik kısmı deniz üzerinden geçecektir. Mapa ve Limak, tasarım ve inşaat kısımlarından sorumlu olurken, CRRC sistem ve vagon sağlayıcısı rolünü üstlenmiştir. Projenin Eylül 2029'da hizmete açılması planlanmaktadır.

Mapa İnşaat'ın milyarlarca dolarlık Dubai Metro Mavi Hat projesine katılımı, karmaşık, yüksek değerli altyapı projeleri için tamamlayıcı uzmanlıklardan yararlanarak büyük ölçekli uluslararası konsorsiyumlara dahil olma konusundaki stratejik yeteneğini vurgulamaktadır. Bu büyüklükteki ve teknik karmaşıklıkta (örneğin, sürücüsüz metro, deniz üzerindeki önemli bölümler) projeler için konsorsiyum oluşturmak genellikle esastır. Bu, çeşitli finansal kaynakların, teknik uzmanlığın (Türk firmalarından inşaat mühendisliği, CRRC'den demiryolu araçları ve sistemleri) ve risk paylaşımının bir araya getirilmesini sağlar. Mapa'nın bu konsorsiyumdaki rolü, bu tür büyük ölçekli girişimlere önemli katkıda bulunma, çok uluslu bir ekip içinde karmaşık arayüzleri yönetme ve büyük bir küresel şehrin altyapı gelişiminin zorlu gereksinimlerini karşılama kapasitesini göstermektedir. Bu işbirliği modeli, Türk firmalarının küresel altyapı tedarik zincirine artan entegrasyonunu ifade etmektedir. Uluslararası liderlerle ortaklık yaparak, Türk şirketleri son teknolojiye ve yeni pazarlara erişim sağlarken, kendi yeteneklerini ve küresel itibarlarını da artırmaktadır. Bu yaklaşım, tek bir kuruluş için çok büyük veya uzmanlaşmış olabilecek projeleri üstlenmelerine olanak tanıyarak pazar erişimlerini ve rekabet güçlerini genişletmektedir.

| Müteahhit Firma | Proje Adı                                 | Ülke     | Proje Türü        | Kapsam Detayları                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|-------------------------------------------|----------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yapı Merkezi    | Darüsselam – Morogoro Demiryolu           | Tanzanya | Yüksek Hızlı Tren | 202 km tek hat, 160 km/saat tasarım hızı, tüm tasarım, altyapı, ray döşeme, sinyalizasyon, haberleşme, elektrifikasyon, personel eğitimi, 30 ay süre; 33 milyon m <sup>3</sup> kazı, 96 köprü/altgeçit (6.500 m), 460 menfez, 6 istasyon |
| Yapı Merkezi    | Morogoro – Makutupora Demiryolu           | Tanzanya | Yüksek Hızlı Tren | 409 km, tüm altyapı ve üstyapı, elektrifikasyon, sinyalizasyon, 36 ay süre                                                                                                                                                               |
| Yapı Merkezi    | Makutupora – Tabora Demiryolu             | Tanzanya | Yüksek Hızlı Tren | 5 fazlı projenin 3. fazı                                                                                                                                                                                                                 |
| Yapı Merkezi    | Tabora-Isaka Demiryolu                    | Tanzanya | Yüksek Hızlı Tren | Lot 4 SGR, 119 km ana hat, 35 km siding ve marshalling yard (toplam 154 km)                                                                                                                                                              |
| Yapı Merkezi    | Darüsselam – Mwanza Demiryolu Projesi     | Tanzanya | Yüksek Hızlı Tren | 294 km standart açıklıklı tek hat, 160 km/saat tasarım hızı, 7 istasyon, sinyalizasyon, telekomünikasyon, elektrifikasyon; toplam 368 km demiryolu yapımı, 46 ay süre                                                                    |
| Yapı Merkezi    | Awash – Kombolcha – Hara Gebaya Demiryolu | Etiyopya | Yüksek Hızlı Tren | 390 km tek hat, tüm tasarım, malzeme temini, altyapı, atölyeler, istasyonlar, idari binalar, ray döşeme, sinyalizasyon, katener, enerji, haberleşme, yedek parça, eğitim                                                                 |

| Mühendislik<br>Firma | Proje Adı                                      | Ülke            | Proje Türü                          | Kapsam Detayları                                                                                                                                                                                            |
|----------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yapı Merkezi         | Malaba-Kampala Demiryolu                       | Uganda          | Konvansiyonel/<br>Yüksek Hızlı Tren | 273 km hat, Türk mühendislerin yurtdışında tek başına imzaladığı en büyük projelerden biri                                                                                                                  |
| Yapı Merkezi         | Setif Tramvayı                                 | Cezayir         | Tramvay                             | Alstom Konsorsiyumu ile; Yapı Merkezi inşaat işlerini üstlendi; 15.2 km ana hat, 7.2 km koşullu; 26 istasyon                                                                                                |
| Yapı Merkezi         | Sidi Bel Abbes Tramvayı                        | Cezayir         | Tramvay                             | Ortalama ticari hız 19.1 km/saat; günlük 40.000 yolcu; istasyonlar arası mesafe 400-1370 m; sürdürülebilir, çevre dostu, modern altyapı                                                                     |
| Yapı Merkezi         | Bir Tounta - Zeralda Demiryolu                 | Cezayir         | Konvansiyonel Demiryolu             | 23 km yeni çift hat, 140 km/saat tasarım hızı, elektrifikasyon, sinyalizasyon (ERTMS Level1), telekomünikasyon dahil; 10 milyon m <sup>3</sup> toprak hareketi, 30.000 m <sup>2</sup> sanat yapısı          |
| Yapı Merkezi         | Doha Metrosu (Altın Hat)                       | Katar           | Metro                               | STFA, Aktor, LarsenToubro, Al Jaber Engineering ile konsorsiyum; Yapı Merkezi ve STFA %40 hisse                                                                                                             |
| Yapı Merkezi         | CTW 130 - Sadara & Jubail Demiryolu            | Suudi Arabistan | Yük Demiryolu                       | Günlük 12.000 ton, yıllık 4.000.000 ton yük taşıma kapasitesi                                                                                                                                               |
| Yapı Merkezi         | Cidde İstasyonu                                | Suudi Arabistan | Yüksek Hızlı Tren (İstasyon)        | 450 km Haramain YHT projesinin Cidde Merkez İstasyonu'nun tamamlanması, test edilmesi ve teslimi                                                                                                            |
| Yapı Merkezi         | Dakar - AIBD (Havalimanı) Hızlı Tren Hattı     | Senegal         | Yüksek Hızlı Tren                   | TER Dakar projesi, Dakar, Diamniadio, AIBD havalimanı bağlantısı                                                                                                                                            |
| Yapı Merkezi         | Casablanca Tramvayı İkinci Hat                 | Fas             | Tramvay                             | İlk hattın devamı; 16.314 m platform uzunluğu, 22 istasyon, 34 kavşak; LRTA "Yılın En İyi Projesi Ödülü" sonrası verildi; 29 ay planlanan süre; 1 depo, 1 atölye, 1 hat kavşağı, köprü, kazık üstü platform |
| Yapı Merkezi         | Divaca-Koper Demiryolu                         | Slovenya        | Konvansiyonel Demiryolu             | LOT 1, LOT 2 (Kolektor CPG-Yapı Merkezi-Özaltın Ortak Girişimi); LOT 3 (Yapı Merkezi-ŽGP-Kolektor IGIN-GHH Ortak Girişimi); Koper Limanı ile Orta Avrupa bağlantısı                                         |
| Yapı Merkezi         | Ilidža-Hrasnica Tramvay Hattı                  | Bosna-Hersek    | Tramvay                             | Bosna-Hersek'te 1962'den beri inşa edilen ilk yeni tramvay hattı; GrCF2 kapsamında; 13 km tek hatlı (6.5 km çift hatlı), 11 durak, 2 trafo, köprü, katener, drenaj                                          |
| Yapı Merkezi         | 11 Lot Demiryolu Üstyapı Modernizasyon Projesi | Romanya         | Konvansiyonel Demiryolu             | Yaklaşık 24 km güzergah, 46.5 hat-km tek hat, 120 km/saat yolcu, 100 km/saat yük hızı hedefi                                                                                                                |

| Müteahhit Firma | Proje Adı                                       | Ülke            | Proje Türü                      | Kapsam Detayları                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|-------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğuş İnşaat    | Dinyeper Demiryolu ve Otoyol Köprüsü            | Ukrayna         | Konvansiyonel Demiryolu (Köprü) | 6 karayolu şeridi, 2 demiryolu hattı, 13-17 iskele, günlük 60.000 araç, 120 tren kapasitesi                                                                                                                            |
| Doğuş İnşaat    | Mumbai Metro Hattı III, Kısım UGC-03            | Hindistan       | Metro                           | 5.05 km metro hattı, 5 istasyon, 3.55 km çift hat tünel, elektromekanik işler                                                                                                                                          |
| Doğuş İnşaat    | Riyad Metrosu                                   | Suudi Arabistan | Metro                           | Kuzey ve Güney hatları için 16.5 km TBM tünelleri, kazık, enjeksiyon, inşaat, ray, yaya yolu tesisatı                                                                                                                  |
| Doğuş İnşaat    | Sofya Metrosu Genişletme Projesi, Hat II Lot 1  | Bulgaristan     | Metro                           | 4.1 km metro hattı, 4 istasyon, tasarım, yapım, test, işletmeye alma                                                                                                                                                   |
| Doğuş İnşaat    | Sofya Metrosu Genişletme Projesi, Hat III Lot 4 | Bulgaristan     | Metro                           | Metro uzatması kapsamında 5.97 km tünel yapımı                                                                                                                                                                         |
| Limak İnşaat    | Dubai Metrosu Mavi Hat Tasarımı ve Yapımı       | BAE (Dubai)     | Metro                           | Mapa ve CRRC ile konsorsiyum; 30 km sürücüsüz metro, 14 istasyon, 1.5 km deniz üstü; Limak ve Mapa tasarım/inşaat                                                                                                      |
| Limak İnşaat    | Dnipro Metro İnşaatı                            | Ukrayna         | Metro                           | Yaklaşık 4 km metro hattı, 3 istasyon, 8 km çift tüp tünel, elektrik, mekanik, ray, sinyalizasyon, telekomünikasyon                                                                                                    |
| Gülermak İnşaat | Varşova Metrosu Hat II                          | Polonya         | Metro                           | 6.5 km çift hat metro, 7 yeraltı istasyonu, tasarım, inşaat, mimari, ray, sinyalizasyon, elektromekanik                                                                                                                |
| Gülermak İnşaat | Dubai Metro Expo 2020                           | BAE (Dubai)     | Metro                           | 15 km çift hat metro, 2 yeraltı & 5 yerüstü istasyon, tasarım, inşaat, mimari, ray, sinyalizasyon, elektromekanik, metro aracı temini                                                                                  |
| Gülermak İnşaat | Varşova Metrosu Hat II (Faz II)                 | Polonya         | Metro                           | 2.5 km çift hat metro, 3 yeraltı istasyonu, tasarım, inşaat, mimari, ray, sinyalizasyon, elektromekanik; ayrıca 2. hatta 6.5 km çift hat metro, 7 yeraltı istasyonu ray işleri, sinyalizasyon ve elektromekanik işleri |
| Gülermak İnşaat | Lucknow Metro                                   | Hindistan       | Metro                           | 3.68 km çift hat metro, 3 yeraltı istasyonu, viyadük metro hattı, tasarım, inşaat, mimari, ray, sinyalizasyon, elektromekanik                                                                                          |
| Gülermak İnşaat | Polonya Szczyrzyc - Tymbark Demiryolu Hattı     | Polonya         | Konvansiyonel Demiryolu         | Demiryolu ve tünel yapım işleri                                                                                                                                                                                        |
| Mapa İnşaat     | Dubai Metrosu Mavi Hat Tasarımı ve Yapımı       | BAE (Dubai)     | Metro                           | Limak ve CRRC ile konsorsiyum; 30 km sürücüsüz metro, 14 istasyon, 1.5 km deniz üstü; Mapa ve Limak tasarım/inşaat                                                                                                     |

**Tablo 6.2** Türk Mühendislerinin Uluslararası Raylı Sistem Projelerine Genel Bakış

### 6.3. Türk Raylı Sistem Projelerinin Coğrafi Dağılımı

Tablo 6.2'e göre, Türk müteahhitleri önemli raylı sistem projelerini geniş bir coğrafyada üstlenmişlerdir. Bu bölgeler şunları içermektedir:

- **Afrika:** Tanzanya, Etiyopya, Uganda, Cezayir, Senegal, Fas, Bosna-Hersek.
- **Orta Doğu:** BAE (Dubai), Suudi Arabistan, Katar.
- **Avrupa:** Ukrayna, Bulgaristan, Polonya, Slovenya, Romanya.
- **Güney Asya:** Hindistan.

2018 yılındaki genel Türk inşaat projelerinin bölgesel dağılımı (Bağımsız Devletler Topluluğu %35.6, Orta Doğu %30.6, Avrupa ve Amerika %21, Afrika %12.5, Asya %0.5 ) göz önüne alındığında, raylı sistem projelerine ilişkin spesifik veriler, Afrika ve Orta Doğu'nun gelişmekte olan ekonomilerinde güçlü ve hedefe yönelik bir varlık olduğunu, Doğu Avrupa ve Güney Asya pazarlarına da stratejik girişler yapıldığını göstermektedir.

Raylı sistem projelerinin geniş coğrafi dağılımı, hem gelişmekte olan hem de daha yerleşik pazarlarda önemli yoğunlaşmalarla, çeşitli fırsatlardan yararlanmayı ve herhangi bir bölgeye aşırı bağımlılığı azaltmayı amaçlayan çeşitlendirilmiş bir pazar giriş stratejisini işaret etmektedir. Afrika ve Orta Doğu'daki pazarlar genellikle önemli altyapı eksiklikleri ve yüksek büyüme potansiyeli sunarken, yerleşik Batılı oyuncuların daha az yoğun rekabetle karşılaşabilirler. AB üyeliği veya adaylığı bulunan Doğu Avrupa pazarları ise daha yüksek düzenleyici standartlara uyumu gerektiren projeler sunarak bir firmanın itibarını artırabilir. Güney Asya, kentsel ve şehirlerarası demiryolu için yüksek talep gören devasa, büyüyen bir pazarı temsil etmektedir. Çeşitlendirme yoluyla, Türk müteahhitleri gelişmekte olan pazarlardaki daha yüksek riskli, daha yüksek getirili fırsatları, daha istikrarlı ancak belki de daha rekabetçi Avrupa ekonomilerindeki projelerle dengeleyebilirler. Bu strateji, herhangi bir bölgedeki aşırı yoğunlaşmayla ilişkili jeopolitik ve ekonomik riskleri azaltmaya yardımcı olmaktadır. Bu yaygın varlık, Türkiye'nin daha geniş ekonomik ve diplomatik angajmanına katkıda bulunmaktadır. Yurtdışında kritik altyapıya yatırım yaparak, Türk firmaları sadece gelir elde etmekle kalmaz, aynı zamanda daha güçlü ikili ilişkiler kurar, ticaret yollarını geliştirir ve bölgesel istikrar ve kalkınmaya katkıda bulunur. Bu durum, Türkiye'yi altyapıda önemli bir küresel oyuncu olarak konumlandırmakta ve doğrudan yakın çevresinin ötesine nüfuzunu genişletmektedir.

### 6.4. Teknik Yeterlilik ve Mühendislik Kabiliyetleri

Türk müteahhitlerinin uluslararası raylı sistem projelerinde başarı göstermelerinde sahip oldukları mühendislik bilgi birikimi ve teknik uzmanlık büyük rol oynamaktadır. Birçok firma, zorlu projeleri başarıyla tamamlayarak uluslararası ölçekte güvenilir çözüm ortağı haline gelmiştir.

- Türk firmaları, TBM (tünel açma makineleri) teknolojisiyle metro tünelleri açma konusunda önemli bir deneyime sahiptir. Yurt içinde ve yurt dışında birçok metro projesinde kazık çakma, enjeksiyon, ray serimi ve yaya yolları gibi zorlu mühendislik işlerini üstlenebilmişlerdir. Bu teknik kapasite sayesinde Avrupa ve Asya'daki birçok büyükşehir metrosunda etkin rol oynamışlardır.
- Türk müteahhitleri sadece kentsel raylı sistemlerde değil, aynı zamanda yüzlerce kilometrelik demiryolu hatlarının inşasında da uzmanlaşmıştır. Bu projelerde yalnızca altyapı inşaatı değil; sinyalizasyon, elektrifikasyon, haberleşme sistemleri ve personel eğitimi gibi karmaşık mühendislik hizmetleri de entegre biçimde sunulmaktadır.
- Türk firmaları, raylı sistem projelerinde tasarımdan elektromekanik, sinyalizasyondan test ve devreye almaya kadar tüm aşamalarda hizmet sunabilmektedir. Bu sayede işverenlere "tek noktadan çözüm" sunarak proje yönetiminde büyük kolaylık sağlamaktadırlar.
- Türk müteahhitler, çalıştıkları ülkelerin teknik düzenlemelerine ve standartlarına hızla uyum sağlayabilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde Eurocode ve CE uygunluk gerekliliklerini yerine getirebildikleri gibi, Körfez ülkelerinde FIDIC şartnamelerine ve Afrika ülkelerinde Dünya Bankası/ AFB normlarına uygun şekilde çalışabilmektedirler. Ayrıca çevresel ve sosyal etki yönetimi gibi sürdürülebilirlik kriterlerine de özen gösterilmektedir.
- Türk firmaları, faaliyet gösterdikleri ülkelerde yerel insan kaynağını eğitmeye ve teknoloji transferine önem vermektedir. Sahada yüzlerce yerel işçiye ve mühendise eğitim vererek, sadece inşaat sürecine değil, uzun vadeli işletme süreçlerine de katkı sunmaktadırlar.



Bu teknik ve yönetsel kabiliyetler sayesinde Türk müteahhitlik firmaları, küresel ölçekte zorlayıcı projeleri maliyet etkinliği ve kalite odaklı bir yaklaşımla tamamlayabilmekte, böylece dünya genelinde tercih edilen iş ortakları haline gelmektedir.

#### 6.5. Finansal Rekabet Gücü ve Uluslararası Finansman Kullanımı

Türk müteahhitlik firmalarının uluslararası raylı sistem projelerinde başarı elde etmelerinin temel nedenlerinden biri de finansal rekabetçilik ve uygun finansman modelleri geliştirebilme yetkinliğidir. Teknik yeterliliğin yanı sıra, büyük ölçekli projelerde uygun maliyetli ve finansal açıdan sürdürülebilir çözümler sunabilmek, ihale kazanımında belirleyici bir faktör haline gelmiştir.

- Türk firmaları, küresel ölçekte benzer projelere kıyasla daha düşük maliyetli teklifler sunarak öne çıkmaktadır. Türkiye'deki görece düşük mühendislik ve işletme giderleri, firmaların tekliflerini %10-20 arasında daha avantajlı sunmalarına olanak tanımaktadır. Bu durum, birçok ülkede "fiyat-kalite dengesi" açısından Türk firmalarının tercih edilmesini sağlamaktadır. Özellikle kentsel raylı sistem ihalelerinde rekabetçi teklif politikası, Türk şirketlerinin pazardaki etkinliğini artırmıştır.
- Türk müteahhitleri, kamu destekli finansman araçlarını etkin biçimde kullanmaktadır. Türk Eximbank başta olmak üzere çeşitli kamu finansman kuruluşları, stratejik projelerde uygun koşullu kredi paketleri sunarak firmaların tekliflerini güçlendirmektedir. Bu destek, yalnızca finansman sağlamanın ötesinde, Türkiye'nin dış ekonomik ilişkilerine katkı sağlayan bir diplomatik araç olarak da işlev görmektedir.
- Türk firmaları, Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası, Afrika Kalkınma Bankası gibi kurumların sağladığı finansmanlarla yürütülen projelerde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda, kamu-özel işbirliği modeliyle gerçekleştirilen projelerde finansman kuruluşlarıyla konsorsiyumlar kurarak, ihalelerde işverenlere maliyet açısından cazip çözümler sunabilmektedirler. Bu yaklaşım, firmaların risk paylaşımı ve uzun vadeli gelir modelleriyle daha sürdürülebilir projelere imza atmalarına olanak tanımaktadır.
- Büyük ölçekli projelerde risk yönetimi amacıyla, Türk müteahhitleri projeye dahil edilen ekipmanların menşesine uygun olarak çeşitli ülkelerin ihracat kredi ajansları (ECA) ile iş birliği yapmaktadır. Bu kurumlar aracılığıyla sağlanan uygun kredi mektupları, finansman paketlerini daha cazip hale getirirken, projelerin çok uluslu yapısına da katkı sunmaktadır. Ayrıca, Dünya Bankası'nın çok taraflı yatırım garantisi kurumu olan MIGA gibi sigorta mekanizmaları sayesinde, siyasi ve ekonomik risklere karşı koruma sağlanmakta ve yatırım güvenliği artırılmaktadır.
- Türk müteahhitleri, işveren beklentilerine göre esnek sözleşme modelleri önerebilmekte; yap-işlet-devret (YİD) veya gelir paylaşımı gibi modellerle projelerin finansal yükünü hafifletmektedir. Bu modeller, özellikle şehir içi raylı sistemlerde başlangıç yatırımlarını azaltarak işveren ülkelerin projeye katılım motivasyonunu artırmaktadır. Aynı zamanda, operasyonel gelirlerden elde edilecek pay ile firmalar için uzun vadeli gelir akışları oluşturulmaktadır.

Finansal rekabetçilik, Türk müteahhitlerinin uluslararası raylı sistem pazarında farklı coğrafyalarda başarılı olmalarının temel yapı taşlarından biridir. Uygun maliyetli teklifler, güçlü kamu ve özel finansman ortaklıkları, çok taraflı kalkınma bankalarıyla kurulan iş birlikleri ve esnek finansal modeller sayesinde Türk firmaları, yalnızca gelişmekte olan ülkelerde değil, Avrupa gibi yüksek rekabetin yaşandığı pazarlarda da tercih edilen iş ortakları haline gelmiştir.

#### 6.6. Politik ve Diplomatik Etkiler

Türk müteahhitlik firmalarının uluslararası raylı sistem projelerinde elde ettiği başarıda, yalnızca teknik ve finansal yetkinlikler değil; aynı zamanda Türk devletinin sunduğu politik, diplomatik ve kurumsal destekler de belirleyici bir etkiye sahiptir. Büyük ölçekli altyapı projeleri çoğunlukla hükümetler arası ilişkilere duyarlı olduğundan, Türkiye'nin bu alandaki stratejik kamu diplomasisi faaliyetleri firmaların uluslararası pazardaki konumunu güçlendirmektedir.

- Son yıllarda Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı, bakanlar ve diplomatik heyetlerce gerçekleştirilen yüksek düzeyli yurt dışı ziyaretler, özellikle Afrika, Orta Doğu ve Asya ülkeleriyle geliştirilen ilişkilerde önemli bir araç haline gelmiştir. Bu ziyaretler kapsamında ulaşım ve altyapı projeleri gündeme alınmakta, bazı projeler iki ülke devlet başkanlarının huzurunda imzalanmaktadır. Bu tür protokoller, ev sahibi ülkelerde Türk firmalarına karşı güven ortamı oluşturarak projelerde tercih edilmelerini kolaylaştırmaktadır.

- Türk mühendislerinin uluslararası projelerdeki başarıları, büyükelçilikler ve diplomatik misyonlar aracılığıyla tanıtılmakta, açılış törenleri ve medya iletişimiyle kamuoyuna duyurulmaktadır. Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı (TİKA) gibi kurumlar, teknik eğitimler, ekipman hibeleri ve sosyal projelerle destekleyici faaliyetlerde bulunarak Türkiye'nin "kazan-kazan" anlayışına dayalı yaklaşımını güçlendirmektedir. Bu unsurlar, firmalara yönelik olumlu bir algı oluşmasını sağlamaktadır.
- Türk Eximbank, Hazine destekli kredi garantileri ve kamu finansman kuruluşları aracılığıyla yurt dışı projelerdeki Türk firmalarına uygun koşullu finansman olanakları sağlanmaktadır. Ayrıca, vergi teşvikleri, kredi sigorta sistemleri ve proje bazlı dış ticaret destekleri gibi çeşitli mekanizmalar ile firmaların rekabet gücü artırılmaktadır. Ticaret Bakanlığı bünyesindeki ilgili genel müdürlükler, firmalara hedef pazarlarda teknik, hukuki ve mali destek sunmaktadır.
- Türkiye'nin çeşitli coğrafyalarda yürüttüğü dış politika stratejileri, Türk firmalarının o bölgelerdeki itibarı üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Özellikle Afrika'da yürütülen "Afrika açılımı" kapsamında açılan yeni büyükelçilikler, gerçekleştirilen üst düzey ziyaretler ve teknik iş birlikleri, Türk firmalarına yönelik pozitif bir ön yargı oluşmasını sağlamıştır. Aynı şekilde, Orta Doğu ülkeleriyle geliştirilen ikili ilişkiler, Türk firmalarının bu pazarlardaki etkinliğini artırmaktadır.
- Bazı pazarlarda rakip ülkelerin firmalarının siyasi destekle avantaj sağlama çabalarına karşılık, Türkiye de benzer diplomatik girişimlerde bulunmaktadır. Türk firmalarının referansları ve teknik başarıları, mühendislik birlikleri ve ticaret müşavirlikleri aracılığıyla o ülkelerin karar alıcı makamlarına sunulmakta, firma tanıtımları yapılmakta ve teknik kabiliyetler somut verilerle desteklenmektedir. Bu faaliyetler, karar süreçlerinde Türk firmaları lehine olumlu etkiler yaratmaktadır.

Devletin sunduğu çok boyutlu destek mekanizmaları, Türk mühendislerinin uluslararası raylı sistem projelerinde rekabetçi bir konum elde etmelerine olanak tanımaktadır. Diplomatik ilişkilerin sağladığı güven ortamı, kamu diplomasisi faaliyetleriyle güçlendirilen Türkiye imajı ve finansal destek araçları, teknik ve mali açıdan yeterli firmaların ihalelerde öne çıkmasını kolaylaştırmaktadır. Bu sinerji, Türkiye'nin küresel inşaat sektöründeki etkinliğini pekiştirmektedir.

#### 6.7. Türk Mühendisleri Raylı Sistem Projelerinin Çeşitliliği ve Ölçeği

Türk mühendisleri, tam bir raylı sistem türleri yelpazesinde yer almaktadır:

- **Metro Sistemleri:** Mumbai Metrosu , Riyad Metrosu , Sofya Metrosu (Doğuş); Dnipro Metrosu (Limak); Varşova Metrosu , Dubai Metro Expo 2020 , Lucknow Metro (Gülermak); Dubai Metrosu Mavi Hat (Mapa-Limak); Doha Metrosu (Yapı Merkezi).
- **Tramvay Sistemleri:** Setif Tramvayı , Sidi Bel Abbes Tramvayı , Casablanca Tramvayı, İlidža-Hrasnica Tramvay Hattı (Yapı Merkezi).
- **Konvansiyonel/Yük Demiryolu:** Dinyeper Demiryolu ve Otoyol Köprüsü (Doğuş); CTW 130 – Sadara & Jubail Demiryolu , Bir Touta – Zeralda Demiryolu , Divaca-Koper Demiryolu , Romanya 11 Lot Demiryolu Üstyapı Modernizasyon Projesi , Polonya Szczyrzyc – Tymbark Demiryolu Hattı (Yapı Merkezi ve Gülermak).
- **Yüksek Hızlı Tren:** Darüsselam – Morogoro Demiryolu (160 km/saat tasarım hızı), Morogoro – Makutupora Demiryolu , Awash – Kombolcha – Hara Gebaya Demiryolu, Dakar – AIBD Hızlı Tren Hattı , Malaba-Kampala Demiryolu , Makutupora-Tabora Demiryolu, Tabora-Isaka Demiryolu , Cidde İstasyonu (Haramain YHT'nin bir parçası) , Darüsselam-Mwanza Demiryolu Projesi (Yapı Merkezi).
- Türk mühendislerinin karmaşık kentsel tramvay ve metrolardan kapsamlı konvansiyonel ve yüksek hızlı şehirlerarası demiryollarına kadar uzanan projeleri başarıyla üstlenme yeteneği, tüm demiryolu altyapı spektrumunda derin ve çok yönlü bir teknik yeterliliğe işaret etmektedir. Her demiryolu modalitesi, farklı mühendislik ve operasyonel uzmanlık gerektirmektedir. Yoğun kentsel ortamlardaki tramvaylar ve metrolar, hassasiyet, karmaşık tünel açma ve mevcut şehir altyapısıyla sorunsuz entegrasyon gerektirirken; konvansiyonel ve yüksek hızlı demiryolları, farklı araziler üzerinde büyük ölçekli doğrusal inşaat, toprak işleri, köprü/tünel inşaatı ve yüksek hızlı operasyonlar için gelişmiş sinyalizasyon/elektrifikasyon sistemlerinde uzmanlık gerektirir. Tüm bu farklı türlerde projeleri başarıyla yürütme yeteneği, derin teknik bilgi birikimini, farklı proje ölçeklerine ve ortamlara uyum sağlama yeteneğini ve çok çeşitli mühendislik zorluklarının üstesinden gelebilecek yüksek vasıflı bir işgücünü göstermektedir. Bu kapsamlı yetenek, Türk mühendislerini küresel pazarın çeşitli taleplerine karşı son derece duyarlı hale getirmektedir. Farklı ülkeler farklı demiryolu geliştirme türlerine öncelik

verdikçe (örneğin, hızla büyüyen şehirler için kentsel toplu taşıma, ekonomik kalkınma için yük koridorları, ulusal bağlantı için yüksek hızlı bağlantılar), Türk firmaları bu çeşitli fırsatları yakalamak için iyi bir konumdadır. Bu çok yönlülük, herhangi bir tek pazar segmentine olan bağımlılıklarını azaltmakta ve küresel altyapı sektöründeki uzun vadeli büyüme beklentilerini ve dayanıklılıklarını artırmaktadır.

### 6.8. Projelerin Ölçeği ve Ekonomik Etkisi

Birçok proje, hem uzunluk hem de finansal değer açısından önemli bir ölçeğe sahiptir:

- **Yüksek Değerli Projeler:** Dubai Metro Mavi Hat (5.6 milyar \$) , Malaba-Kampala Demiryolu (3 milyar \$).
- **Uzun Mesafeli Projeler:** Morogoro – Makutupora Demiryolu (409 km) , Awash – Kombolcha – Hara Gebaya Demiryolu (390 km) , Darüsselam-Mwanza Demiryolu Projesi (368 km) , Darüsselam – Morogoro Demiryolu (202 km).

Bu projelerin büyüklüğü ve parasal değeri, Türk mühendislerinin mega projeleri yönetme ve yürütme kapasitesini vurgulamaktadır. Bu tür projeler, kapsamlı planlama, sağlam finansal destek ve sofistike lojistik operasyonlar gerektirmektedir.

Milyarlarca dolar değerindeki ve yüzlerce kilometre uzunluğundaki projelerin sürekli olarak güvence altına alınması, Türk mühendislerinin küresel ölçekte mega projeler için rekabet etme ve bunları başarıyla teslim etme finansal, lojistik ve yönetsel kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Milyarlarca dolar değerindeki ve yüzlerce kilometreyi kapsayan projeler, uluslararası inşaatın zirvesini temsil eden mega projeler olarak tanımlanır. Bu tür projeleri başarıyla üstlenmek, sadece muazzam finansal kapasiteyi (öz finansman veya büyük uluslararası krediler yoluyla) değil, aynı zamanda son derece sofistike organizasyonel yapıları, gelişmiş proje yönetimi yeteneklerini ve geniş tedarik zincirlerini yönetme, malzeme tedarik etme ve on binlerce işçiyi (örneğin Dubai Metrosu için 15.000 kişi ) farklı kıtalarda uzun süreler boyunca seferber etme lojistik yeteneğini de gerektirir. Bu operasyonel ölçek ve finansal sağlamlık düzeyi, gerçekten küresel inşaat liderlerinin belirleyici bir özelliğidir. Bu kapasite, Türk mühendislerini altyapı sektöründeki seçkin küresel oyuncular arasına yerleştirmekte ve yerleşik uluslararası devletler doğrudan rekabet etmelerini sağlamaktadır. Bu mega projelerin başarılı bir şekilde yürütülmesi, Türkiye'ye önemli döviz gelirleri getirmekte, hem yurt içinde hem de uluslararası alanda önemli istihdam olanakları yaratmakta ve Türkiye'nin büyük ölçekli altyapı geliştirme için güvenilir ve yüksek kaliteli bir ortak olarak itibarını artırarak ulusal ekonomiye önemli katkıda bulunmakta ve stratejik etkisini güçlendirmektedir.

| Proje Türü                  | Proje Sayısı | Kümülatif Uzunluk (varsa)          | Kümülatif Değer (varsa)  |
|-----------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------|
| Metro Sistemleri            | 12           | ~93.3 km                           | 5.6 milyar \$            |
| Tramvay Sistemleri          | 4            | ~38.7 km                           | -                        |
| Konvansiyonel/Yük Demiryolu | 7            | ~1189.5 km                         | 44.6 M€                  |
| Yüksek Hızlı Tren           | 7            | ~1488 km (belirtilen uzunluklar)   | 3 milyar \$              |
| Toplam                      | 30           | ~2809.5 km (belirtilen uzunluklar) | ~8.6 milyar \$ + 44.6 M€ |

**Tablo 6.3** Proje Türü Dağılımı

Not: Kümülatif uzunluk ve değerler, sadece ilgili kaynaklarda açıkça belirtilen veriler üzerinden hesaplanmıştır.

Türk mühendislik firmaları, uluslararası raylı sistem ihalelerini kazanma konusunda önemli ve artan bir başarı elde etmektedir. Bu başarı, onların çeşitli raylı sistem modalitelerinde (metro, tramvay, konvansiyonel ve yüksek hızlı demiryolları) sergiledikleri kapsamlı yeteneklerden, milyarlarca dolarlık mega projeleri yürütme kapasitelerinden ve pazar nüfuzu ile işbirliğine yönelik stratejik yaklaşımlarından kaynaklanmaktadır. Yapı Merkezi'nin Afrika ve Orta Doğu'daki geniş "anahtar teslim" projeleri, Doğu İnşaat'ın karmaşık tünel ve köprü projelerindeki uzmanlığı, Limak ve Mapa İnşaat'ın Dubai Metrosu gibi ikonik projelerdeki stratejik ortaklıkları ve Gülermak İnşaat'ın Avrupa pazarındaki entegre sistem teslimatları, Türk firmalarının küresel rekabet gücünün somut göstergeleridir.

Bu başarılar, Türkiye'nin inşaat sektörünün basit müteahhitlikten yüksek değerli, entegre altyapı çözümleri sunan olgun bir ihracat modeline doğru evrildiğini göstermektedir. "Kalkınma Yolu Projesi" gibi bölgesel girişimler, yeni uluslararası ihale duyuruları ve sürdürülebilir altyapıya yönelik artan küresel talep ve yeşil finansman fırsatları, Türk raylı sistem müteahhitleri için gelecek vaat eden bir görünüm sunmaktadır. Bu başarılar, Türkiye'nin ekonomisine önemli katkılar sağlamakta, döviz girdilerini artırmakta ve ülkenin küresel altyapı geliştirme alanındaki stratejik konumunu güçlendirmektedir. Raylı sistem inşaat sektörü, Türk firmaları için sürekli büyüme ve uluslararası alanda stratejik önemini koruma potansiyeli taşımaktadır.

#### 6.9. Karşılaşılan Zorluklar (Yerel Mevzuat, Jeopolitik Riskler, Rekabet)

Her ne kadar Türk müteahhitleri uluslararası raylı sistem projelerinde önemli başarılar elde etmiş olsa da, bu süreçte çeşitli zorluklarla da karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu zorluklar; hukuki, siyasi, ekonomik, rekabete dayalı ve kültürel faktörlerden kaynaklanmakta olup, proje yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından dikkatle ele alınmalıdır.

- Farklı ülkelerdeki kamu ihale mevzuatı, inşaat izin süreçleri ve yasal düzenlemeler, proje başlangıcında ciddi öğrenme süreçleri gerektirmektedir. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde yerel dil zorunluluğu, teknik dokümantasyon gereklilikleri ve belirli sertifikaların tanınmaması gibi konular, Türk firmalarının teklif süreçlerini karmaşıktırmaktadır. Ayrıca bazı ülkelerde yerel ortakla konsorsiyum kurma zorunluluğu, firmaların pazara giriş stratejilerini şekillendirmektedir.
- Türk müteahhitlerinin faaliyet gösterdiği bazı coğrafyalar siyasi istikrarsızlık ve güvenlik riskleri bakımından yüksek tehdit içermektedir. İç savaş, terör tehdidi, ambargo ve yaptırımlar gibi faktörler nedeniyle projelerin durması, personelin tahliyesi veya hakedişlerin ödenememesi gibi sonuçlar doğabilmektedir. Ayrıca bazı ülkelerde beklenmedik rejim değişiklikleri ya da ekonomik krizler, proje devamlılığını ve tahsilat süreçlerini riske atmaktadır.
- Gelişmekte olan ülkelerde yürütülen projelerde, ödeme planlarına ilişkin sapmalar ve döviz dalgalanmaları gibi finansal riskler yüksektir. Hakediş ödemelerinin gecikmesi, enflasyon kaynaklı maliyet artışları ve proje finansmanında yaşanan açıklar, firmaların likidite yönetimini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle Türk firmaları genellikle ödeme garantileri, akreditifler ve devlet destekli teminat mekanizmaları ile risklerini azaltma yoluna gitmektedirler.
- Türk firmaları uluslararası ihalelerde Çin, Avrupa ve yerel firmalarla yoğun rekabet içerisinde. Çinli firmalar devlet destekli finansman modelleriyle öne çıkarken, Avrupa menşeli şirketler teknolojik üstünlük ve siyasi etki avantajına sahiptir. Ayrıca, yerel firmaların kendi hükümetleri nezdinde yürüttükleri lobi faaliyetleri, zaman zaman Türk firmalarının dışlanmasına ya da haksız rekabete uğramasına yol açabilmektedir.
- Farklı kültürle sahip ülkelerde çalışmak, dil engelleri, yerel iş gücünün alışkanlıkları ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları gibi konularda başlangıçta zorluklar yaratabilmektedir. Türk firmaları bu zorlukları esnek yönetim anlayışı ve yerel istihdam politikalarıyla aşmaya çalışmakta, zamanla deneyim kazanarak iş gücüyle daha uyumlu hale gelmektedir.
- Yabancı ülkelerde çıkan hukuki anlaşmazlıklar, firmaların haklarını aramasını zorlaştırmakta ve uzun yargı süreçleriyle sonuçlanabilmektedir. Sözleşmelerin tek taraflı feshedilmesi, siyasi müdahaleler veya yolsuzluklar nedeniyle iptal edilen projeler, firmalar açısından hem maddi kayba hem de itibar zedelenmesine yol açabilmektedir. Bu durum, özellikle uzun vadeli projelerde sürdürülebilirliği tehlikeye atmaktadır.

Yukarıda sıralanan zorluklar, Türk firmalarının yurt dışında daha temkinli ve stratejik bir şekilde hareket etmelerini gerektirmektedir. Birçok firma, yüksek riskli pazarlarda daha küçük ölçekli projelerle başlayarak yerel koşulları tanımakta ve daha sonra daha büyük projelere yönelmektedir. Ayrıca, risk paylaşımı amacıyla konsorsiyum modeli tercih edilmekte, kamu kurumlarının da devreye girmesiyle sorunlar minimize edilmeye çalışılmaktadır. Türkiye Mühendisler Birliği (TMB) ve ilgili devlet kurumları, firmaların karşılaştığı yapısal sorunların çözümünde önemli destek mekanizmaları sunmaktadır.

## 7. AR-GE KURULUŞLARI, TEST VE ÖLÇÜM MERKEZLERİ

### 7.1. Dünyada AR-GE Kuruluşları ve İnovasyon Yapılanmaları

Avrupa'da raylı sistem Ar-Ge faaliyetleri, Avrupa Birliği'nin (AB) koordinasyonunda yürütülen programlar ile ulusal düzeydeki araştırma kurumları ve sanayi ortaklıkları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu alandaki en dikkat çekici girişimlerden biri, Horizon 2020 ve Horizon Europe programları kapsamında desteklenen Shift2Rail (günümüzde Europe's Rail Joint Undertaking) oluşumudur. Kamu-özel sektör ortaklığı niteliği taşıyan bu yapı, altyapı işletmecileri, üreticiler ve araştırma kurumlarını ortak hedefler doğrultusunda bir araya getirerek Avrupa çapında bütünleşik bir demiryolu alanı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Shift2Rail kapsamında, yüksek kapasiteli trenler, gelişmiş trafik yönetimi ve sinyalizasyon, maliyet-etkin altyapı çözümleri, dijital hizmetler ve yük taşımacılığı gibi beş ana inovasyon programı tanımlanmıştır. Bu programlar aracılığıyla otonom tren işletimi, yapay zekâ tabanlı kestirimci bakım, enerji verimliliği ve ERTMS gibi alanlarda birçok yenilikçi çözüm geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda Alstom, Siemens, Bombardier gibi üreticiler ile Deutsche Bahn, SNCF, FS Italiane gibi altyapı işletmecileri ve çok sayıda üniversite/enstitü aktif rol üstlenmiştir. Böylece güçlü bir üniversite-sanayi iş birliği zemini oluşmuştur.

**Almanya:** Almanya'da Ar-Ge faaliyetleri, DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) ve Deutsche Bahn'ın AR-GE iştirakleri aracılığıyla yürütülmektedir. DLR'nin Ulaşım Sistemleri Enstitüsü, otomatik tren işletimi (ATO), hidrojen yakıt hücresi teknolojileri (FCH2Rail) ve yeni nesil yüksek hızlı tren konseptleri gibi projeler üzerinde çalışmaktadır. DB Systemtechnik ise araç testleri, mühendislik danışmanlığı ve sertifikasyon hizmetleri sunmakta; TU Berlin ve RWTH Aachen gibi üniversitelerle iş birliği yaparak Avrupa'daki standardizasyon faaliyetlerine katkı vermektedir. Bu projeler, kamu destekli inisiyatifler (ör. Digitale Schiene Deutschland) ile sanayi yatırımları arasında güçlü bir bağ kurmaktadır.

**Fransa:** Fransa'da SNCF bünyesindeki geleneksel Ar-Ge birimlerinin yanı sıra, Railenium gibi kamu-özel ortaklığına dayalı yapılar ön plana çıkmaktadır. Railenium, Hauts-de-France bölgesinde yer almakta olup, Lille ve Valenciennes üniversiteleri ile Alstom gibi firmaların iş birliğiyle altyapı malzemeleri, enerji verimliliği ve test sistemleri üzerine çalışmalar yürütmektedir. i-Trans kümesi ile bölgesel sanayi-akademi iş birlikleri teşvik edilmekte; CEF (Centre d'Essais Ferroviaires) gibi test merkezleri bu yapılarla entegre şekilde faaliyet göstermektedir. Ayrıca SNCF, yapay zekâ destekli trafik optimizasyonu ve yolcu deneyimi iyileştirmeleri üzerine yatırımlar yapmaktadır.

**Birleşik Krallık:** İngiltere'de UK Rail Research and Innovation Network (UKRRIN), demiryolu sektörüyle üniversiteleri bir araya getiren bir yapı olarak öne çıkmaktadır. Birmingham Üniversitesi'nde Dijital Sistemler Mükemmeliyet Merkezi, Huddersfield Üniversitesi'nde ise araç test altyapılarına sahip merkezler kurulmuştur. Bu yapı, RSSB (Rail Safety and Standards Board) tarafından da desteklenmekte; güvenlik, enerji verimliliği ve dijitalleşme gibi alanlarda fon sağlanmaktadır. Otonom tren işletimi ve akıllı altyapı izleme gibi uygulamalar bu iş birliklerinin sonuçlarıdır.

**Diğer Avrupa Ülkeleri:** İtalya'da FS Italiane ve Ansaldo, Bologna ve Floransa merkezli araştırmalarla yüksek hızlı tren ve uydu tabanlı kontrol sistemleri üzerinde çalışmaktadır. İspanya'da ADIF ve RENFE, CEDEX ile iş birliği içinde sürücüsüz tren operasyonları, enerji rejenerasyonu ve balastsız hat tasarımı gibi projeler yürütmektedir. İsviçre'de ETH Zürich ve EPFL, SBB ile birlikte tünel güvenliği ve dağlık arazilerde raylı sistem mühendisliği üzerine çalışmalar yapmaktadır. Avrupa genelinde UIC ve ERRAC gibi kurumlar, bilgi paylaşımı ve stratejik koordinasyon görevleri üstlenmektedir.

Kuzey Amerika'da, özellikle ABD ve Kanada'da demiryolu Ar-Ge'si güvenlik ve yük taşımacılığı odaklı gelişmiştir. ABD'de Federal Railroad Administration (FRA), RD&T programı aracılığıyla emniyet, altyapı dayanıklılığı ve çevresel sürdürülebilirlik temelli projeler yürütmektedir. Bu kapsamda Volpe Center gibi araştırma birimleri ve Illinois Üniversitesi gibi akademik kurumlarla ortak çalışmalar yapılmaktadır. FRA, sektör temsilcileriyle iş birliği içinde öncelikli Ar-Ge konularını belirlemekte ve Üniversite Ulaşım Merkezleri (UTC) aracılığıyla akademik araştırmaları desteklemektedir.

Yük demiryolları alanında BNSF, Union Pacific ve CSX gibi firmalar, Pozitif Tren Kontrolü (PTC), tren muayene portalları ve yapay zekâ destekli bakım sistemleri gibi projelere yatırım yapmaktadır. AAR çatısı altında yürütülen bu projelerle, otomatik tren durdurma sistemleri ve LiDAR destekli ray tarama çözümleri gibi ileri teknolojiler hayata geçirilmiştir.



Kanada'da ise Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) bünyesindeki Ulaştırma Bölümü, soğuk iklimlere özgü demiryolu çözümleri, emisyon azaltımı ve altyapı malzemeleri üzerine yoğunlaşmaktadır. CN ve CP gibi büyük demiryolu işletmeleri, AAR projelerine katılarak ortak bilgi üretimine katkı sunmakta; metro işletmecileri ise üniversitelerle birlikte otomasyon projeleri geliştirmektedir.

**Japonya:** Japonya'da RTRI (Railway Technical Research Institute), demiryolu güvenliği, enerji verimliliği ve ultra yüksek hızlı tren teknolojileri (ör. Maglev) alanlarında öncü çalışmalara imza atmaktadır. Shinkansen hatlarında kullanılan deprem erken uyarı sistemleri, tekerlek-ray yapışması artırıcı çözümler ve tren hafifletme teknolojileri RTRI'nin başlıca katkılarıdır. JR East gibi işletmecilerin de kendi Ar-Ge merkezleri bulunmaktadır. Üniversiteler ile yapılan iş birlikleri sayesinde insan faktörleri, psikoteknik testler ve ergonomi gibi alanlarda da önemli araştırmalar yürütülmektedir.

**Çin:** Çin Demiryolu Bilimleri Akademisi (CARS), 9 enstitü ve birden çok araştırma merkeziyle ülkedeki en kapsamlı demiryolu Ar-Ge kuruluşudur. Yapay zekâ, sinyalizasyon (CTCS), enerji verimliliği, yeni malzemeler ve çevre dostu lokomotifler üzerine projeler geliştirmektedir. CRRC gibi üretici firmalarla birlikte yürütülen projeler sonucunda, otonom yüksek hızlı trenler gibi yenilikçi uygulamalar hayata geçirilmiştir. Üniversitelerle yapılan iş birlikleri, bu teknolojilerin standartlaştırılması ve ulusal stratejilerle uyumlu şekilde geliştirilmesini sağlamaktadır.

**Hindistan:** Hindistan'da Ar-Ge faaliyetleri, RDSO (Research Design and Standards Organisation) bünyesinde yürütülmektedir. RDSO, 27 teknik direktörlük ile sinyalizasyon, elektrikli lokomotifler, izleme sistemleri ve araç tasarımı gibi birçok alanda kapsamlı projeler geliştirmektedir. IIT'lerle iş birliği içinde yüksek hızlı tren, Hyperloop bileşenleri ve AI tabanlı güvenlik sistemleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yerli üretim hedefleri doğrultusunda Kavach adlı otomatik koruma sistemi geliştirilmiş ve yerleştirme politikaları kapsamında Ar-Ge desteklenmektedir.

**Güney Kore:** KRRI (Korea Railroad Research Institute), 5G tabanlı otonom tren yönetimi, yapay zekâ destekli altyapı kontrolü ve HyperTube gibi geleceğin ulaşım sistemleri üzerine çalışmalar yürütmektedir. Drone ve AI destekli tünel ve köprü denetimleri, sürücüsüz metro sistemleri ve şehir içi manyetik trenler KRRI'nin başarılı projeleri arasındadır. Üniversitelerle yapılan iş birlikleri, akıllı ulaşım sistemleri ve veri analitiği alanlarında Ar-Ge süreçlerini desteklemektedir.

**Diğer Ülkeler:** Tayvan, Japonya RTRI ile iş birliği yaparak deprem güvenliği sistemleri ve ERTMS uyumlu sinyal teknolojileri geliştirmiştir. Malezya ve Endonezya, metro sistemleri için üniversite merkezli Ar-Ge çalışmalarına başlamış, Avustralya ise CSIRO ve üniversiteleri aracılığıyla özellikle uzun yük trenlerinin otonom kontrolü gibi öncü projeler geliştirmiştir.

Asya-Pasifik genelinde dijital teknolojiler (AI, IoT, 5G) ile düşük karbon salınımlı, sürdürülebilir ulaşım çözümleri ön plana çıkmakta ve ülkelerin demiryolu Ar-Ge stratejileri bu doğrultuda şekillenmektedir.

## 7.2. Dünyada Test ve Ölçüm Merkezleri

Avrupa, raylı sistem test merkezleri bakımından oldukça gelişmiş bir altyapıya sahiptir. Özellikle Orta Avrupa'da konumlanan test pistleri, birçok ülkenin demiryolu araçları ve sistemlerine yönelik sertifikasyon süreçlerinde başvuru alan uluslararası nitelikteki tesisler olarak öne çıkmaktadır. Bu merkezler, Avrupa Birliği standartlarına (EN, UIC kodları vb.) uygun test prosedürlerini gerçekleştirebilmek adına gerekli akreditasyonlara sahiptir. Örneğin, Fransa'daki Centre d'Essais Ferroviaires (CEF) test laboratuvarı, ISO 17025 akreditasyonu ile Avrupa standartlarında iklimlendirme ve akustik testleri yapabilmeye kapasitesine sahiptir.

**VUZ Velim Test Merkezi (Çekya):** Orta Avrupa'nın en kapsamlı demiryolu test komplekslerinden biri olan VUZ Velim, Çek Demiryolları'na bağlı Demiryolu Araştırma Enstitüsü (VUZ) tarafından işletilmektedir. Tesis, biri 13,3 km uzunluğunda büyük dairesel pist, diğeri ise 3,95 km uzunluğundaki küçük pist olmak üzere iki döngüsel test hattından oluşmaktadır. Büyük pistte 1,4 km yarıçaplı eğriliklerle 210 km/s hıza kadar testler yapılabilirken, küçük pist daha dar kurplarıyla (minimum 300 m) düşük hızlı manevra ve dayanım testleri için kullanılmaktadır.

Enerji sistemleri açısından oldukça donanımlı olan Velim, 25 kV AC 50 Hz, 15 kV AC 16.7 Hz, 3 kV DC, 1.5 kV DC ve 750 V DC üçüncü ray gibi farklı elektrifikasyon sistemlerini destekleyerek Avrupa genelinde kullanılan tüm enerji altyapılarını test edebilir hale gelmiştir. Her iki test hattında da ETCS Seviye 1 ve 2 ile GSM-R haberleşme altyapısı bulunmaktadır. Bu sayede ERTMS uyumluluk testleri gerçekleştirmek mümkündür. Test kabiliyetleri arasında TSI Noise kapsamında gürültü ölçümleri, elektromanyetik uyumluluk (EMC) analizleri ve enerji geçişlerine dair çekiş gücü testleri yer almaktadır. Ayrıca park ve düşük hız testleri için yardımcı hatlar, lokomotif ısıtma istasyonları ve kablolu yüksek hızlı veri aktarımı altyapısı da bulunmaktadır. Uluslararası

düzeyde akredite olan VUZ Velim, TSI ve UIC kapsamında çok sayıda üretici tarafından yeni araç sertifikasyon süreçlerinde tercih edilmektedir.

**Wegberg-Wildenrath Test Merkezi (Almanya):** Siemens tarafından Almanya'nın Kuzey Ren-Vestfalya bölgesinde kurulan Wegberg-Wildenrath Test ve Doğrulama Merkezi, farklı ray açıklıklarında (1435 mm ve 1000 mm) ve çeşitli elektrifikasyon sistemlerinde test yapılmasına imkân tanıyan halka biçimli pistlerle donatılmıştır. Merkez, özellikle Siemens Mobility gibi üreticilerin yeni tren setlerini teslimat öncesinde kapsamlı testlere tabi tuttuğu bir altyapıdır. Birden fazla paralel test hattı sayesinde eşzamanlı olarak çeşitli araçların dinamik testleri gerçekleştirilebilmektedir.

Tesis, LZB ve PZB gibi Almanya'ya özgü sinyalizasyon sistemlerinin yanı sıra ETCS sistemlerinin de testine imkân tanımaktadır. Yüksek güçlü enerji altyapısı sayesinde tam ölçekli çekiş ve güç testleri yapılabilmektedir. Hafif raylı sistemlerden yüksek hızlı trenlere kadar geniş bir araç yelpazesi bu merkezde test edilmektedir. Alman ulusal akreditasyon kurumu DAkkS tarafından yetkilendirilmiş olan merkez, Avrupa standartlarına uygun test hizmeti sunma yetkinliğine sahiptir.

**Centre d'Essais Ferroviaires (CEF, Fransa):** Fransa'nın Valenciennes kenti yakınlarında 1998 yılında kurulan CEF, Alstom'un %92, Bombardier France'in %7 ve sertifikasyon ajansı Certifer'in %1 oranında ortak olduğu bir test kompleksidir. İki ayrı test hattından oluşan tesis, CEF1 (Valenciennes) ve CEF2 (Bar-le-Duc) olarak adlandırılmaktadır. CEF1 hattı 2,7 km uzunluğunda olup 110 km/s hıza kadar testlere olanak tanımaktadır. Bu hat, 25 kV AC, 15 kV AC, 3000 V DC, 1500 V DC, 750 V DC ve üçüncü ray sistemi gibi çeşitli gerilim sistemleri ile farklı araç türlerinin testine uygundur. Bu esneklik sayesinde, klasik trenlerden lastik tekerlekli metro sistemlerine kadar geniş bir araç yelpazesi test edilebilmektedir.

CEF2 hattı yaklaşık 4 km uzunluğundadır ve 160 km/s hıza kadar test yapılabilmektedir. Bu hatta 25 kV AC ve 1,5 kV DC elektrifikasyon sistemleri mevcuttur. CEF'in önemli bileşenlerinden biri de ISO 17025 akreditasyonlu laboratuvarıdır. Bu laboratuvar bünyesinde yer alan iklimlendirme ve akustik test odaları sayesinde, EN 13129 ve EN 14750 serisi standartlara göre HVAC testleri, EN 3095 ve EN 3381 standartlarına uygun gürültü ölçümleri gerçekleştirilmektedir.

Test prosedürleri arasında iç/dış gürültü ölçümleri, frenleme performansı, düşük adezyon koşullarında fren ve ivmelenme testleri, kayma koruma sistemleri (anti-skid) testleri ve acil park freni analizleri yer almaktadır. Örneğin, CEF1 hattında sabit hızda veya hızlanma/yavaşlama sırasında 7,5 metre mesafeden dış gürültü ölçümü yapılabilirken, CEF2 hattı yüksek hızlı fren testleri için kullanılmaktadır. CEF, yalnızca Fransız demiryolu endüstrisinin Ar-Ge ihtiyaçlarına değil, aynı zamanda uluslararası müşterilere de hizmet sunmakta; EBA (Almanya) ve BELGORAIL (Belçika) gibi sertifikasyon otoriteleriyle iş birliği yürütmektedir.

**Diğer Avrupa Test Merkezleri:** VUZ Velim, Wegberg-Wildenrath ve CEF gibi öncü tesislerin yanı sıra, Avrupa genelinde birçok ülkede farklı ölçek ve uzmanlıklarda raylı sistem test merkezleri faaliyet göstermektedir. Polonya'da, Demiryolu Araştırma Enstitüsü (Instytut Kolejnictwa) bünyesinde yer alan Żmigród Test Pisti, 7,7 km uzunluğunda döngüsel bir yapıya sahip olup 160 km/s hıza kadar test yapılabilmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca Polonyalı tren üreticisi Newag firmasının da kendi bünyesinde kısa mesafeli bir test hattı mevcuttur.

**Romanya'daki Faurei Test Merkezi,** 1978 yılında kurulmuş ve 2000'li yıllarda kapsamlı biçimde modernize edilmiştir. Merkez, 20,2 km uzunluğundaki ana test döngüsü sayesinde 200 km/s hıza kadar test gerçekleştirme kapasitesine sahiptir. Bunun yanında, 2,2 km'lik elektrifikasyonsuz düşük hızlı bir pist (maksimum 60 km/s) ve özel olarak inşa edilmiş bir çarpışma testi hattı da bulunmaktadır. Faurei'de EN 12663 ve UIC 577'ye göre vagon gövde darbe testleri, EN 14363 ve UIC 518'e uygun araç-ray etkileşimi ve Y/Q oranı ölçümleri ile UIC 544-1 çerçevesinde fren performansı testleri yapılmaktadır.

**İspanya'da,** ADIF tarafından Olmedo ile Medina del Campo arasında kurulan 14,4 km'lik test hattı, İspanya'nın geniş hat açıklığına (1668 mm) sahip altyapısında yüksek hızlı tren bileşenlerinin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bunun yanında, Malaga yakınlarında 250 km/s üzeri hızlara uygun 55 km'lik yeni bir yüksek hızlı test pistinin inşasına yönelik projelendirme çalışmaları sürdürülmektedir.

Birleşik Krallık'ta, son yıllarda test altyapısını güçlendirme yönünde önemli adımlar atılmıştır. Galler'de inşa edilmekte olan **Global Centre of Rail Excellence (GCRE)**, Avrupa'daki ilk dijitalleştirilmiş ve entegre test merkezi olma hedefiyle planlanmıştır. Merkezde, 6,9 km uzunluğunda yüksek hızlı test döngüsü ile 4 km'lik düşük hızlı sistem entegrasyon döngüsü yer alacaktır. Özellikle eğimli test bölümü (1:50) ile GCRE, dinamik test senaryolarına özel çözümler sunacaktır. GCRE'nin 2025 yılı itibarıyla tam faaliyete geçmesi beklenmektedir. Ayrıca İngiltere'de, yaklaşık 27 km uzunluğundaki Old Dalby Test Hattı (Leicestershire'da, 80 mil/saat hıza uygun) metro ve banliyö trenlerinin denemelerinde aktif olarak kullanılmaktadır. High Marnham test hattı da ülkenin diğer mevcut test altyapıları arasında yer almaktadır.

Avrupa'daki demiryolu test merkezlerinin çoğu, ISO/IEC 17025 standardına uygunluk çerçevesinde ulusal akreditasyon kuruluşlarınca yetkilendirilmiş laboratuvarlara sahiptir. Gerçekleştirilen testler, Avrupa Birliği'nin Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri (TSI), Avrupa Standartları (EN) ve UIC (Uluslararası Demiryolu Birliği) kodları temelinde yürütülmektedir. Örneğin, trenlerin dinamik davranışları EN 14363 ve UIC 518'e göre değerlendirilirken, gürültü emisyon testleri TSI Noise kapsamında EN 3095 standardı doğrultusunda gerçekleştirilir. Frenleme testlerinde UIC 544-1 formülleri, elektromanyetik uyumluluk testlerinde ise EN 50121 standardı esas alınmaktadır.

Bu merkezlerin büyük çoğunluğu, Avrupa Komisyonu tarafından yetkilendirilmiş Onaylanmış Kuruluşlar (Notified Bodies) ile iş birliği içinde çalışmaktadır. Bu sayede, örneğin Velim veya CEF test merkezlerinde gerçekleştirilen test sonuçları, Avrupa Demiryolu Ajansı (ERA) tarafından kabul edilerek tip onay süreçlerine dâhil edilebilmektedir. Ayrıca söz konusu merkezler, Uluslararası Demiryolu Laboratuvarları Birliği (UIL) gibi iş birliği ağlarının üyesi olup karşılıklı veri paylaşımı ve test tanınırlığı konusunda uluslararası uyum sağlamaktadır.

**Kuzey Amerika'daki Test Merkezleri:** Kuzey Amerika, sahip olduğu büyük ölçekli test altyapısıyla raylı sistemler alanında önemli bir konuma sahiptir. Bu bağlamda, Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Transportation Technology Center (TTC), dünyanın en kapsamlı demiryolu test komplekslerinden biri olarak öne çıkar. Colorado eyaletinin Pueblo kenti yakınlarında 52 mil karelik bir alana kurulu olan TTC, 1971 yılında "High Speed Ground Test Center" adıyla faaliyete geçmiş, 2021 yılında 50. yılını tamamlamıştır. 2022 itibarıyla ABD Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı Federal Railroad Administration (FRA) adına ENSCO firması tarafından işletilen merkez, test, araştırma, eğitim ve teknoloji geliştirme faaliyetlerini entegre şekilde yürütmektedir.

TTC'nin en önemli özelliği, farklı test senaryolarına göre tasarlanmış 80 kilometreyi (50+ mil) aşan uzunlukta demiryolu hatlarına sahip olmasıdır. Bu hatlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

- **Railroad Test Track (RTT):** 21,7 km (13,5 mil) uzunluğundaki bu halka hat, katenerli elektrifikasyon altyapısına sahiptir ve trenlerin 266 km/s (165 mil/s) hıza kadar test edilebildiği ABD'deki tek yüksek hızlı test yoludur. Özellikle Amtrak'ın Acela trenleri gibi yolcu trenlerinin hız ve dinamik performans testleri bu hatta gerçekleştirilmiştir.
- **High Tonnage Loop (HTL):** 4,3 km (2,7 mil) uzunluğundaki bu döngüsel hat, yüksek aks yükleri altında ray altyapısı ve vagon bileşenlerinin uzun süreli dayanıklılığını ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin, 32 ton ve üzeri aks yüküne sahip ağır yük trenlerinin binlerce geçişi simüle edilerek raylarda oluşan yıpranma analiz edilmektedir.
- **Transit Test Track (TTT):** 14,6 km (9,1 mil) uzunluğundaki bu hat, şehir içi ulaşım koşullarını taklit edecek şekilde tasarlanmıştır. Üçüncü ray enerji sistemiyle çalışan TTT, metro ve banliyö trenlerinin testleri için uygundur. Hat, keskin kurplar, eğimler ve entegre dar dönüş döngüsüyle kentsel raylı sistem dinamiklerini simüle eder.
- **Precision Test Track (PTT):** 5,6 km (3,5 mil) uzunluğundaki bu parkur, belirli bölgelerinde kasıtlı olarak yaratılmış geometri bozuklukları içerir. Bu özellik, vagonların yanal/dikey dinamik tepkilerini ve süspansiyon sistemlerinin performansını ölçmek için idealdir.
- **Wheel/Rail Mechanism Loop (WRM):** 3,5 mil uzunluğundaki bu test döngüsü, ray-tekerlek etkileşimi ve viraj alma dinamiklerinin incelendiği özel bir hattır. Özellikle yük vagonlarının boji tasarımları farklı kurp yarıçaplarında test edilmektedir.
- **High-Speed – Adjustable Perturbation Slab (HS-APS):** RTT üzerinde yer alan ve 152 metrelik düz beton zeminden oluşan bu özel kesit, milimetrik ölçekte ray hizalama bozuklukları yaratılmasına olanak sağlar. Böylece ölçüm sistemlerinin kalibrasyonu ve dinamik simülasyonların doğrulanması sağlanır.

TTC yalnızca test pistlerinden ibaret olmayıp, ileri düzey laboratuvar olanaklarıyla da donatılmıştır. Örneğin Simuloader sistemi ile lokomotif ve vagonlara gerçek çalışma koşullarındaki dinamik yükler uygulanarak yapısal dayanım testleri gerçekleştirilir. Ayrıca düşey darbe duvarı, titreşim platformları ve tank vagonlar için patlama ve darbe test sistemleri gibi özel güvenlik test altyapıları da mevcuttur. Geçmişte yük vagonlarının devrilme senaryoları için özel yuvarlanma banketleri kullanılmıştır. Bu çok yönlü kapasite sayesinde TTC, hem Association of American Railroads (AAR) hem de Federal Railroad Administration (FRA) tarafından tanınan uluslararası akreditasyona sahip bir test merkezi niteliğindedir.

**Kanada'daki Durum:** Kanada'da ABD'deki kadar kapsamlı bir test merkezi bulunmamakla birlikte, bazı test

altyapıları mevcuttur. Alberta bölgesinde geçmişte FAST programı kapsamında kullanılan segmentler ve özellikle Winnipeg çevresinde soğuk iklim testleri için yürütülen prototip denemeleri, Kanada'daki raylı sistem test faaliyetlerinin sınırlı örneklerindendir.

**Asya'daki Test Merkezleri:** Son yıllarda Asya ülkeleri, artan demiryolu yatırımlarına paralel olarak kendi test altyapılarını kurmaya başlamış ya da uluslararası merkezlerle iş birliği geliştirmiştir. Bu süreçte bazı ülkeler kapsamlı test merkezleri inşa ederken, bazıları da belirli hat kesimlerini veya üretici firmalara ait özel test alanlarını kullanmaktadır.

**Japonya:** Japonya'daki demiryolu test faaliyetleri genellikle mevcut hatların belirli bölümlerinde ya da üretici firmalara ait özel alanlarda yürütülmektedir. Bununla birlikte, Yamanashi Test Pisti, süper iletken maglev teknolojisine özgü olarak inşa edilmiştir. JR Central tarafından işletilen bu test hattı yaklaşık 42,8 km uzunluğundadır ve maglev prototiplerinin 600 km/s hızın üzerine çıktığı testlerle dünya rekorları kırmıştır. Konvansiyonel tren sistemleri için Mihara Test Merkezi (RTRI ve Mitsubishi Heavy Industries ortaklığında) önemli bir rol üstlenmektedir. Bu merkezde hafif raylı sistemler, otomatik kılavuzlu araçlar (AGT) ve yüksek hızlı manyetik trenlerin dinamik ve sistem entegrasyon testleri yapılmaktadır.

Ayrıca, "model line" adı verilen ve 1960'larda test hattı olarak kullanılan eski Tōkaidō Shinkansen kesimi, daha sonra ticari işletmeye entegre edilmiştir. Japon test faaliyetleri ağırlıklı olarak RTRI denetiminde yürütülmekte olup JIS ve JRF gibi Japon ulusal standartlarına dayanmakla birlikte, son yıllarda Avrupa standartlarına da uyum sağlanmaktadır.

**Çin:** Çin, demiryolu test ve sertifikasyon altyapısını hızla genişleten ülkelerden biridir. Zhouzhou'da yer alan China Railway Test and Certification Center (CRCC), ülkedeki tüm demiryolu ekipmanlarının sertifikasyonundan sorumlu olup China Academy of Railway Sciences (CARS) çatısı altında faaliyet göstermektedir. CRCC tarafından işletilen halka biçimli test pisti, 13,1 km uzunluğundadır ve 250 km/s'ye kadar hız testlerine olanak sağlar. Merkezde 60'tan fazla laboratuvar ve 20'yi aşkın özel ölçüm aracı bulunmaktadır; bu sayede yüksek aks yükü altındaki ray yıpranma testleri, yüksek hızlı EMU'ların performans denemeleri ve ray deformasyon analizleri gerçekleştirilmektedir. Ayrıca GSM-R ve CBTC gibi sinyalizasyon sistemlerinin kanal simülasyonu ve donanım testleri de bu merkezde yapılmaktadır. Çin'deki bir diğer önemli test altyapısı, Zhuzhou'da CRRC tarafından işletilen ve metro sistemlerine yönelik çekiş-fren sistemlerinin denendiği test hatlarıdır. CRCC, Çin'in ulusal akreditasyon kurumu CNAS tarafından tanınmakta olup UIC ile veri paylaşımı yürütmektedir.

**Hindistan:** Hindistan, ilk kez kendi topraklarında tam kapsamlı bir demiryolu test merkezi kurmak üzere adım atmıştır. Rajasthan eyaletinin Jodhpur bölgesinde inşası süren ve 60 km uzunluğa ulaşması planlanan test hattı, 2023 yılı sonu itibarıyla tamamlanma aşamasına gelmiştir. 200-250 km/s hızlara ve 32,5 ton aks yüküne uygun olarak tasarlanan hat, hem yüksek hızlı tren prototiplerinin hem de ağır yük vagonlarının sertifikasyonuna olanak tanıyacaktır. Merkezin, EN standartlarına uygun test yapabilmesi ve uluslararası akreditasyon elde edebilmesi amacıyla RDSO ile Avrupa'daki merkezler (örneğin Velim) arasında iş birlikleri planlanmaktadır. Daha önce Hindistan, yerli üretim tren setlerini (örneğin Vande Bharat Express) onaylatmak için Çekya'daki Velim Test Merkezi gibi yabancı tesislere başvuruyordu. Yeni merkezin faaliyete geçmesiyle bu bağımlılığın azalması beklenmektedir.

**Güney Kore ve Singapur:** Güney Kore, Osong Yeni Ulaşım Bilim ve Teknoloji Kompleksi bünyesinde 6 km uzunluğunda bir test hattı barındıran modern bir test merkezi oluşturmuştur. Kore Demiryolu Araştırma Enstitüsü (KRII) tarafından işletilen bu merkezde, otonom tren sistemleri ve yeni nesil EMU prototipleri test edilmektedir. Singapur ise sınırlı coğrafi yapısına rağmen, tüm yeni metro hatlarının araç ve sistem testleri için Integrated Train Testing Centre (ITTC) adlı bir tesis inşa etmektedir. 2020 yılında başlatılan projenin, 2024 yılına kadar kademeli şekilde tamamlanması planlanmaktadır. 50 hektarlık alanda 100 km/s hıza kadar test yapılabilecek üç ayrı test hattı bulunacak bu merkez, metro araçlarının kapalı devre koşullarda test edilmesine olanak sağlayacaktır.

**Rusya:** Rusya'da, demiryolu testleri uzun süredir Şçerbinka Test Döngüsü adlı hatta yürütülmektedir. Moskova yakınlarında konumlanan ve 6 km uzunluğunda olan bu halka pist, 1950'lerde inşa edilmiş olup 160 km/s hıza kadar testleri desteklemektedir. Rus Demiryolu Araştırma Enstitüsü (VNIIZhT) tarafından kullanılan bu hat, Sovyet döneminden kalma geniş hat açıklığına (1520 mm) sahiptir ve BDT ülkeleri için referans niteliğindedir. Ayrıca Moskova monoray sisteminin geliştirme sürecinde kullanılan 2,8 km uzunluğundaki monoray hattı da test amacıyla kullanılmıştır.

### 7.3. Türkiye'de Raylı Sistemlerde Kamu Destekli Ar-Ge ve Test Merkezleri

Türkiye'de raylı ulaşım teknolojilerine yönelik araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri ağırlıklı olarak kamu

destekli araştırma enstitüleri ile TCDD bünyesindeki teknik birimler tarafından yürütülmektedir. Bu yapının etkinliği, üniversiteler ve özel sektör Ar-Ge merkezleriyle geliştirilen iş birlikleri sayesinde önemli ölçüde artmış; böylece araştırmalar, daha geniş kapsamlı ve uygulamaya dönük bir çerçeveye kavuşmuştur.

Kamu-özel sektör iş birliğine dayalı bu çok aktörlü Ar-Ge ekosistemi, raylı sistem teknolojilerinde yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Özellikle sürücüsüz tren sistemleri, gelişmiş sinyalizasyon teknolojileri, enerji verimliliği odaklı uygulamalar ve yerli tasarıma sahip raylı taşıtların geliştirilmesi gibi öncelikli alanlarda kayda değer ilerlemeler sağlanmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin hem teknik kapasitesini artırmakta hem de uluslararası rekabette daha güçlü bir konuma ulaşmasına katkı sunmaktadır.

### 7.3.1. TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE)

Türkiye'de raylı sistemler alanındaki en önemli araştırma ve geliştirme kuruluşlarından biri, 2019 yılında TCDD ve TÜBİTAK iş birliğiyle Gebze'de kurulan TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE)'dür. Enstitü, ülkemizin güvenli, hızlı ve verimli raylı ulaşım çözümlerine olan ihtiyacını yerli ve milli imkânlarla karşılamayı hedeflemektedir. RUTE, raylı ulaşım sistemlerinin teknolojik bileşenleri konusunda derinleşmiş uzmanlık alanlarıyla dikkat çekmektedir. Bu alanlar arasında elektrikli cer sistemleri, araç kontrol sistemleri, araç tasarımı ve analizleri, robotik ve otomasyon teknolojileri, batarya sistemleri ile motor ve aktarma organları yer almaktadır.

RUTE'nin yürüttüğü Ar-Ge projeleri, Türkiye'nin raylı ulaşım altyapısını yerli teknolojilerle güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Sürücüsüz metro ve tren sistemleri, ulusal sinyalizasyon çözümleri, enerji verimliliğini artıran çekiş kontrol sistemleri gibi kritik başlıklarda önemli çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda, Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) Seviye 1 ve 2 ile uyumlu yerli tren kontrol sistemleri geliştirilmektedir. Enstitü, bu projeleri hayata geçirirken hem ulusal ölçekte üniversiteler ve özel sektör kuruluşlarıyla hem de uluslararası paydaşlarla iş birlikleri geliştirmekte; böylece bilgi transferi ve teknoloji paylaşımını teşvik etmektedir.

RUTE'nin öne çıkan özelliklerinden biri de sahip olduğu güçlü test ve laboratuvar altyapısıdır. Kamu ve özel sektör kuruluşlarının ihtiyaç duyduğu test, validasyon ve analiz hizmetleri, Enstitü bünyesindeki modern tesislerde gerçekleştirilmektedir. Özellikle motor ve batarya teknolojilerine odaklanan iki temel test altyapısı bulunmaktadır.

Motor Mükemmeliyet Merkezi (MMM), farklı türdeki motorların geliştirilmesi ve test edilmesi için ileri düzey teknik olanaklar sunmaktadır. Lokomotif ve diğer raylı sistem motorlarına yönelik bu merkez, 4000 beygir gücüne ve 25.000 Nm torka kadar motor performans testlerini gerçekleştirme kapasitesine sahiptir. 6 ayrı test odasında, yüksek hassasiyetli dinamik ölçüm sistemleri ve çevresel şartlandırma cihazları bulunmaktadır. Ayrıca merkez, 465 kW'a kadar güç sağlayan elektrik motorlarının geliştirilmesi ve test edilmesine olanak tanıyan 3 adet elektrikli motor test odasına sahiptir. Bu odalarda inverter, ana kontrol ünitesi ve çekiş kontrol sistemleri gibi alt bileşenler otomatik ve güvenli biçimde test edilebilmektedir.

Batarya Testleri ve Laboratuvarları, RUTE'nin bir diğer uzmanlık alanını oluşturmaktadır. Enstitü bünyesinde bulunan 10 adet özel laboratuvar, farklı türde pillerin kimyasal özelliklerinin analiz edilmesi ve performanslarının test edilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu laboratuvarlar, sensörlerle donatılmış güvenli test altyapılarına sahiptir ve batarya teknolojilerinde Ar-Ge süreçlerinin güvenilir biçimde yürütülmesini sağlamaktadır.

### Faaliyet ve Proje Alanları

#### 1. Tren Kontrol ve Yönetim Sistemleri (TKYS)

- Gelişmiş tren kontrol sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi
- Sinyalizasyon sistemleri ile tam entegre kontrol çözümleri
- Donanım ve yazılımın saha testleri ve validasyon süreçleri

#### 2. Çekiş ve Enerji Sistemleri

- Yüksek verimli elektrik motorları ve sürücülerinin geliştirilmesi
- Regeneratif frenleme ve enerji depolama içeren enerji yönetim çözümleri
- Elektrifikasyon altyapısına yönelik yerli teknolojilerin Ar-Ge'si



### 3. Sinyalizasyon Teknolojileri

- Ulusal sinyalizasyon sistemlerinin tasarımı, yazılım ve donanım entegrasyonu
- Demiryolu trafik yönetimi ve kontrol teknolojilerinin geliştirilmesi

### 4. Hafif Raylı Sistemler ve Metro Teknolojileri

- Hafif raylı araç tasarımı ve sistem optimizasyonu
- Metro sistemlerinde ileri teknolojiye sahip yerli çözümler

### 5. Elektrikli Tren Setleri (EMU)

- Elektrikli tren setleri için milli tasarım ve üretim süreçleri
- Çevre dostu, enerji verimliliği yüksek çözümlerin entegrasyonu

#### Prototip Geliştirme ve Ürünleşme Süreci

- Yerli üretim elektrikli tren ve lokomotif prototiplerinin geliştirilmesi
- Pantograf, inverter, çekiş sistemi gibi raylı sistem bileşenlerinin tasarımı ve üretimi
- Ürünlerin test ve validasyon altyapısının oluşturulması ve sertifikasyon süreçleri

#### Test ve Ölçüm Altyapısı

- Çekiş motorları ve sürücülerine yönelik performans testleri
- Elektrik-elektronik bileşenler için çevresel dayanıklılık ve ömür testleri
- Sinyalizasyon sistemlerinin hem simülasyon ortamında hem de sahada test edilmesi

#### Ulusal ve Uluslararası İş Birlikleri

- TÜASAŞ, TCDD ve özel sektör firmaları ile teknik iş birlikleri
- Avrupa Birliği projeleri ve uluslararası Ar-Ge platformlarına katılım
- Teknoloji transferi, ortak geliştirme ve test projeleriyle küresel entegrasyon

Bu bütünsel yapısıyla TÜBİTAK RUTE, Türkiye'nin raylı sistemler alanında kendi teknolojisini üreten, sürdürülebilir ulaşımı destekleyen ve uluslararası düzeyde rekabet edebilecek bir yapıya kavuşmasına katkı sağlamaktadır. Hem araştırma hem de uygulama düzeyinde sağladığı katma değer, Türkiye'nin ulaşım teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltma hedefiyle doğrudan örtüşmektedir.

#### 7.3.2. TCDD Araştırma Merkezi: DATEM

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), demiryolu sektöründe araştırma ve geliştirme faaliyetlerini kurumsal bir yapıya kavuşturmak amacıyla 2009 yılında Demiryolu Araştırma ve Teknoloji Merkezi (DATEM)'i kurmuştur. DATEM'in temel amacı; demiryolu teknolojilerindeki küresel gelişmeleri yakından takip etmek, sektörün güncel ve gelecekteki ihtiyaçlarını belirlemek, bu doğrultuda yenilikçi Ar-Ge projeleri geliştirmek ve mevcut sistemlerin etkinliğini artıracak çözümler üretmektir.

DATEM, sadece TCDD'ye yönelik değil, aynı zamanda sektörde faaliyet gösteren özel ve kamu kuruluşlarını kapsayan bir ekosistem anlayışıyla çalışmalarını yürütmektedir. Bu kapsamda merkez, çok paydaşlı iş birliklerini desteklemekte ve ortak projeler aracılığıyla sektörel sinerji yaratmayı hedeflemektedir.

Merkez bünyesinde Malzeme ve Kaynak Mühendisliği, Geoteknik Hizmetler, Mekanik Sistemler, Sinyalizasyon ve Elektrifikasyon gibi farklı uzmanlık alanlarına odaklanan teknik birimler bulunmaktadır. Bu birimler aracılığıyla DATEM; demiryolu sanayisinin gelişimine yönelik uygulamalı araştırmalar yapmakta, sektör ihtiyaçlarına uygun mühendislik çözümleri geliştirmekte, standartlara uygun test ve validasyon hizmetleri sunmakta, nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine katkıda bulunmakta ve danışmanlık faaliyetleri gerçekleştirmektedir.

DATEM tarafından yürütülen projeler, sahaya yönelik somut çözümler üretmesi bakımından dikkat çekicidir. Örneğin, eğrilmiş rayların doğrultulmasına yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesi, fiber optik tabanlı kırık ray tespit sistemleri ve yüksek hızlı trenler için yerli makas tasarımı gibi projeler, merkezin Ar-Ge kapasitesini ve teknik derinliğini ortaya koymaktadır.

Merkez, sadece ulusal projelerle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı başta olmak üzere birçok uluslararası Ar-Ge projesine de aktif katılım sağlamaktadır. Bu projeler aracılığıyla kazanılan bilgi birikimi, TCDD'nin operasyonel gereksinimlerine entegre edilerek yenilikçi çözümlere dönüştürülmekte; böylece hem teknik kapasitenin gelişimi hem de dışa bağımlılığın azaltılması sağlanmaktadır.

Sonuç olarak DATEM, Türkiye'nin demiryolu sektöründe kendi mühendislik çözümlerini geliştirme kapasitesini artıran; uygulamalı Ar-Ge, sektörel koordinasyon ve teknoloji transferi boyutlarında önemli bir rol üstlenen stratejik bir araştırma merkezidir.

### 7.3.3. TÜRASAŞ (Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş.)

Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii Anonim Şirketi (TÜRASAŞ), 2020 yılında TÜLOMSAŞ, TÜDEMSAŞ ve TÜVASAŞ'ın birleştirilmesiyle kurulmuş; ülkemizin raylı sistem teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltmayı, yerli ve milli çözümler üretmeyi amaçlayan stratejik bir kamu kuruluşudur. TÜRASAŞ, demiryolu sanayisinin modernizasyonuna katkı sunmakta, hem mevcut araç ve sistemlerin geliştirilmesine hem de yeni nesil teknolojilerin tasarlanmasına yönelik kapsamlı Ar-Ge çalışmaları yürütmektedir.

#### Faaliyet Alanları ve Ar-Ge Odakları

##### 1. Yerli ve Milli Araç Geliştirme

TÜRASAŞ, Türkiye'nin demiryolu araç filosunu yerli imkânlarla geliştirme hedefi doğrultusunda çeşitli taşıt platformları üzerinde çalışmaktadır:

- **Elektrikli Tren Setleri (EMU):** Türkiye'nin farklı hatlarında kullanılmak üzere tasarlanan ve test edilen yerli elektrikli tren setleri, konfor, enerji verimliliği ve yolcu güvenliği açısından uluslararası standartlarla uyumlu özellikler taşımaktadır.
- **Milli Yük Vagonu:** Yüksek taşıma kapasitesi, geliştirilmiş dayanıklılık ve enerji tasarrufu sağlayan yerli yük vagonları, hem yurtiçi taşımacılıkta hem de ihracat pazarlarında rekabetçi çözümler sunmaktadır.
- **Milli Lokomotif:** Elektrikli ve hibrit tahrik sistemlerine sahip lokomotiflerin tasarımıyla, TÜRASAŞ sürdürülebilir ulaşım hedeflerine katkı sağlamakta ve ithalat bağımlılığını azaltmaktadır.

##### 2. Yeni Nesil Enerji Sistemleri

TÜRASAŞ, karbon emisyonlarını azaltan ve enerji tüketimini optimize eden sistemlere odaklanarak, çevreci raylı taşıma teknolojilerinin geliştirilmesini öncelikli hedef olarak belirlemiştir:

- **Hibrit Lokomotifler:** Geleneksel dizel sistemlerin yerine kullanılmak üzere geliştirilen hibrit çekiş sistemleri, enerji geri kazanımı ve düşük yakıt tüketimi gibi avantajlar sunmaktadır.
- **Tam Elektrikli Lokomotifler:** Şehirlerarası hatlar ve lojistik operasyonlar için geliştirilen tam elektrikli lokomotifler, sıfır emisyon politikası çerçevesinde çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik öneme sahiptir.

### 7.3.4. URAYSİM (Eskişehir Ulusal Raylı Sistemler Test ve Araştırma Merkezi)

Türkiye, uzun yıllar boyunca raylı sistem araçlarının test ve sertifikasyon süreçleri için yurtdışındaki merkezlere bağımlı kalmıştır. Bu dışa bağımlılığı sona erdirmek ve kendi ulusal altyapısını kurmak amacıyla Ulusal Raylı Sistemler Test ve Araştırma Merkezi (URAYSİM) projesi hayata geçirilmiştir. Anadolu Üniversitesi öncülüğünde geliştirilen bu stratejik proje, 2012 yılında yatırım programına dahil edilmiş olup, Eskişehir'in Alpu ilçesinde konumlandırılmıştır. URAYSİM, yüksek hızlı trenlerden metro ve tramvay araçlarına kadar geniş bir yelpazede demiryolu araçlarının test edilebileceği kapsamlı bir tesis olarak tasarlanmıştır.

#### Planlanan Altyapı Bileşenleri

URAYSİM bünyesinde yer alması planlanan test hatları ve enerji sistemleri, farklı raylı sistem araç türlerine uygun olarak yapılandırılmıştır:

- **Konvansiyonel Tren Test Hattı:** 180 km/sa hıza kadar test yapılmasına imkân tanıyacak şekilde tasarlanan 23 km uzunluğunda ayrı bir hat kurulacaktır. Bu hatta dizel ve elektrikli lokomotifler ile yolcu ve yük vagonlarının performans testleri gerçekleştirilebilecektir.

- **Metro ve Tramvay Test Hatları:** Kent içi raylı sistem araçlarına yönelik olarak iki ayrı test hattı planlanmıştır. Metro araçları için 100 km/sa hız uygun 8 km uzunluğunda katenerli bir hat, tramvay araçları için ise 80 km/sa hız uygun ve üçüncü ray sistemine sahip 3,2 km uzunluğunda bir hat öngörülmektedir.

Bu altyapılar sayesinde, Türkiye’de geliştirilen metro, hafif raylı sistem ve konvansiyonel tren araçlarının tüm test süreçleri yurt içinde gerçekleştirilebilecektir.

#### Uygulanacak Testler ve Standartlar

URAYSİM bünyesinde gerçekleştirilmesi planlanan testler, Avrupa Birliği normlarına ve uluslararası demiryolu standartlarına uygun şekilde tasarlanmıştır. Proje belgelerine göre aşağıdaki başlıca test ve doğrulama süreçleri öngörülmektedir:

- **Araç Gövdesi Statik Dayanım Testi:** EN 12663 ve UIC 566 standartlarına uygun olarak, tren gövdelerinin statik yükler altındaki mukavemeti ölçülecektir. Özellikle gövde burulma rijitliği gibi yapısal parametreler test edilecektir.
- **Tekerlek-Ray Etkileşimi ve Raydan Çıkma Simülasyonları:** UIC 518 ve EN 14363 standartları çerçevesinde araçların dinamik davranışı analiz edilecek; yüksek hızda veya S-kurplarda raydan çıkma riski, Y/Q oranı ve aks yükleri ölçülecektir.
- **Ağırlık ve Gabari Ölçüm Testleri:** EN 50215 ve EN 15663 standartlarına göre araçların toplam ağırlıkları, aks yük dağılımları ve dış boyut (gabari) uygunlukları değerlendirilecektir.
- **Tampon ve Çarpışma Dayanım Testleri:** EN 15227, EN 12663 ve UIC 577 doğrultusunda, araçların çarpışma enerjisi yönetimi sistemleri ve tampon performansı test edilecektir. Bu amaçla özel bir çarpışma düzeneği URAYSİM kapsamında kurulacaktır.
- **S-Kurp Derayman Testleri:** UIC 530-2 ve EN 14363 standartlarına göre araçların ters kurp (S-şekilli eğim) geçişlerindeki yürüyüş güvenliği değerlendirilecek ve TSI WAG şartları sağlanacaktır.
- **Boji Şasi ve Döner Tabla Testleri:** EN 13749 ve UIC 615-4 standartlarına uygun olarak boji çerçevelerinin yorulma ömrü ile döner tabla dirençleri test edilecektir. Bu testler, özellikle yeni boji ve süspansiyon tasarımlarının güvenilirliğini sağlamak açısından önem arz etmektedir.
- **Tekerlek ve Aks Yorulma Testleri:** EN 13979 ve EN 13260 standartlarına göre, tekerlek ve aks sistemleri tekrarlayan yükler altında yorulma testine tabi tutulacaktır. Bu testler, tekerlek/aks kaynaklı potansiyel kırılmaların önceden tespit edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Bunlara ek olarak, URAYSİM bünyesinde frenleme performansı, elektromanyetik uyumluluk (EMC), gürültü seviyesi, titreşim izolasyonu gibi çok sayıda parametrenin ölçülmesi için donanım ve altyapı kurulumu planlanmaktadır.

#### Stratejik Önemi ve Gelecek Vizyonu

URAYSİM’in tamamlanmasıyla birlikte Türkiye, yüksek hızlı tren setleri, milli elektrikli trenler, metro ve tramvay gibi raylı sistem araçlarını yurtdışına göndermeden test etme ve sertifikalandırma yeteneğine kavuşacaktır. Bu durum hem zaman hem de maliyet açısından önemli avantajlar sağlayacak, hem de Türkiye’yi bölgesel bir test ve sertifikasyon merkezi haline getirecektir. Uluslararası akreditasyon hedefi doğrultusunda, Avrupa’daki test ve sertifikasyon pazarından pay alınması ve bölge ülkelerine hizmet sunulması hedeflenmektedir.

2025 itibarıyla URAYSİM projesi devam etmekte olup, bazı laboratuvarların kademeli olarak devreye alınması planlanmaktadır. Proje tamamlandığında, Türkiye’nin raylı sistemler sektöründe teknolojik bağımsızlığını artıracak, dışa bağımlılığı azaltacak ve uluslararası rekabet gücünü pekiştirecek bir altyapı hayata geçmiş olacaktır.

#### 7.3.5. UDHAM (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi)

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi (UDHAM), Türkiye’nin ulaşım altyapısı, denizcilik sektörü ve haberleşme teknolojileri alanlarında bilimsel araştırma, teknoloji geliştirme ve inovasyon faaliyetlerini desteklemek amacıyla kurulmuş stratejik bir araştırma kuruluşudur. Merkez; lojistik, akıllı ulaşım sistemleri, deniz taşımacılığı, liman yönetimi ve haberleşme altyapıları gibi çok disiplinli alanlarda sektörel gelişimi destekleyen çalışmalar yürütmektedir.

UDHAM, sadece teknik araştırmalarla sınırlı kalmayıp, kamu kurumları, özel sektör ve üniversiteler arasında iş birliğini güçlendirmeyi amaçlamakta; bu sayede ulaştırma ve iletişim politikalarının ulusal kalkınma hedefleriyle uyumlu biçimde şekillendirilmesine katkı sunmaktadır. Merkez, stratejik planlama kapasitesini geliştiren analiz çalışmaları üretmekte ve sektörel karar alma süreçlerine bilimsel veri temelli çözümler önermektedir.

Eğitim ve insan kaynağı geliştirme çalışmaları da UDHAM'ın temel faaliyet alanları arasındadır. Merkez, bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik eden seminerler, sertifika programları ve uzmanlık eğitimleriyle sektöre nitelikli insan kaynağı kazandırmayı hedeflemektedir. Böylece hem kamu hem özel sektörün teknolojik dönüşüm süreçlerine insan kaynağı yönünden sürdürülebilir bir katkı sağlanmaktadır.

Küresel düzeyde bilgi ve teknoloji transferine önem veren UDHAM, uluslararası araştırma projelerine katılım sağlayarak çok taraflı iş birlikleri yürütmektedir. Özellikle akıllı ulaşım sistemleri, lojistik optimizasyon, raylı sistem teknolojileri, deniz taşımacılığı ve liman operasyonları gibi alanlarda yenilikçi çözüm önerileri geliştirilmekte; bu çözümler sahada uygulanabilir nitelikte projelere dönüştürülmektedir. Bunun yanı sıra, haberleşme teknolojilerinde 5G altyapıları, fiber optik sistemler, uydu iletişimi ve siber güvenlik gibi kritik konularda da araştırmalar yürütülmekte ve ileri teknolojilerin ulusal ölçekte yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Sonuç olarak, UDHAM; ulaştırma, denizcilik ve haberleşme alanlarında faaliyet gösteren kamu kurumları, özel sektör kuruluşları, akademik çevreler ve Ar-Ge merkezleri için koordinasyon, bilgi üretimi ve teknoloji geliştirme açısından stratejik bir platform işlevi görmektedir. Bu yönüyle, Türkiye'nin bu alanlardaki ulusal kapasitesini güçlendirmeyi ve uluslararası rekabet gücünü artırmayı amaçlayan bütüncül bir vizyonla çalışmalarını sürdürmektedir.

## 8. YERLİ VE MİLLİ AR-GE ÇALIŞMALARI

Türkiye, son yıllarda demiryolu ulaşımında dışa bağımlılığı azaltmak ve teknolojik yetkinliğini artırmak amacıyla kapsamlı bir yerli ve millî Ar-Ge seferberliği başlatmıştır. Bu strateji doğrultusunda, demiryolu endüstrisinde yerli üretim ve teknolojik bağımsızlık vurgusu güçlenmiş; yapılan yatırımlar sayesinde Türkiye, “kendi kendine yeten” bir demiryolu ülkesi olma yolunda önemli ilerlemeler kaydetmiştir.

Türkiye, büyükşehirlerdeki raylı ulaşım sistemlerinde dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla metro, tramvay ve banliyö araçlarında yerli üretimi artırmaya yönelik önemli adımlar atmıştır. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi kentlerde geçmişte ithal metro araçları kullanılırken, son yıllarda yerli metro araçları ve alt sistemlerinin geliştirilmesine odaklanılmıştır. Bu kapsamda, Kocaeli’de inşa edilen Gebze OSB-Darıca metro hattı için Türkiye’nin ilk yerli sürücüsüz metro trenleri Bozankaya firması tarafından üretilmiştir. Dört araçlı setlerden oluşan ve yaklaşık %70 yerlilik oranına sahip bu trenler, 1476 yolcu kapasiteli olacak şekilde tasarlanmıştır. Metro araçlarında kullanılan birçok alt bileşenin de artık yerli imkânlarla üretilebilmesi, teknolojik bağımsızlık açısından önemli bir gelişmedir.

Sinyalizasyon sistemleri alanında da benzer bir ilerleme kaydedilmiştir. İstanbul Kağıthane-İstanbul Havalimanı Metro Hattı’nda ASELSAN iş birliğiyle geliştirilen ve tamamen yerli yazılım-donanım altyapısına sahip CBTC (Communication-Based Train Control) sistemi kullanılmıştır. Bu uygulama, Türkiye’nin metro sinyalizasyon teknolojisinde dışa bağımlılığını azaltan ve otomasyon düzeyini artıran önemli bir dönüm noktası olmuştur.

Yerli üretimin desteklendiği bir diğer alan ise tramvay ve hafif raylı sistemlerdir. Bursa, Kayseri, Samsun, Antalya, Kocaeli ve İstanbul gibi şehirlerde geliştirilen yerli araçlar, kent içi toplu ulaşımında başarıyla kullanılmaktadır. Bursa merkezli Durmazlar firmasının “İpekböceği” ve “Panorama” modelleri ile Ankara merkezli Bozankaya’nın yüksek kapasiteli tramvayları, hem teknik performans hem de konfor açısından önemli bir düzeye ulaşmıştır. 2012 yılından bu yana Türkiye’de üretilen yerli tramvay ve LRT araç sayısı hızla artmış; 2018 itibarıyla beş şehirde toplam 212 araç aktif olarak hizmet vermeye başlamıştır. Bu gelişmede, kamu ihalelerinde uygulanan %51 asgari yerlilik şartı belirleyici rol oynamış; bu durum Türk raylı sistem sanayii açısından bir dönüm noktası olmuştur. Yerli üreticiler yalnızca yurt içi projelerde değil, uluslararası pazarlarda da rekabet gücü kazanmış ve birçok ülkeye ihracat gerçekleştirmiştir. Bu durum, üretilen araçların Avrupa standartlarını karşılayabildiğini ve küresel ölçekte talep gördüğünü ortaya koymaktadır.

Yüksek hızlı tren alanında da Türkiye önemli bir dönüşüm sürecine girmiştir. 2009 yılında YHT (Yüksek Hızlı Tren) işletmeciliğine başlayan Türkiye, ilk etapta yabancı menşeli tren setleri kullanmış; ancak zamanla millî hızlı tren setlerini geliştirme sürecini başlatmıştır. TÜRASAŞ öncülüğünde yürütülen Milli Elektrikli Hızlı Tren Projesi, saatte 225 kilometre hıza ulaşabilen, sekiz araçlı ve 584 yolcu kapasiteli tren setlerinin geliştirilmesini hedeflemektedir. Prototip üretimine 2023 yılında başlanmış olup, 2026-2028 döneminde toplam 14 setin hizmete alınması planlanmaktadır.

Bu trenler, yaklaşık %65 yerlilik oranıyla üretilecek ve mevcut 31 adet YHT setine önemli bir yerli katkı sağlayacaktır. Türkiye, bu çalışmalarla birlikte yüksek hızlı tren teknolojisini geliştiren ve üreten ülkeler arasında yer alma hedefini somut biçimde iletirmektedir.

Kent çeperlerinde ve metropol yakın çevresinde kullanılan banliyö hatlarında da yerleşme faaliyetleri hız kazanmıştır. Marmaray, Başkentray, İZBAN ve Gaziray gibi hatlarda kullanılmak üzere geliştirilen yerli araçlar, şehir içi yolcu taşımacılığına yönelik ithal EMU/DMU tren setlerine alternatif oluşturmaktadır. TÜRASAŞ tarafından geliştirilen Milli Banliyö Tren Seti’nin ilk prototipi 2023 yılı itibarıyla Gaziantep Gaziray hattında kullanıma hazır hale getirilmiş ve yıl içinde sekiz setlik üretim planlanmıştır. Bu araçlar, hem banliyö hatlarında hem de bölgesel yolcu hatlarında kullanılabilecek şekilde çok yönlü olarak tasarlanmıştır.

Aynı zamanda geleneksel bölgesel tren hatlarında da millî üretim çözümleri devreye alınmaktadır. Mayıs 2023’te Adapazarı-Gebze hattında hizmete giren ve “Yeni Sakarya” adıyla çalışmaya başlayan Milli Elektrikli Tren Setleri (EMU), 160 km/s işletme hızına, 324 yolcu kapasitesine ve yüksek yerlilik oranına sahiptir. Bu tren setleri, hem teknolojik kabiliyeti hem de yolcu konforunu önceleyen bir anlayışla tasarlanmış olup, şehir içi ve şehirler arası taşımacılığın yerleşmesine önemli katkı sağlamaktadır.

Türkiye’de şehirlerarası yolcu taşımacılığı alanında da modernizasyon ve millileştirme çalışmaları kararlılıkla sürdürülmektedir. EMU (elektrikli çoklu birim), DMU (dizel çoklu birim) tren setleri, metro vagonları ve yolcu vagonlarında yerli üretim kapasitesi önemli ölçüde gelişmiştir. TÜRASAŞ (günümüzde TÜRASAŞ) 1970’li yıllardan bu yana yolcu vagonu üretimiyle TCDD’nin ihtiyacını karşılamış, 2000’li yıllarda geliştirilen TVS2000 serisi konforlu vagonlar halen anahat trenlerinde kullanılmaya devam etmektedir. Ancak son dönemde Ar-Ge faaliyetleri, vagon düzeyinden komple tren seti üretimine yönelmiştir.



Bu kapsamda geliştirilen en önemli projelerden biri Milli Elektrikli Tren Seti (EMUS) Projesi'dir. 2013 yılında başlatılan proje kapsamında ilk prototip tren seti 2020 yılında raylara indirilmiş; test süreçlerinin tamamlanmasının ardından Mayıs 2023 itibarıyla yolcu taşımaya başlamıştır. 160 km/s işletme hızına ve 324 yolcu kapasitesine sahip bu tren, beş araçtan oluşmakta olup bölgesel taşımacılık için tasarlanmıştır. Prototip aşamasında %65 olan yerlilik oranının, seri üretimde %75'e çıkarılması hedeflenmiş ve bu doğrultuda ASELSAN, TÜBİTAK gibi kurumlar kritik alt sistemlerin geliştirilmesine katkı sunmuştur. Avrupa Birliği ülkelerinde de hizmet verebilmesini teminen gerekli tüm testleri başarıyla tamamlayan tren, TSI sertifikası olarak uluslararası geçerlilik kazanmıştır.

2023 yılı itibarıyla iki prototip ve bir seri üretim olmak üzere toplam üç tren seti üretilmiştir. Planlamalara göre 2024 sonunda dört, 2025 sonunda ise toplam 22 setin fiyoya katılması; orta vadede ise (2030 yılına kadar) bu sayının 56'ya ulaşması hedeflenmektedir. Paralel olarak, Milli Banliyö Tren Setleri ve dizel çoklu birim trenler (DMU) üzerine de çalışmalar sürdürülmektedir.

TÜBİTAK RUTE ve TÜRASAŞ iş birliğiyle yürütülen bu projelerde, 160 km/s hızında çalışan elektrikli ve dizel trenlerin özgün tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmektedir. Tüm bu gelişmeler, Türkiye'nin yolcu trenlerinde özgün tasarım ve üretim yetkinliği kazandığını açıkça göstermektedir.

Yolcu taşımacılığının yanı sıra yük taşımacılığı alanında da yerleşme yönündeki politikalar hız kazanmıştır. TCDD Taşımacılık, özellikle dizel-elektrikli anahat lokomotifleri ve yük vagonlarında dışa bağımlılığı azaltmayı hedefleyen stratejik yatırımlar gerçekleştirmektedir. Bu doğrultuda, Sivas'taki TÜRASAŞ (eski TÜDEMSAŞ) tesisleri uzun yıllardır yük vagonu üretmekte ve bu vagonları hem yurt içinde hem de yurt dışında değerlendirmektedir. Geliştirilen Yeni Nesil Milli Yük Vagonu, hafif gövde yapısı, yüksek taşıma kapasitesi ve düşük işletme maliyetleri ile öne çıkmakta ve uluslararası rekabette avantaj sağlamaktadır.

Türkiye, lokomotif üretiminde 2023 yılı itibarıyla stratejik bir eşiği geride bırakmıştır. TÜRASAŞ tarafından geliştirilen E5000 Millî Elektrikli Lokomotif, 5 MW (5000 kW) güç kapasitesine ve 140 km/s azami hıza sahip bir anahat lokomotif olarak öne çıkmaktadır. Tamamen yerli alt sistemlerle tasarlanan E5000, Avrupa Birliği demiryolu sistemlerine uyumluluğu gösteren TSI sertifikasını alan ilk Türk lokomotif olmuştur. Gerek teknik performansı gerekse sertifikasyon başarısıyla Türkiye'nin demiryolu endüstrisinde dışa bağımlılığı azaltması açısından simgesel bir projedir. TCDD, bu lokomotiflerden 2023 yılında 20 adet olmak üzere, 2027 yılı sonuna kadar toplam 95 adet satın almayı planlamaktadır. E5000, hem yolcu hem yük taşımacılığına uygun, çok amaçlı bir platform olarak değerlendirilmektedir.

Yük taşımacılığı kapsamında bir diğer dikkat çeken girişim, millî hibrit manevra lokomotif projesidir. TCDD Taşımacılık, TÜRASAŞ ve ASELSAN iş birliğinde geliştirilen bu hibrit lokomotifler, dizel motor ve batarya güç ünitelerini entegre ederek %40'a varan yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Türkiye, bu teknoloji sayesinde hibrit lokomotif geliştirebilen ve ticarileştirebilen sayılı ülkeler arasına girmiştir. Özellikle manevra operasyonlarında kullanılmak üzere tasarlanan bu lokomotifler, sadece ekonomik değil aynı zamanda çevre dostu çözümler sunarak demiryolu taşımacılığının sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır.

Lokomotifler, tren sistemlerinde çekici gücün sağlandığı en kritik bileşenler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin bu alandaki ilk adımı, 1961 yılında Eskişehir'de Tülomsaş tesislerinde üretilen ve "Karakurt" adı verilen buharlı lokomotif ile atılmıştır. Bunu takip eden yıllarda lisans altında dizel lokomotif üretimleri sürdürülmüş; ancak günümüzde özgün tasarım elektrikli lokomotiflerin geliştirilmesine odaklanılmıştır. E5000 projesi, bu dönüşümün teknik ve endüstriyel bir simgesi olarak değerlendirilmektedir. Lokomotifin cer güç sistemi, tren kontrol ve yönetim sistemi (TKYS), trafo ve yardımcı güç üniteleri gibi alt sistemleri tamamen yerli firmalar tarafından sağlanmakta olup, millî üretim kabiliyetinin geldiği noktayı açıkça ortaya koymaktadır.

Bu teknolojik atılımı destekleyen bir diğer önemli proje ise, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda yürütülen "Özgün Motor" girişimidir. Bu proje kapsamında geliştirilen 12 silindirli dizel lokomotif motoru, 2700 beygir güce ulaşabilmekte ve %100 yerli tasarım, %90 yerli imalat oranına sahiptir.

3.600 parçadan oluşan bu motor, lisans hakları tamamen Türkiye'ye ait olan ilk yerli lokomotif motoru olma özelliğini taşımaktadır. TÜRASAŞ tarafından seri üretimine geçilecek olan Özgün Motor sayesinde, lokomotiflerin güç kaynağına ilişkin dışa bağımlılığın büyük ölçüde ortadan kaldırılması hedeflenmektedir.

Demiryolu güvenliğinin en kritik unsurlarından biri olan sinyal ve kontrol sistemleri, Türkiye'de son yıllarda önemli Ar-Ge atılımlarının odağında yer almıştır. Önceden tamamıyla yabancı firmalardan tedarik edilen sinyalizasyon çözümlerinin yerini, günümüzde yerli teknolojiler almaya başlamıştır. Bu dönüşümün öncüsü konumundaki TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE), "Yerli Sinyal" projesi kapsamında Avrupa

standartlarına uygun ETCS Seviye 1 sinyalizasyon sistemini geliştirmiştir. SIL4 güvenlik düzeyine sahip olan bu sistem, ilk olarak İzmir'in Torbalı-Ödemiş hattında (70 km, 11 istasyon) başarıyla uygulanmıştır. Ardından Ankara-Kayseri ve Afyon-Denizli gibi anahat hatlarında da kademeli olarak yaygınlaştırılmış ve Ocak 2025 itibarıyla Türkiye genelinde toplam 36 istasyonda devreye alınmıştır. Bu gelişmeler, ülkenin sinyalizasyon altyapısında dışa bağımlılıktan kurtulma sürecinde önemli bir dönüm noktasıdır.

Kent içi raylı sistemlerde de benzer bir yerli üretim ivmesi yakalanmıştır. ASELSAN ve TÜBİTAK iş birliğiyle geliştirilen CBTC (Communication-Based Train Control) tabanlı metro sinyalizasyon sistemi, İstanbul Havalimanı metro hattında başarıyla uygulanmıştır. GOA4 seviyesinde insansız sürüş desteği sunan bu sistem, %100 yerli yazılım ve donanım ile tasarlanarak Türkiye'yi kendi otomatik tren kontrol (ATC) ve otomatik tren işletim (ATO) sistemlerini üretebilen sayılı ülkeler arasına taşımıştır. ASELSAN ayrıca, lokomotiflere entegre edilecek araç üstü sinyalizasyon sistemleri üzerinde de çalışmalar yürütmektedir. 2023 yılında ASELSAN ile TCDD Taşımacılık arasında imzalanan protokol kapsamında, 99 adet ana hat lokomotifine yerli sinyalizasyon cihazlarının entegre edilmesi planlanmıştır. Bu doğrultuda 2026 yılında 17, 2027'de 48 ve 2028'de 34 lokomotive ekipman montajı gerçekleştirilecektir. Geliştirilecek sistemin Avrupa standartlarına uygun şekilde sertifikalandırılması planlanmakta olup, emniyeti artırmanın yanı sıra bakım maliyetlerini de azaltması hedeflenmektedir. Böylece, Türkiye'de demiryolu sinyalizasyonuna ilişkin hem hat boyu hem de araç üstü düzeyde millî bir ekosistem oluşmaktadır.

Bu teknolojik dönüşüm yalnızca sinyal sistemleriyle sınırlı kalmamaktadır. TÜBİTAK RUTE tarafından geliştirilen Millî Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi (MTYKS), tren içerisindeki tüm alt sistemlerin gerçek zamanlı izlenmesini ve merkezi kumandasını sağlayarak, sürücü kaynaklı hataları minimize eden bir "tren beyin sistemi" işlevi görmektedir. Donanım ve yazılımı tamamen yerli olarak geliştirilen MTYKS, 2025 yılında "Türkiye Özel Ödülü"ne layık görülmüş ve teknik başarılarını ulusal ölçekte tescillemiştir.

Sinyalizasyonla entegre biçimde çalışan trafik kontrol merkezleri ve haberleşme altyapıları da Türkiye'nin yerli Ar-Ge stratejisinin kapsamına girmektedir. TCDD, Ankara'daki merkezinde ulusal tren trafiğini izlerken, geçmişte kullanılan yabancı menşeli yazılımlar yerine artık yerli yazılımlar tercih etmektedir.

Bu kapsamda TÜBİTAK BİLGEM tarafından geliştirilen GSM-R tabanlı TCDD Haberleşme Sistemi, tren-tren ve tren-merkez iletişimini güvenli ve kesintisiz şekilde sağlamaktadır.

ASELSAN da askeri haberleşme teknolojilerinde edindiği deneyimi raylı sistemlere aktarmış; tren radyo sistemleri ve dijital telsiz altyapılarını demiryollarına entegre etmiştir. Yeni nesil sinyalizasyon projeleri kapsamında, hat boyu ekipmanlar ile tren arasındaki haberleşmenin EN 50159 standardına uygun olarak şifreli ve güvenli biçimde yürütülmesi hedeflenmiştir. Bu sayede kritik haberleşme süreçleri dış kaynaklı siber tehditlere karşı daha dirençli hâle getirilmiş, demiryolu operasyonlarının güvenlik düzeyi uluslararası normlara taşınmıştır.

Yerli ve milli Ar-Ge Çalışmalarının Bazıları aşağıda belirtirmiştir.

### 8.1. Yerli Sinyalizasyon Çalışmaları

Demiryolu sinyalizasyon sistemleri, tren operasyonlarının güvenli ve verimli bir şekilde yürütülmesi açısından hayati öneme sahiptir. Türkiye, demiryolu altyapısını geliştirirken sinyalizasyon sistemlerinde dış bağımlılığı azaltmak ve yerli teknolojiler üretmek amacıyla stratejik Ar-Ge faaliyetlerine ağırlık vermektedir. Bu doğrultuda, hem geleneksel hem de modern sinyalizasyon sistemlerinin bir arada bulunduğu mevcut yapıda, özellikle Avrupa menşeli çözümlerin yerini yerli ve millî sistemler almaya başlamıştır. ERTMS/ETCS (Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi) standartlarına uygun sistemlerin yaygınlaşması da bu dönüşüm sürecinin önemli bir parçası olmuştur.

Bu millîleşme sürecinde öncü kurumlardan biri olan TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE), sinyalizasyon teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda kapsamlı çalışmalar yürütmektedir. Enstitü bünyesindeki Sinyalizasyon Sistemleri Bölümü, CENELEC SIL4 emniyet bütünlüğü düzeyine sahip anlaşılan sistemleri, CBTC (Communication-Based Train Control) hat boyu sistemleri ve bunlarla entegre çalışan Trafik Kontrol Merkezi sistemlerini tasarlamakta, geliştirmekte ve devreye almaktadır. Geliştirilen bu sistemler, uluslararası standartlarla tam uyumlu, genişletilebilir, esnek mimariye sahip, maliyet etkin ve yerli kaynaklarla üretilmiş çözümler sunmaktadır.

TÜBİTAK RUTE'nin sinyalizasyon sistemlerine yönelik geliştirmeleri, iki ana başlıkta sınıflandırılmaktadır: ana hat demiryolu uygulamaları ve kent içi raylı sistemler (CBTC tabanlı çözümler).

Ana Hatlara Yönelik Geliştirilen Sistemler:

- SIL4 emniyet düzeyine sahip Anlaşman Sistemi
- ETCS Seviye 1 Hat Boyu Sinyalizasyon Sistemi
- Trafik Kontrol Merkezi Sistemi

Kent İçi Hatlara Yönelik Geliştirilen Sistemler (CBTC):

- CBTC Hat Boyu Sinyalizasyon Sistemi
- Hat Boyu ATP (Automatic Train Protection), Hat Boyu ATO (Automatic Train Operation)
- Emniyetli kablosuz haberleşme sistemleri

Söz konusu sistemler, modüler ve ölçeklenebilir mimari yapı sayesinde farklı üreticilere ait saha ekipmanlarıyla sorunsuz entegrasyon sağlayabilmektedir. Geliştirme sürecinde ETCS Seviye 1 için Avrupa Birliği standartları, kent içi raylı sistemler için ise IEC 62290-3 standardı esas alınmıştır.

Trafik Kontrol Merkezi bileşeni, tren trafiğinin daha güvenli, verimli ve merkezi şekilde yönetilmesini sağlayan otomatik fonksiyonlar sunmakta; kullanıcı dostu arayüzü sayesinde farklı türde anlaşman sistemleriyle birlikte çalışabilmektedir.

TÜBİTAK RUTE, Türkiye’de SIL4 emniyet bütünlüğüne sahip ilk ve tek yerli sinyalizasyon sistemlerini geliştiren kurum olma özelliğine sahiptir. Bu çerçevede uygulamaya alınan başlıca projeler şunlardır:

- **CBTC SIL4 Hat Boyu Sinyalizasyon Sistemi:** Türkiye’nin insansız sürüşü destekleyen (GOA4) ilk ve tek SIL4 düzeyi metro sinyalizasyon sistemidir. Gayrettepe–İstanbul Havalimanı, İstanbul Havalimanı–Halkalı ve Gebze–Darıca metro hatlarında uygulanmaktadır.
- **ETCS Seviye 1 SIL4 Hat Boyu Sinyalizasyon Sistemi:** Türkiye’nin ilk ve tek yerli ETCS Seviye 1 sistemi olup, İzmir Torbalı–Tire–Ödemiş hattında aktif olarak kullanılmaktadır.
- **SIL4 Ana Hat Sinyalizasyon (Anlaşman) Sistemi:** Türkiye’nin ilk yerli anlaşman sistemi olma özelliğini taşıyan bu sistem, farklı üreticilere ait saha ekipmanlarıyla entegre edilebilir şekilde tasarlanmıştır.

Türkiye’de demiryolu sinyalizasyon sistemlerinde dış bağımlılığı azaltmak ve yerli teknolojiler geliştirmek hedefiyle yürütülen Ar-Ge faaliyetleri kapsamında ASELSAN önemli bir rol üstlenmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen COBALT Metro Sinyalizasyon Sistemi, haberleşme tabanlı tren kontrolü (CBTC) teknolojisine dayalı olarak tasarlanmış ve trenin hassas konum bilgisini, ray devrelerine ihtiyaç duymaksızın, çift yönlü kesintisiz haberleşme aracılığıyla emniyetli şekilde belirleyebilecek nitelikte yapılandırılmıştır.

COBALT Metro Sinyalizasyon Sistemi’nin Temel Özellikleri:

- **Akıllı ve Entegre Sistem Yaklaşımı:** Sistem, hem yeni metro hatlarının inşası hem de mevcut hatların modernizasyonu için tüm otomasyon seviyelerinde entegre bir çözüm sunmakta; altyapı ve üstyapı bileşenleriyle bütünsel çalışabilmektedir.
- **COBALT Maestro Trafik Yönetimi:** Sisteme entegre edilen COBALT Maestro Trafik Yönetim ve İzleme Platformu sayesinde tren trafiği merkezi olarak izlenebilmekte ve operasyonel verimlilik artırılmaktadır.
- **Otomatik Tren İşletimi (ATO):** Enerji verimliliği odaklı algoritmalarla desteklenen otomatik sürüş özelliği, hattın işletme optimizasyonunu sağlamakta ve insan hatalarını minimize etmektedir.
- **Hareketli Blok Teknolojisi:** Sabit blok sistemlerinin aksine dinamik güvenlik mesafeleri sunan bu teknoloji sayesinde trenler arası takip mesafesi azaltılmakta, böylece hat kapasitesi artırılmakta ve sefer aralıkları düşürülmektedir.
- **IP Tabanlı ve Dağıtık Mimari:** Sistem, IP altyapısı üzerine inşa edilmiş dağıtık yapısı sayesinde saha ve araç üstü donanımların hızlı ve esnek entegrasyonuna olanak sağlamaktadır.
- **Yüksek Emniyet Bütünlüğü:** COBALT sistemi, SIL4 seviyesinde emniyet bütünlüğüne sahip olup; EN 50126, EN 50128, EN 50129, EN 50159, EN 50125, EN 50121, EN 61000, IEC 62290 ve IEEE 1474 gibi uluslararası güvenlik ve performans standartlarına tam uyumludur.

COBALT Metro Sinyalizasyon Sistemi, Türkiye’de birçok stratejik projede başarıyla uygulanmaktadır. 2019 yılında Metro İstanbul A.Ş. ile imzalanan “Yenikapı–Otogar–Havalimanı–Kirazlı–Halkalı Metrosu Araç Üstü Sinyalizasyon Sistemi Tedariki Projesi”, sistemin ilk önemli uygulamalarından biri olmuştur.

Ayrıca Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM) tarafından yürütülen çeşitli projelerde de ASELSAN sinyalizasyon yüklenicisi olarak görev almaktadır. Bu kapsamda:

- Gayrettepe-İstanbul Yeni Havalimanı Metro Hattı,
- Halkalı-İstanbul Yeni Havalimanı Metro Hattı,
- Gebze-Darica Metro Hattı

gibi önemli kent içi hatlarda ASELSAN'ın geliştirdiği sistemler kullanılmaktadır.

Bu projeler, ASELSAN'ın yerli sinyalizasyon alanında teknik kabiliyetlerini kanıtlamış ve Türkiye'nin metro sistemlerinde dışa bağımlılığını azaltan kritik adımlar arasında yer almıştır.

## 8.2. Yeni Nesil Milli Yük Vagonu

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli teknolojileri geliştirmek amacıyla son yıllarda önemli yatırımlar gerçekleştirmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen Yeni Nesil Milli Yük Vagonu, özgün tasarımı, artırılmış taşıma kapasitesi ve düşük işletme maliyetleriyle öne çıkmaktadır. Proje, demiryolu taşımacılığında verimliliği artırmanın yanı sıra, ülkenin yerli ve millî üretim kapasitesini güçlendirmeyi hedeflemektedir.

Yeni nesil yük vagonlarının en dikkat çeken özelliklerinden biri hafif gövde yapıları sayesinde sağlanan yüksek taşıma kapasitesidir. Bu sayede, işletmeciler için hem ekonomik avantaj hem de enerji verimliliği sağlanmaktadır. TÜRASAŞ Ar-Ge Merkezi tarafından geliştirilen Y25 Ls(s)d-KP1 tipi boji ile donatılan bu vagonlar, tam yüklü durumda 120 km/s hıza ulaşabilmektedir. Bu özellik, Türkiye'de bu hız rejimine sahip ilk yük vagonu bojisi olarak sektörde önemli bir yenilik niteliği taşımaktadır.

Rgns tipi yük vagonu ise sahip olduğu 80 farklı yükleme senaryosu ve entegre boji fren sistemiyle çok amaçlı kullanım imkânı sunmaktadır. Vagonun modüler tasarımı, konteyner taşımacılığına ek olarak uzun profil ve yassı mamuller ile boru gibi çeşitli yüklerin taşınmasına da olanak tanımaktadır. Bu esneklik, demiryolu taşımacılığının farklı sektör ihtiyaçlarına uyarlanabilirliğini artırmakta ve operasyonel kabiliyetleri genişletmektedir.

Yerli üretim yük vagonları, yalnızca yurt içinde değil, uluslararası pazarda da ilgi görmektedir. Özellikle Almanya, Avusturya, Macaristan ve Azerbaycan gibi ülkelerin talebi, Türkiye'nin bu alandaki teknolojik yeterliliğini ortaya koymaktadır. Azerbaycan ile başlatılan iş birliği kapsamında 600 adet yük vagonunun üretimi planlanmakta olup, bu ortaklık iki ülke arasındaki ticari ilişkileri derinleştirmekte ve bölgesel lojistik ağların gelişimine katkı sunmaktadır.

TÜRASAŞ tarafından üretilen 27 adet konteyner vagonu, TCDD Taşımacılık Genel Müdürlüğü'ne teslim edilmiştir. Bu vagonlar, 2 adet 40 ayak konteyner taşıma kapasitesine sahip olup, toplamda 108 tona kadar yükleme imkânı sunmaktadır. Üretim kapasitesinin artırılmasına yönelik planlamalar kapsamında, 2025 yılında 200 adet, 2026 yılında ise 480 adet yük vagonunun imal edilmesi hedeflenmektedir. Bu üretim süreci, Türkiye'nin yük taşımacılığında daha rekabetçi bir aktör olmasına katkı sağlayacaktır.

Yeni Nesil Milli Yük Vagonu projesi, Türkiye'nin demiryolu taşımacılığı alanında yerli ve millî üretim gücünü artırmakta; teknolojik yenilikler sayesinde uluslararası rekabet ortamında avantaj elde etmesini mümkün kılmaktadır. Bu gelişmeler, ülkenin lojistik sektöründe daha etkin, bağımsız ve sürdürülebilir bir yapıya ulaşmasına önemli ölçüde katkı sunmaktadır.

## 8.3. Milli Hızlı Tren

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak ve stratejik ulaştırma yatırımlarını millî kaynaklarla gerçekleştirmek amacıyla Milli Hızlı Tren Projesi'ni yürürlüğe koymuştur. Bu proje, yüksek hızlı demiryolu teknolojilerinde yerli üretim kabiliyetlerinin artırılması ve teknoloji geliştirme kapasitesinin güçlendirilmesi açısından önemli bir kilometre taşı niteliğindedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı koordinasyonunda sürdürülen çalışmalar, Türkiye'nin kendi özgün hızlı tren setlerini geliştirme hedefi doğrultusunda ilerlemektedir.

Projede, Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii A.Ş. (TÜRASAŞ) tarafından tamamen yerli imkânlarla üretilecek hızlı tren setleri, 225 kilometre/saat işletme hızına ulaşacak şekilde tasarlanmıştır. Her bir set, 8 vagon oluşmakta ve toplamda 584 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Alüminyum gövde yapısına sahip bu trenler, uluslararası demiryolu standartlarına uygun olarak üretilmekte; 1435 mm hat açıklığı, 300 kN maksimum çeker kuvveti ve 18 tonun altında aks yükü gibi teknik özelliklerle donatılmaktadır.

Projenin tasarım aşaması 2024 yılının son çeyreğinde tamamlanmış ve montaj sürecine geçilmiştir. Statik testler fabrika ortamında başarıyla tamamlanmış olup, 2025 yılının son çeyreğinde trenin raylara indirilerek dinamik testlere başlanması planlanmaktadır. TÜRASAŞ, montaj sürecinde ilk gövde kaynağını 8 Şubat 2025 tarihinde gerçekleştirmiş ve test takvimini Ulaştırma Bakanlığı ile koordineli biçimde ilerletmektedir. Süreçler planlandığı gibi tamamlandığında, milli hızlı trenin 2025 yılı sonu itibarıyla prototip üretiminin tamamlanacağı hedeflenmektedir.

Hızlı tren yalnızca teknik performansıyla değil, aynı zamanda sunduğu konfor ve teknolojik donanımlarla da dikkat çekmektedir. Trenlerde; bölmelere entegre hayalet ekranlar, temassız hızlı şarj özelliğine sahip katlanır masalar, ergonomik deri ve kumaş karışımı koltuklar, bistro alanında 3 boyutlu ekran sistemleri ve endirekt aydınlatma gibi yolcu konforunu artıran birçok yenilikçi özellik yer almaktadır. Bu özellikler sayesinde, kullanıcı deneyimi uluslararası yüksek hızlı tren standartlarıyla rekabet edebilir seviyeye taşınmaktadır.

Bunun yanı sıra, trenin en kritik bileşenleri olan cer sistemi ve kontrol yönetim sistemi de yerli imkânlarla geliştirilmektedir. TÜBİTAK RUTE ile yürütülen ortak Ar-Ge çalışmaları sonucunda geliştirilen “Milli Cer Sistemi” ve “Tren Kontrol Yönetim Sistemi”, bu araçlarda entegre biçimde kullanılacaktır. Bu sayede, dışa bağımlılık azaltılırken aynı zamanda yüksek teknolojiye bileşenlerin yurtiçinde üretimi sağlanmakta ve millî teknoloji ekosistemi desteklenmektedir.

TÜRASAŞ, yaklaşık 4.000 kişilik teknik personeli ve 370.000 m<sup>2</sup>'lik kapalı üretim alanıyla projeyi sürdürmekte; yalnızca üretim değil, aynı zamanda sertifikasyon, test ve bakım süreçlerini de kapsayan entegre bir mühendislik yaklaşımı uygulamaktadır. %65 yerlilik oranıyla üretilen bu tren setleri, Türkiye'yi yüksek hızlı tren teknolojisi üreten ülkeler ligine taşıma hedefinin somut bir örneğini oluşturmaktadır.

Milli Hızlı Tren Projesi; Türkiye'nin ulaşım altyapısında teknolojiye dayalı dönüşümünü simgeleyen, sürdürülebilir, yerli ve rekabetçi bir demiryolu sisteminin inşasına öncülük etmektedir. Bu proje yalnızca teknik bir üretim hamlesi değil; aynı zamanda Türkiye'nin ulaştırma stratejilerinde bağımsızlık, güvenlik ve verimlilik ekseninde şekillenen bir gelecek vizyonunun somut yansımasıdır.

#### **8.4. Milli Elektrikli Tren Seti**

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli üretim kapasitesini artırmak amacıyla Milli Elektrikli Tren Seti projesini hayata geçirmiştir. Bu proje, bölgesel yolcu taşımacılığına yönelik olarak geliştirilen ilk yerli elektrikli tren setlerini kapsamaktadır. Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii A.Ş. (TÜRASAŞ) tarafından uluslararası standartlara uygun şekilde üretilen bu trenler, saatte 160 kilometre işletme hızına ulaşabilmekte ve yüksek enerji verimliliğiyle dikkat çekmektedir.

Her bir tren seti, 322+2 yolcu kapasitesine sahip olup, alüminyum gövde yapısı sayesinde hem hafiflik hem de dayanıklılık sunmaktadır. Modern tasarımıyla da öne çıkan araçlar, bölgesel hatlardaki taşıma kapasitesini artırarak, konforlu ve çevre dostu bir ulaşım çözümü sunmaktadır. Bu özellikleriyle Milli Elektrikli Tren Seti, Türkiye'nin sürdürülebilir ulaşım politikalarıyla da uyumlu bir altyapı yatırımı olarak değerlendirilmektedir.

İlk millî elektrikli tren seti, 27 Nisan 2023 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Taşımacılık Genel Müdürlüğü'ne 3 set olarak teslim edilmiş ve Adapazarı-Gebze hattında hizmet vermeye başlamıştır. Kısa sürede yolculardan olumlu geri bildirimler alan tren seti; sessiz sürüşü, konforlu iç mekân tasarımı ve seferlerin zamanında gerçekleşmesiyle büyük beğeni toplamıştır. Mayıs 2025 itibarıyla 5 tren seti aktif olarak işletmeye alınmış olup, yıl sonuna kadar toplamda 22 setin hizmete girmesi planlanmaktadır.

Projede uzun vadeli hedefler de belirlenmiştir. 2030 yılına kadar toplamda 56 adet Milli Elektrikli Tren Seti'nin üretilmesi öngörülmektedir. Bu hedef, yalnızca yurtiçindeki bölgesel hatlara yönelik ihtiyacı karşılamayı değil, aynı zamanda yurt dışı pazarlara yönelik rekabetçi bir ürün portföyü oluşturmayı da amaçlamaktadır. Projenin ölçeklenebilir yapısı sayesinde, üretim kapasitesinin talebe göre artırılması da mümkündür.

Milli Elektrikli Tren Seti'nin üretim sürecinde yerlilik oranı önemli bir gösterge olarak ele alınmaktadır. Prototip üretiminde %65 seviyesinde olan yerlilik oranının, seri üretimle birlikte %75'e çıkarılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, cer motoru, transformatör, dişli kutusu ve tren kontrol yönetim sistemi gibi kritik bileşenler ASELSAN tarafından yerli olarak üretilmekte ve tren setlerine entegre edilmektedir. Böylece Türkiye, demiryolu sektöründe yüksek katma değerli teknolojileri yerli kaynaklarla karşılayabilme yetkinliği kazanmaktadır.

Sertifikasyon açısından da önemli başarılar elde edilmiştir. Milli Elektrikli Tren Seti, Avrupa Birliği demiryolu sektöründe karşılıklı işletilebilirlik sağlayan TSI (Technical Specifications for Interoperability) belgesine sahiptir. Bu belge, trenin uluslararası pazarlarda da kullanılabilirliğini göstermekte ve Türkiye'nin demiryolu teknolojisi ihracatı için yeni fırsatların önünü açmaktadır. Ayrıca, TSI belgesi sayesinde güvenlik, performans ve kalite açısından Avrupa standartlarına tam uyum sağlanmaktadır.



Trenlerin performansına ilişkin veriler de projenin başarısını ortaya koymaktadır. 2023 sonunda işletmeye alınan ilk iki tren seti, 10 ay içinde 1.735 sefer gerçekleştirmiş ve yaklaşık 390.000 yolcu taşımıştır. Bu veriler, Milli Elektrikli Tren Seti'nin hem güvenilir hem de yoğun hatlarda etkin bir şekilde çalışabildiğini göstermektedir. Yolcu memnuniyetinin yüksek olması, projenin kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımını da desteklemektedir.

TCDD Taşımacılık, 22 adet 160 km/s hızındaki tren setinin yanı sıra, 225 km/saat hızı sahip 14 adet hızlı tren seti için de TÜRASAŞ ile anlaşma yapmıştır. Bu kapsamda geliştirilen hızlı tren setlerinin 2026-2028 yılları arasında teslim edilmesi planlanmaktadır. Böylece Milli Elektrikli Tren Projesi, hem bölgesel hem de yüksek hızlı hatlar için ölçeklenebilir bir çözüm haline gelmektedir.

Milli Elektrikli Tren Seti Projesi; Türkiye'nin raylı ulaşımında millî üretim ve teknoloji geliştirme hedeflerine hizmet eden stratejik bir yatırımdır. Yüksek yerlilik oranı, uluslararası sertifikasyon düzeyi ve kullanıcı dostu tasarımıyla bu proje, yalnızca ulaştırma sektörüne değil, aynı zamanda savunma sanayii ve teknoloji üretimine de katkı sunmakta; Türkiye'nin demiryolu sektöründe küresel bir aktör olma vizyonunu desteklemektedir.

### 8.5. E5000 Elektrikli Anahat Lokomotifi

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli teknolojileri geliştirmek amacıyla stratejik projeler yürütmektedir. Bu projelerden biri olan E5000 Elektrikli Anahat Lokomotifi, ülkemizin ilk yerli ve millî elektrikli anahat lokomotifi olarak demiryolu sektöründe önemli bir kilometre taşıdır. TÜRASAŞ tarafından geliştirilen ve üretilen bu lokomotif, hem yük hem de yolcu taşımacılığına uygun şekilde tasarlanmıştır.

E5000 lokomotifi, 5000 kW güç çıkışına ve AC-AC tahrik sistemine sahiptir. Saatte 140 kilometre azami hız ulaşabilen araç, performans bakımından sınıfındaki uluslararası lokomotiflerle rekabet edebilir düzeydedir. Proje kapsamında Avrupa Birliği demiryolu sistemleriyle karşılıklı işletilebilirlik esaslarını tanımlayan TSI (Technical Specifications for Interoperability) sertifikası alınarak, lokomotifin uluslararası hatlarda kullanılabilirliği de garanti altına alınmıştır.

Söz konusu lokomotifin geliştirilmesinde TÜRASAŞ ile TÜBİTAK RUTE iş birliği içinde çalışılmıştır. Proje sürecinde cer motorları, konvertör sistemleri, trafo, yardımcı güç ünitesi (APU) ve tren kontrol yönetim sistemi (TKYS) gibi kritik alt bileşenler yerli imkânlarla tasarlanmış ve üretilmiştir. Cer motorları her biri 1280 kW gücünde olup, bugüne dek Türkiye'de geliştirilmiş en güçlü motorlar arasında yer almaktadır.

Prototip üretim aşamasında yerlilik oranı %65 seviyesinde gerçekleşmiştir. Seri üretimle birlikte bu oranın %80'in üzerine çıkarılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, proje yalnızca dışa bağımlılığı azaltmakla kalmamakta; aynı zamanda yerli tedarikçi ekosistemini genişleterek savunma sanayii ve ulaşım sektörlerinde teknolojik birikimin artmasına da katkı sunmaktadır.

E5000 lokomotiflerinin seri üretimi kapsamında, TCDD Taşımacılık A.Ş. ile Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş. (TÜRASAŞ) arasında 95 adetlik üretim anlaşması imzalanmıştır. Mart 2024'te imzalanan bu sözleşme doğrultusunda, lokomotiflerin teslimatlarının üç yıl içerisinde tamamlanması planlanmaktadır. Teslimat takvimine göre; 2025 yılı sonuna kadar 20 adet, 2026 yılında 30 adet ve 2027 yılı sonuna kadar kalan 45 adet E5000 lokomotifinin TCDD Taşımacılık A.Ş.'ye teslim edilmesi öngörülmektedir. Bu kapsamda, ilk 3 adet E5000 lokomotifin teslimatı başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu üretim süreci, TÜRASAŞ'ın Eskişehir tesislerinde yürütülmektedir. Tesiste yürütülen imalat, montaj, test ve sertifikasyon süreçleri, yüksek hassasiyetli kalite standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda geliştirilen altyapı, Türkiye'nin gelecekte daha yüksek güçlü lokomotif projeleri geliştirmesi için de sağlam bir temel oluşturmaktadır.

E5000 projesi yalnızca iç pazardaki ihtiyacı karşılamakla sınırlı kalmamaktadır. TSI sertifikası sayesinde bu lokomotiflerin uluslararası pazarlara ihraç edilmesi de mümkün hâle gelmiştir. Lokomotifin hem teknolojik kabiliyetleri hem de maliyet avantajı, özellikle Orta Asya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri gibi hedef pazarlarda rekabet gücü yüksek bir ürün olmasını sağlamaktadır.

E5000 Elektrikli Anahat Lokomotifi Projesi, Türkiye'nin yerli ve millî demiryolu araçları geliştirme hedefi doğrultusunda önemli bir adımı temsil etmektedir. Yüksek performanslı teknik yapısı, artan yerlilik oranı, uluslararası sertifikasyonu ve yaygın üretim planlaması ile bu lokomotif, ülkemizin demiryolu taşımacılığında teknolojik bağımsızlığını güçlendirecek stratejik bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

#### 8.6. Milli Cer Sistemi ve Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi

Türkiye, raylı ulaşım sektöründe dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli üretim kabiliyetlerini artırmak amacıyla demiryolu araçlarına yönelik kritik sistemlerin millileştirilmesine büyük önem vermektedir. Bu doğrultuda geliştirilen Milli Cer Sistemi ve Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi (TKYS), yerli mühendislik gücüyle hayata geçirilen en stratejik teknolojik adımlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Söz konusu sistemlerin geliştirilmesinde ASELSAN ve TÜBİTAK RUTE gibi kurumsal aktörler öncü rol üstlenmektedir.

ASELSAN, raylı sistemlerde ileri elektronik ve güç elektroniği çözümleri üreterek özgün cer sistemleri ve tren kontrol sistemleri tasarlamaktadır. Bu çabaların en somut çıktılarından biri olan ASELRail CESUR, Türkiye'de yolcu taşımacılığına yönelik olarak geliştirilen ilk ve tek millî cer motoru sürücüdür.

Bu birim; çift motor sürücüsü, yardımcı güç ünitesi, batarya şarj modülü ve sıvı soğutmalı sistemin kompakt yapıda entegre edildiği bir teknolojik çözüm sunmaktadır. Sistem, enerji verimliliği, kompaktlık ve bakım kolaylığı gibi açılardan rekabetçi avantajlar sağlamaktadır.

ASELSAN tarafından geliştirilen Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi (TKYS), trenin hızlanma kontrolü, kapı yönetimi, aydınlatma ve yolcu geçiş sistemleri gibi temel işletme işlevlerinin yanı sıra, iklimlendirme ve yolcu bilgilendirme gibi konfor odaklı alt sistemleri de yönetmektedir. Tamamen modüler olarak tasarlanan TKYS, kontrol algoritmaları, elektronik donanımları ve yazılım mimarisi dâhil olmak üzere tüm bileşenleriyle ASELSAN mühendisleri tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemin özgün mimarisi, tren operasyonlarında yüksek güvenilirlik ve siber güvenlik uyumu sunmaktadır.

TÜBİTAK RUTE ise raylı taşıtlara yönelik özgün elektrikli tahrik ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde uzmanlaşmıştır. Kurum bünyesindeki Elektrikli Araç Teknolojileri Bölümü, cer motorları, cer kontrol üniteleri, cer konvertörleri ve TKYS donanım ve yazılımlarını geliştirme yetkinliğine sahiptir. RUTE'nin çalışmaları, sadece tekil bileşenlerin değil, tüm raylı araç elektronik alt sistemlerinin birbirine entegre şekilde çalışmasını sağlayan kapsamlı platformların oluşturulmasını hedeflemektedir.

Özellikle Milli Elektrikli Tren Projesi kapsamında TÜBİTAK RUTE tarafından geliştirilen cer motoru, cer kontrol ünitesi ve TKYS sistemleri aktif olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin tren setlerine başarıyla entegre edilmesi, Türkiye'nin demiryolu taşımacılığına yönelik ileri teknoloji üretiminde dışa bağımlılığı ciddi oranda azalttığını göstermektedir. Aynı zamanda bu sistemlerin yerli kaynaklarla geliştiriliyor olması, yedek parça tedariği, sistem güncellemeleri ve uzun vadeli bakım maliyetlerinde de önemli avantajlar sağlamaktadır.

ASELSAN ve TÜBİTAK RUTE'nin birlikte yürüttüğü bu çalışmalar, millî demiryolu teknolojilerinde sürdürülebilirlik, operasyonel verimlilik ve güvenlik gibi kritik parametreleri desteklemektedir. Özellikle yerli cer ve TKYS çözümlerinin hem yük hem de yolcu taşımacılığına uygun platformlara entegre edilmesi, Türkiye'nin raylı ulaşım alanında uluslararası rekabet gücünü artırmaktadır. Bu sistemlerin TSI ve benzeri uluslararası uygunluk kriterlerine göre tasarlanıyor olması, yurt dışına ihraç edilebilir ürün altyapısının da oluşmasına katkı sağlamaktadır.

Milli Cer Sistemi ve Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi, Türkiye'nin raylı sistem teknolojilerinde yerleşme ve teknolojik bağımsızlık hedeflerini gerçekleştirme yolunda stratejik öneme sahip yapı taşlarıdır. ASELSAN ve TÜBİTAK RUTE'nin geliştirdiği bu kritik alt sistemler, sadece bugünün değil, gelecekteki yüksek hızlı tren projeleri ve ihracat odaklı raylı sistem girişimleri açısından da temel teşkil etmektedir.

#### 8.7. HSL-700 Hibrit Manevra Lokomotif

Türkiye, demiryolu taşımacılığında hem dışa bağımlılığı azaltmak hem de çevre dostu teknolojiler geliştirmek amacıyla stratejik projelere hız kazandırmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen HSL-700 Hibrit Manevra Lokomotif, ülkemizin ilk yerli ve lisanssız hibrit lokomotif olarak raylı ulaşım teknolojilerinde önemli bir dönüm noktasını temsil etmektedir. TÜRASAŞ, TCDD Taşımacılık A.Ş. ve ASELSAN iş birliğiyle geliştirilen bu proje, sürdürülebilir ve düşük emisyonlu taşıma çözümleri sunmayı amaçlamaktadır.

HSL-700, hibrit tahrik teknolojisini esas alarak daha küçük hacimli bir dizel motor ile yüksek kapasiteli lityum-iyon bataryaların birlikte çalıştığı bir sistem yapısına sahiptir. Bu yapı sayesinde, lokomotifin düşük hızdaki hareketleri ve start-stop operasyonları tamamen elektrikli tahrikle gerçekleştirilmektedir. Bu durum, şehir içi manevra hatlarında egzoz emisyonlarının azaltılmasına ve yakıt tüketiminin düşürülmesine olanak tanımaktadır.

Projenin en dikkat çeken teknik özelliklerinden biri, rejeneratif frenleme sistemi ile bataryaların şarj edilmesini sağlayan geri kazanım mekanizmasıdır. Lokomotif yavaşlarken açığa çıkan kinetik enerji, elektrik enerjisine dönüştürülerek bataryalarda depolanmaktadır. Bu sistem, enerji verimliliğini artırmakta ve işletme maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Ayrıca, hibrit sistemin sunduğu sessiz çalışma avantajı, özellikle kentsel alanlarda gürültü kirliliğini minimize etmektedir.

ASELSAN'ın geliştirdiği cer sürücü sistemleri ve enerji yönetim çözümleri, bu hibrit lokomotifin çekiş performansını ve enerji optimizasyonunu sağlayan en temel unsurlardan biridir. Lokomotifin elektronik kontrol sistemleri, modüler ve güncellenebilir bir yapıya sahip olup hem dizel hem de elektrikli modlarda dinamik geçişlere olanak tanımaktadır. Bu sayede HSL-700, klasik manevra lokomotiflerine göre çok daha çevik, esnek ve düşük bakım gereksinimli bir platform sunmaktadır.

HSL-700, yalnızca teknolojik açıdan değil, aynı zamanda yerli mühendislik kabiliyetleri açısından da öne çıkmaktadır. Proje kapsamında kullanılan tüm ana bileşenler Türkiye'de geliştirilmiş olup, dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik önemli bir örnek teşkil etmektedir. Özellikle batarya yönetim sistemi, güç elektroniği üniteleri ve çekiş kontrol sistemleri tamamen yerli olarak tasarlanmış ve entegrasyonu sağlanmıştır.

HSL-700 Hibrit Manevra Lokomotifi, Türkiye'nin yeşil ulaşım vizyonunu yansıtan ve karbon emisyonlarının azaltılması hedefiyle örtüşen yenilikçi bir demiryolu aracıdır. Bu proje ile hem sürdürülebilirlik hem de teknolojik bağımsızlık hedeflerine önemli bir katkı sunulmuş; manevra lokomotiflerinin geleceği adına çevreyle dost, ekonomik ve yerli bir çözüm ortaya konmuştur.

#### 8.8. E1000 Elektrikli Manevra Lokomotif

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak ve stratejik sistemleri yerli imkânlarla geliştirmek amacıyla 2010'lu yılların başında önemli Ar-Ge yatırımlarına yönelmiştir. Bu vizyon doğrultusunda geliştirilen E1000 Elektrikli Manevra Lokomotifi, Türkiye'nin raylı sistemlerde çekiş ve kontrol sistemlerini yerli olarak ürettiği ilk örnek olma özelliğine sahiptir. Proje, Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii A.Ş. (TÜLOMSAŞ) ile TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) iş birliğinde hayata geçirilmiştir.

E1000 projesi kapsamında, cer konvertörü, cer kontrol ünitesi ve tren kontrol ve yönetim sistemi (TKYS) gibi raylı sistemlerin en kritik bileşenleri yerli olarak geliştirilmiş ve üretilmiştir. Bu sistemler, lokomotifin hareket kabiliyeti, enerji yönetimi ve operasyonel güvenliğini sağlayan temel teknolojilerdir. Yerli üretim süreci, Türkiye'nin yazılım, donanım ve sistem entegrasyon kabiliyetlerini raylı taşıma teknolojilerine aktarmasında önemli bir eşik oluşturmuştur.

Prototip lokomotif, 8 Ekim 2015 tarihinde Eskişehir'de kamuoyuna tanıtılmıştır. Tanıtım sonrasında gerçekleştirilen test sürüşlerinde lokomotif, 1000 tonluk yükü 65 km/s hıza ulaşılarak performans kriterlerini başarıyla karşılamıştır. Ayrıca, %2,8 eğimli hatlarda yapılan denemelerde, 520 tonluk yükü gerçekleştirilen rejeneratif frenleme testleri de başarıyla tamamlanmıştır. Bu sonuçlar, E1000'in hem çekiş gücü hem de enerji geri kazanımı açısından etkin bir sistem sunduğunu göstermektedir.

E1000 projesi, Türkiye'nin raylı sistem sektöründe yalnızca araç gövdesi değil, aynı zamanda çekiş elektroniği ve kontrol yazılımlarını da geliştirebilen bir ülke konumuna yükselmesini sağlamıştır. Bu proje sayesinde kazanılan mühendislik tecrübesi ve teknik bilgi birikimi, E5000 Elektrikli Anahat Lokomotifi ve Milli Yüksek Hızlı Tren projelerinde doğrudan kullanılmış; Türkiye'nin demiryolu alanındaki yerleşme sürecinde kritik bir temel teşkil etmiştir.

E1000 Elektrikli Manevra Lokomotifi, Türkiye'nin raylı ulaşım sistemlerinde kendi özgün çözümlerini üretebilme yetkinliğini ortaya koyduğu öncü bir proje olmuştur. Bu projeye kazanılan teknolojik altyapı, yalnızca bir lokomotif üretimini değil, aynı zamanda raylı sistemlerde sürdürülebilir, yerli ve bağımsız bir sanayi yapısının inşasını mümkün kılmıştır.

#### 8.9. DE10000 Dizel-Elektrikli Manevra Lokomotif

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak ve kritik teknolojilerde yerli çözümler üretmek amacıyla birçok stratejik projeye imza atmaktadır. Bu projelerden biri olan DE10000 Dizel-Elektrikli Manevra Lokomotifi, TÜRASAŞ tarafından geliştirilen ve üretilen özgün bir araç olarak öne çıkmaktadır. Proje, Türkiye'nin lokomotif tasarım ve üretim yetkinliklerini ileri seviyeye taşıyan önemli bir Ar-Ge başarısıdır.

DE10000, hem dizel motorlu hem de elektrikli tahrik sistemini bir arada sunan hibrit özellikli bir manevra lokomotifidir. Lokomotifin çekiş gücü ve kontrol altyapısı tamamen yerli mühendislik kabiliyetleriyle şekillendirilmiştir. Tren Kontrol ve Yönetim Sistemi (TKYS), TÜRASAŞ Ar-Ge Merkezi tarafından geliştirilmiş olup, yüksek oranda yerli donanım ve yazılım bileşenleri içermektedir. Sistem; hız kontrolü, fren yönetimi, motor performansı ve enerji optimizasyonu gibi kritik işlevleri bütüncül şekilde yürütmektedir.

DE10000 lokomotifi, ilk kez 2019 yılında düzenlenen EurasiaRail Fuarı'nda tanıtılmış ve hem yurtiçi hem de uluslararası sektör temsilcilerinin dikkatini çekmiştir. Fuarda elde edilen olumlu geri dönüşler ve oluşan ticari potansiyel sonucunda, projenin seri üretimine geçilmiştir. Bu gelişme, Türkiye'nin raylı sistem teknolojilerinde yalnızca prototip geliştirme değil, aynı zamanda sürdürülebilir üretim kabiliyetine de sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Lokomotifin çekiş sistemi ve TKYS gibi kritik alt bileşenleri, tamamen millî kaynaklarla tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu sayede DE10000'in yerlilik oranı oldukça yüksek tutulmuş, yurt dışı tedarikçilere olan bağımlılık en aza indirilmiştir. Ayrıca, sistem mimarisi, gelecekteki modernizasyon ihtiyaçlarına uyum sağlayacak şekilde modüler bir yapıda inşa edilmiştir. Bu yönüyle DE10000, yalnızca mevcut ihtiyaçlara değil, gelecek nesil teknolojik entegrasyonlara da açık bir platformdur.

Sonuç olarak, DE10000 Dizel-Elektrikli Manevra Lokomotifi, Türkiye'nin raylı ulaşımında kendi motor, kontrol ve çekiş sistemlerini üretebilen bir ülke konumuna gelmesinde önemli bir dönüm noktasıdır. TÜRASAŞ tarafından geliştirilen bu özgün ürün, hem yerli sanayiye katkı sunmakta hem de Türkiye'nin demiryolu araçlarında uluslararası rekabet gücünü artırmaktadır.

#### 8.10. Durmaray Tramvay ve LRV Geliştirme Projesi

Türkiye, kent içi raylı ulaşım sistemlerinde dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli üretimi teşvik etmek amacıyla çeşitli projeler yürütmektedir. Bu kapsamda, Durmaray Holding bünyesinde faaliyet gösteren Durmaray, tramvay ve hafif raylı araç üretiminde Türkiye'nin öncü yerli üreticilerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Şirketin geliştirdiği özgün tasarımlar, hem teknik özellikleri hem de yerli katkı oranıyla Türkiye'nin ulaşım altyapısına önemli katkılar sunmaktadır.

İpekböceği Tramvayı, Durmaray tarafından geliştirilen ilk tramvay projesidir ve 2013 yılında Bursa'da kent içi ulaşım entegre edilerek hizmet vermeye başlamıştır. Tamamen yerli mühendislikle geliştirilen bu araçlar, %100 alçak tabanlı ve çift yönlü sürüş özelliğiyle dikkat çekmektedir. Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından toplam 18 adet İpekböceği tramvayı hizmete alınmış olup, bu araçlar hâlen şehir merkezinde toplu taşıma sisteminin önemli bir bileşeni olarak görev yapmaktadır.

Şirketin geliştirdiği bir diğer önemli araç ise GreenCity Hafif Raylı Sistem (HRS) aracıdır. Bu model, özellikle hafif metro hatları için tasarlanmıştır ve Bursa'da hizmet veren kent içi raylı sistemlerde başarıyla kullanılmaktadır. 2015 yılında Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından açılan 60 adetlik HRS aracı ihalesini kazanan Durmaray, bu araçların üretimini zamanında tamamlayarak teslim etmiştir. GreenCity modeli, şehir içi ulaşımında yüksek kapasite, düşük enerji tüketimi ve konforlu yolcu taşımacılığı gibi avantajlar sunmaktadır.

Durmaray'ın yeni nesil raylı sistem çözümleri arasında yer alan Panorama Tramvayı, ilk kez 2016 yılında Samsun'da, ardından 2017 yılında Kocaeli'de yolcu taşımacılığına başlamıştır. Bu model, modern kent içi ulaşım gereksinimlerine uygun olarak tasarlanmış ve çevreci özellikleriyle öne çıkmıştır. %100 alçak tabanlı gövde yapısı, 370 mm giriş yüksekliği, düşük gürültü seviyesi ve düşük enerji tüketimi gibi kullanıcı dostu nitelikleriyle hem yolcu konforunu hem de çevresel sürdürülebilirliği ön planda tutmaktadır.

Durmaray tarafından geliştirilen bu raylı sistem araçları, Türkiye'nin toplu taşıma çözümlerinde yerli ve millî üretim kapasitesinin geldiği noktayı göstermesi açısından büyük öneme sahiptir. Ayrıca, şirketin kendi mühendislik altyapısıyla geliştirdiği bu araçlar, gelecekte yurt dışı pazarlara açılma potansiyeli taşıyan rekabetçi ürünler olarak değerlendirilmektedir.

#### 8.11. İstanbul Ulaşım A.Ş. (Metro İstanbul) Tramvay Geliştirme Projesi

Türkiye'de yerli raylı sistem araçları geliştirme sürecinin başlangıç noktalarından biri, İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından 1990'lı yılların sonunda başlatılan tramvay projesidir. Türkiye'nin ilk yerli hafif raylı sistem aracı olarak kayıtlara geçen bu proje kapsamında, 1999 yılında ilk prototip tramvay başarıyla üretilmiştir. Tüm Ar-Ge çalışmaları, tasarım süreçleri ve yazılım geliştirme faaliyetleri İstanbul Ulaşım A.Ş. mühendisleri tarafından özgün olarak yürütülmüş ve proje, yerli raylı sistem teknolojilerinin temellerini atmıştır.

Prototip üretiminin ardından, aynı teknik altyapı ve tasarım yaklaşımıyla 18 adet tramvay aracı seri olarak üretilmiş ve bu araçlar, İstanbul'da T4 hattında (Topkapı-Mescid-i Selam) hizmete alınmıştır. Araçlar, yolcu konforu, hat uyumluluğu ve işletme verimliliği açısından beklentileri karşılamış; böylece yerli üretim raylı sistem araçlarının uygulanabilirliğine dair somut bir örnek teşkil etmiştir.

Metro İstanbul, 2022 yılında kuruluşunun 34. yılını kutlarken, bu öncü geleneği sürdürerek yeni bir yerli tramvay projesi olan Tram34ü tanıtmıştır. Tamamen Türk mühendisliğiyle geliştirilen bu araç, firmanın Ar-Ge Merkezi'nde tasarlanmış olup, İstanbul'un raylı sistemlerinde yerlilik oranını artırmayı ve dışa bağımlılığı azaltmayı amaçlamaktadır. Tram34, modern kent içi ulaşım ihtiyaçlarına yönelik olarak geliştirilen teknik ve ergonomik tasarım anlayışını yansıtmaktadır.

Tram34 projesi, Metro İstanbul'un kendi insan kaynağı ve mühendislik birikimiyle geliştirdiği sürdürülebilir bir üretim modelini temsil etmektedir. Bu proje, aynı zamanda Türkiye'de kent içi ulaşım sistemlerinin millî teknolojiye dayalı olarak dönüşümünün mümkün olduğunu göstermesi açısından da önemli bir kilometre taşıdır. Metro İstanbul'un bu girişimi, Türkiye'nin raylı sistem teknolojilerinde dışa bağımlılıktan uzak, yenilikçi ve rekabetçi bir altyapı inşa etme hedefiyle doğrudan örtüşmektedir.

### 8.12. Sürücüsüz Metro Aracı

Türkiye, demiryolu taşımacılığı alanında dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli teknolojilerle donatılmış sistemler geliştirmek amacıyla önemli projeleri hayata geçirmektedir. Bu stratejik hedef doğrultusunda geliştirilen Yerli ve Milli Sürücüsüz Metro Aracı, Bozankaya A.Ş. tarafından tasarlanmış olup, Türkiye'nin ilk sürücüsüz metro aracı olma özelliğiyle öne çıkmaktadır. Proje, raylı sistemlerde ileri düzey otomasyon ve yerli mühendislik gücünün bütünleştiği örnek bir teknoloji yatırımdır.

Söz konusu metro araçları, 80 km/s servis hızına ve 1.476 yolcu kapasitesine sahiptir. Dört araçtan oluşan bir tren setinin toplam uzunluğu 88 metre olarak tasarlanmıştır. Bu ölçüler, hem yüksek taşıma kapasitesi hem de şehir içi metro hatlarının geometrik sınırlamaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Araçların iç ve dış tasarımı, konfor, güvenlik ve verimlilik esaslarına göre optimize edilmiştir.

Projede yaklaşık %70 yerlilik oranı sağlanmış olup, tasarım, mühendislik ve proje yönetimi süreçlerinin tamamı yerli kaynaklarla yürütülmüştür. Bu çerçevede, metro aracının pek çok alt bileşeni de Türkiye'de üretilmiştir. Özellikle bogi sistemleri, yolcu bilgilendirme ekranları, anons sistemleri, sinyalizasyon, aydınlatma, klima üniteleri ve CCTV güvenlik sistemleri yerli firmalar tarafından sağlanmıştır. Bu durum, projenin yalnızca araç bazında değil, aynı zamanda tedarik zinciri ve yan sanayi açısından da yerli sanayiye destekleyen bütüncül bir yaklaşım içerdiğini göstermektedir.

Bozankaya'nın gerçekleştirdiği bu proje, Türkiye'nin metro sistemlerinde sürücüsüz araç teknolojisi geliştirme ve uygulama kabiliyetine sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Sürücüsüz çalışma düzeyi, trenin otomatik hız kontrolü, duraklarda hassas duruş, kapı senkronizasyonu, acil durum müdahale sistemleri gibi özelliklerle desteklenmekte; böylece hem operasyonel güvenlik hem de işletme verimliliği artırılmaktadır.

Yerli ve Milli Sürücüsüz Metro Aracı, Türkiye'nin raylı sistemler alanında teknolojik bağımsızlık ve ihracat potansiyeli açısından önemli bir dönüm noktasıdır. Bu proje, yalnızca şehir içi toplu taşımacılığa yenilik getirmekle kalmamakta; aynı zamanda yerli mühendisliğin geldiği seviyeyi ortaya koymakta ve gelecek nesil akıllı ulaşım sistemleri için sağlam bir temel oluşturmaktadır.

### 8.13. Bataryalı Yeni Nesil Tramvay Projesi

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak, kent içi ulaşımında sürdürülebilir çözümler üretmek ve çevre dostu ulaşım teknolojilerini yaygınlaştırmak amacıyla son yıllarda önemli adımlar atmaktadır. Bu vizyon doğrultusunda geliştirilen en dikkat çekici projelerden biri de Bozankaya A.Ş. tarafından tasarlanıp üretilen Bataryalı Yeni Nesil Tramvay Projesidir. Proje, hem yerli üretim kabiliyeti hem de yenilikçi teknolojik yaklaşımı ile Türkiye'nin raylı sistemler alanındaki mühendislik kapasitesini uluslararası düzeyde görünür kılmaktadır.

Bozankaya'nın Ankara Sincan'daki üretim tesislerinde geliştirilen bu yeni nesil tramvaylar, 30 metre uzunluğa, 2.400 mm genişliğe ve %100 alçak tabanlı yapıya sahiptir. Araçlar maksimum 70 km/s hıza ulaşabilmekte ve yaklaşık 200 yolcu taşıma kapasitesiyle yoğun kentsel hatlarda etkin bir taşıma çözümü sunmaktadır. Ergonomik tasarım, konforlu yolcu alanları ve kolay erişilebilirlik özellikleriyle kullanıcı deneyimi ön planda tutulmuştur.



Projenin en ayırt edici yönü, aracın lityum-iyon batarya sistemi ile donatılmış olmasıdır. Bu yüksek gerilimli enerji depolama sistemi sayesinde tramvaylar, katener hattına bağlı olmadan en az 63 kilometre menzil sunabilmektedir. Gerçekleştirilen testlerde bu menzil 77 kilometreye, maksimumda ise 100 kilometreye kadar çıkmıştır. Bu değerler, Bozankaya tramvaylarını batarya ile en uzun menzile sahip tramvay araçları arasına yerleştirmektedir. Katener hattına ihtiyaç duymadan çalışabilmesi, özellikle tarihi kent merkezlerinde direk, kablo ve trafo altyapısı kurulumu gibi maliyetli ve görsel açıdan olumsuz etkiler yaratabilecek yatırımları ortadan kaldırmaktadır.

Bozankaya tramvayları yalnızca enerji bağımsızlığı değil, aynı zamanda enerji verimliliği açısından da öne çıkmaktadır. Araçlar, rejeneratif frenleme sistemi ile yavaşlama sırasında açığa çıkan kinetik enerjiyi bataryalara geri kazandırarak menzili artırarak ve enerji tüketimini azaltmaktadır. Bu sayede çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu, karbon ayak izini azaltan bir ulaşım alternatifi sunulmaktadır.

Proje yalnızca Türkiye için değil, uluslararası pazarlar açısından da önemli bir başarıya dönüşmüştür. Bozankaya, bu bataryalı tramvayları Romanya'nın Temeşvar ve Yaş şehirlerine ihraç etmiştir. Toplamda 74 adet tramvay üretilmiş olup, ilk teslimat partisi 18 Haziran 2021 tarihinde Temeşvar'a gönderilmiştir. Araçlar halen Romanya kent içi ulaşımında etkin biçimde kullanılmakta ve Bozankaya'nın küresel ölçekte güvenilir bir üretici olarak tanınmasına katkı sağlamaktadır.

Bataryalı tramvay teknolojisinin geliştirilmesiyle birlikte Bozankaya, Avrupa Raylı Sistemler Kümelenmeleri Birliği (ERCI) tarafından "Avrupa'nın En İnovatif Şirketi" ödülüne layık görülmüştür. Bu ödül, hem teknolojik yenilikçilik hem de yerli üretim gücü bakımından projenin taşıdığı değerın Avrupa çapında da takdir edildiğini göstermektedir.

Bozankaya'nın Bataryalı Tramvay Projesi, Türkiye'nin raylı ulaşım sektöründe çevreci ve ileri teknolojiye dayalı çözümler geliştirme konusundaki kararlılığını somutlaştıran bir başarı öyküsüdür. Bu proje, yalnızca mühendislik ve üretim kapasitesini değil, aynı zamanda Türkiye'nin uluslararası raylı sistem pazarında rekabet edebilirliğini de güçlü biçimde temsil etmektedir.

#### **8.14. Milli Tren Teker Projesi**

Türkiye, demiryolu taşımacılığında dışa bağımlılığı azaltmak, kritik bileşenlerin yerli ve milli imkânlarla üretimini sağlamak ve bu doğrultuda sanayide sürdürülebilir bir ekosistem oluşturmak amacıyla kapsamlı projeler gerçekleştirmektedir. Bu çerçevede hayata geçirilen en stratejik çalışmalardan biri, Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları A.Ş. (KARDEMİR) tarafından yürütülen Milli Tren Teker Projesi olmuştur. Proje, Türkiye'nin bu alandaki ilk yerli üretim girişimi olma niteliği taşımakta ve raylı sistemler sektörünün dışa bağımlı olduğu alanlardan birini millileştirme amacına hizmet etmektedir.

Demiryolu tekerlekleri, hem yük hem de yolcu trenlerinin güvenli, konforlu ve verimli bir şekilde işletilebilmesi açısından son derece kritik bileşenlerdir. Uzun yıllar boyunca yurt dışından temin edilen bu parçaların yerli üretimi, hem dışa bağımlılığın azaltılması hem de üretim ve tedarik süreçlerinde maliyet avantajı elde edilmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. KARDEMİR, bu ihtiyacı karşılamak ve yerli demiryolu sanayisini güçlendirmek amacıyla Türkiye'nin ilk millî tren tekerleğini üretmeyi başarmıştır.

Söz konusu üretim faaliyetleri, KARDEMİR tarafından kurulan ve yıllık 200 bin adet üretim kapasitesine sahip modern bir üretim tesisinde gerçekleştirilmektedir. Bu tesis, yüksek teknolojiye sahip makine parkuru, otomatik kalite kontrol sistemleri ve uluslararası standartlara uygun üretim süreçleri ile dikkat çekmektedir. Tesis, sadece yük ve yolcu trenleri için değil; aynı zamanda hafif raylı sistem araçları ve şehir içi toplu taşıma sistemlerinde kullanılan araçlar için de tekerlek üretimi yapabilecek teknik altyapıya sahiptir.

Milli Tren Teker Projesi ile birlikte sadece iç pazarda ithalat bağımlılığı azaltılmakla kalmamış, aynı zamanda Türkiye'nin demiryolu sanayi ürünleri ihracat potansiyeli de önemli ölçüde artmıştır. Uluslararası sertifikasyon süreçlerinin başarıyla tamamlanmasının ardından, KARDEMİR tarafından üretilen tekerlekler yurt dışı pazarlarda da ilgi görmektedir ve bu da Türkiye'nin rekabet gücünü artıran önemli bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Böylece, proje yalnızca teknolojik bir başarı değil, aynı zamanda katma değerli ihracat ve ekonomik katkı anlamında da ülke sanayisine önemli kazanımlar sağlamaktadır.

KARDEMİR'in Milli Tren Teker Projesi, Türkiye'nin raylı sistemlerde yerli üretim kapasitesini artıran ve dışa bağımlılığı stratejik alanlarda azaltmayı hedefleyen bütüncül kalkınma politikasının başarılı bir örneğidir. Bu proje, sadece bugünün ihtiyaçlarına cevap vermekle kalmayıp, gelecekteki millî demiryolu araç projelerinin de temelini oluşturacak bir altyapıyı inşa etmiştir.

## 9. DÜNYADA HİDROJEN VE YÜKSEK HIZLI TREN ARGE ÇALIŞMALARI

### 9.1. Hidrojen Trenleri

2021'in Avrupa Demiryolu Yılı olarak ilan edilmesinin ardından, inovasyon, sürdürülebilirlik, dijitalizasyon ve yeni teknolojileriyle birlikte tüm gözler demiryolu endüstrisine çevrilmiş bulunuyor. Hidrojenin demiryollarında yakıt olarak kullanılması birçok potansiyel fayda sağlamakla birlikte bunlardan en dikkat çekici olanı sıfır karbon stratejilerini destekleyen temiz bir enerji kaynağı olmasıdır. Hidrojen yakıt hücresi teknolojisi ayrıca fosil yakıtlarla kıyaslandığında daha güçlü ve verimli bir enerji çıkışı sağlamaktadır.

Dünyanın hidrojen yakıt hücresiyle çalışan ilk yolcu treni Alstom tarafından üretildi. 'Coradia iLint' adı verilen bu sıfır emisyonlu tren yalnızca buhar ve yoğunlaştırılmış su salımı yapması nedeniyle gürültü seviyesi de diğerlerine göre oldukça düşük seviyede. Tren ilk kez 2016 yılında Berlin'deki InnoTrans fuarında görücüye çıktı ve 2018'de Almanya'da hizmet vermeye başladı. Trenin Almanya'da başarıyla işletilmesinin ardından firma İtalya, Fransa ve Avusturya'dan çeşitli siparişler aldı.

Trendeki sistemlerin çalışması için gereken elektrik, trenin çatısında depolanan hidrojeni havadaki oksijenle birleştirerek enerji üreten bir yakıt hücresi aracılığıyla sağlanıyor. Coradia iLint, 150 oturan, 150 ayakta yolcu kapasitesine ve maksimum 140 km/h hızla 1.000 km menzile sahip olarak geliştirildi.

İngiltere'nin ilk hidrojenle çalışan treni HydroFLEX, Birmingham Üniversitesi ve Porterbrook tarafından geliştirilip 2019'da görücüye çıkarıldı. HydroFLEX ilk olarak 1987 yılında üretilen Class 319 treninin geliştirilmesiyle üretildi. Porterbrook, sıfır karbon emisyonlu trende, hidrojen yakıt tankları, yakıt hücresi ve batarya paketi için Northern firması ile işbirliği yaptı.

Hidrojenle çalışan yakıt hücresi ünitesi, hidrojen ve oksijen karışımını 100kW'a kadar elektrik üretmek için dönüştürüyor. Burada tek yan ürün sudur. HydroFLEX, ayrıca elektrik enerjisinin depolanmasını sağlayan ve onu dünyanın ilk çift modlu elektrikli hidrojen treni yapan iki adet lityum iyon batarya ile donatılmıştır.

HydroFLEX, ilk başarılı ana hat testini 2020 sonlarına doğru gerçekleştirdi. HydroFLEX 1 adı verilen tren ilk deneme sırasında, Warwickshire ve Worcestershire arasındaki ana hatta 40 kilometrelik yolculuğunu başarıyla tamamladı. HydroFLEX 1'in başarılı testlerinden sonra, Innovate UK'den sağlanan ek finansman yardımıyla HydroFLEX 2'nin çalışmaları gerçekleştirildi. Finansman ile birlikte, yakıt hücreleri ve bataryanın trenin genel tasarımına daha entegre olmasını sağlayan bir sistem geliştirilmiş oldu. HydroFLEX'i geliştiren ekip, hidrojeni, trende taşınabilen mobil bir yakıt olduğu ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için tercih etmiştir.

İsviçreli Stadler şirketi tarafından üretilen Flirt H2, 2.803 kilometrelik etkileyici bir mesafe kat ederek, demiryolu endüstrisinde temiz enerji çözümlerinin ilerlemesinde önemli bir dönüm noktası oldu. Flirt-H2 adlı tren iki yolcu vagonuna ve bir adet güç ünitesine sahip. Tanklarda depolanan hidrojen, yakıt hücresi ile elektriğe dönüştürülüyor. Elektrik daha sonra cer konvertörüne gönderiliyor ve treni hareket ettirmek için elektrik tahrikini besleyen bir bataryada depolanıyor. Sistem aynı zamanda enerjinin rejenaratif frenlemeyle geri kazanılmasına da olanak tanıyor. İki vagonlu tren, 108 yolcu kapasitesine sahip ve 139 km/h hıza çıkabiliyor.

Innotrans 2024 fuarında Stadler'in, hem yakıt hücreleriyle hem de pillerle çalışan emisjonsuz RS ZERO treni, Hyundai Rotem'in, Hidrojenli Tramvayı, CRRC'nin Cinova H2 Hidrojenli treni, Vossloh'un yük taşımacılığına yönelik hidrojenle çalışan Modula BFC hibrit lokomotif ve Pesa'nın Hidrojenli Manevra lokomotif dikkati çekenler arasında idi. Çin'in ilk hidrojenle çalışan yüksek hızlı treni Cinova H, 200 km/saat'e kadar hızlara ulaşabiliyor ve 960 kW'lık hidrojen yakıt hücresiyle donatılarak sıfır emisyonlu yolculuklara imkan sağlıyor. Yakın gelecekte Hidrotrenleri(HMU) işletmelerde daha çok görmemiz mümkün olacaktır.

### 9.2 Ray Ötesi Sistemler: Hyperloop Ve Manyetik Levitasyon (Maglev) Teknolojilerinin Gelişimi

Şehirleşme ve küreselleşmenin ulaşım sistemleri üzerindeki baskısı, mevcut altyapının yoğunluk, hız, çevresel etki ve enerji verimliliği gibi konularda yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu zorluklar, ulaşım sektöründe geleneksel yöntemlerin ötesine geçen yeni çözümleri gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, geleceğin ulaşım ihtiyaçlarını karşılamayı hedefleyen Hyperloop ve Manyetik Levitasyon (Maglev) sistemleri öne çıkmaktadır. Her iki teknoloji de, yüksek hızlara ulaşmak için sürtünmeyi ortadan kaldırma prensibine dayanır ve sürdürülebilir, verimli alternatifler sunar.

Hyperloop ve manyetik levitasyonlu tren (Maglev), ulaşım da devrim yapması beklenen iki yenilikçi yüksek hızlı taşıma konseptidir. Maglev sistemleri, elektromanyetik kuvvetler sayesinde aracı rayların üzerinde havada tutar ve ileri doğru hareket ettirir. Bu yöntem, tekerlekli sistemlerin sürtünme kaynaklı hız sınırlamalarını ortadan kaldırarak çok yüksek hızlara olanak tanır. Çin'deki Shanghai Maglev hattı gibi başarılı uygulamalar, teknolojinin fizibilitesini kanıtlamıştır.

Hyperloop ise, aracı özel olarak tasarlanmış, neredeyse havasız tünellerin içinde hareket ettirerek hava sürtünmesini minimize eder. Düşük basınçlı bir ortamda, aracın manyetik levitasyon veya hava yastığı prensibiyle ilerlemesi hedeflenir. Bu, sesi ve enerji tüketimini azaltarak geleneksel uçak hızlarına yakın, hatta daha yüksek hızlara ulaşma potansiyeli taşır. Henüz tam ölçekli ticari bir Hyperloop hattı olmamakla birlikte, bu konsept üzerinde çalışan birçok şirket bulunmaktadır.

Hyperloop ve Maglev teknolojileri, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sunar. Geleneksel ulaşım modları, yüksek yakıt tüketimi ve karbon emisyonları ile çevresel baskıyı artırırken, bu yeni sistemler elektrik enerjisiyle çalışır. Ayrıca, sürtünmenin minimize edilmesi, daha az enerjiyle daha yüksek hızlara ulaşılmasını sağlar. Hyperloop'un kapalı tünel yapısı, hava koşullarından etkilenmemesi ve güvenlik risklerini azaltması gibi ek faydalar da sunar.

Bu ileri teknolojiler, küresel ulaşım ağlarında devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Şehirler arası mesafeleri önemli ölçüde kısaltarak ekonomik ve sosyal etkileşimi artırabilirler. Ancak, yüksek maliyetleri ve altyapı gereksinimleri gibi zorluklar, bu sistemlerin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden bazılarıdır.

### **9.2.1. Manyetik Levitasyon (Maglev) Teknolojisi: Mevcut Durum ve Küresel Gelişmeler**

Maglev teknolojisi, adından da anlaşılacağı üzere, manyetik kuvvetlerin kullanımıyla araçların bir ray (guideway) üzerinde fiziksel temas olmadan havada süzülmesini sağlayan bir ulaşım sistemidir. Bu sistemin temelinde, mıknatısların zıt kutuplarının birbirini çekmesi ve benzer kutuplarının birbirini itmesi prensibi yatmaktadır. Bu manyetik etkileşim sayesinde, tren tekerleksiz bir şekilde raydan yükselmekte ve sürtünme olmaksızın hareket edebilmektedir.

Levitasyon mekanizmaları iki ana kategoriye ayrılmaktadır: Elektromanyetik Süspansiyon (EMS) ve Elektrodinamik Süspansiyon (EDS). EMS sistemlerinde, trenin altındaki ve yanlarındaki mıknatıslar ile raydaki mıknatıslar arasındaki çekim kuvveti kullanılır. Bu yöntemle tren, raydan yaklaşık 1.3 cm (0.5 inç) yukarıda tutulur. Almanya'nın Transrapid sistemi bu prensiple çalışmaktadır. EDS sistemleri ise, tren üzerindeki süperiletken mıknatısların, raydaki bobinlerde itici bir manyetik alan oluşturmasıyla treni raydan 1-10 cm (0.4-3.9 inç) daha yüksekte tutar. Bu sistemde, güç kesintisinde dahi elektrik iletimi kısa bir süre devam edebilir. Japonya'nın kullandığı yöntem bu prensibe dayanmaktadır.

Tahrik ve yönlendirme genellikle doğrusal motorlar aracılığıyla sağlanır. Bu motorlar, aracın ve rayın manyetik alanlarının etkileşimiyle ileri itme kuvveti oluşturur. Özellikle EDS sistemlerinde, süperiletken malzemelerin kullanımı kritik bir rol oynamaktadır. Bu malzemeler, mıknatısların elektrik akımını kayıpsız iletmelerini sağlayarak daha güçlü ve verimli manyetik alanlar elde edilmesine olanak tanır.

Maglev teknolojisinin temel mekanizması, tekerleklerin raylar üzerindeki sürtünmesini ortadan kaldırmaktır. Bu durum, geleneksel trenlere kıyasla çok daha yüksek hızlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Sürtünme kaybının azalması, aynı zamanda enerji verimliliğini artırmakta ve aşınma-yıpranmayı azaltarak bakım maliyetlerini düşürmektedir. Bu mekanizma, Maglev'in yüksek operasyonel hız ve düşük bakım maliyeti avantajını doğrudan tetikleyen temel faktördür.

Maglev konseptleri, 1900'lerin başında Amerikalı profesör ve mucit Robert Goddard ile Fransız asıllı Amerikalı mühendis Emile Bachelet tarafından ortaya atılmıştır. Emile Bachelet, 1912'de New York'ta elektromanyetik levitasyon ve tahrikli bir model treni tanıtmış ve ilk ilgili patentini aynı yıl almıştır. Bu erken dönem çalışmaları, manyetik kuvvetlerin ulaşım sistemlerinde kullanılabileceği fikrinin temellerini atmıştır.

Doğrusal motorların gelişimi, Maglev teknolojisinin ilerlemesinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. İngiliz elektrik mühendisi Eric Laithwaite, 1940'ların sonlarında ilk tam boyutlu doğrusal indüksiyon motorunu geliştirmiş ve bu motorlar 1960'lar ve 1970'lerde gelişmiş ulaşım sistemlerinde yaygınlaşmıştır. Laithwaite, 1970'lerin başında tek bir doğrusal motorun hem kaldırma hem de ileri itme kuvveti üretebildiği "manyetik nehir" düzenlemesini keşfetmiştir.

İlk ticari Maglev yolcu taşıma sistemi, 1984 yılında İngiltere'de Birmingham Havalimanı ile Birmingham Uluslararası Tren İstasyonu arasında 600 metrelik bir hatta hizmete açılmıştır. Ancak bu sistem, güvenilirlik sorunları nedeniyle 1995'te kapatılmıştır. Almanya'da Berlin'de 1991'de M-Bahn adlı bir Maglev hattı kısa süreliğine işletilmiştir. Maglev teknolojisinin konsept olarak 1900'lerin başından beri var olmasına rağmen, ilk ticari uygulamaların ancak 1980'lerde başlaması ve yaygınlaşmasının 2000'leri bulması, bu tür ileri ulaşım sistemlerinin geliştirilmesinin ve ticarileşmesinin ne kadar uzun ve maliyetli bir süreç olduğunu göstermektedir. 2006'da Emsland'daki test pistinde bir kaza yaşanması (23 kişinin ölümü) projeye darbe vurmuştur. Almanya'daki planlanan Münih Havalimanı-şehir merkezi maglev projesi iptal edilince, Transrapid

teknolojisi Çin'de lisanslanarak Şanghay hattında kullanılmıştır. Almanya günümüzde aktif maglev hattına sahip olmamakla birlikte, teknolojik bilgi birikimini korumaktadır. Bunun dışında, ABD'de Washington-Baltimore arasında bir Japon maglev sistemi kurulması için fizibilite çalışmaları sürmektedir; ancak henüz inşaat başlamamıştır.

Bu uzun olgunlaşma süreci, teknolojinin karmaşıklığı, yüksek altyapı maliyetleri ve güvenlik standartlarının oluşturulmasındaki zorluklarla yakından ilişkilidir. Çin ve Japonya gibi ülkelerin bu alandaki liderliği, ulusal düzeyde büyük ölçekli ve uzun vadeli Ar-Ge ve altyapı yatırımlarının bu tür teknolojilerin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesindeki önemini vurgulamaktadır.

Çin, dünyanın ilk ticari yüksek hızlı maglev hattını 2004 yılında Şanghay'da hizmete alarak bu alanda öncülük etmiştir. Alman Transrapid teknolojisiyle inşa edilen bu 30.5 km'lik hat, Pudong Havaalanı ile şehir dışındaki bir istasyonu 431 km/s hızla 8 dakikada birbirine bağlamaktadır. Yaklaşık 1.2 milyar dolara mal olan bu hat, çoğunlukla bir gösteri projesi olarak değerlendirilmektedir. Çin'in maglev teknolojisinde attığı bu ilk adım, ülkenin daha sonraki yıllarda bu alandaki yatırımlarını genişletmesine zemin hazırlamıştır.

Çin, sadece yüksek hızlı maglevlerle değil, aynı zamanda orta-düşük hızlı sistemlerle de dikkat çekmektedir. Örneğin, 2016'da açılan 18 km'lik Changsha Maglev Express yaklaşık 100 km/s hızla çalışırken, 2017'de hizmete giren Pekin S1 Hattı ise banliyö hattı olarak 80 km/s hızla hizmet vermektedir. 2022'de açılan Fenghuang Maglev gibi yeni hatlar da Çin'in maglev ağına eklenmiştir.

CRRC firması tarafından Qingdao'da geliştirilen ve Temmuz 2021'de tanıtılan 600 km/s kapasiteli prototip tren, "dünyanın en hızlı kara aracı" olarak lanse edilmiş; bu trenin 0'dan 600 km/s hıza sadece 7 saniyede ulaşabildiği bildirilmiştir. Bu gelişme, Çin'in bu teknolojiyi sadece ulaşım için değil, aynı zamanda ulusal prestij ve teknolojik üstünlük aracı olarak konumlandığını göstermektedir.

Bu kapsamda, en az 5 km'lik bir test pisti kurulmuş ve testler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Çin'in uzun vadeli hedefi; 600 km/s hızında ticari maglev trenlerini devreye alarak seyahat hızını uçak seviyesine yaklaştırmak ve gelecekteki ihracat potansiyelini artırmaktır. Bu doğrultuda CRRC firması, 2016'dan bu yana Ar-Ge faaliyetleri yürütmekte; 2019'da prototip üretimi, 2020'de test sürüşü yapılmış ve teknolojik olgunlaştırma süreci sürmektedir.

Yeni hat projeleri de bu hedefin bir parçasıdır. Örneğin, Aralık 2024'te inşasına başlanan Changsha-Liuyang şehirlerarası maglev hattı, 50 km uzunluğunda olup saatte 160 km hızla çalışacaktır. Hattın ilk fazı için 1.5 milyar dolarlık bütçe ayrılmış olup, bu hat mevcut Changsha maglev hattının devamı niteliğindedir. Çin, ayrıca Pekin-Guangzhou gibi yüksek kapasiteli şehirlerarası maglev hatlarını da planlamaktadır.

Maglev teknolojisinin öncülerinden biri olan Japonya, özellikle SCMaglev (Süperiletken Maglev) teknolojisiyle dikkat çekmektedir. Japon JR Central firmasının geliştirdiği bu sistem, 2015 yılında Yamanashi test pistinde 603 km/s ile dünya hız rekoru kırmıştır. Japonya'nın en iddialı projesi olan Chūō Shinkansen hattı, Tokyo ile Nagoya'yı yaklaşık 286 km uzunluğundaki maglev hattı ile birbirine bağlayacaktır. Hattın işletme hızı 500 km/s olacak ve seyahat süresi yaklaşık 40 dakikaya inecektir (mevcut hızlı trenle ~100 dakika).

Ancak, projenin yaklaşık 50-60 milyar dolarlık yüksek maliyeti ve güzergâhın çoğunluğunun tünellerden geçmesi nedeniyle çevresel etkiler gündeme gelmiştir. Özellikle Şizuoka bölgesindeki yer altı su kaynaklarının etkilenmesi nedeniyle inşaat gecikmiş; bu nedenle hattın 2027'de açılması hedeflenirken, tarih 2034 veya sonrasına sarkmıştır.

Japonya'da halihazırda işletmede olan düşük hızlı bir maglev hattı da bulunmaktadır: Linimo. 2005'te Aichi Eyaleti'nde hizmete giren bu 9 km'lik kentsel hat, yaklaşık 100 km/s hıza ulaşmakta ve metro sistemine entegre, güvenilir bir toplu taşıma hizmeti sunmaktadır. Ancak, birim maliyetin 100 milyon \$/km gibi oldukça yüksek olduğu bilinmektedir.

Güney Kore'de ise Incheon Havaalanı ile Yongyu arasında 2016 yılından beri çalışan 6 km'lik bir maglev hattı bulunmaktadır. Yaklaşık 110 km/s hızla çalışan bu sistem, tamamen yerli teknolojiyle geliştirilmiştir. Ayrıca, 1993 yılında Daejeon Expo fuarı kapsamında kullanılan küçük ölçekli bir maglev hattı da ülkenin bu alandaki erken dönem girişimlerinden biridir. Güney Kore, yüksek hızlı maglev yerine, Hypertube Express projesiyle vakumlu tüp sistemlerine odaklanmaktadır.

#### 9.2.1.1. Maglev Teknolojisinin Teknik ve Operasyonel Üstünlükleri

Maglev (manyetik levitasyon) tren sistemleri, tekerlek ve ray arasında fiziksel temasın tamamen ortadan kaldırılması sayesinde konvansiyonel trenlere kıyasla çok sayıda teknik ve işletimsel avantaja sahiptir.

Sürtünme kayıplarının ve mekanik aşınmanın yok denecek kadar az olması, hem bakım maliyetlerini önemli ölçüde düşürmekte hem de sistemin uzun ömürlü ve sessiz çalışmasını sağlamaktadır. Bu özellik, özellikle yüksek hızlı taşımacılıkta gürültü kirliliğini azaltarak konforlu bir yolculuk deneyimi sunmaktadır. Yolcular, adeta “havada süzülüyormuş” gibi sarsıntısız bir seyahat yaşadıklarını belirtmektedir.

Yüksek performanslı lineer motorların kullanımı, Maglev trenlerinin yalnızca yüksek hızlara ulaşmasını değil, aynı zamanda dik yokuşları çıkabilmesini de mümkün kılar. Örneğin, maglev sistemleri %10’a kadar eğimli arazilerde çalışabilirken, geleneksel tren sistemleri genellikle %3’ü aşan eğimlerde ciddi verim kaybına uğrar. Bu özellik, dağlık ve zorlu coğrafyalarda hat planlamasını daha esnek hale getirir.

Maglev trenleri ayrıca zorlu hava koşullarına karşı daha dirençlidir. Kar, buzlanma, rüzgâr ve aşırı soğuk gibi faktörlerden geleneksel trenlere kıyasla daha az etkilenirler. Bu durum, özellikle aşırı iklim koşullarının yaşandığı bölgelerde operasyonel sürekliliği ve güvenilirliği artırır.

Güvenlik açısından da Maglev teknolojileri yüksek standartlara sahiptir. Japonya’nın süperiletken Maglev sistemine (SCMaglev) öncülük eden Shinkansen hattının 60 yıllık tarihinde sıfır ölümcül kaza yaşanması, bu güvenlik anlayışının Maglev’e de entegre edildiğini göstermektedir.

Teknolojik olarak Maglev sistemleri iki temel askılama prensibine dayanır:

- **Elektromanyetik Askı (EMS):** Trenin rayın alt kısmındaki elektromıknatıslar yardımıyla yukarı çekilmesi esasına dayanır. Alman Transrapid sistemi (örneğin Şanghay Maglev) bu teknolojiye örnektir.
- **Elektrodinamik Askı (EDS):** Süperiletken mıknatıslarla ray ve tren arasında itme-çekme kuvveti oluşturularak trenin havada tutulması sağlanır. Japonya’nın SC Maglev sistemi bu teknolojiyi kullanır. EDS sistemleri yüksek hızlarda daha stabil çalışır, ancak kriyojenik soğutma sistemlerine ihtiyaç duyar. Bu nedenle, Çin son yıllarda yüksek sıcaklık süperiletken malzemeler geliştirerek bu bağımlılığı azaltma yönünde çalışmalar yürütmektedir.

Maglev sistemlerinin mevcut konvansiyonel demiryolu altyapılarıyla uyumlu olmaması, özgün hat ve altyapı ihtiyacını beraberinde getirir. Bu durum maliyetleri artırsa da, uzun vadede düşük işletme maliyetleri ve yüksek performans avantajı sayesinde stratejik bir yatırım olarak değerlendirilmektedir.

Son olarak, Maglev teknolojilerinin Hyperloop gibi yeni nesil ulaşım sistemlerine doğrudan etkisi bulunmaktadır. Hyperloop sistemlerinde de benzer şekilde trenin kaldırılması ve sürtünmesiz hareketi için maglev teknolojileri kullanılmaktadır. Bu nedenle Maglev, yalnızca bugünün değil, geleceğin ulaşım çözümlerinin de temel taşlarından biri olarak görülmektedir.

Maglev tren sistemleri, yüksek hız, konfor ve düşük bakım maliyeti gibi operasyonel avantajlar sunsa da, bu teknolojinin yaygınlaşmasını engelleyen birtakım önemli dezavantajlar ve ekonomik belirsizlikler bulunmaktadır.

Maglev sistemleri, geleneksel demiryolları gibi mevcut ray hatlarını kullanamaz; tamamen kendine özgü altyapılar gerektirir. Bu nedenle altyapı maliyetleri oldukça yüksektir. Örneğin:

- Şanghay Maglev hattı (2004) yalnızca 30 km uzunluğunda olmasına rağmen yaklaşık 1.2 milyar USD’ye mal olmuştur.
- Japonya’daki Linimo hattı yaklaşık 100 milyon USD/km gibi yüksek birim maliyetle inşa edilmiştir.
- Chūō Shinkansen (Tokyo-Nagoya Maglev hattı) ise tünelli güzergâhı ve süperiletken teknolojisini nedeniyle kilometre başına yaklaşık 200 milyon USD gibi rekor seviyede maliyete ulaşmıştır.

Bu yüksek sabit yatırım maliyeti, maglev projelerinin en büyük engeli olarak öne çıkmaktadır. Ancak Çin’de geliştirilen prefabrik beton giriş sistemleri ve modüler inşaat teknikleri sayesinde maliyetlerin %30’a varan oranlarda düşürüldüğü rapor edilmiştir. Böylece yeni projelerde km başına maliyetin 30-50 milyon USD aralığına çekilebileceği ve bunun bazı yüksek hızlı tren projeleriyle karşılaştırılabilir seviyelere geldiği bildirilmektedir.

Maglev trenleri, geleneksel demiryolu altyapılarıyla teknik olarak uyumsuzdur. Bu durum, sistemin mevcut ulaşım ağına entegre edilmesini imkânsız kılar ve sıfırdan hat inşasını zorunlu kılar. Bu gereklilik, hem zaman hem de maliyet açısından projeleri karmaşıktırmakta ve yatırımcılar açısından caydırıcı olmaktadır.



Maglev projelerinin kârlılığı, bugüne kadar karışık bir tablo ortaya koymuştur:

- Şanghay Maglev hattı, şehir merkezine ulaşmaması ve bağımsız bilet tarifi nedeniyle yeterli yolcu talebini çekememiştir. Bu nedenle hat, devlet sübvansiyonlarıyla işletilmekte ve doğrudan ticari başarıdan çok teknoloji gösterimi amacı taşımaktadır.
- Japonya'daki Chūō Shinkansen projesi ise büyük şehirleri birbirine bağlaması ve yüksek kapasitesi (~1000 yolcu/set) sayesinde uzun vadede yatırım geri dönüşü öngörmektedir. Ancak yüksek bilet fiyatları ve uzun inşaat süresi önemli riskler barındırmaktadır.

Yatırım modelleri genellikle kamu-özel sektör ortaklıkları veya doğrudan kamu yatırımı şeklindedir. Japonya'da proje, Kalkınma Bankası'nın düşük faizli kredileri ile finanse edilmektedir. Çin'deki maglev projeleri de büyük ölçüde devlet şirketleri eliyle yürütülmektedir. Özel sektör tek başına bu tür yatırımları finanse etmekte isteksizdir.

Fiziksel temasın olmaması nedeniyle maglev trenlerinde mekanik bakım ihtiyacı düşüktür, bu da uzun vadeli işletme maliyetlerini azaltmaktadır. Ancak:

- Yüksek hızlarda (500 km/s üstü) aerodinamik sürtünme ciddi enerji tüketimine neden olur.
- Süperiletken sistemlerde, sıvı helyum gibi kriyojenik soğutucularla çalışan mıknatıslar ek enerji ve bakım yükü getirir.
- Yine de bazı analizler, Maglev trenlerinin ömür boyu maliyetinin (LCC) konvansiyonel trenlerle benzer seviyelerde olabileceğini öne sürmektedir. Bunun nedeni, geleneksel trenlerde tekerlek ve ray aşınmasının sürekli bakım gerektirmesidir.

Maglev sistemleri, henüz yaygınlaşmamış olmaları nedeniyle yüksek riskli yatırımlar olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden pek çok ülke teknolojinin olgunlaşmasını beklemekte ve "takipçi" stratejiyi benimsemektedir. Ancak:

- Çin, erken yatırım yaparak hem ulusal ulaşımında avantaj sağlama hem de maglev teknolojisini ihraç ederek küresel pazarda lider olma hedefini sürdürmektedir. Örneğin CRRC firmasının geliştirdiği 600 km/s'lik maglev treni, uluslararası platformlarda tanıtılmıştır.
- Hyperloop gibi sistemler de benzer şekilde maglev temelli olduğundan, bu alandaki standartları ilk belirleyen ülke/şirket, gelecekte teknolojik liderliği üstlenebilir. Bu nedenle Ar-Ge yatırımları, ekonomik belirsizliklere rağmen sürdürülmektedir.

Maglev teknolojisi, sunduğu yüksek hız, düşük bakım, çevresel direnç ve yolcu konforu gibi avantajlarla geleceğin ulaşım sistemi olarak öne çıkmaktadır. Ancak yüksek başlangıç maliyetleri, altyapı bağımlılığı, mevcut sistemlerle entegrasyon eksikliği ve ticari fizibiliteye dair belirsizlikler, bu teknolojinin yaygınlaşmasını sınırlandıran temel faktörlerdir. Gelişen inşaat teknolojileri ve devlet destekli Ar-Ge çalışmaları, bu engellerin zamanla aşılabileceğine işaret etmektedir. Maglev'in geleceği, büyük ölçüde bu teknolojik gelişmelerin maliyet-etkinlik sınırına ulaşip ulaşamayacağına bağlıdır.

## 9.2.2. Hyperloop Teknolojisi: Mevcut Durum ve Küresel Gelişmeler

Hyperloop ve manyetik levitasyonlu tren (Maglev), ulaşımında devrim yapması beklenen iki yenilikçi yüksek hızlı taşıma konseptidir. Bu sistemin temel prensibi, düşük basınçlı (kısmen vakumlanmış) tüpler içinde hareket eden kapsüllerin kullanılmasıdır. Elon Musk'ın 2013 yılında yayımladığı orijinal "Alpha" tasarımında, tüp içi basıncın deniz seviyesindeki atmosferik basıncın binde birinden daha az, yaklaşık 1 millibar (100 Pa) olması öngörülmüştür.

Kapsüller, bu düşük basınçlı tüp içinde minimum hava direncine veya sürtünmeye maruz kalır. Tahrik, genellikle manyetik sistemler (doğrusal indüksiyon motorları) aracılığıyla sağlanır. Musk'ın ilk tasarımında, bu manyetik tahrik sistemine ek olarak kanallı fanlar da kullanılmıştır. Kapsüllerin ray üzerinde fiziksel temas olmadan ilerlemesi için, orijinal konseptte 0.5-1.3 mm'lik bir hava tabakası üzerinde yüzmesini sağlayan hava yastığı "kayakları" önerilmiştir, bu durum hava hokeyi masası prensibine benzer bir çalışma mekanizması sunar. Ayrıca, kapsülün burnundaki elektrikle çalışan bir giriş fanı ve eksenel kompresör, yüksek basınçlı havayı aracın önünden arkasına aktararak hava basıncı birikmesini ve dolayısıyla aracın yavaşlamasını önlemektedir.

Düşük hava direnci sayesinde, Hyperloop teorik olarak ticari uçak hızlarını (1.000 km/s üzeri) aşan hızlara ulaşabilir. Musk'ın Alpha tasarımında, yolcu kapsüllerinin 1.220 km/s (760 mph) gibi yüksek hızlara ulaşması hedeflenmiştir.

Hyperloop'un ultra yüksek hızlara ulaşabilmesinin temel nedeni, tüp içindeki düşük basınçlı (neredeyse havasız) ortamdır. Bu durum, aerodinamik sürtünmeyi dramatik şekilde azaltarak çok daha az enerjiyle yüksek hızlara çıkılmasını mümkün kılar. Ancak bu avantaj, tüpün uzun mesafeler boyunca vakumunu koruma, kapsülün transonik hızlarda tüp içinde ilerlerken oluşabilecek basınç birikimini yönetme ve tüpün yapısal bütünlüğünü sağlama gibi benzersiz ve karmaşık mühendislik zorluklarını beraberinde getirir. Bu, Hyperloop'u Maglev'den ayıran en kritik teknik engeldir ve teknolojinin ticarileşmesi önündeki en büyük zorluklardan biridir.

Hyperloop konsepti, aslında 200 yılı aşkın bir geçmişe sahip olan "vactrain" (vakum treni) fikrinin modern bir varyantıdır. Tarihsel kayıtlara göre, 1810 yılında George Medhurst'un hava basıncıyla tüplerde mektup ve mal taşıma önerisi gibi erken patentler ve prototipler bulunmaktadır. Bu erken dönem vizyonları, tüpler içinde düşük dirençli hareketin potansiyelini göstermiştir.

Modern Hyperloop konsepti, girişimci Elon Musk tarafından 2013 yılında yayımlanan bir beyaz bültende yeniden canlandırılmıştır. Musk, Hyperloop'u uçak, tren, araba ve tekneden sonra beşinci bir ulaşım modu olarak tanımlamış, bu yeni modun hava koşullarından etkilenmeyen, çarpışmasız, uçak hızının iki katı, düşük güç tüketimli ve 24 saat çalışabilen bir sistem olacağını öne sürmüştür. Musk, bu tasarımı "açık kaynak" (open source) olarak yayımlayarak, kamuoyundan ve mühendislik camiasından geri bildirim ve iyileştirme çağrısında bulunmuştur.

Elon Musk'ın Hyperloop Alpha tasarımını açık kaynak olarak yayımlaması, geleneksel Ar-Ge modellerinden farklı bir dinamik yaratmıştır. Bu yaklaşım, küresel çapta bir dizi şirketin ve akademik ekibin (örneğin, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) ve Münih Teknik Üniversitesi (TUM) takımları) hızla bu alana girmesini ve kendi prototiplerini geliştirmesini sağlamıştır. Bu durum, teknolojinin hızlı bir şekilde yayılmasına ve farklı yaklaşımların denenmesine olanak tanımıştır.

Ancak aynı zamanda, sektörde bir standartlaşma eksikliği ve finansal sürdürülebilirlik sorunları gibi zorlukları da beraberinde getirmiştir. Virgin Hyperloop One gibi bir zamanların önde gelen oyuncusunun iflas etmesi, bu açık kaynak ve rekabetçi ortamın getirdiği finansal riskleri ve ticarileşme zorluklarını açıkça gözler önüne sermektedir.

Hyperloop teknolojisi, Elon Musk'ın vizyonu ile canlandıktan sonra dünya genelinde birçok şirket ve araştırma grubu tarafından benimsenmiştir. Ancak, bu alandaki ilerlemeler ve ticari başarılar değişkenlik göstermektedir.

- **Virgin Hyperloop (eski adıyla Hyperloop One):** Hyperloop alanındaki en bilinen ve en çok yatırım alan şirketlerden biri olan Virgin Hyperloop, 2014 yılında Hyperloop One adıyla kuruldu. Şirket, 2016'da tahrik teknolojisini, 2017'de ise Nevada'daki 500 metrelik DevLoop test hattında tam ölçekli sistemini tanıttı. Kasım 2020'de Las Vegas'taki test pistinde 172 km/s hızla ilk insanlı denemeyi başarıyla gerçekleştirdi. Toplamda yaklaşık 400 milyon dolar yatırım almasına rağmen, teknik ve ticari zorluklar, yüksek faiz oranları ve herhangi bir ticari sözleşme oluşturulamaması nedeniyle 2023 sonunda iflas etti ve faaliyetlerine son verdi. Bu gelişme, Hyperloop teknolojisinin ticari uygulanabilirliği konusunda ciddi soru işaretleri doğurdu.
- **HyperloopTT (Hyperloop Transportation Technologies):** HyperloopTT, hem ABD'de hem de Avrupa'da faaliyet gösteren ve birçok ortakla çalışan bir girişimdir. Toulouse (Fransa)'da 320 metrelik bir test pisti kurarak araştırma ve prototip geliştirme faaliyetlerini yürütmektedir. İtalya'nın Veneto bölgesinde 10 km'lik bir test hattı inşa sürecine geçmiştir. Abu Dabi (BAE) ve Great Lakes (ABD) gibi bölgelerde fizibilite çalışmaları yürütülmüş, ancak COVID-19 ve finansal nedenlerle projelerde gecikmeler yaşanmıştır. HyperloopTT, Airbus, Hitachi Rail ve Türkiye'den Erciyas Holding gibi sanayi ortaklarıyla çalışmakta; hem yolcu hem kargo taşımacılığına odaklanmaktadır.
- **TransPod:** TransPod, geleneksel Hyperloop konseptinden farklı olarak "fizik-öncelikli ve mühendislik odaklı" bir yaklaşım benimsediğini belirtmektedir. 2022'de FluxJet adlı ultra hızlı yer ulaşım çözümünü tanıttı. Kanada'da Calgary-Edmonton hattı için 550 milyon dolarlık fon sağladı. Bu sistemin bilet fiyatlarının uçaklara göre %45 daha ucuz olması ve jet hızıyla rekabet etmesi hedeflenmektedir.
- **Hardt Hyperloop:** Delft Üniversitesi'nden doğan Hardt Hyperloop, Avrupa'da Hyperloop teknolojisinin öncüsü olmayı hedefleyen yenilikçi bir girişimdir. Şirket, 2024 yılında Hollanda'nın Veendam kentinde 420 metrelik Avrupa'nın en uzun Hyperloop test hattını hizmete açmıştır. Bu tesis, farklı geliştiricilerin sistemlerini test edebileceği açık bir platform niteliğindedir. Hardt'ın geliştirdiği en dikkat çekici teknolojik yeniliklerden biri, mekanik parça içermeyen makas sistemi olmuştur. Şirket, kapsülün tüp içerisinde hareketli bir parça olmadan bir hattan diğerine geçmesini sağlayan bu sistemi ilk

kez başarıyla test etmiş ve böylece sektörde bir ilke imza atmıştır. Bu yenilik sayesinde, Hyperloop ağlarında farklı yönlerde ayrılan hatlar güvenli ve verimli biçimde mümkün hâle gelecektir. Şirketin hedeflediği kapsüller, 40 yolcu kapasiteli veya yük taşımacılığına optimize edilmiş, 700 km/s hıza ulaşabilen maglev sistemleri ile donatılmaktadır. Hardt, bu teknolojileri ölçekleyerek kıta çapında bir ulaşım ağına dönüştürmek amacıyla Zeleros (İspanya), Nevomo (Polonya) ve TransPod (Kanada) gibi uluslararası ortaklarla birlikte Avrupa Hyperloop Konsorsiyumu'nu kurmuştur. Bu konsorsiyumun vizyonu, 2050 yılına kadar Avrupa genelinde 10.000 km uzunluğunda Hyperloop ağı kurarak kıtalararası bağlantıları daha hızlı, sürdürülebilir ve entegre hâle getirmektir.

- **Asya Girişimleri Çin (CASIC)**, hyperloop benzeri vakum tren teknolojilerinde en ileri ülkelerden biridir. 2023'te 2 km uzunluğundaki düşük basınçlı bir test tüpünde 620 km/s hıza ulaşıldığını duyurmuştur. Manyetik levitasyon, yön kontrolü ve güvenli durdurma testleri başarıyla gerçekleştirilmiştir. Hindistan, Pune-Mumbai arası bir hyperloop hattı önerilmiş ve Virgin Hyperloop ile fizibilite yapılmıştır. Virgin Hyperloop'un çöküşü sonrası proje durdurulmuş; IIT Madras liderliğinde 2023'te 410 metrelik bir test hattı kurulmuştur. Güney Kore, "Hypertube" adını verdiği ultra hızlı tüp tren konsepti geliştirilmiş, 2017'de Seul-Busan hattı gündeme gelmiştir. Ancak 2024 başında kamu desteği çekilmiştir. 2025 itibarıyla yeniden başlatılan Ar-Ge kapsamında 2027'ye kadar 1.200 km/s teorik hıza ulaşabilecek sistemin elektromıknatıslı itiş, yüksek hızlı kapsül tasarımı ve yön kontrolü üzerine 12.7 milyar won (~8.5 milyon \$) bütçe ayrılmıştır.

Hyperloop için sıkça telaffuz edilen hedef hız 1.000-1.200 km/sa aralığındadır. Teorik olarak, düşük hava direnci sayesinde sesten hızlı (Mach 1, yaklaşık 1.235 km/s) hızlara ulaşmak mümkündür. Ancak insan taşıyan bir kapsülün bu hızlara güvenli bir şekilde ulaşabilmesi için, uzun mesafelerde kademeli ivmelenme ve yavaşlama gereklidir. Aksi hâlde yolcular yüksek G kuvvetlerine maruz kalır ve sağlık açısından risk doğar.

- **TUM Hyperloop (Münih Teknik Üniversitesi):** SpaceX'in düzenlediği öğrenci pod yarışmasında 2019'da 463 km/sa (288 mph) ile rekor kırdı. Ancak bu yarış pistinin kısa olması nedeniyle hız çok kısa süreliğine sağlanabildi.
- **Virgin Hyperloop:** 2020'de Nevada'daki test sahasında yapılan ilk insanlı denemede 172 km/sa (107 mph) hıza ulaşıldı. Bu test, güvenli insan taşımının mümkün olduğunu göstermesi açısından önemliydi, ancak hedeflenen ultra yüksek hızların oldukça gerisindedir.
- **CASIC (Çin):** 2023 yılında yapılan testte, 620 km/sa hıza ulaşıldığı duyurulmuştur. Bu test, şu ana kadar tam ölçekli bir sistemde ulaşılan en yüksek hız olarak kayda geçmiştir. Test sırasında manyetik levitasyon, yönlendirme ve durdurma sistemleri de başarıyla entegre edilmiştir.

Hyperloop'un teorik hız limiti, tüp içindeki hava basıncının çok düşük olması sayesinde neredeyse hava direncinin ortadan kaldırılmasıyla tanımlanır. Bu durum, teknik olarak 1.200 km/sa hatta 4.000 km/sa gibi süpersonik hızların bile mümkün olabileceği anlamına gelir. Ancak: İnsanlı taşımacılıkta bu hızlara ulaşmak biomekanik sınırlarla kısıtlıdır.

İnsan vücudunun tolere edebileceği ivmelenme yaklaşık 0.2-0.3 g (g = yerçekimi ivmesi) ile sınırlıdır. Bu da, örneğin 1.200 km/sa hıza ulaşmak için yaklaşık 80-100 km'lik düz bir tüp hattı gerektiği anlamına gelir. Aynı şekilde, bu hızdan güvenli biçimde yavaşlamak için de benzer mesafeler gerekir. Hyperloop sistemlerinin en güçlü iddiası olan "uçak hızında kara ulaşımı" fikri, teknik olarak mümkün görünse de bugüne kadar hedeflenen 1.000 km/sa barajı hiçbir insanlı veya uzun mesafeli testte aşılmamıştır.

Hyperloop sektörünün başlangıçtaki yüksek beklentilerine rağmen, Virgin Hyperloop One gibi büyük bir oyuncunun iflas etmesi, bu teknolojinin ticarileşmesinin önündeki devasa finansal ve teknik engelleri açıkça ortaya koymaktadır. Bu durum, sektördeki diğer şirketleri (HyperloopTT, TransPod) yolcu taşımacılığının yanı sıra veya yerine kargo taşımacılığına odaklanmaya itmektedir. Bu stratejik yönelim değişikliği, kargo taşımacılığının yolcu deneyimi (G-kuvvetleri, klostrofobi) ve güvenlik protokolleri açısından daha az karmaşık olabileceği, dolayısıyla daha erken bir ticari uygulanabilirlik sunabileceği düşüncesinden kaynaklanmaktadır. Bu aynı zamanda, Hyperloop'un başlangıçtaki "beşinci ulaşım modu" vizyonunun, gerçek dünya zorlukları karşısında daha niş veya aşamalı bir ticarileşme yoluna evrildiğini göstermektedir.

Hyperloop teknolojisi, sunduğu yüksek hız ve verimlilik potansiyeline rağmen, ticarileşme yolunda aşılması gereken önemli teknik, ekonomik ve düzenleyici engellerle karşı karşıyadır. Yine de, hyperloop sistemlerinin ileride yüksek hızlı, sürdürülebilir ve enerji verimli ulaşım için önemli bir alternatif olabileceği görüşü korunmakta, uzun vadeli yatırımlar ve uluslararası konsorsiyumlar bu umudu canlı tutmaktadır.

### 9.2.2.1. Hyperloop'un Önündeki Yapısal ve Sistemsel Engeller

Uzun mesafeler boyunca neredeyse hava geçirmez vakum tüplerini sürdürmek, önemli sızıntılar veya yapısal arızalar olmadan büyük bir mühendislik zorluğudur. Vakum nedeniyle tüpün dairesel kesitinin mantar benzeri bir şekle dönüşme riski gibi yapısal bütünlük sorunları mevcuttur. Beton gibi malzemelerden kaynaklanabilecek gaz çıkışı (outgassing) da sızdırmazlığı tehlikeye atabilir, bu da özel sızdırmazlık katmanları veya katkı maddeleri gerektirebilir.

Kismi vakumda dahi, kapsül transonik hızlarda tüp içinde ilerlerken aerodinamik sürtünme ve basınç birikimi hala bir sorun teşkil eder. Bu durum, gerekli tüp çapının hız arttıkça büyümesine neden olur ve bu da sermaye maliyetlerini artırır.

Hızlı ivmelenme ve yavaşlama sırasında yolcular yüksek G-kuvvetlerine maruz kalabilir, bu da astronotların fırlatma sırasında hissettiği hislere benzer. Hareket hastalığı, klostrofobi ve acil durum tahliye prosedürleri gibi yolcu deneyimi endişeleri mevcuttur.

Vakum tüplerinin patlaması veya hasar görmesi gibi riskler, sistemin güvenliğini tehdit edebilir. Deprem erken uyarı sistemleri gibi gelişmiş güvenlik önlemlerinin entegrasyonu, özellikle sismik aktiviteye sahip bölgelerde kritik öneme sahiptir.

Hyperloop sisteminin kurulum maliyeti oldukça yüksektir. Elon Musk'ın Alpha beyaz bülteninde mil başına 17 milyon dolar tahmini verilmişken, bazı projeler kilometre başına 20-40 milyon dolar maliyet öngörmüştür. Bu maliyetler, ticari fizibiliteyi belirsiz kılmaktadır ve Maglev'e kıyasla daha da karmaşık ve potansiyel olarak daha pahalı bir çözüm olarak görülmesine neden olur.

Hyperloop hala büyük ölçüde deneysel aşamada olduğundan, küresel düzeyde standartlaştırılmış bir yasal çerçeve ve sertifikasyon kılavuzları henüz tam olarak oluşmamıştır. Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi'nin 2023'te ilk teknik standardı yayımlaması bu yönde önemli bir adımdır. Ancak, büyük ölçekli altyapı projeleri için kritik olan sertifikasyon ve sigortalama süreçlerinin eksikliği, finansman akışını yavaşlatmaktadır.

Teknolojinin fütüristik doğası ve potansiyel yolcu deneyimi (yüksek G-kuvvetleri, kapalı ortam) konusunda kamuoyunda endişeler bulunmaktadır. Bu algı, yaygın kabulün önünde bir engel teşkil edebilir.

Hyperloop'un karşılaştığı teknik zorluklar (vakum bakımı, G-kuvvetleri, güvenlik) ve yüksek maliyetler sadece mühendislik problemleri olmanın ötesinde, aynı zamanda yatırımcı güvenini ve kamuoyu kabulünü doğrudan etkileyen faktörlerdir. Özellikle yasal düzenlemelerin ve standartların eksikliği, büyük ölçekli altyapı projeleri için kritik olan sertifikasyon ve sigortalama süreçlerini engellemekte, bu da finansman akışını yavaşlatmaktadır. Bu durum, Hyperloop teknolojisinin "teknolojik vadi" olarak adlandırılan, prototip aşamasından ticari uygulanabilirliğe geçişteki zorlu köprüyü aşmakta ne kadar büyük engellerle karşılaştığını göstermektedir.

### 9.2.3. Hyperloop ve Maglev Karşılaştırması: Farklar ve Ortak Yönler

Hyperloop ve Maglev teknolojileri, yüksek hızlı ulaşım hedefine ulaşmak için benzer prensipleri kullanırken, temel bir farklılıkla ayrılmaktadır. Her iki teknoloji de sürtünmeyi azaltmak ve yüksek hızlara ulaşmak için manyetik levitasyon (havada süzülme) ve doğrusal motorlar aracılığıyla manyetik tahrik kullanır. Bu ortak nokta, geleneksel tekerlekli sistemlerin sınırlamalarını aşma arayışından doğmuştur.

Ancak, temel farklılık, Maglev trenlerinin açık havada veya geleneksel tünellerde çalışırken, Hyperloop'un kapsüllerin hareket ettiği düşük basınçlı (vakum içinde) tüp sistemlerini temel almasıdır. Bu "hava direncinin minimize edilmesi" Hyperloop'u Maglev'den ayırır ve teorik olarak çok daha yüksek hızlara ulaşma potansiyeli sunar.

Maglev ve Hyperloop'un temel teknolojileri (manyetik levitasyon ve doğrusal tahrik) benzer olsa da, Hyperloop'un düşük basınçlı tüp gereksinimi kritik bir farklılık yaratır.

Bu tüp, bir yandan hava direncini dramatik şekilde azaltarak teorik olarak daha yüksek hızlara (1000 km/s üzeri) ulaşmayı mümkün kılarken, diğer yandan vakumun korunması, tüpün yapısal bütünlüğü, sızdırmazlık ve acil durum prosedürleri gibi Maglev'de bulunmayan ek ve karmaşık mühendislik zorlukları getirir. Bu ek karmaşıklık, Hyperloop'un gelişim aşamasındaki gecikmelerin ve yüksek maliyetlerin temel nedenini oluşturmaktadır.

Performans açısından, Hyperloop ve Maglev farklı potansiyeller sunmaktadır:

- **Hız Potansiyeli:** Maglev trenleri 500 km/s'i aşan hızlara ulaşabilir (örneğin, Şanghay Maglev 431 km/s operasyonel hıza, Japon SCMaglev ise 603 km/s test hızına ulaşmıştır). Hyperloop ise teorik olarak 1.000 km/s'i (600-700 mph) aşan, ticari hava yolu hızlarına eşdeğer veya daha yüksek hızlara ulaşabilir.
- **Enerji Verimliliği:** Hyperloop, düşük basınçlı ortam sayesinde hava direncini minimize ederek Maglev'e kıyasla daha verimli tahrik ve daha düşük enerji tüketimi vaat eder. Bazı projelere göre, Hyperloop'un yol ve havacılık için gereken enerjinin %10'unu, raylı sistemlerin ise %50'sini kullanabileceği iddia edilmektedir. Güneş panelleri ile kendi enerjisini üretme potansiyeli de bulunmaktadır. Maglev de geleneksel trenlere göre daha enerji verimlidir.
- **Yolcu Kapasitesi:** Maglev trenleri, geleneksel yüksek hızlı trenler gibi binlerce yolcu taşıyabilir (örneğin, Chuo Shinkansen 1000 yolcu kapasitesine sahip olması planlanmaktadır). Hyperloop kapsülleri ise genellikle daha küçük olup, 28 ila 40 yolcu kapasiteli tasarımlar mevcuttur. Ancak Hyperloop'un kısa sefer aralıkları (saniyeler, dakikalar değil) sayesinde saatte 20.000 yolcu/yön kapasitesine ulaşabileceği iddia edilmektedir.

Hyperloop, teorik olarak Maglev'den daha yüksek hız ve enerji verimliliği vaat etse de, bu potansiyelin ticarileşme aşamasında ne kadarının gerçekleşeceği belirsizdir. Maglev, daha düşük teorik hızlara sahip olmasına rağmen, bu hızları ticari olarak kanıtlamış ve operasyonel hatlara sahiptir. Hyperloop'un yolcu kapasitesi de geleneksel trenlere göre daha düşük olup, yüksek kapasite vaadi kısa sefer aralıklarına bağlıdır. Bu durum, Hyperloop'un "geleceğin teknolojisi" olarak konumlandırılmasını sürdürürken, Maglev'in "bugünün uygulanabilir çözümü" olarak öne çıkmasını sağlamaktadır.

Maliyet ve altyapı gereksinimleri, her iki teknolojinin de yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biridir.

- **Maglev Maliyeti:** Maglev, kanıtlanmış ancak pahalı bir teknolojidir. Maglev sistemleri özel raylar ve altyapı gerektirdiğinden, başlangıç inşaat maliyetleri oldukça yüksektir. Ancak, bir kez inşa edildikten sonra geleneksel raylı sistemlere göre daha az bakım gerektirir, bu da uzun vadeli maliyetleri azaltabilir. Kilometre başına maliyetlerin 6-45 milyon Euro arasında değiştiği belirtilmektedir. Şanghay Maglev hattının 1.2 milyar USD'ye mal olduğu ifade edilmiştir.
- **Hyperloop Maliyeti:** Hyperloop, mühendislik zorlukları nedeniyle daha da büyük maliyetler sunmaktadır. Neredeyse hava geçirmez vakum tüpleri, yüzlerce mil boyunca önemli sızıntılar veya yapısal arızalar olmadan uzanmalıdır. Bu, Hyperloop projelerini son derece zor ve pahalı hale getirmektedir. Elon Musk'ın Alpha beyaz bültenindeki tahmini mil başına 17 milyon dolar iken , bazı projeler kilometre başına 20-40 milyon dolar maliyet öngörmüştür.
- **Altyapı Entegrasyonu:** Hem Maglev hem de Hyperloop, mevcut ulaşım altyapısıyla uyumlu değildir. Maglev, mevcut raylı sistemlerle uyumlu değildir ve sıfırdan inşaat gerektirir. Hyperloop da tamamen yeni ve özel bir altyapı gerektirir; bu da arazi edinimi ve çevresel etki değerlendirmeleri açısından büyük zorluklar yaratır.

Her iki teknoloji de yüksek başlangıç maliyetleriyle karakterize edilirken, Hyperloop'un vakum tüpü gereksinimi nedeniyle maliyetleri daha da artmaktadır. Bu durum, Maglev'in "kanıtlanmış ama pahalı" statüsüne karşın, Hyperloop'un "daha da karmaşık ve potansiyel olarak daha pahalı" bir çözüm olarak görülmesine neden olur. Ekonomik fizibilite, bu teknolojilerin yaygınlaşmasındaki en büyük engeldir ve maliyetlerin düşürülmesi için yeni inşaat yöntemleri ve ölçek ekonomileri gerekliliği vurgulanmaktadır.

Hem Maglev hem de Hyperloop teknolojileri, geleneksel ulaşım yöntemlerine kıyasla daha sürdürülebilir ve çevre dostu alternatifler sunmayı hedeflemektedir.

- **Maglev:** Tekerlek-ray sürtünmesi olmaması nedeniyle daha az gürültü ve titreşim üretir. Düşük emisyonlu veya sıfır emisyonlu elektrikli tahrik sistemleri kullanır, bu da hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olur.
- **Hyperloop:** Tamamen elektrikli olması ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla (güneş panelleri) entegrasyon potansiyeli sayesinde sıfır karbon emisyonu vaat eder. Hava ve yolculuktan kaynaklanan karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, gürültü, titreşim ve kirlilik üretmez ve diğer altyapılarla kesişmez. Güneş panelleri ile kendi enerjisini üretebilme potansiyeli, onu enerji bağımsızlığı açısından da cazip kılmaktadır.



Hem Maglev hem de Hyperloop'un çevresel faydaları (düşük emisyon, gürültüsüz çalışma, enerji verimliliği) küresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği hedefleriyle doğrudan örtüşmektedir. Bu durum, bu teknolojilere yapılan yatırımların sadece hız ve verimlilik arayışından değil, aynı zamanda çevresel sorumluluk ve uzun vadeli sürdürülebilir ulaşım vizyonundan da kaynaklandığını göstermektedir. Hyperloop'un "sıfır karbon salınımlı" potansiyeli, onu özellikle çevresel hedeflere ulaşmada daha iddialı bir çözüm olarak konumlandırmaktadır.

#### 9.2.3.1. Gelişim Aşamaları ve Ticari Olgunluk Farkları

Hyperloop ve Maglev arasındaki en belirgin farklardan biri, gelişim aşamaları ve ticari olgunluk düzeyleridir.

**Maglev:** Halihazırda ticari olarak faaliyette olan hatları (örneğin, Şanghay) ve yapım aşamasında olan büyük projeleri (örneğin, Japonya'daki Chūō Shinkansen) ile kanıtlanmış bir teknolojidir. Bu durum, Maglev'i daha olgun ve gerçekçi bir yüksek hızlı ulaşım çözümü olarak kabul ettirmektedir.

**Hyperloop:** Büyük ölçüde deneysel aşamadadır. Test pistleri ve prototipler inşa edilmiş olsa da, henüz ticari bir Hyperloop sistemi mevcut değildir. Güvenlik, yüksek maliyetler ve altyapı gereksinimleri gibi zorluklar ilerlemeyi yavaşlatmıştır. Virgin Hyperloop One'in iflası, bu olgunlaşma farkının somut bir göstergesidir ve teknolojinin ticarileşme yolundaki zorluklarını gözler önüne sermektedir.

Maglev'in ticari olgunluğu, yatırımcılar ve politika yapıcılar için daha düşük riskli bir seçenek sunarken, Hyperloop'un deneysel durumu yüksek riskli ancak potansiyel olarak daha yüksek getirili bir vizyon sunmaktadır. Bu durum, ülkelerin ve şirketlerin bu teknolojilere yönelik yatırım stratejilerini belirlemede önemli bir faktördür; bazıları kanıtlanmış çözümlere odaklanırken, diğerleri geleceğin daha radikal dönüşümlerine yatırım yapmayı tercih etmektedir.

Aşağıdaki tablo, Hyperloop ve Maglev teknolojilerinin temel özelliklerini ve gelişim durumlarını karşılaştırmalı olarak özetlemektedir:

| Değerlendirme Kriteri       | Hyperloop                                            | Maglev                               |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Hız Potansiyeli             | 1000+ km/s (teorik)                                  | 500+ km/s (operasyonel ve test)      |
| Gelişim Aşaması             | Deneysel, Prototip                                   | Ticari, Operasyonel                  |
| Altyapı Karmaşıklığı        | Vakum tüpleri, yüksek karmaşıklık                    | Özel raylar, orta-yüksek karmaşıklık |
| Maliyet (Tahmini Km Başına) | 20-40 milyon USD/km (tahmini)                        | 6-45 milyon Euro/km (operasyonel)    |
| Çevresel Etki               | Sıfır emisyon potansiyeli, çok yüksek verimlilik     | Düşük emisyon, yüksek verimlilik     |
| Yolcu Deneyimi              | Yüksek G-kuvveti potansiyeli, kapalı ortam, belirsiz | Pürüzsüz, sessiz, konforlu           |
| Mevcut Ticari Durum         | Yok                                                  | Sınırlı sayıda operasyonel hat       |
| Entegrasyon                 | Mevcut altyapıyla uyumsuz                            | Mevcut raylı sistemle uyumsuz        |

**Tablo 9.1** Hyperloop ve Maglev Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi

#### 9.2.4. Çevresel Etkiler

Geleceğin ulaşım sistemleri yalnızca hız ve ekonomik verimlilikle değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlikle de şekillenmektedir. Bu bağlamda, Hyperloop ve manyetik levitasyonlu (maglev) trenler, fosil yakıt kullanımını tamamen ortadan kaldırarak yalnızca elektrikle çalışmaları sayesinde çevre dostu alternatifler arasında öne çıkmaktadır.

Her iki sistem de doğrudan karbon emisyonu üretmemektedir; araçların çalışması sırasında egzoz gazı salımı söz konusu değildir. Ancak bu sistemlerin çevresel etkisi, kullanılan elektriğin üretim kaynağına doğrudan bağlıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, söz konusu teknolojilerin karbon nötr ulaşım çözümleri olarak konumlanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle Hyperloop projelerinde, taşıma tüplerinin üzerine yerleştirilecek güneş panelleri aracılığıyla sistemin kendi enerjisini üretmesi hedeflenmektedir. Bu yaklaşım, sistemin dış enerji ihtiyacını azaltarak çevresel etkisini daha da minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Maglev trenler ise, klasik tekerlekli trenlere kıyasla sürtünmesiz hareket avantajı sayesinde belirli hız aralıklarında daha düşük enerji tüketimi sunmaktadır. Uluslararası Maglev Kurulu'nun verilerine göre, özellikle 300 km/s altı hızlarda maglev sistemleri yüksek enerji verimliliği ile öne çıkmaktadır. Ancak hız arttıkça, özellikle 500 km/s seviyelerinde, aerodinamik direnç baskın hale gelmekte ve enerji tüketimi hızla artmaktadır. Bu noktada maglev sisteminin enerji ihtiyacı, klasik yüksek hızlı trenlerle karşılaştırılabilir seviyelere ulaşabilmektedir. Örneğin, 480 km/s hızda seyreden bir maglev trenin kişi başına enerji tüketimi yaklaşık 0.4 MJ/km olarak hesaplanmakta; bu değer, aynı mesafedeki bir uçak yolculuğunun tüketiminin onda birinden daha azdır. Dolayısıyla elektrikli raylı sistemlerin, özellikle havayolu ulaşımına kıyasla, çevresel açıdan daha sürdürülebilir olduğu söylenebilir.

Hyperloop sistemleri ise teorik olarak daha ileri düzeyde bir verimlilik potansiyeline sahiptir. Havanın büyük ölçüde vakumlandığı tüpler içinde hareket eden kapsüller, aerodinamik dirençten neredeyse tamamen arındırılmış bir ortamda ilerlemekte ve bu da enerji tüketimini önemli ölçüde düşürmektedir. Helmut Schmidt Üniversitesi (Hamburg) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, 300 kilometrelik bir yük taşıma Hyperloop hattının yılda yaklaşık 140.000 ton CO<sub>2</sub> emisyonunu engelleyebileceği öngörülmektedir. Bu miktar, aynı yükün karayolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmesi durumunda ortaya çıkacak emisyonu temsil etmektedir. Ayrıca Hyperloop sisteminde rejeneratif frenleme ve entegre güneş enerjisi sistemleri sayesinde enerji geri kazanımı ve üretimi mümkün kılınarak toplam enerji verimliliği daha da artırılmaktadır.

Yüksek hızlı ulaşım teknolojilerinin çevresel etkileri yalnızca işletme emisyonlarıyla sınırlı değildir; inşaat süreci, arazi kullanımı, ses ve manyetik alan etkileri ile altyapı yatırımlarının yaşam döngüsü boyunca oluşturduğu toplam karbon ayak izi de sürdürülebilirlik açısından dikkate alınmalıdır. Hyperloop ve maglev sistemleri bu kapsamda çeşitli avantajlar ve zorluklar sunmaktadır.

Hyperloop sistemleri çoğunlukla viyadükler üzerine yerleştirilen tüpler aracılığıyla tasarlanmakta olup, yaklaşık 10 metre genişliğinde bir koridor boyunca ilerlemektedir. Bu yapı, geleneksel karayolu veya demiryoluna kıyasla daha dar bir alan kaplamasıyla çevresel etkileri sınırlayabilir. Yerden yüksek konumlandırılması sayesinde altındaki doğal yaşam koridorları korunabilir; insanların ve hayvanların geçişine olanak tanıyan bu yapı, habitat parçalanmasını azaltma potansiyeli taşımaktadır. Mevcut otoyol ve demiryolu hatlarıyla paralel güzergâhlar kullanılarak yeni doğal alanlara müdahale edilmeden sistem kurulabilir. Ancak Hyperloop'un yüksek hız gereksinimi, düz güzergâh zorunluluğunu da beraberinde getirir. Bu durum dağlık ve kıvrımlı arazilerde tünel ve köprü ihtiyacını artırarak inşaat sürecinde önemli ölçüde hafriyat, gürültü ve ekosistem bozulmasına yol açabilir.

Maglev sistemleri de benzer şekilde mevcut ulaşım koridorlarının yanına inşa edilebilir. Ancak maglev hatlarının da yüksek hızlar nedeniyle geniş kavis yarıçaplarına ihtiyaç duyması, düz güzergâh tercihini zorunlu kılar. Örneğin Japonya'daki Chūō Shinkansen maglev hattının yaklaşık %86'sının tünellerden geçmesi, yüzeydeki çevresel etkiyi azaltırken yer altı su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler doğurabilmektedir. Shizuoka bölgesinde yaşanan yer altı su kaybı örneği, bu tür etkilerin proje planlamasında dikkatle ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Maglev trenler tekerlek kullanmadığı için klasik trenlere kıyasla çok daha sessiz çalışır. Özellikle düşük hızlarda neredeyse sessiz sayılabilecek düzeyde bir çalışma sağlanırken, yüksek hızlarda hava sürtünmesi kaynaklı bir uğultu oluşur. Bununla birlikte, bu ses düzeyi hâlâ geleneksel trenlerin tekerlek ve ray titreşimlerinden kaynaklanan gürültüsünden düşüktür. Ayrıca maglev raylarında mekanik titreşimin az olması, çevredeki yapıların ve canlıların daha az etkilenmesini sağlar.

Hyperloop sistemleri bu açıdan çok daha avantajlı bir konuma sahiptir. Kapsülün tamamen kapalı bir vakum tüp içinde hareket etmesi sayesinde dış ortama neredeyse hiç ses iletilmez. Sonik patlama (sonic boom) riski, iç basıncın düşük olması nedeniyle dış ortama yansımaz. Bu özelliği sayesinde şehir içi geçişlerde Hyperloop sistemleri, gürültü kirliliği yaratmadan yüksek hızda çalışabilme potansiyeli taşır. Geleneksel yüksek hızlı trenlerin şehir merkezlerine yaklaşırken hızlarını düşürmek zorunda olmaları, Hyperloop için geçerli olmayabilir. Öte yandan, kapsül içerisindeki yolcu deneyimi (gürültü ve titreşim düzeyi) henüz tam ölçekli sistemlerde test edilmemiştir ve tasarıma bağlı olarak değişebilir.

Maglev sistemlerinin temelinde güçlü elektromıknatıslar bulunduğundan çevresine düşük seviyeli manyetik alan yayımı söz konusudur. Ancak modern sistemlerde bu alanlar etkin biçimde kalkanlanmakta ve genellikle birkaç mikrotelsa seviyelerinde kalmaktadır. Bu düzey, ev tipi elektrikli cihazlardan daha düşük olup, insan sağlığı ve çevredeki canlı yaşamı açısından risk oluşturmaz.

Hyperloop sistemlerinde de benzer manyetik kaldırma teknolojileri kullanılması öngörüldüğünden, elektromanyetik duyarlılık (EHS) gibi konuların titizlikle ele alınması gerekecektir. Mevcut literatürde, bu sistemlerin çevre sakinleri veya yaban hayatı üzerinde doğrudan olumsuz etkilerine dair anlamlı bir bulgu bulunmamaktadır.

Geniş çaplı altyapı projeleri, özellikle inşaat sürecinde ciddi miktarda karbon salımına neden olabilir. Hyperloop sisteminde kullanılacak spiralli çelik boruların üretimi ve viyadük ayaklarının beton dökümleri gibi işlemler, gömülü karbon ayak izinin yüksek olmasına neden olur. Eğer bu yapım süreci yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklenmezse, sistemin karbon geri ödeme süresi uzayabilir. Yani işletme aşamasında sıfır emisyonla çalışsa dahi, inşaat sürecinde açığa çıkan emisyonları telafi etmesi yıllar sürebilir. Bu nedenle, yaşam döngüsü analizleri yapılarak her projenin net karbon faydasına ne zaman ulaşacağı hesaplanmalıdır. Yine de Hyperloop ve maglev sistemleri, uçak ve kamyon taşımacılığına kıyasla milyonlarca ton CO<sub>2</sub> emisyonunun önlenmesini sağlayabilir. Türkiye'nin uzun vadeli iklim stratejilerinde de bu tür yenilikçi ulaşım teknolojilerinin emisyon azaltım hedeflerine katkı sağlayacak araçlar arasında değerlendirildiği belirtilmiştir.

Yüksek hızlı sistemlerin çevresel güvenliği, sadece operasyonel değil aynı zamanda acil durumlara hazırlık açısından da değerlendirilmelidir. 2006 yılında Almanya'da gerçekleşen bir maglev kazası, ray üzerinde unutulmuş bir servis aracına çarpılmasıyla meydana gelmiş ve güvenlik protokollerinin önemini ortaya koymuştur. Maglev sistemlerinin açık hat yapısı, yabancı cisim girişine karşı sürekli izleme ve denetim gerektirir. Bu açıdan bakıldığında, tamamen kapalı bir sistem olan Hyperloop daha avantajlı görünmektedir. Ancak Hyperloop sistemleri de deprem, heyelan ve zemin kayması gibi doğal afetlere karşı hassas yapıdadır. Deprem kuşağındaki bölgelerde boru sistemlerinin esnek bağlantılarla tasarlanması, segmentasyon, vakum sızdırmazlık sistemleri ve yedekli pompa mekanizmaları gibi unsurlar kritik güvenlik çözümleridir. Bu risklerin yönetimi, kapsamlı simülasyonlar ve saha testleriyle sürekli değerlendirilmektedir.

#### **9.2.5. Yasal ve Düzenleyici Çerçeve**

Yeni bir ulaşım sisteminin hayata geçirilmesi yalnızca teknolojik altyapının oluşturulmasıyla sınırlı değildir; aynı zamanda bu sistemin hukuki ve teknik düzenlemelerle desteklenmesi gerekir. Hem hyperloop hem de manyetik levitasyon (maglev) teknolojileri için çeşitli ülkeler ve uluslararası kuruluşlar, yasal çerçevelerin ve standartların belirlenmesine yönelik çalışmalar başlatmıştır.

##### **9.2.5.1. Hyperloop için Yasal Çerçeve ve Standart Gelişimi**

Hyperloop sistemleri henüz hiçbir ülkede ticari yolcu taşımacılığı yapmadığı için mevcut ulaşım mevzuatlarında bu teknolojiye karşılık gelen net bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu durum, ülkeleri geleceğe yönelik düzenleyici altyapılar oluşturmaya sevk etmiştir.

Avrupa'da birden fazla hyperloop girişiminin bulunması ve olası uluslararası hatların gündeme gelmesi, standardizasyon sürecini kritik hâle getirmiştir. Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN-CENELEC), 2020'li yılların başında bir çalışma grubu oluşturarak hyperloop teknolojisine ilişkin teknik standartların taslağını hazırlamış ve Ocak 2023'te bu alandaki ilk taslak yayınlanmıştır. Söz konusu standart; güvenlik, altyapı boyutları ve işletme protokolleri gibi alanlarda ortak bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca Hardt, Zeleros, Nevomo ve TransPod gibi şirketler, sistemler arası teknik uyum sağlamak amacıyla konsorsiyumlar oluşturarak iş birliğine gitmiştir. Amaç, kapsül ve tüplerin birbirine uyumlu olması ve uluslararası sistem entegrasyonunun mümkün hâle gelmesidir. Avrupa Birliği, Ar-Ge desteği sağlayarak bu teknolojinin gelişimini de teşvik etmektedir. Örneğin, Hardt şirketinin test merkezine fon desteği verilmiştir. Yasal açıdan bakıldığında ise hyperloop'un hangi ulaşım kategorisine gireceği konusu hâlâ tartışmalıdır; demiryolu mu, havacılık mı yoksa tamamen yeni bir sınıf mı oluşturulacağı konusunda netlik sağlanmamıştır. Yine de sistemin, demiryoluna benzer bir çerçevede değerlendirilmesi olasıdır. Ancak basınçlı tüpler gibi özgün unsurlar, özel düzenlemelere ihtiyaç duymaktadır.

ABD Ulaştırma Bakanlığı, 2019 yılında geleneksel olmayan ve gelişmekte olan ulaşım teknolojilerini değerlendirmek amacıyla NETT Konseyi'ni kurmuştur. Bu birim, hyperloop gibi yeni sistemlerde yetki paylaşımı ve düzenleme eksikliklerini gidermeyi amaçlamaktadır. 2020 yılında yayımlanan "Ulaşımın Geleceğine Giden Yollar" adlı politika belgesi ile yeni teknolojilerin mevzuatla nasıl ilişkilendirileceği tanımlanmış ve hyperloop özel olarak vurgulanmıştır. Bu rehberde, halkın güvenlik, gizlilik ve emniyet konusundaki endişelerinin giderilerek yeniliklerin destekleneceği ifade edilmiştir. NETT Konseyi, hyperloop geliştiren firmalarla görüşmeler yaparak federal düzeyde hangi kurumun hangi sorumluluğu üstleneceğini belirlemeye çalışmaktadır. ABD'de hayata geçirilmesi planlanan hatlar için çevresel etki değerlendirme (ÇED) süreçleri ve güvenlik sertifikasyonları tanımlanmakta; örneğin Missouri eyaletinde yürütülen ön fizibilite çalışmaları kapsamında Federal Demiryolu İdaresi'nin dahil olması öngörülmüştür.

Hyperloop'u kamu ulaşım sistemi olarak tanıyan ilk ülkelerden biri olan Hindistan, Maharashtra eyaleti üzerinden bu teknolojiyi resmi altyapı statüsüne dahil etmiştir. Bu gelişme, yasal izinlerin daha hızlı alınmasına olanak sağlamıştır. Birleşik Arap Emirlikleri ise Dubai ile Abu Dabi arasında bir hat kurmak üzere ön protokoller imzalamış ve güzergâh etüdü tamamlanmıştır; ancak uygulamaya geçilmemiştir. Güney Kore'de devlet destekli araştırmalar sürdürülmüş ancak projenin askıya alınmasıyla birlikte yasal çerçeveye ilişkin somut bir adım atılamamıştır. 2025'te yeniden başlayan Ar-Ge faaliyetleriyle birlikte mevzuat hazırlıkları yeniden gündeme gelebilir.

Hyperloop için en büyük düzenleyici zorluk, sistemin güvenliğine ve acil durum senaryolarına ilişkin belirsizliklerdir. Vakumlu tüplerde çok yüksek hızlarla seyahat eden yolcuların tahliyesi gibi konular henüz netlik kazanmamıştır. Bu nedenle yasal düzenlemeler, bu hususlara dair kesin çözümler ortaya konmadan uygulanamayacaktır. Birçok hyperloop firması bu süreci kolaylaştırmak amacıyla öncelikle insansız kargo taşımacılığına odaklanmaktadır. Yolcu taşımacılığı içinse uzun vadeli bir güvenlik sertifikasyon ve regülasyon süreci öngörülmektedir.

#### 9.2.5.2. Maglev Sistemleri İçin Mevzuat ve Standartlar

Maglev teknolojisi, genel hatlarıyla demiryolu kategorisinde değerlendirilse de, geleneksel sistemlerden önemli farklılıklar içerdiği için özel teknik ve yasal düzenlemelere tabidir.

Maglev hatlarına sahip ülkeler, genellikle kendi teknik standartlarını oluşturmuşlardır. Çin, Almanya'nın Transrapid teknolojisini temel alarak ulusal bir maglev standardı geliştirmiş ve yerli üreticiler bu çerçevede üretim gerçekleştirmiştir. Japonya ise SC Maglev sistemi için demiryolu teknik standartlarına özel eklemeler yapmış ve projeyi ulusal çerçevede konumlandırmıştır. Kore de Incheon hattı için mevcut demiryolu güvenlik mevzuatını uyarlayarak uygulamaya geçmiştir.

Halihazırda ülkeler arası bir maglev hattı bulunmadığından, uluslararası bir standardizasyon henüz oluşmamıştır. Ancak Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC), maglev teknolojilerini yakından takip etmekte ve gelecekte Avrupa'da bu sistemlerin gündeme gelmesi hâlinde, AB düzeyinde standardizasyon süreçlerinin başlatılabileceği öngörülmektedir. Mevcut durumda Almanya (EMS) ve Japonya (EDS) tarafından geliştirilen maglev sistemleri arasında yapısal uyumsuzluklar bulunmaktadır. Bu da küresel bir standardın oluşturulmasını güçleştirmektedir.

Maglev hatlarının inşası çoğunlukla hızlı tren projeleriyle benzer süreçleri izlese de, yenilikçi yapısı nedeniyle ek çevresel değerlendirmeler talep edilebilmektedir. Örneğin ABD'deki Baltimore–Washington maglev projesi, yıllardır süren Çevresel Etki Değerlendirme (EIS) süreci nedeniyle hayata geçirilememiştir. Japonya'da ise Chuo Shinkansen projesi kapsamında açılan çevresel davalar, projenin izlenerek onaylanmasıyla sonuçlanmıştır. Türkiye gibi ülkelerde de benzer şekilde ÇED, Bakanlık ve yerel yönetim onaylarının alınması gerekecektir.

Maglev trenlerde kullanılan frenleme sistemleri (örneğin eddy current ve elektromanyetik frenler), klasik trenlerden farklı olup özel test ve sertifikasyon süreçleri gerektirmektedir. Japonya ve Almanya gibi ülkelerde bu sistemler yetkili kuruluşlar tarafından uzun süreli testlere tabi tutulmuştur. Ayrıca manyetik kaldırma teknolojisi nedeniyle tekerleksiz çalışan bu sistemlerde, enerji kesintisi gibi acil durumlar için batarya destekli sistemler ve yedek frenleme mekanizmaları geliştirilmektedir. Japonya örneğinde, tünel içinde acil durum tahliyesine yönelik ayrıntılı prosedürler tanımlanmıştır.

Maglev teknolojisi, hyperloop'a kıyasla daha olgun ve düzenleyici açıdan daha az engelle karşılaşmaktadır. Teknolojinin ispatlanmış olması, odak noktasını finansman ve toplumsal kabule kaydırmıştır.

Buna karşın hyperloop için öncelikli gereklilik, teknolojinin güvenilirliğini kanıtlamak ve ardından regülasyon süreçlerinde ilerlemektir. Her iki alanda da standartların oluşmaya başlaması, Türkiye gibi sistemleri yeni uygulamaya koymayı hedefleyen ülkeler için önemli bir bilgi birikimi ve rehberlik kaynağı oluşturmaktadır.

#### 9.2.6. Türkiye'deki Gelişmeler ve Potansiyel Uygulama Alanları

Türkiye, yeni nesil ulaşım teknolojilerine yönelik stratejik vizyon belgelerinde hyperloop ve maglev sistemlerine giderek daha fazla yer vermeye başlamıştır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 2022 yılında yayımlanan "Mobilité Araç ve Teknolojileri Yol Haritası" belgesinde, bu iki yenilikçi sistem, üzerinde çalışılması planlanan ileri teknoloji alanları arasında gösterilmiştir. Bu durum, Türkiye'nin ulaştırma politikalarında yalnızca mevcut sistemlerin iyileştirilmesini değil, aynı zamanda geleceğin yüksek hızlı ve düşük karbonlu çözümlerine yönelik hazırlık yapıldığını ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, Türkiye'nin uzun vadeli çevre politikalarını şekillendiren 2053 İklim Stratejisi taslağında da hyperloop ve maglev teknolojileri, karbon emisyonlarını azaltma hedefleri doğrultusunda geliştirilecek ulaşım çözümleri arasında yer almıştır. Bu stratejik belgelerde yer alan ifadeler, bu teknolojilerin henüz uygulama aşamasına geçmemiş olmasına rağmen, ulusal vizyonun bir parçası hâline geldiğini göstermektedir.

Ayrıca, 11. Kalkınma Planı'nda "yeni nesil ray ötesi sistemlere" yönelik Ar-Ge ve teknoloji geliştirme faaliyetlerine vurgu yapılmakta; Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu da bu alanda çalışmalar yürütmektedir. Kurulun düzenlediği ray ötesi sistemlere yönelik çalıştaylar, kamu kurumları, üniversiteler ve özel sektör temsilcilerini bir araya getirerek bu alanda stratejik iş birliğini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar sonucu T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi tarafından YENİ NESİL ULAŞIM TEKNOLOJİSİ HYPERLOOP raporu yayınlanmıştır. Tüm bu girişimler, Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda hyperloop ve maglev gibi yenilikçi sistemleri gündemine alarak küresel gelişmelere paralel bir yönelim sergileme çabasını yansıtmaktadır.

Türkiye'de hyperloop teknolojisi alanında kaydedilen en somut gelişmelerden biri, üniversite öğrencilerinin yoğun katılımıyla gerçekleşen TEKNOFEST Hyperloop Geliştirme Yarışmalarıdır. Bu yarışmalar, genç mühendis adaylarının yenilikçi ulaşım sistemleri üzerine çalışmalarını teşvik etmekte ve uygulamalı deneyim kazanmalarına olanak tanımaktadır. Takım, otonom sürüş, haberleşme sistemleri ve özgün kapsül tasarımı gibi alanlarda önemli başarılar elde etmiştir.

TEKNOFEST kapsamında düzenlenen Hyperloop Geliştirme Yarışması, ilk olarak 2022 yılında hayata geçirilmiştir. TÜBİTAK RUTE yürütücülüğünde gerçekleştirilen bu organizasyon, lisans ve lisansüstü öğrencilerinin manyetik levitasyon ve düşük sürtünmeli ulaşım sistemleri üzerine projeler geliştirmesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Yarışma, katılımcılara teknik bilgi kazandırmanın yanı sıra, prototip üretimi ve test süreçleriyle uygulamalı mühendislik deneyimi sunmaktadır.

Aynı zamanda bu yarışmalar, öğrencilerde farkındalık oluşturarak gelecekteki insan kaynağının yetişmesine katkı sağlamaktadır. 2022'de başlayan yarışmalar 2023 ve 2024 yıllarında da devam etmiş; Türkiye'den ve yurt dışından katılan birçok takım, kendi hyperloop pod prototiplerini tasarlayıp üretme fırsatı bulmuştur. Öğrencilerin vakum ortamında çalışan kapsüllerini test etmesi, bu alandaki bilgi birikiminin artmasına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Hyperloop teknolojisinin geliştirilmesine yönelik uluslararası çabalara Türkiye'den somut katkı sağlayan en dikkat çekici özel sektör temsilcilerinden biri Erciyas Holding olmuştur. Erciyas Çelik Boru, çapı 273 mm (10 inç) ile 4064 mm (160 inç) arasında büyük çaplı çelik boru üretiminde dünya çapında sayılı firmalar arasında yer almakta olup, 2017 yılından bu yana Hyperloop Transportation Technologies (HyperloopTT) ile iş birliği içerisinde. Bu iş birliği kapsamında, hyperloop sistemlerinde kullanılacak 4 metre çapında çelik tüplerin araştırma ve geliştirme süreçlerine aktif katılım sağlanmış, Ar-Ge çalışmaları sonucunda bu tüplerin üretilebilirliği mümkün hâle getirilmiştir.

Hyperloop projeleri kapsamında çelik boru ve ilgili ekipmanların üretiminin, ENKA'nın iştiraki olan Çimtaş ile birlikte gerçekleştirilmektedir. Böylece Erciyas Holding, hem tedarikçi hem de yatırımcı olarak projeye dâhil olmuş; yalnızca teknik üretim kapasitesiyle değil, aynı zamanda finansal destek sağlayarak projenin gelişimine katkı sunmuştur.

2022 yılı başında HyperloopTT ile imzalanan anlaşma çerçevesinde, 5 kilometre uzunluğunda tam ölçekli bir hyperloop prototip hattının yatırımcısı ve boru tedarikçisi olma yönünde mutabakata varılmıştır. Söz konusu hattın kurulacağı yer henüz kesinleşmemiş olmakla birlikte Brezilya, Kanada, ABD, İtalya, Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan gibi ülkeler arasında bir rekabet yaşanmaktadır. Türk tarafı ise hattın Türkiye'de kurulması için yoğun çaba göstermektedir. Bu hedefin gerçekleşmesi hâlinde, Türkiye, hyperloop teknolojisinin geliştirilmesinde önemli bir küresel merkez hâline gelebilecektir.

Öte yandan, bu iş birliği Türk özel sektörünün yüksek teknolojlili ulaşım sistemlerine duyduğu ilginin de somut bir göstergesidir. HyperloopTT ile yapılan ortaklık sayesinde, prototip hat için özel olarak tasarlanmış donatımlı çelik boruların üretimi üstlenilmiş ve bu kapsamda 10 milyon ABD dolarını aşan bir yatırım gerçekleştirilmiştir. Bu gelişme, Türk sanayi kuruluşlarının yenilikçi ulaşım sistemlerine yalnızca üretici değil, aynı zamanda stratejik ortak olarak da katkı sunabileceğini ortaya koymaktadır.

TÜBİTAK, Hyperloop Geliştirme Yarışmaları'nı düzenleyerek bu alandaki Ar-Ge faaliyetlerini desteklemektedir. Ayrıca, TÜBİTAK RUTE (Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü) bünyesinde 208 metrelik dünyanın en uzun ikinci Hyperloop test tüneli inşa edilmiştir. Bu altyapı, yerli takımların prototiplerini test etmeleri için kritik bir imkan sunmaktadır.

Türkiye'deki Hyperloop faaliyetleri, büyük ölçekli altyapı projelerinden ziyade, ağırlıklı olarak akademik yarışmalar ve üniversite tabanlı Ar-Ge çalışmaları ile şekillenmektedir.



Özel sektör yatırımları ise daha çok tedarikçi ve prototip geliştirme aşamasına odaklanmıştır. Bu durum, Türkiye'nin Hyperloop teknolojisine yönelik stratejisinin, doğrudan ticari hatlar inşa etmekten ziyade, öncelikle yerli mühendislik yetkinliğini, insan kaynağını ve temel teknolojik bilgi birikimini geliştirmeye yönelik olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşım, gelecekteki olası büyük ölçekli projelere hazırlık niteliğindedir ve ülkenin teknolojik bağımsızlığını artırma potansiyeli taşımaktadır.

Türkiye'de Maglev trenlerinin uygulanabilirliği üzerine akademik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar, Maglev trenlerinin ideal yolculuk uzunluğunun 240 kilometreden fazla olduğu mesafelerde daha belirgin fayda sağladığını belirtmektedir. 800 kilometreden fazla mesafelerde ise uçak taşımacılığının daha uygun olduğu değerlendirilmiştir. Çin'de üretilen 600 km/s hızındaki Maglev treninin Türkiye'de kullanılması durumunda İstanbul-Ankara arasının (yaklaşık 533 km) 1 saatten az sürede kat edilebileceği tartışmaları gündeme gelmiştir.

Küresel olarak Maglev, kanıtlanmış ticari uygulamaları olan daha olgun bir teknoloji olmasına rağmen, Türkiye'deki kamuoyu ve proje tartışmalarında Hyperloop kadar somut ve büyük ölçekli bir yer bulamamıştır. İstanbul-Ankara hattı için Maglev potansiyeli tartışılrsa da, bu konuda Hyperloop'taki gibi (TEKNOFEST, özel sektör yatırımları) somut bir Ar-Ge veya altyapı hamlesi gözlenmemektedir. Bu durum, Türkiye'de Maglev'in "mevcut yüksek hızlı demiryolu"nun bir uzantısı olarak algılanması veya Hyperloop'un daha "fütüristik" ve "çiğır açıcı" olduğu yönündeki algının daha baskın olmasıyla açıklanabilir. Bu durum, potansiyel olarak daha az riskli ve daha olgun bir teknolojinin ulusal ulaşım stratejilerinde yeterince önceliklendirilmemesi riskini barındırmaktadır.

Türkiye, hem Hyperloop hem de Maglev gibi ileri ulaşım teknolojileri konusunda önemli fırsatlara ve zorluklara sahiptir.

#### 9.2.6.1. Türkiye İçin Potansiyel Uygulama Alanları ve Fırsatlar

Türkiye'nin geniş yüzölçümü ve büyük şehirleri arasındaki mesafeler, yüksek hızlı ulaşım sistemleri açısından ciddi bir potansiyel sunmaktadır. Özellikle İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya gibi büyük kentler arasında 500-800 kilometrelik mesafeler, hyperloop sistemlerinin en verimli çalışabileceği menziller arasında yer almaktadır. Örneğin, yaklaşık 450 km uzunluğundaki İstanbul-Ankara hattında, hyperloop ile ulaşım süresinin teorik olarak 25 dakikaya kadar inebileceği öngörülmektedir. Günümüzde yüksek hızlı tren (YHT) ile yaklaşık 4 saat, havayolu ile ise şehir merkezleri baz alındığında 3 saati bulan bu yolculuğun yarım saatin altına düşmesi, ulaşımında devrimsel bir dönüşüm anlamına gelmektedir.

Böyle bir gelişme, şehirler arası mesafelerin algılanışını köklü şekilde değiştirebilir; İstanbul'da çalışan bir bireyin Eskişehir'de yaşaması gibi seçenekler daha uygulanabilir hâle gelebilir. Bu durum, büyükşehirlerdeki nüfus yoğunluğunu azaltırken ülke genelinde daha dengeli bir yerleşim yapısını teşvik edebilir.

Hyperloop ve yüksek hızlı maglev sistemleri, özellikle kısa mesafeli iç hat uçuşlarına çevreci bir alternatif sunma potansiyeline sahiptir. Avrupa'da 2,5 saatten kısa süren uçuşların çevresel kaygılarla sınırlandırılması gündemdeyken, benzer bir eğilim Türkiye'de de uygulanabilir. İstanbul-Ankara ve İstanbul-İzmir gibi yoğun uçuş trafiğine sahip hatlar, hyperloop ile çok daha düşük karbon salımlarıyla bağlanabilir. Bu dönüşüm, havayolu kaynaklı emisyonların azaltılmasının yanı sıra, havalimanı altyapısının daha uzun mesafeli uçuşlara tahsis edilmesini de mümkün kılacaktır. Böylece hem çevresel sürdürülebilirlik sağlanacak hem de hava ulaşım sisteminin verimliliği artacaktır.

Türkiye, Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının kesişim noktasında yer alması nedeniyle stratejik bir lojistik merkez konumundadır. Hyperloop sistemleri, limanlar, serbest bölgeler ve sanayi merkezleri arasında yüksek hızlı kargo taşımacılığı için çiğır açıcı fırsatlar sunmaktadır. Özellikle İstanbul'da kent içinde yer alan Haydarpaşa ve Ambarlı gibi limanların, şehir dışındaki geniş alanlara taşınarak hyperloop aracılığıyla merkeze entegre edilmesi, trafik ve alan kullanımı açısından önemli kazanımlar sağlayabilir.

Erciyas Holding'in vizyonunda, Haydarpaşa Limanı'nın Konya Ovası gibi daha iç bölgelerde konumlandırılması ve yüklerin hyperloop ile taşınması yer almaktadır. Bu sayede kıyı alanları kamusal kullanıma açılabilirken, elleçleme faaliyetleri daha geniş ve verimli alanlarda gerçekleştirilebilir. Benzer uygulamalar Mersin ve İzmir gibi liman kentlerinde de planlanabilir. Uzun vadede, Avrupa'dan Asya'ya uzanan bir hyperloop ağı içinde Türkiye'nin geçiş noktası olması, ülkeyi kıtalararası lojistikte merkezi bir aktör hâline getirebilir.

Türkiye, hyperloop ve maglev teknolojilerine erken dönemde yatırım yaparak bu sistemlerin belirli bileşenlerinde uzmanlaşma fırsatı yakalayabilir. Örneğin, Erciyas Holding'in çelik boru üretimindeki yetkinliği, uluslararası projelere altyapı bileşeni ihracatı açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra ASELSAN ve TÜBİTAK gibi kurumlar; lineer motorlar, güç elektroniği ve otomasyon sistemleri alanlarında geliştirdikleri savunma sanayii teknolojilerini sivil uygulamalara entegre ederek hyperloop sistemlerine katkı sunabilir. Savunma sanayiinde kullanılan lineer motorlu fırlatma sistemlerinin, maglev teknolojileri ile benzer prensiplere

dayanması bu geçişi mümkün kılmaktadır. Böylece Türkiye, küresel hyperloop ve maglev pazarında niş bir konuma erişebilir.

Maglev sistemleri, yalnızca büyük şehirleri değil, turistik ve özel ekonomik bölgeleri de kapsayacak şekilde planlanabilir. Türkiye’de Kapadokya, Antalya gibi turistik merkezlerde havaalanı ile şehir merkezi arasında kurulacak maglev shuttle hatları, turistlerin ulaşım deneyimini üst düzeye taşıyabilir. Sessiz, hızlı ve konforlu bir ulaşım alternatifi sunan bu sistemler, destinasyon cazibesini artırarak bölgesel turizmin gelişmesine katkı sağlayabilir. Benzer şekilde İstanbul Havalimanı gibi büyük ulaşım merkezleri ile kentsel alanlar arasında maglev hatları düşünülebilir. Her ne kadar mevcut durumda metro inşaatları tercih edilse de, gelecekte maglev teknolojisinin bu tür alanlarda rekabetçi bir alternatif hâline gelmesi mümkündür.

#### **9.2.6.2. Sınırlayıcı Faktörler ve Zorluklar**

Türkiye, geleceğin ulaşım teknolojileri arasında yer alan hyperloop ve maglev sistemlerine yönelik potansiyel taşıya da, bu sistemlerin hayata geçirilmesinde önemli teknik, ekonomik ve yönetsel engeller bulunmaktadır.

Hyperloop ve maglev gibi ileri teknoloji ulaşım sistemlerinin kurulum maliyetleri son derece yüksektir. Örneğin, 500 kilometrelik bir hyperloop hattının on milyarlarca dolara mal olacağı tahmin edilmektedir. Bu ölçekteki yatırımlar, kamu bütçesine önemli bir yük getireceğinden devlet kaynaklarından finanse edilmesi güç görünmektedir. Aynı şekilde özel sektörün de bu riskli yatırımı tek başına üstlenmesi beklenmemelidir. Bu nedenle, uluslararası finansal iş birlikleri (örneğin Avrupa Birliği fonları, Körfez sermayesi veya Çin yatırımları) ve konsorsiyum yapıları, finansman açısından olası çözüm yolları arasında değerlendirilmektedir.

Hyperloop hâlen prototip aşamasındadır ve ticari bir uygulaması bulunmamaktadır. Türkiye gibi ülkeler, altyapı projelerinde genellikle kanıtlanmış teknolojilere yönelmeyi tercih etmekte; bu nedenle henüz deneme aşamasında olan sistemlerin uygulanması konusunda temkinli yaklaşılmaktadır. Maglev sistemleri ise Japonya ve Çin’de belli ölçüde ticarileşmiş olmasına rağmen Türkiye bu alanda herhangi bir deneyim kazanmamıştır. Ayrıca, her iki sistemin mevcut demiryolu altyapısına entegre edilememesi ve tamamen yeni hatların inşa edilmesi zorunluluğu, maliyet ve planlama açısından önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Karar vericiler açısından, bu noktada “kanıtlanmış yüksek hızlı tren (YHT) mi yoksa deneysel hyperloop mu?” ikilemi ön plana çıkmakta; genellikle teknoloji hazır olgunluk düzeyine (TRL) ulaşıncaya kadar bekleme stratejisi tercih edilmektedir.

Türkiye’nin aktif bir deprem kuşağında yer alması, hyperloop sistemlerinin uygulanabilirliğini ciddi biçimde etkilemektedir. Vakumlu tüplerin sızdırmazlığı, sismik bir olayda zarar görebilir; bu da sistemin güvenliğine dair önemli soru işaretleri doğurmaktadır. Bu tür riskleri azaltmak için tüplerin segmentlere ayrılarak esnek derzlerle birleştirilmesi, otomatik vakum kapılarıyla bölümlere ayrılması gibi mühendislik çözümleri geliştirilmesi gerekmektedir. Ancak bu önlemler maliyeti daha da artırmaktadır. Maglev sistemlerinde ise viyadük temellerinde sismik izolatörler kullanılarak deprem etkileri geleneksel yöntemlerle sınırlandırılabilir. Öte yandan, çok yüksek hızda seyreden bir maglev trenin deprem anındaki güvenli duruşu da ayrı bir mühendislik problemidir. Japonya’da mevcut Shinkansen sistemlerinde uygulanan erken uyarı ve acil frenleme sistemleri, benzer şekilde maglev hatlarına da entegre edilebilir.

Hyperloop gibi yenilikçi sistemler için Türkiye’de henüz herhangi bir yasal mevzuat veya teknik düzenleme bulunmamaktadır. Bu tür projelerin gündeme gelmesi durumunda, öncelikle kapsamlı bir hukuki altyapının oluşturulması gerekecektir. Türkiye, Avrupa Birliği müktesebatını ya da Amerika Birleşik Devletleri’nde yürütülen düzenleme deneyimlerini örnek alarak mevzuatını güncelleyebilir.

Ancak bu süreç zaman alıcıdır ve belirsizlik yaratmaktadır. Güvenlik standartlarının ve işletme protokollerinin oluşturulması yıllar sürebileceğinden, yatırımcılar açısından bu durum bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye’nin ulaştırma alanındaki mevcut öncelikleri, hyperloop ve maglev gibi ileri düzey teknolojilere kaynak ayırmayı zorlaştırmaktadır. Hâlihazırda devam eden YHT projelerinin tamamlanması, konvansiyonel hatların modernizasyonu ve kentsel raylı sistemlerin yaygınlaştırılması gibi alanlar öncelikli yatırım alanlarıdır. Ekonomik dalgalanmalar ve kamu bütçesi üzerindeki kısıtlar göz önünde bulundurulduğunda, henüz ticarileşmemiş ve yüksek risk barındıran projelerin geri planda kalması muhtemeldir. Nitekim geçmişte önerilen “İstanbul-Ankara süper hızlı tren” gibi projelerin dahi uygulanamamış olması, hyperloop gibi sistemlerin kısa vadede hayata geçirilme olasılığını azaltmaktadır.

Yeni ulaşım teknolojilerinin benimsenmesinde toplumsal destek önemli bir etkidir. Hyperloop, ilk duyurulduğunda kamuoyunda ilgi uyandırır da, somut gelişmelerin olmaması bu ilgiyi zayıflatır. Büyük bütçeli projelerin kamu desteği olmaksızın ilerlemesi zordur. Bu nedenle, küçük ölçekli bir test hattının Türkiye’de kurulması, hem kamuoyunu bilgilendirmek hem de karar vericileri ikna etmek açısından stratejik bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda Erciyas Holding’in girişimiyle planlanan 5 kilometrelik prototip hattın

Türkiye’de konumlandırılmasına yönelik çabalar, yalnızca teknik değil, aynı zamanda sosyo-politik bir yatırım olarak da değerlendirilmektedir.

Hyperloop ve maglev gibi yüksek hızlı ulaşım sistemleri, geniş alanlarda yeni güzergâhlar inşa edilmesini gerektirir. Bu durum, arazi kamulaştırması ve çevresel etki değerlendirmesi süreçlerini gündeme getirir. Özellikle tarım arazileri, ormanlık alanlar veya yerleşim yerlerinden geçecek hatların sosyal sürdürülebilirliği konusunda dikkatli planlamaya ihtiyaç vardır. Ayrıca tüplerin ve viyadüklerin doğaya etkisi, ekosistemlerin bölünmesi gibi çevresel faktörler de göz önüne alınmalı; projelerin çevresel uyumluluğu titizlikle değerlendirilmelidir.

### 9.2.7. Sonuç ve Gelecek Perspektifleri

Küresel ulaşım sistemleri, hız, verimlilik ve sürdürülebilirlik gereksinimleri doğrultusunda önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu dönüşümün merkezinde, manyetik levitasyon (maglev) ve hyperloop gibi yenilikçi teknolojiler yer almaktadır. Her iki sistem de geleneksel raylı ulaşımına kıyasla yüksek hız ve çevresel fayda potansiyeli sunarken, teknoloji olgunluğu ve uygulanabilirlik açısından farklı düzlemlerde değerlendirilmektedir.

Maglev teknolojisi, belirli ülkelerde başarılı biçimde uygulanmış ve yüksek hız kapasitesiyle dikkat çekmiştir. Çin’deki Şanghay Maglev hattı ve Japonya’nın inşası süren Chūō Shinkansen projesi, bu teknolojinin pratikte uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Özellikle Japonya ve Çin’in bu alandaki liderliği, maglev’in belirli güzergâhlarda teknik ve ekonomik olarak sürdürülebilir olabileceğine işaret etmektedir. Mevcut yüksek hızlı trenlere alternatif oluşturan maglev, daha kısa vadede uygulanabilecek, teknolojik olgunluğu kanıtlanmış bir çözüm sunmaktadır.

Hyperloop ise henüz deneysel aşamada olan, ancak teorik olarak maglev’den daha yüksek hız ve enerji verimliliği vaat eden bir teknolojidir. Bu sistem, düşük hava direnci sağlamak amacıyla kısmi vakum altında hareket eden kapsüllere dayalı bir yapıdadır. Ancak Virgin Hyperloop One’in iflası gibi gelişmeler, hyperloop teknolojisinin yüksek risk profiline ve ticari uygulanabilirliğe ulaşmadaki zorluklarına dikkat çekmektedir. Gerek mühendislik, gerek finansman, gerekse regülasyon alanlarında karşılaşılan belirsizlikler, hyperloop’un yaygınlaşma sürecinin uzun olacağını göstermektedir.

Türkiye, hyperloop alanında özellikle T.C. Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu, Dijital Dönüşüm ofisi, Tübitak, Üniversite projeleri, TEKNOFEST yarışmaları ve özel sektör girişimleriyle (örneğin Erciyas Holding ve ENKA’nın prototip hattı çalışmaları) önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Bu faaliyetler, yalnızca teknolojik yetkinlik kazandırmakla kalmamakta, aynı zamanda nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesine de katkı sunmaktadır. İstanbul-Ankara gibi kritik güzergâhlarda hyperloop’un teorik seyahat süresi avantajları da kamuoyunda ilgi uyandırmaktadır.

Maglev konusunda ise, akademik ilgi ve güzergâh tartışmalarına rağmen, somut bir ulusal proje veya yatırım girişi henüz gözlemlenmemektedir. Türkiye’nin hâlihazırda genişlemekte olan YHT altyapısı, maglev teknolojisine yönelik ihtiyacın daha düşük öncelikli algılanmasına neden olmuş olabilir.

Hyperloop için öngörülen en olası senaryo, ilk etapta yük taşımacılığıyla sınırlı sistemlerin geliştirilmesi yönündedir. 2030’lu yıllarda liman ve lojistik merkezler arasında kısa mesafeli kargo hatlarının devreye alınması beklenmektedir. Başarılı örneklerin ardından yolcu taşımacılığına geçişin gündeme gelmesi muhtemeldir. Dubai-Abu Dabi gibi kısa ve düz hatlarda yolcu taşımacılığı testlerinin yapılması ve ilk ticari yolcu hattının 2035-2040 arasında ortaya çıkması bazı uzmanlarca olasılık dahilinde görülmektedir. Ancak birçok mühendis bu tahminin iyimser olduğunu ve yaygınlaşmanın 2050 sonrası için öngörülmesi gerektiğini belirtmektedir. Erciyas Holding, 2050 itibarıyla dünya genelinde 185 bin kilometrelik bir hyperloop ağı öngörmektedir; bu vizyon, teknolojinin olgunlaşması hâlinde mümkün olabilecek hızlı yayılım senaryolarına dayanmaktadır.

Maglev cephesinde ise gelişim çizgisi daha nettir. Japonya’nın Tokyo-Nagoya arasında planladığı hattın 2027-2030 yıllarında devreye alınması, küresel ölçekte maglev yatırımları açısından önemli bir dönüm noktası olabilir. Çin’in Chengdu-Chongqing gibi hatlarda maglev uygulamalarını artırması, teknolojinin bölgesel olarak yayılmasını sağlayabilir. Özellikle finansal güce sahip olan Körfez ülkeleri (BAE, Suudi Arabistan gibi), doğrudan maglev sistemlerine geçiş yapabilir. Avrupa’da ise kısa mesafeli uçuşların çevresel nedenlerle sınırlandırılması, hyperloop ve maglev’e ilgiyi artırabilir. ABD’de Boston-New York-Washington koridoru için Japonya merkezli konsorsiyumun ilgisi de bu doğrultudaki olasılıkları güçlendirmektedir.

Ancak gelişmiş tekerlekli tren teknolojileri de rekabetçi olmaya devam etmektedir. Fransa’nın TGV ile 574 km/s hız rekoru kırması ve Çin’in 500 km/s kapasiteli tren denemeleri, maglev’in yalnızca belirli uzun mesafeler için tercih edileceğini göstermektedir. Dolayısıyla gelecekte maglev, çok yüksek hızlı, uzun mesafeli hatlar için kullanılırken, daha kısa hatlarda gelişmiş tekerlekli sistemlerle karma bir yapının benimsenmesi olasıdır.

Ulaşımın geleceği, yalnızca bir sistemin hâkimiyetinden ziyade, farklı teknolojilerin entegre biçimde çalıştığı çok modlu yapılar etrafında şekillenebilir. Örneğin şehir içi ulaşımında otonom elektrikli araçlar yolcuyla alıp bir hyperloop terminaline ulaştırabilir; yolculuk sonrası varış noktasında robotaksi hizmetiyle tamamlayıcı

ulaşım sağlanabilir. Böylece kapıdan kapıya hızlı, kesintisiz ve çevre dostu bir ulaşım deneyimi mümkün hâle gelir. Hyperloop'un uçak hızında olması, özellikle iç hatlarda hava taşımacılığına alternatif oluşturabilir. Bu bağlamda, şehirler arası hyperloop hub'larının havaalanlarının yerini alması senaryosu da tartışılmaktadır. Avrupa Birliği'nin 2050 ulaştırma vizyonunda bu tür entegre sistemler yer almakta, sürdürülebilir ve akıllı ulaşım ağları planlanmaktadır.

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla Avrupa ile Körfez ve Asya arasında bir köprü görevi görmektedir. Bu avantaj, uluslararası hyperloop projelerinde güzergâh üzerinde yer almasını stratejik hâle getirmektedir. Körfez sermayesi veya AB fonlarıyla geliştirilecek bir hyperloop koridorunun Türkiye'den geçmesi, hem lojistik hem de teknoloji transferi açısından önemli kazanımlar sağlayabilir. Ayrıca 2040 sonrası hyperloop sistemlerinin ticarileşme sürecine girmesi hâlinde, Türkiye'nin İstanbul-Ankara gibi güzergâhlarda yeniden değerlendirme yaparak sistem entegrasyonuna yönelmesi olasıdır.

Tüm bu gelişmelerin ışığında, Türkiye'nin bugünden itibaren Ar-Ge yatırımlarını artırması, insan kaynağını bu alanlara yönlendirmesi ve uluslararası iş birliklerine açık bir strateji izlemesi büyük önem taşımaktadır. TEKNOFEST yarışmaları, sanayi-üniversite iş birlikleri ve özel sektör girişimleri doğru şekilde sürdürülürse, Türkiye bu teknolojik dönüşüm sürecinde yalnızca bir kullanıcı değil, aynı zamanda bir üretici ve ihracatçı ülke konumuna da gelebilir. Aksi hâlde, bu sistemler dışarıdan temin edilmek zorunda kalınacak ve bu durum, ekonomik ve stratejik açıdan dezavantaj doğuracaktır.

#### **9.2.7.1. Politika Yapıcılara, Yatırımcılara ve Araştırmacılara Yönelik Öneriler**

##### **Politika Yapıcılara:**

- Hyperloop ve Maglev gibi ileri ulaşım teknolojileri için net ve öngörülebilir bir yasal ve düzenleyici çerçeve oluşturulması kritik öneme sahiptir. Bu, yatırımcı güvenini artıracak ve projelerin planlama ve uygulama süreçlerini kolaylaştıracaktır. Uluslararası standartlaşma çalışmalarına aktif katılım sağlanmalıdır.
- Bu teknolojilerin ulusal ulaşım master planlarına entegrasyon potansiyeli, kapsamlı fizibilite çalışmalarıyla detaylıca incelenmelidir. Özellikle İstanbul-Ankara gibi yüksek yoğunluklu koridorlar için Maglev ve Hyperloop'un ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri derinlemesine analiz edilmelidir.
- Ar-Ge faaliyetlerine yönelik teşvik ve destek mekanizmalarının sürdürülmesi ve artırılması gerekmektedir. TEKNOFEST gibi platformlar genişletilmeli, üniversite-sanayi iş birlikleri teşvik edilmelidir.

##### **Yatırımcılara:**

- Hyperloop'un yüksek riskli ancak yüksek potansiyelli bir yatırım alanı olduğu, Maglev'in ise daha kanıtlanmış ancak yine de yüksek maliyetli bir alternatif sunduğu göz önünde bulundurularak, risk değerlendirmeleri titizlikle yapılmalıdır.
- Kargo taşımacılığı gibi daha erken ticarileşme potansiyeli olan niş alanlara yönelik yatırımlar değerlendirilmelidir. Bu, teknolojinin aşamalı olarak olgunlaşmasına ve gelir elde etmesine olanak tanıyabilir.
- Bu tür mega projeler, uzun vadeli ve stratejik ortaklıklar gerektirmektedir. Kamu-özel sektör ortaklıkları ve uluslararası iş birlikleri, finansal yükü paylaşmak ve teknoloji transferini sağlamak için elzemdir.

##### **Araştırmacılara:**

- Hyperloop'un vakum bakımı, güvenlik protokolleri ve yolcu deneyimi gibi kritik teknik zorluklarına odaklanan yenilikçi çözümler geliştirilmelidir. Bu alanlardaki ilerlemeler, teknolojinin ticarileşmesini hızlandıracaktır.
- Maliyetleri düşürecek yeni malzeme ve üretim teknikleri üzerine araştırmalar yoğunlaştırılmalıdır. Özellikle tüp yapısı, levitasyon ve tahrik sistemlerindeki maliyet optimizasyonu önemlidir.
- Türkiye'nin coğrafi ve demografik yapısına uygun, özgün Hyperloop/Maglev güzergâh ve sistem tasarımları üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Sismik aktivite gibi yerel koşullar dikkate alınarak güvenlik standartları geliştirilmelidir.
- Mühendislik, hukuk, ekonomi, sosyoloji gibi farklı disiplinler arasında iş birliği teşvik edilmelidir. Bu teknolojilerin sadece teknik değil, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve yasal boyutları da kapsamlı bir şekilde ele alınmalıdır.

## 10. ULUSAL VE ULUSLARARASI KURALLAR, MEVZUAT VE BELGELENDİRME

### 10.1. Ulusal Düzey

#### 10.1.1 6461 Sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun

1 Mayıs 2013 tarihinde 28634 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 6461 sayılı Kanun, Türkiye’de demiryolu sektörünün serbestleştirilmesini amaçlayan temel mevzuattır. Bu düzenleme, demiryolu taşımacılığının rekabete açılmasını, altyapı ve işletmecilik faaliyetlerinin kurumsal olarak ayrıştırılmasını ve özel sektörün sektöre aktif katılımını mümkün kılan yapısal dönüşümün hukuki temelini oluşturmuştur.

Kanun kapsamında, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) yalnızca altyapı işletmecisi rolünü üstlenecek şekilde yeniden yapılandırılmış; yolcu ve yük taşımacılığı hizmetlerinin icrası için ise TCDD Taşımacılık A.Ş. adıyla ayrı bir anonim şirket kurulmuştur. Böylece işletme ve altyapı faaliyetlerinin birbirinden ayrıldığı yeni bir model benimsenmiştir.

Yapılan düzenlemelerle kamu ve özel sektör kuruluşlarına, gerekli lisans ve yetkilendirmelerle birlikte demiryolu altyapısını kullanarak yük ve yolcu taşımacılığı yapma hakkı tanınmıştır. Bu gelişme, sektörde özel girişimciliğin önünü açarak rekabetçi bir piyasa ortamının oluşmasına zemin hazırlamıştır. Rekabetin artırılması yoluyla hem hizmet kalitesinin yükseltilmesi hem de taşımacılık verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir.

Kanun aynı zamanda Türkiye’nin Avrupa Birliği demiryolu mevzuatıyla uyum sürecini hızlandırmıştır. AB’nin serbestleşmeye dayalı demiryolu politikaları göz önünde bulundurularak, sektöre ilişkin yasal ve kurumsal çerçeve bu doğrultuda yeniden şekillendirilmiştir. AB standartlarına paralel olarak oluşturulan hukuki altyapı sayesinde, Türkiye demiryolu sektöründe uluslararası normlara daha yakın bir yapı benimsenmiştir.

Altyapı kullanım ücretlerinin tanımlanması, tren işletmecileri ile altyapı işletmecisi arasındaki ilişkilerin netleştirilmesi ve özel sektör firmalarına terminal ve araç işletme hakkı tanınması gibi düzenlemelerle uygulama sahası genişletilmiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ise bu dönüşüm sürecinde düzenleyici ve denetleyici otorite olarak yetkilendirilmiştir.

Bu kapsamda özel sektör demiryolu işletmecileri, devletin sahip olduğu altyapıyı kullanarak resmî olarak taşımacılık faaliyetlerinde bulunabilmektedir. Artan rekabetin doğal sonucu olarak hizmet kalitesi yükselmiş; özellikle yük taşımacılığı alanında demiryolunun sektörel payı artırılarak lojistik maliyetlerin düşürülmesi yönünde önemli adımlar atılmıştır.

#### 10.1.2. Demiryolu Emniyet Yönetmeliği

19 Kasım 2015 tarihli ve 29537 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Demiryolu Emniyet Yönetmeliği, Türkiye’de demiryolu emniyetinin izlenmesi, geliştirilmesi ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulması amacıyla hazırlanmıştır.

Avrupa Birliği’nin demiryolu emniyetine ilişkin direktifleri temel alınarak oluşturulan bu düzenleme, sektördeki tüm taraflar için ortak emniyet kurallarını tanımlamaktadır.

Yönetmelik kapsamında, demiryolu altyapı işletmecileri ile tren işletmecilerinin faaliyetlerini emniyetli şekilde yürütebilmeleri için Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) kurmaları zorunlu hale getirilmiştir. Bu sistem, sadece işletmecilerin kendi süreçlerini değil, diğer paydaşlarla olan emniyet etkileşimlerini de kapsayacak biçimde yapılandırılmak zorundadır. Ancak, ulusal demiryolu altyapı ağına bağlı olmayan özel mülkiyetteki hatlar üzerinde yapılan yük taşımacılığı ile yalnızca tarihi veya turistik amaçla işletilen hatlar bu düzenlemenin kapsamı dışında bırakılmıştır.

Yönetmelik, emniyet belgelerinin verilmesine ilişkin usul ve esasları da ayrıntılı şekilde tanımlamaktadır. Bu bağlamda, faaliyetlerine başlamadan önce işletmecilerin Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’ndan Emniyet Sertifikası veya Emniyet Yetkilendirmesi almaları zorunludur. Bu belgeler, işletmecinin EYS uygulama yeterliliğini ve yasal yükümlülüklerini yerine getirdiğini göstermektedir.



## Yönetmeliğin Temel Amaçları

Yönetmelik üç temel amaca hizmet etmektedir:

- **Emniyetin Yönetimi ve Denetimi:** Demiryolu faaliyetlerinde emniyetin sağlanmasına yönelik kuralların belirlenmesi ve denetlenmesi,
- **Emniyet Sertifikasyonu:** Altyapı ve tren işletmecilerine yönelik emniyet belgelerinin düzenlenmesine ilişkin yöntemlerin tanımlanması,
- **Emniyet Göstergeleri ve Hedefleri:** Ortak emniyet hedefleri ile performans göstergelerinin geliştirilmesine yönelik stratejilerin belirlenmesi.

## Emniyet Yönetim Sisteminin Temel Unsurları

Yönetmeliğe göre kurulacak olan EYS, aşağıdaki bileşenlerden oluşmalıdır:

- **Risk Yönetimi:** Tehlikelerin belirlenmesi, risklerin değerlendirilmesi ve uygun önlemlerin alınması,
- **Organizasyonel Yapı:** Emniyet sorumluluklarının ve yetkilerinin açık şekilde tanımlanması,
- **Personel Yeterliliği:** Emniyet açısından kritik görevlerde çalışan personelin eğitim alması ve yeterliliklerinin belgelenmesi,
- **Dokümantasyon:** Emniyet politikalarının, prosedürlerin ve talimatların yazılı olarak kayıt altına alınması,
- **Sürekli İyileştirme:** Emniyet performansının izlenmesi, raporlanması ve iyileştirici önlemlerin uygulanması.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, işletmecilerin EYS uygulamalarını ve genel faaliyetlerini düzenli olarak denetlemektedir. Denetim sonucunda tespit edilen eksiklik veya uygunsuzluklar durumunda idari yaptırımlar uygulanmakta olup; bu yaptırımlar arasında para cezaları, emniyet belgelerinin askıya alınması veya iptali gibi işlemler yer almaktadır.

Demiryolu Emniyet Yönetmeliği, Türkiye’de demiryolu taşımacılığının güvenli, düzenli ve sürdürülebilir biçimde yürütülmesini sağlamak amacıyla hayata geçirilmiştir. Yönetmeliğin hükümlerine uyum, yalnızca yasal bir zorunluluk değil, aynı zamanda etkin bir emniyet kültürünün oluşturulması bakımından da stratejik bir gerekliliktir.

### 10.1.3. Tren Makinist Yönetmeliği

Tren Makinist Yönetmeliği, Türkiye’de demiryolu taşımacılığı alanında görev yapan makinistlerin mesleki yeterliliklerini, sağlık koşullarını ve sahip olmaları gereken belgeleri düzenleyen temel mevzuatlardan biridir. İlk olarak 31 Aralık 2016 tarihli ve 29935 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren bu yönetmelik, makinistlerin görevlerini emniyetli bir şekilde yürütbilmeleri için gerekli kuralları tanımlamaktadır.

Yönetmeliğin temel amacı, tren makinistlerinin cer aracı sevk ve idaresi görevini yerine getirirken sahip olmaları gereken asgari mesleki yeterlilikleri, sağlık ve psikoteknik koşulları belirlemektir. Düzenleme, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde görev yapan makinistleri kapsamaktadır. Ancak metro, tramvay ve banliyö gibi şehir içi raylı toplu taşıma sistemlerinde çalışan makinistler bu kapsamın dışında bırakılmıştır.

Tren makinistlerinin görevlerini icra edebilmeleri için iki temel belgeye sahip olmaları gerekmektedir:

- **Tren Makinist Ehliyeti:** Makinistin görevini emniyetli şekilde yapabilmesi için gerekli sağlık koşullarını, psikoteknik yeterliliği ve mesleki yeterliliği taşıdığını belgeleyen resmi evraktır. Ehliyet alabilmek için adayların 20 yaşını tamamlamış olmaları, gerekli sağlık ve psikoteknik testlerden başarıyla geçmeleri ve Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK) tarafından onaylı bir yeterlilik belgesine sahip olmaları şarttır.
- **Tren Makinist Brövesi:** Bu belge, makinistin hangi demiryolu hatlarında ve hangi tip cer araçlarında görev yapmaya yetkili olduğunu gösterir. Bröve, makinistin çalıştığı demiryolu altyapı veya tren işletmecisi tarafından düzenlenir.

Makinistlerin mesleki yeterlilik kazanmaları, Bakanlık tarafından yetkilendirilen demiryolu eğitim merkezlerinde verilen teorik ve pratik eğitimlerle sağlanmaktadır. Eğitim sürecinin sonunda yapılan sınavlarda başarılı olan adaylara ilgili yeterlilik belgeleri verilir. Bunun yanı sıra, görevdeki makinistlerin belirli periyotlarla sağlık kontrollerinden ve psikoteknik değerlendirmelerden geçmeleri zorunludur. Bu uygulama, makinistlerin sürekli olarak emniyetli çalışma şartlarını sağlayıp sağlamadıklarını izlemek açısından büyük önem taşır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, makinistlerin yanı sıra altyapı ve tren işletmecilerini de bu yönetmelik çerçevesinde denetleme yetkisine sahiptir. Denetimler sırasında makinistlerin gerekli belge ve sertifikaları ibraz etmesi zorunludur. Belirlenen hükümlere aykırılık tespit edilmesi durumunda ilgili işletmelere idari para cezaları veya diğer yaptırımlar uygulanabilir.

Tren Makinist Yönetmeliği, Türkiye’de demiryolu taşımacılığında görev yapan makinistlerin profesyonel standartlarını yükseltmeyi ve demiryolu emniyetini artırmayı hedeflemektedir. Mevzuat, zaman içerisinde güncellenmiş ve sektördeki gelişmelere paralel olarak revize edilmiştir. Bu nedenle, ilgili tüm paydaşların güncel düzenlemeleri takip etmeleri ve uygulamaya aktarmaları büyük önem arz etmektedir.

#### 10.1.4. Demiryolu Emniyet Kritik Görevler Yönetmeliği

Türkiye’de demiryolu taşımacılığında emniyetin kurumsal bir yapı içinde sağlanması amacıyla hazırlanan Demiryolu Emniyet Kritik Görevler Yönetmeliği, 31 Aralık 2016 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, demiryolu faaliyetlerinde emniyet açısından kritik sorumluluklar üstlenen personelin mesleki yeterliliklerine, sağlık durumlarına, psikoteknik değerlendirmelerine ve belgelendirme süreçlerine ilişkin esasları belirlemektedir.

Yönetmelikte “emniyet kritik görev” kavramı, demiryolu işletmeleri bünyesinde, emniyeti doğrudan etkileyen sistemler veya süreçler üzerinde çalışan personelin üstlendiği görevler olarak tanımlanmıştır. Bu görevler, trenin hareketi, kontrolü, sinyalizasyon, trafik yönetimi, cer aracı işletimi gibi teknik alanlarda kritik rol oynamaktadır.

Yönetmelik sadece ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde faaliyet gösteren altyapı ve tren işletmecilerini değil, aynı zamanda banliyö, metro ve tramvay gibi şehir içi raylı toplu taşıma sistemlerinde görev yapan ve emniyet kritik görevlerde bulunan personeli de kapsamaktadır. Bu yönüyle yönetmelik, Türkiye genelindeki raylı sistemlerde emniyetin bütüncül biçimde sağlanmasına hizmet etmektedir.

Emniyet kritik görevlerde çalışacak personelin belirli sağlık kriterlerini taşıması ve düzenli olarak sağlık kontrollerinden geçmesi zorunludur. Bunun yanında, görev performansını doğrudan etkileyebilecek bilişsel, psikolojik ve motor becerilerin değerlendirilmesi amacıyla psikoteknik testlerin uygulanması da şarttır. Bu testler, Sağlık Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş psikoteknik değerlendirme merkezlerinde gerçekleştirilir. Sağlık ve psikoteknik değerlendirmelerin geçerliliği periyodik olarak güncellenmekte ve personelin göreve uygunluğu sürekli izlenmektedir.

Emniyet kritik görevlerde bulunan her personelin, ilgili işletmeci kuruluş tarafından düzenlenmiş bir Kişisel Emniyet Belgesine sahip olması ve bu belgeyi görev süresince yanında bulundurması zorunludur. Belgeler, personelin görev yapma yeterliliğini gösteren resmi birer doküman olup, periyodik değerlendirme sonuçlarına göre güncellenir. Böylece, yalnızca emniyet standartlarını karşılayan bireylerin görev yapmasına izin verilmiş olur.

Yönetmelik, sektördeki değişen ihtiyaçlara uyum sağlamak amacıyla zaman içerisinde çeşitli güncellemelerle revize edilmiştir. Önemli değişikliklerden biri, 8 Kasım 2023 tarihinde yapılan düzenlemedir. Bu değişiklikte birlikte, psikoteknik değerlendirme uygulayıcılarının eğitim süreçlerine ilişkin kriterler netleştirilmiş; bu alandaki görev dağılımlarını belirlemek üzere özel bir komisyonun oluşturulmasına yönelik hükümler eklenmiştir. Böylece, değerlendirme süreçlerinin standardizasyonu ve uzman personel aracılığıyla yürütülmesi hedeflenmiştir.

Demiryolu Emniyet Kritik Görevler Yönetmeliği, Türkiye’de raylı sistemlerde görev yapan personelin emniyet standartlarına uygun şekilde istihdam edilmesini ve bu standartların sürdürülebilirliğini güvence altına almaktadır. Yönetmelik, emniyet kültürünün kurumsallaşmasına katkı sağlamakta ve demiryolu taşımacılığında insan faktörüne dayalı riskleri asgari seviyeye indirmeyi amaçlamaktadır.

#### 10.1.5. Demiryolu Eğitim ve Sınav Merkezi Yönetmeliği

Demiryolu taşımacılığında emniyetin sağlanması amacıyla kritik görevlerde bulunan personelin mesleki yeterliliğini kurumsal çerçevede güvence altına almak üzere hazırlanan Demiryolu Eğitim ve Sınav Merkezi Yönetmeliği, 31 Aralık 2016 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, tren makinistleri de dahil olmak üzere emniyet kritik görevlerde çalışan personelin eğitim, sınav ve belgelendirme süreçlerini düzenlemek üzere oluşturulmuştur.

Yönetmelik, emniyet kritik görevleri üstlenecek personelin eğitimlerinin verileceği ve sınavlarının yapılacağı eğitim ve sınav merkezlerinin asgari altyapı şartlarını, yetkilendirme prosedürlerini ve denetim esaslarını belirlemektedir. Bu kapsamda, hem kamuya ait hem de özel sektör tarafından kurulacak eğitim ve sınav merkezlerinin faaliyetlerine yönelik detaylı kurallar tanımlanmıştır.

Demiryolu eğitim ve sınav merkezlerinin faaliyet gösterebilmesi için Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş olmaları zorunludur. Yetkilendirme başvuruları, Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü'ne yapılmakta olup; başvuru kapsamında kuruluş belgeleri, planlanan eğitim programlarının içerikleri, eğitici personel listeleri ve sınav materyalleri gibi belgelerin sunulması gerekmektedir. Başvurular, Bakanlık tarafından en geç 60 gün içinde değerlendirilerek sonuçlandırılmaktadır.

Yetki belgesi alan merkezler, yalnızca Bakanlık tarafından onaylanmış eğitim ve sınav programlarını uygulamakla yükümlüdür. Eğitim içerikleri, ilgili ulusal meslek standartları ve Mesleki Yeterlilik Kurumu tarafından tanımlanmış yeterlilik kriterlerine uygun olarak hazırlanır. Teorik derslerin en az %80'ine, uygulamalı eğitimlerin ise tamamına katılım zorunludur. Eğitim sonunda yapılan değerlendirmede başarılı olan katılımcılara "Eğitim Programı Bitirme Belgesi", sınavdan başarılı olanlara ise "Sınav Başarı Belgesi" verilir.

Bakanlık, yetkilendirilmiş merkezlerin faaliyetlerini düzenli aralıklarla denetlemektedir. Denetimler sırasında yönetmeliğe aykırı uygulamaların tespiti hâlinde ilgili merkeze yazılı uyarı yapılır ve eksikliklerin giderilmesi için 60 günlük bir süre tanınır. Bu süre zarfında eksikliklerin giderilmemesi veya bir takvim yılı içerisinde üç defa uyarı alınması durumunda, merkezin yetki belgesi iptal edilir.

Demiryolu Eğitim ve Sınav Merkezi Yönetmeliği, emniyet kritik görevlerde çalışacak personelin nitelikli bir eğitim sürecinden geçmesini ve yetkinliklerinin objektif ölçütlerle değerlendirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Eğitim ve sınav merkezlerinin standartlara uygun biçimde faaliyet göstermesi, demiryolu taşımacılığının güvenli ve sürdürülebilir biçimde yürütülmesine doğrudan katkı sağlamaktadır.

#### 10.1.6. Demiryolu İşletmeciliği Yetkilendirme Yönetmeliği

Demiryolu taşımacılık faaliyetlerinin ulusal düzeyde düzenli, güvenli ve etkin biçimde yürütülmesini sağlamak amacıyla hazırlanan Demiryolu İşletmeciliği Yetkilendirme Yönetmeliği, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde faaliyet gösterecek işletmelerin yetkilendirme esaslarını ve sektörel standartlarını tanımlamaktadır. Yönetmelik, altyapı ve tren işletmecilerinin yanı sıra gar, istasyon ve acente işletmeciliği faaliyetlerinde bulunan aktörlerin hak, yetki, yükümlülük ve sorumluluklarını belirlemekte; mesleki saygınlık, mali yeterlilik ve hizmet kalitesine ilişkin kriterleri ortaya koymaktadır.

Yönetmelik kapsamında, demiryolu sektöründe faaliyette bulunmak isteyen gerçek ve tüzel kişilerin alması gereken yetki belgeleri şu şekilde sınıflandırılmıştır:

- **DA Yetki Belgesi:** Demiryolu altyapı işletmeciliği yapacak tüzel kişilere verilir.
- **DB1 Yetki Belgesi:** Ulusal demiryolu ağı üzerinde yolcu taşımacılığı yapacak tüzel kişilere verilir.
- **DB2 Yetki Belgesi:** Ulusal ağı üzerinde yük taşımacılığı yapacak tüzel kişilere yöneliktir.
- **DB3 Yetki Belgesi:** Manevra hizmetleri sunacak işletmecilere verilir. DA, DB1 veya DB2 yetki belgelerinden birine sahip işletmeler ayrıca DB3 belgesini almaksızın bu hizmeti gerçekleştirebilir.
- **DC Yetki Belgesi:** Altyapı işletmecisi dışında kalan tüzel kişilerin gar veya istasyon işletmeciliği yapabilmesine imkân tanır. DA belgesi sahipleri, aynı zamanda DC belgesine de sahip sayılır.
- **DE Yetki Belgesi:** Ticari amaçla yolcu veya yük taşımacılığına yönelik acentelik hizmeti sunacak kişi ve kuruluşlara verilir. Bu belge, hizmetin türüne göre DE1 (yolcu) ve DE2 (yük) olarak ikiye ayrılır.

Bu belge türleri, faaliyet alanlarının netleştirilmesini ve işletmecilerin yasal zeminde faaliyet göstermelerini temin etmektedir.

2 Şubat 2025 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan değişiklikle birlikte "manevra işletmecisi" kavramı yönetmeliğe eklenmiş; DB3 Yetki Belgesi'ne ilişkin hükümlerde güncellemeye gidilmiştir. Bu kapsamda, manevra hizmeti sunan işletmelerin faaliyet alanları, yükümlülükleri ve yetkilendirme süreçleri daha açık şekilde tanımlanmıştır. Bu düzenleme, demiryolu operasyonlarının sahada daha kontrollü ve emniyetli şekilde yürütülmesini amaçlamaktadır.

Demiryolu İşletmeciliği Yetkilendirme Yönetmeliği, Türkiye'de demiryolu taşımacılığı sektörünün hukuki ve kurumsal altyapısını güçlendirmeye yönelik önemli bir düzenlemedir. Yönetmelik, tüm paydaşlara faaliyet alanlarına uygun yetki belgeleriyle çalışma zorunluluğu getirerek sektördeki denetim, güvenlik ve hizmet kalitesini artırmayı hedeflemektedir. Bu çerçevede, mevzuatın güncel tutulması ve uygulayıcı kurumlar tarafından etkin bir şekilde izlenmesi, demiryolu taşımacılığında sürdürülebilirliğin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

### 10.1.7. Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler Ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelik

Demiryolu ve karayolu trafiğinin kesişim noktalarında güvenliğin sağlanması amacıyla hazırlanan Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik, ilk olarak 3 Temmuz 2013 tarihli ve 28696 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmış, 11 Şubat 2023 tarihli ve 32101 sayılı Resmî Gazete’de ise güncellenmiştir. Yönetmelik, hemzemin geçitlerin yapımı, bakımı, işletilmesi ve işaretlenmesine ilişkin teknik standartları ve uygulama esaslarını düzenlemektedir.

Yönetmeliğin temel amacı, hemzemin geçitlerde uygulanacak koruma sistemleri ve altyapı düzenlemeleri ile demiryolu ve karayolu trafiğinin düzenli ve güvenli bir şekilde işletilmesini sağlamaktır. Düzenleme, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde tesis edilmiş hemzemin geçitleri kapsamaktadır. Ancak şehir içi raylı sistem hatları ile özel kullanıma ait demiryolu hatları yönetmelik kapsamı dışında bırakılmıştır.

Yönetmelik, hemzemin geçitleri koruma sistemlerine göre iki ana grupta sınıflandırmaktadır:

- **Pasif Korumalı Hemzemin Geçitler:** Bariyer veya aktif uyarı sistemine sahip olmayan, yalnızca trafik işaret ve levhalarıyla donatılmış geçitlerdir. Bu tür geçitlerde kullanıcı uyarısı görsel işaretlemelerle sağlanmaktadır.
- **Aktif Korumalı Hemzemin Geçitler:** Otomatik olarak devreye giren bariyer sistemleri ile sesli ve/veya ışıklı uyarı cihazlarına sahip geçitlerdir. Demiryolu araçlarının yaklaşması ile birlikte bu sistemler devreye girerek geçit kullanıcılarını uyarır.

Hemzemin geçitlerin güvenliğini artırmak amacıyla yönetmelikte çeşitli teknik ve fiziki düzenlemelere yer verilmiştir:

- **Zemin Kaplaması:** Geçit zeminlerinin, karayolu araçlarının güvenli ve konforlu geçişine uygun olarak ahşap, asfalt, beton, kesme taş, kilitli parke taş, kompozit veya kauçuk malzeme ile kaplanması zorunludur.
- **İşaretleme ve Uyarı Sistemleri:** Geçitlerin her iki tarafında karayolu sürücüler tarafından görülebilecek şekilde “Demiryolu Acil Durum İhbar Hattı” telefon numaralarının yer aldığı tabelalar bulundurulmalıdır. Ayrıca, demiryolu araçlarını kullanan personelin dikkatini çekmek amacıyla geçitlere 750 metre kala “DİKKAT HEMZEMİN GEÇİT DÜDÜK ÇAL” uyarı levhası yerleştirilmelidir.
- **Drenaj Altyapısı:** Geçit alanlarında su birikiminin önlenmesi için uygun eğime sahip drenaj kanalları inşa edilmelidir.

Yönetmeliğin geçici maddesine göre, yürürlük tarihinden önce inşa edilmiş hemzemin geçitlerin, en geç 31 Aralık 2025 tarihine kadar yönetmelikte belirlenen teknik kriterlere uygun hale getirilmesi zorunludur. Bu sorumluluk, ilgili kamu kurumları ve altyapı işletmecileri tarafından yerine getirilecektir.

Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik, demiryolu ve karayolu trafiğinin kesişim noktalarında meydana gelebilecek kazaların önlenmesi amacıyla kapsamlı ve detaylı düzenlemeler içermektedir. Yönetmelik, hemzemin geçitlerin fiziksel altyapısından sinyalizasyon sistemlerine kadar geniş bir yelpazede standartlar getirerek, trafik güvenliğini artırılmasına katkı sağlamaktadır. Bu çerçevede, ilgili kurum ve kuruluşların yükümlülüklerini süresi içinde ve yönetmelik hükümlerine uygun şekilde yerine getirmeleri büyük önem taşımaktadır.

### 10.1.8. Demiryolu Araçları Tip Onay Yönetmeliği

Demiryolu araçlarının ulusal altyapı üzerinde güvenli ve standartlara uygun biçimde işletilmesini teminen hazırlanan Demiryolu Araçları Tip Onay Yönetmeliği, 18 Kasım 2015 tarihli ve 29536 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, tip onayı tescil sürecine dair usul ve esasları belirleyerek, demiryolu araçlarının teknik uygunluğunun yetkili mercilerce belgelendirilmesini amaçlamaktadır.

Yönetmelik, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde çalıştırılacak ve tescilli zorunlu olan tüm demiryolu araçlarını kapsamaktadır. Bu çerçevede, yalnızca yolcu ve yük taşımacılığına yönelik araçlar değil, aynı zamanda hat yapım, bakım, onarım ve kontrol amaçlı kullanılan araçlar ile tren setleri de düzenleme kapsamına dâhildir.

Yönetmelikte geçen temel tanımlar şu şekilde özetlenebilir:

- **Demiryolu Aracı:** Hat yapım, bakım, tamir ve kontrol araçları dâhil olmak üzere, her türlü çeken ve çekilen araçlar ile tren setleri.
- **İmalatçı:** Demiryolu aracının tasarımını, üretimini veya yetkili temsilciliğini yürüten kuruluş.
- **Atanmış Kuruluş:** Demiryolu araçlarının ulusal kurallara uygunluğunu teknik ve operasyonel açıdan değerlendirerek belgelendiren ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yetkilendirilen kuruluş.

Demiryolu araçlarının tescil edilebilmesi için aşağıdaki adımları içeren tip onay sürecinin tamamlanması gerekmektedir:

- **Başvuru:** İmalatçı ya da yetkili temsilcisi, gerekli teknik belgelerle birlikte Bakanlığa tip onay başvurusunda bulunur.
- **Değerlendirme:** Başvuru, atanmış veya onaylanmış kuruluş tarafından teknik yeterlilik ve ulusal düzenlemelere uygunluk açısından incelenir.
- **Doğrulama Belgesi:** Uygunluk değerlendirmesi sonucunda, aracın ilgili standartlara uygun olduğunu gösteren doğrulama belgesi düzenlenir.
- **Tip Onay Belgesi:** Bakanlık, doğrulama belgesi ve diğer gerekli dokümanları inceledikten sonra tip onay belgesini düzenler.

Bu süreç, araçların yalnızca teknik uygunluk açısından değil, aynı zamanda işletme güvenliği bakımından da değerlendirilmesini sağlar.

Yurt içinde üretilen demiryolu araçları için 2027 yılı sonuna kadar tip onay belgesi düzenlenirken herhangi bir ücret alınmaması kararlaştırılmıştır. Bu uygulama, yerli üretimin teşvik edilmesi ve sektörel gelişimin desteklenmesi bakımından önem arz etmektedir.

Yönetmelik, yürürlüğe girdiği tarihten bu yana çeşitli revizyonlara tabi tutulmuştur. Özellikle 6 Temmuz 2018 ve 15 Ocak 2019 tarihlerinde yapılan değişikliklerle bazı tanımlar güncellenmiş, tip onay sürecine ilişkin uygulama adımları detaylandırılmıştır. Bu değişiklikler, süreçlerin daha şeffaf ve uygulanabilir hâle getirilmesini hedeflemiştir.

Demiryolu Araçları Tip Onay Yönetmeliği, Türkiye’de demiryolu araçlarının ulusal standartlara uygun şekilde hizmete alınmasını güvence altına alan temel yasal düzenlemelerden biridir. Yönetmelik kapsamında belirlenen süreçlerin doğru ve eksiksiz uygulanması, demiryolu güvenliğinin artırılması ve sistematik teknik kontrolün sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. İmalatçıların ve atanmış kuruluşların bu çerçevede sorumluluklarını yerine getirmesi, sektörde güvenilir ve sürdürülebilir bir işletmeciliğin tesis edilmesine katkı sunacaktır.

#### 10.1.9. Demiryolu Araçları Tescil ve Sicil Yönetmeliği

Demiryolu Araçları Tescil ve Sicil Yönetmeliği, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde işletilecek demiryolu araçlarının tescil ve sicil işlemlerine ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla hazırlanmış ve 16 Temmuz 2015 tarihli, 29418 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, araçların güvenli, izlenebilir ve standartlara uygun bir şekilde işletilmesini sağlamayı hedeflemektedir.

Yönetmelik, yalnızca ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde işletilecek demiryolu araçlarını kapsamaktadır. Şehir içi raylı sistem araçları (metro, tramvay, banliyö gibi) ile ulusal altyapı ağı dışında çalışacak araçlar bu düzenlemenin kapsamı dışındadır. Türkiye’de üretilen veya ithal edilen araçların ulusal demiryolu altyapı ağına kullanılabilmesi için tescil edilmesi zorunludur. Ayrıca, yurt dışından kiralama yoluyla temin edilen ve üç aydan uzun süreyle kullanılacak araçlar da tescil sürecine tabidir.

Ancak istisnai olarak, bir yıl içinde yalnızca bir defa olmak üzere üç aydan kısa süreyle getirilen yolcu veya yük vagonlarında, belirli teknik şartların sağlanması hâlinde tescil zorunluluğu aranmaz. Bu uygulama, geçici kullanım için belirli esneklikler sağlamaktadır.

Tescil işleminin gerçekleştirilebilmesi için, demiryolu araçlarının Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri (TSI) veya Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü (OTIF) tarafından yayımlanan Tek Tip Teknik Talimatlar (UTP) ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu teknik şartlara ek olarak, Yönetmelikte belirtilen idari düzenlemelere de uyulmalıdır.



Bununla birlikte, her ne kadar ulusal demiryolu altyapısı üzerinde çalışsa da şehir içi banliyö hatlarında kullanılan araçlar için, ulusal altyapı standartlarına uygun olmaları koşuluyla TSI veya UTP hükümlerinin uygulanması zorunlu tutulmamıştır. Böylece, karmaşık işletme yapılarında esneklik sağlanmaktadır.

Tescil edilen demiryolu araçlarının sicil kayıtları, OTIF Teknik Uzmanlar Komisyonu tarafından yayımlanan Ulusal Araç Kaydı (NVR) dokümanı esas alınarak, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından oluşturulmakta ve güncellenmektedir. Sicil kaydında aracın sahibi ve kullanıcı bilgileri, araç sicil numarası, teknik kısıtlamalar, bakımdan sorumlu kuruluş, aracın daha önce tescil edildiği ülkeler, üretim yılı ve varsa AK/OTIF referansları gibi detaylı bilgiler yer almaktadır. Bu sistem, araçların mülkiyet, uygunluk ve bakım sorumluluklarının izlenebilirliğini sağlamaktadır.

Yönetmelik, yayımlandığı tarihten bu yana çeşitli güncellemelerle revize edilmiştir. Özellikle 6 Temmuz 2018 ve 15 Ocak 2019 tarihlerinde yapılan değişikliklerle bazı tanımlar netleştirilmiş, tescil süreçlerine ilişkin detaylar daha işlevsel ve uygulanabilir hâle getirilmiştir. Bu değişiklikler, yönetmeliğin uluslararası gelişmelere uyumlu hâle gelmesini ve uygulayıcı kurumların işleyişine açıklık kazandırmayı amaçlamaktadır.

Demiryolu Araçları Tescil ve Sicil Yönetmeliği, Türkiye’de demiryolu güvenliği ve teknik izlenebilirlik açısından kritik bir düzenlemeyi teşkil etmektedir. Araçların kayıt altına alınması, teknik uygunluklarının belgelenmesi ve bakım sorumluluklarının tanımlanması yoluyla sektörde emniyetli ve sürdürülebilir bir işletmecilik yapısı desteklenmektedir. Bu bağlamda, ilgili tüm tarafların yönetmelikte belirtilen usul ve esaslara eksiksiz şekilde uyması büyük önem taşımaktadır.

#### 10.1.10. Demiryolu Yolcu Taşımacılığı Kamu Hizmeti Yükümlülüğü Yönetmeliği

Demiryolu Yolcu Taşımacılığı Kamu Hizmeti Yükümlülüğü Yönetmeliği, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde ticari açıdan kârlı olmayan ancak kamu yararı açısından sürdürülebilirliği gerekli görülen hatlarda yolcu taşımacılığı hizmetlerinin düzenlenmesini amaçlamaktadır. Yönetmelik, bu hizmetlerin sunulmasına yönelik olarak Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile demiryolu yolcu tren işletmecileri arasında imzalanacak kamu hizmeti yükümlülüğü sözleşmelerine dair usul ve esasları belirlemektedir.

Yönetmeliğin temel amacı, ekonomik gerekçelerle özel işletmecilik açısından cazip olmayan hatlarda dahi, sosyal fayda gözetilerek yolcu taşımacılığı hizmetlerinin devamlılığını sağlamaktır. Bu kapsamda kamu hizmeti yükümlülüğü altındaki hatlarda sunulacak taşımacılık hizmetlerinin kalitesi, mali boyutu ve idari denetimi açık bir biçimde tanımlanmaktadır.

Ticari şartlarda işletilemeyen belirli hatlarda yolcu taşımacılığı hizmetinin sağlanabilmesi için, Bakanlık ile yetkilendirilmiş yolcu tren işletmecileri arasında kamu hizmeti yükümlülüğü sözleşmeleri imzalanır. Bu sözleşmelerde hizmetin kapsamı, süresi, uygulanacak ücretlendirme, maliyet yapısı ve makul kâr oranı gibi hususlar ayrıntılı biçimde belirlenir. Örneğin; doğrudan temin yöntemiyle yapılan hizmet alımlarında makul kâr oranı en fazla %10 iken, ihale usulüyle yapılan alımlarda bu oran %20’ye kadar çıkabilmektedir. Bu yaklaşım, işletmecilere asgari ekonomik sürdürülebilirlik sağlayarak kamu hizmetinin devamını teşvik etmektedir.

Yönetmelik, kamu hizmeti sözleşmelerinin uygulanmasını izlemek ve değerlendirmek üzere Bakanlık bünyesinde denetim komisyonlarının kurulmasını öngörmektedir. Bu komisyonlar, sözleşmeye konu olan hizmetlerin belirtilen kalite standartlarına uygun şekilde sunulup sunulmadığını düzenli aralıklarla kontrol eder. Hizmetin aksamaması, kalite standartlarının altında kalınması veya sözleşme hükümlerine aykırı uygulamaların tespiti hâlinde, sözleşme bedelinde indirim yapılması ya da sözleşmenin feshedilmesi gibi yaptırımlar uygulanabilmektedir.

Yönetmelik, yürürlüğe girdiği tarihten itibaren çeşitli revizyonlara uğramıştır. Özellikle 28 Haziran 2024 tarihinde yapılan değişikliklerle, kamu hizmeti sözleşmelerinde fiyat farkı hesaplamalarına dair yeni formüller getirilmiş; ayrıca amortisman kalemlerinin hesaplanmasında esas alınacak endeksler tanımlanmıştır. Bu düzenlemeler, maliyet yapısının daha şeffaf ve güncel ekonomik göstergelere dayalı şekilde hesaplanmasını sağlamayı hedeflemektedir.

Demiryolu Yolcu Taşımacılığı Kamu Hizmeti Yükümlülüğü Yönetmeliği, kamu hizmeti niteliğindeki yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin kesintisiz ve sürdürülebilir şekilde devam ettirilebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Yönetmelik, ekonomik açıdan verimli olmayan hatlarda dahi sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde yolcu taşımacılığının güvenli, düzenli ve kalite standartlarına uygun biçimde sunulmasını teminat altına almaktadır. Böylece hem kamu yararı korunmakta hem de ulaşımda bölgesel eşitlik ilkesine katkı sağlanmaktadır.

#### 10.1.11. Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Erişim Yönetmeliği

Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği, ulusal demiryolu altyapı ağına serbest, adil, şeffaf ve sürdürülebilir bir rekabet ortamında erişimi sağlamak amacıyla hazırlanmış ve 28 Eylül 2023 tarihli, 32323 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, altyapı erişim ücretlerinin belirlenmesi ve kapasite tahsisinin gerçekleştirilmesine ilişkin usul ve esasları kapsamlı biçimde düzenlemektedir.

Yönetmelik, ulusal demiryolu altyapı ağına sunulan hizmetler, altyapı kapasitesinin tahsisi ve erişim ücretlerinin belirlenmesine dair kuralları kapsamaktadır. Ancak şehir içi raylı sistemler (metro, tramvay, banliyö hatları) ile yalnızca altyapı sahibinin kendi ticari faaliyetleri için kullanılan hatlar bu düzenlemenin kapsamı dışında bırakılmıştır.

Demiryolu altyapı işletmecileri, tren işletmecilerinin erişim haklarını kullanabilmesi için gerekli bilgileri içeren ve altyapı kullanım koşullarını tanımlayan yıllık şebeke bildirimi hazırlar ve kamuoyuna açık şekilde yayımlar. Tren işletmecileri, altyapı kapasitesine erişim sağlamak için bu bildirim doğrultusunda başvuruda bulunur ve erişim sözleşmeleri imzalanır. Bu süreç, şeffaflık ve eşitlik ilkeleri çerçevesinde yürütülür.

Altyapı erişim ücretleri, demiryolu altyapı işletmecileri tarafından belirlenir ve şebeke bildiriminde ilan edilir. Ücretlendirme politikası, altyapı kullanımını teşvik edecek şekilde tasarlanmakta ve kapasitenin yoğun talep gördüğü dönemlerde arz kısıtını yansıtacak ilave maliyet unsurları içerebilmektedir. Bu yaklaşım, kaynakların etkin kullanılmasını ve kapasite planlamasının optimize edilmesini amaçlamaktadır.

Altyapı kapasitesinin tahsisi yalnızca yetkili tren işletmecilerine yapılır. Tahsis edilen kapasite başka bir işletmeciye devredilemez ve tahsis hakkının amacı dışında kullanılması durumunda idari yaptırımlar uygulanabilir. Bu hüküm, haksız rekabetin önlenmesi ve kapasitenin amacına uygun şekilde kullanılması açısından önem arz etmektedir.

Yönetmelik, yükümlülükler aykırı hareket edilmesi hâlinde uygulanacak idari para cezalarını da kapsamaktadır. Örneğin, tahsis edilen kapasitenin üçüncü taraflara devredilmesi durumunda, her bir tren seferi için hem altyapı işletmecisine hem de tren işletmecisine ayrı ayrı ceza uygulanır. Ayrıca, ayrımcılık veya haksız muameleyle ilişkin şikâyetlerde, somut maddi zarar oluşması hâlinde, sorumlu tarafa idari yaptırım uygulanması öngörülmüştür.

Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği, demiryolu sektöründe adil, rekabetçi ve sürdürülebilir bir piyasa ortamının tesisi amacıyla altyapı erişimi ve kapasite yönetimine dair kapsamlı hükümler içermektedir. Yönetmelik, altyapı kaynaklarının etkin kullanımını, erişim hakkının şeffaf biçimde sağlanmasını ve tüm paydaşların eşit koşullarda rekabet edebilmesini güvence altına almaktadır. Bu çerçevede, ilgili tüm tarafların yönetmelikte tanımlanan yükümlülüklerle titizlikle uyması büyük önem taşımaktadır.

#### 10.1.12. Demiryolu İle Seyahat Eden Yolcuların Haklarına Dair Yönetmelik

Demiryolu ile Seyahat Eden Yolcuların Haklarına Dair Yönetmelik, demiryolu yolcularının seyahat öncesi, sırası ve sonrasında sahip oldukları hakları ve bu hakların nasıl uygulanacağına dair usul ve esasları belirlemek amacıyla hazırlanmış; 8 Mart 2019 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde seyahat belgesiyle hizmet alan yolcuları ve onlara hizmet sunan tren işletmecileri, acenteler, gar ve istasyon işletmecilerini kapsamaktadır. Şehir içi raylı sistemler, banliyö hatları ve kurumsal iç hizmet hatları ise bu kapsam dışında tutulmuştur.

Yönetmelik, yolculara tanınan çeşitli hakları yasal güvence altına almaktadır:

- **Bilgilendirme Hakkı:** Yolcular, sefer saatleri, ücret tarifeleri, genel taşıma koşulları, gecikmeler ve iptaller hakkında doğru ve güncel bilgi alma hakkına sahiptir. Bu bilgilendirme hem seyahat öncesi hem de seyahat sırasında sağlanmalıdır.
- **Bilet ve Rezervasyon Hakkı:** Tren işletmecileri ve yetkili acenteler, taşıma sözleşmesi kapsamında seyahat belgesi ve gerekirse bagaj taşıma belgesi düzenlemekle yükümlüdür. Engelli veya hareket kabiliyeti kısıtlı bireylere bilet satışı veya rezervasyon yapılmasından kaçınılamaz.
- **Erişilebilirlik ve Yardım Hakkı:** Engelli ve hareket kabiliyeti kısıtlı yolcuların istasyon, peron ve tren gibi tesislere erişimi konusunda destek almaları esastır. Demiryolu altyapı ve işletmecileri, bu erişimi kolaylaştıracak fiziksel ve teknik çözümleri sunmakla yükümlüdür.

- **Gecikme ve İptallerde Tazminat Hakkı:** Yolcular, gecikme veya iptaller durumunda alternatif ulaşım imkânlarından yararlanma, ücret iadesi veya tazminat talebinde bulunma hakkına sahiptir. Bu tür durumlarda işletmecilerin bilgilendirme yapma ve yolcunun mağduriyetini azaltacak önlemleri alma yükümlülüğü bulunmaktadır.

Yolcular da bazı yükümlülükleri yerine getirmekle sorumludur:

- **Seyahat Belgesi Bulundurma:** Yolcular, geçerli seyahat belgelerini yanında bulundurmalı ve yetkili personel talep ettiğinde ibraz etmelidir.
- **Davranış Kurallarına Uyma:** Seyahat süresince kamu düzenini bozacak, diğer yolcuları rahatsız edecek veya taşıma güvenliğini tehlikeye atacak davranışlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca güvenlik önlemleri ve işletmeci talimatlarına uyulması zorunludur.

Yolcu taşımacılığı hizmetini sunan işletmeciler, yönetmelikte yer alan standartları sağlamakla yükümlüdür:

- **Bilgilendirme ve Yardım Hizmeti:** Yolculara doğru ve zamanında bilgilendirme yapılmalı; özellikle engelli yolculara yardım sağlanmalıdır.
- **Gecikme ve İptal Durumlarında Sorumluluk:** Sefer gecikmesi veya iptali hâlinde alternatif ulaşım seçenekleri sunulmalı, gerekirse tazminat ödemeleri yapılmalı ve mağduriyetin en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

Yolcular, haklarının ihlal edildiğini düşündüklerinde tren işletmecisine veya acenteye başvurarak şikâyetle bulunabilir. İşletmeciler, gelen şikâyetleri belirli bir süre içinde değerlendirerek geri bildirimde bulunmak ve gerektiğinde düzeltici önlemler almakla yükümlüdür.

Demiryolu ile Seyahat Eden Yolcuların Haklarına Dair Yönetmelik, yolcuların seyahat sürecinde karşılaşılabilecekleri durumlara ilişkin hak ve yükümlülükleri açık biçimde tanımlamakta, hizmet sağlayıcıların sorumluluklarını netleştirmekte ve hizmet kalitesinin artırılmasını hedeflemektedir. Bu sayede, demiryolu yolcu taşımacılığında güven, erişilebilirlik ve müşteri memnuniyeti esasına dayalı bir yapı oluşturulmaktadır.

## 10.2. Uluslararası Düzey

### 10.2.1. Uluslararası Demiryolu Taşımacılığına İlişkin Sözleşme (COTIF)

COTIF, Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü (OTIF)'in uluslararası demiryolu taşımacılığı sözleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, sözleşmenin doğrudan OTIF ile olan bağı ve onun yönetim organı tarafından belirlenen bir çerçeve olduğunu ortaya koymaktadır. COTIF'in temel amacı, uluslararası demiryolu trafiğini her açıdan teşvik etmek, geliştirmek ve kolaylaştırmaktır. Bu geniş kapsamlı hedef, demiryolu taşımacılığının kritik alanlarında kapsamlı tek tip hukuk sistemlerinin oluşturulmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Bu tek tip yasal çerçeveler, uluslararası aktarmalı yolcu ve eşya taşımacılığı sözleşmelerini, tek bir sözleşmeye tabi olmak kaydıyla diğer taşıma modlarıyla yapılan tamamlayıcı taşımaları da kapsayacak şekilde düzenlemektedir. Ayrıca, uluslararası demiryolu trafiğinde vagonların ve altyapının kullanımına ilişkin sözleşmeler için tek tip kurallar belirlemektedir. Uluslararası trafikte kullanılacak demiryolu malzemelerinin teknik kabulü için tek tip bir prosedür oluşturulması ve teknik standartların doğrulanması ile tek tip teknik kuralların kabulü yoluyla teknik uyumlaştırmaya katkıda bulunulması da COTIF'in temel hedefleri arasındadır. Sözleşme, 1. Madde § 4'te atıfta bulunulan Protokol ve 6. Maddede atıfta bulunulan Ekler (A-G) ile bunların eklerini içeren bütünlük bir yasal yapıyı temsil etmektedir.

COTIF'in temel amacı, uluslararası demiryolu taşımacılığında hukuki engelleri ortadan kaldırmak ve bu süreci hukuki açıdan çok daha kolay ve basit hale getirmektir. Bu basitleştirme, sınır ötesi demiryolu taşımacılığı yapan işletmeler için işlem maliyetlerini azaltmakta ve öngörülebilirliği artırmaktadır. Bu durum, COTIF'in sadece bir düzenleyici araç olmaktan öte, temel bir ekonomik kolaylaştırıcı olduğunu göstermektedir. Harmonize edilmiş ve öngörülebilir bir hukuki ortam sağlayarak, hukuki ve operasyonel sürtünmeyi azaltmakta, böylece ticareti kolaylaştırmakta, ekonomik entegrasyonu teşvik etmekte ve demiryolu taşımacılığının küresel tedarik zincirlerindeki rekabet gücünü artırmaktadır. COTIF'in varlığı, hukuki uyumlaştırmının etkili uluslararası ticaret için bir ön koşul olduğu ilkesini vurgulamaktadır.

OTIF, COTIF Sözleşmesi ile kurulmuş, merkezi İsviçre'nin Bern şehrinde bulunan hükümetlerarası bir kuruluştur. Kuruluşun kökenleri, Avrupa ülkeleri arasındaki demiryolu taşımacılığını tek tip kurallara bağlama ve uyumlaştırma fikrini taşıyan 1890'da imzalanan ilk uluslararası anlaşmaya kadar uzanmaktadır. OTIF, 1893'teki kuruluşundan bu yana 130 yılı aşkın süredir uluslararası demiryolu trafiğini şekillendirmede önemli bir rol oynamıştır.

OTIF, tam bir tüzel kişiliğe sahiptir; bu da ona sözleşme yapma, taşınır ve taşınmaz mal edinme ve elden çıkarma, ayrıca yasal işlemlere taraf olma yeteneği vermektedir. Kuruluşun çalışma dilleri İngilizce, Fransızca ve Almanca olup, Genel Kurul'un başka çalışma dilleri de belirleme yetkisi bulunmaktadır.

OTIF'in temel organları şunlardır :

- **Genel Kurul:** OTIF'in en üst düzey karar alma organıdır ve tüm Taraf Devletleri kapsar. Tarihsel olarak her beş yılda bir toplanmıştır. Görevleri arasında, yetkinin özel komitelere devredilmediği durumlarda COTIF'e ilişkin önerilen değişiklikler hakkında karar vermek yer alır.
- **İdari Komite:** Sekreteryaya görevi gören Merkez Ofisi'nin idari ve mali denetiminden sorumludur. Ayrıca, OTIF'in yıllık programını, bütçesini, hesaplarını ve raporlarını onaylama yetkisine sahiptir.
- **Revizyon Komitesi:** Taraf Devletler arasından seçilen üyelerden oluşur. Yolcu ve eşya taşımacılığına ilişkin Sözleşme hükümlerinin değiştirilmesine yönelik öneriler hakkında karar verme ve COTIF Sözleşmesi'nin gözden geçirilmesine ilişkin değerlendirmelerde bulunma yetkisine sahiptir. Revizyon Komitesi tarafından alınan değişiklik kararları, Genel Sekreterin Üye Devletlere bildiriminden itibaren on iki ay içinde tüm Üye Devletler için otomatik olarak yürürlüğe giren "basitleştirilmiş" bir prosedürden faydalanır.
- **Tehlikeli Malların Taşımacılığı Konusunda Uzman Komitesi (RID Uzman Komitesi):** Taraf Devletler arasından seçilen üyelerden oluşur. Tehlikeli malların taşımacılığına (RID) ilişkin Sözleşmede yer alan hükümlerin değiştirilmesine yönelik öneriler hakkında karar alma yetkisine sahiptir.
- **Teknik Uzmanlar Komitesi (CTE):** Tek Tip Teknik Kuralları (UTP) kabul etme veya değiştirme ve kendi usul kurallarını revize etme yetkisine sahiptir. Demiryolu sektöründe teknik birlikte işlerliği ve uyumlaştırma/yönetimde merkezi bir rol oynar.

OTIF'in temel faaliyetleri, hukuki kesinlik ve sorumluluk rejimlerine odaklanan hukuki işler, güvenlik ve kaza önlemeyi vurgulayan tehlikeli madde taşımacılığı ve teknik birlikte işlerlik etrafında yapılandırılmıştır.

OTIF'in yönetim yapısının, tek bir devletin denetiminden çok uluslu bir İdari Komiteye evrilmesi , daha işbirlikçi ve dağıtılmış bir karar alma modeline geçişi işaret etmektedir. Genel Kurul'un (temel değişiklikler için) ve uzman komitelerin (daha teknik ve operasyonel değişiklikler için) farklı rolleri , geniş siyasi uzlaşmayı hızlı, uzman odaklı adaptasyon ihtiyacıyla dengelemek için tasarlanmış bilinçli bir yapıyı göstermektedir. Uzman komiteler için "basitleştirilmiş" değişiklik prosedürü , tehlikeli maddeler ve teknik standartlar gibi dinamik alanlarda Sözleşmenin çevik kalmasını sağlayan açık bir mekanizmadır. Bu çok katmanlı yönetim yapısı, uluslararası hukukun istikrar ve esneklik arasındaki doğal gerilimine sofistike bir yanıttır. Temel hukuki bütünlüğünü korurken, teknolojik gelişmelere, güvenlik zorunluluklarına ve piyasa taleplerine hızlı yanıtlar verilmesini sağlamaktadır. Bu adaptasyon yeteneği, Sözleşmenin uzun vadeli geçerliliği ve uluslararası demiryolu trafiğini kolaylaştırma ve iyileştirme yeteneği için kritik öneme sahiptir.

#### 10.2.1.1. COTIF'in Tarihsel Gelişimi ve Temel Revizyonları:

Avrupa demiryolu taşımacılığı için tek tip kuralların oluşturulması fikri, 1890 yılında imzalanan ilk uluslararası anlaşmaya kadar uzanmaktadır. Bu anlaşma, uyumlaştırılmış uygulamalar için zemin hazırlamıştır. Başlangıçtaki bu hükümetlerarası düzenlemede, İsviçre temel idari ve denetleyici rolü üstlenmiş ve örgütün merkezi Bern'de kurulmuştur.

1956 yılında önemli bir yapısal değişiklik meydana gelmiş ve İsviçre'nin işlevini birkaç Avrupa ülkesinin bir araya gelmesiyle oluşturulan bir İdari Komite devralmıştır. Bu durum, daha geniş bir çok taraflı yönetişime doğru bir geçişi yansıtmaktadır.

Bu tarihsel bağlam, COTIF'in kökenlerinin sadece teorik olmadığını, aynı zamanda ulusal sınırlar arasında demiryolu taşımacılığını standartlaştırma konusunda pratik bir ihtiyaçtan doğduğunu ortaya koymaktadır. "Tek tip kurallar" ve "uyumlaştırma"ya yapılan ilk odaklanma , farklı ulusal düzenlemelerden kaynaklanan operasyonel verimsizlikleri ve hukuki karmaşıklıkları doğrudan ele almıştır. Tek bir devletin denetiminden kolektif bir idari organa geçiş , uluslararası demiryolu trafiği genişledikçe daha dağıtılmış ve işbirlikçi bir yönetim modelinin gerekliliğinin arttığını göstermektedir. Bu kurucu tarih, uluslararası hukuki araçların genellikle gerçek dünya ekonomik ve operasyonel zorluklarına pratik çözümler olarak geliştirildiğini vurgulamaktadır. Devletlerin daha fazla kolektif verimlilik elde etmek ve sınır ötesi faaliyetleri kolaylaştırmak amacıyla, bireysel özerkliklerinin bir kısmını ortak bir çerçeveye bırakma ihtiyacını, böylece ekonomik entegrasyonu teşvik etme teması tekrar tekrar ortaya çıkmaktadır.

Uluslararası Demiryolu Taşımacılığına İlişkin Orijinal Sözleşme (COTIF), 8. Revizyon Konferansı'nın ardından 9 Mayıs 1980 tarihinde resmen imzalanmıştır. Bu 1980 Sözleşmesi, Uluslararası Demiryolu ile Yolcu ve Bagaj Taşımacılığı Sözleşmesi (CIV) ve Uluslararası Demiryolu ile Eşya Taşımacılığı Sözleşmesi (CIM) gibi daha önceki ayrı anlaşmaları tek, kapsamlı bir uluslararası çerçevede birleştirmeyi amaçlamıştır. Türkiye, bu çerçeveye olan erken bağlılığını 21 Mart 1985 tarihinde 1980 Sözleşmesi'ni onaylayarak göstermiş ve bu sözleşme ülke için 1 Mayıs 1985 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

1980 ile 1999 yılları arasındaki dönem, OTIF Üye Devletleri genelinde küresel demiryolu sektöründe derin ve hızlı değişikliklere tanıklık etmiştir; bu değişiklikler önemli siyasi, ekonomik, hukuki ve teknik dönüşümleri kapsamıştır. Bu dönüşümler, COTIF 1980'in güncel zorlukları ele alma konusundaki yeterliliğinin kritik bir şekilde yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmıştır.

3 Haziran 1999 tarihli Vilnius Protokolü, COTIF 1980'i temelden dönüştüren dönüm noktası niteliğinde bir değişiklik olarak ortaya çıkmıştır. Bu protokol, Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü (OTIF)'in 5. Genel Kurulu tarafından resmen kabul edilmiştir.

Vilnius Protokolü'nü yönlendiren temel motivasyonlar şunlardır :

- Uluslararası demiryolu taşımacılığının tüm yönlerini devlet düzeyinde ele alabilecek hükümetlerarası bir örgüte duyulan ihtiyacın kabulü.
- Avrupa, Asya ve Afrika'daki 39 devlette ve bu devletlerdeki çok sayıda demiryolu işletmesi tarafından geniş çapta uygulanması göz önüne alındığında, OTIF'in en uygun örgüt olduğunun teyidi.
- CIV ve CIM Tek Tip Kurallarını modern uluslararası demiryolu taşımacılığının gelişen gereksinimleriyle uyumlu hale getirme acil ihtiyacı.
- Uluslararası Demiryolu ile Tehlikeli Malların Taşınmasına İlişkin Yönetmeliğin (RID) bir kamu hukuku rejimine dönüştürülmesi yönünde önemli bir karar. Bu sayede, RID'in uygulanması artık CIM Tek Tip Kurallarına tabi bir taşıma sözleşmesine bağlı olmayacak ve güvenlik düzenlemelerinin güçlendirilmesine yönelik kritik bir adım atılmıştır.
- 1980'den bu yana birçok Üye Devlette meydana gelen önemli siyasi, ekonomik ve hukuki değişikliklere yanıt vermek ve bunları ele almak.
- Uluslararası demiryolu trafiğinde sınırlarda karşılaşılan kalıcı engellerin ortadan kaldırılması hedefi.
- Demiryolu alanındaki mevcut uluslararası çok taraflı sözleşme ve anlaşmaların güncellenmesinin ve uygun olan yerlerde Sözleşme'nin daha geniş çerçevesine entegre edilmesinin önemi.

Vilnius Protokolü, yeni, revize edilmiş bir Sözleşme versiyonu getirmiş ve ekini Protokolün ayrılmaz bir parçası olarak açıkça belirtmiştir. Türkiye için, Vilnius Protokolü ile değiştirilen COTIF 1999, 1 Temmuz 2006 tarihinde resmen yürürlüğe girmiştir.

Vilnius Protokolü'nün motivasyonları, Tehlikeli Malların Demiryolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Yönetmeliğin (RID) "CIM Tek Tip Kurallarına tabi bir taşıma sözleşmesine bağlı kalmayacak bir kamu hukuku rejimine dönüştürülmesini" açıkça vurgulamaktadır. Bu, hukuki açıdan derin bir değişikliktir. Daha önce, tehlikeli madde düzenlemelerinin uygulanabilirliği, taraflar arasındaki özel bir sözleşme meselesi olarak görülebilirdi. RID'i bir kamu hukuku rejimine dönüştürerek, hükümleri Üye Devletler arasında, belirli sözleşme anlaşmalarından bağımsız olarak, zorunlu ve evrensel olarak uygulanabilir hale gelmiştir. Bu, tehlikeli maddeler için güvenlik standartlarının, özel müzakerelere veya potansiyel ihlallere tabi olmak yerine, kamu yararı olarak uygulanmasını sağlamaktadır. Bu evrim, uluslararası taşımacılık güvenliği ve risk yönetiminin olgunlaşan anlayışını yansıtmaktadır. Bu, tamamen ticari, sözleşmeye dayalı bir yaklaşımdan, kamu güvenliği, çevrenin korunması ve ulusal güvenliğin öncelikli olduğu, özel sözleşme özerkliğini geçersiz kılan bir yaklaşıma geçiş ifade etmektedir. Bu durum, OTIF ve Üye Devletlerinin kritik bir alandaki düzenleyici gücünü güçlendirmekte, uluslararası tehlikeli madde taşımacılığını demiryoluyla daha güvenli, daha tek tip düzenlenmiş ve özel anlaşmalardaki varyasyonlara daha az duyarlı hale getirmektedir.

COTIF 1999'un yürürlüğe girmesinden bu yana, sözleşmede birkaç önemli değişiklik yapılmıştır. Bu değişiklikler, her biri belirli yetkinliklere ve prosedürlere sahip çeşitli OTIF organları tarafından kabul edilmiş ve farklı yürürlük tarihlerine sahiptir.



Başlıca değişiklikler ve yürürlük tarihleri şunlardır :

- **1 Aralık 2010:** Temel Sözleşme'nin yanı sıra Ek B (CIM Tek Tip Kuralları), Ek E (CUI Tek Tip Kuralları), Ek F (APTU Tek Tip Kuralları) ve Ek G (ATMF Tek Tip Kuralları)'nı etkileyen değişiklikler. Bunlar Revizyon Komitesi tarafından kabul edilmiştir.
- **1 Ocak 2011:** Tehlikeli Malların Taşımacılığı Uzman Komitesi tarafından kabul edilen, özellikle Ek C (RID Yönetmeliği)'ne ilişkin değişiklikler.
- **1 Temmuz 2015:** Revizyon Komitesi tarafından kabul edilen, Temel Sözleşme, Ek D (CUV Tek Tip Kuralları), Ek E (CUI Tek Tip Kuralları), Ek F (APTU Tek Tip Kuralları) ve Ek G (ATMF Tek Tip Kuralları)'na ilişkin ek değişiklikler.
- **1 Mayıs 2016:** Revizyon Komitesi tarafından kabul edilen, Ek B (CIM Tek Tip Kuralları)'na ilişkin değişiklikler.
- **1 Mart 2019:** Revizyon Komitesi tarafından kabul edilen, Ek F (APTU Tek Tip Kuralları) ve Ek G (ATMF Tek Tip Kuralları)'na ilişkin değişiklikler.

OTIF İçindeki Değişiklik Prosedürleri :

- **Genel Kurul Prosedürü:** Genel Kurul, temel COTIF Sözleşmesi'ne ilişkin önerilen değişiklikler hakkında karar verir; ancak belirli yetkinlikler uzman komitelere devredilmiş olabilir. Bu yolla kabul edilen değişiklikler, OTIF Üye Devletlerinin kendi ulusal yasal süreçlerine uygun olarak açıkça "onayını" gerektirir. Bu değişiklikler, belirli sayıda Üye Devletin onayını vermesinden on iki ay sonra yürürlüğe girer. Bu süreç uzun sürebilir ve değişikliklerin yürürlüğe girmesi ortalama altı yıl sürebilir, bu da Sözleşme'nin hızlı piyasa ve hukuki gelişmelere yanıt verme yeteneğini engelleyebilir. Ayrıca, Üye Devletler, bağlı olmak istemedikleri değişiklikleri kabul etmeme hakkını saklı tutar ve bu da uygulanmama beyanlarına yol açabilir.
- **Revizyon Komitesi / Uzman Komiteleri (Basitleştirilmiş Prosedür):** Buna karşılık, Revizyon Komitesi (ve dolayısıyla RID Uzman Komitesi veya Teknik Uzmanlar Komitesi gibi diğer uzman komiteleri) tarafından kararlaştırılan değişiklikler, tüm Üye Devletler için otomatik olarak yürürlüğe girer. Bu, Genel Sekreterin Üye Devletlere bildiriminden sonraki on ikinci ayın ilk gününde gerçekleşir. Bu "basitleştirilmiş" prosedür, teknik ve operasyonel alanlarda daha hızlı adaptasyonu kolaylaştırmak için tasarlanmıştır.

Genel Kurul'un değişiklik prosedürü (açık devlet onayı gerektiren ve ortalama altı yıl süren) ile Revizyon/ Uzman Komitelerinin "basitleştirilmiş" prosedürü (12 ay içinde otomatik yürürlüğe girme) arasındaki açık ayırım, bilinçli bir tasarım seçimidir. "Temel Sözleşme" için daha uzun, uzlaşmaya dayalı süreç, temel hukuki ilkeleri ve devlet egemenliğini korur. Buna karşılık, ekler için daha çevik prosedür, dinamik bir sektördeki teknik ve güvenlik düzenlemelerinin daha hızlı adaptasyon gerektirdiğini, uzman uzlaşmasını ve verimliliği uzun süreli siyasi müzakerelere tercih ettiğini gösteren pratik bir yaklaşımdır. Uzun Genel Kurul sürecinin piyasa duyarlılığını etkilediğine dair belgelenmiş endişe, bu yorumu doğrudan doğrulamaktadır. Bu çift yollu değişiklik sistemi, uluslararası hukuki araçların karmaşık ve gelişen sektörlerde güncel kalmasını sağlayan sofistike bir mekanizmadır. COTIF'in temel hukuki bütünlüğünü korurken, aynı zamanda teknolojik gelişmelere, güvenlik zorunluluklarına ve piyasa taleplerine hızlı ve etkili yanıtlar vermesini sağlamaktadır. Bu adaptasyon yeteneği, Sözleşmenin uzun vadeli uygulanabilirliği ve uluslararası demiryolu trafiğini sürekli olarak kolaylaştırma ve iyileştirme kapasitesi için kritik öneme sahiptir.

COTIF Temel Revizyonları ve Protokolleri Zaman Çizelgesi ve Türkiye'nin katılımı:

Uluslararası demiryolu taşımacılığı alanında tek tip kuralların oluşturulmasına yönelik ilk adım, 1890 yılında imzalanan ilk uluslararası anlaşma ile atılmıştır. Bu gelişme, Avrupa'da demiryolu taşımacılığını birleştirme çabalarının başlangıcı olarak kabul edilir. Ardından, 1893 yılında OTIF'in kuruluşu, bu çabaların kurumsal bir yapıya kavuşturulmasını sağlamış ve uluslararası demiryolu trafiğinin düzenlenmesinde dönüm noktası olmuştur.

1956 yılında ise İsviçre'nin bu alandaki idari rolü, çok uluslu bir yapıya sahip olan İdari Komite'ye devredilerek, karar alma süreçlerinde daha geniş bir temsil sağlanmıştır.

Daha sonra, 9 Mayıs 1980 tarihinde COTIF'in imzalanmasıyla, demiryolu yolcu taşımacılığına ilişkin CIV kuralları ile yük taşımacılığına ilişkin CIM kuralları, ilk kez tek bir çatı altında birleştirilmiştir. Türkiye, bu önemli sözleşmeyi 21 Mart 1985 tarihinde onaylamış, sözleşme 1 Mayıs 1985 tarihinde Türkiye için yürürlüğe girmiştir.

COTIF Sözleşmesi, zamanla değişen ihtiyaçlara uyum sağlamak üzere 3 Haziran 1999 tarihinde kabul edilen Vilnius Protokolü ile kapsamlı şekilde revize edilmiştir. Bu revizyonla birlikte, RID eki kamu hukuku rejimine dönüştürülmüş ve COTIF'in 1999 versiyonu ortaya çıkmıştır. 1 Temmuz 2006 tarihinde yürürlüğe giren bu yeni versiyon, Türkiye dahil taraf devletlerde CIV, CIM, RID, CUV, CUI, APTU ve ATMF eklerinin uygulanmasını başlatmıştır.

Sözleşme ve eklerinde ilerleyen yıllarda çeşitli teknik ve hukuki güncellemeler yapılmıştır:

- 1 Aralık 2010 tarihinde Revizyon Komitesi tarafından Temel Sözleşme, CIM, CUI, APTU ve ATMF eklerinde değişiklikler yapılmıştır.
- 1 Ocak 2011 tarihinde RID Uzman Komitesi, RID eki üzerinde değişiklikleri yürürlüğe koymuştur.
- 1 Temmuz 2015 tarihindeki değişikliklerle Temel Sözleşme, CUV, CUI, APTU ve ATMF üzerinde yeni hükümler kabul edilmiştir.
- 1 Mayıs 2016 tarihinde CIM eki üzerinde düzenlemeler yürürlüğe girmiştir.
- 1 Mart 2019 tarihinde APTU ve ATMF eklerinde yeni revizyonlar yapılmıştır.
- Son olarak, 1 Ocak 2023 tarihinde, RID eki güncellenmiş ve bu değişiklik yürürlüğe girmiştir.

#### 10.2.1.2. COTIF 1999'un Yapısı ve Temel Hükümleri:

Vilnius Protokolü ile değiştirilen COTIF 1999, OTIF'in işleyişini düzenleyen temel hukuki metni oluşturmakta ve yedi ayrılmaz ek ile tamamlanmaktadır. Bu ekler, Sözleşme'nin ayrılmaz bir parçası olarak açıkça belirtilmiştir.

##### Temel Sözleşme:

Temel Sözleşme, merkezi İsviçre'nin Bern şehrinde bulunan, tüzel kişiliğe sahip Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü'nü (OTIF) kurmaktadır. Sözleşme, OTIF'in temel amacını açıkça belirtir: uluslararası demiryolu trafiğini, demiryolu taşımacılığının çeşitli yönlerinde tek tip hukuk sistemleri oluşturarak teşvik etmek, geliştirmek ve kolaylaştırmak. Bu, yolcu ve eşya taşıma sözleşmeleri, vagonların kullanımı, altyapının kullanımı, teknik standartların doğrulanması ve demiryolu malzemelerinin teknik kabulü için tek tip hukuku tanımlamayı içerir.

Sözleşme, uluslararası demiryolu trafiğinde sınır engellerinin kaldırılmasına ve demiryolu alanında birlikte işlerlik ve teknik uyumlaştırmanın teşvik edilmesine katkıda bulunmanın önemini vurgulamaktadır.

Üye Devletler, uluslararası demiryolu trafiğini kolaylaştırmak ve hızlandırmak için tüm uygun önlemleri almayı, gereksiz prosedürleri ortadan kaldırmak da dahil olmak üzere taahhüt ederler.

Önemli bir hüküm, Üye Devletlerin COTIF kapsamındaki yükümlülükleri ile Avrupa Toplulukları veya Avrupa Ekonomik Alanı Anlaşması tarafları olarak sahip oldukları yükümlülükler arasındaki ilişkiyi ele almaktadır. Bu hüküm, ikinci tür yükümlülüklerin COTIF yükümlülüklerine üstün gelmeyeceğini açıkça belirtir; bu da karmaşık ancak tanımlanmış bir hiyerarşi veya karşılıklı saygı ilkesini ima eder.

Temel Sözleşme'nin 5. Maddesi'ndeki, AB/AEA hukuku kapsamındaki yükümlülüklerin COTIF kapsamındaki yükümlülüklerle "üstün gelmeyeceği" ifadesi son derece önemlidir. Bu, AB hukukunun kendi alanı içinde üyeleri için üstün olmasına rağmen, COTIF kapsamındaki belirli uluslararası yükümlülükleri otomatik olarak geçersiz kılmadığı anlamına gelmektedir. Aksine, her iki hukuki çerçevenin doğrudan çatışma olmaksızın işlemesi amaçlanan bir birlikte varoluş ve karşılıklı tanıma ilkesini önermektedir. AB'nin COTIF'e kendi katılımı, bu işbirliğine dayalı yaklaşımı daha da pekiştirmektedir. Bu hukuki nüans, uluslararası taşımacılık hukukunun karmaşık, çok katmanlı yapısını vurgulamaktadır. Hem OTIF hem de AB gibi bölgesel organlar arasında kesintisiz operasyonları sağlamak ve her iki kuruluşa da üye olan devletler için hukuki çatışmaları önlemek amacıyla sürekli koordinasyon ve diyalog gerektirmektedir. Üstünlük yerine bu "üstün gelmeme" ilkesi, tek taraflı hakimiyet yerine uyumlaştırma ve karşılıklı fayda hedefleyen olgun bir uluslararası yönetim yaklaşımının altını çizmektedir; bu da COTIF'e geniş uluslararası katılımı sürdürmek için kritik öneme sahiptir.

Uluslararası Demiryolu ile Yolcu Taşımacılığına İlişkin Tek Tip Kurallar (CIV – Ek A)

CIV Tek Tip Kuralları, COTIF Sözleşmesi'nin Ek A'sını oluşturmaktadır. Bu kurallar, kalkış ve varış yerlerinin iki farklı Üye Devlette bulunması koşuluyla, ücretli veya ücretsiz olarak demiryolu ile yolcu taşımacılığına ilişkin her sözleşmeye uygulanmaktadır. Bu uygulama, sözleşme taraflarının ikametgahı, iş yeri veya uyruğuna bakılmaksızın geçerlidir.

CIV Tek Tip Kuralları, bir koruma ve öngörülebilirlik tabanı sağlayan zorunlu hukuk olarak belirlenmiş olup, aynı zamanda belirli düzenlemelerde bir dereceye kadar esneklik ve sözleşme özgürlüğüne de izin vermektedir. Önemli olarak, bu kurallar, tek bir sözleşmeyle yönetilen uluslararası bir taşımanın, bir Üye Devletin iç trafiğinde karayolu veya iç su yolu ile tamamlayıcı taşımayı içermesi durumunda da uygulanır; bu da COTIF'in çok modlu yolculuklara olan erişimini göstermektedir. CIV Tek Tip Kuralları, Vilnius Protokolü'nün bir parçası olarak Genel Kurul'un 5. oturumunda kabul edilmiş ve 1 Temmuz 2006 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir. 1 Mayıs 2016 tarihli baskısı 39 sayfalık bir belgedir.

CIV'in kapsamının özellikle geniş olması, yolcular için "her taşıma sözleşmesini", "ücretli veya ücretsiz" olarak ve özellikle "diğer modlarla tamamlayıcı taşımayı" içermesi , uluslararası yolcu yolculuklarının genellikle sadece demiryolu segmentlerinden fazlasını içerdiğini göstermektedir.

COTIF, tek bir sözleşmenin parçası olduğunda bu tamamlayıcı modlara tek tip hukuki çerçeveyi genişleterek, sürekli hukuki kapsama sağlamayı amaçlamaktadır. Yolcu taşımacılığı için bu kapsamlı yaklaşım, karmaşık uluslararası yolculuklar yapan yolcular için tüketici korumasını ve hukuki netliği artırmak için hayati öneme sahiptir. Yolcuların, yolculukları karayolu veya su yoluyla kısa segmentleri içerdiğinde parçalı bir hukuki rejime tabi olmamasını sağlamakta, böylece talepleri basitleştirmekte, sorumlulukları netleştirmekte ve kesintisiz çok modlu seyahat kavramını teşvik etmektedir. Sözleşmenin tasarımıdaki bu öngörü, entegre taşımacılık hizmetleri ve yolcu güveni için kritik olan modal arayüzlerdeki potansiyel hukuki boşlukları ortadan kaldırmaktadır.

#### Uluslararası Demiryolu ile Eşya Taşımacılığına İlişkin Tek Tip Kurallar (CIM – Ek B)

CIM Tek Tip Kuralları, COTIF Sözleşmesi'nin Ek B'si olarak belirlenmiştir. Bu kurallar, eşyaların demiryolu ile ücret karşılığı taşınmasına ilişkin sözleşmelere uygulanır; bu taşıma, teslim alma ve teslimat yerlerinin iki farklı Üye Devlette bulunması koşuluyla geçerlidir. Ayrıca, teslim alma ve teslimat yerlerinin iki farklı Devlette bulunması, bunlardan en az birinin Üye Devlet olması ve tarafların bu kurallara tabi olmayı kabul etmesi durumunda da uygulanır. Tek bir sözleşme kapsamındaki uluslararası taşımanın, bir Üye Devletin iç trafiğinde karayolu veya iç su yolu ile tamamlayıcı taşımayı içermesi durumunda da bu kurallar geçerlidir. Deniz veya sınır ötesi iç su yolu ile tamamlayıcı taşıma içeren tek bir sözleşme kapsamındaki uluslararası taşıma için, deniz veya iç su yolu hizmetlerinin Sözleşme'nin 24. Maddesi § 1'de belirtilen listede yer alması durumunda bu kurallar uygulanır.

Bu kurallar, tehlikeli maddeler, gümrük hukuku ve hayvan koruma düzenlemeleri dahil olmak üzere kamu hukuku hükümlerine tabi kalmaktadır. CIM Tek Tip Kuralları'nın 1 Mayıs 2016 tarihli versiyonu, 39 sayfalık bir belgedir ve uluslararası eşya taşımacılığı sözleşmelerine ilişkin detaylı düzenlemeleri içermektedir.

#### Uluslararası Demiryolu Trafiğinde Araçların Kullanımına İlişkin Tek Tip Kurallar (CUV – Ek D)

CUV Tek Tip Kuralları, COTIF Sözleşmesi'nin Ek D'sini oluşturmaktadır. Bu kurallar, CIV Tek Tip Kuralları ve CIM Tek Tip Kuralları'na uygun olarak demiryolu araçlarının taşıma aracı olarak kullanımına ilişkin iki veya çok taraflı sözleşmelere uygulanır. CUV Tek Tip Kuralları'nın 1 Temmuz 2015 tarihli baskısı 8 sayfalık bir belgedir.

#### Uluslararası Demiryolu Trafiğinde Altyapı Kullanımına İlişkin Tek Tip Kurallar (CUI – Ek E)

CUI Tek Tip Kuralları, COTIF Sözleşmesi'nin Ek E'sini oluşturmaktadır. Bu kurallar, CIV ve CIM Tek Tip Kuralları anlamında uluslararası taşımacılık amacıyla demiryolu altyapısının kullanımına ilişkin her türlü sözleşmeye uygulanır. Tarafların iş yeri veya uyruğuna bakılmaksızın geçerlidir ve demiryolu altyapısının devletler veya hükümet kurumları veya kuruluşları tarafından yönetilmesi veya kullanılması durumunda da uygulanır. CUI Tek Tip Kuralları'nın 1 Temmuz 2006 tarihli baskısı 17 sayfalık bir belgedir.

#### Uluslararası Trafikte Kullanılacak Demiryolu Malzemesine Uygulanacak Teknik Standartların Doğrulanması ve Tek Tip Teknik Kuralların Kabulüne İlişkin Tek Tip Kurallar (APTU – Ek F)

APTU Tek Tip Kuralları, COTIF Sözleşmesi'nin Ek F'sini oluşturmaktadır. Bu kurallar, uluslararası trafikte kullanılacak demiryolu malzemelerine uygulanacak teknik standartların doğrulanması ve tek tip teknik kuralların (UTP) kabulü için prosedürleri belirler.

APTU'nun temel amacı şunlardır :

- Araçların serbest dolaşımını ve diğer demiryolu malzemelerinin uluslararası trafikte serbest kullanımını kolaylaştırmak.
- Uluslararası trafik için güvenlik, verimlilik ve kullanılabilirliğin sağlanmasına katkıda bulunmak.
- Çevrenin ve halk sağlığının korunmasını dikkate almak.

Teknik standartlar doğrulanırken veya UTP'ler kabul edilirken, yalnızca uluslararası düzeyde hazırlananlar dikkate alınır. Bu kurallar, mümkün olduğunca, uluslararası trafik için gerekli teknik sistemlerin ve bileşenlerin birlikte işlerliğini sağlamayı amaçlar ve teknik standartlar ile UTP'ler performansla dayalı olmalı, uygunsa varyantları da içermelidir.

Teknik standartların hazırlanması, tanınmış ulusal ve uluslararası standardizasyon kuruluşlarının sorumluluğundadır. UTP'lerin hazırlanması ise, çalışma grupları ve Genel Sekreterin yardımıyla Teknik Uzmanlar Komitesi'nin sorumluluğundadır. Teknik Uzmanlar Komitesi, bir teknik standardı veya belirli kısımlarını doğrulamaya karar verir. Doğrulama başvuruları, herhangi bir Taraf Devlet, bölgesel kuruluş, demiryolu alanındaki ulusal veya uluslararası standardizasyon kuruluşu veya güvenlik ve ekonomi için teknik standartların vazgeçilmez olduğu herhangi bir temsilci uluslararası dernek tarafından yapılabilir. Doğrulanmış bir teknik standarda yapılan atıf Genel Sekreter tarafından Örgütün web sitesinde yayımlandıktan sonra, bunun uygulanması ilgili UTP'ye uyumu varsayar. Doğrulanmış teknik standartların uygulanması isteğe bağlıdır, ancak bir standart veya bir kısmı UTP hükümleri aracılığıyla zorunlu hale getirilebilir.

Teknik Uzmanlar Komitesi ayrıca bir UTP'yi veya onu değiştiren bir hükmü kabul etmeye karar verir. Kabul başvuruları, herhangi bir Taraf Devlet, bölgesel kuruluş veya güvenlik ve ekonomi için UTP'lerin vazgeçilmez olduğu herhangi bir temsilci uluslararası dernek tarafından yapılabilir. Hem doğrulama hem de kabul başvuruları, Teknik Uzmanlar Komitesi'ne hitaben, çalışma dillerinden birinde Genel Sekretere gönderilmelidir. Komite, eksik, tutarsız, uygunsuz gerekçelendirilmiş veya haksız başvuruları reddedebilir. Başvurular, sosyal, ekonomik ve çevresel sonuçların bir değerlendirmesini içermelidir.

Kabul edilen UTP'ler Örgütün web sitesinde yayınlanır. Genellikle, her alt sistem bir UTP'ye tabidir, ancak bir alt sistem birden fazla UTP tarafından kapsanabilir ve bir UTP birden fazla alt sistemi kapsayabilir. UTP'ler, yeni alt sistemlere ve mevcut alt sistemlere yenilendiğinde veya yükseltildiğinde, bir geçiş stratejisine uygun olarak uygulanır.

Kabul edilen bir UTP'de hatalar veya eksiklikler tespit edilirse, Teknik Uzmanlar Komitesi uygun önlemleri alır, değişikliklere karar verir ve geçici çözümler önerir. Taraf Devletler, bölgesel kuruluşlar ve değerlendirme kuruluşları, tespit edilen herhangi bir hata veya eksikliği Genel Sekretere bildirmekle yükümlüdür.

Herhangi bir Taraf Devlet, bildirimden itibaren dört ay içinde, kendi topraklarındaki demiryolu altyapısı ve bu altyapı üzerindeki trafik ile ilgili doğrulanmış bir teknik standardı veya kabul edilen bir UTP'yi uygulamayacağını veya yalnızca kısmen uygulayacağını beyan edebilir. Bu tür beyanlar, bir kararın yürürlüğe girmesini engellemek için gerekli itirazların belirlenmesini etkiler. Bir Devlet beyanını istediği zaman geri çekebilir.

UTP'lerin yürürlüğe girmesiyle birlikte, 1938 tarihli Uluslararası Demiryollarının Teknik Birliği Sözleşmesi ve uluslararası trafikte vagonların ve fren vagonlarının karşılıklı kullanımını düzenleyen yönetmeliklerin (RIC ve RIV) teknik hükümlerine üstün gelirler.

Uluslararası Trafikte Kullanılan Demiryolu Malzemesinin Teknik Kabulüne İlişkin Tek Tip Kurallar (ATMF – Ek G)

ATMF Tek Tip Kuralları, COTIF Sözleşmesi'nin Ek G'sini oluşturmaktadır. Bu kurallar, demiryolu araçlarının ve diğer demiryolu malzemelerinin uluslararası trafikte dolaşım veya kullanım için teknik kabulüne ilişkin prosedürleri belirler.

#### 10.2.1.3 COTIF'in Coğrafi ve Operasyonel Kapsamı ve Üye Devletler

COTIF, Avrupa, Mağrip ve Orta Doğu bölgelerinde uygulanmaktadır. OTIF, uluslararası demiryolu taşımacılığı için yasal ve teknik birlikte işlerliği sağlamak ve geliştirmek amacıyla 51 Üye Devlete ve 1 ilişkili Üyeye sahiptir. Avrupa Birliği de COTIF'e taraf olan bir bölgesel ekonomik entegrasyon kuruluşudur. COTIF'in coğrafi kapsamı, Topluluğun ötesine uzanmaktadır. Türkiye, OTIF'in Üye Devletlerinden biridir ve 1 Temmuz 2006'dan itibaren COTIF 1999'un yürürlüğe girmesiyle sözleşmeye taraf olmuştur.

**Üye Devletler:** OTIF'e tam üyelik statüsünde olan 51 devlet, COTIF Sözleşmesi'ne taraf olarak örgütün karar alma süreçlerine katılmakta ve sözleşmenin hükümlerini ulusal hukuklarına entegre etmektedir. Bu devletler, Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Orta Asya coğrafyasında yer almakta olup, OTIF'in küresel ölçekte etkili bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. OTIF'e üye devletler şunlardır: Afganistan, Arnavutluk, Cezayir, Ermenistan, Avusturya, Azerbaycan, Belçika, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Gürcistan, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İran, Irak (üyeliği askıya alınmıştır), İrlanda, İtalya, Letonya, Lübnan, Lihtenştayn, Litvanya, Lüksemburg, Moldova, Monako, Karadağ, Fas, Hollanda, Kuzey Makedonya, Norveç, Pakistan, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Suriye (üyeliği askıya alınmıştır), Türkiye, Tunus, Ukrayna, Birleşik Krallık.

Bu devletler, OTIF'in hukuki düzenlemelerine bağlı olarak CIM, CIV, RID, ATMF, APTU gibi ek hükümleri uygulamakla yükümlüdür.

**İlişkili Üye :** OTIF tüzüğü, bazı devletlerin tam üyelik yerine ilişkili üyelik statüsüyle örgüte katılımına olanak tanımaktadır. Bu statü, taraf devlete gözlemcilik hakkı ve sınırlı düzeyde katılım sağlar. Ürdün, tam üyelik yerine ilişkili üyelik statüsüyle OTIF faaliyetlerine sınırlı katılım göstermektedir.

**Bölgesel Ekonomik Entegrasyon Kuruluşları:** OTIF'in kurumsal yapısı, sadece devletlerin değil, aynı zamanda bölgesel ekonomik bütünleşme amacı güden kuruluşların da üyelik kazanmasını mümkün kılmaktadır. Bu kuruluşlar, taraf devletlerin devrettiği yetkiler kapsamında COTIF hükümlerini uygular ve örgütün teknik, hukuki ve siyasi yapısına katkıda bulunur.

- Avrupa Birliği (AB), OTIF nezdinde bölgesel ekonomik entegrasyon kuruluşu olarak kabul edilmektedir ve üye ülkelerinin adına bazı konularda temsil yetkisine sahiptir.

AB, özellikle RID, ATMF ve APTU ekleri bağlamında OTIF ile sıkı iş birliği içinde çalışmakta, Avrupa Demiryolu Ajansı (ERA) aracılığıyla teknik standartların uyumlaştırılmasına katkı sunmaktadır.

#### 10.2.1.4. Türkiye'nin COTIF ve Ulusal Mevzuat İlişkisi

Türkiye, Uluslararası Demiryolu Taşımacılığına İlişkin Sözleşme (COTIF)'ye taraf olan önemli ülkelerden biridir. Ülke, 9 Mayıs 1980 tarihinde Bern'de imzalanan orijinal COTIF Sözleşmesi'ni 21 Mart 1985 tarihinde onaylamıştır ve bu onay, 1 Mayıs 1985 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu erken katılım, Türkiye'nin uluslararası demiryolu taşımacılığı alanındaki hukuki uyumlaştırmaya olan bağlılığını göstermektedir.

Daha sonra, COTIF 1980'i temelden değiştiren 3 Haziran 1999 tarihli Vilnius Protokolü'nün yürürlüğe girmesiyle Türkiye'nin rolü daha da pekişmiştir. Türkiye'nin ulusal onay belgesini OTIF'e ilemesiyle, anılan Protokol ve eki COTIF 1999, 1 Temmuz 2006 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Bu, Türkiye'nin uluslararası demiryolu hukukunun en güncel versiyonuna uyum sağladığını ve COTIF'in getirdiği yenilikleri ulusal mevzuatına entegre ettiğini göstermektedir.

Türkiye, OTIF'in aktif bir Üye Devleti olarak, uluslararası demiryolu taşımacılığı hizmetlerinin düzenlenmesinde ve geliştirilmesinde doğrudan rol oynamaktadır. COTIF'in hükümleri, özellikle tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin düzenlemeler (RID) gibi ekler, Türkiye'nin ulusal demiryolu mevzuatına yansımaktadır. Bu entegrasyon, uluslararası düzeyde taşınan tehlikeli malların Türkiye'deki demiryollarında da aynı tek tip kurallara tabi olmasını sağlamaktadır.

COTIF'in Türkiye için yürürlüğe girmesiyle birlikte, CIM (Eşya Taşımacılığı) ve CIV (Yolcu Taşımacılığı) gibi ekler de Türk demiryolu taşımacılığı operasyonlarını doğrudan etkilemektedir.

Bu, sınır ötesi taşımacılıkta hukuki kesinliği artırmakta, taşıyıcıların ve göndericilerin hak ve yükümlülüklerini standartlaştırmakta ve olası anlaşmazlıkların çözümünü kolaylaştırmaktadır. Türkiye'nin COTIF'e katılımı, yalnızca uluslararası taşımacılık işlemlerini düzenlemekle kalmamış, aynı zamanda ülkenin Avrupa ve Asya arasındaki demiryolu koridorlarındaki stratejik konumunu da pekiştirmiştir. Türkiye, OTIF içinde aktif bir üye olarak, uluslararası işbirliği ve demiryolu sektöründeki gelişmelerde söz sahibi olmaya devam etmektedir.

#### 10.2.1.5. Güncel Gelişmeler ve Gelecek Yönelimler

OTIF ve COTIF, uluslararası demiryolu taşımacılığının değişen ihtiyaçlarına yanıt vermek için sürekli olarak gelişmektedir. Kuruluş, hukuki, teknik ve operasyonel alanlarda çeşitli komiteler ve çalışma grupları aracılığıyla aktif bir gündem yürütmektedir.

Güncel gelişmeler ve faaliyetler şunları içermektedir :

- **Yayınlar ve El Kitapları:** OTIF, COTIF'in uygulanması ve uluslararası dernekler tarafından kullanımı hakkında el kitapları yayınlamaktadır. Örneğin, "COTIF ve uluslararası dernekler tarafından uygulanması ve tatbiki el kitabı"nın ikinci cildi 3 Temmuz 2025'te yayımlanmıştır. Ayrıca, APTU ve ATMF Tek Tip Kurallarının uygulanması ve tatbiki için el kitabının yeni bir versiyonu 30 Haziran 2025'te yayımlanmıştır. Tehlikeli Malların Demiryolu ile Uluslararası Taşımacılığı Yönetmeliği (RID) el kitabı da 24 Ekim 2024'te yayımlanmıştır.



- **Komite Oturumları ve Toplantılar:** Teknik Uzmanlar Komitesi (CTE), RID Uzman Komitesi ve Tehlikeli Malların Taşımacılığı UNECE Çalışma Grubu Ortak Toplantısı gibi uzman komiteler düzenli olarak toplanmaktadır. Örneğin, CTE'nin 17. oturumu 17-18 Haziran 2025'te Bern'de hibrit formatta gerçekleştirilmiştir. RID Uzman Komitesi ve UNECE Çalışma Grubu Ortak Toplantısı da 24-28 Mart 2025 tarihlerinde Bern'de yapılmıştır.
- **Yönetim ve İşbirliği:** OTIF, 2024 Yıllık Raporu'nu yayımlamış olup, bu rapor 2024-2025 Çalışma Programı'nda belirtilen hedeflerin takibine ve uluslararası işbirliğine odaklanmaktadır. Kuruluş, diğer uluslararası kuruluşlarla (örneğin, UPU (Universal Postal Union – Evrensel Posta Birliği), WCO (World Customs Organization – Dünya Gümrük Örgütü), OSJD (Organization for Cooperation between Railways – Demiryolları Arasında İşbirliği Örgütü), OSJD (Organization for Cooperation between Railways – Demiryolları Arasında İşbirliği Örgütü) memorandumlar ve idari düzenlemeler imzalayarak işbirliğini derinleştirmektedir.
- **Hukuki ve Teknik Gelişmeler:** OTIF, uluslararası demiryolu sözleşme hukuku, tehlikeli maddeler ve teknik birlikte işlerlik olmak üzere üç ana faaliyet alanında tek tip yasal rejimler geliştirmektedir. Son gelişmeler arasında vagon hukuku üzerine bir anket başlatılması ve elektronik demiryolu taşıma belgeleri ile kıymetli evrak taşıma belgeleri üzerine istişareler yer almaktadır. Lüksemburg Demiryolu Protokolü'nün yürürlüğe girmesi ve Uluslararası Kayıt Sistemi'nin kurulması da önemli bir dönüm noktasıdır.
- **Üyelik ve İlişkiler:** Moldova'nın 2024'te 52. Üye olması ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin Ortak Üye olarak katılım başvurusu gibi üyelik genişlemeleri devam etmektedir. Türkiye'den üst düzey yetkililer, OTIF Genel Sekreteri ile görüşmeler gerçekleştirerek ikili ilişkileri güçlendirmektedir.
- Gelecek yönelimler, COTIF'in sürekli gelişimini ve uluslararası demiryolu taşımacılığının karşılaştığı yeni zorluklara uyumunu sağlamayı hedeflemektedir. Özellikle, hukuki ortamın sürekli geliştiği bir ortamda COTIF ve eklerinin ilgili hükümlerini hızla uyarlayabilme yeteneği giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu, OTIF'in uluslararası demiryolu trafiğini kolaylaştırma ve güvenliğini artırma misyonunu sürdürmesi için kritik öneme sahiptir.

Uluslararası Demiryolu Taşımacılığına İlişkin Sözleşme (COTIF), uluslararası demiryolu taşımacılığının hukuki çerçevesini şekillendiren temel bir belgedir. OTIF'in hükümetlerarası yapısı ve onun altında yer alan çeşitli uzman komiteleri, sözleşmenin dinamik bir şekilde evrimleşmesini ve piyasa, teknoloji ve güvenlik gereksinimlerindeki değişikliklere uyum sağlamasını mümkün kılmaktadır. Özellikle, tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin RID hükümlerinin kamu hukuku rejimine dönüştürülmesi gibi önemli revizyonlar, uluslararası taşımacılıkta güvenliğin ve kamu yararının önceliğini vurgulamaktadır.

COTIF'in temel sözleşmesindeki ve eklerindeki değişiklikler için farklı onay süreçlerinin bulunması, hukuki istikrar ile operasyonel çeviklik arasında stratejik bir dengeyi yansıtmaktadır. Bu çift yönlü yaklaşım, temel ilkelerin korunmasını sağlarken, teknik ve operasyonel detayların hızla güncellenmesine olanak tanımaktadır. Avrupa Birliği gibi bölgesel ekonomik entegrasyon kuruluşlarının OTIF'e katılımı ve COTIF ile AB hukuku arasındaki "üstün gelmeme" ilkesi, uluslararası hukukun karmaşık katmanları arasında işbirliği ve uyumun önemini göstermektedir.

Türkiye'nin COTIF'e olan erken ve sürekli bağlılığı, uluslararası demiryolu taşımacılığında hukuki uyumlaştırmaya verdiği önemi ortaya koymaktadır. Ülkenin ulusal mevzuatını COTIF hükümlerine uygun hale getirmesi, hem bölgesel hem de küresel demiryolu ağlarında güvenli, verimli ve öngörülebilir taşımacılık operasyonlarının sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. OTIF'in devam eden çalışmaları, dijitalleşme, vagon hukuku ve teknik standartların uyumlaştırılması gibi alanlarda gelecekteki gelişmeleri şekillendirmeye devam edecektir. Bu sürekli adaptasyon süreci, COTIF'in uluslararası demiryolu sektöründeki merkezi rolünü sürdürmesi için hayati öneme sahiptir.

#### 10.2.2. ECM (Entity in Charge of Maintenance) Sertifikası

Demiryolu araçlarının bakımından sorumlu kuruluşların uluslararası standartlara uygunluğunu belgeleyen ECM (Entity in Charge of Maintenance) Sertifikası, güvenli ve etkin demiryolu işletmeciliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu sertifika, bakım süreçlerinin belirli kriterler doğrultusunda yönetildiğini ve kuruluşların yasal çerçeveye uygun biçimde faaliyet gösterdiğini gösterir.

ECM sertifikası almak isteyen kuruluşlar belirli bir başvuru ve denetim sürecinden geçmelidir. Sürecin ilk adımı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na yapılan resmi başvurudur. Bu başvuruda, şirket kaşesi ve yetkili imzası bulunan dilekçe ile birlikte başvuru formu, sicil tasdiknamesi ve diğer gerekli belgeler sunulmalıdır.

Başvurunun ardından Bakanlık tarafından görevlendirilen denetim ekibi, kuruluşun bakım süreçlerini ve ilgili organizasyonel fonksiyonlarını yerinde inceler. Bu değerlendirme, COTIF 1999 Sözleşmesi'nin G Eki olan ATMF Ek A'da belirtilen kriterlere uygunluk temelinde gerçekleştirilir. Değerlendirme sonucunda uygun bulunan kuruluşlara ECM sertifikası verilir. Sertifikaya sahip kuruluşlar, geçerlilik süresi boyunca periyodik denetimlerle izlenir ve sürdürülebilir uyumları kontrol edilir.

ECM sertifikası, yalnızca bir uygunluk belgesi olmanın ötesinde, kuruluşlara önemli avantajlar sağlamaktadır:

- **Yasal Uyum:** Sertifikalı kuruluşlar, hem ulusal hem de uluslararası mevzuatlara uygunluklarını belgeleyerek sektördeki yasal sorumluluklarını yerine getirir.
- **Güvenlik ve Kalite Güvencesi:** Bakım süreçlerinin standartlara uygun olarak yürütülmesi, demiryolu araçlarının operasyonel güvenliğini ve hizmet kalitesini artırır.
- **Uluslararası Pazar Erişimi:** ECM sertifikasına sahip kuruluşlar, Avrupa başta olmak üzere uluslararası demiryolu ağlarında hizmet sunma yetkisi kazanarak rekabet gücünü artırır.

ECM Sertifikası, demiryolu araçlarının bakımından sorumlu kuruluşların kurumsal yetkinliğini ve standartlara uyum düzeyini resmi olarak belgeleyen stratejik bir araçtır. Hem yasal bir gereklilik hem de kalite ve güvenlik odaklı işletmecilik anlayışının bir göstergesi olarak, demiryolu sektöründe faaliyet gösteren tüm kuruluşlar için bu sertifikanın edinilmesi büyük önem taşımaktadır.

| FİRMA ADI                                                                     | EIN Numarası    | Veriliş Tarihi | Firma Türü                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|---------------------------------------------------------|
| ACARLAR DOKUMA SAN. VE TİC. A.Ş.<br>DİNAR ŞUBESİ                              | TR/31/0123/0005 | 29/05/2023     | Maintenance Supplier                                    |
| ACARLAR VAGON SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                          | TR/31/0122/0007 | 17/06/2022     | Maintenance Supplier                                    |
| AKYAPI VAGON ANONİM ŞİRKETİ                                                   | TR/31/0125/0001 | 04/02/2025     | Maintenance Supplier                                    |
| ALERMAK DANIŞMANLIK MAKİNA SAN. VE<br>TİC. A.Ş.                               | TR/31/0324/0004 | 08/02/2024     | Maintenance Supplier,<br>Manufacturer                   |
| ANAPET TAŞIMACILIK ANONİM ŞİRKETİ                                             | TR/31/0324/0005 | 30/10/2024     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| ARGÜ DEMİRYOLU TAŞIMA VE DEPOCULUK<br>A.Ş.                                    | IT/31/0424/0005 | 12/07/2021     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| AYKAL GRUP İNŞAAT TİCARET VE SANAYİ<br>ANONİM ŞİRKETİ                         | TR/31/0124/0021 | 26/11/2024     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| DEMULAŞ MÜHENDİSLİK MÜŞ. DAN. İTH.<br>İHR. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.                | TR/31/0225/0001 | 02/01/2025     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| İÇDAŞ ÇELİK ENERJİ TERSANE VE ULAŞIM<br>A.Ş.                                  | TR/31/0322/0003 | 10/11/2022     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| İZMİR BANLİYÖ TAŞIMACILIĞI SİSTEMİ<br>TİCARET A.Ş.                            | TR/31/0322/0001 | 26/01/2022     | Railway Undertaking,<br>Keeper, Maintenance<br>Supplier |
| JUNGJIN ELEKTRONİK İNŞ. ORG. SAN. VE<br>TİC. LTD. ŞTİ.                        | TR/31/0123/0007 | 23/06/2023     | Maintenance Supplier                                    |
| KÖRFEZ ULAŞTIRMA A.Ş.                                                         | TR/31/0124/0003 | 13/06/2024     | Railway Undertaking,<br>Keeper, Maintenance<br>Supplier |
| MEDLOG LOJİSTİK GEMİCİLİK TURİZM A.Ş.                                         | TR/31/0225/0002 | 23/01/2025     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| MOSKİNO MAKİNA ELEKTRİK REKLAM<br>İNŞAAT YAZILIM İTHALAT İHRACAT LTD.ŞTİ      | TR/31/0124/0005 | 16/07/2024     | Maintenance Supplier                                    |
| MUKAN GRUP MAKİNA SANAYİ VE TİCARET<br>LİMİTED ŞİRKETİ                        | TR/31/0325/0001 | 28/02/2025     | Maintenance Supplier                                    |
| RAYKENT LOJİSTİK DEMİRYOLU<br>HİZMETLERİ DEP. TAAH. SAN. VE TİC. A.Ş.         | TR/31/0121/0005 | 12/07/2021     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |
| RAYVAG VAGON SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                           | TR/31/0123/0018 | 13/12/2023     | Maintenance Supplier                                    |
| SİEMENS MOBİLİTY ULAŞIM SİSTEMLERİ<br>ANONİM ŞİRKETİ                          | IT/31/0421/0050 | 17/12/2021     | Maintenance Supplier                                    |
| STADLER DEMİRYOLU ARAÇLARI SERVİSİ<br>ANONİM SİRKETİ                          | TR/31/0125/0006 | 22/04/2025     | Maintenance Supplier                                    |
| TAMER TEKNİK İNŞ. TURZ. MED. İSİT. SOĞ.<br>İTH. İHR. MÜM. DAH. TİC. LTD. ŞTİ  | TR/31/0223/0015 | 21/09/2023     | Maintenance Supplier                                    |
| TMS TREN BAKIM ONARIM A.Ş.                                                    | AT/31/0421/0006 | 05/03/2021     | Maintenance Supplier                                    |
| TÜRKİYE CUMHURİYETİ DEVLET<br>DEMİRYOLLARI TAŞIMACILIK A.Ş GENEL<br>MÜDÜRLÜĞÜ | TR/31/0024/0003 | 27/12/2024     | Railway Undertaking,<br>Keeper, Maintenance<br>Supplier |
| YAPIRAY DEMİRYOLU İNŞAAT SİSTEMLERİ<br>SANAYİ VE TİC. A.Ş.                    | TR/31/0124/0013 | 08/09/2024     | Keeper, Maintenance<br>Supplier                         |

Tablo 10.1 Türkiye'de ECM Sertifikalı Firmalar

### 10.2.3. Bakım Fonksiyonu Uygunluk Belgesi

Demiryolu araçlarının bakım süreçlerinde belirli teknik ve yönetsel fonksiyonları yerine getiren kuruluşların ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğunu belgeleyen Bakım Fonksiyonu Uygunluk Belgesi, sektörde hizmet kalitesi ve emniyetin sağlanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu belge, özellikle bakım yönetimi, filo yönetimi, bakım geliştirme ve bakım temini gibi temel fonksiyonların yerine getirilmesinde kurumsal yeterliliği resmî olarak tescil eder.

Bakım Fonksiyonu Uygunluk Belgesi almak isteyen kuruluşlar, belirli bir başvuru ve değerlendirme sürecini tamamlamakla yükümlüdür. Süreç, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na sunulan resmi bir dilekçe ve gerekli destekleyici belgelerle başlar. Başvurunun ardından Bakanlık tarafından yetkilendirilen denetim ekipleri, kuruluşun ilgili bakım fonksiyonlarını gerçekleştirme kapasitesini, organizasyon yapısını ve süreçlerini yerinde inceleyerek değerlendirir. Bu denetim, hem ulusal düzenlemelere hem de uluslararası standartlara dayalı objektif kriterlere göre yürütülür.

Denetimlerin olumlu sonuçlanması halinde, düzenlenen sertifika taslağı Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü'nün onayına sunulur. Onay sürecinin tamamlanmasının ardından belge resmen hazırlanarak kuruluşa teslim edilir.

Kuruluş, bakım, muayene veya onarım faaliyetlerinin tümünü kendi bünyesinde yürütmek zorunda değildir. Bu hizmetlerin bir kısmı dış kaynak yoluyla temin edilebilmektedir. Ancak bu durumda, dışarıdan alınan hizmetlerin kapsamı sertifika üzerinde açık ve şeffaf bir şekilde belirtilmelidir. Böylece sorumluluk paylaşımı net olarak tanımlanmış olur.

Sertifika sahibi kuruluşlar, faaliyetlerini güncel ulusal ve uluslararası mevzuatlara uygun biçimde yürütmekle yükümlüdür. Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü ve yetkilendirilmiş sertifikasyon kuruluşları tarafından düzenli aralıklarla gerçekleştirilen denetimler yoluyla belgelendirilmiş uyum seviyesi izlenmektedir. Denetimler sonucunda tespit edilen ciddi uygunsuzluklar, sertifikanın geçici olarak askıya alınmasına veya tamamen iptal edilmesine neden olabilir.

Bakım Fonksiyonu Uygunluk Belgesi, demiryolu sektöründe bakım hizmeti sunan kuruluşların teknik yetkinliklerini, operasyonel yeterliliklerini ve mevzuata uygunluk düzeylerini belgeleyen stratejik bir araç niteliğindedir. Bu belge sayesinde bakım süreçlerinin kalite ve emniyet esaslarına uygun biçimde yürütüldüğü garanti altına alınarak, demiryolu araçlarının güvenli, sürdürülebilir ve etkin işletimi sağlanmış olur.

### 10.2.4. 15085 Kaynaklı İmalat Belgeli Firmalar

EN 15085, demiryolu araçları ve bunlara ait bileşenlerin kaynaklı imalatına yönelik kalite gereksinimlerini tanımlayan uluslararası bir standarttır. Bu standart, kaynaklı imalat faaliyetlerinin güvenli, kontrollü ve belirli kalite düzeylerinde gerçekleştirilmesini sağlayarak, demiryolu sektöründe hizmet veren firmaların üretim yeterliliğini belgelendirmeyi amaçlamaktadır.

EN 15085 sertifikasına sahip firmalar, demiryolu taşıtlarının veya ilgili bileşenlerin üretimi, revizyonu ve tamiri gibi süreçlerde teknik yeterliliğe sahip olduklarını ve kalite yönetim sistemlerini uygun şekilde uyguladıklarını resmen kanıtlamış olurlar.

Firmalar, gerçekleştirdikleri üretim faaliyetlerinin karmaşıklık düzeyine ve kalite gereksinimlerine göre dört farklı sertifikasyon sınıfında değerlendirilmektedir:

- **CL1:** En yüksek kalite sınıfı olup, tüm demiryolu araçlarının ve yüksek güvenlik gerektiren bileşenlerin kaynaklı imalatını kapsar. Bu sınıf, aynı zamanda alt seviye sertifikasyonları da içerir.
- **CL2:** Araçların kritik olmayan parçalarının (örneğin kapılar, çatı donanımları) imalatını gerçekleştiren kuruluşlara yöneliktir.
- **CL3:** Daha basit yapısal parçaların ve ekipmanların imalatını kapsar. Bu seviye, CP D kalite seviyesine sahip imalatları içerir.
- **CL4:** Kaynaklı üretim yapmayan ancak demiryolu araç ve bileşenlerinin tasarımını yapan, satın alan, monte eden ya da işleten firmalar için geçerlidir.

EN 15085 standardı, Türkiye'de ve dünya genelinde demiryolu sektöründe faaliyet gösteren çok sayıda kuruluş tarafından uygulanmaktadır. Bu belgeye sahip olmak, hem yerel pazarda faaliyet göstermek hem de uluslararası projelere katılım sağlamak açısından önemli bir rekabet avantajı sunmaktadır. Sertifikalı firmaların listeleri, ilgili belgelendirme kuruluşları veya akreditasyon kurumlarının resmi internet sitelerinde düzenli olarak yayımlanmaktadır.

EN 15085 standardı, demiryolu taşıtlarının güvenli ve kaliteli şekilde üretilmesini temin eden temel düzenlemelerden biridir. Bu belgeye sahip olmak, yalnızca teknik bir yeterliliğin değil, aynı zamanda uluslararası kabul görmüş kalite standartlarına bağlılığın da göstergesidir. Demiryolu sektöründe faaliyet gösteren firmalar için EN 15085 belgesi, pazarda güvenilirlik ve prestij sağlayan stratejik bir sertifikasyon aracı niteliği taşımaktadır.

|                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|
| AFŞA METAL MÜHENDİSLİK SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ                   |
| AGR İNOKS MAKİNA SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ                           |
| AKCELİK ESYA İMALAT TAAH. TİC. VE SAN. LTD. STİ.                          |
| ALNAL ELEKTROMEKANİK SAN. VE TİC. A.Ş.                                    |
| ALSATEKNİK ELEKTROMEKANİK SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ                  |
| AS ÇELİK DOKUM İSLEME SAN. TİC. A.Ş.                                      |
| ASKON MECHANICS SAN. VE TİC. A.Ş.                                         |
| BM ENDUSTRI MUHENDISLIK ANONIM SİRKETİ                                    |
| BM MAKİNA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                          |
| BODE ARAC KAPI SİSTEMLERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                          |
| BOZANKAYA OTOMOTİV MAKİNA İML. İTH. VE İHR. A.Ş. (KAHRAMANKAZAN SUBESİ)   |
| BRAANCO MUHENDISLIK SAN. VE TİC. LTD. STİ.                                |
| CANEL OTOMOTİV SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                     |
| CES İLERİ KOMPOZİT VE SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.        |
| DEXCON YAPI İNS. VE SAN. A.Ş.                                             |
| ELTESAN ELEKTRO MEKANİK SOĞUTMA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                    |
| EMRE MAKİNA SANAYİ TİCARET A.Ş.                                           |
| ENPAY ENDUSTRIYEL PAZARLAMA VE YATIRIM A.Ş.                               |
| ESRAY MAKİNA OTOMOTİV İNS. SAN. VE TİC. A.Ş.                              |
| FKT KOLTUK SİSTEMLERİ ÜRETİM VE DAĞITIM SAN. VE TİC. A.Ş.                 |
| FZK MÜHENDİSLİK VE SİNAİ YATIRIMLAR A.Ş.                                  |
| GAMAK MAKİNA SAN. A.Ş.                                                    |
| GOK YAPI SANAYİ VE TİCARET ANONİM SİRKETİ                                 |
| GREBO OTOMOTİV SAN. A.Ş.                                                  |
| HACI AYVAZ ENDÜSTRİYEL MAMULLER SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                    |
| HITACHI ENERGY TURKEY ELEKTRİK SAN. A.Ş.                                  |
| HYUNDAI EUROTREM DEMİRYOLU ARAÇLARI SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                |
| İCERRA MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ LİMİTED ŞİRKETİ                           |
| İNOTRA RAYLI SİSTEMLER SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ                  |
| İZMAKPAR MAKİNE KALIP SAN. TİC. LTD. STİ.                                 |
| KAMAK REKOR MAKİNA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                 |
| KANCA EL ALETLERİ DÖVME ÇELİK VE MAKİNA SANAYİ A.Ş.                       |
| KAYKAC MAKİNA KİMYA İNŞAAT TARIMSAL SULAMA SİSTEMLERİ AMBALAJ MALZEMELERİ |
| TAAHHÜT SANAYİ VE TİCARET                                                 |
| KREA MAKİNA MÜHENDİSLİK SAVUNMA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                    |
| KUZUFLEX METAL SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                     |
| MEDEL MÜHENDİSLİK VE ELEKTRONİK SANAYİ TİCARET A.Ş.                       |
| NOVA FABRICATION METAL SANAYİ VE DIŞ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ              |
| OMES MÜHENDİSLİK PLASTİK MAKİNA SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ         |
| OTOTRİM OTOMOTİV SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ                           |
| ÖZBİR VAGON ARAC MAKİNA İMALAT İNŞAAT TİCARET VE SANAYİ ANONİM SİRKETİ    |
| PILOT TAŞIT KOLTUKLARI A.Ş.                                               |
| RAILTUR VAGON ENDÜSTRİSİ TAŞIMACILIK SAN. TİC. A.Ş.                       |
| RAYVAG VAGON SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                       |
| RC ENDÜSTRİ ULAŞIM ARAÇLARI ANONİM ŞİRKETİ                                |
| ROMON MÜHENDİSLİK YAPI SANAYİ TİCARET A.Ş.                                |
| SAKARYA VAGON SANAYİ A.Ş.                                                 |
| SAZCILAR OTOMOTİV SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                  |

**Tablo 10.2** Türkiye’de EN15085 Sertifikalı Firmalar



#### 10.2.5. IRIS (International Railway Industry Standard) Belgesi

IRIS (International Railway Industry Standard) Belgesi, demiryolu endüstrisinde faaliyet gösteren kuruluşların kalite yönetim sistemlerinin uluslararası standartlara uygunluğunu belgeleyen küresel geçerliliğe sahip bir sertifikadır. Avrupa Demiryolu Endüstrileri Birliği (UNIFE) tarafından geliştirilen IRIS standardı, sektörde yüksek kalite düzeyinin sürdürülebilir şekilde sağlanmasını hedeflemektedir.

IRIS belgesine sahip kuruluşlar, UNIFE'nin merkezi veri tabanında listelenerek küresel ölçekte görünürlük kazanmakta ve potansiyel iş ortaklarının güvenini artırmaktadır. Söz konusu belge, aynı zamanda demiryolu sektöründe tedarikçi olarak kabul görmek için temel bir kriter niteliğindedir. IRIS, ISO 9001 ile entegre şekilde uygulanabildiğinden, belgelendirme süreçlerinde hem zaman hem de maliyet açısından verimlilik sağlamaktadır.

IRIS belgesi almak isteyen kuruluşların aşağıdaki adımları takip etmesi gerekmektedir:

- **Kalite Yönetim Sisteminin Kurulması:** İlk aşamada, IRIS standardına uygun bir kalite yönetim sistemi tesis edilmelidir. Bu sistem, süreç odaklı yönetim anlayışı temelinde kurgulanmalıdır.
- **Dokümantasyon ve Eğitim:** Sistemin sağlıklı işlemesi için gerekli prosedürlerin, talimatların ve diğer kalite belgelerinin oluşturulması gerekir. Aynı zamanda personelin IRIS standartları konusunda eğitilmesi büyük önem taşır.
- **İç Denetimlerin Gerçekleştirilmesi:** Belgelendirme öncesinde, kurulan sistemin etkinliği iç denetimlerle test edilmeli, tespit edilen eksiklikler iyileştirilmelidir.
- **Belgelendirme Başvurusu:** Kuruluş, IRIS akreditasyonuna sahip bir belgelendirme kuruluşuna başvurarak dış denetim sürecini başlatır.
- **Dış Denetim ve Sertifika Onayı:** Belgelendirme kuruluşunun gerçekleştirdiği detaylı dış denetimin başarıyla tamamlanmasının ardından IRIS sertifikası düzenlenir.

IRIS belgesine sahip olmak, firmalara yalnızca kalite yönetimi açısından değil, aynı zamanda ticari açıdan da önemli avantajlar sunar. Uluslararası geçerliliğe sahip bu sertifika sayesinde kuruluşlar, demiryolu endüstrisinde güvenilir bir iş ortağı olarak konumlanır ve uluslararası ihalelere katılımda öncelikli tercih haline gelir. Aynı zamanda, sürekli iyileştirmeye dayalı sistem yaklaşımıyla kurumsal performans ve müşteri memnuniyeti düzeyinde artış sağlanır.

IRIS Belgesi, demiryolu sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlar için kalite yönetiminin bir göstergesi olmanın ötesinde, küresel düzeyde tanınırlık, güvenilirlik ve rekabet avantajı sağlayan stratejik bir belgelendirme aracıdır. Bu belgeye sahip olmak, sektör dinamiklerine uyum sağlamanın ve sürdürülebilir kurumsal gelişimin temel taşlarından biridir.

|                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|
| ALBAYRAK MAKİNE ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş. ALDOOR            |
| ALPIN KİMYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                                  |
| ANGST PFISTER GELİŞMİŞ TEKNİK ÇÖZÜMLER A.Ş.                         |
| ASAS ALUMİNYUM SAN VE TİC A.S.                                      |
| ASELSAN ELEKTRONİK SAN. VE TİC. A.Ş. (UGES BUSINESS SECTOR)         |
| ASPİLSAN ENERJİ                                                     |
| AVİTECH KAUCUK METAL VE END. ÜRÜNLER SAN. TİC. LTD.ŞTİ              |
| BEKEL BEYAZ EŞYA SAN. VE TİC.A.Ş.                                   |
| BODE ARAÇ KAPI SİSTEMLERİ SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ          |
| BOZANKAYA RAYLI SİSTEMLER A.Ş.                                      |
| CANRAY ULAŞIM SİSTEMLERİ A.Ş.                                       |
| CONFİDO RAYLI SİSTEMLERİ TASARIM MÜHENDİSLİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| COOLAER İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ A.Ş.                               |
| DAS LAGER RULMAN OTOMOTİV SAN TİC A.Ş.                              |
| DURAY ULAŞIM SİSTEMLERİ SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ            |
| ELTESAN ELEKTROMEKANİK SOĞUTMA SAN. VE TİC. A.Ş.                    |
| ERA ELEKTRONİK SAN. VE TİC. A.S.                                    |
| EREN BALATACILIK SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ                   |
| ETKA-D OTOMOTİV VE PLASTİK VE KALIP SAN. TİC. LTD. ŞTİ.             |
| FKT KOLTUK SİSTEMLERİ ÜRETİM VE DAĞITIM SAN.TİC.AŞ.                 |
| FZK MÜHENDİSLİK VE SİNAİ YATIRIMLAR A.Ş.                            |
| GAGE RAYLI SİSTEMLER SAN. TİC. A.Ş.                                 |
| GRAMMER KOLTUK SİSTEMLERİ SAN. VE TİC. A.Ş.                         |
| HİSARLAR MAKİNA SANAYİİ VE TİCARET A.Ş.                             |
| HÜROĞLU OTOMOTİV SANAYİ İTHALAT İHRACAT VE TİCARET A.Ş.             |
| İNOTRA RAYLI SİSTEMLER SAN VE TİC LTD STİ                           |
| KAUF DEMİRYOLU ARAÇLARI ANONİM ŞİRKETİ                              |
| KARDEMİR KARABÜK DEMİR ÇELİK SANAYİ VE TİC. A.S                     |
| KLEMSAN ELEKTRİK ELEKTRONİK SAN.VE TİC.A.Ş.                         |
| OZBEN SAVUNMA LTD. STİ.                                             |
| ÖZBİR VAGON ARAÇ MAKİNA İMALAT İNŞAAT TİCARET VE SANAYİ A.Ş.        |
| ÖZTİRYAKİLER MADENİ EŞYA SAN.VE TİC.A.Ş                             |
| RTC TEC BAĞLANTI ELEMANLARI SAN. TİC. A.S.                          |
| SAFKAR EGE SOĞUTMACILIK A.S.                                        |
| SAVRONİK ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.                          |
| SAZCILAR OTOMOTİV SANAYİ VE TİCARET A.S.                            |
| SİRENA MARİNE DENİZCİLİK SAN.VE TİC. A.Ş.                           |
| SÖNMEZ TRANSFORMATÖR SAN. VE TİC. AŞ.                               |
| TELEFONCULAR METAL SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.                      |
| TMS MARS KAUCUK ANONİM ŞİRKETİ                                      |
| TMS TREN BAKIM ONARIM A.Ş                                           |
| YAZ-KAR KLİMA SOĞUTMA DAN.OTOM. VE İŞ MAK.EKİP.SAN. VE TİC.A.Ş.     |

Tablo 10.3 Türkiye'de IRIS Sertifikalı Firmalar

#### 10.2.6. TSI (Technical Specifications for Interoperability) Belgesi

TSI (Technical Specifications for Interoperability), Türkçesiyle Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri, Avrupa Birliği tarafından demiryolu sektöründe güvenli, kesintisiz ve uyumlu bir işletmeyi sağlamak amacıyla oluşturulan teknik düzenlemeler bütünüdür. Bu şartnameler, Trans-Avrupa Demiryolu Ağı'nda (TEN-T) faaliyet gösteren araç ve sistemlerin ortak bir teknik zeminde çalışabilmesini garanti altına almayı hedeflemektedir.

TSI Belgesi, bir demiryolu aracının veya bileşeninin Avrupa Birliği tarafından tanımlanan bu teknik gerekliliklere uygun olduğunu gösteren resmi bir sertifikadır. Belgeye sahip araçlar, uluslararası demiryolu ağlarında serbestçe dolaşım hakkına sahip olur ve üzerlerinde "TEN" işaretini taşıyarak bu uygunluğu görsel olarak da teyit ederler.

TSI Belgesi almak isteyen üretici ya da işletmeci kuruluşlar, aşağıdaki adımları takip etmekle yükümlüdür:

- **Başvuru:** Sertifikasyon süreci, yetkili bir Onaylanmış Kuruluş (Notified Body - NoBo) aracılığıyla başlatılır. NoBo, ürünün TSI şartnamelerine uygunluğunu değerlendirmekle yetkili bağımsız bir otoritedir.
- **Teknik Değerlendirme ve Doğrulama:** NoBo, aracın veya bileşenin tasarım, üretim ve test aşamalarını TSI standartlarına göre detaylı şekilde inceler. Bu aşamada tasarım dosyalarının gözden geçirilmesi, üretim tesislerinin denetlenmesi ve gerekli fonksiyonel testlerin yapılması sağlanır.
- **Sertifikalandırma:** Değerlendirme süreci başarıyla tamamlandığında, NoBo tarafından "TSI Uygunluk Sertifikası" düzenlenir. Bu belge, ilgili ürünün Avrupa Birliği teknik mevzuatına tam uyum içinde olduğunu gösterir.

Türkiye, demiryolu taşımacılığı alanında uluslararası normlara entegrasyonu sağlamak amacıyla COTIF (Uluslararası Demiryolu Taşımacılığına İlişkin Sözleşme)'ye taraf olmuş ve TSI şartnamelerine uyum sağlamayı taahhüt etmiştir. Bu kapsamda, demiryolu araçlarının sertifikasyonu ve tescil işlemleri, 2011 yılında kurulan Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü (DDGM) tarafından yürütülmektedir. DDGM, TSI'ya uygunluk süreçlerinin yasal düzenlemelerini hazırlayarak sektörel uygulamaların AB standartlarına uyumlu şekilde yürütülmesini sağlar.

TSI Belgesi, demiryolu araçlarının ve bileşenlerinin Avrupa Birliği teknik gerekliliklerine uygunluğunu belgelendiren stratejik önemde bir sertifikadır. Bu belge sayesinde araçlar, uluslararası trafikte güvenli, serbest ve uyumlu bir biçimde işletilebilmekte; üretici ve işletmeci kuruluşlar ise küresel ölçekte rekabet avantajı elde etmektedir. Türkiye'nin TSI standartlarına uyum süreci, hem sektörün uluslararası entegrasyonunu hızlandırmakta hem de demiryolu taşımacılığında kalite ve güvenlik düzeyini artırmaktadır.

## 11. ULUSLARARASI VE ULUSAL RAYLI SİSTEM KÜMELENMELERİ VE BENZERİ YAPILANMALAR

### 11.1. Avrupa'daki Raylı Sistem Kümelenmeleri

Kümelenme, benzer sektörlerde faaliyet gösteren firmalar, tedarikçiler ve destekleyici kurumların, coğrafi yakınlık temelinde bir araya gelerek hem iş birliği hem de rekabet içinde faaliyet göstermesini ifade eder. Bu yapı, işletmelerin verimliliğini ve yenilik kapasitesini artırmayı amaçlayan önemli bir bölgesel kalkınma stratejisidir. Demiryolu sektörü özelinde Avrupa genelinde faaliyet gösteren birçok kümelenme, European Railway Clusters Initiative (ERCI) çatısı altında birleşmiştir.

ERCI, demiryolu sanayisine odaklanan ve 17 Avrupa ülkesinden 18 inovasyon kümelenmesini bünyesinde barındıran bir meta-kümedir. Bu ağ, küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ), büyük firmaların, üniversitelerin ve araştırma kuruluşlarının ortak projeler geliştirmesini teşvik ederek sektörde yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlar. ERCI aynı zamanda uluslararası iş birliğini kolaylaştıran bir platform görevi görmektedir. Temel misyonu; üye kümelerin ortak inovasyon faaliyetleri yürütmesini sağlamak, Avrupa Birliği düzeyinde görünürlüklerini artırmak ve yeni iş fırsatları yaratmaktır.

Avrupa Raylı Sistemler Kümeler Birliği (European Railway Clusters Initiative - ERCI), Eylül 2010'da Berlin'de düzenlenen InnoTrans fuarında imzalanan bir iş birliği anlaşmasıyla resmen kurulmuştur. Kuruluş amacı, Avrupa'daki demiryolu sanayi kümelerini tek bir çatı altında birleştirerek sektörde rekabetçiliği ve inovasyon kapasitesini artırmaktır. İlk etapta beş kurucu üye ile faaliyete başlayan ERCI, yıllar içinde önemli bir büyüme süreci yaşamıştır. 2018 yılı civarında 11 kümeyi kapsayan yapı, 2022 itibarıyla 16 ülkeden 15 büyük kümeye ulaşarak 2000'den fazla KOBİ'yi temsil eder hâle gelmiştir.

Bu büyüme süreci, ERCI'nin Brüksel merkezli bir kâr amacı gütmeyen dernek (ASBL) statüsü kazanmasıyla kurumsal bir kimliğe kavuştuğu 2022 yılında kritik bir aşamaya ulaşmıştır. 2023 itibarıyla ise ERCI, faaliyet alanını daha da genişleterek 17 ülkeden 18 inovasyon kümelenmesini bünyesine katmıştır. Bu gelişmeler, ERCI'nin Avrupa'daki raylı sistemler ekosisteminde kapsamını istikrarlı şekilde genişlettiğini ve kuruluş misyonunu başarıyla yerine getirdiğini ortaya koymaktadır.

ERCI, Avrupa genelindeki farklı bölgesel demiryolu kümelenmelerini bir araya getiren bir meta-küme (üst kümelenme) niteliğindedir. Halihazırda ERCI ağı 17 ülkeden 18 üye kümeyi içermektedir. Bu üyeler ve odaklandıkları başlıca uzmanlık alanları şu şekildedir:

İtalya'da faaliyet gösteren DITECFER, Toskana bölgesinde yer almakta olup özellikle raylı sistem ekipmanları, güvenlik ve sinyalizasyon teknolojileri alanında uzmanlaşmış bir kümelenmedir. İspanya'daki MAFEX (İspanya Demiryolu Birliği), ülke genelindeki firmaların ihracat odaklı iş birliğini ve uluslararası pazarlama faaliyetlerini koordine etmektedir. Aynı ülkede yer alan Railgrup ise Katalonya bölgesinde akıllı demiryolu sistemleri, dijitalleşme ve sürdürülebilir ulaşım çözümleri üzerine yoğunlaşan yenilikçi bir yapı sunmaktadır.

Fransa'da konumlanan i-Trans, Hauts-de-France bölgesinde ulaştırma ve akıllı mobilite temelli bir rekabetçilik kümesi olarak faaliyet göstermektedir. Bu küme, demiryolu endüstrisinin yanı sıra sürdürülebilir ve kentsel ulaşım sistemleri üzerine Ar-Ge projelerine liderlik etmektedir.

Almanya'da birden fazla kümelenme öne çıkmaktadır. Rail.S (BTS Rail Saxony), Saksonya merkezli bir yapılanma olup raylı sistem mühendisliği, araç ve altyapı imalatı alanlarında çalışan KOBİ'ler ile araştırma kuruluşlarını bir araya getirir. CNA-Cluster Bahntechnik, Nürnberg merkezli olup özellikle bakım, üretim ve tedarik zinciri alanlarında faaliyet gösteren orta ölçekli firmaların iş birliğine odaklanır. Berlin-Brandenburg bölgesindeki Cluster Transport | Mobility | Logistics, çok modlu taşımacılık, kentsel mobilite ve lojistik teknolojileri üzerine çalışan şirketleri kapsayan bir ağ olarak demiryolu sektörünü de içine alan geniş bir kapsama sahiptir.

Avusturya'da AC Styria, Steiermark bölgesinde mobilite odaklı bir kümelenme olup otomotiv, havacılık ve demiryolu sektörlerini bir arada desteklemektedir. Özellikle demiryolu bileşenleri ve yenilikçi ulaşım çözümleri konularında bölgesel iş birliklerini teşvik eder.

İsveç'teki Järnvägsklustret – Railway Cluster of Sweden, sürdürülebilir ve çevre dostu demiryolu teknolojilerinin geliştirilmesine odaklanmakta; ülke genelindeki tedarikçilerle araştırma kuruluşlarını ortak projelerde bir araya getirmektedir. Belçika'da ise Logistics in Wallonia, Valonya bölgesinde demiryolu yük taşımacılığı, intermodal lojistik ve akıllı depo yönetimi gibi konulara odaklanan lojistik ağırlıklı bir kümelenmedir.

Birleşik Krallık'ta iki önemli yapılanma dikkat çeker. Rail Cluster Scotland, İskoçya merkezli bir küme olup bakım, işletme ve mühendislik alanlarında faaliyet gösteren KOBİ'lerin ortak platformunu oluşturur. BCRRE – Birmingham Centre for Railway Research and Education, Birmingham Üniversitesi bünyesinde faaliyet gösteren akademik-sanayi iş birliği temelli bir yapı olup araştırma, eğitim ve yenilik konularında sektöre katkı sağlamaktadır. Bu yapı, aynı zamanda eski Rail Alliance kümesinin mirasını taşımaktadır.

Polonya'da yer alan Południowy Klaster Kolejowy – Southern Railway Cluster, ülkenin güneyindeki demiryolu araç üreticileri, altyapı ekipman firmaları ve bileşen sağlayıcılarını kapsayan ve bölgesel inovasyon kapasitesini geliştirmeyi hedefleyen bir yapılanmadır. Portekiz'deki Plataforma Ferroviária Portuguesa (PFP) ise ulusal düzeyde üreticiler, altyapı firmaları, operatörler ve üniversiteleri bir araya getiren bir platform olup Avrupa Birliği projelerine katılımı ve küresel rekabetçiliği artırmayı amaçlamaktadır.

Türkiye'den ARUS – Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi, yerli raylı sistem üreticilerini, altyapı ve sinyalizasyon firmalarını kapsayan geniş bir yapıya sahiptir. Yüksek yerlilik oranına sahip tramvay, metro ve tren sistemlerinin geliştirilmesine öncülük eden ARUS, Türkiye'nin raylı sistemler alanında dışa bağımlılığını azaltmayı hedeflemektedir.

Son olarak, RCSEE – Rail Cluster for South-East Europe, Sırbistan merkezli bir yapı olup Balkanlar'daki (Sırbistan, Hırvatistan, Slovenya, Bosna-Hersek, Karadağ, Kuzey Makedonya vb.) demiryolu tedarikçilerini bir araya getirerek Güneydoğu Avrupa'yı Avrupa demiryolu pazarına entegre etmeyi, bölge içi iş birliğini artırmayı ve ortak projeler geliştirmeyi hedeflemektedir.

ERCI ağı altında toplanan kümelenmeler, ülkelerinin raylı sistem ekosistemlerini temsil eden stratejik yapılardır. Her bir üye, kendi bölgesindeki küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ), büyük sanayi kuruluşları ve araştırma enstitüleri arasında köprü görevi üstlenerek yenilikçi ürün ve çözümlerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Uzmanlık alanları bakımından farklılaşsalar da, tüm üyeler demiryolu taşımacılığına yönelik çekiş sistemleri, vagon imalatı, sinyalizasyon, bakım-onarım, dijitalleşme ve lojistik gibi alt alanlarda Avrupa genelinde rekabet gücünü artırma hedefi doğrultusunda faaliyet göstermektedir.

ERCI, demiryolu sektöründe iş birliği ve inovasyonu destekleyen çok yönlü faaliyetleriyle öne çıkmaktadır. 17 ülkeden 18 kümeyi ve dolayısıyla 2000'den fazla KOBİ'yi bir araya getiren bu ağ, üyeleri aracılığıyla sektörün Avrupa düzeyinde sesi olma görevini üstlenmekte; karar alma mekanizmalarında KOBİ'lerin çıkarlarını temsil etmektedir.

ERCI'nin temel faaliyet alanları dört ana başlık altında toplanabilir:

- ERCI, üye kümeler arasında eşleştirmeler yaparak ortak Ar-Ge ve inovasyon projelerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Bu faaliyetler sayesinde demiryolu sektörü firmalarının Avrupa Birliği'nin Ar-Ge programlarına (örneğin Horizon Europe, Shift2Rail, Europe's Rail) erişimi kolaylaşmakta; finansman destekli projelerde yer alma imkânları artmaktadır. ERCI'nin katkısıyla oluşturulan konsorsiyumlar, KOBİ'lerin fonlanan Ar-Ge faaliyetlerine dâhil olmasını sağlamaktadır.
- ERCI, demiryolu sektöründeki tedarikçiler ile müşterileri bir araya getiren bir platform olarak faaliyet göstermektedir. Bu kapsamda düzenlenen B2B (firmadan firmaya) etkinlikler, uluslararası fuar katılımları, ticari heyet ziyaretleri ve eşleştirme programları aracılığıyla üyelerin yeni iş bağlantıları kurmasına olanak tanınmaktadır. Örneğin, ERCI ağı içerisindeki kümeler karşılıklı olarak birbirlerinin düzenlediği heyet programlarına katılmakta ve küresel ölçekte ortak tanıtım faaliyetleri yürütmektedir.
- Kümeler arası bilgi alışverişi ERCI'nin en önemli işlevlerinden biridir. Üyeler, kendi bölgelerindeki iyi uygulamaları, teknoloji eğilimlerini ve sektörel gelişmeleri ERCI platformunda paylaşmakta; bu sayede tüm ekosistemin yetkinliği artmaktadır. Düzenli olarak organize edilen çalıştaylar ve çevrim içi seminerler sayesinde en iyi uygulamaların aktarımı sağlanmakta; ClusterXchange gibi programlar aracılığıyla kısa süreli personel ve üye değişimleri organize edilerek karşılıklı öğrenme süreçleri teşvik edilmektedir. Bu faaliyetler, Avrupa çapında ortak standartların ve yenilikçi yaklaşımların benimsenmesine katkı sunmaktadır.
- ERCI, üye firmaların ve kümelerin uluslararası düzeyde görünürlüğünü artırmak amacıyla Avrupa Komisyonu, UNIFE (Avrupa Demiryolu Sanayi Birliği) gibi kurumlarla iş birliği içinde çalışmakta; sektörel politika ve standartların oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, AB dışı pazarlarda fuar organizasyonları ve yayınlar gibi ortak tanıtım faaliyetleri yürütülerek üyelerin küresel pazarda bilinirliği desteklenmektedir. Ayrıca ERCI bünyesinde belirli temalara odaklanan çalışma grupları (task force) oluşturulmuştur. Hâlihazırda siber güvenlik, çok modlu taşımacılık, sürdürülebilir mobilite ve insan faktörleri gibi başlıklarda yürütülen çalışmalar, Avrupa genelinde proje geliştirme, ortak standart belirleme ve eğitim faaliyetlerine yön vermektedir.



ERCI'nin yürüttüğü tüm faaliyetler, nihai olarak Avrupa demiryolu sektöründe yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini hızlandırmayı, KOBİ'lerin küresel rekabet gücünü artırmayı ve uluslararası iş birliklerini sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu çerçevede ERCI, sektörde faaliyet gösteren paydaşları ulusal ve uluslararası düzeyde bir araya getirerek "küme üstü" bir sinerji oluşturmakta ve ekosistem genelinde bütünsel bir etki yaratmaktadır.

ERCI, hem doğrudan koordinatör olarak hem de üye kümeleri aracılığıyla çeşitli Avrupa Birliği projelerinde aktif rol üstlenmektedir. Bu projeler, demiryolu sektöründeki KOBİ'lerin inovasyon kapasitesini güçlendirmek, uluslararası pazarlara açılımını kolaylaştırmak ve yeni teknolojilere entegrasyonunu desteklemek amacıyla hayata geçirilmektedir. Aşağıda, ERCI'nin katıldığı öne çıkan projeler, hedefleri ve sağladığı çıktılarla birlikte özetlenmiştir:

- **PERES (Promoting European Rail Excellence outside EU):** COSME programı kapsamında desteklenen bu Avrupa Kümeler İş Birliği projesi, ERCI üyeleri tarafından ortaklaşa yürütülmüştür. Projenin temel amacı, Avrupa demiryolu tedarikçilerinin AB dışı pazarlara (örneğin Kuzey Amerika, Orta Doğu, Asya) açılmasını sağlamak ve bu süreçte ortak bir uluslararasılaşma stratejisi geliştirmektir. PERES kapsamında yürütülen faaliyetler sonucunda, hedef pazarlara yönelik yol haritaları hazırlanmış ve KOBİ'ler için ortak tanıtım faaliyetleri organize edilmiştir.
- **RECORD (Regions in Europe Coordinate and Optimize innovation and competitiveness policy instruments):** Interreg Europe programı kapsamında yürütülen RECORD projesi, ERCI üyelerinin katılımıyla hayata geçirilmiştir. Proje, farklı Avrupa bölgelerindeki demiryolu sektörüne yönelik inovasyon politikalarını karşılaştırmalı olarak incelemiş ve KOBİ'lerin yenilikçilik kapasitesini artıracak stratejiler geliştirmeyi hedeflemiştir. Çalışma sonucunda, iyi uygulamalar belirlenmiş, politika yapıcılara yönelik somut eylem planları önerilmiş ve bölgesel inovasyon politikalarının daha uyumlu hale getirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.
- **EXXTRA (Excellence Exchange and Teaming-Up between Railway Clusters and Ecosystems):** COSME programı desteğiyle ERCI koordinasyonunda yürütülen EXXTRA, demiryolu kümeleri arasında deneyim paylaşımı ve kapasite gelişimi odaklı bir mükemmeliyet projesidir.  
Proje kapsamında, ERCI tarafından geliştirilen ClusterXchange programı aracılığıyla kümeler arası kısa süreli personel değişim programları uygulanmış ve böylece bilgi transferi ve deneyim paylaşımı teşvik edilmiştir. EXXTRA'nın çıktıları arasında, ERCI üyelerinin yönetim kapasitelerinde belirgin artış sağlanması, hizmet kalitelerinin geliştirilmesi ve European Cluster Excellence Initiative (ECEI) çerçevesinde kalite etiketleri kazanılması yer almaktadır. Proje aynı zamanda, kalıcı iş birliği ağlarının kurulmasına zemin hazırlamıştır.
- **STARS (Strategic Alliances Boosting Railway SMEs):** COSME Programı kapsamında finanse edilen STARS projesi, ERCI üyelerinin ortaklığıyla yürütülmüş ve demiryolu ile mobilite sektöründeki KOBİ'lerin ileri teknolojileri benimseme sürecini hızlandırmayı hedeflemiştir. Yapay zekâ, blokzinciri, nesnelerin interneti, siber güvenlik, ileri üretim teknikleri ve yeni malzeme kullanımı gibi alanlarda analizler ve pilot uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında geliştirilen STARS4TRACE adlı dijital platform sayesinde, KOBİ'lerin tedarik zincirinde şeffaf ve izlenebilir veri paylaşımı sağlaması mümkün hâle gelmiştir. Projenin çıktıları arasında teknoloji uygulama rehberleri, iş birliği fırsatları ve KOBİ'lerin süreçlerine yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu yer almaktadır.
- **RailActivation:** Horizon 2020 programı kapsamında desteklenen RailActivation projesi, işyeri inovasyonunu odağına alarak demiryolu sektöründe çalışanların yeni fikirlere ve teknolojilere açık organizasyonel yapılarda görev almasını hedeflemiştir. İspanya, Almanya ve İtalya gibi ülkelerde seçilen pilot KOBİ'lerde yürütülen saha uygulamaları sayesinde, çalışan katılımını teşvik edecek araçlar geliştirilmiş ve süreç iyileştirme ile yenilik üretimi desteklenmiştir. Elde edilen deneyimlerin sonucunda İnovatif İş Yeri Rehberi hazırlanarak ERCI ağı içerisindeki diğer KOBİ'lerle paylaşılmış; bu sayede pek çok işletmede verimlilik ve çalışan memnuniyeti artışı sağlanmıştır.
- **S-ACCESS (Strengthening Access to International Public Procurement):** Horizon 2020 kapsamında ERCI üyeleriyle yürütülen bu proje, Avrupa'daki demiryolu KOBİ'lerinin Avrupa dışındaki kamu alımları süreçlerine daha etkin katılımını sağlamayı amaçlamıştır. Proje süresince KOBİ'lere, ABD, Kanada ve Avustralya gibi ülkelerdeki büyük ölçekli demiryolu ihalelerine yönelik hazırlık, ihale şartnameleri, sertifikasyon gereklilikleri ve konsorsiyum oluşturma konularında eğitimler verilmiştir. Böylece KOBİ'lerin uluslararası kamu projelerinde teklif verebilme kapasitesi artırılmıştır.

- **E-BOOST (ElectroMobility for the Recovery and Internationalisation of Small Enterprises):** 2022 yılında başlatılan E-BOOST, Avrupa Birliği'nin yeni nesil "Euroclusters" programı (SMP-COSME) kapsamında yürütülmekte olup ERCI'nin ortakları arasında yer aldığı önemli projelerden biridir. Proje, COVID-19 sonrası toparlanma sürecinde elektromobilite ekosistemindeki KOBİ'lerin yeşil ve dijital dönüşümünü desteklemeyi hedeflemiştir. Elektrikli ulaşım teknolojileri (örneğin bataryalı trenler, e-mobilite altyapısı) üzerine faaliyet gösteren KOBİ'lere mali destek, danışmanlık ve uluslararası işbirliği olanakları sağlanmıştır.
- **LEADER 2030 (Learnings for European Autonomy to Deliver Europe's Rail by 2030):** ERCI koordinasyonunda ve Horizon Europe / Europe's Rail JU programı desteğiyle yürütülen LEADER 2030, Avrupa demiryolu sanayisinin stratejik özerklik hedeflerini gerçekleştirme kapasitesini değerlendirmeye yönelik stratejik bir projedir. Projede, kritik hammaddeye erişim, tedarik zinciri dayanıklılığı, karbon-nötr hedefler, döngüsel ekonomi ve dijitalleşme gibi başlıklarda sektörün kırılgan noktaları analiz edilmekte; 2030 yılına kadar Avrupa demiryolu endüstrisinin dönüşümünü sağlayacak yol haritaları oluşturulmaktadır. Beklenen çıktılar arasında, politika yapıcılara sunulacak öneriler, eylem planları ve sektörde ihtiyaç duyulan beceri gelişimi için eğitim programları yer almaktadır.

Yukarıda sıralanan projeler, ERCI'nin yalnızca bir kümelenme ağı olmanın ötesinde, inovasyon, uluslararasılaşma, teknolojik dönüşüm ve politika geliştirme eksenlerinde çok yönlü bir rol üstlendiğini ortaya koymaktadır. ERCI, bu projeler aracılığıyla hem üye kümelerin ve KOBİ'lerin kurumsal kapasitelerini artırmakta hem de Avrupa genelinde demiryolu sektörünün bütüncül bir gelişim göstermesine katkı sunmaktadır. Projeler sonunda elde edilen bilgi birikimi, iyi uygulamalar ve ortaklık ağları ERCI platformu üzerinden yaygınlaştırılarak kalıcı bir etki yaratılmaktadır.

Kurulduğu 2010 yılından bu yana ERCI, Avrupa demiryolu sektörüne birçok açıdan değer kazandırmıştır. En önemli katkılarından biri, coğrafi olarak dağınık konumdaki yüzlerce KOBİ ile büyük ölçekli şirketi tek bir ağ altında buluşturarak sürdürülebilir işbirliği kültürünün gelişmesini sağlamasıdır. ERCI, bugün 2000'den fazla KOBİ'yi temsil eden Avrupa'nın tek demiryolu meta-kümesi konumunda olup, bu işletmelerin sesini Brüksel'e taşıyabilmekte ve politika düzeyinde görünürlüklerini artırmaktadır. ERCI aracılığıyla birçok KOBİ, yeni projeler geliştirerek Avrupa Birliği fonlarından yararlanma imkânı bulmuş; bu da teknoloji geliştirme ve uluslararası pazarlara açılma süreçlerini önemli ölçüde hızlandırmıştır.

İnovasyonun teşviki doğrultusunda ERCI, her yıl düzenli olarak ERCI İnovasyon Ödülleri programını yürütmektedir. 2012 yılında başlatılan bu ödül programı, "En İyi Büyük Firma", "En İyi KOBİ" ve "Coup de Cœur" (Jüri Özel Ödülü) kategorilerinde yenilikçi çözümler sunan şirketleri tanımaktadır. Ödül törenleri her yıl farklı bir ERCI üyesi tarafından ev sahipliği yapılan prestijli etkinliklerde (örneğin InnoTrans, Trako gibi fuarlarda) gerçekleştirilmektedir. Bu program sayesinde birçok girişimci firma uluslararası düzeyde görünürlük kazanmış ve yeni işbirlikleri geliştirme fırsatı elde etmiştir. 2024 yılında ödül programı onuncu kez düzenlenmiş, bu kapsamda ilk kez "ERCI Achievement Award" başlığıyla sektör ve ERCI misyonuna katkı sunan kişi veya kurumlar da onurlandırılmıştır. Bu özel ödül, 2024 yılında Siemens Mobility şirketine verilmiş ve şirketin ERCI ağına sağladığı katkılar resmen tanınmıştır. ERCI'nin bu girişimi, demiryolu sektöründe yenilikçiliği özendiren etkili bir mekanizma olarak kabul görmektedir.

ERCI platformu, yalnızca sektör genelinde değil, aynı zamanda üye kümelerin kendi bölgelerinde de gelişimini desteklemiştir. Birçok ERCI üyesi, Avrupa Küme Mükemmeliyet Programı kapsamında bronz, gümüş veya altın kalite etiketleri alarak kurumsal kapasitelerini tescillemiştir. Türkiye'den ERCI ağına katılan ARUS (Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümesi), 2022 yılında Avrupa Küme Analizi Sekreterliği (ESCA) tarafından verilen Gümüş Küme Mükemmeliyet Etiketini alarak bu seviyede belge kazanan ilk Türk kümelenmesi olmuştur. Ayrıca, ARUS üyeleri ERCI platformunun sunduğu fırsatlar sayesinde uluslararası alanda kayda değer başarılar elde etmiş; farklı yıllarda toplamda dört kez ERCI İnovasyon Ödülü kazanarak Türk demiryolu sanayisinin yenilikçilik potansiyelini ortaya koymuştur.

ERCI'nin yürüttüğü çalışmalar, Avrupa demiryolu tedarik zincirinin daha bütünleşik ve dirençli bir yapıya kavuşmasına da katkı sağlamıştır. Özellikle Batı Avrupa'daki köklü imalatçılarla Orta ve Doğu Avrupa ile Balkanlar'daki yükselen tedarikçileri buluşturması, değer zincirindeki dengesizliklerin giderilmesine yardımcı olmuştur. ERCI, ayrıca UNIFE (Avrupa Demiryolu Sanayi Birliği) ve CER (Avrupa Demiryolları Birliği) gibi üst

düzy kurumlarla yakın iş birliğı içinde çalışmakta; KOBİ'lerin ihtiyaç ve yeniliklerini Avrupa çapında gündeme taşımaktadır. Bu etkin temsiliyetin bir göstergesi olarak, 2025 yılında Zagreb'de düzenlenen ERCI Genel Kurulu'na Avrupa Parlamentosu üyeleri ve UNIFE Genel Direktörü'nün katılım sağlaması, ağın sektörel etkisinin ulaştığı düzeyi somut biçimde ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, ERCI bugün sadece bir kümelenme platformu değil, aynı zamanda Avrupa demiryolu endüstrisinin yenilikçilik kapasitesini yönlendiren stratejik bir yapı hâline gelmiştir. 2010 yılında birkaç vizyoner kümelenmenin öncülüğünde başlatılan bu girişim, günümüzde Avrupa'nın dört bir yanındaki kümeleri bir araya getiren ve sektöre ivme kazandıran bir meta-küme olarak konumlanmaktadır. Kazanılan ödüller, başarıyla tamamlanan projeler ve oluşturulan iş birliğı ağı, ERCI'nin Avrupa demiryolu sektörünün küresel ölçekte rekabetçi ve yenilikçi kalmasına yönelik katkılarının somut göstergeleridir.

#### 11.1.1. i-Trans – Fransa

i i-Trans, 2005 yılında Fransa'nın kuzeyindeki Hauts-de-France bölgesinde kamu-özel ortaklığı modeliyle kurulan bir rekabetçilik kümesidir (pôle de compétitivité). Küme, Lille Üniversitesi, Fransız Demiryolları altyapı kurumu RFF, ulusal demiryolu işletmecisi SNCF ve Alstom gibi önde gelen sanayi kuruluşlarının katkılarıyla yapılandırılmıştır. Fransa devletinin ulusal inovasyon politikası çerçevesinde desteklenen i-Trans, tüzel olarak kâr amacı gütmeyen bir dernek statüsünde faaliyet göstermektedir.

Küme yaklaşık 120 üyeden oluşan geniş bir paydaş yapısına sahiptir. Üyeleri arasında startup'lar, KOBİ'ler, büyük sanayi firmaları, kamu kurumları, araştırma laboratuvarları, üniversiteler ve yerel yönetimler yer almaktadır. Bu çok aktörlü yapı, demiryolu, karayolu, havacılık, elektronik, mobilite ve lojistik gibi ulaşım sektörlerinde faaliyet gösteren kurumlar arasında disiplinler arası sinerji ve teknoloji transferi için uygun bir zemin oluşturmaktadır.

i-Trans'in temel misyonu, üyelerinin araştırma, geliştirme ve inovasyon kapasitesini artırmaktır. Bu doğrultuda, ortak Ar-Ge projelerinin geliştirilmesini teşvik eder ve fikir aşamasından ticarileşme sürecine kadar projelere rehberlik eder. Fransız ulusal fonları ve Avrupa Birliğı çerçeve programlarından yararlanılması konusunda danışmanlık hizmetleri sunar. Ayrıca, üniversite-sanayi iş birliğini desteklemek amacıyla tematik çalışma kulüpleri, atölyeler ve seminerler düzenleyerek bilgi paylaşımını ve iş birliğini teşvik eder.

Küme, üyelerine yönelik rekabetçi istihbarat hizmetleri de sunmakta; ulaştırma alanındaki teknolojik eğilimler ve pazar gereksinimleri hakkında analizler yaparak stratejik yönlendirmelerde bulunmaktadır. Uluslararasılaşma da i-Trans'in öncelikli faaliyet alanlarındandır. Bu kapsamda, üyelerini Avrupa'daki iş birlikleriyle eşleştirmekte, AB projelerine katılımlarını desteklemekte ve özellikle KOBİ'lerin uluslararası görünürlüğünü artırmaya yönelik programlar geliştirmektedir.

Finansman modeli büyük ölçüde kamu-özel ortak projelerine dayanmaktadır. Fransa'nın kümelenme programları çerçevesinde, üniversiteler ile sanayi kuruluşlarının birlikte fon sağladığı Ar-Ge projeleri yürütülmektedir. Karar alma süreçlerinde ise üyelerin temsil edildiğı danışma kurulları ve yönetim komiteleri aracılığıyla katılımcı bir yapı benimsenmiştir.

Uluslararası düzeyde i-Trans, Avrupa Demiryolu Kümeleri İnisiyatifi (ERCI) ağına aktif olarak katılmaktadır. Bu çerçevede Almanya, İtalya ve İspanya gibi ülkelerdeki kümelerle ortak inovasyon projeleri geliştirmekte; bilgi paylaşımı ve standart oluşturma süreçlerine katkıda bulunmaktadır. Özellikle AB'nin Shift2Rail ve Europe's Rail programları kapsamında üyeleriyle birlikte konsorsiyumlar oluşturarak Avrupa çapındaki projelere dâhil olmuştur.

i-Trans, çok paydaşlı yönetim modeli, güçlü kamu-özel iş birlikleri, disiplinler arası etkileşim kapasitesi ve uluslararası ağlara entegre yapısıyla Avrupa'nın önde gelen inovasyon kümelerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

#### 11.1.2. In-Move by Railgrup – İspanya

"In-Move by Railgrup" markasıyla tanınan Railgrup kümelenmesi, 2002 yılında İspanya'nın Katalonya bölgesinde özel sektör öncülüğünde kurulmuş olup, bölgesel yönetim kurumu ACCIÓ'nun desteğiyle büyümesini sürdürmüştür. Tüzel olarak dernek statüsünde faaliyet gösteren yapı, üyelerinin ortak çıkarlarını gözetken stratejik bir sivil toplum kuruluşu niteliğindedir. Railgrup'un temel amacı, İspanya demiryolu sektörünün tüm katmanlarıyla geliştirmek ve sektörel aktörler arasında sinerji oluşturmaktır.

Küme, kamusal demiryolu işletmecileri (örneğin RENFE), altyapı yönetim şirketleri, Siemens gibi büyük OEM üreticileri, mühendislik ve danışmanlık firmaları, demiryolu teknolojisi odaklı girişimler ile siber güvenlik ve

sensör-mobilite sistemlerinde uzmanlaşmış firmalardan oluşan 125'ten fazla üyeye sahiptir. Bu kapsamlı yapı, demiryolu sektörünün tüm değer zincirini-araç üretimi, sinyalizasyon, bakım, dijitalleşme gibi alanlar dahil- temsil edebilmesini sağlamaktadır.

In-Move by Railgrup, üyeleri arasında iş birliğini artırmak amacıyla sektörel komisyonlar ve tematik çalışma grupları oluşturmuştur. Bu gruplar aracılığıyla, sektördeki yenilikçi eğilimler izlenmekte ve ortak Ar-Ge projeleri geliştirilmektedir. Ayrıca teknik seminerler, atölye çalışmaları ve sektörel bilgilendirme günleri gibi etkinliklerle bilgi paylaşımı teşvik edilmektedir. Uluslararasılaşma da kümelenmenin öncelikli hedefleri arasındadır. Railgrup, her yıl uluslararası fuarlarda kolektif tanıtım programları organize etmekte, üyeleri ortak stantlarda bir araya getirerek yurtdışı tanıtım faaliyetlerini yürütmektedir. Özellikle KOBİ'ler için düzenlenen eşleştirme (matchmaking) etkinlikleri, yeni iş bağlantılarının kurulmasına önemli katkı sağlamaktadır.

Küme yönetimi, üyelerinin Ar-Ge projelerine finansman erişimini kolaylaştırmak adına hibe ve fon arayışı konusunda danışmanlık sunmakta, uluslararası konsorsiyumlara katılım için rehberlik etmektedir. Ayrıca yayınladığı pazar istihbaratı raporlarıyla sektörel trendler, ihale fırsatları ve teknolojik gelişmeler konusunda üyelerini düzenli olarak bilgilendirmektedir.

Railgrup'un iş birliği modeli, üyeler arası iletişimi ve deneyim paylaşımını temel alan "selektif networking" yaklaşımı üzerine kuruludur. Üst düzey yönetici seviyesinde organize edilen bu etkinliklerle, üyeler arasında stratejik ortaklıkların geliştirilmesi hedeflenmektedir. Kümelenme, ayrıca İspanya Sanayi Bakanlığı gibi ulusal kurumlar ve bölgesel yönetimlerle birlikte yürüttüğü kamu destekli projelerle, özellikle KOBİ'lerin rekabetçiliğini artırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedir.

Uluslararası iş birliği bağlamında Railgrup, Avrupa Demiryolu Kümeleri İnisiyatifi (ERCI) üyesidir. Bu sayede Almanya, İtalya, İspanya, İsveç ve Avusturya gibi ülkelerdeki benzer kümelerle ortak projelerde yer almakta, bilgi paylaşım etkinlikleri düzenlemekte ve Avrupa Birliği projelerinde konsorsiyumlar oluşturmaktadır. Ayrıca, Latin Amerika Metro ve Tren Birliği (ALAMYS) üyesi olarak, İspanyol firmalarının Latin Amerika pazarlarına açılımını kolaylaştıran köprü bir rol üstlenmektedir. Railgrup'un finansmanı ağırlıklı olarak bölgesel kalkınma ajanslarından alınan destekler ve üyelik aidatlarıyla sağlanmaktadır.

Genel olarak Railgrup, iç paydaşlar arasındaki iş birliğini çalışma grupları ve ağ etkinlikleriyle güçlendirirken; dış paydaşlarla olan ilişkilerini uluslararası ağlara entegrasyon ve hedef pazarlara yönelik ortak açılım stratejileri üzerinden yapılandırmaktadır.

### 11.1.3. Rail.S – BTS Rail Saxony

Rail.S (önceki adıyla BTS Bahntechnik Sachsen e.V.), 2009 yılında Almanya'nın Saksonya eyaletinde kurulmuş bir raylı sistem kümelenmesidir. Dernek statüsünde faaliyet gösteren yapı, özellikle Dresden, Chemnitz ve Leipzig kentlerini kapsayan bölgede yoğunlaşmaktadır. Özel sektör girişimiyle hayata geçirilen Rail.S, Saksonya Ekonomi, Çalışma ve Ulaştırma Bakanlığı'nın kurumsal desteğini alarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Almanya'daki en kapsamlı demiryolu kümelenmelerinden biri olarak kabul edilen yapı, KOBİ'ler, büyük sanayi kuruluşları, araştırma merkezleri ve danışmanlık firmalarını bir araya getirmektedir.

Küme, Almanya'nın yüksek teknoloji odaklı sanayi stratejisi doğrultusunda geliştirilen "go-cluster" programı kapsamında yer almakta ve bu sayede federal düzeyde çeşitli inovasyon programlarına erişim sağlamaktadır. 2023 yılı itibarıyla 90'dan fazla üyeye sahip olan Rail.S, dijitalleşme, enerji verimliliği, otonom sistemler, bakım teknolojileri ve sürdürülebilir mobilite gibi tematik alanlarda üyelerinin kapasitesini artırmayı hedeflemektedir.

Rail.S, liderlik ettiği projelerle hem sektörel yenilikçiliği teşvik etmekte hem de bölgesel Ar-Ge ekosistemine katkı sunmaktadır. Bu projelerden biri olan Smart Rail Connectivity Campus (SRCC), Chemnitz Teknik Üniversitesi ile iş birliği içinde yürütülmekte olup otonom tren teknolojilerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bir diğer önemli girişim olan MINTmobil ise, demiryolu sektörüne yönelik teknik insan kaynağını güçlendirmeyi amaçlamakta; özellikle gençlerin STEM (fen, teknoloji, mühendislik, matematik) alanlarında teşvik edilmesine yönelik eğitim faaliyetleri yürütmektedir.

Uluslararası iş birliği bağlamında Rail.S, Avrupa Demiryolu Kümeleri İnisiyatifi (ERCI) ağına Almanya'dan üye olan kümelerden biridir. Bu çerçevede, Avrupa genelindeki kümelerle ortak projelerde yer almakta, bilgi paylaşımı faaliyetlerine katılmakta ve Avrupa demiryolu sanayisinin gelişimine katkı sunmaktadır. Rail.S, üyelerini InnoTrans gibi uluslararası fuarlarda temsil etmekte; yurtdışı pazar araştırmaları, fuar katılımı ve B2B eşleştirme etkinlikleri düzenleyerek firmaların küresel pazarlarda rekabetçiliğini artırmaktadır. Özellikle Orta ve Doğu Avrupa pazarlarına yönelik olarak Avusturya, Polonya, Çekya ve Slovakya gibi ülkelerde iş geliştirme faaliyetleri yürütmektedir.

Kümelenmenin finansmanı, üyelik aidatlarının yanı sıra Saksonya Eyalet Hükümeti ve Alman federal kurumlarından sağlanan kamu destekleriyle temin edilmektedir. Rail.S, eyaletin sanayi stratejisi kapsamında Ar-Ge ve uluslararasılaşma projelerinde öncelikli destek alan yapılar arasında yer almaktadır. Yönetim yapısı, üyelerle düzenli strateji toplantıları yaparak ihtiyaç ve yönelimleri belirlemekte, yıllık sektörel değerlendirme raporları yayımlayarak bilgi akışını sağlamaktadır. Ayrıca ERCI kapsamındaki görev gücü çalışmalarına aktif olarak katılım sağlayarak Avrupa düzeyinde politika yapım süreçlerinde etkin bir aktör olmayı hedeflemektedir.

Rail.S, geleneksel kümelenme modellerinin ötesine geçerek endüstri-akademi-devlet iş birliğine dayalı bir inovasyon ağı olarak yapılandırılmıştır. Sadece demiryolu sektörüyle sınırlı kalmayan küme, otomotiv, havacılık ve bilişim gibi sektörlerle çapraz etkileşim kurarak hibrit teknolojilerin raylı sistemlere entegrasyonunu araştırmakta ve bu doğrultuda iş birlikleri geliştirmektedir.

#### 11.1.4. MAFEX – Asociación Ferroviaria Española

MAFEX (Asociación Ferroviaria Española), İspanya'daki demiryolu sanayisi firmalarını bir araya getiren, kar amacı gütmeyen bir sektörel sanayi birliğidir. 2004 yılında Bilbao'da kurulmuş olan yapı, İspanyol demiryolu sektörünün uluslararasılaşmasını destekleme amacıyla faaliyete geçmiştir. MAFEX, başta ICEX (İspanyol Dış Ticaret Enstitüsü) ve İspanya Sanayi, Ticaret ve Turizm Bakanlığı olmak üzere çeşitli kamu kurumlarının desteğiyle faaliyetlerini sürdürmektedir.

Her ne kadar formel anlamda bir kümelenme yapısı olmasa da, MAFEX ihracat odaklı yaklaşımı ve üye kurumlar arasında geliştirdiği iş birliği kültürü sayesinde kümelenme benzeri bir organizasyonel yapı sergilemektedir. Bu yapı, kolektif tanıtım faaliyetleri, bilgi paylaşımı ve stratejik ortaklık geliştirme süreçleri açısından kümelenme dinamiklerini yansıtmaktadır. Kurumun temel stratejisi, İspanyol demiryolu endüstrisinin küresel ölçekte rekabet gücünü artırmak, teknoloji odaklı ortaklıkları yaygınlaştırmak ve üyelerinin dış pazarlarda görünürlüğünü güçlendirmektir.

2024 yılı itibarıyla MAFEX, 110'dan fazla üyeye sahiptir. Bu üyeler; raylı sistem araç üreticileri, altyapı sağlayıcıları, teknoloji firmaları ve mühendislik danışmanlık şirketleri gibi sektörde faaliyet gösteren öncü kurumlardan oluşmaktadır. MAFEX'in faaliyet alanı, İspanya iç pazarının ötesine taşmakta; Avrupa, Latin Amerika, Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Asya gibi farklı coğrafi bölgeleri hedeflemektedir.

Kuruluş, üyelerine yönelik olarak çeşitli kolektif girişimler geliştirmiştir. Bunlar arasında; teknolojik Ar-Ge ve dijital demiryolu çözümlerine odaklanan Railway Innovation Hub Spain, akıllı ulaşım teknolojileri alanında ortak ürün geliştirmeyi teşvik eden Smart Mobility Spain ve pazar istihbaratı ile rekabet analizlerinin paylaşıldığı dijital platform Observatorio del Transporte Ferroviario yer almaktadır. Bu girişimler, MAFEX'in sadece dış ticaret değil, aynı zamanda bilgi yönetimi ve yenilikçilik alanlarında da aktif bir rol üstlendiğini göstermektedir.

MAFEX'in ana misyonu, İspanyol demiryolu sanayisinin ihracat kapasitesini artırmaktır. Bu doğrultuda uluslararası fuarları (InnoTrans, Middle East Rail, Rail Solutions Asia gibi) kolektif katılımlar organize etmekte; yurt dışındaki kamu otoriteleri ve büyük demiryolu işletmeleriyle B2B görüşmeler düzenlemektedir. Ayrıca Latin Amerika, Orta Doğu ve Asya'ya yönelik sektörel ticaret heyetleri organize edilmekte, üyelerin hedef pazarlarda yerleşme stratejileri geliştirmelerine ve uluslararası konsorsiyumlar kurmalarına destek verilmektedir.

MAFEX, Avrupa çapında kümelenmeleri bir araya getiren European Railway Clusters Initiative (ERCI) ağıнын da aktif bir üyesidir. Bu üyelik aracılığıyla Avrupa'daki kümelerle ortak projeler geliştirilmekte, bilgi ve deneyim paylaşımı sağlanmakta ve AB projelerine konsorsiyumlar düzeyinde katılım gerçekleştirilmektedir.

Finansal yapısı, üyelik aidatları, kamu destekleri (özellikle ICEX ve CDTI gibi kurumların ihracat ve Ar-Ge programları), Avrupa Birliği projeleri ile sponsorluk gelirlerinden oluşmaktadır. Bu yapı, MAFEX'in sürdürülebilirliğini ve bağımsızlığını korurken kamu-özel ortaklık modeliyle esnek bir işleyiş sunmaktadır.

MAFEX'in iş birliği modeli üç temel eksen üzerinde yapılandırılmıştır:

- İhracat Konsorsiyumu Yaklaşımı – Üyelerin dış pazarlara kolektif erişimini desteklemek.
- Bilgi ve Teknoloji Paylaşımı – Ar-Ge çıktılarının ve sektörel verilerin merkezi biçimde üyelerle paylaşılması.
- Yatay Ağ Yapısı – KOBİ'lerle büyük OEM'ler arasında sinerji ve tamamlayıcılık ilişkisi oluşturmak.



Tüm bunlara ek olarak, MAFEX üniversiteler ve teknoloji merkezleri ile iş birlikleri geliştirerek insan kaynağının niteliğini artırmaya ve sektörel mesleki eğitim projelerine katkı sunmaya da önem vermektedir. Bu yönüyle, sadece dış ticaret ve tanıtım değil, aynı zamanda sektörel kapasite gelişimi açısından da bütüncül bir rol üstlenmektedir.

#### 11.1.5. DITECFER – Distretto per le Tecnologie Ferroviarie

DITECFER (Distretto per le Tecnologie Ferroviarie, l'Alta Velocità e la Sicurezza delle Reti), 2014 yılında İtalya'nın Toskana bölgesinde, özellikle Pistoia merkezli olmak üzere kurulmuş yenilikçi bir teknoloji kümelenmesidir. İtalya'da özel sektör öncülüğünde yapılandırılan ilk raylı sistem kümelenmelerinden biri olan DITECFER, adından da anlaşılacağı üzere demiryolu teknolojileri, yüksek hızlı ulaşım ve ağ güvenliği alanlarına odaklanmaktadır.

Kümelenmenin kuruluşu, Toskana'daki Pistoia, Pisa, Prato ve Floransa şehirlerinden gelen sanayi firmaları, sektörel birlikler ve kamu kurumlarının ortaklık protokolüne dayanmaktadır. Bugün, anonim şirket (Srl) statüsünde bir Küme Yönetim Organizasyonu (Cluster Management Organisation) üzerinden faaliyet göstermektedir. DITECFER'in temel misyonu; İtalya'nın raylı sistem sektöründe yenilikçilik kapasitesini artırmak, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini teşvik etmek ve üye firmaların uluslararası rekabet gücünü yükseltmektir.

2024 itibarıyla DITECFER'in 50'nin üzerinde aktif üyesi bulunmaktadır. Bu üyeler; altyapıdan araç üretimine, sinyalizasyondan yazılıma kadar raylı sistem değer zincirinin tamamını kapsayan sanayi kuruluşları ve araştırma enstitülerinden oluşmaktadır. Küme, üyeleri arasında iş birliğini artırmak amacıyla çeşitli tematik çalışma grupları oluşturmuş; aynı zamanda çok sayıda Ar-Ge projesi için konsorsiyumlar organize etmiştir.

DITECFER'in yürüttüğü önemli projeler arasında öne çıkanlar şunlardır:

- **S-ACCESS:** Avrupa dışındaki kamu ihalelerine erişim konusunda KOBİ'leri destekleyen ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen bir programdır.
- **EXXTRA:** ERCI ağı kapsamındaki kümelerin yönetim kalitesini ve etki kapasitesini artırmayı hedefleyen uluslararası bir Erasmus+ projesidir.
- **STARS:** KOBİ'lerin demiryolu sektöründe Ar-Ge kapasitelerini artırmak üzere Horizon 2020 kapsamında yürütülen bir destekleme programıdır.

DITECFER, European Railway Clusters Initiative (ERCI) ağına kurucu üyelerinden biri olup, Avrupa'daki diğer kümelerle sürekli etkileşim halindedir. Bu bağlamda, üyelerini Berlin'deki InnoTrans, Dubai'deki Middle East Rail ve Güney Afrika'daki Africa Rail gibi uluslararası fuarlarda temsil etmektedir. Ayrıca Horizon Europe, COSME ve Interreg Europe gibi Avrupa Birliği programlarında proje ortağı olarak yer almakta; üyelerinin uluslararası Ar-Ge konsorsiyumlarına katılımını aktif biçimde desteklemektedir.

Küme, Avrupa demiryolu araştırma ve inovasyon yapılarından UIC (International Union of Railways) ve Shift2Rail'in halefi olan Europe's Rail Joint Undertaking ile dolaylı düzeyde iş birliği içerisinde. Bu sayede, Avrupa çapında geliştirilen stratejilere teknik katkılar sunmakta ve sektörel entegrasyonu pekiştirmektedir.

DITECFER'in finansmanı, üyelik aidatları, Avrupa Birliği proje fonları ve İtalyan bölgesel kalkınma ajanslarının sağladığı desteklerle sağlanmaktadır. Kümelenme, proje tabanlı bir çalışma modeline sahiptir ve faaliyetleri, AB fonlarına erişim konusunda uzmanlaşmış küçük fakat yetkin bir yönetim ekibi tarafından koordine edilmektedir. Üyelerine sağladığı hizmetler arasında Ar-Ge proje hazırlama desteği, ihracat stratejisi danışmanlığı ve fuar/kongre katılımına yönelik finansman rehberliği yer almaktadır.

DITECFER'in iş birliği modeli, İtalya'daki geleneksel sanayi kümelerinden farklı olarak yüksek teknoloji ve inovasyon odaklı bir anlayışa sahiptir. KOBİ'ler ile büyük ölçekli OEM firmaları arasında dikey bilgi transferini teşvik ederken, yatay düzlemde üniversiteler ve araştırma merkezleriyle kapsamlı iş birlikleri geliştirmektedir. Bu yönüyle, sadece bölgesel değil, uluslararası ölçekte rekabetçiliği hedefleyen, teknoloji temelli bir kümelenme modelinin örneğini sunmaktadır.

#### 11.1.6. Railenium – Institut de Recherche Technologique Ferroviaire

Railenium, Fransa'nın ulusal düzeyde faaliyet gösteren ve yalnızca raylı sistem teknolojilerine odaklanan ilk ve tek "Yüksek Teknoloji Araştırma Enstitüsü"dür (IRT – Institut de Recherche Technologique). 2012 yılında, Fransız hükümetinin yüksek teknoloji Ar-Ge politikaları doğrultusunda kurulmuş olup, merkezi Hauts-de-France bölgesindeki Valenciennes şehrinde. Railenium, Fransa'nın IRT ağı içindeki sekiz enstitüden biri olup, raylı sistemler alanında ihtisaslaşmış tek kuruluştur.

Kuruluş yapısı, Fransa Ulaştırma Bakanlığı, Sanayi Bakanlığı ve yerel yönetimlerin liderliğinde; üniversiteler, büyük sanayi kuruluşları (örneğin Alstom, SNCF, Thales), mühendislik firmaları ve araştırma enstitülerinin katılımıyla kamu-özel ortaklığı (PPP) modeli çerçevesinde yapılandırılmıştır. Kar amacı gütmeyen bir araştırma kuruluşu olarak faaliyet gösteren Railenium, doğrudan üyelik temelli bir yapılanmaya sahip olmamakla birlikte, 30'dan fazla stratejik ortakla iş birliği yürütmektedir.

Ortaklık ağı üç temel grupta toplanmaktadır:

- **Sanayi Ortakları:** Alstom, Thales, SNCF, Colas Rail, SYSTRA ve eski adıyla Bombardier France (günümüzde Alstom çatısı altında) gibi sektörün önde gelen firmaları.
- **Akademik Kurumlar:** Université de Lille, Centrale Lille, Université Polytechnique Hauts-de-France, IFSTTAR (şu an Université Gustave Eiffel çatısı altında).
- **Kamu ve Destekleyici Kuruluşlar:** ADEME (Enerji Dönüşümü Ajansı), ANR (Fransa Ulusal Araştırma Ajansı), Hauts-de-France Bölgesi Kalkınma Ajansı.

Railenium, hem Fransız hükümeti hem de sanayi ortaklarının desteğiyle yürüttüğü büyük ölçekli Ar-Ge projeleri ile öne çıkmaktadır. Bu projelerden bazıları şunlardır:

- **Digirail:** Dijital demiryolu sistemlerinin geliştirilmesini hedefleyen ulusal ölçekli öncü projedir.
- **ERTMS France 2030:** Avrupa Tren Kontrol Sistemi'nin (ERTMS) yeni nesil bileşenlerinin test ve validasyonuna yönelik bir programdır.
- **MODALES & IN2STEMPO:** Avrupa Komisyonu'nun Shift2Rail programı kapsamında sürücü destek sistemleri ve bakım optimizasyonunu konu alan projelerdir.
- **FERROWAY:** Düşük karbon salımlı raylı ulaşım çözümleri geliştirmeye yönelik kapsamlı bir inovasyon programıdır.

Railenium, Ar-Ge faaliyetlerinin yanında Fransa'nın demiryolu test altyapısının geliştirilmesinde de öncü rol üstlenmektedir. Avrupa'nın en büyük raylı sistem test alanlarından biri olan Centre d'Essais Ferroviaires (CEF) projesinin lider ortağıdır. Bu tesis; dinamik testler, elektromanyetik uyumluluk analizleri ve ERTMS uyumluluk testleri gibi çok çeşitli araştırma ve validasyon faaliyetlerini barındıracak şekilde tasarlanmıştır.

Uluslararası düzeyde Railenium, Avrupa Birliği araştırma programlarına (Horizon 2020, Horizon Europe, Shift2Rail ve Europe's Rail Joint Undertaking) aktif biçimde katılmakta; bu programlarda hem koordinatör hem de proje ortağı rolleri üstlenmektedir. Ayrıca, ERCI (European Railway Clusters Initiative) ağıyla dolaylı iş birlikleri yürütmekte; CEN ve CENELEC gibi Avrupa standardizasyon kuruluşlarının teknik komitelerinde Fransa'yı temsilen katkı sunmaktadır.

Kuruluş, Almanya, İtalya, İspanya ve Belçika gibi ülkelerle ikili Ar-Ge iş birlikleri gerçekleştirerek Avrupa demiryolu inovasyon ekosistemine entegre bir aktör olarak faaliyet göstermektedir. Bu iş birlikleri, teknoloji transferi, ortak patent geliştirme ve standart belirleme süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır.

Railenium'un finansal yapısı üç ana kaynağa dayanmaktadır:

- Fransız hükümetinin IRT enstitülerine yönelik Geleceğe Yatırım Programı (PIA) kapsamındaki destekleri,
- Avrupa Birliği araştırma fonları (özellikle Horizon 2020, Horizon Europe ve Shift2Rail),
- Sanayi ortaklarının sağladığı eş finansman ve proje katkıları.

Railenium'un iş birliği modeli, "ortak inovasyon ve kolektif test ortamı" ilkelerine dayanmaktadır. Sanayi, akademi ve kamu aktörlerini aynı platformda buluşturarak:

- Teknoloji geliştirme süreçlerini birlikte yürütmekte,
- Test ve validasyon senaryolarını kolektif biçimde oluşturmaktadır,
- Ticarileştirmeye hazır ürünlerin Avrupa çapında standardizasyonuna katkı sunmaktadır.

Bu bağlamda Railenium, yalnızca araştırma yürüten bir kuruluş olmanın ötesine geçerek, dijital dönüşüm, siber güvenlik ve sıfır karbon ulaşım gibi tematik alanlarda Fransa ve Avrupa düzeyinde vizyoner bir liderlik rolü üstlenmektedir.

### 11.1.7. RCSEE – Rail Cluster for South-East Europe Kümelenmesi

RCSEE (Rail Cluster for South-East Europe), 2014 yılında Sırbistan merkezli olarak kurulmuş ve Güneydoğu Avrupa bölgesinde faaliyet gösteren ilk ve en kapsamlı bölgesel demiryolu kümelenmesi olma özelliğini taşımaktadır. Merkezi Belgrad'da bulunan RCSEE, yalnızca Sırbistan'daki değil; aynı zamanda Hırvatistan, Bosna-Hersek, Karadağ, Kuzey Makedonya, Arnavutluk, Slovenya, Romanya ve Bulgaristan gibi Balkan ülkelerindeki sanayi ve teknoloji firmalarını da kapsayan çok uluslu bir yapıya sahiptir.

RCSEE, kar amacı gütmeyen sektörel bir dernek olarak yapılandırılmıştır. Sanayi kuruluşları, mühendislik firmaları, demiryolu işletmecileri, kamu kurumları ve üniversiteler arasında iş birliğini güçlendirerek bölgesel düzeyde entegre bir değer zinciri oluşturmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda Avrupa Demiryolu Kümeleri İnisiyatifi (ERCI) üyesi olarak Avrupa düzeyindeki kümelenme yapılarıyla entegre biçimde faaliyet göstermektedir.

2024 yılı itibarıyla RCSEE, 70'i aşkın üyeye faaliyetlerini sürdürmektedir. Üye portföyü, KOBİ'lerden büyük sanayi firmalarına, akademik kurumlardan kamu kuruluşlarına kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. RCSEE, üyeleri arasında ortak Ar-Ge projeleri, teknoloji transferi ve sektörel koordinasyonu güçlendirmek amacıyla çeşitli tematik çalışma grupları oluşturmuştur.

Kümenin dikkat çeken faaliyetlerinden bazıları şunlardır:

- **RAIL4SEE:** Avrupa Birliği destekli bu proje ile Güneydoğu Avrupa'da sürdürülebilir ve entegre kentsel demiryolu sistemlerinin yaygınlaştırılması hedeflenmiştir.
- **SEE Mobility Fuarı:** RCSEE tarafından iki yılda bir düzenlenen bu sektörel fuar, demiryolu, otomotiv ve lojistik alanında faaliyet gösteren bölgesel ve küresel firmaları bir araya getirmekte; iş geliştirme ve teknoloji vitrini işlevi görmektedir.
- **ERCI Proje Ortaklıkları:** Horizon Europe gibi programlar kapsamında Avrupa'daki kümelerle Ar-Ge proje konsorsiyumlarında aktif roller üstlenilmektedir.

RCSEE'nin temel stratejik amacı, Güneydoğu Avrupa'daki demiryolu sanayi firmalarının hem bölgesel düzeyde hem de Avrupa pazarlarında rekabet gücünü artırmak ve entegrasyonunu sağlamaktır. Bu doğrultuda:

- ERCI çatısı altında Almanya, Fransa, İspanya ve İtalya'daki kümelenmelerle ortak projelere katılım sağlanmakta,
- Batı Balkanlar Yatırım Çerçevesi (WBIF) ve IPA gibi Avrupa Birliği finansman programlarına erişim için üyelerine danışmanlık sunulmakta,
- SEE Mobility fuarı, yerel üreticilerin küresel firmalarla doğrudan temas kurabileceği bir platform olarak stratejik önem taşımaktadır.
- Türkiye ile olan ilişkiler de geliştirilmeye başlanmış; Türk üretici firmalar söz konusu fuara aktif katılım göstererek bölge pazarlarına açılım sağlamaktadır.

RCSEE, çok dilli ve çok kültürlü bir iş ağı oluşturmak suretiyle Güneydoğu Avrupa'yı kapsayan sınır ötesi bir sanayi platformu işlevi görmektedir. Bölgedeki büyük sanayi kuruluşları ile KOBİ'ler arasında köprü rolü üstlenmekte; eğitim, teknoloji transferi, tedarik zinciri yönetimi ve yatırım çekme gibi alanlarda üyelerine destek sunmaktadır.

Ayrıca RCSEE, kümelenme modelinin Balkan ülkelerinde yaygınlaştırılmasına öncülük etmekte; bölgesel politika yapıcılar ve kurumlar için rehberlik görevini de üstlenmektedir. Bu yönüyle RCSEE, yalnızca ekonomik bir aktör değil, aynı zamanda bölgesel sanayi politikalarının şekillendirilmesinde rol oynayan önemli bir yapıdır.

### 11.1.8. Swedish Rail Industry Group (SWERIG)

İsveç'in raylı sistem sanayisinde faaliyet gösteren firmalarını uluslararası pazarlarda temsil etmek, ihracatlarını artırmak ve global iş birlikleri geliştirmek amacıyla kurulmuş sektörel bir organizasyondur. Stockholm merkezli olarak faaliyet gösteren SWERIG, kar amacı gütmeyen bir dernek statüsündedir ve İsveç'in dış ticaret kurumu olan Business Sweden ve ulaştırma otoritesi Trafikverket ile yakın çalışmaktadır. Her ne kadar klasik bir kümelenme modeliyle yapılanmamış olsa da, işlevsel olarak firmalar arası iş birliğini, kolektif tanıtımı ve ihracat odaklı faaliyetleri destekleyen kümelenme benzeri bir yapıdır.

SWERIG'in üyeleri arasında demiryolu araç üreticileri, altyapı bileşenleri tedarikçileri, sinyalizasyon ve elektrifikasyon firmaları, yazılım ve dijital çözümler geliştiren teknoloji şirketleri, mühendislik ve danışmanlık firmaları yer almaktadır. 2024 itibarıyla 50'den fazla üyesi bulunan yapı, İsveç'in raylı sistem değer zincirinin geniş bir kesimini kapsamaktadır. Üyeler hem şehir içi toplu taşıma sistemlerine hem de uzun mesafeli raylı taşımacılığa hizmet eden ürün ve çözümler sunmaktadır.

SWERIG'in faaliyetleri temel olarak uluslararası pazarlara yönelik tanıtım ve iş geliştirme üzerine odaklanır. Bu kapsamda üyeleriyle birlikte InnoTrans, Middle East Rail, Rail Solutions Asia gibi büyük uluslararası fuarlara kolektif katılımlar düzenler. Ayrıca hedef ülkelere ticaret heyetleri organize eder, potansiyel müşteri ve ortaklarla B2B eşleştirme toplantıları gerçekleştirir. Üyelerine pazar analizleri, ihale takibi ve dış pazara giriş stratejileri gibi konularda bilgi desteği sağlar. Fuar ve iş heyetlerinde İsveç firmalarının ortak tanıtımını yapacak kataloglar, sunumlar ve dijital içerikler hazırlar.

Uluslararasılaşma SWERIG'in ana misyonudur. Bu doğrultuda İsveç firmalarının özellikle Almanya, Fransa, İngiltere gibi Avrupa ülkeleri ile Suudi Arabistan, BAE, Fas gibi Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde görünürlüklerini artırmayı hedefler. Ayrıca Asya-Pasifik (Japonya, Çin, Hindistan) ve Kuzey Amerika (ABD, Kanada) pazarlarında da faaliyet göstermektedir. SWERIG, ERCI ağıyla dolaylı temaslar kurmakta ve İsveç firmalarının Avrupa Birliği projelerine katılımını teşvik etmektedir.

SWERIG'in finansmanı üyelik aidatları, Business Sweden desteği ve yürütülen proje ya da etkinliklerin sponsor gelirleriyle sağlanmaktadır. Yönetim yapısı üyelerden oluşan bir yönetim kurulu ve Stockholm merkezli profesyonel bir sekreteryaya üzerinden yürütülmektedir. Her yıl üyelerine yönelik etkinlik planı hazırlanmakta; yıl içinde sektörel raporlar ve bilgilendirme seminerleri düzenlenmektedir.

SWERIG'in iş birliği modeli, İsveç raylı sistem firmalarının dış pazarlarda ortak tanıtım yapmasını, birlikte fuarlara katılmasını ve bazı durumlarda konsorsiyum oluşturarak büyük projelere teklif vermesini destekler. Özellikle küçük ve orta ölçekli firmaların büyük OEM'lerle buluşması, ihale süreçlerinde görünürlük kazanması ve uluslararasılaşma kapasitelerinin artırılması SWERIG'in temel hedeflerinden biridir. Bu yönüyle SWERIG, İsveç'in ileri teknolojiye dayalı raylı sistem çözümlerini dünyaya açan bir vitrindir.

#### 11.1.9. Railway Innovation Hub

İspanya'nın raylı sistemler alanındaki en yenilikçi kümelenmelerinden biri olup, 2017 yılında kurulmuştur. Merkezi Malaga şehrinde ve kuruluşunda Adif, Renfe, CAF, Alstom, Siemens Mobility gibi sektördeki büyük firmaların yanı sıra araştırma merkezleri ve üniversiteler aktif rol almıştır. Yapı olarak kar amacı gütmeyen bir platformdur ve İspanya demiryolu sektöründe Ar-Ge, dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik ve küresel teknoloji geliştirme hedefleriyle faaliyet yürütmektedir. Railway Innovation Hub, aynı zamanda İspanyol raylı sistem sanayisinin Avrupa'daki rekabetçiliğini artırmayı amaçlayan ulusal stratejilerin bir parçasıdır.

Kümenin yapısı oldukça kapsayıcıdır. Üyeleri arasında raylı sistem araç üreticileri, bileşen tedarikçileri, sinyalizasyon ve emniyet teknolojisi firmaları, siber güvenlik ve yapay zekâ şirketleri, bakım hizmeti sağlayıcıları ve veri analitiği firmaları bulunmaktadır. Ayrıca Endülüs Teknik Üniversitesi (Universidad de Málaga), Teknolojik Malzeme Merkezi (CEMITEC), Teknik Denetim ve Belgelendirme firmaları gibi bilgi ve yetkinlik sağlayan aktörler de bu ağın içindedir. Railway Innovation Hub, üyeler arası çapraz etkileşimi ve bilgi paylaşımını öncelikli bir hedef olarak benimser.

Railway Innovation Hub'un faaliyetleri; açık inovasyon, Ar-Ge iş birlikleri, pilot uygulama sahaları, test merkezleri ve teknoloji ticarileştirme alanlarında yoğunlaşır. Platform, üyeleri arasında ortak projeler geliştirmek için tematik çalışma grupları oluşturur. Bunlar arasında dijital ikiz sistemleri, tahmine dayalı bakım çözümleri, otonom kontrol sistemleri, sürdürülebilir altyapı tasarımları ve veri güvenliği konularında aktif gruplar yer alır. Ayrıca kümelenme, patent, test, sertifikasyon gibi konularda ortak altyapılar oluşturulmasını teşvik eder. Railway Innovation Hub bünyesinde bazı projeler Avrupa Birliği destekli konsorsiyumlar aracılığıyla yürütülmektedir.

Railway Innovation Hub, özellikle İspanya'da geliştirilen raylı sistem teknolojilerinin uluslararasılaşması sürecinde aktif bir rol oynar. İspanyol firmalarının Avrupa demiryolu projelerine dahil olmasını destekler; Horizon Europe, Europe's Rail Joint Undertaking, Shift2Rail gibi programlarda üyelerinin proje ortağı olmasına katkı sağlar. Aynı zamanda Latin Amerika, Orta Doğu ve Asya'daki demiryolu pazarlarına yönelik iş geliştirme programları düzenleyerek küresel düzeyde tanıtım faaliyetleri yürütür.

Yapının finansmanı üyelik aidatları, Avrupa Birliği proje hibeleri, teknik danışmanlık ve teknoloji transferi gelirleriyle sağlanmaktadır. Railway Innovation Hub'un yönetimi, bir icra kurulu ve stratejik yönlendirme komitesi tarafından yürütülmektedir. Bu yapılar, üyelerin ihtiyaçlarını analiz ederek yıllık stratejik öncelikleri belirlemekte, sektörel eğilimleri ve teknoloji önceliklerini dikkate alarak yol haritaları oluşturmaktadır. Ayrıca, inovasyon gündemi kapsamında yayınladığı sektör raporlarıyla üyelerini bilgilendirir.

Railway Innovation Hub'un iş birliği modeli, sadece üyeler arası koordinasyonu değil; aynı zamanda kamu, özel sektör ve akademi üçgeninde yaratıcı çözümler geliştirmeyi de hedefler. Bu kapsamda, inovasyon yarışmaları, girişim hızlandırıcı programlar, teknik eğitimler ve teknoloji vitrinleri düzenlenir. Küme, küçük teknoloji girişimlerinden büyük üreticilere kadar tüm paydaşları aynı platformda buluşturarak, İspanya'nın raylı sistem alanındaki dijital ve yeşil dönüşümünü hızlandıran öncü yapılardan biri haline gelmiştir.

#### 11.1.10. SwissRail Industry Association

SwissRail Industry Association, İsviçre'nin raylı sistem sanayisini temsil eden ulusal sektörel bir birliktir. Merkezi Bern'de bulunan bu yapı, 1977 yılında İsviçreli makine ve mühendislik sanayisinin girişimiyle kurulmuş olup, zamanla raylı sistemlere odaklı bir uzman kümelenmeye dönüşmüştür. SwissRail, İsviçre'de raylı sistem sektöründe faaliyet gösteren üretici, mühendislik ve hizmet sağlayıcı firmaları tek çatı altında toplamaktadır.

Kuruluşun temelleri, İsviçreli firmaların küresel pazarda daha güçlü şekilde temsil edilmesi amacıyla atılmıştır. Bugün, SwissRail yaklaşık 160 üyesiyle, İsviçre demiryolu endüstrisinin büyük bir bölümünü temsil etmektedir. Üye profili; raylı araç üreticileri, altyapı sağlayıcıları, sinyalizasyon ve kontrol sistemleri firmaları, dijital teknolojiler sunan KOBİ'ler, danışmanlık ve mühendislik şirketleri gibi geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Ayrıca SwissRail, İsviçre devlet demiryolu operatörleri (SBB), kamu kurumları ve bölgesel kalkınma ajanslarıyla yakın iş birliği içinde çalışmaktadır.

SwissRail'in temel misyonu, İsviçre raylı sistem sanayisinin ulusal ve uluslararası düzeyde tanıtımını yapmak, üyelerinin ihracat potansiyelini geliştirmek, ortak projeler geliştirmek ve sektörel temsili sağlamaktır. Bu kapsamda SwissRail, üyelerine yönelik teknik seminerler, tematik çalışma grupları ve ortak Ar-Ge platformları düzenlemektedir. Ayrıca federal düzeydeki ulaştırma politikalarının oluşumuna teknik katkı sunmakta ve sektörel çıkarların siyasi karar alıcılara aktarılmasını sağlamaktadır.

SwissRail'in faaliyetleri büyük oranda uluslararasılaşma ve dış pazarlara açılım odaklıdır. Kurum, üyelerinin yurt dışındaki demiryolu ihalelerine erişimini kolaylaştırmak için Avrupa, Asya, Afrika ve Amerika'da düzenlenen fuar ve kongrelere katılım organizasyonları düzenlemektedir. Berlin InnoTrans, Railtex, Middle East Rail ve Eurasia Rail gibi küresel ölçekte önemli etkinliklerde ortak stantlar kurarak üyelerinin tanıtımını yapmaktadır.

SwissRail, Avrupa'daki diğer kümelenmelerle doğrudan bir ağ yapısında yer almamakla birlikte, UNIFE, UITP ve UIC gibi kuruluşlarla temas halinde olup, İsviçreli firmaların Avrupa standartlarına (ör. ERTMS, FRMCS, IRIS) uyumunu desteklemektedir. Üyeleri için teknik düzenlemeler, yeni teknolojik standartlar ve uluslararası iş birliği fırsatları hakkında bilgilendirme faaliyetleri yürütmektedir.

Finansal olarak SwissRail'in faaliyetleri, üyelik aidatları, ihracat destek fonları ve İsviçre Ekonomi Bakanlığı'na bağlı kurumların sağladığı proje bazlı kaynaklarla yürütülmektedir. Dernek, proje geliştirme ve pazar analizi konularında uzmanlaşmış bir ekip tarafından yönetilmekte; üyelerine iş geliştirme, ihale danışmanlığı, standartlara uyum ve yerel yasal mevzuat konularında destek sunmaktadır.

SwissRail'in iş birliği modeli, İsviçre'ye özgü nitelikte "yüksek kalite, düşük hacim, yüksek katma değer" stratejisi üzerine kuruludur. KOBİ'lerin ihracata yönlendirilmesi, büyük firmalarla teknik konsorsiyumlar oluşturulması ve yenilikçi çözümlerin küresel pazarlara sunulması öncelikli hedefler arasındadır. Ayrıca İsviçre'nin Ar-Ge ve mühendislik gücünü vurgulayan tanıtım kampanyaları düzenleyerek, ülke markasını sektörde güçlendirmektedir.

SwissRail, İsviçre raylı sistem sanayisinin dünyadaki vitrini konumundadır. Sektörel temsiliyetin ötesine geçerek firmaların inovatif çözümlerini destekleyen, stratejik iş birlikleri kuran ve uluslararası standartlara uyum süreçlerinde yön gösteren bir kümelenme modeline sahiptir. Bu yönüyle SwissRail, küçük ve yüksek teknoloji odaklı bir ülkenin raylı sistemlerde küresel ölçekte nasıl konumlandırıldığının başarılı bir örneğidir.

#### 11.1.11. UKRRIN – UK Rail Research and Innovation Network

UKRRIN (UK Rail Research and Innovation Network), Birleşik Krallık'ta demiryolu sektöründe araştırma, geliştirme ve yenilikçiliği hızlandırmak amacıyla 2017 yılında kurulmuş ulusal düzeyde stratejik bir iş birliği platformudur. Kuruluşu, demiryolu endüstrisi, önde gelen üniversiteler ve kamu fonlama kuruluşlarının ortak girişimiyle gerçekleşmiş; bu yönüyle kamu-özel sektör iş birliği modelinin ileri düzeyde bir örneğini sunmuştur.



Kurucu aktörler arasında Rail Safety and Standards Board (RSSB), Network Rail ve Innovate UK gibi sektörel açıdan kritik kurumlar yer almaktadır. UKRRIN'in temel vizyonu, Birleşik Krallık'ı raylı sistem inovasyonlarında küresel düzeyde lider konuma taşımaktır.

Klasik kümelenme modelinden farklı olarak UKRRIN, üç temel bileşeni bütünleşik şekilde bir araya getirir: sanayi ortakları, akademik araştırma merkezleri ve özel test-validasyon altyapıları. Akademik ayağında Birmingham, Huddersfield, Southampton ve Sheffield üniversiteleri gibi prestijli yükseköğretim kurumları yer almakta; sanayi tarafında ise Siemens Mobility, Hitachi Rail, Alstom UK, Thales UK gibi büyük firmaların yanı sıra çok sayıda küçük ve orta ölçekli işletme faaliyet göstermektedir. Bu yapı, raylı sistemlerde hem temel hem de uygulamalı araştırmaların doğrudan sektöre entegre edilmesini mümkün kılmaktadır.

UKRRIN'in faaliyetleri dört ana teknoloji alanına odaklanmaktadır:

- Dijital Sistemler,
- Altyapı,
- Raylı Araçlar (Rolling Stock),
- Yolcu Deneyimi.

Bu alanlarda ihtisaslaşmış merkezlerden biri olan UKRRIN Digital Systems Innovation Centre (Birmingham Üniversitesi bünyesinde), sinyalizasyon, yapay zekâ, siber güvenlik ve otonom sistemler gibi ileri teknoloji konularında çalışmalar yürütmektedir. Huddersfield Üniversitesi'nde kurulu Raylı Sistem Test ve Simülasyon Merkezi ise ray-dingil etkileşimi, aşınma, titreşim ve dayanıklılık testlerinde uzmanlaşmıştır. Bunlara ek olarak, özel sektör tarafından işletilen validasyon merkezlerinde de gerçek zamanlı saha testleri gerçekleştirilebilmektedir.

UKRRIN'in yönetişi, akademi ve sanayiden temsilcilerin yer aldığı UKRRIN Management Board tarafından sağlanmakta; projeler ise Innovate UK, Network Rail ve özel sektör kaynaklarıyla finanse edilmektedir. Ar-Ge çıktıları, doğrudan sanayiye aktarılmakta ve ticarileştirme süreçleri desteklenmektedir. Küçük ölçekli firmaların büyük sanayi ortaklarıyla iş birliği geliştirebilmesi için mentorluk ve teknik destek programları sunulmakta; prototipten pazara kadar olan süreç profesyonelce yönetilmektedir.

UKRRIN'in uluslararası düzeyde etkinliği de dikkat çekicidir. Avrupa Birliği'nin Shift2Rail programı kapsamında çeşitli projelere katılım sağlamış, ERCI (European Railway Clusters Initiative) ağı ile bilgi paylaşımı ve konsorsiyum düzeyinde iş birlikleri geliştirmiştir. Ayrıca Hindistan, Avustralya ve ABD gibi ülkelerle üniversite tabanlı teknik iş birlikleri yürüterek bilgi transferini küresel ölçekte desteklemektedir.

UKRRIN'in en ayırt edici özelliği, üniversite laboratuvarlarını ve test merkezlerini doğrudan endüstriyel Ar-Ge projeleriyle entegre etmesidir. Böylece akademik bilgi yalnızca bilimsel yayınlara sınırlı kalmayıp, prototipleme, saha testleri ve ürün ticarileştirme gibi süreçlerde somut çıktılara dönüşmektedir. Bu yapı sayesinde hem KOBİ'lerin hem de büyük firmaların Ar-Ge maliyetleri azaltılmakta; yenilikçi çözümler daha hızlı şekilde uygulamaya alınabilmektedir.

UKRRIN, kamu, sanayi ve akademiye etkin bir platformda buluşturan modeliyle yalnızca Birleşik Krallık'ta değil, dünya genelinde en gelişmiş demiryolu araştırma ve inovasyon ağlarından biri olarak kabul edilmektedir.

#### 11.1.12. ACRI (Association of Czech Railway Industry)

ACRI (The Association of Czech Railway Industry), 1995 yılında Çek Cumhuriyeti'nde kurulmuş olup, ülkedeki raylı sistem sektörünü temsil eden en büyük sektörel yapılanmadır. Merkezi Prag'da bulunan dernek, kar amacı gütmeyen bir sanayi birliği statüsünde faaliyet göstermekte; hem ulusal düzeyde kamu-politika etkileşimini sağlamakta hem de Çek sanayisini Avrupa demiryolu ekosistemine entegre eden bir köprü işlevi görmektedir. ACRI, Avrupa raylı sistem tedarik sanayisinin çatı kuruluşu olan UNIFE – The European Rail Supply Industry Association'ın tam üyesi olarak, Çek firmalarının Avrupa düzeyinde temsiline doğrudan katkı sunmaktadır.

2024 itibarıyla ACRI yaklaşık 50 üyeden oluşmaktadır. Bu üyeler arasında Škoda Transportation, BONATRANS, VÚKV, BORCAD, DAKO-CZ ve Pars Nova gibi sektörün önde gelen firmaları yer almaktadır. Derneğe üye kuruluşlar; yolcu ve yük taşımacılığına yönelik raylı sistem araçları üretiminden altyapı bileşenlerine, sinyalizasyon ve güvenlik teknolojilerinden bakım-tamir ve test hizmetlerine kadar geniş bir değer zincirini kapsamaktadır. ACRI üyeleri, toplamda 21.000'in üzerinde kişiye istihdam sağlamakta ve yıllık 5 milyar Euro'yu aşan bir ciro üretmektedir. Bu cironun yaklaşık %56'sı ihracat kaynaklı olup, dernek üyeleri küresel ölçekte rekabet gücüne sahiptir.

ACRI'nin temel misyonu, Çek raylı sistem sanayisinin rekabetçiliğini ve yenilikçilik kapasitesini artırmak; üyelerinin teknik, hukuki ve ticari konularda ulusal ve uluslararası düzeyde etkin biçimde temsil edilmesini sağlamaktır. Bu bağlamda dernek, Çek Ulaştırma Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Teknoloji Ajansı ve bölgesel kalkınma kuruluşlarıyla iş birliği içinde çalışmaktadır. Ayrıca, Avrupa demiryolu sektörüne yön veren TSI (Technical Specifications for Interoperability) ve ERA (European Union Agency for Railways) gibi düzenlemelerin yerel sanayiye uyarlanması, test-belgelendirme süreçlerinin desteklenmesi ve teknik komitelerde aktif katılım gibi görevler ACRI'nin öncelikli faaliyetleri arasında yer almaktadır.

Dernek, üyeleri arasında güçlü bir iş birliği kültürü geliştirerek ortak Ar-Ge projelerinin hayata geçirilmesini ve tedarik zinciri içerisinde tamamlayıcı çözümlerin yaygınlaştırılmasını teşvik etmektedir. Üniversiteler ve uygulamalı araştırma merkezleri ile yürütülen iş birlikleri kapsamında teknoloji transferine yönelik modeller geliştirilmekte; bu amaçla tematik seminerler, teknik çalışma grupları ve sektörel eğitim programları düzenlenmektedir. Sinyalizasyon sistemleri, enerji verimliliği, karbon emisyonlarının azaltılması, hafif malzeme kullanımı ve dijitalleşme gibi konular ACRI'nin öncelikli odak alanları arasında yer almaktadır.

ACRI, üyelerinin uluslararası pazarlarda tanıtımını ve ihracat kapasitesini artırmak amacıyla çok sayıda dış ticaret faaliyeti yürütmektedir. InnoTrans (Berlin), Eurasia Rail (İstanbul), Middle East Rail (Dubai) gibi küresel fuarlara kolektif katılım organizasyonları düzenlemekte; bu etkinliklerde B2B eşleştirme, ülke sunumları ve teknik tanıtım oturumları gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Visegrád ülkeleri, Baltık bölgesi ve Güneydoğu Avrupa gibi yakın coğrafyalara yönelik bölgesel iş birliği projeleri geliştirilmektedir. Türkiye ile de sektörel düzeyde etkileşim fırsatları araştırılmakta ve ortak platformlarda yer alma yönünde adımlar atılmaktadır.

ACRI'nin kurumsal yapısı, deneyimli sanayi temsilcilerinden oluşan bir yönetim kurulu ile profesyonel bir icra sekreterliğinden oluşmaktadır. Dernek, üyelik aidatlarının yanı sıra kamu destekli projeler, Avrupa Birliği fonları (COSME, Horizon Europe, Interreg) ve sponsorluk gelirleri ile finanse edilmektedir. Ayrıca düzenli olarak sektörel analiz raporları, mevzuat bilgilendirme bültenleri ve ihracat rehberleri yayımlanarak üyeler için bilgi tabanı oluşturulmaktadır.

ACRI, doğrudan ERCI (European Railway Clusters Initiative) ağına bağlı olmamakla birlikte, UNIFE ve Avrupa Komisyonu destekli platformlarda aktif bir aktör olarak yer almaktadır. Bu pozisyon sayesinde üyeler, Avrupa'daki regülasyon ve standardizasyon süreçlerinde söz sahibi olmakta, çok uluslu projelere dahil olabilmekte ve Avrupa demiryolu politikasının oluşumuna katkı sunmaktadır.

ACRI, Çekya'nın raylı sistem üretim gücünü ve mühendislik kapasitesini organize eden, yerel sanayiye Avrupa düzeyine taşıyan ve bölgesel iş birliklerini teşvik eden stratejik bir sektörel aktör konumundadır. Gerek teknik temsil gücü gerekse ihracat yönelimli faaliyetleri sayesinde, Avrupa raylı sistem ekosisteminde kendine özgü bir yer edinmiştir.

#### 11.1.13. PFP – Plataforma Ferroviária Portuguesa

PFP (Plataforma Ferroviária Portuguesa), 2012 yılında Portekiz'de kurulmuş ve ülkedeki raylı sistem sektöründe faaliyet gösteren sanayi kuruluşları, araştırma merkezleri, üniversiteler ve kamu kurumlarını bir araya getiren ulusal düzeyde stratejik bir kümelenme platformudur. Merkezi Lizbon'da bulunan PFP, kar amacı gütmeyen bir yapıya sahip olup, Portekiz hükümetinin araştırma-geliştirme ve yenilikçilik politikalarıyla doğrudan uyum içinde faaliyet yürütmektedir. Yapı, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde Portekiz'in bilimsel, teknolojik ve ticari yetkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

PFP'nin üye yapısı, raylı sistem ekosisteminin tüm değer zincirini kapsamaktadır. Üyeleri arasında raylı araç üreticileri, sinyalizasyon ve altyapı sistemleri firmaları, mühendislik ofisleri, üniversiteler, inovasyon merkezleri ve sektörel STK'lar yer almaktadır. EFACEC, Nomad Tech, Infraestruturas de Portugal (eski adıyla REFER), Universidade do Porto ve Instituto Superior Técnico gibi Portekiz'in önde gelen sanayi ve akademik kurumları bu yapının başlıca üyelerindendir. Bu çok paydaşlı yapı, teknoloji geliştirme süreçlerinde üniversite-sanayi iş birliklerinin etkinliğini artırmaktadır.

PFP'nin temel misyonu, Portekiz raylı sistem sektörünün dijitalleşmesini, sürdürülebilirliğini ve yenilikçilik kapasitesini artırmaktır. Bu kapsamda kümelenme, üyeleri arasında ortak Ar-Ge projelerini teşvik ederken, üniversite ve araştırma kurumlarıyla sanayi arasında proje tabanlı iş birliklerini desteklemektedir. Özellikle dijital ikiz teknolojileri, enerji verimli taşımacılık çözümleri, sinyalizasyon sistemleri, otonom kontrol teknolojileri ve karbon-nötr ulaşım sistemleri gibi temalara odaklanan çalışma grupları oluşturulmuştur.

PFP, Avrupa Birliği'nin Horizon Europe gibi büyük ölçekli fon programlarına üyelerinin erişimini artırmak amacıyla kapasite geliştirme faaliyetleri yürütmekte; bu programlara proje ortağı olarak aktif katılım sağlamaktadır. Ayrıca genç mühendislerin sektöre kazandırılması amacıyla kariyer geliştirme programları ve sektörle iş birliği içinde beceri odaklı eğitim projeleri yürütmektedir.

Uluslararasılaşma, PFP'nin öncelikli stratejik hedeflerinden biridir. Bu doğrultuda Avrupa'daki diğer kümelenmelerle iş birliklerini güçlendirmiş; ERCI (European Railway Clusters Initiative) ağına katılarak Avrupa raylı sistem inovasyon ekosistemine entegre olmuştur. Portekizli firmaların Shift2Rail ve halefi olan Europe's Rail Joint Undertaking gibi programlara katılımını teşvik eden PFP, aynı zamanda Portekizce konuşan ülkeler başta olmak üzere Güney Amerika ve Afrika'daki pazarlarda da teknik iş birlikleri kurarak küresel etkisini genişletmektedir.

Yapı, üyeleri adına InnoTrans, SIFER, Rail Live gibi önde gelen uluslararası fuarlara kolektif katılım organizasyonları düzenlemekte; Portekiz iç pazarında ise teknik forumlar, seminerler ve sektörel çalışma grubu toplantıları gerçekleştirmektedir. Bu faaliyetler sayesinde hem yeni teknolojilerin tanıtımı hem de ulusal tedarik zinciri içinde yeni iş birlikleri geliştirilmektedir.

PFP'nin finansmanı, üyelik aidatları, Avrupa Birliği proje fonları, Portekiz İnovasyon Ajansı (ANI) destekleri ve çeşitli bölgesel kalkınma programlarından sağlanmaktadır. Yönetim yapısı, üyelerden oluşan bir genel kurul ile stratejik kararları alan bir yönetim kurulu üzerinden işlemekte; operasyonel faaliyetler ise Lizbon merkezli profesyonel bir sekreteryaya tarafından koordine edilmektedir. Yönetim organları yılda birkaç kez toplanarak teknolojik eğilimleri, stratejik öncelikleri ve fon erişim fırsatlarını değerlendirmektedir.

PFP'nin iş birliği modeli, açık inovasyon, çok paydaşlı yönetim ve uluslararası entegrasyon ilkelerine dayanmaktadır. Yatay ve dikey etkileşim yapıları aracılığıyla sanayi firmaları, üniversiteler, araştırma merkezleri ve kamu kurumları arasında proje ortaklıkları geliştirilmektedir. Bu yapı, Portekiz'in dijitalleşme ve yeşil dönüşüm hedefleriyle doğrudan uyumlu olarak tasarlanmıştır.

Sonuç olarak PFP, Portekiz raylı sistem sektörünün bilimsel ve teknolojik kapasitesini artırmakla kalmayıp, Avrupa'nın sürdürülebilir mobilite hedeflerine entegre olmuş bir kümelenme platformu olarak konumlanmaktadır. Gerek ulusal gerek uluslararası düzeyde yürüttüğü çalışmalarla, Portekiz'in raylı ulaşım alanındaki stratejik dönüşümüne yön veren öncü bir aktör haline gelmiştir.

#### 11.1.14. ACStyria Mobilitätscluster

ACStyria, Avusturya'nın Steiermark (Styria) eyaletinde faaliyet gösteren ve ulaşım sistemlerine odaklanan en kapsamlı kümelenme platformlarından biridir. 1995 yılında kurulan ve merkezi Graz kentinde bulunan yapı, otomotiv, havacılık ve raylı sistemler olmak üzere üç temel sektöre odaklanmaktadır. Kâr amacı gütmeyen bir organizasyon olan ACStyria, Steiermark Eyalet Hükümeti'nin desteğiyle faaliyet göstermekte olup, bölgesel sanayinin inovasyon kapasitesini artırmak, uluslararası iş birliklerini geliştirmek ve sürdürülebilir mobilite çözümlerine öncülük etmek amacı taşımaktadır.

ACStyria bünyesinde 300'ü aşkın üye yer almaktadır. Siemens Mobility Austria, Knorr-Bremse, voestalpine Railway Systems, Bombardier Austria ve AVL gibi büyük ölçekli firmaların yanı sıra, raylı sistem bileşenleri üreten KOBİ'ler, mühendislik ofisleri, yazılım geliştiriciler ve teknoloji tabanlı start-up'lar kümelenme içinde aktif rol oynamaktadır. Graz Teknik Üniversitesi ve Joanneum Research gibi önde gelen akademik ve araştırma kurumları ile de güçlü iş birlikleri sürdürülmektedir.

Raylı sistem alanında ACStyria üyeleri; araç üretimi, sinyalizasyon, fren sistemleri, hafif kompozit malzemeler ve sürdürülebilir ulaşım teknolojileri gibi alanlarda faaliyet göstermektedir. Bu kapsamda, hem geleneksel üretim süreçleri hem de ileri teknolojilere dayalı çözümler paralel biçimde desteklenmektedir.

ACStyria, raylı sistemlerde dijitalleşme ve ileri teknoloji uygulamalarına odaklanarak; akıllı tren sistemleri, enerji verimliliği, otonom sürüş çözümleri, veri temelli bakım teknolojileri ve karbon nötr altyapılar gibi alanlarda proje ve iş birlikleri geliştirmektedir. Ayrıca, dijital ikiz, yapay zekâ destekli izleme sistemleri ve IoT tabanlı kontrol teknolojileri gibi yenilikçi uygulamalar, kümelenme bünyesindeki firmalar tarafından desteklenmekte ve ticarileştirilmektedir.

Küme, Avusturya Ulaştırma Bakanlığı ve Steiermark Eyalet Hükümeti ile stratejik ortaklıklar sürdürmekte olup; aynı zamanda Avrupa çapındaki kümelenme ağı ERCI – European Railway Clusters Initiative'in aktif üyelerindendir.

Avrupa Komisyonu destekli Horizon 2020, Horizon Europe ve Shift2Rail programlarında üyelerinin yer almasını teşvik etmekte, bu projelere katılım sürecinde teknik ve idari destek sunmaktadır. Almanya, İsviçre, Slovenya, İtalya ve Macaristan gibi komşu ülkelerle kurduğu sanayi odaklı ikili iş birlikleri, küresel ölçekte etki alanını genişletmektedir.

ACStyria, üyelerinin uluslararası pazarlara açılmasını desteklemek amacıyla dış ticaret heyetleri, sektörel fuar katılımları ve B2B eşleştirme etkinlikleri düzenlemektedir. Berlin'deki InnoTrans, RailTech Europe ve Transport Logistic gibi uluslararası etkinliklerde toplu tanıtım standları organize edilmekte; ülke analizleri, kataloglar ve dijital içeriklerle üyelerin küresel pazarlarda görünürlüğü artırılmaktadır. Ayrıca, yılda bir düzenlenen Mobility Congress, kamu-özel sektör ve akademiye bir araya getirerek bölgesel inovasyon ekosistemini güçlendirmektedir.

Kümelenme; üyelerden oluşan bir genel kurul, stratejik kararları belirleyen bir yönetim kurulu ve sektör bazlı oluşturulmuş tematik çalışma gruplarından oluşan çok katmanlı bir yönetim modeliyle yönetilmektedir. Operasyonel süreçler, Graz'daki profesyonel sekreteryaya tarafından yürütülmektedir. Finansal yapı ise üyelik aidatlarının yanı sıra Avrupa Birliği fonları, bölgesel kalkınma destekleri ve özel sponsorluk gelirlerinden oluşmaktadır. Ayrıca ACStyria, STEM temelli eğitim projeleri ve genç yeteneklerin sektöre kazandırılmasına yönelik programları da aktif biçimde desteklemektedir.

ACStyria'nın iş birliği modeli, sanayi, akademi ve kamu aktörlerini tek bir platformda buluşturarak açık inovasyon ve uluslararasılaşma ekseninde şekillendirilmiştir. Yeni nesil mobilite çözümleri, çevreci teknolojilerin yaygınlaştırılması ve Endüstri 4.0 uyumluluğunun artırılması, kümelenmenin uzun vadeli hedefleri arasında yer almaktadır. Bu yönüyle ACStyria, sadece bir kümelenme organizasyonu değil, aynı zamanda Avusturya'nın mobilite dönüşümünü yönlendiren stratejik bir platform olarak konumlanmaktadır.

#### 11.1.15. Cluster Transport, Mobility and Logistics (Verkehr, Mobilität und Logistik – VML)

Cluster Verkehr, Mobilität, Logistik (Cluster VML), Almanya'nın başkenti Berlin ve Brandenburg eyaletinde ulaşım teknolojileri, lojistik çözümleri ve raylı sistemler alanında faaliyet gösteren en kapsamlı kümelenme platformlarından biridir. 2006 yılında, Almanya'nın "Yüksek Teknoloji Stratejisi" doğrultusunda kurulan yapı, Berlin-Brandenburg bölgesinin ortak ekonomik gelişim politikaları çerçevesinde yapılandırılmıştır. Kümelenmenin koordinasyonu, Berlin Partner for Business and Technology ile Brandenburg Economic Development Board (WFBB) tarafından yürütülmektedir.

Cluster VML, geniş bir sektörel yelpazeyi kapsayan çok paydaşlı bir yapıya sahiptir. Raylı sistem teknolojilerinden otomotiv mühendisliğine, dijital lojistik ağlarından kentsel mobiliteye kadar pek çok alanda faaliyet gösteren firmaları ve kurumları bir araya getirir. Siemens Mobility, Stadler Pankow, Bombardier/Alstom ve DB Netz AG gibi büyük ölçekli firmaların yanı sıra, startup'lar, KOBİ'ler, üniversiteler ve araştırma enstitüleri (örneğin TU Berlin, Fraunhofer Enstitüleri, DLR) kümelenmenin etkin üyeleridir. Raylı sistemler özelinde sinyalizasyon, enerji verimliliği, akıllı bakım sistemleri ve otonom tren teknolojileri öncelikli uzmanlık alanlarıdır.

Kümelenme, Berlin-Brandenburg bölgesinin teknoloji altyapısını kullanarak hem yerel ekonomik kalkınmayı desteklemeyi hem de Avrupa'nın mobilite inovasyonlarına katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu çerçevede Cluster VML;

- Üyeleri için Ar-Ge proje geliştirme,
- Dijitalleşme ve otomasyon konularında teknik danışmanlık,
- Test ve validasyon altyapılarına erişim,
- Üniversite-sanayi iş birliklerinin teşviki gibi işlevler yürütmektedir.

Bölge, raylı sistemler bağlamında Almanya'nın en yoğun üretim ve teknoloji geliştirme kümelenmelerinden biridir. Sinyal sistemleri yazılımı, raylı araç üretimi, bakım çözümleri ve altyapı optimizasyonu gibi konularda ileri düzeyde teknik kapasiteye sahiptir.

Cluster VML, Avrupa düzeyinde Horizon Europe, Shift2Rail / Europe's Rail Joint Undertaking ve Interreg gibi programlara katılım konusunda üyelerine danışmanlık sunmakta; fonlara erişim, proje eşleştirme ve konsorsiyum oluşturma konularında rehberlik etmektedir. Almanya'daki diğer kümelerden Rail.S (Saksonya) ve CNA Bahntechnik (Bavyera) ile yakın koordinasyon içinde çalışmakta, ERCI ağıyla ise dolaylı iş birliği yürütmektedir. Ayrıca Avrupa'daki diğer kümelerle çapraz sektör temalı teknik ziyaretler, bilgi günleri ve ikili iş birlikleri organize edilmektedir.

Küme, üyelerinin küresel pazarlara açılımını desteklemek amacıyla dış ticaret heyetleri, fuar katılımları (özellikle InnoTrans – Berlin), B2B eşleştirme toplantıları ve ülke tanıtım etkinlikleri düzenlemektedir. Ayrıca Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya pazarlarında lojistik zinciri optimizasyonu, akıllı trafik yönetimi ve sürdürülebilir ulaşım çözümleri gibi konularda yürütülen uluslararası pilot projelerde de aktif rol almaktadır.

Cluster VML'in yönetim yapısı, kamu-özel ortaklığı modeliyle organize edilmiştir. Karar alma süreçlerine sanayi temsilcileri, üniversiteler ve kamu otoriteleri katılmakta; stratejik öncelikler tematik çalışma grupları ve sektörel inovasyon laboratuvarları üzerinden belirlenmektedir. Operasyonel yönetim, Berlin Partner ve WFBB tarafından yürütülen profesyonel sekreteryaya aracılığıyla sağlanmaktadır. Finansman kaynakları; Berlin ve Brandenburg eyalet yönetimleri tarafından sağlanan kalkınma fonları, Avrupa Birliği destek programları ve özel sektör katkılarından oluşmaktadır.

Cluster VML, Berlin-Brandenburg bölgesinin dijitalleşmiş, entegre ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri vizyonunu destekleyen stratejik bir kümelenme modelidir. Raylı sistemler özelinde yüksek mühendislik kapasitesi, yapay zekâ destekli çözümler ve sürdürülebilir altyapı projeleriyle Almanya'nın mobilite geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır. Geliştirilen modeller, hem kamu taşımacılığı sistemleri hem de endüstriyel lojistik çözümleri açısından küresel ölçekte ihraç edilebilir yenilikçi uygulamalar sunmaktadır.

#### 11.1.16. BCRRE (Birmingham Centre for Railway Research and Education)

Birmingham Centre for Railway Research and Education (BCRRE), University of Birmingham bünyesinde faaliyet gösteren ve Avrupa'nın en büyük akademik raylı sistem araştırma merkezi olarak konumlanan stratejik bir yapıdır. 1970'li yıllardan itibaren raylı sistem teknolojilerinde öncü çalışmalar yürüten BCRRE, bugün yaklaşık 140-180 kişilik bir araştırma, akademik ve teknik destek kadrosuyla faaliyetlerini sürdürmektedir. Merkezin Edgbaston kampüsünde yer alan ve sürekli gelişen UKRRIN Binası 3.000 m<sup>2</sup>'lik alana sahiptir ve dijital sistemler, aerodinamik, siber güvenlik, batarya teknolojileri ve prototip testleri gibi alanlara özgü donanımlı laboratuvarları bünyesinde barındırmaktadır.

BCRRE, 2017 yılından itibaren Birleşik Krallık'ın 92 milyon sterlin bütçeli UK Rail Research and Innovation Network (UKRRIN) yapılanmasının akademik liderliğini üstlenmektedir. UKRRIN bünyesinde Birmingham Üniversitesi, Digital Systems Centre of Excellence rolünü üstlenirken; Huddersfield ve Southampton gibi üniversiteler, diğer teknoloji alanlarında merkezî görevler yürütmektedir. Bu çok paydaşlı yapı, demiryolu sektörü ile akademi arasında etkin bir köprü işlevi görmektedir; yenilikçi çözümlerin doğrudan sanayiye aktarılmasını ve ticarileştirilmesini hedeflemektedir.

BCRRE'nin araştırma öncelikleri arasında dijitalleşme, sinyalizasyon, veri analitiği, siber güvenlik, durum-tabanlı bakım, aerodinamik ve jeoteknik gibi konular öne çıkmaktadır. Merkez; Network Rail, Merseyrail, London Underground gibi büyük altyapı işletmecileriyle çok sayıda uygulamalı proje yürütmektedir. Örnek çalışmalar arasında trenlerin tünel geçişlerindeki aerodinamik davranışları, pantograf testleri ve sinyal güvenliği konuları yer almaktadır. Bu projeler, laboratuvar ortamında yapılan analizlerin sahada validasyonuna kadar uzanan çok katmanlı bir araştırma süreci içermektedir.

BCRRE, yalnızca akademik bir araştırma merkezi değil, aynı zamanda sanayile doğrudan temas kuran bir inovasyon platformudur. "RaisE" adı verilen yapı, start-up'lara ve KOBİ'lere ofis alanı, laboratuvar erişimi ve iş geliştirme desteği sağlayan bir teknoloji geliştirme merkezidir. Merkez, ayrıca Vanguard, Enerail ve Monirail gibi üç spin-out şirket aracılığıyla akademik araştırma sonuçlarını hızlıca ticarileştirmeyi başarmıştır.

Eğitim faaliyetleri açısından BCRRE, sektöre özel yüksek lisans programları sunarak önemli bir rol üstlenmektedir. MSc Railway Systems Engineering and Integration ve MSc Railway Safety and Communication Systems gibi programların yanı sıra, doktora düzeyinde araştırmalar ve sürekli mesleki gelişim (CPD) kurslarıyla farklı düzeylerde demiryolu mühendisliği eğitimi sağlamaktadır. Bu yönüyle BCRRE, sektördeki yetkin insan kaynağının geliştirilmesine sistematik katkı sunmaktadır.

Merkez, yalnızca Birleşik Krallık'ta değil, küresel düzeyde de etkin bir rol oynamaktadır. InnoTrans, AusRAIL, Rail Live gibi uluslararası etkinliklerde aktif biçimde yer almakta; Global Centre for Rail Excellence (Galler), Saudi Arabia Railways gibi kurumlarla iş birliği anlaşmaları imzalamaktadır. Ayrıca Rail Alliance ve Rail Forum gibi sektörel ağlarla yakın temas içinde bulunmakta; Avrupa raylı sistem kümelenmeleri ağı ERCI ile de etkileşim hâlinindedir.



BCRRE'nin finansal sürdürülebilirliği; UKRRIN kapsamında yürütülen projeler, Innovate UK ve Avrupa Birliği destek programları (örneğin IN2RAIL, EPSRC, EU FP7), sanayi ortaklıkları ve teknik danışmanlık hizmetlerinden elde edilen gelirlerle sağlanmaktadır. Yönetim modeli, akademi ve sanayi paydaşlarının ortak strateji geliştirdiği hibrit bir yapı üzerine kuruludur; böylece araştırma öncelikleri, hem bilimsel hem de sektörel ihtiyaçlara göre şekillendirilmektedir.

#### 11.1.17. CNA e.V. – Cluster Bahntechnik

1996 yılında kurulan CNA Bayern, 2006 yılından itibaren Bavyera Eyalet Hükümeti tarafından resmî olarak desteklenen raylı sistem kümelenmelerinden birini temsil etmektedir. Siemens Mobility, Knorr-Bremse, voestalpine Railway Systems, Bombardier/Alstom gibi önde gelen sanayi firmalarının yanı sıra KOBİ'ler, start-up'lar ve Fraunhofer Enstitüleri ile DLR (Alman Havacılık ve Uzay Merkezi) gibi araştırma kuruluşları da üyeler arasında yer almaktadır. Böylece değer zincirinin her aşamasını kapsayan bütüncül bir ekosistem oluşturulmuştur.

CNA, yaklaşık 200–213 üyeyi ve 600'ün üzerinde inovasyon ortağını kapsayan kapsamlı bir ağ ile Almanya'nın en güçlü raylı sistem kümelenmelerinden birini temsil etmektedir. Siemens Mobility, Knorr-Bremse, voestalpine Railway Systems, Bombardier/Alstom gibi önde gelen sanayi firmalarının yanı sıra KOBİ'ler, start-up'lar ve Fraunhofer Enstitüleri ile DLR (Alman Havacılık ve Uzay Merkezi) gibi araştırma kuruluşları da üyeler arasında yer almaktadır. Böylece değer zincirinin her aşamasını kapsayan bütüncül bir ekosistem oluşturulmuştur.

Kümelenmenin temel faaliyetleri; ağ oluşturma, bilgi ve deneyim paylaşımı, inovasyon yönetimi ve teknoloji tanıtımıdır. CNA, bu doğrultuda "Innovation Circles" ve yıllık olarak düzenlenen "Forum Bahn + BahnTechnik" gibi etkinliklerle üyeleri bir araya getirerek dijitalleşme, enerji dönüşümü, sinyal sistemleri ve siber güvenlik gibi öncelikli alanlarda iş birliklerini teşvik etmektedir.

CNA öncülüğünde geliştirilen öne çıkan projeler arasında, 2016 yılından bu yana sürdürülen H3 hibrit manevra lokomotif, Nürnberg Otomatik Metro Projesi ve demiryolu araçlarında bilgi güvenliği için geliştirilen BT referans mimarileri yer almaktadır. Her yıl, bu tür yenilikçi projeler CNA Innovation Award ile ödüllendirilmekte ve ERCI Innovation Award programına aday gösterilerek InnoTrans gibi uluslararası fuarlarda sergilenmektedir.

CNA, Avrupa'nın en büyük demiryolu kümelenmeleri ağı olan ERCI – European Railway Clusters Initiative'in kurucu üyelerindendir. Almanya, Fransa, İtalya ve İspanya gibi ülkelerdeki kümelerle aktif iş birlikleri yürütmekte; ortak stant organizasyonları, uluslararası tanıtım faaliyetleri ve inovasyon yarışmaları CNA'nın koordinasyonunda gerçekleştirilmektedir.

Finansman kaynakları; üyelik aidatları, Bavyera eyalet fonları, federal hükümet destekleri ve Avrupa Birliği projelerinden sağlanan hibelerden oluşmaktadır. Yönetim yapısı ise genel kurul, stratejik danışma kurulu ve profesyonel sekreteryaya olmak üzere çok katmanlı bir sistemle yürütülmektedir. Kümenin sektörel yönelimi ve stratejik hedefleri, bu yapı aracılığıyla şekillendirilmektedir.

CNA'nın iş birliği modeli, sanayi-akademi-kamu üçgenine dayalıdır. Kümelenme, üyelerin ortak Ar-Ge projeleri başlatmalarına destek olmakta, laboratuvar altyapısına erişim sağlamaktadır. Ayrıca dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve siber güvenlik gibi tematik alanlarda teknik rehberlik sunarak, CNA'nın hem Bavyera'da hem de Avrupa genelinde raylı sistem teknolojileri alanındaki öncü rolünü pekiştirmektedir.

#### 11.1.18. Järnvägsclusteret – Railway Cluster of Sweden

2010 yılında Västerås, Västmanland bölgesinde kurulan Järnvägsclusteret (Railway Cluster of Sweden), İsveç'in raylı sistemler alanındaki önde gelen kümelenme yapılarından biridir. Kar amacı gütmeyen bir dernek olarak faaliyet gösteren yapı, demiryolu sanayisinde sürdürülebilir büyümeyi desteklemek, yenilikçi çözümler geliştirmek ve bölgesel iş birliğini güçlendirmek amacıyla kurulmuştur.

Kümelenme, büyük ölçekli sistem tedarikçilerinden (OEM) küçük ve orta ölçekli işletmelere (KOBİ) kadar geniş bir üye yelpazesine sahiptir. Toplamda yaklaşık 50 üyeden oluşan yapı, bu firmaların 33'ünün KOBİ olduğunu vurgulayarak bölgesel Ar-Ge kapasitesi ve istihdam açısından önemli bir ekosistem oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Üye profili; raylı sistem araç üreticileri, sinyalizasyon ve altyapı bileşeni üreticileri, mühendislik ve bakım hizmetleri sunan firmalar ile üniversiteler ve araştırma kurumlarını kapsamaktadır.

Järnvägsclusteret'in odak noktası, sürdürülebilir ve yenilikçi demiryolu teknolojilerine yönelik uygulamalı iş birlikleri geliştirmektir. Bu kapsamda yürütülen "Climate-resilient Infrastructure" (2021–2023) projesi, İskandinavya'nın zorlu iklim koşullarına dayanıklı altyapı çözümleri, dijital test platformları ve politika geliştirme çalışmalarıyla öne çıkmıştır. Ayrıca, S-ACCESS projesiyle, Norveç, Kanada ve ABD gibi pazarlarda KOBİ'lerin kamu ihalelerine katılım kapasiteleri artırılmış; uluslararası rekabet güçlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Uluslararası iş birliği, kümelenmenin stratejik öncelikleri arasında yer almakta olup; Järnvägsklustret, ERCI – European Railway Clusters Initiative üyesi olarak Avrupa'daki benzer yapılarla proje geliştirme, bilgi paylaşımı ve teknoloji transferi faaliyetlerinde yer almaktadır. Bu sayede İsveçli firmaların küresel demiryolu inovasyon ağına entegrasyonu hızlandırılmakta ve Avrupa düzeyindeki görünürlükleri artırılmaktadır.

Kümelenmenin finansal yapısı, üyelik aidatlarının yanı sıra İsveç Kalkınma Ajansı (Tillväxtverket) ve Västmanland Bölge Yönetimi tarafından sağlanan bölgesel kalkınma fonlarıyla desteklenmektedir. Organizasyonun yönetimi, kar amacı gütmeyen bir genel kurul ve profesyonel bir sekreteryaya tarafından yürütülmektedir. Ayrıca, teknik komiteler ve sektör odaklı çalışma grupları aracılığıyla karar alma süreçlerine çok paydaşlı katılım sağlanmaktadır.

Järnvägsklustret'in iş birliği modeli, açık inovasyon, dijitalleşme ve düşük karbon teknolojileri ilkeleri üzerine kuruludur. Küme, dijital ikiz teknolojileri, otomatik bakım sistemleri, IoT tabanlı çözümler ve iklim dirençli altyapılar gibi temalarda hem uygulamalı araştırmaları hem de politika düzeyinde standart belirleme çalışmalarını teşvik etmektedir. Ayrıca üyeleri için ortak tanıtım faaliyetleri, B2B eşleştirmeleri, pilot saha uygulamaları ve test ortamları gibi hizmetler sunarak inovasyon sürecinin tüm aşamalarına stratejik destek sağlamaktadır.

Bu yapıyla Järnvägsklustret, İsveç'in raylı sistem teknolojilerinde bölgesel kalkınmayı küresel inovasyonla buluşturan örnek modellerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

#### 11.1.19. Logistics in Wallonia

Logistics in Wallonia, Belçika'nın Wallonya bölgesinde taşımacılık, lojistik ve mobilite sektörlerinde faaliyet gösteren işletmeleri, araştırma kuruluşlarını, kamu aktörlerini ve eğitim kurumlarını bir araya getiren rekabetçilik odaklı bir kümelenme organizasyonudur. 2006-2007 yıllarında kurulan yapı, merkezi Grâce-Hollogne'de, Liège Havalimanı yakınlarında konumlanmış olup, kar amacı gütmeyen bir dernek statüsünde faaliyet göstermektedir.

Kümelenme yaklaşık 360 üyeye sahiptir. Bu üyeler arasında lojistik hizmet sağlayıcıları, taşımacılık operatörleri, sanayi yükleyicileri, altyapı yöneticileri, üniversiteler ve teknik eğitim kurumları yer almakta olup; Logistics in Wallonia, bölgenin lojistik değer zincirinin tüm bileşenlerini kapsayan bütüncül bir yapıya sahiptir. Aynı zamanda küresel aktörlerle geliştirilen ortaklıklar sayesinde bölgesel yetkinliklerin uluslararası pazarlara taşınması hedeflenmektedir.

Kümenin ana faaliyet eksenini inovasyon, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik temelli projelerdir. Öne çıkan projeler arasında:

- **“Diagnostic 360° Supply Chain”:** Tedarik zinciri performansını analiz ederek iyileştirme fırsatlarını ortaya koyan değerlendirme çerçevesi,
- **“Lean & Green Europe”:** Karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik sürdürülebilir lojistik uygulamaları,
- **“MultiModal Wallonia” ve “WalHub”:** Çoklu taşıma modlarının entegrasyonu ve kısa tedarik zincirlerinin teşviki,
- **Scale-up programları:** Gelişmekte olan firmaların uluslararası büyüme potansiyellerini destekleyen girişimler yer almaktadır.

Logistics in Wallonia'nın stratejik vizyonu, Wallonya'yı Avrupa'nın önde gelen lojistik merkezlerinden biri haline getirmektir. Liège Havalimanı, Avrupa'nın en büyük iç hava kargo merkezlerinden biri olarak bölgeye ciddi bir rekabet avantajı sağlamaktadır. Wallonya'nın 500 km çapında 20 büyük Avrupa kentine erişim sağlayan merkezi konumu, bu vizyonu destekleyen bir diğer önemli faktördür.

Küme, uluslararasılaşma stratejisini aktif olarak yürütmekte ve üyelerini InnoTrans, China International Logistics and Supply Chain Fair, Transport & Logistics Antwerp gibi uluslararası fuarlara yönlendirmektedir. Ayrıca sektörel ticaret heyetleri, B2B eşleştirme etkinlikleri ve Çin-AB Lojistik Kuluçka Merkezi gibi platformlar üzerinden küresel pazarlara açılımı teşvik etmektedir.

Finansal olarak yapı; üyelik aidatları, Wallonya Bölge Hükümeti destekleri ve AB fonları (örneğin Interreg, Lean & Green programı) ile desteklenmektedir. Ayrıca FOREM gibi eğitim kurumlarıyla ortak çalışarak bölgesel lojistik iş gücünün niteliğini artırmaya yönelik projeler yürütmektedir. Yönetim modeli, bir yönetim kurulu, profesyonel bir sekreteryaya ve yıllık 10'un üzerinde etkinliği organize eden dinamik bir operasyonel yapıdan oluşmaktadır.

Kümenin iş birliği modeli, açık inovasyon, bilgi paylaşımı ve uluslararası iş geliştirme ilkelerine dayalıdır. Üyeler arasında yürütülen ortak projeler aracılığıyla tedarik zinciri optimizasyonu, lojistik dijitalleşme, karbon ayak izi azaltımı gibi alanlarda yetkinlikler geliştirilmekte; startup'lara ve KOBİ'lere yönelik olarak hackathonlar, inovasyon sunumları ve teknik atölyeler düzenlenmektedir.

Bu çok katmanlı yapı sayesinde Logistics in Wallonia, Wallonya bölgesinin bölgesel kalkınma hedefleriyle uyumlu, yenilikçi ve sürdürülebilir bir lojistik merkezi olarak Avrupa lojistik ağları içinde stratejik bir pozisyon edinmesine katkı sunmaktadır.

#### 11.1.20. Południowy Klaster Kolejowy

Południowy Klaster Kolejowy, 2011 yılında Katowice, Polonya merkezli olarak kurulmuş ve kar amacı gütmeyen bir dernek yapısıyla faaliyet gösteren sektörel bir kümelenmedir. Kuruluşun temel amacı; Güney Polonya'daki (Małopolskie, Śląskie, Opolskie, Dolnośląskie, Podkarpackie bölgeleri) raylı sistem aktörleri arasında iş birliği kültürünü güçlendirmek, inovasyon süreçlerini hızlandırmak ve teknoloji transferini desteklemektir.

Kümelenme, bugün itibarıyla yaklaşık 40 firmayı bir araya getirmiş olup, orta vadede 250 paydaşa ulaşmayı hedeflemektedir. Üyeleri arasında demiryolu araç üreticileri, altyapı tedarikçileri, araştırma enstitüleri, üniversiteler ve lojistik firmaları yer almaktadır. Bu yapı, raylı sistem sektörünün Ar-Ge'den işletmeye, lojistikten bakım süreçlerine kadar uzanan değer zincirini kapsayıcı bir niteliğe sahiptir.

Południowy Klaster Kolejowy'nin temel misyonu; ortak projelerin geliştirilmesi, bilgi paylaşımının artırılması ve kamu-özel-akademi iş birliklerine dayalı (triple helix) yenilikçi çözümlerin teşvik edilmesidir. Bu doğrultuda, Polonya'nın demiryolu sistemlerinin modernizasyonuna katkı sunmak kümenin stratejik hedefleri arasında yer almaktadır.

Küme bünyesinde, dijitalleşme, demiryolu emniyeti, akıllı altyapılar, otomasyon sistemleri, karbon ayak izi azaltımı, sinyalizasyon ve bakım teknolojileri gibi alanlarda teknik çalışma grupları oluşturulmuştur. Üyelerine, ulusal ve Avrupa Birliği destek programlarına başvuru süreçlerinde danışmanlık, proje tekliflerinin hazırlanması, fon kaynaklarına erişim ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi gibi hizmetler sunulmaktadır.

Południowy Klaster Kolejowy'nin uluslararasılaşma vizyonu, üyelerinin yalnızca Polonya iç pazarında değil, Avrupa Birliği ve Avrasya pazarlarında da etkinlik göstermelerini hedeflemektedir. Bu bağlamda, küme hem Polonya'daki diğer raylı sistem kümeleriyle hem de Çekya ve Slovakya gibi komşu ülkelerdeki oluşumlarla ortak çıktılar geliştirmeye yönelik iş birlikleri kurmaktadır.

Kümelenmenin finansmanı; üyelik aidatları, bölgesel kalkınma fonları ve AB destekli Horizon Europe, Interreg gibi programlardan sağlanan hibeler ile sürdürülmektedir. Organizasyonel yapı; genel kurul, yönetim kurulu ve profesyonel bir sekreteryaya ile sistematik şekilde yönetilmektedir.

Południowy Klaster Kolejowy; bölgesel raylı sistem ekosistemine inovasyon, bilgi paylaşımı, teknoloji geliştirme ve yatırım projeleri aracılığıyla stratejik katkı sağlayan önemli bir aktör olarak konumlanmıştır. Polonya'nın güneyinde raylı sistemlerin sürdürülebilir ve rekabetçi biçimde dönüşümüne öncülük etmektedir.

#### 11.1.21. Rail Cluster Scotland

Rail Cluster Scotland, İskoçya'da demiryolu teknolojileri, tedarik zinciri entegrasyonu ve düşük karbonlu ulaşım çözümleri odağında faaliyet gösteren stratejik bir iş birliği platformudur. Scottish Engineering tarafından, İskoçya Hükümeti adına (Scottish Enterprise ve Skills Development Scotland iş birliğiyle) yürütülen bu girişim; yerel küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) sektöre entegrasyonunu teşvik etmekte, yeşil inovasyonu desteklemekte ve bölgesel ekonomiye katma değer sağlamaktadır.

Küme, İskoçya genelinde yaklaşık 800 şirkete ulaşan geniş bir sanayi ağına sahiptir. Üyeler arasında demiryolu ekipman üreticileri, altyapı tedarikçileri, mühendislik firmaları, lisansör kuruluşlar, eğitim kurumları ve araştırma merkezleri yer almaktadır. Bu yapı, yalnızca büyük ölçekli operatörlerle değil, aynı zamanda yerel girişimlerle de sürdürülebilir ve yenilikçi demiryolu çözümleri geliştirmeye odaklanmaktadır.

Rail Cluster Scotland, üyelerine dijital bir merkez (digital hub) üzerinden hizmet sunmakta; burada güncel sözleşme fırsatları, sektörel webinarlar, pazar analizleri ve B2B eşleştirme toplantılarına erişim sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, güvenlik ve mesleki yeterlilik odaklı beceri geliştirme seminerleri, Skills Development Scotland iş birliğiyle düzenlenmekte ve sektörün insan kaynağı altyapısına doğrudan katkı sunmaktadır.

Platformun stratejik hedeflerinden biri, 2035 yılına kadar İskoçya demiryolu sektörünün karbon nötrlüğüne ulaşmasını desteklemektir. Bu kapsamda, karbon salımını azaltmaya yönelik teknolojik çözümler geliştiren yerel firmalar, büyük demiryolu tedarik zinciri aktörleriyle buluşturulmakta ve yenilikçi projelerin sektöre kazandırılması teşvik edilmektedir.

Uluslararasılaşma faaliyetleri kapsamında, küme üyelerine InnoTrans gibi uluslararası fuarlara katılım, dış pazarlarda görünürlük artırma ve B2B iş geliştirme organizasyonları gibi destekler sunulmaktadır. Ayrıca ikinci faz proje olan "Rail Cluster Builder" ile birlikte, iş güvenliği, yetkinlik gelişimi ve sektörel eğitim oturumları gerçekleştirilerek sektördeki bilgi ve beceri düzeyi yükseltilmektedir.

Eğitim ve insan kaynağı gelişimi, kümelenmenin temel öncelikleri arasındadır. Skills Development Scotland ortaklığında yürütülen programlar sayesinde, demiryolu sektöründe ihtiyaç duyulan yetkinlikler belirlenmekte ve firmalara özel eğitim planları sunulmaktadır. Bu çabalar, hem genç iş gücünün sektöre kazandırılmasına hem de mevcut iş gücünün niteliksel gelişimine hizmet etmektedir.

Finansman yapısı büyük oranda İskoçya Hükümeti tarafından sağlanan sınırlı ödenekli desteklere ve her yıl yenilenen kamu-özel sektör iş birliklerine dayanmaktadır. Yönetim modeli, Scottish Engineering bünyesindeki profesyonel bir sekreteryaya ile kamu temsilcileri ve sektör liderlerinden oluşan bir yönetim kurulu tarafından yürütülmektedir.

Rail Cluster Scotland, İskoçya'nın demiryolu sektöründe net-zero hedeflerine ulaşmasını, inovasyon kapasitesinin artırılmasını ve yerli üretimin güçlendirilmesini sağlayan kilit bir kümelenme modelidir. Eğitim faaliyetlerinden dijital altyapıya, sözleşme fırsatlarından uluslararası açılıma kadar sunduğu bütüncül desteklerle, İskoç demiryolu ekosisteminin geleceğe taşınmasında öncü bir rol üstlenmektedir.

#### 11.1.22. Rail Forum

Rail Forum, 1993 yılında Birleşik Krallık'ta kurulmuş, kar amacı gütmeyen bir ulusal demiryolu sanayi derneğidir. Merkezi Derby'de bulunan dernek, sektörde faaliyet gösteren üretici firmalar, operatörler, teknoloji sağlayıcılar, tedarikçiler, kamu otoriteleri ve eğitim kurumlarını kapsayan kapsamlı bir iş birliği platformu işlevi görmektedir. 2024 yılında European Railway Clusters Initiative (ERCI) ağına katılımıyla birlikte, üye sayısı 380'i aşmış ve organizasyon Avrupa düzeyinde daha güçlü bir görünürlüğe ulaşmıştır.

Rail Forum üyeleri; büyük ölçekli demiryolu üreticileri, KOBİ niteliğindeki tedarikçiler, dijital çözüm sağlayıcı teknoloji firmaları, demiryolu işletmecileri, güvenlik ve eğitim kuruluşları, lojistik hizmet sağlayıcılar gibi çok yönlü bir endüstriyel ekosistemi temsil etmektedir. Bu çeşitlilik, Rail Forum'un hem ürün hem de hizmet odaklı sektör yetkinliğini artırmakta ve üyelerine geniş kapsamlı destek sunmasına olanak tanımaktadır.

Derneğin temel faaliyet alanları arasında; sektörün temsili, dış pazarlara açılımın teşviki, inovasyonun desteklenmesi ve bilgi paylaşımının güçlendirilmesi yer almaktadır. Rail Forum, üyelere özel olarak sunduğu hesap yönetimi (account management) hizmetiyle her firmanın ihtiyaçlarına özgü rehberlik sağlamaktadır. Ayrıca yıllık konferanslar, teknik forumlar, ihale ve üretim atölyeleri ile Ar-Ge panelleri düzenleyerek üyeler arası etkileşimi ve iş birliğini artırmaktadır.

Uluslararasılaşma stratejisi çerçevesinde, Rail Forum üyelerinin yurtdışı pazarlara erişimini kolaylaştırmak amacıyla InnoTrans ve benzeri büyük fuarlarda kolektif katılım organizasyonları gerçekleştirmekte; B2B eşleştirme, dış pazar tanıtımları ve ticaret heyetleri gibi etkinliklerle sektörel açılımı teşvik etmektedir. ERCI üyeliği sayesinde, üyeler Avrupa Birliği fonlarına erişim, ulusötesi konsorsiyumlar kurma ve inovasyon projelerine katılım açısından önemli avantajlar elde etmektedir. Dernek ayrıca, Birleşik Krallık'taki demiryolu güvenliği politikalarının şekillendirilmesinde istişari rol üstlenmektedir.

Finansal yapısı, büyük ölçüde üyelik aidatları ve etkinlik gelirlerine dayanmaktadır. Buna ek olarak, İngiltere ve Galler hükümetlerinin sağladığı proje bazlı kamu destekleri ile çeşitli sponsorluk gelirleri, Rail Forum'un faaliyetlerini çeşitlendirmesine katkı sunmaktadır. Yönetim modeli, üyelere bir yönetim kurulu, profesyonel sekreteryaya ve sektörel iş birliğini destekleyen danışma gruplarından oluşmaktadır.

Rail Forum, son yıllarda demiryolu sektörünün dijital dönüşümüne, siber güvenlik altyapısının geliştirilmesine, eğitim ve yetkinlik kazanımı faaliyetlerine öncülük etmektedir. Özellikle "Railway 200" inisiyatifi, Güvenlik Haftası etkinlikleri ve mesleki eğitim programları aracılığıyla insan kaynağının geliştirilmesine katkı sunmakta; aynı zamanda üretim kapasitesinin artırılması, tedarik zinciri güvenliğinin sağlanması ve çevre dostu teknolojilere geçiş konularında üyelerine rehberlik yapmaktadır.

## 11.2. Asya'daki Raylı Sistem Kümelenmeleri

Asya kıtasında, demiryolu sektöründe iş birliğini teşvik eden çeşitli yapılanmalar mevcut olmakla birlikte, Avrupa'daki gibi kurumsallaşmış ve formal kümelenme dernekleri yaygın değildir. Bölgedeki oluşumlar daha çok büyük ölçekli devlet kurumları ya da sektörel birlikler etrafında şekillenen, kümelenme benzeri yapılar şeklinde organize olmaktadır.

Bu yapılar, üyeleri arasında iş birliğini ve teknoloji paylaşımını teşvik etmekte, sektörel kapasitenin artırılmasına katkı sunmaktadır. Örneğin, Malezya'da faaliyet gösteren Malaysia Rail Industry Corporation (MARIC), demiryolu sistem mühendisliği alanında faaliyet gösteren şirketleri bünyesinde toplayarak kümelenme işlevi gören bir sektör kuruluşu olarak öne çıkmaktadır. MARIC, yerli üretimi desteklemeyi, inovasyonu teşvik etmeyi ve kamu-özel sektör iş birliklerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

Bu doğrultuda, Asya'da kümelenme modelleri daha çok devlet güdümlü konsolidasyon ve stratejik sektör politikaları çerçevesinde gelişmekte; kurumsal altyapı ve sivil toplum temelli ağlardan ziyade, kamu öncülüğündeki platformlarla şekillenmektedir.

### 11.2.1. MARIC – Malezya

Malezya Raylı Sistem Sanayi Kuruluşu (Malaysia Rail Industry Corporation – MARIC), 2017 yılında şirketleşmiş bir dernek (incorporated association) statüsünde kurulmuştur. Ülkenin demiryolu sanayisini geliştirme stratejisi kapsamında, kâr amacı gütmeyen bir yapı olarak faaliyet gösteren MARIC; Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (MITI), Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Bakanlığı ile Malezya Endüstriyel Hükümet Yüksek Teknoloji Grubu (MIGHT) gibi kamu otoriteleri tarafından desteklenmektedir. Bu yönüyle MARIC, kamu-özel sektör ortaklığına dayalı kümelenme modeline Asya bölgesinden örnek oluşturmaktadır.

MARIC'in üyeliği, Malezya'da demiryolu sistemleri alanında faaliyet gösteren tüm şirketlere açıktır. Üye profili, raylı araç ve ekipman üreticilerinden sinyalizasyon ve telekomünikasyon firmalarına, toplu taşıma işletmecilerinden transit odaklı gayrimenkul geliştirme şirketlerine ve altyapı inşaat firmalarına kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Kuruluşundan itibaren hızla büyüyen MARIC, 2024 yılı itibarıyla 60'tan fazla üyeye ulaşmış; bu üyeler toplamda 5000'in üzerinde personel istihdam ederek inşaat, bakım-onarım (MRO), rehabilitasyon, modernizasyon ve işletme gibi birçok alanda faaliyet göstermeye başlamıştır.

Kuruluşun temel hedeflerinden biri, Malezya'nın yerli demiryolu kabiliyetlerini geliştirmektir. Bu doğrultuda MARIC, demiryolu sistem mühendisliğini yedi alt alanda yapılandırmıştır: çeken/çekilen araçlar (rolling stock), sinyalizasyon sistemleri, telekomünikasyon sistemleri (SCADA dahil), enerji temini ve dağıtımı, hat yapımı ve bakımı (trackwork), depo ekipmanları ve otomatik ücret toplama sistemleri (AFC). MARIC, bu alt alanlardaki teknik yeterlilikleri artırmak amacıyla eğitim programları, sektörel çalıştaylar ve iş birliği platformları düzenlemekte; ayrıca teknoloji sempozyumları, uluslararası fuarlar ve sektör seminerleri yoluyla üyelerinin bilgi birikimini güncel tutmaktadır.

MARIC'in faaliyetleri yalnızca ulusal düzeyde sınırlı kalmamakta, aynı zamanda üyelerin uluslararası pazarlara erişimini kolaylaştıracak girişimleri de kapsamaktadır. Bu amaçla yurt dışına yönelik ticaret heyetleri (Export Acceleration Missions) ve ikili iş görüşmeleri (B2B) gibi faaliyetler organize edilmektedir. Kuruluş, yerli üretim oranını artırmak, demiryolu projelerinde millî çözümleri önceliklendirmek ve sürdürülebilir teknolojilerin benimsenmesini teşvik etmek gibi stratejik hedefler doğrultusunda hareket etmektedir. Bu bağlamda, yeşil demiryolu teknolojilerine ilişkin programlar yürütülmekte, firmalara devletin sağladığı finansal destekler hakkında danışmanlık sunulmakta ve çevre dostu uygulamaların yaygınlaştırılması desteklenmektedir.

MARIC'in bir diğer önemli işlevi, üyeleri arasında sinerji yaratarak ortak projelerin geliştirilmesini sağlamaktır. Özellikle büyük ölçekli altyapı projelerinde deneyimli firmalar ile yerel tedarikçilerin bir araya getirilerek yüklenici-alt yüklenici ilişkilerinin kurulması teşvik edilmektedir. Ayrıca, uluslararası iş birlikleri MARIC'in öncelikli alanlarından biridir. Yurt dışındaki orijinal ekipman üreticileri (OEM'ler) ile Malezya şirketleri arasında stratejik ortaklıklar kurulmasına öncülük edilmekte; özellikle ASEAN bölgesindeki ülkelerle sektörel ağlar oluşturulmaktadır. Bu sayede Malezya firmaları, Güneydoğu Asya pazarında konsorsiyumlar aracılığıyla çeşitli projelere katılma imkânı bulmaktadır.

Buna ek olarak MARIC, sektörel politika yapım sürecine aktif olarak katılmaktadır. Yerli firmalara yönelik finansal teşvik mekanizmalarının oluşturulması, teknik standartların geliştirilmesi ve demiryolu teknolojilerinde araştırma-geliştirme desteklerinin sağlanması gibi konularda kamu kurumlarıyla yakın iş birliği içerisinde. Tüm bu yönleriyle MARIC, hem kümelenme içi kapasite inşası hem de küme dışı açılım hedeflerini dengeleyen, entegre ve sürdürülebilir bir iş birliği modeli sunmaktadır.



Asya kıtasında MARIC benzeri kümelenme örneklerine Japonya ve Çin gibi ülkelerde de rastlanmaktadır. Japonya'da resmi bir kümelenme derneği yapısı olmamakla birlikte, demiryolu işletmeleri (örneğin JR grupları), üretici firmalar (Hitachi, Kawasaki vb.) ve araştırma kurumları (özellikle Demiryolu Teknik Araştırma Enstitüsü - RTRI) arasında güçlü bir Ar-Ge iş birliği ağı bulunmaktadır. Bu yapı, sanayi-akademi-devlet üçgenine dayalı etkin bir iş birliği ekosistemi oluşturmuştur.

Çin'de ise devlet destekli demiryolu kümelenmeleri, daha çok büyük ölçekli üretici firmalar (örneğin CRRC) etrafında şekillenmiştir. Çin hükümeti tarafından desteklenen bu yapı, belirli şehirlerde (Zhuzhou, Changchun, Qingdao gibi) konumlandırılmış sanayi parkları aracılığıyla organize edilmiştir. Bu bölgelerde OEM fabrikaları, yan sanayi tedarikçileri, test ve sertifikasyon merkezleri entegre biçimde faaliyet göstermekte; coğrafi yakınlık, uzmanlaşmış tedarik zincirleri ve devlet destekli Ar-Ge faaliyetleri ile kümelenme ilkeleri fiilen uygulanmaktadır. Bu yapı, Çin'in yüksek hızlı tren ve metro üretimindeki küresel başarısını destekleyen önemli bir altyapı sunmaktadır.

Asya'daki demiryolu sektöründeki kümelenme modelleri Avrupa'daki kadar kurumsal yapılarla tanımlanmamakla birlikte, devlet odaklı ve büyük şirket merkezli iş birliği ağı şeklinde varlığını sürdürmektedir. MARIC örneği ise, bu alanda hem kamu-özel sektör iş birliğini kurumsallaştırması hem de ihracat ve inovasyon hedefleriyle bütünsel bir model sunması bakımından dikkat çekicidir.

### 11.2.2. Japan Railway Technical Research Institute (RTRI)

Japonya Demiryolu Teknik Araştırma Enstitüsü (Railway Technical Research Institute - RTRI), ülkedeki demiryolu teknolojilerine yönelik kamu-özel iş birliğinin en önemli kurumsal yapılarından biridir. 1986 yılında Japon Ulusal Demiryolları'nın (Japanese National Railways - JNR) özelleştirilme süreci öncesinde kurulan RTRI, günümüzde kamu yararına çalışan bir vakıf statüsünde faaliyet göstermektedir. Kurum, Japonya Demiryolları Grubu (JR Group) ile Japon hükümeti tarafından ortak şekilde finanse edilmekte olup, sektörel Ar-Ge politikalarının uygulanmasında merkezi bir rol üstlenmektedir.

RTRI'nin araştırma faaliyetleri, demiryolu sistemine ilişkin çok disiplinli alanları kapsamaktadır. Altyapı mühendisliği, raylı araçlar, sinyalizasyon sistemleri, enerji temini, çevresel etki analizi, yapı mühendisliği ve insan faktörleri gibi geniş bir yelpazede çalışmalar yürütülmektedir. Enstitünün öncelikli araştırma konuları arasında yüksek hızlı tren aerodinamiği, dijital sinyalizasyon sistemleri (örneğin Advanced Train Administration and Communication System - ATACS), siber güvenlik, yapay zekâ tabanlı sistemler, titreşim ve darbe ölçüm teknolojileri ile karmaşık acil durum senaryoları altında güvenlik yönetimi yer almaktadır.

Kurum, araştırmalarını desteklemek amacıyla gelişmiş test altyapılarına sahiptir. Kunitachi, Maibara, Niigata ve Hino bölgelerinde kurulu test merkezlerinde rüzgâr tünelleri, kış koşulları simülasyon sistemleri, sulama ve sismik test üniteleri bulunmaktadır. Ayrıca süper iletken manyetik levitasyon teknolojisi (SCMaglev) üzerinde yürütülen çalışmalar sonucunda, 578 km/s hıza ulaşan MLX01 prototipi gibi dünya çapında dikkat çeken yenilikçi platformlar geliştirilmiştir.

RTRI, araştırma faaliyetlerini uzun vadeli hedeflere göre planlamak amacıyla beş yıllık stratejik belgeler yayınlamaktadır. "Master Plan - RESEARCH 2025" başta olmak üzere yayımlanan bu belgelerde; güvenlik, maliyet etkinliği, çevresel sürdürülebilirlik, hız, konfor ve sistem entegrasyonu gibi temel performans alanlarında somut hedefler belirlenmektedir. Bu sistematik yaklaşım, araştırma önceliklerinin ulusal demiryolu politikalarıyla bütünlüğünü sağlamaktadır.

Enstitü, akademi-sanayi iş birliğini güçlendirmek üzere Japon üniversiteleri, JR grubu işletmeleri ve özel sektör teknoloji tedarikçileriyle çeşitli ortak projeler yürütmektedir. Kunitachi kampüsünde kurulu test merkezleri, teknoloji forumları ve eğitim seminerleri bu iş birliklerinin uygulama alanlarıdır. Ayrıca RTRI, uluslararası paydaşlarla (örneğin Kuzey Amerika'daki kurumlarla) ortak sempozyumlar düzenleyerek bilgi paylaşımını ve teknik uyumu artırmaktadır.

RTRI, yalnızca ulusal düzeyde değil, küresel demiryolu sektöründe de etkili bir aktör konumundadır. Uluslararası sinyalizasyon regülasyonlarının hazırlanması, maglev sistem standartlarının oluşturulması ve istasyon güvenlik protokollerinin geliştirilmesi gibi alanlarda aktif rol üstlenmektedir.

Bununla birlikte, sektöre kazandırdığı yenilikçi çözümler arasında, turnikeli geçiş sistemlerinden önce devreye aldığı temassız akıllı kartlı ödeme sistemleri gibi öncü teknolojiler de yer almaktadır.

Kurumun finansmanı, JR Group şirketlerinin katkıları, merkezi hükümet destekleri ve test-geliştirme hizmetlerinden elde edilen gelirler aracılığıyla sağlanmaktadır. Yönetim yapısı, bağımsız ve bilimsel uzmanlığa sahip bir kurul tarafından yürütülmekte; teknik kadro ise profesyonel araştırmacılar ve destek personelinin oluşmaktadır.

RTRI, Japonya'nın demiryolu teknolojilerinde küresel rekabet gücünü artıran, ileri teknolojiler geliştiren ve standartların oluşumuna yön veren öncü bir araştırma merkezidir. Gerek maglev sistemleri gerekse sinyalizasyon, test altyapısı ve uluslararası normlara katkı sağlayan çalışmalarıyla yalnızca Japonya'nın değil, küresel demiryolu sektörünün dönüşümünde de stratejik bir aktör olarak konumlanmaktadır.

### 11.2.3. Korean Railway Research Institute (KRRI)

Kore Demiryolu Teknolojisi Araştırma Enstitüsü (Korea Railroad Research Institute – KRRI), 1996 yılında Güney Kore'de kurulmuş olup, demiryolu ve toplu taşımacılık teknolojileri alanında faaliyet gösteren stratejik bir kamu araştırma kuruluşudur. Gyeonggi bölgesindeki Uiwang şehrinde yerleşik olan kurum, faaliyetlerini büyük ölçüde hükümet destekli kamu fonları ile sürdürmektedir. KRRI, Güney Kore'nin ulaştırma altyapısında teknoloji geliştirme ve yerelleştirme hedeflerinin uygulanmasında kilit rol üstlenmektedir.

Enstitü, "akıllı demiryolu sistemleri"nden (Smart-Rail) yüksek hızlı tren teknolojilerine kadar geniş bir Ar-Ge yelpazesinde çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda geliştirilen deneysel platformlar arasında HSR-350x (350 km/s üzeri hızlara ulaşan hızlı tren prototipi), HEMU-400X (400 km/s tasarım hız hedefiyle geliştirilmiştir) ve TTX (Hanvit 200) gibi projeler yer almaktadır. Ayrıca döner eğim sistemli trenler (tilting trains), hafif raylı sistemler (LRT), hibrit tramvaylar ve metro kontrol teknolojileri gibi birçok alanda başarıyla test edilmiş sistem çözümleri mevcuttur. Araştırmalar, hem temel bilimsel hem de stratejik devlet destekli projeler çerçevesinde yürütülmekte olup, yapay zekâ destekli akıllı sistemler, veri analitiği, siber güvenlik, çevreci malzeme kullanımı ve bina yaşam döngüsü analizleri gibi yenilikçi alanları kapsamaktadır. Stratejik projeler arasında ise KHST (Korean High Speed Train), kentsel raylı sistem standardizasyonu ve Kore Yarımadası demiryolu entegrasyonunu amaçlayan Trans-Korean Railway programı öne çıkmaktadır.

KRRI, yerli sinyalizasyon teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda da önemli ilerlemeler kaydetmiştir. 2018 yılında geliştirilen ve LTE-R tabanlı çalışan KTCS-2 sinyalizasyon sistemi, 2024 itibarıyla Jeolla hattında ticari olarak uygulanmış, Gyeongbu Yüksek Hızlı Tren Hattı'na entegrasyonu için hazırlıklar sürdürülmektedir. Bu sistem, Güney Kore'nin dışa bağımlılığı azaltarak kendi sinyal teknolojilerini millileştirmesinde dönüm noktası olarak değerlendirilmektedir.

Enstitünün kurumsal yapısı, ondan fazla teknik birime ayrılmış olan "Araştırma Kolorduları" üzerinden organize edilmektedir. Bu kolordular; yüksek hızlı sistemler, sinyalizasyon, raylı araçlar (rolling stock), ve Trans-Kore bağlantısı gibi tematik alanlara göre uzmanlaşmıştır. Araştırmaları destekleyen altyapılar arasında Osong Test Ray Hattı, hücrel test alanları ve çeşitli merkez laboratuvarlar yer almaktadır.

KRRI, üniversiteler, özel sektör (örneğin Hyundai Rotem, Korail) ve uluslararası araştırma kuruluşlarıyla güçlü bir iş birliği ağına sahiptir. İngiltere, Japonya ve Çin gibi ülkelerdeki araştırma merkezleriyle bilgi paylaşımı, ortak test projeleri ve teknik seminerler düzenlenmektedir. Bu sayede küresel bilgi akışına entegre bir araştırma modeli benimsenmiştir.

Finansal model, devlet fonlarının yanı sıra ticari Ar-Ge projeleri, sertifikasyon hizmetleri ve sanayi iş birliklerinden elde edilen gelirleri içermektedir. Bu yapı, kurumun hem araştırma bağımsızlığını korumasına hem de inovatif çıktılarının endüstriyel ticarileştirme süreçlerine katkı sağlamasına olanak tanımaktadır.

KRRI, yüksek hızlı tren sistemlerinden akıllı sinyalizasyona, hafif raylı sistem çözümlerinden enerji verimliliği ve test altyapısına kadar birçok alanda küresel düzeyde tanınırlığa sahip, yenilikçi ve stratejik bir araştırma enstitüsüdür. Hem ulusal politikaları yönlendiren hem de uluslararası demiryolu teknolojilerine katkı sunan yapısıyla, Güney Kore'nin ulaştırma alanındaki Ar-Ge kapasitesini temsil eden öncü bir kurum konumundadır.

### 11.3. Kuzey Amerika'daki Raylı Sistem Kümelenmeleri

Kuzey Amerika'da, Avrupa'daki gibi coğrafi temelli ve kurumsallaşmış kümelenme yapıları sınırlı olmakla birlikte, demiryolu sektöründe benzer işlevleri üstlenen güçlü meslek birlikleri ve sektör dernekleri mevcuttur. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da, demiryolu endüstrisi büyük ölçüde bu tür kuruluşlar etrafında örgütlenmiş durumdadır. Söz konusu dernekler, sektörde faaliyet gösteren firmalar arasında koordinasyonu sağlamakta; standartların belirlenmesi, düzenleyici kurumlarla ilişkilerin yürütülmesi, teknoloji paylaşımı ve ortak savunuculuk gibi alanlarda aktif rol oynamaktadır. Bu yönüyle, Avrupa'daki kümelenme modeliyle işlevsel açıdan benzeşen, ancak kurumsal yapı bakımından farklılaşan bir sektör yapılanması söz konusudur.

#### 11.3.1. Railway Association of Canada (RAC) – Kanada

Kuzey Amerika'da Avrupa'daki gibi coğrafi temelli kümelenme yapıları yaygın olmasa da, demiryolu sektöründe benzer işlevleri yerine getiren güçlü meslek örgütleri ve sektör dernekleri bulunmaktadır. Özellikle Kanada ve

Amerika Birleşik Devletleri'nde, sektörün tüm aktörlerini temsil eden bu tür örgütlenmeler, iş birliği, standart oluşturma ve sektörel savunuculuk açısından kümelenme benzeri yapılar oluşturmaktadır.

1917 yılında kurulan Railway Association of Canada (RAC), Kanada'daki demiryolu sektörünün ana çatı örgütü olup kar amacı gütmeyen bir sektörel dernek yapısına sahiptir. Tamamen sektör tarafından finanse edilen özel bir yapı olmasına karşın, federal hükümet ve düzenleyici otoritelerle yakın iş birliği içerisinde çalışmaktadır. RAC, ülke genelinde faaliyet gösteren yaklaşık 50 yük ve yolcu demiryolu işletmesini (örneğin CN, CP, Via Rail, bölgesel banliyö ve turistik hatlar) asli üye olarak bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca sinyalizasyon teknolojileri, ekipman üretimi, eğitim ve danışmanlık gibi alanlarda hizmet veren 60'tan fazla firma, "associate member" (ilişkili üye) statüsüyle bu yapıya dâhildir. Bu yönüyle RAC, hem demiryolu işletmecilerini hem de tedarik zinciri bileşenlerini kapsayan geniş tabanlı bir sektörel temsiliyet sunmaktadır.

RAC'in öncelikli faaliyet alanı, üyelerinin ortak çıkarlarını savunmak ve sektör adına politika geliştirmektir. Dernek, federal ve eyalet düzeyinde karar alıcılara ulaşarak sektörün ekonomik, çevresel ve güvenlik temelli faydalarını vurgulayan politika belgeleri hazırlar. Ayrıca, tehlikeli madde taşımacılığı, hemzemin geçit güvenliği ve operasyonel emniyet gibi konularda sektör genelinde rehberler, eğitimler ve kamu farkındalığı programları (örneğin Operation Lifesaver) yürütmektedir. Bunun yanında RAC, üyelerine yönelik düzenli veri raporlamaları, istatistik analizleri, teknik seminerler ve yıllık konferanslar ile sektör trendlerine dair bilgi akışı sağlar.

Kurumsal iş birliği modeli, üyelerin katılımıyla oluşturulan komite ve çalışma gruplarına dayanmaktadır. Emniyet ve operasyon, teknik standartlar, çevresel sürdürülebilirlik ve insan kaynakları gibi konularda uzman gruplar aracılığıyla sektörel bilgi paylaşımı ve ortak uygulamalar geliştirilmektedir. RAC, özellikle Kanada Ulaştırma Bakanlığı (Transport Canada) ile yakın çalışmakta; yeni düzenlemeler hazırlanırken hem üyelerini bilgilendirmekte hem de teknik danışmanlık sunmaktadır. Ayrıca, sınır ötesi taşımacılığın geliştirilmesi ve Kuzey Amerika'daki demiryolu standartlarının uyumlaştırılması amacıyla, ABD'deki muadil kurumlarla (örneğin AAR ve ASLRRA) sürekli temas hâlinindedir.

#### 11.4. Uluslararası Organizasyonlar

##### 11.4.1. Union Internationale des Chemins de Fer (UIC)

Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), 17 Ekim 1922 tarihinde Paris'te, Avrupa demiryolu sistemleri arasında teknik uyum ve iş birliğini sağlamak amacıyla kurulmuş uluslararası ve kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. Günümüzde 100'ün üzerinde ülkeden 200'ü aşkın üyesiyle, dünya genelindeki demiryolu işletmecilerini, altyapı yöneticilerini ve sektörel paydaşları tek bir çatı altında toplamaktadır.

UIC'in temel misyonu, demiryolu taşımacılığının küresel düzeyde teşvik edilmesi, sektörün sürdürülebilirlik, güvenlik ve verimlilik hedeflerine ulaşmasına katkı sağlanması ve teknik standartların oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda, TSI (Technical Specifications for Interoperability) ile uyumlu şekilde geliştirdiği International Railway Standards (IRS) serisi aracılığıyla uluslararası teknik bütünlüğü desteklemektedir.

UIC bünyesindeki Rail System Forum (RSF), sinyalizasyon, altyapı, enerji, araç teknolojileri, dijital modelleme ve yapay zekâ gibi çeşitli teknik alanlarda stratejik yönlendirme sağlayarak UIC teknik dokümantasyonunun yaklaşık %70'inin üretiminden sorumludur. Forum ayrıca, araştırma ve inovasyon projelerinin yanı sıra, TSI'lar ile olan ara yüzlerin yönetimi ve koordinasyonunu da üstlenmektedir.

UIC'in standardizasyon faaliyetleri oldukça kapsamlıdır. RailTopoModel (IRS 30100) gibi altyapı veri değişim formatlarından GSM-R sinyalizasyon standardı (EIRENE), UIC 60 gibi ray profilleri ve vagon sınıflandırma sistemlerine kadar, dünya genelindeki demiryolu hatlarında geçerli teknik referansların oluşturulması bu kurum tarafından sağlanmaktadır.

Kurumsal yapılanması stratejik, teknik/profesyonel ve destek katmanlarından oluşmaktadır. Stratejik düzeyde, Afrika, Asya-Pasifik, Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Amerika ve Güney Amerika olmak üzere altı bölgesel meclis aracılığıyla bölgesel uyum sağlanmakta; teknik platformlar ile iş birliği süreçleri yürütülmekte; finans, insan kaynakları ve iletişim birimleri ise operasyonel faaliyetleri desteklemektedir.

UIC'in finansal kaynakları üyelik aidatları ve yayımlanan standart dokümanların lisans gelirlerinden oluşmaktadır. Yönetim yapısı, Başkan, Genel Sekreter (Director General) ve bölgesel liderlerden oluşan bir kurul tarafından idare edilmektedir. 2020 yılından itibaren, UIC iklim değişikliği ile mücadele ve çevresel sürdürülebilirlik konularında da aktif rol üstlenmiş; bu kapsamda "RailAdapt" gibi girişimlerle sektörün çevresel dönüşümüne katkı sağlamıştır.

UIC; teknik uyumun sağlanması, standartların oluşturulması, sürdürülebilirlik politikalarının geliştirilmesi ve küresel demiryolu sektörünün entegrasyonu açısından merkezi bir rol oynamaktadır. Geleneksel altyapı bileşenlerinden dijital çözümlere uzanan geniş faaliyet alanıyla UIC, demiryolu sektörünün geleceğini şekillendiren başlıca küresel aktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır.

#### 11.4.2. OTIF (Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü)

**Kuruluş ve Merkez:** Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü (OTIF), 9 Mayıs 1980'de imzalanan ve 1 Mayıs 1985'te yürürlüğe giren Uluslararası Demiryolları Taşımacılığı Sözleşmesi (COTIF) ile kurulmuştur. OTIF'in merkezi İsviçre'nin Bern şehrinde bulunmaktadır; kuruluşun temel idari ve gözetim işlevlerini İsviçre üstlenmiştir. OTIF, uluslararası demiryolu taşımacılığını geliştirmek ve kolaylaştırmak amacıyla faaliyet gösteren bir hükümetlerarası örgüttür. Örgüt, yük ve yolcu taşımacılığında ülkelerarası uyumlu bir hukuk düzeni oluşturmayı hedefler. OTIF'in resmi çalışma dilleri İngilizce, Fransızca ve Almanca'dır.

OTIF'in temel misyonu, üye ülkeler arasında demiryolu ile yapılan uluslararası yük, yolcu ve bagaj taşımalarını tek tip kurallara ve standartlara bağlayan ortak bir hukuki zemin yaratmaktır.

Böylece farklı ülkelerin demiryolu sistemleri arasında hukuki ve teknik uyumluluk (interoperabilite) sağlanması amaçlanır. OTIF ayrıca bu ortak demiryolu hukuk sisteminin karayolu, denizyolu ve iç su yolu taşımacılığı ile kombine taşımacılıkta da uygulanabilir hale gelmesini desteklemektedir. Örgütün bir diğer önemli amacı, tehlikeli maddelerin demiryolu ile taşınmasına ilişkin güvenlik kurallarını belirlemek ve güncel tutmaktır. Bu çerçevede OTIF, uluslararası demiryolu taşımacılığında emniyetin artırılmasına ve taşımacılık süreçlerinin kolaylaştırılmasına hizmet eder. OTIF, görevlerini yerine getirirken diğer uluslararası kuruluşlarla yakın iş birliği içindedir. Örneğin Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE), Avrupa Birliği Komisyonu (DG MOVE), Avrupa Birliği Demiryolu Ajansı (ERA), Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Komitesi (CIT) ve Demiryolları İşbirliği Örgütü (OSJD) gibi kuruluşlarla demiryolu taşımacılığının gelişimi için ortak çalışmalar yürütmektedir. OTIF'in yönetim yapısında Genel Kurul, çeşitli uzman komiteler ve bir Sekreteryası bulunur.

**Vilnius Protokolü (1999):** COTIF'in başlangıçta 1980'de kabul edilen metni, 1990'lar boyunca günün şartlarına göre kapsamlı bir revizyona tabi tutulmuştur. Bu revizyon çalışmaları neticesinde 26 Mayıs – 3 Haziran 1999 tarihlerinde Vilnius'ta toplanan 5. OTIF Genel Kurulu'nda COTIF'i tadil eden Vilnius Protokolü imzalanmıştır. Vilnius Protokolü ve tadil edilmiş COTIF, gerekli onaylar tamamlandıktan sonra 1 Temmuz 2006 itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Bu protokol ile OTIF'in yapısı ve işleyişine dair önemli değişiklikler getirilmiştir:

- **Finansman Sistemi:** OTIF'in bütçe ve aidat yapısı gözden geçirilerek yeni bir finansman sistemi oluşturulmuştur.
- **Üye Katılımı:** Üye devletlerin OTIF bünyesindeki iş birliğine önem vermelerini zorunlu kılan hükümler eklenmiş, karar süreçlerine katılım teşvik edilmiştir.
- **Yeni Organlar:** Teknik alanlarda ihtisas çalışmaları yapmak üzere Teknik Uzmanlar Komitesi ve gümrük/facilitasyon konularına odaklı Demiryolu Taşımacılığını Kolaylaştırma Komitesi oluşturulması kararlaştırılmıştır.
- **Ortak Üyelik İmkânı:** Birden fazla devletin birlikte oluşturdukları siyasi veya ekonomik birliklerin "ortak üye" olabilmesi sağlanmıştır.
- Özellikle bölgesel ekonomik entegrasyon örgütlerine (örneğin Avrupa Birliği) OTIF'e taraf olma imkânı tanınmıştır.
- Nitekim bu hukuki zemin sayesinde Avrupa Birliği, 2011 yılında OTIF'e taraf olmuştur.
- **Depoziter Değişikliği:** Sözleşmenin depoziteri (saklayıcı) olarak o güne dek görev yapan İsviçre Konfederasyonu'nun bu rolü OTIF Sekreteryası'na devredilmiştir.
- Böylece COTIF'e taraf olma işlemleri doğrudan OTIF bünyesinde yürütülmeye başlanmıştır.

**Luxembourg Protokolü:** OTIF'in ilgilendiği bir diğer uluslararası hukuki düzenleme de Lüksemburg Protokolü'dür. Lüksemburg Protokolü, demiryolu sektöründe kullanılan taşınabilir teçhizatın (lokomotif, vagon vb.) finansmanına ilişkin uluslararası teminat haklarını düzenleyen bir protokoldür ve OTIF ile UNIDROIT iş birliğinde hazırlanmıştır.

Bu protokol, demiryolu araçları için uluslararası bir tescil sistemi kurulmasını öngörür; bu tescil sisteminin denetimini OTIF üyesi ülkelerin temsilcilerinden oluşan bir Denetim Otoritesi yapacak ve OTIF Sekretaryası da bu otoritenin sekretarya hizmetini üstlenecektir. Lüksemburg (Rail) Protokolü, yeterli sayıda ülkenin onayıyla Şubat 2023'te koşulları sağlanarak yürürlüğe girmiş ve OTIF, protokolün uygulanmasında kilit rol almaya başlamıştır. 2024 yılında Paraguay'ın da Lüksemburg Protokolü'ne katılmasıyla protokole taraf devlet sayısı artmış, aynı yıl içinde protokol çerçevesinde Denetim Otoritesi'nin ilk toplantısı gerçekleştirilmiştir. Bu gelişme, demiryolu sektöründe uluslararası yatırımların teşvik edilmesi ve özel sektör finansmanının kolaylaştırılması açısından önemli bir adım olarak görülmektedir.

2024 yılı itibarıyla OTIF'e 52 devlet ve 1 bölgesel ekonomik entegrasyon örgütü (Avrupa Birliği) üyedir.

Türkiye, OTIF'in kuruluş sözleşmesi olan COTIF'i ilk imzalayan devletlerdendir ve kurucu üye olarak 1985'ten beri OTIF üyesidir. Ülkemiz, COTIF kurallarını iç hukukuna uyarlamış ve uluslararası demiryolu taşımacılığı mevzuatını OTIF standartlarıyla uyumlu hale getirmiştir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde demiryolu düzenlemelerinden sorumlu birimler, OTIF ile ilişkileri yürütür. Türkiye, OTIF Genel Kurullarına düzenli katılım sağlamakta, ayrıca OTIF'in İdari Komite, Revizyon Komitesi, Tehlikeli Maddeler Komitesi, Teknik Uzmanlar Komitesi gibi organlarında dönem dönem temsil edilmektedir. Örneğin, 2018-2021 döneminde Türkiye temsilcileri OTIF İdari Komitesi üyeliği yapmış ve bütçe-idare konularında katkı sunmuştur.

Türkiye'nin OTIF içindeki en özgün rolü, Avrupa ile Asya arasında bir demiryolu köprüsü konumunda olmasından ileri gelmektedir. Ülkemiz, hâlihazırda Avrupa ile İran, Orta Asya cumhuriyetleri arasında doğrudan demiryolu bağlantısı sunan tek güzergâh üzerinde bulunmaktadır (Bakü-Tiflis-Kars demiryolu hattı ve Trans-Asya demiryolu koridorları gibi). Bu nedenle Türkiye, OTIF platformunu kullanarak Asya'daki komşu ülkelerin de ortak hukuki çerçeveye katılmasını teşvik etmektedir. Özellikle Türkiye'nin öncülüğünde kurulan Ekonomik İşbirliği Teşkilatı (EİT) bünyesindeki ulaştırma projelerinde OTIF kurallarının uygulanması için iş birliği yapılmaktadır. Örneğin, EİT kapsamında yürütülen Almatı-Taşkent-Tahrân-İstanbul demiryolu projesinde, taşımaların COTIF/CIM rejimine tabi olabilmesi için OTIF Sekretaryası ile temaslar kurulmuştur. OTIF Genel Sekreteri ile yapılan görüşmelerde bu hattın işlerlik kazanmasına OTIF'in nasıl katkı verebileceği detaylı şekilde ele alınmıştır; bu bağlamda Türkiye'nin Kafkaslar ve Orta Asya'ya açılan bir kapı olarak stratejik konumu vurgulanmış ve OTIF-EİT iş birliğinin karşılıklı fayda sağlayacağı OTIF yetkililerinin dikkatine sunulmuştur.

Türkiye ayrıca Orta Doğu'daki demiryolu ağının geliştirilmesinde de OTIF aracılığıyla aktif rol almıştır. Örneğin 2000'li yılların başında Suriye, Irak gibi ülkelerin demiryolu idareleriyle OTIF çatısı altında ortak teknik çalışmalar yapılmış; ancak bu ülkelerdeki durum nedeniyle süreklilik sağlanamamıştır.

Son dönemde ise Irak Demiryollarının tekrar işletmeye açılması ve ülkenin OTIF içindeki konumunun canlandırılması için Türkiye'nin girişimleriyle 2024 yılında görüşmeler başlamıştır (Irak'ın 1997'den beri askıda olan üyeliğinin yeniden aktifleşmesi amaçlanmaktadır).

Türkiye, ulusal demiryolu işletmecisi TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş. kanalıyla OTIF faaliyetlerine teknik katkı sunmaktadır. Örneğin, Van Gölü (Tatvan-Van) feribot bağlantısı ve devamında Trans-Asya Demiryolu hattının geliştirilmesi gibi projelerde OTIF uzmanlarıyla ortak çalışmalar yapılmıştır. Yine Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu Projesi gibi uluslararası girişimlerde, bu hattın Avrupa'ya entegrasyonu için COTIF hükümlerinin uygulanması hususunda OTIF'ten destek alınmıştır. 2009 yılında Bern Büyükelçiliğimiz girişimiyle, OTIF Sekretaryası ile Ulaştırma Bakanlığımız yetkilileri ve bölge ülkelerinin katılımıyla Ankara'da bir OTIF Çalıştay düzenlenmesi kararlaştırılmıştır. Nitekim Haziran 2009'da Ankara'da gerçekleşen uluslararası atölye çalışmasında, Orta Asya cumhuriyetlerinin COTIF'e katılımı ve hukuki/teknik sorunlar ele alınmıştır. Bu etkinlik, Türkiye'nin OTIF çerçevesinde bölgesel bir liderlik ve ev sahipliği rolü üstlenmesine güzel bir örnektir. Ulusal

Türkiye, OTIF yükümlülüklerini yerine getirmek için ulusal demiryolu mevzuatını sürekli güncellemektedir. Tehlikeli maddelerin demiryolu ile taşınması konusunda RID hükümleri TCDD yönetmeliklerine aynen yansıtılmıştır. Yolcu ve yük taşımalarında ise COTIF'in CIV ve CIM kurallarına uygun taşıma senetleri ve sözleşmeleri kullanılmaktadır. Ayrıca Türkiye, OTIF'in COTIF 1999 değişikliklerini onaylayarak (2005'te Bakanlar Kurulu Kararı ile) 2006'da yürürlüğe koymuştur. Bu sayede ülkemiz, AB demiryolu müktesebatıyla da uyumlu bir uluslararası çerçeveye sahip olmuştur.



2023-2024 döneminde Türkiye ile OTIF arasındaki temaslar artmıştır. Ankara'da 2024'te düzenlenen OTIF Yüksek Düzey Toplantısı'nda, demiryolu taşımacılığında güvenlik ve kombine taşımacılık konuları ele alınmış; bu toplantıya OTIF Genel Sekreteri ile Ulaştırma Bakanlığı üst düzey yetkilileri katılmıştır. Ayrıca TCDD ev sahipliğinde yapılan çalıştaylarda, demiryolu işletmeciliğinde karşılaşılan pratik sorunlar ve OTIF kurallarının uygulanması konularında deneyim paylaşımı sağlanmıştır. Tüm bu çabalar, Türkiye'nin OTIF içindeki konumunu güçlendirmekte ve ülkemizi Avrupa-Asya demiryolu entegrasyonunun ana aktörlerinden biri haline getirmektedir.

OTIF günümüzün dinamik ulaşım ortamında demiryolu taşımacılığının etkinliğini ve cazibesini artırmak için hem hukuki hem teknik cephede çalışmalarını sürdürmektedir. Uluslararası iş birliği projeleri, yeni üyelikler, teknolojik yeniliklere uyum ve mevzuat geliştirme OTIF'in sürekli gündemindedir. Böylece OTIF, 130 yılı aşkın geçmişinden aldığı mirası güncel tutarak, demiryolu taşımacılığının geleceğini şekillendirmeye devam etmektedir.

#### 11.4.3. OSJD – Organisation for Co-operation between Railways

Organisation for Cooperation of Railways (OSJD), 28 Haziran 1956 tarihinde Sofya'da kurulmuş, merkezi Varşova'da bulunan hükümetler arası bir demiryolu iş birliği organizasyonudur. Yapı olarak Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) ile benzerlik gösterse de, özellikle Avrasya bölgesinde teknik uyum, demiryolu standardizasyonu ve uluslararası yük-yolcu taşımacılığı alanlarına odaklanmasıyla ayırt edilir. Kuruluşunda ağırlıklı olarak Doğu Bloku ülkeleri yer almış, günümüzde ise 30 ülke tam üyedir. Bununla birlikte Deutsche Bahn ve SNCF gibi Batı Avrupa'nın önde gelen demiryolu şirketleri gözlemci statüsünde OSJD bünyesinde yer almaktadır.

OSJD'nin temel amacı, uluslararası demiryolu taşımacılığında teknik, hukuki ve tarifeye ilişkin uyumu sağlamaktır. Bu kapsamda SMPS (uluslararası yolcu taşımacılığı), SMGS (uluslararası yük taşımacılığı), PPW (vagon kullanımı), MTT ve ETT gibi çok taraflı anlaşmalar yoluyla ortak kurallar geliştirir. Ayrıca, Avrupa Ekonomik Komisyonu (ECE), UIC ve OTIF gibi kurumlarla iş birliği içinde çalışarak, çok taraflı teknik uyum süreçlerine katkı sunar. Kurumun çalışmaları, altyapı, taşımacılık, hukuk ve trafik gibi konuları kapsayan sekizden fazla teknik komisyon ve ilgili çalışma grupları tarafından yürütülmektedir.

Teknik açıdan OSJD, Avrasya ölçeğinde geçerli demiryolu standartlarının oluşturulmasında öncü bir rol üstlenir. Değişken dingil genişliği sistemleri, araç ve vagon sınıflandırmaları (örneğin OSShD-B, OSShD-Y), sinyalizasyon çözümleri ve yük-yolcu taşımacılığına ilişkin operasyonel prosedürler gibi alanlarda teknik normlar geliştirir. Ayrıca, Trans-Eurasia yük koridorlarının koordinasyonunu üstlenerek sınır geçişlerinde karşılaşılan teknik ve idari engelleri azaltmayı hedefler.

OSJD'nin stratejik katkılarından biri, Avrupa ray aralığı (1435 mm) ile eski Sovyet coğrafyasına özgü geniş hat açıklığı (1520 mm) arasındaki teknik farklılıkların giderilmesidir. Bu doğrultuda Avrupa Demiryolu Ajansı (ERA) ile kurulan ortak çalışma grupları aracılığıyla, TSI belgeleri ve hat açıklığına (gauge) uygun teknik dokümantasyonun uyumlaştırılması yönünde çalışmalar yürütülmektedir.

Kurumsal yapısı itibarıyla OSJD, karar alma süreçlerini iki ana düzeyde yürütür: Hükümet temsilcilerinin katıldığı Bakanlar Konferansı ve demiryolu işletmecilerinin yer aldığı Genel Müdürler Konferansı. Uygulama süreçlerinden ise OSJD Komitesi sorumludur. Komite, faaliyetlerini düzenli toplantılar ve yayın organı OSJD Bulletin aracılığıyla yürütür.

Ekonomik ve ticari ölçekte bakıldığında, OSJD'nin kapsadığı ağ oldukça geniştir. Üye ülkelerde toplam 300.000 kilometrelik demiryolu hattı işletilmekte, yılda yaklaşık 5,5 milyar ton yük ve 5,5 milyar yolcu taşınmaktadır. Bu rakamlarla OSJD, dünya genelindeki demiryolu ağlarının yaklaşık %28'ini kapsayan bir altyapı sistemine teknik ve düzenleyici katkı sunmaktadır.

#### 11.4.4. AAR – Association of American Railroads

Association of American Railroads (AAR), Amerika Birleşik Devletleri merkezli olarak faaliyet gösteren ve Kuzey Amerika demiryolu endüstrisinin çıkarlarını temsil eden en etkili sektörel birliktir. 1934 yılında kurulmuş olan AAR, ABD, Kanada ve Meksika'daki önde gelen yük ve yolcu demiryolu işletmeleri ile birlikte, sektöre ürün ve hizmet sağlayan tedarikçileri bir araya getirmektedir. Bugün itibarıyla AAR, ABD'deki Class I yük taşımacılığı yapan demiryolu şirketlerinin tamamını ve çok sayıda bölgesel-demiryolu işletmesini temsil etmektedir.

AAR'ın temel amacı, Kuzey Amerika demiryolu endüstrisinin güvenliğini, verimliliğini ve rekabetçiliğini artırmak; aynı zamanda sektörün teknik ve düzenleyici uyumunu sağlamak üzere araştırma, savunuculuk, standart

geliştirme ve analiz faaliyetleri yürütmektir. Bu kapsamda AAR, ABD Kongresi, federal ajanslar (özellikle Federal Railroad Administration - FRA), eyalet yönetimleri ve uluslararası paydaşlarla sürekli etkileşim hâlinindedir.

AAR'ın en kritik faaliyet alanlarından biri teknik standardizasyondur. Transportation Technology Center, Inc. (TTCI) aracılığıyla yürütülen araştırma-geliştirme çalışmaları, tekerlek-ray etkileşimleri, fren sistemleri, güvenlik ekipmanları ve otomatik kuplaj sistemleri gibi birçok alanda sektöre yön veren teknik standartların geliştirilmesini sağlar. Ayrıca Manual of Standards and Recommended Practices (MSRP) aracılığıyla, sektörde kullanılan binlerce bileşen için zorunlu mühendislik kuralları ve tavsiye edilen uygulamalar yayımlanır.

AAR aynı zamanda operasyonel verimliliği artırmaya yönelik veri toplama ve analiz faaliyetleri yürütür. Sektörel istatistikler, tren kazaları, yük türleri, enerji tüketimi ve performans göstergeleri gibi alanlarda düzenli olarak yayımlanan raporlar, politika yapımcılar ve sektör oyuncularını için önemli bir referans niteliğindedir. Ayrıca, Railinc adlı bağlı dijital platform aracılığıyla demiryolu lojistik zinciri içerisinde vagon takibi, otomatik veri paylaşımı ve yapay zekâ destekli tahminleme sistemleri sağlanmaktadır.

Sektörel politika ve savunuculuk alanında AAR, özellikle emisyon standartları, demiryolu güvenliği yönetmelikleri, demiryolu yatırımlarının teşviki ve intermodal taşımacılık gibi başlıklarda aktif rol üstlenmektedir. Yeşil enerji ve karbon emisyonlarının azaltılması alanlarında da çalışmalar yapan AAR, demiryolunun çevreci avantajlarını vurgulayan kampanyalar ve yayınlar geliştirmektedir.

Kurumsal yapısı içinde, CEO liderliğinde bir yönetim kurulu bulunmakta; teknik komiteler, güvenlik ve çevre grupları ile mevzuat komiteleri aracılığıyla tüm üyelerin katılımı teşvik edilmektedir. Ayrıca AAR, Kuzey Amerika Demiryolu Endüstrisi'nin uluslararası standartlarla uyumlu hâle getirilmesini sağlamak amacıyla UIC gibi küresel kurumlarla da teknik iş birlikleri yürütmektedir.

AAR, Kuzey Amerika'daki demiryolu sektörünün teknik altyapısını, güvenliğini ve sürdürülebilirliğini geliştirmeye yönelik çok boyutlu faaliyetleriyle bölgesel düzeyde hayati bir rol oynamaktadır. Gerek mühendislik standartları gerekse politika yapımı üzerindeki etkisiyle, AAR yalnızca ABD için değil, tüm kıta için stratejik bir sektörel yapı niteliği taşımaktadır.

#### 11.4.5. ALAF – Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles

Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (ALAF), 1964 yılında Birleşmiş Milletler tarafından tanınan bölgesel bir sektörel çatı örgütü olarak Arjantin'in başkenti Buenos Aires merkezli kurulmuştur. Brezilya (Brasília ve São Paulo) ile Guatemala'da bölgesel ofisleri bulunan ALAF, Latin Amerika'daki kamu ve özel demiryolu işletmeleri, üretici sanayi kuruluşları ve lojistik hizmet sağlayıcılarını bünyesinde toplayarak kıta genelinde kapsamlı bir temsil yapısı oluşturmuştur.

ALAF'ın temel hedefi, üye kuruluşlar arasında iş birliğini güçlendirmek ve demiryolu taşımacılığını Latin Amerika'da güvenli, ekonomik, verimli ve sürdürülebilir bir ulaşım modeli olarak öne çıkarmaktır. Bu doğrultuda altyapı projeleri, intermodal bağlantıların geliştirilmesi ve mal-hizmet standardizasyonunun sağlanması öncelikli çalışma alanları arasında yer almaktadır. Özellikle bölge içi ürün ve hizmetlerde teknik uyumluluğun artırılması, demiryolu sektörünün rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir.

Kurumsal düzeyde ALAF, teknik normların bölgesel uyumu, güvenlik yönetmelikleri, intermodal veri paylaşımı, üretim standartları ve lojistik operasyonlar gibi konularda çalışmalar yürütmektedir. Üyeleri için teknik seminerler, tematik çalışma grupları, danışmanlık hizmetleri, atölye çalışmaları, sektörel analizler ve yayınlar düzenlemekte; ayrıca demiryolu simülasyonları, bakım uygulamaları, sinyalizasyon sistemleri ve köprü güvenliği gibi alanlarda teknik eğitim programları sunmaktadır.

Stratejik ölçekte ALAF, Latin Amerika'daki demiryolu entegrasyonunun sağlanmasına yönelik politika diyaloglarına aktif katılım göstermektedir. UIC ile imzalanan Mutabakat Zaptı (MoU) kapsamında gerçekleştirilen Güney Amerika Zirveleri aracılığıyla, hem teknik hem politik düzeyde bölgesel iş birliği süreçlerini pekiştirmektedir. Ayrıca Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal Konseyi (UN ECOSOC) üyesi olarak, küresel demiryolu politikalarının şekillendirilmesinde söz sahibi kurumlar arasında yer almaktadır.

ALAF, faaliyetlerini üyelik aidatları, teknik hizmetlerden elde edilen gelirler, sponsorluk destekleri ve uluslararası kuruluşlardan sağlanan fonlarla finanse etmektedir. Yönetişim yapısı ise yıllık olarak toplanan Genel Kurul, sürekli faaliyet yürüten Sekreteryası ve ihtisaslaşmış Teknik Kurullar üzerinden işlemekte; katılımcı, üyeliğe dayalı ve uzmanlaşmış bir paydaş modeli esas alınmaktadır.

Öne çıkan güçlü yönleri arasında, bölgesel koordinasyon kapasitesi, sertifikasyon ve standardizasyon konularındaki yetkinliği ile Avrupa Birliği benzeri teknik eşgüdüm mekanizmalarını Latin Amerika'ya adapte etme becerisi sayılabilir. Ayrıca, Portekizce konuşulan Güney Yarımküre ülkeleriyle kurduğu teknik iş birlikleri sayesinde, hem dil hem pazar temelli özgün köprüler kurarak bölge içi sinerjiyi artırmaktadır. Bu yönleriyle ALAF, Latin Amerika'nın lojistik ve mobilite vizyonunun şekillenmesinde stratejik bir rol üstlenmektedir.

#### 11.4.6. GCC Railway Committee – Körfez İşbirliği Konseyi Demiryolu Komitesi

GCC Railway Committee, resmi adıyla Körfez İşbirliği Konseyi (GCC) Demiryolu Komitesi, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri (BAE), Kuveyt, Katar, Bahreyn ve Umman'dan oluşan altı üye devletin ortak kararıyla oluşturulmuş teknik ve politik düzeyde işlev gören bir yapıdadır. 2009 yılında düzenlenen GCC Zirvesi'nde onaylanan bu inisiyatif, bölgesel demiryolu entegrasyonunun sağlanması, sinyalizasyon ve elektrik sistemlerinin standardizasyonu, sınır ötesi lojistik düzenlemelerin uyumlaştırılması ve altyapı bütünlüğünün temini gibi temel hedefler doğrultusunda faaliyet göstermektedir.

Komite, her üye ülkenin ulusal demiryolu otoritelerini (örneğin Etihad Rail, Saudi Railway Company, Qatar Rail) ortak bir yapı altında koordine ederek tasarım, inşaat, işletme ve düzenleme süreçlerini bölge çapında eşgüdüm içinde yürütmeyi amaçlamaktadır. Teknik çalışma grupları, sinyal sistemleri, bakım prosedürleri, elektrikli hat yapıları ve sınır geçiş protokolleri gibi başlıklarda ortak standart ve uygulama protokolleri geliştirmektedir.

Bu stratejik yapının somut çıktısı, yaklaşık 2.177 kilometrelik Gulf Railway (GCC Railway) projesidir. Kuveyt City'den başlayarak Suudi Arabistan, Bahreyn, Katar ve Birleşik Arap Emirlikleri üzerinden Umman'a kadar uzanacak şekilde planlanan bu uluslararası hat, hem bölge içi yolcu taşımacılığı kapasitesini artırmayı hem de yıllık lojistik hacimde önemli bir artış sağlamayı hedeflemektedir. Proje kapsamında, Suudi Arabistan, BAE ve Umman'da altyapı inşaat faaliyetleri önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir.

Komitenin faaliyet alanı yalnızca teknik koordinasyonla sınırlı değildir. Üye ülkeler arasında hükümetler arası politika diyaloglarının yürütülmesi, yaklaşık 250 milyar doları bulan toplam maliyet için finansman protokollerinin hazırlanması, uluslararası ihale süreçlerinin yönetilmesi ve Erişim & Uyumluluk Raporları gibi stratejik dokümantasyonların hazırlanması da Komite'nin sorumluluk alanları içindedir. Ayrıca Komite, Körfez ekonomileri arasındaki ticareti teşvik etmek amacıyla lüks tren turizmi projeleri (örneğin "Dream of the Desert") gibi turistik demiryolu modelleri de geliştirmektedir.

Finansal yapı, her ülkenin ulusal bütçesinden sağlayacağı katkıların yanı sıra, tahvil ihraçları ve Birleşmiş Milletler ya da Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlardan sağlanacak finansman desteklerine dayandırılmaktadır. Projenin 2030 yılına kadar tamamlanması hedeflenmekte olup, tüm süreç Körfez İşbirliği Konseyi Genel Sekreterliği düzeyindeki politik destek ile güvence altına alınmaktadır.

Sonuç olarak, GCC Railway Committee, Körfez bölgesinde demiryolu altyapısını teknik ve idari yönden bütünleştiren, sınır ötesi taşımacılığı koordine eden ve bölgenin gelecekteki mobilite vizyonuna yön veren merkezi bir yapı olarak öne çıkmaktadır. Bölgesel ulaşım ağlarının entegrasyonunu sağlarken, aynı zamanda lüks turizm taşımacılığı gibi yenilikçi alanlara da yönelerek çok boyutlu bir stratejik işlev üstlenmektedir.

#### 11.4.7. African Union of Railways (AUR)

African Union of Railways (AUR), Afrika Birliği (AU) çatısı altında faaliyet gösteren, kıta genelinde demiryolu entegrasyonunu, altyapı uyumunu ve ticari bağlantıların güçlendirilmesini hedefleyen uluslararası bir organizasyondur. UIC benzeri bir yapıya sahip olan AUR, Afrika'nın teknik ve operasyonel demiryolu standartlarını geliştirmeyi amaçlarken, kıtaya özgü altyapı çeşitliliği, farklı ray açıklıkları ve bölgesel koşulları dikkate alarak kapsamlı bir uyumlaştırma çerçevesi oluşturur.

AUR'ın en stratejik hedeflerinden biri, Afrika Entegre Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı (African Integrated High-Speed Railway Network – AIHSRN) projesinin hayata geçirilmesidir. Bu girişim, Afrika'daki başkentleri, sanayi merkezlerini ve liman şehirlerini birbirine bağlayarak ulaşım maliyetlerini azaltmayı, bölgesel entegrasyonu desteklemeyi ve iç pazarda rekabeti artırmayı amaçlamaktadır. AIHSRN, Afrika Birliği'nin altyapı stratejileri ile UIC çerçevesindeki teknik standartlara uygun biçimde geliştirilmektedir.

Kıta genelinde farklı ray açıklıklarının (standard gauge, metre gauge, Cape gauge) yol açtığı teknik uyumsuzluklar AUR'ın öncelikli çalışma alanlarından biridir. Bu kapsamda AUR, dört ana demiryolu koridoru (örneğin Kuzey-Güney ve Doğu-Batı aksları) üzerinde çalışmalar yürütmekte, ray açıklığı geçiş sistemleri, vagon sınıflandırmaları ve sinyalizasyon gibi alanlarda standardizasyon hedeflemektedir. Böylece, demiryolu altyapısının kıta genelinde birbirine entegre olabilmesi amaçlanmaktadır.

Kurumsal olarak AUR, Afrika Birliği'nin Altyapı ve Enerji Departmanı bünyesinde konumlanmıştır. Faaliyetlerini, kıta içi iş birliği platformları, UIC ile ortak düzenlenen çalıştaylar, teknik kılavuz hazırlıkları ve ulaştırma bakanları düzeyinde yürütülen onay süreçleri ile bütünleşik şekilde sürdürmektedir. AUR'ın çalışmaları, zaman zaman UIC Afrika Bölgesi Toplantıları'nda da gündeme getirilmekte ve teknik iş birlikleri bu düzlemde genişletilmektedir.

AUR projeleri, çok kaynaklı finansman modeliyle desteklenmektedir. Bu kaynaklar arasında AU bütçesi, Birleşmiş Milletler ve çok taraflı kalkınma bankaları tarafından sağlanan hibeler, üye ülkelerin katkıları ile kamu-özel iş birliği (PPP) modelleri yer almaktadır. AUR ayrıca teknik danışma birimleri, demiryolu işletmecileri ve üye ülkelerin ulaştırma bakanlıklarıyla iş birliği içinde çalışmalarını sürdürmektedir.

Sonuç olarak, AUR, Afrika'daki demiryolu sistemlerini teknik, idari ve stratejik düzeyde entegre etmeyi hedefleyen güçlü bir kıta organizasyonudur. AIHSRN gibi büyük ölçekli projelerle yalnızca ulaşım altyapısının modernleşmesine değil, aynı zamanda ticari bütünleşmenin ve sürdürülebilir kalkınmanın teşvikine de katkı sunarak, Afrika'nın demiryolu geleceğinde merkezi bir rol üstlenmektedir.

#### 11.4.8. PRIME – Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe

Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe (PRIME), Avrupa Komisyonu'nun Hareketlilik ve Ulaşım Genel Müdürlüğü (DG MOVE) ile Avrupa Birliği (AB) ve Avrupa Serbest Ticaret Birliği (EFTA) üyesi ülkelerin demiryolu altyapı yöneticileri arasında 2013 yılında kurulan bir iş birliği yapısıdır. PRIME, kıta genelindeki altyapı yöneticileri arasında bilgi alışverişini teşvik etmeyi, karşılaştırmalı performans analizleri gerçekleştirmeyi, piyasa uyumu sağlamayı ve dijital dönüşüm süreçlerinde ortak bir çerçeve oluşturmayı hedeflemektedir.

PRIME'in yapısal organizasyonu, her yıl düzenli olarak gerçekleştirilen genel kurul (plenary) toplantılarının yanı sıra, tematik alt çalışma gruplarından oluşmaktadır. Bu çalışma grupları; güvenlik kültürünün geliştirilmesi, dijitalleşme stratejileri, altyapı erişim ücretleri, finansman modelleri, anahtar performans göstergeleri (KPI'lar) ve karşılaştırmalı performans (benchmarking) gibi alanlarda faaliyet göstermektedir. Platform, aynı zamanda 2012/34/AB sayılı Railway Services Directive ve Tek Avrupa Raylı Alanı (Single European Railway Area) politikalarının uygulanmasına destek sunan bir Avrupa Komisyonu "Uzman Grubu" statüsüne sahiptir.

Kuruluşundan bu yana AB ve EFTA üyesi ülkelere toplam 37 altyapı yöneticisini bünyesine dahil eden PRIME, özellikle 21 kuruluşun katılımıyla oluşturulan karşılaştırmalı performans raporları ile dikkat çekmektedir. Bu raporlar; güvenlik göstergeleri, operasyonel maliyetler, sermaye yatırımları, çevresel etki ölçütleri ve COVID-19 sonrası toparlanma süreçleri gibi çok boyutlu verileri içermektedir. Böylece platform, veri temelli politika geliştirme ve uygulama süreçlerine doğrudan katkı sağlamaktadır.

PRIME, Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) ile teknik uyum, kapasite tahsis ve dijitalleşme alanlarında somut çıktılar üretmiştir. Örneğin kapasite yönetimi bağlamında, RailNetEurope (RNE) kuruluşunu Ağ Koordinatörü olarak önermesi, düzenleyici ve uygulayıcı kurumlar arasında işlevsel bir bağ kurulmasına imkân tanımıştır. Ayrıca dijital sinyalizasyon sistemleri, tarife sürekliliği ve hizmet kalitesi konularında Avrupa Komisyonu'na teknik danışmanlık sunmakta; uygulama kılavuzları ve düzenleyici belgeler geliştirmektedir.

Platform, aynı zamanda demiryolu altyapısının iklim değişikliğine karşı dirençli hâle getirilmesini öncelikleri arasına almıştır. Kasım 2022'de faaliyete geçen İklim Uyum Çalışma Grubu, aşırı hava olaylarının etkilerini azaltmaya yönelik altyapı dayanımı, maliyet hesaplamaları ve risk yönetimi başlıklarında rehber dokümanlar üretmektedir. Bu sayede, altyapı yöneticileri sürdürülebilirlik hedeflerini izleyebilir ve alınan önlemlerin etkinliğini veri temelli yöntemlerle değerlendirebilir duruma gelmiştir.

Genel olarak PRIME, Avrupa demiryolu altyapı politikasına doğrudan katkı sağlayan; ülke içi mevzuat uyumu, kıtalararası sinyalizasyon, kapasite planlaması ve altyapı finansmanı gibi konularda stratejik eşgüdüm sağlayan benzersiz bir platformdur. RailNetEurope (RNE) gibi teknik aktörlerle kurduğu uygulamaya dönük iş birlikleri, PRIME'in yalnızca politika üretiminde değil, bu politikaların sahada uygulanmasında da aktif ve etkili bir rol üstlendiğini göstermektedir.

#### 11.4.9. RNE – RailNetEurope

RailNetEurope (RNE), 2004 yılında Avrupa'daki demiryolu altyapı işletmecileri ve kapasite tahsis makamlarının ortak inisiyatifiyle kurulmuş, merkezi Viyana'da bulunan kâr amacı gütmeyen bir organizasyondur. Kuruluşun temel amacı, Avrupa kıtası genelinde sınır ötesi tren işletmeciliğini kolaylaştırmak ve altyapı yöneticileri arasında operasyonel süreçlerin uyumlaştırılmasını sağlamaktır. Günümüzde RNE, 26'dan fazla ülkeden 38 tam üye ve 11 gözlemci üyeyi bünyesinde barındıran geniş bir iş birliği ağına sahiptir.

RNE'nin faaliyetleri, demiryolu taşımacılığına dair kapasite planlaması, trafik yönetimi, koridor koordinasyonu ve dijital veri sistemlerinin geliştirilmesi gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu kapsamda oluşturulan başlıca dijital araçlar şunlardır:

- **PCS (Path Coordination System):** Uluslararası tren yolu başvuru ve tahsis süreçlerini yöneten dijital platform,
- **TIS (Train Information System):** Sınır ötesi tren hareketlerini gerçek zamanlı olarak izleme sistemi,
- **CIS (Charging Information System):** Altyapı kullanım ücretlerine ilişkin şeffaf bilgi paylaşım aracı,
- **RFP (Rail Facilities Portal) ve CIP (Customer Information Platform):** Tesisler ve müşteri hizmetlerine dair bilgilendirici portallar.

Organizasyonun yapısı, beş ana iş alanı etrafında şekillendirilmiştir: kapasite yönetimi, trafik yönetimi, koridor koordinasyonu, BT/veri sistemleri ve hukuk/satış. Bu alanlardaki çalışmalar, Viyana'daki Joint Office aracılığıyla eşgüdüm içinde yürütülmektedir. Üye kuruluşlar arasında oluşturulan uzmanlık grupları sayesinde operasyonel sorunlara pratik çözümler geliştirilmekte ve AB mevzuatlarıyla tam uyum sağlanmaktadır.

RNE, Avrupa Komisyonu'nun Demiryolu Kapasite Yönetmeliği taslağı kapsamında "Ağ Koordinatörü" rolü için önerilen kurumdur. Bu çerçevede, kapasite planlaması, zaman çizelgesi koordinasyonu ve dijital geçiş süreçlerinde Avrupa genelinde uyumu sağlayacak lider yapılar arasında yer almaktadır. Ayrıca Europe's Rail Ortak Girişimi ile imzaladığı stratejik iş birliği protokolü aracılığıyla dijital sinyalizasyon, otomatik kapasite planlaması ve trafik yönetimi gibi alanlarda çok taraflı projelere katılmaktadır.

Kuruluş, düzenli olarak gerçekleştirdiği genel kurullar, teknik atölye çalışmaları ve sektörel buluşmalarla bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik etmektedir. Bu bağlamda 2025 yılında düzenlenen Viyana Kapasite Zirvesi, 350'nin üzerinde katılımcıyla Avrupa demiryolu kapasitesinin geleceğine yönelik stratejik kararların şekillendiği önemli bir kilometre taşı olmuştur.

RNE; Avrupa'daki demiryolu altyapı yöneticilerinin dijitalleşme, kapasite yönetimi ve sınır ötesi uyum süreçlerini birleştiren, teknik araçlar ve stratejik yönetim ile destekleyen temel platformlardan biridir. Geliştirdiği dijital çözümler ve Avrupa Birliği ulaştırma politikalarıyla olan yüksek uyum düzeyi sayesinde, Avrupa'nın "Tek Avrupa Demiryolu Alanı" vizyonuna etkin biçimde katkı sunmaktadır.

#### 11.4.10. CER – Community of European Railway and Infrastructure Companies

Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER), 1988 yılında Brüksel merkezli olarak kurulmuş, Avrupa genelindeki demiryolu işletmecileri ile altyapı yöneticilerini temsil eden sektörel bir birliktir. CER, hem yolcu hem de yük taşımacılığı yapan ulusal ve bölgesel demiryolu işletmeleri ile altyapı yönetiminden sorumlu kamu kurumlarını aynı çatı altında bir araya getirir. Günümüzde Avrupa Birliği (AB), Avrupa Serbest Ticaret Birliği (EFTA) ve aday ülkelerden yaklaşık 70 tam üyeye sahip olan CER, Avrupa demiryolu taşımacılığının %80'inden fazlasını temsil etmektedir.

CER'in temel misyonu, sürdürülebilir, verimli ve entegre bir Avrupa ulaşım sistemi içerisinde demiryolunun merkezî rolünü güçlendirmek ve bu amaca yönelik olarak AB kurumları nezdinde sektörel savunuculuk faaliyetleri yürütmektir. Avrupa Komisyonu, Avrupa Parlamentosu ve Konsey gibi kurumsal aktörlerle sürekli diyalog içinde olan CER; ulaşım politikaları, çevre düzenlemeleri, altyapı yatırımları, iklim hedefleri, sosyal haklar ve dijitalleşme gibi çok sayıda alanda görüş belgeleri ve politika önerileri üretmektedir.

Birliğin öncelikli çalışma alanları arasında, Avrupa'nın Trans-Avrupa Ulaşım Ağı (TEN-T) ve Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefleriyle uyumlu şekilde karbon emisyonlarının azaltılması, emniyet ve birlikte işlerlik ilkelerinin güçlendirilmesi, demiryolu çalışanlarının sosyal haklarının korunması ve sektörün dijital dönüşümünün sağlanması yer almaktadır. CER, ayrıca dijital biletleme sistemleri, Dijital Otomatik Kuplaj (DAC) ve Geleceğin Demiryolu Mobil İletişim Sistemi (FRMCS) gibi teknolojilerin yaygınlaştırılmasına yönelik sektörel eylem planları geliştirmektedir.

Sektörel etki alanını yalnızca politika düzeyinde değil, aynı zamanda kamuoyu bilinci ve tanınırlığı düzeyinde de genişleten CER, Avrupa demiryolu sanayisinin önde gelen kuruluşlarından UNIFE ile birlikte her yıl Avrupa Demiryolu Ödülleri'ni (European Railway Award) organize etmektedir. Bu ödül töreni; sürdürülebilirlik, yenilikçilik ve kamu politikalarına katkı sağlayan kişi ve kurumları onurlandırmakta, demiryolu sektörünün Avrupa'nın geleceğinde üstleneceği role dikkat çekmektedir.

Yönetimsel olarak CER, bir başkanlık komitesi tarafından yönetilmekte; bu komitenin başkanlık görevi genellikle



büyük bir Avrupa demiryolu işletmesinin üst düzey yöneticisi tarafından yürütülmektedir. Günlük operasyonel faaliyetler ise Brüksel'deki genel sekreterlik tarafından organize edilmektedir. Üyeler, çeşitli tematik çalışma grupları ve danışma komiteleri aracılığıyla politika oluşturma süreçlerine aktif biçimde katılım göstermektedir.

CER'in sürdürülebilirlik odağındaki çalışmaları, iklim değişikliğiyle mücadele, enerji verimliliğinin artırılması, demiryolu ile diğer ulaşım modları arasındaki geçişin teşvik edilmesi ve raylı sistemlerin çevresel avantajlarının ön plana çıkarılması başlıklarında yoğunlaşmaktadır. Ayrıca toplumsal sorumluluk çerçevesinde hayata geçirdiği "Kadınlar Demiryolunda" (Women in Rail) girişimiyle sektörde toplumsal cinsiyet eşitliğini destekleyen örnek sosyal projelere de öncülük etmektedir.

#### 11.4.11. UNIFE – Association of the European Rail Supply Industry

Union des Industries Ferroviaires Européennes (UNIFE), 1991 yılında Brüksel merkezli olarak kurulmuş ve Avrupa'daki demiryolu tedarik sanayisini temsil eden önde gelen bir sektörel kuruluştur. UNIFE'nin üyeleri arasında raylı araç üreticileri, altyapı sistemleri sağlayıcıları, sinyalizasyon ve otomasyon firmaları ile çeşitli demiryolu ekipman tedarikçileri yer almakta olup, doğrudan 100'den fazla sanayi kuruluşunu ve 15 ulusal sektörel birliği temsil etmektedir. Bu yapısıyla Avrupa demiryolu sanayisinin %80'inden fazlasını ve küresel raylı sistem teknolojisinin yaklaşık %45'ini kapsayan bir temsil kabiliyetine sahiptir.

UNIFE'nin temel hedefi, Avrupa demiryolu tedarik sektörünün küresel ölçekte rekabet gücünü artırmak, Avrupa Birliği (AB) politikaları üzerinde sektörel etki oluşturmak ve demiryolu endüstrisinde standardizasyon süreçlerine liderlik etmektir. Bu doğrultuda, Avrupa Komisyonu, Avrupa Parlamentosu ve ilgili AB ajanslarıyla yakın temas hâlinde çalışarak, sektörel ihtiyaçların politika belgelerine yansımaları sağlamaktadır. UNIFE, özellikle Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS), Dijital Otomatik Kuplaj (DAC) ve Geleceğin Demiryolu Mobil İletişim Sistemi (FRMCS) gibi Avrupa çapındaki teknolojik dönüşüm projelerinde teknik koordinasyon rolünü üstlenmiştir.

UNIFE, aynı zamanda International Railway Industry Standard (IRIS) sisteminin sahibi ve yürütücüsüdür. IRIS, demiryolu üretiminde kalite güvencesini sağlamak ve tedarik zinciri boyunca teknik standartları yaygınlaştırmak amacıyla geliştirilmiş küresel bir sertifikasyon sistemidir. Bugün birçok büyük üretici ve alt yüklenici, IRIS standardını kalite yönetimi süreçlerine entegre etmiş durumdadır.

Ar-Ge ve yenilikçilik alanında UNIFE, European Rail Research Advisory Council (ERRAC) gibi yapılanmalarla iş birliği içinde çalışmakta; Europe's Rail Ortak Girişimi kapsamında yürütülen projelerde aktif olarak yer almaktadır. Bu çerçevede dijital dönüşüm, akıllı sistemler ve karbon nötr taşımacılığa yönelik sektörel stratejiler geliştirilmekte; Avrupa Yeşil Mutabakatı hedeflerine katkı sağlanmaktadır.

UNIFE tarafından iki yılda bir yayımlanan World Rail Market Study (Dünya Demiryolu Pazar Raporu), küresel raylı sistem sektörünün ekonomik büyüklüğü, bölgesel eğilimleri, segment bazlı analizleri ve yatırım projeksiyonları hakkında kapsamlı veri sunmakta ve sektörün en çok referans verilen kaynakları arasında yer almaktadır.

Kurumsal sorumluluk alanında da aktif rol üstlenen UNIFE, 2022 yılında başlattığı Toplumsal Cinsiyet Eşitliği Politikası kapsamında, yalnızca erkek konuşmacılardan oluşan panelleri ("manel") sona erdirmeye taahhüdünde bulunmuş ve sektörde kadın temsiliyetini artırmaya yönelik programlar geliştirmiştir. Bunun yanı sıra, Erasmus+ destekli STAFFER adlı beceri geliştirme projesi aracılığıyla demiryolu sanayisine genç ve yetenekli iş gücünün kazandırılması hedeflenmektedir.

#### 11.4.12. International Association of Public Transport (UITP)

Union Internationale des Transports Publics (UITP), ya da uluslararası adıyla International Association of Public Transport, 17 Ağustos 1885 tarihinde Belçika'nın başkenti Brüksel'de kurulmuş olup, şehir içi toplu taşıma alanında faaliyet gösteren en eski ve en kapsamlı uluslararası sivil toplum kuruluşudur. Merkezi Brüksel'de bulunan UITP, 100'den fazla ülkede yaklaşık 1.900 kurumu bir araya getirerek metro, tramvay, otobüs, trolleybüs, hafif raylı sistem, bölgesel raylı hatlar ve su taşımacılığı gibi toplu taşıma modlarını temsil etmektedir. Küresel etki alanını genişleten 13 bölgesel ofisiyle UITP, yerel ihtiyaçlara duyarlı, çok katmanlı bir temsil yapısı oluşturmuştur.

UITP'nin ana misyonu, sürdürülebilir kentsel mobilitayı teşvik etmek, bilgi paylaşımını kolaylaştırmak, sektörel iş birliğini artırmak ve toplu ulaşımın sosyal, ekonomik ve çevresel katkılarını desteklemektir. Bu doğrultuda yayımladığı raporlar, pozisyon belgeleri, vaka analizleri, veri setleri ve istatistiklerle sektörde bilgi üretimini yönlendirmektedir.

Eğitim ve sektörel etkileşim, UITP'nin temel araçları arasında yer alır. Her iki yılda bir düzenlenen UITP Global Public Transport Summit, yaklaşık 15.000 katılımcıyı bir araya getirerek dijitalleşme, enerji verimliliği, erişilebilirlik ve yeni mobilite hizmetleri gibi başlıklarda küresel yeniliklerin tanıtıldığı bir buluşma platformu işlevi görmektedir. Ayrıca "UITP Academy" çatısı altında Advanced Rail Operations and Maintenance, Elektrikli Otobüs Diploması gibi başlıklarda mesleki eğitim programları sunulmaktadır.

Politika geliştirme ve savunuculuk faaliyetlerinde UITP, uluslararası ölçekte aktif bir rol üstlenmektedir. Bir kâr amacı gütmeyen çatı kuruluş olarak, Birleşmiş Milletler (UN-Habitat, UNEP), Avrupa Komisyonu ve Dünya Bankası gibi kurumlara iş birliği yaparak, toplu taşımayı kent planlaması, sosyal eşitlik ve iklim politikaları bağlamında stratejik bir araç olarak konumlandırmaktadır. Bu çerçevede, BM İklim Zirvesi sürecinde yayınladığı UITP Climate Declaration ile 1,5 °C hedeflerine ulaşmak için toplu taşımada modal kaymayı teşvik eden politika önerileri geliştirmiştir.

UITP'nin kurumsal yapısı, Brüksel'deki genel sekreterlik merkezinin yanı sıra Abidjan, Dubai, İstanbul, New York, São Paulo, Hong Kong, Singapur, MENA, Kuzey Amerika, Latin Amerika, Avrupa ve Avustralya gibi bölgelerdeki ofislerden oluşmaktadır. Bu ofisler aracılığıyla bölgesel düzeyde politika, araştırma ve paydaş etkileşimi faaliyetleri yürütülmektedir. Kurumsal yönetim, Genel Kurul, Yönetim Kurulu ve uzmanlık komiteleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

UITP üyeliği; AB çapında toplu taşıma operatörleri, yerel yönetimler, hizmet sağlayıcılar, akademik kurumlar ve tedarikçi firmalar gibi farklı kategorilere açıktır. Üyeler, MyLibrary veri portalı üzerinden 60.000'den fazla yayına erişim, karşılaştırmalı performans raporları ve Türkiye dahil çeşitli ülkelerde eğitim ve stratejik destek paketlerinden faydalanabilmektedir.

UITP, şehir içi toplu taşımayı daha erişilebilir, çevreci, ekonomik ve entegre bir sistem hâline getirmeyi amaçlayan küresel ölçekte etkin bir platformdur. Eğitim, veri temelli analizler, dijitalleşme, savunuculuk ve kapasite geliştirme alanlarında sunduğu çok yönlü hizmetlerle, toplu ulaşımı yaşam kalitesini artıran stratejik bir kalkınma aracı olarak konumlandırmaktadır.

## 11.5. Ulusal Raylı Sistem Kümelenmeleri

### 11.5.1. Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi (ARUS)

Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi (ARUS), Türkiye'nin tüm Anadolu'yu kapsayan, sektöründe lider kümelenmesi olarak, ülkemizde raylı ulaşım sistemlerine yönelik üretim yapan sanayicilerimiz, destekleyici kurum ve kuruluşlarımızın "İş Birliği, Güç Birliği ve Milli Markalar" ilkesi doğrultusunda bir araya gelmesi ile resmi olarak 2012 yılında kuruldu.

Ülkemizde tasarımı ve nihai ürüne kadar yerli ve milli marka raylı ulaşım sistemlerini üreterek, birer dünya markası haline getirmeyi kendisine ana hedef olarak belirlemiş olan ARUS, Anadolu'nun 27 ilinden Türk raylı sistemler sektörünün önde gelen 180 kuruluşunu bir araya getirerek, sektörde işbirliği ve güç birliği sinerjisi ile milli markalar üretme görevini üstlenmiştir.

ARUS üyeleri, kurulduğu günden bu yana Tramvay, Hafif Raylı Sistemler (LRT), Sürücüsüz

Metro, Elektrikli ve Dizel ana hat ve manevra lokomotifleri, Hızlı Tren Setleri, Yük vagonu, Tren kontrol ve yönetim sistemleri, Kritik raylı sistem bileşenleri, Sinyalizasyon, altyapı ve üst yapı üretiminde şimdiye kadar 20'den fazla milli markaya imza atarak geliştirdiği yerli ve milli raylı ulaşım sistemlerini Gebze-Darıca, Gebze-Sakarya gibi şehirlerarası ana hatlarda ve gerekse İstanbul, Bursa, Kayseri, Kocaeli, Samsun, İzmir, Antalya ve Gaziantep'in kent içi ulaşımında hizmete sunmuştur.

Raylı sistemlerde bugün itibarıyla yerlilik oranı %70 seviyesine çıkmış, Panorama, İstanbul, Kayseri Talas, İpekböceği Tramvayları, Green City, İstanbul LRT araçları, HSL 700 Hibrit Lokomotifi, E1000 Elektrikli Manevra Lokomotifi, E5000 Elektrikli Ana hat lokomotifi, DE10000 Dizel elektrikli Manevra lokomotifi, Milli Elektrikli Tren ve Milli Hızlı Tren setleri, yeni nesil yük vagonları gibi milli markalı Raylı sistem araç ve yük vagonlarımız altyapısı, üstyapısı ve milli sinyalizasyon sistemleri ile birlikte gerek yurt içinde ve gerekse yurt dışında büyük talep görmektedir. Bugün yerli metro ve tramvaylarımız Romanya'nın Iaşi, Timişoara ve Temeşvar, Polonya'nın Olsztyn, Tayland'ın Bangkok şehirlerinde hizmet veriyor. Sırada İtalya'nın Napoli ve Sırbistan'ın başkent'i Belgrad bulunuyor. ARUS üyeleri, 2024 yılında altyapı işleri dahil Romanya'dan Tayland'a, Polonya'dan Tanzanya'ya, Etiyopya'dan Uganda'ya, Bosna-Hersek'ten Katar'a kadar 25 ülkeye 1 milyar USD'lik raylı sistem ihracatı gerçekleştirmiştir.

ARUS, Uluslararasılaşma politikaları kapsamında Avrupa Raylı Sistemler Kümeler Birliği (ERCI) üyesi olup bu birlikte 17 Avrupa ülkesi, 18 adet Avrupa Raylı Sistem kümelenmesi ve 2500'den fazla KOBİ firması, Start-up'lar, ARGE kuruluşları ve Üniversiteler yer alıyor. ARUS üyeleri, ERCI ve AB işletmeler arasında yer alan tüm kuruluşlarla işbirliği içerisinde olup, birlikte tanıtım faaliyetleri, fuarlar, etkinlikler, B2B işbirliği toplantıları, Ar-Ge, inovasyon ödül yarışmaları ve pazarlama faaliyetleri gerçekleştiriyor.

ARUS üyeleri, bu kapsamda 4 adet ERCI Avrupa inovasyon ödülü ve 2 adet Frost & Sullivan Avrupa'da yılın şirketi ve Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Avrupa liderlik ödülleri kazanmış olup ayrıca Avrupa ESCA (European Secretariat for Cluster Analysis) tarafından Gümüş kalite sertifikasına layık görülen Türkiye'de ilk ve tek kümelenme olarak kuruluşunun 10.yılına taçlandırmıştır. ARUS, ayrıca AB Cosme Exxtra ve Stars projeleri ve 3 adet Ticaret Bakanlığı Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesi (UR-GE) projesini tamamlamış olup, bir adet AB Leader 2030, bir adet Sanayi Bakanlığı projesi ve bir adet Ticaret Bakanlığı Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesi (UR-GE) projesi yürütmektedir.

ARUS, Türkiye'de raylı sistemlerin millî üretim kapasitesini geliştirmek üzere kurulmuş örnek bir kümelenme yapısıdır. Kamu-özel sektör iş birliğini başarıyla koordine eden ARUS, hem teknolojik millileşme hem de küresel entegrasyon açısından stratejik bir rol üstlenmektedir. Yönetim yapısı, proje üretim kapasitesi, ihracat performansı ve Avrupa düzeyindeki görünürlüğü ile ARUS, Türkiye'nin yerli ve millî raylı sistem vizyonunun kurumsal taşıyıcısı konumundadır.

#### 11.5.2. Eskişehir Raylı Sistemler Kümelenmesi (RSK)

Demiryolu sektöründe sahip olduğu köklü geçmiş ve sanayi altyapısı sayesinde Eskişehir, bu kümelenmeye doğal bir ev sahipliği yapmaktadır. RSK, Eskişehir Sanayi Odası (ESO), Eskişehir OSB, TÜRASAŞ (eski TÜLOMSAŞ) ve bölgede faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının iş birliğiyle kurulmuş; kamu, sanayi ve üniversite ekseninde kurgulanan bir iş modeliyle hayata geçirilmiştir.

Dernek statüsünde tüzel kişiliğe sahip olan RSK'nın merkezi, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi sınırları içerisinde yer almakta olup kümelenme faaliyetlerini Eskişehir Sanayi Odası koordinasyonu ile yürütmektedir.

RSK'nın faaliyet alanı; raylı sistemler sektöründe üretim yapan ana ve yan sanayi firmalarının rekabetçiliğini artırmaya, bölgesel iş birliğini güçlendirmeye ve yerli/millî üretimi teşvik etmeye odaklanmıştır. Kümelenme; lokomotif, vagon, cer motoru, boji, döküm parçalar, kaynaklı konstrüksiyonlar, fren sistemleri, kapı sistemleri ve sinyalizasyon donanımları gibi kritik alt sistemlerin tasarımı ve üretiminde faaliyet gösteren firmaları bünyesinde barındırmaktadır.

2024 itibarıyla RSK çatısı altında 40'tan fazla firma bulunmaktadır. Üyeleri arasında sanayi işletmeleri, Ar-Ge merkezleri, üniversiteler (Anadolu Üniversitesi ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi), meslek odaları ve ilgili kamu kurumları yer almaktadır. Bu yapı, kümelenmeye sektörel derinlik ve teknik çeşitlilik kazandırmaktadır.

Eskişehir Raylı Sistemler Kümelenmesi (RSK), Türkiye'nin demiryolu üretim mirasına dayanan, sanayi odaklı ve bölgesel güç birliği modeliyle öne çıkan bir yapıdır. Yerli ve milli üretimin teknik altyapısını oluşturan bu kümelenme, aynı zamanda Eskişehir'in raylı sistemler şehri kimliğini koruyan ve geliştiren stratejik bir aktördür. URAYSİM gibi projelere sektörel yön verme kapasitesi, kamu ve üniversitelerle güçlü ilişkileri ve ihracata yönelik yönelimiyle RSK, Türkiye'nin raylı sistem ekosistemindeki temel yapı taşlarından biri olmayı sürdürmektedir.

#### 11.5.3. Bursa Raylı Sistemler Kümelenmesi (BURAY)

BURAY, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası (BTSO) öncülüğünde kurulan, Türkiye'nin raylı sistemlerde yerli ve millî üretim hedeflerine katkı sunan önemli bir bölgesel kümelenmedir. Bursa'nın güçlü otomotiv, makine ve savunma sanayi altyapısını raylı sistem teknolojilerine dönüştürme vizyonu ile yapılandırılan BURAY, Bursa'nın raylı sistemler sektöründe üretim, ihracat ve Ar-Ge merkezi olmasını amaçlamaktadır.

BURAY, ayrı bir dernek ya da vakıf yapısı değil; BTSO çatısı altında yürütülen sektör kümelenmesi programı kapsamında organize edilmiştir. Bu yönüyle kurumsal kapasitesini BTSO'nun teknik, organizasyonel ve uluslararası ağıyla bütünleştirerek çalışmalarını sürdürmektedir.

BURAY'ın faaliyet alanı; kent içi raylı ulaşım araçları (tramvay, hafif raylı sistem, metro), ana hat demiryolu taşıtları, raylı sistem komponentleri ve alt sistem üretime yönelik Ar-Ge ve tasarım hizmetlerini kapsamaktadır.

2024 itibarıyla BURAY çatısı altında 25'in üzerinde firma yer almaktadır. Bu firmalar arasında Bursa'da yerleşik büyük üreticiler KOBİ'ler, mühendislik ve tasarım ofisleri, kamuya ait ulaşım şirketleri ve çeşitli akademik paydaşlar bulunmaktadır. Bu geniş üyelik yapısı, kümelenmenin tedarik zincirinin tüm halkalarını kapsayan bir modelde faaliyet göstermesini sağlamaktadır.

BURAY, kent temelli sanayi dönüşümünün başarılı bir örneği olarak öne çıkmaktadır. Bursa'nın güçlü üretim kültürünü raylı sistem teknolojilerine aktaran bu kümelenme, hem yerli tramvay ve metro üretiminde öncülük etmiş hem de ihracat odaklı iş birlikleriyle küresel pazarda rekabet edebilecek kapasiteye ulaşmıştır.

Tüzel yapıdan ziyade BTO koordinasyonu yürütülen bir kümelenme modeli olması, kamu desteklerine erişim ve sektörel temsil gücü açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Eğitim, teknoloji ve dış ticaret alanlarında bütüncül bir yaklaşım sunan BURAY, Türkiye'nin raylı sistemler sanayisinde stratejik merkezlerinden biri olmaya devam etmektedir.

## 11.6. Diğer Raylı Sistem Dernekleri

### 11.6.1. Raylı Ulaştırma Sistemleri ve Sanayicileri Derneği (RAYDER)

RAYDER, Demiryolu sektörü için araç/ürün/mühendislik/hizmet üreten sanayicilerimiz tarafından 2005 yılında İstanbul'da kurulmuştur. Demiryolu sanayicilerimizin organizasyonu, karşılaştığı problemlerin çözümü, ülkemiz şartlarını dikkate alan demiryolu standartlarının oluşturulması/geliştirilmesi, üyelerinin ürün sertifikasyonunun sağlanması, Türkiye'de ve yurtdışında tanıtımları doğrultusunda çalışmalar yapmaktadır. Demiryolu sektöründe faaliyet gösteren yerli sanayimizin gelişmesi açısından RAYDER, hedeflerine uygun stratejiler ve politikalar oluşturmakta, altyapı ve araç üretimi yapan sanayimizin günümüz uluslararası koşullarına paralel gelişmesi için çalışmalar yapmaktadır. UNIFE'nin üyesi olan RAYDER'in 20 üyesi bulunmaktadır.

### 11.6.2. Demiryolları Taşımacılık Derneği (DTD)

Demiryolu Taşımacılığı Derneği (DTD), yeşil ve temiz taşımacılık türü olan demiryolu taşımacılığını çağın ve ülkenin gerekleri doğrultusunda geliştirmek ve demiryolunun ülkenin toplam taşımacılık içindeki payını yükseltmek amacıyla İstanbul'da 2006 yılında kurulmuştur.

DTD, 73 üyeye sahiptir. Üyeler, kendilerine ait vagonlarla veya TCDD vagonları ile ulusal ve uluslararası demiryolu taşımacılığı yapan, vagon üretim tesisleri olan, liman işletmeciliği yapan, vagon bakım ve onarım sanayi ile iştigal eden Türkiye'nin önemli firmalarından oluşmuştur. DTD, Demiryolu taşımacılığını destekleyerek ülkemizin demiryolu taşımacılığı payını arttırmak, gelecek nesillere temiz ve yeşil bir dünya bırakmak misyonu doğrultusunda çalışmalar yapmaktadır.

### 11.6.3. Raylı Sistemler Derneği (RSD)

Raylı Sistemler Derneği (RSD), Türkiye'de raylı sistemler sektörünün gelişimini desteklemek amacıyla 2014 yılında Karabük'te kurulmuş olan bir sivil toplum kuruluşudur. Dernek, raylı sistemler alanında faaliyet gösteren kamu kurumları, özel sektör firmaları, üniversiteler ve bireysel uzmanlar arasında iş birliğini teşvik etmeyi, sektörel bilgi birikimini artırmayı ve yerli üretimi desteklemeyi hedeflemektedir.

RSD, mühendislik, sinyalizasyon, altyapı, elektrifikasyon ve araç sistemleri gibi raylı sistemlerin tüm alt bileşenlerine yönelik teknik ve akademik çalışmalar yürütmektedir. Dernek bünyesinde oluşturulan Raylı Sistemler Akademisi aracılığıyla, sektöre yönelik sertifikalı eğitim programları ve mesleki gelişim kursları düzenlenmekte; genç mühendis adaylarına yönelik staj, kariyer danışmanlığı ve proje geliştirme olanakları sunulmaktadır.

Ayrıca seminer, panel, konferans, çalıştay ve teknik geziler gibi etkinliklerle hem sektörel bilinç oluşturmakta hem de farklı paydaşlar arasında etkileşimi güçlendirmektedir. Dernek, aynı zamanda teknik regülasyon ve standart geliştirme süreçlerine de katkı sağlamaktadır.

Raylı Sistemler Derneği, üyelerine bireysel veya kurumsal olarak katılım imkânı sunmakta; kurumsal üyelik kapsamında firmalara eğitim desteği, etkinlik sponsorlukları, tanıtım faaliyetleri ve sektörel görünürlük gibi avantajlar sağlamaktadır. Raylı sistemler alanında akademik gelişim, sektörel koordinasyon ve yerli üretim hedeflerine katkıda bulunmak isteyen herkes için RSD önemli bir platform sunmaktadır.

#### 11.6.4. Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği (UTİKAD)

1986 yılında İstanbul'da kurulan Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği (UTİKAD), Türk taşımacılık ve lojistik sektörünün en geniş kapsamlı sivil toplum kuruluşudur. Türkiye'de ve uluslararası alanda kara, hava, deniz, demiryolu ve kombine taşımacılığın yanı sıra liman işletmeciliği, antrepo ve depo hizmetleri, hızlı kargo ve paket taşımacılığı, gümrük müşavirliği faaliyetlerinde bulunan ve lojistik hizmet üreten firmaları aynı çatı altında toplayan UTİKAD, Türk lojistik sektörünün sesi olarak sektörü ve üyelerini yurt içi ve dışında pek çok platformda temsil etmektedir.

UTİKAD sektörün ve üyelerinin uluslararası standartlarda ve sürdürülebilir gelişimine katkı sağlamaya yönelik çalışmalarının yanı sıra Türkiye'de lojistik kültürün yerleşmesi ve gelişimi için eğitim faaliyetlerini yürütmektedir.



## 12. ULUSAL RAYLI SİSTEM HEDEFLERİ

Ekim 2021’de gerçekleştirilen 12. Ulaştırma ve Haberleşme Şûrası’nda, Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı demiryolu sektörü için kısa, orta ve uzun vadeli iddialı hedefler içeren yeni bir “yol haritası” açıkladı. 2035 ve 2053 yıllarına uzanan bu hedefler, Şûra’nın kapanış oturumunda Bakan tarafından kamuoyuna duyurulmuştur.

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla dünyanın en önemli lojistik koridorları olan Doğu-Batı ve Kuzey-Güney akslarının tam ortasında yer almaktadır. Bu merkezi konum, Türkiye’yi 4 saatlik uçuş mesafesinde 67 ülke, 1,6 milyar insan, 43 trilyon dolarlık gayrisafi milli hasıla ve 11 trilyon dolarlık ticaret hacmine sahip stratejik bir bölgenin kalbine yerleştirmektedir. Mevcut küresel ticaret hacmi yaklaşık 15 milyar ton civarında olup, 2030’da 25 milyar tona, 2100’de ise 150 milyar tona çıkması beklenmektedir. Türkiye, bu büyüyen küresel ticaretten daha fazla pay almayı hedeflemekte, bu da lojistik koridorlardaki ülkelerle işbirliklerinin geliştirilmesini ve daha fazla yatırım yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu stratejinin en önemli bileşenlerinden biri Kalkınma Yolu Projesi’dir. Türkiye’nin büyük önem verdiği ve üzerinde çalıştığı bu proje, Hint Okyanusu’ndaki Basra Körfezi’nden başlayarak Irak’ın Faw Limanı’ndan Türkiye’ye ulaşan 1200 kilometrelik bir demiryolu hattını içermektedir. Bu hat, Orta Koridor ile entegre edilerek Avrupa’ya, Ege Denizi’ne, Karadeniz’e ve Akdeniz’e ulaşan, Süveyş Kanalı’na alternatif hayati bir lojistik koridor oluşturmayı hedeflemektedir. Proje kapsamında Irak’ta 1.176 km yüksek hızlı yük ve yolcu demiryolu hattı ile 1.190 km otoyol inşa edilmesi planlanırken, Türkiye içinde ise 615 km demiryolu ve 320 km otoyol inşa edilerek transit koridorun AB ve Kafkaslar üzerinden Rusya ve Orta Asya’ya ulaştırılması amaçlanmaktadır.

Bu projeler ve stratejik konumlandırma, Türkiye’nin sadece bir transit ülke olmaktan öte, katma değer yaratan merkezi bir lojistik üs haline gelme arzusunu ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm, yalnızca mal geçişlerini kolaylaştırmakla kalmayıp, depolama, dağıtım, işleme ve hatta üretim gibi kapsamlı katma değerli hizmetler sunarak ekonomik faydaları artırmayı amaçlamaktadır. Bu stratejik değişim, Türkiye’nin ekonomik kaldıraç gücünü, jeopolitik etkisini ve Avrasya ticaretindeki stratejik önemini artırmayı hedeflemekte, aynı zamanda ileri lojistik altyapısıyla desteklenen uzun vadeli endüstriyel kalkınma vizyonunu da içermektedir.

Türkiye’nin ulaşım yatırımları geçmişte büyük ölçüde karayollarına odaklanmıştır; toplam 194 milyar dolarlık yatırım bütçesinin %65’i karayolu altyapısına ayrılmıştır. Ancak, son yıllarda belirgin bir politika değişikliği yaşanmış ve demiryolu yatırımları hız kazanarak toplam ulaşım yatırımlarının %60’ından fazlasını oluşturur hale gelmiştir. Bu değişim, ülkenin ulaşım sistemindeki dengesizliği giderme ve demiryolunun potansiyelini tam olarak kullanma yönündeki kararlılığını göstermektedir.

“2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı” kapsamında, 2053 yılına kadar demiryolu yatırımları için 64 milyar dolarlık önemli bir bütçe ayrılmıştır. Bu rakam, tüm ulaşım modlarında öngörülen 198 milyar dolarlık daha büyük ve kapsamlı yatırımın bir parçasıdır ve ulusal altyapı gelişimine bütüncül bir yaklaşım sergilendiğini göstermektedir.

Karayolu yatırımlarının tarihsel hakimiyeti, ulusal ulaşım sisteminde trafik sıkışıklığı ve daha yüksek karbon emisyonları ile karakterize edilen bir dengesizliğe yol açmıştır. Mevcut politika değişikliği, yeni ulaşım yatırımlarının %60’ından fazlasını demiryollarına ayırarak, modal dağılımı yeniden dengeleme yönünde stratejik bir çabayı işaret etmektedir. Bu yeniden dengeleme, demiryolunun doğasında bulunan çevresel sürdürülebilirlik (birim taşıma başına daha düşük karbon ayak izi), uzun mesafeli toplu yük taşımacılığındaki ekonomik verimlilik ve karayolu tıkanıklığını ve ilgili maliyetleri azaltma potansiyeli gibi çok sayıda faktörden kaynaklanmaktadır. Bu önemli yatırım tahsis değişikliği, geçmişteki verimsizlikleri gidermek ve yeşil lojistik ile sürdürülebilir ulaşımı vurgulayan küresel eğilimlerle uyum sağlamak için temel bir adımdır. Bu yeniden dengeleme, sadece ekonomik veya lojistik bir karar değil, aynı zamanda Türkiye’nin “2053 net-sıfır” emisyon hedefine olan taahhüdünün de önemli bir bileşenidir. Demiryolunu teşvik ederek, Türkiye kendisini “Yeşil Ulaşım” alanında bir lider olarak konumlandırmayı ve ulusal iklim hedeflerine önemli katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Hedeflerin temel amacı, ulaştırma alanında etkinliği ve paydaş faydasını en üst düzeye çıkarmak ve demiryolunun Türkiye’nin gelecekteki hareketlilik ve lojistik sistemindeki rolünü güçlendirmektir. Özetle, 2053 Raylı Sistem Hedefleri, Türkiye’nin demiryolu altyapısını önemli ölçüde genişletmeyi ve yolcu ile yük taşımacılığında demiryolunun payını artırmayı, böylece ekonomik ve çevresel hedeflerle (örneğin net sıfır emisyon taahhütleri) uyumlu bir sistem oluşturmayı amaçlamaktadır.

## 12.1. Kısa Vadeli Demiryolu Hedefleri (2023-2028): Büyümenin Temelleri

Yakın vadede (yaklaşık 2020'lerin ortasına kadar), Türkiye'nin demiryolu stratejisi kurumsal reformlar, kapasite artışları ve ağ genişletmede hızlı kazanımlar elde etmeye odaklanmaktadır. Başlıca kısa vadeli hedefler şunlardır:

### 12.1.1. Yönetişim ve Yasal Çerçeve

- **Hedef:** Demiryolu KİT'lerinde ve sektörel paydaşlar arasında sürdürülebilir kurumsal yönetim anlayışını sağlayacak yapı ve mekanizmaları oluşturmak.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Türkiye'de demiryolu sektöründe serbestleşme, 2013 yılında yürürlüğe giren 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun ile başlamıştır. Bu kanunla TCDD, altyapı işletmecisi olarak yeniden yapılandırılmış ve TCDD Taşımacılık A.Ş. tren işletmecisi olarak kurulmuştur. İkincil mevzuatın büyük bir kısmı 2018 yılına kadar tamamlanmıştır. Ancak, 2053 hedefleri arasında "sürdürülebilir kurumsal yönetim" in hala bir hedef olarak yer alması, ilk serbestleşme adımlarının ve yasal çerçevenin KİT'lerin tam sürdürülebilirliğini veya operasyonel verimliliğini sağlamakta yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu durum, finansal özerklik, operasyonel esneklik veya düzenleyici denetimin etkinliği gibi alanlarda devam eden zorluklara işaret etmektedir. 2022 Cumhurbaşkanlığı yıllık programında özel demiryolu işletmeciliğini teşvik eden ikincil mevzuatın tamamlanmasına odaklanılması, bu alandaki sürekli iyileştirme ihtiyacını vurgulamaktadır. Bu sürekli odaklanma, yasal çerçevelerin tek başına etkili yönetişimi garanti etmediğini, aynı zamanda KİT'ler içinde pratik uygulama, kültürel değişimler ve piyasa dinamiklerine sürekli adaptasyonun uzun vadeli başarı ve özel sektör yatırımlarını çekmek için kritik olduğunu göstermektedir.

- **Hedef:** Sektörün mevcut ihtiyaç ve gereksinimlerini karşılayacak şekilde Demiryolu Çerçeve Kanunu'nun yayımlanması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2013'teki serbestleşme kanununa rağmen, yeni bir "Demiryolu Çerçeve Kanunu"nun hala bir hedef olması, mevcut mevzuatın bazı boşluklar bırakmış olabileceğini, beklenmedik sorunlar yaratmış olabileceğini veya sektörün gelişen ihtiyaçlarına ve iddialı 2053 vizyonuna tam olarak uygun olmadığını düşündürmektedir. Bu yeni çerçeve, rolleri netleştirmeyi, düzenleyici otoriteyi güçlendirmeyi, özel sektör katılımını daha fazla tanımlamayı veya çeşitli mevzuat parçalarını daha tutarlı ve ileriye dönük bir belgede birleştirmeyi amaçlayabilir. Bu, demiryolu endüstrisinin dinamik doğasına yasal ortamın sürekli adaptasyon sürecini yansıtmaktadır. 2013 serbestleşmesinden sonra belirlenen eksiklikler, karmaşıklıklar veya gelişen gereksinimler, etkili, tutarlı ve sürdürülebilir sektör gelişimini sağlamak için yeni, kapsamlı bir Çerçeve Kanunu'nun geliştirilmesini ve yayımlanmasını gerekli kılmaktadır.

- **Hedef:** Demiryolu tren işletmecilerinin ilk yatırım ve enerji maliyetleri ile kombine taşımacılığın teşvik edilmesine yönelik hukuki düzenlemelerin yapılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Özel sektör tarafından yapılacak şehirlerarası yük ve/veya yolcu taşımacılığına yönelik demiryolu yatırımları, öncelikli sektör yatırımları kapsamında damga vergisi muafiyetinden faydalanmaktadır. Ayrıca, kombine taşımacılıkta denizyolu taşımalarına kilometre başına maddi destek sağlanmaktadır. "İlk yatırım ve enerji maliyetleri"nin hala özel olarak belirtilmesi, mevcut teşviklere rağmen bu maliyetlerin potansiyel özel operatörler için önemli finansal engeller olmaya devam ettiğini göstermektedir. Özellikle enerji maliyetleri, diğer taşıma modlarına kıyasla demiryolu taşımacılığının rekabet gücünü etkileyen önemli ve sürekli bir operasyonel giderdir. Kombine taşımacılık teşviklerine devam edilmesi, Türkiye'nin denizcilik kapasitelerini etkin bir şekilde kullanma ve farklı taşıma modlarını daha verimli bir şekilde entegre etme stratejik çabasını yansıtmaktadır. Bu, hükümetin sadece özel sektör katılımına izin vermenin yeterli olmadığını, demiryolunu gerçekten cazip bir yatırım ve operasyon alanı haline getirmek için aktif ve hedefe yönelik finansal ve düzenleyici desteğin gerekli olduğunu anladığını göstermektedir. Bu destek, Türkiye'nin lojistik merkezi olma hedeflerini gerçekleştirmek için kritik olan kombine taşımacılık için özellikle önemlidir.

### 12.1.2. Dijitalleşme ve Emniyet

- **Hedef:** Demiryollarında dijital dönüşümün sağlanarak veri izleme sistemleri, varlık yönetim sistemleri ve bakım yönetim sistemlerinin kurulması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** TCDD, dijital dönüşüm alanında önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) dahil olmak üzere Varlık Yönetim Sistemi için pilot çalışmalar tamamlanmış, bazı bölgelerde CBS için temel yazılım altyapısı oluşturulmuş ve diğer bölgelerde çalışmalar devam etmektedir. TCDD Taşımacılık'ın 2024-2028 Stratejik Planı, dijitalleştirilmiş süreçlerin, yazılım kullanımının ve mobil uygulamaların sayısını artırma konusunda iddialı hedefler belirlemiştir. Ayrıca, Yapay Zeka (AI), blok zinciri, Sanal Gerçeklik (VR) ve 5G teknolojileri gibi ileri teknolojilerin demiryolu operasyonlarına entegrasyonu açıkça hedeflenmektedir. Varlık ve bakım yönetim sistemlerinin uygulanması, sadece teknolojik bir benimsemenin ötesinde, operasyonel verimliliği artırma, güvenliği iyileştirme ve öngörücü bakım yetenekleri sağlama yönünde temel bir değişimdir. Varlık envanterlerinin ve bakım süreçlerinin dijitalleştirilmesiyle TCDD, operasyonel maliyetleri azaltmayı, beklenmedik arızalardan kaynaklanan kesintileri en aza indirmeyi ve geniş altyapısını proaktif olarak yönetmeyi amaçlamaktadır. Bu durum, doğrudan daha iyi güvenlik ve artırılmış hizmet güvenilirliği anlamına gelmektedir. AI, blok zinciri, VR ve 5G gibi ileri teknolojilerin entegrasyonu, gerçekten "akıllı bir demiryolu" sistemi geliştirme yönünde ileriye dönük bir yaklaşımı göstermektedir. Dijitalleşme, kapsamlı, gerçek zamanlı veriler sağlayarak ve proaktif bakım stratejilerini mümkün kılarak operasyonel verimliliğin artmasına, maliyetlerin düşmesine, güvenliğin artmasına ve varlık kullanımının iyileşmesine yol açmaktadır.

- **Hedef:** Demiryolu Emniyet Strateji Belgesi ve Eylem Planı'nın hazırlanması ve uygulanması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** TCDD Genel Müdürü, "Emniyet Stratejisi"ni zaten kamuoyuna açıklamış ve bu strateji çeşitli kanallar aracılığıyla tüm personele aktif olarak iletilmektedir. TCDD 2024-2028 Stratejik Planı, altyapı kaynaklı kazaların (raydan çıkmalar, tren-demiryolu aracı çarpışmaları ve hemzemin geçit kazaları gibi) azaltılmasını temel bir hedef olarak içermektedir. İlerleme raporları, 2022 yılı sonu itibarıyla kaza azaltma hedeflerinin karşılandığını, hatta aşıldığını göstermektedir. Ayrıca, Demiryolu Emniyet Yönetmeliği, manevra operasyonlarına ilişkin hükümleri içerecek şekilde yakın zamanda değiştirilmiş, bu da devam eden düzenleyici adaptasyonu yansıtmaktadır. Halihazırda açıklanmış bir "Emniyet Stratejisi"nin varlığı ve "Demiryolu Emniyet Strateji Belgesi ve Eylem Planı"nın ayrı bir kısa vadeli hedef olarak belirlenmesi, emniyete yönelik sürekli, gelişen ve resmileşen bir yaklaşımı göstermektedir. Kazaların azaltılmasındaki olumlu ilerleme, önceki emniyet çabalarının somut sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır.

Ancak, yeni hedef, ağ genişledikçe ve operasyonlar daha karmaşık hale geldikçe ortaya çıkan riskleri ele almak ve uluslararası en iyi uygulamalarla uyum sağlamak için daha resmi, muhtemelen daha kapsamlı veya güncellenmiş bir stratejik belge ve eylem planı ihtiyacını ima etmektedir. Bu sürekli odaklanma, emniyetin statik bir başarı değil, yüksek standartları ve kamu güvenini sürdürmek için sürekli gözden geçirme, adaptasyon, resmileştirme ve demiryolu operasyonlarının tüm yönlerine entegrasyon gerektiren dinamik bir süreç olduğunu vurgulamaktadır.

### 12.1.3. Ağ Genişletme ve Kapasite Artırma

- **Hedef:** Demiryolu altyapı kapasite kullanımını artırarak özel sektörün yolcu ve yük taşımacılığındaki taşıma payının artırılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2013 yılındaki serbestleşme kanunu, özel kuruluşların tren işletmeciliği yapmasına açıkça izin vermiştir. Özel sektör faaliyetlerine ilişkin kanıtlar arasında, 2024 yılında özel şirketler tarafından taşınan 7 milyon ton yükün toplam yükün %26,8'ini oluşturması yer almaktadır. Ancak, bu olumlu gelişmeye rağmen, Türkiye'de genel demiryolu yük taşımacılığı, kapasite kullanım oranı 2013'te %75 iken 2021'de %51'e düşmüştür. Özel sektörün yük taşımacılığındaki payının artması ile genel kapasite kullanım oranının düşmesi arasında dikkat çekici bir çelişki bulunmaktadır. Bu durum, özel operatörlerin belirli, daha kârlı rotalarda kapasite kullanırken, ağın diğer bölgelerinde önemli ölçüde kullanılmayan kapasite olabileceğini veya özel işletmelerin büyümesinin devlet işletmecisi (TCDD Taşımacılık) tarafından yaşanan daha geniş verimsizlikleri veya yetersiz kullanımları henüz tam olarak dengeleyemediğini düşündürmektedir. Bu tutarsızlık, kapasitenin nerede yetersiz kullanıldığını, özel sektör büyümesinin belirli rotalarda yoğunlaşıp yoğunlaşmadığını ve mevcut düzenleyici veya operasyonel çerçevelerin daha geniş ağ kullanımını yeterince teşvik edip etmediğine dair daha derinlemesine bir analize ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

- **Hedef:** Demiryolu hat uzunluğunun 12.803 km'den 14.550 km'ye çıkarılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2023 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam demiryolu uzunluğu 13.919 km'ye ulaşmıştır. Sadece 2023 yılında 791 km yeni demiryolu ağı inşa edilmiştir. 2025 yılı için yapılan projeksiyonlar, toplam demiryolu hat uzunluğunun 14.000 km'yi aşacağını öngörmektedir. Mevcut demiryolu hat uzunluğu (2023'te 13.919 km), kısa vadeli 14.550 km hedefine oldukça yakındır, bu da ağ genişlemesinde güçlü bir ilerlemeyi göstermektedir. Ancak, 2053 yılına kadar 28.590 km'lik iddialı uzun vadeli hedefe ulaşmak için, Türkiye'nin önümüzdeki on yıllarda önemli ölçüde daha hızlı bir inşaat hızını sürdürmesi gerekecektir. Bu durum, hızlandırılmış yatırım, kolaylaştırılmış proje yürütme ve gelecekteki aşamalarda daha karmaşık coğrafi zorlukların üstesinden gelme gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sürekli yüksek yatırım seviyeleri, etkin proje yönetimi ve etkili arazi edinme süreçleri, iddialı uzun vadeli ağ genişletme hedeflerine ulaşmak için kritik öneme sahiptir.

- **Hedef:** Çift hatlı demiryolunu uzunluğunun toplam anahat içerisindeki payının %13'ten %19'a yükseltilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2013 yılında belirlenen bir hedef, çift hat uzunluğunun 2023'e kadar %9'dan %50'ye çıkarılmasını öngörmüştür. Kısa vadeli %19'luk mevcut hedef, başlangıçtaki daha iddialı hedeflere kıyasla daha ölçülü bir ilerlemeyi yansıtmaktadır. Çift hatlı demiryolları, ağ kapasitesini ve operasyonel esnekliği artırmak için hayati öneme sahiptir, çünkü daha sık ve çeşitli tren seferlerine olanak tanır. Mevcut hedef, ağın modernizasyonunda istikrarlı, ancak belki de başlangıçta öngörülenden daha yavaş bir ilerlemeyi işaret etmektedir.

- **Hedef:** Elektrikli hat oranının %46'dan %54'e yükseltilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2023 yılında 898 km elektrikli demiryolu hattı eklenmiştir. Elektrifikasyon, operasyonel maliyetleri düşürme, çevresel sürdürülebilirliği artırma ve verimliliği yükseltme açısından büyük önem taşımaktadır. 2023'teki önemli artış, bu alandaki kararlılığı ve ilerlemeyi açıkça göstermektedir.

- **Hedef:** Sinyalli hat oranının %53'ten %65'e yükseltilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2023 yılında sinyalli demiryolu hat uzunluğu 811 km artırılmıştır. Sinyalizasyon sistemleri, güvenlik ve kapasite için temeldir, daha yüksek trafik yoğunluğuna ve operasyonel güvenilirliğe olanak tanır. 2023'teki kayda değer eklemeler, altyapının modernizasyonuna verilen önemi vurgulamaktadır.

#### 12.1.4 Yük ve Yolcu Taşımacılığı Gelişimi

- **Hedef:** Karasal taşımacılık içerisindeki demiryolu yük taşımacılığı oranının %11'e çıkarılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2022 yılında karasal yük taşımacılığındaki demiryolu payı %4,9 olarak gerçekleşirken, 2023 yılında bu oran %5,4'e yükselmesi öngörülmüştür. Özel sektörün kendi vagonlarıyla taşıdığı yük miktarı 2024 yılında 7 milyon tona ulaşmış, bu da toplam yük taşımalarının %26,8'ini oluşturmuştur. %11'lik hedef, karayolu yük taşımacılığındaki payın azaltılması ve karbon emisyonlarının düşürülmesi açısından önemli bir artışı temsil etmektedir. Özel sektör katılımının artması olumlu bir gösterge olsa da, genel modal değişimin sağlanması için daha geniş sistemik değişiklikler gerekmektedir.

- **Hedef:** Karasal taşımacılık içerisindeki demiryolu yolcu taşımacılığı oranının %4'e çıkarılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2022'de demiryolu yolcu taşıma payı %2 iken, 2023 yılı için %5,7'ye yükselme tahmini yapılmıştır. Bu hedef iddialı olsa da, mevcut rakamlar ilerleme kaydedildiğini göstermektedir. Yüksek hızlı trenler (YHT) yolcu sayısını artırmada kilit bir rol oynamakta, konfor ve hız sunmaktadır.

- **Hedef:** Mevcut demiryolu çeken ve çekilen araç filosunun artırılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2021 yılı itibarıyla TCDD Taşımacılık A.Ş. toplam 875 lokomotif ve 16.476 ticari yük vagonuna sahiptir. Yeni E5000 lokomotiflerinden 95 adedinin 2027 yılına kadar üretilmesi planlanmaktadır. Filo modernizasyonu ve genişlemesi, artan talebi karşılamak ve operasyonel verimliliği artırmak için kritik öneme sahiptir. Mevcut filonun yaş profili (lokomotiflerin %20'si 40 yaş üstü, yük vagonlarının %9,7'si 40 yaş üstü) sürekli yenileme ihtiyacını göstermektedir.

- **Hedef:** Lojistik Master Planı dikkate alınarak lojistik merkezlerin etkinliğinin ve verimliliğinin artırılması için işletme modellerinin geliştirilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** 2021/2023 itibarıyla 12 lojistik merkezi faaliyettedir. Kısa vadeli hedef 17'ye, orta vadeli hedef ise 26'ya çıkarılmasıdır. Lojistik merkezler, kombine taşımacılık için ve Türkiye'nin lojistik üs statüsünü güçlendirmek için hayati öneme sahiptir. Sayılarının artırılması ve operasyonel modellerin geliştirilmesine odaklanılması, verimliliği ve kapasiteyi artıracaktır.

- **Hedef:** Yük potansiyeli bulunan lojistik merkezleri, fabrika, sanayi, OSB ile limanlara iltisak hattı bağlantılarının artırılarak kombine ve yük taşımacılığının geliştirilmesinin sağlanması amacıyla toplam iltisak hattı uzunluğunun 580 km'ye çıkarılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Mevcut durumda 241 iltisak hattı bulunmakta ve toplam uzunlukları 375 km'dir. Taşımacılığın yaklaşık %41'i iltisak hatları üzerinden gerçekleştirilmektedir. İltisak hatları, doğrudan demiryolu erişimi sağlayarak ilk/son mil maliyetlerini düşürmekte ve kombine taşımacılığı kolaylaştırmaktadır. Uzunluktaki artış, endüstriyel rekabet gücünü doğrudan destekleyecektir.

- **Hedef:** Kamu tüzel ve tüzel kişiliğe sahip şirketlerin kargo taşımacılığını demiryolu ile yapmasının sağlanması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Bu hedef, özel sektörün demiryolu yük taşımacılığına katılımını artırma hedefiyle örtüşmektedir. 2013 serbestleşme kanunu, kamu tüzel kişiliğine sahip şirketlerin demiryolu altyapısı inşa etmesine ve kullanmasına, ayrıca demiryolu altyapısı ve tren hizmetleri işletmesine izin vermiştir.

#### 12.1.5 Yerli Üretim ve Kent İçi Raylı Sistemler

- **Hedef:** Raylı Sistem Araç ve alt bileşenlerinin en az %80 oranında yerli ve milli imkanlarla üretilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Demiryolu projelerinde yerlilik oranları elektrifikasyonda %10'dan %95'lere, sinyalizasyonda %17'den %35'lere, üstyapıda %11'den %95'lere ve altyapıda %96'dan %100'lere yükselmiştir. Demiryolu araçlarının üretiminde ise %70'lere varan yerlilik oranlarına ulaşılmıştır. Bu iddialı hedef, dışa bağımlılığı azaltmayı, ulusal sanayiye canlandırmayı ve cari açığı düşürmeyi amaçlamaktadır. Bazı alanlarda yüksek yerlilik oranları elde edilmiş olsa da, sinyalizasyon gibi diğer alanlarda daha fazla geliştirme gerekmektedir.

Türkiye'de raylı sistemler sektöründe yerlilik oranının en az %51 olması şartı getirilmiş, ancak yabancı üreticilerin alt tedarikçi firmalarla ortaklık yaparak bu şartı sağlaması, yerli üreticilerin iç piyasada tam hakimiyet kurmasını zorlaştırmıştır. Bu durum, hedefe ulaşmak için daha derinlemesine politikaların ve teşviklerin gerekliliğini göstermektedir.

- **Hedef:** Yüksek standartlı, güvenli ve ülke ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde kentiçi raylı sistem ağının 300 km'ye çıkarılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Günümüzde Türkiye genelinde 12 ilde yapımı devam eden kentiçi raylı sistem hat uzunluğu 868.3 km'dir. Bu rakam, kısa vadeli 300 km hedefini önemli ölçüde aşmaktadır. Bu durum, kentiçi raylı sistem gelişiminin hedeflenenden çok daha hızlı ilerlediğini ve 2053 vizyonundaki 2000 km'lik kentiçi raylı sistem uzunluğu hedefine daha uygun bir yolda olduğunu göstermektedir.

- **Hedef:** Konvansiyonel bölgesel ve orta mesafe anahat yolcu taşımacılığında tren seti (EMU+DMU) işletmeciliğinin yaygınlaştırılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Milli Tren Projesi, yeni nesil dizel (DMU) ve elektrikli (EMU) tren setlerinin üretimini hedeflemektedir. Temmuz 2021'de başlayan test sürüşlerinin ardından, Nisan 2023 itibarıyla 3 set tamamlanmış, Mayıs 2025 itibarıyla ise hizmetteki set sayısı 5'e yükselmiştir. 2030 yılına kadar toplam 56 set üretilmesi planlanmaktadır. Bu, modern, verimli ve konforlu bölgesel seyahati teşvik ederek, yolcu taşımacılığında demiryolunun genel payının artırılmasına katkıda bulunmaktadır.



### 12.1.6. İnsan Kaynakları ve Teknoloji Entegrasyonu

- **Hedef:** Sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli insan kaynağının sağlanması ile buna yönelik eğitim mesleki ve teknik eğitim programlarının uygulanması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** TCDD'nin 2019-2022 dönemindeki performans göstergeleri, çalışan başına düşen eğitim saatinin 30'a ulaştığını ve sertifikalı emniyet kritik personel sayısının 15.000 hedefini aşarak 17.500'e ulaştığını göstermektedir. İnsan kaynağının geliştirilmesi, modern ve genişleyen bir demiryolu ağını güvenli ve verimli bir şekilde işletmek için hayati öneme sahiptir. Elde edilen olumlu ilerleme, bu alanda güçlü bir temel oluşturulduğunu göstermektedir.

- **Hedef:** Gar ve istasyonlar ile tesislerin engelsiz hale getirilmesi için proje çalışmalarının tamamlanarak uygulamaya geçilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** İstasyon ve durakların mevcut durum analizleri tamamlanmıştır. 2022 yılı sonu itibarıyla istasyon ve durakların %19'u engelsiz hale getirilmiştir. Engelli yolcular için "Turuncu Masa" hizmeti, Ankara, Eryaman YHT garları, Eskişehir, Konya Selçuklu ve Ankara-Sivas Hızlı Tren Hattı üzerindeki istasyonlar gibi yoğun yolcu trafiği olan YHT garlarında 2019'dan beri sunulmaktadır. Bu hizmetten 2019'dan bu yana 41 binden fazla hareket kabiliyeti kısıtlı vatandaş faydalanmıştır. Erişilebilirlik, yolcu memnuniyeti ve kapsayıcılık için hayati öneme sahiptir. İlerleme kaydedilse de, özellikle belediyelerden ve Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulları'ndan gerekli izinlerin alınmasında yaşanan gecikmeler ve kamulaştırma sorunları gibi zorluklar devam etmektedir.

- **Hedef:** Turistik tren güzergahlarını artırılması.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Ankara'dan başlayarak Kalecik, Çankırı ve Karabük üzerinden Zonguldak'a kadar devam eden "Kömüre Giden Demir Yolu-Yeşil Rota" üzerinde tren turizminin geliştirilmesi kapsamında Karaelmas Ekspresi seferlerine Nisan 2024'te başlanmıştır. Turistik tren rotalarının artırılması, demiryolu hizmetlerini çeşitlendirmekte, turizmi canlandırmakta ve kültürel mirası değerlendirmektedir. Özellikle Kars, Erzurum, Çankırı ve Van gibi kültürel zenginliği yüksek illere yapılan seferler, yerli ve yabancı turist potansiyelini artırmaktadır.

- **Hedef:** Makinist planlamasında optimizasyon sağlayacak bilgisayar destekli planlama sistemini hayata geçirilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Lojistik Sahaları Planlama ve Yönetim Sistemi (LTPS) projesi, lojistik sahalarındaki yerleşim düzeni, iş ataması, kuyruklama ve depolama gibi tüm süreçlerin otomatik yönetileceği bir saha planlama ve yönetim sistemi olarak planlama aşamasındadır. Makinist planlaması için optimizasyon sistemleri, kaynak tahsisini verimli hale getirme, operasyonel maliyetleri düşürme ve hizmet güvenilirliğini artırma açısından kritik öneme sahiptir. TCDD Taşımacılık, insan kaynaklarını stratejik bir anlayışla yönetmek ve sektördeki rekabet gücünü artırmak amacıyla "Norm Kadro Projesi"ni başlatmıştır.

- **Hedef:** Lokomotif ve çevre kamera takip sistemini hayata geçirilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Lokomotifler, TCDD Taşımacılık Tren İzleme ve Koordinasyon Merkezi'nde yapay zeka destekli uygulamalar ve takip yazılımları ile 7 gün 24 saat takip edilmektedir. Bu sistem, trenlerin seyirleri sırasında sürüş emniyeti ve güvenliği ile meydana gelen kaza ve ramak kala olayların kök nedenlerinin tespit edilerek gerekli önlemlerin alınmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu sistemler, emniyet, güvenlik ve operasyonel izlemeyi artırarak, olay önleme ve analize katkıda bulunmaktadır.

- **Hedef:** Milli demiryolu sanayisinin geliştirilmesi ve sektörün ihtiyaç duyduğu Ar-Ge ve teknoloji projelerinin TÜBİTAK, Bilimsel Kuruluşlar ve Üniversite işbirlikleriyle hayata geçirilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** İstanbul Ticaret Üniversitesi ve ASELSAN arasında, demiryolu sektöründe dışa bağımlılığı azaltmak ve yerli çözümler üretmek amacıyla Ar-Ge faaliyetleri yürütmek üzere bir işbirliği protokolü imzalanmıştır. Bu protokol, demiryolu iletişim altyapıları ve akıllı şehir uygulamaları konularında bilimsel ve teknolojik araştırmaları, eğitim çalışmalarını ve laboratuvar/test altyapılarının karşılıklı kullanımını hedeflemektedir. Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi Anonim Şirketi (TÜRASAŞ) 2020 yılında kurulmuştur. İşbirliği, sinyalizasyon gibi kritik demiryolu teknolojilerinde teknolojik öz yeterliliği ve yeniliği artırarak dışa bağımlılığı azaltmak için anahtar niteliğindedir.

- **Hedef:** Demiryolu Enerji ve İklim Değişikliği Eylem Planının hazırlanması ile karbon salınımını azaltacak stratejilerin belirlenmesi ve hayata geçirilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** Türkiye'nin 2053 net-sıfır emisyon hedefi doğrultusunda düşük emisyonlu ve iklim dirençli kalkınma anlayışı sürdürülmektedir. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023) ve Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022) gibi belgeler, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına yönelik hedefler içermektedir. Bu, demiryolu sektörünü "yeşillendirme", ulusal iklim hedefleri ve uluslararası taahhütlerle uyum sağlama açısından kritik bir adımdır.

- **Hedef:** Müşteri sadakat programı ve müşteri memnuniyetini esas alan modern müşteri ilişki yönetim modelinin gerçekleştirilmesi.

**Mevcut Durum ve Analiz:** TCDD Taşımacılık, müşteri memnuniyetine odaklanmakta ve e-bilet uygulaması, çağrı merkezi ve WhatsApp hattı gibi çeşitli iletişim kanalları sunmaktadır. E-bilet uygulaması, 2023 yılında 13,6 milyondan fazla yolcu tarafından kullanılmış ve toplam satışların %55'ini oluşturmuştur. Müşteri odaklı yaklaşımlar, yolcu sayısını ve yük hacmini artırmak, demiryolu hizmetlerinin uzun vadeli uygulanabilirliğini ve çekiciliğini sağlamak için hayati öneme sahiptir.

## 12.2. Orta Vadeli Demiryolu Hedefleri (2029-2035): Hızlandırılmış Dönüşüm

### 12.2.1. Modal Değişim ve Ağ Genişletme

- **Hedef:** Karasal taşımacılık içerisindeki demiryolu yük taşımacılığı oranının %17'ye çıkarılması.

**Analiz:** Bu hedef, kısa vadeli hedeflere göre önemli bir artışı temsil etmekte ve demiryolunun yük taşımacılığı için stratejik önemini vurgulamaktadır. Bu hedefe ulaşmak, altyapı, demiryolu araçları ve lojistik entegrasyonuna önemli yatırımlar gerektirecektir. Özel sektörün katılımının artması ve lojistik merkezlerin etkinleştirilmesi bu hedef için temel itici güçler olacaktır.

- **Hedef:** Karasal taşımacılık içerisindeki demiryolu yolcu taşımacılığı oranının %7,5'a çıkarılması.

**Analiz:** Yüksek hızlı tren hatlarının sürekli genişlemesi ve bölgesel hizmetlerin iyileştirilmesi, bu hedefe ulaşmada kilit faktörler olacaktır. Özellikle kentleşme oranının artmasıyla birlikte, kentiçi ve şehirlerarası raylı sistemlerin entegrasyonu, yolcu sayılarında önemli bir artış sağlayabilir.

- **Hedef:** Demiryolu hat uzunluğunun 21.130 km'ye çıkarılması.

**Analiz:** Bu hedef, Türkiye'nin küresel bir demiryolu oyuncusu olma taahhüdünü gösteren, sürekli ve agresif bir inşaat hızını gerektirmektedir. Bu genişleme, özellikle uluslararası ticaret koridorları üzerindeki stratejik hatlara odaklanarak, ülkenin lojistik kapasitesini artıracaktır.

- **Hedef:** Çift hatlı demiryolunu uzunluğunun toplam anahat içerisindeki payının %19'dan %33'e yükseltilmesi.

**Analiz:** Çift hatlı hatların genişlemesi, ağ kapasitesini ve operasyonel esnekliği artırmak için kritik öneme sahiptir, daha sık ve çeşitli tren seferlerine olanak tanır. Bu artış, mevcut hatlardaki darboğazları azaltarak genel verimliliği yükseltecektir.

- **Hedef:** Elektrikli hat oranının %54'ten %90'a yükseltilmesi.

**Analiz:** Yüksek elektrifikasyon oranları, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak, operasyonel maliyetleri düşürmek ve çevresel hedeflerle uyum sağlamak için temeldir. Bu, demiryolu taşımacılığının çevresel ayak izini önemli ölçüde azaltacaktır.

- **Hedef:** Sinyalli hat oranının %65'ten %90'a yükseltilmesi.

**Analiz:** Bu seviyede sinyalizasyon, yüksek güvenlik standartlarını, artırılmış trafik yoğunluğunu ve verimli ağ yönetimini garanti eder. Sinyalizasyonun yaygınlaşması, özellikle yüksek hızlı hatlarda ve yoğun konvansiyonel hatlarda operasyonel güvenilirliği artıracaktır.

### 12.2.2. Teknolojik Gelişim ve Operasyonel Verimlilik

- **Hedef:** Geliştirilen "Milli Sinyal Sistemini" yaygınlaştırarak marka haline getirilmesi.

**Analiz:** Milli Sinyal Sistemi'nin yaygınlaştırılması ve markalaşması, teknolojik bağımsızlık ve ihracat potansiyeli açısından kritik bir adımdır. Başarılı bir markalaşma, sistemin güvenilirliğini ve performansını kanıtlamayı gerektirecektir. Bu gelişme, Türkiye'nin demiryolu teknolojileri alanında küresel bir oyuncu olma hedefini desteklemektedir.

- **Hedef:** Demiryolu yük taşımacılığının artırılması için lojistik merkez sayısının 26'ya çıkartılması.

**Analiz:** Lojistik merkez ağının genişletilmesi, yük dağıtımını optimize etmek ve Türkiye'nin bölgesel bir lojistik üs rolünü güçlendirmek için temeldir. Bu merkezler, farklı taşıma modları arasındaki entegrasyonu kolaylaştırarak kombine taşımacılık kapasitesini artıracaktır.

### 12.2.3. Kent İçi Raylı Sistemler ve Yüksek Hızlı Tren Performansı

- **Hedef:** Yüksek standartlı, güvenli ve ülke ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde kentiçi raylı sistem ağını 1000 km'ye çıkarılması.

**Analiz:** Mevcut 868.3 km'lik kentiçi raylı sistem uzunluğu göz önüne alındığında, bu hedefe ulaşılması oldukça mümkündür ve kentiçi raylı sistemlerin hızlı genişlemesinin devam ettiğini yansıtmaktadır. Bu, şehirlerdeki ulaşım yükünü hafifletmek ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için hayati öneme sahiptir.

- **Hedef:** YHT'lerdeki yolcu memnuniyet oranını %95'in üzerine çıkarılması.

**Analiz:** Bu niteliksel hedef, yolcu memnuniyetine güçlü bir müşteri odaklı yaklaşımı vurgulamakta ve yolcu sayılarında sürdürülebilir büyüme için kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Yüksek memnuniyet oranları, demiryolu hizmetlerinin tercih edilmesinde önemli bir faktördür.

- **Hedef:** Yüksek Hızlı Tren (YHT) ile taşınan yıllık yolcu sayısının 10 milyona çıkarılması.

- **Analiz:** 2024 yılının ilk sekiz ayında YHT'lerle 8.3 milyondan fazla yolcu taşınmış olması, bu hedefin ulaşılabilir olduğunu göstermektedir. Yeni hatların açılması ve sefer sıklığının artırılması, yolcu sayısındaki bu büyümeyi destekleyecektir.

- **Hedef:** Marmaray ve Başkentray'da taşınan yıllık yolcu sayısının 205 milyona çıkarılması.

**Analiz:** 2024 yılının ilk sekiz ayında Marmaray'da 143.7 milyon, Başkentray'da ise 15.5 milyon yolcu taşınmıştır. Bu kentsel banliyö hatları zaten önemli hacimlerde yolcu taşımaktadır. Bu hedef, devam eden kentsel büyüme ve hizmet iyileştirmeleriyle iddialı ancak ulaşılabilir görünmektedir.

- **Hedef:** Konvansiyonel anahat ve bölgesel trenler ile taşınan yıllık yolcu sayısının 22 milyona çıkarılması.

**Analiz:** Bu hedef, sadece YHT'lere değil, aynı zamanda geleneksel hizmetlerin iyileştirilmesine de dengeli bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Bölgesel bağlantıların güçlendirilmesi ve sefer sıklığının artırılması bu hedefin gerçekleşmesine katkı sağlayacaktır.

- **Hedef:** TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından taşınan yıllık yük miktarının 50 milyon tona çıkarılması.

**Analiz:** Bu, devlet işletmecisi için önemli bir operasyonel hedeftir ve demiryolu araçlarının ve lojistiğin etkin yönetimini gerektirecektir. Yük taşımacılığındaki artış, Türkiye'nin lojistik merkezi olma vizyonunu destekleyecektir.

- **Hedef:** TCDD Taşımacılık A.Ş. tarafından yapılan toplam yük taşımaları içindeki uluslararası taşımaların payının %15'e çıkarılması.

**Analiz:** Bu hedef, Türkiye'nin uluslararası ticaret koridorlarındaki rolünü artırma ve jeopolitik konumundan faydalanma arzusunu vurgulamaktadır. Orta Koridor ve Kalkınma Yolu gibi projeler, bu payın artırılmasında kilit rol oynayacaktır.

- **Hedef:** TCDD Taşımacılık A.Ş.'nin araç parkındaki elektrikli anahat lokomotiflerinin toplam anahat lokomotifleri içindeki payının %30'a çıkarılması.

**Analiz:** Bu hedef, elektrifikasyon hedefleri ve sürdürülebilirlik amaçlarıyla uyumlu olup, dizel lokomotiflere bağımlılığı azaltmayı amaçlamaktadır. Filo modernizasyonu ve elektrikli lokomotif alımları bu hedefe ulaşmada önemli olacaktır.

- **Hedef:** Ulusal demiryolu ağı içerisinde kentiçi raylı sistem uzunluğunun 400 km'ye çıkarılması.

**Analiz:** Bu hedef, genel kentiçi raylı sistem ağının 1000 km'ye çıkarılması hedefiyle birlikte değerlendirilmelidir. 400 km'lik hedef, ulusal demiryolu ağına entegre olan veya banliyö hatları gibi özel kentiçi hatları ifade ediyor olabilir. Genel kentsel raylı sistemlerin hızlı genişlemesi göz önüne alındığında, bu hedef muhtemelen belirli bir entegrasyon veya banliyö ağı alt kümesini temsil etmektedir.

#### 12.2.4. Sürdürülebilirlik ve Uluslararası Bağlantı

- **Hedef:** Toplam enerji ihtiyacının %35'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması.  
**Analiz:** Bu hedef, Türkiye'nin net-sıfır emisyon hedefine ve enerji bağımsızlığına doğrudan bir katkıdır. Demiryolu sektörünün enerji tüketiminde yenilenebilir kaynaklara yönelmesi, ülkenin genel iklim değişikliği stratejisiyle uyumludur.
- **Hedef:** Uluslararası ticaret koridorlarının işletilmesinde etkin rol alabilmek için altyapı teknik uyumluluğun artırılması.  
**Analiz:** Bu, sınır ötesi operasyonların sorunsuz bir şekilde yürütülmesi ve Orta Koridor ve Kalkınma Yolu gibi koridorların potansiyelinden tam olarak faydalanılması için kritik öneme sahiptir. Teknik uyumluluk, farklı ülkelerin demiryolu sistemleri arasında kesintisiz geçişi sağlamak için standartlaşmayı gerektirir.
- **Hedef:** 350 km/saat hıza uygun Ankara-İstanbul çok yüksek hızlı tren hattının yapımının tamamlanarak işletmeye açılması.  
**Analiz:** Bu amiral gemisi proje, Ankara ile İstanbul arasındaki seyahat süresini 80 dakikaya indirmeyi hedeflemektedir. Projenin 10 yıllık bir dönem içinde hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Bu hat, şehirlerarası bağlantıyı önemli ölçüde artıracak ve Türkiye'de yüksek hızlı tren standartları için yeni bir ölçüt belirleyecektir.
- **Hedef:** Türkiye'nin en güvenilir ulaşım markası haline getirilmesi.  
**Analiz:** Bu niteliksel hedef, hizmet kalitesi, güvenlik ve müşteri memnuniyetine odaklanmayı vurgulamaktadır. Güçlü bir marka itibarı oluşturmak, yolcu ve yük taşımacılığında demiryolunun tercih edilebilirliğini artıracaktır.
- **Hedef:** Avrupa'nın en fazla yük ve yolcu taşıyan markası olunması.  
**Analiz:** Bu, oldukça iddialı bir stratejik vizyondur ve önemli pazar payı kazanımları ile operasyonel mükemmellik gerektirmektedir. Bu hedefe ulaşmak, Türkiye'nin demiryolu ağının ve hizmetlerinin uluslararası alanda rekabetçi olmasını sağlayacaktır.

#### 12.3. Uzun Vadeli Demiryolu Hedefleri (2053'e Doğru): Küresel Bir Demiryolu Gücü Vizyonu

##### 12.3.1. Ağ Ölçeği ve Yüksek Hızlı Hizmetler

- **Hedef:** Demiryolu hat uzunluğunun 28.590 km'ye çıkarılması.  
**Analiz:** Bu hedef, mevcut ağın iki katından fazlasına ulaşmayı temsil etmekte ve Türkiye'yi önemli bir küresel demiryolu gücü haline getirme vizyonunu ortaya koymaktadır. Bu genişleme, ülkenin lojistik kapasitesini kökten değiştirecek ve uluslararası ticaret koridorlarındaki rolünü güçlendirecektir.
- **Hedef:** Çift hatlı demiryolunu uzunluğunun toplam anahat içerisindeki payının %38'e yükseltilmesi.  
**Analiz:** Çift hatlı hatların sürekli genişlemesi, ağ kapasitesini ve operasyonel verimliliği maksimize etmek için elzemdir. Bu, daha yüksek trafik hacimlerine ve daha esnek operasyonlara olanak tanıyacaktır.
- **Hedef:** Yüksek Hızlı Tren (YHT) ve Hızlı Tren (HT) sefer sayılarının toplamda 272'ye çıkarılması.  
**Analiz:** Bu, yüksek hızlı demiryolu hizmetlerinde büyük bir artışı işaret etmektedir ve şehirlerarası seyahat alışkanlıklarında önemli bir değişimi yansıtmaktadır. Bu artış, yeni hatların açılması ve mevcut hatlardaki kapasite artışlarıyla desteklenecektir.
- **Hedef:** Yüksek Hızlı Tren ve Hızlı Tren set sayısının 120'ye çıkarılması.  
**Analiz:** Bu filo genişlemesi, artan sefer sıklığını ve yolcu talebini karşılamak için gereklidir. Yerli ve milli üretim hedefleri doğrultusunda bu setlerin önemli bir kısmının yurt içinde üretilmesi planlanmaktadır.

### 12.3.2. 2053 İçin Kapsayıcı Stratejik Öncelikler

Belirlenen bu hedeflere ulaşabilmek için Türkiye'nin gerçekleri, potansiyeli ve vizyonu doğrultusunda aşağıdaki ana başlıklarda çalışmalara ağırlık verilecektir:

- Demiryolu ağının genişletilmesine öncelik verilecektir. Yeni hatların inşası ve bağlantıların iyileştirilmesiyle özellikle yetersiz hizmet alan bölgelere erişim sağlanacaktır. Bu çaba, hem yüksek hızlı tren koridorlarını hem de sanayi bölgelerine uzanan konvansiyonel hatları kapsayarak ülke genelinde daha yoğun ve yaygın bir demiryolu şebekesi oluşturmayı amaçlamaktadır.
- Demiryolu işletmeciliğinde sağlıklı bir rekabet ortamı oluşturulması hedeflenmektedir. Bu, 2013 yılında yürürlüğe giren demiryolu serbestleşmesi gibi düzenleyici reformları içerir. Amaç, özel tren işletmecilerinin devlet operatörü ile birlikte gelişmesini sağlayarak verimlilik ve yeniliği teşvik etmektir.
- Demiryolu ile yapılan yolcu ve yük taşımacılığı güçlendirilecektir. Yolcu taşımacılığı açısından hedefler; hizmet kalitesinin, sefer sıklığının ve kapsamının artırılmasıdır (örneğin daha fazla yüksek hızlı ve bölgesel tren hattı). Yük taşımacılığı için ise entegre lojistik merkezlerinin kurulması, son kilometre bağlantılarının sağlanması ve sanayiye rekabetçi demiryolu hizmetlerinin sunulması planlanmaktadır.
- Altyapı standartlarının yükseltilmesi öngörülmektedir: Daha yüksek hızlara ve daha ağır aks yüklerine uygun hat altyapısı, Modern istasyonlar ve terminaller, Gelişmiş sinyalizasyon (ERTMS/ETCS veya ulusal sistemler) ve telekomünikasyon sistemleri kurulacaktır. Sinyalli ve elektrikli hatların oranının artırılması da temel göstergelerden biridir (2035 yılına kadar %90+ hedeflenmiştir).
- Yerli demiryolu sanayisi desteklenecek ve geliştirilecektir. Tren setleri, lokomotifler ve demiryolu ekipmanlarının yerli üretimi teşvik edilecek, Milli Elektrikli Tren ve Milli Lokomotif gibi projeler üzerinden yerli teknoloji geliştirilecektir. Hedef, demiryolu araçlarında %80 yerli katkı oranına ulaşmak; bu sayede ithalat azaltılacak ve Türkiye demiryolu teknolojisinde ihracatçı konumuna yükselecektir.
- Demiryolunun diğer ulaşım modlarıyla entegrasyonu geliştirilecektir. Karayolu, liman ve havalimanları ile kesintisiz geçiş sağlanması için liman demiryolu bağlantıları, havaalanı tren hatları ve kamyonlardan trene aktarma tesisleri gibi projeler hayata geçirilecektir. Ulaştırma modları arasındaki rekabet dengesizlikleri giderilecek; tarifelerde düzenleme ve teşviklerle demiryolunun uzun mesafe taşımacılığında rekabet gücü artırılacaktır.
- Demiryolu projelerinin tasarım ve değerlendirme kriterleri gözden geçirilecektir. Maliyet-fayda analizleri, sürdürülebilirlik ve ölçeklenebilirlik dikkate alınarak daha doğru yatırım kararları verilecektir. Geçmiş projelerden öğrenilerek altyapı yatırımlarında ne eksik ne de aşırı olacak şekilde optimum standartlar belirlenecektir.
- Büyük sanayi bölgeleri, madenler, lojistik parklar ve limanlara doğrudan demiryolu erişimi sağlanacaktır. Fabrikaların demiryolu ağına bağlanması gibi ilk kilometre/son kilometre hatları ile hacimli yüklerin baştan sona demiryolu ile taşınması kolaylaştırılacaktır.
- Avrupa Birliği ile uyum geliştirilecek ve uluslararası demiryolu koridorları oluşturulacaktır. Avrupa ile teknik standartların uyumu (interoperability) sağlanacak, TEN-T projelerine katılım artırılacak, Çin'den Avrupa'ya uzanan Orta Koridor üzerinden "Tek Kuşak Tek Yol" (Demir İpek Yolu) girişimlerine aktif katkı sağlanacaktır. Türkiye, 2053'e kadar Avrupa-Asya demiryolu trafiği için kilit transit ülkesi olmayı hedeflemektedir.
- Demiryolu sisteminin bakım ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Daha etkili bakım modelleri, Dijital varlık izleme, iyi yönetim uygulamaları ile mali sürdürülebilirlik sağlanacaktır. Bazı projelerde kamu-özel işbirliği (PPP) modelleri ile verimlilik artırılacaktır.
- Demiryolu sektöründe uzman personel sayısı artırılacaktır. Mühendis, teknisyen ve işletme yöneticileri gibi yüksek nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyaç doğrultusunda Eğitim yatırımları, Uzmanlaşmış mesleki eğitim programları ve Yetenekli personelin sektörde tutulması için politikalar geliştirilecektir.
- Ağ genişleyip kısmen özelleşse bile, ticari olarak kârlı olmayan hatlarda dahi toplumsal fayda açısından önemli yolcu taşımacılığı hizmetleri sürdürülecek ve gerektiğinde sübvansede edilmeye devam edilecektir. Bu politika; uygun fiyatlı ulaşım ve bölgesel kalkınma gibi sosyal faydaların korunmasını güvence altına almaktadır.



Türkiye'nin 2053 Demiryolu Vizyonu, ülkenin ulaşım altyapısında kapsamlı bir dönüşümü hedefleyen, stratejik ve iddialı bir yol haritasıdır. Bu vizyon, demiryolunu sadece bir ulaşım modu olmaktan çıkarıp, Türkiye'nin ekonomik büyümesi, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ve jeopolitik konumunun güçlendirilmesi için merkezi bir kaldıraç olarak konumlandırmaktadır.

Demiryolu hat uzunluğunun artırılması, elektrifikasyon ve sinyalizasyon oranlarındaki yükseliş ve Ankara-Sivas YHT hattı gibi büyük projelerin tamamlanması gibi alanlarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Kentiçi raylı sistemlerin genişlemesi, kısa vadeli hedefleri şimdiden aşmış durumdadır. Dijitalleşme ve emniyet sistemlerinin entegrasyonunda da kayda değer adımlar atılmıştır. Nitelikli insan kaynağı yetiştirme ve turistik tren rotalarını artırma çabaları da olumlu sonuçlar vermektedir.

Ancak, bu ilerlemelere rağmen bazı zorluklar devam etmektedir. Finansman temini, ihale süreçleri ve öngörülemeyen zemin koşulları gibi faktörler proje gecikmelerine neden olabilmektedir. Özel sektörün demiryolu taşımacılığındaki payı artarken, genel kapasite kullanım oranındaki düşüş, ağın bazı bölümlerinde verimsizliklerin veya darboğazların devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca, raylı sistem araçları ve alt bileşenlerinde %80 yerlilik hedefi, sinyalizasyon gibi bazı alanlarda hala önemli geliştirme çabaları gerektirmektedir.

Demiryolu geliştirme çabaları, Türkiye'nin 2053 net-sıfır emisyon hedefi, lojistik üs olma vizyonu ve "Büyük ve Güçlü Türkiye" gibi daha geniş ulusal ekonomik, çevresel ve jeopolitik hedeflerle tam bir uyum içindedir. Demiryoluna yapılan yatırımlar, ulaşım modları arasındaki dengeyi yeniden kurarak, daha çevreci ve ekonomik bir taşıma sistemine geçişi sağlamaktadır. Kalkınma Yolu ve Orta Koridor gibi uluslararası projeler, Türkiye'nin küresel tedarik zincirlerindeki entegrasyonunu ve stratejik önemini artırmaktadır.

Türkiye'nin demiryolu vizyonunun uzun vadeli hedeflerine ulaşabilmesi için aşağıdaki alanlarda sürekli ve yoğun çabalar gerekmektedir:

- Uzun vadeli hedeflere ulaşmak için sürekli ve yeterli finansman sağlanmalı, proje planlama ve yürütme süreçleri daha da optimize edilmelidir. Özellikle büyük ölçekli altyapı projelerinde karşılaşılan gecikmeleri minimize etmek için proaktif risk yönetimi şarttır.
- Özel sektör katılımının artırılmasına rağmen genel kapasite kullanımındaki düşüşün nedenleri detaylıca incelenmeli ve ağın tamamında verimliliği artıracak çözümler geliştirilmelidir. Bu, kapasite tahsis mekanizmalarının gözden geçirilmesini ve talep yaratma stratejilerini içerebilir.
- Raylı sistem araçları ve bileşenlerinde yerlilik oranını artırma hedefi doğrultusunda, özellikle sinyalizasyon gibi kritik teknoloji alanlarında Ar-Ge yatırımları ve üniversite-sanayi işbirlikleri daha da güçlendirilmelidir. Bu, teknolojik bağımsızlığı ve ihracat potansiyelini artıracaktır.
- Serbestleşme sürecinin getirdiği deneyimler ışığında, demiryolu çerçeve kanunu ve ilgili ikincil mevzuat, sektörün dinamik ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde sürekli güncellenmeli ve netleştirilmelidir. Bu, özel sektörün katılımını teşvik eden ve sürdürülebilir kurumsal yönetimi destekleyen bir ortam yaratacaktır.
- Demiryolu Enerji ve İklim Değişikliği Eylem Planı'nın etkin bir şekilde uygulanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejilerin somut adımlarla hayata geçirilmesi, Türkiye'nin iklim hedeflerine ulaşmasında kritik rol oynayacaktır.

Bu odak alanlarının her biri, kısa, orta ve uzun vadeli hedeflerin bir veya birkaçına karşılık gelmektedir. Tümü birlikte değerlendirildiğinde, yalnızca altyapı inşasını değil; aynı zamanda sektörel reformları, kullanım teşviklerini, teknoloji yerleştirmeyi ve demiryolunu hem halk hem de sanayi için cazip bir taşıma modu haline getirmeyi amaçlayan kapsamlı bir strateji oluşturulmaktadır.

2053 Demiryolu Hedefleri, Türkiye'nin demiryolu altyapısını canlandırmak ve önümüzdeki birkaç on yıl içinde önemli ölçüde genişletmek için ortaya konmuş iddialı bir vizyondur. Bu plan tam anlamıyla hayata geçirildiğinde, hem yolcu hem de yük taşımacılığında önemli bir kısmın karayolundan demiryoluna kayması sağlanacak; bu da ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan önemli kazanımlar doğuracaktır.

Türkiye;

- Dünyanın en büyük demiryolu ağlarından birine,
- Şehirlerinin çoğunu birbirine bağlayan güçlü bir yüksek hızlı tren sistemine,
- Avrupa standartlarına uygun, rekabetçi bir demiryolu sanayisine sahip olacaktır.

Bu hedeflere ulaşmak için;

- Kamu ve özel sektör yatırımlarının sürekliliği,
- Güçlü bir siyasi irade,
- Projelerin ve politikaların etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

2025 yılının ortası itibarıyla bazı ilerlemeler kaydedilmiştir:

- Yeni yüksek hızlı tren hatlarının inşası devam etmektedir,
- Demiryolunun yük taşımacılığındaki payı yavaş da olsa artmaktadır,
- Yerli tren üretimi başlamıştır (örneğin, Milli Elektrikli Tren Setleri ve E5000 Elektrikli Lokomotifleri tanıtılmıştır).

2053 yılına kadar gidilecek daha uzun bir yol olsa da, belirlenen hedefler bir yol haritası niteliği taşımakta ve Türkiye'nin modern, sürdürülebilir ve entegre bir demiryolu ulaşım sistemi kurma çabalarına yön vermektedir.

Türkiye'nin demiryolu sektöründeki bu kapsamlı strateji, ülkenin gelecekteki ekonomik refahı ve küresel rekabet gücü için belirleyici bir faktör olacaktır. Bu hedeflere ulaşılması, Türkiye'yi sadece bölgesel bir lojistik üs değil, aynı zamanda küresel demiryolu taşımacılığında öncü bir aktör haline getirecektir.

## KAYNAKÇA

1. Kanunlar ve Cumhurbaşkanlığı Kararları
2. Kalkınma Planları ve Strateji Belgeleri
3. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
4. Ulaştırma 2023 Hedefleri (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı)
5. Ulaştırma 2053 Vizyonu (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı)
6. Ulaştırma ve Lojistik Master Planı (11. Kalkınma Planı (2019-2023))
7. ARUS Sektör raporu, 2021. ARUS Yayınları-4.
8. TCDD Faaliyet Raporları
9. TCDD Taşımacılık A.Ş. Faaliyet Raporları
10. Bakanlık Yayınları
11. İller Bankası Raporları
12. TÜBİTAK Raylı Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü (RUTE) Raporları ve Yayınları
13. TCDD Araştırma Merkezi (DATEM) Çalışmaları
14. TÜRASAŞ Raporları ve Yayınları
15. URAYSİM (Eskişehir Ulusal Raylı Sistemler Test ve Araştırma Merkezi) Proje Dokümanları
16. UDHAM (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi) Yayınları
17. Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) Yayınları
18. Avrupa Demiryolu Endüstrileri Birliği (UNIFE) Raporları
19. Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) Proje Raporları
20. Asya Altyapı Yatırım Bankası (AIIB) Proje Raporları
21. Dünya Bankası Raporları
22. Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü (OTIF) Yayınları
23. Avrupa Demiryolu Ajansı (ERA) Yayınları
24. SCI Verkehr World Rail Market Study
25. Pektaş,İ(2025), Raylı Sistemlerde Sanayi, Yerli Üretim ile Bölgesel, Ulusal ve Uluslararası Oluşumlar, <https://www.ilhamipektas.com/makale.pdf>
26. TCDD: <https://www.todd.gov.tr/>
27. TCDD Taşımacılık A.Ş.: <https://www.toddtasimacilik.gov.tr/>
28. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB): <https://www.uab.gov.tr/>
29. İller Bankası: <https://www.ilbank.gov.tr/>
30. TÜBİTAK RUTE: <https://rute.tubitak.gov.tr/>
31. TCDD Araştırma Merkezi (DATEM): <https://datem.todd.gov.tr/>
32. TÜRASAŞ: <https://www.turasas.gov.tr/>
33. URAYSİM (Eskişehir Ulusal Raylı Sistemler Test ve Araştırma Merkezi): <https://uraysim.anadolu.edu.tr/>
34. UDHAM (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi): <https://udham.uab.gov.tr/>
35. Metro İstanbul: <https://www.metro.istanbul/>



36. İzmir Metro A.Ş.: <https://www.izmirmetro.com.tr/>
37. İZBAN A.Ş.: <https://www.izban.com.tr/>
38. Konya Büyükşehir Belediyesi: <https://www.konya.bel.tr/>
39. UlaşımPark A.Ş. (Kocaeli): <https://ulasimpark.com.tr/>
40. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi: <https://www.gaziantep.bel.tr/>
41. Trabzon Büyükşehir Belediyesi: <https://www.trabzon.bel.tr/>
42. Mersin Büyükşehir Belediyesi: <https://www.mersin.bel.tr/>
43. Afyonkarahisar Belediyesi: <https://www.afyon.bel.tr/>
44. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT): <https://www.dpt.gov.tr/>
45. Ticaret Bakanlığı: <https://ticaret.gov.tr/>
46. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı: <https://www.sanayi.gov.tr/>
47. OSTİM OSB: <https://www.ostim.org.tr/>
48. Eskişehir Sanayi Odası (ESO): <https://www.eso.org.tr/>
49. Bozankaya: <https://www.bozankaya.com.tr/>
50. Durmazlar: <https://www.durmazlar.com.tr/>
51. Vako Vagon: <https://www.vakovagon.com/>
52. RC Endüstri (Erciyas Rail): <https://www.erciyrasrail.com/>
53. Raitur Vagon: <https://www.raitur.com/>
54. Esray Vagon: <https://www.esray.com.tr/>
55. Epsilon NDT: <https://epsilonam.com/>
56. GökRail: <https://www.gokrail.com/>
57. Yapı Merkezi: <https://www.yapimerkezi.com.tr/>
58. Doğuş İnşaat: <https://www.dogusinsaat.com.tr/>
59. Limak İnşaat: <https://www.limak.com.tr/>
60. Gülermak İnşaat: <https://www.gulermak.com.tr/>
61. Mapa İnşaat: <https://www.mapainsaat.com.tr/>
62. Körfez Ulaştırma A.Ş.: <https://www.korfezulastirma.com.tr/>
63. OMSAN Lojistik: <https://www.omsan.com.tr/>
64. ASELSAN: <https://www.aselsan.com/>
65. Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC): <https://uic.org/>
66. Avrupa Demiryolu Endüstrileri Birliği (UNIFE): <https://www.unife.org/>
67. Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü (OTIF): <https://otif.org/>
68. Demiryolları İşbirliği Örgütü (OSJD): <https://osjd.org/>
69. Amerikan Demiryolları Birliği (AAR): <https://www.aar.org/about-us/>
70. Latin Amerika Demiryolları Birliği (ALAF): <https://www.alaf.com.ar/>
71. Körfez İşbirliği Konseyi Demiryolu Komitesi (GCC Railway Committee): <https://www.gcc-sg.org/>
72. Avrupa Demiryolu Altyapı Yöneticileri Platformu (PRIME): <https://prime-rail.eu/>

73. RailNetEurope (RNE): <https://rne.eu/>
74. Avrupa Demiryolu ve Altyapı Şirketleri Topluluğu (CER): <https://www.cer.be/>
75. Uluslararası Toplu Taşıma Birliği (UITP): <https://www.uitp.org/>
76. SCI Verkehr: <https://www.sci.de/>
77. DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt): <https://www.dlr.de/>
78. Deutsche Bahn (DB): <https://www.deutschebahn.com/>
79. SNCF: <https://www.sncf.com/>
80. Railenium: <https://www.railenium.eu/>
81. FS Italiane: <https://www.fsitaliane.it/>
82. RENFE: <https://www.renfe.com/>
83. SBB: <https://www.sbb.ch/>
84. Federal Railroad Administration (FRA): <https://railroads.dot.gov/>
85. Volpe Center: <https://www.volpe.dot.gov/>
86. Union Pacific: <https://www.up.com/>
87. National Research Council (NRC) Kanada: <https://nrc.canada.ca/>
88. TTCI (Transportation Technology Center, Inc.): <https://www.aar.com/ttci/>
89. Railinc: <https://www.railinc.com/>
90. i-Trans (Fransa): <https://www.i-trans.org/>
91. In-Move by Railgrup (İspanya): <https://in-move.com/>
92. Rail.S - BTS Rail Saxony (Almanya): <https://www.rail-s.de/>
93. MAFEX - Asociación Ferroviaria Española: <https://www.mafex.es/>
94. DITECFER - Distretto per le Tecnologie Ferroviarie (İtalya): <https://www.ditecfer.eu/>
95. RCSEE - Rail Cluster for South-East Europe: <https://www.rcsee.org/>
96. Swedish Rail Industry Group (SWERIG): <https://www.swerig.se/>
97. Railway Innovation Hub (İspanya): <https://railwayinnovationhub.com/>
98. SwissRail Industry Association: <https://www.swissrail.com/>
99. UKRRIN - UK Rail Research and Innovation Network: <https://ukrrin.org.uk/>
100. ACRI (Association of Czech Railway Industry): <https://www.acri.cz/>
101. PFP - Plataforma Ferroviária Portuguesa: <http://www.ferrovia.pt/>
102. ACStyria Mobilitätscluster: <https://acstyria.com/>
103. Cluster Transport, Mobility and Logistics (Verkehr, Mobilität und Logistik - VML): <https://www.mobilitylogistics.de/>
104. BCRRE (Birmingham Centre for Railway Research and Education): <https://www.birmingham.ac.uk/railway>
105. CNA e. V. Cluster Bahntechnik: <https://www.c-na.de/>
106. Järnvägsklustret - Railway Cluster of Sweden: <https://www.jarnvagsklustret.se/>
107. Logistics in Wallonia: <https://www.logisticsinwallonia.be/>
108. Południowy Klaster Kolejowy: <https://www.klasterkolejowy.pl/>





109. Rail Cluster Scotland: <https://rail.scoteng.org/>
110. Rail Forum: <https://www.railforum.uk/>
111. Malaysia Rail Industry Corporation (MARIC): <https://maric.com.my/>
112. Japan Railway Technical Research Institute (RTRI): <https://www.rtri.or.jp/>
113. Korean Railway Research Institute (KRRI): <https://www.krri.re.kr/>
114. Railway Association of Canada (RAC): <https://railcan.ca/>
115. STFA: <https://www.stfa.com/>
116. TU Berlin: <https://www.tu.berlin/>
117. RWTH Aachen: <https://www.rwth-aachen.de/>
118. Ansaldo: <https://www.ansaldoenergia.com/>
119. BNSF: <https://www.bnsf.com/>
120. COTIF (Uluslararası Demiryolu Taşımalarına İlişkin Sözleşme): <https://otif.org/en>
121. ETCS(European Train Control System): ([https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Train\\_Control\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System))
122. ERTMS (European Rail Traffic Management System) (<https://www.etf-europe.org>)
123. FRMCS (Future Railway Mobile Communication System): <https://www.nokia.com/industries/railways/frmcs/>
124. ECM (Entity in Charge of Maintenance) Sertifikası: (<https://pr-services.com/en/ecm-1-4-entity-in-charge-of-maintenance/>)
125. EN 15085 Kaynaklı İmalat Standardı: <https://www.rina.org/en/en-15085-welding-certification>
126. IRIS (International Railway Industry Standard) Belgesi: <https://www.iris-certification.org/>
127. TSI (Technical Specifications for Interoperability) ([https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Train\\_Control\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/European_Train_Control_System))
128. Trans-Hazar Uluslararası Taşımacılık Güzergâhı Anlaşması (TITR) 2015: <https://www.middlecorridor.com/en/documents>
129. Ortak Tarife Anlaşması Türkiye Gürcistan Azerbaycan Kazakistan demiryolu (2022): <https://www.tcdtasimacilik.gov.tr/tr/haberler>
130. TRACECA programı: <https://www.traceca-org.org/>
131. UNEP: <https://www.unep.org/>
132. Avrupa Komisyonu: <https://www.europa.eu/>
133. Avrupa Birliği: <https://www.europa.eu/>
134. Dünya Bankası: <https://www.worldbank.org/>
135. European Railway Clusters Initiative (ERCI): <https://www.eurailclusters.com/>
136. European Secretariat for Cluster Analysis (ESCA): <https://www.cluster-analysis.org/>
137. PERES (Promoting European Rail Excellence outside EU) COSME report:(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52024DC0425>)
138. RECORD (Regions in Europe Coordinate and Optimize innovation and competitiveness policy instruments) Interreg Europe report:([https://commission.europa.eu/document/download/26ff3426-b1db-44d5-ad9c-a646febb3222\\_en?filename=COM\\_2025\\_570\\_1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v6.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/26ff3426-b1db-44d5-ad9c-a646febb3222_en?filename=COM_2025_570_1_EN_ACT_part1_v6.pdf))

139. EXXTRA (Excellence Exchange and Teaming-Up between Railway Clusters and Ecosystems) COSME ERCI report: <https://profile.clustercollaboration.eu/profile/cluster-partnership-initiative/fc0ca8a5-44db-4d7b-a4ff-32118c0eb5b0>
140. STARS (Strategic Alliances Boosting Railway SMEs) COSME ERCI report: [https://www.eurailclusters.com/member\\_project/stars/](https://www.eurailclusters.com/member_project/stars/)
141. RailActivation Horizon 2020 report: <https://www.railway-technology.com/features/horizon-2020-rail-projects/>
142. S-ACCESS (Strengthening Access to International Public Procurement) Horizon 2020 report: [https://www.oecd.org/en/publications/implementing-the-oecd-recommendation-on-public-procurement-in-oecd-and-partner-countries\\_02a46a58-en/full-report/implementation-of-the-oecd-recommendation-in-member-and-partner-countries\\_2305bb1b.html](https://www.oecd.org/en/publications/implementing-the-oecd-recommendation-on-public-procurement-in-oecd-and-partner-countries_02a46a58-en/full-report/implementation-of-the-oecd-recommendation-in-member-and-partner-countries_2305bb1b.html)
143. E-BOOST (ElectroMobility for the Recovery and Internationalisation of Small Enterprises) Euroclusters SMP-COSME ERCI report: [https://www.eurailclusters.com/member\\_project/e-boost/](https://www.eurailclusters.com/member_project/e-boost/)
144. LEADER 2030 (Learnings for European Autonomy to Deliver Europe's Rail by 2030) Horizon Europe Europe's Rail JU ERCI report: [https://www.eurailclusters.com/erci\\_project/leader-2030/](https://www.eurailclusters.com/erci_project/leader-2030/)
145. UITP Climate Declaration: <https://sdgs.un.org/partnerships/uitp-declaration-climate-leadership>
146. UNIFE The European Rail Supply Industry in 2024 Annual Report:(<https://www.unife.org/wp-content/uploads/2025/01/UNIFE-2024-Annual-Report.pdf>)
147. UNIFE World Rail Market Study 2022: <https://www.unife.org/news-resources/wrms/>
148. Anadolu Ajansı: <https://www.aa.com.tr/tr>
149. RayHaber: <https://www.rayhaber.com>
150. RailyNews (Raylı Sistemler Dergisi) : <https://www.railynews.com>
151. Railway Gazette International <https://www.railwaygazette.com>
152. International Railway Journal (IRJ) <https://www.railjournal.com>
153. Global Railway Review <https://www.globalrailwayreview.com>
154. Uluslararası Maglev Kurulu <https://www.maglevboard.net>
155. Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB): <https://www.sbb.gov.tr>
156. İklim Değişikliği Başkanlığı: <https://www.iklim.gov.tr>
157. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı e-Dergi: <https://edergi.sanayi.gov.tr>

# MİLLİ TRENLERE CANRAY İMZASI

Milli Banliyö Trenleri  
Milli Elektrikli Tren Setleri (EMU)



Tavan modülü ve koltuk arkası  
eğlence sistemi



Endirekt aydınlatma sistemli  
ferah iç tasarım



Kapı ve bölme duvarlarda  
hayalet ekran teknolojisi



## Tasarımdan Ürüne

Tasarım/  
Tasarım Doğrulaması  
ve Validasyon  
(CAE Analizi)

Kullanıma hazır  
modüler iç ürünler

## Yetkinliklerimiz

Ekstrüzyon  
Döküm  
Talaşlı İmalat  
Toz Boya  
Kablolama  
Yapıştırma  
Kaynak  
Montaj

## Neler Yapıyoruz?

İç Giydirme Aydınlatmaları  
Bagaj Rafları  
Yan Duvar Panelleri  
Havalandırma Kanalları  
Servis Kapakları  
Alüminyum Çerçeveveli Yan Camlar





## ARAÇ SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ & KRİTİK DONANIM ÜRETİMİ Geleceğin Teknolojisi, Bugünün Çözümleri

Raylı sistem araçlarının geleceğini şekillendiren yüksek teknoloji mühendislik çözümleri ile tanışın. Araç kontrol yazılımlarından bakım kontrol ünitelerine, harnessing çözümlerinden olay kaydedicilere ve demiryolu standartlarına uygun yüksek hassasiyetli enerji analizörlerine kadar geniş bir ürün yelpazesi sunuyoruz. Tüm ürünlerimiz yerli ve milli teknolojilerle geliştirilir, uluslararası standartlara uygun olarak araçlarınıza entegre edilir. Performans, güvenlik ve maliyet optimizasyonunu aynı anda sağlayan kapsamlı mühendislik ve üretim hizmetlerimizle projelerinize yüksek katma değer kazandırıyoruz

## CER İNVERTÖRÜ Gücün ve Kontrolün Yeni Adı

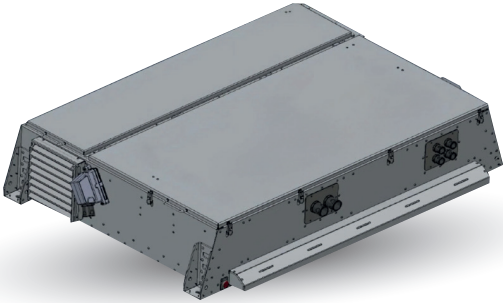
Raylı sistem araçlarında maksimum performans ve güvenlik için tasarlanan akıllı cer invertörü, geleceğin teknolojisini bugünden sunuyor. Gelişmiş çekiş yönetim sistemi ile tekerleklerin ideal tutuşunu korur, patinajı (anti-slip) ortadan kaldırarak her koşulda üstün yol tutuşu sağlar. Dinamik tork yönetimi, enerjiyi en verimli şekilde dağıtırken; hız sensörleri ve motor kontrol üniteleriyle kurulan anlık iletişim, sürüş konforunu ve performansı zirveye taşır.

Rejeneratif frenleme teknolojisi sayesinde frenleme sırasında açığa çıkan enerjiyi geri kazanarak hem enerji tasarrufu sağlar hem de yolcu konforunu artırır. Sürdürülebilirlik ve maliyet optimizasyonunu bir araya getiren bu yenilikçi teknoloji, işletmenize geleceğin avantajlarını bugünden sunar.

## YARDIMCI GÜÇ KONVERTÖRÜ Kesintisiz Enerji, Maksimum Verimlilik

Raylı sistem araçlarınız için güvenilir enerji yönetimi burada. Yardımcı Güç Konvertörümüz; yüksek güvenilirlik, modüler yapı ve kolay bakım avantajları ile operasyonlarınıza güç katıyor. Buck konvertör, inverter ve batarya şarj modülünü tek bir platformda birleştirerek aracınızın tüm elektriksel ihtiyaçlarını tek noktadan karşılar.

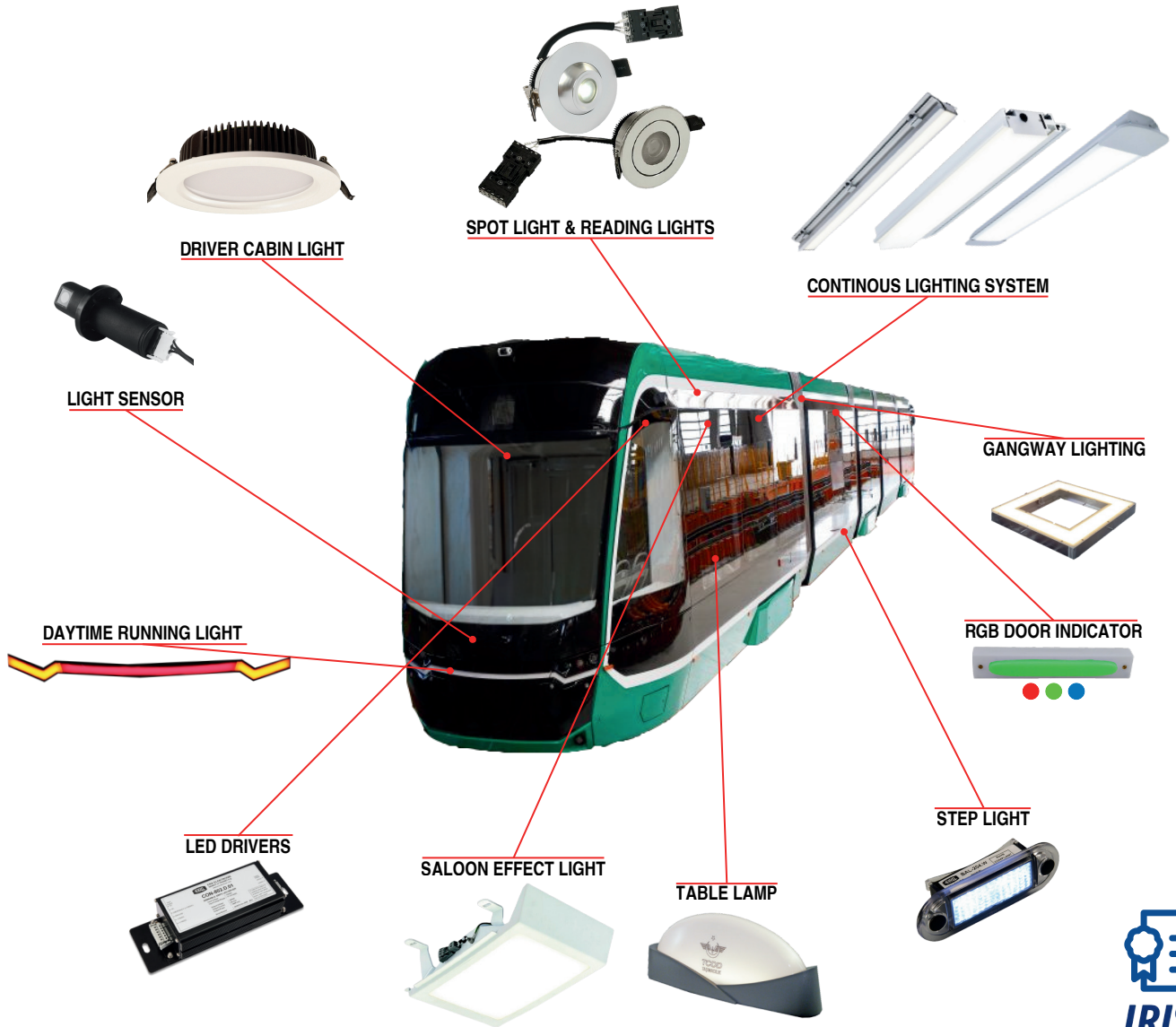
Bu güçlü sistem, bakım sürelerini kısaltır, arıza riskini minimuma indirir ve operasyonel verimliliği zirveye taşır. Kesintisiz enerji, maksimum güvenlik için en doğru çözüm!



Demiryolu  
Uygulamalarında  
Dünya Kalitesi

ERA was founded in 1968 and from the very beginning, became the symbol of quality and the tradition of designing innovative, creative and cost-effective electronic products.

ERA is the first company in Turkey with IRIS certification in manufacturing electronic and interior lighting products for railway vehicles and the leading OEM supplier to global automotive and railway vehicle manufacturers with more than 50 years of experience.





**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK MİSYONU İLE GELECEĞİ TÜKETMEDEN ÜRETen,  
ABD VE BULGARİSTAN'DA 3 ÜRETİM TESİSİ VE  
80 ÜLKEYE İHRACATI İLE KÜRESEL BİR KURULUŞ**



[www.sarkuysan.com](http://www.sarkuysan.com)



**sarkuysan**



# Akıllı Şehirlerin Kalbinde ASISVAR

Sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlerimizle şehirlerin akıllı toplu ulaşımını güçlendiriyoruz.



17  
Ülke



69  
Şehir



100+  
Proje



45+ Milyon  
Aktif Kart



40.000+  
Aktif Araç



90.000+  
Aktif Cihaz

- Toplu taşıma EÜTS
- Toplu Ulaşım Filo Yönetimi
- Mobil Uygulama Çözümleri
- Terminal Yönetim Sistemi
- Yolcu Yardım Masası
- Araç Video ve AI Çözümleri
- Yolcu Bilgilendirme Sistemi
- Banka & Finansal Kurum Kartları Ulaşım Çözümleri
- Finansal Teknolojiler



ASIS



[www.asiselektronik.com.tr](http://www.asiselektronik.com.tr)

# Raylı Sistemler Endüstrisinde Dijital Dönüşümün Gücü: 3DEXPERIENCE ile Uçtan Uca Entegrasyon

Günümüz raylı sistem projeleri; artan şehirleşme, sürdürülebilir ulaşım ihtiyacı ve karmaşık sistem entegrasyonları nedeniyle daha yüksek güvenlik, verimlilik ve kalite standartlarını aynı anda gerektiriyor. Bu yeni dönemde başarı, yalnızca mühendislikle değil, **dijital iş birliği, veri yönetimi ve sistem entegrasyonu** ile mümkün.

**Cadem Digital, Dassault Systèmes'in 3DEXPERIENCE Platformu** ile raylı sistemler sanayine **uçtan uca dijital dönüşüm çözümleri** sunuyor. Mühendislik, tasarım, simülasyon, üretim planlama ve bakım süreçlerini tek bir entegre platformda birleştirerek firmalara **hız, izlenebilirlik ve kalite güvencesi** sağlıyor.

- ◆ **Model Tabanlı Sistem Mühendisliği (MBSE)** ile araç, altyapı ve sistemler arası entegrasyon
- ◆ **Sanal İkiz (Virtual Twin)** teknolojisi ile dijital doğrulama, prototipsiz test ve bakım optimizasyonu
- ◆ **Gerçek Zamanlı İş Birliği** ile üretici, tedarikçi ve operatörler arasında kesintisiz iletişim
- ◆ **Simülasyon ve Analiz Entegrasyonu** ile yolcu güvenliği, enerji verimliliği ve maliyet optimizasyonu

Türkiye'de Dassault Systèmes'in Platinum Partner'ı olarak faaliyet gösteren **Cadem Digital**, raylı sistem araç üreticilerinden altyapı tedarikçilerine kadar tüm firmaların dijital dönüşüm yolculuğuna rehberlik ediyor.

Yenilikçi teknolojiler, uzman danışmanlık ekibi ve global tecrübeyle geleceğin **sürdürülebilir raylı ulaşım ekosistemini** bugünden şekillendiriyor.

**Daha Fazla  
Bilgi İçin:**







# ÜNTEL KABLO

## 3GKW & 4GKW SERİSİ VAGON İÇİ KABLOLAR



### CERTIFICATE of Conformity

Registration No.: AK 60178500 0001  
Report No.: TR24QMB7 001  
Holder:  
Ünüt Kablolat Sanayi ve  
Ticaret A.Ş.  
Demirözü Köyü Mahallesi  
Organize Sanayi Bölgesi  
6. Cadde No: 4 Dışkapı  
41450 Kocaeli  
Türkiye  
Product:  
Cable  
Railway Rolling Stock Cables  
Type designation listed on the next page  
The certificate of conformity refers to the above-mentioned product. This is to certify that  
the specimen is in conformity with the assessment requirements mentioned on the next  
page. This certificate does not imply assessment of the production of the product and does  
not permit the use of a TÜV Rheinland mark of conformity.

Certification Body  
Date: 2024-09-18  
Tamer Temuçin

TÜV Rheinland LGA Prod.

www.tuv.com

TÜRKİYE'DE  
İLK VE TEK

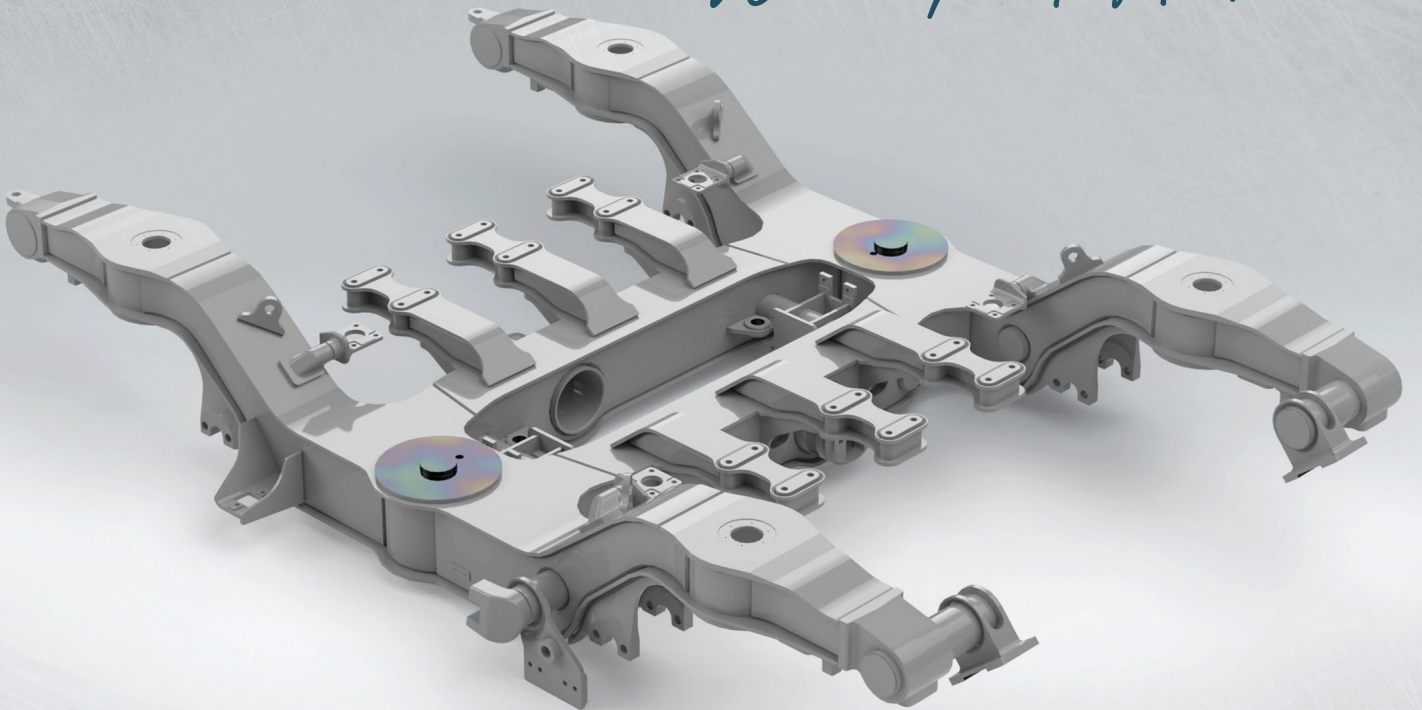
untel.com.tr





Türkiye's first TSI-certified  
**Freight Wagon and Y25 Bogie**  
**Manufacturer Railtur,**  
is now breaking new ground once  
again by producing Bogies for the  
**225 Km/h National**  
**High-Speed Train set.**

*We are proud of that*







Destekleri ile  
Sponsor Firmalar



ANADOLU RAYLI ULAşIM SİSTEMLERİ KÜMELENMESİ