T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# DEMİRYOLLARINDA SERBESTLEŞME VE KAPASİTE TAHSİS YÖNTEMLERİ

**Sinem BOZATLI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Programı

Danışman

Prof. Dr. İsmail ŞAHİN

Ocak, 2022

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# DEMİRYOLLARINDA SERBESTLEŞME VE KAPASİTE TAHSİS YÖNTEMLERİ

Sinem BOZATLI tarafından hazırlanan tez çalışması 06.01.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmail ŞAHİN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. İsmail ŞAHİN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Halit ÖZEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. İsmail ŞAHİN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Demiryollarında Serbestleşme ve Kapasite Tahsis Yöntemleri başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Sinem BOZATLI

İmza

*Aileme*

*ve Sevdiklerime*

# TEŞEKKÜR

Değerli danışmanım ile yollarımızın kesişmesi demiryollarına karşı olan ilgim ve tutkum sayesinde başladı. Kendisine demiryollarıyla ilgili çalışmak istediğimi ilk söylediğimde, tez konumu önermesi üzerine çalışmalarıma başlamış oldum. Bu süreçte takıldığım tüm noktalarda ve çalışmamın yürütümü sırasında desteğini esirgemediği, bir sorunla karşılaştığımda her zaman yol gösterdiği, tüm sorularımı sıkılmadan sabırla dinleyerek yanıtsız bırakmadığı, demiryollarına karşı var olan ilgilimin artmasına ve bir tutkuya dönüşmesine vesile olduğu için danışmanım Prof.Dr. İsmail ŞAHİN Hocam'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca ders aldığım; Prof.Dr. Halit ÖZEN, Doç.Dr. Mustafa GÜRSOY, Dr.Öğr.Üyesi Mustafa Sinan YARDIM, Dr.Öğr.Üyesi Güzin AKYILDIZ ALÇURA hocalarıma yüksek lisans eğitim sürecimde öğretmiş oldukları her şey için teşekkür ederim.

Bu uzun tez çalışma sürecimde en büyük destekçim ailemdi. Her zaman yanımda olan ve benim bugünlere kadar gelmeme vesile olan, yoğun çalışmalarım sırasında sabır gösteren başta biricik annem ve biricik babam'a çokça teşekkür etmek istiyorum. Erkek kardeşim M. Kaan BOZATLI'ya, motivasyon desteğiyle beni sürekli diri tutan, her zaman yanımda olan arkadaşım, dostum, kız kardeşim Av. Gizem BOZATLI'ya da çokça teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Ayrıca tez çalışmamın hazırlanması sırasında şekil ve tabloların oluşturulmasında katkı sağlayan meslektaşım Ulaştırma Müh. Burak KARTAL'a, çalışmam sırasında bana yardımı dokunan meslektaşım Ulaştırma Müh. Yusuf ÜZER'e çok teşekkür ederim. Gerekli bilgilerin temini için destek sağlayan ve demiryollarına karşı farkındalığımı lisans döneminde ilk oluşmasını sağlayan Altyapı Yatırımları Genel Müdürü Sn. Dr. Yalçın EYİGÜN Hocam'a ve çalışmamda verilerin teminini sağlayan başta TCDD Genel Müdürlüğü olmak üzere, Kapasite Tahsis Şube Müdürlüğü'ne teşekkürü borç bilirim.

Sinem BOZATLI

Ulaştırma Mühendisi

# İÇİNDEKİLER


**SİMGE LİSTESİ** viii

**KISALTMA LİSTESİ** x

**ŞEKİL LİSTESİ** xii

**TABLO LİSTESİ** xiv

**ÖZET** xv

**ABSTRACT** xvii

**1 GİRİŞ** 1

1.1 Literatür Özeti ... 1

1.2 Tezin Amacı ... 8

1.3 Hipotez ... 9

**2 DEMİRYOLLARINDA SERBESTLEŞME** 11

2.1 AB Demiryolu Reformu ... 11

2.2 AB Demiryolu Mevzuatları ... 12

2.2.1 Birinci Demiryolu Mevzuatı ... 14

2.2.2 İkinci Demiryolu Mevzuatı ... 15

2.2.3 Üçüncü Demiryolu Mevzuatı ... 15

2.2.4 Dördüncü Demiryolu Mevzuatı ... 15

2.3 Değerlendirme ... 16

**3 DEMİRYOLLARINDA ORGANİZASYON MODELLERİ** 18

3.1 Bütünleşme (Entegrasyon) Modeli ... 20

3.2 Şirket Modeli ... 21

3.3 Ayrım Modeli ... 22

3.3.1 Dikey Ayrım ... 23

3.3.2 Yatay Ayrım ... 26

3.4 Ülkelerin Demiryolu Organizasyon Yapılarının İncelenmesi ... 27

3.4.1 İngiltere ... 27

3.4.2 Fransa ... 30

3.4.3 Almanya ... 32

3.4.4 İsveç ... 34

3.4.5 Japonya ... 35

3.4.6 Amerika Birleşik Devletleri ... 37

3.5 Değerlendirme ..... 38
**4 TÜRKİYE'DE DEMİRYOLLARININ SERBESTLEŞMESİ VE ORGANİZASYON YAPISI 40**
4.1 Türkiye Demiryollarının Serbestleşme Süresi ..... 40
4.2 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun ..... 43
4.3 Türkiye Demiryollarının Organizasyon Yapısı ..... 45
4.4 Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği ..... 47
4.5 Şebeke Bildirimleri ..... 48
4.5.1 Erişim Şartları ..... 49
4.5.2 Çerçeve Anlaşması ..... 49
4.5.3 Erişim Sözleşmesi ..... 50
4.5.4 Altyapıya Ait Bilgiler ..... 50
4.5.5 Ücretlendirme ..... 51
4.6 Kapasite Tahsisi ..... 53
4.6.1 Koordinasyon Süreci ..... 54
4.6.2 Sıkışık Altyapı ..... 56
4.6.3 Bakım, Yenileme Çalışmaları ve Artırılan Kapasitenin Tahsisi ..... 57
4.6.4 TCDD Tarafından Tahsis Edilen Kapasitenin İptali Durumu ..... 57
4.6.5 İstisnai ve Tehlikeli Madde Taşımaları için Kapasite Tahsisi ..... 57
4.6.6 Kapasite Talep Formu ..... 57
**5 DEMİRYOLLARINDA HAT KAPASİTESİ 59**
5.1 Demiryolu Planlaması ..... 59
5.1.1 Stratejik Planlama ..... 62
5.1.2 Taktiksel Planlama ..... 62
5.1.3 İşletim Planlaması ..... 63
5.2 Kapasite Kavramı ..... 63
5.3 Kapasite Parametreleri ..... 65
5.4 Kapasite Analiz Teknikleri ..... 67
5.4.1 Analitik Teknikler ..... 67
5.4.2 Grafiksel Teknikler ..... 68
5.4.3 Simülasyon Teknikleri ..... 69
5.5 Kapasite Hesap Yöntemleri ..... 71
5.5.1 UIC'nin Analitik Yöntemi- Kod 405R ..... 71
5.5.2 Kapasite Kullanım İndeksi (CUI) Yöntemi ..... 74

5.5.3 UIC'nin Sıkıştırma Yöntemi- Kod 406 ..... 76
5.5.4 STRELE Formülü (Schwanhäußer Yöntemi) ..... 79
**6 DEMİRYOLLARINDA KAPASİTE TAHSİSİ VE YÖNTEMLERİ 81**
6.1 AB Ülkeleri Demiryollarının Kapasite Tahsisi ..... 82
6.2 İngiltere Demiryolları Kapasite Tahsisi ..... 84
6.2.1 Erişim Ücretleri ..... 85
6.3 Japonya Demiryolları Kapasite Tahsisi ..... 85
6.3.1 Erişim Sözleşmeleri ..... 86
6.4 ABD Demiryolları Kapasite Tahsisi ..... 86
6.5 Kapasite Tahsis Mekanizmaları ..... 86
6.5.1 Kurala Dayalı (Yönetilen) Mekanizmalar ..... 86
6.5.2 Maliyete Dayalı Mekanizmalar ..... 87
6.5.3 Pazara Dayalı (Değer) Mekanizmalar ..... 87
6.6 Kapasite Tahsis Yöntemleri ..... 88
6.6.1 Manuel Yaklaşım ..... 91
6.6.2 Algoritma Yaklaşımı ..... 91
6.6.3 Karar Destek Sistemleri ..... 93
6.6.4 Açık Artırma Yaklaşımı ..... 95
6.6.5 Oyun Teorisi Modeli Yaklaşımı ..... 99
6.6.6 Simülasyon Yaklaşımı ..... 100
**7 TEK HATLI DEMİRYOLUNDA KAPASİTE HESABI: MALATYA-NARLI HATTI İÇİN BİR UYGULAMA 102**
7.1 Hesap Kesiminin Belirlenmesi ..... 119
7.2 En Küçük İzleme Sürelerinin Elde Edilmesi ..... 108
7.3 Ortalama En Küçük İzleme Süresinin Hesabı ..... 114
7.4 Kapasite Kullanımının Hesaplanması ..... 116
7.5 Kapasite Kullanımının Değerlendirilmesi ve Öneriler ..... 119
**8 SONUÇ VE ÖNERİLER 121**
**KAYNAKÇA 126**
**A TRENLERİN SIKIŞTIRILMIŞ TOPLU İŞGAL SÜRESİ 132**
**B MODEL TRENLER ARASINDAKİ İZLEME DURUMLARI 136**
**TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 147**

# SİMGE LİSTESİ

| | |
|---|---|
| $A$ | Altyapı işletim süresi (dak) |
| $\underline{z}_g$ | Aynı ardışık sıralı trenler için belirleyici ortalama en küçük izleme süresi |
| $D$ | Bakım için ek süreler (dak) |
| $A_i$ | Bir hat bölümüne özgü sabit |
| $\mu$ | Blok bölümünü kullanan maksimum tren sayısı |
| $n_b$ | Blok kesimlerinin sayısı |
| $t_{zu}$ | Ek süre |
| $t_r$ | Ek süre marjı (dak/tren) |
| $A'$ | En küçük altyapı işgali |
| $\underline{z}_v$ | Farklı ardışık sıralı trenler için belirleyici ortalama en küçük izleme süresi |
| $p_{ve}$ | Girişteki gecikme olasılığı |
| $\underline{t}_{ve}$ | Girişteki ortalama gecikme |
| $\beta$ | Güzergaha özgü sabit |
| $t_{bb,j(k)}$ | k blok kesimindeki j treni için işgal süresi başlangıcı |
| $t_{be,i(k)}$ | k blok kesimindeki i treni için işgal süresi bitişi |
| $P$ | Kapasite göstergesi |
| $K$ | Kapasite kullanımı (%) |
| $N$ | İşletilen tren sayısı (adet) |
| $t_r$ | Ortalama en küçük izleme süresi |
| $\bar{z}$ | Ortalama en küçük izleme süresi |
| $L_q$ | Ortalama kuyruk uzunluğu |
| $n_i$ | Öncül i model treninin sayısı |
| $n_j$ | Öncül j model treninin sayısı |
| $f_{ij}$ | Öncül model treni ile artçıl model treni arasındaki en küçük izleme süresi (dak/tren) |
| $z_{ij}$ | Öncül model treni i ile artçıl model treni j arasındaki en küçük izleme süresi (dak/tren) |

| | |
|---|---|
| $n_{ij}$ | Öncül model tren i ile artçıl model tren j arasındaki izleme durumlarının sayısı |
| $T$ | Referans süresi |
| $U$ | Seçilen zaman aralığı (dak) |
| $C_{it}$ | t zaman diliminde i kesimindeki kapasite kullanım indeksi |
| $D_{it}$ | t zaman periyodunda hattın i kesimi üzerindeki tepkisel gecikme |
| $B$ | Tampon süre (dak) |
| $T_p$ | Tampon süre (dak) |
| $C$ | Tek hatlı demiryolları için ek süre (dak) |
| $\Psi$ | Tek yön kullanım oranı |
| w | Tren başına ortalama gecikme |
| $t_{h,ij}$ | Tren i'yi takip eden tren j için en küçük izleme süresi (dakika) |
| $p_g$ | Trenlerin eşit sıralı art arda meydana gelme olasılığı |
| $k$ | Toplam kullanım süresi (dak) |
| $\rho$ | UIC 406'ya göre altyapı işgali için önerilen değer |
| λ | Varan trenlerin sayısı |

# KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---|---|
| AB | Avrupa Birliği |
| ADRC | Access Dispute Resolution Rules |
| ARR | Association of American Railroads |
| ARAF | Autorite de Regulation des Activites Ferroviaires |
| AY | Altyapı Yöneticisi |
| BMVI | Das Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur |
| BR | British Rail |
| CUI | Capacity Utilisation Index |
| DB | Deutsche Bahn AG |
| DfT | Department for Transport |
| DTİ | Demiryolu Tren İşletmecisi |
| EBA | Eisenbahn Bundesamt |
| EC | European Commission |
| EEC | European Economic Council |
| EPIC | Etablissement Public Industriel et Commercial |
| EPSF | Etablissement Public De Securite Ferroviaire |
| ERA | European Railway Agency |
| ERTMS | European Rail Traffic Management System |
| EU | European Union |
| FOC | Freight Operating Companies |
| İZBAN | İzmir Banliyö Taşımacılığı Sistemi |
| JR | Japanese Railway |
| KHK | Kanun Hükmünde Kararname |
| KTK | Kamu Tüzel Kişileri |
| OPRAF | Office of Passenger Rail Franchising |
| OPTRA | Optimal Track Allocation Problem |
| ORR | Office of Rail and Road |
| OSS | One Stop Shop |
| RFF | Reseau ferre de France |
| R.S. | Rolling Stock |
| RTRI | Railway Technical Research Institute |

| | |
|---|---|
| SJ | Statens Jarnvagar |
| SİTAŞ | Sivas Travers İmalat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi |
| SNCF | Societe Nationale des Chemins de fer Français |
| TCDD | Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları |
| TERFN | Trans European Rail Freight Network |
| TFMM | Transport Ferroviaire et Multimodal de Marchandises |
| TOC | Train Operating Companies |
| TTP | Train Timetable Problem |
| TÜDEMSAŞ | Türkiye Demiryolu Makinaları Sanayii Anonim Şirketi |
| TÜRASAŞ | Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii Anonim Şirketi |
| TÜVASAŞ | Türkiye Vagon Sanayii Anonim Şirketi |
| UAB | Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı |
| UIC | Union Internationale des Chemins de fer |
| UNECE | United Nations Economic Commission for Europe |
| VADEMSAŞ | Voestalpine Kardemir Demiryolu Sistemleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi |

# ŞEKİL LİSTESİ

**Şekil 3.1** Demiryolu pazarı organizasyon yapısı (Ali, 2020) ..... 19
**Şekil 3.2** Basitleştirilmiş bütünleşik model yapısı (Wolff, 2011) ..... 21
**Şekil 3.3** Basitleştirilmiş şirket model yapısı (Wolff, 2011) ..... 22
**Şekil 3.4** Avrupa pazarlarında dikey (ve yatay) ayrım (Ali ve Eliasson, 2021) ... 23
**Şekil 3.5** Basitleştirilmiş ayrım modelinin yapısı (Wolff, 2011) ..... 23
**Şekil 3.6** Dikey ayrım modeli türleri ve yapıları (Tangül, 2014) ..... 25
**Şekil 3.7** Network Rail güzergahları ..... 28
**Şekil 3.8** İngiltere demiryolu organizasyon yapısı (Ayilaran, 2016) ..... 29
**Şekil 3.9** SNCF'nin organizasyon yapısı (SNCF, 2021) ..... 30
**Şekil 3.10** Almanya demiryolları organizasyon yapısı (DfT, 2019) ..... 33
**Şekil 3.11** İsveç demiryolları organizasyon yapısı (DfT, 2019) ..... 35
**Şekil 3.12** JNR'nin reform planı (CER, 2011) ..... 36
**Şekil 3.13** Japon demiryolu pazarı organizasyon yapısı (DfT, 2019) ..... 37
**Şekil 4.1** Türkiye demiryollarının organizasyon yapısı (TCDD, 2020b) ..... 46
**Şekil 4.2** TCDD'nin kapasite tahsis süreci ..... 53
**Şekil 4.3** TCDD'nin koordinasyon sürecinin işleyişi ..... 55
**Şekil 4.4** Kapasite talep formu (TCDD, 2020b) ..... 58
**Şekil 5.1** Demiryolu planlama süreçleri (Lusby vd., 2009) ..... 60
**Şekil 5.2** Avrupa'da demiryolu taşımacılığı için idealleştirilmiş planlama süreci (Schlechte, 2011) ..... 62
**Şekil 5.3** Demiryolu kapasitesinde denge bileşenleri (Rotoli vd, 2016) ..... 66
**Şekil 5.4** Demiryolu kapasite parametreleri (Landex, 2008) ..... 66
**Şekil 5.5** Kapasite analizi için analitik yaklaşım seviyeleri (Pouryousef vd., 2015) ..... 68
**Şekil 5.6** Simülasyon yaklaşımında demiryolu kapasite analizi için adımlar (Pouryousef vd., 2015) ..... 70
**Şekil 5.7** Heterojen tren operasyonu: Farklı tren dizileri (yavaş ve hızlı) (Rotoli vd., 2016) ..... 72
**Şekil 5.8** CUI'ye göre kapasite kullanım hesaplaması yöntemi (Rotoli vd. , 2016) ..... 75
**Şekil 5.9** UIC 406 yönteminin genel iş akışı (Landex, 2008) ..... 77

**Şekil 5.10** Kapasite kullanımının belirlenmesi (Rotoli ve Ricci, 2014) .....78
**Şekil 6.1** Demiryolu kapasite tahsis süreci (European Commission, 2001) .....83
**Şekil 6.2** Demiryolu kapasite tahsisi için uygulanan karar destek sisteminin yapısı (Klabes, 2010) .....94
**Şekil 6.3** Tahsis süreci (Borndörfer vd., 2005).....98
**Şekil 6.4** Simülasyona dayalı demiryolu hattı tahsisinin optimizasyonu için idealleştirilmiş kapalı döngü (Schlechte, 2011) .....101
**Şekil 7.1** Malatya-Narlı şematik planı (Tren Haber, 2020).....103
**Şekil 7.2** Malatya-Narlı hattı orer grafiği .....105
**Şekil 7.3** 07.05.2021 tarihli Malatya-Narlı hattı 24 saatlik orer grafiği .....120
**Şekil 7.4** Otomatik blok sistemde bir trenin işgal yolu ve işgal süresi (Şahin, 1987) .....111
**Şekil 7.5** Blok kesimindeki işgal yolu ve işgal süresi hesabı (Pachl, 2008) .....112
**Şekil 7.6** Öncül tren 43421 ile artçıl tren 43409'un arasındaki izleme durumu .....113
**Şekil 7.7** Öncül tren 63619 ile artçıl tren 63605'in arasındaki izleme durumu .....113
**Şekil 7.8** Öncül tren 43409 ile artçıl tren 63619'un arasındaki izleme durumu .....114

# TABLO LİSTESİ

**Tablo 2.1** 1991'den beri yapılan AB reformlarına ayrıntılı incelemesi (European Union, 2020) .....13
**Tablo 2.1** 1991'den beri yapılan AB reformlarına ayrıntılı incelemesi (European Union, 2020) (devamı) .....14
**Tablo 2.2** 1991'den beri yapılan AB reform düzenlemelerine genel bakış Ali, 2013 .....17
**Tablo 4.1** TCDD'nin mevcut hatlarının uzunluğu (TCDD, 2021).....42
**Tablo 5.1** Demiryolu trafiği planlama evrelerinin süresi (Schlechte, 2011) .....61
**Tablo 5.2** UIC'nin altyapı işgali için önerdiği değerler (UIC, 2013).....79
**Tablo 6.1** Ülkelerin uyguladıkları kapasite tahsis mekanizmaları (Ali ve Eliasson, 2021).....88
**Tablo 7.1** Malatya-Narlı hattı istasyonların her iki yöndeki seyir süreleri toplamları.....108
**Tablo 7.2** Fiili tren hareketlerine göre model trenlerin seçilmesi .....109
**Tablo 7.3** Fiili sürelere göre model trenler.....109
**Tablo 7.4** En küçük izleme süreleri matrisi .....115
**Tablo 7.5** Hatların verimli kullanım oranları (%) (UIC, 2013).....117
**Tablo 7.6** Hatların ek süre oranları (%) (UIC, 2013) .....118

# ÖZET

## Demiryollarında Serbestleşme ve Kapasite Tahsis Yöntemleri

Sinem BOZATLI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İsmail ŞAHİN

Dünyada demiryolu ulaştırmasının diğer ulaştırma türleriyle rekabet edemeyecek duruma gelmesi sonucunda demiryollarında reform ihtiyacı doğmuştur. Reformlar karşımıza demiryollarında serbestleşme ve düzenleme çalışmaları olarak çıkmaktadır. Bu tez çalışmasının üzerinde durduğu iki ana konu bulunmaktadır. İlki demiryollarında serbestleşmeyle birlikte gelen rekabetin dünya çapında farklı ülkelerde nasıl tanıtıldığını ve düzenlendiğini incelemektedir. Özellikle, piyasa düzenlemesinin demiryolu pazarlarına özgü merkezi bir kısmı olan organizasyon yapılarına odaklanmaktadır. İkincisi ise bununla etkileşim halinde olan demiryollarında kapasite (slot) tahsis sürecine odaklanmaktadır. İlk olarak Avrupa Birliği (AB) demiryolu reformu ve dünyada reform konusunda önde gelen başarılı ülkelerden örneklere yer verilmiştir. AB ülkelerinde benimsenen dikey ayrım modeliyle demiryolları altyapı yönetimi ve işletimi birbirinden ayrılmıştır. Bu sayede demiryolu pazarlarında rekabet ortamı oluşturarak, demiryollarının hizmet kalitesinin artırılması ve maliyetinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Demiryolu altyapı yöneticisinin (AY) adil ve şeffaf davranarak, kârı ve hizmet kalitesini artırmayı hedefleyen bir tahsis mekanizması ortaya koyması gerekmektedir. Fakat demiryolu kapasite tahsisine ilişkin

düzenlemeler arasındaki etkileşim hala tam olarak anlaşılmamış ve akademisyenler tarafından çok az araştırılmıştır. Literatürde demiryolu kapasite tahsisi için ülkemizde ve diğer ülkelerde kullanılan yöntemler tek bir kaynakta toplu halde bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu tez çalışması kapsamında incelenen ülkelerdeki demiryolu sistemlerinde AY tarafından, DTİ'lere kapasitenin nasıl tahsis edildiğine yer verilmiştir. Böylece literatürde optimum fayda sağlayan, şeffaf ve sürdürülebilir bir tahsis mekanizmasının ortaya konması için geliştirilen ve kullanılan yöntemler toplu halde ortaya konulmuştur.

Ülkemizde demiryollarının serbestleştirilmesine yönelik çalışmalar, 2013 yılında yapılan yasal düzenleme ile başlamıştır. Bu yasa ile Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) altyapı yöneticiliği görevini üstlenmiştir. Çalışmanın Türkiye ile ilgili bölümünde TCDD tarafından demiryolu tren işletmecilerine kapasite tahsisinin nasıl gerçekleştirdiği anlatılmaktadır. Ayrıca yük trafiğinin yoğun olduğu tek hatlı Malatya-Narlı demiryolu güzergahında kapasite hesabı gerçekleştirilmiştir. UIC Kod 406 belgesinde açıklanan sıkıştırma yöntemi uygulanmıştır. Hattın kapasite kullanım oranı %81,62 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak Malatya-Narlı hattının kapasitesi bugün için yeterlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Demiryollarında serbestleşme, organizasyon yapıları, TCDD, hat kapasitesi, kapasite tahsis yöntemleri.

# ABSTRACT

## Liberalization and Capacity Allocation Methods in Railways

Sinem BOZATLI

Department of Civil Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. İsmail ŞAHİN

In the world, railway transportation has become unable to compete with other modes of transportation. As a result, the need for reform in the railways arose. Reforms appear as liberalization and regulation studies in railways. There are two main issues that this thesis study focuses on. The first examines how the competition that comes with the liberalization of railways is promoted and regulated in different countries around the world. In particular, it focuses on organizational structures, which is a central part of market regulation specific to rail markets. The second focuses on the capacity (slot) allocation process in railways that interact with it. First of all, examples of successful countries in the European Union (EU) railway reform and reform in the world are given. With the vertical separation model adopted in EU countries, railway infrastructure management and operation are separated from each other. In this way, it is aimed to increase the service quality of the railways and reduce the cost by creating a competitive environment in the railway markets. The railway infrastructure manager (AY) needs to act fairly and transparently and introduce an allocation mechanism that aims to increase profits and improve service quality. However, the interaction between regulations regarding railway capacity allocation is still poorly understood and little researched by academics.

In the literature, the methods used for railway capacity allocation in our country and in other countries are not available in a single source. Therefore, how the capacity is allocated to railway train operators (DTİ) by the AY in the railway systems in the countries examined within the scope of this thesis is given. Thus, the methods developed and used in order to reveal a fair, transparent and sustainable allocation mechanism that provides optimum benefit in the literature have been put forward collectively.

Studies for the liberalization of railways in Turkey started with the legal regulation made in 2013. With this law, the Turkish State Railways (TCDD) is assigned the task of infrastructure manager. In the section on Turkey of the study, it is explained how the capacity allocation to railway train operators is carried out by TCDD. In addition, the capacity calculation was carried out on the single-line Malatya-Narlı railway route, where the freight traffic is intense. The compression method described in the UIC Code 406 document has been applied. The capacity consumption rate of the line was calculated as 81.62%. As a result, the capacity of Malatya-Narlı line is sufficient for today.

**Keywords:** Liberalization in railways, organizational structures in railways, TCDD, line capacity in railways, capacity allocation methods in railways.

# 1
# GİRİŞ

## 1.1 Literatür Özeti

Bu tez çalışması demiryollarıyla ilgili literatürün üç kısmı üzerine yoğunlaşmaktadır. Tezin ilk bölümünde demiryollarında reform ve serbestleşme sürecinde ortaya çıkan organizasyon modelleri üzerinde durulmuş ve literatürde bu konudaki çalışmalar incelenmiştir. Tezin ikinci kısmı ise demiryollarında kapasite tahsisi yöntemleri üzerine ayrıntılı inceleme ve araştırmayı içermektedir. Demiryolu kapasitesinin tahsisi, tren çizgisi taleplerinin, genellikle AY olarak adlandırılan ilgili kapasite tahsis kuruluşu tarafından, aynı zamanda DTİ olarak adlandırılan kapasite başvuru sahiplerine verildiği süreci ifade etmektedir. Tezin son kısmı ise demiryollarının hat kapasitesi üzerine yoğunlaşmaktadır ve bu konudaki literatür çalışmalarına odaklanmıştır.

İlk kısımda kullanılan literatüre baktığımız zaman AB demiryolu reformları, çeşitli ülkelerin demiryolu reformları ve bunların sonucunda ortaya çıkan organizasyon yapıları üzerinde durulmuştur.

Gomez ve Ibanez (2004), çalışmalarında ülke deneyimlerinden yola çıkarak, demiryolu altyapı ve işletimi için farklı demiryolu düzenlemelerini ve bu düzenlemelerin kombinasyonlarını belirleyen reform seçeneklerini genel olarak ortaya koymaktadır. Makalenin ana bölümü deneyimi üç ortak paketle özetlemektedir: ilki ayrım modelinin benimsendiği ülkeler olan Avrupa ve Avustralya'da görülen; ikincisi, özelleştirmenin benimsendiği Kuzey Amerika ve Yeni Zelanda'da (2004'e kadar) görülen, üçüncüsü ise Latin Amerika ve Japonya'da uygulandığı gibi hat erişiminin özelleştirme ile ayrıldığı düzenlemelerdir. Son bölümde ise, İspanya için oldukça spekülatif çıkarımlarla birlikte özelleştirme ve demiryolu altyapı yönetimin ve işletiminin ayrıldığı ayrım modeli konusundaki argümanları bir araya getirmeye çalışılmıştır.

OECD (2005), demiryolu endüstrisindeki yapısal reformu tartışmaktadır. Demiryolu sektöründeki yapısal ayrım konusuna genel bir bakış açısı sunmaktadır.

Dikey ayrımla ilgili ülke deneyimlerinden yola çıkarak, yapısal ayrımın altında yatan teoriyi, açık erişim ve/veya dikey ayrılmanın ne zaman gerçekleşmesi gerektiği konularına yer vermektedir. Demiryolu ağı (şebekesi) için en uygun yapıyı belirleyen faktörleri ortaya koymaktadır.

CER (2011), Avrupa Demiryolları ve Altyapı Şirketleri Topluluğunun 2011 yılında çıkardıkları kitapta ulusal demiryolu uzmanlarının kendi ülkelerindeki reformlarla ilgili genel bakış açılarına yer vermektedir. Uzmanlar bu reformlardan hangilerinin başarılı veya başarısız olduklarını cevaplandırmaktadır. AB ve AB dışındaki ülkelerdeki reformlara tartışmalı bir bakış açısı sunulmaktadır.

Wolf (2011), tez çalışmasında 1990'larda Avrupa'nın demiryolu reform programının başlamasından bu yana çeşitli organizasyon modellerini ve performanslarını incelemektedir. Tezin 2. bölümü, 27 Avrupa ülkesi dahil olmak üzere 35 ülke için ulusal demiryolu sektörlerindeki organizasyon yapılarını tanıtmaktadır. Organizasyon yapıları görsel bir şekilde ve somut bir çerçeveyle sunulmaktadır. Avrupa demiryolu sektörlerinin benimsediği üç yapısal model hakkında bilgi vermektedir. Bu yapısal modeller; bütünleşme, şirket ve ayrım modelidir.

Drew ve Nash (2011) hazırladıkları çalışmada; dikey ayrımın maliyetler üzerinde değil, pazar üzerindeki etkisini inceleyerek önceki araştırmaların çoğundan farklı bir yaklaşım benimsemişlerdir. Analiz, dikey ayrılma ile demiryolu yük trafiğindeki büyüme veya demiryolunun toplam yük trafiğindeki payı arasında bir ilişki olmadığını ortaya koymaktadır. Temel amaç demiryolu taşımacılığının verimliliğini ve büyümesini teşvik etmekse, dikey ayrımın bazı durumlarda, özellikle altyapı için yeterli hükümet desteğinin bulunmadığı bazı Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde demiryolu büyümesini engelleyebileceğini savunmaktadır. Ayrıca, dikey ayrımı uygulamaya koyan bazı ülkelerde daha yüksek yolcu büyümesine rağmen, bu durumun dikey ayrımla ilişkilendirilemeyeceğidir.

Aslan (2012), yüksek lisans tez çalışmasında sırasıyla tam ayrılma, bütünleşme ve kısmi ayrılma modellerini temsil eden İngiliz, Alman ve Fransız deneyimlerine dayalı olarak geçmiş akademik çalışmalar ve raporlardan yararlanarak Avrupa'da gözlemlenen farklı yaklaşımların güçlü ve zayıf yönlerini vurgulamaktadır. Ek

olarak Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nın mevcut (serbestleşme öncesi) demiryolu yapısından da bahsetmektedir.

Özkan vd. (2016), çalışmalarında otuz ülkede demiryollarının düzenlenmesi ve serbestleşmesi üzerine bir literatür çalışmasını içermektedir. Amaçları, demiryollarının düzenlenmesine karşılaştırmalı bir genel bakış açısı sunmak ve 21.yy. da demiryollarının serbestleştirilmesi ve yeniden yapılandırılması sürecini analiz etmektir. Bunun için 1984-2014 arasındaki ulaşım hizmetleri bilgilerini içeren veriler Dünya Bankası'ndan alınmış ve regrasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları, genel olarak demiryolu taşımacılığı ve taşımacılık hizmetleri ile serbestleşme sonrası pazara giren özel DTİ'lerin taşımacılık yatırımları arasında istatistiksel olarak anlamlı etkileşim olduğunu göstermektedir.

Ranghetti (2018), Demiryolu Taşımacılığı Çalışma Grubu'nun (Working Party on Rail Transport) hazırlamış olduğu çalışmada, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE/ECE) bölgesindeki demiryolu reformunu özetlemektedir. Bu çalışma, ECE bölgesindeki demiryolu reformunun kurumsal yapı, piyasa katılımcıları ve sektörün gelişimi açısından farklı biçimler aldığını göstermiştir. Benimsenen modellerin her biri bazı alanlarda başarılı olmuştur. Ancak bu başarı derecelerinin benzer reform yaklaşımlarında tutarlı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, ECE bölgesinde uygulanabilecek standart bir reform modeli ve herkese uyan tek bir çözüm olmadığı ve her ülkenin benimsediği modelin kendi ulusal standartları ile tutarlı olmasını sağlaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Departmant for Transportation (DfT) hazırlamış olduğu 2019 yılı raporunda; Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, İsveç, İsviçre, Avusturalya, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) demiryolu reformlarını ve reformlar sonucu meydan gelen demiryolu organizasyon yapılarının özetlerini sunmaktadır.

Demiryollarında serbestleşmenin beraberinde getirdiği bir diğer önemli konu ise kapasitesinin tahsisidir. Demiryolu altyapı yöneticileri tarafından DTİ'lere mevcut demiryolu hattının şeffaf, adil, sürdürülebilir ve optimum fayda sağlayacak şekilde tahsis edilmesi gerekmektedir. Bunun için de demiryolu hat kapasitesinin hesaplanması ve analizi büyük önem arz etmektedir.

Demiryolu hat kapasitesinin analizinden ve verimli kullanımından başlayarak, son yıllarda bu konu artan bir önem kazanmış ve birçok yazar bu konuya katkıda bulunmuştur (Rotoli ve Ricci, 2014). Kapasite, hatların DTİ'lere tahsis edilmesiyle sunulan ve AY'nin ilgilendiği bir kaynağı ifade etmektedir (Gasparik ve Zitricky, 2010). Çeşitli araştırma projeleri halihazırda demiryolu kapasitesi konusunu farklı bakış açılarından ele almıştır (altyapı erişimi ve ücretlendirme, açık pazar ve rekabet, erişilebilirlik, kullanıcılar için güvenilirlik ve maliyet, ekonomik sürüş ve enerji tüketimi vb.) (Rotoli vd., 2016). Literatürde kapasitenin tahmin ve analiz edilmesine yönelik geliştirilen yöntemlere Prinz vd. (2005); UIC Code 405; UIC Code 406; Landex (2007); Landex (2008); Rotoli ve Ricci (2014); Pouryousef vd. (2015), Rotoli vd. (2016) çalışmalarında yer vermiştir.

Landex (2008) tez çalışmasında, altyapıyı ve/veya zaman çizelgesi (orer) bilgilerinin tam olarak bilinmediği durumlarda gelecekteki kapasite kullanımını değerlendirmek için Uluslararası Demiryolları Birliği'nin (UIC) Kod 406 kapasite broşürünü kullanarak bir yöntem ortaya koymaktadır. Yazar sistem mühendisliği kullanarak, UIC 406 yöntemini incelemek ve bahsedilen yöntemi açıklamak için tutarlı bir yol bulma yaklaşımı sunmaktadır. Tez ayrıca hem trenler hem de yolcular için gecikmeleri hesaplamaya yönelik uygulanabilir modeller ortaya koymaktadır. Ayrıca tezde, gecikme modelleri incelenmekte ve karşılaştırılmaktadır. Çalışma ayrıca, yöntemlerin uygulanabilirliğine odaklanmaktadır.

Şahin' in (1987) yüksek lisans tez çalışması tek ve çift hatlı demiryollarının işletme koşullarına bağlı olarak hat kapasitesini belirleme yöntemlerini içermektedir. Haydarpaşa-Gebze hattında 1980'lerin ikinci yarısında işletilen trenlerin ve otomatik blok sinyal sisteminin özellikleri kullanılarak, hattın kapasitesi hesaplanmıştır. Hesaplar, Alman Demiryollarında 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan yönteme dayanmaktadır.

Kapasitenin doğru hesaplanması ve optimum fayda elde edilebilecek şekilde analizinin ardından, Avrupa ve diğer ülkelerin de üzerinde yoğunlaştığı konu demiryolu hat kapasitenin en iyi şekilde tahsis edilmesi olmuştur. Ne yazık ki,

araştırmalar mevcut durumda, ayrımcı olmayan erişim koşulunu tam olarak yerine getirebilecek kapasite tahsisi için bir yöntem bulunmadığını göstermiştir.

Demiryollarında kapasite tahsis yöntemlerini toplu halde veren bir kaynak çalışması bulunmamakla birlikte, yapılan çalışmalarda daha çok yöneylem araştırması tekniklerinden yola çıkılarak tren tarifesi problemi (TTP) veya başka bir ifadeyle tren çizelgelemesi problemlerine optimizasyon yöntemleri kullanarak çözüm aranmıştır. Bir diğer yaklaşım türü ise açık artırma yani en iyi teklif verenin kazandığı matematiksel yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalardır.

Lusby vd. (2009), makalelerinde planlamacılara tren güzergahlarını bulmada yardımcı olmak için literatürde önerilen modelleri ve yöntemleri gözden geçirmektedir. Ayrıca tren tarifesi, tren sevkiyatı, tren platformu oluşturma ve tren güzergâh problemleri üzerinde araştırma çalışması yapmışlardır. Bunları demiryolu ağı türüne göre gruplandırmış ve stratejik, taktik ve işletim seviyelerinde güzergâh tahsisini inceleyen modellere yer vermiştir.

Klabes'in (2010) çalışmasının odak noktası ise demiryolu kapasite tahsisidir. Klabes, doktora tez çalışmasında Alman demiryollarının kapasite tahsisini optimizasyon problemi olarak modellemektedir. Yazar, bunu en küçük tampon süreleri kullanarak demiryolu kapasitesi ile ilgili olarak tampon sürelerinin olası optimizasyonunu ortaya koyarak yapmaktadır.

Fragnelli ve Sanguineti (2014), makale çalışmalarında; DTİ'lerin kapasite tahsis işleminin sorunsuz gerçekleşmesi için bilgi alışverişinde bulundukları ve olası bir fayda artışı ile telafi edilen bir oyun teorisi modelini önermektedir. Yazar bu yaklaşımı bir koalisyon kurma sorunu olarak temsil etmektedir. Çalışma, bir AY tarafından önerilen, verimliliği iyileştirilebilen, az sayıda DTİ'nin dahil olduğu, kısa sürede aynı hat üzerinde tren çalıştıran ve bilgi alışverişi konusunda anlaşan DTİ'ler için demiryolu zaman çizelgesinin nasıl iyileştirilebileceğini göstermektedir. Bu amaca ulaşmak için, Gerber tarafından önerilen C-Çözümüne başvurulmaktadır. C-Çözüm yöntemi, yalnızca daha iyi bir çizelgenin nasıl üretileceğini değil, aynı zamanda iş birliği yapan (kartel oluşumu) DTİ'lerin genel faydasını artırmak ve daha kötü bir çizelgelemeyi kabul etmesi için ihtiyaç duyduğu tazminat düzeyini de göstermektedir.

Cao ve Feng (2020), ağ optimizasyon tekniklerini kullanarak yüksek hızlı demiryolu ağındaki stokastik talepler altında kapasite tahsisi problemi için iki aşamalı bir stokastik tamsayı programlama modeli önermektedirler. Buna ek olarak aynı zamanda hızlı optimizasyon sonuçlarına olanak tanıyan zaman çizelgesinin ve tren teşkilinin optimize edilme stratejisini de önermektedirler.

Nilsson (2002) ve Borndörfer vd., (2005) yaptıkları çalışmalarında demiryolu altyapı kapasitesini bir mal olarak kabul edip, açık artırma benzeri mekanizmalarla tahsis edilebileceğinden söz etmektedir.

Nilsson (2002), makalesinde mevcut kaynakların verimli bir şekilde kullanıldığını doğrulayacak şekilde yetersiz (kısıtlı) düzeydeki hat kapasitesini tahsis etmek için bir yöntem önermektir. Makalenin katkısı, iki farklı araştırma türünden (ekonomi ve matematiksel optimizasyon) elde edilen sonuçları ortak bir paydada birleştirmek ve tahsis sürecinde nasıl işe yarayacağına dair tutarlı bir ilk tanım sunmaktır. Sorunun analitik özünde demiryolu hattına erişim için iki konu vardır. Birincisi, DTİ'leri öncelik sırasına koymak için ödeme yapma istekliliği hakkında doğru bilgi gereklidir; bu amaçla bir açık artırma sürecini geliştirilmiştir. İkincisi, teknik olarak karmaşık optimizasyon problemini ele alacak bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Çözüm olarak ikili optimizasyon önerilmektedir. Böylelikle doğru bilgi verildiğinde uygulanabilir optimal tahsisler oluşturulabilir.

Borndörfer vd. (2005), demiryolu kapasiteleri için açık artırmaya yönelik yaklaşımları sunmaktadırlar. Çalışmada kazananı belirleme problemini çözmek için bir tamsayı programlama yaklaşımı önerilmektedir. DTİ'lerin kalkış ve varış zamanları, hız ve talep edilen güzergaha (en çok tercih edilen programdan sapmaların, parasal teklifin azalmasına yol açan güzergaha) göre bir miktar esneklik gerektiren teklifleri ifade etmesine olanak tanır. Her açık artırmada, ağ gelirlerini en üst düzeye çıkaran demiryolu isteklerinin kombinasyonunu seçmek için optimal kapasite tahsisi sorunu "OPTRA" adı verilen birçok ölçütlü (kombinatoryal) optimizasyon problemini çözümlemektedirler.

Kombinatoryal optimizasyon: Birden fazla ölçütü olan bir ihalede fiyat dışında düşünülmesi gereken başka ölçütlerin de değerlendirildiği optimizasyonlar olarak tanımlanmaktadır.

Literatürde karşımıza çıkan bir diğer önemli çalışma ise Schlechte'nin (2012a) doktora tez çalışmasıdır. Schlechte (2012a), rekabetin olduğu demiryolu piyasasında açık artırmaya dayalı bir demiryolu kapasite tahsisinin gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğini araştırmıştır. Tez, mevcut demiryolu hattı kapasitesinin verimli kullanımı için matematiksel optimizasyonu ele almaktadır. Çalışmadaki konu, rakip DTİ'lerin altyapının kullanımı için teklif verebilmesidir. Olası anlaşmazlıklar, ödeme istekliliği daha yüksek olan tarafın lehine çözülecektir. Buda, doğrudan geliri en büyükleyecek şekilde yol tahsislerinin belirlenmesine yol açacaktır. Çalışmada tam sayılı programlama teknikleri kullanılarak, Alpler'deki en önemli transit güzergahlardan biri olan Simplon tüneli üzerinden kargo trafiğinin optimize edilmesine yönelik bir kapasite tahsis problemine adil ve şeffaf çözüm üretmeyi amaçlamaktadır.

Schlechte (2011) raporunda, Avrupa'daki demiryollarında serbestleşme nedeniyle, yenilenmiş bir planlama sürecini ele alan demiryolu kapasite tahsisi için simülasyon ve optimizasyon programlarının birlikte kullanılmıştır. Çalışmasını İsviçre'deki Alpler boyunca sadece iki kuzey-güney demiryolu bağlantısından biri olan ve aynı zamanda yük trafiği için stratejik öneme sahip olan Simplon koridorunda uygulamıştır. Hedeflenen, en büyük kullanımın sağlandığı, uygulanabilir ve çakışmasız bir zaman çizelgesi üretmektir.

Park vd. (2014), çalışmalarında, birden fazla rekabet halindeki DTİ'ler için kârı maksimize eden bir demiryolu slot (orer boşluğu) tahsis modelini ele almaktadır. Çalışmalarında, bir zaman-uzay ağındaki yol-akış değişkenlerine dayalı yeni bir optimizasyon modeli ve bu formülasyonu kullanan bir sütun oluşturma (column generation) yaklaşımı önermektedirler. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, yöntemlerin avantajı AND veya XOR teklifi gibi çok ölçütlü teklifleri kolayca yansıtmalarıdır. Yaklaşım Kore yüksek hızlı demiryolu ağına uygulanmış ve deneysel sonuçları da sunulmuştur.

Benzer şekilde Broman ve Eliasson (2017), kapasiteyi kamu ve özel işletmeciler arasında verimli bir şekilde tahsis eden bir yöntem önermektedir. Yöntemin uygulanabilirliğini değerlendirmek için İsveç demiryolu altyapı ajansı personeli ile görüşmeler yapılmıştır. Demiryollarının serbestleştirildiği piyasalarda özel ve

kamu trafiği için bir kapasite tahsis yöntemi önerilmektedir. Kamu işletmelerinin, tren çizgilerindeki değişikliklerin refah katkısını değerlendirmedeki zorluğunu hesaba katar. Aynı zamanda, özel işletmeciler arasında ayrımcılık sorununu da ele almaktadır. Bu sorunu, özel işletmeciler ve kumu işletmecileri için bölgesel trafiğin refahını hesaplayan bir açık artırma yöntemiyle yapmaktadır.

Stojadinovica vd. (2019), çalışmalarında demiryolları üzerinde tahsis sürecinde çeşitli yinelemeli açık artırma tiplerinin uygulanmasını kolaylaştırmak ve tren yörüngeleri tahsisi için bir algoritma geliştirmekte ve modellemektedirler. Önerilen algoritma ile açık artırma sonuçları; hibrit (iki aşamalı) açık artırmaların performanslarını karşılaştırmak amacıyla bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan İngiliz-Hollanda ve ikinci fiyat Amsterdam açık artırmaları ile bazı bilinen standart tür açık artırmalardır. Bilinen standart tür açık artırmalar: İngiliz ve ilk fiyat kapalı teklif açık artırmalarıdır. Sonuçlar, Avrupa koşullarında DTİ'ler arasında gizli anlaşma (koalisyon) olması durumunda hibrit ihalelerin daha iyi bir seçim olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, bir AY'nin demiryolu kapasite tahsisi için hangi tür ihale mekanizmasını seçeceğine karar vermesine yardımcı olabilir. Ancak açık artırmaların performansları farklı ortamlarda değişiklik gösterdiğinden, AY en iyi açık artırma mekanizmasını belirlemek için demiryolu pazarının ayrıntılı bir analizini yapması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

## 1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışması ilk olarak dünyada demiryollarının serbestleştirilmesinde önde gelen ve başarılı olarak nitelendirilen ülkeleri gözden geçirmekte ve serbestleşme sonucu ortaya çıkan farklı organizasyon yapılarını ele almaktadır. Ardından tezin ikinci ana konusu olan dünyada demiryollarının reformu konusunda önde gelen ülkelerde demiryollarında kapasite tahsisinin nasıl gerçekleştirildiği incelenmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar kapasitenin maksimum fayda sağlayacak şekilde tahsisine yönelik geliştirilen yöntemleri gözden geçirmekte ve analiz etmektedir. Son kısımda ise, demiryollarının hat kapasitesi üzerinde durulmaktadır. Kısacası bu tez çalışması kapsamında aşağıda yer alan sorulara yanıt aranmaktadır:

**S1.** Demiryollarının serbestleştirilmesi sonucunda meydana gelen organizasyon modelleri nelerdir?

**S2.** Demiryollarının serbestleştirildiği piyasalarda kapasite tahsisi nasıl yapılmaktadır?

**S3.** Dünya'da kapasite tahsisinin daha verimli, şeffaf ve adil olarak gerçekleştirilebilmesi için ne gibi çalışmalar yapılmakta ve geliştirilmektedir?

**S4.** Ülkemiz için tahsise konu olan, yük trafiğinin yoğun olduğu hat kesimlerinden birinde sayısal bir çalışma ile özellikle hat kesimlerindeki darboğazların tespit edilmesi ve iyileştirilmesine yönelik bir çalışma yapılabilir mi?

Ülkemizde de mevcut AB demiryolu reformlarıyla ilgili çıkarılan mevzuatlardan yararlanarak belirli karar verme ölçütleri oluşturulmuştur.

## 1.3 Hipotez

Demiryollarında serbestleşme çalışmaları dünyada 19 yy. da başlamış ve günümüze kadar gelmiştir. Reformalar beraberinde serbestleşme çalışmaları ve düzenlemeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Demiryollarındaki serbestleşme çalışmaları neticesinde demiryollarının organizasyon yapısında değişikliğe gidilmiş ve bunun sonucunda da ülkeden ülkeye farklılık gösteren organizasyon modelleri ortaya çıkmıştır. Çalışmada başarılı olarak nitelendirilen ve AB tarafından da benimsenen dikey ayrım modeli üzerinde durulmuştur. Bu tez çalışması ile:

- Demiryollarında serbestleşme ile hedeflenen sürdürülebilir ve maksimum fayda sağlayacak bir demiryolu sisteminin kurulması için yapılan serbestleşme çalışmalarını gözden geçirmek,
- Türkiye demiryollarında yapılan serbestleşme çalışmaları, organizasyon modellerini ve kapasite tahsis işleminin nasıl yapıldığını anlatmak,
- Demiryollarının serbestleştirildiği ülkelerde, AY tarafından DTİ'lere kapasite tahsis işleminin nasıl yapıldığını anlatmak,
- Kapasitenin tahsisi konusunda literatürde geliştirilen yöntem ve çalışmaların ortaya konulması,

- Türkiye’de tek hatlı Malatya-Narlı demiryolu güzergahı için bir örnek bir uygulama gerçekleştirilmesi, sonuçlarının Uluslararası Demiryolu Birliği’nin (UIC) yayınladığı Kod 406 broşürüne göre yorumlanması hedeflenmiştir.

Kısacası, bu tez çalışması literatüre, demiryollarının serbestleşmesine, AB reformlarına ve reformlar sonucu meydana gelen organizasyon modellerine, bu modellerle ilişkili olarak gerçekleştirilen kapasite tahsisi ve tahsise yönelik geliştirilen yöntemlere ilişkin toplu bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır.

# 2
# DEMİRYOLLARINDA SERBESTLEŞME

## 2.1 AB Demiryolu Reformu

Avrupa demiryolu piyasası son otuz yılda büyük bir reforma sahne olmuştur. Fakat Avrupa geneline baktığımızda ülkelerin reforma başlama zamanları birbirlerinden farklılık göstermektedir. Ayrıca, demiryollarında rekabetin oluşturulması gerektiğine dair birçok zıt görüş bulunmakta ve birkaç farklı temel model ortaya çıkmaktadır (CER, 2011). Ekonomilerin serbestleşmesi, özelleştirilmesi ve küreselleşmesi demiryolu sektörlerinde yüksek düzeyde rekabete yol açmıştır ve ulaşım sektörünün katlanarak büyümesi sonucunda bu durum demiryolu sektöründe çeşitli düzenleme ve yönetmelikler olarak karşımıza çıkmaktadır (Özkan vd., 2016). Reformların çok hızlı bir şekilde meydana gelmesi, reformlar için kolaylıkla uygulanabilecek hali hazırda bir model bulunmaması ve aynı zamanda her ülkenin kendine özgü dilde yöntemler çıkarması reformlara uyum sürecini zorlaştırmaktadır (CER, 2011). Reformların temelinde, yerleşik demiryolu işletmelerinin kurumsal yönetimi iyileştirmek istemeleri, sektördeki verimsizlik, düşük performans ve diğer ulaşım türlerine karşı uzun vadeli pazar kaybı ve demiryolu sektörü için kamu finansmanının sübvansiyonlarının artması bulunmaktadır (OECD, 2005; Servantie, 2015).

Demiryollarında reformun amacı; kamu yükünü hafifletmek, rekabet ortamı yaratarak maliyeti düşürmek ve hizmet kalitesini artırmak, adil, şeffaf, sürdürülebilir ve maksimum fayda sağlayacak bir demiryolu sistemi oluşturmaktır. Ekonomik faydalara ek olarak, demiryolu serbestleştirmesi, yük ve yolcu trafiğinin karayolundan daha verimli bir ulaştırma hizmeti olan demiryoluna kaymasının bir sonucu olarak karbon salınımlarını da azaltmaktır. Reformlar demiryollarında serbestleştirme ve düzenleme çalışmaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Tam serbestleşme İngiltere ve İsveç'te gerçekleştirilmiştir.

Ranghetti (2018) AB demiryolu reformunun üç ana hedefini şu şekilde ifade etmektedir:

1) Altyapı yönetimi ve hizmet işletiminin ayrılması,

2) Demiryolu hizmetlerinin piyasaya açılması ve serbestleştirilmesi,

3) Ortak çalışabilirliği ve teknik uyumu teşvik ederek ortak bir ulaştırma pazarının oluşturulmasıdır.

Mevcut AB mevzuatı, üye devletlerden aşağıda yer alan maddeleri yerine getirmesini zorunlu kılmaktadır (Aslan, 2012):

- Demiryolu altyapısı ile yük ve yolcu hizmetlerinin yönetiminde en az demiryolu yönetiminin ve işletiminin finansal olarak ayrıldığı muhasebe ayrımını,
- Ayrımcı olmayan, diğer bir ifadeyle adil ve şeffaf erişim ücretleri ve kapasite tahsisi,
- Yük hizmetleri (hem yurt içi hem de uluslararası) ve uluslararası yolcu hizmetleri için açık erişim,
- Herhangi bir anlaşmazlık durumunda itirazda bulunulabilecek tamamen bağımsız bir demiryolu düzenleyicisinin kurulması,
- AY'yi teşvik edecek bir düzenleme,
- AY'nin mali dengesinin sağlanması.

## 2.2 AB Demiryolu Mevzuatları

Avrupa Komisyonu'nun (EC) demiryolu sektörüne ilişkin ilk önemli tedbiri 1991 yılında 91/440/EEC sayılı yönerge ile gelmiştir. Bu yönerge, altyapı yönetimi ve demiryolu hizmeti işletiminin arasında dikey ayrımın getirilmesi için bir başlangıç noktası sağlamıştır. Piyasa serbestleştirilmesi ve kapasite tahsisi için belirli yönergeler belirlemeye yönelik erken bir girişimdir.

Yönerge tüm üye devletlerin muhasebe ayrımına sahip olması gerektiğini belirtmektedir (Ali, 2020). Ayrıca yönerge organizasyonel veya kurumsal ayrılığın her ikisinin de isteğe bağlı olarak uygulanabileceği belirtilmektedir. Buna göre, 91/440/EEC sayılı yönerge, demiryolu hatlarına erişim için rekabeti artırmak

amacıyla uluslararası hizmetler sunmak isteyen işletmeciler için belirli haklar sağlayan, demiryolu pazarlarının erişime açılmasına ilişkin kurallar öngörmüştür.

2001 ve 2016 yılları arasında, demiryolu taşımacılığı hizmet pazarlarını kademeli olarak rekabete açmak, ulusal demiryolu sistemlerini entegre hale getirmek ve tek bir Avrupa demiryolu bölgesinin geliştirilmesi için uygun çerçeve koşullarını tanımlamak amacıyla dört yasal demiryolu mevzuatını kabul edilmiştir. Bunlar arasında ücretlendirme ve kapasite tahsisi kuralları, demiryolu kuruluşlarının lisanslandırılmasına ve makinist sertifikasyonuna ilişkin ortak hükümler, güvenlik gereklilikleri, her üye devlet demiryolları ve Avrupa Demiryolu Ajansı'nın (ERA) oluşturulması ve ayrıca demiryolu yolcu hakları yer almaktadır (European Commission, 2021a).

Tablo 2.1 bir dizi AB Yönetmeliğini, Yönetmelik 91/440/EEC'yi, dört Demiryolu Mevzuatını (2001, 2004, 2007 ve 2016) ve ardı sıra gelen ölçümleri içermektedir. İlk yönetmelikler, piyasanın yeniden düzenlenmesine ilişkin temel reformlara, örneğin dikey ayrıma ve lisanslamaya odaklanmaktadır.

**Tablo 2.1** 1991'den beri yapılan AB reformlarına ayrıntılı incelemesi (European Union, 2020)

| Mevzuat | Yönerge/Düzenleme | Konusu |
|---|---|---|
| İlk reform girişimleri | Yönerge 91/440/EEC | Hesap ayrımı |
| | | Uluslararası pazara sınırlı erişim hakları |
| | Yönerge 95/18/EC | Demiryolu işletmecilerinin ruhsatlandırılması |
| | Yönerge 95/19/EC | Demiryolu altyapı kapasitesinin tahsisi |
| | | Altyapı ücretlendirme |
| | Yönerge 96/48/EC | Trans-AB yüksek hızlı demiryolu ağının birlikte çalışabilirliği |
| Birinci Demiryolu Mevzuatı | Yönerge 2001/12/EC | Organizasyonel ayrım ("şirket modeli") |
| | | Uluslararası nakliye hizmetleri için erişim hakları |
| | Yönerge 2001/13/EC | Demiryolu operatörlerinin lisanslanması için ortak ölçütler |
| | Yönerge 2001/14/EC | DTİ'lerden bağımsız kapasite tahsisi |
| | | Ulusal düzenleyici kurumların kurulması |
| | Yönerge 2001/16/EC | Trans-AB konvansiyonel demiryolu ağında birlikte çalışabilirlik |

**Tablo 2.1** 1991'den beri yapılan AB reformlarına ayrıntılı incelemesi (European Union, 2020) (devamı)

| Mevzuat | Yönerge/Düzenleme | Konusu |
|---|---|---|
| İkinci Demiryolu Mevzuatları | Düzenleme 881/2004/EC | Avrupa Demiryolu Ajansının Kurulması |
| | Yönerge 2004/49/EC | Emniyete ortak bir yaklaşımla ilgili Demiryolu Güvenliği Yönergesi |
| | Yönerge 2004/50/EC | AB demiryolu ağında birlikte çalışabilirliğe ortak yaklaşım |
| | Yönerge 2004/51/EC | AB demiryolu yük ağının tamamen açılması (2006'dan itibaren) |
| Üçüncü Demiryolu Mevzuatı | Yönerge 2007/58/EC | Uluslararası yolcu demiryolu hizmetlerinin açılması (2010'dan itibaren) |
| | Yönerge 2007/59/EC | Makinistlerin ve personelin sertifikasyonu |
| | Düzenleme 1370/2007/EC | Kamu Hizmeti Sözleşmeleri Yönetmeliği |
| | Düzenleme 1371/2007/EC | Demiryolu yolcu hakları ve yükümlülükleri ile ilgili düzenleme |
| Ara Adımlar | Yönerge 2008/57/EC | Birlikte Çalışabilirlik Yönergesinin Değişikliği |
| | Yönerge 2008/110/EC | Değiştirilmiş Demiryolu Güvenliği Direktifi |
| | Düzenleme 1335/2008/EC | Değiştirilmiş Avrupa Demiryolu Ajansı Yönetmeliği |
| | Yönerge 2012/34/EU | İlk Demiryolu Mevzuatının Değişikliği |
| Dördüncü Demiryolu Mevzuatı, Teknik Sütun | Düzenleme 2016/796/EU | Avrupa Birliği Demiryolları Ajansı'nın Kurulması |
| | Yönerge 2016/797/EU | Birlikte Çalışabilirlik Direktifinin Değişikliği |
| | Yönerge 2016/798/EU | Güvenlik Direktifinin Değişikliği |
| Dördüncü Demiryolu Mevzuatı, Pazar Sütunu | Düzenleme 2016/2337/EU | Demiryolu işletmecilerinin hesapları için ortak kurallar |
| | Düzenleme 2016/2338/EU | Kamu hizmeti demiryolu sözleşmeleri için rekabetçi ihale |
| | Yönerge 2016/2370/EU | İç yolcu pazarının tam açılışı |

### 2.2.1 Birinci Demiryolu Mevzuatı

26 Şubat 2001'de Konsey, "demiryolu altyapı mevzuatı" olarak bilinen üç yönergeyi kabul etmiştir. 2001 yılında kabul edilen ilk demiryolu mevzuatı, altyapı yönetimini demiryollarının işletiminden ayrılmasını gerektirmektedir. Aynı zamanda DTİ'lerin Trans Avrupa Demiryolu Taşımacılığı Ağı'nın (TERFN'nin) ulusal bölümlerine eşit ve ayrım gözetmeksizin erişim elde etme hakkı sağlamaktadır.

2001/13/EC sayılı Yönerge (95/18/EC sayılı Yönergeyi değiştiren), AB DTİ'lere lisans verilmesi için ortak ölçütleri şart koşmuştur. 2001/14/EC sayılı Yönerge,

demiryolu altyapısında kapasite tahsisi için bağımsız ulusal düzenleyici kuruluşların kurulmasını gerektiren kurallar sağlamıştır (Ranghetti., 2018).

### 2.2.2 İkinci Demiryolu Mevzuatı

İkinci Demiryolu Mevzuatı yük hizmetlerinin daha fazla serbestleştirilmesine, teknik ve güvenlik standartlarının uyumlaştırılmasının teşvik edilmesine odaklanmaktadır (Ranghetti., 2018). Güvenliğin geliştirilmesi, birlikte çalışabilirliği ve demiryolu yük pazarının rekabete açılmasını amaçlamaktadır.

EC ayrıca, güvenlik ve birlikte çalışabilirliği yönetmek ve koordine etmek için Avrupa Demiryolu Ajansı'nı (ERA'yı) 881/2004/EC sayılı Yönetmelik ile kurmuştur.

### 2.2.3 Üçüncü Demiryolu Mevzuatı

Eylül 2007'de EC demiryollarını yeniden canlandırmaya yönelik tedbirleri içeren ve uluslararası yolcu hizmetlerinin açılmasına odaklanan üçüncü demiryolu düzenlemesini kabul etmiştir.

Bu mevzuat aynı zamanda uzun mesafeli güzergahlarda yolcular ve engelli yolcular için haklar sağlamaktadır. Uluslararası yolcu demiryolu hizmetlerinin tam olarak açılmasının yanı sıra demiryolu sürücü lisansı, Kamu Hizmeti Yükümlülüğü (KHY) kapsamındaki demiryolu hizmetleri ve demiryolu yolcularının hak ve yükümlülüklerinin düzenlenmesini sağlamıştır (Ranghetti., 2018).

Ayrıca, üçüncü demiryolu mevzuatı, tren sürücülerinin tüm Avrupa ağında dolaşımına izin veren bir Avrupa sürücü ehliyeti getirmiştir (Ranghetti., 2018). Sürücüler, eğitim seviyeleri, yaşları, fiziksel ve zihinsel sağlıkları, özel bilgileri ve sürüş becerilerine ilişkin uygulamalı eğitimleri ile ilgili temel gereksinimleri karşılamalıdır. (European Commission, 2021a).

### 2.2.4 Dördüncü Demiryolu Mevzuatı

Dördüncü Demiryolu Mevzuatı, 2016 yılında Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından kabul edilmiştir. Kapsamlı mevzuatın amacı, demiryolu sektörünü yeniden canlandırmak ve onu diğer ulaştırma türlerine göre daha rekabetçi hale getirmektir. Dördüncü Demiryolu Mevzuatı, AB genelinde demiryolu

taşımacılığının rekabetçi konumunu önemli ölçüde iyileştirmeyi amaçlayan kapsamlı yapısal ve teknik reform mevzuattır.

Dördüncü demiryolu paketi rekabeti artırmayı amaçlayan pazar sütunu ve Avrupa genelinde faaliyet gösteren demiryolu işletmeleri için maliyetleri ve idari yükü azaltmayı amaçlayan teknik sütundan oluşmaktadır.

Pazar sütunuyla birinci demiryolu paketi ile başlayan ve aşamalı olarak pazarın rekabete açılış süreci tamamlanmıştır (European Commission, 2021a).

- Bir Üye Devlette kurulmuş olan DTİ'lerin AB'nin her yerinde her tür yolcu hizmetini yerine getiresi için hizmet hakkı tanınmaktadır.
- Demiryolu altyapısının yönetiminde tarafsızlığı geliştirmeye ve ayrımcılığı önlemeye yönelik kurallar koyar ve demiryolunda kamu hizmeti sözleşmeleri için zorunlu ihale ilkesini getirir.

Teknik sütun, Avrupa çapında faaliyet göstermek isteyen demiryolu işletmeleri için maliyetleri ve idari yükü önemli ölçüde azaltarak demiryolu sektörünün rekabet gücünü artırmak için tasarlanmıştır (European Commission, 2021a):

- ERA tarafından, AB genelinde geçerli olan araç izinleri ve DTİ'ler için güvenlik sertifikalarının verilmesi.
- Kolay, şeffaf ve tutarlı süreçler tüm bu tür uygulamalar için tek bir giriş noktası görevi görecek bir "Tek Durak Noktası (OSS)" oluşturulması.
- Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) ile çalışılabilirliğin sağlanması.
- Yeni DTİ'lere karşı yetersiz düzeyde şeffaflık ve gizli ayrımcılık riski yaratan çok sayıdaki ulusal kuralların azaltılması.

## 2.3 Değerlendirme

AB'nin demiryolu politikasının üç ana ilkesi şu şekilde ifade edilebilir; altyapıyı finanse etmek ve fiyatlandırmak, şeffaf, adil ve sürdürülebilir bir rekabet ortamı oluşturmak için düzenleyici bir otoritenin oluşturulmasını zorunlu kılmaktır (Servantie, 2015).

AB'de demiryolu trafiğinin serbestleştirilmesi, AB komisyonunun demiryollarının geliştirilmesine ilişkin 91/440/EEC sayılı Konsey Yönetmeliği ile başlamış ve bunu

2001-2014 yılları arasında dört demiryolu mevzuatı izlemiştir. AB demiryolu reform düzenlemelerine ve ilgili yönetmeliklerin ana konularına genel bir bakış Tablo 2.2'de sunulmuştur.

**Tablo 2.2** 1991'den beri yapılan AB reform düzenlemelerine genel bakış (Ali,2013)

| Mevzuat | Yıl | Ana Başlıklar |
|---|---|---|
| 1'inci | 2001 | Pazarın serbestleştirilmesi için dikey ayrım: uluslararası yük taşımacılığı, erişim ücretleri, lisanslama |
| 2'nci | 2004 | Entegre Avrupa demiryolu alanı: güvenlikle birlikte işlerlik, ulusal yük taşımacılığı |
| 3'üncü | 2007 | Uluslararası yolcu: sübvansiyonlu açık erişim hizmetleri, birlikte çalışabilirlik |
| 4'üncü | 2016 | Ulusal yolcu hizmetleri: birlikte çalışabilirlik, yönetim, lisanslama |

# 3
# DEMİRYOLLARINDA ORGANİZASYON MODELLERİ

Geçmişte, çoğu Avrupa ülkesindeki demiryolu pazarlarının hem altyapıyı hem de demiryolu hizmetlerini kontrol eden tekel şirketler olarak örgütlendiği görülmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda, birçok ülke demiryolu pazarlarında dikey ayrım yoluyla rekabete girmiştir. Yani, altyapı yönetiminin sorumluluğunu, yük ve yolcu demiryolu hizmetlerinin sağlanmasından ayırmaktadır. Bu tür gelişmeler, Avrupa mevzuatı EC (1991, 2001, 2012, 2016) tarafından da teşvik edilmiştir (Ali & Eliasson,2021). Demiryolu sistemleri, kamu veya özel olarak sınıflandırılabilir. Özel demiryolu sistemleri özel şirketlere aittir ve birkaç istisna dışında bu tek sahip tarafından özel olarak planlanır, inşa edilir ve işletilir. Öne çıkan örnekler Japonya ve ABD'deki demiryolu sistemleridir. Buna karşın, kamuya açık demiryolu sistemleri genellikle kamu kurumları veya hükümetler tarafından finanse edilmektedir.

Literatüre baktığımız zaman, serbestleşmeyle birlikte demiryolu sektörünün devlet müdahalesinden tamamen kurtulamadığı görülmektedir. Demiryolu sektörünün rekabetçi yapısı aşağıda yer alan üç farklı unsurun etkisi altında şekillenmektedir (Tangül, 2014):

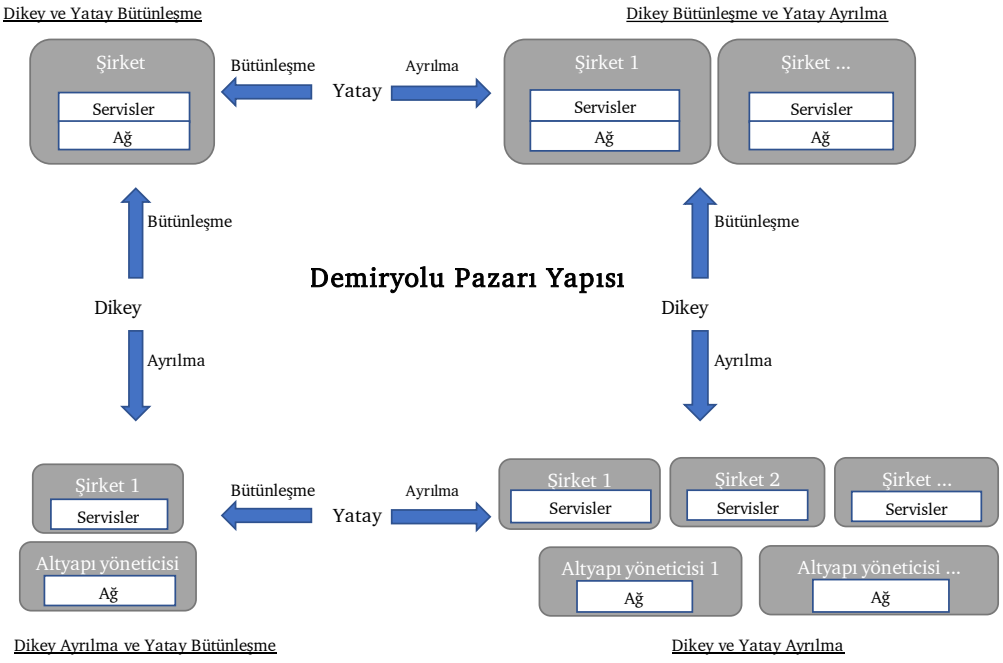
- Türler arası rekabet
- tür içi rekabet ve
- regülasyon.

Demiryolu sektöründe rekabeti türler arası ve tür içi rekabet olmak üzere iki şekilde sınıflandırabilir. Türler arası rekabet, tekel konumdaki demiryollarının diğer ulaşım türleri ile rekabetini ifade etmektedir. Tür içi rekabet ise sektör içi rekabet olup, özellikle demiryolu sektörü içindeki ulaştırma faaliyetlerinde rekabetin oluşturulmasını öngören rekabettir (Tangül, 2014).

Regülasyon ise, demiryolu sektöründe yapılan serbestleşme ve düzenleme çalışmaları olarak ifade edilebilir.

Demiryolu sektöründe piyasa serbestleştirme eğilimlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, politik, ekonomik ve coğrafi gibi çeşitli nedenlerle bir ülkeden diğerine değişen yeni organizasyon modelleri ortaya çıkmıştır (Ali, 2020). Devletlerin demiryolu yönetimine katılımını azaltma çabaları, bazı ülkelerin demiryollarını devlet kurumlarından kamuya ait şirketlere dönüştürmeyi denedikleri 1960-1970'lerde başlamıştır (Gomez & Ibanez, 2004). Son otuz yılda, birçok demiryolu pazarı ve özellikle Avrupa demiryolu pazarlarında farklı demiryolu tren işletmeleri arasında rekabete izin verecek şekilde yeniden yapılandırılmıştır (Ali ve Eliasson, 2019). Bu yönde atılan adımlarda, yatay ve dikey yapılanma gibi sektör içi rekabetin sağlanmasına yönelik farklı modellerin geliştirildiği görülmektedir.

Demiryolu pazarlarının yapısı, dikey ve/veya yatay ayrılma (veya bütünleşme) derecesine göre tanımlanabilir. Geleneksel demiryolu pazar yapısı ve hala en yaygın olanı, dikey ve yatay olarak bütünleşik bir yapıdır (Ali ve Eliasson, 2019). Şekil 3.1 iki boyuta dayalı olarak, ana pazarın yeniden yapılanmalarını göstermektedir. Oklar, bir piyasa organizasyonundan diğerine geçmek için gereken yapısal reformları (dikey veya yatay, ayrılma veya bütünleşik) gösterir (Ali, 2020).




**Şekil 3.1** Demiryolu pazarı organizasyon yapısı (Ali, 2020)

Demiryolu endüstrisinde yapısal reform için uygun bir organizasyon modeli, takip edilen belirli rekabet/düzenleme biçimine bağlıdır. Genel olarak çoğu Avrupa sektörünün organizasyon yapısının sahip olduğu üç "genel model" karşımıza çıkmaktadır (Wolff, 2011):

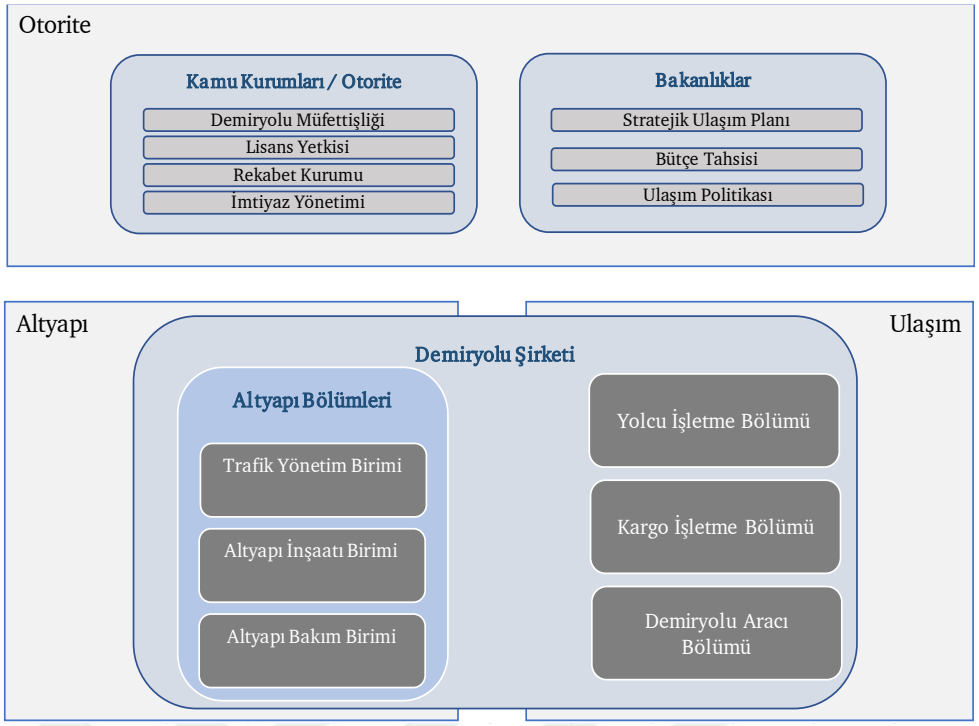
- Bütünleşme Modeli
- Şirket Modeli
- Ayrım Modeli

## 3.1 Bütünleşme (Entegrasyon) Modeli

Bütünleşme modeli, tipik olarak demiryolu sektörüne hâkim olan dikey bütünleşik bir ulusal demiryolu şirketinin varlığını içermektedir. Ülkeden ülkeye farklılıklar gösterse de bu bütünleşmede şirketler tipik olarak aşağıda maddeler halinde yazılan görevleri yerine getirmektedir (Wolff, 2011):

- Kaza araştırması,
- Güvenlik, çevre sorunları ve personel lisansları için standartların belirlenmesi,
- Demiryolu taşıtları ve altyapı malzemelerinin temini, denetimi ve lisanslanması,
- Demiryollarının kullanım takibi,
- Demiryollarının performans takibi.

Altyapı inşaatı ve yönetimi, taşımacılık işlemleri, demiryolu taşıtları yönetimi ve bakımı, bütünleşik demiryolu şirketinin dahili bölümleri tarafından organize edilmektedir. Bu bütünleşik demiryolu şirketi tüm Avrupa ülkelerinde %100 devlete veya bir kamu kurumuna aittir (Wolff, 2011). Bütünleşik modelin basitleştirilmiş bir görseli Şekil 3.2' de verilmiştir.

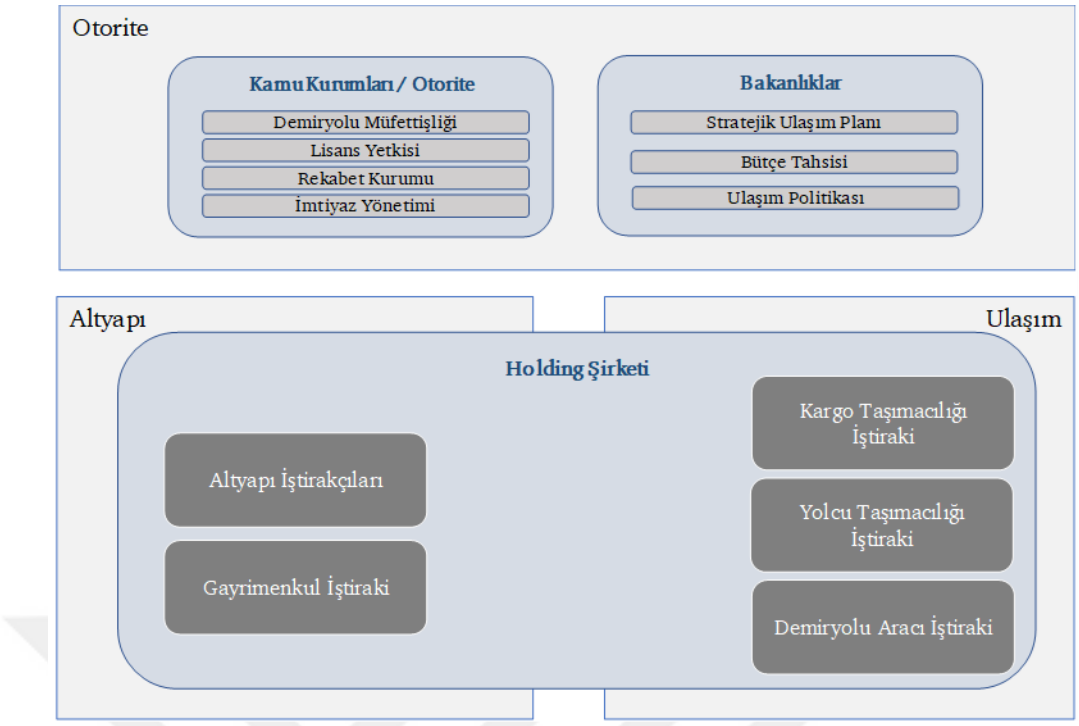



**Şekil 3.2** Basitleştirilmiş bütünleşik model yapısı (Wolff, 2011)

Altyapının ve taşımacılık hizmetlerinin işletimi arasında herhangi bir dikey ayrım garanti edilmediğinden, bütünleşik modelin mevcut Avrupa yönetmelikleriyle çelişme durumu olabilmektedir. Günümüzde entegrasyon modeline en yakın olan ülkeler; Fransa, İsviçre, İrlanda, Litvanya, Slovenya, Lüksemburg'dur (Wolff, 2011).

## 3.2 Şirket Modeli

Şirket modeli, şirketin Ulaştırma Bakanlığı'ndan (UB) tamamen ayrılarak, hisseleri %100 devlete ait olan bir şirket veya bir kamu kuruluşunun varlığıdır. Yani şirket modelinde, birden fazla iştirak bir şirket çatısı altında toplanmaktadır. Bu durumun yasal formatı ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir (Tangül, 2014). Şirket çatısı altında var olan bu iştirakler, belirli bir iş alanındaki, örneğin altyapı yönetimi veya taşımacılık işlemleri gibi ana görevlerle ilgilenmektedirler. Şirket, tüm ülkelerde yetki bölümünden ayrıdır (tüm düzenleyici görevler kamu kurumlarının veya bakanlıkların elindedir) (Wolff, 2011). Basitleştirilmiş bir şirket modeli Şekil 3.3'te gösterilmektedir.




**Şekil 3.3** Basitleştirilmiş şirket model yapısı (Wolff, 2011)

Şirket modeli ile entegrasyon modeli genel yapı itibariyle ilk bakışta benzerlik göstermektedir. Fakat birbirlerinden farklı olduklarının göstergesi olan, şirket modelinin temel ve önemli özelliği; iç bölümlerinin şirket bünyesindeki iştiraklere geçmiş olmasıdır.

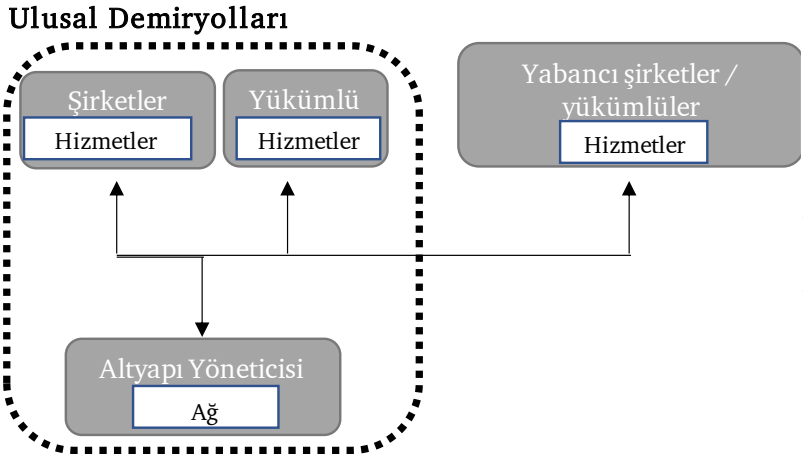
Şirket modeli tipik olarak dikey bütünleşme ve dikey ayrılmış demiryolu sektörü arasında yer alan bir "geçiş" modeli olarak karşımıza çıkmaktadır (Wolff, 2011). Birçok ülkede şirket modeli ile muhasebe bazında ayrımın ilk adımı atılmıştır. Belçika ve Avusturya'da şirket modeli hala varlık göstermektedir (Tangül, 2014). Şirket modeli, muhasebe bazında ayrım ile altyapı yönetimi ve taşımacılık işlemlerini birbirinden ayırmaktadır. Şirket modeli bu nedenle AB düzenlemelerine uygundur ve Avrupa'da sıklıkla kullanılmaktadır (Wolff, 2011).

Şirket modeline en yakın olan bir organizasyonel kurguya sahip olan ülkeler: Avusturya, Almanya, Estonya, Macaristan, Belçika, Letonya, Hırvatistan, Yunanistan, Polonya'dır (Wolff, 2011).

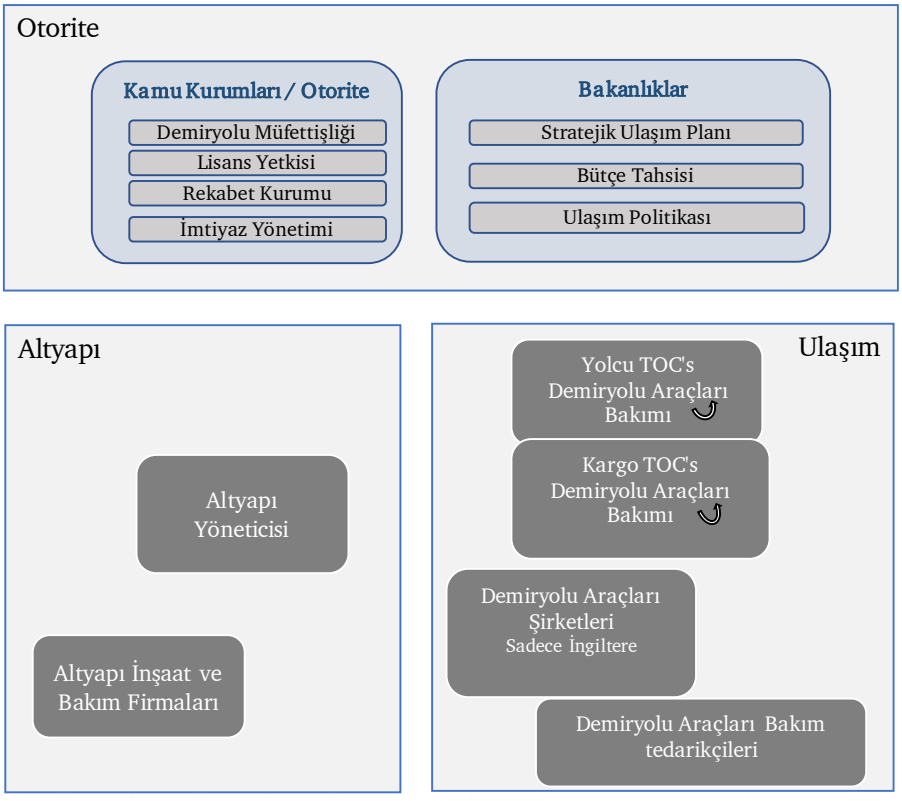
## 3.3 Ayrım Modeli

Ayrım modeli, bugün Avrupa'da mevcut olan en kapsamlı serbestleşme modelidir. Kamu otoriteleri, demiryollarında altyapı yönetimi ve demiryolu sistemlerinin

işletimi arasında net bir ayrım sağlamaktadır. (Wolff, 2011). Ayrım modeli dikey ve yatay ayrım modeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Şekil 3.4 ve 3.5 basitleştirilmiş ayrım modelinin yapısını göstermektedir.




**Şekil 3.4 Avrupa pazarlarında dikey (ve yatay) ayrım (Ali ve Eliasson, 2021)**




**Şekil 3.5** Basitleştirilmiş ayrım modelinin yapısı (Wolff, 2011)

### 3.3.1 Dikey Ayrım

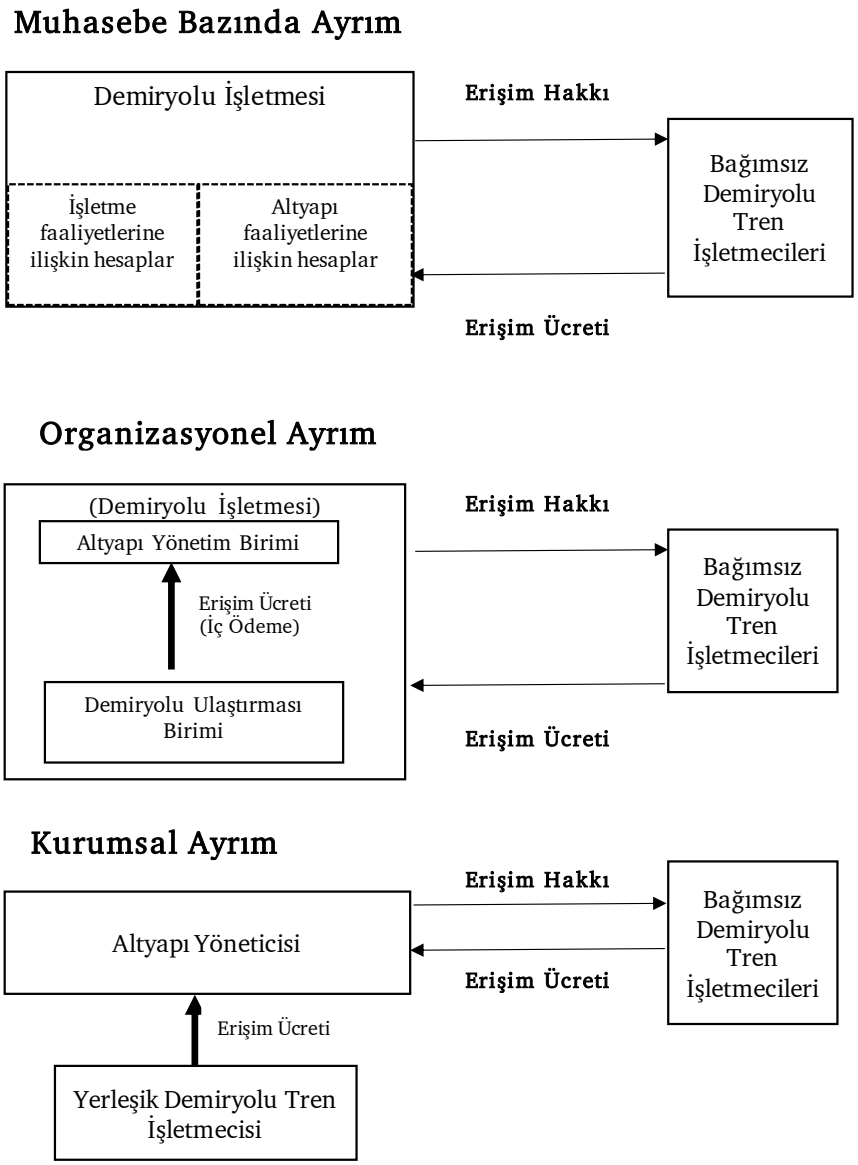
Dikey ayrım; demiryolu pazarlarında rekabeti artırrmak amacıyla, doğal tekel olan altyapı idaresi ile demiryolu işletmecisinin, altyapı yönetimi ve işletme olarak

birbirinden ayrılmasıdır. Dikey ayrım, altyapı yönetimi ve demiryolu hizmetleri arasındaki sorumluluk paylaşımını içermektedir. Dikey ayrım modeli altında, demiryolu altyapı faaliyetleri tek elden yürütülmeye devam edilirken, sadece taşımacılık hizmeti verebilecek bağımsız DTİ'lerin pazara girişine izin verilmektedir. Bu işletmeciler, altyapı kullanımı karşılığında altyapı yönetimlerine erişim ücreti ödemektedir (Tangül, 2014).

Altyapı yönetimi, altyapının geliştirilmesi, bakımı, trafik kontrolü ve kapasite tahsisi gibi görevler de dahil olmak üzere ağın sorumluluğunu ifade etmektedir. Bazen arazi ve istasyonlar gibi ilişkili mülkler de dahil edilir. Demiryolu işletimi, trenlerin işletimi ve biletleme gibi ilgili görevleri ifade etmektedir (Ali ve Eliasson, 2019).

Ayrışmanın kendi içinde seviyeleri mevcuttur. Demiryolu altyapı ve işletimine ilişkin faaliyetlerin hesaplarının ayrı tutulmasını öngören ayrım muhasebe bazında ayrımdır. Altyapı ve işletme faaliyetlerinin aynı şirket çatısı altında farklı tüzel kişiliklerin yönetimi altında olması organizasyonel ayrım olarak ifade edilmektedir. Bir diğeri ise, tamamen farklı ekonomik bütünlük içinde yer aldıkları kurumsal ayrım şeklinde olabilmektedir (Tangül, 2014). EC ilk olarak, muhasebe, organizasyonel ve kurumsal ayrım olmak üzere üç alternatif arasında ayrım yapan dikey ayrım hakkında 91/440/EEC Yönetmeliği ile karşımıza çıkmaktadır.

Dikey ayrım farklı şekillerde yapılabilmektedir: Örneğin, İsveç ve İngiltere tam ayrımı benimserken, Fransa'da bir muhasebe ayrımı söz konusudur, yani AY'nin DTİ'den ayrı bir muhasebesi vardır. Almanya, AY ve demiryolu işletmecisinin iki ayrı kurumsal birim olduğu kurumsal bir ayrımı benimsemektedir. Şekil 3.6 dikey ayrım modeli türleri ve yapılarını genel hatlarıyla sunmaktadır.




**Şekil 3.6** Dikey ayrım modeli türleri ve yapıları (Tangül, 2014)

### Muhasebe Ayrımı

Demiryollarında altyapı yönetiminin ve işletiminin aynı varlık içinde finansal olarak hesaplarının ayrılmasıdır. Muhasebe bazında ayrım altyapı, yolcu ve yük işletmeciliğini sadece mali olarak ayırmaktır; yeni iş birimleri bir şirketin bölümleri olarak veya bir demiryolu şirketinin altında alt şirketler olarak organize edilmektedir.

### Organizasyonel Ayrım

Demiryolu altyapı yönetiminin ve demiryolu işletiminin, hesap ayrımının olmasıyla birlikte bağımsız karar alma sürecine sahip bir şirket içinde ayrı ayrı yan kuruluşların var olduğu ayrımdır. (Ranghetti., 2018).

Demiryolu işletimi; altyapı ve taşımacılık olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu model Almanya'da kullanılmaktadır; yolcu birimi, yük birimi ve çeken çekilen araçlar bakım birimi ya da iş birimleri veya bir şirket modelinin bölümleri gibi yapılandırılmıştır. Bu modelle yolcu taşımacılığı birimi normalde KHY sözleşmesi ile düşük de olsa bir kâr elde edebilmekte iken yük taşımacılığı biriminin bu ayrımı benimseyen ülkelerde zarar etmektedir. Bu durum tüm yapının güvenilirliğini tehlikeye atmaktadır. Aynı zamanda bakım biriminin giderleri de yolcu ve yük taşımacılığı birimlerinden karşılanabilmektedir. Ancak yük taşımacılığı biriminin zararı çapraz sübvansiyona izin vermediği için yolcu taşımacılığı biriminin kârı ile karşılanamamaktadır (Tangül, 2014).

Ülkemizde 2013 yılında çıkarılan demiryolu ulaştırmasının serbestleştirilmesi hakkında kanun ile benimsenen ve mevcut olarak da var olan model organizasyonel ayrım modelidir. Çalışmanın beşinci bölümünde Türkiye demiryollarının organizasyon modelinin incelenmesi ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

#### Kurumsal Ayrım

Bu ayrım modelinde ise demiryollarının altyapı yönetiminin ve işletiminin farklı şirketler tarafından organize edilmesini ancak her iki kuruluşun da aynı mal sahibine ait olmasını gerektirmektedir (Ranghetti., 2018). En gelişmiş ayrılma seçeneği olan kurumsal ayrım ise Hollanda, Danimarka ve İsveç'te görülmektedir.

### 3.3.2 Yatay Ayrım

Yatay ayrım, yerleşik DTİ'lerin pazar türü veya teknolojiye göre uzman işletmelere bölünmesini içermektedir (Ranghetti., 2018). Yatay ayrım modelinde, farklı DTİ'nin mülkiyeti veya kontrolünde birden fazla demiryolu ağı bulunmaktadır. Her bir DTİ bünyesinde altyapı ve işletme faaliyetleri birlikte yürütüldüğünden, dikey ayrım söz konusu değildir. Bu nedenle, yatay ayrım modeli, dikey ayrım modellerinden (dikey erişim-tam dikey ayrışık yapı) farklı olarak dikey bütünleşik işletmeler arasında rekabete elverişli bir ortam sunmaktadır (Tangül, 2014).

## 3.4 Ülkelerin Demiryolu Organizasyon Yapılarının İncelenmesi

Bu bölüm kapsamında, demiryollarında serbestleşme sürecinin beraberinde getirdiği bazı AB ve AB dışındaki ülkelerin demiryolu pazarlarının mevcut durumdaki organizasyon modelleri incelenmiştir Bölüm 3.1'de açıklanan modellerden hangilerini benimsediklerine yer verilmiştir. Çoğu Avrupa demiryolları dikey olarak ayrılmıştır. Aynı zamanda demiryolu yolcu ve yük taşımacılığında yatay ayrım benimsemesiyle de yapısal olarak düzensizleştirilmiştir. (Ali, 2020).

Bu bölüm kapsamında demiryollarının serbestleştirilmesi ve uygulanması açısından öne çıkan Avrupa ülkelerinden Fransa, Almanya ve İsveç incelenmiştir. Ayrıca, AB dışındaki reform konusunda önde gelen ülkelerden ise İngiltere, Japonya ve ABD'nin demiryolu organizasyon modelleri incelenmiştir. Tez çalışmasının 4. bölümünde bu ülkelere ait demiryollarında kapasite tahsisini nasıl gerçekleştirdikleri üzerinde durulmaktadır.

### 3.4.1 İngiltere

İngiltere, demiryollarında reformun başlangıcı, 1994 yılında, sabit demiryolu altyapı varlıklarının çoğunun, hâlâ devlete ait bir şirket olan British Rail (BR)'den ayrılmış olan Railtrack şirketine aktarılmasıyla başlamıştır (Aslan, 2012). Altyapının yönetiminden sorumlu olan Railtrack, BR'nin diğer tüm faaliyetlerini yüzden fazla şirkete bölmüş ve esas olarak ihale yoluyla özelleştirmiştir. Railtrack, 1996 yılında özel sektöre satılmış, altyapı yenileme ve bakım işleri özel şirket haline gelen eski BR birimlerine ihale edilmiştir. Yolcu tren hizmetleri işletim hakkı, 25 DTİ tarafından yürütülen bir imtiyaz sistemi aracılığıyla özelleştirilmiş ve yük işletimi altı şirkete bölünerek 1995 ile 1997 yılları arasında satılmıştır.

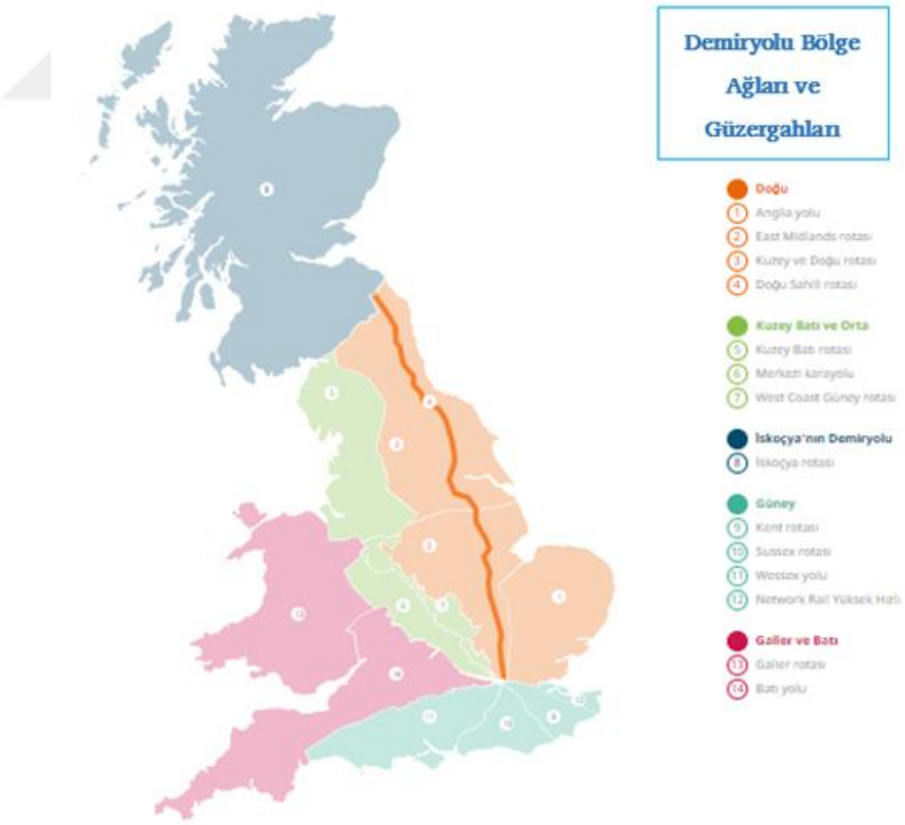
Demiryolu bağımsız düzenleyicisi olarak Demiryolu Düzenleme Ofisi (ORR) ve güvenlik dışında piyasadaki diğer operasyonları düzenlemek için Demiryolu Yolcu İmtiyaz Verme Ofisi (OPRAF) kurulmuştur. Daha sonra OPRAF'ın sorumlulukları genişletilmiş ve Stratejik Demiryolu Otoritesi (SRA) olarak yeniden adlandırılmıştır (CER, 2011). Bu reformlardan sonra, İngiltere'deki demiryolu pazarında, farklı sorumluluklara sahip iki düzenleyici kurumun rekabet

kurallarının ve bağımsız piyasa düzenlemelerinin ılımlılığına tabi olarak yük ve yolcu hizmetleri için açık erişim rekabeti yaşamaya başlamıştır (Aslan, 2012).

2000 yılında Hatfield'da bir ray arızası nedeniyle meydana gelen bir raydan çıkma (dray), ağın güvenilirliği konusunda şüphelere yol açmış ve şirket tren raylarında yapılacak azami hız için belli sınırlamalar getirmek durumunda kalmıştır. Bunun sonucunda RailTrack ciddi sorunlar yaşamıştır. Hükümet bu durumu kullanarak RailTrack şirketini ve yönetimini devralmıştır.

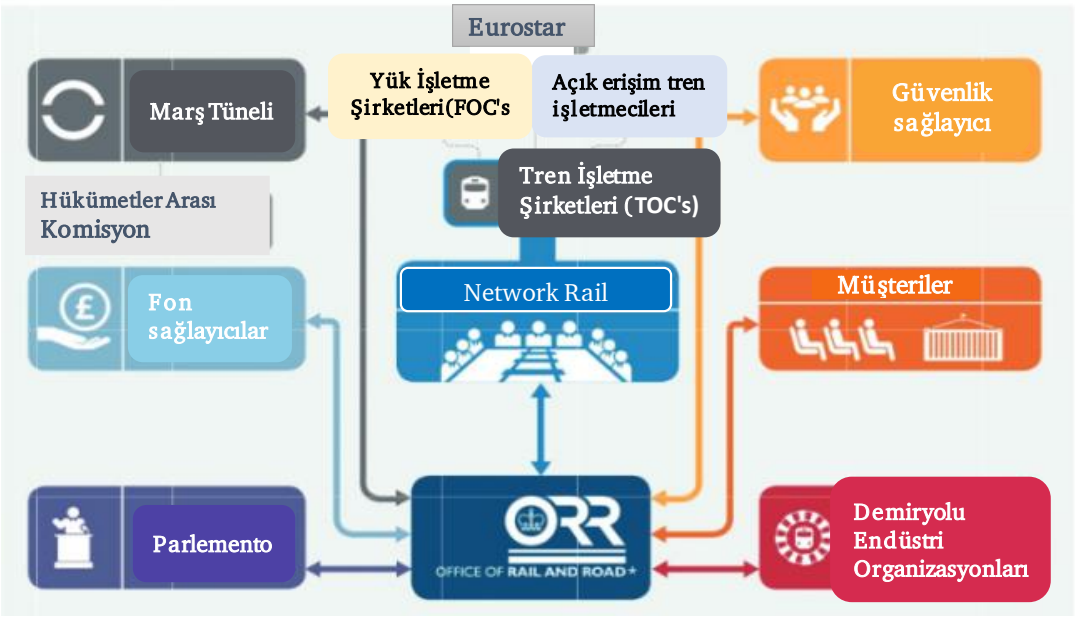
Daha sonra 2002 yılında, İngiltere'deki demiryolu ağının sahibi ve işletmecisi olan yeni kâr amacı gütmeyen bir altyapı yönetim şirketi olarak Network Rail, Railtrack'ı satın almıştır. Network Rail ulusal AY'dir ve Ulaştırma Bakanlığı (DfT) ile mutabık kalınan bir devlet organıdır.

Her biri bir genel müdür tarafından yönetilen beş Network Rail bölgesi tarafından desteklenen 14 güzergâh mevcuttur. Beş Network Rail bölgesi Doğu, Kuzey Batı ve Orta, İskoçya Demiryolu, Güney, Galler ve Batı'dır (Şekil 3.7).




**Şekil 3.7** Network Rail güzergahları (NetworkRail, 2021)

Mevcut İngiliz demiryolu pazarı birkaç aktörden oluşmaktadır (Kuzey İrlanda'daki demiryolları ayrı olarak işletilmektedir ve bu incelemenin dışında tutulmuştur.). İngiltere'deki tren işletme şirketleri arasında, yolcu işletme şirketleri (TOCs) ve yük işletme şirketleri (FOCs) bulunmaktadır. Network Rail tarafından tahsis edilen demiryolu altyapısının kullanımı özel şirketlere aittir. Hükümet, güzergahlarının çoğunda yolcu ve yük işletme hizmetleri için ödemeleri imtiyaz sözleşmeleri yoluyla yapmaktadır. Bazı hatlar açık erişim sözleşmelerine göre çalıştırılmaktadır(Ali & Eliasson, 2019). İngiltere'nin demiryolu organizasyon yapısı Şekil 3.8 de gösterilmektedir.




**Şekil 3.8** İngiltere demiryolu organizasyon yapısı (Ayilaran, 2016)

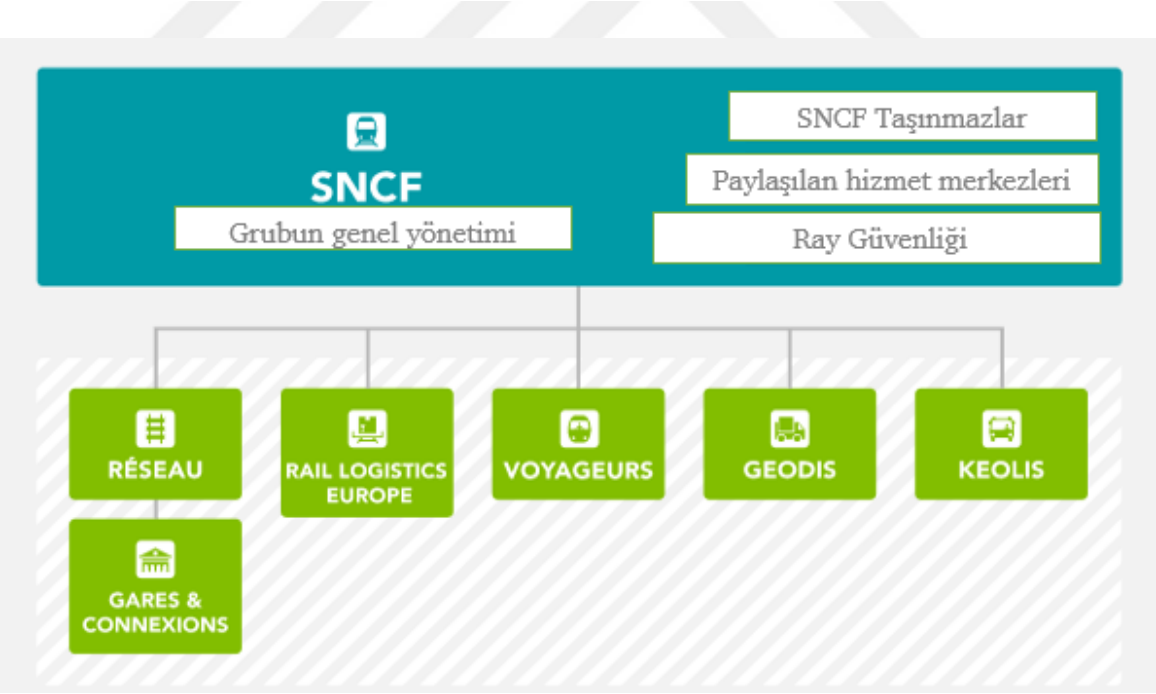
Demiryolu ve Karayolu Ofisi (ORR) İngiltere demiryollarının denetleme, düzenleme ve rekabet kurumudur. ORR, Network Rail'in performanslarını düzenli olarak izler ve ağa erişim için hüküm ve koşulları belirlemektedir. Eurotunnel'den sorumlu olan Getlink (eski adıyla Groupe Eurotunnel) gibi daha küçük AY vardır (Ali & Eliasson, 2019).

İngiltere ulusal demiryolu pazarı ayrım modelini benimsemiştir. Demiryolları altyapı yönetimi demiryollarının işletiminden ayrılmasından dolayı dikey ayrım söz konusu iken, aynı zamanda da birçok yolcu ve yük tren işletmecisinin olmasından ötürü de yatay ayrım da söz konudur.

### 3.4.2 Fransa

1938'de Fransa Ulusal Demiryolu Şirketi (SNCF), birkaç küçük demiryolu şirketinin birleştirilmesiyle kurulmuştur. 1997'den önce SNCF hem demiryolu altyapısını hem de tren işletimini yöneten dikey bütünleşik bir demiryolu şirketiyken, 1997 yılında yeniden yapılandırılmıştır. Demiryolu ağının mülkiyeti Fransız Demiryolu Şebekesi (RFF) adlı ayrı bir şirkete devredilmiştir. SNCF-infra ve RFF, 2015 yılına kadar altyapı yönetiminden sorumlu olan devlet düzenleme kurumları olmuşlardır. 1 Ocak 2015'te, RFF ve SNCF, SNCF Grubu altında birleştirilmek üzere bir kez daha yeniden yapılandırılmıştır.

SNCF, önceden devlete ait kuruluş olan EPIC (Etablissement Public Industriel et Commercial) ve bunların yan kuruluşlarından oluşmaktaydı. 1 Ocak 2020'de Keolis ve Geodis dahil olmak dört yan kuruluştan oluşan halka açık yeni bir birleşik grup haline getirilmiştir. Şekil 3.9'da basitleştirilmiş bir SNCF organizasyon şeması gösterilmektedir.




**Şekil 3.9** SNCF'nin organizasyon yapısı (SNCF, 2021)

Şekildeki şirketler şunlardır:

1. SNCF Reséau (Ağ/Şebeke) + Gares & Connexions (İstasyon ve Bağlantılar)
2. Rail Logistics Europe (Avrupa Demiryolu Lojistiği)

3. SNCF Voyageurs (Lojistik şirketi)
4. Geodis (Lojistik şirketi)
5. Keolis (Çok uluslu bir ulaşım şirketi)

SNCF'nin tamamı Fransız devletine aittir. SNCF, gruptaki doğrudan veya dolaylı olarak diğer tüm şirketlerin sahibidir. Ana şirket SNCF, grubun genel yönetiminden sorumludur. Ayrıca, hizmetlerini tüm SNCF Grubuna sunan faaliyetleri de barındırır.

Ulusal AY SNCF Reséau, altyapı ile ilgili görevlerden ve ayrıca kapasite tahsisi, trafik yönetimi ve kontrolü ve hat erişim ücretlerinin belirlenmesinden sorumludur. 11 bölgesel birime ayrılmıştır. Bazı demiryolu hatları (çoğunlukla yüksek hızlı), SNCF Reséau ile yapılan imtiyaz anlaşmaları kapsamında diğer altyapı yöneticileri (örneğin LISEA) tarafından yönetilmektedir.

Altyapı yönetimi ve demiryolu işletimi, ortak bir grup olan SNCF yapısına ait olmalarına rağmen farklı birimler tarafından yürütülmektedir. Bundan dolayı Fransız demiryolu pazarı bir dereceye kadar dikey olarak ayrılmıştır. SNCF'den bağımsız altyapı yöneticileri olduğu için de altyapı yönetimi bir dereceye kadar yatay olarak ayrılmış, ancak bunlar imtiyaz anlaşmaları kapsamında çalışmaktadır. Demiryolu işletmelerinin yatay olarak ayrılmış olduğu söylenilmektedir. Çünkü yük ve uluslararası yolcu hizmetleri sağlayan birkaç bağımsız DTİ vardır ve rakip DTİ'lerin en azından prensip olarak iç hat yolcu hizmetleri için pazara girme olasılığı mevcuttur (Ali ve Eliasson, 2019). Fransa şu anda toplam 29.901 km demiryolu ile Avrupa'nın ikinci en büyük demiryolu ağını işletmektedir (wikipedia, 2021).

Fransa'daki tüm DTİ' lerin demiryolu altyapısına adil ve eşit erişime sahip olmasını sağlamaktan sorumlu kuruluş Demiryolu Faaliyetleri Düzenleme Kurumu'dur (ARAF). ARAF, 2009 yılında Demiryolu Taşımacılığının Organizasyonu ve Düzenlenmesi Hakkında Kanun ile oluşturulmuş ve tüm kuruluşlar için eşit şartları garanti etmekten sorumlu bağımsız bir idari makamdır. Resmi olarak da 2010 yılında kurulmuştur. Kamu Demiryolu Güvenliği Kuruluşu (EPSF) ise Ulaştırma Bakanlığı adına, tüm demiryolu şirketleri için emniyet kurallarına uygunluk ve operasyonel emniyet ve teknik şartlarda uygunluğu sağlamaktadır.

### 3.4.3 Almanya

1994'ten önce Almanya'nın iki ulusal demiryolu şirketi vardı: Batı Almanya'da Deutsche Bundesbahn (Alman Federal Demiryolu) ve Doğu Almanya'da Deutsche Reichsbahn (Alman Reich Demiryolu). 1994'te başlatılan demiryolu reformu, radikal yapısal değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Almanya'daki demiryolu reformlarının ilk adımı daha önce iki devlet kuruluşu olan "Deutsche Bundesbahn" ve "Deutsche Reichbahn", Alman Anayasa'sındaki yeni bir maddeye göre özelleştirme ile anonim şirket olarak "Deutsche Bahn AG'ye (DB AG, Alman Demiryolu Kuruluşu) dönüştürülmüştür. Bu sayade Almanya demiryolu pazarı rekabete açılmıştır (CER, 2011).

Deutsche Bahn AG (DB AG), Deutsche Bahn Grup (DB Grup)'un ana şirketidir. 1994 yılında kurulduğundan beri Almanya hukukuna göre bir anonim şirkettir ve buna göre bir Yönetim Kurulu ve bir Denetleme Kurulundan oluşan ikili bir yönetim ve kontrol yapısına sahiptir. Federal Hükümet, DB AG'nin tek sahibidir. Federal Ağ Ajansı (BNetzA) Almanya'da demiryolu sektörünün düzenlenmesinden sorumlu birincil kurumdur. BNetzA, demiryolu altyapısına erişimi düzenlemekten ve altyapı ile ulaşım hizmetlerinin ayrılmasına ilişkin gerekliliklere uyumu izlemekten sorumludur.

Federal Demiryolu Otoritesi (EBA), bağımsız bir Almanya yüksek federal otoritesi ve Federal Ulaştırma İdaresinin bir parçasıdır. Federal Ulaştırma ve Dijital Altyapı Bakanlığı (BMVI)'nın denetimine ve yasal denetimine tabidir. EBA, demiryolları ve demiryolu işletmeleri için Almanya denetleme, ruhsatlandırma ve güvenlik otoritesidir. EBA'nın, özellikle demiryolu inşaatı için yasal prosedürler, teknik, güvenlik standartlarına uygunluğun izlenmesi ve demiryolu şirketlerine işletme ruhsatlarının verilmesi alanında denetleme işlevleri vardır. Ek olarak, EBA demiryolu ağına ayrımcı olmayan erişimin sağlanmasına yardımcı olur (OECD, 2005).

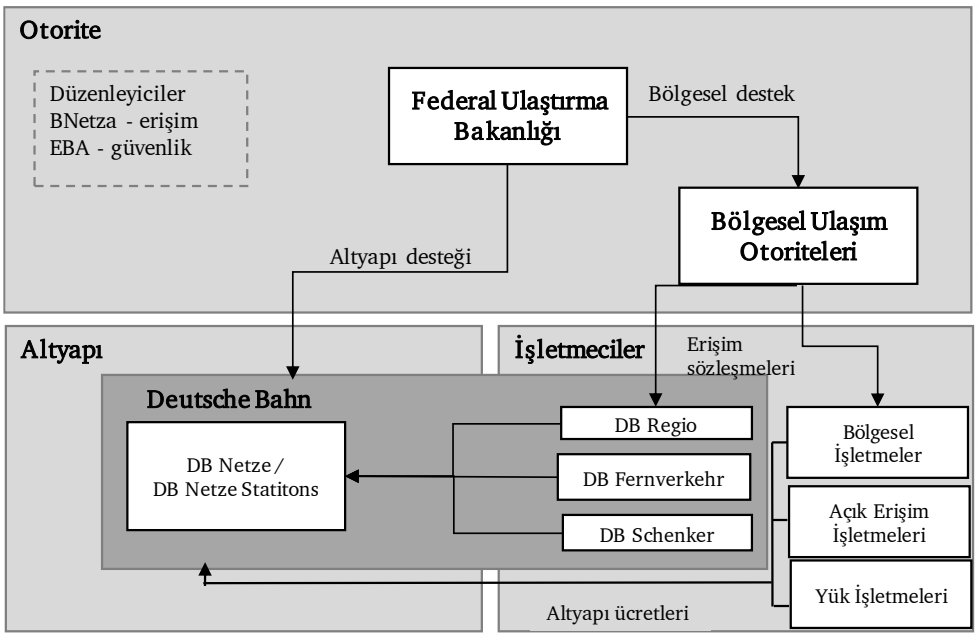
DB Grup şu anda Almanya'daki ana demiryolu kuruluşudur. DB Grup, lider bir mobilite ve lojistik sağlayıcısıdır. DB Grup, esas olarak raylı sistem ağı ve iki büyük uluslararası şirket DB Schenker ve DB Arriva'dan oluşmaktadır. Raylı sistem ağı, Almanya'daki yolcu taşımacılığı faaliyetlerini, demiryolu yük taşımacılığı

faaliyetlerini, hizmet birimlerinin işletimi ve demiryolu altyapı şirketlerini kapsamaktadır. DB Grup'un yan kuruluşları ise: DB Fernverkehr AG, DB Regio AG, DB Station&Service AG, DB Netz AG' dir.

**DB Schenker:** DB'nin küresel lojistik sağlayıcısıdır.

**DB Arriva:** DB'nin Almanya dışındaki bölgesel yolcu taşımacılığındaki yan kuruluşudur. 2010 yılında DB Grup'a katılmıştır. Şirket, Avrupa'nın önde gelen yolcu taşımacılığı şirketlerinden biri haline gelmiştir.

Almanya demiryolu pazarı hem dikey hem de yatay olarak ayrılmıştır (Şekil 3.10): demiryolu işletimi, altyapı yönetiminden dikey olarak ayrılmış ancak altyapı yöneticileri ve demiryolu işletmecileri aynı şirkete (DB Grup) aittir. Demiryolları, kısmen pazar payları için rekabet eden ve bir dereceye kadar kapasite için rekabet eden bir dizi işletmeci arasında yatay olarak ayrılmış iken altyapı yönetimi yatay olarak bölgelere göre ayrılmıştır.




**Şekil 3.10** Almanya demiryolları organizasyon yapısı (DfT, 2019)

Bugün Almanya demiryolu pazarında gözlemlenen yapı, altyapı yönetimi ve demiryolu işletiminin aynı şirketin ayrı iştirakleri olduğu "şirket modeli yapısına" iyi bir örnektir (Aslan, 2012). Bu yapı, Avusturya ve İtalya gibi diğer bazı AB Üye Devletlerinde de görülmektedir.

### 3.4.4 İsveç

İsveç demiryollarının serbestleşmesinden sonra sektördeki düşüşü durdurmak ve rekabet gücünü artırmak için, 1991 gibi erken bir tarihte, birbirini izleyen demiryolu düzenlemeleriyle gruplandırılan farklı yönetmelikler ve düzenlemeler şeklinde çeşitli AB reformları ve politikaları tanıtılmıştır (Ali & Eliasson,2021). İsveç'te demiryolu sektörünün serbestleşmesi, Avrupa standartlarına göre erken bir zamanda, 1980'lerde başlamıştır. İsveç, dünyada demiryolu altyapısının yapımını ve yönetimini yasal olarak ayıran ilk ülke olmuştur (Özkan vd., 2016).

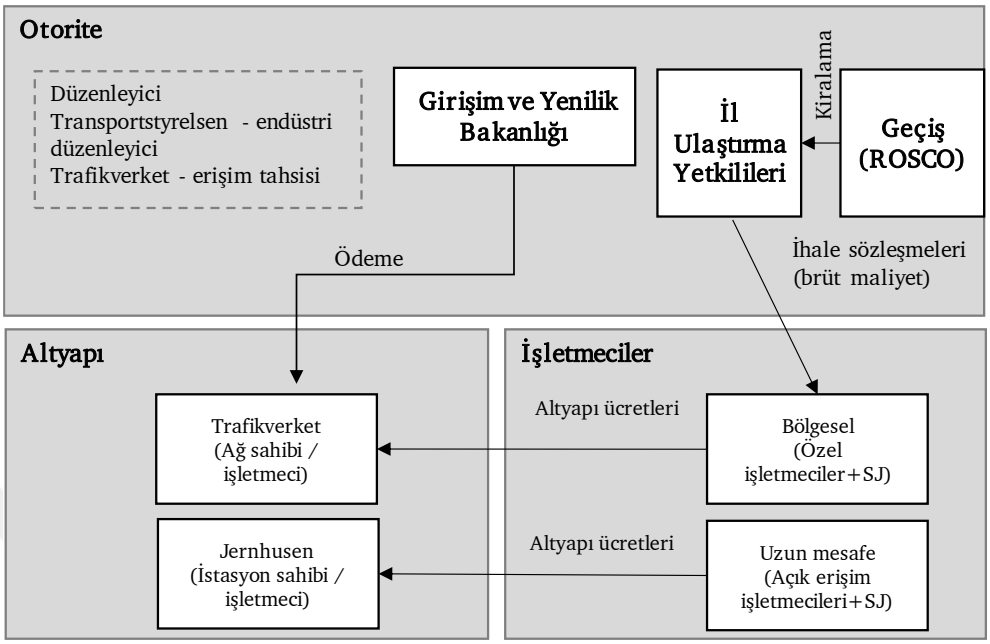
. 1988'de İsveç Parlamentosu yeni bir ulaştırma politikasına karar vermiştir. Demiryolu altyapı yönetimi demiryolu işletiminden ayrılmıştır (OECD, 2005). Yeni bir devlet otoritesi olan Banverket, altyapı yatırımlarından ve bakımından tamamen sorumlu olurken, görevdeki İsveç Devlet Demiryolları (SJ), bakım için marjinal maliyetlere dayalı yol erişim ücretlerini ödeyen bir DTİ şirketine dönüştürülmüştür.

2001 yılında SJ, devlete ait birkaç şirkete bölünmüştür: SJ (yolcu), Green Cargo (yük), Jernhusen (istasyonlar), EuroMaint ve SweMaint (bakım bölümü), TraffiCare (temizlik hizmetleri) ve Unigrid (bilgisayar bilgi sistemi bölümü). Banverket, 2010 yılında İsveç Ulaşım İdaresi'ni (Trafikverket) oluşturmak için İsveç Yol İdaresi (Vagverket) ile entegre edilmiştir (Ali, 2020). Demiryolu trafiği bugün bir devlet kurumu olan İsveç Ulaştırma İdaresi Trafikverket tarafından denetlenmektedir (Kemmeter).

Yük hizmetleri ve ticari yolcu hizmetleri açık erişim rekabetine tabidir. Yük taşımacılığı piyasası birkaç demiryolu işletmesinden oluşmaktadır (Ali ve Eliasson, 2019). Reformlardan bu yana MTR, Tagkompaniet ve Snalltaget gibi birkaç yeni yolcu işletmecisi pazara girmiştir. İsveç, demiryollarından sorumlu SJ'nin: bölgesel, uzun mesafe ve yük taşımacılığı olmak üzere üç demiryolu hizmeti de tam rekabetle karşı karşıya olduğu birkaç ülkeden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Kemmeter).

İsveç demiryolları organizasyon yapısına baktığımız zaman, dikey ayrım modeli karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.11). Altyapı yönetimi ve demiryolları işletimi dikey olarak birbirinden ayrılmıştır. Aynı zamanda işletim kısmında farklı hizmetler

sunan birkaç DTİ'nin olması yatay ayrıma yol açarken, altyapı yönetimi kısmının ise tek bir ulusal AY olmasıyla yatay bütünleşiktir.




**Şekil 3.11** İsveç demiryolları organizasyon yapısı (DfT, 2019)

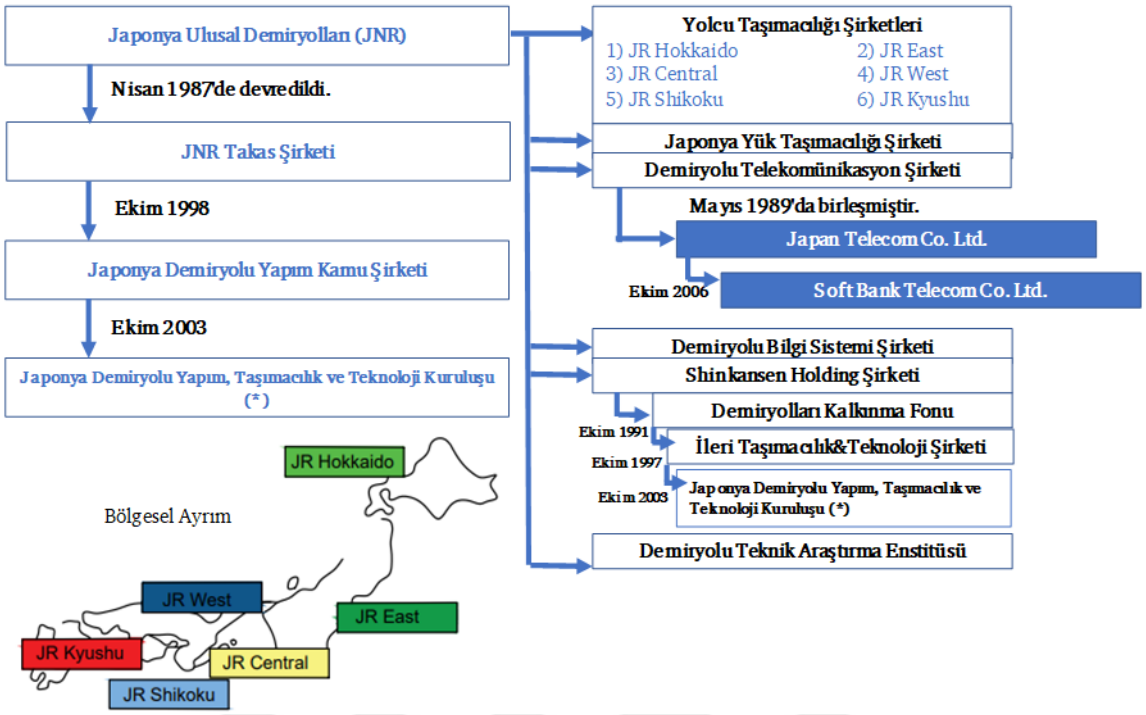
### 3.4.5 Japonya

1949 yılında, II. Dünya Savaşı'ndan sonra Japonya Ulusal Demiryolları (JNR), o dönemdeki yurt içi taşımacılık pazar payına hâkim "kamu kuruluşu" olarak işletmeye başlamıştır.

JNR'nin iflasının temel iki sebebi vardır: "Kamu kuruluşu sistemi" ve "ülke çapında tek parçalı bir organizasyon" olmasıdır. Buradan özetle şu sonuca varılmaktadır; JNR'nin yeniden canlanabilmesi ve demiryollarının sosyal görevlerini bütünüyle yerine getirebilmesi için JNR'nin parçalanması ve özelleştirilmesi gerekmekte olduğu sonucu çıkarılmıştır (CER, 2011).

Japonya Ulusal Demiryolları reformlar kapsamında 1987'de bölünmüş ve bir tane demiryolu yük şirketi ve JR EAST Şirketi de buna dahil olmak üzere 6 tane yolcu demiryolu şirketi (JR Grup olarak bilinmektedir) özelleştirilmiştir. Bu durum Japonya'nın şimdiye kadar olan politikalarından en zorlu olanı ancak en başarılı olanı olarak değerlendirilmektedir. Bu yedi yeni şirket, özel kanunlar altında (JNR Reform Kanunu ve JR (Japon Railways) Kanunu dahil olmak üzere) JNR'den

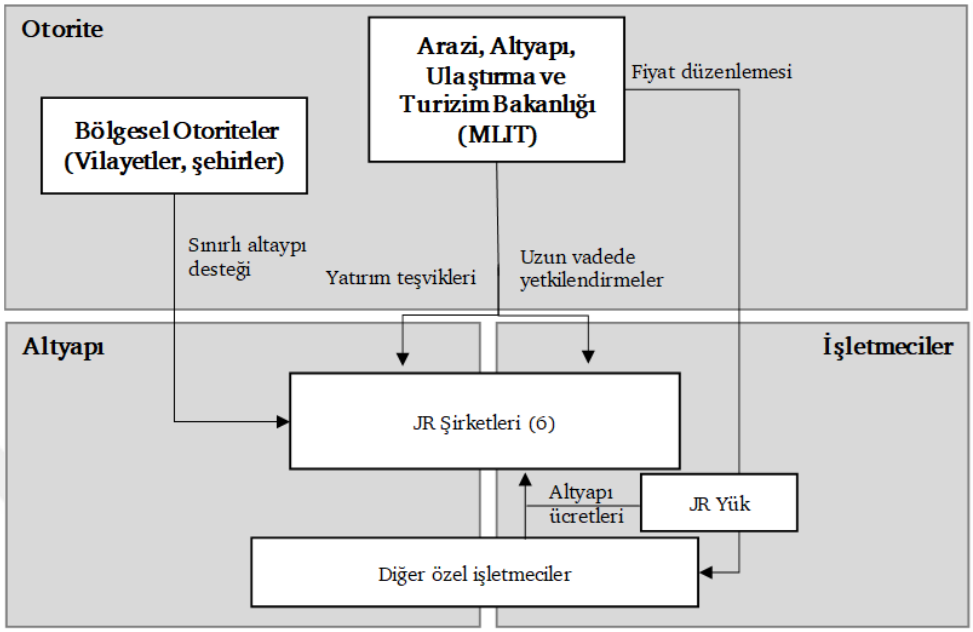
%100 yatırımla kamu özel şirketleri olarak kurulmuştur (CER, 2011). Şekil 3.12'de JNR' nin reform planı gösterilmektedir.




**Şekil 3.12** JNR'nin reform planı (CER, 2011)

Japonya Ulusal Demiryollarının (JNR) 1987 özelleştirilmesinden sonraki hali Japonya, Japonya Demiryolları Grubu'dur (JRG). Grup, bölgelere göre (örneğin JR Hokkaido, JR East) organize edilen altı (yatay olarak ayrı) özel yolcu şirketinden (hükümet tek hissedardır) oluşmaktadır. Bunlar, tek hissedar olarak Japon hükümetine sahip şirketlerdir ve hem altyapı yönetimi hem de demiryolu işletiminden sorumludur. Dolayısıyla ilgili işletme bölgelerinde dikey olarak entegre olurlar. Bir ulusal özel şirket JR Freight, yük taşımacılığı hizmetlerinden sorumludur. JR Freight, Japon Demiryolu İnşaatı, Ulaştırma ve Teknoloji Ajansı'nın (JRTT) sahibi olduğu ulusal yük taşıma işletmecisidir. Aynı zamanda tüm JR Ağlarında faaliyet göstermektedir. Grup ayrıca bilgi sistemleri (JR Sistemleri) için bir iş birimi olan bir araştırma merkezi Demiryolu Teknik Araştırma Enstitüsü'nü (RTRI) içermektedir.

Japonya Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT), ulaştırmayı denetleyen bakanlıktır. Japon demiryollarının organizasyon yapısı Şekil 3.13'te gösterilmektedir.




**Şekil 3.13** Japon demiryolu pazarı organizasyon yapısı (DfT, 2019)

Tren işletiminin altyapı yönetiminden ayrıldığı "dikey ayrılma" olarak adlandırılan Avrupa demiryolu özelleştirme yöntemiyle karşılaştırıldığında, Japonya bir "yatay ayrılma" sistemini benimsemiştir (Kim & Huang, 2019).

### 3.4.6 Amerika Birleşik Devletleri

ABD'de demiryolu taşımacılığı 19. yüzyılın ortalarında başlamıştır. 1 Mayıs 1971 tarihinde Amtırak federal hükümet tarafından kurulmuştur. Resmi adı National Railroad Passenger Corporation (Ulusal Demiryolu Yolcu Şirketi) olan ve hükûmet tarafından finanse edilen kurum, ABD'nin yolcu demiryolu hizmetlerini işletmektedir.

Amtrak, yolcu trenlerini üç hizmet hattından oluşan ulusal bir sistemde çalıştırmaktadır:

- Kuzeydoğu Koridoru (NEC),
- Uzun Mesafe Hatları ve
- Devlet Destekli Hatlar.

ABD'deki ulusal demiryolu ağında şehirlerarası yük trenleri, yolcu trenleri ve banliyö trenleri olmak üzere üç tür raylı sistem çalışmaktadır. Yerel banliyö raylı sistemleri tipik olarak devlet mülkiyeti altındadır ve genellikle devlet tarafından işletilmektedir.

Amtrak, kullanım ücretlerine tabi olarak genellikle yük işletmelerinin sahip olduğu altyapıyı kullanmaktadır (Ali & Eliasson, 2019).

Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı bir ajans olan Federal Demiryolu İdaresi (FRA), güvenlik ve verimliliği sağlamak için yolcu ve yük treni hizmetlerini denetlemektedir. FRA ayrıca sistemin geliştirilmesinden sorumludur. Bunlara ek olarak Amtrak ve diğer demiryolu şirketlerine verilen yıllık hibeleri, kredileri yönetir ve denetler.

ABD'deki demiryolu sistemine yük taşımacılığı hizmetleri hakimdir; yolcu hizmetleri nispeten küçük bir pazar payına sahiptir. Yük pazarı, çok sayıda özel işletmeci ile oldukça rekabet halindedir. Bu nedenle çoğu işletmeci, kullandıkları altyapıya sahiptir. Amerika demiryolu pazarı, demiryolu altyapı yönetimi ve işletimi arasında herhangi bir ayrım olmadığı için dikey bütünleşik bir organizasyon modeli hakimdir. Fakat farklı ayrı ağlar (çoğunlukla yük taşımacılığında) olduğundan, pazar yatay olarak ayrılmıştır.

## 3.5 Değerlendirme

Demiryolları eskiden tamamen devlet tekelinin altındayken, doksanlı yıllardaki demiryolu reformlarının bir sonucu olarak, birçok Avrupa ülkesinde artan rekabetle karşı karşıya kalmıştır. ABD ve Japonya gibi ülkelere baktığımız zaman reform ihtiyacını doğuran; demiryolu şirketlerini iflasa sürükleyen kriz koşulları olmuştur. Almanya'ya baktığımız zaman ise bu durumun aksine, reformlara yol açan, yeniden birleşmeyi takiben iflas etmek korkusu olduğunu görmekteyiz. Bu durum reformların iyi planlanmasını sağlayarak kriz durumunu önlemiştir. Demiryollarında serbestleşmeyle birlikte dünya ülkelerinde farklı yapısal modeller karşımıza çıkmaktadır. Serbestleşme sonrası ülkelerin yapısal modellerine baktığımız zaman entegrasyon modeli, şirket modeli ve ayrım modeli olmak üzere 3 yapısal model karşımıza çıkmaktadır. AB ülkelerinde benimsenen yapısal model dikey ayrım modelidir. Dikey olarak ayrılmış pazarlarda kapasite tahsisinden

sorumlu altyapı yöneticileri genellikle devlet kurumları veya kamu tarafından kontrol edilen şirketlerdir. Japonya ve ABD gibi ülkelerde ise dikey olarak bütünleşmiş piyasa yapısı, şirket içinde kapasite tahsisinin yapılması anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, kapasite tahsisi kamuya açık şekilde yapılmamaktadır. Almanya ve Fransa gibi bazı ülkeler AY'yi, bir şirket (Almanya) veya kamu kontrolündeki bir şirket grubunun (Fransa) parçası olarak yerleşik işletmecinin yapısına dahil eder. Bu, bir çıkar çakışması yaratabilir ve potansiyel yeni katılımcılar, piyasaya girmeyi düşünürken bunu bir risk olarak görebilmektedir.

Sonuç olarak, her yapının olumlu ve olumsuz yanları mevcuttur. Bir yandan bütünleşik model, birlikte çalışan ayrı varlıklar arasındaki işlem maliyetlerini azaltmak için daha avantajlı olabilmektedir. Öte yandan, ayrım modeli iyi yönetilirse rekabeti ve dolayısıyla üretkenliği ve hizmet kalitesini artırabilir. Bununla birlikte, rekabet iyi düzenlenmezse, örneğin bazı DTİ'lerin rekabete aykırı uygulamaları nedeniyle, sosyal refahı attırmaktan çok uzak olan piyasa sonuçlarına yol açan piyasa verimsizlikleri ortaya çıkabilir (Ali, 2020).

Drew ve Nash (2011), yaptıkları çalışmada, dikey olarak ayrılmış demiryollarına sahip ülkelerin dikey entegrasyona sahip olanlardan daha az işletme lisansı verdiğini göstermektedir. Ayrıca dikey ayrılma, demiryolu yük trafiğinde dikey entegrasyona göre daha yavaş büyüme, ancak demiryolu yolcu trafiğinde daha hızlı büyüme ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, bulgular bu nedenle sonuçsuz ve çelişkilidir.

# 4
# TÜRKİYE'DE DEMİRYOLLARININ SERBESTLEŞMESİ VE ORGANİZASYON YAPISI

Dünyadaki çoğu ülkede olduğu gibi 1950'li yıllardan 1990'lı yıllara kadar Türkiye'de demiryolu ile yük ve yolcu taşımacılığı oranı azalmıştır. Bu orandaki düşüşün ana nedeni ise demiryolu sektörünün devlet tekelinde olması ve bu nedenle rekabetin olmamasından kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Demiryolu taşımacılık oranının artırılması için çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye'de de demiryolu sektörünün yeniden yapılanma ve serbestleşme süreci başlatılmıştır (Akbayır & Öztürk, 2018). Bu bölümde Türkiye demiryolu sektörünün serbestleşme süreci incelenmekte olup demiryollarında serbestleşme kapsamında yürürlüğe giren düzenlemelere yer verilmiştir. Ayrıca demiryolu AY olarak görev alan TCDD tarafından DTİ' kapasite tahsis işleminin nasıl gerçekleştirdiği anlatılmaktadır.

## 4.1 Türkiye Demiryollarının Serbestleşme Süresi

Ülkemizin kalkınmasında belirleyici rol oynayan demiryollarının yeniden canlandırılması ve taşımacılık sektörü için serbest, rekabetçi ve sosyal açıdan daha sürdürülebilir ve AB mevzuatıyla da uyumlu bir demiryolu sektörünün oluşturulmasına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır. Demiryolu sektöründe son yıllarda yapılan büyük yatırımların sürdürülebilmesinin yanında sektörün düzenlenmesi ve TCDD'nin yeniden yapılandırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda da 01.05.2013 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun" ile demiryollarının serbestleşmesi konusunda ilk adım atılmıştır.

TCDD, 22 Temmuz 1953 tarihine kadar katma değer bütçeli bir devlet idaresi şeklinde yönetilmiştir. Aynı yıl çıkarılan 6189 sayılı Kanunla Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na (UAB) bağlı olarak TCDD adı altında İktisadi Devlet Teşekkülü haline getirilmiştir. 1984 yılında çıkarılan 233 sayılı Kanun Hükmünde Kararname (KHK) ile Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş. (TÜLOMSAŞ), Türkiye Demiryolu

Makinaları Sanayii Anonim Şirketi (TÜDEMSAŞ) ve Türkiye Vagon Sanayii A.Ş. (TÜVASAŞ) olmak üzere üç adet bağlı ortaklığı bulunan Kamu İktisadi Kuruluşuna dönüştürülmüştür. Ardından 2013 yılında kabul edilen 6461 sayılı Türkiye Demiryolları Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun ile yeniden İktisadi Devlet Teşekkülüne dönüştürülmüştür. Bu kanun kapsamında DTİ olarak TCDD Taşımacılık A.Ş dördüncü bağlı ortaklığı olarak 1 Ocak 2017 tarihi itibariyle faaliyetlerine başlamıştır. Böylelikle demiryolu taşımacılığının serbestleşmesi ve rekabete açılmasına yönelik ilk adım atılmıştır. TCDD Taşımacılık A.Ş günümüzde de halen yük ve yolcu taşımacılığı hizmetlerini gerçekleştirmektedir. TCDD Taşımacılık A.Ş tarafından işletilen trenler:

- Yüksek hızlı trenler,
- Konvansiyonel trenler,
- Bölgesel trenler,
- Kent içi banliyö trenleri (MARMARAY, BAŞKENTRAY)' dir.

2020 yılında Resmî Gazetede yayınlanan 2186 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı gereği bağlı ortaklıktan çıkan TÜLOMSAŞ, TÜDEMSAŞ ve TÜVASAŞ birleştirilerek, iktisadi devlet teşekkülü olan Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii Anonim Şirketi (TÜRASAŞ) kurulmuştur (TCDD, 2020a).

Demiryolunda devlet tekelinin kalkmasından bu yana dört, özel trenlerin işletilmeye başlamasından bu yana üç yıl geçmiştir. Günümüzde demiryollarında serbestleşme sonrası TCDD Taşımacılık A.Ş'nin yanında özel firma olarak Körfez Lojistik ve Omsan Lojistik yük taşımacılığı hizmetlerini yürütmektedir. Kamu Hizmeti Yükümlülüğünün TCDD A.Ş. tarafından yerine getirilmesi 31 Aralık 2020 itibariyle sona ermiş olup TCDD Taşımacılık A.Ş tarafından yapılan yolcu taşımacılığı 2021 itibariyle özel şirketlerin de katılımına açılmış olup yolcu taşımacılığında serbestleşme tamamlanmıştır. 1 Ocak 2021'den itibaren özel firmalar, devlete ait demiryollarında yolcu taşımacılığı yapabilecek imkana kavuşmuştur. Fakat bu sene kamunun desteklediği yolcu treni ihaleleri yapılabileceği varsayılsa bile, bu 2022 yılı trenleri için olacağı söylenmektedir. Bu duruma göre raylarda özel yolcu trenlerini en erken 2022'de görülebileceği anlamına gelmektedir (Uysal, 2020). Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, ilk özel

yolcu fnin 2020 Aralık ayında lisansını aldığını ve ilk olarak İstanbul- Kapadokya arasında hizmet verecek olan lüks yolcu treni Kapadokya Ekspresinin çalışacağını duyurmuştur (Uysal, 2021)

TCDD, kullanım hakkı kendinde bulunan demiryolu altyapı kapasitesi için talepte bulunmak isteyen DTİ'lere güvenli, emniyetli, adil ve şeffaf bir şekilde hizmet sunmak üzere 2019 yılından beri her yıl şebeke bildirimi yayınlamaktadır. TCDD mevcut hatlarında bu hizmetin sunulmasını kapasite tahsisi şeklinde yapmaktadır. TCDD'nin mevcut hatları ve uzunlukları Tablo 4.1'de yer almaktadır.

**Tablo 4.1** TCDD'nin mevcut hatlarının uzunluğu (TCDD, 2021)

| | 2003 | 2003-2019 | 2019 |
|---|---|---|---|
| Toplam Demiryolu Ağı | 10.959 km. | 1.844 km. | 12.803 km. |
| Yüksek Hızlı Hat Uzunluğu | — | 1.213 km. | 1.213 km. |
| Konvansiyonel Hat Uzunluğu | 10.959 km. | 631 km. | 11.590 km. |
| Sinyalli Hat Uzunluğu | 2.505 km. | 3.304 km. | 6.526 km |
| Elektrikli Hat Uzunluğu | 2.082 km. | 3.448 km. | 5.753 km. |

Kapasitenin kullanılması konusunda, AB'de kullanılan temel yönetmelik olan 2001/14/AB'de altyapı kapasitenin dağılımı ve denetlenmesinin açıklanmasının yanı sıra, altyapı erişim ücretinin hesaplama yöntemini de açıklamaktadır. Türkiye'deki yönetmelikler de bu mevzuatlardan yararlanarak hazırlanmıştır (Turkerahi, 2016).

**Serbestleşme kapsamında Resmî Gazete'de yayımlanarak mevzuatta yerini alan yönetmelikler aşağıda sırası ile yer almaktadır:**

- Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelik (3 Temmuz 2013)
- Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği (2 Mayıs 2015)
- Demiryolu Araçları Tescil ve Sicil Yönetmeliği (16 Temmuz 2015)
- Tehlikeli Maddelerin Demiryolu ile Taşınması Hakkında Yönetmelik (16 Temmuz 2015)

- Demiryolu Araçları Tip Onay Yönetmeliği (18 Kasım 2015)
- Demiryolu Emniyet Yönetmeliği (19 Kasım 2015)
- Tren Makinist Yönetmeliği (31 Aralık 2016)
- Demiryolu Emniyet Kritik Personel Yönetmeliği (31 Aralık 2016)
- Demiryolu Eğitim ve Sınav Merkezi Yönetmeliği (31 Aralık 2016)
- Demiryolu İşletmeciliği Yetkilendirme Yönetmeliği (19 Ağustos 2016)
- Demiryolu Yolcu Taşımacılığında Kamu Hizmet Yükümlülüğü Yönetmeliği (20 Ağustos 2016)
- Demiryolu ile Seyahat Eden Yolcuların Haklarına Dair Yönetmelik (8 Mart 2019)

## 4.2 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun

1 Mayıs 2013 tarihinde 6461 Sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiş ve TCDD Genel Müdürlüğü "Demiryolu Altyapı İşletmecisi" olarak, TCDD Taşımacılık A.Ş ise "Demiryolu Tren İşletmecisi" olarak yeniden yapılandırılmıştır. Demiryolu sektörünün özelleştirilmesi anlamına gelmeyen ancak serbest rekabet ortamı sağlayacak olan bu kanunun yürürlüğe girmesiyle, özel sektör de demiryollarında yük ve yolcu taşıma hizmetleri ile demiryolu altyapısını yapım ve işletme imkanına kavuşmuştur. Bu kanun, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde faaliyette bulunan demiryolu altyapı işletmecileri ve demiryolu tren işletmecilerini kapsamaktadır. Kanunun temel amacı, demiryollarında yolcu ve yük taşımacılığının hizmet kalitesini artırmak, hizmetlerin en düşük fiyatla sunmak ve kamu tüzel kişileri (KTK) ile ticaret siciline kayıtlı şirketlerin demiryolu altyapı işletmeciliği ve tren işletmeciliği yapabilmesini sağlamaktır.

Bu kanunla birlikte, demiryolu taşımacılığındaki devlet tekeli sona ererek özel sektöre de demiryolu altyapısı üzerinde kendisine ait araç, personel ile yük ve

yolcu taşımacılığı yapabilmesine hakkı verilerek, işletmecilik yapma imkânı sağlanmıştır. Böylece devlete ait TCDD Taşımacılık A.Ş ile özel sektöre ait işletmecilerin aynı demiryolu ağı üzerinde eşit koşullarda işletme yapabilmeleri sağlanarak rekabetin önü açılmıştır.

Bu kanun kapsamında TCDD'nin demiryolu altyapı işletmecisi olmasının yanında, ulusal demiryolu altyapı ağı üzerindeki demiryolu trafiğini tekel olarak yönetmek, tasarrufunda olan ve olmayan demiryolu altyapısı üzerinde verdiği trafik yönetimi ücretlerini adil ve şeffaf şekilde belirlemek, tahakkuk ve tahsil etmek, demiryolu altyapısının demiryolu trafiğiyle ilgili olmayan alanlarını işletmek, işlettirmek veya kiraya vermek gibi görevleri de mevcuttur (Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun, 2013). Kanunun temel amacı olan serbestleşme kapsamında Kamu Tüzel Kişileri ve şirketler Bakanlıkça yetkilendirilerek;

- Kendilerine ait demiryolu altyapısı inşa edebilir.
- Kendilerine ve/veya başka şirketlere ait demiryolu altyapısı üzerinde demiryolu altyapı işletmecisi ve ulusal demiryolu altyapı ağı üzerinde DTİ olabilir.
- Ayrıca kendilerine ait veya tasarruflarındaki demiryolu altyapısının kullanım ücretlerini adil ve şeffaf şekilde belirleyip uygulayabilir.

Kanuna konulan geçici maddeler ile, TCDD'nin işletme bütçesinde yer alan finansman açıkları, TCDD Taşımacılık A.Ş'ye yapılan sermaye transferi nedeniyle doğan açıkları 2020 yılı sonuna kadar Hazine Müsteşarlığının karşılayacağı düzenlenmiştir. TCDD Taşımacılık A.Ş'nin yatırım programlarında yer alan yatırımlarının finansmanı, işletme bütçesinde yer alan finansman açıkları, fiili finansman açığı ile işletme bütçesinde öngörülen arasındaki farkları TCDD'nin karşılayacağı düzenlenmiştir. 1 Ocak 2021 tarihi itibariyle bu tür giderler TCDD ve TCDD Teknik A.Ş'nin bizzat kendileri tarafından karşılanmaya başlanmıştır (Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun, 2013).

Bu kanun ile raylı sistemlerin üretiminde özel sektör giderek artan bir paya sahip olmaktadır. Bu kanun çerçevesinde yeni yatırım fırsatlarıyla sektöre yurt içi ve yurt dışından daha fazla yeni yatırımcının gelmesi beklenmektedir. Demiryollarında taşımacılık yapmak isteyen bir demiryolu işletmecisi, gerekli şartları sağlayarak TCDD Genel Müdürlüğü'nden lisans alabilecektir. Ayrıca "Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği" kapsamında da DTİ'ler AY olan TCDD'ye belirlenecek altyapıya erişim ücretini ödeyerek taşımacılık yapabilecektir.

## 4.3 Türkiye Demiryollarının Organizasyon Yapısı

Demiryollarının serbestleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan demiryolu organizasyon modelleri çalışmanın üçüncü bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu bölümde Türkiye'nin demiryolu organizasyon yapısı ele alınmaktadır. Şekil 4.1'de Türkiye'nin demiryolu organizasyon yapısı gösterilmektedir.

Türkiye'de demiryollarının serbestleştirilmesiyle birlikte demiryollarında özel sektörün de katılımına olanak sağlanarak altyapı inşaatı ile hat ve tren işletiminde rekabetçi bir ortam oluşturulmasının önü açılmıştır. Daha önceden devlet tekelinde olan demiryolları serbestleşme kanunuyla bugünkü halini almıştır. Böylelikle TCDD, demiryolu hatlarının yapım, bakım ve onarımı ile kapasite tahsisinden sorumlu kamu yöneticisi ve TCDD Taşımacılık A.Ş yolcu ve yük taşımacılığı yapan kamu şirketi haline gelmiştir. Serbestleşme kanunu ile özel şirketlerin de tren işletmesine olanak sağlanmıştır.

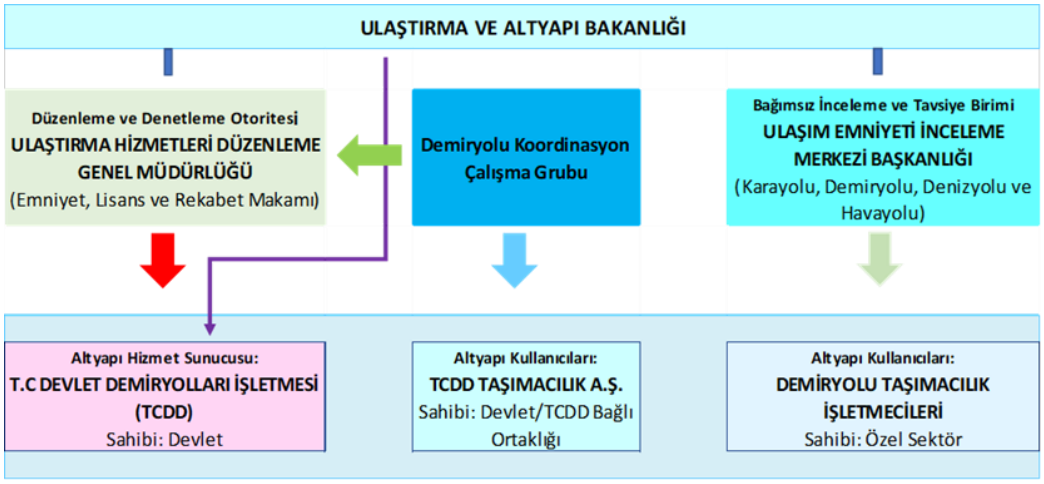
TCDD'nin mevcut durumda 5 iştirak şirketi bulunmaktadır:

- HYUNDAI EUROTEM (Demiryolu Araçları Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi): Türkiye'de üretilemeyen her türlü modern demiryolu araçlarının üretimi (hızlı trenler de dahil) ile pazarlaması ve satış sonrası hizmetleri faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere kurulmuştur (TCDD'nin %15 iştiraki).
- SİTAŞ (Sivas Travers İmalat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi): Yeni tip traverslerin üretimine yönelik olarak kurulmuştur (TCCD'nin %15 iştiraki).
- VADEMSAŞ (Voestalpine Kardemir Demiryolu Sistemleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi): Her türlü konvansiyonel ve yüksek hıza uygun demiryolu

makası üretimi, pazarlaması ve satış sonrası hizmetleri faaliyetlerinde bulunmak amacıyla kurulmuştur (TCDD %15 iştiraki).

- İZBAN (İzmir Banliyö Taşımacılığı Sistemi): Aliağa-Alsancak-Selçuk arasındaki 136 km uzunluğundaki demiryolu hattında ve 41 istasyonda hizmet vermektedir (TCDD ve İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin %50 hisseli ortaklığı).
- TCDD Teknik A.Ş (TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik Anonim Şirketi): TCDD Teknik A.Ş demiryolu, Hafif Raylı Sistem ve Metro Hatları ile bu sektörde kullanılan araçlara yönelik etüt ve projeler hazırlamak, bu sistemlerde kullanılan araçların sertifikasyon işlemlerini yapmaktadır (TCDD'nin %50 iştiraki).

Türkiye demiryollarında demiryolu altyapı yönetimi ve işletiminin ayrılmasında ötürü dikey ayrım modeli görülürken, işletim kısmında birden fazla DTİ'nin varlığı yatay olarak da ayrıldığını göstermektedir. Demiryolu altyapı yönetiminin ve demiryolu işletiminin, hesap ayrımının olmasıyla birlikte bağımsız karar alma sürecine sahip şirket (TCDD) içinde ayrı ayrı yan kuruluşların var olmasından ötürü organizasyonel dikey ayrım modelini benimsediği gözlemlenmektedir. Türkiye demiryolu organizasyon yapısı AB ülkelerinden daha çok Almanya ile benzerlik göstermektedir.




**Şekil 4.1** Türkiye demiryollarının organizasyon yapısı (TCDD, 2020b)

UAB bağlı olarak Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Bu müdürlük DTİ'lere emniyet sertifikalarının verilmesi, lisanslarının verilmesi ve DTİ'ler arasındaki rekabeti düzenlemeden sorumlu olarak görev almaktadır.

UAB bağlı olarak Ulaşım Emniyeti İnceleme Merkezi Başkanlığı bağımsız inceleme ve tavsiye birimi olarak görev yapmaktadır.

## 4.4 Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği

2 Mayıs 2015 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren bu yönetmelik ile demiryollarında serbest, adil, şeffaf ve sürdürülebilir bir rekabet ortamı yaratılması amaçlanmıştır. Bu yönetmelik ulusal demiryolu altyapı ağına erişimin sağlanması için demiryolu altyapı erişim ücretlerinin belirlenmesi, demiryolu altyapı kapasitesinin tahsisi ile ilgili olarak uygulanacak usul ve esasları düzenlemektedir.

Ayrıca ulusal demiryolu altyapı ağında verilen hizmetler ve ulusal demiryolu altyapı ağına bağlı olmayan bir DTİ tarafından altyapı kapasite tahsisi talep edilmesi halinde söz konusu demiryolu altyapısında verilen hizmetleri kapsamaktadır. (UAB, 2015).

Geçerli bir taşımacılık yetki belgesi almış olan DTİ'lerin altyapı kapasite tahsisi için başvuru yapmadan önce bir emniyet yönetim sistemini kurması ve Bakanlıktan emniyet belgesi alması gerekmektedir.

İşbu yönetmelikte şebeke bildirimine yönelik genel bilgiler de yer almaktadır. Bu tez çalışmasında bölüm 5.5'te şebeke bildirimine ilişkin ayrıntılı bilgiler sunulmaktadır.

Demiryolu AY, DTİ'ye tahsis ettiği altyapı kapasitesini diğer DTİ'lere kullandıramaz. Ayrıca tahsis edilmiş altyapı kapasitesinin, DTİ'ler arasında alımı, satımı, kiralanması veya başka bir yolla devri yapılamaz.
DTİ'lere tahsis edilen tren çizgilerinin kullanılmaması durumunda ise demiryolu AY tarafından şebeke bildiriminde belirtilen usule göre ücret tahsil edilmektedir. Ayrıca kullanılmayan altyapı kapasiteleri AY tarafından diğer DTİ'lere kullandırılabilir.
Yönetmelik kapsamında sıkışık altyapı, program dışı talepler ve sınıflandırılmış altyapı, kapasite analiz raporu ve kapasite geliştirme planı; tren çizgilerinin kullanımı, bakım ve onarım çalışması için altyapı kapasitesi ve trafik kesintisi durumunda özel önlemlere ilişkin ayrıntılı düzenlemeler de yer almaktadır.

Bir DTİ kendisine haksız muamele edildiği, ayrımcılığa maruz kaldığı veya başka bir şekilde zarar gördüğü kanaatindeyse Bakanlığa itiraz etme hakkına sahiptir.
Bu Yönetmelik kapsamında Bakanlıkça yerine getirilmesi gereken iş ve işlemler önceden Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü yerine getirmekteydi. Fakat, 17 Ocak 2020 tarihli Resmî Gazete'de yayınlanan Cumhurbaşkanlığı kararnamesiyle bu müdürlük kapatılarak, yerine kurulan "Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü" ne geçmiştir.

## 4.5 Şebeke Bildirimleri

Bakanlığın onayı ile en az bir yıl uygulanmak üzere yayımlanan şebeke bildirimleri demiryolu AY tarafından hazırlanmaktadır. Bu bir yıllık süre geçerlilik süresini de kapsamaktadır.

Şebeke bildirimin içeriğinde aşağıdaki konular yer almaktadır (TCDD, 2020b):

- Demiryolu altyapısının kullanımına ilişkin genel şart ve koşullar,
- Kapasite tahsisi sürecinde yerine getirilmesi gereken ve göz önünde bulundurulması gereken hususlar,
- Demiryolu altyapısı ve verilen hizmetler,
- Altyapı erişim ücretleri ve TCDD tarafından sağlanan hizmetlerin ücretlendirilmesine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Kapasite tahsis süreci, şebeke bildiriminin yayımlandığı tarih ile başlamaktadır. Şebeke bildirimi, ekleri ve yapılan güncellemeler, TCDD'nin internet sitesi üzerinden kamuya açık olarak yayımlanmaktadır. Bu bildirimde yapılacak güncellemeler, Bakanlık tarafından onaylanır. Ardından TCDD ile erişim sözleşmesi yapan ilgili DTİ' ye bildirilir.

TCDD'nin şebeke bildirimini hazırlamasındaki amaç, kullanım hakkının kendisinde olduğu demiryolu altyapısını emniyetli ve güvenli şekilde DTİ'lerin hizmetine sunmak istemesidir.

Kapasitenin tahsis edilmesinde şebeke bildirimleri büyük derecede öneme sahiptir. Şebeke bildirimlerinin içeriğinde tahsise konu kapasiteyle ilgili önemli başlıkları bu bölüm kapsamında açıklanacaktır:

- erişim şartları,

- çerçeve anlaşması,
- erişim sözleşmesi,
- altyapı,
- kapasite tahsisi ve
- ücretlendirme.

**Tahsis dönemi:** Şebeke bildirimi kapsamındaki bir "Orer" planı dönemini,

**"Orer" planı:** Belirli bir şebeke veya hat kesiminde bir takvim yılı içinde işletilmesi planlanan trenlerin hareketleriyle ilgili güzergâhı, kalkış ve varış zamanlarını, tren sefer sayılarını içeren ve tren çizgilerinden oluşan planını ifade etmektedir.

### 4.5.1 Erişim Şartları

TCDD'ye kapasite tahsis talebinde bulunmak isteyen başvuru sahipleri, Bakanlık tarafından DTİ olarak yetkilendirilmiş ve emniyet sertifikasını almış olmaları gerekir.

Demiryolu altyapısına erişim şartları ise:

- Kapasite tahsisi için başvuru yapmış olmak,
- Kapasite tahsisi hakkı kazanmış olmak,
- Tahsis edilen kapasiteye ait planlanan altyapı erişim ücretinin %10'u oranında teminat yükümlülüğünü yerine getirmek,
- Erişim sözleşmesini imzalamış olmak.

DTİ'lerin ulusal demiryolu altyapı ağında tren işletebilmeleri için demiryolu altyapısına erişim şartlarını sağlamış olmaları gerekir.

### 4.5.2 Çerçeve Anlaşması

Çerçeve anlaşması demiryolu AY olan TCDD ile DTİ arasında bir şebeke bildirimi döneminden daha uzun bir dönem boyunca ilgili demiryolu altyapısı üzerinde kapasite kullanımı için yapılan anlaşmadır. Bu anlaşma, en fazla beş yıllık bir dönemi kapsar ve anlaşma süresinin bitiminden 6 ay önce yenilenebilir. Bir erişim sözleşmesiyle tamamlanan çerçeve anlaşmaları geçerli hale gelirler.

- Çerçeve anlaşması, altyapı kapasitesinin genel özelliklerini belirtecek ancak tren çizgilerini belirlemeyecektir.

Birden fazla DTİ'nin aynı koşullarda, aynı kapasite için başvurması halinde daha önceden çerçeve anlaşması imzalamış olan DTİ, diğerlerine göre öncelikli olacaktır

### 4.5.3 Erişim Sözleşmesi

Altyapı kapasite tahsis başvurusu olumlu sonuçlanan DTİ ile altyapı kapasite tahsisi yapan demiryolu AY arasında yapılan ve şebekeye erişimi sağlayan sözleşmeyi ifade etmektedir.

Her bir tren çizgisi tahsisi işlemi için erişim sözleşmesi ayrı ayrı düzenlenir. Fakat tren sınıfları aynı olan tren çizgileri için tek sözleşme imzalanabilir.

### 4.5.4 Altyapıya Ait Bilgiler

TCDD tasarrufundaki demiryolu altyapı ağına ait bilgileri içermektedir.

Şebeke, TCDD şebekesindeki güzergâh kesimleri ve güzergâh kesimlerine göre hat kapasiteleri dâhil teknik özelliklerin yer aldığı, TCDD'nin kullanımındaki altyapı ağını ifade etmektedir. Şebeke bildiriminde yer alan altyapı bilgilerini aşağıdaki başlıklar halinde toplayabiliriz:

**Şebekenin Kapsamı**

- Coğrafi Tanımlama
    - Hat Sınıflandırması
    - Hat Açıklığı
    - İstasyon ve Kavşaklar
    - Altyapının Kabiliyetleri
- Altyapının Kabiliyetleri
    - Yük Gabarisi
    - Dingil Basıncı
    - Hat Eğimleri
    - Hat Hızları
    - Azami Tren Uzunlukları
    - Güç Kaynağı

- Trafik yönetim ve Haberleşme sistemleri

Bu bilgilerin yanında trafik kısıtlamaları ve hizmet tesislerine ilişkin bilgiler de yer almaktadır.

### 4.5.5 Ücretlendirme

Bu bölümde ise TCDD tarafından verilecek altyapıya erişim, hizmet tesislerinden yararlanma ücretleri, verilecek ek ve yardımcı hizmet ücretleri yer almaktadır. İndirimler, performansa dayalı ücretlendirme de bu bölümde belirtilmektedir.

Bakım, onarım ve yol yenileme kaynaklı zararların tespiti ve tazmini ile gecikmelerden doğacak zararların tespiti ve tazmini şebeke bildiriminde yer almaktadır.

TCDD'nin demiryolu altyapı kapasitesini kullanacak DTİ için kullanım ücretinin hesaplanmasında şebeke bildirimde yer alan Denklem 5.1 ve 5.2 kullanılmaktadır.

$$\text{Altyapı Kullanım Ücreti} = \text{Altyapı Erişim Ücreti (a)} + \text{Tesis Kullanım Ücreti (b)} + \text{Ek ve Yardımcı Hizmetler (c)} \quad (5.1)$$

$$Ü_{toplam} = (BF_{trkm} \times M_{km} \times T_{kat} \times TS_{kat} \times Y_{kat} \times HTS_{kat} \times TA_{kat} \times Ç_{kat} \times PZ_{kat}) + \sum[(ES_i \times M_i) + (Ü_{el} \times M_{el})] \quad (5.2)$$

$Ü_{toplam}$: Tahsis edilen kapasiteye ait toplam **Altyapı Kullanım Ücreti (TL)**

$BF_{trkm}$: Tren kilometre için birim fiyat (TL/Tren-kilometre)

$M_{km}$: Tren seyir mesafesi (km)

$T_{kat}$: Talep zamanı katsayısı

$TS_{kat}$: Tren sınıfı katsayısı

$Y_{kat}$: Güzergahlara göre yoğunluk katsayısı

$HTS_{kat}$: Hat ve teknik ekipman sınıfı katsayısı

$TA_{kat}$: Tren ağırlığı katsayısı

$Ç_{kat}$: Çevre katsayısı

$Pz_{kat}$: Pik zaman katsayısı

$ES_i$: Hizmet tesislerinden yararlanma

$M_i$: $ES_i$ miktarı veya adedi

$Ü_{el}$: Ek ve yardımcı hizmetler

$M_{el}$: $Ü_{el}$ miktarı (kWh)

Altyapı erişim ücreti altyapının sıkışık olduğu dönemlerde kapasite azlığını yansıtan ilave bir ücret içerebilir.

TCDD, altyapı erişim ücretlerini farklılaştırmıştır. Bunu altyapıyı ve trenleri kategorilere ayırıp, farklı erişim ücret katsayıları uygulayarak yapmaktadır. Altyapı erişim ücretini etkileyen katsayılar:

Talep zaman katsayısı: DTİ'nin tren talep zamanına bakılarak belirlenen katsayıyı ifade etmektedir. Trenin işleme tarihinden 30 gün ve öncesi talepler için Talep Zaman Katsayısı (Tkat) 1.00 olarak uygulanır.

Tren sınıfı katsayısı: Her bir tren sınıfı için uygulanan tren katsayılarıdır. Örneğin; Banliyö trenleri için tren sınıf katsayısı 1.60, ulusal yolcu trenleri için ise 2.00'dir.

Güzergahlara göre yoğunluk katsayısı: Trafiğin sıkışık veya normal olması durumuna bağlı olarak uygulanan katsayıdır.

Hat ve teknik ekipman sınıfı katsayısı: Hattın trafik kontrol sistemine bağlı olan katsayıyı ifade etmektedir.

Tren ağırlığı katsayısı: Trenlerin ağırlığına (ton) bağlı olan katsayıyı ifade etmektedir. Tren ağırlığına göre farklılaştırılmıştır.

Çevre katsayısı: Trenin çevreye etkili yük ve normal yük olmasına bağlı katsayıdır.

Pik zaman katsayısı: Kapasite talep edilen hattın zamanına bağlı olan, hattın pik zaman veya normal zamandaki katsayısını ifade eder.

Kullanılmayan kapasite için ödenmesi gereken toplam tutar, kapasitenin kullanılmayacağının bildiriminin işletilecek trenin planlanan çalışma zamanından kaç gün önce yapıldığına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

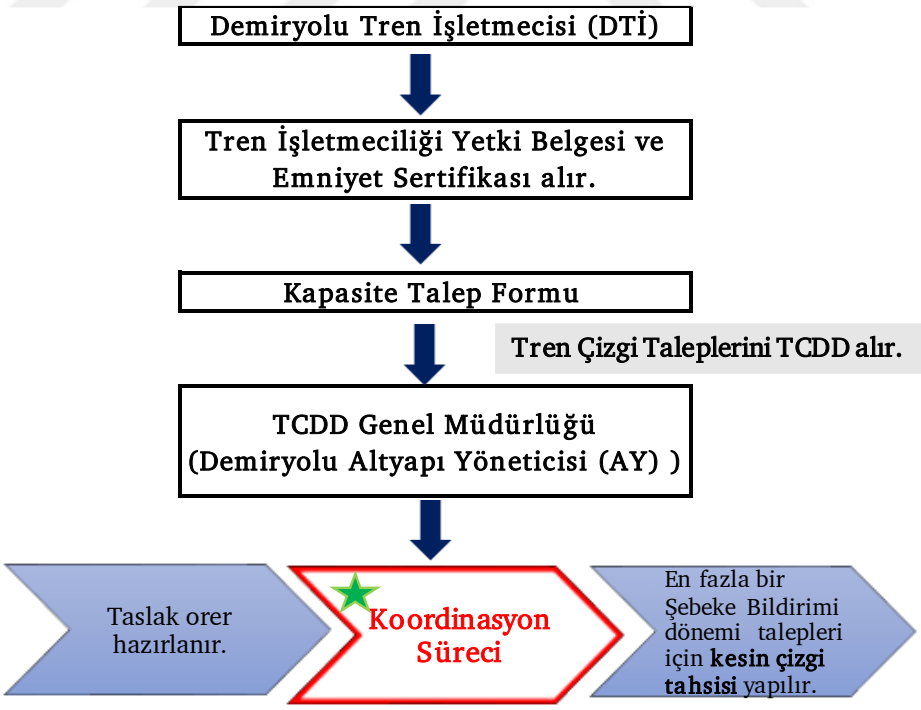
## 4.6 Kapasite Tahsisi

Kapasite tahsisine ilişkin başvurular, Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliğindeki hükümler çerçevesinde yürütülmektedir.

Şekil 4.2'de TCDD'nin kapasite tahsis sürecini gösteren basit bir akış şeması gözükmektedir.

Her yılın Aralık ayında gelecek yıla ait şebeke bildirimi yayımlanır. TCDD tarafından belirlenen tarihlerde sırasıyla:

- İlk olarak tren çizgisi talepleri alınır,
- "Taslak Orer" hazırlanır ve ilan edilir,
- DTİ'lerden ilave talepler ile "Taslak Orer" e yönelik geri bildirim alınır ve koordinasyon süreci işletilir,
- DTİ talepleri için kesin çizgi tahsisi yapılır,
- Erişim sözleşmeleri imzalanır,
- O yıla ait "Orer" yayınlanır.
- O yıla ait "Orer" planı yürürlüğe girer.




**Şekil 4.2** TCDD'nin kapasite tahsis süreci

Tren çizgisi şeklindeki belirli altyapı kapasitesini kullanma hakkı en fazla bir şebeke bildirimi dönemi için verilmektedir.

Literatür kapasite tahsis sürecinin koordinasyon sürecine odaklanmaktadır ve bu sürece yönelik iyileştirmeler önermektedir.

**Yurt içi kapasite tahsisi başvuruları için:**

İlk olarak, DTİ demiryolu tren işletmeciliği yetki belgesi ve emniyet sertifikasını Bakanlık'tan alır. Ardından Şebeke Bildiriminde yer alan sürece uygun olarak TCDD Genel Müdürlüğü'ne kapasite tahsisi için başvuru yapar. DTİ çalıştırmak istediği trenler için "Kapasite Talep Formunu" düzenler.

Daha önceden çerçeve anlaşması olan DTİ, çerçeve anlaşmasına uygun olarak kapasite başvurusunu doğrudan kendi yapar.

**Uluslararası kapasite tahsisi başvuruları için:**

TCDD, kendi şebekesi dışındaki demiryolu altyapı kapasitesinin tahsisine ilişkin çalışmaları koordine etmek üzere ilgili demiryolu AY'ler ile iletişime geçer. Bu sürece ilişkin çalışmalar konusunda başvuruyu yapan DTİ'yi bilgilendirir

### 4.6.1 Koordinasyon Süreci

**TCDD farklı istekler arasındaki çakışmalarla ve kısıtla karşılaştığında;** bu talepleri taraflar arası koordinasyon yoluyla çözmektedir. Taslak "Orer" planının ilan edilmesiyle koordinasyon süreci başlamaktadır.

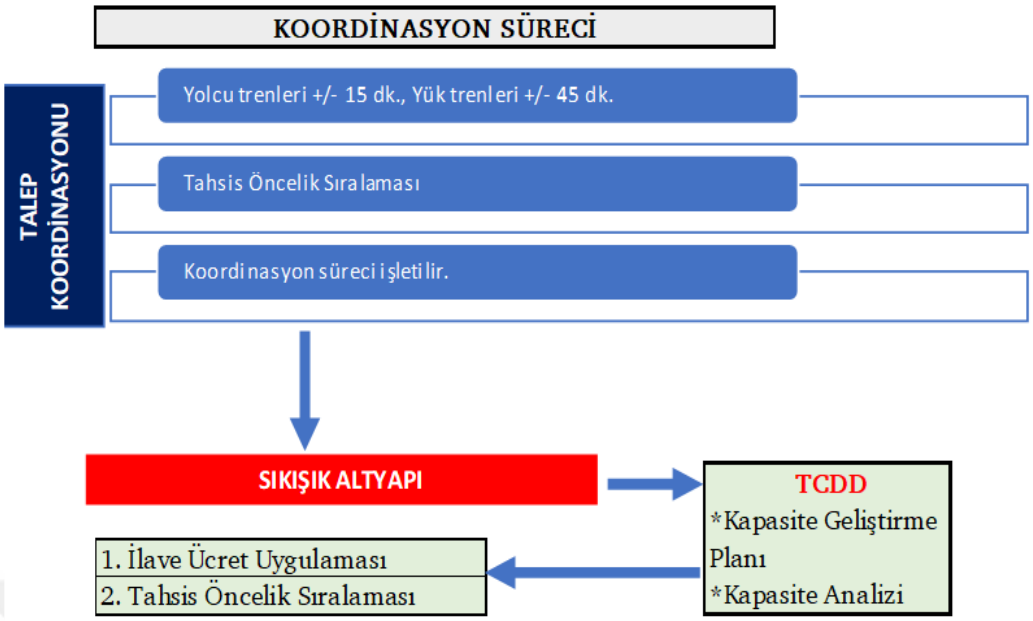
DTİ'lerin kapasite talepleri arasında çakışmalar olduğu zaman çözüm geliştirmeye yönelik aşağıdaki prosedürler izlenmektedir.

**1.** TCDD, "Orer" hazırlanması sırasında çakışmaların çözümü için DTİ'ler tarafından yolcu ve yük trenlerinin talep edilen çıkış saatinde değişiklik yapar ve bu değişikliği DTİ'lere bildirir.

**2.** Şebeke bildiriminde yer alan tahsis öncelik sıralamasına göre tahsis işlemi yapılır.

**3.** Koordinasyon süreci işletilir (Şekil 5.3).

TCDD koordinasyon gerektiren bir durum söz konusu olduğunda, DTİ'lerin talep ettiği kapasite yerine çözüm olarak uygun sınırlar içinde farklı bir kapasite önerme hakkına sahiptir.




**Şekil 4.3** TCDD'nin koordinasyon sürecinin işleyişi

**Sıkışık olarak ilan edilen veya sınıflandırılmış hat kesimlerinde, altyapı kapasitesinin tahsisi için uygulanacak öncelik sıralaması şebeke bildiriminde sırasıyla şu şekildedir:**

1. Banliyö trenleri,
2. Uluslararası yolcu trenleri,
3. Kamu hizmeti yükümlülüğüne göre çalıştırılacak yolcu trenleri,
4. Diğer ulusal yolcu trenleri,
5. Uluslararası yük trenleri,
6. Ulusal (Yurt içi) yük trenleri,
7. Hizmet, iş, destek dönüşü, tek lokomotif vb. trenler.

Öncelik sıralamasının eşit olması halinde ise şebeke bildirimlerinde belirtilen farklı bir sıralama esas alınarak tahsis işlemi gerçekleştirilmektedir.

TCDD, koordinasyon toplantılarında, tüm DTİ'lerin taleplerini kabul edilebilir çözümlerle karşılamaya çalışır ve yukarıda açıklanan tahsis öncelik sıralamasına göre tahsis işlemini gerçekleştirir.

### 4.6.2 Sıkışık Altyapı

Taleplerin koordinasyonu ve DTİ ile istişare yapılmasının ardından altyapı kapasitesi için alınan taleplerin karşılanamaması durumunda TCDD altyapı sıkışıklığını ilan eder. Bu, aynı zamanda yakın gelecekte yetersiz kapasite yaşanabileceği öngörülmüş olan altyapı için de yapılmaktadır. Bu durumdan ötürü ilave ücret uygular. İlave ücretlere rağmen sıkışık altyapı kapasitesine karşı tatmin edici bir sonuç elde edilemediği durumda, altyapı kapasitesinin tahsisi için demiryolu AY'ler şebeke bildiriminde yer alan öncelik sıralamasını uygular.

Bir altyapı kesiminin sıkışıklığı ilan edildiğinde ve bir kapasite geliştirme planının bulunmadığı takdirde, demiryolu AY bir kapasite analizi yapar.

**Kapasite analiz raporu:** Demiryolu altyapısı üzerindeki kapasite isteklerinin yeterince karşılanamaması durumunda, kapasite kısıtlılıklarını belirleyerek sıkışıklığı hafifletmek ve varsa ilave istekleri karşılamak için kısa ve orta vadede alınabilecek önlemler konusunda kapasite analizlerini içeren raporu, ifade etmektedir.

**Kapasite geliştirme planı:** Altyapının bir bölümünün "sıkışık altyapı" olarak ilan edilmesine yol açan kapasite kısıtlarını hafifletmek amacıyla alınacak önlemlerin uygulanması için yapılan planları ifade eder.

Kapasite geliştirme planına tespit edilen önlem önerilerinin fayda-maliyet analizi ve önlemlerin ne zaman, nasıl uygulanacağının takvimsel olarak açıklaması da eklenir.

Kapasite geliştirme planı sıkışık altyapı durumundan etkilenen DTİ ile görüşüldükten sonra hazırlanır. Kapasite geliştirme planı içerisinde aşağıdaki unsurlar yer alır:

- Sıkışıklığın sebepleri,
- İlgili kısımdaki trafiğin gelecekteki gelişimi ve değişimi hakkında tahminler,
- Altyapının geliştirilmesini engelleyen kısıtlamalar,
- Altyapı erişim ücret değişikliklerinin yıllık değişimine ilişkin tahminler de dâhil olmak üzere kapasite geliştirmeye yönelik alternatiflerin ve giderlerin hesaplanması.

### 4.6.3 Bakım, Yenileme Çalışmaları ve Artırılan Kapasitenin Tahsisi

TCDD, altyapının bakım, onarım, yenileme ve kapasite artırımı çalışmalarına yönelik hizmet trenleri ve demiryolu araçları çalıştırmak isteyebilir. Bundan dolayı ihtiyaç duyduğu kapasite için, kapasite tahsis değerlendirme ve koordinasyon sürecinde kendisine kapasite ayırabilir.

Hat kapasitesinde meydana gelen artışlar, talep olması durumunda şebeke bildiriminde yer alan tahsis sürecindeki öncelik sıralamasına göre tahsis edilmektedir.

### 4.6.4 TCDD Tarafından Tahsis Edilen Kapasitenin İptali Durumu

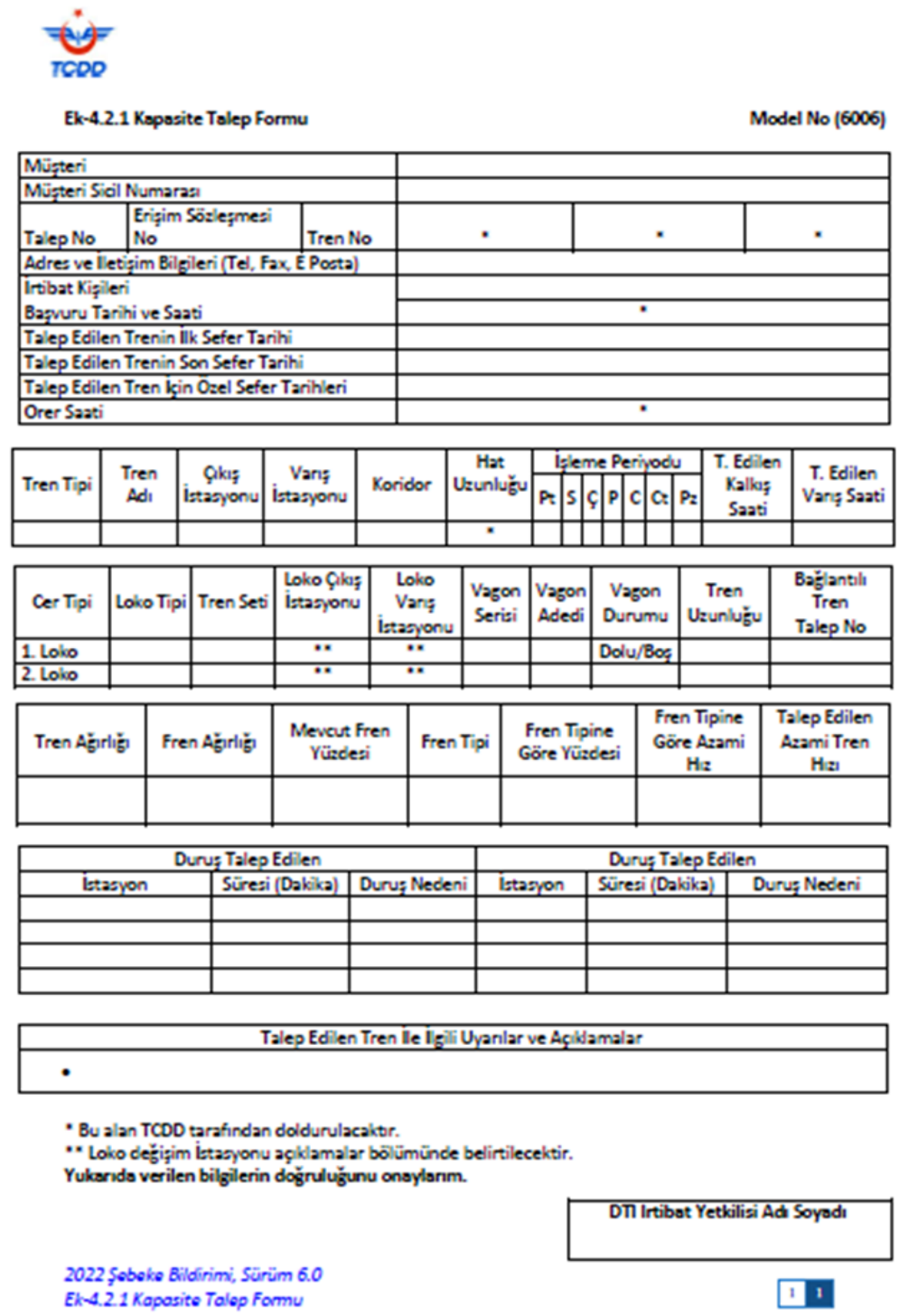
DTİ'nin kullanımına tahsis edilmiş altyapı kapasitesinin bir şebeke bildirimi döneminin art arda 3 aylık kesiminde kullanılması gereken kapasitenin **%30'dan azını** kullanması durumunda tren çizgisi kullanım hakkı iptal edilebilir.

### 4.6.5 İstisnai ve Tehlikeli Madde Taşımaları için Kapasite Tahsisi

İstisnai ve tehlikeli maddeleri taşımaları özel önlemler gerektirmektedir. Bu sebepten DTİ'lerin istisnai ve tehlikeli maddeleri taşımayı planlayıp planlamadıklarını kapasite talebinde açık olarak belirtmeleri gerekmektedir. TCDD kapasite talebinde açık olarak belirtilen taşımanın cinsine göre ve uygun olarak belirlediği hat kapasitesini teklif ederek, ilgili taşımanın koşullarını belirlemektedir.

### 4.6.6 Kapasite Talep Formu

TCDD tarafından her yıl yayınlanan şebeke bildirimlerinde kapasite talep formu yer almaktadır. Şekil 4.4'te 2022 yılına ait şebeke bildiriminden alınan kapasite talep formu gösterilmektedir. Formun içeriğindeki alanların çoğunluğu kapasite başvurusu yapacak olan DTİ tarafından, işaretli bazı alanlarda TCDD tarından doldurulmaktadır. DTİ kapasite talep formunda yer alan kendisine ait doldurulması gereken yerleri doldurarak, TCDD'ye kapasite talep başvurusunu yapar.



**Ek-4.2.1 Kapasite Talep Formu** **Model No (6006)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Müşteri | | | | | |
| Müşteri Sicil Numarası | | | | | |
| Talep No | Erişim Sözleşmesi No | Tren No | * | * | * |
| Adres ve İletişim Bilgileri (Tel, Fax, E Posta) | | | | | |
| İrtibat Kişileri | | | | | |
| Başvuru Tarihi ve Saati | | | * | | |
| Talep Edilen Trenin İlk Sefer Tarihi | | | | | |
| Talep Edilen Trenin Son Sefer Tarihi | | | | | |
| Talep Edilen Tren İçin Özel Sefer Tarihleri | | | | | |
| Orer Saati | | | * | | |

| Tren Tipi | Tren Adı | Çıkış İstasyonu | Varış İstasyonu | Koridor | Hat Uzunluğu | İşleme Periyodu | | | | | | | T. Edilen Kalkış Saati | T. Edilen Varış Saati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Pt | S | Ç | P | C | Ct | Pz | | |
| | | | | | * | | | | | | | | | |

| Cer Tipi | Loko Tipi | Tren Seti | Loko Çıkış İstasyonu | Loko Varış İstasyonu | Vagon Serisi | Vagon Adedi | Vagon Durumu | Tren Uzunluğu | Bağlantılı Tren Talep No |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Loko | | | ** | ** | | | Dolu/Boş | | |
| 2. Loko | | | ** | ** | | | | | |

| Tren Ağırlığı | Fren Ağırlığı | Mevcut Fren Yüzdesi | Fren Tipi | Fren Tipine Göre Yüzdesi | Fren Tipine Göre Azami Hız | Talep Edilen Azami Tren Hızı |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| Duruş Talep Edilen | | | Duruş Talep Edilen | | |
|---|---|---|---|---|---|
| İstasyon | Süresi (Dakika) | Duruş Nedeni | İstasyon | Süresi (Dakika) | Duruş Nedeni |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Talep Edilen Tren İle İlgili Uyarılar ve Açıklamalar |
|---|
| • |

* Bu alan TCDD tarafından doldurulacaktır.
** Loko değişim İstasyonu açıklamalar bölümünde belirtilecektir.
**Yukarıda verilen bilgilerin doğruluğunu onaylarım.**

| DTI İrtibat Yetkilisi Adı Soyadı |
|---|
| |

*2022 Şebeke Bildirimi, Sürüm 6.0*
*Ek-4.2.1 Kapasite Talep Formu*

**Şekil 4.4** Kapasite talep formu (TCDD, 2020b)

# 5
# DEMİRYOLLARINDA HAT KAPASİTESİ

Demiryolu ağındaki bir hat, terminal istasyonunda başlayıp terminal istasyonunda biten, birkaç ara istasyonu birbirine bağlayan ve belirli bir tren türü tarafından işletilen bir güzergâhı ifade etmektedir (Lusby vd., 2009).

Bir demiryolu hattının kapasitesi, belirli kalite şartlarının karşılanması halinde, belirli işletme ve teknik koşullar altında, belirli bir süre içerisinde bir güzergahın her bir hattında seyredebilen tren sayısı olarak tanımlanabilmektedir (Şahin, 1987).

Bir demiryolunun kapasitesinin tahsisine yönelik bir optimizasyon süreci oluşturmak için, önce kapasiteyi tanımlamamız ve uygun bir şekilde bir demiryolu sistemi için kaynağa dayalı bir model türetmemiz gerekmektedir. Demiryolu kapasitesinin temelde iki boyutu vardır (Schlechte, 2011):

- Fiziksel altyapı unsurlarından oluşan bir mekân boyutu ve
- Fiziksel altyapı üzerindeki tren hareketlerini, yani işgal veya blok sürelerini ifade eden bir zaman boyutu.

Demiryollarının hedeflenen şekilde işletilmesi için planlama aşaması büyük önem arz etmektedir. Demiryolu hat kapasitesinin hesaplanması ve kapasitenin tahsisi demiryolu planlama adımlarının bir parçasını oluşturmaktadır. Bu tez çalışmanın odak noktalarından biri olan demiryolu kapasitesi tahsisi işlemi, demiryolu işletiminin planlama adımlarıyla ilişkilidir.

## 5.1 Demiryolu Planlaması

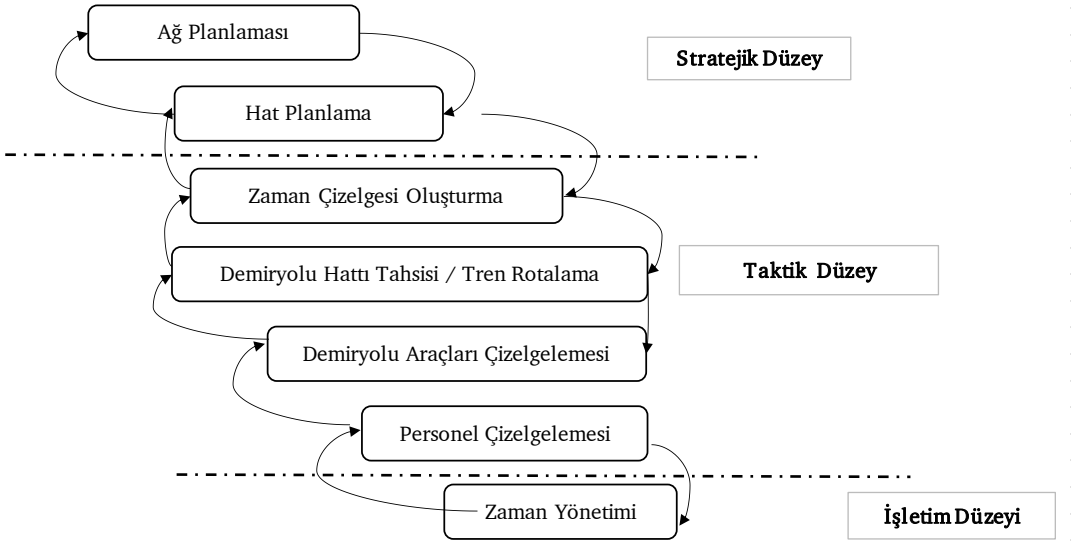
Demiryolu planlaması, demiryolu taşımacılığına yapılan talep (yolcu ve yük tarafından) ile bu talebi karşılamak üzere sunulan arzı bir araya getiren süreç olarak ifade edilebilir. Demiryolu planlama süreci; hizmet sunumunun maliyetini minimize edebilmek için, talebi karşılamaya yönelik farklı türdeki trenlere ait sefer planları ve kaynak kullanım planlarının hazırlanmasını içermektedir. Sefer

planları hizmet vermesi planlanan yolcu ve yük trenlerinin izleyecekleri güzergahlar boyunca uğrayacakları istasyonları, istasyonlara varış ve kalkış zamanlarını ifade etmektedir. Trenlerin izledikleri güzergahlar "itenerer" olarak adlandırılmaktadır. Trenlerin sefer planlarına "çizelge" ya da diğer bir ifadeyle Fransızca bir kelime olan "orer" olarak adlandırılmaktadır. Bu süreç genel olarak "tren planlaması" olarak ifade edilmektedir (Şahin, 2015).

Demiryolu ulaşımının planlaması:

- Demiryolu ağı tasarımı; yük ve yolcu hizmetlerinin ağ tasarımı.
- Hat planlaması,
- Zaman çizelgesi,
- Demiryolu taşıtları planlanması ve
- Personel planlamasından oluşmaktadır.

Demiryolu şirketleri, operasyonlarını planlarken tipik olarak hiyerarşik bir karar verme yaklaşımı benimsemektedirler (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).




**Şekil 5.1** Demiryolu planlama süreçleri (Lusby vd., 2009)

Şekil 5.1, sorunların yukarıdan aşağıya bir şekilde çözüldüğünü gösterse de, bu doğru olmayabilir. Süreç içinde belirli bir planlama seviyesinde iken önceki kararları değiştirmek ve hatta sonraki seviyeleri göz önünde bulundurmanın gerekebilir (Lusby vd., 2009). Demiryollarının planlama düzeylerinin (evrelerinin) süreleri de farklılık göstermektedir (bkz. Tablo 5.1).

**Tablo 5.1** Demiryolu trafiği planlama evrelerinin uzunluğu (Schlechte, 2011)

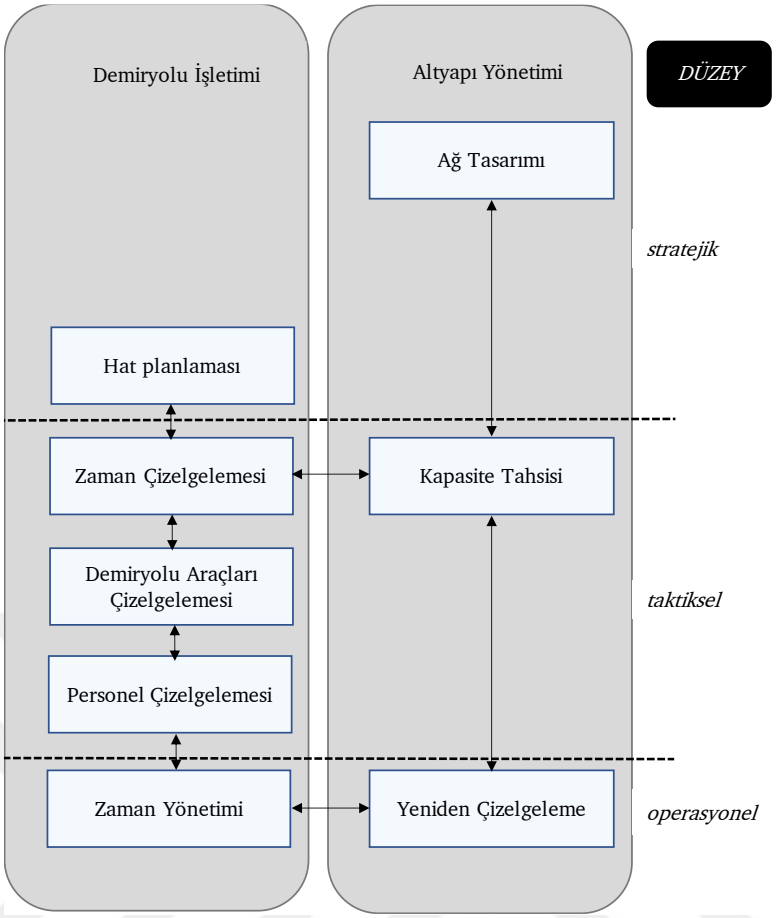
| Düzey | Zaman Ufku |
|---|---|
| Stratejik | 5-15 yıl |
| Taktik | 1-5 yıl |
| İşletimsel | 24 sa-1 yıl |

Tablo 5.1'de yer alan planlama düzeyleri ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır.

Bir demiryolu şirketi için hat planlama problemi, bir dizi tren (frekansları ile) seçmeyi gerektirir. Tren hatlarının seçimi, başlangıç ve varış istasyonları çiftleri arasındaki tahmini yolcu talebine göre yapılır ve bu sorunun tipik hedefleri arasında işletim maliyetini en aza indirmek veya yolcu memnuniyetini en üst düzeye çıkarmak bulunmaktadır.

Demiryolu ulaştırma sistemlerini planlamak ve işletmek, temelde yatan ayrık optimizasyon problemlerinin kombinasyonel karmaşıklığı, teknik karmaşıklıklar ve problemlerin boyutları nedeniyle son derece zor olmaktadır. Matematiksel modeller ve optimizasyon teknikleri hem demiryolu yolcuları hem de demiryolu işletmeleri için maliyeti düşürme veya hizmet kalitesini iyileştirmeleri açısından fayda sağlayabilmektedir.

İdealize edilmiş sıralı planlama sürecindeki her adım kendi başına zor bir görevdir. Her adım alt problemlere bölünmeli ve basitleştirilmelidir. Şekil 6.2'de, Avrupa'daki dikey ayrılmanın olduğu demiryolu endüstrisi durumunda yeni süreç gösterilmektedir. Yol tahsisinin ana uygulaması, talep edilen bir zaman çizelgesinin operasyonel olarak uygulanabilir olup olmadığını belirlemektir (Schlechte, 2011).




**Şekil 5.2** Avrupa'da demiryolu taşımacılığı için idealleştirilmiş planlama süreci (Schlechte, 2011)

### 5.1.1 Stratejik Planlama

Stratejik seviyedeki sorunlar, uzun zaman dilimleriyle karakterize edilir ve tipik olarak kaynak edinimini içerir. Bu planlama seviyesinin ağ planlama aşamasının merkezinde, mevcut altyapının inşası ve /veya altyapıdaki değişiklikler ile ilgili sorunlar yer almaktadır. Örneğin: İstasyonlara yolcu peronlarının eklenmesi, demiryolu ağına yeni trenler eklense hangi tür trenler işletilebilir vb. stratejik planlama dönemi 2-10 yıl veya bazı durumlarda 10-15 yıl arasında değişebilmektedir.

### 5.1.2 Taktiksel Planlama

Hem sunulan kaynakla ilgili hem de taleple ilgili değişiklikleri içermektedir. Taktik düzeydeki sorunlar, daha çok kaynakların düzeltildiği varsayılan bir altyapı üzerinden tahsis edilmesine odaklanır. Şekil 5.2'de görüleceği üzere bunlar: Zaman çizelgesi oluşturma, kapasite tahsisi, tren çizelgelemesi, personel

planlamasıdır. Kapasite tahsisinin koordinasyon sürecinde, çakışmaları ortadan kaldırmak için DTİ'lerin tren çizgi taleplerinde değişiklik yapılabilir. Bu sebepten ötürü kapasite tahsis işlemi taktiksel planlamanın bir parçasıdır.

### 5.1.3 İşletim Planlaması

Gerçek yaşamdaki beklenmedik durumlar, ulaştırma sistemlerinin kaçınılmaz bir özelliğidir. Bu tür durumlar, planlanmış çizelgelerin yeniden ele alınarak bazı değişiklikler yapılmasını gerektirmektedir. Yeniden çizelgeleme olarak ifade edilen bu durum, gerçek zamanlı/anlık olarak, talepteki son dakika değişiklikleri, tren arıza ve gecikme durumların, hat ve tesis arızaları gibi sorunların ele alınmasıdır. Tren teşkili ve vagon ataması kararları da bu aşamada verilmektedir (Şahin, 2015). Demiryolu taşımacılığında kesinti ve gecikme yönetimi çok zordur. Çünkü yerel kararlar tüm zaman çizelgesi sistemi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Schlechte, 2012).

## 5.2 Kapasite Kavramı

Kapasite, çok sayıda anlamı olan ve kendisi için çok sayıda tanımın verildiği karmaşık bir terimdir. AB Yönetmeliği 2001/14/EC, mevcut demiryolu altyapısı kapasitesini bir demiryolu sisteminde tren çizgisi taleplerini planlama potansiyeli olarak tanımlamaktadır (Klabes, 2010). Kapasite, AY tarafından oluşturulan tren çizgilerinin demiryolu işletmelerine tahsisi işini ifade etmektedir (Gasparik vd.,2016). Kapasite, ortak dilde açıklayıcı bir terim gibi görünse de bilimsel kullanımı, nesnel ve nicel ölçülerle ilişkilendirildiğinde önemli zorluklara yol açabilir. Çok sayıda anlamı olan ve çok sayıda tanımı yapılmış karmaşık bir terimdir (Abril vd., 2008).

Literatürde demiryolu hat kapasitesiyle ilgili birçok tanım mevcuttur:

Kapasite, belirli bir süre boyunca ve sabit bir hizmet seviyesi ile eş zamanlı olarak altyapının belirli bir bölümü kullanılarak çalıştırılabilen maksimum tren sayısı olarak tanımlanabilir (Rotoli vd., 2016).

İki tür demiryolu kapasitesi vardır (Klabes, 2010): Mevcut demiryolu altyapı kapasitesi ve bir tren hareketi için tüketilen demiryolu altyapı kapasitesidir.

Literatürde yer alan kapasite türleri aşağıda yer almaktadır:

· **Teorik Kapasite**, deneysel bir formül kullanılarak matematiksel olarak hesaplanan, sürekli ve belirli bir zaman aralığında bir güzergâh üzerinden geçebilecek trenlerin sayısıdır (Rotoli vd, 2016). Hat kapasitesi için bir üst sınırı temsil eder. Sıklıkla, trafiğin homojen olduğunu, tüm trenlerin aynı olduğunu ve trenlerin herhangi bir kesinti olmaksızın gün boyunca eşit aralıklarla yerleştirildiğini varsayar. Gerçekte meydana gelen trafik ve operasyonlardaki değişikliklerin etkilerini görmezden gelmektedir (Abril vd., 2008).

· **Pratik Kapasite,** makul bir güvenilirlik düzeyini garanti etmek için bir hatta hareket ettirilebilecek tren sayısının (genellikle mevcut tren karışımı, öncelikler, trafik gruplaması vb. dikkate alınarak) pratik sınırını temsil etmektedir (Rotoli vd, 2016). Teorik kapasiteden daha gerçekçi bir ölçüyü yansıtır. Teorik kapasitenin genellikle yaklaşık %60-75'i kadardır (Abril vd., 2008).

İzleme durumu: Artçıl ve öncül trenlerin birbirini izlediği durumdur.

Tren karışımı: Trenlerin yavaş-yavaş, yavaş-hızlı, hızlı-hızlı, hızlı-yavaş olmak üzere hızlarına göre dört olası şekilde birbirlerini izleme durumlarını ifade etmektedir.

· **Kullanılan Kapasite,** ağ üzerindeki gerçek trafik hacmidir ve genellikle pratik kapasiteden daha düşüktür.

· **Kullanılabilir Kapasite,** Kullanılan kapasite ile pratik kapasite arasındaki farktır. Ağ tarafından idare edilebilecek ek trenler için faydalı bir gösterge sağlar. Güzergahta işlenebilecek ek trafik hacminin bir göstergesidir (Abril vd., 2008).

Demiryolu kapasitesinin değerlendirilmesinde ilk adım, altyapının ve zaman çizelgesinin oluşturulması veya yeniden üretilmesidir (Landex, 2007). Mevcut demiryolu kapasitesinin değerlendirilebilmesi için kapasite analizi yapmaya ihtiyaç vardır. Kapasite analizinin amacı, belirli bir zaman aralığında, işletim koşulları göz önüne alındığında, belirli bir demiryolu altyapısı üzerinde çalışabilecek maksimum tren sayısını belirlemektir. Bu sorunu çözmek için çok sayıda yaklaşım ve araç geliştirilmiştir.

Genel olarak kapasite seviyelerini iyileştirmek için iki temel yaklaşım mevcuttur:

- Yeni sermaye yatırımları yaparak iyileştirilmiş veya genişletilmiş bir altyapı oluşturmak ya da
- Demiryolu işletim özelliklerinin ve parametrelerinin iyileştirmek.

## 5.3 Kapasite Parametreleri

Kapasitenin temel parametreleri, altyapı özellikleriyle birlikte bunlar arasındaki sinyalizasyon sistemi, çizelge ve güvenilirlik düzeyi olarak ifade edilmektedir.

Kapasite hesaplaması için temel parametreler, altyapının özellikleridir. Bu veriler normalde iki veya daha fazla tren arasındaki izleme mesafelerini hesaplamak için kullanılmaktadır.

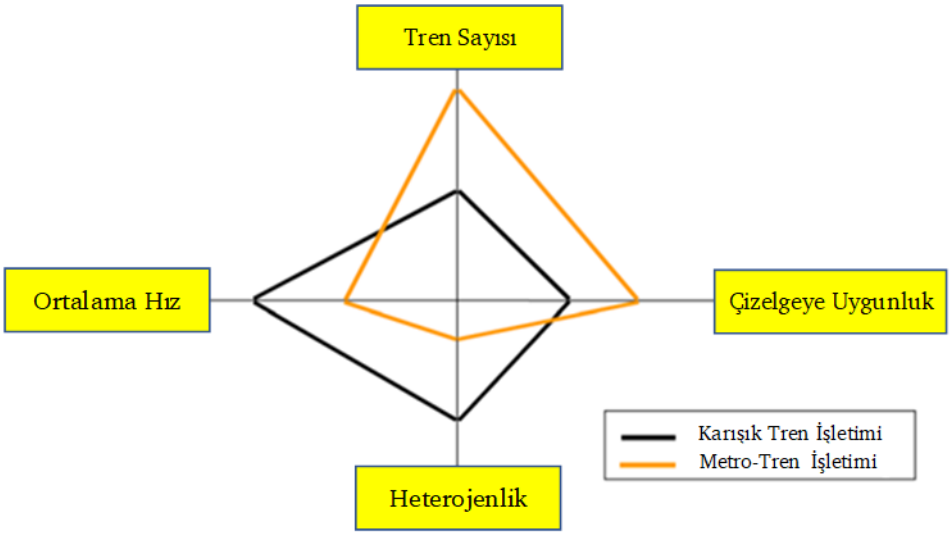
Kapasitenin hesaplanmasında dikkate alınması gereken altyapı özellikleri şunlardır:

- Hat sayısı (tek veya çift hat)
- İstasyonlar
- Hız sınırlamaları
- Sinyalizasyon ve kontrol sistemleri (örneğin: Blok kesimi uzunluğu)

Yukarıda bahsedildiği gibi, işletim sürecinin özellikleri de dikkate alınması gerekmektedir. Tipik işletim özellikleri şunlardır:

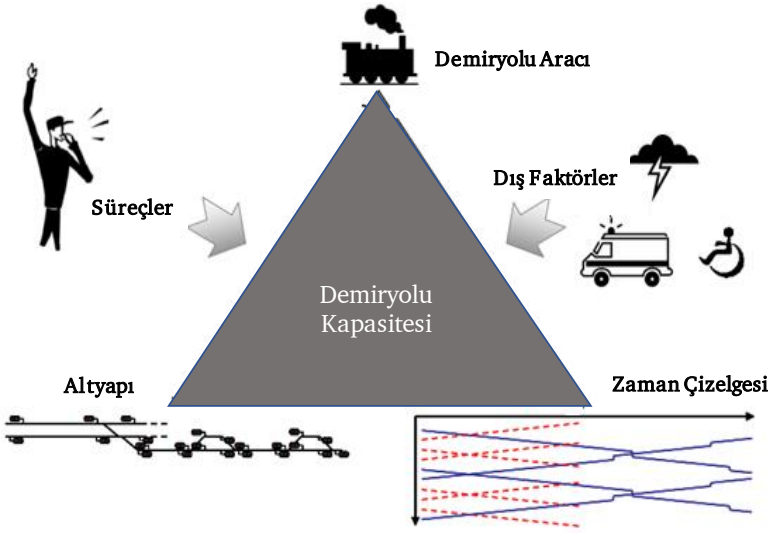
- Tren sayısı (genellikle tren/saat veya tren/gün sayısı olarak tanımlanır)
- Trenlerin ortalama hızları
- Kabul edilebilir gecikme (genellikle yolcu trenlerinin sayısına bağlıdır)
- Hizmet seviyesi
- Trenlerin heterojenliği ve sıklığı (yavaş ve hızlı trenlerin sayısı ve konfigürasyonu)

Bu tür karmaşıklığı hesaba katan UIC Kod 406'nın, hizmet düzeyini etkileyen en önemli parametreleri; tren sayısı, ortalama hız, hizmetlerin heterojenliği, zaman çizelgeye uygunluk ve mevcut kapasite sınırlamaları tarafından belirlenen uyumdur. Bu parametreler arasındaki denge "kapasite denge diyagramı" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 5.3).




**Şekil 5.3** Demiryolu kapasitesinde denge bileşenleri (Rotoli vd, 2016)

Demiryolu kapasitesi "yalnızca" vagonlara, altyapıya ve zaman çizelgesine bağlı değildir. Bazen zaman alıcı kalkış prosedürleri veya hava durumu ve vagonlarla ilgili sorunlar veya dış faktörler gibi işletmedeki süreçler (kalkışlardaki prosedürler, personel programları, istasyonlarda çok sayıda yolcu vb. olabilirken, dış etkenler örneğin hava koşulları, arızalar ve kazalar) nedeniyle kapasite azalmaktadır (Landex, 2008). Kapasiteyi etkileyen parametreler Şekil 5.4' te gösterilmiştir.




**Şekil 5.4** Demiryolu kapasite parametreleri (Landex, 2008)

Demiryolu kapasitesi “yalnızca” vagonlara, altyapıya ve zaman çizelgesine bağlı değildir, bazen zaman alıcı kalkış prosedürleri veya hava durumu ve vagonlarla ilgili sorunlar veya dış faktörler gibi işletmedeki süreçler (kalkışlardaki prosedürler, personel programları, istasyonlarda çok sayıda yolcu vb. olabilirken, dış etkenler örneğin hava koşulları, arızalar ve kazalar) nedeniyle kapasite azalmaktadır (Landex, 2008).

## 5.4 Kapasite Analiz Teknikleri

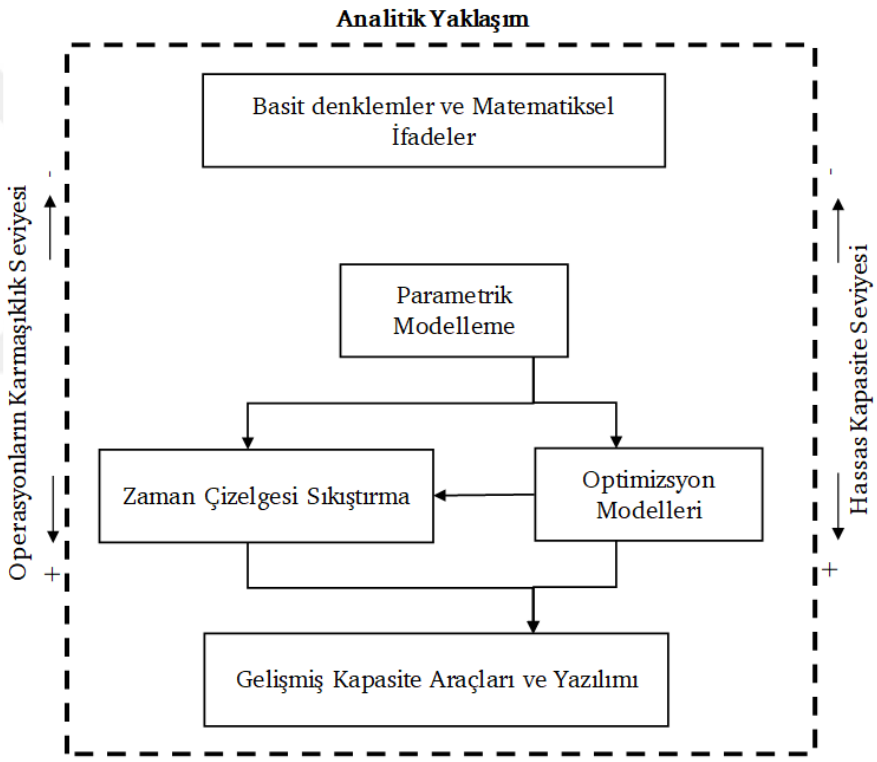
Günümüzde ana demiryolu hatları ve koridorlarında kapasite kullanımı artmaktadır. Demiryolu pazarının rekabete açılması ve yeni demiryolu işletmelerinin ortaya çıkması, tren sayısının artması ve demiryolu altyapı kapasitesinin sınırlarına ulaşmış olması tüm demiryolu sistemi için bir darboğaz sorunları oluşturmaktadır (Jovanovic vd., 2019). Demiryolu işletmecileri için temel konu kapasite yönetimidir. Altyapı kapasitesini bilmeye ihtiyaçları vardır. Bu sebepten ötürü, demiryollarının darboğaz kısımlarını tespit etmek ve iyileştirmek için analiz teknikleri geliştirilmiş ve geliştirilmektedir.

Demiryolu kapasitesini tahmin etmek için kullanılan 3 analiz tekniği vardır: Analitik teknikler, grafiksel teknikler ve simülasyon teknikleridir. Yaklaşımlar farklı olsa da girdi tipik olarak altyapı ve demiryolu taşıtı verilerini, işletim kurallarını ve sinyalleme özelliklerini içermektedir (Pouryousef vd., 2015). Genel olarak literatürde ise simülasyon ve analitik modeller kullanılmaktadır. Bu teknikler, demiryolu sisteminin trafik kapasitesini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle demiryolu taşıtlarının kapasite kısıtlamalarına atıfta bulunmazlar (yani bir taşıttaki maksimum yolcu sayısı) (Rotoli vd., 2016).

### 5.4.1 Analitik Teknikler

Analitik teknikler, kapasitelerin üst sınırını elde etmek için matematiksel denklemler yoluyla çeşitli veri işleme adımlarını kullanır. Genellikle kesimin/koridorun teorik kapasitesini belirlemek için kullanılmaktadır. Genellikle önce teorik kapasiteler elde edilir ve pratik kapasiteler teorik kapasitenin bir yüzdesi olarak belirlenmektedir (Abril vd., 2008).

Analitik teknikler, farklı alternatif çözüm önerilerinin kapasitesini önceden değerlendirmeyi ve darboğazları belirlemeyi amaçlayan uygun bir yaklaşım sunmaktadır. Analitik tekniklerin temel avantajları, yeterince doğru sonuçlar sağlayan hızlı ve basit hesaplamalar sunmasıdır (Jovanovic vd., 2019). Demiryolu hattı kapasitesinin hesaplanmasına yönelik analitik teknikler, darboğazları ve önemli kısıtlamaları belirlemek için iyi bir başlangıç olabilir; ancak analitik sonuçlar, modelledikleri parametre türlerine bağlı olarak bir teknikten diğerine değişir (Abril vd., 2008). Şekil 5.5, farklı analitik yaklaşım düzeylerini ve daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek için karmaşıklık seviyelerinin nasıl eklenebileceğini göstermektedir.




**Şekil 5.5** Kapasite analizi için analitik yaklaşım seviyeleri (Pouryousef vd., 2015)

### 5.4.2 Grafiksel Teknikler

Grafiksel yaklaşım, işletimde kullanılan ekipmanların veya bileşenlerin grafiksel çalışma planlarının veya zaman tablosunun oluşturulmasına dayanmaktadır. İstenilen tüm eylemler demiryolu trafiği dikkate alınarak düzenlenmektedir (Gasparik ve Zitricky, 2010).

Demiryolu kapasitesinin değerlendirilmesine yönelik bu teknik, optimum sıkıştırılmış zaman çizelgelerinin elde edilmesine dayanmaktadır. Bu optimum zaman çizelgeleri genellikle matematiksel programlama teknikleri (Karışık Tamsayı Doğrusal Programlama formülasyonları ve Numaralandırmalı algoritmalar) kullanılarak elde edilir. Belirli bir optimizasyon yönteminin çıktısı doygun bir çizelgedir. Bu teknik, bir zaman çizelgesinde maksimum sayıda ek tren hizmeti planlayarak hat kapasitesi elde eder (boş bir zaman çizelgesiyle veya ilk temel çizelgeyle başlayarak).

Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC), zaman çizelgesi sıkıştırma yöntemine dayanan optimizasyon yöntemleri (UIC, 2004) çerçevesinde yer alan yeni bir yöntem önermektedir. Planlanmış zaman çizelgesi değiştirilerek, mevcut tren yörüngeleri birbirine olabildiğince yakın olacak şekilde yeniden planlanır (Abril vd., 2008). Sıkıştırma işlemi sırasında yolculuk sürelerinin, fazla beklemelerin, geçişlerin ve ticari durakların değiştirilmesi yasaktır. Zaman çizelgesinde kalan boş süre (veya kullanılmamış süre), teorik olarak ek tren hizmetlerinin programlanabileceği maksimum boş zamanı temsil eder (Abril vd., 2008). Uygulamada, daha fazla tren çalıştırmak için kullanılmayan kapasite çok fazlası alınırsa, bu ciddi güvenilirlik sorunlarına neden olabilir çünkü küçük gecikmelerin telafi edilmesine izin veren ek sürelerini (tampon süre) azaltmaktadır.

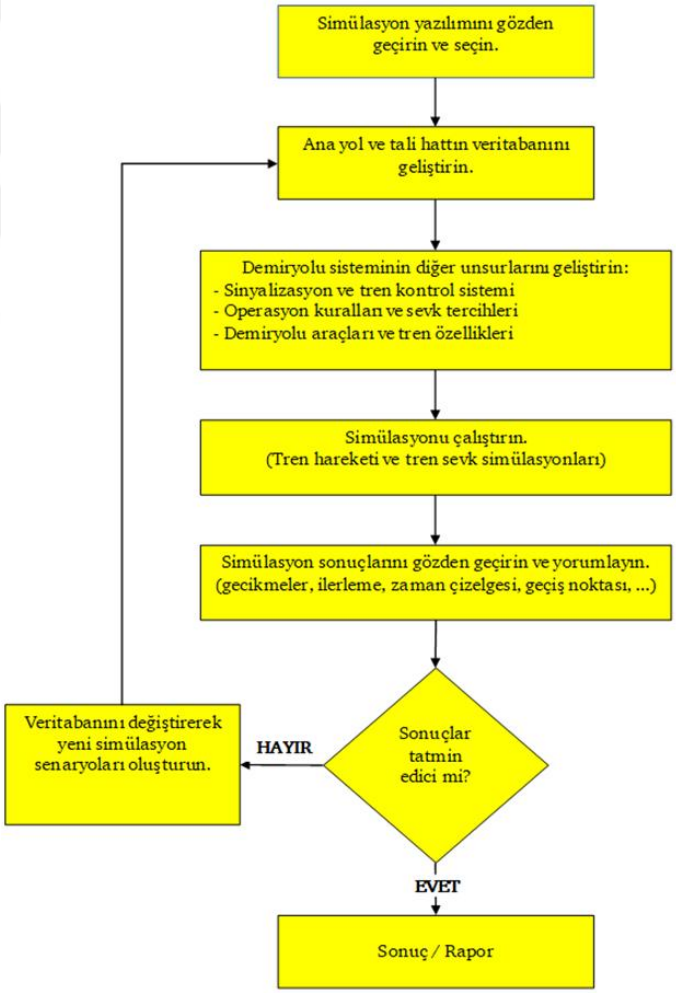
### 5.4.3 Simülasyon Teknikleri

Bilgisayar bilimi ve teknolojilerindeki gelişme, demiryolu kapasitesinin değerlendirilmesi için güvenilir bir yaklaşım olarak simülasyon tekniklerini öne çıkarmaktadır. Belirli bir yazılım aracılığıyla, demiryolu işletim süreçlerini zaman içinde yeniden üretebilir ve gerçeğe oldukça yakın değerler sağlayabilir. Şekil 5.6 demiryollarında kapasite analizi için simülasyon yaklaşım adımlarını göstermektedir.

Simülasyon teknikleri, gerçek yaşamı kopyalayan bir demiryolu trafik sisteminin dinamik davranışının temsilini sağlayan operasyonlardır. Mümkün olduğunca gerçeğe yakın sonuçlar sağlar. Genellikle tren hareket denklemlerine dayalı zaman adımlı simülasyonlar gerçekleştirilir (Rotoli vd., 2016). Tren çizelgelemesi için, simülasyon genellikle diğer yöntemlerle birlikte kullanılır ve “hibrit modeller”

olarak tanımlanabilecek modeller elde edilir (Abril vd., 2008). Temel olarak simülasyon modelleri makroskopik veya mikroskobik modeller olarak kategorize edilir (Jovanovic vd., 2019).

Günümüzde simülasyon süreci, karmaşık hesaplamaları ve stokastik modelleri daha hızlı ve daha verimli bir şekilde işlemek için bilgisayar araçlarını kullanmaktadır. Simülasyon yaklaşımları, AweSim, Minitab ve Arena gibi genel simülasyon araçlarını kullanmaktadır veya RTC, MultiRail (ABD), RAILSIM (ABD), OpenTrack (İsviçre), SIMONE (Hollanda), RailSys (Almanya), DEMIURGE (Fransa), RAILCAP (Belçika) ve CMS (İngiltere) gibi birkaç yaygın yazılım aracı özel olarak demiryolu taşımacılığı için tasarlanmış ticari demiryolu simülasyon yazılımlarıdır (Pouryousef vd., 2015).




**Şekil 5.6** Simülasyon yaklaşımında demiryolu kapasite analizi için adımlar (Pouryousef vd., 2015)

Şekil 5.6'da demiryollarında kapasiteden en yüksek düzeyde yaralanmak için gerçekleştirilen simülasyon yaklaşımlarının işlem adımları ver almaktadır.

Sonuç olarak, analitik teknikler optimizasyon teknikleri için iyi bir başlangıç olabilir. Grafiksel ve simülasyon tekniklerin her bir uygulama ortamına uyarlanması gerekir. Üç seviye, kapasite yönetimi için genel bir metodolojiyi temsil eder; burada birinci seviye bir ön çözümdür ve ikinci seviye simülasyon vasıtasıyla doğrulanarak (üçüncü seviye) elde edilmek istenen bir tren programını/çizelgesini elde eder. Bu nedenle, mevcut eğilim, analitik, grafiksel ve simülasyon tekniklerini içeren bütünleşmiş tekniklere sahip araçlar geliştirmektir (Abril vd., 2008).

## 5.5 Kapasite Hesap Yöntemleri

### 5.5.1 UIC'nin Analitik Yöntemi- Kod 405R

Bu bölüm, Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) tarafından 405R Kod'uyla (1996) ilk baskısında önerilen analitik yöntemi açıklamaktadır. Bu yöntem resmi olarak 2004 yılında standart bir kapasite ölçüsü olarak sıkıştırma yöntemi (UIC Kod 406) ile değiştirilmiş olmasına rağmen, bir hattın kapasitesinin verimli bir tahminini sunmaktadır.

Bu yaklaşımın temel özelliklerini kısaca özetlemek gerekirse, kapasite için aşağıdaki bağlantı kullanılmaktadır (5.1):

$$P = \frac{T}{t_{fm}+t_r+t_{zu}} \quad \text{(tren/referans periyodu)} \tag{5.1}$$

• $P$: Kapasite (günlük, saatlik vb.) göstergesidir.

• $T$: Referans süresidir. Genel olarak aksi belirtilmedikçe kapasite bir gün olarak (1440 dak) alınır.

• $t_{fm}$: Ortalama en küçük tren izleme süresidir (dak/tren) (izleme süresi, trenler arasındaki ayrılma süresi olarak tanımlanabilir, yani aynı blok bölümü üzerinde ve aynı yönde birbirini izleyen iki tren arasındaki zamansal aralık olarak ifade edilebilir.).

• $t_r$ : Ek süre marjı (dak/tren). Zincirleme gecikmeleri azaltmak ve kabul edilebilir bir hizmet kalitesi elde etmek için tren çizgilerine eklenen bir çalışma süresi olarak tanımlanan bir zaman artışıdır.

$t_{zu}$ : Hat üzerindeki ara blok bölümlerinin sayısına (a) dayalı ve $t_c$=0.25*a formülü ile hesaplanan ekstra bir zamandır (dak/tren).

Bir blok kesimi, sinyallerin içinde/sinyallerle korunan bir hat bölümü olarak tanımlanabilir, yani her hat sabit bloklu bir tren kontrol ve sinyalizasyon sisteminde, güvenlik nedeniyle, her seferinde yalnızca bir tren tarafından işgal edilebilen ve bu nedenle sinyallerle korunan blok bölümlerinden oluşur.

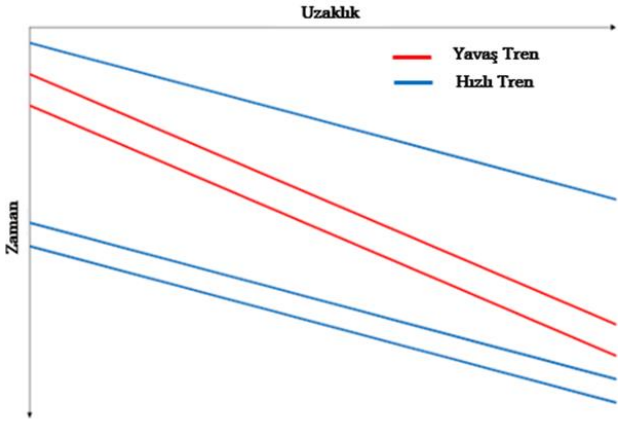
Her hat için ortalama en küçük izleme süresi aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır (5.2):

$$t_{fm} = \frac{\sum(n_{ij} * f_{ij})}{\sum n_{ij}} \quad (dak/tren) \qquad (5.2)$$

$n_{ij}$: Öncül model tren i ile artçıl model tren j arasındaki izleme durumlarının sayısı

$f_{ij}$: Öncül model tren i ile artçıl model tren j arasındaki en küçük izleme süresi

Bağıntı 5.2, her olası tren dizisinin seyahat süresi sınıflarına göre gruplandırılmasını gerektirir; örneğin, hat üzerinde izin verilen farklı hızlara sahip yalnızca iki tür tren (yavaş ve hızlı) olduğu düşünüldüğünde (Şekil 5.7), hattaki en küçük izleme süreleri, trenlerin dört olası ardışık sırasına göre farklı olacaktır: hızlı-hızlı, yavaş-yavaş, hızlı-yavaş ve yavaş-hızlı.




**Şekil 5.7** Heterojen tren operasyonu: Farklı tren dizileri (yavaş ve hızlı) (Rotoli vd., 2016)

$f_{ij}$, $F_{ij}$ frekansının toplam ardışık sayıya oranı (toplam tren/N eksi 1) olarak hesaplanır (5.3):

$$f_{ij} = \frac{F_{ij}}{N-1} \quad (dak/tren) \tag{5.3}$$

$F_{ij}$: Zaman çizelgesinde öncül model tren i ve artçı model tren j'nin görüntülenme sayısı

$N$: Toplam tren sayısı

$t_r$, kuyruk teorisi yaklaşımı ile hesaplanmaktadır. En çok kullanılan yaklaşım, hat kesimine varışların bir Poisson süreci olarak modellendiği, hizmet (geçiş) sürelerinin üstel bir dağılıma sahip olduğu ve açıkça, tüm sistemin bir FIFO (ilk giren, ilk çıkar) M/M/1 kuyruk sistemi temellidir. Özellikle blok kesimine girmek için kuyruk uzunluğu, bir kesinti (gecikme) ile karşılaşan trenlerin sayısına eşit ve arasındaki ortalama orana göre verilen trafik yoğunluğuna Ψ (tek yön yol kullanım oranı) bağlıdır. Varan trenlerin sayısı ($\lambda = 1 / (t_{fm} + t_r)$, yani beklenen varış zamanının tersi) ve kesimi kullanan maksimum tren sayısı ($\mu = 1/t_a$, yani beklenen hizmet süresinin tersi):

$$\Psi = \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{t_{fm}}{t_{fm} + t_r} \tag{5.4}$$

UIC tarafından yürütülen kapsamlı bir test çalışması, Ψ için aşağıdaki eşik değerler belirlenmiştir (Rotoli vd., 2016):

• 0.60 (kuyrukta bekleyen 1.5 trene karşılık gelir) sınırsız bir süre için geçerlidir (sistemin normal çalışması), dolayısıyla $t_r \geq 0.67 t_{fm}$ koşulu vardır.

• 0,75 (kuyrukta bekleyen 3,1 kullanıcıya karşılık gelir) kısa bir süre (en yoğun saatler) için geçerlidir, dolayısıyla $t_r \geq 0.33 t_{fm}$ koşulu vardır.

Bir M/M/1 sistemi varsayıldığında, ortalama kuyruk uzunluğu (ortalama gecikmeli tren sayısı) şuna eşittir (5.5):

$$L_q = \frac{\rho}{\rho - 1} \tag{5.5}$$

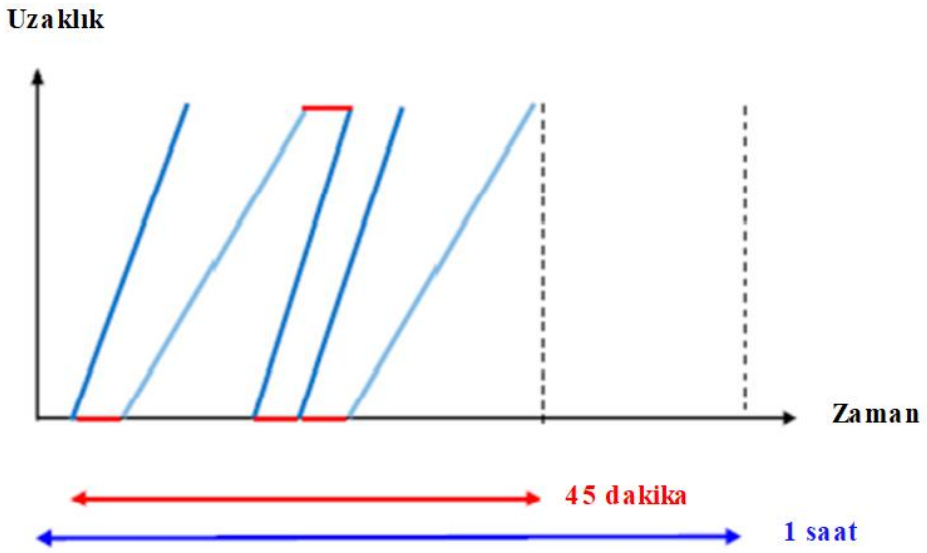
Ortalama bekleme süresi (tren başına ortalama gecikme) şu şekilde değerlendirilebilir (5.6):

$$w = \frac{\rho}{\mu_{-\lambda}} = \left(t_{fm} + t_r\right)\frac{\rho^2}{1 - \rho} \tag{5.6}$$

Yukarıdaki yaklaşım basit formüllere dayanmaktadır ve genellikle mevcut olan tren sayısı, referans periyodu vb. değerlere ek olarak büyük miktarda veri gerektirmemektedir.

### 5.5.2 Kapasite Kullanım İndeksi (CUI) Yöntemi

CUI yöntemi, İngiltere'de Network Rail tarafından minimum mesafeye dayalı kapasite analizi için kullanılır ve UIC'nin bölüm 5.5.3' te açıklanan 406 yöntemine kıyasla daha az ayrıntı gerektirmektedir; ana fikir, bir tren grafiği (çizelge/orer) almak ve onu trenlerin çalışmasına izin verecek şekilde sıkıştırmaktır (Rotoli ve Ricci, 2014). Analiz edilen hatlar için planlanan zaman çizelgeleri mevcut olduğunda, bu yaklaşım kapasite hesaplama sorununa etkili bir çözüm sağlamaktadır. Şekil 5.8 planlanan zaman çizelgesinin, trenler arasında en küçük izleme sürelerini bırakarak sıkıştırılmış halini göstermektedir.




**Şekil 5.8** CUI'ye göre kapasite kullanım hesaplaması yöntemi (Rotoli vd., 2016)

Grafikteki mavi çizgiler trenlerin hareketini temsil etmektedir. Kırmızı çizgiler ise trenler arasında bırakılması gereken en küçük izleme süreleridir. Trenler aralarında en küçük izleme mesafesi kalacak şekilde sıkıştırılmıştır.

Kapasite kullanımı, sıkıştırılmış zaman çizelgesini çalıştırmak için geçen sürenin gerçek zaman çizelgesini çalıştırmak için geçen süreye bir oranı olarak değerlendirilmektedir (örneğin, Şekil 5.8, CUI = 45/60 =%75). Bu yöntem, zaman çizelgesinin sıkıştırılma şekline duyarlı bir kapasite tahmini sağlamaktadır. CUI ile tren başına Tıkanıklıkla İlişkili Tepkisel Gecikme (CRRD) arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir; bu gecikmenin alt kümesi, trafikteki artışla doğrusaldan daha fazla artması beklenen gecikmeler kümesidir (Rotoli ve Ricci, 2014).

Gözlemlenen gerçek verilerle bir uyum testine dayalı olarak yöntem, CUI ve CRRD'yi birbiriyle ilişkili olarak üstel bir fonksiyon şeklinde tanımlamaktadır:

$$D_{it} = A_i \times e^{(\beta * c_{ti})} \qquad (5.7)$$

$D_{it}$: t zaman periyodu içinde kesim i yolu üzerindeki tepkisel gecikme

$A_i$: Bir hat bölümüne özgü sabit

$\beta$: Güzergaha özgü bir sabit

$C_{it}$: t zaman diliminde i kesimindeki kapasite kullanım indeksi

$A_i$ ve $\beta$ değerleri hesaplanmıştır ve İngiltere ağı için düzenli olarak güncellenmektedir. Belirli bir araştırmaya dayalı olarak diğer ağlara genelleştirilebilirler.

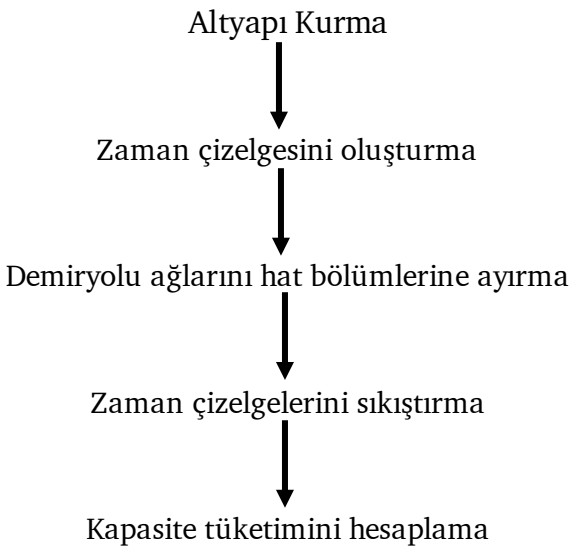
Yukarıda açıklanan UIC Kod 405R ve CUI adlı iki yönteme baktığımız zaman; kapasite kullanım endeksi, iki ardışık istasyon arasındaki işgal süresine göre zaman çizelgesi sıkıştırılarak hesaplanmaktadır, UIC 406 yöntemi ise, altyapı ve sinyalizasyon sistemleri hakkında daha detaylı bilgi gerektirdiği için hat boyunca her blok kesimi dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

### 5.5.3 UIC'nin Sıkıştırma Yöntemi- Kod 406

Demiryolu altyapı ve işletmenin ayrımı ile Avrupa demiryolu şirketlerinin yeniden yapılandırılmasına dayanarak, UIC kapasite yönetimi çalışma grubu, UIC Kod 406 "kapasitenin" yeni bir versiyonunu hazırlamıştır. 1996 yılında yayınlanan UIC Analitik Yöntem Kod 405R'nin geliştirilmesiyle elde edilmiştir.

Zaman çizelgesi sıkıştırma yöntemi, özellikle planlanmış zaman çizelgeleri olan koridorlarda kapasite seviyelerini iyileştirmek için Avrupa'da kullanılan temel analitik yaklaşımlardan biridir (Pouryousef vd., 2015). UIC yöntemi (Kod 406 broşürü) dahil olmak üzere Avrupa'da kapasite kullanımını iyileştirmeye yönelik tekniklerin ve araçların çoğu, zaman çizelgesi sıkıştırmasına dayalı olarak geliştirilmiştir.

Bu broşürün amacı, altyapı yöneticilerinin, trafik kalitesi, zaman çizelgesi kalitesi veya altyapının etkili ve ekonomik kullanımı gibi farklı ölçütlere dayanan hatlar veya koridorlar için uluslararası bir bakış açısıyla ortak tanımları, ölçütleri ve yöntemleri izleyerek kapasite hesaplamaları yapmalarını sağlamaktır. UIC'nin kapasite yaklaşımı, genellikle simülasyona dayalı zaman çizelgesi yaklaşımının arkasındaki ana teorilerden biridir. UIC yönteminin genel iş akışı Şekil 5.9'da gösterilmektedir.




**Şekil 5.9** UIC 406 yönteminin genel iş akışı (Landex, 2008)

UIC Kod 406'da önerilen hesaplama yöntemi, blok süresi sıklığına dayanmaktadır: Her blok kesimi için, işgal süresi, aşağıdaki sürelerin toplamıdır (Rotoli vd., 2016):

- Güzergâh oluşum süresi
- Bloğun içindeki süre
- Bloğun temizlenme süresi (boşaltma)
- Görüş mesafesi /sürücü tepkisi
- Blok yaklaşım süresi
- Hat işgal süresi

Bu sürelerin hepsi zaman çizelgesine, altyapıya ve araç özelliklerine bağlıdır.

UIC Kodu 406'ya göre kapasite kullanımını belirleme formülü şöyledir (5.8), (Şekil 5.10):

$$k = A+B+C+D \text{ (min)} \tag{5.8}$$

$k$ : Toplam kullanım süresi (dak)

$A$ : Altyapı işletim süresi (dak)

$B$ : Tampon süre (dak)

$C$ : Tek hatlı demiryolları için ek süre (dak)

$D$ : Bakım/onarım için ek süreler (dak)

Kalan kapasitelerin bir kısmı pazar gereksinimleri nedeniyle kullanılamazken, kullanılmayan kapasitenin ikinci bir payı hala kullanılabilir kapasiteyi temsil etmektedir.

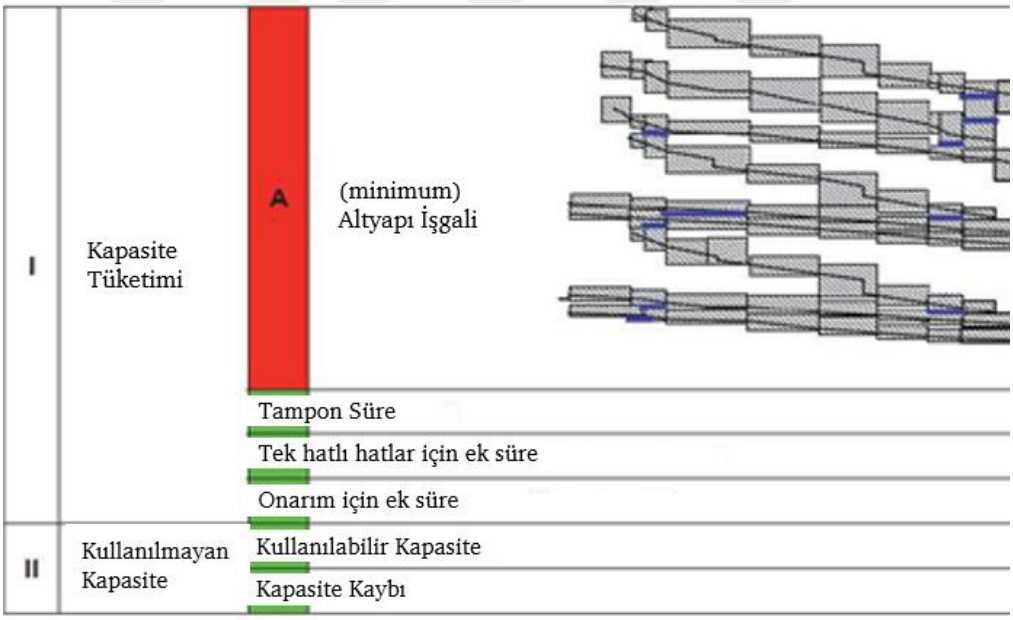
Kapasite kullanımı, bir zaman aralığının yüzdesi ile ifade edilebilmektedir. Bir referans süresi ($U$) verildiğinde, kapasite kullanımı K (%) şu şekilde tanımlanmaktadır (5.9):

$$K = \frac{100 * k}{U} \tag{5.9}$$

burada:

$K$: Kapasite Kullanımı (%)

$U$: Seçilen zaman aralığı (dak)




**Şekil 5.10** Kapasite kullanımının belirlenmesi (Rotoli ve Ricci, 2014)

UIC, tatmin edici bir işletim kalitesi elde etmek için standart altyapı işgal değerleri için bir kılavuz hazırlamıştır (Tablo 5.2). Bu değerler, hat tipinin ve altyapı kullanımının bir fonksiyonudur.

**Tablo 5.2** UIC'nin altyapı işgali için önerdiği değerler (UIC, 2013)

| Hat Tipi | Zirve Saati | Günlük Periyot |
|---|---|---|
| Özel Banliyö Yolcu Trafiği | 85% | 70% |
| Tanımlanmış Yüksek Hızlı Hat | 75% | 60% |
| Karışık Tren Hatları | 75% | 60% |

Yöntem, kapasite ve hizmet kalitesi arasında açık bir karşılıklı ilişkiyi dikkate almaz; bu nedenle, kapasite kullanımının kaba bir kıyaslama hesaplaması için kullanılabilir, ancak demiryolu altyapısının performansının bir tahmini için kullanılamaz (Rotoli vd., 2016). Landex (2008) tez çalışmasında, UIC 406 kapasite yönetiminin uygulanabilirliğinin genişletilmesine ve demiryolu işletmesindeki gecikmelerin hesaplanmasına yönelik yöntem sunmaktadır.

### 5.5.4 STRELE Formülü (Schwanhäußer Yöntemi)

Yeterli bir hizmet seviyesi (kalitesi) elde etmek için ortalama tampon süreyi $\underline{t_p}$ hesaplamak için denklem 5.10 kullanılabilir.

$$\underline{t_p} = \frac{\underline{z} * (1 - P)}{\rho} = \frac{A'}{N} * \frac{(1 - \rho)}{\rho} \tag{5.10}$$

Burada:

$\rho$ : UIC 406'ya göre altyapı işgali için önerilen değer

$\underline{z}$: Ortalama en küçük izleme süresi

$A'$: En küçük altyapı işgali ve

N: İşletilen tren sayısı.

Yöntem hem girişteki gecikmelerinin hem de birincil gecikmelerin (hat kesiminin içinde üretilen) ikincil gecikmelere neden olduğunu göz önünde bulundurmaktadır. İkincil gecikmeler, bir trenden diğerine aktarılan gecikmelerdir. Schwanhäußer'e göre, hat kesimlerindeki ortalama ikincil

gecikmeler (planlanmamış bekleme süreleri) aşağıdaki formülle ifade edilebilmektedir (5.11):

$$ET_W = \left(p_{ve} - \frac{p_{ve}^2}{2}\right)\frac{\underline{t}_{ve}^2}{\underline{t}_p + \underline{t}_{ve}\left(1 - e^{-\underline{z}/\underline{t}_{ve}}\right)} \times$$

$$\left(p_g\left(1 - e^{-z_g/\underline{t}_{ve}}\right)^2 + (1 - p_g)\frac{\underline{z}_v}{\underline{t}_{ve}}\left(1 - e^{-2z_v/\underline{t}_{ve}}\right) + \frac{\underline{z}}{\underline{t}_p}\left(1 - e^{-\underline{z}/\underline{t}_{ve}}\right)^2\right) \qquad (5.11)$$

· $\underline{t}_p$: Ortalama tampon süresi

· $\underline{z}$: Ortalama en küçük izleme süresi

· $\underline{z}_g$: Aynı ardışık sıralı trenler için belirleyici ortalama en küçük izleme süresi

· $\underline{z}_v$: Farklı ardışık sıralı trenler için belirleyici ortalama en küçük izleme süresi

· $\underline{t}_{ve}$: Girişteki ortalama gecikme

· $p_{ve}$: Girişteki gecikme olasılığı

· $p_g$: Trenlerin art arda meydana gelme olasılığı

Tatmin edici bir işletim kalitesine ulaşmak için ortalama tampon süre, planlanmamış bekleme süresinin kabul edilebilir bir değeri varsayılarak tanımlanabilmektedir. Denklem (5.10) ortalama gecikme süresi ve seyir başlangıcındaki gecikme olasılığının $p_{ve}$ tanımını (ölçümler veya varsayımlar yoluyla) gerektirmektedir.

# 6
# DEMİRYOLLARINDA KAPASİTE TAHSİSİ VE YÖNTEMLERİ

Avrupa'da ulaşımda demiryolunun rolünü güçlendirmek için, demiryolu sisteminin verimliliğinin ele alınmasına çok fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Rotoli vd., 2016). Bugün demiryolu tren tarifesi süreci ve kapasite tahsisi, bir demiryolu AY tarafından çözülmesi gereken en zorlu sorunlardan biridir. Özellikle son yıllarda demiryolu ulaştırma pazarının serbestleşmesi nedeniyle, birçok DTİ pazara girmiştir. Bu, kapasite isteklerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle de DTİ'ler arasında çakışmalar olmaktadır. Mevcut demiryolları hatları maksimum kapasitelerine ulaştıkça kapasite tahsis problemleri ortaya çıkmaktadır. Hedeflenen, güvenilirlik ve hizmet kalitesi parametrelerini artırmaktır.

Rakip demiryolu kuruluşları şeffaf ve serbest bir demiryolu pazarında etkileşimde bulunmalıdır. Demiryolu kapasitesi için böyle bir pazarın yaratılması ve demiryolu altyapısının daha ekonomik bir şekilde kullanılması EC'nin temel hedeflerindendir. Demiryolu sisteminin serbestleştirilmesi, büyüyen bir pazara yol açmalı ve havacılık endüstrisi, telekomünikasyon veya enerji piyasası gibi eski kurulmuş diğer endüstrilerdeki gibi yenilik eğilimlerine izin vermelidir (Schlechte, 2011).

Ulusal bir AY tarafından hazırlanan şebeke (ağ) bildirimini okuyarak bir ülkenin demiryolu sektörüyle ilgili ilk temel fikir elde edilir. Bu bildirimler (AB yönetmeliği tarafından zorunludur) çoğu durumda AB üye devletlerinin AY'leri tarafından yıllık olarak hazırlanır. AB/EFTA (Avrupa Serbest Ticaret Birliği) dışındaki ülkeler için, şebeke bildirimleri yayınlanmamaktadır (Wolff, 2011).

Demiryolu kuruluşları arasındaki koordinasyon eksikliği, birbiriyle çelişen tren çizgisi (yörüngesi) taleplerine yol açmaktadır. Bu ihtilafların, demiryolu kapasite tahsisi sürecinin koordinasyon aşamasında çözülmesi gerekmektedir. Demiryolu kapasitesinin tahsis edilmesinde, koordinasyon süreci özellikle ilgi çekicidir. Çünkü bu süreç, tren çizgisi taleplerini koordine etmek için önemli ölçüde bilgi

alışverişine dayanmaktadır. Literatürdeki çalışmalar, koordinasyon sürecinin yönetimini yöneylem araştırması alanındaki yöntemlerle incelemektir. Temel olarak, koordinasyon süreci bir optimizasyon problemi olarak yorumlanmakta ve ele alınmaktadır.

## 6.1 AB Ülkeleri Demiryollarının Kapasite Tahsisi

EC, Avrupa demiryolu sistemlerinde tren işletmeyi planlayan lisanslı bir DTİ'ye açık erişim sağlama girişimlerinin sonucunda, giderek daha fazla DTİ ortaya çıkmakta ve demiryolu kapasitesine olan talep artmaktadır. EC'nin demiryolu pazarlarını açık erişim haline getirmek istemesinin altında yatan sebep; demiryolu kapasitesinin daha verimli kullanımına yol açacağı düşüncesidir. EC, AB'deki herhangi bir lisanslı DTİ için demiryolu kapasitesine açık erişime dayalı rekabetçi bir demiryolu kapasitesi pazarı oluşturmak amacıyla yasal bir çerçeve oluşturmuştur (Klabes, 2010). Serbest erişimin önündeki tüm engelleri aşmamış olsa bile, bir Avrupa ülkesinde demiryolu kapasitesinin tahsisi için ayrıntılı, standartlaştırılmış kavramlar ve kurallar sunan AB Direktifi 2001/14/EC'yi içermektedir.

Avrupa'da serbestleştirilmiş pazarlarda AY, lisanslı DTİ'ler için kapasitenin nasıl tahsis edileceğine dair yönergeler sağlayan ulusal şebeke bildirimini yıllık olarak yayınlanmaktadır (Ali ve Eliasson, 2019). Şekil 6.1'de DTİ ile AY arasındaki etkileşim gösterilmiştir.

**Uzun vadeli tren çizgisi talepleri:** Çerçeve anlaşmalarıyla yapılmaktadır. Uzun vadeli tren çizgisi taleplerinin planlama süresi 5 ila 15 yıl arasında değişmektedir.

**Uluslararası tren çizgisi talepleri:** En az iki farklı ulusal demiryolu AY'den demiryolu kapasitesi gerektirmektedir.

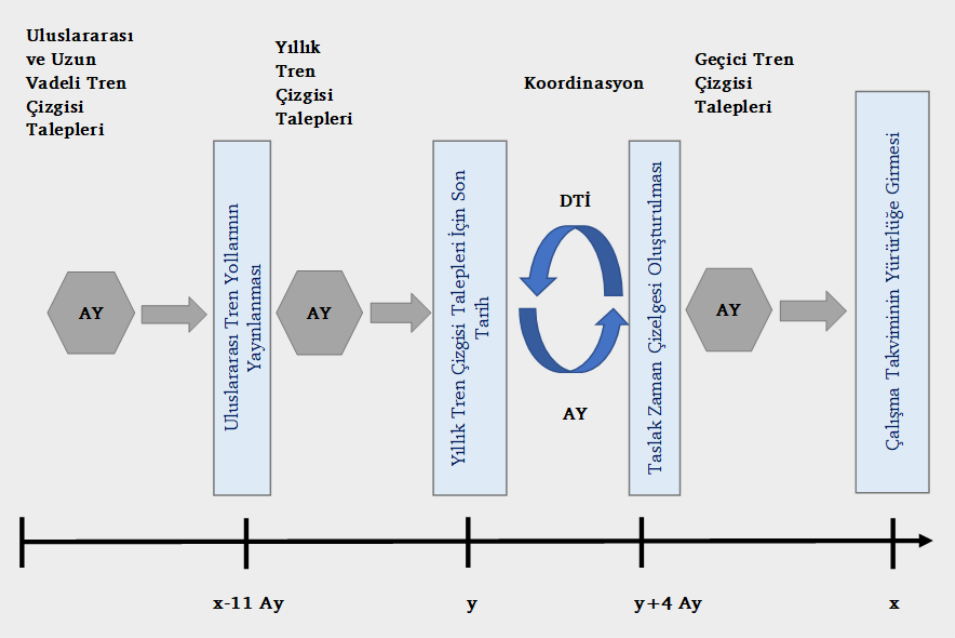
**Yıllık tren çizgisi talepleri:** Yıllık tren çizgisi taleplerinin yıllık tren tarifesine dahil edilmesi için yıllık olarak talep edilmektedir.

**Yıllık Demiryolu Kapasite Tahsis Süreci:**

- Çalışan tren tarifesi (orer) yıllık olarak belirlenecektir.
- Altyapı yöneticileri, bir tren tarifesinden diğerine geçiş olduğunda belirli bir tarih ve saat bildirmek zorundadır. Zamanın bu noktası Şekil 4.1'de x

olarak belirtilmiştir. Güncellenen AB Yönetmeliği 2002/844/EC'de, bu son tarih her yıl aralık ayının ikinci cumartesi günü olarak belirlenmiştir.

- Tahsis, yeni yıllık zaman çizelgesinin kabul edilmesinden genellikle bir yıl önce (x-12 olarak belirtilmiştir) başlamaktadır. AY, kapasite başvuru sahipleri (DTİ'ler) tarafından tanımlanan kapasite (tren çizgisi) taleplerini alır. Yıllık zaman çizelgesinin bir taslağı, olası kapasite çakışmalarını çözmek için DTİ'ler ile koordinasyon sağlanması için AY tarafından hazırlanmaktadır.
- En geç x-11 ay içinde, altyapı yöneticileri, uluslararası tren çizgisi taleplerinin geçici olarak tahsis edilmesini sağlayacaklardır. Uluslararası tren çizgisi tahsisine mümkün olduğu kadar uyulmalıdır.
- DTİ'ler tarafından yıllık tren çizgisi taleplerinin sunulması için son tarihten (y) dört ay sonra, bir taslak tren tarifesi hazırlanmalıdır.




**Şekil 6.1** Demiryolu kapasite tahsis süreci(European Commission, 2001)

Kapasite çakışmaları müzakereler ve gönüllü uzlaşmalar yoluyla çözülmediği takdirde, önceden belirlenmiş öncelik ölçütleri kullanılarak AY tarafından tek taraflı olarak çözüme gidilmektedir. Bu tür çakışmaların meydana geldiği hatlar AY tarafından sıkışık ilan edilmekte ve kapasite arzını iyileştirmeye yönelik kapasite analizi yapılmaktadır.

Taslak yayınlandıktan sonra, geç tren çizgisi talepleri alınır ve mevcut yedek kapasiteye bağlı olarak tahsis gerçekleştirilir. Bu geçici kapasite tahsisi, yıllık zaman çizelgesinin başlangıç gününden sonra, yani x ve x+12 arasında, yıl boyunca devam etmektedir. Tahsis genellikle, bağımsız bir devlet organı olan demiryolu düzenleme kurumu tarafından denetlenmektedir.

Üye devletler tarafından benimsenen tahsis şemaları, yoğun saatlerde ve bazı güzergahlarda kapasite yetersizliğinin, erişim ücretleri üzerinde bir etkisinin olması gerektiği gerçeğini hesaba katsa da bu prosedürlerin Avrupa çapında optimizasyonuna ve uyumlaştırılmasına hala büyük bir ihtiyaç olduğu görülmektedir (Rotoli vd., 2016).

## 6.2 İngiltere Demiryolları Kapasite Tahsisi

Kapasite tahsis süreci, Network Rail tarafından yayınlanan ve kapasite için başvuran tüm DTİ'ler için hat, istasyon ve depo erişiminin hüküm ve koşullarını açıklayan şebeke bildiriminde belirtilmiştir (Ali & Eliasson, 2019). Bu şebeke bildiriminin yapısı, geçerli yasal çerçeve temelinde RailNetEurope üyesi olan Avrupa'da AY tarafından benimsenen "Şebeke Bildirimi Ortak Yapısını" takip eder. Uluslararası demiryolu slot talepleri için RNE Avrupa çapında uyumlu bir zaman çizelgeleme süreci sağlamıştır (Network Rail, 2021).

DTİ'ler, ağ üzerinde çalıştırmak istedikleri trenlerin bilgilerini Network Rail'e bildirir. Ardından Network Rail bu kapasite taleplerini bir çalışma takvimi içinde koordine eder. AY olan NR, altyapı kapasitesi başvuruları için son tarihten dört ay önce bir şebeke bildirimini yayınlar (Network Rail, 2021).

Tüm DTİ'ler, ORR'den, Network Rail yardımıyla, trenleri işletmek için işletilen zaman çizelgesindeki slotları belirleyen bir hat erişim sözleşmesine ihtiyaç duyar. Bu yapıldıktan sonra, ilk danışma dönemi başlar ve burada önceden bir zaman çizelgesi planlanır (Network Rail, 2021).

Danışma aşamasından sonra, çakışan yol talepleri varsa, şebeke bildirimlerine göre "ağ kapasitesinin iyileştirilmesi", "talebin karşılanması", "kısa yolculuk süresi" ve "Network Rail'in ticari menfaati" gibi öncelikler baz alınır. Anlaşmazlık bu karar ölçütleri kullanılarak çözülmezse, bir anlaşmazlık çözüm süreci başlar ve

bir zaman çizelgesi paneli ve Erişim Anlaşmazlıkları Çözüm Komitesi (ADRC) görevi devralır. İkincisi, anlaşmazlığı çözmek için seçenekleri ayarlamak amacıyla Erişim Anlaşmazlık Çözüm Kurallarını kullanır. Bu kurallara göre prosedür aşağıdaki gibidir (Ali & Eliasson, 2019).

1. Tarafsız bir arabulucunun anlaşmazlığın çözümüne yardımcı olduğu arabuluculuk.

2. 1996 Tahkim Yasasına göre tahkim.

3. Uzman Belirleme

Ardından, başvuru sahipleriyle istişareler yapılıp geri dönüşler alındıktan sonra bir sonraki aşamada nihai orer hazırlanır. İşletilen zaman çizelgesi süresi boyunca, geçici yol talepleri de mevcut yedek kapasite dahilinde karşılanabilir. RNE web platformunda uluslararası yol talepleri uygulanır. Ağa erişim hakkı verildiğinde, örneğin; imtiyaz veya açık erişim, Network Rail bu hakları zaman çizelgesi yapımına çevirir (Ali & Eliasson, 2019).

### 6.2.1 Erişim Ücretleri

Erişim ücretlerine ilişkin ilkeler ORR tarafından belirlenmektedir. ORR, ücretlendirme çerçevesini geliştirmektedir. Network Rail, demiryolu işletmeleri için hat erişim ücretlerini hesaplamak ve uygulamaktan sorumludur. Ücretler, demiryolu pazar yapısına bağlı olarak farklı şekilde uygulanır: imtiyaz yolcu (imtiyaz/ayrıcalık sözleşmelerine tabi), açık erişim yolcu (imtiyaz sözleşmesine tabi değildir) veya yük hizmetleri. Temel ücretler sabit ücretleri (imtiyaz için) ve değişken ücretleri (tümü için) içerir. Bunlar minimum erişim paketi olarak adlandırılmaktadır. İstasyonlar veya depolar gibi kullanılan hizmet ve tesislere bağlı olarak da ek ücretler de uygulanır. Erişim ücretleri çerçevesinde mali cezalar ve indirimler yer almamaktadır (Ali & Eliasson, 2019).

## 6.3 Japonya Demiryolları Kapasite Tahsisi

Japon demiryolu pazarının dikey bütünleşik yapısından dolayı, bir bölge içindeki kapasite tahsisinin o bölgedeki JR şirketinin sorumluluğundadır. Kapasite tahsisi ve zaman çizelgesi tasarımı bu nedenle şirketlerin iş planlarına entegre edilmiştir ve bunun nasıl yapıldığına dair kamuya açık bir bilgi bulunmamaktadır. Bölgeler

arası hizmetler söz konusu olduğunda, demiryolu şirketlerinin erişim ve işletme koşulları konusunda anlaşmaları vardır. Bunlar, her firmanın sorumluluklarını ve gelirlerini farklı senaryolar altında açıkça ifade etmektedir. Şirketler, standartlarını ve anlaşmalarını Japon hükümetinin Demiryolu Bürosu gözetiminde geliştirme özgürlüğüne sahiptir. Şirketler de JR Freight (Yük) ile iş birliği içinde kapasite tahsisi işlemini benzer şekilde sağlamaktadır (Ali ve Eliasson, 2009).

### 6.3.1 Erişim Sözleşmeleri

Dikey bütünleşik yapı, birkaç açık erişim ücreti olduğu anlamına gelir. Bazı durumlarda JR treni, şirketinin ağ sınırını geçebilir. Bu nedenle altyapının kullanımı için şirketler arasındaki anlaşmalara göre erişim ücretleri ödemesi gerekmektedir. JR Yük, JR Yolcu şirketlerine ve ayrıca küçük yük ağlarına sahip bazı küçük yük taşımacılığı şirketlerine erişim ücretleri ödemektedir.

## 6.4 ABD Demiryolları Kapasite Tahsisi

Demiryolu piyasası dikey bütünleşik olduğu için kapasite tahsisi çoğunlukla demiryolu şirketleri bünyesinde gerçekleştirilmektedir. Amtrak, farklı özel taşımacılık şirketlerinin sahip olduğu altyapıyı kullanmakta ve bu kullanım için erişim ücretleri ödemektedir. Bu durum çoğunlukla anlaşmalar ve müzakerelerle belirlenmektedir (Ali ve Eliasson, 2009).

## 6.5 Kapasite Tahsis Mekanizmaları

Kapasite süreçleri, incelenen ülkelerde büyük ölçüde benzer olsa da kapasite çakışmalarını çözmeye yönelik özel süreçler, bazı pazarlarda diğerlerine göre nispeten daha fazla geliştirilmiştir.

Demiryolu ağında kapasite tahsisi için kullanılmış veya düşünülmüş üç temel mekanizma vardır: Kurala dayalı (yönetilen) mekanizmalar, maliyete dayalı mekanizmalar ve pazara dayalı (değer) mekanizmalardır (Gibson, 2003).

### 6.5.1 Kurala Dayalı (Yönetilen) Mekanizmalar

Bu mekanizmalar, karar vermeye yardımcı olacak altyapı kapasitesi için açık fiyatlara ve/veya değerlere dayanmaz. Demiryollarının serbestleştirilmesiyle, tren

işletmeleri için bir erişim koşulu olan kapasite tahsisi için bir dizi karar ölçütleridir. Bu ölçütler öncelik sırasına konulamadığından birbirleriyle çelişebilmektedir. Ölçütlerin uygulanmasına ilişkin bazı kararlar, ihtilaf durumunda bağımsız demiryolu düzenleyicisi tarafından alınmaktadır. Karar ölçütlerini uygulama süreci, DTİ'lere kapasite tahsisi sırasında tren çizgisine ilk erişim için etkin bir şekilde "atandığı" bir ortamda DTİ'ler arasındaki artan istekler karşısında meydana gelen çakışmaları çözüm sürecidir. Ancak, DTİ'lere, trenlerini çalıştırmanın ağın güvenilirliği ve performansı üzerinde sahip olabileceği etkileri hesaba katmaları için herhangi bir teşvik sağlamamaktadır.

### 6.5.2 Maliyete Dayalı Mekanizmalar

Kapasite kullanıcılarına (DTİ'ler) ve sağlayıcılarına (AY), yayınlanan tarifelerde ek tren çizgisi sağlama veya kapasite kullanım maliyetlerini hesaplamaktadır (Gibson, 2003).

Bu tür mekanizmalar DTİ'lere kapasite tahsisi yapılırken tren çizgisine erişim için erişim ücretlerinden bağımsız olamayacağı, ağa erişim ücretlerinin hesaba katılmasını gerektirmektedir. Bir nevi karayolundaki sıkışıklık/tıkanıklık ücretlendirilmesinin demiryollarında kapasite tahsisi sırasında uygulanması işlemidir. Ana fikir, kıt olan kamu kaynakları için daha yüksek ücretleri uygulamaktır.

Demiryolu altyapısı kullanımı için tıkanıklık fiyatlandırmasının uygulanması, demiryolu kuruluşlarını demiryolu altyapısı tıkanıklığına tepki vermeye teşvik edebilir. Sıkışık demiryolu altyapı kapasitesi için yoğun saatlerde daha yüksek kullanım ücretleri uygulanırsa, demiryolu kuruluşlarını teşvik ederek darboğaz sorunlarını çözmek için istekli hale getirebilir (Klabes, 2010).

### 6.5.3 Pazara Dayalı (Değer) Mekanizmalar

Ağa erişim haklarının ticareti ve ihaleler gibi demiryolu pazarına dayalı mekanizmalar kapasite tahsis yöntemleri olarak kabul edilmektedir.

DTİ'lerinin teklifleri toplanır ve toplanan en yüksek değere sahip zaman çizelgesi seçilir. Kazanan, ikinci en yüksek teklif verenin değerini ödeyecektir. Bu

mekanizma türünün, teklif sahiplerini tekliflerinde zaman çizelgesine ilişkin gerçek değerlerini açıklamaya teşvik ettiği düşünülmektedir.

Tablo 6.1 bazı ülkelerin kapasite tahsisi için uyguladıkları yöntemleri göstermektedir.

**Tablo 6.1** Ülkelerin uyguladıkları kapasite tahsis mekanizmaları (Ali ve Eliasson, 2021)

| Yöntem | Ana Bileşenler |
|---|---|
| **Genel İlkeler** | En yüksek sosyal faydalar (İsveç), Sağlamlık ve ticari önemi (Fransa), Ağ kapasitesinin iyileştirilmesi ve talep yansıması (İngiltere). |
| **Özel Öncelikli** | Belirli ölçütler (Çekya, Almanya, İspanya), Yasal kurallar (Hollanda), Altyapı tipine (Belçika) veya tıkanıklığa bağlı (Avusturya) ölçütler, Çerçeve anlaşmaları (İtalya). |
| **Pazara Dayalı (Ücretlendirme)** | Vickrey açık artırma (Çin), En yüksek teklifi veren (Almanya). |

## 6.6 Kapasite Tahsis Yöntemleri

Avrupa demiryolu sistemi içinde başlatılan serbestleşme süreci, demiryolu altyapısı kapasite tahsis sürecini ciddi şekilde etkilemektedir. Tahsis edilen kapasite, yük veya yolcu trenlerinin çalıştırılmasının yanı sıra altyapı bakımı için de kullanılabilir. Bu tür bir tahsis, trenlerin ne zaman ve nerede çalıştığını belirten yeni bir yıllık orer oluşturmak için yıllık bazda tekrarlanmaktadır (Ali, 2020). Dönem başına her sıkışık altyapıya kabul edilen toplam kullanıcı sayısı, hattın kapasitesine bağlı olarak sınırlıdır.

Başka bir ifadeyle de demiryolu taşımacılığında kapasite tahsisi, genellikle bir demiryolu şirketinin, belirli bir zamanda hattın belirli bir bölümünde bir treni çalıştırmasına izin verilmesi işlemidir. Demiryolu kapasite tahsisinin temel amacı, demiryolu altyapı kapasitesini mümkün olduğu kadar verimli kullanmaktır (Kzanakakis, 2019).

Demiryolu altyapı kapasite tahsisi, halka açık demiryolu sistemlerinin planlama aşamalarından biri olan işletim planlaması adımıdır.

Kapasite tahsisinin koordinasyonu /optimizasyonu, tüm demiryolu kuruluşlarının hedeflerine göre demiryolu kapasitesinin tahsisini optimize eden tren çizgisi

taleplerindeki değişikliklerin bir kombinasyonunu bulmaktır. Kapasite planlama sürecini matematiksel bir çerçeveye aktarmak zordur, çünkü farklı türde kısıtlamalar getiren çok sayıda farklı planlama alanı (personel planlaması, araç planlaması vb.) vardır. Bu oldukça çeşitli kısıtlamaları ve hedefleri bir araya getirebilecek uygun bir model ve temsil yöntemi bulmak çok zor bir iştir.

Literatürde tren tarifesi problemi (TTP) olarak da bilinen kapasite tahsis problemi (TTP), tren taleplerinin hangi alt kümesinin gerçekleştirilmesi gerektiğine ve bu trenlerin kesin kalkış ve varış saatlerinin ne olması gerektiğine karar vermektir. Demiryollarında kapasite tahsis sorunu literatürde yapılan araştırmalara göre karşımıza daha çok tren çizelgeleme problemi veya başka bir ifadeyle tren tarifesi problemi olarak çıkmaktadır (Lusby vd., 2009).

Dikey ayrım modelinin benimsendiği bir sistemde, bir AY, adil ve geliri en üst düzeye çıkaran bir yönteme daha fazla ilgi duyacaktır.

Kapasite tahsis süreci, bir demiryolu sisteminin gelecekteki işletimini planlamaktadır. Bu süreç, sadece belirli bir zamandaki işletmeyi planlamakla kalmaz, aynı zamanda gelecekteki bir zamanda da demiryolu sisteminin işletimini planlamaktadır. İdeal olarak, demiryolu AY, bu zaman aralığının tamamı dahilinde demiryolu işletimini planlamak için sadece bir modelleme yaklaşımı kullanacaktır (Klabes, 2010).

Tek Avrupa demiryolu alanı kuran yeni AB Yönetmeliği 2012/34/EU, sıkışıklığı tanımlama ve demiryolu altyapı kapasitesinin tahsisi için net ölçütler oluşturma ihtiyacının temelini oluşturmaktadır. Ulusal Demiryolu Şebeke Bildirimlerinin, ağın fiziksel ve işletim özelliklerini, diğerlerinin yanı sıra, çekiş sistemini, hatların uzunluğunu, hat sayısını, izin verilen maksimum hızı, yükü ve tren uzunluklarını ayrıntılı olarak rapor etmesi gerekmektedir. Bu nedenle, demiryolu ağının kapasitesi, DTİ'lerin talebine ve ağın teknik özelliklerine bağlı olarak demiryolu AY tarafından tanımlanmaktadır. AY, DTİ'lere sadece tren çizgisi talepleri hakkında değil, aynı zamanda tren çizgisi değişikliklerinin ekonomik etkileri hakkında da bilgi sağlamalıdır. Bu nedenle, sadece tren çizgisi talepleri hakkında bilgi gerekli değildir. Buna ilaveten tren çizgisi taleplerindeki değişikliklerin ekonomik etkilerinin, demiryolu kapasitesi tahsisi için uygun bir modelleme

yaklaşımıyla temsil edilmesi de gerekmektedir. Demiryolu AY'nin, DTİ'lerin tren çizgisi taleplerini sunmasına izin vermek için demiryolu altyapısı hakkında bilgi yayınlaması gerekmektedir.

Kapasite tahsisi prosedürü için mevcut olması gereken bilgiler üç grupta kategorize edilebilir:

• Demiryolu altyapısı ve mevcut demiryolu kapasitesi hakkında bilgi,

• Tren çizgisi talepleri ve bunların demiryolu kapasite kullanımı hakkında bilgi,

• Tren çizgisi tahsisi için hedefler ve darboğaz noktaları (kısıtları) hakkında bilgi.

Demiryolu AY, demiryolu altyapısı hakkında bu bilgileri yayınlamak zorundadır. Çünkü DTİ'lerin tren çizgisi taleplerini formüle etmeleri gerekmektedir. DTİ'ler, tren çizgisi taleplerini ve dolayısıyla demiryolu kapasitesi ihtiyacı hakkındaki bilgileri sunmaktadır. Demiryolu işletmelerinin tren çizgisi taleplerini formüle etmelerini sağlamak için, demiryolu AY tren istasyonlarındaki platformlar, tren kontrol sistemlerinin mevcudiyeti, elektrikli çekiş vb. hakkında ayrıntılı bilgi yayınlamalıdır. Ülkemizde de 2019 yılından beri her yıl şebeke bildirimleri yayınlanmaktadır.

Literatür, kapasite tahsis problemleri için gerçek dünyadaki demiryolu ağının karmaşıklığını pratik ve yeterli ölçüde modelleyen çözümler önermemektedir.

Demiryolu kapasite tahsisi, serbestleştirilmiş demiryolu sektöründe Avrupa hukuku tarafından düzenlenen bir süreçtir (Stojadinovica vd., 2019). Demiryolu işletmeleri, piyasa koşulları hakkında daha fazla bilgi ve açıklamaya davet edilmektedir.

Demiryollarında rekabetin artması, bilimsel kullanım ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Mevcut kaynakların tahsisini, özellikle trenlerin programlanmasını optimize etmek için karar yöntemlerini karşımıza çıkarmaktadır. Sorunun karmaşıklığını artıran diğer unsurlar, ağın geniş boyutu ve uluslararası trenler nedeniyle sınır ülkelerin tarifeleriyle bağlantılı olmasıdır. Bu nedenlerle soruna, en azından teorik olarak, klasik kılavuzdan en karmaşık yazılıma kadar birçok farklı şekilde yaklaşılmıştır (Fragnelli & Sanguineti, 2014).

Demiryolu sektöründe demiryolu kapasite tahsisi üzerine birçok akademik çalışma ve deney yapılmıştır. Çeşitli araştırma makaleleri, tren tarifesi ve erişim ücretleri gibi demiryolu kapasitesi tahsisinde dikkate alınması gereken önemli bileşenlere bakmaktadır (Gibson, 2003). Bazıları, demiryolu serbestleşmesinin zorluklarını ve açık artırma gibi pazar temelli çözümlerin potansiyellerini tartışmaktadır. Literatürde kapasite tahsisi, tren tarifesi için kullanılan, çok gelişmiş modelleme yaklaşımları ve kapasiteyi bir mal olarak resmileştiren açık artırmaya dayalı yaklaşımlar karşımıza çıkmaktadır (Nilson, 2002; Borndörfer vd., 2005). Çoğu çalışma, demiryolu kapasitesini tahsis etmek ve/veya ücretlendirmek için özel algoritmalar geliştirmektedir (Lusby vd., 2009; Kalbes, 2010). Matematiksel modeller ve optimizasyon teknikleri, hem demiryolu müşterileri (DTİ'ler) hem de işletmeler için örneğin maliyet düşürme veya hizmet kalitesini iyileştirmeleri açısından büyük kazançlar sağlayabilmektedir (Schlechte, 2012).

Resmileştirilmiş demiryolu kapasite tahsis süreci, literatürde tanıtılan algoritmik yaklaşımların yardımıyla standartlaştırılmış hedefler kullanılarak, optimize edilerek çözülmektedir. Bununla beraber literatürde, DTİ'ler tarafından AY'ye sağlanan bilgilerin gerekli gizliliği nedeniyle, tüm DTİ'lerin gerçek hedefleri dikkate alınamamaktadır. Buna çözüm olarak, literatürde geliştirilen bir diğer yaklaşım türüyse, DTİ'ler arasında iş birliğine dayalı yeni bir yaklaşım türü olan "Oyun Teorisi Modeli" yaklaşım türüdür.

### 6.6.1 Manuel Yaklaşım

Genel olarak, mevcut zaman çizelgesinden başlanarak, trenlerin eklenmesi ve/veya çıkarılması gerekliliklerini dikkate alarak onu iyileştirmeye veya sadece güncellemeye çalışmaktadır. Bu yaklaşım, eski zaman çizelgelerinin ne kadar iyi çalıştığı hakkında bilgi sahibi olan, yetenekli ve deneyimli bir zaman çizelgesi uzmanına (dispeçer'e) bağlıdır (Fragnelli & Sanguineti, 2014).

### 6.6.2 Algoritma Yaklaşımı

Demiryolu kapasite tahsisi problemi iyi planlanmış algoritmik teknikler gerektirmektedir. Demiryolu kapasite tahsisini gerçekleştirmenin temelde iki yolu vardır: Ya tüm tren çizgileri işleyen zaman çizelgesine eşzamanlı olarak tahsis edilir ve çakışmalar daha sonra tren çizgisi talebi değiştirilerek çözülür veya tren

çizgisi talepleri daha sonra tahsis edilir. Optimizasyon problemine iyi bir çözüm bulmak için uygun algoritmik yaklaşımlar kullanılabilmektedir.

Algoritma yaklaşımları, demiryolu kapasite tahsisi sürecinde planlayıcıyı ve kararlarını desteklemek için bir karar destek sistemi olarak kullanılabilmektedir. Karar destek sistemi ile ilgili olarak, farklı demiryolu kapasite tahsisi türleri temelde farklı çözüm alanlarına yol açmaktadır: Arama teknikleri, en uygun çözümü bulmak için sezgisel yaklaşımlara veya kesin yöntemlere bölünebilir (Klabes, 2010).

Demiryollarında kapasite tahsisi için sezgisel algoritmik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Kapasite tahsis için kullanılan sezgisel algoritmik yaklaşımlar iki bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen, demiryolu mühendisliği alanındaki uzmanlık bilgileri kullanılarak hazırlanması, matematiksel bir çerçevede temsil edebilen bir modeldir. İkincisi, demiryolu kapasite tahsisi için verimli algoritmaların uygulanmasına izin veren optimizasyon teknikleridir.

**Sıralı demiryolu kapasite tahsisi:** Tren çizgileri daha sonra işleyen tren zaman çizelgesine dahil edilir. Tahsis edilmesi gereken bir dizi N adet tren çizgisi ailesine sahip olan demiryolu AY, ilk tren çizgisi ailesini çalışan tren tarifesine tahsis ederek işe başlamaktadır (Klabes, 2010). Bu ilk tren çizgisi taleplerinde yer alan tren çizgileri çakışmıyorsa (bu varsayılabilir, çünkü DTİ kendi tren çizgisi taleplerini koordine edebilir ve genellikle çakışmaz), hiçbir çakışma olmayacaktır. Daha sonra bir sonraki tren çizgisi talepleri herhangi bir çakışma olmazsa işletilecek tren zaman çizelgesine dahil edilir. Çakışmalar meydana gelirse, tren çizgisi talepleri, meydana gelen çakışmalar çözülecek şekilde değiştirilecektir.

Çakışmalar bu tren çizgisi ailesini değiştirerek çözülemezse, tüm çakışmalar çözülene kadar önceden tahsis edilmiş tren çizgisi aileleri de değiştirilir.

Bazı durumlarda öncelik planları uygulanır. Bu demiryolu kapasite tahsisi sürecinde, öncelikli tren çizgisi aileleri daha sonra da tüm tren çizgisi aileleri işletilen tren zaman çizelgesine dahil edilir ve tüm anlaşmazlıklar çözülene kadar tahsis işlemi sürdürülür.

**Paralel demiryolu kapasitesi tahsisi:** tüm tren çizgileri (çizgi toplulukları) aynı anda tahsis edilir. Çakışmaların ortaya çıkması bu nedenle çok muhtemeldir. Tren

yolu aileleri değiştirilerek çakışmalar çözülmektedir. Meydana gelen çakışmaları çözmek için gerçekleştirilmesi gereken eylemler, bu nedenle, sıralı demiryolu kapasitesi tahsisi durumundan daha karmaşıktır.

Her iki tür demiryolu kapasite tahsisi için farklı algoritmik yaklaşımlar mevcuttur (Klabes, 2010).

**Eş zamanlı demiryolu kapasite tahsisi için kullanılan algoritmalar şunlardır:**

- Karar ağacı,
- Dal ve sınır,
- Alt Sınırlardır.

**Paralel demiryolu kapasite tahsisi için kullanılan algoritmalar ise şunlardır:**

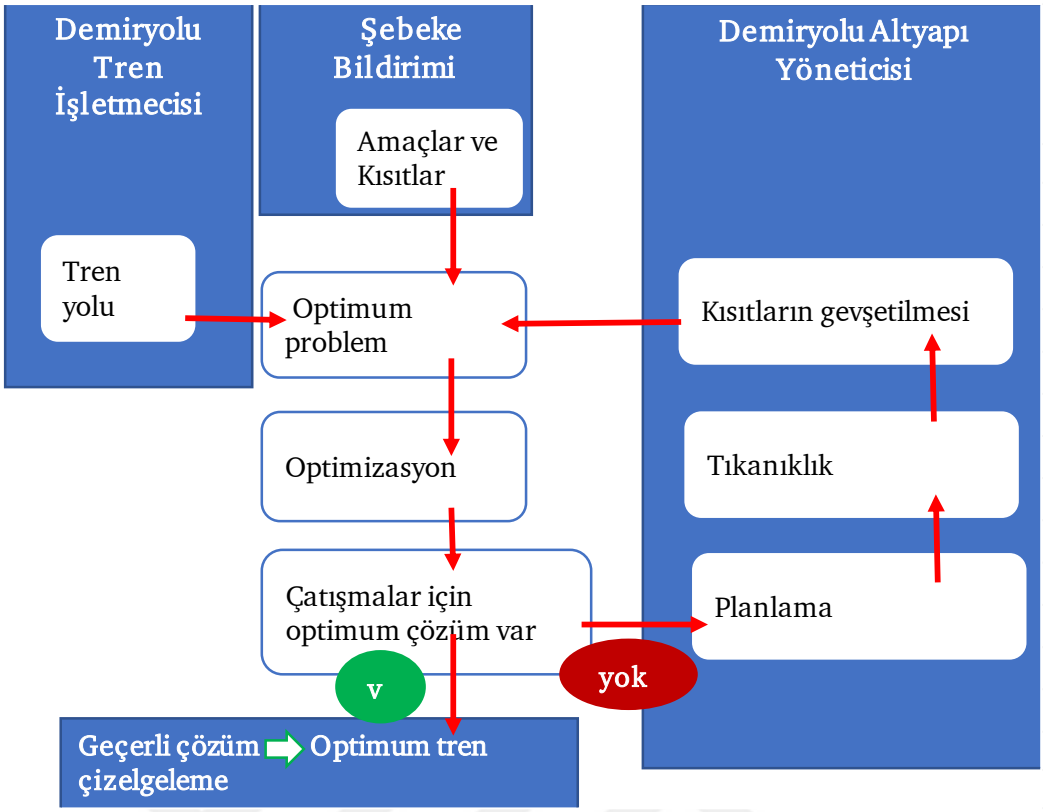
- Yerel Arama
- Metabuluşsal Yöntemler
- Simüle Tavlama
- Genetik Algoritmalar

### 6.6.3 Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemlerinin, üç ana girdisi vardır:

- Mevcut demiryolu kapasitesi
- Demiryolu kapasitesi talebi ve
- Demiryolu kapasite tahsisi sürecinin amaçları ve kısıtlamaları

DTİ'ler tarafından sunulan tren çizgisi talepleri, demiryolu kapasitesi talebidir. DTİ'ler tarafından tren çizgisi talepleri AY'lere iletilir. AY talepleri alır ve taslak orer planını yayınlar. DTİ'ler arasında çakışmaların olduğu veya kapasitenin yetersiz olduğu durumlarda, AY tarafından koordinasyon süreci devreye girer. Koordinasyon sürecinde tahsise konu olan kapasitenin adil, şeffaf, hızlı ve maksimum fayda sağlayacak bir çözümün sunulması için literatürde karar destek sistemleri üzerine çalışılmaktadır. Şekil 6.2'de, Klabes (2010) tarafından demiryolu kapasite tahsisine yönelik geliştirilen karar destek sisteminin yapısı gösterilmiştir.




**Şekil 6.2** Demiryolu kapasite tahsisi için uygulanan karar destek sisteminin yapısı (Klabes, 2010)

Koordinasyon aşamasının üçüncü adımı olan kısıtların gevşetilmesi, daha sonra ortaya çıkacak olan çakışmaları çözmek için demiryolu AY tarafından kısıtlarda daha fazla serbestlik derecesi/gevşetme sağlama yoluna gidilmektedir.

Demiryolu trafik kontrolündeki en zorlu ve zor sorunlardan biri, trenler arası çakışmaları çözmektir (Şahin, 1999). Karar destek sistemi tarafından bulunan çözüm, optimizasyon probleminin amaçlarının ve kısıtlamalarının formüle edilmesine bağlıdır. Bu nedenle, amaç ve kısıtların iyi tanımlanmaları ve gerekçelendirilmeleri gerekmektedir. İdeal olarak, DTİ'ler, karar destek sisteminin tüm demiryolu işletmeleri üzerindeki ekonomik etkilerini küresel olarak en aza indirebilmesi için hedeflerini doğru bir şekilde rapor etmelidir. Fakat bu durumun gerçekleşmesi varsayılamaz. Çünkü teşvikler ve/veya ticari mahremiyet sorunları ortaya çıkmaktadır. Muhtemelen bu durum DTİ'lerin amaçlarını doğru bir şekilde bildirmelerini engelleyecektir. Bu nedenle, amaçlar ve kısıtlar AB Yönetmeliği 2001/14/EC'den yararlanarak, daha özel olarak tanımlamak gerekirse ulusal

düzenlemelerde yer alan şebeke bildirimlerindeki uygulanmasından türetilmektedir (Klabes, 2010).

Karar destek sistemi ile çözülemeyen çakışmaların, verilen kısıtlar altında çözülmesi zor olarak değerlendirilebilir. Bu durumda ya bir planlayıcı, çakışmayı çözmek için şahsen ek önlemler alabilir ya da uygulanabilir bir çözüm bulabilir. Aksi durumda, bir tren çizgisi talebinin reddedilmesi dikkate alınmalıdır. Bir tren çizgisi talebinin reddedilmesi oldukça ciddi bir karar olduğu için, algoritmik yaklaşım, yargılama aşamasını değil, yalnızca demiryolu kapasite tahsisi sürecinin koordinasyon aşamasını kapsamaktadır. Bir tren çizgisi taleplerinin reddedilme nedeninin iyi gerekçelendirilmesi gerekmektedir (Klabes, 2010).

### 6.6.4 Açık Artırma Yaklaşımı

Açık artırmaya dayalı mekanizmalar, demiryolu kapasitelerini DTİ' lere verimli bir şekilde tahsis etmek için bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Ancak bu tür yaklaşımların kullanımı, bir tür zaman çizelgesi olarak modellenebilecek ilgili kazananı belirleme probleminin çözülmesini gerektirmektedir (Park vd., 2014). Literatürde bu tür çalışmalar ile Nilson (2002), Borndörfer vd. (2005), Park vd. (2014), Fragnelli ve Sanguineti (2014) ve Broman ve Eliasson (2017) dahil olmak üzere açık artırmaya dayalı mekanizmalar geliştirmiştir.

Açık artırmalar resmi müzakere prosedürleri olarak da anlaşılabilir. Açık artırma tasarımı, bu müzakerelerin uyguladığı kuralları açıklamaktadır. İyi tasarlanmış bir açık artırma, kaynakları en verimli şekilde kullanabilenlere tahsis etmenin en iyi yöntemidir (Affuso, 2003). Bu durum, açık artırmanın başarısı veya başarısızlığı açısından çok önemli olabilir. Nilson (2002) çalışmasında, hem verimliliği artıran bir tahsis sürecini hem de zaman çizelgesi için matematiksel bir optimizasyon tekniğini ortaya koymaktadır.

Nilson (2002) makalesinde, altyapı kapasitesinin yetersiz olduğu durumlarda çakışan demiryolu kapasite talepleri arasındaki dengeyi sağlamak için orer boşluğunun bir ihale mekanizması kullanılarak kapatılmasını önermektedir. Açık artırmayı, bir zaman çizelgesi ve bir dizi (tıkanıklık) ücreti olmak üzere demiryolu planlama sürecinin iki çıktısını üreten doğal bir parçası olarak tanımlamaktadır Çalışma, ekonomi ve matematiksel optimizasyondan yararlanarak tahsis işlemini

gerçekleştirmektedir. Çalışmada ilk olarak, DTİ'lerin ağa erişimini önceliklendirmek için ödeme yapma istekliliği hakkında doğru bilgi gereklidir; bu amaçla bir açık artırma usulü geliştirilmiştir. İkinci olarak, "doğru" bilgi verildiğinde optimal tahsislerin oluşturulabilmesi için teknik olarak karmaşık optimizasyon problemini ele alan bir yaklaşıma ihtiyaç olduğu ortaya konmuştur. Çözüm olarak dual (ikili) optimizasyon önerilmektedir.

Park vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada, birden fazla DTİ'nin demiryolu ağına erişim için rekabet ettiği durumlarda, zaman çizelgesi sorununa yönelik yeni bir optimizasyon modelini ele almaktadır. Model, kapasite tahsisine yönelik açık artırma yaklaşımlarında kullanılabilir. Kârı maksimize eden kapasite tahsisi problemine odaklanmaktadır. Burada talep edilen sürelerden sapmaya bağlı olarak kâr doğrusal olarak azaltılır. Bununla birlikte, model sütun oluşturma yaklaşımının kolay türetilmesi için yol akışı değişkenlerine dayanmaktadır.

Bromen ve Aliasson (2017) tarafından önerilen kapasite tahsisi yöntemi, ticari ve vergi ile finanse edilen işletmeler için ayrıdır fakat bağlantılı mekanizmalar üzerine inşa edilir. Bölgesel trafik işletmelerine, taleplerine göre zaman çizelgelerini değiştirerek uygulanan kayıp, sosyal fayda-maliyet analizi ile hesaplanmaktadır. Ticari işletmecilere ise açık artırma mekanizması ile hat kapasite tahsisi yapılmaktadır. İki grup işletmeci arasındaki denge, açık artırmada rezerv fiyat olarak kullanılır. Böylece bölge işletmecilerine uygulanan zarar garanti edilmektedir. Özetle yöntem şu şekilde işlemektedir:

- İlk olarak bölgesel işletmeler başvurularını göndermektedir.
- İkinci olarak, altyapı ajansı uzun mesafeli ticari trenler için koridorlar planlayarak, bölgesel trenlerin tarifelerinde gerektiği gibi ayarlamalar yapar. Her bir slotun neden olduğu fayda veya maliyetinin bir ölçüsünü bulmak için bölgesel işletmelere ve yolcularına uygulanan kaybı hesaplar.
- Üçüncüsü, bu slotlar, hesaplanmış fayda ve maliyetler ile ticari işletmelere rezerv fiyat olarak kullanılarak açık artırmaya çıkarılır.

İki konu bir açık artırmayı karakterize etmektedir: açık artırma ekonomik fayda ve açık artırma süreci, yani teklif, karşı teklif dizisi ve DTİ'lerin tren çizgisine bağlılık seviyeleri. Çalışmalarında açık artırmaya dayalı mekanizmalar kullanan

araştırmacılar, demiryolu slotlarının DTİ'lere verimli bir şekilde tahsis edilebilmesini incelemektedir. Tahsis sürecinde, DTİ'lerden alınan tekliflerin toplam değerini en üst düzeye çıkarmaya çalışılmaktadır (Fragnelli ve Sanguineti, 2014).

Demiryolu kapasitesi ihalelerinin uygulanabilir ve arzu edilir olup olmadığı soruları ve eğer öyleyse, hangi açık artırma tasarımının en iyi sonuçlara yol açtığı, henüz belirsizliğini korumaktadır (Affuso, 2003).

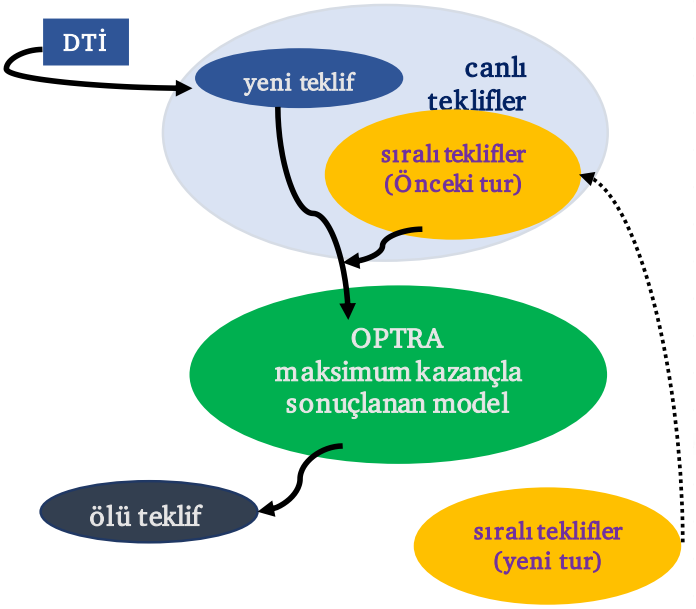
Stojadinovica vd. (2019) çalışmalarında, bir ulaşım hizmetinin önceliğinin bir demiryolu güzergahı atamak için en önemli ölçütleri oluşturduğu kapasite tahsisine yönelik idari (merkezi) yaklaşımın aksine, merkezi olmayan yaklaşım her türlü hizmeti eşit şekilde ele alınacağını savunmaktadır. Bu sebepten ötürü hibrit açık artırmalar, yaygın standart açık artırma türlerinin avantajlarını kullanmak ve dezavantajlarını azaltmak için özel olarak tasarlanmıştır. Bu tür açık artırmalar, iki aşamadan oluşmaktadır:

- İlk aşamada (genellikle ön) teklif sahipleri bir açık artırma türünde yarışırken,
- ikinci aşamada, ilk aşamadan en yüksek teklifleri olan iki teklif başka bir açık artırma türünde yarışır.

Hibrit açık artırmaların seçiminde amaç, kartel oluşma olasılığını azaltmaktır. Böylece daha şeffaf ve güvenilir bir tahsis mekanizması ortaya koymaktır. Kapasite tahsisi için önerilen algoritma, ardışık iterasyonlarla modellenmiştir. Kapasite tahsisi için algoritmanın ana ön koşullarından biri, tahsisin maksimum verimliliğini sağlamaktır. Çalışmada bilgisayar simülasyonunu kullanarak, iki hibrit (Amsterdam ve İngiliz-Hollanda) ve iki standart (İlk fiyat ve İngiliz) açık artırmasından elde edilen gelirler test edilip karşılaştırılmıştır. Önerilen konsept, ilişkisel veri tabanı üzerinden Açık Artırma Mekanizması– PISAM'ın İTERATİF SİMÜLASYON PROGRAMI adı verilen masaüstü uygulaması ile test edilmiştir.

Optimizasyon süreci, kazancın turdan tura azalmadığını göstermektedir. İstenilen durum da budur. Borndörfer vd. (2005) yapmış oldukları çalışmada, optimum kapasite tahsisi için genişletilmiş tamsayı programlama modellerinde çok ölçütlü

teklifleri dikkate almışlardır. Borndörfer vd. (2005), uyguladığı tahsis süreci Şekil 6.3'te gösterilmiştir.




**Şekil 6.3** Tahsis süreci (Borndörfer vd., 2005)

Borndörfer vd. (2005), demiryolu hattı müzayedesinin her turunda, slotlar için bir dizi teklif toplayıp, ağ gelirini en üst düzeye çıkaran ve çatışmasız bir slot programı belirlemeyi amaçlamışlardır. Optimal kapasite tahsis problemi (OPTRA) olarak ifade edilen, kazananı belirleme problemi, çok ölçütlü optimizasyon problemi olarak ifade edilmiştir. Yani ek kısıtlamalara sahip çok mallı akış problemidir. Bu tür problemler tamsayı programlama teknikleri ile çözülebilmektedir. Açık artırma, tur için toplam kazanç değişmediğinde sona ermektedir.

Genel olarak, açık artırmaların verimli tren çizgisi tahsisi için kullanıp kullanamayacağı ve bir uygulamanın nasıl çalışması gerekeceği sorusu mevcut literatürden cevaplanamamaktadır.

Demiryolu hatlarının açık artırmaya çıkarılması için uygun bir tasarım ve kural seti bulunması, demiryolu kapasitesinin daha verimli bir şekilde kullanılmasına yol açacaktır. DTİ'lerin isteklerine cevap veren ve tren çizgilerini belirleme imkânı veren esnek bir açık artırma dili geliştirilmedir; bu özellikle pratik olarak büyük önem taşımaktadır.

### 6.6.5 Oyun Teorisi Modeli Yaklaşımı

Rekabetçi bir piyasa ortamında demiryolu altyapısının kullanımını analiz etmek ve karşılaştırmak için, genellikle oyun teorisi modelleri uygulanmaktadır (Klabes, 2010). Oyun teorisi, birkaç karar vericinin tek bir sistemde aynı anda etkileşimde bulunduğu durumları tanımlamaya ve analiz etmeye izin veren bir yaklaşımdır.

Oyun teorisi modeli, AY'nin DTİ'ler ile müzakere görüşmelerinin (koordinasyon süreci) demiryolu kapasite tahsisi problemine göre özelliklerini analiz etmek için kullanmakta ve uygulanmaktadır.

Oyun, tüm DTİ'ler ilk tren çizgisi taleplerini sunduğunda başlamaktadır. Oyuncuların rasyonel davrandığı varsayılmaktadır. Oyun turlar halinde oynanır. Her turda, her oyuncu tam olarak bir kez hareket eder. Oyuncuların sırası her tur için rastgele oluşturulur. Oyun, başka bir işlem yaparak memnuniyetsizliğini daha da azaltabilecek bir oyuncu kalmayıncaya kadar devam eder. Oyun bu hedefe ulaştığı zaman sona erer.

DTİ'ler burada oyunun oyuncuları olarak görev almaktadır.

Demiryolların anlaşmazlıkların çözümü için koordinasyon aşaması, bencil oyuncuların (DTİ'ler) kendi amaçları için rekabet içinde olduğu pazarda etkileşimde olduğu çok oyunculu bir oyuna benzetilmektedir. Demiryolu altyapısı kapasite tahsis sürecinin koordinasyon aşamasını simüle ve analiz etmek için böyle çok oyunculu bir oyun olarak bu yaklaşım karşımıza çıkmaktadır.

Klabes (2010), demiryolu işletmelerinin gerçek amaçlarının birleştirilmesine olanak sağlamak için bir oyun teorik modeli formüle etmektedir. Burada demiryolu işletmeleri, demiryolu altyapı kapasitesi için ikincil demiryolu pazarında hareket eden oyunculardır.

Fragnelli ve Sanguineti, 2014 yılında yaptıkları çalışmada az sayıda acenteyi içeren, kısa sürede aynı hat üzerinde tren işleten, daha fazla bilgi alışverişi sağlamaları için DTİ'ler arasında işbirlikçi olmayan bir ortamdan işbirlikçi bir ortama geçerek, AY tarafından önerilen verimliliği artırabilecek demiryolu tarifesinden başlamaktır. DTİ'lerin bilgi alışverişinde bulundukları ve yararlarının olası artışıyla telafi edildiği bir oyun teorisi modeli önermektedir. Bu yaklaşım,

durumu bir koalisyon oluşturma sorunu (kartel) olarak temsil etmektedir. Özellikle, Gerber tarafından önerilen ve her biri farklı özelliklere sahip bazı örneklere uygulanan C-Çözümüne atıfta bulunmaktadırlar. Bu model, bilgilerin az sayıda rakibe açıklanmasını gerektirmektedir. Burada iki şey amaçlanmıştır:

- İlk olarak, ortak hareket etmeye karar veren DTİ'lerin faydalarını artırmaya izin veren yeni bir zaman çizelgesi elde etmektir.
- İkinci olarak, çizelgelemenin yeniden düzenlenmesidir. Burada bazı DTİ'lerin nihai çizelgeyle en kötü durumda olmayı kabul etmeleri için problemin sayısal bir çözümünü elde etmekle ilgilenmektedir.

Yaklaşım, AY'ye iletilen veri setiyle ilgili olarak küçük bir temsilci grubu (DTİ'ler) daha fazla veri alışverişinde bulunmaya karar verdiğinde bir demiryolu zaman çizelgesinin nasıl iyileştirileceğini göstermektedir.

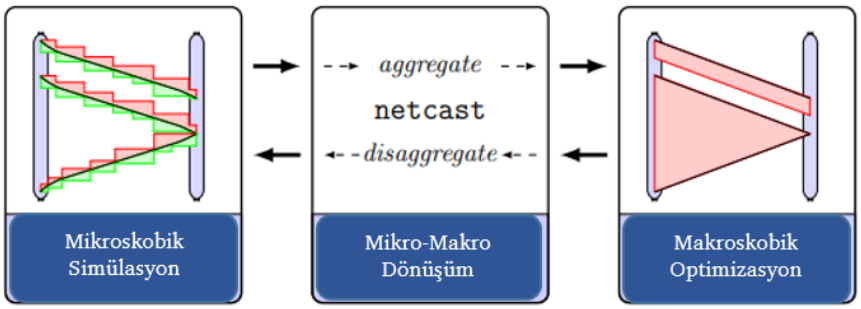
Önerilen yaklaşımın önündeki temel engel demiryolu sisteminde bilgilerin gizli tutulmasıdır. Yani DTİ'ler iş birliği yapmaya ve kısmi bilgileri açıklamaya istekli değildir. Bu oyunda bir oyuncu, kendisi için mevcut olan tüm bilgileri toplar (ancak bilgisi eksiktir) ve ona en az memnuniyetsizliği veren eylemi gerçekleştirir. Bu yaklaşım, DTİ'lerin bilginin gelişigüzel yayılmasına karşı isteksizliği ile karakterize edilen bir pazarda oldukça önemlidir.

Altyapı yöneticileri ve tahsis organları, kendilerine sağlanan bilgilerin ticari gizliliğine saygı göstermek zorunda oldukları için, oyun algoritmik yaklaşımları, eksik bilgilerle iyi başa çıkabilmek için AB Yönetmeliği 2001/14 /EC'den türetilen standartlaştırılmış hedefler, karar destek sistemi için hedefler olarak alınmaktadır.

### 6.6.6 Simülasyon Yaklaşımı

Schlechte (2011) çalışmasında, mikroskobik simülasyon programı OpenTrack'ı kullanmaktadır. Demiryolu sisteminin mikroskobik temsiline dayanarak, makroskopik bir demiryolu planlama modeline otomatik olarak sadeleştirilir. Ayrıca, bir demiryolu koridorunun teorik ve pratik kapasitesini analiz etmek için çalışma, gerçek dünya verilerine uygulanmıştır. Demiryollarının mikroskobik planlamasından makroskobik planlamasına dönüşümü değerlendirmek, mikroskobik demiryolu kapasite tahsislerini analiz etmek ve göstermek için OpenTrack, netcast ve TS-OPT programları kullanarak çerçeve test edilmektedir.

Çalışma İsviçre'yi İtalya'ya bağlayan Simplon koridoruna uygulanmıştır. Bu koridor uluslararası demiryolu yük trafiği için stratejik öneme sahiptir. Çalışmanın çerçeve konsepti Şekil 6.4'te gösterilmektedir.




**Şekil 6.4** Simülasyona dayalı demiryolu hattı tahsisinin optimizasyonu için idealleştirilmiş kapalı döngü (Schlechte, 2011)

Simülasyon ve optimizasyon arasında bu tür ara yüzlerin kurulması, yeniliklere izin vermek için çok önemli bir noktadır. Bu tür ara yüzlerin oluşturulması bir yandan, demiryolu planlamasının optimizasyon potansiyelini (örneğin demiryolu hattı tahsisini) etkinleştirir (Schlechte, 2011).

# 7
# TEK HATLI DEMİRYOLUNDA KAPASİTE HESABI: MALATYA-NARLI HATTI İÇİN BİR UYGULAMA

Bu bölümde Malatya-Narlı güzergâh kesiminin hat kapasitesi hesabı UIC Kod 406 broşüründe yer alan sıkıştırma yöntemi kullanılarak yapılacaktır. Bu yöntem, planlanmış zaman çizelgeleri olan koridorlarda kapasiteyi iyileştirmek için Avrupa'da kullanılan temel analitik yaklaşımlardan biridir. Bu çalışma Bölüm 6'da anlatılan kapasite tahsis yöntemlerinin bir yansıması olarak gerçekleştirilmiştir. Bu hat üzerinde TCDD, yük trenlerinin işletimi için TCDD Taşımacılık A.Ş. ve özel DTİ'lere kapasite tahsisi yapmaktadır. Bu nedenden dolayı bu hat tercih edilmiştir.

**Hattın konumu ve trafik bilgileri:**

Malatya-Narlı hattı iki yönde işletilen tek hatlı bir demiryoludur. TCDD'nin DTİ'lere tahsis ettiği yük trenleri ve TCDD Taşımacılık A.Ş'nin yük trenleri çalışmaktadır. Yolcu treni olarak Fırat Ekspresi çalıştırılmaktadır. Fakat tek bir yolcu treni çalıştırıldığından bunu hesaplamaya katarken ayrı bir katar grubu olarak değerlendirilmemiştir. Bu tren, seyir süresi yük trenleri ile benzeyen model tren grubuna dahil edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Malatya-Narlı hattına ait şematik plan Şekil 7.1'de gösterilmiştir.




**Şekil 7.1** Malatya-Narlı şematik planı (Tren Haber, 2020)

Malatya- Narlı hattının Malatya istasyonun yaklaşık 1 km uzaklığında müselles hattı (üç makastan oluşan üçgen hat) bulunmaktadır. Bu hat ile Elâzığ ve Sivas yönünden gelen trenler Malatya istasyonuna uğramadan müselles hattını kullanarak, Kahramanmaraş ve Gaziantep yönüne doğru hareket edebilmektedir. Aynı zamanda Kahramanmaraş ve Gaziantep yönünden gelen trenler de bu hat üzerinden Elâzığ ve Sivas yönüne doğru hareket etmektedir.

**Narlı-Malatya yönünde hareket eden trenler**

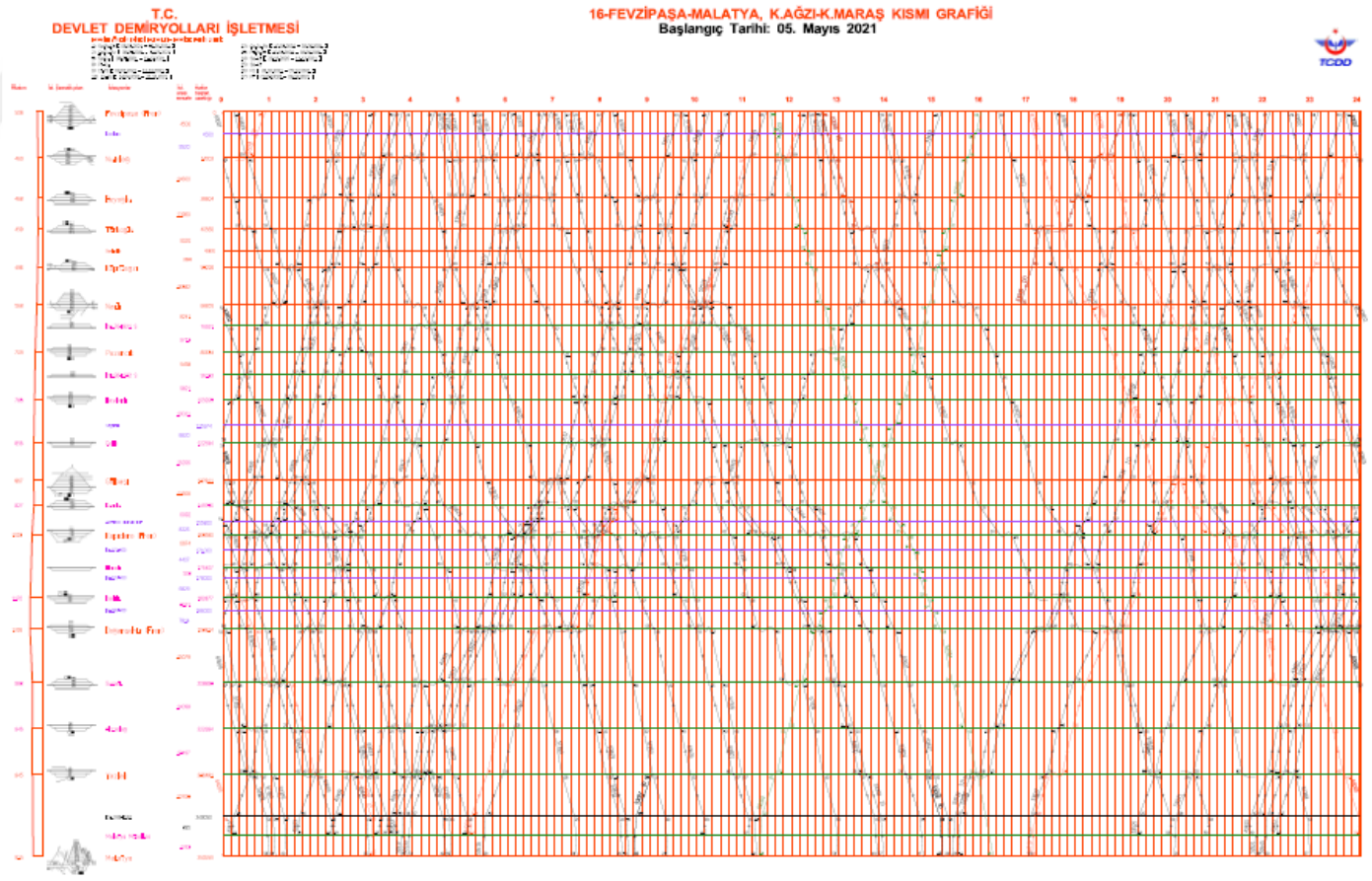
- 14038, 33302, 63601, 63602, 63603, 63604, 63605, 63607, 63608, 63609, 63610, 63623, 63625, 63629, 63647, 64003, nolu trenler Narlı-Malatya (Narlı BM) istasyonları arasında işletilmektedir.
- 62004 Narlı-Malatya
- 63619 Narlı- Çelik
- 63627 Narlı-Yazlak
- 63635 Narlı-Suçatı
- 57362, 57370, Doğanşehir- Malatya
- 57366 Gölbaşı-Yazlak
- 57354, 57356, 57358 Gölbaşı-Malatya

- 57368 Gölbaşı-Yazlak güzergahlarında işletilmektedir.

**Malatya-Narlı yönünde hareket eden trenler:**

- 43401, 43403, 43405, 43409, 43417, 43421, 43423, 44009, 53517, 53519, 53527, 53533, 53535, nolu trenler Malatya (Narlı BM)-Narlı istasyonları arasında,
- 52003, 53529,53539 Malatya-Narlı
- 53525 Malatya Narlı BM)-Kumlu
- 53521 Malatya- Elmalı
- 53545 Yazlak-Narlı
- 54019 Malatya (Narlı BM)- Pazarcık güzergahlarında işletilmektedir.

Malatya-Narlı hattının bir yıllık planlanan orer grafiği şekil 7.2'de verilmektedir.



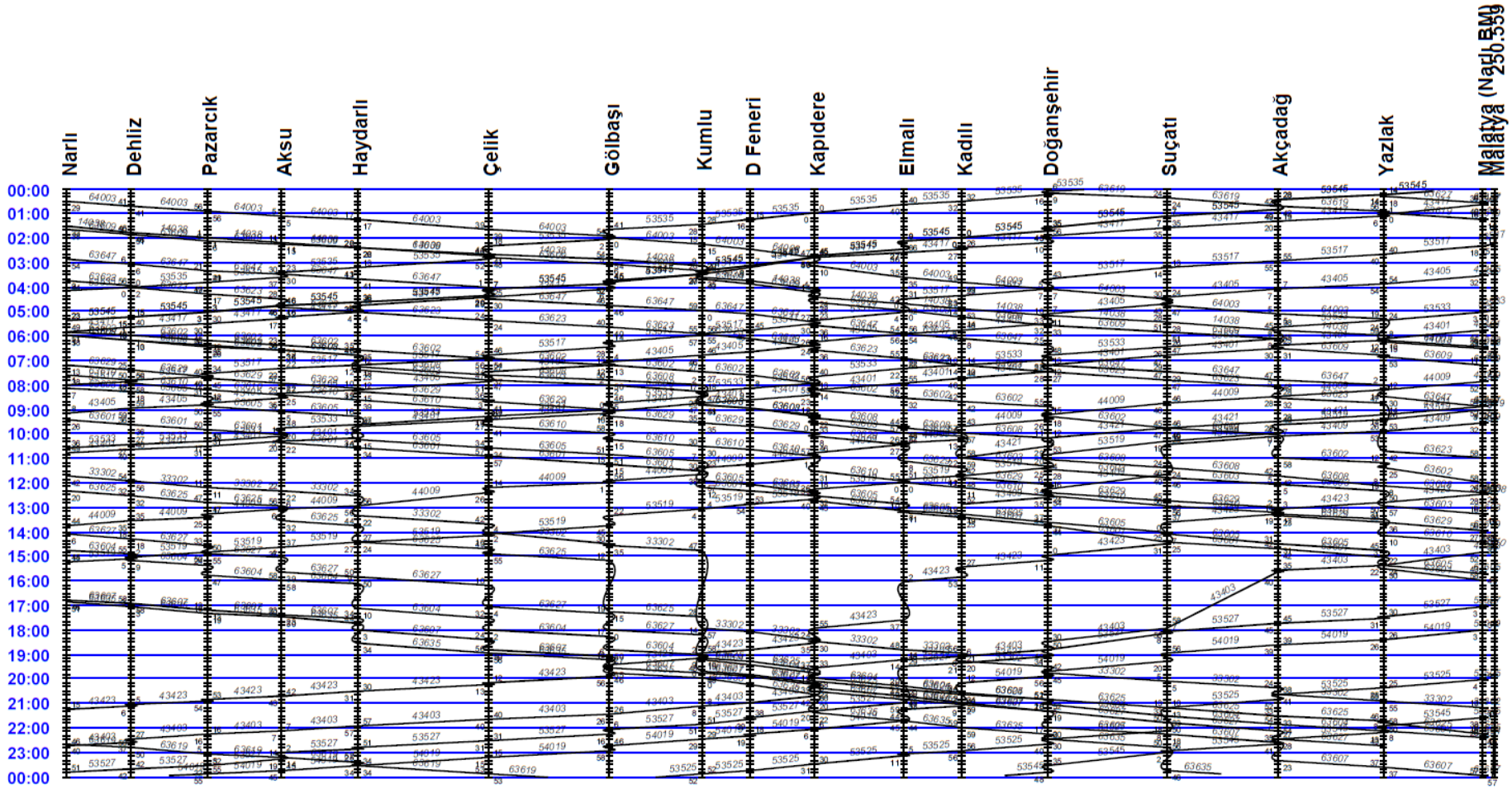

**Şekil 7.2** Malatya-Narlı hattı orer grafiği

## 7.1 Hesap Kesiminin Belirlenmesi

Tek hatlı demiryollarında kapasite hesabı belirlenen hesap kesimine göre yapılmaktadır.

En yüksek kapasite kullanımına sahip hat kesimi, hattın kapasite kullanımını belirlediğinden, bu değerin demiryolu hattı için de ilgili değer olduğu varsayılabilir (UIC, 2013).

TCDD'den alınan 2021 Mayıs ayında gerçekleşen tren hareketlerine ait zamanlar kullanılarak ilk olarak trenlerin seyir süreleri toplamı en uzun olan gün belirlenmiştir. Buna göre, hattın en uzun süre işgal edildiği gün olan 07.05.2021 tarihinde Malatya-Narlı hattının 24 saatlik orer grafiği Şekil 7.3'te gösterilmektedir. Ardından trenlerin seyir süreleri toplamının en uzun olduğu kesim "hesap kesimi" olarak belirlenmiştir. Buna göre Doğanşehir-Suçatı istasyon aralığı hesap kesimi olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1).




**Şekil 7.3** 07.05.2021 tarihli Malatya-Narlı hattı 24 saatlik orer grafiği

**Tablo 7.1** Malatya-Narlı hattı istasyonların her iki yöndeki seyir süreleri toplamları

| | |
|---|---|
| Malatya-Malatya (Narlı BM) | 18 |
| Malatya (Narlı BM)-Yazlak | 720 |
| Yazlak-Akçadağ | 371 |
| Akçadağ-Suçatı | 634 |
| **Suçatı-Doğanşehir** | **872** |
| Doğanşehir-Kadılı | 579 |
| Kadılı-Elmalı | 355 |
| Elmalı-Kapıdere | 681 |
| Kapıdere- Kumlu | 920 |
| Kumlu- Gölbaşı | 517 |
| Gölbaşı-Çelik | 548 |
| Çelik-Haydarlı | 691 |
| Haydarlı-Aksu | 380 |
| Aksu-Pazarcık | 371 |
| Pazarcık-Dehliz | 420 |
| Dehliz-Narlı | 345 |

## 7.2 En Küçük İzleme Sürelerinin Elde Edilmesi

Hat kapasitesi, hesap kesiminde işletilen trenlerden seçilen “model trenler” arasındaki en küçük (minimum) izleme sürelerine göre hesaplanacaktır. Bu bölümde önce model trenler belirlenecek, ardından bunların arasındaki en küçük izleme süreleri hesaplanacaktır.

Model tren, temsil ettiği tren grubunun ortalama özelliklerine en yakın olan trendir. Bunlar, seyir yönü, tren türü, seyir hızı (süresi), uzunluğu gibi özelliklerdir. Tablo 7.2’de Malatya-Narlı güzergahında işletilen trenler, seyir şartları bakımından birbirlerine benzeyenler gruplandırılarak gösterilmiştir. Ortalama seyir süreleri dikkate alınarak seçilen model trenler de tabloda gösterilmiştir. Tablo 7.3’te seçilen model trenlerin seyir yönleri, hesap kesimindeki ortalama hızları ve uzunlukları listelenmiştir. Tren uzunlukları 400 m kabul edilmiştir.

**Tablo 7.2** Fiili tren hareketlerine göre model trenlerin seçilmesi

| | | | | | Model Tren | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tren No** | **Seyir Süreleri (dak)** | **Seyir Süreleri Toplamı** | **Tren Sayısı** | **Ortalama Seyir Süresi (dak)** | **NO** | **Seyir Süresi** | **Model Trenlerin Seyir Yönleri** |
| 14038, 63603, 63607, 63609, 63619, 63647, 52362, 57370, 57366, 57354, 57356, 57358, 62004, 57368 | 17, 18, 16, 18, 15, 17, 7,15, 15, 15, 15, 15, 15, 15 | 213 | 14 | 15,2 | **63619** | 15 | **D→S** |
| 43401, 43405, 43417, 43421, 43423, 44009, 53517, 53525, 53533, 53545, 54019, 53529, 53539, 53521, 52003 | 26, 24, 21, 25, 29, 29, 29, 22, 22, 28, 22, 28, 28, 27, 18 | 378 | 15 | 25,2 | **43421** | 25 | **D←S** |
| 33302, 63602, 63604, 63605, 63608, 63610, 63623, 63625, 63627, 63629, 63635, 64603, | 20, 27, 28, 23, 20, 22, 20, 21, 31, 21, 20, 23 | 276 | 12 | 23,0 | **63605** | 23 | **D→S** |
| 43403, 43409, 53519, 53527, 53535, | 32, 36, 34, 42, 33, | 177 | 5 | 35,4 | **43409** | 36 | **D←S** |
| 63601 | 41 | **41** | **1** | 41,0 | **63601** | 41 | **D→S** |

**Tablo 7.3** Fiili sürelere göre model trenler

| Tren No | Ortalama Hızı (km/sa) | Uzunluğu (m) | Yön |
|---|---|---|---|
| 43409 | 25 | 400 | Suçatı'dan Doğanşehir'e |
| 43421 | 36 | 400 | Suçatı'dan Doğanşehir'e |
| 63601 | 22 | 400 | Doğanşehir'den Suçatı'ya |
| 63605 | 39 | 400 | Doğanşehir'den Suçatı'ya |
| 63619 | 60 | 400 | Doğanşehir'den Suçatı'ya |

Malatya-Narlı kesimdeki model trenler belirlenirken kullanılan kurallar aşağıda özetlenmiştir.

- Seyir şekli ve tren uzunluğu birbirinden çok farklı olmayan trenler (Bu çalışma için tren uzunlukları 400 m olarak, hepsi için aynı alınmıştır.)
- Ortalama seyir süreleri birbirlerine göre yüzde %10'dan daha az farklı olan trenler benzer katar türü olarak kabul edilmektedir.

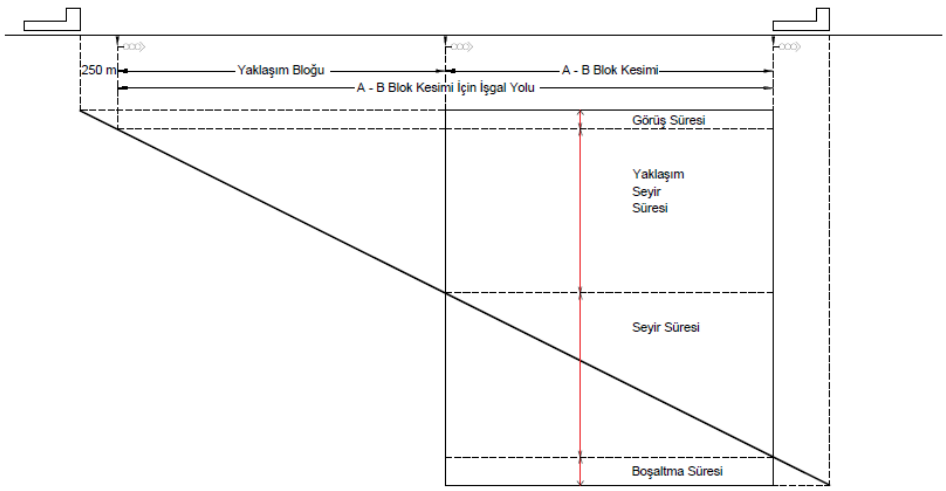
Her bir katar türü grubu için bir model tren belirlenir:

- Seyir süresi ortalama seyir süresine en yakın olan ve en çok tekrarlanan tren model tren olarak alınır.

Tablo 7.2'de belirlenmiş olan model trenler için işgal süresi basamakları oluşturulmuştur.

Trafiğin idaresi, CTC (Centralized Traffic Control) sinyalizasyon sistemiyle sağlanan Malatya-Narlı güzergâh kesimindeki bütün sinyaller blok sinyal olarak çalışabilmektedir. Böylece, yoğun olarak işletilen hattaki yük trafiğinin akıcılığını sağlamak sistemin otomatik işletmeye alınmasıyla mümkün olabilmektedir.

Buna göre, hesap kesimi Doğanşehir- Suçatı istasyonları arasında işletilen model trenlerin blok giriş ve çıkış sinyallerindeki zamanlarına göre işgal süresi basamakları Şekil 7.4'teki gibi oluşturulmuştur.




**Şekil 7.4** Otomatik blok sistemde bir trenin işgal yolu ve işgal süresi

(Şahin, 1987)

Şekil 7.4'teki blok işgal süresi basamağında;

**Görüş süresi:** Yaklaşım bloğunun sinyalinin 250 metre gerisinden başlayıp bu sinyale kadar olan süredir.

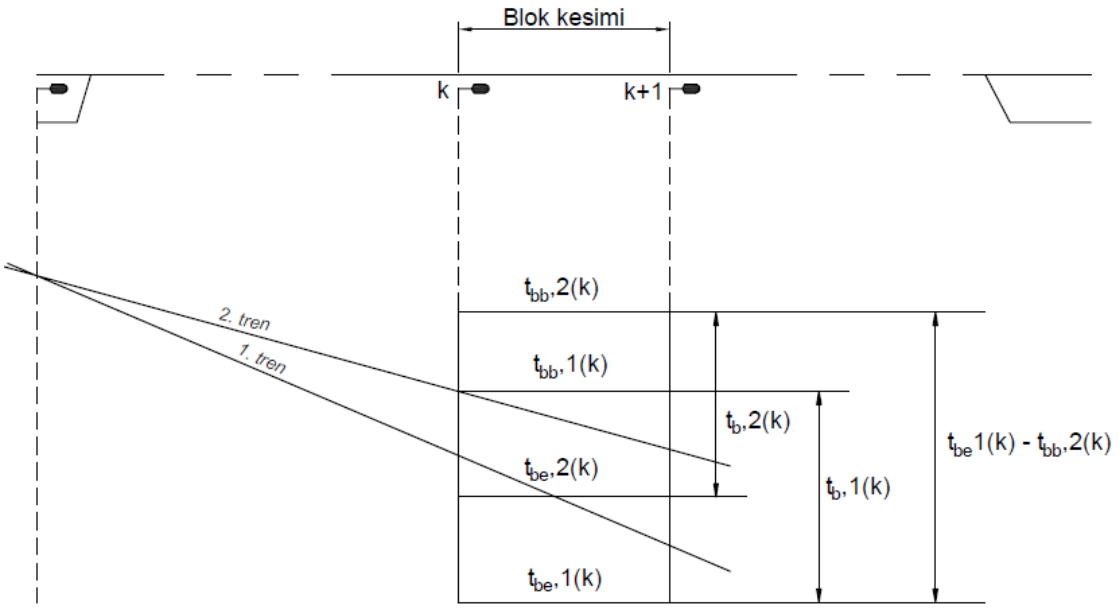
**Yaklaşım seyir süresi:** İşgal merdiveni oluşturulacak trenin, işgal süresi basamağı oluşturulacak bloktan önceki bloktaki seyir süresi (Yaklaşım bloğu seyir süresi).

**Seyir süresi:** İşgal merdiveni oluşturulacak trenin, işgal süresi basamağı oluşturulacak bloktaki (A-B blok kesimi) seyir süresi.

**Boşaltma süresi:** İşgal merdiveni oluşturulacak trenin, uzunluğuna bağlı olarak, işgal süresi basamağı oluşturulacak bloğu terk etme süresi.

İstasyon yolunun çözülme süresi, sistem otomatik işletmede olduğundan hesaba katılmamıştır.

Böylece model trenlerin tümü için işgal süresi basamaklarının alt ve üst sınır değerleri hesaplanarak, mevcut bütün izleme şekillerine ait işgal süresi basamakları, birbirine değinceye kadar kaydırılmıştır. Her bir tren izleme durumu için en küçük izleme süreleri, güzergâh kesimi ya da öne geçme kesiminin başlangıcında, önde giden trenin hattı ilk işgal süresi başlangıcından, onu izleyen trenin hattı ilk işgal süresinin başlangıcına kadar olan zaman dilimi olarak alınmıştır (Ek-B). En küçük izleme sürelerinin hesabı Şekil 7.5 ve Denklem 7.1' de gösterilmektedir (Şahin, 1987; Pachl,2008).




**Şekil 7.5** Blok kesimindeki işgal yolu ve işgal süresi hesabı (Pachl, 2008)

$$t_{h,ij} = \text{maks}\ \{t_{be,1(k)} - t_{bb,2(k)}\},\ k = 1, \dots, n_b \tag{7.1}$$

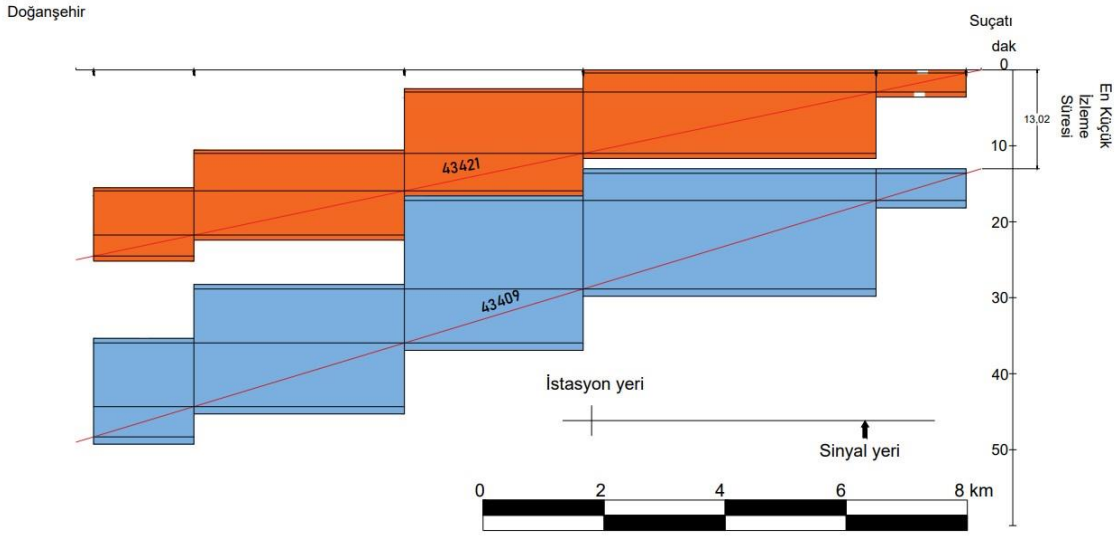
$t_{h,ij}$ : tren i'yi takip eden tren j için en küçük izleme süresi (dakika)

$t_{be,i(k)}$: k blok kesimindeki i treni için işgal süresi bitişi (dakika)

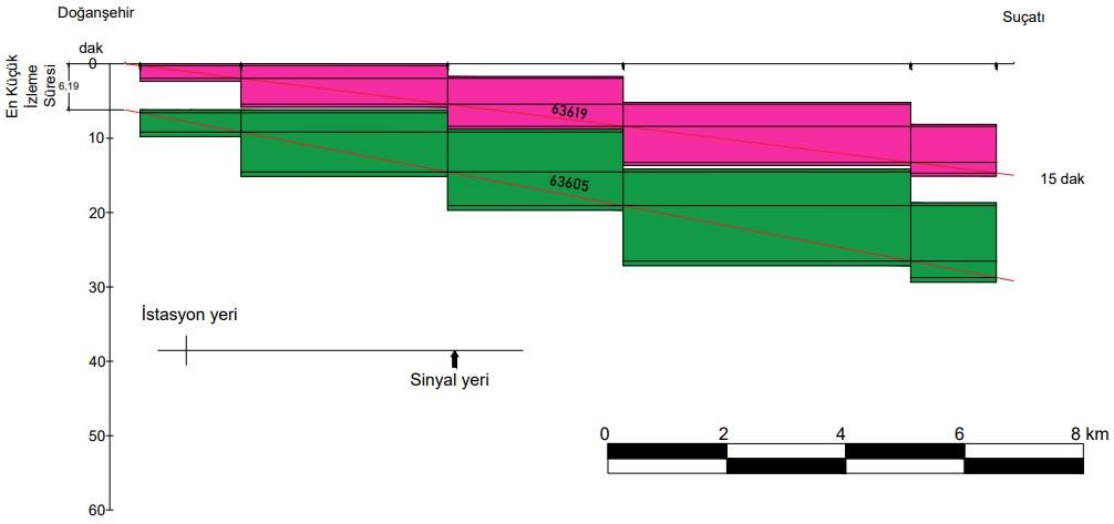
$t_{bb,j(k)}$: k blok kesimindeki j treni için işgal süresi başlangıcı (dakika)

$n_b$: blok kesimlerinin sayısı

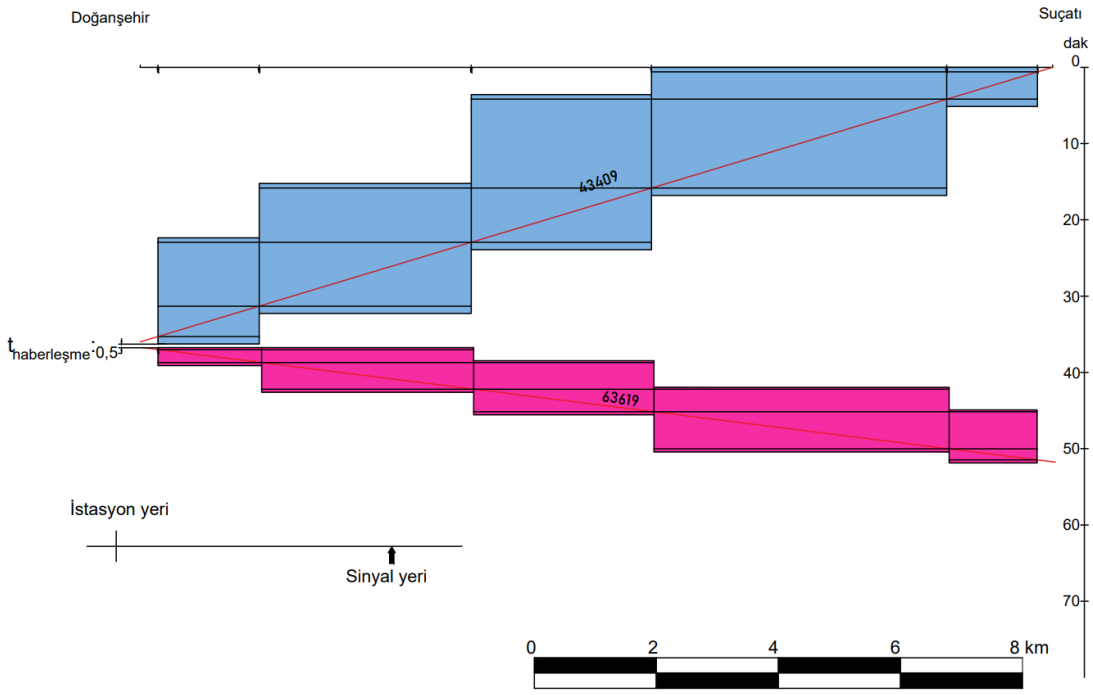
Malatya-Narlı güzergahında (Suçatı-Doğanşehir yönünde) hareket eden öncül ve artçıl trenler için işgal süresi basamaklarının ve en küçük izleme süresinin gösterimi EK-B'de verilmektedir. Şekil 7.6-8'de izleme durumlarının örnekleri gösterilmektedir.




**Şekil 7.6** Öncül tren 43421 ile artçıl tren 43409'un arasındaki izleme durumu




**Şekil 7.7** Öncül tren 63619 ile artçıl tren 63605'in arasındaki izleme durumu




**Şekil 7.8** Öncül tren 43409 ile artçıl tren 63619'un arasındaki izleme durumu

## 7.3 Ortalama En Küçük İzleme Süresinin Hesabı

Tek hatlı demiryollarının kapasite hesabında ortalama en küçük izleme süresi $\bar{z}$ orerden bağımsız yönteme göre hesaplandığında model trenler arasındaki tüm izleme durumlarını diğer bir ifadeyle tüm izleme kombinasyonlarını dikkate alır. Hesap, model trenlerin sayıları ve tüm izleme durumları için geçerli en küçük izleme sürelerinden yararlanılarak aşağıdaki gibi yapılır (Tablo 7.4 ve Denklem 7.2).

Hesap kesimine ait tren izleme durumları orer diyagramından sayılarak saptanmış ve en küçük izleme süresi tablosunun a satırına işlenmiştir (Tablo 7.3). En küçük izleme süreleri tablosunun ($n_i$). Sütunu ve ($n_j$). Satırı içine her bir katar türü grubuna ait trenlerin sayısı not edilmiştir. En küçük izleme süreleri tablosunun (b). satırına işlenmiştir (Tablo 7.4).

Sonuç olarak, ortalama trenler arası en küçük izleme süresi Denklem 7.3'te 18,73 dakika/tren olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 7.4** En küçük izleme süreleri matrisi

| | | | | Artçıl Tren j | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **43421 D←S** | **43409 D←S** | **63619 D→S** | **63605 D→S** | **63601 D→S** |
| | | | | 15 | 5 | 14 | 12 | 1 |
| **Öncül Tren i** | **43421 D←S** | 15 | a | 225 | 75 | 210 | 180 | 15 |
| | | | b | 14,12 | 13,02 | 25,50 | 25,50 | 25,50 |
| | | | c | 3177,00 | 976,5 | 5355,00 | 4590,00 | 382,50 |
| | **43409 D←S** | 5 | a | 75 | 25 | 70 | 60 | 5 |
| | | | b | 21,70 | 20,32 | 36,50 | 36,50 | 36,50 |
| | | | c | 1627,5 | 508 | 2555 | 2190 | 182,5 |
| | **63619 D→S** | 14 | a | 210 | 70 | 196 | 168 | 14 |
| | | | b | 15,50 | 15,50 | 8,47 | 6,19 | 5,84 |
| | | | c | 3255 | 1085 | 1660,12 | 1039,92 | 81,76 |
| | **63605 D→S** | 12 | a | 180 | 60 | 168 | 144 | 12 |
| | | | b | 23,50 | 23,50 | 15,64 | 12,99 | 8,96 |
| | | | c | 4230,00 | 1410,00 | 2627,52 | 1870,56 | 107,52 |
| | **63601 D→S** | 1 | a | 15 | 5 | 14 | 12 | 1 |
| | | | b | 41,50 | 41,50 | 33,13 | 29,37 | 23,15 |
| | | | c | 622,50 | 207,50 | 463,82 | 352,44 | 23,15 |

a: $n_i * n_j$

b: $z_{ij}$

c: $z_{ij} * n_i * n_j$

$$\bar{z} = \frac{\sum c}{\sum a} = \frac{\sum z_{ij} * n_i * n_j}{\sum n_i * n_j} \text{ (dakika/tren)} \qquad (7.2)$$

Burada,

$\bar{z}$: Ortalama en küçük izleme süresi (dakika/tren)

$n_i$: Öncül i model treninin sayısı

$n_j$: Artçıl j model treninin sayısı

$z_{ij}$: Öncül i model treni ile artçıl j model treni arasındaki en küçük izleme süresi

$$\bar{z}=\frac{\sum c}{\sum a}=\frac{40580,81}{2209,00}=18,37 \text{ (dakika/tren)} \quad (7.3)$$

## 7.4 Kapasite Kullanımının Hesaplanması

Kapasite kullanım değerleri, işletmenin kabul edilebilir kalite sınır koşulları oluşturması ve kötüleşen işletim kalitesini artırmak için tüm sektörlerde karar vermek için bir gösterge olarak kullanılabilir. Ayrıca, kapasite kullanım değerleri, mevcut kapasite kullanımını ve trenlerin öncelik sıralamasını yönetmek için bir temel oluşturmaktadır. Çoğu durumda, belirli bir altyapı üzerindeki olası tren çizgilerinin sayısı da bu durumu etkilemektedir. Kapasite kullanım değerinin %100'ün altında veya üzerinde olmasına bağlı olarak, bazı tren çizgilerinin (yani, hizmetlerinin) planlanan zaman çizelgesine eklenmesi veya çıkarılması gerekebilir (UIC, 2013).

UIC tarafından yayınlanan UIC Kod 406 belgesinde sunulan yöntemde; mevcut işletme koşullarında kapasitesi değerlendirilen hatta işletilen trenlerin işgal süreleri toplamının, dikkate alınan işletme süresine oranının, Tablo 7.5'te önerilen maksimum işgal oranları ile karşılaştırılması gerektiğini belirtmektedir. İşgal süresi oranın hesabı Denklem 7.4'te verilmektedir.

$$\text{İşgal süresi oranı (\%)}=\frac{\text{İşgal süresi}}{\text{İşletme süresi}}*100 \quad (7.4)$$

Doğanşehir-Suçatı arasında (hesap kesimi), 24 saat (1440 dak) boyunca işletilen 47 adet trenin işgal süresi basamakları sıkıştırılmış (Ek-A) ve minimum işgal süresi 703,80 dak. (≈11,73 saat) bulunmuştur. Tampon süre için kalan toplam süre 736,20 dak (≈12,27 saat) olarak hesaplanmıştır. Gecikme aktarımının kısmen veya tamamen önlenmesi amacıyla, trenler arasında bırakılması gereken ek süre 15,66 dakikadır. Buna göre işgal süresi oranı %48,88 olarak hesaplanmıştır (Denklem 7.5).

$$\frac{703{,}80}{1440} * 100 = 48{,}88\ (\%) \tag{7.5}$$

**Tablo 7.5** Hatların verimli kullanım oranları (%) (UIC, 2013)

| Hattın Türü | Zirve boyunca | Gün boyunca |
|---|---|---|
| Banliyö hattı | 85 | 70 |
| Yüksek hızlı tren hattı | 75 | 60 |
| Karma trafik hattı | 75 | 60 |

Tablo 7.5'ten yaralanarak şu şekilde bir çıkarım yapılabilmektedir. Hattın hesap kesiminin trenler tarafından işgal edilme oranı %48,88 olmaktadır. Yani, hiçbir tampon süre kullanmaksızın, trenlerin sadece en küçük izleme süreleriyle birbirini izlemeleri durumunda, 1440 dakikalık (bir günlük) bir sürenin 703,80 dakikası trenler tarafından kullanılmakta, geriye kalan 736,20 dakikası ise çeşitli sebeplerle kaybedilmektedir. Bu nedenle verim %48,88 düzeyinde kalmaktadır. Bu kayıp süre, işletilen tren sayısına bölünerek, trenlerin arasında bırakılabilecek tampon sürenin büyüklüğü tahmin edilebilmektedir. Malatya-Narlı hattının Tablo 7.5'e göre karma trafik için verimli kullanım düzeyi zirve boyunca %75, gün boyunca %60 olması ideal durumdur.

Kabul edilebilir bir hizmet kalitesi elde etmek için işgal süresine eklenecek ek süre oranlarının tavsiye edilen değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir (Tablo 7.6).

**Tablo 7.6** Hatların ek süre oranları (%) (UIC, 2013)

| Hattın Türü | Zirve boyunca | Gün boyunca |
|---|---|---|
| Banliyö hattı | 0,18 | 0,43 |
| Yüksek hızlı tren hattı | 0,33 | 0,67 |
| Karma trafik hattı | 0,33 | 0,67 |

Tablo 7.6'da karma trafik için kabul edilebilir maksimum ek süre oranlarının gün boyunca %67 olması gerekmektedir.

Ek süre Malatya-Narlı arasında yeterli düzeydedir. Diğer bir ifadeyle, bu kesimde işletilen trenler arasındaki gecikme aktarımını azaltacak düzeyde tampon süre rezervi bulunmaktadır. Hat kapasitesi bu nedenle yeterlidir.

Kapasite kullanım değerleri, tanımlanan demiryolu hattı bölümlerinin altyapı ve işletim özelliklerini yansıtmaktadır. Demiryolu hattı boyunca en yüksek kapasite kullanım değerine sahip hat kesimi, bu demiryolu hattı için "darboğaz" kesimidir. Bu çalışmada Doğanşehir-Suçatı istasyonları aralığı potansiyel darboğaz olarak belirlenmiştir. Kabul edilebilir ek süreler henüz aşılmadığından, fiili darboğaz etkileri henüz gözlenmemektedir.

Aynı zamanda kapasite kullanım değerleri, tekil tren çizgilerinin zaman çizelgesi özellikleri aracılığıyla ifade edilen temel kapasite kavramını yansıtır ve bu nedenle darboğazları belirlemek için kullanılır. Buradan hareketle, kapasite kullanımı (aynı zamanda doluluk oranı ile ek zaman oranı arasındaki tavsiye edilen oran) Denklem 7.6'ya göre değerlendirilir (Černá vd., 2018). Buna göre, Malatya-Narlı hattının kapasite kullanımı, önerilen %67 ek süre oranı dikkate alındığında, %81,62 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kapasite Kullanımı (\%)} = \left[\frac{\text{İşgal süresi} * (1 + \text{Ek süre oranı})}{\text{Hattın işletme süresi}}\right] * 100 \qquad (7.6)$$

$$\left[\frac{703{,}80 * (1 + 0{,}67)}{1440}\right] * 100 = 81{,}62\ (\%) \qquad (7.7)$$

## 7.5 Kapasite Kullanımının Değerlendirilmesi ve Öneriler

Kabul edilebilir hizmet kalitesi, %100'e kadar olan kapasite kullanım değerleri ile temsil edilmektedir. %100'ün ötesindeki kapasite kullanım değerleri bir darboğazı temsil etmektedir. Bu durum da daha düşük hizmet kalitesi anlamına geldiğinden, zaman çizelgesine veya altyapı iyileştirme önlemlerine başvurulmalıdır.

%100'ün altındaki kapasite kullanım değerleri ise, mevcut kapasiteyi ve dolayısıyla tanımlanan demiryolu hattı bölümü boyunca ilave tren çizgileri potansiyelini temsil etmektedir (UIC, 2013).

Tablo 7.5 ve 7.6'da karma trafik koşullarında 1440 dakika süre için önerilen sınırlar gösterilmiştir. Kapasite kullanım değeri %100 sınırının altında ise kapasitenin bir kısmının hala kullanılmadığı söylenebilir. Aksi takdirde, tavsiye edilen sınır değerler aşılırsa (örneğin, Tablo 7.5 ve 7.6), zaman çizelgesinin, hizmet kalitesinin ve hattın planlanan fizibilitesinin tehlike altında olma riski yüksektir (Černá vd., 2018).

Denklem 7.8'den kapasite kullanım oranı %81,62 olarak bulunmuştur. Bu durum bize kullanılan kapasite kullanımı ile tavsiye edilen limit oranları arasındaki dengenin, tanımlanan zaman diliminde sağlandığını göstermektedir.

Bu tez kapsamında, hat kapasitesini değerlendirmek için sıkıştırılmış bir zaman çizelgeleme modeli kurulmuş ve işgal (bloklama süreleri) önceden sabitlenmemiş, fiili işletimin durumu dikkate alınmıştır. Malatya-Narlı Şehirlerarası Demiryolu hattında yapılan bu örnek çalışma, kapasiteyi etkileyen ana faktörlerin belirlenmesine yardımcı olmuş; böylece, iki ardışık tren arasındaki süresinin azaltılması veya trenlerin hızlarının artırılması durumunda kapasitenin iyileştirilebileceğini göstermiştir.

Demiryolu altyapı kapasitesinin kullanımı, skaler bir değerle veya bir saat/bir gün içinde çalışabilen bir dizi trenle ölçülemez, çünkü tren hareketleri ile demiryolu altyapı kapasitesi kullanımı büyük ölçüde bunların nasıl kullanıldığına bağlıdır. UIC Kod 406'da belirtildiği gibi, tüm trenlerin benzer bir hız profiline sahip olması

durumunda bir hattın demiryolu kapasitesinden en verimli şekilde yararlanılabilir. Bu trenlerin hız profilinin önemli ölçüde farklı olması halinde, mevcut demiryolu altyapı kapasitesi daha az olacaktır (Klabes, 2010).

Sonuç

Hesaplamalara göre, karma trafik için belirlenen işgal süresi oranı uygun koşulların altında kalmakta, ek süre oranı da yeterli olmaktadır. Bu durum, kapasitenin verimli bir şekilde kullanılması için işgal süresi oranının maksimum değerlere kadar artırılabileceğini ve böylece ek süre oranının uygun değerlere kadar düşürülebileceğini göstermektedir. Bu sayede de ek süre oranı azaltılarak, kapasitenin verimli kullanım oranı ve hizmet kalitesi parametreleri artırılmış olacaktır. Bu da AY'ler için mevcut kapasite koşulları altında, hala çizelgeye eklenebilecek tren çizgilerinin olduğunu göstermektedir. Yani, mevcut kapasite koşulları altında DTİ'lere daha fazla kapasite tahsisi yapılabileceği anlamına gelmektedir. Ülkemiz demiryollarında gelecek yıllarda rekabetin artmasıyla daha fazla DTİ'i pazara girecektir. Bu durum beraberinde darboğaz sorunlarını getirecektir. Kapasite yetersiz hale gelecektir. Bu durumda kapasite tahsisine ilişkin sorunlara neden olacaktır. Çözüm olarak kapasite tahsis yöntemlerinde önerilen optimizasyon yaklaşımlarına ihtiyaç duyulacaktır.

# 8
# SONUÇ VE ÖNERİLER

Hükümetler, ulaştırma ağındaki trafiğin kapasiteden daha hızlı bir şekilde büyümesinin maliyetli ve yıkıcı bir etkisi olduğunun, bu sebepten ötürü de sadece karayolu kapasitesinin artırılmasının finansal ve sosyal sebeplerden mantıklı olmadığının farkına varmışlardır. Ayrıca dünyada karbon salınımlarına yol açan kaynakların başında ulaşım ve taşımacılık sektörleri gelmektedir. Bu sebepten ötürü çevreci demiryolu altyapı yatırımlarına öncelik verilmesi gerekmektedir. Çünkü, ulaşım türleri arasında demiryolları, karbon salınımının azaltılmasında çok önemli bir ulaşım türüdür. Tüm bu etkenler göz önüne alındığında Türkiye ve dünyada demiryollarında serbestleşme süreci son yıllarda hız kazanmıştır.

Serbestleşmeyle birlikte ülkeden ülkeye değişen demiryolu organizasyon yapıları ortaya çıkmıştır. AB ülkeleri başarılı olarak nitelendirilen dikey ayrım modelini benimsemiştir. Altyapıya erişimde ayrımcılığın ortadan kaldırılmasının gerekli olduğu ve dolayısıyla rekabetin gelişmesine yardımcı olduğu varsayıldığından, dikey ayrım sıklıkla savunulmaktadır (Drew & Nash, 2011). Fakat dikey ayrımın zorunlu kılınıp kılınmayacağını düşünmeden önce, demiryolu endüstrisinde rekabeti, verimliliği ve büyümeyi belirleyen faktörlerin çok daha iyi anlaşılması için literatürde ayrıca araştırılması gerekmektedir. Akademik literatür, dikey ayrılmanın verimlilik kazanımlarına yol açtığına dair hiçbir kanıt sağlamamaktadır, ancak rekabeti başlatmak için dikey ayrılmanın gerekli olması durumda dolaylı olarak verimliliği artırabileceğini göstermektedir (Drew & Nash, 2011).

İngiltere, demiryolları altyapı yönetimi ve işletiminin ayrılmasından dolayı dikey ayrım modelini benimsemiştir. Fakat hem yük taşımacılığında hem yolcu taşımacılığında birden fazla DTİ'nin yer almasından ötürü yatay ayrım söz konusudur.

Fransa, Altyapı yönetimi ve demiryolu işletimi, ortak bir grup olan SNCF yapısına ait olmalarına rağmen farklı birimler tarafından yürütülmektedir. Bundan dolayı Fransız demiryolu pazarı bir dereceye kadar dikey olarak ayrılmıştır. SNCF'den bağımsız altyapı yöneticileri olması ve taşımacılık hizmeti yapan birden fazla DTİ'nin yer almasından ötürü de yatay olarak ayrılmıştır.

Almanya demiryolu pazarı hem dikey hem de yatay olarak ayrılmıştır. Ancak altyapı yöneticileri ve demiryolu işletmecileri aynı holding şirketine (DB Grup) aittir. Birden fazla AY ve DTİ bulunmaktadır. Altyapı yönetimi bölgelere göre yatay olarak ayrılmıştır. Birden fazla DTİ'nin bulunmasından ötürü de taşımacılık hizmetleri de yatay olarak ayrılmıştır.

Japonya özelleştirme yoluyla demiryollarında yapısal olarak değişikliğe gitmiştir. Bu kamu özel şirketleri kendi bünyesinde demiryolları hizmetlerini sunmaktadır. AB demiryolu organizasyon yapısıyla kıyaslandığı zaman taşımacılık hizmetlerini birden fazla DTİ yürütmesinden dolayı yatay ayrım söz konusudur. Fakat bu özel şirketler de kendi bünyesinde altyapı yönetimi ve işletiminden sorumludur. Dolayısıyla ilgili işletme bölgelerinde dikey olarak entegredirler.

İsveç demiryolları altyapı yönetimi ve demiryolları işletimini ayırmasından dolayı dikey ayrım modelini benimsemiştir. Aynı zamanda işletim kısmında farklı hizmetler sunan birkaç DTİ'nin olması yatay ayrıma yol açarken, altyapı yönetimi kısmının ise tek bir ulusal altyapı yöneticisi olmasıyla yatay bütünleşiktir.

Amerika demiryolu pazarı, demiryolu altyapı yönetimi ve işletimi arasında herhangi bir ayrım olmadığı için dikey bütünleşik bir organizasyon modeli hakimdir.

Türkiye demiryollarının organizasyon yapısı AB'nin benimsemiş olduğu dikey ayrım modelidir. Almanya ve Fransa demiryollarının organizasyon yapısıyla benzerdir. Çünkü altyapı ve işletme faaliyetlerinin aynı şirket çatısı altında farklı tüzel kişiliklerin yönetimi altında olduğu bir yapı mevcuttur. Şirket %100 devlete aittir. Birçok AB ülkesinde olduğu gibi birden fazla DTİ'nin olmasından ötürü de taşımacılık hizmetleri yatay olarak ayrılmıştır. Fakat Almanya ve Fransa demiryolu organizasyon yapısındaki farklar ise; tek bir AY'nin (TCDD) bulunması ve mevcut

durumda yalnızca yük taşımacılığı hizmeti yapan birden fazla DTİ mevcuttur. Taşımacılık hizmetlerinde rekabetin olmasından ötürü, bu yönüyle daha çok Amerika demiryolları yapısıyla benzerdir.

Demiryolu endüstrisindeki serbestleşmeden elde edilecek potansiyel verimlilik kazanımları hakkında belirsizlikler mevcuttur. Serbestleştirilmiş demiryolu endüstrisindeki kurumsal detayların, potansiyel verimlilik kazanımlarının gerçekleşmesini sağlayacak şekilde seçildiğine dair netlik yoktur. İncelenen literatürün çoğundan tek bir şey netlik kazanmaktadır: Avrupa demiryolu sektörü genel olarak 1950'ler ve 1960'ların azalan demiryolu taşımacılığı pazar payı rakamlarına son vermeyi başarmıştır. Demiryolu ile yolcu ve yük taşımacılığının pazar payları son yıllarda yeniden yükselmektedir. Görünen o ki, çoğu Avrupa ülkesinde geleneksel bütünleşik ve devlete ait demiryolu şirketleri varlığını yitirmiştir (Wolff, 2011).

Bazı ülkeler hem yolcu hem yük taşımacılığı hizmetleri için DTİ'ler arasında rekabeti başlatmayı veya artırmayı amaçlamaktadır. Ancak rekabet kendi başına bir amaç değil, daha verimli bir demiryolu elde etmenin bir yoludur. Bunun başarılı olabilmesi için, kapasite tahsis sürecinin adil, şeffaf ve öngörülebilir olması ve muhtemel DTİ'lerin kendilerine hangi kapasitenin tahsis edileceğini önceden görmelerine izin verilmesi gerekmektedir. Pazar açısından verimli olması ve tüketicilere paranın en iyi karşılığını verebilmesi için DTİ'lerin aynı zamanda hizmetlerini sunma kapasitesine sahip olması gerekir. Çok az ülkede bu ölçütleri karşılayan kapasite tahsis süreçleri mevcuttur.

Düzenlemeler, rekabeti ve pazar açılımını teşvik ederek demiryolu sektörünü geliştirmesine katkı sağlar. Bu gelişim, Altyapı kapasitelerinin verimli kullanımının artmasına yol açmalı ve uluslararası taşımacılıkta daha entegre bir hizmet oluşturmalıdır (Özkan vd., 2016).

Avrupa'da kamuya açık demiryolu sistemlerinde demiryolu kapasitesi tahsisi için başlatılan rekabet, kapasite tahsis sürecini ciddi şekilde etkilemektedir. Geçmişte tüm planlamayı tek bir bütünleşmiş demiryolu şirketi gerçekleştirmekteydi. Günümüzde demiryollarının dikey olarak ayrılmasından sonra AY planlama

sürecinde sınırlı bilgiye sahip hale gelmiştir aynı zamanda DTİ'lerin gizli bilgilerine saygı duyulması gerekmektedir. Ayrıca, yeni demiryolu işletmeleri yerleşik demiryolu işletmeciliği pazarına girerek planlama sürecinin karmaşıklığını artırmaktadır. Ancak demiryolu pazarındaki serbestleşme potansiyelini açığa çıkarmanın uzun soluklu bir süreç olduğu görülmektedir (Schlechte, 2011).

Avrupa'daki ulusal demiryolu şirketlerinin serbestleştirilmesi ve ayrılması nedeniyle, matematiksel optimizasyon tekniklerinin demiryolu operasyonlarına aktarımı devam edecektir. Gelecekte, rekabetin verimliliği artıracağı ve bilgi teknolojisi ve matematiksel modellerin artan bir şekilde kullanılmasına yol açacağı umulmaktadır. Karmaşık ve büyük ölçekli planlama problemlerini çözmek için karar destek sistemlerinin, DTİ'ler için gerekli araçlar haline gelebileceği öngörülmektedir. Gelecekte, içinde optimizasyonu olan son teknoloji planlama sistemleri, "manuel" çözümün yerini alacaktır. Burada verilmesi gereken mesaj, optimizasyonun, yani matematiksel modellerin ve çözüm yöntemlerinin, şimdi ve gelecekte demiryolu planlama zorluklarını desteklemek için önceden belirlenmiş olmasıdır (Schlechte, 2012a).

Türkiye'nin demiryolu sektörüne baktığımız zaman demiryollarında serbestleşme hareketleri dünyada 19. yy. da başlarken, bu konuda ülkemizde ilk adım 2013 yılında serbestleşme kanunun yürürlüğe girmesiyle başlamıştır. Dünya örnekleriyle kıyasladığımız zaman, maliyetlerin düşürülmesi ve hizmet kalitesinin artırılması için rekabet ortamının oluşturulması gerekmektedir. Mevcut durumda TCDD Taşımacılık A.Ş'nin yük trenleri ve birkaç DTİ ile yük taşımacılığı hizmeti vermektedir. Yük taşımacılığında DTİ sayısı artmalı ve yolcu taşımalığı için DTİ'ler rekabet durumuna gelmeli ve teşvik edilmelidir. Günümüzde TCDD tarafından yayınlanan şebeke bildirimlerindeki karar ölçütleri tahsis işleminin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. Fakat, artan rekabet beraberinde kapasite tahsis problemlerini getirecektir. Bu sebepten ötürü kapasite tahsis sürecinin koordinasyon evresine yönelik matematiksel optimizasyon tekniklerine dayalı çalışmalara yoğunlaşmak gerekmektedir. Burada önemli husus şeffaf ve sürdürülebilir bir tahsis mekanizmasının kurularak düşük maliyetle maksimum

verimin sağlanmasıdır. Bölüm 7'de Malatya-Narlı demiryolu hattı için yapılan örnek uygulamada kapasite kullanımı %81,62 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak günümüz için hat kapasitesi yeterli düzeydedir. Fakat artan rekabet koşularıyla birlikte, daha fazla DTİ'nin bu hat üzerinde yük taşımacılığı yapmak istemesi beraberinde tahsis sorunlarını da getirebilir. Tüm bu faktörler göz önüne alındığında bu tez çalışmasının gelecekte ülkemizde de yaşanabilecek tahsis problemlerine yönelik geliştirilebilecek yöntemler için literatüre katkı sağlaması umulmaktadır.

# KAYNAKÇA


Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M., Tormos, P., & Lova , A. (2008). An Assessment of Railway Capacity. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review, 55*(5), 774-806. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366554507000579 adresinden alındı

Affuso, L. (2003). Auctions of rail capacity? *Utilities Policy, 11*(1), 43-46. doi:https://doi.org/10.1016/S0957-1787(02)00057-7

Akbayır, Ö., & Öztürk, Ö. (2018). TÜRKİYE DEMİRYOLU SEKTÖRÜNDE SERBESTLEŞMEDEKİ MEVCUT DURUM. *ISERSE'18 4. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu.*

Ali, A. A. (2020). Methods for Capacity Allocation in Deregulated Railway Markets. A. A. Ali içinde, *Methods for Capacity Allocation in Deregulated Railway Markets* (s. 7-11). Norrköping: vti.

Ali, A., & Eliasson, J. (2019). Railway Capacity Allocation: A Survey of Market Organizations, Allocation Processes and Track Access Charges. Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI). https://ideas.repec.org/p/hhs/vtiwps/2019_001.html adresinden alındı

Ali, A., & Eliasson, J. (2021). European Railway Deregulation: An overview of market organization and capacity allocation. *Transportmetrica A: Transport Science*. doi:10.1080/23249935.2021.1885521

Aslan, Ö. (2012, Kasım). EUROPEAN RAILWAY REFORM: A study for Britain, Germany, France and the case of Turkey. *Yüksek Lisans Tezi*. İngiltere: Institute for Transport Studies. https://www.jeanmonnet.org.tr/portals/0/scholars_database_thesis/ozcan_aslan_tez.pdf adresinden alındı

Ayilaran, H. (2016, Ağustos). A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN BRITAIN AND JAPAN RAIL INDUSTRY BASED ON THEIR STRUCTURE AND OPERATIONS. *Yüksek Lisans Tezi*. doi:10.13140/RG.2.2.25262.10567

Borndörfer, R., Grötschel, M., Lukac, S., Mitusch, K., Schlechte, T., Schultz, S., & Tanner, A. (2005). *An Auctioning Approach to Railway Slot Allocation.* ZIB, Berlin. doi:10.1177/178359170600100204

Broman, E., & Eliasson, J. (2017). *A Mixed Method for Railway Capacity Allocation.* doi:164214651

Cao, C., & Feng, Z. (2020). Optimal capacity allocation under random passenger demands in the high-speed rail network. *Engineering Applications of Artificial Intelligence 88, 88*(103363). doi:10.1016/j.engappai.2019.103363

CER. (2011). *Reforming Europe's Railways – Learning from Experience.* (J. Drew, & J. Ludewing, Dü) Hamburg: DVV Media Group GmbH | Eurailpress.

Černá, L., Ľupták, V., Šulko, P., & Blaho, P. (2018). Capacity of Main Railway Lines – Analysis of Methodologies for its Calculation. *Naše More", 4*(64), 213:217. doi:10.17818/NM/2018/4SI.9.

DB Group. (2021). *About us*. Mayıs 8, 2021 tarihinde https://ir.deutschebahn.com/: https://ir.deutschebahn.com/en/db-group/about-us adresinden alındı

DfT. (2019, Nisan). Current railway models:Great Britain and overseas – Country summaries. ssets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/797923/current-railway-models-great-britain-and-overseas-country-summaries.pdf adresinden alındı

Drew, J., & Nash, C. (2011). Vertical separation of railway infrastructure - does it always make sense? *Working Paper*, 594. http://www.its.leeds.ac.uk/downloads/Working%20paper%20-%20Vertical%20separation%20of%20railway%20infrastructure%20Drew%20Nash%20submitted.pdf adresinden alındı

European Commission. (2001, Şubat). AVRUPA PARLAMENTOSU VE KONSEY DİREKTİFİ 2001/14 / EC. Avrupa Toplulukları Resmi Gazetesi. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0014&from=EN adresinden alındı

European Commission. (2021a). *European Commission*. Aralık 9, 2020 tarihinde Transport modes rail packages 2013: https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/packages/2013_en adresinden alındı

European Commission. (2021b). *European Commission*. Ekim 28, 2021 tarihinde European Rail: Challenges Ahead: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_13_45 adresinden alındı

Fragnelli, V., & Sanguineti, S. (2014). A game theoretic model for re-optimizing a railway timetable. *Eur. Transp. Res. Rev., 6*, 113-125. doi:10.1007/s12544-013-0116-y

Gasparik, J., & Zitricky, V. (2010). A New Approach to Estimating The Occupation Time of The Railway Infrastructure. *Transport, 25*(4), 387-393. doi:https://doi.org/10.3846/transport.2010.48

Gibson, S. (2003). Allocation of capacity in the rail industry. *Utilities Policy, 11*(1), 39–42. doi:10.1016/S0957-1787(02)00055-3

Gomez, J., & Ibanez. (2004). RAILROAD REFORM: AN OVERVIEW OF THE OPTIONS. *Conference on Railway Reform.* Madrid.

Haylen, A., & Butcher, L. (2017, Temmuz 27). Rail structures, ownership and reform. *Structural reform in the EU(7992)*, 40-43. https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-7992/CBP-7992.pdf adresinden alındı

Jovanovic, P., Pavlovic , N., & Milinkovic, S. (2019). A Graph Application for Design and Capacity Analysis of Railway Junctions. *International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis*, (s. 491-507).

Kemmeter, F. (tarih yok). *mediarail.wordpress*. Mayıs 28, 2021 tarihinde Sweden, 30 years of railway liberalisation: https://mediarail.wordpress.com/sweden-30-years-of-railway-liberalisation/ adresinden alındı

Kim, C. J., & Huang, M. C. (2019). The Privatization of Japan Railways and Japan Post: Why, How, and Now. ADBI Working Paper 1039. Tokyo: Asian Development Bank Institute.

Klabes, S. G. (2010, Ocak 14). Algorithmic Railway Capacity Allocation in a Competitive European Railway Market. *Doktora Tezi*. Rheinisch-Westf¨alischen Technischen Hochschule Aachen. http://publications.rwth-aachen.de/record/51543/files/Klabes_Sebastian.pdf adresinden alındı

Kzanakakis, K. (2019, Şubat). Railway Capacity Allocation ( an introduction). https://railhow.com/resources/railway-capacity-allocation-an-introduction/ adresinden alındı

Landex, A. (2007). Capacity Statement for Railways. *Annual Transport Conference at Aalborg University 2007.* Denmark.

Landex, A. (2008). Methods to estimate railway capacity and passenger delays. *Doktora Tezi*. Technical University of Denmark.

Lusby, R., Larsen, J., & Ehrgott , M. (2009). Railway track allocation: models and methods. *Springer*, 843-883. doi:10.1007/s00291-009-0189-0

Network Rail. (2021). *Network Rail.* https://www.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2019/11/Network-Statement-2021.pdf adresinden alındı

NetworkRail. (2021, Temmuz 30). *Our regions*. NetworkRail: https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/our-regions/ adresinden alındı

Nilsson, J.-E. (2002). Towards a welfare enhancing process to manage railway infrastructure access. *Transportation Research Part A, 36*(5), 419-436. doi:https://doi.org/10.1016/S0965-8564(01)00011-8

OECD. (2005). *Structural Reform in the Rail Industry.*

Özkan, T., Yangınlar, G., & Kalaycı, S. (2016). Railway Transport Liberalization: A Case Study of Various Countries. *Journal of Management and Sustainability, 6*. doi:10.5539/jms.v6n4p140

Pachl, J. (2008). Timetable Design Principles. J. Pachl, & D. R. Media (Dü.) içinde, *Railway Timetable & Traffic* (s. 9-42). Hamburg, Almanya: Eurailpress.

Park, B. H., Hong, S.-H., & Kim, C.-S. (2014). A new optimization model for railway slot allocation. *WIT Transactions on The Built Environment, 135*, 613-620.

Pouryousef, H., Lautala, P., & White, T. (2015). Railroad capacity tools and methodologies in the U.S. and Europe. *Journal of Modern Transportation*, 30-42. doi:https://doi.org/10.1007/s40534-015-0069-z

Prinz, D., MBA, & Höllmüller, I. (2005). Implamentation of the UIC 406 Capacity Calculation Method st Austrian Railways (ÖBB). Austria, Vienna: railway-research.org. railway research.org. adresinden alındı

Ranghetti., D. (2018). *RAILWAY REFORM IN THE ECE REGION.* New York and Geneva: UNITED NATIONS PUBLICATION.

Rotoli, F., & Ricci, S. (2014). Methodological Review for Capacity and Punctuality Assessment Procedures. *International Journal of Railway Research*, 31-47.

Rotoli, F., Cawood, E., & Soria, A. (2016). *Capacity assessment of railway infrastructure.* JRC Science Hub.

Schlechte, T. (2011). *Railway Track Allocation-Simulation and Optimization.* Berlin: ZIB.

Schlechte, T. (2012). *Railway Track Allocation.* Berlin: ZIB.

Schlechte, T. (2012, Şubat 15). Railway Track Allocation: Models and Algorithms. *Doktora Tezi*. Berlin: Mathematik und Naturwissenschaften der Technischen Universitat Berlin. doi:https://www.zib.de/schlechte/phdthesis.pdf

Schlechte, T., & Tanner, A. (2010). *Railway capacity auctions with dual prices.* Berlin: ZIB.

Servantie, D. (2015, Temmuz). AB VE TÜRKİYE DEMİRYOLU POLİTİKALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ. *İKV DEĞERLENDİRME NOTU*. İKTİSADİ KALKINMA VAKFI.

SNCF. (2021). *QUI SOMMES-NOUS ?* Mayıs 26, 2021 tarihinde https://www.sncf.com/: https://www.sncf.com/fr/groupe/profil-et-chiffres-cles/portrait-entreprise/qui-sommes-nous adresinden alındı

SNCF. (2021). *SNCF*. Mayıs 27, 2021 tarihinde SNCF IN 2020: NEW YEAR, NEW GROUP: https://www.sncf.com/en/group/profile-and-key-figures/about-us/sncf-2020-new-group adresinden alındı

Stojadinovica, N., Boskovica, B., Trifunovicb, D., & Jankovica, S. (2019). Train path congestion management: Using hybrid auctions for decentralized railway capacity allocation. *Transportation Research Part A, 129*, 123-139. doi:https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.08.013

Şahin, İ. (1987). Bir Demiryolu Güzergahının Hat Kapasitesinin Deterministik Yöntemle Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi. http://yordam.ktp.yildiz.edu.tr/tezpdf/0010307.pdf adresinden alındı

Şahin, İ. (1999). Railway traffic control and train scheduling based on inter-train conflict management. *Transportation Research Part B*, 511-534.

Şahin, İ. (2015). Demiryolu Planlaması ve İşletimi. *INS5505 Yüksek Lisans Ders Notları*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Tangül, Ö. (2014, Ağustos). Avrupa Birliği Demiryolu Reformu Deneyimleri ve Türk Demiryolu Sektöründe Serbestleşme Çalışmaları. *Ulaştırma ve Haberleşme Uzamanlığı Tezi*. Ankara.

TCDD. (2020a, Aralık 10). *TCDD*. Kurumsal: https://www.tcdd.gov.tr/content/31 adresinden alındı

TCDD. (2020b, Aralık 12). 2022 Şebeke Bildirimi. *6.0*. Ankara, Altındağ: TCDD.

TCDD. (2021). *TCDD* . Ağustos 3, 2021 tarihinde TCDD Hakkında: https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/hakkinda adresinden alındı

Tren Haber. (2020, Ekim 1). *TCDD 2020 Harita- Yüksek Çözünürlüklü Demiryolları Haritaları*. Kasım 2021 tarihinde Tren Haber: https://www.trenhaber.com/images/upload/tcdd_haritasi_turkiye_cumhuriyeti_devlet_demiryollari_guzegah_haritasi_hizli_tren_yol_haritasi_2016_trenhaber.jpg adresinden alındı

Turkerahi. (2016, Ekim 25). *Rail Turkey Tr*. Altyapıya erişmek ve kapasitenin doğru kullanımı: https://tr.railturkey.org/2016/10/25/altyapiya-erismek-ve-kapasitenin-dogru-kullanimi/ adresinden alındı

Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun. (2013, Mayıs 1). *Resmi Gazete, 53(28634)*. Resmi Gazete. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/05/20130501-1.htm adresinden alındı

UAB. (2015, Mayıs 2). Demiryolu Altyapı Erişim ve Kapasite Tahsis Yönetmeliği. *(29343)*. Türkiye: Resmî Gazete. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/05/20150502-3.htm adresinden alındı

UIC. (2013, Haziran). UIC Code 406. *Capacity Brochure*. International Union of Railways.

Uysal, O. (2020, Kasım 5). *Rail Turkey TR*. 03 18, 2021 tarihinde Özel yolcu trenleri geliyor mu?: https://tr.railturkey.org/2020/11/05/ozel-yolcu-trenleri-geliyor-mu/ adresinden alındı

Uysal, O. (2021, Nisan 2). *Rail Turkey TR*. Nisan 4, 2021 tarihinde İlk özel yolcu treni geliyor: Kapadokya Ekspresi: https://tr.railturkey.org/2021/04/02/ilk-ozel-yolcu-treni-geliyor-kapadokya-ekspresi/ adresinden alındı

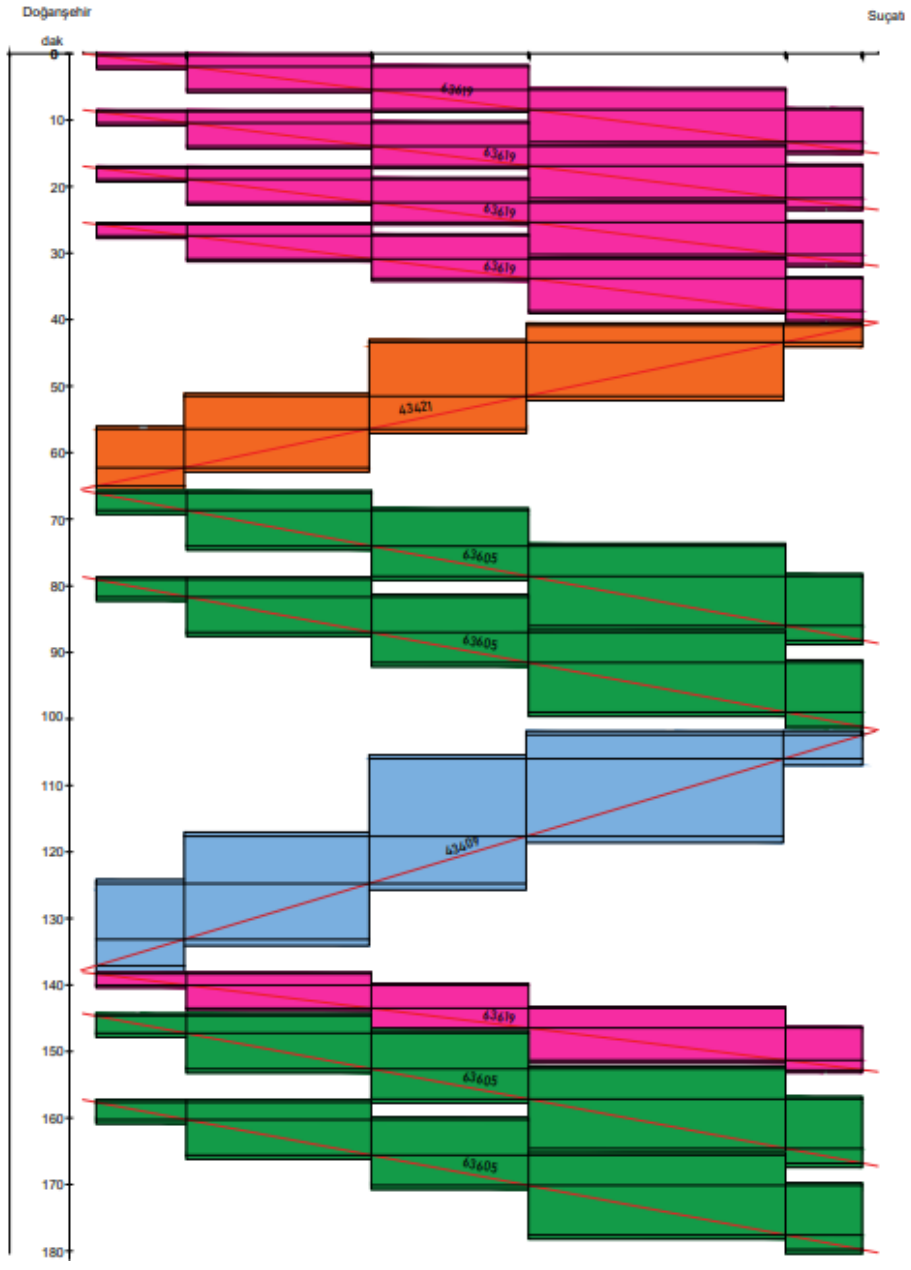
Westerberg, B. (2017, 3 28). Branschföreningen Tagoperatörerna-ASTOC. Brüksel. 5 28, 2021 tarihinde https://webgate.ec.europa.eu/multisite/primeinfrastructure/sites/default/files/1-b_swedish_rail_model__0.pdf adresinden alındı

wikipedia. (2021). *wikipedia*. Mayıs 27, 2021 tarihinde Rail transport in France: https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_France adresinden alındı

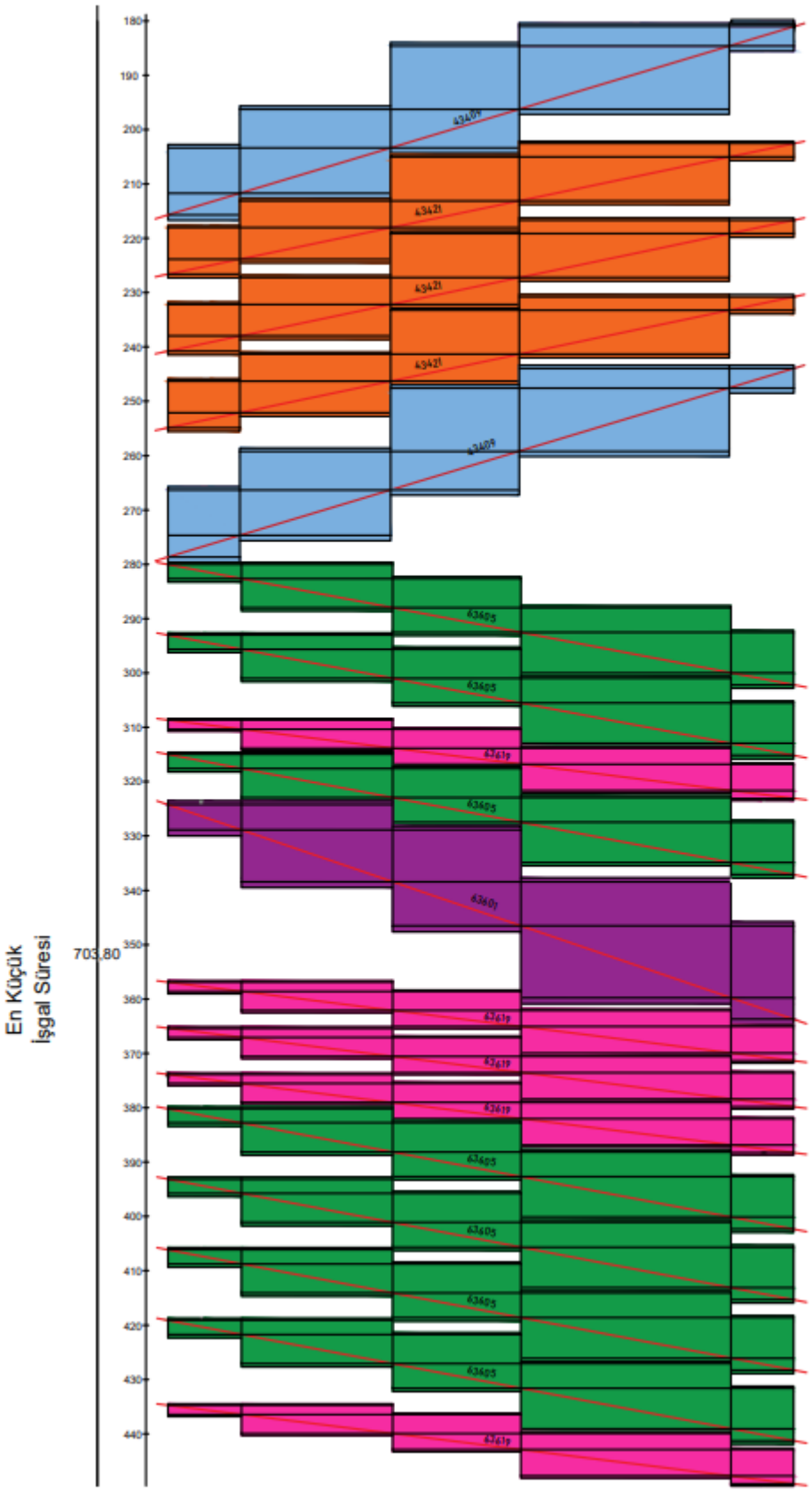
Wolff, J. W. (2011). *Organizationel Structures & Performance Evaluation of Railways.* TU Delft University of Technology.

# A

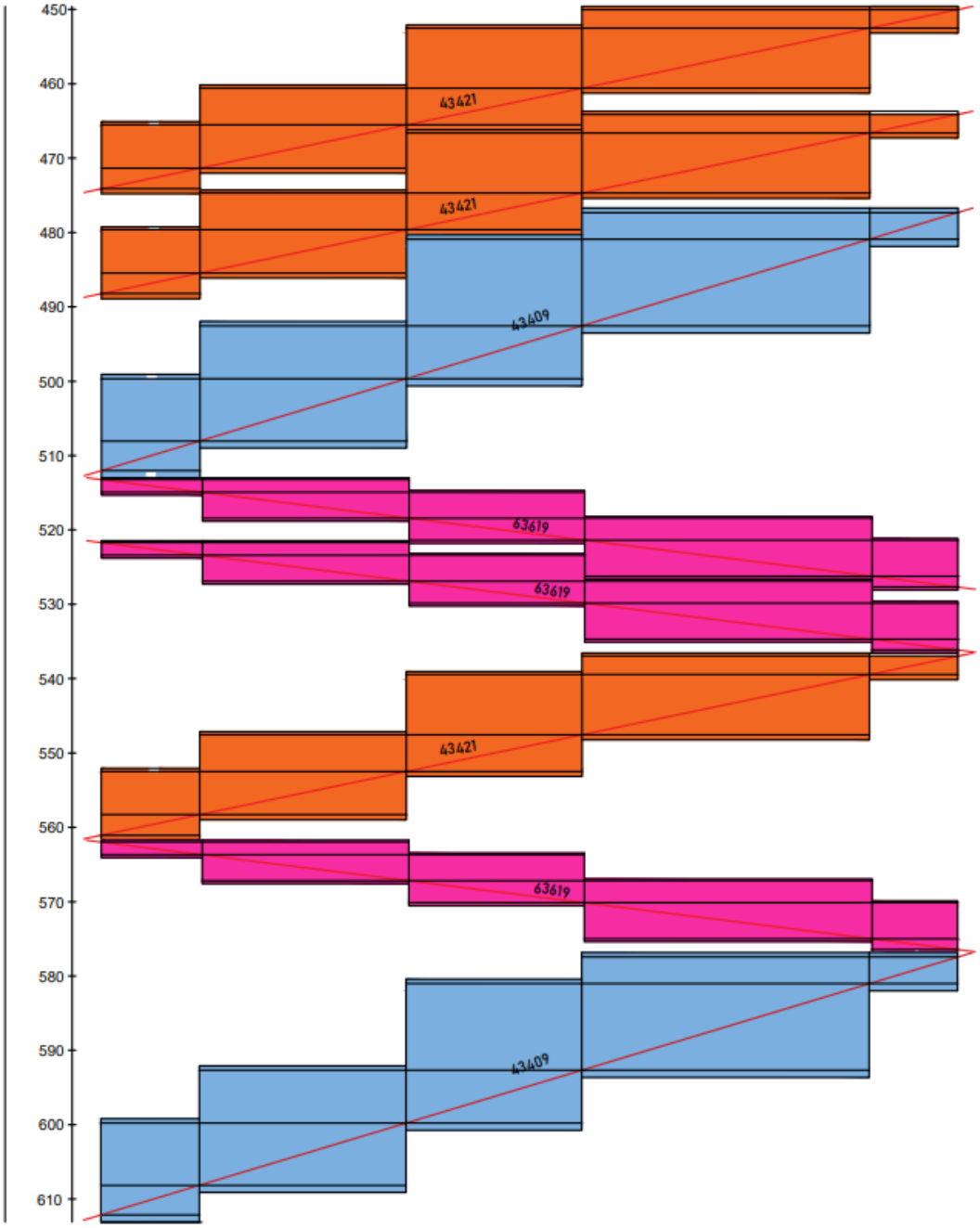
# TRENLERİN SIKIŞTIRILMIŞ TOPLU İŞGAL SÜRESİ



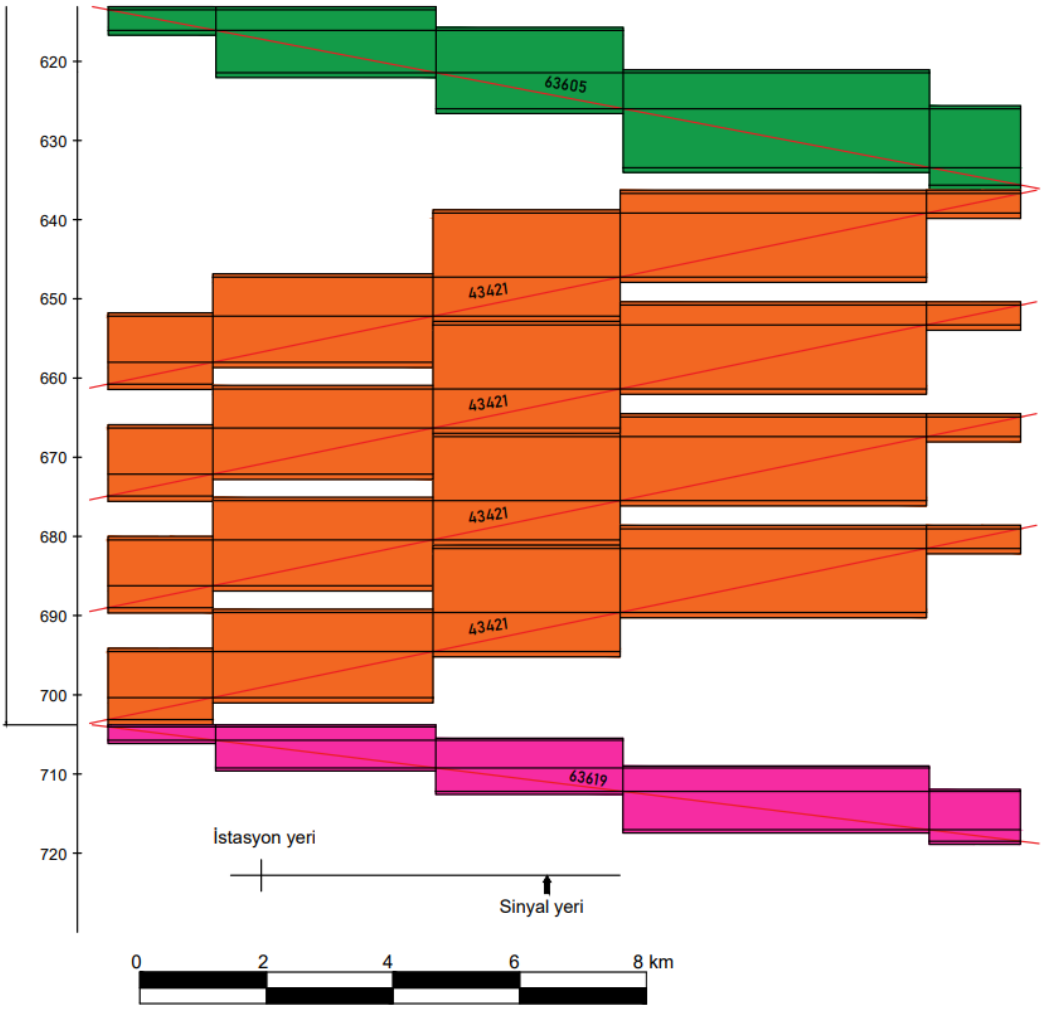

**Şekil A.1** Trenlerin sıkıştırılmış işgal süresi




**Şekil A.1** Trenlerin sıkıştırılmış toplu işgal süresi (devamı)



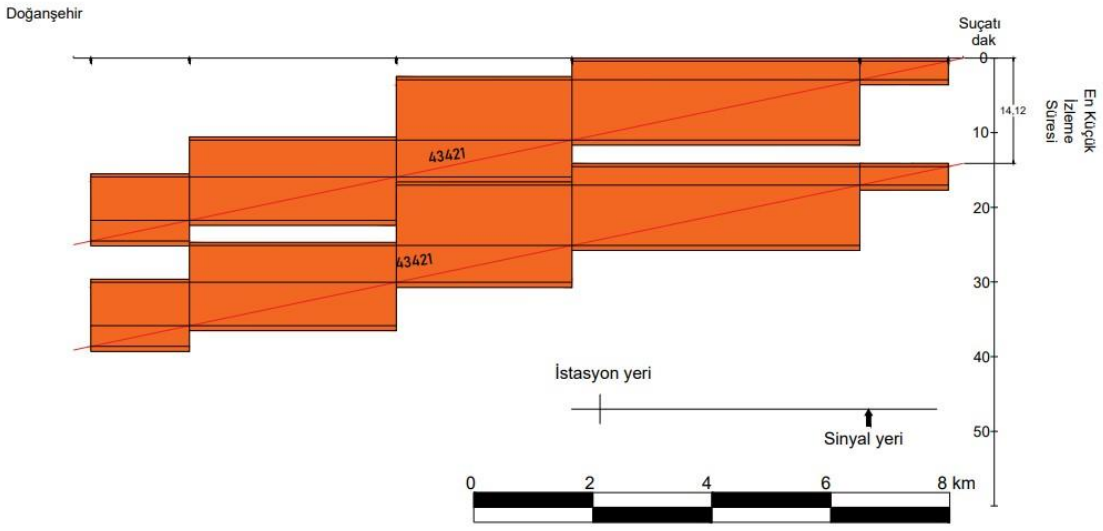

**Şekil A.1** Trenlerin sıkıştırılmış toplu işgal süresi (devamı)



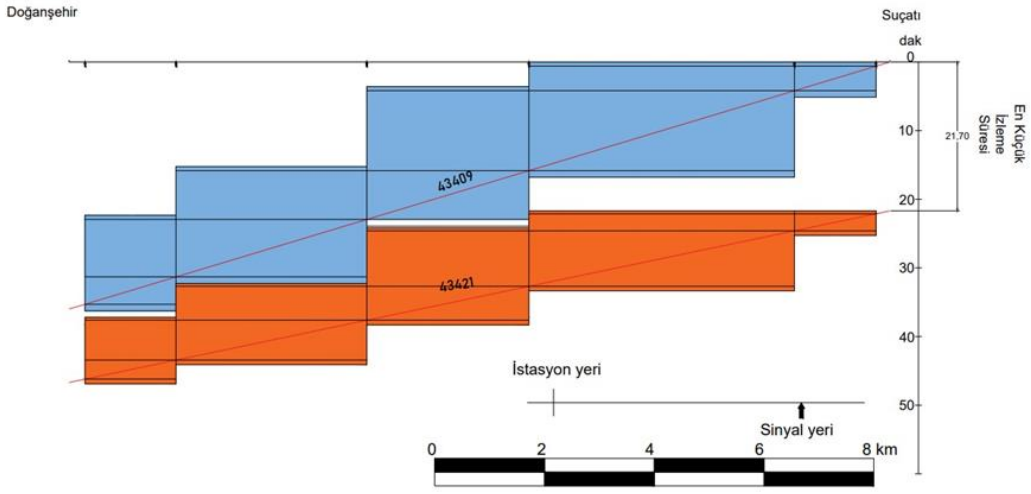

**Şekil A.1** Trenlerin sıkıştırılmış toplu işgal süresi (devamı)

# B

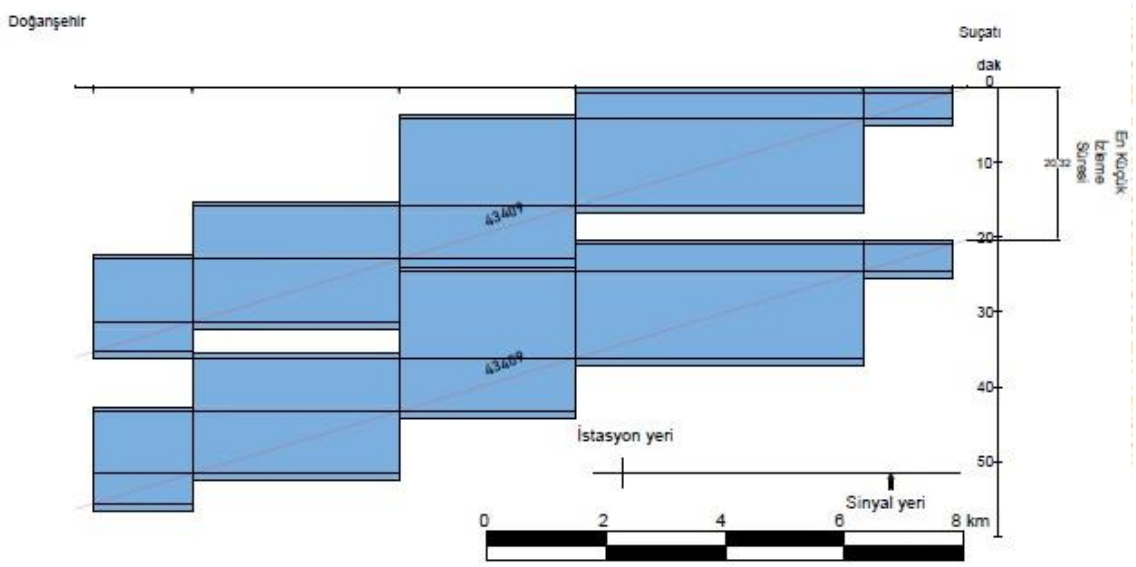
# MODEL TRENLER ARASINDAKİ İZLEME DURUMLARI



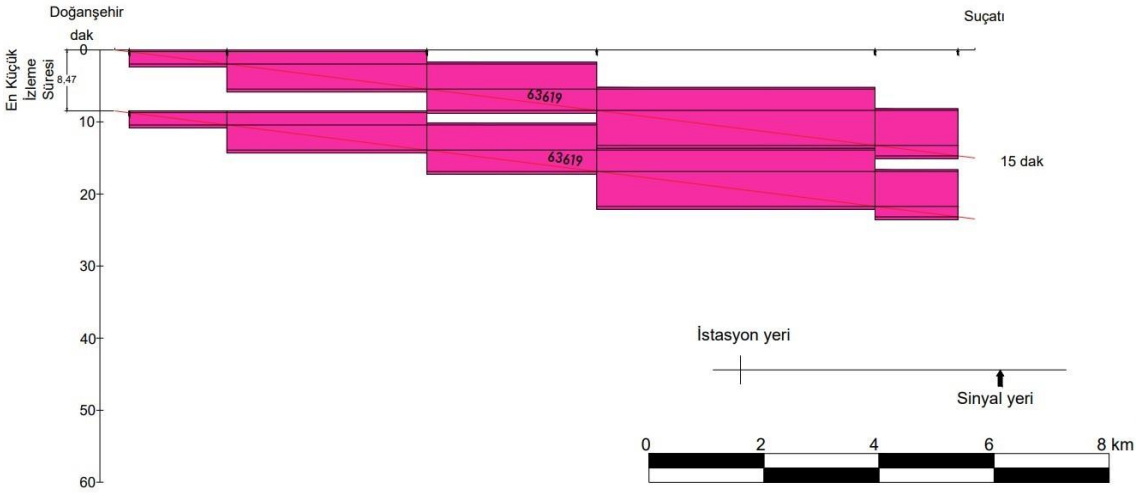

**Şekil B.1** Öncül tren 43421 ile artçıl tren 43421'in arasındaki izleme durumları



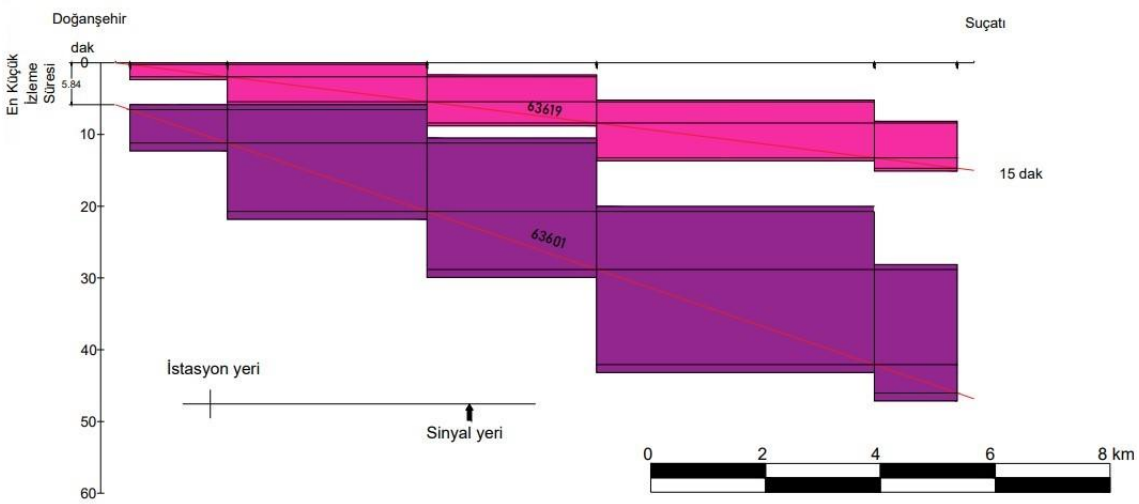

**Şekil B.2** Öncül tren 43409 ile artçıl tren 43421'in arasındaki izleme durumları



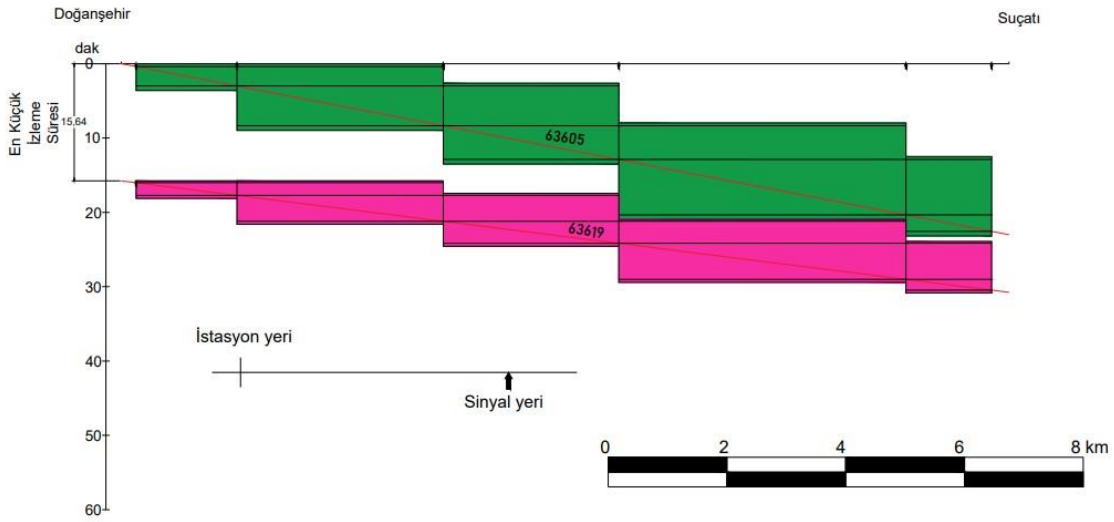

**Şekil B.3** Öncül tren 43409 ile artçıl tren 43409'un arasındaki izleme durumları



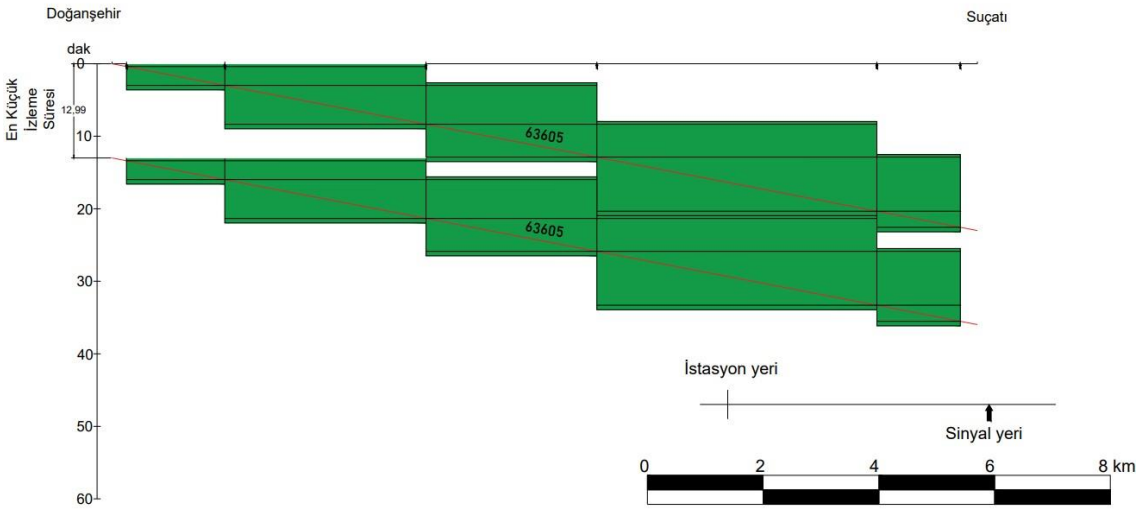

**Şekil B.4** Öncül tren 63619 ile artçıl tren 63619'un arasındaki izleme durumları



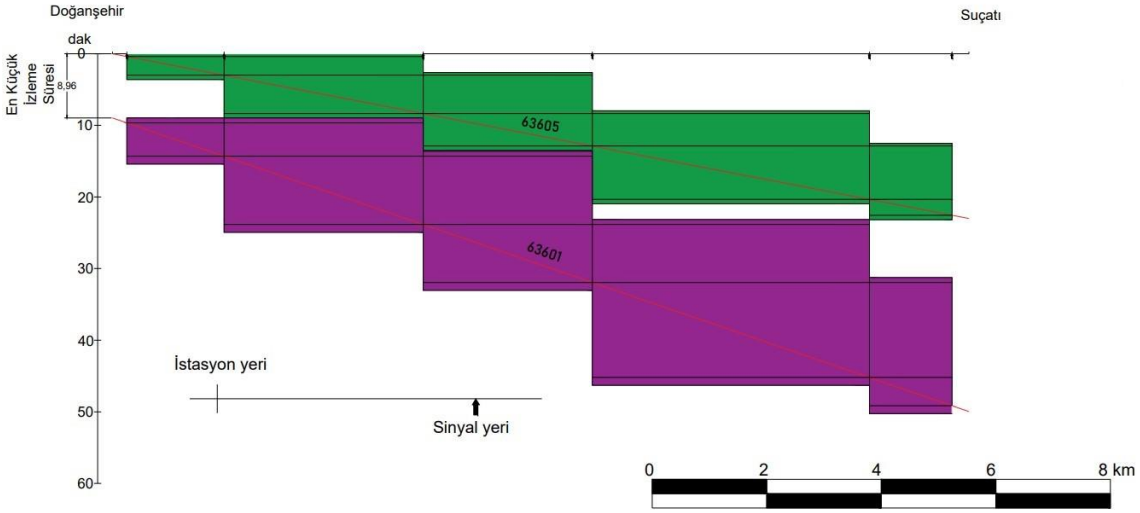

**Şekil B.5** Öncül tren 63619 ile artçıl tren 63601'in arasındaki izleme durumları



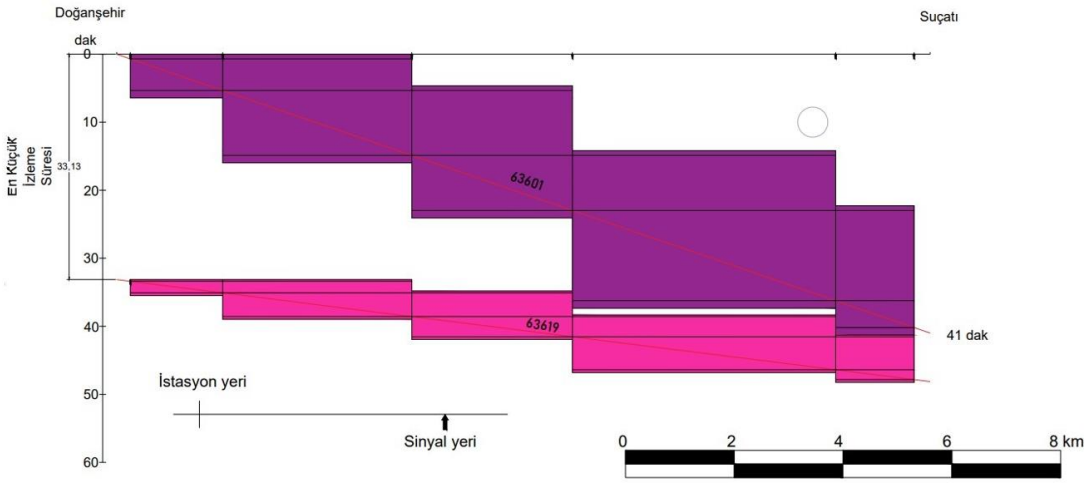

**Şekil B.6** Öncül tren 63605 ile artçıl tren 63619'un arasındaki izleme durumları



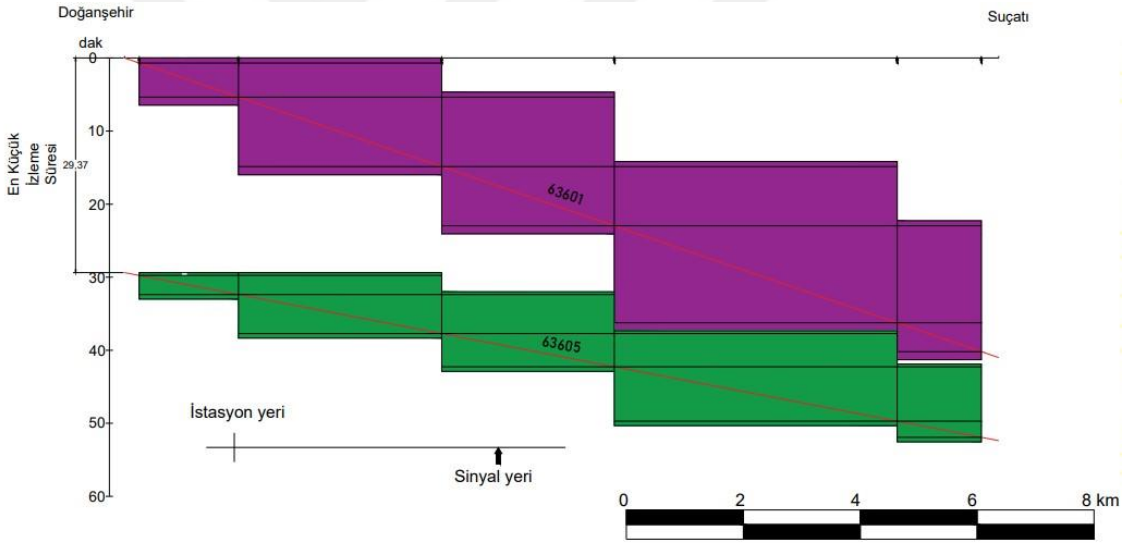

**Şekil B.7** Öncül tren 63605 ile artçıl tren 63605'in arasındaki izleme durumları



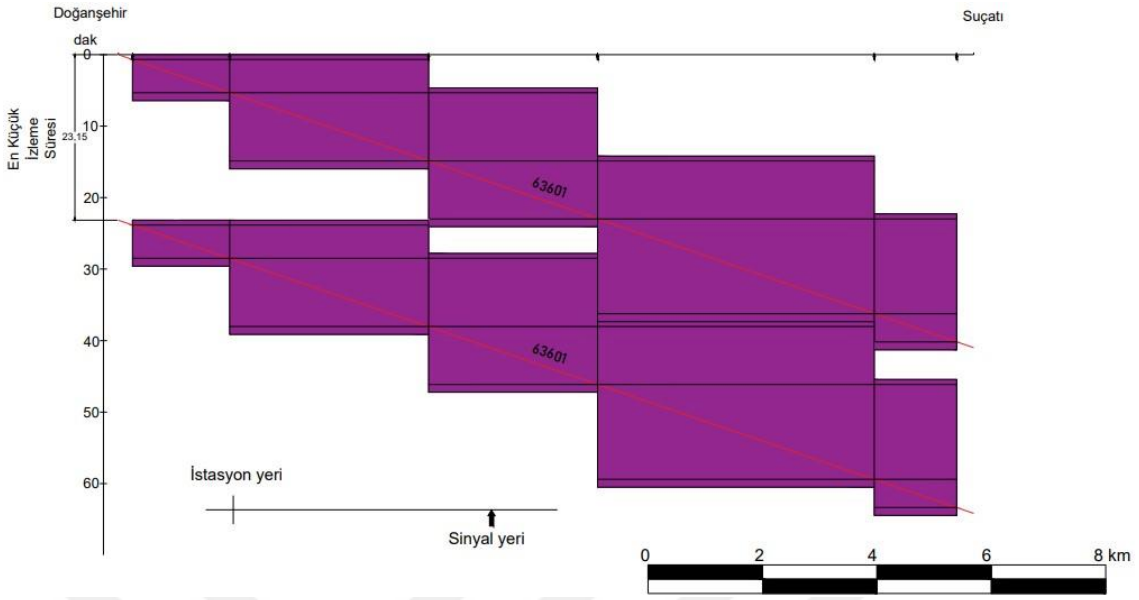

**Şekil B.8** Öncül tren 63605 ile artçıl tren 63601'in arasındaki izleme durumları



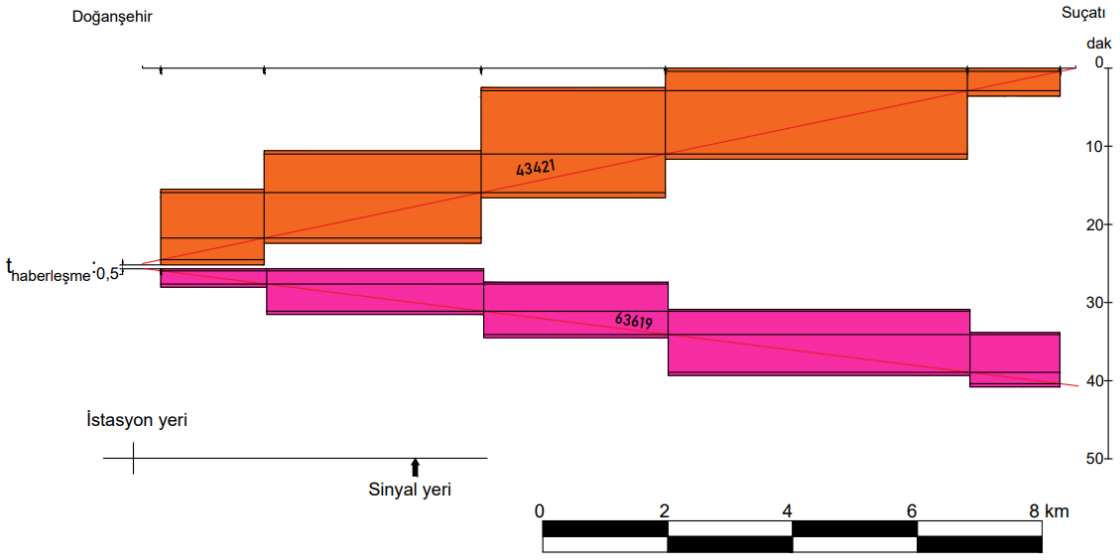

**Şekil B.9** Öncül tren 63601 ile artçıl tren 63619'un arasındaki izleme durumları



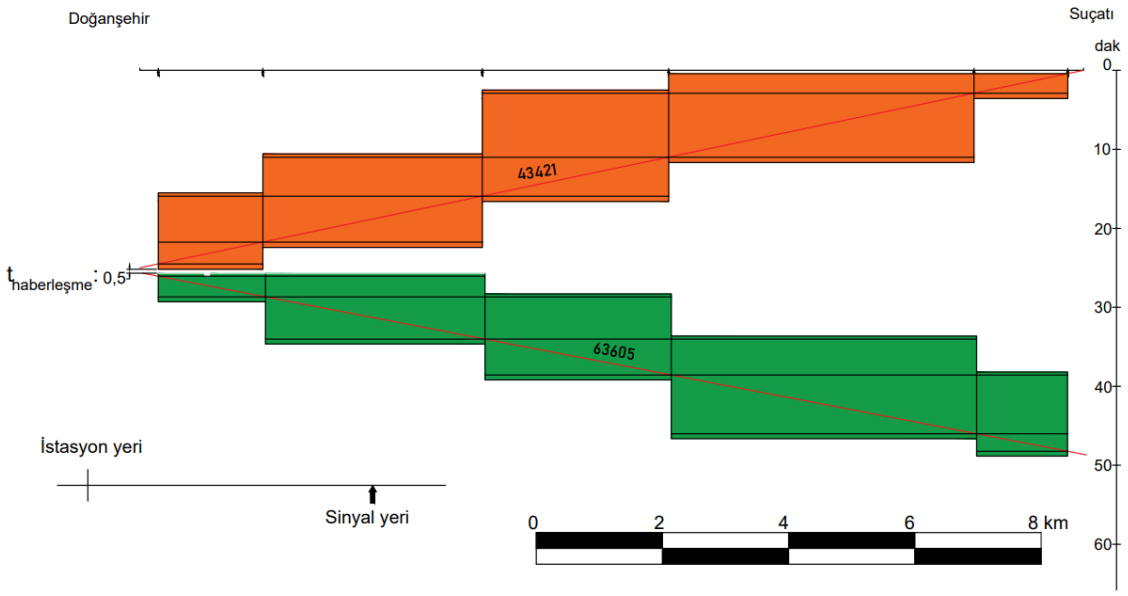

**Şekil B.10** Öncül tren 63601 ile artçıl tren 63605'in arasındaki izleme durumları



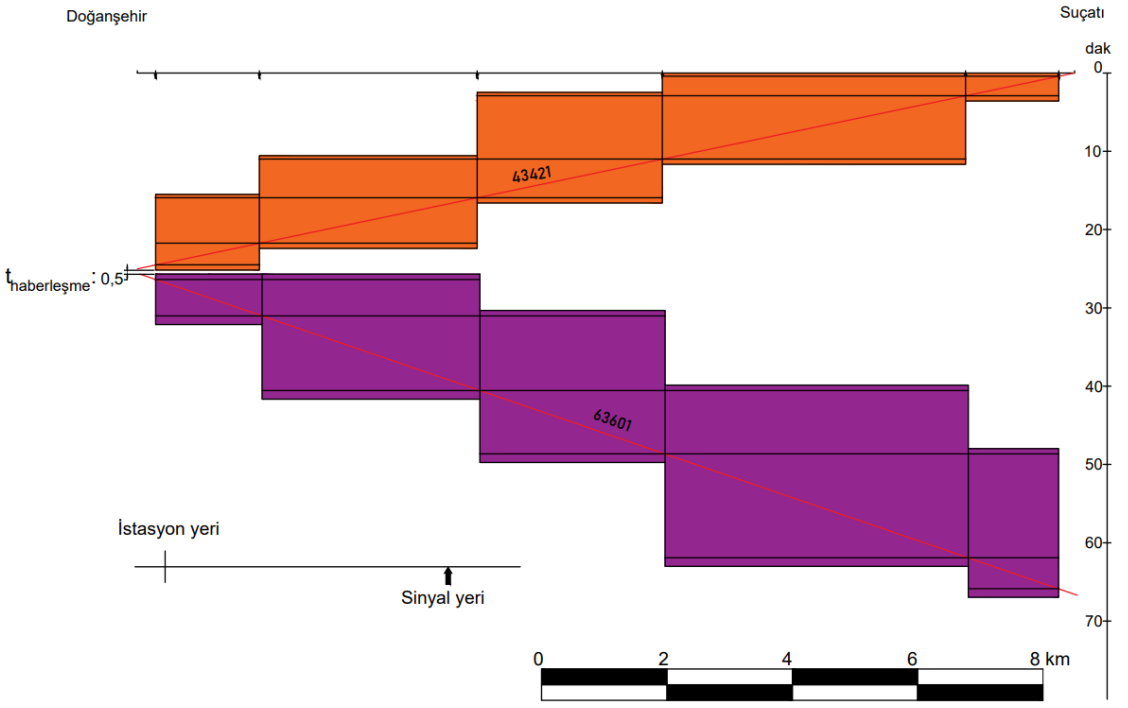

**Şekil B.11** Öncül tren 63601 ile artçıl tren 63601'in arasındaki izleme durumları



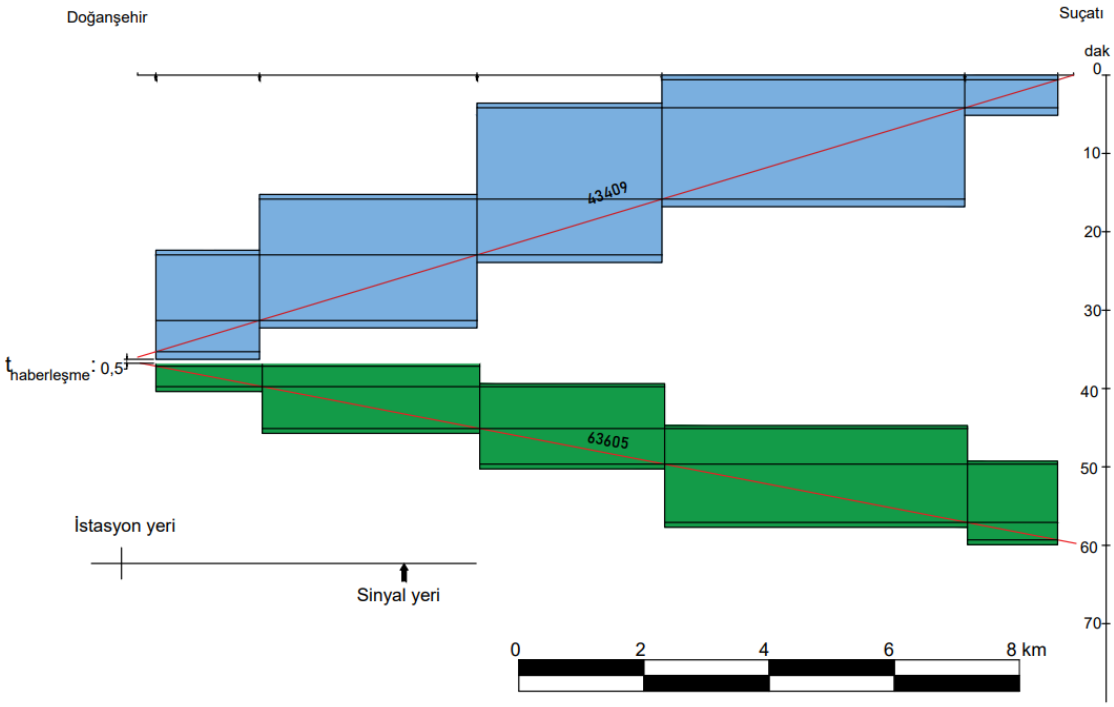

**Şekil B.12** Öncül tren 43421 ile artçıl tren 63619'un arasındaki izleme durumları



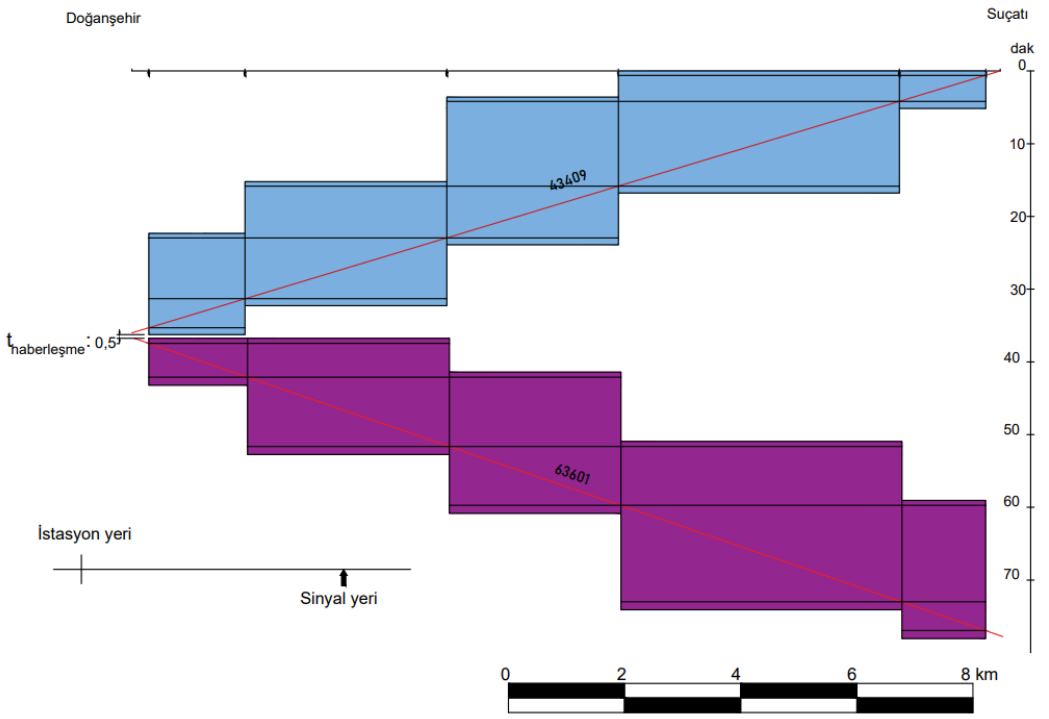

**Şekil B.13** Öncül tren 43421 ile artçıl tren 63605'in arasındaki izleme durumları



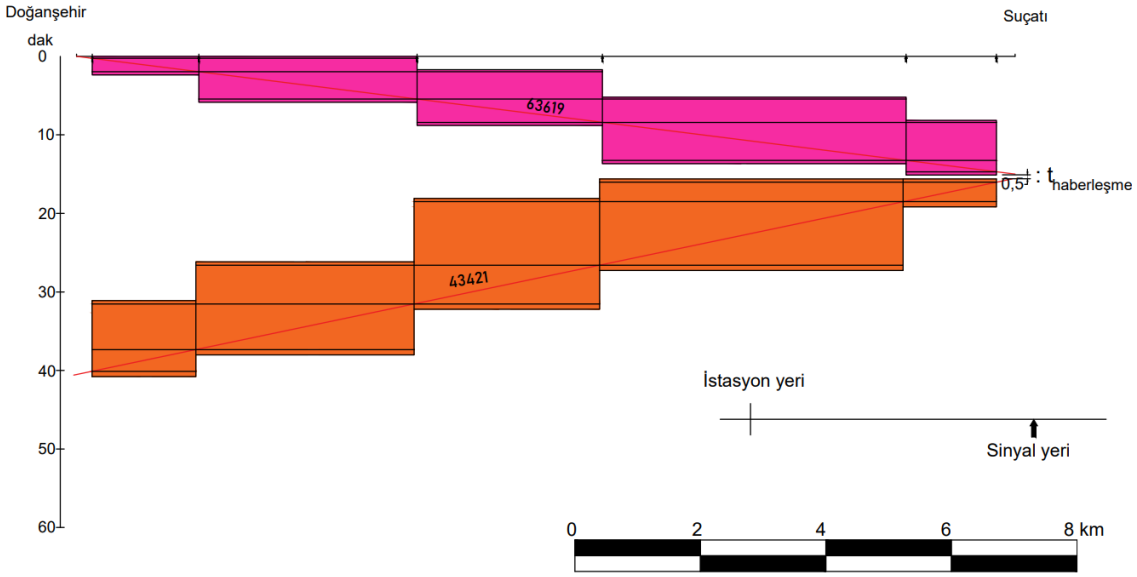

**Şekil B.14** Öncül tren 43421 ile artçıl tren 63601'in arasındaki izleme durumları



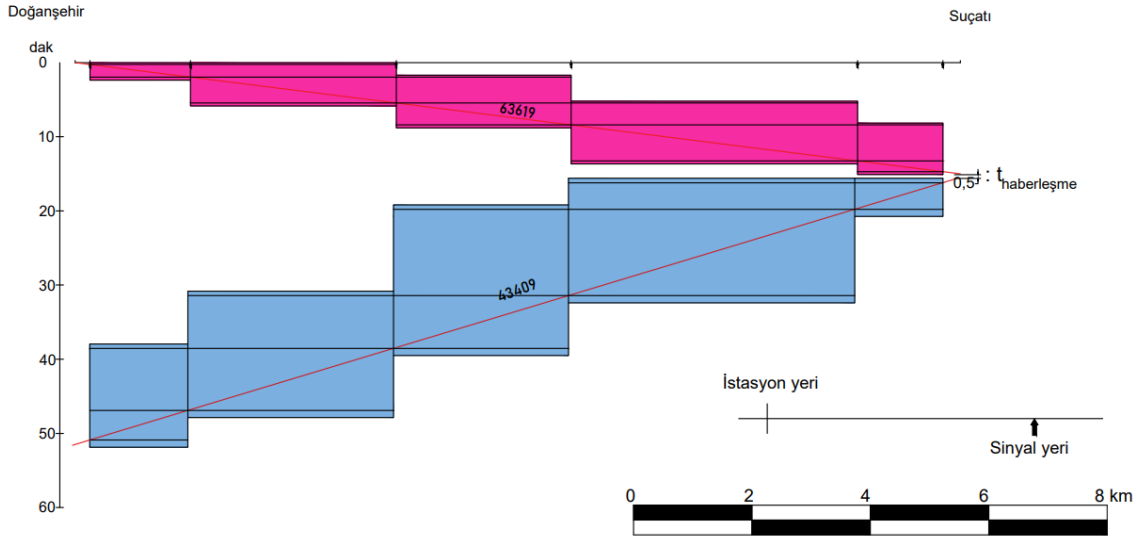

**Şekil B.15** Öncül tren 43409 ile artçıl tren 63605'in arasındaki izleme durumları



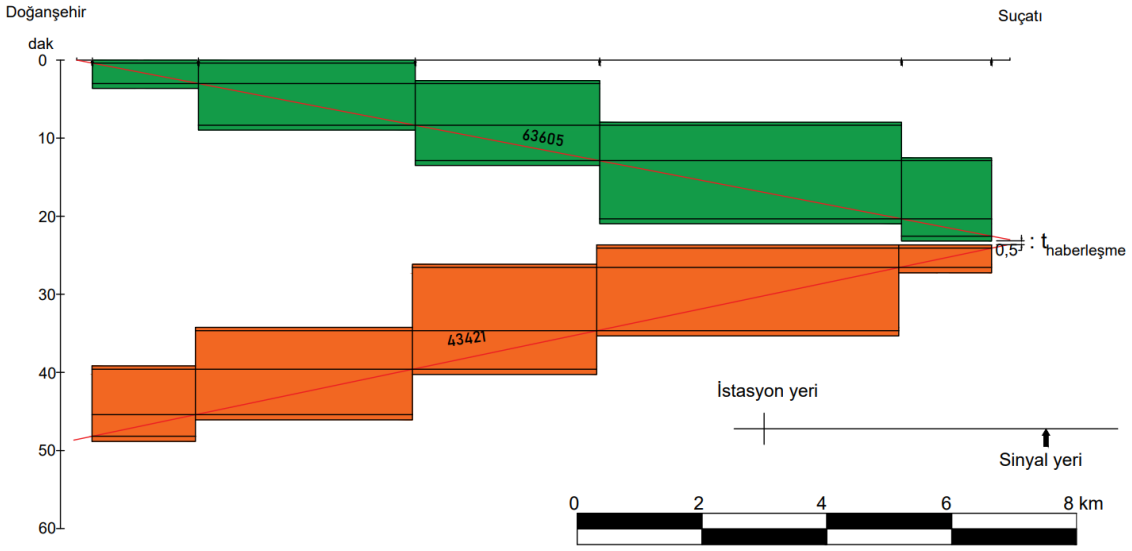

**Şekil B.16** Öncül tren 43409 ile artçıl tren 63601'in arasındaki izleme durumları



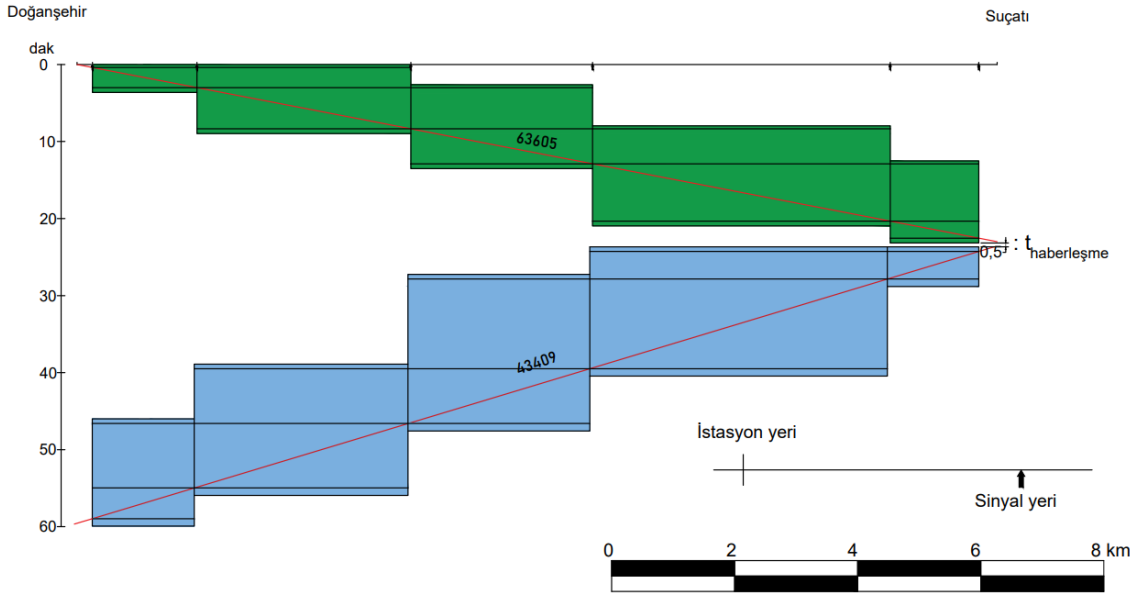

**Şekil B.17** Öncül tren 63619 ile artçıl tren 43421'in arasındaki izleme durumları



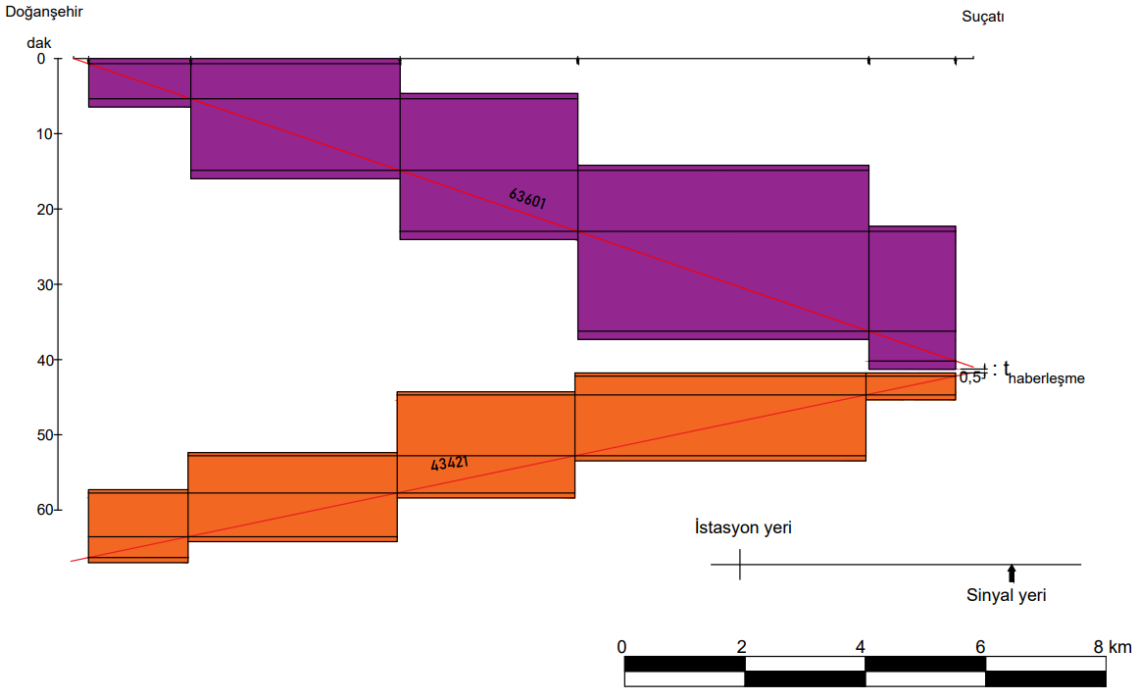

**Şekil B.18** Öncül tren 63619 ile artçıl tren 43409'un arasındaki izleme durumları



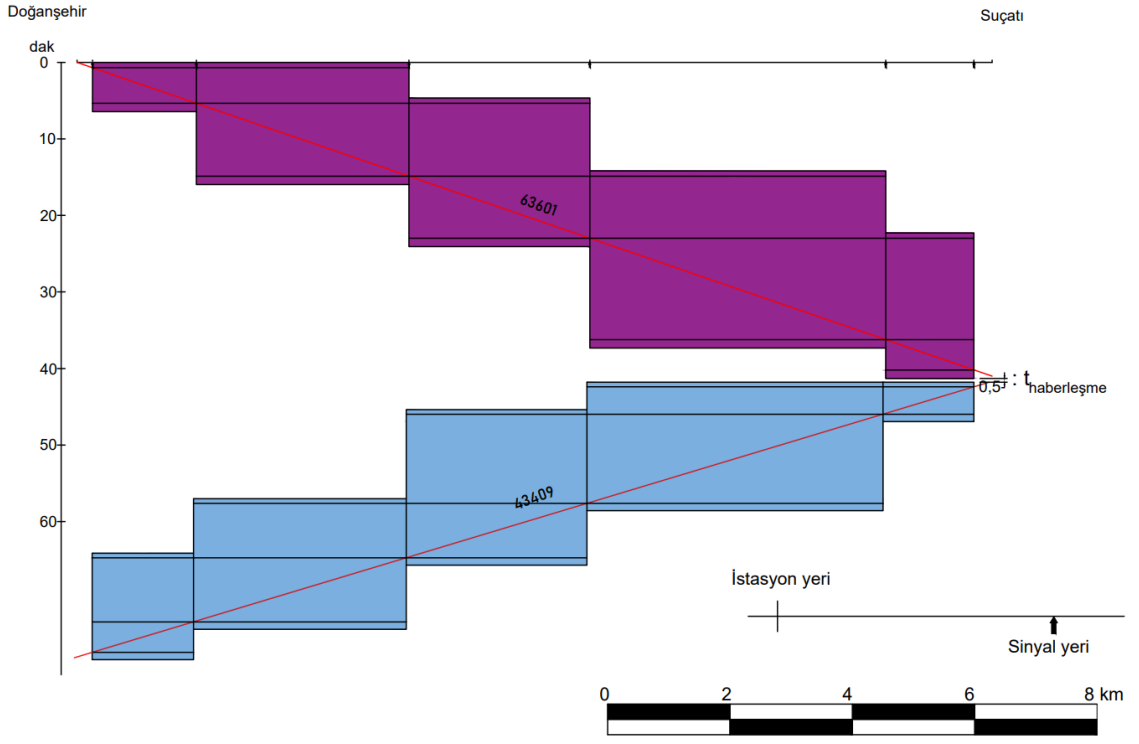

**Şekil B.19** Öncül tren 63605 ile artçıl tren 43421'in arasındaki izleme durumları




**Şekil B.20** Öncül tren 63605 ile artçıl tren 43409'un arasındaki izleme durumları




**Şekil B.21** Öncül tren 63601 ile artçıl tren 43421'in arasındaki izleme durumları




**Şekil B.22** Öncül tren 63601 ile artçıl tren 43409'un arasındaki izleme durumları

# TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

## Konferans Bildirileri

1. Bozatlı, S., Şahin, İ. (2021). “Railway Line Capacity Calculation Using UIC Code 406: Application For Malatya-Narlı Line.” Ed. Kazankaya A. *AHI EVRAN International Conference on Scientific Research* (304). Kırşehir: Kırşehir Ahi Evran University.