



ULAŖTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŖME BAKANLIĞI

**DEMİRYOLLARINDA SİNYALİZASYON,
UYGULAMA STANDARTLARI VE TSI'LARIN
İNCELENMESİ**

Saim Kemal EROL

UlaŖtırma ve HaberleŖme Uzmanlığı Tezi

2014

Ankara



ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

**DEMİRYOLLARINDA SİNYALİZASYON,
UYGULAMA STANDARTLARI VE TSI'LARIN
İNCELENMESİ**

Saim Kemal EROL

Ulaştırma ve Haberleőtme Uzmanlığı Tezi

2014

Ankara

KABUL VE ONAY SAYFASI

Saim Kemal EROL tarafından hazırlanan Demiryollarında Sinyalizasyon, Uygulama Standartları ve TSI' ların İncelenmesi adlı bu tezin Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Genel Müdür Erol ÇITAK
Tez Danışmanı

Bu çalışma, tez savunma komisyonumuz tarafından Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı tezi olarak kabul edilmiştir.

	Adı Soyadı	İmzası
Başkan	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____

Bu tez, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR.....	viii
GİRİŞ.....	1
1. DEMİRYOLU SİSTEMLERİ.....	2
1.1. Demiryolunun Doğuşu.....	3
1.2. Avrupa Demiryollarındaki Gelişme.....	4
1.3. Türkiye’de Demiryollarının Gelişimi.....	7
2. DEMİRYOLU SİSTEMLERİNDE SİNYALİZASYON.....	12
2.1. Demiryolu Sistemlerinde Sinyalizasyonun Tarihçesi.....	12
2.2. Sinyalizasyon Sistemlerinin Temel Öğeleri.....	15
2.2.1. Saha elemanları.....	15
2.2.1.1. Ray devreleri.....	15
2.2.1.2. Demiryolu makasları.....	23
2.2.1.3. Sinyaller ve sinyal kabinleri.....	32
2.2.1.4. Röleler.....	52
2.2.1.5. Tren Üstü/Onboard Ekipmanlar.....	53
2.2.1.6. Hat Üstü Tren Haberleşme Ekipmanları (Baliz-RF Anten).....	54
2.2.2. Merkezi ekipmanlar ve yazılımlar.....	66
2.2.2.1. Merkezi anlaşıman (interlocking) sistemi.....	66
2.2.2.2. Trafik kontrol merkezi.....	69
2.3. Sinyalizasyon Teknikleri.....	71
2.3.1. Röle kilitleme esaslı sinyalizasyon sistemi.....	72
2.3.2. Sabit blok manuel sürüş sinyalizasyon sistemi.....	73
2.3.3. Sabit blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi.....	75
2.3.4. Hareketli blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi.....	75
2.3.5. Tam otomatik sürücüsüz sinyalizasyon sistemi (TOS).....	79
3. SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNDE TASARIM KRİTERLERİ VE EMNİYET STANDARTLARI.....	81
3.1. Tasarım Kriterleri.....	81
3.1.1. “Fail – Safe” kavramı.....	82
3.1.2. İç kilitleme (interlocking).....	83
3.1.3. Kapalı devre prensibi.....	84
3.1.4. Yedeklilik ve çiftleşlik (Redundancy & Duality) prensibi.....	85
3.2. Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları.....	85
3.2.1. Emniyet.....	86
3.2.2. Fonksiyonel emniyet.....	86

3.2.3. Emniyet standartları	88
3.2.4. Tehlikeli durum belirleme ve risk analizi	89
3.2.5. Risk değerlendirme ve kabul edilebilirlik.....	89
3.2.6. Emniyet bütünlüğü seviyesi (Safety integrity level, SIL).....	90
4. AVRUPA DEMİRYOLU TRAFİK YÖNETİM SİSTEMİ (EUROPEAN RAIL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM, ERTMS).....	92
4.1. ERTMS ve ETCS Tanımı, Gelişimi ve Amaçları	92
4.1.1. ERTMS ve ETCS tanımı	92
4.1.2. ERTMS'nin geçmişi	93
4.1.3. ERTMS/ETCS'nin amaçları	94
4.2. ERTMS/ ETCS' nin Temel Özellikleri	95
4.2.1. Hareket otoriteleri tarafından verilen kesin hız sınırları.....	96
4.2.2. Tren sürüşünün denetlenmesi	96
4.2.3. Hızın ve kapasitenin artırılması	97
4.2.4. Farklı ülkelerde işletim kabiliyeti	97
4.3. Karşılıklı İşletilebilirlik	98
4.3.1. Teknik karşılıklı işletilebilirlik	99
4.3.2. Operasyonel karşılıklı işletilebilirlik	99
4.3.3. Yasal karşılıklı işletilebilirlik.....	99
4.4. Sisteme Genel Bakış.....	100
4.4.1. ERTMS/ETCS'nin seviyeleri	110
4.4.2. ETCS uygulamalarının tek bir hat üzerinde birleştirilmesi	116
4.4.3. Avrupa'da ulusal bazda kullanılan sinyalizasyon sistemlerinin ETCS'ye dönüşümü.....	117
4.4.4. ERTMS sistem işleyişi	121
4.4.5. ETCS/GSM-R sistemlerinin dünya genelindeki uygulamalarının özeti. 123	
5. AVRUPA'DA SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNİN YASAL ÇERÇEVESİ	125
5.1. Yasal Altyapı	126
5.1.1. Temel AB yasama adımları	127
5.1.2. ERTMS teknik belgelerine genel bakış	131
5.1.3. ETCS – Altyapı ve demiryolu araçları kaydı.....	140
5.2. Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenlerin Uygunluğunun Değerlendirilmesi ve Doğrulanması	149
5.2.1. Yeni yaklaşım direktifleri	156
5.2.2. Yeni yaklaşım direktiflerinin uyumlaştırılması	159
5.3. Onaylanmış Kuruluşlar (Notified Body).....	161
5.3.1. Onaylanmış kuruluş bildirim kuralları.....	161
5.3.2. Onaylanmış kuruluşlar ve uygunluk değerlendirmesi	167

5.3.3. 2008/57/EC sayılı demiryolu karşılıklı işletilebilirlik direktifine göre onaylanmış kuruluşların yetkilendirilmeleri.....	169
5.3.4. Avrupa Birliğinde ve Türkiye'deki yetkilendirme süreçlerinin karşılaştırılması.....	170
5.3.5. Türkiye'nin onaylanmış kuruluş atayabildiği yeni yaklaşım direktifleri	173
SONUÇ	176
KAYNAKLAR	178
ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ	181
ÖZGEÇMİŞ	182

ÖZET

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı	
Tezin Adı	Demiryollarında Sinyalizasyon, Uygulama Standartları ve TSI'ların İncelenmesi
Türü	Uzmanlık Tezi
Yazar	Saim Kemal EROL
Teslim Tarihi	2014
Anahtar Kelimeler	Sinyalizasyon, ERTMS, ETCS, Karşılıklı İşletilebilirlik, Onaylanmış Kuruluşlar, TSI
Tez Danışmanı	Erol ÇITAK
Sayfa Adedi	183
<p>Raylı ulaşım sistemlerinde, sistemin emniyetli bir şekilde ve ulaşımın planlanan zamanda gerçekleştirilmesinde başrolü oynayan sinyalizasyon sistemleri büyük önem teşkil etmektedir. Öncelikli amacı kazaların önlenmesi olan sinyalizasyon sistemleri, demiryolu taşımacılığında hızlı, dakik ve ekonomik olma bakımından da ön plana çıkmaktadır. Gerek dünyada gerekse ülkemizde meydana gelen kazalar sinyalizasyon sisteminin önemini açıkça göstermektedir.</p> <p>Sinyalizasyon sistemleri; ray devreleri, makas sistemleri röleler, sinyal lambaları ve anlaşılan sistemi gibi temel bileşenlerden oluşmaktadır. Tezde bu bileşenler ayrıntılı olarak tanıtılmış ve incelenmiştir. Sinyalizasyon sistemlerinde ortak olan tasarım kriterleri ve emniyet standartlarından bahsedilmiştir.</p> <p>Avrupa'da tek tip sinyalizasyon sistemine geçişin temel basamakları olan Avrupa Tren Trafik Yönetim Sisteminin (ERTMS) ve Avrupa Tren Kontrol Sistemlerinin (ETCS) amaçları, gereklilikleri, temel özellikleri ve ulusal bazda kullanılan diğer sinyalizasyon sistemlerinin ETCS'ye entegrasyonu açıklanarak; tek tip sinyalizasyon sistemiyle gerçekleştirilmek istenen Karşılıklı İşletilebilirlik üzerinde durulmuştur.</p> <p>Avrupa'da Karşılıklı İşletilebilirliğin sağlanması yönünde oluşmuş temel yasama adımları ve yürürlükteki Avrupa Birliği mevzuatına değinilerek, yapılan yeni demiryolu hatlarında uygulama zorunluluğu olan Kontrol, Kumanda ve Sinyalizasyon alt sistemi Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnamesi irdelenmiştir. Son olarak, kurulan yeni sistemlerin Karşılıklı İşletilebilirliğe uygunluğunu değerlendiren Onaylanmış Kuruluşların Avrupa Birliği ve Türkiye'deki mevcut durumları değerlendirilmiştir.</p>	

ABSTRACT

Ministry Of Transport, Maritime Affairs And Communications	
Thesis	Signalization in Railways, The Analysis of TSIs and The Implementation Standards of Signaling System
Type	Dissertation
Author	Saim Kemal EROL
Submission Date	September
Keywords	Signalization, ERTMS, ETCS, Interoperability, Notified Bodies, TSI
Advisor	Erol ÇITAK
Total Page	183
<p>Signalization playing major role have a great importance for a safe system and punctual transportation in rail transport system. With its prior aim preventing accidents, the signaling system comes to prominence in railways the terms of being fast, timely and economic. The accidents happening either in the world or in our country evince the importance of signaling system.</p> <p>Signaling system consists of rail circuit, switch systems relay, signal lights, and interlocking system as main components. In this study, these components are comprehensively described. Moreover, it is mentioned the common design criteria and safety standards in signaling system</p> <p>As identifying the aims, requirements, key features of The European Railway Traffic Management System (ERTMS) and European Train Control System (ETCS) which are the basic step for transition to a uniform signaling system in Europe, and the integrity of other signaling systems used at national level to ETCS, the interoperability preferred to perform with a uniform signaling system were overemphasized.</p> <p>Mentioning the main legislative steps and EU acquis being in force which are originated in order to be provided the interoperability, the TSI of CCS sub-system which has an obligation to apply for new railway line is scrutinized. Finally, the current situations of Notified Bodies assessing the comformity of new established systems are reviewed in EU and Turkey.</p>	

TEŞEKKÜR

Çalıőmam boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Demiryolu Düzenleme Genel Müdürü Sayın Erol ÇITAK'a, bu süreçte hep yanımda olup desteklerini eksik etmeyen mesai arkadaşlarıma ve bugünlere gelmemi sağlayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. 1923-1940 yılları arasında yapılan demiryolu hatları.....	8
Tablo 1.2. 1947–1948 yılında Türkiye ve komşu ülkelerin mevcut demiryolu kapasitesi.....	9
Tablo 2.1. Üçlü cüce sinyal renk bildirim açıklamaları.....	34
Tablo 2.2. Üçlü yüksek sinyal renk bildirim açıklamaları.....	35
Tablo 2.3. Dörtlü yüksek sinyal renk bildirim açıklamaları.....	36
Tablo 2.4. Alfanümerik göstergeli sinyallerin renk bildirimi ve anlamları.....	45
Tablo 2.5. Kumandalı sinyal, giriş sinyali ve ana yol çıkış sinyalleri renk bildirimi anlamları.....	47
Tablo 2.6 Cüce sinyallerin renk bildirimleri ve anlamları.....	49
Tablo 2.7. Blok sinyallerin renk bildirimleri ve anlamları.....	50
Tablo 3.1. Doğruluk tablosu.....	84
Tablo 3.2. SIL seviyelerine göre THR.....	91
Tablo 4.1 GSM-R şebekesinin temel elementleri.....	105
Tablo 4.2 CCS TSI'a göre sınıf B sinyalizasyon sistemleri.....	118
Tablo 5.1. CCS TSI Ek A'ya göre zorunlu uygulanacak şartnamelerin listesi.....	132
Tablo 5.2. CCS TSI Ek A'ya göre zorunlu uygulanacak standartların listesi.....	135
Tablo 5.3. CCS TSI Ek A'ya göre bilgilendirici olarak uygulanabilecek şartnamelerin listesi.....	136
Tablo 5.4. Hat ve araç kaydında bulunması gereken karşılıklı işletilebilir hat ve karşılıklı işletilebilir araç ile ilgili belirli teknik özellikler ve gerekliliklerin listesi	144
Tablo 5.5. Yeni yaklaşım direktifleri.....	158
Tablo 5.6. Onaylanmış kuruluşlarla ilgili olarak EN 45000 serisi standartlar.....	164
Tablo 5.7. Her modül için ilgili EN 45000 serisi standartlar.....	165
Tablo 5.8. Ülkeler bazında bildirim otoriteleri sayıları.....	170
Tablo 5.9. Danimarka bildirim otoriteleri.....	171
Tablo 5.10: Uyumlaştırılmış direktifler.....	174
Tablo 5.11. Uyumlaştırılmamış direktifler.....	174

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. 3 raylı tren hattı ve tren	4
Şekil 1.2. TCDD'ye ait hat uzunlukları	11
Şekil 2.1. Ray devresi - Boş blok	16
Şekil 2.2 Ray devresi - Dolu blok	16
Şekil 2.3. İzole cebireli ray devresinin prensip elektriki şeması.....	17
Şekil 2.4. Cebire ve cebire blonu	18
Şekil 2.5. İzoleli cebire.....	18
Şekil 2.6. Basit bir ses frekanslı ray devresi örneği	19
Şekil 2.7. Aks sayıcı örneği.....	21
Şekil 2.8. Hareketli blok sistem şeması	22
Şekil 2.9. Makas motoru	24
Şekil 2.10. Otomatik kontrollü makas kontak, redüktör ve dişlileri	24
Şekil 2.11. Makasın bölümleri	25
Şekil 2.12. Simetrik makas.....	26
Şekil 2.13. Basit makas yapısı	27
Şekil 2.14. Bileşik makas yapısı	27
Şekil 2.15. Çapraz (ingiliz) makas	28
Şekil 2.16. Kuruvazman makas yapısı	28
Şekil 2.17. S makas	29
Şekil 2.18. Kutrani örneği.....	29
Şekil 2.19. Makas motoru ve kontak grubu (DC motor).....	30
Şekil 2.20. Elektrohidrolik makas motoru parçaları	31
Şekil 2.21. İkili cüce sinyal	33
Şekil 2.22. Üçlü cüce sinyal	33
Şekil 2.23. Üçlü yüksek sinyal	34
Şekil 2.24. Dörtlü yüksek sinyal	35
Şekil 2.25. Kumandalı sinyaller	36
Şekil 2.26. Otomatik sinyaller.....	37
Şekil 2.27. Girişi sinyali.....	37
Şekil 2.28. Çıkış sinyalleri	38

Şekil 2.29. Blok sinyalleri.....	39
Şekil 2.30. İki blok boş durum.....	39
Şekil 2.31 Tek blok boş durum.....	39
Şekil 2.32. Blok dolu durum.....	40
Şekil 2.33. Yaklaşma sinyali.....	40
Şekil 2.34. Koruma sinyali.....	41
Şekil 2.35. Otomatik blok sinyalinde tekrarlama.....	41
Şekil 2.36. Giriş sinyalinde tekrarlama.....	42
Şekil 2.37. Sinyal tipleri.....	44
Şekil 2.38. Sinyalizasyon saha kabinleri.....	51
Şekil 2.39. Kabin haberleşme döngüsü.....	52
Şekil 2.40. Röle elektriksel gösterimleri.....	53
Şekil 2.41. Aktif ve pasif baliz.....	54
Şekil 2.42. Balizle işletme.....	55
Şekil 2.43. Balizle işletme.....	55
Şekil 2.44. Aralıklı güncelleme.....	56
Şekil 2.45. ATP temel bileşenler.....	57
Şekil 2.46. Balizle iletim.....	58
Şekil 2.47. Otomatik tren işletme.....	59
Şekil 2.48. İstasyonda duruş.....	60
Şekil 2.49. Çoklu giriş sistemi (a).....	62
Şekil 2.50. Çoklu giriş sistemi (b).....	62
Şekil 2.51 Durma ve başlama.....	63
Şekil 2.52 ATC Sistemi.....	65
Şekil 2.53. Merkezi anlaşımda veri akış diyagramı.....	69
Şekil 2.54. Trafik kontrol merkezi.....	70
Şekil 2.55. Sinyalizasyon sistemi blok diyagramı.....	71
Şekil 4.1. UNISIG.....	95
Şekil 4.2. ETCS genel bakış.....	100
Şekil 4.3. DMI ekranından görüntü.....	101
Şekil 4.4. Tren hız kontrolü aşamaları.....	102
Şekil 4.5. Aktif ve pasif baliz.....	103

Şekil 4.6.Baliz detay görünümü	103
Şekil 4.7.LEU genel görünüm.....	104
Şekil 4.8.EVC	106
Şekil 4.9.DMI.....	106
Şekil 4.10.Tekerlek sensörü	107
Şekil 4.11.Doppler radarı	107
Şekil 4.12.Baliz anteni (a) Prensip şeması (b) Boyutları (c) Fiziksel görüntüsü	108
Şekil 4.13.Tren kayıt ünitesi	109
Şekil 4.14. STM	109
Şekil 4.15.ERTMS/ETCS seviye-1 (infill fonksiyonu olmaksızın).....	112
Şekil 4.16.ERTMS/ETCS seviye-1 (infill fonksiyonuyla beraber)	113
Şekil 4.17.ERTMS/ETCS seviye-2.....	114
Şekil 4.18.ERTMS/ETCS seviye-3.....	115
Şekil 4.19.Dönüşüm matrisi	120
Şekil 4.20. Dünya’da ETCS sistemi.....	124
Şekil 5.1. Uygunluk değerlendirme modülleri akış şeması.....	152

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AC	: Alternative Current- Alternatif Akım
AEIF	: European Association for Railway Interoperability : Demiryolu Karşılıklı İşletilebilirliği için Avrupa İşbirliği
ALARP	: As Low As Reasonably Practicable
AT	: Avrupa Topluluğu
ATC	: Automatic Train Control – Otomatik Tren Kontrolü
ATO	: Automatic Train Operation- Otomatik Tren İşletimi
ATP	: Automatic Train Protection-Otomatik Tren Koruması
ATS	: Automatic Train Supervision- Otomatik Tren Yönetimi
AVE	: Alta Velocidad Española- İspanyol Yüksek Hızlı Treni
BTM	: Balise Transmission Module- Baliz İletim Modülü
CBTC	: Communication Based Train Control : İletişim Temelli Tren Kontrolü
CCS	: Control Command Signalization : Kontrol Kumanda Sinyalizasyon
CE	: Conformité Européenne – Avrupa Uygunluğu
CENELEC	: European Committee for Electrotechnical Standardization : Elektroteknik Standartlar için Avrupa Komitesi
CR	: Conventional Rail- Konvansiyonel Demiryolu
CTC	: Central Traffic Control- Merkez Trafik Kontrol
CTRL	: Channel Tunnel Rail Link- Kanal Tünel Demiryolu Bağlantısı
DC	: Direct Current- Doğru Akım
DDGM	: Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğu
DMI	: Driver Machine Interface- İnsan Makine Arayüzü
EIRENE	: European Integrated Railway Radio Enhanced Network
EOA	: End of Authority- Yetki Sonu
ERA	: European Railway Agency- Avrupa Demiryolu Ajansı
ERTMS	: The European Railway Traffic Management System : Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi

ETCS	: European Train Control System- Avrupa Tren Kontrol Sistemi
EVC	: European Vital Computer
FIS	: Arayüz Şartnamesi
FRS	: Functional Requirements Specification Fonksiyonel Gereksinimleri Şartnamesi
GAMAB	: Globalement Aumoins Equivalent
GSM-R	: Global System for Mobile Communications – Railway
HMB	: Hareketli Mesafe Bloğu
HS	: High Speed- Yüksek Hızlı Demiryolu
Hz	: Hertz
HZB	: Hareketli Zaman Bloğu
IC	: Interoperability Constituent- Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeni
ICE	: Intercity-Express
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
LEU	: Lineside Electronic Unit-Hat üstü Elektronik Ünitesi
LGV	: Ligne à Grande Vitesse-
LRT	: Light Rail Transit
MEM	: Minimum Endogeneous Mortality
MHB	: Minimum Hareketli Blok
NANDO	: New Approach Notified and Designated Organisations
NoBo	: Notified Body- Onaylanmış Kuruluş
NSA	: National Safety Authority- Ulusal Emniyet Otoritesi
RBC	: Radio Block Center- Radyo Blok Merkezi
RENFE	: National Network of Spanish Railways İspanya Demiryolu İşletmecisi
SIL	: Safety Integrity Level- Emniyet Bütünlük Seviyesi
SNCF	: Société Nationale des Chemins de fer Français French National Railway- Fransız Demiryolları
SRS	: Sistem Gereksinimleri Şartnamesi
STM	: Specific Transmission Module- Özel İletim Modülü
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TGV	: Train à Grande Vitesse- Yüksek Hızlı Tren

THR	: Tolerable Hazard Rate- Tolere edilebilir tehlike oranı
TOS	: Tam Otomatik Sürücüsüz Sinyalizasyon Sistemi
TRU	: Train Record Unit- Tren Kayıt Ünitesi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TSI	: Technical Specification for Interoperability : Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnamesi
UIC	: International Union of Railways : Uluslararası Demiryolu Birliği
UNISIG	: Union Industry of Signalling- Sinyalizasyon Endüstrisi Birliği
V	: Volt
YHT	: Yüksek Hızlı Tren

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde demiryolu idarelerinin ana gayesi diğer ulaştırma modları arasında yolcu ve yük payını artırmaktır. Her şey de olduğu gibi demiryollarında da iktisadi olan bu hedefi gerçekleştirme arzusu teknolojik atılımları ve terakkiyi beraberinde getirmiştir. Bununla birlikte küresel ısınma, hava kirliliği, enerji yetersizliği gibi global boyuta ulaşmış çevresel sorunların demiryolu taşıma modunun diğer taşıma modları arasından sıyrılmasına ve bu moda tebdili kaçınılmaz hale getirdiği yadsınamaz bir gerçektir.

Demiryolu sistemlerinde teknolojinin istiklabının ana prensibi kazaların en az seviyede olduğu emniyetli, seri, maliyeti düşük bir ulaşım sağlanmasıdır. Demiryolu trafiğini düzenleyen, daha fazla trenin daha hızlı ve emniyetli çalıştırılmasını sağlayan ve seyrüseferleri tek bir noktadan kontrol eden kontrol, kumanda ve sinyalizasyon sistemleri de bu amaç çerçevesinde teşekkül etmiştir.

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; öncelikli olarak sanayi devrimi ve buharlı makinanın demiryolu sisteminin doğuşuna etkisi anlatılmış, Avrupa ve Türkiye'deki demiryollarının gelişimine değinilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümde; öncelikle demiryolu sistemlerinde sinyalizasyonun tarihçesinden bahsedilerek; sinyalizasyon sistemlerinin temel öğeleri irdelenmiştir. Bu bölümün sonunda ise sinyalizasyon teknikleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde; sinyalizasyon sistemlerindeki tasarım kriterlerine ve demiryolu sistemlerindeki emniyet standartlarına değinilmiştir.

Dördüncü bölümde ise; Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) ve Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) tanımlanarak daha sonra bu sistemlerin amaçları ve temel özelliklerine yer verilmiştir. Ayrıca ETCS seviyeleri ve ERTMS'nin işleyişi de bu bölümde irdelenmiştir. Son olarak beşinci bölümde; sinyalizasyon sistemlerinin Avrupadaki yasal çerçevesi anlatılmış ve Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri (TSI)' nin analizi yapılarak önerilerde bulunulmuştur.

1. DEMİRYOLU SİSTEMLERİ

Fransız ihtilali ile başlayan sanayi devriminde fabrikalaşma ile üretimin artması, ham madde ihtiyaçları, üretilen mamul ve yarı mamullerin pazarlanması ulaşımı zorunlu hale getirmiştir. Buhar makinesinin bulunması ulaşımı hem kolay hem ucuz hem de kolay kılmıştır. 1769 yılında Fransız Nicolas Cugnot, 1786 yılında ise İngiliz William Murdoch buhar gücünü kara yolu ulaşımında denemiş, 1801 yılında ise Richard Trevithick buhar gücü ile çalışan lokomotif demir yolu üzerinde denemistir. Ancak kullanılan demir rayların lokomotif ağırlığı altında kolayca kırılması ve lokomotif yapımında kullanılan malzemenin dayanıksız olması demir yollarının gelişimini engellemiştir. Bu konuda asıl gelişme George Stephenson tarafından gerçekleştirilmiştir. Stephenson daha sağlam ray ve lokomotif yapmayı başarmış, bunu takiben Darlington maden ocağını Limanına bağlayan hattın yapımını gerçekleştirmiştir (Gülener, 2009).

Bu başarı İngiltere’de büyük bir ilgi uyandırmış, bunun sonucunda 1825 yılında “ROKET” adı verilen lokomotifin yapımından sonra Stephenson’a Liverpool – Manchester hattının yapımı teklif edilmiştir. Bu gelişmeler atlı araba sahiplerini, su yoluyla ulaşım yapanları ve hattın geçeceği arazi sahiplerini rahatsız etmiş, bu grupların tüm engellemelerine rağmen 15 Eylül 1825 yılında Liverpool – Manchester hattı işletmeye açılmıştır (Gülener, 2009).

Daha sonraki yıllarda diğer Batı devletlerinde de demir yolu yapımına başlanıldığını görmekteyiz. Fransa’da ilk demir yolu hattı 1825 yılında St. Etienne-Lyon arasında gerçekleştirilmiştir. Fransa’da 1825 senesine gelindiğinde toplam 42500 km’lik bir demiryolu ağına sahip olunmuştur (Leduc, 1970, s.5). Almanya’da 1835 yılında Nürnberg-Furth arasında, Belçika’da 1835 yılında Brüksel - Malines arasında ilk demir yolları yapımları gerçekleştirilmiştir. 1825 yılında İngiltere’de demir yolunun ulaşmadığı sadece 3 şehir kalmıştır (Gülener, 2009).

Demir yolu aracılığı ile 19.yy.da dünya küçülmeye başlamış, ulaşılan her bir nokta sanayileşmenin gelişimini sağlayan bir unsur olmuştur. Gelişmiş ülkeler bir yanda

kendi ülkelerinde demir yolu yaparken, diğer bir yanda bugün üçüncü dünya ülkesi olarak adlandırılan (o zamanın sömürge ya da yan sömürgesi olan) ülkelerde demir yolu yapımına başlamışlardır. Demir yolu inşasını yapan ülke, o ülkedeki en ücra noktaların dahi kendi sermayesine açılmasını sağlamıştır (Gülener, 2009).

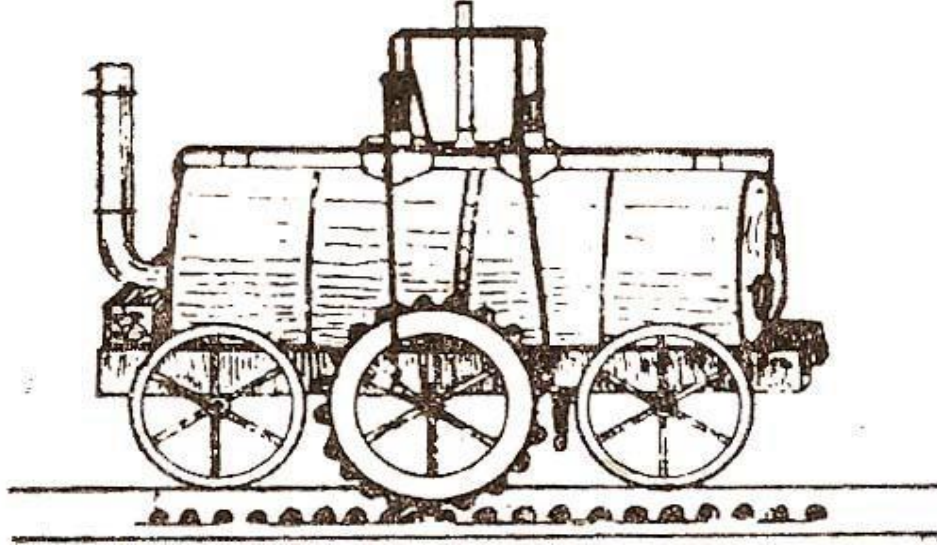
Değişik amaçlarla yapılmış olsa da demiryolları dünya üzerinde süratle yaygınlaşmıştır. Nitekim 1850 yılında 38,600 km olan Dünya demiryollarının uzunluğu, 1860 yılında 108,000 km'ye, 1870 yılında 209,000 Km'ye, 1880 yılında 372,500 km'ye, 1890 yılında 612,200 km'ye, 1905 yılında 860,000 km'ye, 1913 yılında ise 1,110.000 km'ye ulaşmıştır (MEB, 2006).

1.1. Demiryolunun Doğuşu

Demiryollarının doğuşu, makine ile çalışan arabaların yol ile buluştuğu zamana dayanır. Mısırlılar, Yunanlar, Romalılar zamanında yollarda taşlardan iki sıra dal oluşturulmuştur. Onbeşinci yüzyıla geldiği zaman ise, maden ocaklarındaki ağır yüklerin taşınması için, iki paralel sıra halinde ağaç kullanılmaktaydı. Yıllar içinde demirin ucuzlayıp, ahşabın fiyatının yükselmesi ile zamanla ahşapların yerini metal çubuklar aldı ve bunlara “ray” ismi verildi. 1820 senesine geldiğinde ise demirin işleminden geçirilerek istenilen şekilde çelik çubuk üretimi mümkün olunca, bugünkü profilde çekil raylar üretilmeye başlanmıştır (Berkmen, 1963).

İlk zamanlarda üretilen lokomotiflerin, pürüzsüz ray üzerinde hareketi için yeterli sürtünmeyi sağlayamayacağı düşünülüp, tırtıklı yüzeye sahip tekerlekler kullanılmıştır. 1811 yılında Blenkinsop isimli mühendisin tercih ettiği teknik de, trenin ilerlediği raya ilaveten üçüncü bir sıra, dişli ray hattı döşeyip, trenin bu dişli ray ile teması ile ilerlemesini sağlamıştır. Şekil 1.1'de bu tarz bir tren çizimi gösterilmektedir (Berkmen, 1963).

Şekil 1.1. 3 raylı tren hattı ve tren



Kaynak: Berkmen, 1963

1813 yılına gelindiğinde ise Blackett adındaki bir mühendis, ray ile tekerlek arasındaki sürtünmenin yalnız lokomotif hareket ettirmeye değil, hatta arkasında bulunan bir miktar yüklü vagonu da harekete geçirebileceğini görerek, pürüzsüz bir ray üzerinde başka bir düzenek kullanmaksızın ilerlemeyi başarmıştır (Berkmen, 1963).

Demiryolculuğunun başlangıcı için hangi tarihi vermek gerekir sorusuna yanıt bulabilmek için, öncelikle demiryolunun tarifini yapmak gerekir. Çoğunlukla kabul gören tarif Kisch – Giese tarafından verilendir. Bu tarifte demiryolları; *madeni bir yol üzerinde mekanik kuvvet tarafından çekilen araçlar içinde insan veya eşya taşınmasına olanak veren yapı* şeklinde anlatılır. Bu tarife uyan ilk tesis 6 Ekim 1829 tarihinde işletmeye alınmış olan Liverpool – Manchester demiryolu hattıdır, bu nedenle demiryolculuğunun başlangıcı olarak bu tarih kabul görülür (Berkmen, 1963).

1.2. Avrupa Demiryollarındaki Gelişme

On beşinci yüzyılda nakliyat 2–2,5 km/s ile yapılmakta iken demiryollarının yaygınlaşmasıyla 1830'lara gelindiğinde 20 km/s, 1860'ta 40 km/s, 1913'te 60 km/s

ve 1939 yılında 85 km/s hızlarına ulaşılmıştır (Berkmen, 1963). Günümüzde ise yolcu taşımacılığında yüksek hızlı trenler ile bu hız 250 km/s' e ulaşmıştır.

- **Fransa**

Dünyada Japonya'dan sonra yüksek hızlı demiryolu uygulamasına geçen ilk ülke Fransa'dır. Fransa, yüksek hızlı demiryolu sistemleri konusunda Avrupa'da lider konumdadır (TÜBİTAK BTP,1996).

Fransa'nın yüksek hızlı treni olan Train à grande vitesse (TGV) ulaştığı maksimum hız olan 574,8 km/s ile 600 km/s sürata yaklaşmıştır. Avrupa'nın yüksek hızlı demiryoluyla tanışması, 1981 yılında Paris ile Lyon arasındaki 419 km'lik Sud-Est hattının açılıp hat üzerinde TGV trenlerinin yolcu taşımacılığına başlamasıyla gerçekleşmiştir. Fransız LGV (Fransa Yüksek Hızlı Tren Hattı) hattı Avrupa'nın en önemli yüksek hızlı demiryolu hattıdır. 2013 yılı ortası itibariyle işletimde olan Fransız LGV hatlarının toplam uzunluğu 1872 km'dir (Arslan, 2010). Fransız LGV şebekesini Fransız Ulusal Demiryolları (SNCF) işletmektedir. Fransız LGV hatlarında işletme hızı 320 km/s'ye kadar çıkabilmektedir. Ancak işletme hızı genelde 300 km/s'dir. Fransız LGV hatlarında bugüne kadar 1.5 milyardan fazla yolcu taşınmıştır (Loubinoux, 2008).

Fransız TGV'leri hizmete girdiği 1981 yılından bu yana yüksek hızda seyir halindeyken herhangi bir kaza yapmamıştır. Sadece, 270 km/s hız ve üstünde üç kez raydan çıkma olayı kayıtlara geçmiştir. Ama bu raydan çıkma olaylarının hiç birinde devrilme söz konusu olmamıştır (Arslan, 2010).

- **Almanya**

Fransız LGV hattının işleme açılmasından kısa bir süre sonra Almanya da yüksek hız hattının inşasına başlamıştır. Yasal engellerden dolayı büyük çapta gecikmeler meydana gelmiş ve ICE trenleri, LGV şebekesinin kurulmasından ancak 10 yıl sonra işletmeye açılabilmiştir(Arslan, 2010).

Alman ICE (Inter City Express: Almanya yüksek hızlı treni) trenleri çok geçmeden ülkelerarası servislere de başlamıştır. Avusturya ve İsviçre'deki elektrifikasyon sisteminin Almanya ile aynı olması ICE trenlerinin bu ülkelere hizmet sunmasını daha da kolaylaştırmıştır. 2000 yılında üçüncü nesil ICE trenlerinin geliştirilmesiyle birlikte Hollanda ve Belçika'ya da seferler başlamıştır. Üçüncü nesil ICE trenleri deneme sürüşlerinde 363 km/s hıza kadar ulaşmıştır ancak ticari olarak hızı 330 km/s olarak belirlenmiştir (Arslan, 2010). 2013 yılı ortası itibariyle Almanya'da işletimde olan ICE hatlarının toplam uzunluğu 1285 km'dir. Fransa'nın aksine Almanya'da 3 Haziran 1998'de Hanover-Hamburg seferini yapan hızlı trenin deray etmesi sonucu 287 yolcusundan 101 kişi ölmüş, 88 kişi yaralanmıştır.

- **İspanya**

İspanya'nın yüksek hızlı treni AVE, şu anda toplam uzunluğu 1515 km'yi bulan yüksek hızlı hatlarda işletilmektedir. AVE trenleri ilk olarak 1992 yılında 471 km uzunluğundaki Madrid-Sevilla yüksek hızlı demiryolu hattında işletilmeye başlanmıştır. AVE trenlerinin maksimum işletme hızı 320 km/s'dir (Arslan, 2010).

İspanya'nın yeni yüksek hızlı demiryolu sisteminin inşası hala devam etmektedir. İspanya'da Madrid-Sevilla arasında 1992 yılından beri, Madrid-Lerida arasında 2003 yılından bu yana AVE trenleri işletilmektedir. İspanya'nın 2020 yılına kadar Fransa ve Portekiz'e de bağlantılar yaparak 7000 km'lik bir yüksek hızlı demiryolu ağına sahip olması beklenmektedir (Loubinoux, 2008).

- **İngiltere**

İngiltere, maksimum işletme hızı 200 km/s olan dört adet büyük konvansiyonel demiryolu hattına sahiptir. CTRL (Channel Tunnel Rail Link - Kanal Tüneli Demiryolu Bağlantısı) olarak bilinen demiryolu hattı, İngiltere'de yüz yılı aşkın süredir inşa edilen ilk büyük demiryolu hattı olmakla birlikte daha da önemlisi İngiltere'nin ilk ve tek yüksek hızlı demiryolu hattıdır. Bu hat, İngiltere'nin Londra ile Kent şehirleri arasındaki güzergahta işletilen ve Kanal Tüneli'nin İngiltere

çıkışında son bulan 108 km uzunluğundaki yüksek hızlı demiryolu hattıdır. Londra ile ülkenin iç batı kesimleri arasına ikinci bir yüksek hızlı demiryolu hattı yapılması konusu İngiltere hükümetinin gündemindedir. İkinci bir yüksek hızlı demiryolu hattı yapılması durumunda, bunun maliyeti ve getireceği faydalar hükümet tarafından halen değerlendirilmektedir.

1.3. Türkiye’de Demiryollarının Gelişimi

Türkiye’de ilk demiryolu, 1856 tarihinde bir İngiliz şirketine verilen imtiyazla, İzmir-Aydın arasında inşa edilmiş, 130 km. uzunluğundaki bu hattın yapımı 1866’da tamamlanabilmiştir. İmtiyaz verilen başka bir İngiliz şirketi tarafından yapılan İzmir-(Kasaba) Turgutlu-Afyon hattı ile Manisa–Bandırma hattının 98 km.lik kısmı da 1865 yılında tamamlanarak işletmeye açılmış, hattın kalan bölümleri ise sonraki yıllarda tamamlanmıştır. 1869 yılında yapım imtiyazı Baron Hirsch’e verilen 2000 km.lik şark demiryollarının milli sınırlar içinde kalan 336 km.lik İstanbul - Edirne ve Kırklareli–Alpullu kesiminin 1888’de bitirilerek işletmeye açılmasıyla da İstanbul Avrupa demiryollarına bağlanmıştır. Anadolu’da yapımı tasarlanan demiryollarının devlet eliyle inşaatı düşünülmüş ve 1871 tarihinde çıkarılan bir irade ile Haydarpaşa-İzmit hattının yapımına başlanılmış ve emaneten üç bölümde yapılan 91 km.lik hat 1873 yılında bitirilmiştir. Ancak bundan sonra mali imkansızlıklar nedeniyle yapımına devam edilemeyen Anadolu Demiryolları ile Bağdat ve Cenup Demiryollarının yapımları Alman sermayesi ile gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde demiryolları Cumhuriyet öncesi Osmanlı İmparatorluğu zamanında yabancı şirketler tarafından yapılmaya başlanmış 8619 km demiryolu döşenmiştir. Ancak savaş sonrası bu demiryollarının 4.136 km’lik kısmı Cumhuriyetin ilânı ile çizilen milli sınırlar içerisinde kalmıştır (Gülener, 2009; <http://www.tcdd.gov.tr/>, 25.03.2014).

Cumhuriyet’in ilanı ile 1924’ te başlayıp, 1927’ den sonra ivme kazanan ve 1939’ a doğru sona eren demiryolu politikası, Cumhuriyet’ in kuruluş dönemini simgeleyerek yeni rejim ile özdeşleşmiştir. Uygulanan bu politika sonucunda Türkiye demiryollarında büyük ilerleme kaydedilmiştir. 1927–1937 yılları arasında, işletme uzunluğunda %191, tren sayısında %304, yolcu sayısında %203, yolcu gelirinde

%155 oranında bir artış olmuştur. Uygulanan demiryolu politikası sonucunda, yurdu uzunlamasına baştanbaşa kesen iki paralel hat ve bunları genişliğine kesen hatlar ile uzun mesafede kitle nakliyatı başlamıştır. Bu hatlar ile Türkiye kuzeyden güneye, batıdan doğuya demiryolları ile bağlanmıştır (Şen, 2003).

1939 yılında başlayan İkinci Dünya Savaşı demiryolu yapım faaliyetlerini de etkilemiştir. Ancak genel olarak baktığımızda Cumhuriyet döneminde Demiryolu için öngörülen hedefe büyük ölçüde ulaşılmıştır. Hat yapımı yanısıra, lokomotif ve vagon bakım ve onarımına yönelik atölyeler kurulmuştur. Tablo 1.1’de 1923-1940 yılları arasında yapılan demiryolu hatları gösterilmiştir (Gülener, 2010; <http://www.tcdd.gov.tr/>, 25.03.2014).

Tablo 1.1. 1923-1940 yılları arasında yapılan demiryolu hatları

Hat Adı	Uzunluğu (Km)
Samsun – Sivas	377
Ankara – Kayseri	379
Kayseri – Sivas	222
Irmak – Zonguldak – Kozlu	419
Fevzipaşa – Yolçatı – Diyarbakır –Kurtalan	62
Kütahya – Tavşanlı – Balıkesir – Tunçbilek	267
Kardeşgediği – Boğazköprü	171
Afyon – Karakuyu	112
Sivas – Çetinkaya	111
Çetinkaya – Erzurum	435
Malatya –Çetinkaya	139
Yolçatı – Elazığ – Genç	157
Köprüağzı – Maraş	29
Hadımköy – Kurukavak	11
Bozanönü – Isparta	13
Baladız – Burdur	23
Ödemiş – Şehir	1,5
TOPLAM	3535

Kaynak: Gülener, 2009

Ödün verilmeden uygulanan demiryolu politikasında gelinen nokta, mevcut koşullar çerçevesinde büyük başarı olsa da 1947 - 1948 yılında Türkiye' nin sahip olduğu demiryolu uzunluğu komşu ülkeler ile kıyaslandığında, Tablo 1.2.'de sahip olunan uzunluğun ancak birkaç geri kalmış ülkeden daha iyi durumda olduğu ortaya çıkmaktadır (Gülener, 2009).

Tablo 1.2. 1947–1948 yılında Türkiye ve komşu ülkelerin mevcut demiryolu kapasitesi

Ülke Adı	Demiryolu Uzunluğu (Km)	Her 100 km ² 'ye Düşen Demiryolu
Çekoslovakya	10527	7,5
Yugoslavya	9471	3,8
Romanya	11216	5,8
Bulgaristan	3405	3,1
Yunanistan	2650	2
Suriye & Lübnan	1100	0,9
Filistin & Ürdün	1003	0,8
İran	1500	0,1
Mısır	3619	0,4
Türkiye	7625	1

Kaynak: Gülener, 2009

1950 ve sonrası dönemde demiryolu ulaştırmasının yok sayılarak karayolu ulaştırılmasına ağırlık verildiği dönemdir. Karayolu, 1950 yılına kadar uygulanan ulaşım politikalarında demiryolunu besleyecek, bütünleyecek bir sistem olarak görülmüştür. Ancak karayollarının demiryollarını bütünleyecek, destekleyecek biçimde geliştirilmesi gereken bir dönemde, Marshall yardımıyla demiryolları adeta yok sayılarak karayolu yapımına başlanmıştır (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 27.03.2014).

ABD'nin Marshall yardımı ile Türk ekonomisi üzerinde etkin olduğu bu dönemde, özellikle tarım ve tüketim mallarına dayalı bir sanayileşme süreci iktisadi yapıya egemen olmuştur. 1960 sonrası planlı kalkınma dönemlerinde, demiryolları için öngörülen hedeflere hiçbir zaman ulaşamamıştır. Bu planlarda, ulaştırma alt sistemleri arasında koordinasyon sağlanması hedeflense de, plan öncesi dönemin özellikleri devam ettirilerek ulaştırma alt sistemleri arasında koordinasyon

sağlanamamış ve karayollarına yapılan yatırımlar bütün plan dönemlerinde ağırlığını korumuştur. Bütün planlarda, sanayinin artan taşıma taleplerinin yerinde ve zamanında karşılanabilmesi için demiryollarında yatırımlara, yeniden düzenlemelere ve modernizasyon çalışmalarına ağırlık verilmesi öngörülmüş olmasına rağmen hayata geçirilememiştir. Bu politikaların sonucu olarak, 1950-1980 yılları arasında yılda sadece ortalama 30 km yeni hat yapılabilmektedir (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 25.03.2014)

1980'li yılların ortalarında ise, ülkemizde hızlı bir karayolu yapım seferberliği başlatılmış, otoyollar GAP ve turizmden sonra ülkemizin üçüncü büyük projesi olarak kabul edilmiştir. Bu çerçevede 1990'li yılların ortalarına kadar otobanlar için yılda yaklaşık 2 milyar Amerikan Doları tutarında yatırım yapılmıştır (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 01.04.2014).

Buna karşılık, özellikle önemli demiryolu altyapı yatırımları konusunda her hangi bir projenin hayata geçirilmediği görülmektedir. Mevcut demiryollarının büyük bölümü yüz yılın başında inşa edilen geometride kalmaya mahkûm olmuştur. İdame yatırımları için ayrılan kaynaklarda yetersiz kalmıştır (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 01.04.2014).

Ayrıca, ülkemizde yapılmış tek ulusal ulaştırma planı olan, ulaştırma sistemimizin iyileştirilmesi yönünde bir adım olarak görülen, karayolu ulaşım payının %72'den %36'ya düşürülmesini hedefleyen "1983-1993 Ulaştırma Ana Planı" da uygulanmamıştır ve 1986 yılından sonra uygulamadan kaldırılmıştır (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 01.04.2014).

Sonuç olarak, 1950'li yıllardan sonra uygulanan karayolu ağırlıklı ulaşım politikaları sonucunda, 1950-1997 yılları arasında karayolu uzunluğu %80 artarken, demiryolu uzunluğu sadece %11 artmıştır. Ulaştırma sektörleri içindeki yatırım payları ise; 1960'li yıllarda karayolu %50, demiryolu %30 pay alırken, 1985'den bu yana demiryolunun payı %10'un altında kalmıştır (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 01.04.2014).

90'lı yıllarla beraber artan nüfus ve trafik sorunu nedeniyle raylı toplu taşımaya verilen önemin artması ile imkanlar dahilinde demiryolları yapılmıştır. Mevcut durumda Türkiye'de 888 km'si Yüksek Hızlı hat olmak üzere toplamda 12000 km demiryolu hattı bulunmaktadır (<http://www.tcdd.gov.tr/>, 01.04.2014).

Şekil 1.2'de 2011 yılı sonu itibariyle TCDD' ye ait hat ve yol uzunlukları verilmiştir. Söz konusu toplam konvansiyonel hattın %20'si elektrikli, %27'si sinyalli ve %5'i de çift hatlıdır.

Şekil 1.2. TCDD'ye ait hat uzunlukları

	(Km)				
	2007	2008	2009	2010	2011
KONVANSİYONEL HAT- Conventional Line					
Anahat- Mainline	8.257	8.257	8.243	8.276	8.324
2.3.4. Anahatlar-2nd,3rd,4th, Mainlines	440	442	443	446	446
Anahat Toplamı -Total Mainline	8.697	8.699	8.686	8.722	8.770
İltisak+İstasyon Yolları-Branch+Station Line	2.294	2.306	2.322	2.330	2.342
KONVANSİYONEL HAT TOPLAMI					
Conventional Line Total	10.991	11.005	11.008	11.052	11.112
Elektrikli - Electrified	2.274	2.282	2.273	2.273	2.271
Sinyalli - Signalled	3.098	3.029	3.020	3.020	3.020
YÜKSEK HIZLI HAT- High Speed Line					
Anahat- Mainline	-	-	197	436	436
2. Anahat - 2nd Mainline	-	-	197	436	436
Anahat Toplamı -Total Mainline	-	-	394	872	872
İstasyon Yolları - Station Line	-	-	3	16	16
YÜKSEK HIZLI HAT TOPLAMI					
High Speed Line Total	-	-	397	888	888
Elektrikli - Electrified	-	-	397	888	888
Sinyalli - Signalled	-	-	397	888	888
GENEL TOPLAM-General Total					
Anahat- Mainline	8.257	8.257	8.440	8.712	8.760
2.3.4. Anahatlar-2nd,3rd,4th, Mainlines	440	442	640	882	882
Anahat Toplamı -Total Mainline	8.697	8.699	9.080	9.594	9.642
İltisak+İstasyon Yolları-Branch+Station Line	2.294	2.306	2.325	2.346	2.358
TOPLAM YOLLAR-Total Lines					
Total Lines	10.991	11.005	11.405	11.940	12.000
Elektrikli - Electrified	2.274	2.282	2.670	3.161	3.159
Sinyalli - Signalled	3.098	3.029	3.417	3.908	3.908

Kaynak: <http://www.tcdd.gov.tr/>, 25.03.2014

2. DEMİRYOLU SİSTEMLERİNDE SİNYALİZASYON

Demiryolu ulaşım sistemlerinde hız, dakiklik ve emniyet ön planda tutulan kriterlerdir. Ulaşımın planlanan zamanda ve emniyetli sürdürülebilmesini sağlayan sinyalizasyon sistemleri, demiryolu taşımacılığının en önemli parçasıdır. Sinyalizasyon sistemlerinin amaçlarını;

- Demiryolu üzerindeki araçlar arasındaki kazaların önlenmesi,
- Güzergâhın gerektirdiği şekilde makasların tanzimini ve kilitlemesini yaparak oluşabilecek raydan çıkmaya bağlı kazaların engellenmesi,
- Tanzim edilen bir rotanın başka bir tren için de tanzim edilmesinin önlenmesi,
- Hemzemin geçitlerinin güvenliğinin sağlanması,

olarak sıralayabiliriz (Gündoğdu ve Söyler, 2005)

Sinyalizasyonda temel özellik demiryolunda özellikle Türkiye’de olduğu gibi tek hat işletmeciliği yapılan sistemlerde tren karşılaşmalarını engellemektir. Doğru bir sinyalizasyon ile yolculuk süreleri kısaltılıp emniyetli bir taşıma sağlanırken, aynı zamanda personel tasarrufu yapılarak işletim maliyetleri düşürülür ve yol kapasitesi artırılarak taşımacılığın verimi artırılabilir.

Bu bölümde ilk olarak sinyalizasyon sistemlerinin tarihine bir göz atılacak, sonrasında günümüzde kullanılan sinyalizasyon sistemleri ve bu sistemleri oluşturan temel bileşenler hakkında bilgilendirme yapılacaktır ve birbirlerine karşı olan avantajları ve dezavantajları anlatılacaktır.

2.1. Demiryolu Sistemlerinde Sinyalizasyonun Tarihçesi

1814 yılında George Stephenson tarafından bulunan ilk buharlı lokomotif işletme için sahaya konmasıyla demiryolu taşımacılığı başlamış oldu. Bununla birlikte bütün

çalışmalar demiryolu güzergâhları, lokomotif ve vagon üretimi üzerinde yoğunlaşmıştır (Özdemir, 2000).

Demiryolu kullanımının ilk yıllarında kaza veya başka problemler için önlem almak lüzumsuz gözüktü, demiryolu sadece hızlı bir ulaşım aracı olarak görülüyordu. Trenlerin hızları günümüze göre çok düşüktü bu yüzden kontrolü daha kolay gerçekleştiriliyordu. Tren hızlarının görüş mesafesi içinde durmaya yetecek kadar düşük olması nedeniyle, tren hat boyunca ilerlerken öndeki yolun boş olduğu kabul edilip, önde tren olmadığı varsayıyordu. Bunun yanında hat ve kavşak sayısı az olmakla beraber, tren katarları da az sayıda araçtan oluşmaktaydı (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

İlerleyen zamanda gerçekleşen kazalar ve karşılaşılan sıkıntılar nedeniyle ilk aşamada el veya bayrakla işaret veren görevliler hat üzerinde görevlendirilmiştir. Tren hızlarının gelişen teknolojiyle artması, tren katarlarındaki vagon sayısının artması nedeniyle tren ağırlığının artması sonucu trenlerin görüş mesafesi içinde durdurulması, emniyetli bir şekilde yol alması veya makinistlerin yalnızca bu işaretlere uyarak treni durdurmaya çalışması yeterli olmamıştır. Bu sıkıntıyı bertaraf etmek için öne sürülen çözüm tehlikeli mevkilerde işaretleri artırmak ve işaretleri tekrar etmek olmuştur ancak bu da kazaları önlemek için yeterli olmamıştır. Bunlara ek olarak uzak mesafelerden işaret ve bayrakların görülmemesi tren hareketlerine kısıtlayıcı etki yaptığı için hat üzerinde daha fazla sayıda işaretçilerin kullanılmasını gerektirmiştir (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

1840'lı yıllara gelindiğinde, hız, ekonomi ve emniyeti sağlaması amacı ile zaman aralığı uygulamasına geçilmiştir. Buna göre trenler için belirli zaman çizelgeleri oluşturulup bu süreler içinde varış noktalarına ulaşmaları beklenmiştir. Ancak bu yöntemde de, trenlerin diğer trenlerin hareketlerinden haberleri olmamaktaydı. Sefere çıkan trenin herhangi bir şekilde yolda kalmasından arkadaki trenin haberi olmamakta ve kazalar kaçınılmaz olmaktadır (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Bu dezavantajından dolayı, zaman aralığı uygulaması yerini mesafe aralık yöntemine bırakmıştır. Bu yöntemde demiryolu hattı bloklara ayrılmış ve her bloğun başlangıcına işaretler koyulmuştur. Bu işaretler sayesinde, makinistler girmek üzere oldukları bloğun meşgul ya da müsait olup olmadığını anlayabiliyorlardı (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Mesafe aralık yönteminin kullanılması sabit hat sinyallerinin keşfine yol açmıştır. Telgrafın icat edilmesiyle beraber, zil ve telgraf birarada kullanılıp sinyal operatorlerine bir sonraki bloğa kendi bloklarının durumunu iletme ve tren hareketlerini yönlendirme olanağı sağlamıştır. Bir önceki sinyal operatoru bir sonraki operatörden mücadele istiyor ve operator devreye yol verdikten sonra mücadeleyi veren operator kendi istasyonunda bulunan sinyal devresini çalıştırabiliyordu(Söyler ve Açıkbaş, 2005). Fakat bu yöntem de, sonraki istasyondan izin verilmesine rağmen arada bir trenin unutulmasıyla etkisini yitirmiştir (Goddard, 2008, s.314).

1900'lü yıllara gelindiğinde, trenler arasını belirli miktarda mesafelendirme düşüncesi; kontrol operatorleri tarafından elle çalıştırılan blok sistemi, kontrollü elle çalıştırılan blok sistemi, yarı otomatik blok sistemi, otomatik blok sistemi, mekanik blok sistemi gibi değişik sistemlerle gelişmeye devam etmiştir (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Ülkemizde ilk sinyalizasyon uygulamaları ise, Sirkeci – Halkalı banliyö hattının 1955 yılında kurulumu ile başlamış ve Ankara – Haydarpaşa hattının 1968'de sinyalize edilmesi ile devam etmiştir (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Günümüzde sinyalizasyon sistemlerini ele aldığımızda, trenlerin makinistlere bile ihtiyaç duymadan otomatik olarak sürülebilir dereceye gelerek çok fazla gelişme kaydettiğini görmekteyiz(Söyler ve Açıkbaş, 2005).Ülkemizde 12000 km olan ana hattın (YHT hatları dahil) yaklaşık %32'si sinyallidir. Eğer YHT hatları dahil edilmezse 11112 km olan konvansiyonel hattın yaklaşık %27'si sinyallidir.

2.2. Sinyalizasyon Sistemlerinin Temel Öğeleri

Literatür taraması yapıldığında sinyalizasyon sistemlerini bazı kaynaklarda 2 gruba ayrılırken bazı kaynaklarda 3 gruba ayrıldığı görülmektedir. Sonuç olarak sinyalizasyon sistemlerinin 2 temel bileşenden oluştuğu yaklaşım ağır basmaktadır. Bunlar:

- Saha Elemanları
- Merkezi ekipmanlar ve yazılımlar' dır.

2.2.1. Saha elemanları

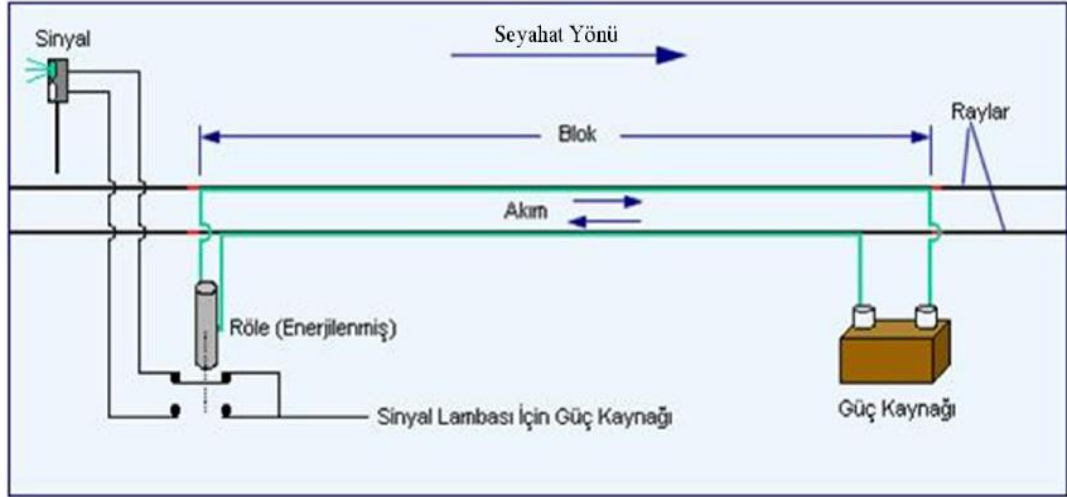
Saha elemanları isminden de anlaşılacağı gibi sinyalizasyon sisteminin demiryolu hattı üzerindeki donanım elemanlarıdır. Saha elemanları genel olarak ray devreleri, demiryolu makasları, sinyaller ve sinyal kabinleri, hat üstü tren haberleşme ekipmanları (Baliz-RF anten), trenüstü/on-board ekipmanlar ve röleler olarak gösterilebilir.

2.2.1.1. Ray devreleri

Ray devreleri, rayların oluşturduğu bir elektrik devresi olup amacı trenlerin konumunu tespit edip takip eden trene bunu bildirmektir. Bir ray devresi, istenirse kırık rayları, açık makasları ve tahrip olmuş izole contaları da kontrol edebilir. Ray devreleri sayesinde trenin güzergahını, makas bölgesindeki trenleri belirleyebilir aynı zamanda önde bulunan trenin durumunu belirleyerek arkadaki tren için emniyetli bir ortam sağlar.

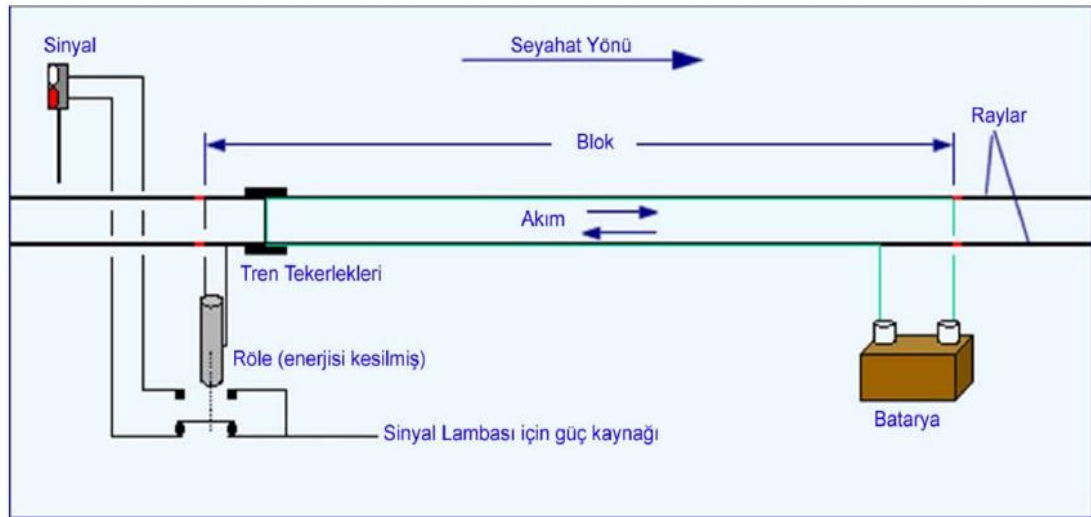
Çalışma prensibine kısaca değinecek olursak normalde yeşil yanan sinyal lambası, trenin bloğa girmesiyle, trenin tekerlerinin ray devresinin kısa devre etmesi sonucunda, rölenin uçlarındaki gerilim sifira yaklaşır. Yol rölesi düşük konuma gelerek kontakları durum değiştirir. Kontakların durum değiştirmesi ile birlikte buna bağlı olan sinyal lambası kırmızı yanar (Babacan, 2011). Aşağıdaki şekil 2.1 ve 2.2' de ray devresinin boş blok ve dolu blok konumlarının şeması gösterilmektedir.

Şekil 2.1. Ray devresi - Boş blok



Kaynak: Yüksel, 2007

Şekil 2.2 Ray devresi - Dolu blok



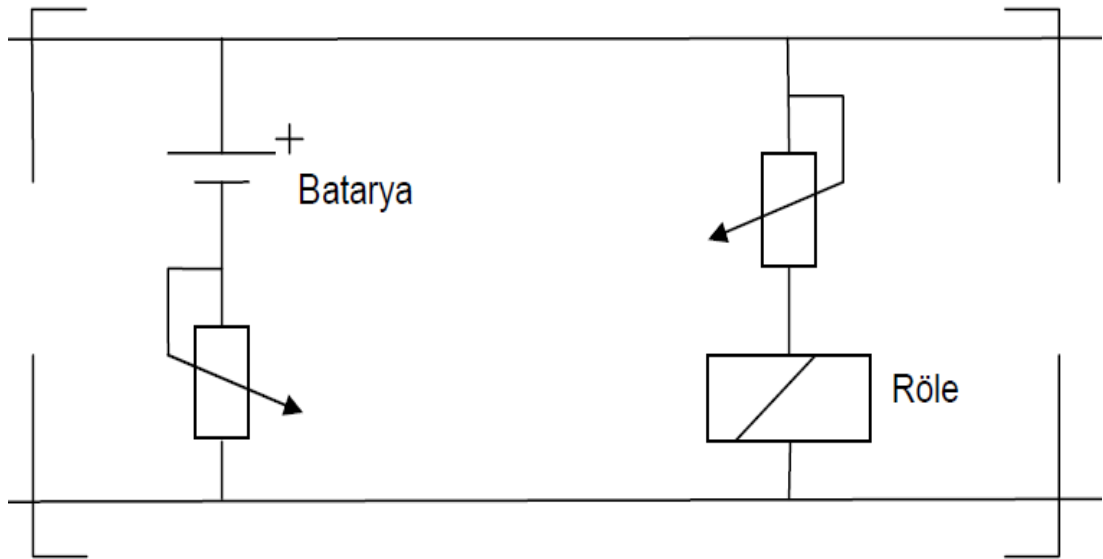
Kaynak: Yüksel, 2007

Ray devreleri pratikte daha karmaşık yapıya sahiptirler. Bir blok kendisine komşu olan bloklardan elektriksel olarak yalıtılmıştır fakat bazı durumlarda kontrol merkezinden blok boş olsa bile sinyalin manuel olarak kırmızıya çevrilmesine yarayan ilave devreler mevcuttur. Ray devreleri izole cebireli, kodlu, aks sayıcı, hareketli ray devreleri gibi farklı tiplerde olabilir.

- **İzole cebireli ray devreleri**

İzole cebireler ile birbirinden elektriki olarak ayrılmış ray bölgeleri oluşturulur ve bu ayrılmış ray bölgelerinin bir ucundan 2,5 V AC (teorik olarak) besleme gerilimi verilerek diğer uçtan bu gerilim kontrol edilir (Şekil 2.3). Eğer izole edilmiş bölgeden uygulanan gerilime göre bir geri dönüş gerilimi alınıyorsa ray bölgesinde tren yoktur. Tren bir ray bölgesine girince iki ray arasını kısa devre eder. Bu durumda rayya uygulanan gerilimden geriye dönüş olmayacağı bölgede trenin varlığı anlaşılır. Burada tren algılama sistemi ters mantıkla çalışır. Yani gerilim varsa tren yok, gerilim yoksa tren var olarak kabul edilir. Bunun sebebi ise hata emniyetli (fail-safe) şekilde çalışma mecburiyetidir. Herhangi bir sebepten (kablo kopması, kısa devre, ekipman arızası vs) dolayı uygulanan gerilim geri alınamazsa o bölgede trenin olduğu varsayılır ve sistemde arıza olsa dahi en emniyetli duruma geçeceği için kazalar önlenir. Özellikle eski sistemlerin tamamı Ray Devrelidir. İstanbul LRT hattı, İzmir Metrosu ve TCDD banliyö ve şehirlerarası hatlarında izole cebireli ray devreleri kullanılmaktadır (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Şekil 2.3. İzole cebireli ray devresinin prensip elektriki şeması



Kaynak: Gülener, 2009

Rayları iki ucundan birbirlerine bağlamak için kullanılan demir çubuklara ‘cebire’ denir. Cebireler, yumuşak çelikten, haddeden geçirilmek suretiyle yapılır. Yol içinde ve dışında kalan kısımları, aynı veya farklı şekilde olabilir. Delik sayısı, ray başlarındaki delik sayısına göre 4 veya 6 olur. Şekil 2.4’ te Cebire ve Cebire Blonu Şekil 2.5’te ise demiryollarında bir uygulama görülmektedir.

Şekil 2.4. Cebire ve cebire blonu



Kaynak: Güleler, 2009

Şekil 2.5. İzoleli cebire



Kaynak: TCDD, 2014

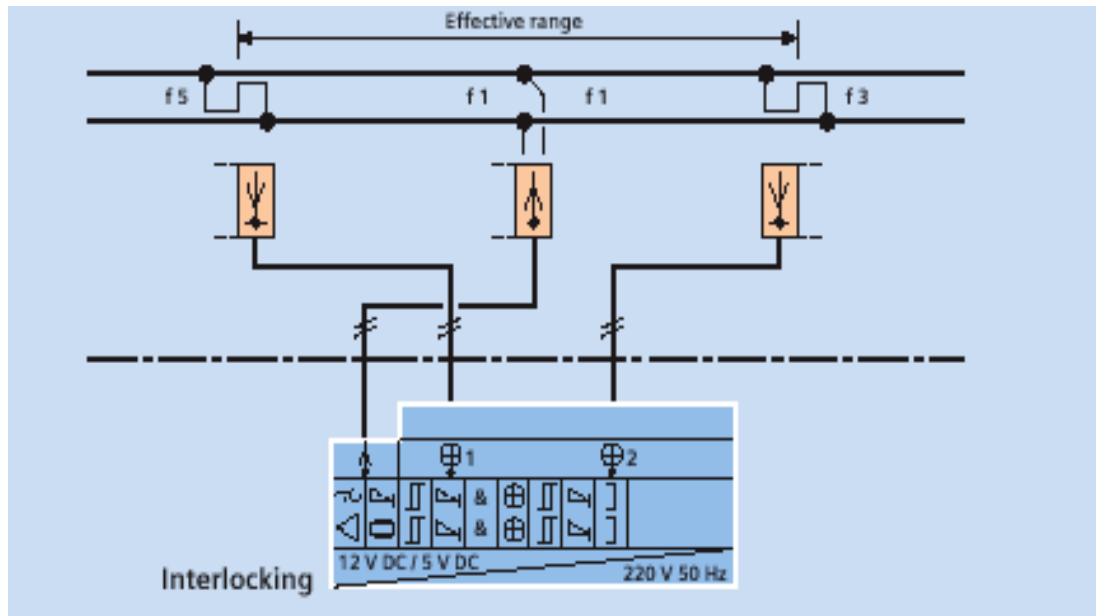
Sinyalli bölgelerde veya ray devrelerinin ayrıldığı otomatik kumandalı hat kesimlerindeki hemzemin geçitlerde ‘İzoleli cebire’ kullanılır. Bu cebireler ray ile temas etmemesi için plastik malzeme ile izole edilmiştir.

- **Kodlu ray devreleri**

Kodlu ray bölgelerinde rayları izole cebire ile ayırmaya gerek yoktur. Onun yerine ray bölgeleri arasında kapasitif ayırıcılar kullanılır. Şekil 2.6’ da gösterildiği üzere Ray bölgesinin bir ucundan verici vasıtası ile raya verilen ses frekansı ray bölgesinin diğer ucundan bir alıcı vasıtası ile alınır ve ölçülür. Eğer frekansta bir sapma varsa hata emniyetli (fail-safe) mantığa göre tren varmış gibi düşünülür ve bölge kiltlenir. Kodlu ray devrelerinde mükemmel gürültü yalıtımı sağlanabilmesi için taşıyıcı dalga 2,5 Hz veya 4 Hz gibi kare dalgası ile genlik modülasyonu yapılır(Gülener, 2009).

Son yıllarda inşa edilen olan sabit bloklu sistemlerde, ses frekanslı ray devreleri kullanılmaktadır. Özellikle kısa mesafeler de aracın algılanmasını gerektiren düşük zaman aralıklı tren işletmesi yapılan sistemlerde kullanılması avantajlıdır. Ayrıca ray kesintisiz olduğu içinde yolculuk konforu artar ve bakım maliyeti düşer. Ankaray raylı sistemler ve Taksim – 4 Levent İstanbul Metrosu’ nda kodlu ray devresi kullanılmaktadır (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Şekil 2.6. Basit bir ses frekanslı ray devresi örneği



Kaynak: Gülener, 2009

- **Aks sayıclı ray devreleri**

Ray bölgesine giren ve çıkan aks sayılarını karşılaştırarak trenin bölgede olup olmadığını anlayan ray devreleridir. Eğer bölgeye giren aks sayısı çıkan aks sayısına eşit değilse, bölgede tren var kabul edilir. Herhangi bir arıza durumunda bölgeye giren aks sayısı çıkan aks sayısına eşit olmayacağından, bu devre de hata emniyetli (fail-safe) yapıya uygun gözükse de, kablo kopması veya bir arıza gerçekleşmesi durumunda, bölgeye giren trenler farkedilemeyeceğinden aslında fail-safe yapıya uygun bir ekipman değildir. Aks sayıclı ray devreleri, topraklamaya ihtiyaç duymaması ve daha az kablo kullanması nedeniyle hem kurulumu hem de bakımı daha az maliyetli ray devreleridir. Normal ray devrelerinde gerçekleşen korozyon gibi işaret bozucu dış etmenler, aks sayıclı ray devrelerine etki etmezler. Islak tüneller gibi normal ray devrelerinin kararsız işaret vereceği durumlarda da, aks sayıclı ray devreleri daha doğru sonuç verir. Getirdiği bu avantajların yanında, ray kırıklarını anlayamaması veya elektrik kesintilerinde giren/çıkan aks sayısı bilgisinin resetlenmesi dezavantajlarından bazılarıdır.

Aks sayıclı ray devresinde de izole cebire kullanılmadığından, yolculuk konforludur. Özellikle şehirlerarası raylı sistemlerde ray devresi yerine yeni sistemlerde Şekil 2.7' de gösterilen aks sayıcılardan tercih edilmektedir. Ülkemizde Bursaray hattında kullanılmıştır, dünyada ise özellikle şehirlerarası hatlarda hızla yaygınlaşmaktadır (Söyler ve Açıkbay, 2005).

Şekil 2.7. Aks sayıcı örneği



Kaynak: TCDD, 2014

Yakın gelecekte büyük ihtimalle trenlerin varlıkları ve konumları, radyo yayını ve radyo sinyallerine cevap veren radyo vericileri ile belirlenecek ve bu teknoloji dolayısıyla hem ray devrelerini hem de aks sayıcılarını gereksiz kılacaktır (Zafer ve Eren, 2006).

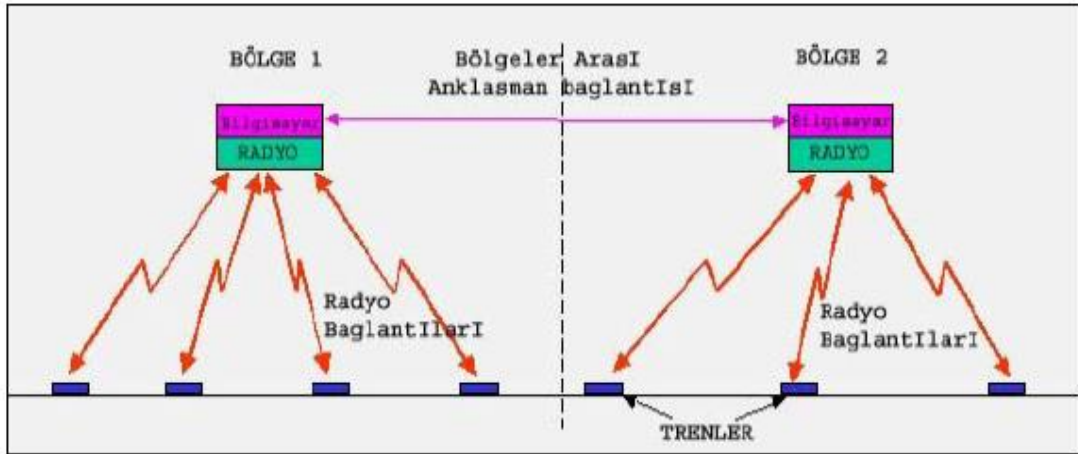
- **Hareketli ray devreleri**

Hareketli blok sinyal sisteminde ray devreleri sanaldır ve uzunluğu trenin hızına, durma mesafesine, fren gücüne, bölgenin karp ve eğim parametrelerine göre değişir. Kumanda merkezindeki program her trenin önündeki mesafeyi otomatik olarak ayarlar ve trenin hızını düşürür veya yükseltir. Bu şekilde ray devresi olarak kullanılan mesafe kısa olacağı veya gereksiz yere uzun tutulmayacağı için hattın kapasitesi de artar. Genellikle 1,5 dk ve altındaki hat kapasitelerinde kullanılması daha ekonomiktir. Ankara metrosunda hareketli blok sinyalizasyon sistemi kullanılmıştır (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Hareketli blok sistemi olan bir demiryolunda, hat bölgelere ayrılmıştır. Şekil 2.8' de bu durum gösterilmiştir. Bölgeler bilgisayar kontrolü altındadır ve her bir bilgisayar

kendi radyo iletimine sahiptir. Buna göre, her tren konumunu, hızını ve yönünü sisteme gönderir. Bölge bilgisayarları gerekli hesaplamaları yaparak aynı hattan gelen diğer trene bilgileri iletir. Bölge bilgisayarları ve trenler arasındaki bağlantı kesintisizdir. Bu nedenle bilgisayar kendi bölgesindeki her trenin konumunu her zaman bilir. Bilgisayar her trene önündeki trenin konumunu iletir ve öndekine çarpmadan durabilmesi için frenleme egrisini verir. Bu sistem, ‘Haberleşme Temelli Tren Kontrolü’ dür (Gülener, 2009).

Şekil 2.8. Hareketli blok sistem şeması



Kaynak: <http://www.railway-technical.com/>, 22.04.2014

- **Hareketli blok sisteminin avantajları**

Demiryolu sinyalizasyonu, değişken iklim şartlarına, yoğun kullanıma, aşınmaya, kötü niyetli kişiler tarafından tahrip edilmeye ve hırsızlığa maruz kalan oldukça pahalı sistemlere sahiptir. Bu sinyalizasyon ekipmanlarının geniş bir alana yerleştirilmiş olması, bakımının pahalı ve zaman alıcı olmasına sebebiyet vermektedir. Arızaların yerinin tespit edilmesi ve arıza mahalline ulaşılması oldukça zordur. Bu nedenlerden dolayı demiryolu işletmecileri bakım giderlerini azaltmak için yol ekipmanlarını azaltmayı denemektedirler. Azaltılmış yol kenarı ekipmanları kurulum maliyetlerini de azaltır. Hareketli blok sistemi sabit blok sistemine göre daha az yol kenarı ekipmanı gerektirir (Yüksel, 2007).

Diğer bir avantaj ise yüksek kapasite sağlıyor olmasıdır. Örneğin Marmaray Projesinde iki tren arası işletme aralığı 90 saniyeye kadar düşürülebilmektedir. Hareketli blok sinyalizasyon sistemi işletme aralığını 90 saniyenin altına indirip 50 metrelik tren ayırma mesafesine izin verebilir ancak bu durumda da yer altı hatlarında kritik zamanlarda yeterli hava sirkülasyonu sağlamak için her 200-300 metrede bir modern duman kontrolü ve havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır. Bu da oldukça yüklü bir maliyet getirerek hareketli bloğun faydalarını azaltacaktır (Yüksel, 2007).

İşletmecilerin hareketli blok sisteminde elde ettikleri asıl kazanç, yol kenarı ekipmanlarının azaltılması ve dolayısıyla bunların bakım masraflarının azaltılmasıyla sağlanan kazançtır. Hareketli blok sisteminde kolay hata tespiti ve yüksek emniyet sağlanabilir ancak birçok işletici hem kırık rayların tespiti hem de bir yedek olması açısından bu sistemin yanı sıra bir de sabit blok sistemi istemektedirler (De Leuw, Cather & Company of New York, Inc, 2004).

2.2.1.2. Demiryolu makasları

Demiryolu araçlarının bir hattan diğer bir hatta geçmesini sağlayan tesise makas denir. Yani makaslar, trenlerin raylar üzerinde yön değiştirmelerini sağlayan düzeneklerdir. Makaslar da sinyalizasyon sisteminde hata emniyet (fail-safe) mantığına göre çalışan donanımlardır. Bölgede araç olduğu veya geçtiği durumda komut almaz ve makasların konumu ile ilgili bir şüpheli durum olduğunda da yine makasın kontrol merkezinden komut almasına izin verilmez (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Makasların konumları ana hatlar üzerinde genellikle makas üzerine monte edilen motorlar vasıtasıyla elektrikli olarak değiştirilir ve uzaktan (Trafik Kontrol Merkezinden) Trafik Kontrolörünün komutları ile kontrol edilir (Şekil 2.9). Diğer yandan nadir kullanılan yan hatlarda, trafiğin az olduğu kol hatlarda ya da müstakil manevra istasyonlarında makasların konumları, bir makas kolu ile manuel olarak da

değiştirilebilir. Makaslar, elektrik motorunun redüktörün milini döndürerek tahrik kollarının hareket ettirilmesi suretiyle tanzim edilmektedir.

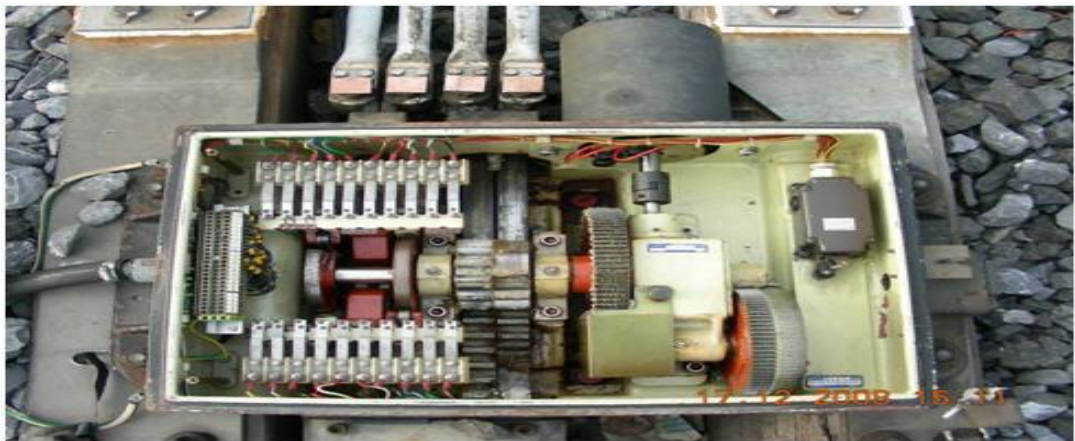
Şekil 2.9. Makas motoru



Kaynak: Bayrak, 2011

Makas dil uçlarına bağlı ikişer adet kol vardır. Bu kollardan biri tahrik kolu diğeri ölçü koludur(Şekil 2.10). Redüktör milinin hareket etmesi sonucu kollara bağlı olan dişliler hareket etmeye başlar. Dolayısı ile kollara bağlı olan kontak uçları da kollar ile beraber hareket etmektedir. Kontak uçlarının temas ettikleri yönler tespit edilerek makasın tanzimden sonraki son yönü belirlenir.

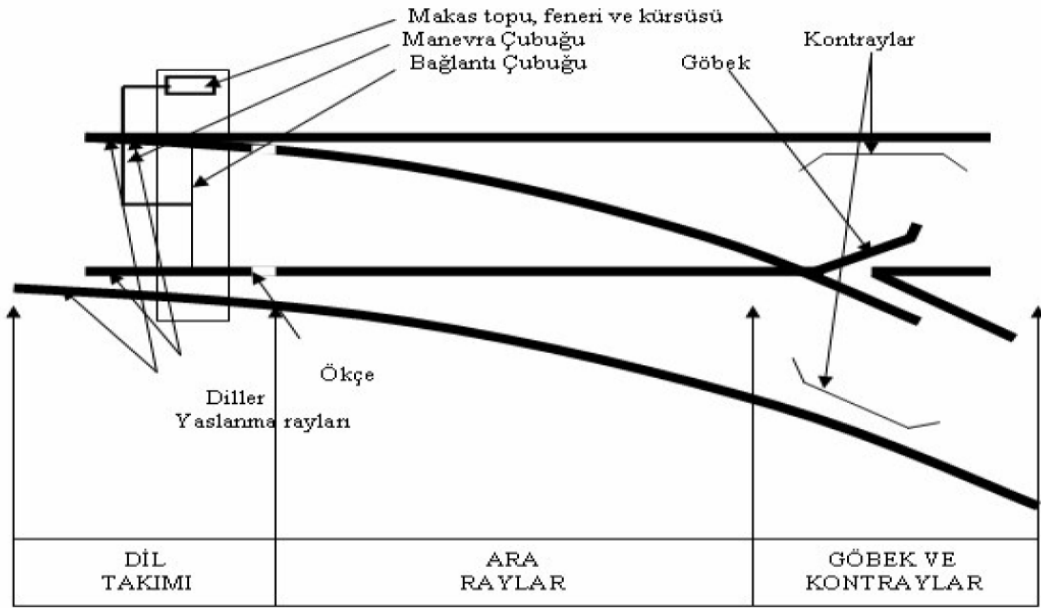
Şekil 2.10. Otomatik kontrollü makas kontak, redüktör ve dişlileri



Kaynak: Bayrak, 2011

Basit bir makas Şekil 2.11’ de görüldü gibi dil takımı, ara raylar, göbek ve kontraylar olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır.

Şekil 2.11. Makasın bölümleri



Kaynak: MEB, 2013

Dil takımı demiryolu araçlarının yol değiştirmesini sağlayan kısımdır. Dillerin ara raylarına bağlandığı bölüme ökçe adı verilir. Diller ökçeden hareket ediyorsa mafsallı dil, kendi esnekliği ile hareket ediyor, ökçeden hareket etmiyorsa esnek dil denir (MEB,2013).

Göbek, makasın doğru yol rayı ile sapan yol rayının kesiştiği noktaya denir. Bu kesişme noktasından tekerlek bodenlerinin geçişini sağlamak için, iki ray kesişme noktasından başlayarak dışa doğru bükülürler ve tavşanayağı denilen eğrileri oluştururlar. Kesişme noktasında tekerlek bodenlerinin serbestçe geçmesi için bir boşluk bırakılır. Bu boşlukta araçların yol değiştirmemesi için de karşılığında kontraylar bağlanır. Makas dil takımı ile göbek takımını birleştiren raylara makas ara rayları adı verilir (MEB, 2013).

Makasların sınıflandırılması

Makaslar yönlerine ve yapılış şekillerine göre olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar.

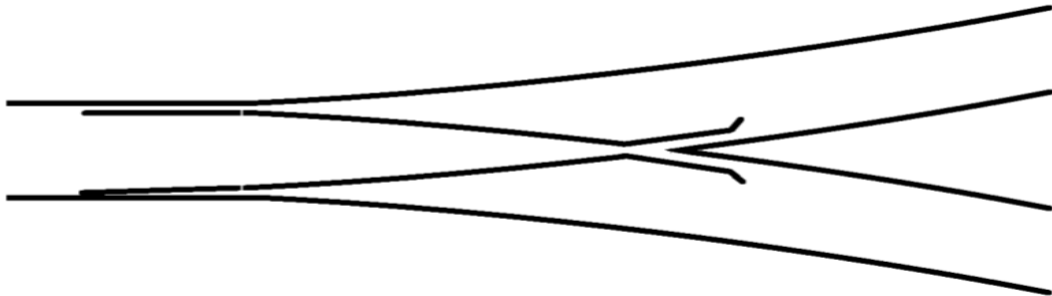
A.Yönlerine göre makaslar

Sağ makas: Makas dil ucuna doğru bakıldığında sapan yol sağ tarafta kalıyorsa bu tip makaslara sağ makas denir.

Sol Makas: Makas dil ucuna doğru bakıldığında sapan yol sol tarafta kalıyorsa bu tip makaslara sol makas denir.

Simetrik Makas: Her iki yolu da sapan yol olan, yani doğru yolları olmayan makaslara simetrik makas denir. Şekil 2.12’de bu tipte bir makas görülmektedir.

Şekil 2.12. Simetrik makas



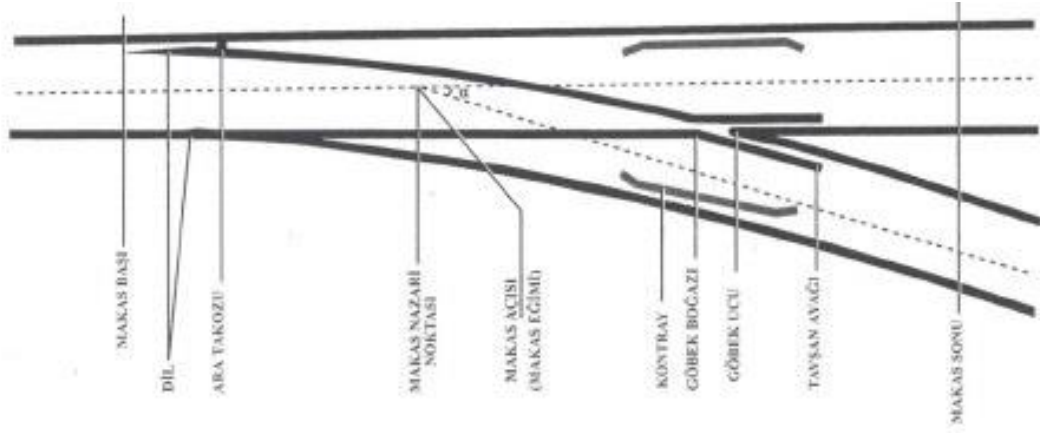
Kaynak: Babacan,2011

Kurpta(Münhani) Makas: Kurp üzerinde döşenen özel makaslardır.

B.Yapılış ve gördükleri işe göre

Basit makas: Kesişen iki yoldan birinden diğerine geçişine yol verirler. Şekil 2.13’te görüldüğü üzere bir doğru yolu bir de sapan yolu vardır. Sağa sapıyorsa Basit sağ makas, sola sapıyorsa Basit sol makas denir (MEB, 2006)

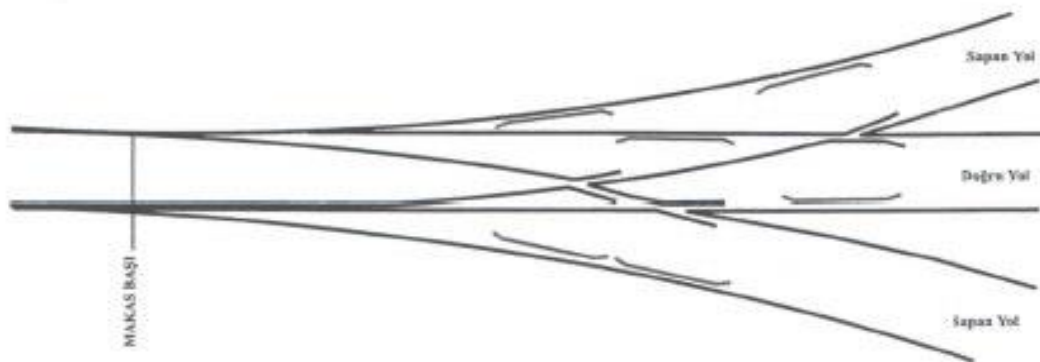
Şekil 2.13. Basit makas yapısı



Kaynak: <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014

Birleşik makas: İç içe iki basit makastan meydana gelmiştir. Bu makaslara Muzaaf makas da denir. Şekil 2.14'te görüldüğü üzere bir yoldan üç yola geçiş yapılabilir. Bir doğru yolu, iki sapan yolu vardır. Depo ve istasyon sahalarında, alandan tasarruf sağlamak için kullanılır. Cari hatlar üzerinde kullanılmaz. Dört dil üç göbekten oluşurlar.

Şekil 2.14. Bileşik makas yapısı

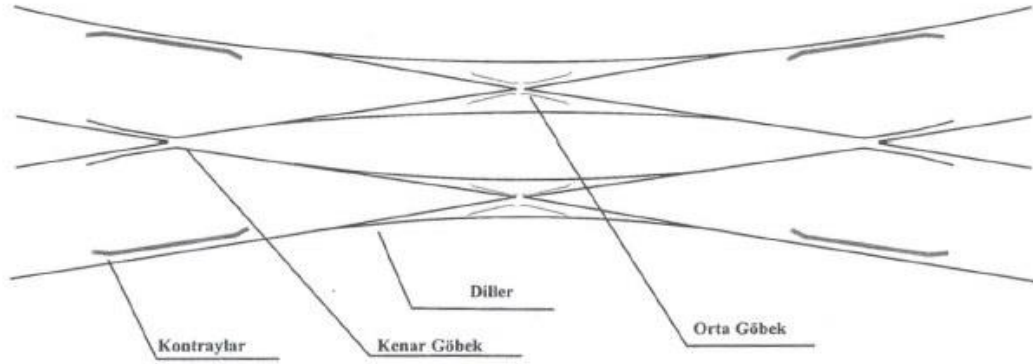


Kaynak: <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014

Çapraz (ingiliz) Makas: Büyük istasyon ve garların manevra yeteneğini artırmak, istasyon yollarının faydalı uzunluklarını kısaltmamak, 3-4 makasla yapılabilecek işleri tek makasla yapmak ve ikiden fazla yola kumanda etmek amacıyla kullanılırlar.

Araziden tasarruf sağlar. Genellikle hattı cari (iki istasyon arasındaki ana hat) üzerinde kullanılması uygun değildir (MEB, 2006). Şekil 2.15'te çapraz makas örneği görülmektedir.

Şekil 2.15. Çapraz (ingiliz) makas

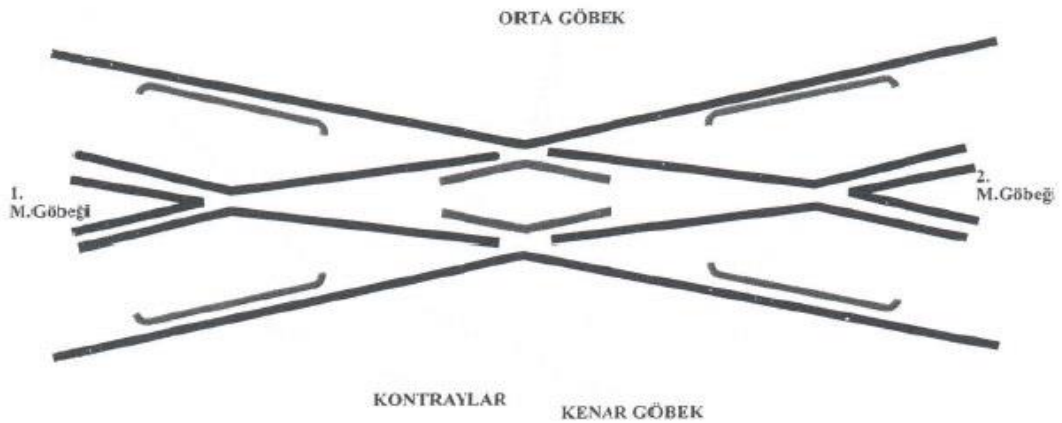


Kaynak: <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014

Makas sistemleri

Kuruvasman makas: Kesişen iki yolda sadece karşılıklı geçişi sağlayan makaslardır. Dil kısımları yoktur. Sadece göbeklerden meydana gelmektedir (Şekil 2.16).

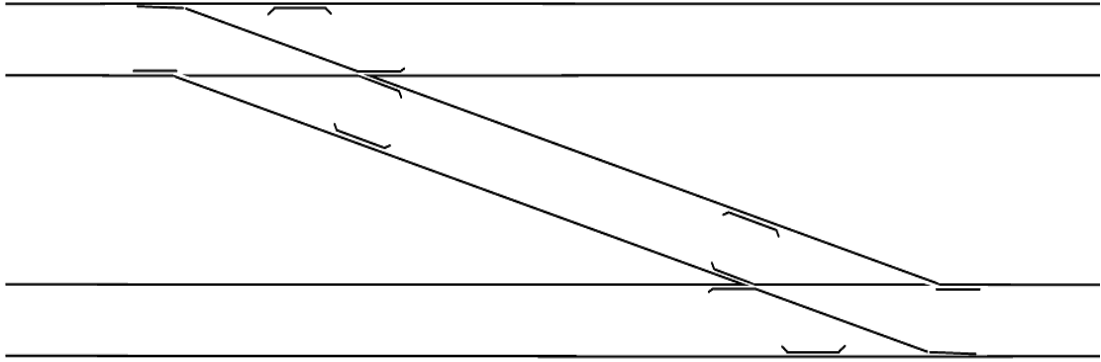
Şekil 2.16. Kuruvasman makas yapısı



Kaynak: <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014

S makas: Birbirine paralel iki yoldan, birinden diğere geçişi sağlayan ve iki basit makastan oluşan yol grubudur. Şekil 2.17’de bir S makas sistemi görülmektedir.

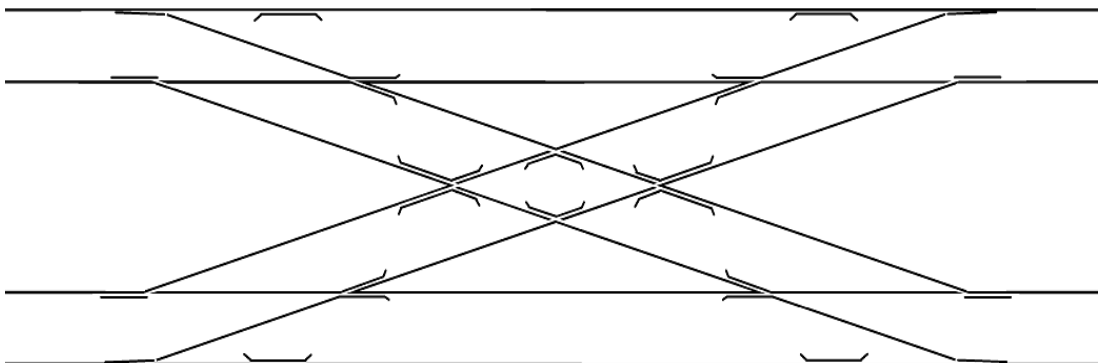
Şekil 2.17. S makas



Kaynak: <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014

Kutrani(çapraz s makas): Birbirine paralel iki yoldan, karşılıklı geçişi sağlayan, dört basit makas ve bir kruvazmandan oluşan yol grubudur. Şekil 2.18’de bir çapraz S makas örneği görülmektedir.

Şekil 2.18. Kutrani örneği



Kaynak: <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014

Uzaktan kumandalı makaslarda kullanılan motorlar

A.Elektromekanik makas motoru:

Makas sistemi içerisinde genellikle Doğru Akımla çalışan motorlar kullanılır (Şekil 2.19). Bu motorlar DC gerilimle iki yönlü çalıştırılabilen motorlardır. Kurulan mekanizma ile motora uygulanan gerilimin yönü değiştirilir. Bu şekilde kullanılan motor iki yönlü çalıştırılmış olur. Bu motorlar sinyalizasyon sisteminin özelliğine göre kesintisiz güç kaynaklarından beslendiği gibi hazırlanmış batarya gruplarıyla da beslenirler. Makas dillerinin yaslanma rayından diğer yaslanma rayına en kısa sürede ulaşması için gerekli olan itme ve çekme gücünü verebilmelidirler. Makas motoru içerisinde bulunan kontak grupları ile makasın pozisyonu kontrol edilir. Ayrıca makas motorları makasın yaslanma rayı ile makas dili arasındaki ilişkiyi kontrol eder. Makasın yaslanma rayı ile makas dili arasındaki temas 2 mm'den aşağıda ise makas motoru kilitleme yaparak pozisyonunda olduğu bilgisini verir. Bu açıklık 4 mm' den itibaren kilitleme sağlanmayacağı gibi pozisyon bilgisi de verilmez. Pozisyon bilgisi olmayacağı için 4 mm' lik açıklıktan itibaren makastan tren geçişleri de önlenmiş olur. Aşağıda makas motoru ve kontak grupları görülmektedir (Babacan, 2011)

Şekil 2.19. Makas motoru ve kontak grubu (DC motor)

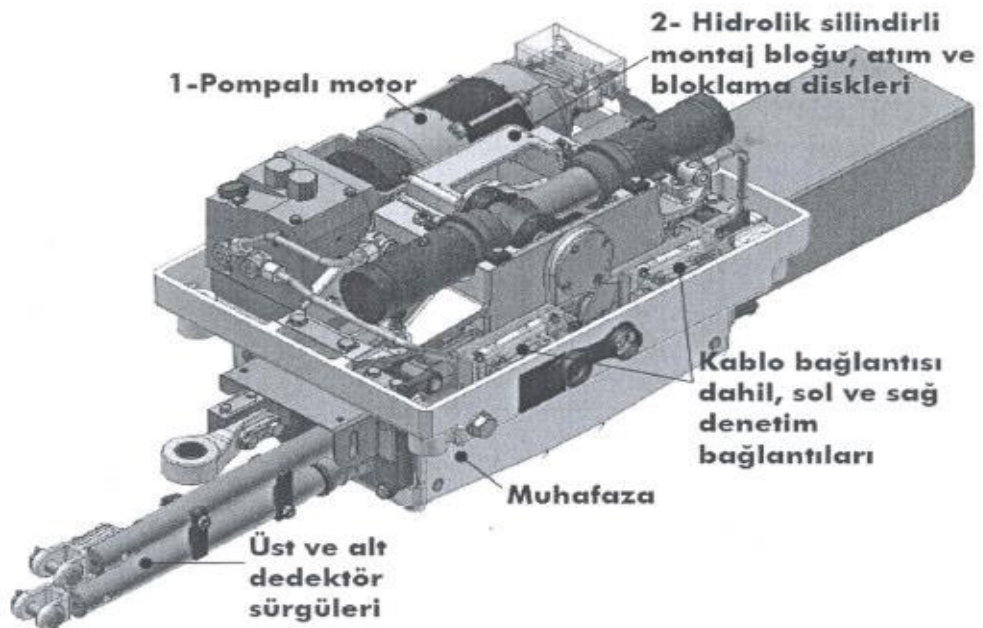


Kaynak: MEB, 2013

B.Elektrohidrolik makas motoru:

Elektrohidrolik makas motoru çelik bir kutu içine tasarlanmıştır (Şekil 2.20). Raylar arasına kurulumu mümkündür. Elektrohidrolik makas motoru işlevsel birimlere bölünmüştür. Bunlar pompalı motor, hidrolik silindirli montaj bloğu, atım ve bloklama diskleridir. Bütün parçalar bir makas ünitesi oluşturacak şekilde birleştirilmiştir. Ayrı birimler sahada değiştirilebilir. Pompalı motor 3 fazlı 380 VAC gerilimle çalışır. Motorun dönüş yönü faz sırası değiştirilerek değiştirilir. Motorun dönüş yönüne göre motorla birlikte olan pompa silindirli blok içerisindeki hidrolik yağa basınç oluşturulur. Hidrolik basınç belli bir noktaya ulaştığında atım bloğu harekete geçerek blok kolları vasıtasıyla makas dillerine basınç uygulayarak dillerin istenen pozisyona gitmesi sağlanır. Bu motorlar yüksek verimli olup evrensel kullanıma uygundur. Düşük bakım gereksinimleri, yedek makas motorları için düşük stok tutma gereksinimi, yapısal birimler tarafından hızlı hata bertaraf etme özelliklerine sahiptir (Babacan, 2011)

Şekil 2.20. Elektrohidrolik makas motoru parçaları



Kaynak: Babacan, 2011

2.2.1.3. Sinyaller ve sinyal kabinleri

Trenlerin emniyetli ilerlemesini sağlayan ışıklı, renkli bildirim veren sistemlerdir. Makinist yol boyunca (gidiş yönüne göre sağda) bulunan sinyallerin verdiği renk bildirimlerine göre hareket eder. Sinyaller kendilerini geçen trenin emniyetini sağlamak için tanımlanırlar.

Demiryolu araçlarının fren mesafesinin diğer ulaşım araçlarına kıyasla daha fazla olması sinyallerin görünümündeki sıralamayı trenler arasında güvenlik bölgesi oluşturmayı zorunlu kılar. Sinyaller bir sonraki sinyale kadar olan bölgedeki yol bilgisini ve hız sınırlarını trenlere bildirir. Böylece emniyetli sürüş sağlanmış olur (Babacan, 2011)

Diğer ray devrelerinden farklı olarak hareketli blok ray devrelerinde blokların uzunlukları sabit olmadığı için hat boyunca sinyaller yoktur, sadece istasyon veya makaslarda ihtiyaca göre tercih edilebilir.

Sinyal Çeşitleri

Sinyaller görünüşleri, kullanılışları ve görevleri bakımından 3 kısma ayrılabilir.

A.Görünüşleri Bakımından Sinyaller

- *İkili cüce sinyaller*

Şekil 2.21'de görülen ikili cüce sinyaller yan yollara yerleştirilir.

Şekil 2.21. İkili cüce sinyal



Kaynak: MEB, 2011

- **Üçlü cüce sinyaller**

Bu tür sinyaller istasyonların yan yollarına yerleştirilirler(Şekil 2.22). Renk sıralaması yukarıdan aşağıya kırmızı yeşil ve sarı şeklindedir. Bir üçlü cüce sinyalde; sarı, yeşil, kırmızı, sarı üzeri kırmızı, yanar söner yeşil, yanar söner sarı, yanar söner kırmızı ve yanar söner sarı üzeri kırmızı olmak üzere 7 adet bildirim vardır (Tablo 2.1) (MEB, 2006).

Şekil 2.22. Üçlü cüce sinyal



Kaynak: MEB, 2011

Tablo 2.1. Üçlü cüce sinyal renk bildirim açıklamaları

Renk	Açıklama
Kırmızı	Bir sonraki ray devresi dolu, bloğa girmek yasak DUR.
Yeşil	Blok sapma yapmak suretiyle anayola giriş serbesttir. Bundan sonrayeşil, sarı gelebilir.
Sarı	Blok sapma yapmak suretiyle anayola giriş serbesttir. Bundan sonra kırmızı, sarı gelebilir. İzin verilen hızla ve ilk sinyalde duracak şekilde ilerle.
Sarı üzeri Kırmızı	Blok sapma yapmak suretiyle tesisata bağlı olan yoldan tesisata bağlı olmayan yollara geçiş serbesttir.
Yanar söner Yeşil	Blok tesisata bağlı olmayan yoldan sapma yapmak suretiyle anayola giriş serbesttir. Bundan sonra yeşil, sarı gelebilir
Yanar söner Sarı	Blok tesisata bağlı olmayan yoldan sapma yapmak suretiyle ana yola giriş serbesttir. Bundan sonra kırmızı, sarı gelebilir.
Yanar söner Kırmızı	Tesisata bağlı olmayan yoldan sapma yapmak suretiyle toplu makas üzerinden geçerek tekrar tesisata bağlı olmayan yola giriş serbesttir.

Kaynak: MEB, 2011

- **Üçlü yüksek sinyaller**

Bu tür sinyaller ise genellikle istasyondaki anahat üzerinde kullanılır (Şekil 2.23). Renk sıralaması yukarıdan aşağıya Sarı, Yeşil ve Kırmızı şeklindedir. Kırmızı, sarı ve yeşil olmak üzere 3 adet bildirim vardır (Tablo 2.2).

Şekil 2.23. Üçlü yüksek sinyal



Kaynak: MEB, 2011

Tablo 2.2. Üçlü yüksek sinyal renk bildirim açıklamaları

Renk	Açıklama
Kırmızı	Bir sonraki ray devresi dolu, bloğa girmek yasak DUR
Yeşil	Blok sapma yapmadan anayola giriş serbesttir. En az iki blok boştur. Bundan sonra yeşil, sarı gelebilir. Normal hızla ilerle.
Sarı	Blok sapma yapmak suretiyle anayola giriş serbesttir. Bir blok boştur. Bundan sonra kırmızı, sarı, sarı üzeri yeşil, sarı üzeri sarı veya sarı üzeri kırmızı gelebilir. Bundan sonra ilk sinyalde durabilecek şekilde ilerle

Kaynak: MEB,2011

- **Dörtlü yüksek sinyaller**

Bu tür sinyaller genellikle istasyon giriş, çıkışlarında ve makas bölgelerine yaklaşıırken kullanılır (Şekil 2.24). Bu sinyallerde renk sıralaması üstten başlayarak Sarı, Yeşil, Kırmızı ve Sarı şeklindedir. En alttaki sarı lamba, sapma olup olmadığının bilgisini taşır. En alttaki yanıyor ise tren bir sonraki makas bölgesinde sapma yapacaktır. Bir dörtlü yüksek sinyalde; sarı, yeşil, kırmızı, sarı üzeri sarı, sarı üzeri yeşil, sarı üzeri kırmızı olmak üzere ilgili bloğun meşguliyeti hakkında bilgi veren altı adet bildirim şekli vardır (Tablo 2.3).

Şekil 2.24. Dörtlü yüksek sinyal



Kaynak:MEB, 2011

Tablo 2.3. Dörtlü yüksek sinyal renk bildirim açıklamaları

Renk	Açıklama
Kırmızı	Bir sonraki ray devresi dolu, bloğa girmek yasak DUR.
Yeşil	Blok sapma yapmak suretiyle anayola giriş serbesttir. En az iki blok boştur. Bundan sonra yeşil, sarı gelebilir. Normal hızla ilerle
Sarı	Blok sapma yapmak suretiyle anayola giriş serbesttir. Bir blok boştur. Bundan sonra kırmızı, sarı, sarı üzeri yeşil, sarı üzeri sarı veya sarı üzeri kırmızı gelebilir. Bundan sonra ilk sinyalde durabilecek şekilde ilerle.
Sarı üzeri Kırmızı	Blok sapma yapmak suretiyle tesisata bağlı olmayan yola ya da meşgul tesisata bağlı yola veya sapma yapmadan meşgul anayola giriş serbesttir. Sınırlı seyirle ilerle
Sarı üzeri Yeşil	Blok sapma yapmak suretiyle anayola veya yan yola giriş serbesttir. İki blok boştur. Bundan sonra yeşil, sarı, sarı üzeri yeşil, sarı üzeri sarı gelebilir. İzin verilen hızla ilerle
Sarı üzeri Sarı	Blok sapma yapmak suretiyle ana yola veya yan yola giriş serbesttir. Bir blok boştur. Bundan sonra kırmızı, sarı üzeri kırmızı gelebilir.

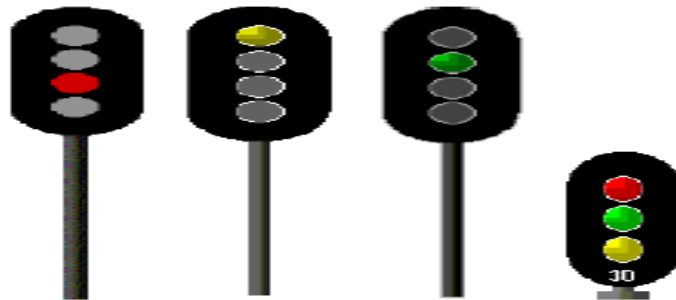
Kaynak:MEB,2011

B. Kullanılışları Bakımından Sinyaller

- *Kumandalı sinyaller*

Kumanda makinesine elektriksel olarak bağlı olan ve trafik kontrolörü tarafından kumanda edilen ayrıca istasyon kumanda masası olan yerlerde istasyon kumanda masasından da kumanda edilen sinyallerdir (MEB, 2011).

Şekil 2.25. Kumandalı sinyaller

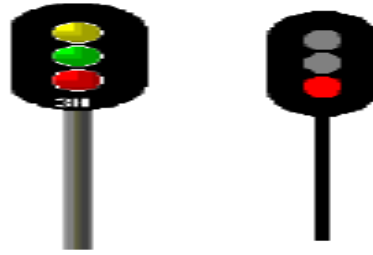


Kaynak: MEB,2011

- *Otomatik sinyaller*

Kumandalı sinyaller dışında kalan, trafiğin yönüne ve kendinden bir sonraki sinyalin durumuna göre otomatik olarak renk bildirisi veren sinyallerdir(MEB,2011).

Şekil 2.26. Otomatik sinyaller



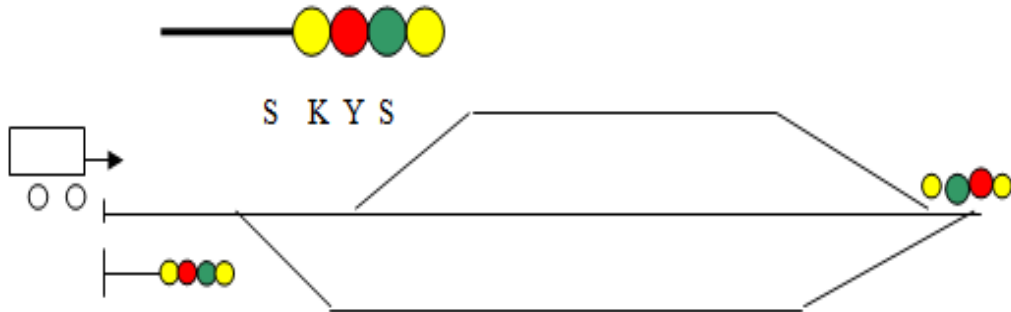
Kaynak: MEB, 2011

C. Görevleri Bakımından Sinyaller

- *Giriş sinyalleri*

Genelde istasyonun her iki girişinde bulunan giriş sinyalleri 4'lü yüksek sinyallerden oluşmuştur(Şekil 2.27). Merkezden direkt kumanda edilebilir. İstasyon hatlarına tren kabul etmeye yararlar (MEB, 2006)

Şekil 2.27. Girişi sinyali

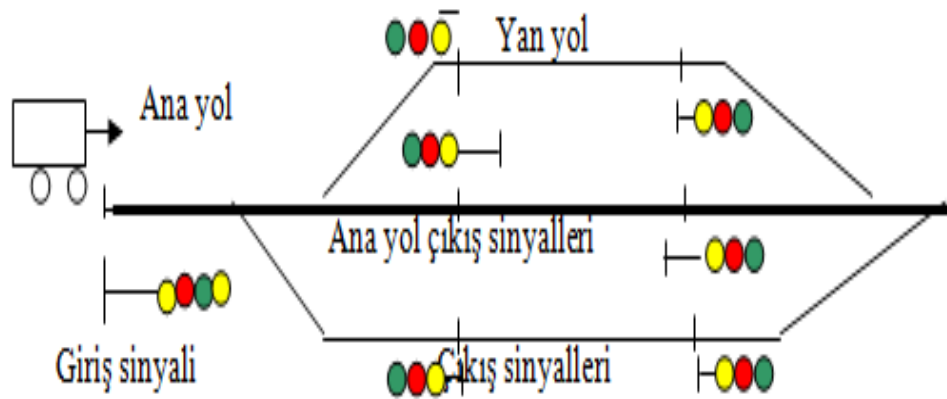


Kaynak: MEB, 2011

- **Çıkış sinyalleri**

İstasyonun her iki çıkış tarafında bulunur. Ana hat üzerindedir. Üç renkli yüksek, çift hatlı ise dört renkli yüksek olur (Şekil 2.28). Yan yolların çıkışlarında ise üç renkli cüce sinyaller bulunur.

Şekil 2.28. Çıkış sinyalleri



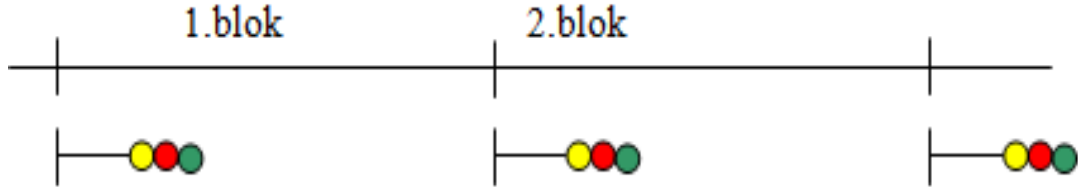
Kaynak: MEB, 2011

- **Blok sinyalleri**

İstasyonlar arasında açık hatta bulunan, blokların girişine konmuş olan 3'lü yüksek sinyallerdir. Bir trenin seyrinde makinisti ilgilendiren ve görebildiği işaretler daima sağında kalan sinyallere ait olacağından, her blok, doğudan batıya ve batıdan doğuya gidişte işareti almak amacıyla bir blok sinyaline sahiptir. Bu sinyaller kendinden bir sonraki sinyalin durumuna göre otomatik olarak renk bildirisi verir. Bloklar yaklaşık 2 km uzunluğundadır.

Kullanış bakımından sinyaller kumandalı ve otomatik olmak üzere ikiye ayrılırlar. İstasyon sinyalleri (giriş-çıkış) kullanılışları bakımından kumandalı iken Blok sinyalleri otomatiktir. Şekil 2.29'da blok sinyalleri görülmektedir.

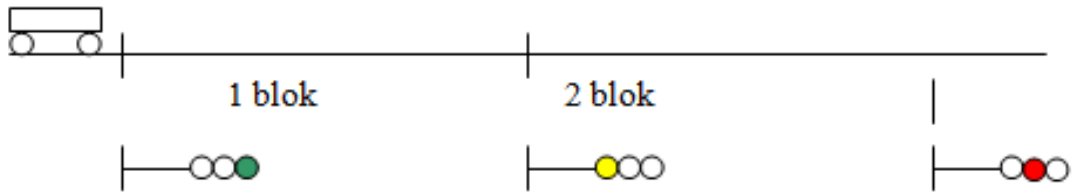
Şekil 2.29. Blok sinyalleri



Kaynak:MEB, 2011

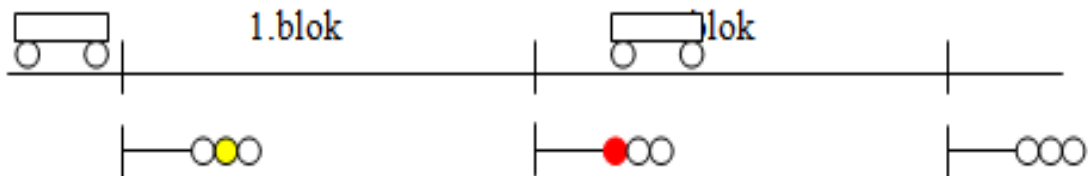
Otomatik bloklarda ilerleyen trenler, blokların meşguliyetlerine göre renk bildirisi veren blok sinyallerine göre ilerler. Blok sinyallerinin tren hareketlerine göre renk bildirimleri aşağıda Şekil 2.30, Şekil 2.31 ve Şekil 2.32’de gösterilmiş ve durum kısaca belirtilmiştir (MEB, 2006). İki blok boşsa giriş bloktaki sinyal yeşil yanar. Çıkış sinyalleri tek blok boşsa blok giriş sinyali sarı yanar. Çıkış sinyalleri blok doluysa, blok giriş sinyali kırmızı yanar.

Şekil 2.30. İki blok boş durum



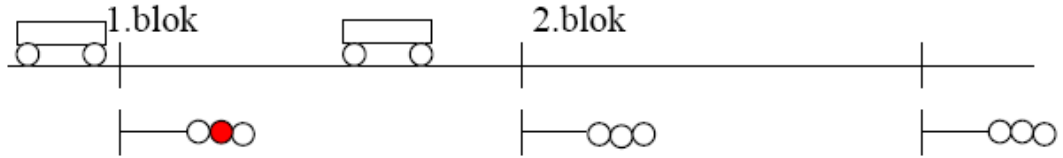
Kaynak: MEB,2011

Şekil 2.31 Tek blok boş durum



Kaynak: MEB,2011

Şekil 2.32. Blok dolu durum

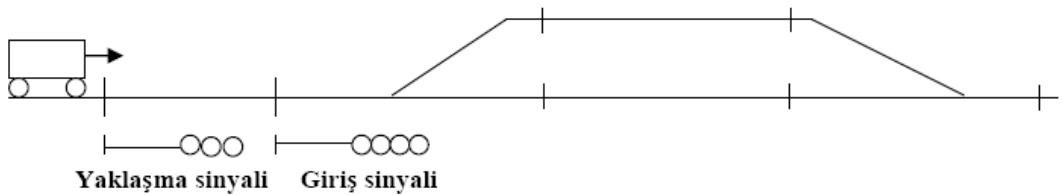


Kaynak: MEB,2011

- ***Yaklaşma sinyalleri***

Her istasyon giriş sinyalinin bir öncesinde bulunan kumandalı blok sinyali. Yaklaşık giriş sinyaline uzaklığı 1500 m kadardır (MEB,2011). Tüm sinyaller normal hava koşullarında yaklaşık 1000 m uzaklıktan görünecek şekilde dizayn edilmişlerdir. İstasyon içi mesafe 1000 m' den az ise yaklaşma sinyali sarı renk bilgisi verir. Giriş sinyali sarı üzeri kırmızı olursa CTC (Merkezi Trafik Kontrol) harici yola girileceği anlaşılır. Ray devresiz kısımlı hatta CTC (Merkezi Trafik Kontrol) harici hat denir.

Şekil 2.33. Yaklaşma sinyali

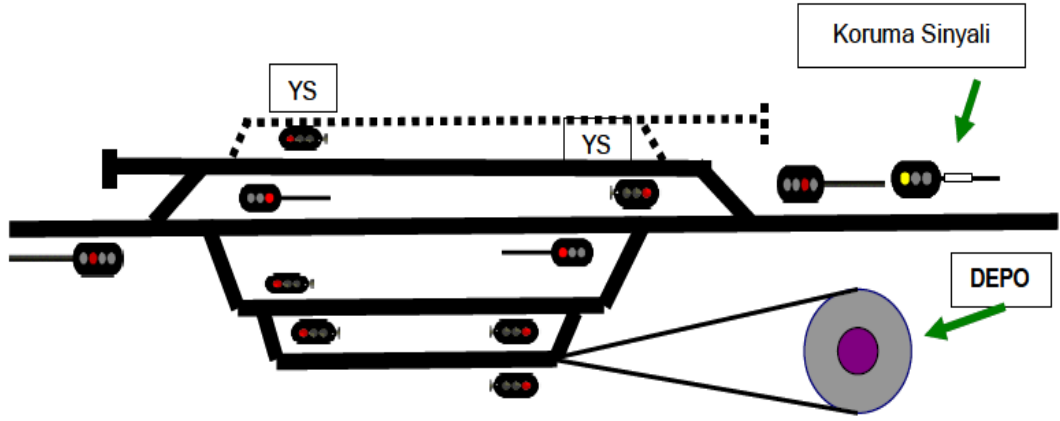


Kaynak:MEB, 2011

- ***Koruma sinyalleri***

Terminal istasyonları veya manevrası fazla olan istasyonlarda giriş sinyalinin bir evvelki kumandalı sinyallerdir (MEB,2011).

Şekil 2.34. Koruma sinyali

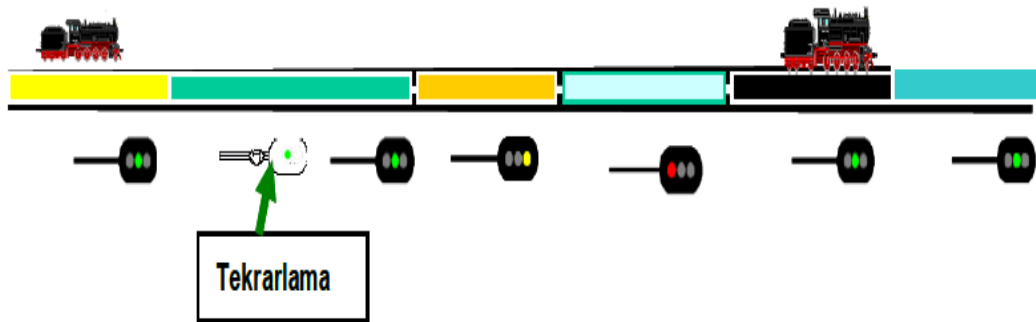


Kaynak: MEB, 2011

- ***Tekrarlama sinyali***

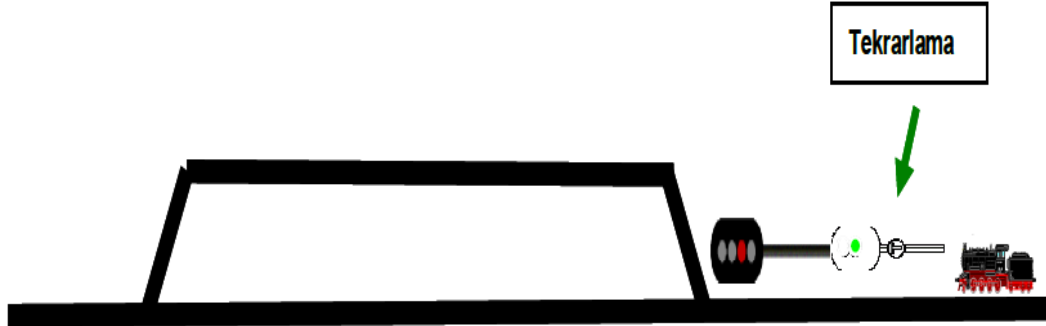
Belirli bir uzaklıktan görülemeyen, sinyallere 400 metre mesafeye kadar konulan ve bu sinyalin durumuna göre renk bildirisi veren, iki renkli ve altında yuvarlak beyaz üzerine siyah renkli (T) harfli levha bulunan yüksek sinyallerdir (MEB, 2011).

Şekil 2.35. Otomatik blok sinyalinde tekrarlama



Kaynak: MEB, 2011

Şekil 2.36. Giriş sinyalinde tekrarlama



Kaynak:MEB, 2011

Yüksek hızlı tren hatlarında sinyaller

Hızlı trenlerin söz konusu yüksek hızlara ulaşması için bu hızı destekleyen özel yapım demir yolu hatları gerekmektedir. UIC (Uluslararası Demir yolları Birliği) ve Avrupa Birliği, “yüksek hız” tanımını aynı esaslara dayandırmaktadır. UIC Yüksek Hız Departmanı ve Avrupa Birliği’nin 96/48/EC ve 2004/50/EC numaralı direktiflerinde yüksek hız ana başlığı altında çok sayıda sistemi içeren bir tanım yapılmıştır. Bu tanımlarla belirlenen standardın altında kalan hatlar ise “Konvansiyonel (Geleneksel-Klasik)” olarak kabul edilmektedir.

Yüksek hızlı tren, ticari hizmetlerde kullanılan en az 200 km/s ve üzerindeki hıza ulaşabilen sabit tertibatlı motor ve vagon setlerinden oluşan dizidir. Belirli koşullarda yatar gövdeli trenler gibi daha düşük hızlarda işleyen (200 km/s) ancak kaliteli hizmet sunan tren türleri de yüksek hızlı trenler olarak tanımlanabilir (MEB, 2006) Demiryolu işletmeciliğine göre değişen bu tanım için 4 ayrı durum söz konusudur (MEB,2011):

- Hızlı tren işletmeciliğinde en klasik sistem, hızlı trenlerin kendi hatlarında, konvansiyonel trenlerin kendi hatlarında çalışmasıdır. Japonya'daki JR East, JR Central ve JR West Shinkansen hatları böyledir.
- Hızlı tren hatlarında yalnızca hızlı trenler çalışır. Konvansiyonel hatlarda ise hem konvansiyonel trenler hem de hızlı trenler, konvansiyonel tren hızlarında çalışır. Fransa'da SNCF'nin işlettiği hatlar böyledir.
- Konvansiyonel hatlarda sadece konvansiyonel trenler çalışır. Hızlı tren hatlarında ise hızlı trenlerle konvansiyonel trenler birlikte çalışabilir. Ancak konvansiyonel trenler daha düşük hızlarda gideceğinden kapasite azalmaktadır. İspanya'da RENFE'nin işlettiği hatlar böyledir.
- Konvansiyonel ve hızlı trenler aynı hatlarda birlikte çalışabilir. Almanya ve İtalya'da durum böyledir. Almanya (DB AG) ve İtalya (Trenitalia) demir yolları, tüm tren trafiğini hızlı tren trafiğini hesaba katarak planlamaktadır.

Türkiye'de ise Fransa'da olduğu gibi hızlı tren hatları yalnızca hızlı trenler çalışabilirken; konvansiyonel hatta ise hem konvansiyonel trenler hem de hızlı trenler konvansiyonel hat hız sınırları içerisinde çalışabilmektedir. Buna örnek olarak Ankara- Eskişehir hızlı tren hattı verilirse, Sincan'a kadar olan hat kısmı konvansiyonel hattır ve Sincan'a kadar olan kısımda hızlı trenler de konvansiyonel hızlarda çalışmaktadır.

Yüksek hızlı yol boyu sinyalizasyon sistemi, aşağıdaki şekilde gösterilen sinyal tiplerini kullanılmaktadır. Şekil 2.37'de görüldüğü üzere konvansiyonel hatlarda olduğu gibi 3 veya 4 bildirimli yüksek sinyaller ve 3 bildirimli cüce sinyal ile hızlı tren hatlarına özel hız göstergeli yüksek sinyallerdir.

Şekil 2.37. Sinyal tipleri



Kaynak: MEB,2011

Sinyaller, konumlarına ve yol boyu sinyalizasyon sistemindeki rollerine göre aşağıdaki şekilde adlandırılır.


A. Alfanoümerik göstergeli sinyaller

Alfanoümerik gösterge monte edildiği yerdeki sinyalden sonra varılacak olan sinyalden geçiş hızını veya geçiş hızıyla birlikte sapma yönünü gösterir (Tablo 2.4). Alfanoümerik gösterge; giriş sinyallerinde, çıkış sinyallerinde ve kumandalı sinyallerde kullanılır (MEB, 2011).

Alfanoümerik gösterge; monte edildiği sinyalin kırmızı olması durumunda bildiri vermez. Bir sinyal tanzimi yapıldığında alfanoümerik gösterge arızalanmış ise bu durum anlaşılan tarafından tespit edilir ve arızalı alfanoümerik göstergenin monte edildiği sinyalden sonraki sinyal kırmızı olarak değerlendirilir (MEB,2011).

Alfanoümerik göstergeler monte edildiği yerdeki sinyalden bağımsız bir şekilde adlandırılmaz.

Tablo 2.4. Alfanümerik göstergeli sinyallerin renk bildirimi ve anlamları

Bildirim	Anlamı
<p>Ok işaretli beyaz rakamlar (65/110) veya Beyaz sapma yönlü rakamlar (65/110)</p> 	<p>Varılacak olan sinyaldeki maksimum hızı gösterir (65/110 km/s).</p> <p>Varılacak olan sinyalin devamında sapma varsa maksimum hızla birlikte makas üzerindeki sapma yönünü de gösterir</p>

Kaynak: MEB, 2011

B. Giriş sinyalleri

Sapmalı bir kesimi veya istasyon yollarını korumak için kullanılan sinyale giriş sinyali denir. İki çeşit giriş sinyali vardır (MEB, 2011).

- ✓ Sinyalden sonra güzergâhta bir sapma varsa her biri dört lamba ile teçhiz edilir (yukarıdan aşağı doğru bakıldığında sarı, yeşil, kırmızı ve sarı).
- ✓ Sinyalden sonra yalnızca düz bir hat varsa üç lamba ile teçhiz edilir (yukarıdan aşağıya doğru bakıldığında sarı, yeşil ve kırmızı).

Bir giriş sinyalinde aynı anda en fazla 2 renk bildirimi olur. Giriş sinyallerinde flaş renk bildirimi kullanılmaz. Giriş sinyalleri aynı zamanda trenlerin bir sonraki sinyale kadarki performanslarını artırmak amacıyla alfanümerik bir sinyalle teçhiz edilebilir (MEB,2011).

C. Kumandalı sinyaller

Giriş kesimlerini korur. Bu sinyaller, yaklaşım levhaları ile bildirilir ve sadece üç lamba ile teçhiz edilir. Bu sinyaller (yukarıdan aşağıya bakıldığında sarı, yeşil ve kırmızı) aynı zamanda alfanümerik gösterge ile teçhiz edilir. Kumandalı sinyalde aynı anda en fazla bir renk bildirisi olur (alfanümerik gösterge dışında), yanar-söner renk bildirisi kullanılabilir (MEB,2011).

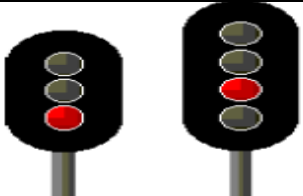
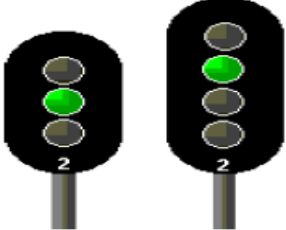
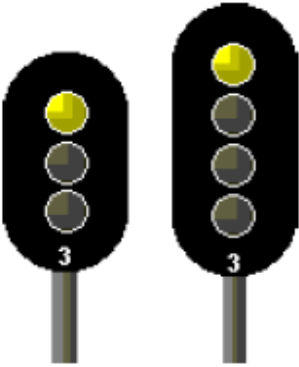

D. Ana yol yüksek çıkış sinyalleri

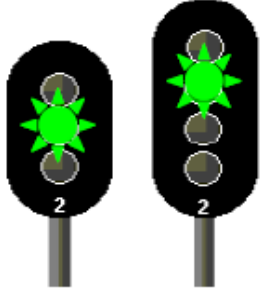

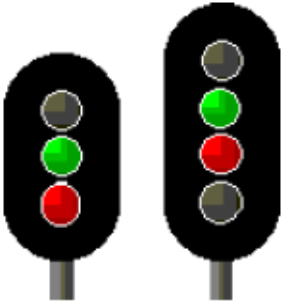


İstasyonlardaki ana hatlar üzerindeki istasyon yollarını sınırlandırmak için yerleştirilir. Bunlar makas bölgelerini ve istasyon dışındaki ilk blok kesimini korur. İki tür yüksek çıkış sinyali bulunmaktadır (MEB,2011).

- Ana hat üzerinde çıkış sinyalleri, sinyalden sonra sapmalı bir yol varsa dört lamba ile teçhiz edilmiştir (yukarıdan aşağıya bakıldığında sarı, yeşil, kırmızı ve sarı).
- Ana hat üzerindeki çıkış sinyalleri, sinyalden sonra düz bir güzergâh varsa üç lamba ile teçhiz edilir (yukarıdan aşağıya bakıldığında sarı, yeşil ve kırmızı).

Bir çıkış sinyalinde aynı anda en fazla 2 renk bildirimini olur (Tablo 2.5). Çıkış sinyallerinde yanar-söner renk bildirimini kullanılabilir (MEB,2011).

Tablo 2.5. Kumandalı sinyal, giriş sinyali ve ana yol çıkış sinyalleri renk bildirimi anlamları

Sinyal İşareti	Bildirim	Anlamı
	Kırmızı	DUR V=0 km/s
	Yeşil	SERBEST Tren sinyali izin verilen maksimum hızla geçebilir. Vmaks = 250 km/s
	Üst Sarı	DİKKATLİ İLERLE Bu sinyalde alfanümerik bildiri yoksa bir sonraki sinyal DUR bilgisi verebilir. Kumandalı Sinyaller için Vmaks = 160 km/s Giriş Sinyalleri için Vmaks =65 km/s veya 110 Km/s Ana Yol Çıkış Sinyalleri için Vmaks =160 km/s
	Sarı Üzeri Yeşil	İlerle, makas üzerinde hız sınırlaması Bu bildirim, trenin sinyalden sonra AVM tipi makastan saparak geçeceği anlamına gelir. Bir sonraki sinyal ilerle bildirimi vermektedir. Vmaks =110 km/s Not: Giriş sinyallerinde bulunan bir alfanümerik gösterge, bir sonraki sinyale kadar hızı sınırlayabilir

	<p>Yanar-Söner Yeşil</p>	<p>İLERLE</p> <p>Bir sonraki sinyalde hız sınırlaması var. Vmaks = 250 km/s</p> <p>Not: Bu bildirim istasyon yollarını koruyan giriş sinyallerinde verilmez.</p>
	<p>Sarı Üzeri Sarı</p>	<p>Makas üzerinden sapma yaparak ilerle</p> <p>Bu sinyalde alfanümerik bildiri yoksa bir sonraki sinyal dur bilgisi verebilir. Vmaks = 65 km/s veya 110 km/s</p>
	<p>Kırmızı Üzeri Yeşil</p>	<p>Manevra bölgesinde manevra hızı ile ilerle</p> <p>Bu bildirim, trenin bir manevra güzergâhında manevra hızı ile ilerleyebileceği anlamına gelir. Vmaks= 25 km/s</p> <p>Not: Bu bildirime Giriş ve Çıkış sinyalleri ile koruma sinyallerinde izin verilir.</p>
	<p>Kırmızı Üzeri Sarı</p>	<p>Meşgul veya sinyalsiz yola dikkatli ilerle</p> <p>Bu bildirim, trenlerin meşgul bir istasyon yoluna veya sinyalsiz bir yola girmeleri için verilir. Vmaks= 25 km/s</p> <p>Not: Bu bildirime yalnızca 3'lü Giriş sinyallerinde izin verilir.</p>
	<p>Sarı Üzeri Kırmızı</p>	<p>Meşgul veya sinyalsiz yola dikkatli ilerle</p> <p>Bu bildirim, trenlerin meşgul bir istasyon yoluna veya sinyalsiz bir yola girmeleri için verilir. Vmaks= 25 km/s</p> <p>Not: Bu bildirime yalnızca 4'lü Giriş sinyallerinde izin verilir</p>

E. Cüce çıkış sinyalleri

Cüce çıkış sinyali istasyon yan (tali) yollarını korumak için yerleştirilmiştir. Bir cüce sinyalde manevra varsa en fazla iki, yoksa en fazla 1 renk bildirim olur (Tablo 2.6). Cüce sinyallerde yanar-söner renk bildirim kullanılmaz. Her biri üç lamba ile teçhiz edilmiştir (yukarıdan aşağıya bakıldığında kırmızı, yeşil ve sarı) (MEB,2011).

Tablo 2.6 Cüce sinyallerin renk bildirimleri ve anlamları





Sinyal İşareti	Bildirim	Açıklama
	Kırmızı	Dur Hiçbir trenin sinyali geçmesine izin verilmez. $V = 0$ km/s
	Yeşil	İlerle, makas üzerinde hız sınırlaması Bu bildirim, trenin sinyalin devamındaki makas üzerinden geçeceğini ve bir sonraki sinyalin ilerle bildirimi verdiği anlamına gelir. $V_{maks} = 65$ km/s
	Sarı	Dikkatli ilerle, bir sonraki sinyal DUR bilgisi verebilir. Bu bildirim, trenin sinyalin devamındaki makas üzerinden geçeceğini ve bir sonraki sinyalin DUR bildirimini verdiği anlamına gelir. $V_{maks} = 65$ km/s
	Yeşil Üzeri Kırmızı	Manevra bölgesinde, manevra hızı ile ilerle Bu bildirim, trenin bir manevra güzergâhında manevra hızı ile ilerleyebileceği anlamına gelir. $V_{maks} = 25$ km/s

Kaynak: MEB,2011

F. Blok sinyalleri

Blok sinyalleri otomatik blok işlevi bulunan hatlar üzerinde kullanılır. Bir blok sinyalinde aynı anda en fazla 1 renk bildirimini olur (Tablo 2.7). Blok sinyallerinde yanar-söner renk bildirimini de kullanılır. Bir blok sinyali, her biri tek flamanlı, üç lamba ile teçhiz edilmiştir; yukarıdan aşağıya bakıldığında renk sıralaması sarı, yeşil ve kırmızıdır (MEB,2011).

Tablo 2.7. Blok sinyallerin renk bildirimleri ve anlamları

Sinyal İşareti	Bildirim	Açıklama
	Kırmızı	Dur Hiçbir trenin sinyali geçmesine izin verilmez. $V = 0 \text{ km/s}$
	Sarı	Dikkatli ilerle Bu sinyalden bir sonraki sinyal DUR bilgisi verebilir. $V_{maks} = 160 \text{ km/s}$
	Yanar-Söner Yeşil	İlerle, bir sonraki sinyalde hız sınırlaması var $V_{maks} = 250 \text{ km/s}$
	Yeşil	Serbest Tren sinyali izin verilen maksimum hızla geçebilir. $V_{maks} = 250 \text{ km/s}$

Kaynak: MEB,2011

Sinyal kabinleri

Sahada bulunan bütün sinyal ekipmanlarının kontrol ve besleme kartları belirli bölgelerde kabinlerin içerisinde toplanmıştır. Bütün elektronik kartlar, donanımlar ve haberleşme ekipmanları bu saha dolapları içerisinde muhafaza edilmektedir(Bayrak, 2011). Şekil 2.38’de sinyalizasyon kabin örneği görülmektedir.

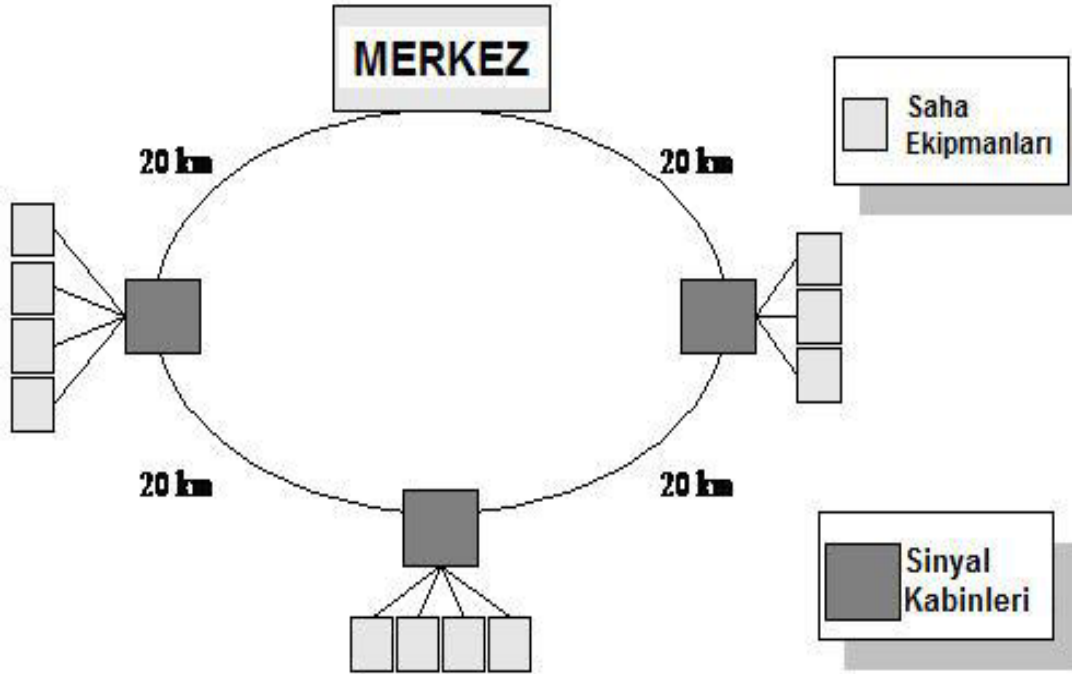
Şekil 2.38. Sinyalizasyon saha kabinleri



Kaynak: Bayrak, 2011

Her bir sinyal kabinine maksimum 8 obje (sinyal ve makas) bağlanarak bir haberleşme döngüsü oluşturulmuştur. Saha ekipmanları bağlı bulunduğu kabinler üzerinden merkez ile haberleşmektedir. Şekil 2.39’ da haberleşme döngüsüne örnek verilmiştir.

Şekil 2.39. Kabin haberleşme döngüsü



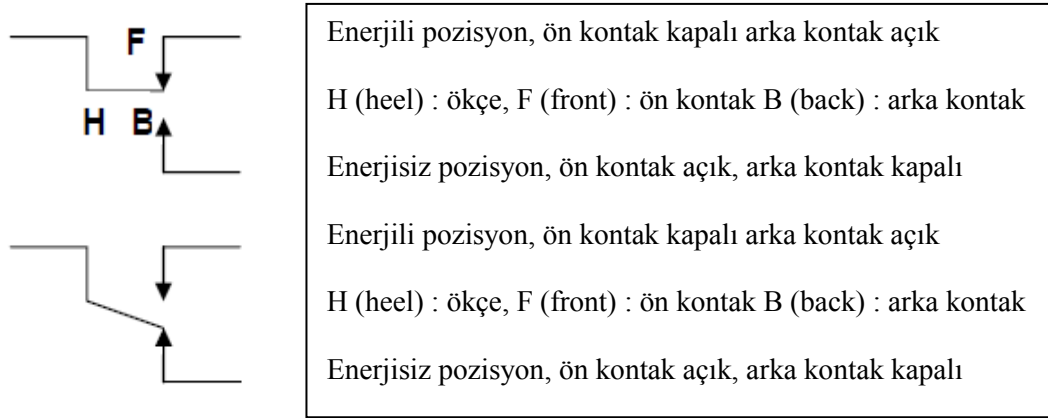
Kaynak: Bayrak,2011

Haberleşme döngüsü iki yönlü olarak tasarlanmıştır. Haberleşme tek taraflı kesintiye uğraması durumunda dahi diğer yönde haberleşme devam etmektedir (Bayrak, 2011)

2.2.1.4. Röleler

Merkezi Trafik Kontrolü (CTC) hat boyu kilitleme devrelerinde kullanılan bir kısım röleler, hayati rölelerdir. Gereken ayar işlemleri gerçekleştirilip montajları yapıldıktan sonra ihtiyaç duyulmadıkça bu rölelere dokunulmaz. Diğer bir kısım röleler ise, kumanda makinesi başında bulunan trafik kontrolörü tarafından kontrol edilebilir. Şekil 2.40'ta röle elektriksel ifadesi gösterilmiştir (Gülener, 2009).

Şekil 2.40. Röle elektriksel gösterimleri



Kaynak: Gülener,2009

Bazı rölelerin kontak adedi gerektiği kadar olmaz. Arzulanan kontak adedini temin amacıyla, bu rölelerin tekrarlayıcıları kullanılır. Kilitleme devreleri incelenirse görülür ki, röle devreleri bazen farklı batarya kutupları arasında kurulmuştur. Mesela bir bataryanın (+) kutbundan itibaren takip edilen röle devresi uzakta diğer bir bataryanın (-) kutbunda tamamlanır. Bu iki bataryanın aynı voltajda olmaları arzulandığı gibi, herhangi bir bataryanın da nominal voltajını muhafaza etmesi istenir (Gülener, 2009).

Hat üstü tren haberleşme ekipmanlarına ve tren üstü/ onboard ekipmanları birbirlerini tamamladıkları için her birine kısaca değinilecektir. Otomatik Tren Koruma (ATP), Otomatik Tren Kontrol (ATC), Otomatik Tren Yönetimi (ATS), Otomatik Tren işletme (ATO) gibi hem tren üstü hem de hat üstü haberleşme ekipmanlarını kapsayan bazı sistemlerin tanıtılması hat üstü ve tren üstü ekipmanların daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

2.2.1.5. Tren Üstü/Onboard Ekipmanlar

Trenlerin üzerinde bulunup, treni sinyalizasyon sisteminden gelen bilgileri alıp ona göre hareket ettiren veya hareketini yönlendiren elektronik ünedir. Trenin sinyal doğrultusunda hareket etmesini sağlayan en önemli bileşendir. Tren üstü ekipmanları

makininin treni sürdüğü sistemlerde, hız sınırına veya diğer emniyet kurallarına uyulmadığı zaman önce makinisti uyarırlar ve eğer tren üzerinde emniyet ile ilgili fren arızası, kuplaj kopması, kapıların açılması gibi bir eksikliği veya sinyal sisteminde bir hata tanımlanmış maksimum hızı aşma, hat üzerinde bir engel tespiti gibi bir hata fark ettikleri an treni durdururlar. Otomatik sistemlerde uyarılacak bir makinist olmadığından, güvenlik ölçme metotları daha geliştirilmişlerdir ve bir acil durum oluştuğunda tren yine güvenlik amaçlı durdurulur. Sinyalizasyon sistemlerinde gerçekleşen hataların birçoğu, tren üstü ekipmanlarının kapatılıp manuel sürüşün yapıldığı durumlarda gerçekleşmektedir (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

2.2.1.6. Hat Üstü Tren Haberleşme Ekipmanları (Baliz-RF Anten)

Hat boyunca ray devreleri ve sinyallerin durumuna göre trenlere sürüşle ilgili olarak veriler rayların arasına yerleştirilmiş Baliz'ler vasıtasıyla verilmektedir. 'Baliz' antenler aktif ve pasif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Aktif Baliz, trenin önündeki bloğun durumunu bildirirken; Pasif Baliz ise trene o anda nerede olduğunu söyleyen bir konum balisidir. Haberleşme yönü sahadan trene doğrudur. Şekil 2.41'de aktif ve pasif baliz sahada görülmektedir.

Şekil 2.41. Aktif ve pasif baliz

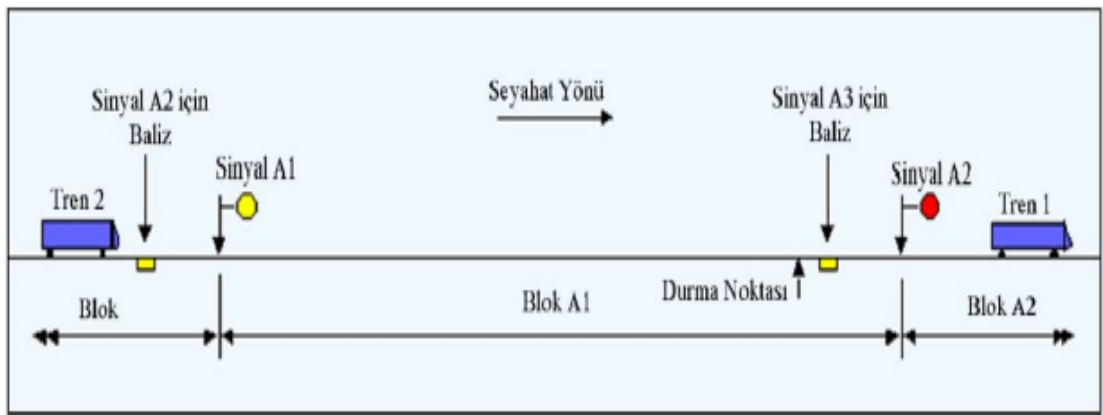


Kaynak: TCDD, 2014

Balizlerle İşletme

Baliz sistemi Şekil 2.42 ve 2.43’de basit olarak gösterilmiştir. Şeklin sol tarafındaki baliz, A2 kırmızı sinyal bilgilerini yaklaşan Tren-2’ye durma imkanı vermek için A1 sinyalinin önüne yerleştirilmiştir.

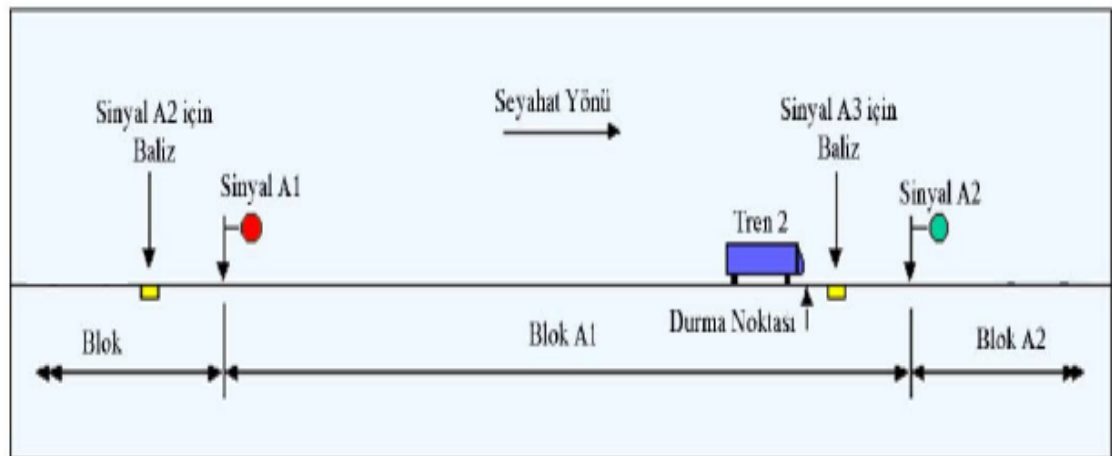
Şekil 2.42. Balizle işletme



Kaynak: Yüksel, 2007

Tren-2 durma sinyalini aldıktan sonra A3 sinyal balizine varmadan önce durur.

Şekil 2.43. Balizle işletme



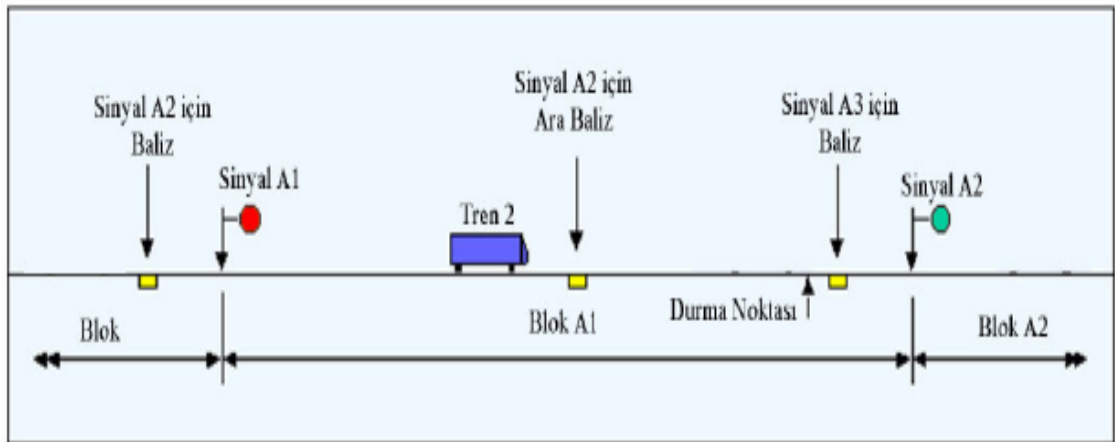
Kaynak: Yüksel, 2007

Şekil 2.43'te görüldüğü gibi Tren-2, A2 sinyaline varmadan durdurulur ve Tren-1'in A2 bloğunu boşaltmasını ve sinyalin yeşile dönmesini bekler. Trenin yeniden başlatılarak tekrar hareket etmesi için tren sürücüsü tarafından sistemin resetlenmesi gerekir. Bu nedenden dolayı bu tip ATP'ler manüel sistemlerde kullanılır.

Aralıklı güncellemeler

Şekil 2.44'deki gibi bir baliz sisteminin dezavantajı; bir trenin, dur veya hız azalt sinyalinin aldığı zaman bu komutu bir başka balizi geçinceye veya duruncaya kadar tutmasıdır. Bu şu anlama gelir; eğer Tren-2 durma noktasına gelmeden önce önündeki blok boşalıp sinyal yeşile dönse bile “dur” sinyalinin aldığı için durmasına gerek olmasa dahi duracaktır. ATP sisteminin bir özelliği olarak sürücü, sinyal yeşile döndüğünde “dur” sinyalinin iptal edemez çünkü eğer tren hareket halindeyken bu sinyal iptal edilebilseydi, bu sistemin elle kumandalı basit bir sistemden farkı kalmazdı. ATP hayati öneme sahip ve hatasız çalışan bir sistemdir ve insan müdahalesiyle bu etkinliğinin azaltılmasına izin vermez.

Şekil 2.44. Aralıklı güncelleme



Kaynak: Yüksel, 2007

Bu gereksiz yere duruşlardan dolayı meydana gelen bu dezavantajı ortadan kaldırmak için bir ara baliz kullanılır. Bu yenileme, Blok-2 boşaldığında dur

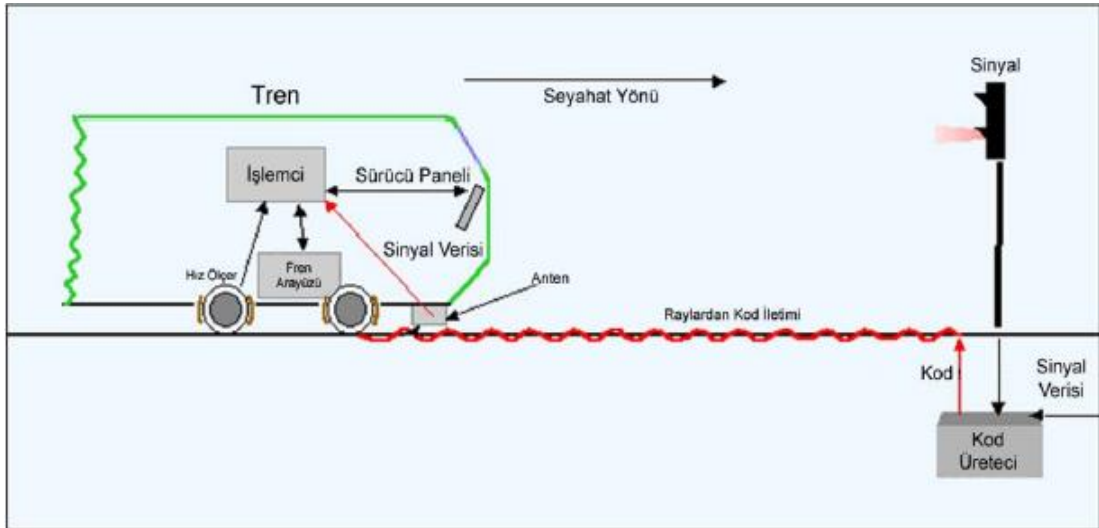
komutunu geri alır ve durma noktasına yaklaşılan trene iletir. Eger gerekli görülürse birden fazla ara baliz de kullanılabilir (Gill ve Goodman, 1992)

A. Otomatik tren koruma (Automatic train protection =ATP) sistemi

Trenler kendilerine izin verilen blok dışında herhangi bir bloğa giremezler, girmeye çalışsalar bile ATP tarafından durdurulurlar. Böylece trenlerin çarpışması veya karşılaşması engellenmiş olur.

ATP sisteminin bileşenleri ve çalışma prensibine kısaca değinecek olursak sistemde kod iletimli ray devresiyle veya balizle olabilir. Kod iletimli ray devresine şekil 2.45'te örnek verilmiştir.

Şekil 2.45. ATP temel bileşenler



Kaynak: Yüksel, 2007

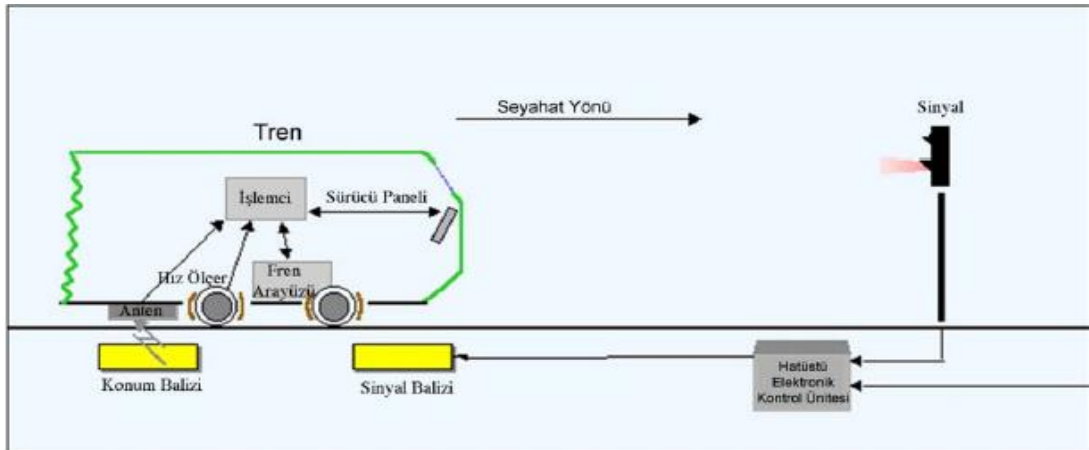
Ray devresiyle olan iletim Şekil 2.45'te gördüğümüz hat devrelerindeki ATP sinyal kodları, trenin önünde bulunan sürücü kabinin altına monte edilmiş alıcı antenler vasıtasıyla trene aktarılır. Veriler tren üzerindeki dekodere ve güvenlik işlemcisine geçer. Gerçek hız devamlı ölçülerek izin verilen hız ile karşılaştırılır. Eğer izin verilen hız aşılmış ise fren tertibatı devreye girer. Modern sistemlerde gidilecek

mesafe bilgisi de trene iletilir. Bu bilgiler aynı zamanda kabin içerisindeki ekrana da gönderilir. Bu sayede tren sürücüsünün izin verilen hız aralığında treni manüel olarak kullanması sağlanır (Dean, 2003)

Hat tarafında ise öndeki bölmenin sinyal görüntüsü her blok için kod üreticine gönderilir ve izlenir. Kod üretici uygun kodları ray devresine gönderir. Kod trendeki anten tarafından alınır ve tren üstü bilgisayara aktarılır. Daha önce gördüğümüz gibi bilgisayar gerçek hızı kontrol eder ve kodda bildirilen hızla karşılaştırır. Eğer trenin hızı çok yüksekse fren sistemini devreye sokar (Yüksel, 2007).

Balizle olan iletim de ise; Şekil 2.46'da hattın trene olan ATP verilerinin rayların içinden geçen kodlanmış hat devreleri tarafından trene iletiildiği görülmektedir. Burada veriler sürekli olarak trene iletiildiği için bu sisteme "sürekli" iletim sistemi denir.

Şekil 2.46. Balizle iletim



Kaynak: Yüksel, 2007

Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları da vardır. Uzun bloklar da iletim kaybı olur ve bu da etkili ray devresi uzunluğunu 350 metreye düşürür. Aynı zamanda sinyal ekipmanları pahalı, kötü hava koşullarına, elektronik parazitlere, zedelenmelere, kötü niyetli kişiler tarafından tahrip edilmeye ve hırsızlığa karşı korumasızdırlar. Bu nedenle bu tür olumsuzlukları ortadan kaldırmak için sinyal verilerinin aralıklı olarak

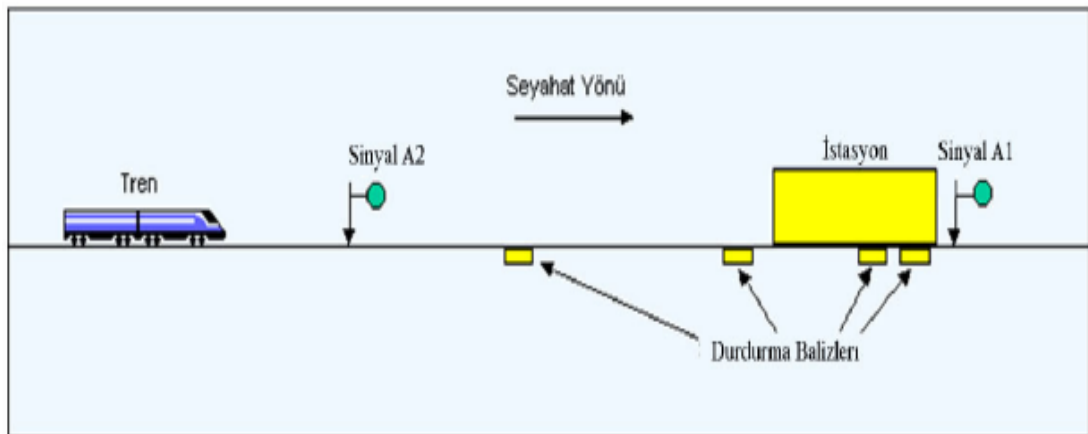
iletimi yöntemi ortaya konmuştur. Bu yöntemle sinyal iletimi hat boyunca aralıklı olarak konumlandırılmış elektronik balizler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Yüksel,2007).

B. Otomatik tren işletme (Automatic train operation =ATO) sistemi

Bir önceki bölümde ATP sisteminin nasıl çalıştığı kısaca anlatılmaya çalışıldı. ATP, trenlerin birbiriyle çarpışmasını önlemek için iki tren arasında güvenli bir mesafe kalmasını sağlayan emniyet sistemidir. Bunu da aktif balizden aldığı öndeki trenin durumu ve sinyal hakkındaki bilgiyi işleyerek trenin mevcut hızıyla karşılaştırır ve gerekli mesafeyi sağlamak için fren durumuna geçer. Bir diğer avantajı manuel olarak sinyali kapalı olan bloğa yani dolu bloğa tren girse bile otomatik olarak devreye girip treni durdurur (Yüksel, 2007).

ATO (Otomatik Tren İşletme) ise güvenlikten ziyade trenlerin istenen şekilde durmasını ve kalkmasını sağlayan sistemdir. ATO 'nun ana işlevi istasyonlarda müsaade edilen tolerans değerleri içerisinde trenin durmasını sağlamaktır. Bunu ATP'nin hattın boş olduğunu doğruladığı zaman gerçekleştirir. Bu durum aşağıda Şekil 2.47'de görülmektedir (Kichenside ve Williams, 2000).

Şekil 2.47. Otomatik tren işletme



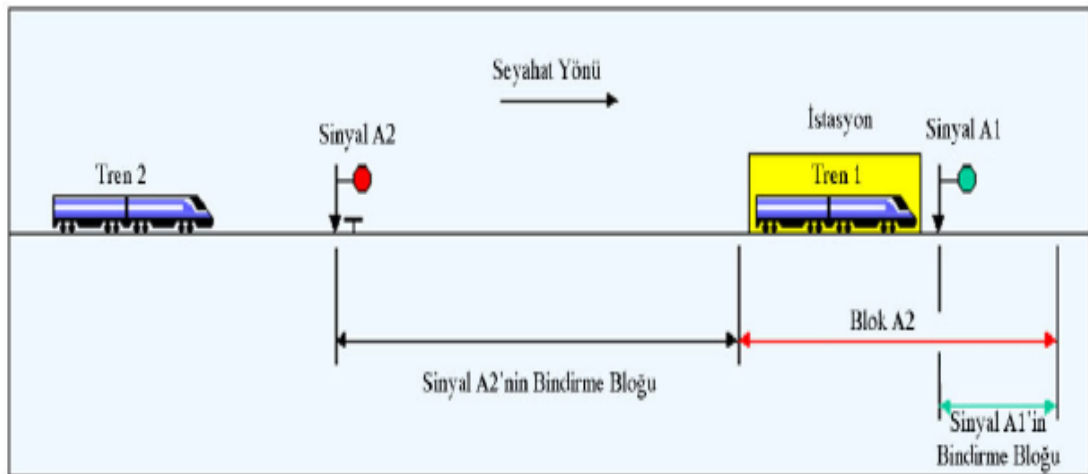
Kaynak: Yüksel, 2007

Tren istasyona yaklaşırken hattın boş olduğu sinyalini (A2 sinyali yeşil konumda iken) aldığı anda bloğa normal bir giriş yapar. İlk balize ulaştığında istasyon durma komutu alır. Tren üstü bilgisayarı doğru noktada durabilmek için frenleme eğrisini hesaplar ve platforma yaklaşırken kesinlik sağlayabilmek için eğri birkaç kez güncellenir. Örneğin Londra'daki 35 yıllık Victoria hattında tren istasyonda fren yaparken 13 ayrı noktada hızı kontrol edilir. Bu kadar çok kontrol noktası olmasının sebebi tren üstü kontrol sisteminin sadece 3 sabit yavaşlama oranı verdiği içindir. Bu nedenle durma tolerans değerleri ± 2 metredir. Modern sistemler daha dinamik ve kesin frenleme hesaplamalarından dolayı daha az kontrol gerektirir. Bu sistemlerde durma tolerans değeri $\pm 0,15$ metredir (Yüksel, 2007).

- ***İstasyonda Duruş***

İstasyonlardaki tren işletmesi özellikle de metrolarda sinyalizasyonun en zorlu kısımlarındandır. Birbirlerini yakın olarak takip eden trenlerin istasyondaki duruşunu kontrol etmek için ATO, ATP ile kombine bir şekilde çalışmak zorundadır. ATO'nun çalışabilmesi için öndeki trenin istasyon giriş veya çıkışının engellememiş olması veya hattın boş olması gerekmektedir. ATO'nun amaçlarından bir tanesi de trenin istasyonda uzunca gecikmesinden kaynaklanan etkilerini minimize etmektir (Yüksel, 2007).

Şekil 2.48. İstasyonda duruş



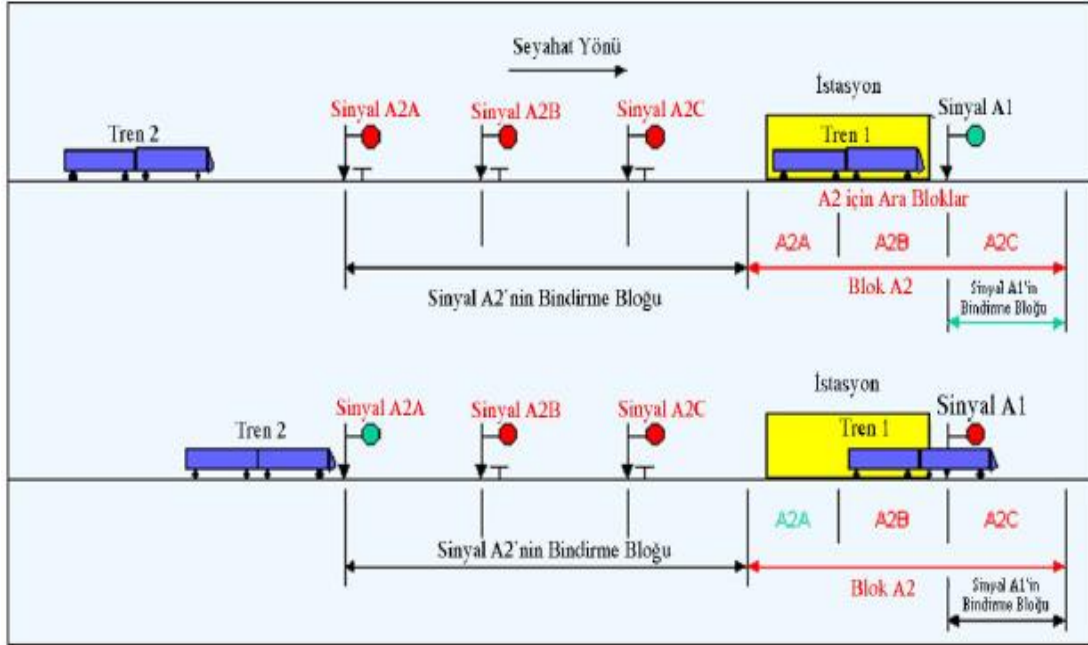
Özellikle metrolarda sık tren servisi sağlamak için istasyonlardaki durma süresini minimumda tutmak gerekir. Sistem, istasyonda kalan trenin kendisini takip eden trene olan etkilerini minimize etmek için geliştirilmiştir.

Bu sistemin nasıl çalıştığı iki görünümlü sinyalizasyonla kontrol edilen klasik bir hat örnek alınarak açıklanabilir. Şekil 2.48’de A1 bloğunun boş olduğunu gösteren yeşil A1 sinyali ve istasyondaki Tren1’i koruyan kırmızı A2 sinyali görülmektedir. Mekanik ATP’nin sağlandığı varsayıldığında A2 sinyalinin bindirme bloğu platformun gerisindeki güvenli fren mesafesidir. İstasyona yaklaşan Tren2’nin sürücüsü kırmızı ışığı görünce yavaşlamaya baslar. Tren1 istasyonu terk etmeye başlasa bile A1 sinyalinin bindirme alanını boşaltana kadar A2 sinyali kırmızı kalmaya devam eder. Tren2, A2 sinyalinin yeşile dönmesini beklemek zorundadır. Bu durum Tren2’ ye zaman kaybettirmenin yanı sıra yeniden kalkış için gereksiz enerji sarfiyatına neden olmaktadır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak ve Tren2’yi hareket halinde tutmak için “Çoklu Giriş” sistemi geliştirilmiştir (Yüksel, 2007).

- ***Çoklu Giriş Sistemi***

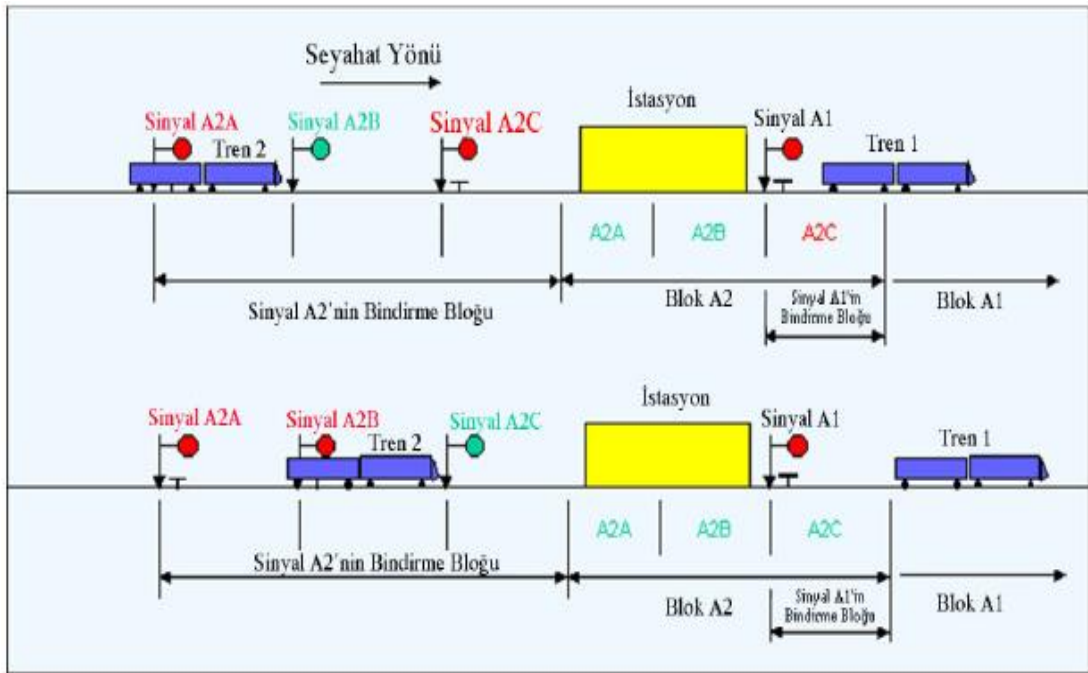
Şekil 2.49 (a) ve Şekil 2.50 (b)’deki çoklu giriş sisteminin kurulmuş olduğu istasyon A2 Bloğu, A2A, A2B ve A2C olmak üzere daha küçük üç alt bloğa bölünmüş olup her blok kendi sinyaline sahiptir. Tren1 istasyonda iken bu sinyaller kırmızıdır. İstasyona yaklaşan Tren2 A2A sinyalinde duracak gibi frene baslar. Ancak Tren1 istasyondan ayrılmaya başladığında önce A2A bloğunu boşaltır ve bu bloğun sinyali olan A2A yeşile döner. Tren2’ nin hızı azaltılmıştır. Ancak A2A sinyalinde durmasına gerek kalmadığından istasyona doğru hareketine devam eder (Yüksel, 2007).

Şekil 2.49. Çoklu giriş sistemi (a)



Kaynak: Yüksel, 2007

Şekil 2.50. Çoklu giriş sistemi (b)



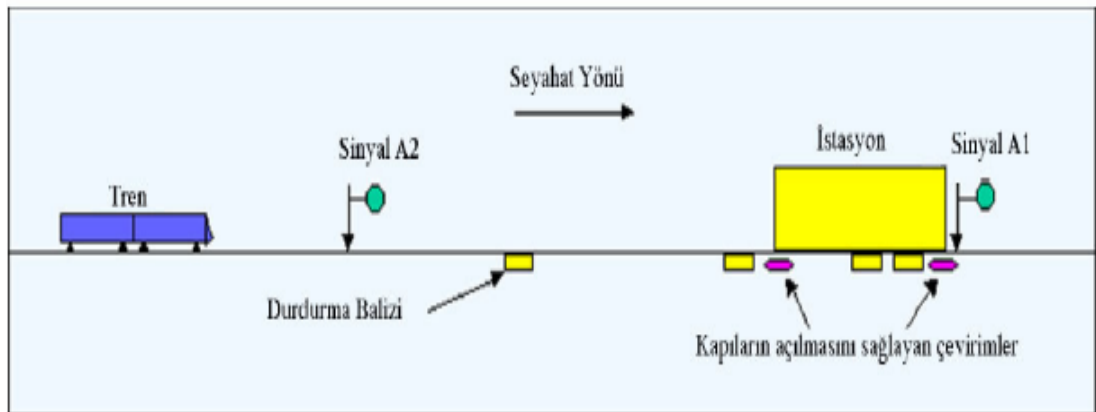
Kaynak: Yüksel, 2007

Daha sonra Tren1 sırasıyla A2B ve A2C bloğunu boşaltır ve A1 bloğuna girer böylece bütün alt blok sinyalleri yeşile A1 sinyali ise kırmızıya döner. Hızı azaltılarak istasyona doğru ilerleyen Tren2 artık bu alt bloklarda durmak zorunda değildir. Tren1, A1 bindirme bloğunu da boşalttığı anda bütün A2 sinyalleri açıktır ve A2C sinyali Tren2'ye platforma girmesi için izin verir(Yüksel, 2007).

C. ATO Durma ve başlama

ATO, istasyonlarda otomatik durma fonksiyonuna ilave olarak kapı hareketleri ve istasyondan ayrılış işlemlerini gerçekleştirir. Bazı sistemlerde tren sürücüsüne tren kapılarını açma – kapama ve bütün kapılar kapandıktan sonra treni yeniden başlatma görevi verilmiştir. Bazı sistemlerde ise kapılar trenin istasyonda belirlenen doğru konumda tamamen durmasından sonra otomatik olarak açılır. Bazı sistemlerde de kapı hareketleri sürücüdenden bağımsız olarak Şekil 3.51'de gösterilen ekipmanlar vasıtasıyla ATO sistemine verilmiştir (Yüksel, 2007).

Şekil 2.51 Durma ve başlama



Kaynak:Yüksel, 2007

ATO sistemi tren durduğunda frenlerin hala uygulanıyor olduğunu doğrular ve trenin, kapıların açılmasına müsaade edilen çevrimlerin içerisinde durup durmadığını kontrol eder. Bu çevrimler trenin platforma göre pozisyonunu ve hangi taraftaki kapıların açılması gerektiğini belirler. Bütün bu kontrollerden sonra ATO sistemi

kapıları açar. Önceden belirlenmiş veya kontrol merkezinden ihtiyaca göre değiştirilmiş bir bekleme süresinden sonra ATO kapıları kapatır ve kapı kapatma devresi tamamlandıktan sonra treni otomatik olarak başlatır. Kapı hareketleri ATO'nun bir fonksiyonu olarak tanımlanmasına karşın ATP sisteminin de bir parçasıdır. Çünkü bu, hayati sistem olarak ele alınır ve ATP ile aynı güvenlik prosedürlerini gerektirir. Kapı kapanma işlemi tamamlandıktan sonra ATO, treni harekete geçirerek müsaade edilen hıza kadar çıkarır ve ATP sistemi tarafından bir müdahale olmadığı varsayıldığında sonraki istasyondaki fren kumanda balizine kadar trenin hızını korur ve bu balizden sonra frenlemeye başlar (Allen vd., 2004).

D. Otomatik tren yönetimi (Automatic train supervision=ATS) sistemi

Otomatik Tren Yönetimi (Automatic Train Supervision=ATS), tren üstü ve yol kenarı ekipmanlarından, depolardan, istasyonlardan gerçek zamanlı olarak gelen işletimsel verileri toplayan, analiz eden ve yöneten kontrol ve kumanda sisteminin bütünüdür (Yüksel, 2007).

- ***ATS Fonksiyonları***

ATS sistemi aşağıdaki fonksiyonları gerçekleştirir:

- ✓ Sinyalizasyon ekipmanlarının kontrolü ve gözlemlenmesi
- ✓ Tren tanımlama sistemi
- ✓ Otomatik güzergâh ayarlama
- ✓ Otomatik Tren Düzenleme
- ✓ Gerçek zamanlı tarife yönetimi
- ✓ Depo yönetimi

Tren Tanımlama Sistemi su fonksiyonları yerine getirir:

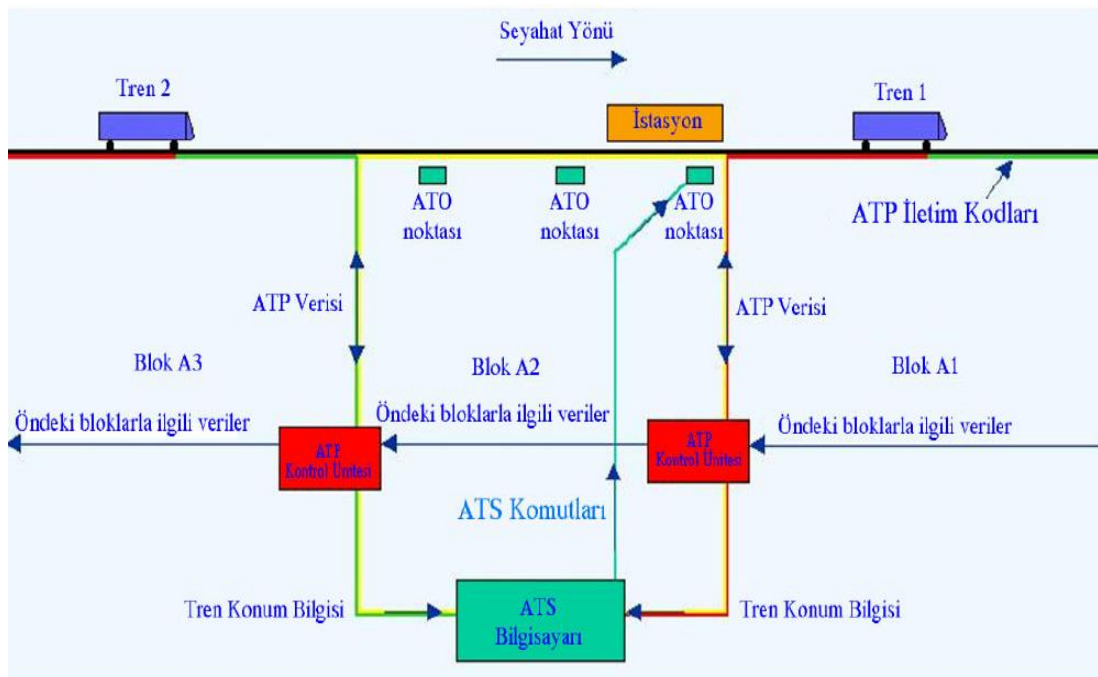
- ✓ Tren numarası ve trenin varış noktasını tanımlayan alfanümerik kod
- ✓ vasıtasıyla hattaki tüm trenlerin kimliğini belirler.

- ✓ Trenin o andaki konumunu ve hat boyunca ilerlemesini gösterir.
- ✓ T1 ve T2 hattına girecek olan şehirlerarası trenlerinin kimliklerini IC OCC ekranlarında otomatik olarak gösterir.

E. Otomatik tren kontrol (Automatic train control=ATC) sistemi

ATC (Otomatik Tren Kontrol sistemi), ATP, ATO ve ATS sistemlerinin bileşiminden oluşan ve dünyada otomatik olarak işletilen demiryolu mimarisini tanımlamak için kullanılan bir kontrol sistemidir. Şekil 2.52’de özetlenmiştir. Genelde metro sistemlerinde daha yaygın kullanılır.

Şekil 2.52 ATC Sistemi



Kaynak: Yüksel, 2007

Şekil 2.52 sabit bloklu ATC sisteminin ve üç ana bileşeni ATO (Automatic Train Operation), ATP (Automatic Train Protection), ATS (Automatic Train Supervision)'nin temel mimarisini göstermektedir. Trenleri güvenli bölümlere ayrılmış mesafelerde tutmak amacıyla temel güvenlik ihtiyacı her blok için kontrol

ünitesine sahip olan ATP tarafından sağlanır. Bu kontrol ünitesi öndeki bloklardan verileri alarak içinde bulunulan blok için onları hız limitlerine çevirir ve bu hız limitlerini hatta tekrar gönderir. Tren, iletilmiş bilgileri hat boyunca konumlandırılmış ray devreleri, çevrimler veya balizler yardımıyla alır. ATP kontrol ünitesi tarafından alınan veriler genellikle trenin blok içerisinde olduğunu veya blok içerisindeki hız limitleri arasında olup olmadığını gösterir. Bu veri, trenin programa uyup uymadığını, erken veya geç geldiğini zaman tablosuyla karşılaştırıp belirleyen ATS bilgisayarına gönderilir. Tren zamanlamasını ayarlamak için ATS hat boyunca konumlandırılmış ATO noktalarına komut gönderir. Kısa iletim çevrimleri veya balizlerden oluşan ATO noktaları trene istasyonda durma komutlarını gönderir. Bu noktalar genellikle sabit bilgiler içerir fakat bazen istasyondaki dizilerin sonuncusu trene bu istasyondaki durma süresini ve bazen de bir sonraki istasyona ne hızla gideceğini söyler. ATS bilgisayarı, ATP kontrol ünitesine hattaki sınırlandırılmış ve sıfır hızları iletir. ATP ve ATO'nun komutları trendeki antenler vasıtasıyla alınır ve frenleme, yanaşma ve gizleme komutlarına çevrilir. Manüel olarak kullanılabilen trenlerde ATP güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılır ancak ATO gerekli görülmeyebilir. Sürücü treni kabin kontrollerini kullanarak istasyonda durdurur (Dennis, 2004)

Dünyada birçok çeşit ATC sistemi vardır. Fakat hepsinde de temel olarak ATP güvenliği sağlar, ATO istasyonlardaki duruş komutlarını sağlar ve ATS ise hareket zamanlarını kontrol eder ve düzenli bir seyir için ayarlama yapar.

2.2.2. Merkezi ekipmanlar ve yazılımlar

Merkezi ekipmanlar temel olarak merkezi anlaşılan sistemi ve trafik kontrol merkezinden oluşur.

2.2.2.1. Merkezi anlaşılan (interlocking) sistemi

Anlaşılan kavramı, sinyalizasyon sistemiyle beraber sistemde bulunan anlaşılan ekipmanlarının kilitlenmesi, hareketlerinin birbirlerine bağlı olması, birinin

hareketinin diğerlerinin hareketlerini etkilemesi, biri hareketini tamamlamadan diğerinin hareketine izin verilmemesi olarak tanımlanabilir. Kısaca anlaşılanı kilitleme ve kontrol olarak ifade edebiliriz (Gündoğdu ve Söyler, 2008).

Demiryolu trafiğinin düzenlenmesi için kullanılan sinyalizasyon sistemlerinde, karar verme işlemi anlaşılan sistemi ile sağlanır. Anlaşılan mantığı (Interlocking Logic) terimi raylı sistemlerde makaslar, sinyaller, ray devreleri vb. gibi sahada kullanılan fiziksel birimlerin birbirleri arasındaki mantıksal ilişkiyi ifade eder.

Anlaşılan sistemi, koşulların güvenli ve uygun olduğu durumda sinyalizasyon sisteminin rota yönlendirmesi yapmasına izin verir, bunu yaptıktan sonra da rota ve güvenlik bütünlüğünü sağlar. Sinyal sistemi bir araca yol serbest sinyali verdiğinde başka bir araca sistem emniyetini bozacak şekilde aynı bölge için yol serbest sinyali vermesi anlaşılan sistemi sayesinde engellenmektedir (Babacan, 2011).

İç kilitleme genellikle mekanik olarak sağlanır. Bu mekanizmanın kontrol ettiği makas ve sinyaller hata ile birbirleriyle çakışacak şekilde ayarlanamazlar. Yani iki trenin peş peşe aynı ray devresi bölgesine girmesi veya karşı karşıya gelecek şekilde makasların tanzim edilmesi kesinlikle mümkün olmamaktadır (Babacan, 2011).

Merkezi kilitleme ilk zamanlarda röleler ile yapılmaktaydı. Meşgul olan bölgenin rölesinin çekmesiyle bölgenin başka komut almaması sağlanırdı. Türkiye’de sinyalizasyonu yapılmış olan hatların çoğunluğunda halen röleli anlaşılan sistemleri kullanılmaktadır. Karar verme mekanizması olarak bazı bölgelerde sadece rölelerle oluşturulan lojik devreler kullanıldığı gibi bazı bölgelerde rölelerle birlikte özel olarak tasarlanmış elektronik devreler de kullanılmaktadır. Yeni sistemlerde ise artık hata korumalı (Safety Integrity Level (SIL) 3-4) yazılımsal anlaşılan sistemleri kullanılmaktadır(Söyler ve Açıkbay, 2005). Türk Standartları Enstitüsü (TSE) SIL seviyesini belirleyen standartları şu şekilde tanımlamıştır:

Demiryollarında “European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)” standartları kullanılmaktadır. EN 50128 standardı, ilgili standartlar grubunun bir parçasıdır. Bu standart, EN 50126 “Demiryolu Uygulamaları-

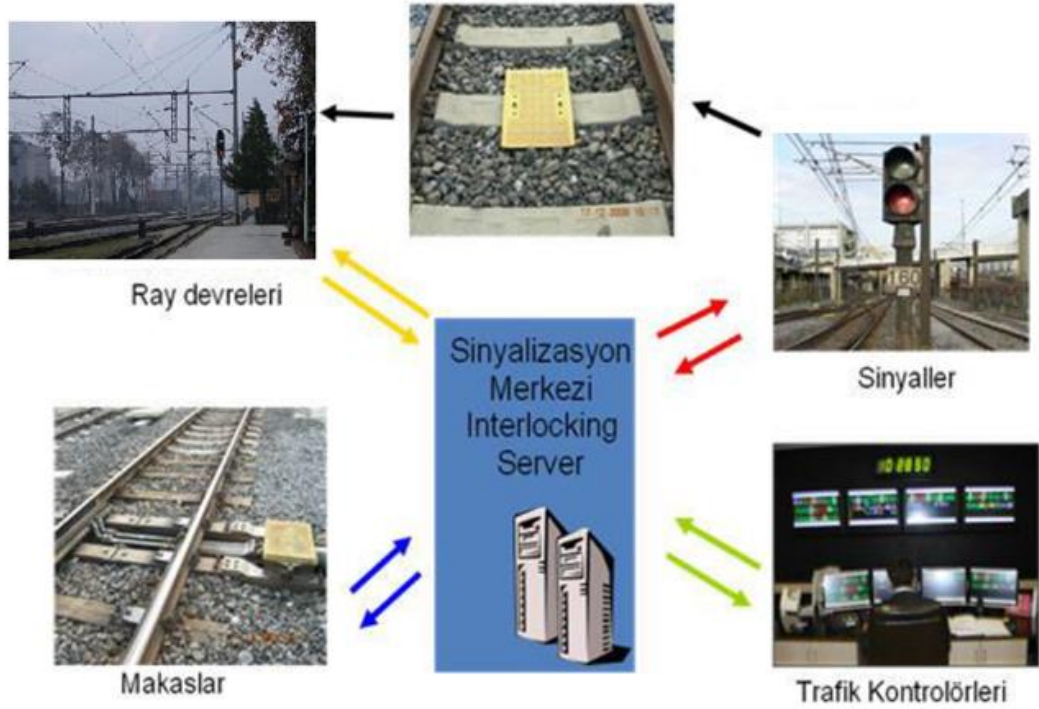
Güvenilebilirlik, Elde Edilebilirlik, Bakım Yapılabilirlik ve Güvenlik(RAMS)” ve ENV 50129 “Demiryolu Uygulamaları – Sinyalizasyon için Güvenlikle İlgili Elektronik Sistemler” şeklinde ele alınmalıdır. EN 50129, bütün demiryolu kontrol ve koruma sistemi içerisinde mevcut olabilecek ayrı ayrı sistemlerin onay işlemleri ile; EN 50126 ise, en geniş ölçekte sistem konuları ile ilgilidir. Bu standart, bu geniş kapsamlı hususlarla kurulan güvenlik bütünlüğü taleplerini karşılayan yazılımı sağlamak için kullanılması gerekli metotlara önem vermektedir (Türk Standartları Enstitüsü, 2002, TS EN 50128).

Merkezi kilitleme sistemleri en az iki endüstriyel bilgisayardan oluşurlar ve komutlar ancak iki bilgisayardan gelen komutlar aynı ise hatta uygulanır. Sonuçlar farklılık içeriyorsa, komutlar uygulanmaz. Kilitleme fonksiyonları:

1. Trenin gideceği güzergah dışındaki tüm yollar merkezi aklaşman tarafından kilitlenir.
2. Trenin yön değiştirebileceği tüm noktalarda rota kitlenmesi ile yol tanzimi yapılır.
3. Tüm elektrikli makaslar doğru konuma alındıktan sonra, mekanik olarak kilitlenirler. Trenin seyredeceği bölgede trenin takibi yapılır.
4. Kilitlenen bölgeden trenin geçişinden sonra, diğer trenlerin geçmesine olanak sağlamak için bölge otomatik olarak serbest bırakılır.

Trenin hareket güzergahında bulunan makas ve sinyaller, tanzimden sonra durumlarını tren geçene kadar muhafaza ederler (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Şekil 2.53. Merkezi anlaşımda veri akışı diyagramı



Kaynak: Bayrak, 2011

2.2.2.2. Trafik kontrol merkezi

Kumanda merkezleri, belirli bir demiryolu hattındaki tren trafiğinin yürütüldüğü ve izlendiği merkezlerdir. Bu merkezlerde hazırlanmış bir oda içerisinde istasyonların, hat boyu sinyalizasyon elemanlarının, trenlerin izlenmesi ve kumandası yapılmaktadır.

Trafik Kontrol Merkezi'nin doğrudan sahayla bağlantısı yoktur. Sahayla ilgili taleplerini anlaşıma iletir, sahaya ait durum bilgilerini ise yine anlaşımdan üzerinden alır. Şekil 2.54'te Trafik Kontrol Merkezi ve kumanda masası görülmektedir.

Şekil 2.54. Trafik kontrol merkezi



Kaynak: TCDD, 2014

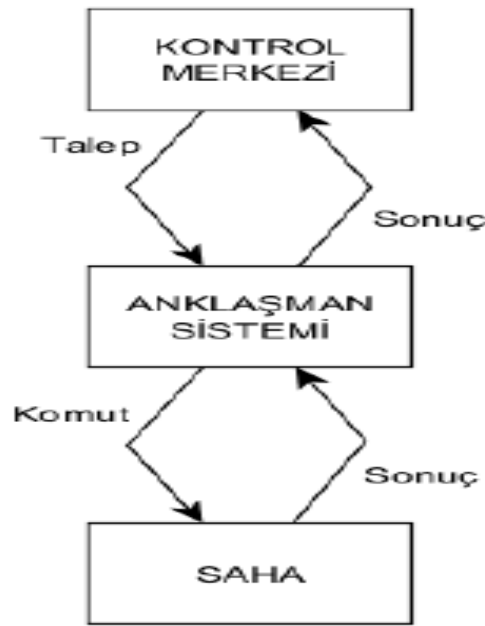
Trafik Kontrol Merkezi, periyodik olarak saha bilgilerini anlaşılan sistemi üzerinden okur. Trafik Kontrol Merkezi ile anlaşılan sistemi arasında iki yönlü bir iletişim söz konusudur. Trafik Kontrol Merkezi anlaşılan sistemine saha elemanlarının kilitlenmesi, hareket ettirilmesi, güzergâh talebi, güzergâh iptal talebi gibi pek çok talep iletir. Anlaşılan sistemi gelen taleplere ilişkin cevaplarını Trafik kontrol Merkezi'ne yollarken, aynı zamanda sahanın durumunu da yollar. Trafik Kontrol Merkezi'ne iletilen cevaplar bir grafik arayüz ile Trafik Kontrolörüne aktarılır.

Trafik Kontrolörü tarafından yapılan güzergah tanzim talebi anlaşılan yazılımı tarafından kabul edildikten sonra bu kabul bilgisi Trafik Kontrol Merkezi'ne bildirilmektedir. Trafik Kontrol Merkezi'nden gelen onaydan sonra güzergah tanzimi ile ilgili komutlar sahaya gönderilmekte ve elektronik olarak kilitlenmektedir. Tren kendisi için tanzim edilen güzergahta ilerledikçe geçmiş olduğu ray devreleri serbest hale gelmekte ve bir sonraki tanzim için uygun hale gelmektedir.

Kısacası sistemin kullanıcısı olan trafik kontrolörlerine sorumluluk alanındaki sahaya ait durum bilgisi görme ve sistem üzerinde işlem yaparak talep gönderme olanağı sağlar. Trafik Kontrolörleri taleplerini bu yazılım üzerinden yapar ve talebin

anklaşman sistemine ulaştırılması sağlanır. Şekil 2.55'te anklaşman sistemi ve Trafik Kontrol Merkezi ve saha ekipmanları arasındaki ilişkinin blok diyagramı gösterilmektedir.

Şekil 2.55. Sinyalizasyon sistemi blok diyagramı



Kaynak: Sonat, 2010

2.3. Sinyalizasyon Teknikleri

İşletmelerde en önemli etken olarak emniyetin sağlanması dışında, sinyalizasyon sisteminin diğer kullanım gereksinimleri; hat kapasitesini arttırmak, zaman çizelgesi iyileştirmesi yapmak, enerji tüketimini asgariye indirmek şeklindedir (Gülener, 2009).

Bu bölümde 5 tip sinyalizasyon tekniğinden bahsedilecek. Birincisi ülkemizde TCDD' de halen yaygın olarak kullanılmakta olan Röle kilitleme sistemidir. Diğer teknikler ise daha çok hafif metro ve metrolarda kullanılan ileri sinyalizasyon teknikleridir.

Günümüzde kapasiteyi arttırmak ve emniyetli sürüş yapmak için tramway sistemlerinde de kendine özgü bölgesel sinyalizasyon sistemleri kullanılmaktadır. Tramvay sistemlerinde düz yolda karma trafiğin uygulandığı bölgelerde görerek sürüş, makas ve tünel bölgelerinde ise interlocking ile emniyet sağlanır. Tünel bölgesinde sinyal konmasının mantığı; tünelin girişinde aydınlıktan karanlığa geçildiğinden önde durmuş olabilecek trenin veya kurplarda duran trenlerin farkedilemeyeceği için 15 km' nin üstünde hız yapılacak tünel alanlarında sinyalizasyon sistemi kurulmasıdır (Söyler ve Açıkbaş, 2005)

2.3.1. Röle kilitleme esaslı sinyalizasyon sistemi

Röle kilitleme sistemi parçaları; istasyon kumanda masası, röle rakları, cihaz rakları, yol boyunca cihaz dolapları ve bağlantı kutularından oluşmaktadır. Rak, herhangi bir malzemenin toplu olarak bulunduğu düzene denir. Ayrıca istasyon aralarındaki otomatik blok sinyalleri için blok kontrol röle devreleri bilgi iletim uydusu (kumandalı blok sinyali için) ray devresi alıcı ve verici cihazları, enerji besleme cihazları ile hemzemin geçit koruma devre ve cihazları, yol boyu otomatik durdurma (ATS) sistemi devre ve ekipmanları da bu sistem içinde vardır (Can, 2001)

Röle kilitleme sistemi aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir:

- Trenin gideceği güzergah dışındaki bütün sinyal tanzimlerinin kilitlenmesi
- Bütün elektrik motorlu makasların kontrolü, doğru pozisyonda tanzimi ve kilitlenmesi
- Bütün elektrik kilitli ve dedektörlü makasların yol doğrultusunda kontrolü ve kilitlenme
- Sinyal tanzimi olacak bölgede tren varlığının kontrolü (sarı üzeri kırmızı sinyal tanzimi hariç)
- Sinyal kilitlenmesinin trenin geçişi ile otomatik olarak serbest bırakılması

- Tanzim edilmiş olan yol tren tarafından meşgul edilmedikçe dispeçer ve istasyon masasındaki operatör tarafından tanzim iptal edilirse 1-3 dakika yol kilitlenmesinin olması ve bu zamandan sonra kilitlenmenin kalkması
- Eğer bir bölge üzerinde tren varsa bu bölgedeki herhangi bir makas tanzimi veya başka bir sinyal tanziminin mümkün olmaması

2.3.2. Sabit blok manuel sürüş sinyalizasyon sistemi

Şehirlerarası hatlarda ve metro sistemlerinde geniş çapta kullanılan sinyalizasyon sistemidir. Blok uzunluğu, maksimum tren hızına ve en düşük servis frenleme değerine göre tayin edilir. İşletme durumunda, sadece bir tren bir bloğu işgal edebilir ve arkadaki tren, blok giriş sinyalleri sayesinde önündeki blok durumuna göre hareket eder (Gülener, 2009).

Blok mesafelerinin belirlenmesi bakımından, sabit blok sinyalizasyon sistemi çeşitlilik gösterir: hız ve yol sinyal sistemi. Hız sinyal sisteminde; bloklar boyunca, sürücüye blok hız limitleri coğrafik duruma ve öndeki trenin pozisyonuna göre iletilir. Yol sinyal sisteminde ise sadece öndeki blok durumu sinyal konumları vasıtasıyla sürücüye bildirilir. Blok uzunluğu tayini işletimdeki farklılık yüzünden her iki sinyal sisteminde değişik metodla yapılır.

Hız sinyal sisteminde;

$$l_b = \max(f(V_m, V_1), f(V_1, V_2), \dots, f(V_n, 0))$$

Yol sinyal sisteminde;

$$l_b = \frac{1}{(n-2)} * f(V_m, 0)$$

şeklinde blok uzunlukları tespit edilir. Burada l_b blok uzunluğunu, $f(V_1, V_2)$ fonksiyonu V_1 hızından V_2 hızına geçiş esnasında servis frenleme mesafesini, n

sinyal konum sayısını (kırmızı, sarı, yeşil vb.) ve (n-2) birbirini izleyen iki tren arasındaki minimum sinyal blok sayısını gösterir (Gülener, 2009).

Hat kapasitesinin etkili bir şekilde kullanılması ve iyi bir trafik regülasyonun yapılabilmesi; hız sinyal sisteminde sürücünün hız bildirimlerine uymasına, yol sinyal sisteminde ise sürücünün tamamıyla yol bilgisine bağlıdır. Ekspres, banliyö ve yük trenlerini içeren karışık bir hat için her bir trene ait belli hızlar olduğu gibi aynı zamanda hat kapasitesi optimizasyonu içinde optimum hızlar mevcuttur. Hız sinyal sistemi; bu tür sistemlerde kompleks olmasına karşın, etkili bir işletim açısından bir çok demiryolu sisteminde kullanılmaktadır (Gülener, 2009).

Blok uzunluğu formülünde bulunan $f(V_m, 0)$ fonksiyonu maksimum izin verilen hızda giden bir trenin tamamıyla durması için gerekli olan fren mesafesidir. Hat boyu değişik trenlerin bulunduğu bir sistemde en uzun fren mesafesi dikkate alınır.

Sabit blok sinyalizasyon sistemi sinyaller ve/veya yol boyu yerleştirilen bilgi iletim birimleri (beacon veya transponder) vasıtasıyla, hat boyu trenler arasında emniyetli mesafeyi temin eder. Yeşil, sarı, sarı-yeşil, kırmızı vs. ışık kombinezon konumlarını içeren sinyaller, hat durumunu sürücüye anlaşılan sistemiyle bildirir. Ray devresi ile tespit edilen blok meşgulliyeti veya merkezden yapılan yol tanzimi sinyallerin konumunu otomatik olarak değiştirir. Yol boyu yerleştirilen bilgi iletim birimleri de hat durumuna bağlı olarak, hat hız limitlerini (konumlarını) değişik rezonans frekanslarını kullanarak üzerinden geçen trene manyetik olarak aktarır. Bilgi iletimin konum sayısına göre, sinyalizasyon sistemi 2' li 3' lü vs. konumlu olarak isimlendirilir (Çağal, 1997)

Günümüz metro ve hafif metro sistemlerinde, genelde 10 dakikanın altında sefer aralığı olan sistemlerde zaman çizelgesi uygulama mecburiyeti doğmuştur. Bir sistemde 10 dakikanın altında bir sefer aralığı (Headway Time - HT) varsa trenler arasındaki mesafenin korunması gerekmektedir. Sabit bloklu manuel sürüş sistemlerinde trenler arasını tam olarak ayarlamak mümkün olmadığından sefer aralıklarını tutturmak pek mümkün olmamaktadır. Bu tür sistemlerde genelde sefer

aralıklarını maksimum oranda tutturmak için makinistlerin deneyimlerine güvenilmektedir (örneğin İstanbul ve İzmir Hafif Metro hatları). Fakat makinist tecrübelerine göre bir sürüş eğer hattın kapasitesi 10 dakikalık headwayden düşükse tren aralıkları tutturulamamakta ve Makinist Bilgilendirme Sistemleri (DIS) ve Araç Takip Sistemleri kullanılması gerekmektedir (örneğin Ankara ve Bursa Hafif Metro hatları) (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

2.3.3. Sabit blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi

Otomatik tren işletme sistemine sahip bu sistemlerde trenler kumanda merkezi tarafından bilgisayar vasıtasıyla otomatik olarak sürülmektedir. Zaman çizelgesine göre tren hareket saatleri işletme programına kaydedilir. Trenin hangi hızda nasıl gideceği bazen blokların başında veya devamlı trenle haberleşme yoluyla alınmaktadır. Merkezi interlocking trenlerin konumunu algılar ve durması gerektiği noktayı ve nasıl güvenli olarak duracağını trene bildirir. Trende aldığı bilgiye göre duracağı yeri, uygulaması gereken fren gücünü hesaplar ve ona göre bir fren gücü uygular. Eğer tren çalıştırma sıklığı düşük tutulmak isteniyorsa sinyalizasyon sisteminin ilk dizaynı sırasında (örn. HT= 90 sn. veya 120 sn.) ray devrelerinin uzunluğu kısa tutulmalıdır. Düşük tren aralıklarında uygulanması zor olmakla beraber 2 dk. civarındaki tren aralıklarına kadar uygun bir çözümdür.

Manuel sürüş sinyalizasyon sistemine göre %10-15 daha fazla maliyetli olmakla beraber, sürüş senkronizasyonu, enerji ve personel tasarrufu düşünüldüğünde uygun bir çözümdür. Taksim-4.Levent arasındaki İstanbul Metrosu bu sistemi kullanmaktadır (Söyler ve Açıkbaş, 2005)

2.3.4. Hareketli blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi

Özellikle metro sistemlerinde, yolcu talebinin sürekli olarak artması varolan sabit blok sinyalizasyon sistemlerinin hat limitlerinin zorlamıştır. Sinyalizasyon tekniğindeki gelişmelerle uygulamaya konulan hareketli blok sistemler hat kapasitesini arttırmak olanağını vermiştir (Gülener, 2009).

Hareketli blok sinyalizasyon tekniğinde trenlere sürekli olarak otomatik tren işletimi ve koruması için veri iletimi sağlanır. Bu sürekli veri iletimi sayesinde trenler arası mesafe, ani trenleme mesafelerinden az olmamak şartıyla kontrol edilir. Aynı zamanda tren hızı ve pozisyonu bilgileri yol boyu işlemciler vasıtasıyla merkeze iletilir. Bu iki yönlü veri iletimi, sistemin temelini oluşturduğundan bu sistemler iletim tabanlı sinyalizasyon olarak ta isimlendirilir (Çağal, 1997) Hareketli blok sinyalizasyon sistemi; trenler arası mesafenin kontrolündeki farklılık bakımından değişik sistemleri içerir.

Hareketli mesafe bloğu (HMB):

Birbirini izleyen iki tren arasındaki minimum mesafe, maksimum hat hızında durmak için gerekli fren mesafesidir. İşletim boyunca kontrol edilen bu mesafe;

$$M = \frac{V_m^2}{(2 * d)}$$

V_m = Maksimum hat hızı

d = Fren ivmesi

Bu tür bir sistemde, izleyen trene yalnızca kendi pozisyonuna ilişkin öndeki trenin pozisyonu bilgisi iletilir. İşletim mesafesi sabit olup trenlerin çalışma hızlarından bağımsızdır.

Hareketli zaman bloğu (HZB):

Hat boyunca herhangi bir noktayı geçen iki tren arasındaki zaman farkı bu tür hareketli blok sistemi işletiminde sabittir ve öndeki trenin çalışma hızından bağımsızdır.

Trenleri ayıran minimum mesafe,

$$M = \frac{V_m * V_2(t)}{(2 * d)}$$

$V_2(t)$ = izleyen trenin t zamanındaki çalışma hızıdır

Minimum hareketli bloğu (MHB) :

Sabit blok sistemlerinde konum sayısının artırılması; blok uzunluklarını kısaltır ve dolayısıyla trenler arasında minimum mesafenin azalmasını, hat kapasitesinin artmasını sağlar. Blok uzunluklarının sıfır olması durumunda, bir trenin pozisyonu tam olarak bilinir ve emniyet sınırları içerisinde trenler arası mesafeyi mutlak minimuma indirmek mümkündür. Birbirini izleyen iki tren arasındaki mutlak mesafe, izleyen trenin hızına bağlı olarak değişen ani frenleme mesafesidir. Gerekli olan bilgi iletimi trenlerin relatif pozisyonları ve izleyen trenin hızıdır.

Bu sistemde trenler arası minimum mesafe;

$$M = \frac{V_2(t)^2}{(2 * d)}$$

M, bir çarpışma olmaması için gerekli minimum mesafedir. Öndeki trenin ani olarak birden bire durabileceği prensibine göre hesaplanır.

Hareketli blok sistemleri, otomatik tren işletimi ve yol boyu kontrol teçhizatları arasındaki iki yönlü bilgi alışverişine bağlıdır. Bu sistemlerde, ray devreleri; yalnızca raydan trene bilgi sağladıkları ve sınırlı tren pozisyonu saptama olanağı verdiği için uygun değildir. Aynı zamanda hareketli blok sistemleri için gerekli büyük miktarda

bilgiyi iletebilecek kanal kapasitesini ray devreleri sağlamayabilir. Bu nedenlerden ötürü, rayların arasına bir anten fonksiyonu gören endüksiyon iletim halkaları döşenir ve düzenli aralıklarla çarpazlanır. Tek kanalda iki yönlü iletim kullanımı ve uygun kodlama tekniği ile tren ve yol boyu işlemcileri arasında iki yönlü veri alış verişi endüktif iletim halkaları düzeneği ile sağlanır. Her bir tren pozisyonunu , hızını ve yönünü periyodik olarak iletir. İletim halkasının çarpazlandığı yerde iletilen sinyalin faz değiştirilmesi ile tren pozisyonu saptanır. Çarpazlama noktaları arasındaki mesafe aynı zamanda dingile monte edilmiş bir takojenaratör tarafından da hesaplanabilir (Gülener, 2009).

Trenler arasındaki emniyetli fren mesafesinin sağlanması için her bir trene yol boyu işlemcileri tarafından kumanda bilgisi iletilir. Kablo band genişliği sayesinde çok fazla bilginin iletimi örneğın sürekli ve geçici hat hız limitlerinin iletimi de mümkündür. Sürekli tren kontrol sistemi, Avrupa’ da, Kuzey Amerika’ da ve Japonya’ da şehirli ve şehirlerarası demiryolu işletmeciliğında yaklaşık 21 yıldır kullanılmaktadır (Çağal, 1997)

Kablosuz ağ yoluyla trenle haberleşilen sistemlerde sinyalizasyonun güvenlik seviyesinin yüksek olması gerektiğinden haberleşme sistemi yedeklidir yani çift kanal haberleşme kullanılır ve sahadan gelen bilgiler tren üzerinde karşılaştırılır. Trenlerin hangi hattın hangi noktası üzerinde olduğu (dopler radar, GPS, aracın km sayacı vs. yardımı ile bu konum belirlenir) tren tarafından kumanda merkezine gönderilir. Her trenin, önündeki trene ne kadar yaklaşacağı trenin hızına, fren gücüne ve yol durumuna göre her zaman yeniden hesaplanır ve trene gönderilir ve buna göre trenin hızı yeniden ayarlanır. Her trenin bulunduğu bölge ayrı ayrı kilitlenir ve her trenin hızı ayrı ayrı hesaplanır (Gülener, 2009).

Genelde 90 sn. ve daha az sefer aralıkları için cazip bir sinyal sistemidir. 90 saniyenin üstündeki sefer aralıklarında bir sinyal sistemi için bazen pahalı kalmakla beraber genelde yolcu yoğunluğu olan hatlarda uygundur. Özellikle son yıllarda IEEE tarafından açık kod olarak standarta giden Haberleşme Tabanlı Tren Kontrolü (Communication Based Train Control – CBTC) sistemleri tek firmaya bağlı

kalmama yönünden de avantajlıdır. Yani bir firmanın yapmış olduğu sinyal sistemini diğer sinyal firması da uzatabilir ve böylece özellikle uzatma projelerinde rekabet ve fiyat avantajı oluşur (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

2.3.5. Tam otomatik sürücüsüz sinyalizasyon sistemi (TOS)

Sinyalizasyon sistemlerindeki gelişimin ulaştığı son noktadır. 1960' larda başlayan ilk araştırmalar ve denemelerden sonra ilk Tam Otomatik – Sürücüsüz Raylı Sistem 1983 yılında Lille, Fransa' da Siemens tarafından inşa edilerek hizmete açılmıştır. Günümüze kadar bütün büyük raylı sistem üreticileri bu sistemler üzerinde çalışarak geliştirmeye devam etmişlerdir. Günümüzde ise haberleşme sistemini CBTC ile yaparak gelişmesine devam etmektedir (Söyler ve Açıkbaş, 2005).

Raylı toplu taşımada sürücüsüz veya tam otomatik sistemler yaygınlaşmaktadır. Hem hareketli blok hem de sabit blok sistemlerde tam otomatik bilgisayar kontrollü tren sürüşü mümkündür. Yıllardır yapılan testler ve uygulamalar başarı ile sonuçlanmıştır. TOS sisteminin avantajları aşağıda verilmiştir:

A. Güvenlik ve emre amadelik

- TOS sistemler insan hatasını engellemektedir. Mevcut sistemlerde kazaların bir çoğu insan hatasından kaynaklanmaktadır.
- Ayrılmış yol kullanımı yaya ve araç ile çarpışmaları önlemektedir.
- Platform kapıları kullanılması durumunda hatta insan düşmesini ve yolcuların sebep olduğu gecikmeleri önlemektedir.

B. Yüksek kalitede hizmet

- TOS sistemler ile trenler arasındaki Headway süresi minimuma indirilerek yolcuların bekleme süreleri kısaltılmaktadır.
- Aktarma noktalarında bekleme süresi kısaltılabilmektedir.
- Yüksek ticari hız, kısa yolculuk süreleri ve dakiklik toplu taşımanın yolcu çekim etkisini arttırmaktadır.

C. Yüksek işletme esnekliği

- Değişkenlik arz eden yolculuk taleplerine gerçek zamanlı olarak hatta araç sokma veya hattan tren çekme şeklinde cevap verebilme özelliği.
- Araç içinde sürücülerin/personelin olmaması personel verimliliğini arttırmaktadır.

Tabi araca makinist konup konmaması işletmeciliği yapan firmanın seçimine bağlıdır. Trende bulundurulacak personeller yolcuların hizmet kalitesini artırıcı şekilde örneğin yolculara yardımcı olacak şekilde çalıştırılabilir.

D. Düşük bakım maliyeti

- TOS sistemlerde eğer hareketli blok kullanılırsa (özellikle CBTC' de) kullanılan saha ekipmanlarının az olması sebebiyle bakım ihtiyacı azdır ve maliyet düşüktür.
- Saha ekipmanı az olduğu için arızaya müdahale daha kolay ve arıza giderme süresi daha düşüktür.

E. Minimum çevresel etki

- Belirli yolculuk talebi için kullanılacak Headway süresinin kısaltılması demek daha kısa tren setlerinin kullanılması demektir. Bu altyapının boyutunun ve maliyetinin azalması demektir.
- Lastik tekerlekli versiyonlarda dik eğimleri rahatlıkla tırmanabilme ve daha az gürültü oluşturma özelliği.

3. SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNDE TASARIM KRİTERLERİ VE EMNİYET STANDARTLARI

Sinyalizasyon sisteminin ana fonksiyonları ve amacını;

- Trenler arasındaki kazaların önlenmesi,
- Makasların yanlış yönlendirmesi ve kilitlenmesi sonucu oluşabilecek derayların (trenin raydan çıkması), kazaların önlenmesi,
- Rota yönlendirmesiyle çakışmayacak şekilde trene hareket etme yetkisinin verilmesi,
- Hemzemin geçişlerin korunması maddeleri oluşturur.

Sinyalizasyon sistemlerinde, Fail-Safe ve interlocking kavramları vazgeçilmez bir unsur olarak kabul edilerek, tasarlanacak sistemlerin “Fail-Safe “ tasarım kriterlerine uygun olarak yapılması gerekmektedir (MEB, 2006)

3.1. Tasarım Kriterleri

Bir sinyalizasyon sisteminin tasarımı yapılırken aşağıdaki kurallara uyulur:

- Demiryolu sinyalizasyon sistemleri ve kontrol merkezleri “fail-safe” prensiplerine uygun olarak tasarlanmalıdır.
- Merkez ve saha kontrol ekipmanları çift eşli (yedekli) olarak tasarlanmalıdır.
- Sinyalizasyon sistemi tasarlanırken, sistemin herhangi bir bölümünde hata oluşması durumunda ilgili sinyal lambasının o bölüm için belirlenmiş/gerekli olan en kısıtlayıcı, güvenli duruma geçecek şekilde tasarlanmalıdır.
- Sinyalizasyon sistemlerindeki, sistem emniyetini etkileyecek tüm elektrik/elektronik kontrol devreleri “kapalı devre” prensibine uygun olarak tasarlanmalıdır.

- Demiryolu sinyali ve kontrol sistemi (sinyalizasyon sistemi) tren hareketini karıştıracak şekilde farklı durumları aynı anda göstermemesi için bir birine bağlı olarak (interlocking) çalışmalıdır.
- Sinyal sistemlerinde kullanılan “rota kilitleme-bölge meşguliyeti” ekipmanları; ray devreleri, aks sayıcılar gibi sistemler tren makas bölgelerinden geçerken, makasın hareketli kısımların hareket etmesini engelleyecek, mekanik kilitleme şeklinde tasarlanmalıdır.
- Tasarım sürecinde fonksiyonel emniyet ve sistem emniyeti için fail-safe durumlar belirlenmeli ve hata durumunda fail-safe rutinlerin çalışması sağlanmalıdır.
- Tasarım sürecinde ve sonrasında sistem test edilerek fail-safe rutinlerin çalışması kontrol edilmelidir.

3.1.1. “Fail – Safe” kavramı

“Fail – safe” kavramı demiryolu sinyalizasyon sistemlerinin temel tasarım prensibi olarak; sistemin tümünde ya da tek bir bileşeninde, tehlike ve hata oluşturabilecek unsurları ortadan kaldırmak amacıyla tanımlanmıştır. “Fail-safe” kavramı kısaca, sistem herhangi bir işlem yaparken “başarısız/hatalı-fail” olduğunda, sistemin “güvenli-safe” duruma ulaşmasıdır. Başarısız/hatalı bir işlem gerçekleştiğinde sistemin güvenlik bütünlüğü bozulmadan, o an için en güvenli olan pozisyona geçer. Sistemlerin tasarımında, sistem emniyetine etki edecek tüm fonksiyonlar çıkarılarak her fonksiyon için fail-safe durumlar, rutinler, prosedürler oluşturulmalıdır. Fail-safe durumlar tespit edildikten sonra sistemde, sistem emniyetine etki edecek herhangi bir hata oluşması durumunda sistemin o fonksiyon için belirlenmiş olan fail-safe durumuna geçmesi garanti edilmelidir. Sistemlerin fail-safe olarak tasarlanması, sistemin emniyet seviyesinin (SIL- Safety Integrity Level) yükseltilmesinde önemli rol oynamaktadır. Sinyal sistemleri tasarlanırken, tasarlanacak olan sistemin emniyet seviyesi dikkate alınmalıdır. Emniyet seviyesi belirlenirken işletmelerin ihtiyacı ve talepleri de göz önünde bulundurularak, o sistem için gerekli olan seviye belirlenir. Sinyalizasyon sistemleri için en yüksek emniyet seviyesi, tolere edilebilir riskin

minimum düzeyde, yolcu veya personel için maksimum risk miktarının normal yaşamdaki riske eşit seviyede olmasıdır (Gündoğdu ve Söyler, 2008)

3.1.2. İç kilitleme (interlocking)

“Interlocking” kavramı; tren hareketlerini kontrol eden sinyal sistemi ile birlikte sistemde bulunan tüm interlocking ekipmanlarının kilitlemesi, birbiriyle ilişkili olarak hareket etmesi, bir birinin hareketini etkilemesi, biri hareket etmeden diğerinin hareket etmesinin önlenmesi olarak açıklanabilir (Gülener, 2009).

Interlocking ekipmanları temel olarak makas ve sinyallerdir. Interlocking sistemi, koşulların güvenli ve uygun olduğu durumda sinyalizasyon sisteminin rota yönlendirmesi yapmasına izin verir, bunu yaptıktan sonra da rota ve güvenlik bütünlüğünü sağlar. Sinyal sistemi bir araca “Yol Serbest” sinyali verdiğinde başka bir araca sistem emniyetini bozacak şekilde aynı bölge için “Yol Serbest” sinyali vermesi interlocking sistemi sayesinde engellenmektedir. İç kilitleme genellikle mekanik olarak sağlanır, bu mekanizmanın kontrol ettiği sinyal ve makaslar hata ile birbiriyle çakışacak şekilde ayarlanamazlar. Yani iki trenin peş peşe aynı ray devresi bölgesine girmesi veya karşı karşıya gelecek şekilde makasların tanzim edilmesi kesinlikle mümkün olmamaktadır. Sinyaller ve makaslar böyle bir duruma izin verecek komutları kabul etmezler. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak interlocking sistemleri de gelişim göstermiştir. Mekanik olarak 1800’ lü yıllarda başlayan interlocking sistemleri, Röleli Interlocking, Elektrik Interlocking ve Solid State Interlocking olarak uygulanmaktadır. Modern sistemlerde interlocking Elektronik – Solid State devrelerle sağlanmaktadır (Gülener, 2009).

İç kilitlemeye örnek olarak makasın konumunu ve durumunu gösteren bir sistem incelenebilir. Makas dil uçlarına konulan sensörler, her yön için en az iki adet ve makasın mekanik olarak hareket etmesini sağlayan mafaslar üzerine veya makas yön çubukları üzerine konulan mekanik anahtar ile makasın konumu tespit edilsin. Bu makas sistemi için 3 durum bulunmaktadır. Makas sağa dayalı, makas sola dayalı ya

da makas arıza durumundadır. Makasın yönünü tayin etmek için şu kontroller yapılmalıdır (Gülener, 2009):

- Makas arızalı mı?
- Makas sağ yön sensörlerinden (her ikisinden de) bilgi geliyor mu?
- Makas sol yön sensörlerinden (her ikisinden de) bilgi geliyor mu?

Her 3 durum için de kontroller yapılarak makasın durumu tespit edilir. Interlocking sisteminde, sistem mekanik ve elektrik olarak öyle tasarlanmalıdır ki hata ile veya harici müdahalelerle makas sağa yaslı iken sinyal lambası sol yönü göstermemelidir. Örneğin; makasın sağa yaslı olduğu bilgisi sol yöne ait sensör takımının ters kontağından geçmeli ki, herhangi bir nedenle makas sola yaslı iken sağ yönü göstermesin. Aşağıdaki Tablo 3.1’de S1, S2 sağ yöne ait sensörleri S3 , S4 ise sol yöne ait sensörleri göstermektedir (Gündoğdu ve Söyler, 2008)

Tablo 3.1. Doğruluk tablosu

Doğruluk Tablosu	
$S_1 = 0, S_2 = 0, S_3 = 1, S_4 = 1$	Makas Sağa Yaslı
$S_1 = 1, S_2 = 1, S_3 = 0, S_4 = 0$	Makas Sola Yaslı
Diğer tüm durumlar	Arıza

Kaynak: Gülener, 2009

3.1.3. Kapalı devre prensibi

Sinyal sistemlerinin tasarımında “kapalı devre” prensibinin uygulanması, risk oranının minimize edilmesi açısından önemlidir. Kapalı devre prensibi; normal olarak enerjili olan bir devrede enerji kesildiği veya arıza durumundan dolayı enerji gittiği zaman kontrol fonksiyonlarının en kısıtlayıcı olanı uygulamasıdır. Buna göre sistem tasarlanırken, sisteme giren bilgiler kapalı kontak üzerinden normalde enerjili olarak alınır, enerji var ise lojik “0” enerji yok ise lojik “1” olarak değerlendirilir. Dolayısıyla herhangi bir nedenle enerji kesildiği zaman; kablo kesilmesi, kablo

kopması, kısa devre vs. sistem o pozisyon için belirlenmiş olan en kısıtlayıcı duruma göre hareket eder. Örneğin, makas kontrol sistemi ve makas bölgesinde araç tespitini sağlayan ray devresi incelenebilir. Ray devresinden makas kontrol ünitesine gelen bilgi “kapalıdevre” prensibine göre geldiği kabul edildiğinde; eğer kontakta enerji varsa lojik “0” yani makas bölgesinde araç yok, makasın konum değiştirmesinde sistem emniyeti açısından risk yok. Eğer kontakta enerji yoksa lojik “1” bu durumda ya makas bölgesinde araç var, bölge meşgul ya da sistemdeki herhangi bir hata nedeniyle kontrol panosuna bilgi gelmiyor. Bu durumda makasın hareket etmesi riskli olduğundan kontrol ünitesi makas bölgesinde araç var kabul ederek o pozisyon için gerekli olan en güvenli duruma geçerek kendini ve sistemi koruma altına alır (Gündoğdu ve Söyler, 2008).

3.1.4. Yedeklilik ve çiftelik (Redundancy & Duality) prensibi

Sinyalizasyon sistemlerinde sinyal lambaları, makaslar, ray devreleri gibi saha ekipmanları fail-safe (hata emniyeti) prensibine göre çalışmaktadır. Yani saha ekipmanlarında herhangi bir hata veya arıza durumunda sistem o pozisyon için en emniyetli pozisyona geçer. Sinyal sistemlerindeki diğer haberleşme ve merkez ekipmanları en az 2 yedekli ve çiftelik seçilir. Sistemin birinde problem olması durumunda herhangi bir kesinti olmadan diğer sistem devreye girer. Interlocking bilgisayarı 2 farklı kanaldan oluşur ve her kanalda sahadan gelen bilgiler ayrı ayrı işlenerek sonuçlar karşılaştırılır. İşlem sonuçlarında farklılık varsa komutlar işlenmez. Bu durumda sistem kendini koruma altına alır. Sahadan merkeze gelen komutlarda aynı mantıkla kontrol edildikten sonra uygulamaya konur (Gündoğdu ve Söyler, 2008).

3.2. Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları

Demiryolu teknolojilerinin gelişiminin başlangıç hedefi kazaları önlemektir. Bu amaca bağlı olarak sinyalizasyon sistemleri geliştirilmiştir. Araçların frenleme eğrilerine bağlı olarak emniyet blokları oluşturularak güvenli bir işletmenin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır (Gündoğdu ve Açıkbay,2007).

Demiryolu sistemlerinde emniyet, yolcu ve işletme açısından son derece önemlidir. Bu durum ülkemizde ve yurt dışında yaşanan demiryolu kazaları ile açıkça gözükmemektedir. Demiryolu sistemleri; kendilerini oluşturan alt-sistemlere sahiptirler, örneğin sinyalizasyon sisteminin alt-sistemleri; makas ekipmanları, sinyal lambaları, ray devreleri, rölelerdir. Bir sistemin emniyet bütünlüğünden bahsetmek için sistemin bütün parçalarının aynı emniyet seviyesine ve kriterlerine sahip olması gerekmektedir. Sistemde olacak bir “zayıf halka” sistemin emniyet bütünlüğünü zedeleyeceğinden o sistem, güvenli bir sistem olmaktan çıkacak ve sistemin güvenliği “zayıf halka”nın emniyet seviyesine eşdeğer olacaktır. Bu durumda tüm sistemin emniyet bütünlüğünden bahsetmek mümkün olmayacaktır (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Demiryolu sistemlerinin sahip olması gereken emniyet kriterleri Uluslararası Standartlarda; CENELEC, IEC ile belirtilmiş ve ülkemizde de bu standartlar kabul edilmiştir (Gündoğdu ve Söyler, 2005).

3.2.1. Emniyet

Emniyet; sistemlerin sahip olması gereken bir nitelik, özelliktir ve sistemin çevre ve insan sağlığına yönelik bir tehlike unsuru oluşturmamasıdır. Sistemlerin emniyet seviyeleri; kabul edilemez risk oranı ile tesbit edilir. Bir sistemin kabul edilemez risk oranının ne kadar düşük olması isteniyorsa sistemin emniyet seviyesi o kadar yüksek olmalıdır. Yeni tasarlanacak olan bir sistemin; insan yaşamı ve çevre üzerine ilave bir risk getirmesi istenmiyorsa, uygulama aşamasında standartlarda belirtilen kriterler esas alınarak gerçekleştirilmelidir (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

3.2.2. Fonksiyonel emniyet

Sistemlerin emniyetli olabilmeleri için tüm alt fonksiyonlarını emniyetli bir şekilde gerçekleştirmeleri gerekir. Fonksiyonel emniyet, sistem emniyetinin bir parçasıdır ve sistemin, girdilerine göre doğru işlemleri yapmasına bağlıdır. Örneğin; Termal sensör aşırı ısınmaya karşı koruma cihazıdır. Bu cihaz, bir motoru aşırı ısınmaya karşı

korumak için kullanılmakta olsun. Motor ısı normal çalışma düzeyinin üzerine çıktığında koruma cihazı devreye girerek motoru durdurur. Motorun sensör tarafından durdurulması “fonksiyonel emniyete” örnektir(Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Sistemlerin, ekipmanların bağlı oldukları çevreye ve insana oluşturabilecekleri tüm tehlikeli durumlar ve risk analizleri belirlenir. Bu analiz çerçevesinde, oluşabilecek her tehlike için fonksiyonel emniyetin gerekli olup olmadığı tespit edilir. Eğer gerekli ise, tasarım aşamasında her tehlikeli durum için fonksiyonel emniyetin sağlanması için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Fonksiyonel emniyetin sağlanması, tehlikeli durumların elimine edilmesi yöntemlerinden biridir. Daha önemlisi, tehlikeli durumların ortadan kaldırılması, azaltılması ve kalıcı emniyetin sağlanmasının tasarım aşamasında gerçekleştirilmesidir(Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Emniyet-ilişkili kavramı özel bir işlem veya işlemler yapılarak riskin makul seviyede tutulduğu sistemleri tanımlamak için kullanılır. Bu işlemler emniyet işlemleridir. İki tip emniyet işlemi vardır:

- ✓ Emniyet işlemleri gereksinimleri (işlemlerin ne yaptığı)
- ✓ Emniyet bütünlüğü gereksinimleri
(emniyet işlemlerinin doğru gerçekleştirilme olasılığı)

Emniyet işlemleri gereksinimleri, tehlikeli durum analizleri, Emniyet bütünlüğü gereksinimleri ise risk değerlendirme sonucunda ortaya çıkar (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Fonksiyonel emniyet örneği

Dönen demir bıçaklı, koruma kapağı olan bir makine. Makinada rutin temizlik işlemleri kapak kaldırılarak yapılabiliyor. Koruma kapağı interlocking (iç kilitleme) sistemine sahip, kapak açıldığı zaman elektrik kesici devre vasıtası ile motorun

enerjisi kesildiğinden bıçaklar duruyor ve operatör güvenli bir biçimde temizlik işlemini gerçekleştirebiliyor (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Güvenliğin sağlandığından emin olmak için tehlikeli durum ve risk değerlendirme analizlerinin yapılması gerekir (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

- Tehlikeli Durum Analizi; döner bıçakların temizlenmesiyle oluşacak tehlikeleri tanımlar. Bu durumda, koruma kapağı 5mm' den fazla açıldığında acil frenleme devreye girerek makinayı durdurmalıdır. Daha ileri analizler kapak açıldığında makinanın 1 sn. içinde durdurulması sonucunu verecektir.
- Risk Değerlendirme Analizi; emniyet işlemlerinin performansını, başarısını belirler. Risk değerlendirmesinin amacı, emniyet bütünlüğünü sağlamak için gerçekleştirilen emniyet işlemlerinin, tehlikeli durumla ilgili kabul edilemez risk değerini aşmamasının sağlanmasıdır.

Emniyet işleminin hatası operatörün zarar görmesi ile sonuçlanabilir. Buradaki risk, koruma kapağının açılma sıklığıyla da ilgilidir. Gerekli olan Emniyet Bütünlüğü Seviyesi, SIL (Safety Integrity Level), yaralanmanın şiddeti ve tehlikeli durumun oluşma sıklığıyla artmaktadır (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

3.2.3. Emniyet standartları

Avrupa Elektroteknik Standartlar Enstitüsü, (European Committee for Electrotechnical Standards) CENELEC, tarafından geliştirilen EN 50126, EN 50128 ve EN 50129 standartları ile demiryolları standartları yeterli bir noktaya gelmiştir. Bu standartlar Demiryolları Standartları olarak kabul edildiğinden, Metro, Hafif Metro, Tramvay ve diğer demiryolu uygulamaları için de geçerlidir. Bu standartlar demiryolu sistemlerinde emniyet proseslerinin omurgasını teşkil ederler (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

Bu standartların uygulama alanları şöyledir: EN 50126 tüm raylı sistemleri kapsar ve RAMS hesapları ile ilgilidir. EN 50129 emniyet ilişkili elektrik-elektronik, kontrol ve koruma sistemlerinde uyulması gerekli standartları belirler. EN 50128 emniyet ilişkili kontrol ve koruma sistemleri yazılımlarını kapsamaktadır. EN 50128 ve EN 50129 standartları, Uluslararası Elektrik-Elektronik, Programlanabilir Elektronik standardı IEC 61508' in raylı sistemlerle ilgili kısımların geniş yorumu ve raylı sistemlerdeki uygulamasıdır (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

3.2.4. Tehlikeli durum belirleme ve risk analizi

Risk analizinde ana amaç, sistemde oluşabilecek tehlikeli durumları sistematik bir şekilde tespit etmek ve riskleri kabul edilebilir seviyeye çekmektir. Tehlike; kazaya sebebiyet verebilecek durumlardır. Risk ise kazanın şiddeti ve sıklığının bileşkesidir. Riskle ilgili öncelikle tekil ve toplam risk ayrıştırılmalıdır. Tekil risk olarak, inceleme esnasında sadece tekil risk etkisi olan teknik sistemler ele alınmalıdır. Toplam riskte ise; tehlikeli durum sonucunda oluşan kazadan etkilenen tüm kişiler ele alınır. Bundan dolayı toplam risk birden fazla ölümlü sonuçlanan kazalar arasındaki farkları değerlendirir. Birkaç kişiyi etkileyen küçük sistemlerde tekil ve toplam risk birbirine yakın sonuçlar verir (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007).

3.2.5. Risk değerlendirme ve kabul edilebilirlik

Kabul edilebilir risk değeri, tolere edilebilecek tehlike oranı (Tolarable Hazard Rate, THR) kabul edilmiş bir prensibe dayalı olmalıdır. EN 50126 standardında, Avrupa ülkelerinde en çok benimsenen prensipler (Gündoğdu ve Açıkbaş, 2007):

- ALARP,
- GAMAB,
- MEM' dir.

ALARP (As low as reasonably practicable)

Bu yöntemde toplam risk değerlendirilmiştir. Sistemden kaynaklanan ve sistemi kullanan insan üzerinde, çevrede oluşacak toplam risk hesaba dahil edilmiştir. ALARP prensibi; oluşabilecek riskleri “sıklık” ve “şiddet” olarak sınıflandırmıştır. Her sınıftaki kaza ihtimali için aşılmayacak maksimum değerler belirtilmiştir(Gündoğdu ve Açıkbaz, 2007).

Bu sınırın üstünde, ilaveten risk düşürme ölçümleri yapılmalı ve risk düşürücü tedbirler alınmalıdır. Kabul edilebilir tehlike oranı alt limit ve üst limit arasındaki bölge ALARP bölgesi olarak adlandırılmıştır (Gündoğdu ve Açıkbaz, 2007).

GAMAB (Globallement au moins equivalent)

Tüm sürücülü taşıma sistemleri, global olarak üretecekleri risk miktarı en çok varolan eşdeğer sistemin ürettiği risk kadar olmalıdır (Gündoğdu ve Açıkbaz, 2007).

MEM (Minimum endogeneous mortality)

Bu prensip tekil risk baz alınarak geliştirilmiş ve insan için en düşük ölüm oranı dikkate alınarak THR hesaplanmıştır. Bu oran 15 yaşındaki bir kişi için 2.10^{-4} dür. Teknik sistemlerin insan hayatı üzerine %5’ den fazla bir risk getirmemesi gerektiğinden, teknik bir sistem yılda 10^{-5} ’ den fazla o sistemi kullanan bir insanın ölümüyle sonuçlanan kaza oluşturmamalıdır (Gündoğdu ve Açıkbaz, 2007).

3.2.6. Emniyet bütünlüğü seviyesi (Safety integrity level, SIL)

Demiryolu standartları; “tehlikeli durum” tanımlamasını sistemin yaşam süresinin başlangıç anından itibaren yapılmasını ister. Aynı zamanda risk analizlerinin de yapılması gerekir. Bu analizler sonucunda teknik sistemlerin oluşturabilecekleri risk değerleri bulunur. Bu değerler ışığında sistemin sahip olması gereken emniyet seviyesi bütünlüğü (SIL) belirlenir(Gündoğdu ve Açıkbaz, 2007).

CENELEC raylı sistemler standartları kabul edilebilir risk değerlerini belirlemiştir. Risk analizi ve risk değerlendirme metodlarının uygulanmasıyla “emniyet seviyesi bütünlüğü, SIL” seviyeleri elde edilir. Bu değerler Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. SIL seviyelerine göre THR

Tolere Edilebilir Tehlike Oranı, THR (Fonksiyon/h)	Emniyet Bütünlüğü Seviyesi, SIL
$10^{-9} \leq \text{THR} < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq \text{THR} < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq \text{THR} < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq \text{THR} < 10^{-5}$	1

Kaynak: Gündoğdu ve Açıkbaz, 2007

4. AVRUPA DEMİRYOLU TRAFİK YÖNETİM SİSTEMİ (EUROPEAN RAIL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM, ERTMS)

4.1. ERTMS ve ETCS Tanımı, Gelişimi ve Amaçları

Avrupa demiryolu trafik yönetim sistemi (European Rail Traffic Management System–ERTMS) günümüz demiryolu sektöründe kullanılan en son sinyalizasyon teknolojisidir. Ortak sinyalizasyon sistemi ile transavrupa ağının hatlarını donatmak için Avrupa Birliği tarafından uyarlanmıştır. Bu sistem şimdiye kadar tasarlanmış en ileri Otomatik Tren Kontrol (Automatic Train Control -ATC) ve kabin sinyalizasyonunu ihtiva eder. Günümüzde Avrupa Birliği, yeni yapılan bütün hızlı tren hatları için ERTMS'yi zorunlu hale getirmiştir. Yakında tüm Avrupa'da yapılan demiryolları için ERTMS kullanımı kanuni bir zorunluluk haline getirilecek ve mevcut demiryolu hatları da yenilenecek bu sisteme dahil edilecektir (Yüksel,2007).

4.1.1. ERTMS ve ETCS tanımı

Avrupa demiryolu trafik yönetim sistemi, Avrupa Topluluğu'nun desteği ile Avrupa için geliştirilmesine rağmen dünyadaki birçok demiryolu idareleri ERTMS'yi kendi ülkeleri için değerlendirmekte ve birçoğunun da duyduğu ilgi gittikçe artmaktadır (Yüksel,2007).

ERTMS, adından da anlaşıldığı üzere demiryolu trafiğinin verimli ve etkin bir biçimde yönetimini içeren genel sinyalizasyon sisteminin adıdır. Üç temel bileşenden oluşur:

- ETCS (European Train Control System)
- GSM-R (Global System Mobile- Railway)
- ETMS (European Traffic Management System)

ETCS

Avrupa tren kontrol sistemi olarak adlandırılan bu bileşen ERTMS'nin özüdür. Otomatik Tren koruması (ATP) ve Otomatik Tren Kontrolü işlevlerini bir araya toplar. Demiryolu sinyalizasyonu konusunda günümüze kadar yapılan çalışmaların çoğu Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS) adı verilen, ERTMS'nin sinyalizasyon ile ilgili teknolojisinin geliştirilmesine dairdir. Dolayısıyla ETCS, ERTMS programının bir alt kümesi olarak düşünülebilir ve ERTMS'nin tüm sinyalizasyon teknolojisini kapsar. Bundan sonra ERTMS'nin sinyalizasyon teknolojisi, kolaylık açısından ERTMS/ETCS olarak adlandırılacaktır (Yüksel,2007)..

GSM-R

Demiryolu Ortamının gerektirdiği bazı özel fonksiyonlar ilave edilerek standartlaştırılmış GSM mobil telefon iletişimi.

ETMS

Avrupa Trafik Yönetim Sistemi daha iyi bir hizmet sunmayı garanti altına almayı hedefler. Orer yayınlanması, Hat kapasitesinin iyileştirilmesi, araç stok filosunun uyumlu hale getirilmesi, enerji tasarrufu ve trafiğin iyileştirilmesi bu bileşen altındadır.

4.1.2. ERTMS'nin geçmişi

Günümüzde ülke sınırlarının ötesinde sefer yapan trenler, sınırlarını geçtiği ülkelerin demiryolu sistemlerine adapte olabilmek için 6'nın üzerinde değişik navigasyon sistemleriyle donatılmıştır. Bunların hepsi son derece pahalı ve tren üzerinde yer işgal eden donanımlardır. Bir trenin Avrupa ülkelerinin birinden diğerine geçerken sınırda o maliyetlerine büyük ölçüde etki eder. Sınırlar ötesi tren işletimindeki bu tür kısıtlamaları ve buna bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzlukları ortadan kaldırmak için Avrupa Birliği Komisyonu'nun mali desteğiyle Avrupa Sinyalizasyon Endüstrisi ve

Avrupa Demiryolları'nın on yılı aşkın çalışmalarının ürünü olarak sinyalizasyon arayüzlerini standartlaştırarak bunları ülkelere özgü olmaktan çıkaran, ekipmanlarda açık pazarı teşvik ederek ticari olarak cazip hale getiren ERTMS ve ETCS ortaya çıkmıştır (Yüksel,2007).

1990'ların başında iletim tabanlı kabin sinyalizasyonunun farklı yönleri üzerine çeşitli proje ve faaliyetler başlatılmıştır. O zamanlar bir master plan veya genel strateji olmamasına karşın bu projelerin bazıları Avrupa komisyonlarından fon alıyordu. Başlangıç olarak Avrupa demiryolları yeni bir ortak tren koruma sistemi için gerekli spesifikasyonları belirleme çalışmalarını üzerine aldı. Buna paralel fakat ayrı olarak Avrupa Sinyalizasyon Endüstrisi gerekli parçalar için spesifikasyon geliştirilmesi üzerine çalıştı. Kademeli olarak Avrupa Komisyonları UIC ile birlikte işlerlik sağlayan yüksek hızlı tren şebekesi için ortak bir çalışmaya girdi. 1996 Temmuzunda Avrupa Birliği tarafından birlikte işlerlik yönetmeliği kabul edildi (Yüksel,2007).

4.1.3. ERTMS/ETCS'nin amaçları

ERTMS/ETCS'nin temel üç amacı vardır; birincisi trenlerin demiryolu ağında emniyetli işletimini sağlamak, ikincisi ise hat kapasitesinin iyileştirilmesi ve mevcut tren trafik yönetimiyle ilgilenmek, üçüncüsü ve en önemlisi ise üye ülkeler arasında demiryolu trafiğinde karşılıklı işletilebilirliği sağlamaktır (Yüksel,2007).

Bu sistem; sınırlar ötesi tren işletmesindeki kısıtlamaları ortadan kaldıracak, sinyalizasyon arayüzlerini standartlaştırarak bunları ülkelere özgü olmaktan çıkaracak, daha az hat üstü ekipmanı gerektirdiği için maliyetleri düşürecek, daha kısa işletme aralıkları sunabilecek, ekipmanlarda açık pazarı teşvik ederek ticari olarak cazip hale getirecek, güvenliği ve servis kalitesini arttıracaktır (Charles, 2002)

Sinyalizasyon maliyetlerini düşürmenin iki yolu vardır. Birincisi, sinyalizasyon ekipmanları için geniş ve açık bir pazar meydana getirerek yatırımı teşvik edici ve rekabetçi bir ortam sağlamak, ikincisi ise ERTMS ile hat kapasitesi ve hizmet

kalitesini yükselterek maliyet-zarar oranını iyileştirmek ve ERTMS'yi ileri sinyalizasyon çözümü haline getirmektir (Yüksel,2007).

ETCS'in sayılan bu amaçları gerçekleştirebilmesi için Tren üstü ve yol ETCS ekipmanı geliştiren bellibaşlı demiryolu ve sinyalizasyon firmaları grubu, UNISIG oluşturulmuştur (Şekil 4.1).

Şekil 4.1. UNISIG



UNISIG sadece gerekli ölçüde bir üretici sistemi ile donatılmış bir trenin başka bir üreticinin sistemi ile donatılmış bir yol üzerinde seyretmesine müsaade eder. Bu şekilde işletmeciler üreticilere bağlı kalmazlar. Bu amaç için tüm arayüz ve fonksiyonlar UNISIG tarafından standardlaştırılmıştır.

4.2. ERTMS/ ETCS' nin Temel Özellikleri

ETCS, demiryolu ve endüstriyi kapsayan uluslararası işbirliği içerisinde çözüm üreten modern bir merkezi tren kontrol sistemidir. ETCS, demiryolu hattında sinyalizasyona dayalı tren- hat arası hava boşluğu iletimini biçimlendiren modern

teknolojiye dayanmaktadır. Bu vesileyle mevcut sistemlerle karşılaştırıldığında emniyet ve performansı büyük ölçüde arttırabilecek olan bir sistemdir(UIC, 2008).

4.2.1. Hareket otoriteleri tarafından verilen kesin hız sınırları

Geleneksel demiryolu sinyalizasyonu temel olarak, birleşen rotaları ayırıp tren aralığını sağlayan anlaşılan ve blok sistemlerine dayanmaktadır. Bu sistemlerin verdiği hayati mesajlar, demiryolunun kenarında bulunan ve makinistlerin uyması gereken renkli sinyaller ile gösterilir. Tren kontrol sistemleri, bu mesajların alındığından emin olmak ve alınan mesafe ve hız sınırlamaları ile sürüş uyumunu sağlamak üzere geliştirilmiştir (UIC, 2008).

Bu nedenle hat-tren arası iletimleri, sürüş sınırları hakkında kesin bilgileri Hareket Otoritesi formunda trenlere iletmek için kullanılır. Bu tip bir hareket yetkisi, rayda tren tarafından geçilmemesi gereken bir yeri tam olarak belirler (Yetkinin Sonlanması - EOA). Bununla beraber hız profili gibi diğer bilgiler de trene iletilir(UIC, 2008).

4.2.2. Tren sürüşünün denetlenmesi

Alınan veriler, makinistleri denetlemek üzere tren üstü ETCS ekipmanı tarafından kullanılır. Bu amaçla, trendeki ekipman sadece rota ile ilgili verileri değil aynı zamanda trenle ilgili verileri de bilmek zorundadır. Bu tren verileri bu sayede yolculuğun başlamasından önce makinist tarafından girilebilir (UIC, 2008).

Demiryolu hattı ve makinist tarafından girilen verilere bağlı olarak trendeki ekipman, tren hareket denetimi için bir dizi frenleme eğrisi hesaplar. Frenleme eğrileri ve bunların nasıl kullanılacağı SRS *Subset-026*'da açıklanmıştır. İlgili temel prensipler, bir hedefe frenlemenin bir örneği olarak gösterilmiştir (UIC, 2008).

4.2.3. Hızın ve kapasitenin artırılması

Tren hareketlerini denetleyen hat – tren iletimine bağlı olan sistemler, sürüş sınırları hakkında kesin bilgileri kullanırlar. Bu sebeple, bu tip sistemler trenlerin hız sınırlarını aşılmasını engellemek üzere sürekli denetleyebilirler (UIC, 2008).

Tren hız sınırları hakkındaki tren üstü ekipmanın bilgisi, sürücülerin hava şartlarından bağımsız olarak sınırları görebilmesini sağlamak üzere trende bulunan ekranlar vasıtasıyla makinistleri bilgilendirmek amacıyla kullanılırlar. Bununla birlikte bu özellik, demiryolu hattı kenarında bulunan sinyallerin gözlenmesi için zaman periyodunu kısaltma derdine düşmeden sürüş hızının artırılmasına olanak sağlar. Demiryolları bu tip sistemleri Yüksek Hızlı trenlerde, hızın artmasının fren mesafelerinin artmasına neden olduğunu da hesaba katarak yaygın olarak kullanmaktadır (UIC, 2008).

Daha gelişmiş sistemlerdeki veri iletimi sadece hat – tren doğrultusunda değil, aynı zamanda tersi olan tren – hat doğrultusunda da olmaktadır. Bu durum örneğin demiryolu kenarındaki ekipmanı trenin konumu hakkında bilgilendirmek üzere kullanılır (UIC, 2008).

4.2.4. Farklı ülkelerde işletim kabiliyeti

Demiryolu hattının kenarındaki sinyallere dayanan sinyalizasyon sistemleri, ulusal kurallara göre değişiklik gösteren farklı renkler kullanır. Aynı zamanda, hat – tren veri iletimine dayalı otomatik tren kontrol sistemleri, her bir ülkede ayrı olarak geliştirilmiştir ve hatta bazen belirli hatlar için ayrı olarak geliştirilmiştir. Şu anda yirmiden fazla değişik sistem kullanılmaktadır. Bazı durumlarda kesin sayı verilemez çünkü tren sürüş denetleme sistemlerinin yıllar boyunca yapılan iyileştirmeler ve değişik demiryolu idareleri için yapılan uyarlamalar gibi sebeplerden dolayı değişik versiyonları bulunmaktadır (UIC, 2008).

ETCS, değişik demiryolu idarelerine ait hatlar için tasarlanmış bir tren kontrol sistemidir. Sonuç olarak ETCS, çok çeşitli koruma fonksiyonları, değişik uygulama seviyeleri ve değişik konfigürasyonlar sağlamaktadır. Ulusal değerler, farklı ülkelerdeki sistem davranışı ile kural ve düzenlemeler arasındaki uyumu sağlamaktadır. ETCS uygulama seviyeleri ve konfigürasyonları, ETCS SRS *Subset-026*, Bölüm 4’te açıklanmıştır (UIC, 2008).

4.3. Karşılıklı İşletilebilirlik

En genel kapsamda Karşılıklı İşletilebilirlik, emniyetli ve kesintisiz olarak herhangi bir demiryolu ağı bölümünde ayırım yapılmaksızın seyretme kapasitesidir. AB’de mevcut farklı teknik sistemlerin birlikte çalışmasına doğru atılmış bir adımdır (UIC, 2008).

Bu da ERTMS sisteminde kullanılan tren üstü ve hat üstü ekipmanları gibi önemli alt sistemlerin üretici firmalara bağlı kalmaksızın birbirleriyle iletişim kurabilmesidir. Ekipmanların yapısı birbiriyle aynı olmasa da gerçekleştirdiği fonksiyonlar birbirinin aynıdır. Yani tren üstü ekipmanları ve hat üstü ekipmanları farklı ERTMS üreticilerden tedarik edilse de bu ekipmanlarla donatılan trenler rahatlıkla bir güzergahtan diğerine geçebilirler. İşte bu, teknik olarak karşılıklı işletilebilirliktir (UIC, 2008).

Örneğin, dünyadaki uçaklar herhangi bir ülkenin uluslararası havaalanına rahatlıkla iniş yapabilir. Çünkü uçaklar her ülkede geçerli olan ortak bir radyo, radar ve navigasyon sistemlerine sahiptir ve bu sistemlerin işletim metodu, kullanma arayüzleri birbirinden farklı, tescilli veya patentli olsa dahi gerçekleştirdikleri fonksiyonlar aynıdır. İşte bu karşılıklı işletilebilirliktir. ERTMS/ETCS’de de önemli olan sinyalizasyon sisteminin fonksiyonel işletiminin standartlaşmış olmasıdır (Charles, 2001). Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik, Operasyonel ve Yasal olmak üzere 3 ana başlık altında incelenebilir.

4.3.1. Teknik karşılıklı işletilebilirlik

Trenlerin ve makinistlerin farklı demiryolu idarelerinin sınırlarını geçebilecekleri anlamına gelmektedir. Makinistlerin hem demiryolu kenarında bulunan sinyallere dikkat etmeleri, anlamaları ve uymaları hem de o sırada içinde bulunulan demiryolu yönetiminin mevcut işletim kural ve düzenlemelerini uygulamaları zorunludur (UIC, 2008).

4.3.2. Operasyonel karşılıklı işletilebilirlik

Demiryolu hattı boyunca bulunan tüm bilgilerin hem trende bulunan markiz ekranına bir bütün halinde gönderilmesi hem de işletimsel kural ve düzenlemelerin birleştirilmesini gerektirmektedir. Operasyonel kural ve düzenlemelerin birleştirilmesi sadece genel belgelerin değil aynı zamanda emniyetli demiryolu işletimine etki eden personelle alakalı günlük uygulamaların da birleştirilmesini gerektirir. Ancak işletimsel karşılıklı işletilebilirlik, şu anda ETCS kuralları tarafından kapsanmasına rağmen diğer tüm durumlarda uygulanabilmesi hem makinistin kuralları ne kadar bildiğine hem de makinistin altyapı yöneticisinin konuştuğu dili konuşabilmesine bağlıdır (UIC, 2008).

4.3.3. Yasal karşılıklı işletilebilirlik

İki anlamı olan bir ifadedir. Bir taraftan Avrupa genelinde demiryolu faaliyetlerindeki tüm teknik, işletimsel ve yasal bariyerlerin kalkacağı, uzak gelecekteki bir durum için kullanılırken, diğer taraftan da teknik çözümler ile yasal gerekler arasındaki uyum için kullanılır. Bu bağlamda, *CCS TSI'nın B Ekinde* kapsanan ulusal ATP/ATC sistemleriyle donatılmış hatlar “yasal olarak karşılıklı işletilebilir” olarak düşünülür (UIC, 2008).

Son olarak, Karşılıklı İşletilebilirlik ile dünya pazarında Avrupa Demiryolu endüstrisinin pozisyonun güçlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca çeken çekilen araçların ve sinyalizasyon cihazlarının yenilenme ihtiyacının doğması, ERTMS

ürünlerine olası talebi artıracığı ve Avrupa’da bu ürünlerin ihracatının artması hedeflenmektedir (UIC, 2008).

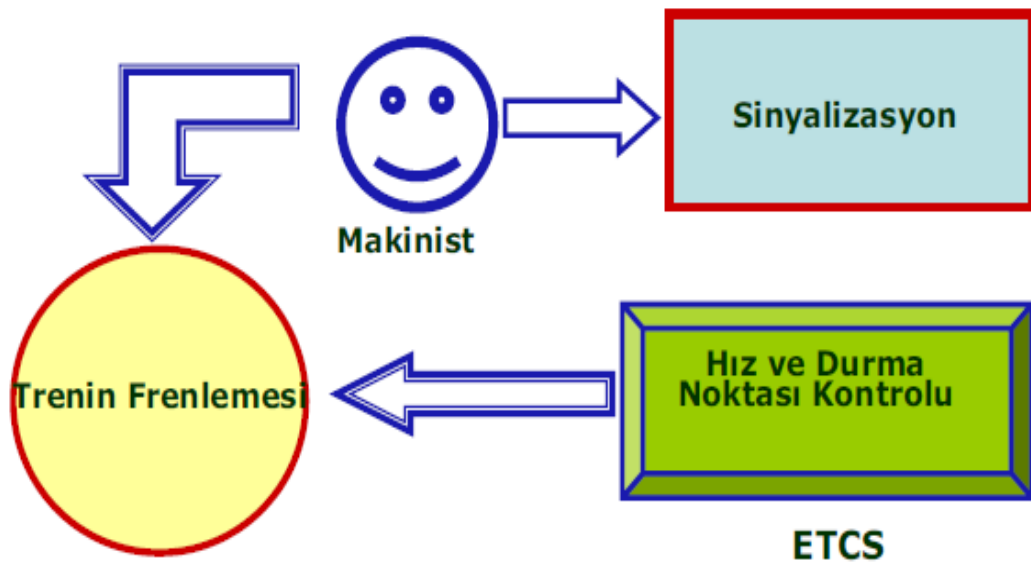
4.4. Sisteme Genel Bakış

ETCS koruma sistemleri trenlerin, en azından, aşağıda belirtilenleri yapmayacağını garanti etmelidir.

- Kendisine tahsis edilen yol sınırlarını aşmamasını.
- Yolun hiçbir noktasında müsaade edilen azami hızı aşmamasını.

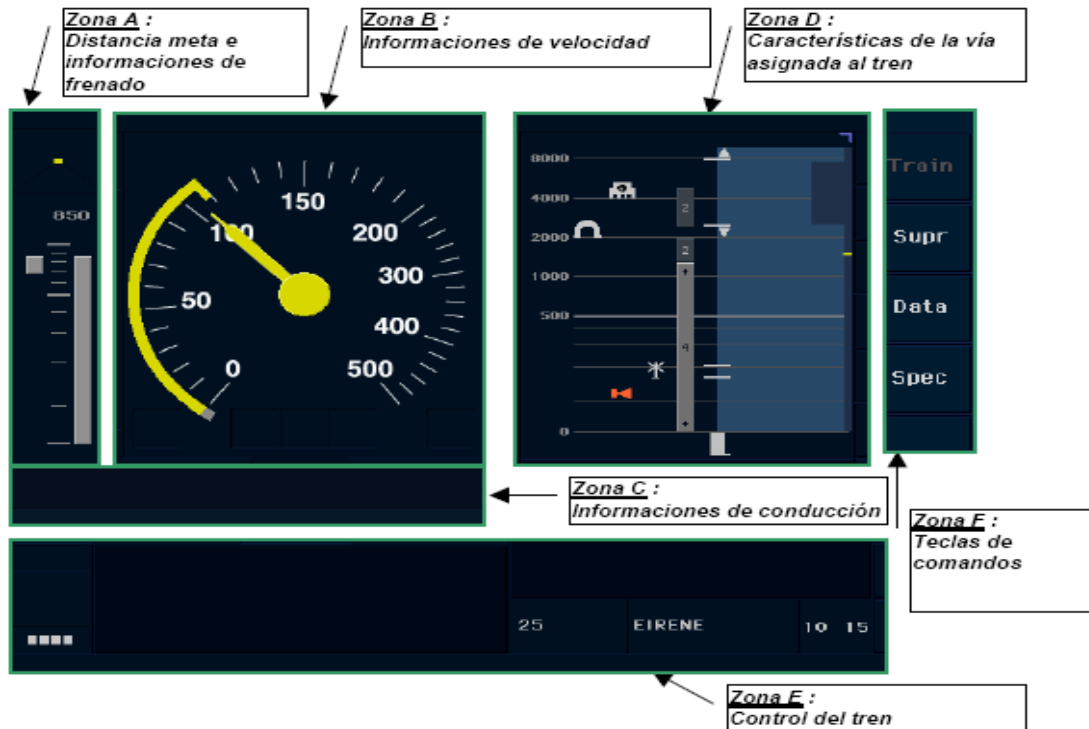
Bunun yanı sıra ETCS; geçici hız kısıtlamaları, arzu edilmeyen hareketlere karşı koruma, manevra bölgesinin korunması, acil durmalar, vb birçok koruma fonksiyonları sunar. Azami 500 km/s hız için düşünülmüştür. ETCS sistemi esas olarak tren hızının kontrolünü ve durma noktasının kontrolünü yönetir. Şekil 4.2’ de ETCS sistemi kısaca özetlenmiştir.

Şekil 4.2. ETCS genel bakış



Markizde sinyalizasyon «İnsan makine arayüz» (DMI) olarak adlandırılan bir arayüz aracılığı ile makiniste iletilir. Şekil 4.3' te insan makine arayüzü görülmektedir. Bu arayüz gerçek hız, hedef hız, inilecek hız hedef noktası ve riayet edilmesi gereken müsaade edilen hız gibi bellibaşlı bilgiler sunmaktadır.

Şekil 4.3. DMI ekranından görüntü



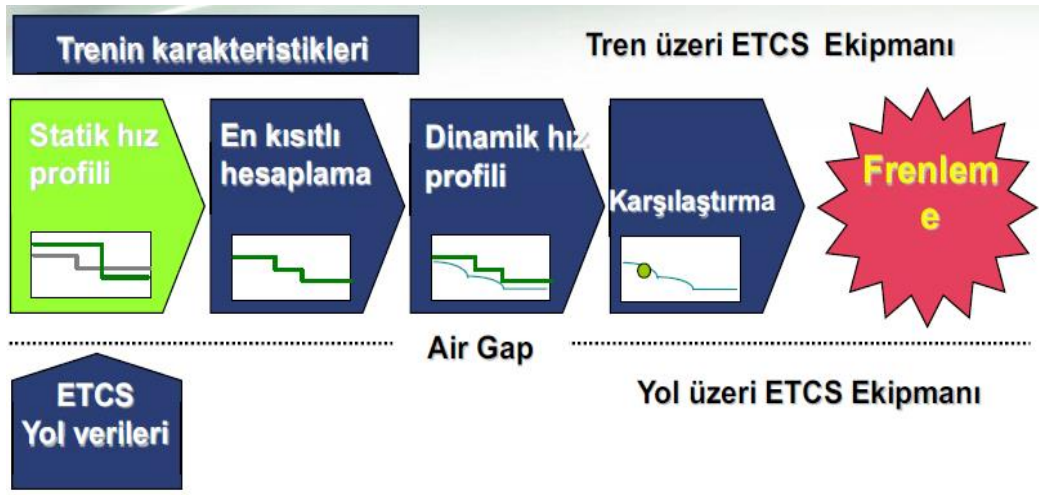
Kaynak: TCDD,2014

Bir trenin ERTMS/ETCS sisteminin kontrolü altında seyretmesi için, hat üstü ekipmanlarından bir yol tahsisi alması gerekir. Yol tahsisi "odometrik referans" adı altında bir balizden alınan bilgiler bütünüdür. Bu bütünün bileşenleri; hareket yetkisi, yolun karakteristikleri ve yolun güncel bilgileridir (UIC, 2008).

Trenin hız kontrolü ise trenin gerçek hızının hesaplanan hızı aştığında, Eurokabin tarafından hesaplanan hızla tren hızının gerçek zamanda karşılaştırılması ve tren freninin (duruma göre normal veya acil) devreye sokulmasıdır (UIC, 2008).

Trenin hız kontrolü; eurobalizler tarafından temsil edilen ERTMS bilgi noktalarına göre trenin bulunduğu konumun bilinmesine, hız profillerine, tren tipine ve eğime dayanmaktadır (UIC, 2008). Trenin hız kontrolü şekil 4.4'te gösterilmektedir.

Şekil 4.4. Tren hız kontrolü aşamaları



Kaynak: TCDD,2014

- Fonksiyonel modül tren ve yolun karakteristiklerine dayalı olarak statik hız profillerini hesaplar.
- Güzergahın her noktası için en kısıtlayıcı değer seçilir. Bu en kısıtlı statik bir hız profilini oluşturur.
- En kısıtlayıcı hız profillerine dayalı ve fren veyolun eğim karakteristiklerini göz önüne alarak, dinamik hız profili hesaplanır. (fren denetim eğrisi)
- Fren yapma veya yapmama kararı almak için, trenin hızı ve o anki durumu devamlı olarak dinamik profil eğrisi ile mukayese edilir.
- Eğer alınan karar fren yapmaksa, frenler devreye girer. İlk önce hizmet freni, ve bunun çalışmaması halinde acil fren devreye girer.

ERTMS/ETCS, hat üstü ekipmanları ve tren üstü ekipmanlarından oluşmaktadır.

Hat üstü ekipmanları

Eurobaliz: Üzerlerinden geçildiğinde kodlanmış sinyalizasyon verilerini trene aktaran iletim aygıtlarıdır. İki çeşit baliz vardır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6); üzerinden geçildiğinde trenin altına yerleştirilmiş baliz anteni sayesinde aktif hale gelerek hafızasına kaydedilen veriyi trene aktaran *pasif baliz* ve içerisindeki bilgi hat üstü elektronik ünite sayesinde sürekli olarak değiştirilebilen *aktif baliz*dir (Yüksel, 2007).

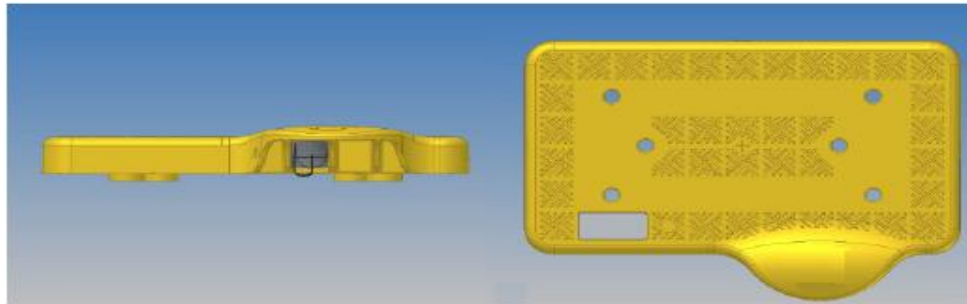
Şekil 4.5.Aktif ve pasif baliz



Kaynak: Yüksel, 2007

ETCS'nin tüm seviyelerinde kullanılır. Bunlar tamamen karşılıklı işletilebilirlik kapasitesine sahip cihazlardır. Enerji beslenmesine ihtiyaçları yoktur. (Tren tarafından enerjilendirilirler). Bakım gerektirmez ve 500 km/s hızda bir trene yüksek derecede güvenli veri aktarımı sağlarlar.

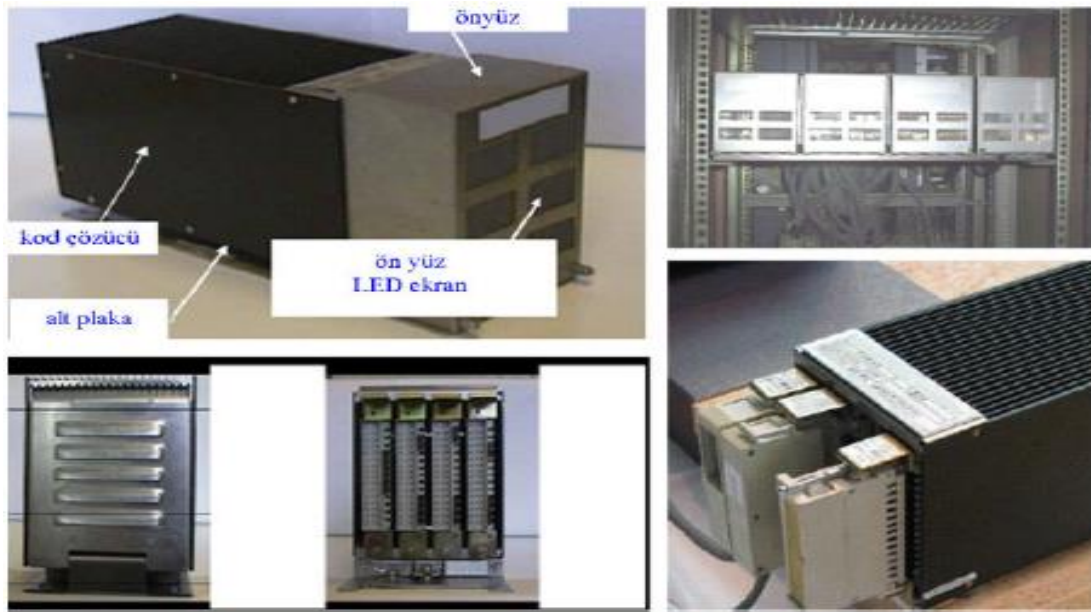
Şekil 4.6.Baliz detay görünümü



Kaynak: Yüksel, 2007

Hat-üstü elektronik ünite (Lineside Electronic Unit = LEU) Balizlere değişken verileri ileten elektronik cihazlardır. Bir LEU birbirinden bağımsız olarak dört aktif balize veri transfer edebilmektedir (Şekil 4.7)(Yüksel, 2007).

Şekil 4.7.LEU genel görünüm



Kaynak: Yüksel, 2007

Euroloop (infill): Hat kapasitesini arttırmak için balizlerin önüne eklenen çevrimlerdir (Yüksel, 2007).

Radio infill: Euroloop ile aynı fonksiyonu yerine getirir fakat GSM-R radyo teknolojisini kullanır (Yüksel, 2007).

Euroradio: Data ve ses iletiminde kullanılmak üzere GSM'in demiryoluna özgü düzenlenmiş özel bir çeşididir (Yüksel, 2007).

Radyo blok merkezi (Radio block centre - RBC): Kilitleme (Interlocking) arayüzü ve hareket idare yönetimi. RBC, kontrol alanındaki trenlerle iletişimi sağlamak için Euroradio kullanarak gerçekleştirir (Yüksel, 2007).

GSM-R(Global system for mobile communication-railway): Avrupa seviyesinde bir standart yaratarak ağlar arasında teknik bir Karşılıklı İşletilebilirlik'e olanak sağlar. Demiryolu İdarelerinin kablosuz ses ve veri ihtiyaçlarını çok yönlü tek bir sisteme entegre eder. Tablo 4.1'de GSM-R şebekesinin temel elementleri gösterilmiştir (Yüksel, 2007).

Tablo 4.1 GSM-R şebekesinin temel elementleri

Kısaltma	Tanım
MSC	Mobile Services Switching Center
IN	Intelligent Network
HLR	Home Location Register
VLR	Visitor Location Register
AC	Authentication Center
EIR	Equipment Identification Registration
BSC	Base Station Controler
BTS	Base Transceiver Station

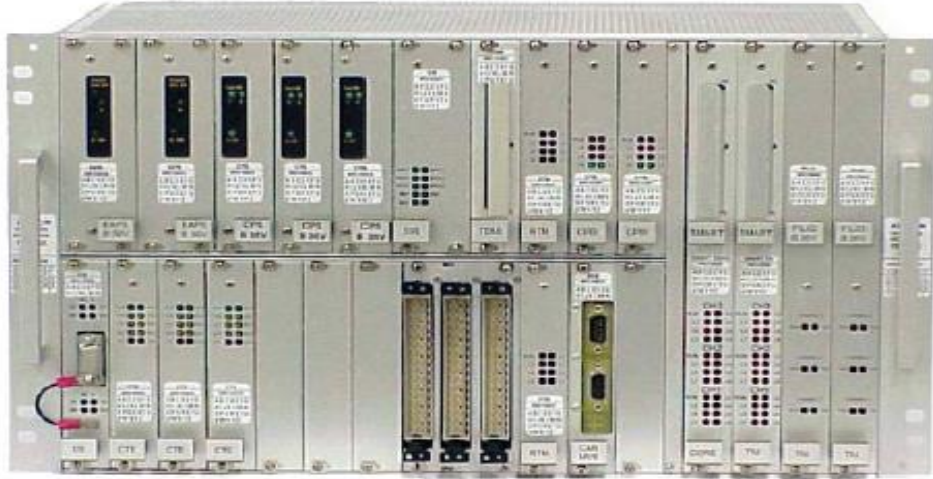
Kaynak: Yüksel, 2007

Anlaşman (Hat kilitleme = Interlocking): ERTMS tanımının resmen bir bileşeni olmamasına rağmen sistemin gerekli parçalarından bir tanesidir. Birçok modern hat kilitleme teknolojisi ERTMS/ETCS kullanımı için uygun olmasına karşın kapasite artırımı için çalışma sistemlerinin modifiye edilmesi gerekmektedir (Yüksel, 2007).

Tren üstü ekipmanları

EVC (European vital computer): EVC (Şekil 4.8) tren üstü ETCS sisteminin kalbidir. Trenin güvenli bir şekilde yoluna devam etmesini sağlayan hatadan yalıtılmış bir sistemdir (Yüksel, 2007).

Şekil 4.8.EVC



Kaynak: Yüksel, 2007

Sürücü makine arayüzü (Driver machine interface-DMI): Tren sürücü ile ETCS arasındaki iletişimi sağlayan sistemdir (Şekil 4.9)(Yüksel, 2007).

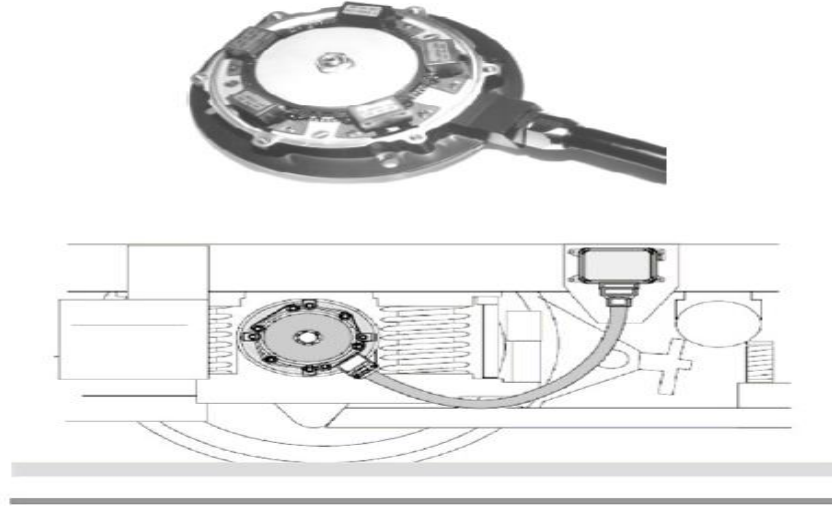
Şekil 4.9.DMI



Kaynak:Yüksel, 2007

Tekerlek sensörleri: Trendeki odyometrik sistemin bir parçası olan bu sensörler trenin hızını ve gidilen mesafeyi hesaplamak için tren tekerinin dönüşünü algırlar. Her dönüşte bir atış sayar. Bu sensörler, EVC 'ye mesafe, hız, ilerleme, seyrin rotasyonu ve yönü gibi bilgileri aktarır (Yüksel, 2007).

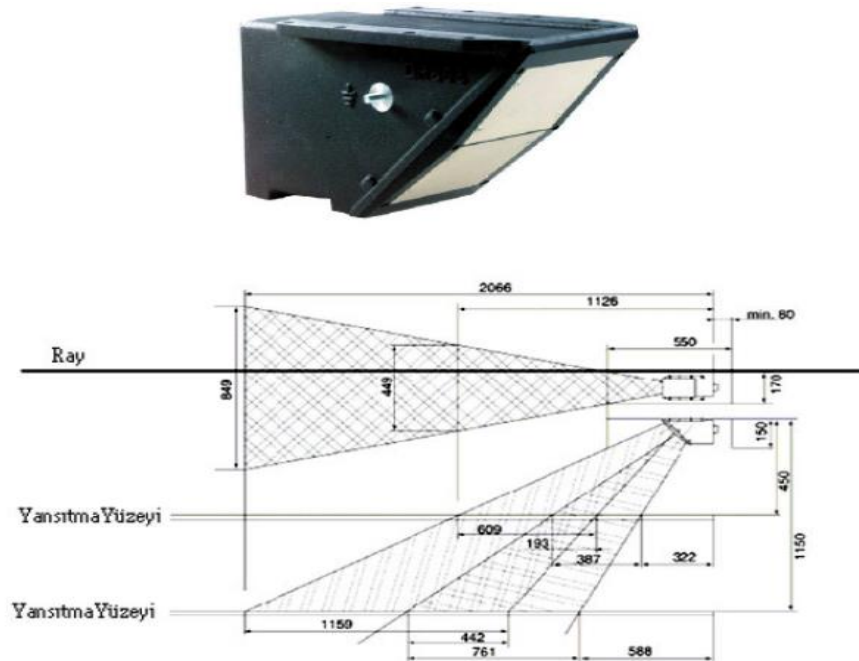
Şekil 4.10.Tekerlek sensörü



Kaynak: Yüksel, 2007

Doppler Radarı: Yine odyometrik sistemin bir parçası olan bu radar (Şekil 4.11) Doppler etkisi temeline dayanarak trenin hızını tahmin eder(Yüksel, 2007).

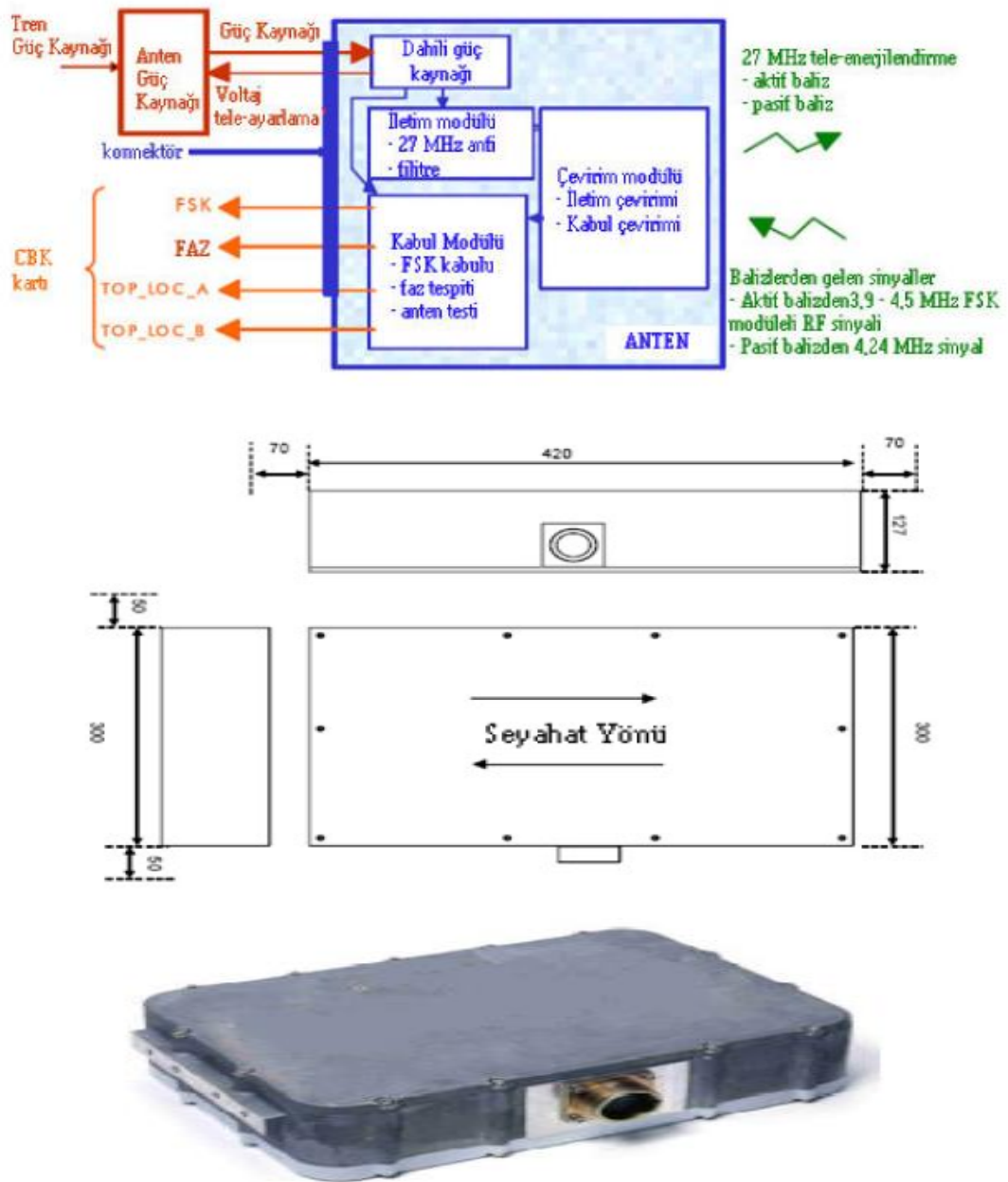
Şekil 4.11.Doppler radarı



Kaynak: Yüksel, 2007

Baliz anteni: Baliz anteni hatta yerleştirilmiş balizlerin üzerinden geçildiğinde içerisine kaydedilmiş verileri okumaya yarayan cihazdır. 27.095 MHz’ de sürekli bir aktivasyon sinyali verir. Endüktif kuplajla Eurobalizi aktive eder ve balizden gönderilen veriyi zamanında alır (Şekil 4.12) (Yüksel, 2007).

Şekil 4.12. Baliz anteni (a) Prensip şeması (b) Boyutları (c) Fiziksel görüntüsü



Kaynak: Yüksel, 2007

Tren kayıt ünitesi (TRU = Train record unit): Tren için ve bakım amaçları için veri depolayan kayıt ünitesidir (Şekil 4.13) (Yüksel, 2007).

Şekil 4.13.Tren kayıt ünitesi



Kaynak: Yüksel, 2007

Özel iletim modülü (Specific transmission module-STM): Ulusal sistemlerden gelen mesajlar ERTMS Avrupa diline çevrilmelidir. ERTMS ile donatılmış trenlere Avrupa sistemi ile donatılmamış hatlarda seyretmesine müsaade eder. Karakteristikleri ulusal ATP'ye bağlıdır. Eski sinyalizasyon teknolojileri arasındaki uyumu sağlayan bir arayüz modülüdür (Şekil 4.14). Örneğin, İspanya'daki mevcut ASFA ATP ile donatılmış hatlar üzerinde tren işletimine izin veren ASFA Özel iletim Modülü (STM) gibidir. (Yüksel, 2007).

Şekil 4.14. STM



Kaynak: Yüksel, 2007

Baliz iletim Modülü (Balise transmission module-BTM): Eurobalise ile olan tren üstü arayüzüdür

4.4.1. ERTMS/ETCS'nin seviyeleri

Demiryollarında sinyalizasyon ihtiyaçları hat hızlarına, trafik modellerine ve yol özelliklerine göre farklılık gösterir. ERTMS/ETCS sisteminde farklı işletim ortamında çalışma yeterliliği sağlamak için Seviye-0, Seviye STM, Seviye-1, Seviye-2 ve Seviye-3 olmak üzere 5 seviye tanımlanabilir. Seviye tanımlamaları başlıca yer donanımı, yerden tren üstüne aktarılan bilginin şekli, yerdeki ve tren üstündeki cihazlarda hangi fonksiyonların işlem gördüğü ile ilişkilidir. Her bir seviyenin farklı özellik ve fonksiyonları vardır. Tren donanımına bağlı olarak aynı hatta seviyelerin birbiri üzerinde çalışması mümkündür. Bu seviyeler aşağıdaki gibidir(UIC, 2008):

Seviye-0

ERTMS/ETCS ile donatılmamış hat, ATP sistemi ile donatılmış fakat tren üzerindeki cihazlarda uyumlu STM(Specific Transmission Module)'nin olmadığı durumlar, ERTMS/ETCS ile donatılmış hat fakat herhangi bir sebepten dolayı (yapım, bakım çalışmaları) ERTMS/ERTC'nin gerekli fonksiyonlarının işlemediği durumlar seviye-0 olarak düşünülebilir(UIC, 2008).

Seviye STM

STM seviyesi bir ulusal sistemle donatılmış bir hat üzerinde ERTMS/ERTC ile donatılmış bir trenin seyrettiği durumdur. STM ulusal sistemden gelen verileri tanımaya ve bunları ERTMS/ERTC'nin anlayacağı bilgi şekline dönüşmesine müsaade eder. İşlevselliği çok sıkı bir şekilde söz konusu olan ATP sistemine bağlıdır (UIC, 2008). Örnek olarak,

- STM Ebicab TBS 900 (ATP Mediterráneo).
- LZB
- Asfa sistemleri gösterilebilir.

Seviye-1

Sinyalizasyon sistemi üzerinde kullanılmak için Zamanında iletim ve Sürekli Denetimli ATP/ATC sistemi mevcuttur. Hareket yetkileri ERTMS/ERTC yol cihazlarında oluşturulur ve Eurobalizler aracılığı ile trene aktarılırlar. Müsaade edilen azami hız ve hareket yetkisinin sona ermesi denetimi devamlıdır. Trenin algılanması ve bütünlüğünün denetimi olağan cihazlarla gerçekleştirilmeye devam eder (UIC, 2008).

Durma noktasına yaklaşma hızı release speed olarak adlandırılır. Durma noktasına müsaade edilen hızın altında bir hızla yaklaşılabilir ve makinistin kendi sorumluluğundadır (UIC, 2008).

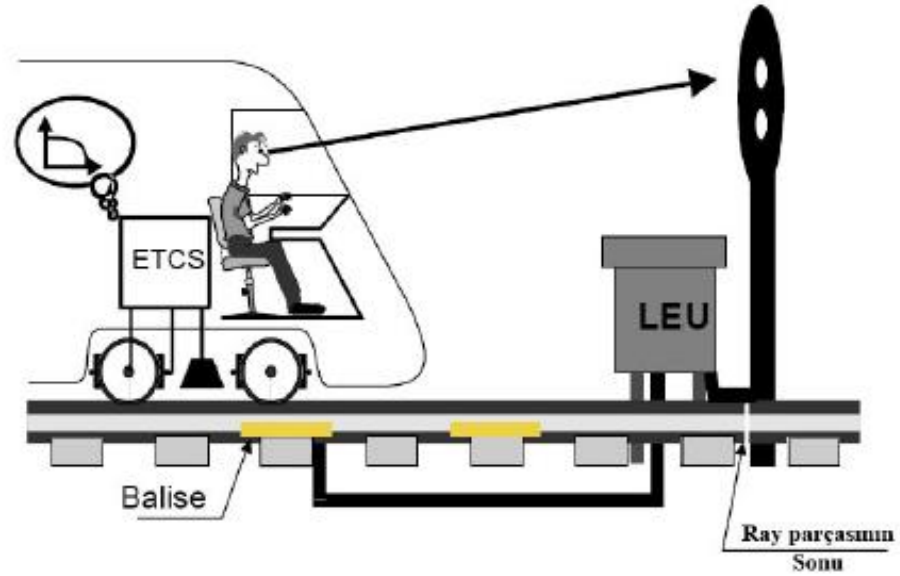
Özellikleri:

- Yol kenarı sinyalleri kullanılır.
- Sabit blok işletimi ile trenlerin yeri ve yönü tespit edilir.
- Aktif baliz ile sinyal görüntüsü ve yol bilgisi trenlere iletilir.
- Tren yer tespiti için hat devreleri kullanılır.
- Trenin frenleme karakteristikleri ve yol verilerinden hareket ederek dinamik hız profilinin hesaplanır.
- Hızın müsaade edilen azami hızla mukayese ederek sürekli denetimi ve gerektiği zaman fren uygulanır (Yüksel, 2007).

Seviye-1 (Infill fonksiyonu olmaksızın)

Şekil 4.15'te seviye 1 infill fonksiyonu olmaksızın UIC uygulama el kitabında örneklendirilmiştir.

Şekil 4.15.ERTMS/ETCS seviye-1 (infill fonksiyonu olmaksızın)

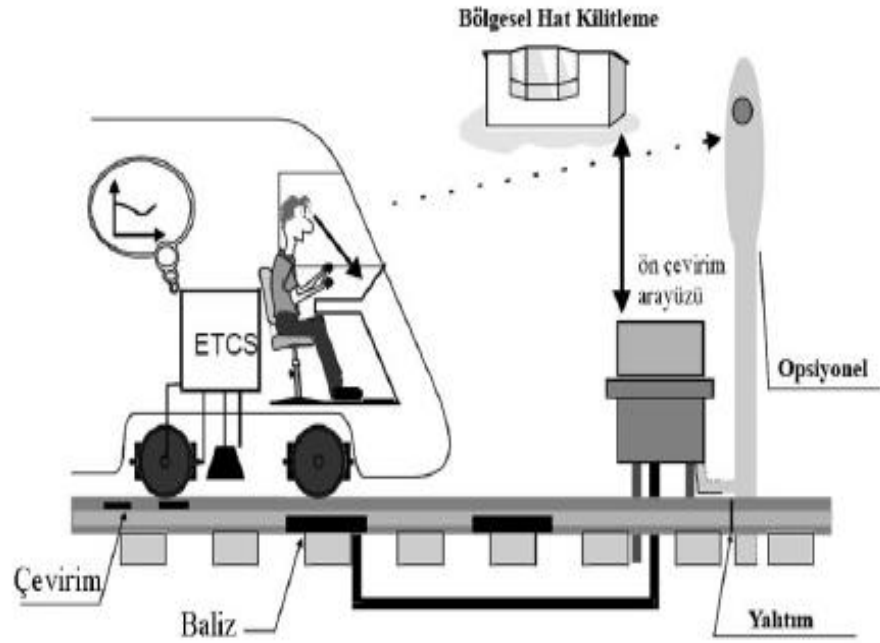


Kaynak: UIC, 2008

Seviye-1 (infill fonksiyonuyla beraber)

Makinistin Release Speed kullandığı zaman boyunca, bu hızın altında denetim kaybolur. Çünkü ATP fonksiyonu tren hızını “Release Speed”in altındaki hızlarda denetleyemez. Bu olanağın doğru kullanım sorumluluğu tamamen makiniste kalır. Sinyal değişse bile makinist EoA (End of Authority) ve RS(Release Speed)’nin bitmesine riayet etmelidir. Bu da hat kapasitesinin azalmasına neden olur. Bunu aşmak için sinyal yakınlarında yarı-sürekli kullanılan Eurobağ ve Infill Radyo donanımı gibi çözümler ortaya konur:

Şekil 4.16.ERTMS/ETCS seviye-1 (infill fonksiyonuyla beraber)



Kaynak: UIC, 2008

Özellikleri:

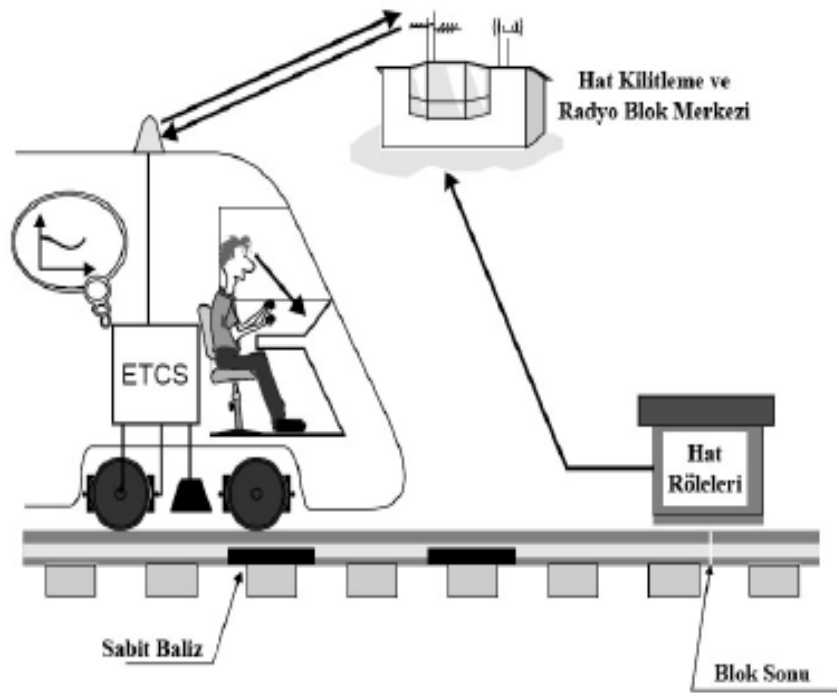
- Hat kenarı sinyalleri isteğe bağlı olarak tutulur.
- Sabit blok işletimi vardır.
- Aktif baliz ile sinyal görüntüsü ve yol bilgisi iletimi gerçekleştirilir.
- Tren yer tespiti için hat devreleri kullanılır.
- Hat kapasitesini arttırmak için balizlerden önce infill denilen çevrimler eklenmiştir (Yüksel, 2007).

Seviye-2

ERTMS/ERTCS seviye 2 transmisyonlu radyonun kullanımına ve bir alt sinyalizasyon sistemi üzerinde kullanılan sürekli denetime dayalı bir ATP/ATC sistemidir. Hareket yetkileri yer ERTMS/ETCS donanımında oluşturulur ve Euroradyo ile farklı trenlere aktarılır. Müsaade edilen azami hızın ve hareket yetkisinin sona ermesinin sürekli denetimi vardır. Özellikle trenlerin konumunda

referans nokta olarak kullanılmaları açısından; Euroradyo haricinde Eurobalizler de kullanılır. Trenin algılanması ve bütünlüğünün denetimi bildiğimiz anlaşımlar, yol devreleri gibi bilinen cihazlarla gerçekleştirilir. Yan sinyalizasyon opsiyoneldir ve Release Speed gerekli değildir.

Şekil 4.17.ERTMS/ETCS seviye-2



Kaynak: UIC, 2008

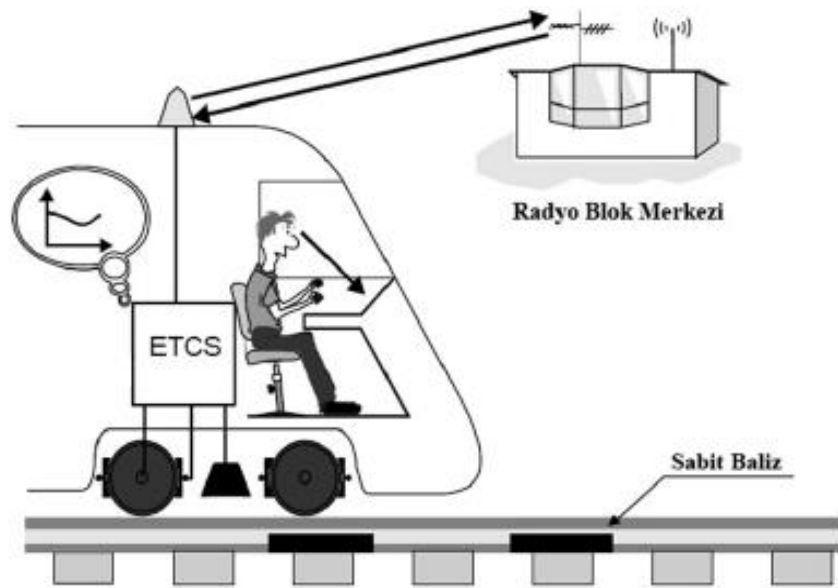
Özellikleri:

- ✓ Kabin sinyalizasyonu vardır.
- ✓ Ray devrelerine gerek yoktur.
- ✓ Konum bilgisi ve yer tespiti pasif baliz iletişimi ile gerçekleştirilir.
- ✓ Hareket komutları GSM-R ile iletilir.
- ✓ Radyo Blok Merkezi mevcuttur (Yüksel, 2007).

Seviye-3

ERTMS/ETCS seviye 3 çalışması için alt bir sinyalizasyon sistemine ihtiyacı olmayan sürekli aktarım ve denetimli bir koruma ve kontrol sistemidir. Hareket yetkileri yol ERTMS/ETCS cihazlarında oluşturulur ve trenlere Euroradyo aracılığı ile aktarılırlar. Trenin pozisyonu ve bütünlüğünün denetimi pozisyon raporları ve trenin bütünlüğü ile ilgili bilgi gönderen trenle işbirliği halinde RBC(Radyo Blokaj Merkezi) gerçekleştirir

Şekil 4.18.ERTMS/ETCS seviye-3



Kaynak: UIC, 2008

Özellikleri:

- Sabit blok veya hareketli blok işletimi vardır.(Yol devrelerine ihtiyaç yoktur)
- Tren konum verisi için pasif baliz iletişimi kullanılır.
- Tren kendi pozisyonunu radyo sistemiyle kendi rapor eder.
- Radyo Blok Merkezi mevcuttur (Yüksel, 2007).

4.4.2. ETCS uygulamalarının tek bir hat üzerinde birleştirilmesi

Bu fonksiyonun amacı, değişik ETCS uygulama seviyelerini tek bir hat üzerinde birleştirmektir. Bir tren, doğru bir şekilde donatılmadığı sürece, bir seviyeden diğer seviyeye geçiş yapmaya kalkmamalıdır. Bunun yerine, uygulamaya mevcut seviyede devam etmelidir. Bu sebepten dolayı, trenin, söz konusu seviyede donanımlı olmadığı bir alana giriş yapmasına karşı koruma sağlanmalıdır (UIC, 2008).

Trenlerin, bazı yerlerde aynı hat üzerinde farklı uygulama seviyelerinde işletilmesi gerekebilir. Buna örnek olarak seviye 1 hattı ile seviye 2 hattının kesiştiği bağlama istasyonu gösterilebilir. Bu sebeple, donatılmamış trenlerin istasyondan radyo yoluyla verilen komutlarla seviye 1’de kalmaları ve aynı anda seviye 2’de seyretmekte olan trenlerin de seviye 2’de kalmaları sağlanabilmelidir (UIC, 2008).

Tren, radyo ve balis sistemi yoluyla değişik seviyelerden gelen çelişkili bilgiler aldığı durumda, tehlike potansiyeli olan veya kontrol edilemez durumlarla karşı karşıya kalınabilir. Bu sebeple, trenlerin sadece ilgili bilgileri almasını sağlamak üzere açık kuralların konması gerekmektedir. Aynı zamanda, sadece seviye 1’de donatılmış bir trenin, kendisine bunu yapması söylenmiş olsa bile seviye 2’ye geçme girişiminde bulunmaması sağlanmalıdır (UIC, 2008).

Aynı hat üzerinde çeşitli uygulama seviyelerinin paralel olarak birleştirilmesi mümkündür. Örneğin, seviye 2 tren bütünlük cihazı yerleştirilmemiş bir tren ile paralelinde seviye 3 tren bütünlük cihazı yerleştirilmiş bir tren işletilebilir. Başka örnekler olarak, seviye 1 ve seviye 2 hatlarından gelen trenlerin ortak bir istasyonu kullanması (demiryolu makası) veya ETCS ile ulusal demiryolu ağının paralel bir şekilde işletilmesi gösterilebilir (UIC, 2008).

4.4.3. Avrupa’da ulusal bazda kullanılan sinyalizasyon sistemlerinin ETCS’ye dönüşümü

Avrupa Birliği yasal mevzuatına göre demiryolu sistemi alt sistemlere ayrılmıştır. Kontrol, kumanda ve sinyalizasyon da alt sistemlerden biridir. Her alt sistem için Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri oluşturulmuştur. Bu konu bölüm.’da ayrıntılarıyla detaylandırılacaktır. Kontrol, kumanda alt sistemi için ilgili şartnamede altsitem Sınıf A ve Sınıf B olarak ikiye ayrılmıştır(Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

- *Sınıf A:* Tek tip kontrol kumanda sistemini yani ETCS’yi
- *Sınıf B:* 2001/16/EC sayılı Avrupa Birliği Direktifinin yürürlüğe girmesinden önce ulusal bazda kullanılan kontrol, kumanda sistemleri ve uygulamalarıdır.

Sınıf B sisteminin kullanıldığı süre boyunca yönetiminden ilgili ülke sorumludur ve sistemde yapılacak değişikliklerin karşılıklı işletilebilirliği engellemeyeceğinden sorumludur. Ayrıca üye ülkeler aşama aşama bu sahip oldukları ulusal sinyalizasyon sistemlerini tek tip sisteme dönüştürmek zorundadırlar çünkü demiryolu işletmecileri sahip oldukları trenlerde bu farklı sinyalizasyon sistemlerine uyumlu araç üstü ekipmanın kurulumunu sağlamak zorundadırlar ve bu ekstra maliyet ve külfet getirmektedir (Avrupa Komisyonu, 2006).

Sinyalizasyon sistemi olarak Avrupa Birliği’nde kontrol, kumanda ve sinyalizasyon (CCS) Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnamesine(TSI) göre aşağıdaki Tablo 4.2’de belirtilen Sınıf B, ulusal bazda kullanılan sistemler mevcuttur(Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

Tablo 4.2 CCS TSI'a göre sınıf B sinyalizasyon sistemleri

İndeks No.	Sinyalizasyon Sistem Adı	İndeks No.	Sinyalizasyon Sistem Adı
1	ALSN	13	LS
2	ASFA	14	LZB
3	ATB	15	MEMOR II+
4	ATP-VR/RHK	16	RETB
5	BACC	17	RSDD/SCMT
6	CAWS and ATP	18	SELCAB
7	CROCODILE	19	SHP
8	EBICAB	20	TBL
9	EVM	21	TPWS
10	GW ATP	22	TVM
11	INDUSI/PZB	23	ZUB 123
12	KVB		

Kaynak: Avrupa Komisyonu TSI, 2006

Üye ülkelerin demiryolu sistemlerinde mevcut olan sinyalizasyon sistemlerini tek tip yani ETCS'ye dönüştürmek zorunda olduklarından bahsedilmiştir. Bu dönüşümün nasıl olacağına dair “*Dönüşüm Matrisi*” oluşturulmuştur (Avrupa Komisyonu, 2006).

Bu matrisin amacı; Avrupa yüksek hızlı ve konvansiyonel demiryolu hatlarında karşılıklı işletilebilirliğine yönelik dönüşümlerin kapsamıyla ilgili metin oluşturabilmektir.

Matris aynı zamanda A Sınıfı ve B sınıfı sistemler arasında ve farklı B sınıfı sistemler arasındaki olası dönüşümlere genel bir bakış açısı sunmaktadır. Söz konusu matris ne ERTMS/ETCS sistemi ne de belirtilmiş olan ilgili Özel İletim Modülleri (STM) için herhangi bir teknik çözüm sunmamaktadır. Teknik çözümler ya kontrol, kumanda ve sinyalizasyon alt sistemi teknik şartnamesinde ya da ilgili B Sınıfı sistemlerin ve Özel İletim Modüllerinin ilgili ulusal dokümanlarında belirtilmektedir. Şunu belirtmek gerekir ki, söz konusu matris ne ERTMS/ETCS sistemi ne de Özel İletim Modülleri için herhangi bir ek teknik gereklilik tanımlamamaktadır. Sadece yüksek hızlı ve konvansiyonel demiryolu hatlarında oluşabilecek dönüşümlere ilişkin bilgi vermektedir (Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

Matris 96/48/EC ve 2001/16/EC sayılı direktiflerin uygulanması ile ilgili teknik ve ekonomik kararların alınmasına yardımcı olacak bir araç olarak kullanılabilir(Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

İki farklı B sınıfı sinyalizasyon sistemi arasındaki dönüşümler düşünüldüğünde, dönüşüme yönelik teknik çözüm olan karşılıklı İşletilebilirlik gerekliliği, TSI ile çelişmemekte olup, ERTMS/ETCS sistemi ile ilgili referans dokümanlarla özellikle uyumludur. Asıl Sınıf 1 özelliklerinin sadece Özel İletim Modülü dönüşümlerini desteklediğini belirtmek gerekir. İki farklı B sınıfı arasındaki dönüşümler ile ilgili işletme düzenlemesi ulusal bir konu olarak kabul edilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2006).

Sistem geçişleri (A ve B Sınıfları)

Söz konusu matris gerekli işletme geçişleri tanımlamaktadır. Her işlevsel geçiş tren denetim sorumluluğunun bir sistemden diğerine geçişini ifade eder. Böyle bir geçişte sürücü genellikle aşağıdaki durumlardan bir veya birkaçı ile karşı karşıya kalır (Avrupa Komisyonu TSI, 2006):

- Tren hareket şeklinin değişiminin denetlenmesi
- Sürücünün sistemle nasıl etkileşimde bulunduğunun değişmesi

Matris nasıl okunur

Matrisin köşegeni Yüksek Hızlı ve Konvansiyonel Trans Avrupa Demiryolu Ağları ile ilgili A Sınıfı ve tüm B Sınıfı sistemleri listelemektedir. Matrisin her alanı ya bir numara ile (alanın bulunduğu kolondaki/satırdaki sistemler arasında geçişlere izin verildiğini belirtir) ya da ne dönüşüm olduğunu ne de dönüşümün öngörüldüğünü belirtmek üzere gri renkle doldurulmuş durumdadır(Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

Söz konusu numara geçiş özellikleri ve ilgili prosedürlerden sorumlu ülkeleri göstermektedir.

Aşağıda Dönüşüm Matrsinde numara ile gösterilmiş dönüşümden sorumlu ülkeler listelenmektedir.

1. Hollanda, Belçika	22. Fransa
2. İtalya, Fransa	23. Fransa
3. İspanya, Portekiz	24. Belçika, Fransa
4. Hollanda, Almanya	25. Fransa, İngiltere
5. İtalya, Avusturya	26. Fransa
6. Fransa, Belçika, Lüksemburg, Almanya	27. Fransa
7. İtalya, Fransa	28. Fransa
8. Fransa, Belçika, Lüksemburg	29. Danimarka, İsveç
9. Fransa, Almanya	30. Almanya, Danimarka
10. İspanya	31. Avusturya, Macaristan
11. Almanya, Avusturya	32. Avusturya, Çek Cum., Almanya, Slovakya
12. İtalya	33. Macaristan, Slovakya, Çek Cum.
13. İtalya, Fransa	34. Fransa, İsviçre
14. Avusturya, İtalya	35. Almanya, İsviçre
15. Fransa, İtalya	36. Fransa, İsviçre
16. İspanya	37. İngiltere
17. İspanya	38. İngiltere ($V_{max} > 160$ km/s olan trenler için)
18. Hollanda, Belçika	39. Almanya, Polonya
19. Belçika	40. Polonya, Çek Cum., Slovakya
20. Belçika, Almanya	41. İrlanda, İngiltere
21. Fransa, Belçika	

Kaynak: Avrupa Komisyonu TSI, 2006

4.4.4. ERTMS sistem işleyişi

ERTMS/ETCS Seviye 1'de geleneksel yol kenarı sinyalleri, tren konumlarını tespit eden sistemler ve hat bilgisi ile programlanmış ve kontrol merkeziyle bağlantılı olan balizler hat boyunca yerleştirilmiştir. Tren tespit ekipmanları trenin pozisyonunu kontrol merkezine gönderir. Hattaki trenin konum bilgisini alan kontrol merkezi yeni hareket komutunu belirler ve balize iletir. Tren, balizin üzerinden yeni hareket komutunu ve hat bilgisini alarak geçer. Tren üstü bilgisayar aldığı hareket komutuna göre bir sonraki balize kadar olan mesafe için hız profilini hesaplar. Bu bilgi tren sürücüsünün önündeki ekrana da yansıtılır (Yüksel, 2007).

ERTMS/ETCS Seviye 1'de Hat kapasitesini arttırmak için balizlerin önüne infill denilen çevrimler eklenir. Bilgiler bir sonraki balizden çevrime gönderilir ve tren çevrimin üzerinden geçerken çevrim boyunca aktarılır. Tren üstü bilgisayarı bir sonraki hareket komutu ve ilerideki hattın karakteristik bilgilerini daha balize gelmeden alır. Bu sayede yeni frenleme noktasını önceden öğrenen sürücü hız kesmeden yoluna devam eder ve böylece seyahat süresi önemli ölçüde azalır(Yüksel, 2007).

ERTMS/ETCS Seviye-2 de yol kenarı sinyaline ihtiyaç duyulmaz. Ancak hat üzerinde tren tespit ekipmanları gereklidir. Ayrıca sistemde tren üstü bilgisayarın kontrol merkeziyle haberleşmesini sağlayan radyo dalga sistemi vardır. Hattaki balizler bağımsız ve basit bir elektronik pozisyon belirteçidir. Hat karakteristikleri tren üstü bilgisayara önceden girilmiştir. Tren tespit ekipmanları trenin konumunu algılayarak kontrol merkezine iletir. Bütün trenlerin konumlarını alan kontrol merkezi yeni hareket komutlarını belirler ve hattaki trenleri radyo yolu ile iletir. Daha sonra tren üstü bilgisayarı hareket komutuna göre hız profilini ve bir sonraki frenleme noktasını hesaplar. Bu bilgi tren sürücüsüne önündeki ekran vasıtasıyla aktarılır. Güvenli bir seyahat sağlamak için tren üstü bilgisayarı sürekli olarak trenin pozisyonunu belirler ve trenin o andaki hızını kontrol ederek gidilen mesafeyi doğrular (Yüksel, 2007).

ERTMS/ETCS Seviye-3, Seviye-2 ile benzer özellikler gösterir. Trenin eksiksiz olduğunu gösteren tren üstü istikamet tespit sistemi vardır. Bu yüzden tren tespit ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaz ve hattan kaldırılabilir. Seviye 3 sistemi de tren üstü bilgisayarının kontrol merkeziyle haberleşmesini sağlayan tren üstü radyo sistemine ihtiyaç duyar bağımsız pasif balizler sadece konum bilgilerini içerir. Hat karakteristiği önceden tren üstü bilgisayara yüklenmiştir. Tren balizin üzerinden geçerken bir sonraki konum bilgisini alır. Tren bilgisayarı, trenin o anda nerede olduğunu belirleyerek radyo sistemiyle kontrol merkezine iletir. Radyo yardımı ile hatta trenin pozisyonunu alan kontrol merkezi yeni hareket komutunu belirler ve bunu yine radyo aracılığı ile trene iletir. Daha sonra tren üstü bilgisayarı aldığı bu yeni hareket komutuna göre hız profilini ve bir sonraki frenleme noktasını hesaplar.

Bu bilgiler tren sürücüsüne önündeki ekran vasıtasıyla yansıtılır. Radyo iletimi ile hareket komutunu sık olarak güncelleme imkanı trenlere birbirini yakından takip etme imkanı sağlar ve bu da hat kapasitesini oldukça artırır (Nortel Networks, 2004)

4.4.5. ETCS/GSM-R sistemlerinin dünya genelindeki uygulamalarının özeti

ETCS

Belirli uluslararası koridorlar ile diğer Ulusal planlarla aynı hizaya gelmek için atılan ilk adım olan ETCS, Avrupa MoU altı koridor stratejisine uyumlu bir şekilde ulusal olarak belirli rotalarda uygulanmaktadır(UIC, 2008).

Altyapı durumuna baktığımızda, yaklaşık 2000 kilometre uzunluğundaki demiryolu hattının ETCS seviye 1 ve seviye 2 konfigürasyonunda ticari olarak işletilmekte ve bununla birlikte, gelecek 10 yıl için 28,000 km uzunluğunda demiryolu hattı için sözleşmenin yapılmış veya iş planlanmıştır(UIC, 2008).

Demiryolu araçları bakımından, ETCS ağına dahil edilen yaklaşık 850 ünite ticari olarak işletilmektedir, yaklaşık 280 tane ünite satın alınacaktır ve 480 ünite bu sistemle donatılarak geliştirilmiştir(UIC, 2008).

221,000 km (29 ülke) uzunluğundaki Avrupa demiryolu ağı göz önünde bulundurulduğunda, demiryolu ağının yaklaşık olarak %1'lik kısmının günümüzde ETCS sistemi ile ticari olarak işletildiğini söylenebilir ve gelecek 10 yıl için %13 oranındaki demiryolu ağının bu sisteme geçmesi yönünde anlaşmaya varıldığını veya planlandığını söylemek mümkündür(UIC, 2008).

38,000 km uzunluğundaki ETCS-Net bakımından, demiryolu ağının yaklaşık olarak %5'lik bir kısmı ETCS ile ticari olarak işletilmekte ve yaklaşık olarak %74 oranındaki bir kısmı ise gelecek 10 sene için anlaşmaya varılmış veya planlanmıştır(UIC, 2008). Dünya'daki ETCS sisteminin kullanıldığı ülkeler Şekil 4.20' de görsel olarak sunulmaktadır.

Şekil 4.20. Dünya’da ETCS sistemi



Kaynak: UIC, 2008

GSM-R

GSM-R, birçok durumda eski analog sistemleri yenilemek üzere ulusal olarak uygulanmaktadır ve aynı zamanda ETCS uygulandığı zaman, seviye 2 ve 3 uygulamalarındaki ETCS verilerini iletmek için de kullanılacaktır(UIC, 2008).

2007, Avrupa’da GSM-R kullanımı için önemli bir yıldır çünkü ilk defa bir demiryolu yönetimi sisteme tam geçiş yapmıştır: ProRail (Hollanda). 1 Ocak 2007, eski analog sistem olan TELERAIL’in artık uygulamadan kaldırıldığı tarihtir(UIC, 2008). Günümüze kadar, İtalya, Almanya, Norveç ve İsveç demiryollarının da dört tane daha demiryolu geçiş yapacaktır veya geçiş adına ilk adımları atacaktır (UIC, 2008).

Hesaba katılan toplam demiryolu ağı 221,000 km olan Avrupa’da, 150,000 km (yaklaşık %68) uzunluğunda demiryolu ağında GSM-R’nin kullanılması planlanmaktadır(UIC, 2008). 1 Eylül 2007 itibariyle, 60,500 km uzunluğunda demiryolu ağı GSM-R altyapısı ile donatılmış, bunun yaklaşık olarak 41,000 km uzunluğundaki kısmı ise faaliyet göstermektedir(UIC, 2008).

5. AVRUPA'DA SİNYALİZASYON SİSTEMLERİNİN YASAL ÇERÇEVESİ

Avrupa Tren Kontrol Sistemi (ETCS), Avrupa hat-araç iletimini temel alan, merkezi bir tren sürüş denetleme sistemidir. Bu sistem, tüm Avrupa ülkelerinde aynı sistemin kullanılmasıyla, demiryolu ulaşım rekabetini sağlamak üzere demiryolu taşımacılığının serbestleştirilmesi göz önünde tutularak dikkatli bir şekilde hazırlanmıştır. Uygulamanın yaygınlaşması ve geliştirme maliyetlerindeki azalma sonucu maliyetlerde azalma sağlanmasının yanı sıra, trene monte edilen tren üstü kontrol kumanda ekipmanı ve ilgili demiryolu hattı boyunca kurulan hat üstü tertibat sonucunda sınırları aşan kusursuz Avrupa çapında uyumlu bir hizmetin sağlanması beklenmektedir (UIC, 2008).

ETCS'nin, AB kanunları kapsamında uygulanması zorunlu olmasına rağmen, Avrupa demiryollarındaki cer gücü sağlayıcıları tarafından geniş çaplı kullanım oranına ulaşmak için zaman gerekmektedir. Zamana olan bu ihtiyaç, yenilenen veya güncellenen hatlar veya cer gücü sağlayıcılarından kaynaklanmaktadır (UIC, 2008). Avrupa demiryollarının bu sürecin daha başında olması sebebiyle, sadece teknik sınırlamaları değil bununla beraber farklı ulusal sınırlamaları olan birçok demiryolunun aynı anda bu sistemin uygulanması üzerinde çalışma yapması sebebiyle, doğru bir ortak anlayışın sağlanması kritik bir önem arz etmektedir (UIC, 2008).

Altyapı yöneticileri ve son kullanıcı olarak demiryolu işletmelerinin, hem teknik hem de yasal sebepler nedeniyle, ETCS uygulamaları söz konusu olduğunda sadece üreticilerle değil aynı zamanda Onaylanmış Kuruluşlarla (NoBo) ve ulusal emniyet makamlarıyla işbirliği yapması gerektiğine dikkat çekmek gerekir. Onaylanmış Kuruluşların başlıca görevi, tren üstü ve demiryolu hattı boyunca bulunan hat üstü ETCS ekipmanları arasındaki uyumun düzgün olmasını sağlamak için Avrupa genelinde kullanılan komponentler arasındaki uyumu sağlamaktır. Ulusal emniyet makamlarının başlıca görevi, ulusal teknik ve işletme ile ilgili kısıtlamaları göz önünde bulundurmak suretiyle emniyetli ETCS faaliyetini sağlamaktır. Ayrıca, bir hattın cer gücü güncellendiği sırada ve genel ETCS devreye alma süresini sadece

yenilemenin etkilediği ve dolaylı olarak periyodu ve/veya çoklu kontrol kumanda sisteminin kullanım ölçeğini azalttığı durumlarda ortaya çıkan tartışmalı durumlarda, kararı ulusal emniyet makamları verir(UIC, 2008).

Avrupa demiryolu tekniği ile ilgili mevzuat, Avrupa Parlamentosu direktif seviyesinden başlayarak, Yüksek Hızlı (HS) ve Konvansiyonel Demiryolu (CR) olarak ikiye bölünmüştür. Sonuç olarak, Yüksek hızlı (HS) ve konvansiyonel (CR) demiryollarında Kontrol, Kumanda ve Sinyalizasyon (CCS) için iki ayrı Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnamesi (TSI) bulunmaktadır. Ancak; Trans-Avrupa demiryolu sisteminin Kontrol, Kumanda ve Sinyalizasyon alt sistemi söz konusu olduğunda, Karşılıklı İşletilebilirlik için Teknik Şartnamenin, yüksek hızlı (HS) veya konvansiyonel (CR) demiryolu niteliğinden bağımsız olarak bunların her ikisine de uygulanabilen en son yayımlanan kontrol kumanda sinyalizasyon (CCS) TSI'nın A ekinde ifade edilen teknik belgelerde belirtildiği üzere, her iki duruma da uygulanabilen sadece bir adet ETCS bulunmaktadır (UIC, 2008).

Hatların ve cer gücü ünitelerinin, yüksek hızlı (HS) veya konvansiyonel (CR) niteliğinden bağımsız olarak, sadece bir tane ETCS olmasına rağmen, ilgili EC Kararlarının yani ilgili TSI'ların yedinci bölümünde açıklandığı üzere, TSI HS CCS ve TSI CR CCS'yi oluşturan yasal uygulama kısıtlamaları farklıdır. Aynı zamanda, Üye Ülkelerin, kimi olağandışı durumlarda demiryollarına ETCS'yi uygulamama izni verebilen istisnalara ne zaman ve nasıl başvurup elde edebileceğini açıklayan HS ve CR demiryolu karşılıklı işletilebilirlik direktiflerinin yedinci maddelerinde kimi farklılıklar bulunmaktadır.

5.1. Yasal Altyapı

Bu kısımda, AB ülkelerindeki demiryollarını ETCS'nin uygulanması konusunda zorlayan, yasal olarak bağlayıcı temel belgelere atıfta bulunarak yasal durumu açıklanacaktır.

5.1.1. Temel AB yasama adımları

ETCS ve GSM-R (Mobil İletişim için Küresel Sistem – Demiryolu) sistemlerinin birleşimi olan Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemini (ERTMS) tanımlayan ilk Avrupa Komisyonu kararı 2001/260/EC karardır: 21 Mart 2001 tarihinde trans-Avrupa yüksek hızlı (HS) demiryolu sisteminin kontrol kumanda sinyalizasyon (CCS) alt sistemi üzerine alınan Komisyon Kararı *Yönetmelik 96/48/EC'nin Ek II(3)içerisinde* “ERTMS özellikleri” olarak atfedilmektedir.(belge numarası C(2001) 746, *Resmi Gazete L 093, 03/04/2001,sayfa 0053-0056* içinde belirtilmiştir) (UIC, 2008).

Bir sonraki yasamaya ilişkin adım 2002 yılında atıldı, *96/48/EC sayılı Konsey Yönetmeliğinin 6(1). Maddesinde* bahsedilen trans-Avrupa yüksek hızlı (HS) demiryolu sisteminin CCS alt-sistemi ile ilgili TSI hakkında 30 Mayıs 2002 tarihli ve 2002/731/EC sayılı Komisyon Kararı ((C(2002) 1947 numaralı belgede tebliğ edilen, *Avrupa Birliği Resmi Gazetesi, EN, L 245, 12/9/2002, sayfa 37-142*), yapılan düzeltme (*Resmi Gazete, EN, L 745/4 EN, 11.10.2002, sayfa 3-4*)) yayımlandı. Bu belge, Avrupa yüksek hızlı (HS) demiryolu sisteminin kontrol kumanda sinyalizasyon (CCS) alt sisteminin TSI'sını kapsar ve *2001/260/EC Kararının* yerini alır. Bu TSI CCS HS şartnamesi, A¹ hedef sınıfını ve sınıf B² ATP/ATC sistemlerinden bu hedef çözüme olan geçiş kurallarını tanımlar. CCM prosedür statüsünü yerine getiren iş ile aynı doğrultuda olduktan sonra bu şartname, aynı zamanda ETCS ve GSM-R şartnamelerini de günceller. Bu belge Avrupa yüksek hızlı (HS) demiryollarına değinir ve yasal bakış açısına göre konvansiyonel (CR) demiryolu sistemine uygulanamaz (UIC, 2008).

Avrupa konvansiyonel sistemi CCS alt sisteminin temel parametreleri, 29 Nisan 2004 tarihli 2004/447/EC Komisyon Kararının 30 Mayıs 2002 tarihli ve 2002/731/EC sayılı Komisyon Kararının düzeltici ekinde tanımlanmıştır ve trans-Avrupa CR sistemi CCS alt-sistemi Sınıf A sisteminin başlıca özellikleri, *2001/16/EC sayılı Yönetmelikte ((C(2004) 1559, Resmi Gazete, EN, L 155, sayfa 65 - 79* numaralı belgede ilan edilmiştir), bu karar üzerinde yapılan düzeltme ile

güncellenmiştir. (*Resmi Gazete, EN, L 193 1/6/2004, sayfa 53-63* yayınlanmıştır). Bu belge, belirli bir TEN hattındaki en yüksek hızdan bağımsız olarak hedef çözümü tanımlar ve hem ETCS hem de GSM-R sistemlerinin montajını düzenler (UIC, 2008).

Avrupa Parlamentosunun *884/2004/EC Sayılı Kararı* ve trans-Avrupa taşıma ağının geliştirilmesinin Toplum kılavuzu ile ilgili Konseyin 29 Nisan 2004 tarihinde değiştirdiği *1692/96/EC Sayılı Karar* (*Resmi Gazete, EN, L 167, 30/04/2004, sayfa 1-38*) ve yapılan düzeltme ile (*Resmi Gazete, EN, L 167, 7/6/2004, sayfa 1-55*); demiryollarının geliştirilmesi için gerekli kurallar yayınlanmıştır (UIC, 2008).

TSI CCS CR'yi ortaya çıkaran Avrupa Komisyonu Kararı, AB genişlemesinden sonra demiryolları ile ilgili olan ilk yasal düzenleme özelliğini taşımaktadır. Bu belgenin ekinde, konvansiyonel (CR) demiryolu sistemi kontrol, kumanda ve sinyalizasyon (CCS) alt sisteminin TSI'sı eklenmiştir. TSI CCS CR'nin 7. Bölümü, altyapı ve demiryolu araçları ile ilgili Avrupa konvansiyonel demiryolu sisteminin karşılıklı işletilebilirlik uygulama kurallarını açıklamaktadır. Burada, genel geçiş ve zamanlama kriterleri belirtilmiştir. Aynı zamanda, ERTMS konsolidasyon aşaması ile birlikte sistemin yerleştirilmesi ve gelecekte yapılacak değişiklikler de burada açıklanmıştır. Bu bölümde açıklanan bir diğer öge de Değişim Yönetim Süreci ve Konfigürasyon Yönetim Planıdır. Bu karar, *881/2004 Sayılı EC Yönetmeliği* ile kurulan Avrupa Demiryolu Ajansının (ERA) görevini belirlemektedir. UIC, UNISIG, ERTMS Kullanıcı Grubu, EIRENE grubu, GSM-R Endüstri Grubu ve AEIF gibi birçok kuruluş arasında bölünmüş olan ETCS ve GSM-R ile ilgili şartnamelerin teslimi, kalite güvencesi, konfigürasyon yönetimi ve değişim kontrolü gibi sorumluluklar, tüm sürecin uyumunu sağlamak üzere ERA çatısı altında merkezi hale getirilmiştir. Sistemin Yetkili Makamı olarak ERA; altyapı yöneticileri, demiryolu işletmeleri, yan sanayi, Onaylanmış Kuruluşlar ve ulusal emniyet makamları gibi sürecin içinde olan kurumların ve kişilerin ortaklaşa çalışmalarını sağlar. ERA; şartnamelerin teslim edilmesi, kalite güvencesi ve konfigürasyon yönetiminin de kapsandığı ETCS ve GSM-R şartname değişiklik yönetim sürecinin eksiksiz bir şekilde yürütülmesinden sorumludur (UIC, 2008).

Trans-Avrupa konvansiyonel (CR) sistemi kontrol, kumanda ve sinyalizasyon (CCS) alt sistemi ile ilgili TSI üzerine 28 Mart 2006 tarihinde çıkarılan *2006/679/EC* kararı, trans-Avrupa yüksek hızlı (HS) demiryolu sistemi kontrol, kumanda ve sinyalizasyon (CCS) alt sistemi ile ilgili TSI üzerine 7 Kasım 2006 tarihinde çıkarılan *2006/680/EC* kararı ve düzenleyici eki ile düzeltilmiştir (UIC, 2008).

Trans-Avrupa konvansiyonel demiryolu (CR) sistemi CCS alt sistemi ile ilgili TSI üzerine çıkarılan *2006/679/EC* sayılı kararın A Eki ve Trans-Avrupa yüksek hızlı (HS) demiryolu sistemi CCS alt sistemi ile ilgili TSI üzerine çıkarılan *2006/860/EC* sayılı Kararının A Eki, 6 Mart 2007 tarihinde çıkarılan komisyon kararı ile düzenlenmiştir.

En son çıkarılan *2008/57/EC* sayılı *Karşılıklı İşletilebilirlik* direktifi ile Trans-Avrupa konvansiyonel demiryolu sistemini ilgilendiren *2001/16/EC* sayılı direktif ile Trans-Avrupa yüksek hızlı demiryolu sistemini ilgilendiren *96/48/EC* sayılı direktif tek bir mevzuat haline getirilmiştir. Direktiflerin ulusal hukuka aktarılması ve uygulaması için zaman sınırları ile ilgili üye devletlerin yükümlülükleri saklı kalmak kaydıyla *96/48/EC* sayılı ve *2001/16/EC* sayılı Direktifler 19 Temmuz 2010 tarihinden itibaren geçerli olmak kaydıyla yürürlükten kaldırılmıştır.

2008/57/EC sayılı direktif ile karşılıklı işletilebilirliğin sağlanabilmesi için demiryolu sistemi bu direktifin Ek II' sine göre aşağıdaki alt sistemlere ayrılmıştır:

A. Yapısal alanlarla ilgili alt sistemler

- *Altyapı*: Bu alt sistem demiryolu hattını, tünel ve köprü gibi mühendislik yapılarını, kısıtlı hareketliliğe sahip kişilerin ihtiyaçları da dahil olmak üzere platformlar, erişim bölgeleri gibi istasyon altyapısını içerir.(Avrupa Komisyonu, 2008)
- *Enerji*: Havai hatlar ve araç üstü elektrik tüketimi ölçüm cihazları da dahil olmak üzere elektrifikasyon sisteminin tamamını içerir (Avrupa Komisyonu, 2008).

- *Kontrol Kumanda ve Sinyalizasyon*: Emniyeti sağlayan ve şebeke üzerinde sefere yetkili olan trenlerin hareketlerini kontrol ve kumanda etmek için gerekli olan ekipmanların tümünü içerir (Avrupa Komisyonu, 2008).
- *Demiryolu Araçları*: Demiryolu aracının yapısı, akımı çeken cihazları, cer ve enerji dönüşüm üniteleri, fren, kaplin ve bojiler, akslar gibi hareket donanımı, süspansiyon, kapılar, insan/makine arayüzü (Sürücü, araç üzeri personeli ve yolcular, hareket kabiliyeti kısıtlı kişilerin ihtiyaçlarını da dahil olmak üzere), yolcu ve araç üzeri personelin sağlığı için pasif ya da aktif emniyet aygıtları ve geçlerini içerir (Avrupa Komisyonu, 2008).

B. Fonksiyonel alanlarla ilgili alt sistemler

- *Trafik Operasyonu ve Yönetimi*: Özellikle eğitim ve trenin sürüşü, trafik planlaması ve yönetimi de dahil olmak üzere hem normal hem de kısıtlı işletme koşulları sırasında, değişik yapısal alt sistemlerin uyumlu çalışmasını sağlayan prosedürler ve ilgili ekipmanları içerir (Avrupa Komisyonu, 2008).
- *Bakım*: Demiryolu sisteminin karşılıklı işletilebilirliğini sağlamak ve gerekli performansı garanti etmek için zorunlu, düzeltici ve önleyici bakım prosedürlerini, ilgili ekipmanlar, bakım işleri için lojistik merkezleri içerir.
- *Yolcu ve yük hizmetleri için telematik uygulamalar*: Yolculuk öncesinde ve sırasında, yolculara rezervasyon ve ödeme sistemleri, bagaj yönetimi ve trenler arasında ve diğer ulaştırma modları ile yapılan aktarmaların yönetimi ile ilgili bilgi sağlayan sistemleri içeren yolcu hizmetleri uygulamaları ile yük için; bilgi sistemleri (yükü ve trenleri gerçek zamanlı izleme) de dahil olmak üzere taşımacılık hizmetlerinin uygulamaları, manevra yapma ve yerleştirme sistemleri, rezervasyon, ödeme ve faturalama sistemleri, diğer ulaştırma çeşitleri ile aktarma yönetimi ekli elektronik belgeleri içerir (Avrupa Komisyonu, 2008).

Alt sistemlerin her biri farklı bir TSI tarafından karşılanır. Ancak bir alt sistem gerektiğinde, birkaç TSI'nin kapsamına girebilir ve bir TSI çeşitli alt sistemleri kapsayabilir.

Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartname (TSI)'lerinde *2001/16/EC* ve *96/48/EC* sayılı mülga Direktiflere yapılan atıflar *2008/57/EC* sayılı karşılıklı işletilebilirlik direktifinin 40. Madde'si uyarınca bu direktife yapılmış atıflar olarak yorumlanır.

5.1.2. ERTMS teknik belgelerine genel bakış

Giriş kısmında da belirtildiği üzere, yasal olarak bağlayıcı olan ETCS şartname grubu, yüksek hızlı (HS) veya konvansiyonel (CR) demiryolu sisteminin en son CCS TSI'nin A ekine dahil edilmiştir. Yüksek hızlı (HS) ve konvansiyonel (CR) hatlarına ve cer gücü ünitelere uygulanır (UIC, 2008).

Temel teknik belgeler TSI'nin A ekinde belirtilmiştir ve ETCS ve GSM-R şartname grubu şunlardan oluşmaktadır:

- Fonksiyonel Gereksinimleri Şartnamesi (FRS)
- Sistem Gereksinimleri Şartnamesi (SRS)
- Arayüz Şartnamesi (FIS, FFFIS)
- Standartlar (EN)

Belirtilen belgeler, zorunlu ve bilgilendirici olarak alt bölümlere ayrılmıştır.

ETCS FRS, sistem fonksiyonelliğini tanımlar. Esasen, gelecekteki kullanıcılar için demiryolu temsilcileri tarafından geliştirilmiştir ve çok çeşitli gerekleri kapsar. FRS 4.29, ETCS ekipmanı için geçerli olan FRS versiyonudur. EIREINE FRS 7, GSM-R için olan referans belgesidir(UIC, 2008).

ETCS SRS, FRS şartlarının nasıl sistem gelişimi için gereken şekilde uygulanacağını açıklar. SRS 2.3.0, ETCS ekipmanı için geçerli SRS versiyonudur. GSM-R konusunda zorunlu belge EIRENE SRS'dir (UIC, 2008).

Teknik belgeler arasında Fonksiyonel Arayüz Şartnamesi (FIS), (FFFIS) şartnamesi olarak adlandırılan Biçim Uyumu Fonksiyonel Şartnamesi, Avrupa Normları ve diğerlerini bulabilinir (UIC, 2008).

ETCS ile ilişkili zorunlu ve bilgilendirici belgelerin ve şartnamelerin tam listesi tablo 5.1, 5.2 ve 5.3' te verilmektedir.

Tablo 5.1. CCS TSI Ek A'ya göre zorunlu uygulanacak şartnamelerin listesi

İndeks No.	Referans	Döküman adı	Versiyon
1	UIC ETCS FRS	ERTMS/ETCS Fonksiyonel Gereksinimleri Şartnamesi	4.30
2	99E 5362	ERTMS/ETCS Functional Statements	2.0.0
3	UNISIG SUBSET-023	Terimler ve kısaltmalar sözlüğü	2.0.0
4	UNISIG SUBSET-026	Sistem Gereksinimleri Şartnamesi	2.2.2
5	UNISIG SUBSET-027	FFFIS Juridical Recorder-Downloading Tool	2.2.9
6	UNISIG SUBSET-033	FIS for Man-Machine Interface	2.0.0
7	UNISIG SUBSET-034	FIS for the Train Interface	2.0.0
8	UNISIG SUBSET-035	Specific Transmission Module FFFIS	2.1.1
9	UNISIG SUBSET-036	FFFIS for Eurobalise	2.3.0
10	UNISIG SUBSET-037	Euroradio FIS	2.3.0
11	Reserved 05E537	Off line key management FIS	
12	UNISIG SUBSET-039	FIS for the RBC/RBC Handover	2.1.2
13	UNISIG SUBSET-040	Dimensioning and Engineering rules	2.1.0
14	UNISIG SUBSET-041	Performance Requirements for Interoperability	2.1.0
15	UNISIG SUBSET-108	Interoperability-related consolidation on TSI Annex A documents (mainly SUBSET-026 v2.2.2)	1.0.0

16	UNISIG SUBSET-044	FFFIS for Euroloop subsystem	2.2.0
17	UNISIG SUBSET-046	Radio In-fill FFFS	2.0.0
18	UNISIG SUBSET-047	Track-side-Train-borne FIS for Radio In-Fill	2.0.0
19	UNISIG SUBSET-048	Train-borne FFFIS for Radio In-Fill	2.0.0
20	UNISIG SUBSET-049	Radio In-fill FIS with LEU/Interlocking	2.0.0
21	UNISIG SUBSET-054	Assignment of Values to ETCS variables	2.0.0
22	UNISIG SUBSET-056	STM FFFIS Safe Time Layer	2.2.0
23	UNISIG SUBSET-057	STM FFFIS Safe Link Layer	2.2.0
24	UNISIG SUBSET-091	Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 and 2	2.2.11
25	UNISIG SUBSET-102	Test specification for Interface K	1.0.0
26	UNISIG SUBSET-094	Functional Requirements for an On-board Reference Test Facility	2.0.0
27	EIRENE FRS	GSM-R Functional Requirements Specification	7
28	EIRENE FRS	GSM-R System Requirements Specification	15
29	A11T6001 12	(MORANE) Radio Transmission FFFIS for EuroRadio	12
30	ECC/DC(02)05	ECC Decision of 5 July 2002 on the designation and availability of frequency bands for railway purposes in the 876-880 and 921-925 MHz bands.	
31	UNISIG SUBSET-074-2	FFFIS STM Test cases document	1.0.0
32	UNISIG SUBSET-076-5-2	Test cases related to features	2.2.2
33	UNISIG SUBSET-076-6-3	Test sequences	2.0.0
34	UNISIG SUBSET-076-7	Scope of the test specifications	1.0.0
35	Reserved	Marker boards	
36	UNISIG SUBSET-092-1	ERTMS EuroRadio Conformance Requirements	2.2.5

37	UNISIG SUBSET-092-2	ERTMS EuroRadio Test cases Safety Layer	2.2.5
38	Reserved UNISIG SUBSET 028	JRU Test Specification	
39	UNISIG SUBSET 085	Test Specification for Eurobalise FFFIS	2.1.2
40	UNISIG SUBSET-101	Interface K Specification	1.0.0
41	UNISIG SUBSET-100	Interface G” specification	1.0.1
42	Reserved	Test specification for mobile equipment GSM-R	
43	UNISIG SUBSET-059	Performance requirements for STM	2.1.1
44	Reserved	Test specification for EUROLOOP	
45	Reserved UNISIG	Ergonomic aspects of the DMI	
46	UNISIG SUBSET-058	FFFIS STM Application Layer	2.1.1
47	Reserved AEIF-ETCS-Variables-Manual	AEIF-ETCS-Variables-Manual	
48	Reserved	Juridical recorder baseline requirements	
49	Reserved 05E538	ERTMS Key Management Conformance Requirements	
51	Reserved UNISIG SUBSET-107	Requirements on pre-fitting of ERTMS on-board equipment	
52	Reserved UNISIG SUBSET-097	Requirements for RBC-RBC Safe Communication Interface	
53	Reserved UNISIG SUBSET-105	Requirements on pre-fitting of ERTMS track side equipment	
54	Reserved UNISIG SUBSET-104	ETCS version management	
55	Reserved	GSM-R version management	
56	Reserved UNISIG SUBSET-099	RBC-RBC Test specification for Safe Communication Interface	
57	Reserved UNISIG SUBSET-098	RBC-RBC Safe Communication Interface	
58	reserved	Reliability — Availability Requirements	
59	reserved	Odometry FIS	

Kaynak: Avrupa Komisyonu TSI, 2006

Tablo 5.2. CCS TSI Ek A'ya göre zorunlu uygulanacak standartların listesi

İndeks No.	Referans	Döküman adı ve yorumlar	Versiyon
A1	EN 50126	Demiryolu uygulamaları- Güvenilirlik, elde edilebilirlik, bakım yapılabilirlik ve emniyet (rams) şartnamesi ve gösterimi	1999
A2	EN 50128	Demiryolu uygulamaları- Haberleşme, sinyalizasyon ve işlem sistemleri- Demiryolu kontrol ve koruma sistemleri için yazılım	2001
A3	EN 50129	Demiryolu uygulamaları - İletişim, sinyalizasyon ve işleme sistemleri - Sinyalizasyon için emniyetle ilgili elektronik sistemler	2003
A4	EN 50125-1	Demiryolu uygulamaları- Donanım için çevre şartları- Bölüm 1: Demiryolu taşıtları üzerindeki donanım	1999
A5	EN 50125-3	Demiryolu uygulamaları-Donanım için çevre şartları-Bölüm 3: Sinyalizasyon ve haberleşme donanımı	2003
A6	EN 50121-3-2	Demiryolu uygulamaları - Elektromanyetik uyumluluk - Bölüm 3-2: Tren - Avadanlık	2000
A7	EN 50121-4	Demiryolu uygulamaları - Elektromanyetik uyumluluk - Bölüm 4: İşaretleşme ve telekomünikasyon cihazlarının yayımı ve bağışıklığı	2000
A8	EN 50238	Demiryolu uygulamaları-Demiryolu aracı ve güzergah algılama sistemi arasındaki uyumluluk	2003

Kaynak: Avrupa Komisyonu TSI, 2006

Tablo 5.3. CCS TSI Ek A'ya göre bilgilendirici olarak uygulanabilecek şartnamelerin listesi

İndeks No.	Referans	Döküman adı	Versiyon	Tip
B1	EEIG 02S126	RAM requirements (chapter 2 only)	6	2 (İndeks 28)
B2	EEIG 97S066	Environmental conditions	5	2 (Index A5)
B3	UNISIG SUBSET-074-1	Methodology for testing FFFIS STM	1.0.0	2 (Index 36)
B4	EEIG 97E267	ODOMETER FFFIS	5	1 (Index 44)
B5	O_2475	ERTMS GSM-R QoS Test Specification	1.0.0	2
B6	UNISIG SUBSET-038	Off-line Key Management FIS	1 (İndeks 11)	1
B7	Reserved UNISIG SUBSET-074-3	FFFIS STM test specification traceability of test cases with Specific Transmission Module FFFIS	1.0.0	2 (Index 36)
B8	UNISIG SUBSET-074-4	FFFIS STM Test Specification Traceability of testing the packets specified in the FFFIS STM Application Layer	1.0.0	2 (Index 36)
B9	UNISIG SUBSET 076_0	ERTMS/ETCS Class 1, Test plan	2.2.3	2 (Index 37)
B10	UNISIG SUBSET 076_2	Methodology to prepare features	2.2.1	2 (Index 37)
B11	UNISIG SUBSET 076_3	Methodology of testing	2.2.1	2 (Index 37)
B12	UNISIG SUBSET 076_4_1	Test sequence generation: Methodology and Rules	1.0.0	2 (Index 37)
B13	UNISIG SUBSET 076_4_2	ERTMS ETCS Class 1 States for Test Sequences	1.0.0	2 (Index 37)
B14	UNISIG SUBSET 076_5_3	On-Board Data Dictionary	2.2.0	2 (Index 37)
B15	UNISIG	SRS v.2.2.2 Traceability	2.2.2	2 (Index

	SUBSET 076_5_4			37)
B16	UNISIG SUBSET 076_6_1	UNISIG test data base	2.2.2	2 (Index 37)
B17	UNISIG SUBSET 076_6_4	Test Cases Coverage	2.0.0	2 (Index 37)
B18	NA	NA	NA	NA
B19	UNISIG SUBSET 077	UNISIG Causal Analysis Process	2.2.2	2 (Index 27)
B20	UNISIG SUBSET 078	RBC interface: Failure modes and effects analysis	2.2.2	2 (Index 27)
B21	UNISIG SUBSET 079	MMI: Failure Modes and Effects Analysis	2.2.2	2 (Index 27)
B22	UNISIG SUBSET 080	TIU: Failure Modes and Effects Analysis	2.2.2	2 (Index 27)
B23	UNISIG SUBSET 081	Transmission system: Failure Modes and Effects Analysis	2.2.2	2 (Index 27)
B24	UNISIG SUBSET 088	ETCS Application Levels 1&2 - Safety Analysis	2.2.10	2 (Index 27)
B25	TS50459-1	Railway applications - European Rail Traffic Management System - Driver Machine Interface" part 1 - Ergonomic principles of ERTMS/ETCS/GSM-R Information	2005	2 (Index 51)
B26	TS50459-2	Railway applications -- Communication, signalling and processing systems - European Rail Traffic Management System - Driver Machine Interface" part 2 - Ergonomic arrangements of ERTMS/ETCS Information	2005	2 (Index 51)
B27	TS50459-3	Railway applications - Communication, signalling and processing systems -European Rail Traffic Management System - Driver	2005	2 (Index 51)

		Machine Interface" part 3 - Ergonomic arrangements of ERTMS/GSM-R Information		
B28	TS50459-4	Railway applications - Communication, signalling and processing systems -European Rail Traffic Management System - Driver Machine Interface" part 4 - Data entry for the ERTMS/ETCS/GSM-R systems	2005	2 (Index 51)
B29	TS50459-5	Railway applications - Communication, signalling and processing systems -European Rail Traffic Management System - Driver Machine Interface" part 5 - Symbols	2005	2 (Index 51)
B30	TS50459-6	Railway applications - Communication, signalling and processing systems -European Rail Traffic Management System - Driver Machine Interface" part 6 - Audible Information	2005	2 (Index 51)
B31	EN50xxx	Railway applications - European Rail Traffic Management System - Driver Machine Interface" part 7 - Specific Transmission Modules		2 (Index 51)
B32	Reserved	Guideline for references		Non
B33	EN 310515	Global System for Mobile communication (GSM); Requirements for GSM operation in railways.	2.1.0	
B34	05E466	Operational DMI information	1	1 (Index 51)
B35	Reserved	ERTMS Key Management		1 (Index

	UNISIG SUBSET-069	Conformance Requirements		56)
B36	04E117	ETCS/GSM-R Quality of Service user requirements - Operational Analysis		2 (Index 22)
B37	UNISIG SUBSET-093	GSM-R Interfaces - Class 1 requirements	2.3.0	1 (Index 32,33)
B38	UNISIG SUBSET- 107A	Requirements on pre-fitting of ERTMS onboard equipment	1.0.0	2 (Index 57)
B39	UNISIG SUBSET-076- 5-1	ERTMS ETCS Class 1 Feature List	2.2.2	2 (Index 37)
B40	UNISIG SUBSET-076- 6-7	Test Sequences Evaluation and Validation	1.0.0	2 (Index 37)
B41	UNISIG SUBSET-076- 6-8	Generic train data for test Sequences	1.0.0	2 (Index 37)
B42	UNISIG SUBSET-076- 6-10	Test Sequence Viewer (TSV)	2.10	2 (Index 37)
B43	04E083	Safety Requirements and Requirements to Safety Analysis for Interoperability for the control-command and signalling subsystem	1.0	1
B44	04E084	Justification Report for the Safety Requirements and Requirements to Safety Analysis for Interoperability for the control-command and signalling subsystem.	1.0	2 (Index B43)

Kaynak: Avrupa Komisyonu TSI, 2006

5.1.3. ETCS – Altyapı ve demiryolu araçları kaydı

Altyapı ve demiryolu araçları kaydı konusu karşılıklı işletilebilirlik yönetmeliğinde doğrudan ortaya konmuştur. Temel amaç: belirli bir demiryolu hattında bir treni işletmek için ön koşul olarak, demiryolu araçları kaydında belirtilen gereksinimler ve özellikler, altyapı kaydında belirtilen ilgili gereklilikler ve özelliklerle karşılıklı işletilebilirlik için çapraz kontrol edilmelidir. Bu, sadece kontrol, kumanda ve sinyalizasyon ile özellikle ETCS'ye değil, aynı zamanda trans-Avrupa demiryolu sisteminin diğer tüm alt sistemlerine uygulanabilir genel bir prensiptir (UIC, 2008).

TSI, belirtilen alt sistemler üzerine kayıtların kapsaması gereken bilgileri tanımlar. CCS TSI - bölüm 7'de belirtildiği üzere, tanımlanmış olan hatta özel özellikler altyapı yöneticisi tarafından Altyapı Sicil Kayıtlarına alınacaktır. Aynı şekilde tanımlanmış olan trene özel özellikler demiryolu yüklenicisi tarafından Demiryolu Araçları Sicil Kayıtlarına alınacaktır (UIC, 2008)

CCS TSI - bölüm 6.2' de (kontrol-kumanda alt sistemi) belirtildiği üzere, bir trenin işletilmesinin ön koşullarından biri olarak, ilgili Demiryolu Araçları ve Altyapı Kayıtlarının karşılıklı işletilebilirlik bakımından çapraz kontrole tabi tutulması gerekmektedir. Demiryolu sistemlerinin tren tespit sisteminin işletilmesine yönelik özel koşullarına ilişkin bilgiler Kayıtlarda belirtilmelidir (UIC, 2008).

Altyapı Kayıtları

CCS TSI; ekipman, fonksiyon ve altyapı ile ilgili değerler için bazı seçeneklere imkan vermektedir. Ayrıca, TSI' da uyulması gereken şartların tüm kontrol kumanda hat üstü ekipmanını kapsamadığı yerlerde, mevcut teknik sistem bağlamındaki özel gereklilikler ve bilhassa da özel işletme gerekliliklerinin kullanılması mümkün olup, altyapı yöneticisinin sorumluluğundadır (Avrupa Komisyonu, 2006).

Bu bilgiler örneğin şunlarla ilgilidir:

- CCS TSI A Ekinde sıralanan teknik uyumluluk gereklilikleri kapsamındaki seçimler,
- CCS TSI B Ekinde sıralanan teknik uyumluluk gereklilikleri kapsamındaki seçimler,
- Elektromanyetik Uyumluluk değerleri (örneğin aks sayaç sistemleri gibi TSI'a ilişkin gereklilikler içinde bulunmayan ekipmanın kullanılmasından kaynaklı),
- Hat boyunca var olan iklimsel ve fiziksel şartlar

diğer TSI'lara (örneğin ek B sistemler ve kısıtlanmış modların olduğu Kural Kitabını ihtiva eden Trafik Operasyonu ve Yönetimine dair TSI) ilişkin hususların da içeren hatta özel elkitabı formunda hazırlanmış bu bilgilerin demiryolu işletmecisi tarafından erişilebilir, açık ve kullanılabilir olması gereklidir. Altyapı Sicil Kayıtları hatta veya aynı özelliklere sahip birden fazla hatta özel olarak hazırlanmış olabilmektedir.

Buradaki amaç, Altyapı Sicil Kayıtları ve Demiryolu Araçları Sicil Kayıtlarındaki gereklilik ve özelliklerin TSI'lara uygun olması olup, özellikle de karşılıklı işletilebilirliği engellememesi gereklidir.

Demiryolu araç kayıtları

CCS TSI çerçevesinde, demiryolu işletmecileri için, bazı ekipman seçenekleri, fonksiyonlar ve demiryolu araç tipiyle ilgili kriterler öngörülmüştür. Ayrıca, TSI gereklilikleritüm kontrol, kumanda tren üstü ekipmanını kapsamadığı için, altyapı yöneticisi ilaveten B sınıfı sistemlerin kullanımı ve B sınıfı olmayan hat üstü ekipmanla kullanılabilir olan trenlere ait bilgilere ihtiyaç duyar. Söz konusu bilgiler örneğin şunlarla ilgilidir (Avrupa Komisyonu TSI, 2006):

- CCS TSI A Ekinde sıralanan teknik uyumluluk gereklilikleri kapsamındaki seçimler,
- CCS TSI B Ekinde sıralanan teknik uyumluluk gereklilikleri kapsamındaki seçimler,
- Elektromanyetik Uyumluluk değerleri (TSI'a ilişkin gereklilikler içinde bulunmayan ekipmanın kullanılmasından kaynaklı),
- Trenin uzunluk, trendeki azami aks mesafesi, trenin ilk ve son vagonlarının burunları arasındaki mesafe, akstaki tekerlerin azami elektrik direnci (hat-devre tasarımı düzenlemesi nedeniyle, Ek A, İlave 1 (tren tespit sistemleri ile uyumluluk için gereken tren dizisi özellikleri) bağlamında) gibi geometrik ve elektrik parametreleri,
- A Sınıfı sistemin frenleme parametreleri
- B Sınıfı sistemin frenleme parametreleri
- Genel frenleme parametreleri
- Fren tipleri
- Kurulu endüksiyon akımlı fren
- Kurulu manyetik fren
- Trenin çalışması için belirlenmiş olan iklimsel ve fiziksel koşullar

Bu bilgiler, altyapı yöneticisi için erişilebilir ve kullanılabilir olmalıdır. Bu da kontrol kumanda fonksiyonlarıyla yönetilen tren için yardımcı fonksiyonların yer aldığı bir el kitabı şeklinde olabilir. Demiryolu Araç Kayıtları trene veya aynı özelliklere sahip birden fazla trene özel olarak hazırlanmış olabilmektedir.

Özel nitelik ve gereklilik listeleri

Aşağıdaki liste Altyapı Sicil Kayıtlarının ve Demiryolu Aracı Sicil Kayıtlarının zorunlu gerekliliklerini içermektedir. Bu liste özel nitelik ve gereklilikleri tanımlayabilmek ve karşılıklı işletilebilirliği kolaylaştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Listedenden sadece teknik hususlar bulunmakta olup, işletme ile ilgili hususlar trafik

operasyonu ve yönetimiyle ilgili olan TSI OPE’de yer almaktadır (Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

Bu gereklilikler bir standardın uygulanması ile yerine getirilebiliyorsa, bu durumda, söz konusu konuyla ilgili atıfta bulunulmalıdır. Aksi takdirde, özel gereklilikler (ölçüm yöntemleri) Demiryolu Araç ve Altyapı Sicil Kayıtlarına eklenmeli veya içeriğine dahil edilmelidir (Avrupa Komisyonu TSI, 2006).

B Sınıfı sistemler için sorumlu Üye Ülke bağlamında gerçekleştirilen ölçümler CCS TSI Ek B’ de verilmiştir. Altyapı Kayıtları şu hususlar içerecektir:

- Sorumlu Üye Ülke,
- CCS TSI Ek B alt sisteminin adı,
- Sürüm veya hizmete girme tarihi,
- Sistem sınırlamaları gereği hız kısıtlamaları ve B Sınıfına özel diğer koşullar/gereklilikler
- Aşağıdaki listelerin gereği olarak diğer bilgiler.

Kayıtlara konması gereken hatta ve demiryolu aracına özgü özellikleri açıklayan ETCS ile ilgili bilgiler aşağıdaki Tablo 5.4’te bulunmaktadır.

Tablo 5.4.Hat ve araç kaydında bulunması gereken karşılıklı işletilebilir hat ve karşılıklı işletilebilir araç ile ilgili belirli teknik özellikler ve gerekliliklerin listesi

No	Altyapı Kayıtları	Tren Dizisi Kayıtları
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Altyapı yöneticisi (¹) • Ülke • Hat segmentinin 1. ucu (¹) • Hat segmentinin 2. ucu (¹) <p>CCS hat boyu tertibatının her bir farklı kısmı (Avrupa Geliştirilmiş Entegre Demiryolu Telsiz Ağı'nın (European Integrated Railway Radio Enhanced Network - EIRENE) işlevleri ve arabirimleri, Avrupa Tren Kontrol Sistemi / Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (European Train Control System / European Rail Traffic Management System - ETCS/ERSTM) işlevleri ve arabirimleri, Tren tespit sistemi, aks kutusu ısınma detektörü, Elektromanyetik Uyumluluk) monte edildiğinde,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avrupa Birliği doğrulaması (evet veya hayır) • Uygunluk belgesinin tarihi (ilkinin/sonuncunun gösterilmesi) • Onaylanmış kuruluş: ilki/sonuncu • Avrupa Birliği doğrulama beyanı tarihi (ilkinin/sonuncunun gösterilmesi) • Hizmete giriş tarihi (birincinin/sonuncunun gösterilmesi) • Yorumlar (Avrupa Birliği doğrulaması yoksa, özel durumlar) 	<ul style="list-style-type: none"> (a) Sorumlu (¹) (b) Tren dizisinin veya aracın ulusal numarası (¹) (c) Tren dizisi ise, tren dizisindeki her bir aracın ulusal numarası (¹) <p>CCS tren üstü tertibatının her bir farklı kısmı (Avrupa Geliştirilmiş Entegre Demiryolu Telsiz Ağı'nın (European Integrated Railway Radio Enhanced Network - EIRENE) işlevleri ve arabirimleri, Avrupa Tren Kontrol Sistemi / Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (European Train Control System / European Rail Traffic Management System - ETCS/ERSTM) işlevleri ve arabirimleri) monte edildiğinde,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avrupa Birliği doğrulaması (evet veya hayır) • Tren üstü komuta-kontrol tertibatı uygunluk belgesinin tarihi (ilkinin/sonuncunun gösterilmesi) • Onaylanmış kuruluş: ilki/sonuncu • Tren üstü komuta-kontrol tertibatı Avrupa Birliği doğrulama beyanı tarihi (ilkinin/sonuncunun gösterilmesi) • Tren üstü komuta-kontrol tertibatı hizmete giriş tarihi (birincinin/sonuncunun gösterilmesi) • Yorumlar (Avrupa Birliği doğrulaması yoksa, özel durumlar)

2.	<p>(a) ERTMS/ETCS uygulama seviyeleri, hat boyuna monte edilmiş ve tren üstünde istenen isteğe bağlı işlevler, hat boyuna monte edilmemiş işlevler (manevra gibi), kullanılacak ulusal değerler ve sistem sürümü ile bu sürümün hizmete giriş tarihi,</p> <p>(b) ERTMS/ETCS telsiz, İşlevsel Gereklilikler Şartnamesinde (Functional Requirements Specification - FRS) belirtilen isteğe bağlı işlevler ve sistem sürümü ile bu sürümün hizmete giriş tarihi,</p>	<p>(a) ERTMS/ETCS uygulama seviyeleri, monte edilmiş isteğe bağlı işlevler ve sistem sürümü ile bu sürümün hizmete giriş tarihi,</p> <p>(b) ERTMS/ETCS telsiz, İşlevsel Gereklilikler Şartnamesine göre isteğe bağlı işlevler ve sistem sürümü ile bu sürümün hizmete giriş tarihi,</p>
3.	<p>Dolgu işlevli ERTMS/ETCS 1. Seviyesi: Hangi teknik uygulamanın Tren Dizisi gerektirdiği</p>	<p>Dolgu işlevli ERTMS/ETCS 1. Seviyesi: Hangi teknik uygulamanın kullanıldığı</p>
4.	<p>Birlikte çalışabilir hatta monte edilmiş</p> <p>(a) her bir B Sınıfı trenin koruma, kontrol ve uyarı sistemi</p> <p>(b) her bir B sınıfı telsiz sistemi</p> <p>ve sürümlerini (bu sürümlerin geçerlilik sürümlerini ve aynı anda birden fazla sistemin etkin duruma olması gerekiyorsa, sorumlu Üye Ülke dahil)belirtin.</p>	<p>Birlikte çalışabilir trene monte edilmiş</p> <p>(c) her bir B Sınıfı trenin koruma, kontrol ve uyarı sistemi</p> <p>(d) her bir B sınıfı telsiz sistemi</p> <p>ve sürümlerini (bu sürümlerin geçerlilik sürümlerini ve aynı anda birden fazla sistemin etkin duruma olması gerekiyorsa, sorumlu Üye Ülke dahil) belirtin.</p>
5.	<p>Farklı Sınıf B treni koruma, kontrol ve uyarı sistemleri arasındaki geçişler için gereken özel teknik şartlar. ERTMS/ETCS ve B sınıfı sistemler arasındaki geçişler için gereken özel teknik şartlar.</p>	<p>Farklı Sınıf B treni koruma, kontrol ve uyarı sistemleri arasındaki geçişler için tren üstünde uygulanması gereken özel şartlar.</p>
6.	<p>Farklı telsiz sistemleri arasındaki geçişler için gereken özel teknik şartlar.</p>	<p>Farklı telsiz sistemleri arasındaki geçişler için tren üstünde uygulanması gereken özel şartlar.</p>

7.	<p>Aşağıdakilerin kısıtlanmış kipleri:</p> <p>(a) ERTMS/ETCS, (b) B Sınıfı tren koruma, kontrol ve uyarı sistemleri (c) B Sınıfı telsiz sistemleri (d) Hat yanı sinyalizasyon</p>	<p>Aşağıdakilerin mevcut kısıtlanmış kipleri:</p> <p>(a) ERTMS/ETCS, (b) B Sınıfı tren koruma, kontrol ve uyarı sistemleri (c) B Sınıfı telsiz sistemleri</p>
8.	<p>Sınırlı frenleme performansı nedeniyle</p> <p>(a) ERTMS/ETCS işletme kiplerine (b) B Sınıfı tren koruma, kontrol ve uyarı sistemlerine</p> <p>uygulanan hız sınırları; örneğin, mevcut frenleme mesafeleri ve yokuşlar nedeniyle:</p> <p>B Sınıfı sistemlerin işletilmesine yönelik trenlerle ilgili (örneğin, frenleme performansına ilişkin gereklilikler, UIC kitapçığı 512'ye (1.1.79'un 8. baskısı ve 2 Değişiklik), karşılık gelen veriler) ulusal teknik kurallar</p>	<p>(a) Tren özellikleri ile ilgili ve konuta-kontrolle denetlenmesi gereken hız sınırları, (b) ERTMS/ETCS ve B Sınıfı tren koruma, kontrol ve uyarı sistemleri için frenleme özellikleri giriş verileri</p>
9.	<p>Trenlerin girişi ile ilgili olarak elektromanyetik uyumluluk açısından trenlerden kaynaklanan emisyonlara yönelik hat yanı komuta-kontrol ekipmanının hassasiyeti. Mevcut olduğunda, güvenlik ve güvenilirlik/kullanılabilirlik hedeflerini karşılamak üzere Avrupa Standartlarına (prEN 50238 ve ileride çıkacak standartlar - tanımlanacak) göre belirlenecek.</p> <p>Endüksiyon akımlı fren kullanmaya izin verilebilirlik (tipler)</p> <p>Manyetik fren kullanmaya izin verilebilirlik (tipler)</p>	<p>Trenlerin girişi ile ilgili olarak elektromanyetik uyumluluk açısından trenlerden kaynaklanan elektromanyetik emisyon. Mevcut olduğunda, güvenlik ve güvenilirlik/kullanılabilirlik hedeflerini karşılamak üzere Avrupa Standartlarına (prEN 50238 ve ileride çıkacak standartlar - tanımlanacak) göre belirlenecek.</p> <p>Endüksiyon akımlı fren kullanmaya izin verilebilirlik (tipler) Monte edilmiş endüksiyon akımlı fren (tip)</p> <p>Monte edilmiş manyetik fren (tip)</p>
10	<p>Hat boyunca var olan iklimsel ve fiziksel koşullar. Ek A, Endeks A5'e göre</p>	<p>Tren üstü tertibatın çalışabileceği iklimsel ve fiziksel koşullar. Ek A, Endeks A4'e göre</p>

11	96/48/EC ve 2001/16/EC yönergelerinde uygulanan istisnalarla ilgili teknik çözümlere ilişkin gerekliliklerin tarif edilmesi gerekmektedir.	96/48/EC ve 2001/16/EC yönergelerinde uygulanan istisnalarla ilgili teknik çözümlere ilişkin kuralların tarif edilmesi gerekmektedir.
12	Sıcak Aks Kutusu Detektörü	
13	<ul style="list-style-type: none"> • Asgari hat kesimi uzunluğu • Hat kesimi sonu ile gabari çarpışma noktası arasındaki asgari mesafe • Bitişik hat kesimlerinin karşı uçlarının asgari fark mesafesi • Hat devresinin asgari makas değiştirme hassasiyeti • Endüksiyon akımlı frenlerin kullanımı • Manyetik frenlerin kullanımı • İzin verilen kısıtlanmamış kumlama (evet veya kısıtlamaların tanımı) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bitişik tekerlek takımları arasındaki azami mesafe • Ön uç ile tekerlek takımı arasındaki azami mesafe • Asgari tekerlek tabanı • Asgari aks tabanı • Asgari tekerlek genişliği • Asgari bandaj yüksekliği • Asgari flanş genişliği • Asgari flanş yüksekliği • Asgari aks yükü • Tekerlek malzemesi • Tekerlek takımı karşı tekerleri arasındaki azami direnç • Asgari araç empedansı • Azami kumlama çıktısı • Sürücü tarafından kumlamanın ezilmesi olasılığı • Endüksiyon akımlı fren kullanımı • Elektrik tabanı 16 000 mm veya daha büyük olan iki adet ray sürtünme pabucu ile donatılmış
14	<p>Özel durumlar</p> <p>Aks mesafesi ile tekerlek çapı arasındaki ilişki üzerindeki sınırlamalar (Almanya)</p> <p>İlk aks veya son aks ile aracın en yakın uzunun arasındaki boylamasına mesafenin 3 500 mm'den fazla olmaması (Polonya, Belçika)</p> <p>Trenin her bir ilk beş aksı (veya trende beşten aks varsa, tüm aksların) arasındaki mesafenin 1 000 mm'den küçük olmaması (Almanya)</p> <p>Aracın ilk ve son aksları arasındaki mesafenin 6 000 mm'den az olmaması (Belçika)</p>	

<p>Yalın bir aracın veya tren dizisinin ilk ve son aksları arasındaki mesafenin 15 000 mm'den az olmaması (Fransa, Belçika)</p> <p>Asgari tekerlek çaplarının 450 mm'den az olmaması (Fransa)</p> <p>Asgari aks yükünün 5 tondan az olmaması (Almanya, Avusturya, İsveç, Belçika)</p> <p>Asgari araç kütlesinin 90 tondan az olmaması (Belçika)</p> <p>Yalın bir aracın veya tren dizisinin ilk ve son aksları arasındaki mesafenin 16 000 mm veya daha büyük olduğunda, yalın araç veya tren dizisi kütlesi 90 tondan büyük olacaktır. Bu mesafe 16 000 mm'den az ve 15 000 mm'ye eşit veya daha büyük olduğunda, kütle 90 tondan az ve 40 tona eşit veya daha fazla olacaktır, araç elektrik tabanı 16 000 mm veya daha büyük olan iki adet ray sürtünme pabucu ile donatılmış olmalıdır (Fransa, Belçika).</p> <p>Aracın asgari metal kütlesi boyutları (Almanya, Polonya)</p> <p>Tekerlek takımının çalışma yüzeyleri arasındaki azami tepkinlik (Polonya, Fransa)</p> <p>Aracın makas değiştirme parametrelerine ilişkin ilave gereklilikler (Hollanda)</p> <p>Pantograf ve tekerler arasında gereken empedansın 3 kVDC için 50 Hz'de endüktif 1,0 Ohm'dan fazla olması (Belçika)</p> <p>40 lm/saat'in altındaki çoklu birimler üzerindeki en baştaki aksın önünde kumlama olmaması (Birleşik Krallık)</p> <p>En baştaki aracın birinci bojisinde manyetik frene ve endüksiyon akımlı frene izin verilmemektedir (Almanya)</p>	
---	--

Kaynak: Avrupa Komisyonu TSI, 2006

5.2. Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenlerin Uygunluğunun Değerlendirilmesi ve Doğrulanması

Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere alt sistemlerden biri olan kontrol, kumanda ve sinyalizasyon (ETCS), Avrupa Birliği Üyesi Devletler tarafından Avrupa Komisyonuna bildirilen onaylanmış kuruluşlar (NoBo) tarafından yapılan bağımsız uygunluk değerlendirmesine tabi olan Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenlerine (IC) bölünmüştür. IC seviyesinde “Uygunluk Sertifikaları” temelinde, değerlendirme prosedürlerini geçtikten sonra onaylanmış kuruluş (NoBo) tarafından verilen “AT Uygunluk Beyanları” topluluk üye devletleri arasında çapraz kabulün temelini oluşturur. Bu durum, “Yeni Yaklaşım” ve “Küresel Yaklaşım” toplum yönetmeliklerine dayalıdır.

Yeni yaklaşım

Teknik uyum ve standartlaştırmanın Yeni Yaklaşım prensipleri 1985 yılındaki Konsey yasa tasarısı ile ortaya konmuştur. Her bir ürünle ilgili mevzuatın uyumu yerine, benzer malların bir arada toplanmasıyla oluşturulan mal gruplarıyla ilgili olan ve temel gerekler olarak isimlendirilen insan can ve mal güvenliği, hayvan ve bitki varlığının korunması çerçevesinde hazırlanan mevzuatın uyumlaştırılmasını öngören yaklaşımdır (Ekonomi Bakanlığı, 2014).

Temel ilkeleri şunlardır:

- Mevzuat uyumu, Toplulukta serbest dolaşıma giren malların temel gerekleri karşılması ile sınırlandırılmıştır.
- Direktiflerdeki temel gereklerle karşılık gelen ürünlere ilişkin teknik özellikler uyumlaştırılmış standartlarda yer alacaktır.
- Uyumlaştırılmış standartları veya diğer standartları uygulamak isteğe bağlı olup, üretici her zaman diğer teknik belgelere de başvurabilecektir.

- Uyumlaştırılmış standartlara uygun üretilen ürünlerin temel gerekleri karşıladığı kabul edilecektir.
- Ürün belgelendirmesi gereklidir.

Küresel yaklaşım

Küresel Yaklaşımın temel ilkesi, test, deney ve belgelendirme konusunda karşılıklı tanımayı ve altyapıların yakınlaştırılmasını sağlamak ayrıca, karşılıklı güvenin ve şeffaflığın temini açısından akreditasyonun önemini vurgulamaktır. Yeni Yaklaşım prensiplerine ilaveten, tek tip ürün uygunluk değerlendirmesi koşulları 1989 Konsey Yasa Tasarısında, uygunluk değerlendirmesinde üzerine Topluluk politikası için yol gösterici ilkeleri belirten sertifikasyon ve test etme üzerine “Küresel Yaklaşım” prensibinde açıklanmıştır (Ekonomi Bakanlığı, 2014) Bu maksatla, Topluluk yönetmeliği, özellikle, uygunluk değerlendirme prosedürlerinin çeşitli evreleri için modüller tasarlar ve bu prosedürlerin kullanımı ve bu prosedürleri uygulayacak makamların belirlenmesi için kriterler ortaya koyar.

Modüler yaklaşım

Modüler Yaklaşımın temel amacı, ürünlerin özelliklerini ve taşıdıkları risk oranlarını dikkate alarak uygunluk değerlendirme yöntemleri belirlemektir. Modüler Yaklaşım, mevzuat hazırlayıcılara yönelik oluşturulmuş bir modüller sistemidir. Mevzuat hazırlayıcı, düzenlemek istediği bir alanda insan, hayvan sağlığı ve güvenliğini ve çevre korumasını sağlamak üzere bu sektördeki malların özelliklerine ve taşıdıkları risk oranına göre seçtiği bir modülü veya modüller kombinasyonunu ilgili mevzuatın kapsamına alarak uygunluk değerlendirme prosedürlerini belirleyebilmektedir. A'dan H'ye kadar olmak üzere 16 adet modül vardır (Ekonomi Bakanlığı, 2014):

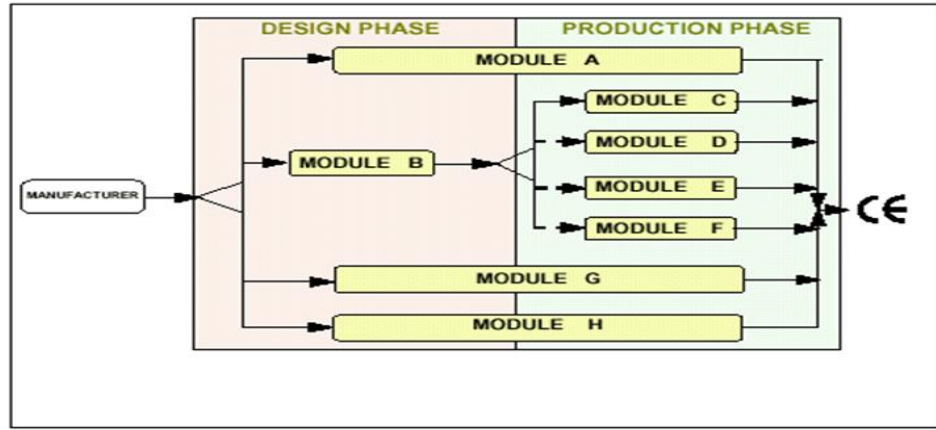
1. Modül A- Üretimin dahili kontrolü
2. Modül A1- Üretimin dahili kontrolü ve denetimli ürün testi

3. Modül A2- Üretimin dahili kontrolü ve ürünün rastgele aralıklarla denetimli muayenesi
4. Modül B- AT tip incelemesi
5. Modül C- Üretimin dahili kontrolüne dayalı tipe uygunluk
6. Modül C1- Üretimin dahili kontrolüne ve denetimli ürün testine dayalı tipe uygunluk
7. Modül C2- Üretimin dahili kontrolü ve ürünün rastgele aralıklarla denetimli muayenesine dayalı tipe uygunluk
8. Modül D- Üretim sürecinin kalite güvencesine dayalı tipe uygunluk
9. Modül D1- Üretim sürecinin kalite güvencesi
10. Modül E- Ürün kalite güvencesine dayalı tipe uygunluk
11. Modül E1- Bitmiş ürün muayenesi ve testinin kalite güvencesi
12. Modül F- Ürün doğrulamasına dayalı tipe uygunluk
13. Modül F1- Ürün doğrulamasına dayalı uygunluk
14. Modül G- Birim doğrulamasına dayalı uygunluk
15. Modül H- Tam kalite güvencesine dayalı uygunluk
16. Modül H1- Tam kalite güvencesi ve tasarım incelemesine dayalı uygunluk

Mevzuat hazırlayıcılar, modüllerden faydalanarak, üreticiye, ürünün teknik düzenlemelere uyduğunu kanıtlamak için, birden fazla alternatif sunabilmektedirler. Ürünün direktifinde, birden fazla modül kombinasyonu bulunmakta ve üretici isterse bunlardan birini, isterse de ürünün Avrupa standardını uygulayabilmektedir.

Şekil 5.1’de uygunluk değerlendirme modülleri arasındaki ilişki görülmektedir. A, G ve H modülleri hem dizayn hem de üretim fazlarında yalnız kullanılırken, B modülü yalnızca dizayn fazında ve üretim fazında olan C, D, E ve F modülleri ile birlikte kullanılmaktadır.

Şekil 5.1. Uygunluk değerlendirme modülleri akış şeması



Kaynak: Avrupa Komisyonu, 2014

Uygunluk modüllerinin demiryolu karşılıklı işletilebilirlik bileşenlerinin (IC) uygunluk değerlendirmesi için ayarlanması gerektiğinden, IC'leri açıklayan TSI'ların her biri aynı zamanda ilgili değerlendirme prosedürlerini de açıklamaktadır. Bunlar ilgili TSI – bölüm 6'da ve genellikle bunlara ayrılmış eklerde açıklanmıştır.

ETCS sistemi söz konusu olduğunda, açıklanan tüm karşılıklı işletilebilirlik bileşenleri şu modüller kullanılarak değerlendirilmektedir (UIC, 2008):

- Modül H (Tasarım muayenesi ile tam kalite değerlendirmesi) veya
- Modül D (Üretim kalite değerlendirmesi) ile birlikte modül B (Tip değerlendirmesi) veya
- Modül F (Ürün doğrulaması) ile birlikte modül B

“Tasarım muayenesi ile tam kalite değerlendirmesi” prensipleri (Modül H)

Bu modül, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenleri tasarımının incelenmesinin ve denetlenmesinin onaylanmış kuruluş vasıtasıyla yapıldığı prosedürü tanımlar ve üretici, söz konusu Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenlerinin TSI gereklerini karşıladığından emin olur ve beyan eder (UIC, 2008).

- Üretici; tasarım, üretim, son ürün muayenesi ve testi için onaylı bir kalite sistemi kullanmalı ve kalite sisteminin onaylanmış kuruluş tarafından değerlendirilmesi için başvuruda bulunmalıdır. Kalite sistemi, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenlerinin TSI gereklerine uyumlu olmasını sağlamalıdır (UIC, 2008).
- Onaylanmış Kuruluş, kalite sisteminin gereklilikleri sağlayıp sağlamadığını belirlemek için kalite sistemini değerlendirmelidir. Kalite sistemiyle ilgili uyumlaştırılmış bir standartın uygulanması durumunda onaylanmış kuruluş kalite sisteminin gerekliliklere uygun olduğunu farzedebilir. Bu uyumlaştırılmış standart EN 9001 – 2000 olabilir (UIC, 2008).
- Onaylanmış Kuruluş başvuruyu incelemeli ve testlerin sonuçlarını değerlendirmelidir. Tasarımın kendisine uygulanan TSI koşullarını karşıladığı durumda onaylanmış kuruluş, başvuru sahibine AT(Avrupa Topluluğu) tasarım inceleme sertifikası vermelidir. Sertifika; inceleme sonuçlarını, geçerlilik şartlarını, onaylanmış tasarımın belirlenmesi için gereken verileri ve uygun olduğu durumda ürünün işleyişinin açıklamasını kapsamalıdır (UIC, 2008).

“AT Tip İncelemesi” prensipleri (Modül B)

Bu modül; onaylanmış kuruluşun, tasarlanan ürünün temsili olan bir tipini, kendisi ile ilgili TSI koşullarını karşılayıp karşılamadığını saptadığı ve beyan ettiği prosedürün parçasını açıklar (UIC, 2008).

- Başvuran kişi kendi seçimine göre NB'nin emrinde olmalıdır, bir numune; tasarlanan ürünün temsili ve bundan böyle 'tip' olarak adlandırılacaktır
- Versiyonlar arasındaki farklılık TSI koşullarını etkilemediği sürece bir tip, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeninin çeşitli versiyonlarını kapsayabilir

NB, aşağıda belirtilenleri yapmalıdır:

- teknik dokümantasyonu incelemek
- test için gereken numunelerin teknik dokümantasyona uyumlu olarak üretildiğini doğrulamak ve tip testlerinin, TSI koşulları ve/veya ilgili Avrupa şartnamelerine göre yapmak.
- TSI’da tasarım değerlendirmesi istendiği durumda, tasarım sürecinin tamamlanmasında karşılıklı işletilebilirlik bileşeninin gerekliliklere uyumunu karşılama kapasitesini değerlendirmek üzere tasarım yöntemlerinin, tasarım araçlarının ve tasarım sonuçlarını incelemek
- TSI’da istendiği durumda, karşılıklı işletilebilirlik bileşeninin üretimi için tasarlanan üretim sürecinin incelemesini yapmak
- ilgili TSI koşullarına uygun bir şekilde tasarlanan elemanları belirlemek
- uygun incelemeleri ve gerekli testleri yapmak
- incelemelerin ve gerekli testlerin nerede yapılacağı konusunda başvuru sahibiyle anlaşmak.

“Üretim kalite değerlendirmesi” prensipleri (Modül D)

Bu modül, üreticinin Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeninin, tip inceleme sertifikasında belirtilen tiplerle uyumlu olduğundan ve bu ürüne uygulanan TSI gereklerini karşıladığından emin olması ve bunu bildirmesi prosedürünü tanımlar(UIC, 2008).

- Üreticinin; üretim, son ürün muayenesi ve testi için onaylı bir kalite sistemi kullanması gerekmektedir. Üretici, söz konusu Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeni için, kendi seçtiği onaylanmış kuruluş ile kalite sisteminin değerlendirmesi için başvuruda bulunması gerekmektedir. Kalite sisteminin, tip inceleme sertifikasında Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeni için belirtilen tip ve kendisine uygulanan TSI gereklerine uyumundan emin olması gerekmektedir (UIC, 2008).
- Onaylanmış kuruluş, kalite yönetim sistemini gerekleri karşılayıp karşılamadığını belirlemek için değerlendirir. Üretici, üretim için kalite sistemini ve uygulandığı karşılıklı işletilebilirlik bileşeni özelliklerini hesaba

katan *EN/ISO 9001- 2000* Standardına göre yapılan son ürün muayenesi ve testini uyguladığı durumda, belirtilen gereklere uyum gösterdiği farz edilir (UIC, 2008).

- Üretici, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeni AT Uygunluk beyanı kaleme almalıdır. Bu deklarasyonun içeriği, en azından *01/16/EC Yönetmeliğinde* belirtilen bilgileri kapsamalıdır (UIC, 2008).

“Ürün doğrulaması” prensipleri (Modül F)

Bu modül; üreticinin, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeninin tip inceleme sertifikasında belirtilen tipe uyumlu olduğunu ve bu ürüne uygulanan TSI gereklerini karşıladığını kontrol edip beyan etmesi prosedürünü tanımlar (UIC, 2008).

- Üretici; üretim sürecinin, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeninin tip inceleme sertifikasında belirtilen tip ile uyumlu olması ve TSI gereklerini karşılaması için gereken tüm önlemleri almalıdır (UIC, 2008).
- Onaylanmış kuruluş; her bir Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenini inceleyerek ve test ederek veya Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşenini istatistiki bazda incelemeye veya teste tabi tutmak suretiyle, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeninin tip inceleme sertifikasında belirtilen tip ile uyumlu olması ve TSI gereklerini karşıladığını kontrol etmek için uygun incelemeleri ve testleri yapmalıdır (UIC, 2008).
- Üretici, Karşılıklı İşletilebilirlik Bileşeni EC Uyumluluk deklarasyonunu kaleme almalıdır
- Bu deklarasyonun içeriği, en azından *96/48/EC, Ek IV Yönetmeliğinde* belirtilen bilgileri kapsamalıdır

Tüm modüller için, üretici, en son karşılıklı işletilebilirlik bileşeni üretildikten sonra 10 yıllık süre boyunca EC Uyumluluk deklarasyonunun bir kopyasını saklı tutmalıdır (UIC, 2008).

Bir bütün olarak kontrol kumanda alt sistemi de, benzer modüller kullanarak alt sistem gereklerine uyması için uyarlanmış bir şekilde uygunluk değerlendirmesine tabi tutulur. Bu modüller sırasıyla SH, SB, SD ve SF olarak adlandırılırlar ve benzer bir şekilde kullanılmaları gerekmektedir. Yani yalnızca SH veya SD kullanılabilir veya SF ile birlikte SB veya SD ile birlikte SD kullanılabilir.

Karşılıklı işletilebilirlik bileşeni söz konusu olduğunda onaylanmış kuruluşun üreticiler tarafından, alt sistem söz konusu olduğunda ise demiryolu şirketleri tarafından seçildiğini bilmek önemlidir. Uygulama projelerine başlangıçtan son kullanıcılara kadar demiryolu işletmecileri, üreticileri, onaylanmış kuruluşlar ve ulusal emniyet makamları dahil edilmesi gerekmektedir(UIC, 2008).

5.2.1. Yeni yaklaşım direktifleri

Yeni Yaklaşım Direktifleri en kısa tanımlamayla CE işareti gerektiren direktifler olarak tanımlanmışlardır. Ancak, Yeni Yaklaşım veya Global Yaklaşım ilkelerine göre hazırlanan fakat CE işareti gerektirmeyen direktifler de bulunmaktadır.

CE İşareti

İlgili CE direktifinin bütün hükümleri ile uyumlu olan ürünler CE işareti taşımak zorundadırlar. Bu yüzden, CE işareti özellikle, ürünün ilgili direktifin gereklerine uygun olduğunu ve ilgili direktifte öngörülen uygunluk değerlendirme prosedürlerinden geçtiğini gösterir. Ayrıca, üye devletler CE işaretini korumak için gerekli bütün önlemleri almak zorundadır. Ülkemizde , 765/2008/EC sayılı direktif ve 768/2008/EC sayılı komisyon kararının uyumlaştırılması ile 23/2/2012 tarih ve 28213 sayılı resmi gazetede “CE İşareti Yönetmeliği” yayımlanmıştır (Ekonomi Bakanlığı, <http://www.ekonomi.gov.tr/avrupabirligi/>, 30.04.2014).

Yeni yaklaşım direktifleri başlıca şu normlara dayanmaktadır:

- Uyumlaştırma temel gereklerle sınırlıdır.
- Yalnızca temel gerekleri taşıyan ürünler piyasaya sürülebilir ve hizmete sokulabilir.
- Referans numaraları Resmi Gazetede yayımlanan ve milli mevzuata aktarılan uyumlaştırılmış standartların eşdeğer düzeydeki temel gereklerle uyumlu olduğu kabul edilir.
- Uyumlaştırılmış standartların ve öteki teknik spesifikasyonların uygulanması isteğe bağlıdır ve üreticiler temel gereklerle uyumluluğu sağlayacak herhangi bir teknik çözümü seçmekte serbesttir.
- Üreticiler, uygulanan direktifte belirtilen farklı uygunluk değerlendirme prosedürleri arasında seçim yapma imkanına sahiptir.

Temel gerekler direktifin eklerinde belirtilir ve direktifin amacına ulaşabilmesi için gerekli olan her şeyi kapsar. Sadece bu temel gereklerle uyumlu olan ürünler piyasaya sürülebilir ve hizmete sokulabilir. Yeni yaklaşım direktiflerinden biri olan 2008/57/EC sayılı Karşılıklı İşletilebilirlik direktifine göre demiryolu sistemini oluşturan alt sistemlere dair temel gerekler Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnamelerinde belirtilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 5.5' te yürürlükte olan 28 adet Yeni Yaklaşım direktifleri görülmektedir (Avrupa Komisyonu, 2014).

Tablo 5.5. Yeni yaklaşım direktifleri

No.	Direktifler	Direktif Numarası ve Değişiklikler
1	Kişisel Koruyucu Donanımlar	89/686/EEC
2	Vücuda Yerleştirilebilir Aktif Tıbbi Cihazlar	90/385/EEC
3	Sıcak Su Kazanları	92/42/EEC
4	Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcılar	93/15/EEC
5	Tıbbi Cihazlar	93/42/EEC
6	Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Ekipmanlar	94/9/EC
7	Gezi Amaçlı Tekneler	94/25/EC
8	Asansörler	95/16/EC
9	Denizcilik Ekipmanı	96/98/EC
10	Basınçlı Ekipmanlar	97/23/EC
11	İn Vitro Diagnostik Tıbbi Cihazlar	98/79/EC
12	Radyo ve Telekomünikasyon Terminal Ekipmanları	99/5/EC
13	Yolcu Taşıma Amaçlı Kablolü Yol Donanımları	2000/9/EC
14	Gürültü Emisyonu	2000/14/EC
15	Ölçü Aletleri	2004/22/EC
16	Elektromanyetik Uyumluluk	2004/108/EC
17	Makinalar	2006/42/EC
18	Alçak Gerilim Cihazları	2006/95/EC
19	Proteknik Artikeller	2007/23/EC
20	Topluluk içindeki Demiryolu Sisteminin Karşılıklı İşletilebilirliği	2008/57/EC
21	Otomatik Olmayan Tartı Aletleri	2009/23/EC
22	Oyuncakların Emniyeti	2009/48/EC
23	Basit Basınçlı Kaplar	2009/105/EC
24	Gaz Yakan Aletler	2009/1427/EC
25	Taşınabilir Basınçlı Ekipman	2010/35/EU
26	Yapı Malzemeleri	305/2011/EU
27	Elektronik Yol Geçiş Sistemlerinin Karşılıklı İşletilebilirliği	2009/750/EC
28	Avrupa Hava Trafik Yönetim Ağının Karşılıklı İşletilebilirliği	552/2004/EC

Kaynak: <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>, 07.05.2014

Yukarıdaki yeni yaklaşım direktiflerinden 96/98/EC sayılı Denizcilik Ekipmanı Direktifi, 2008/57/EC sayılı Topluluk İçindeki Demiryolu Sisteminin Karşılıklı İşletilebilirlik Direktifi, 2009/570/EC sayılı Elektronik Yol Geçiş Sistemlerinin Karşılıklı İşletilebilirliği direktifi, 552/2004/EC sayılı Avrupa Hava Trafik Yönetim Ağının Karşılıklı İşletilebilirliği direktifi CE işareti öngörmeyen direktiflerdir. Bu direktiflerin dışında kalan tüm Yeni Yaklaşım direktifleri CE direktifleri olarak tanımlanabilir.

5.2.2. Yeni yaklaşım direktiflerinin uyumlaştırılması

- Yeni Yaklaşım Direktifleri tam uyum direktifleridir: Bu direktiflerin hükümleri bu konudaki bütün ulusal hükümlerin yerini alırlar.
- Yeni Yaklaşım Direktifleri, bu direktifleri ulusal mevzuatları ile uygun biçimde uyumlaştırmakla yükümlü olan üye devletlere yöneliktir.
- Direktifi uyumlaştıran ulusal yasalar, düzenlemeler ve idari hükümler söz konusu direktife bir atıf içermelidirler veya resmi yayınlarında bir atıfa yer verilmelidir.
- Bir direktifi uyumlaştırmak amacıyla kabul edilen ve yayımlanan ulusal yasalar, düzenlemeler veya idari hükümler Komisyona bildirilmelidir.

Yeni Yaklaşım Direktifleri ticarete engelleri kaldırmak amacıyla üye devletlerin hukuklarını yakınlaştırırlar. Yeni Yaklaşım Direktiflerinin toptan uyumlaştırma direktifi olmalarından dolayı üye devletler bununla çatışan bütün ulusal mevzuatlarını yürürlükten kaldırmaları mecburidir. Ancak; bir istisna olarak, yeni yaklaşım direktiflerinin kapsamına giren alanlarda ek ulusal gerekler getirmek AT Anlaşmasının 28 inci ve 30 uncu maddelerine göre kabul edilebilir bir durumdur (Avrupa Komisyonu, 2014)

AT Anlaşmasının 249 uncu maddesine göre, kendi seçecekleri yöntemde serbest olmak şartıyla direktifler amaçlanan sonuca varacak şekilde üye devletleri bağlayıcıdır. Avrupa Birliği Adalet Divanının içtihat hukuku bu yükümlülüğün

içeriğini ve uygunsuzluğun bulunduğu hallerde alınması mümkün olan önlemleri açıklamaktadır.

Direktifle uyumu sağlamak için hangi düzenlemelerin kabul edileceği ve yayımlanacağına karar vermek üye devletlere bırakılmaktadır. Ancak, üye devletler meşru durumlarda anlaşılabilirlik ve kesinlik gereklerini tam olarak sağlayacak bir şekilde direktifi uyumlaştırmak için münasip olan uygulamaya ait düzenlemeleri yapmak zorundadır. Bu muhakkak surette direktifin bütün hükümleri için bir yasama faaliyetinin yapılmasını gerektirmez (Avrupa Komisyonu, 2014).

Bir direktifi, bu amaçla belirlenen süre zarfında, amaçladığı sonuçlara erişecek şekilde uyumlaştırmak için gerekli tedbirleri almama yahut alınan tedbirlerin başarısız kalması Topluluk hukukunun bir ihlalini oluşturur. AT Anlaşmasının 226 ncı maddesine göre, Komisyon, Anlaşma çerçevesindeki yükümlülüğünü yerine getirmede yetersiz kalan bir üye devlete karşı gerekli önlemleri alabilir. Ayrıca, 228 inci maddeye göre üye devletlerin Adalet Divanı kararlarına uygunluğun sağlanması için gerekli tedbirleri almaları gerekmektedir (Avrupa Komisyonu, 2014).

Üye Devletler, Topluluk Hukukundan sapmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan zararları telafi etmekle yükümlüdür. Bu yükümlülük şu üç koşulun gerçekleştiği yerde söz konusudur: ihlal edilen hukuk kuralı kişilere haklar vermek amacıyla tasarlanmış olmalı, hukuka riayetsizlik yeterince ciddi olmalı ve üye devletten kaynaklanan riayetsizlik ile hakkı ihlal edilen tarafın zararı arasında bir nedensellik bağı bulunmalıdır. İlgili direktifte belirlenen süre zarfında direktifi uyumlaştırmak için yapılan düzenelemlerdeki yetersizlik ciddi ihlallere yol açacaktır (Avrupa Komisyonu, 2014).

Ülkemiz, Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde Yeni Yaklaşım direktiflerinin uyumlaştırılmasını 2007-2013 AB Müktesebatına Uyum Programına dahil etmiştir. AB üye ülkelerdeki yeni yaklaşım direktiflerinin uyumlaştırılması esnasındaki yukarıda tanımlanan gereklilikler ve prosedürler ülkemiz için de geçerlidir.

5.3. Onaylanmış Kuruluşlar (Notified Body)

Yeni yaklaşım direktifleri doğrultusunda; ürünlerin test, muayene ve/veya belgelendirmesini yapmak üzere AB üyesi ülkeler tarafından altyapısı yeterli görülen test, muayene ve/veya belgelendirme kuruluşları arasından seçilerek AB Resmi Gazetesinde yayımlanan kuruluşlar, onaylanmış kuruluş (notified body) statüsünü almaktadır. üye ülkelerce belirlenen onaylanmış kuruluşların listesi Avrupa Birliği Komisyonuna gönderilmekte ve diğer üye ülkelere duyurulması amacıyla bu listeler AB Resmi Gazetesinde yayımlanmaktadır. Resmi Gazetede yayımlanıp onaylanmış kuruluş numarası alan bu uygunluk değerlendirme kuruluşları NANDO(New Approach Notified and Designated Organisations) web sitesinde ilgili ülke altında yetkilendirildikleri yeni yaklaşım direktifleriyle yerini alır. Bu kuruluşların teknik açıdan yetkin olmaları gerekmektedir (Avrupa Komisyonu, 2014)..

Aday ülke olmasına rağmen Türkiye de 2006/654/EC sayılı komisyon kararıyla Türkiye’de faaliyet gösteren Uygunluk Değerlendirme Kuruluşlarını uyumlaştırılan Yeni Yaklaşım direktifleri çerçevesinde Onaylanmış Kuruluş olarak yetkilendirebilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2014).

5.3.1. Onaylanmış kuruluş bildirim kuralları

- Onaylanmış Kuruluşlar, üçüncü bir taraf gerektiğinde, ilgili direktiflerde atıfta bulunulan uygunluk değerlendirme prosedürleri ile ilgili görevleri yerine getirir.
- Üye devletler bu kuruluşların bildirilmelerinden sorumludur. Kendi yetki alanına girenlerden 93/465/EEC sayılı Karardaki ilkelere ve Direktiflerin temel gereklerine uygunluk gösteren kuruluşları seçerler.
- Onaylanma talep eden kuruluşun değerlendirilmesi, bu kuruluşun söz konusu uygunluk değerlendirme prosedürlerini gerçekleştirme konusunda kabiliyete ve teknik yeterlilik ile yeterli düzeyde bağımsızlığa, tutarlılığa ve dürüstlüğe sahip olup olmadığı hususlarını belirler. Bundan da öte

onaylanmış kuruluşun kifayeti, belirli aralıklarla ve akreditasyon kuruluşlarınca tesis edilen uygulamalar çerçevesinde gerçekleştirilen gözetimlere tabidir.

- EN 45000 serisi standartlar ve akreditasyon ilgili direktiflerin gereklerine uygunluğu tesis etmeye yardım eden önemli araçlardır.

Onaylanmış Kuruluşların kamu yararı ile ilgili olarak sorumlulukları bulunmaktadır. Bu nedenle yetkili ulusal otoritelere hesap verebilir durumda olmalıdır. Seçilebilir bir kuruluş olmak için üye devlet sınırlarında hukuki bir varlığı bulunmalıdır ve o ülkenin hukuki yetki alanına girmelidir. Üye devletler direktiflerdeki ve 93/465/EEC sayılı karardaki gereklere uygun olan bir kuruluşun bildirilmesine veya bildirilmemesine karar vermekte serbesttir (Avrupa Komisyonu, 2014).

Bildirim üye devletlerin insiyatifinde olduğundan Topluluk hukukuna göre teknik açıdan yeterlilik gösteren bütün kuruluşları bildirmek zorunda değildirler. Ayrıca, üye devletler, bir direktife göre uygulanacak olan her prosedür ile ilgili kuruluşları bildirmek zorunda değildir. Öyle olsa bile, bir direktifin getirdiği uygunluk değerlendirme prosedürlerinden birisine tabi tutulan ve bir başka ülkenin bir onaylanmış kuruluşu tarafından belgelendirilen ürünlerin piyasaya arzını yasaklayamaz. Bu, direktifte tesis edilen her uygunluk değerlendirme prosedürünün üye devletler tarafından kendi iç mevzuatlarına aktarılması yükümlülüğü bulunmasından dolayıdır (Avrupa Komisyonu, 2014).

Üye devletlerin, onaylanmış kuruluşların yeterlilikleri bakımından öteki üye devletlere ve Topluluk kuruluşlarına karşı nihai sorumlulukları bulunmaktadır. Bu yüzden, devletler onaylanmış kuruluş statüsü almaya çalışan kuruluşların yeterliliğini doğrulamak zorundadırlar. Bu, ilgili direktiflerdeki temel gereklerle ve söz konusu uygunluk değerlendirme prosedürleri ile ilgili olarak belirtilen kriterlere dayandırılmalıdır. Genel olarak, direktiflerde belirtilen yeterlilik kriterleri şunları kapsar (Avrupa Komisyonu, 2014):

- personel ve ekipman yeterliliği
- üründen doğrudan veya dolaylı olarak bağımsızlık ve tarafsızlık (tasarımcı, üretici, üreticinin yetkili temsilcisi, tedarikçi, montajcı, kullanıcı gibi konumlarda bulunamamak)
- ürün ve söz konusu uygunluk değerlendirme prosedürleri ile ilgili personelin teknik açıdan yeterliliği
- mesleki dürüstlük ve gizliliğin sağlanması
- sorumluluk ulusal hukuka göre ilgili devlet tarafından karşılanmadığı sürece genel sorumluluk sigortası yaptırılması

Onaylanmış kuruluş statüsü elde etmek isteyen kuruluşun değerlendirilmesi, bu kuruluşun gerekleri yerine getirip getirmediğini tayin edecektir. EN 45000 serisi standartlara göre akreditasyon, onaylamanın teknik kısmına destek olmakta ve zorunlu olmamasına rağmen, onaylanacak kuruluşların yeterlilik, yansızlık ve dürüstlüklerini değerlendirmede önemli bir araç olma hususiyetini devam ettirmektedir. Ayrıca, akreditasyon ulusal onay kuruluşları tarafından onay için gerekli olan kriterler arasındaki farklılıkları azaltmak için, yapılan değerlendirmelerde en uygun teknik esas olarak görülmelidir. Bir başka üye devlette yerleşik olan bir yetkili akreditasyon kuruluşu tarafından gerçekleştirilen değerlendirmelerin göz önüne alınıp alınmayacağına karar vermek görevlendirmeyi yapacak olan üye devletin inisiyatifindedir (Avrupa Komisyonu, 2014).

EN 45000 serisi standartlar belgelendirme kuruluşları, test laboratuvarları, muayene kuruluşları ve akreditasyon kuruluşları gibi çeşitli uygunluk değerlendirme kuruluşlarını kapsamaktadır (Tablo 5.6). Kuruluşun kendisini bir laboratuvar, bir belgelendirme kuruluşu veya bir muayene kuruluşu olarak adlandırmasının, uygunluk değerlendirme prosedürlerindeki görevlerini gerçekleştirdiği ve işini bağımsız ve tarafsız bir şekilde yapabilecek teknik yeterliliğe sahip olduğu sürece bir önemi yoktur (Avrupa Komisyonu, 2014).

Tablo 5.6. Onaylanmış kuruluşlarla ilgili olarak EN 45000 serisi standartlar

	Belgelendirme Kuruluşları	Test Laboratuvarları	Muayene Kuruluşları
Akreditasyon Kuruluşları için kriter	EN 45010	EN 45002 EN 45003	EN 45010
Akreditasyon ve değerlendirme kriteri	EN 45010	EN 45002 EN 45003	EN 45010
Çalışma kriterleri	EN 45011 EN 45012 EN 45013	EN 45001	EN 45004

Kaynak: Avrupa Komisyonu, 2014

EN 45000 serisi standartlar genel olarak, kuruluşun organizasyon ve yönetimini kapsayan bir parça ile kuruluşun çalışması ile ilgili olan teknik gerekleri kapsayan bir parçadan oluşmaktadır. Bu standartlar, uygunluk değerlendirme kuruluşlarının güvenilirlik ve iş yapabilme kapasitelerini temin için her iki parçaya da ihtiyaç duyulduğundan, tamamlayıcı bir bütün olarak görülmelidir. Onaylanmış Kuruluş statüsü elde etmeye çalışan kuruluşların yeterliliğini değerlendirmek için gerekli standartlar EN 45001, 45002, EN 45011 ve 45012 dir (Tablo 5.7).

Tablo 5.7. Her modül için ilgili EN 45000 serisi standartlar

Modül	İlgili EN 45000 Standartları
Aa1, Aa2	EN 45001 (+uygunluğu değerlendirebilme ve uygunluk kararı verebilme), veya EN 45004 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için), veya EN 45011 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için)
B	EN 45004 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için), veya EN 45011 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için)
Cbis1, Cbis2	EN 45001 (+uygunluğu değerlendirebilme ve uygunluk kararı verebilme), veya EN 45004 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için), veya EN 45011 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için)
D, Dbis	EN 45012 (+ürünle ilgili bilgiler)
E, Ebis	EN 45012 (+ürünle ilgili bilgiler)
F, Fbis	EN 45001 (+uygunluğu değerlendirebilme ve uygunluk kararı verebilme), veya EN 45004 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için), veya EN 45011 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için)
G	EN 45004 (EN 45001 gerekli testlerin yapılması için), veya EN 45011 ((EN 45001 gerekli testlerin yapılması için)
H	EN 45012 (+ürünle ilgili bilgiler)
Hbis	EN 45012 + EN 45004 veya EN 45011

Kaynak: Avrupa Komisyonu, 2014

Onaylanmış Kuruluş statüsü elde etmeye çalışan kuruluşun teknolojik bilgisinin ve tecrübesinin ve özel teknik spesifikasyonlar veya genel amaçlar hususunda değerlendirme ve doğrulama yapma kapasitesinin veya söz konusu direktife uygun olan performans gereklerinin belirlenmesi zaruridir (Avrupa Komisyonu, 2014).

İlgili EN 45000 serisi standarda uygunluk onaylanmış kuruluş tarafında direktifin gereklerine bir uygunluk varsayımı unsuru oluşturmaktadır fakat bu her zaman direktif kapsamı içerisinde teknik yeterlilik sergilenmeksizin kendi içinde yeterli olmamaktadır. Eğer ilgili EN 45000 serisi standarda göre yeterlilik değerlendirmesi

bir uygunluk varsayımı sağlamak içinse, spesifik EN 45000 serisi standartlardaki kriter direktife göre gerçekleştirilecek olan özel görevlerle ilgili olmalıdır. Sonuç olarak, söz konusu ürünlerle ve uygunluk değerlendirme prosedürleri hakkında bilgi sahibi olunması, uygulanan teknoloji ve standartların isteğe bağlı olma özelliği gibi unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır. Ürün konusunda bilgi sahibi olma koşulunun aranması, özellikle bir kalite sistemi (D, E, H modülleri ve varyantları) içeren uygunluk değerlendirme prosedürleri bakımından önemlidir çünkü kalite sistemi söz konusu ürünün ilgili direktifin temel gereklerini karşılamasını temin etmelidir (Avrupa Komisyonu, 2014).

Bir onaylanmış kuruluşun farklı modüllere göre uygunluk değerlendirmesi yürüttüğü durumlarda EN 45000 serisi standartların birkaçının uygulanması ihtiyacı duyulabilir. Bu, standartlar gibi modüllerin de farklı teknik faaliyetlerle ilişkili olması nedeniyle oluşan bir durumdur. Bununla birlikte, asıl amacın daima tutarlılığı ve güvenilirliği sağlamak olması nedeniyle, bu kuruluşlar için yönetim gereklerine ilişkin olarak uygulanabilir her standarda göre bütün bir değerlendirme veya yeniden değerlendirme gerekli değildir. Bu nedenle, bir bütün olarak yönetim gerekleri, farklı olarak formüle edilseler bile EN 45000 standartları içerisinde ortak bir unsur olarak değerlendirilebilir. Teknik yeterliliğin belirlenmesi amacıyla, değerlendirilmenin her ilgili standart temelinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Avrupa Komisyonu, 2014).

Onaylanmış kuruluşların değerlendirilmesine ilişkin olarak üye devletler arasında güvenin tesisi ve sürdürülmesi amacıyla, sadece aynı değerlendirme kriterlerinin uygulanması değil, aynı zamanda onaylanmış kuruluşların değerlendirilmesini yapan kuruluşların bu yeterliliğe sahip olmaları, eşdeğer bir kabiliyet sergileyebilmeleri ve aynı kriterlere göre faaliyet göstermeleri önem taşımaktadır. Bu gerekler EN 45003 ve EN 45010 içerisinde oratya konulmuştur. Birçok üye devlet ulusal akreditasyon kuruluşu, bu standartlardaki gerekleri tamamlamış ve buna göre faaliyet göstermekte olup, akreditasyon sonuçlarının karşılıklı tanınması amacıyla birbirlerini değerlendirme metodolojisi tesis etmiş bulunmaktadır. Birbirlerini değerlendirme metodolojisi, ulusal akreditasyon kuruluşlarının aynı temel üzerinde ve aynı

gereklere göre faaliyet gösterdiklerini güvence altına alacak ve böylece bunların akredite ettiği veya değerlendirdiği kuruluşların da aynı kriterlere ve kurallara uygun faaliyet göstermesini ve aynı yeterlilik düzeyinde olmalarını sağlayacaktır (Avrupa Komisyonu, 2014).

Üye devletler, onaylanmış kuruluşların yeterliliklerini her zaman koruduklarını ve onaylandıkları sahaya ilgili faaliyetlerini gerçekleştirme kabiliyetine sahip olduklarını temin etme sorumluluğu altındadırlar. Bu amaca yönelik araçları ve metodları seçmek üye devletlere aittir. Bununla birlikte, akreditasyon kuruluşları tarafından geliştirilen gözetim ve yeniden değerlemeye ilişkin sistem takip edilmelidir. Üye devletler, bir kuruluşu sınırlı bir süre için onaylanmış kuruluş olarak bildirmeye ve daha sonra bildirim yenilemeye karar verebilirler (Avrupa Komisyonu, 2014).

Komisyon onaylanmış kuruluşların teknik yeterliliklerini kontrol etmez veya ettirmez. Bununla birlikte, şayet üye devletler EN45000 serisi standartlara uyumlu olduklarını ispat edemeyen kuruluşları onaylanmış kuruluş olarak bildirirlerse, kendilerinden Komisyona ve diğer üye devletlere bildirim hangi esaslar üzerinden yapıldığını gösteren uygun destekleyici belgeler sağlamaları talep edilebilir (Avrupa Komisyonu, 2014).

5.3.2. Onaylanmış kuruluşlar ve uygunluk değerlendirme

- Onaylanmış kuruluşun öncelikli görevi, direktiflerde tayin edilen şartlarda uygunluk değerlendirme hizmetleri sağlamaktır. Bu imalatçılara kamu menfaatleri alanında sağlanan bir hizmettir.
- Onaylanmış kuruluşlar, onay aldıkları kapsam içinde kalmak üzere, Topluluk içinde veya haricinde yerleşik herhangi bir ekonomik faaliyet içerisinde bulunan kişi veya kuruluşa uygunluk değerlendirme hizmeti verebilirler. Bu faaliyetleri diğer üye devletlerin veya üçüncü ülkelerin topraklarında da gerçekleştirebilirler.

- İmalatçılar, uygulanacak direktife göre sözkonusu uygunluk değerlendirmesi prosedürünü gerçekleştirmek üzere tayin edilmiş herhangi bir onaylanmış kuruluşu tercih edebilirler.

Onaylanmış kuruluşlar, temel gereklere uyumu değerlendirmek ve bu gereklerin ilgili direktiflerde belirtilmiş prosedürlere göre teknik uygulamasının yapıldığını güvence altına almak üzere tayin edilmişlerdir. Onaylanmış kuruluşlar, uygunluk değerlendirmesine ilişkin teknik ve idari görevlerini gerçekleştirmelerini mümkün kılacak uygun tesislere sahip olmalıdırlar. Aynı zamanda sağladıkları bu hizmetleri uygun kalite kontrol prosedürlerine tabi tutmalıdırlar (Avrupa Komisyonu, 2014).

Uygunluk değerlendirme prosedürü, sistemin uyumunu ve imalatçının üstünde kalması gereken sorumlulukları sorgulamadan, modüllere ayrılmıştır. Bu durum, onaylanmış kuruluşun bir veya birden fazla modüle göre uygunluk değerlendirmesini gerçekleştirmeye ve bu sorumluluğu almaya yeterli olması anlamına gelmektedir. Buna göre, onaylanmış kuruluş bir modülün belli bir kısmı için bildirilemez. Örneğin, Hbis modülüne ilişkin olarak bir onaylanmış kuruluş sadece dizayn safhasıyla ilgili olarak bildirilemez. D, E, ve H modülleri veya bunların varyantları için onaylanmış olan bir kuruluş, sadece ilgili olan kalite sistemlerine ilişkin yönlerle değil, ürüne ilişkin gereklerle ilgili sorumluluğu da üstüne alabilmelidir. Her iki halde de onaylanmış kuruluş için belli kısımlarını taşeronla yaptırabilir.

Birden çok uygunluk değerlendirme prosedürüne göre hizmet sunmak isteyen bir onaylanmış kuruluş, bu görevlerin zorunlu kıldığı gerekleri karşılamalı ve bu durum her bir farklı prosedür gereği için değerlendirilmelidir.

Onaylanmış kuruluşlar, uygunluk değerlendirme işlemlerinin ve belge düzenlemelerinin gözden geçirme sürecine tabi olabilmek için uygun yapılara ve prosedürlere sahip olacaklardır. İlgili prosedürler özellikle, belgelerin askıya alınması ve geri çekilmesi, düzeltici tedbirler alması amacıyla imalatçıya yönelecek

talepler ve yetkili otoriteye rapor vermeye ilişkin yükümlülükleri ve sorumlulukları kapsamalıdır (Avrupa Komisyonu, 2014).

Kamu menfaati sahasında belirli sorumluluklar taşımanın yanında, Onaylanmış kuruluşlar kendilerini endüstriye hizmet arz eden kuruluşlar olarak görmelidirler. Bu nedenle, söz konusu olan direktife ilişkin malumatı imalatçıya ve onun yetkili temsilcisine sağlamalı, uygunluk değerlendirmesi prosedürlerini taraflara gereksiz yük oluşturmayacak şekilde uygulamalı ve ilave bir değer katmayacak fazladan belgeleme ve işaretleme hizmeti teklif etmekten kaçınmalıdırlar (Avrupa Komisyonu, 2014).

Onaylanmış kuruluşun bildirimde bulunan üye devletin toprakları üzerinde kurulu olmak mecburiyeti bulunmakla beraber, üye devletin ve hatta Topluluğun haricinde faaliyetleri veya personeli bulunabilir. Bununla beraber belgeler daima onaylanmış kuruluş adına ve tarafından düzenlenir. Onaylanmış kuruluşun, değerlendirme fonksiyonlarını tayin edici üye devletin hukuki yetki sahasında gerçekleştirmesi zarureti bulunduğundan bu kuruluş, kendisinin bütün faaliyetlerinin sorumluluğunu üzerine almak zorunda olduğu için, bildirimde bulunan ulusal otoriteyi, bilgilendirmek durumundadır. Şayet izleme mümkün görülüyorsa, bildirimde bulunan ulusal otorite gerekli görüldükçe onaylamanın kapsamını sınırlandırabilir veya onaylamayı geri çekebilir (Avrupa Komisyonu, 2014).

5.3.3. 2008/57/EC sayılı demiryolu karşılıklı işletilebilirlik direktifine göre onaylanmış kuruluşların yetkilendirilmeleri

Demiryollarında karşılıklı işletilebilirlik bileşenlerinin veya alt sistemlerin kontrol, test ve AB TSI'larına uygunluk değerlendirmesi vb. işlemler, Ulusal Emniyet Otoriteleri (NSA) ya da bu otoritelerce yetkilendirilmiş Onaylanmış Kuruluş (Notified Body) 'lar tarafından gerçekleştirilir. Türkiye için demiryollarında Ulusal Emniyet Otoritesi, Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğüdür.

5.3.4. Avrupa Birliğinde ve Türkiye'deki yetkilendirme süreçlerinin karşılaştırılması

A. AB'deki uygulama:

Avrupa Komisyonundan çıkan her yeni yaklaşım direktif AB üyesi ülkeler için uygulama zorunluluğu ihtiva ettiğinden direktiflerin Ulusal Mevzuat olarak her üye ülkede uyumlaştırılması mecburidir. Durum böyle olunca Avrupa'da Onaylanmış Kuruluş (Notified Body) olmak isteyen bir şirket kendini, ulusal mevzuat bazında herhangi bir sınırlama olmadığı sürece, seçeceği Avrupa Birliği üyesi ülkedeki Akreditasyon kurumundan ilgili standartlara göre akredite ettirebilir. Akreditasyonunu alan şirket kurulduğu AB üye ülkesinin Notifikasyon Otoritesine Başvurarak kendini onaylanmış kurum ilan ettirip NANDO listesine girebilir. Onaylanmış Kuruluşun bildirimde bulunan üye devletin toprakları üzerinde kurulu olma mecburiyeti vardır.

Bir önemli konu da Bildirim Otoriteleri konusundadır. Aşağıdaki Tablo 5.8'de, AB ülkelerinde yer alan Bildirim Otoriteleri sayıları verilmiştir:

Tablo 5.8. Ülkeler bazında bildirim otoriteleri sayıları

Ülkeler ve Notifikasyon Otoriteleri Sayısı					
Almanya	10	Finlandiya	1	Güney Kıbrıs	4
Avusturya	12	Fransa	20	Macaristan	7
Belçika	10	Hırvatistan	5	Norveç	7
Bulgaristan	4	Hollanda	11	Portekiz	8
Çek Cumhuriyeti	3	İngiltere	11	Romanya	6
Danimarka	10	İspanya	10	Slovakya	3
Estonya	1	İrlanda	7	Yunanistan	5
İzlanda	3	Liechtenstein	1	Malta	1
İtalya	1	Litvanya	1	Polonya	1
Letonya	1	Lüksemburg	1	İsveç	1
İsviçre	1	Yeni Zellanda(MRA)	1	Avustralya(MRA)	3
Japonya(MRA)	1	ABD (MRA)	1	Türkiye	1

Kaynak: <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>, 07.05.2014

Tabloda da görüldüğü gibi, AB ülkelerinde notifikasyon otoritelerinin sayısının ülkeden ülkeye değişiklik arz ettiğini görmekteyiz. Bu sayısal farklılığa yol açan etmenler ise, sektörel bazda ayrışma ve politik kararlardır. Örneğin, Danimarka’da aşağıdaki Tablo 5.9’ daki görev alanlarında 10 adet bildirim otoritesi bulunmaktadır.

Tablo 5.9. Danimarka bildirim otoriteleri

Otoritenin Adı	Çalışma(Görev) Alanı
Çalışma Ortamı Otoritesi	Kişisel koruma, patlayıcı ortamda kullanılan ekipman, asansörler, basınçlı ekipmanlar, makine aksamı, basit basınçlı kaplar, gaz yakan aletler, taşınabilir basınç ekipmanı (Tehlikeli madde taşınmasında kullanılan ekipman)
Akreditasyon ve Ölçü Bilimi Fonu	Yapı malzemeleri
İş Otoritesi	Elektromanyetik uyumluluk, radyo ve haberleşme ekipmanları
Girişim ve Yapım İşleri Ulusal Ajansı	İnşaat malzemeleri
İlaç ve Eczacılık Ajansı	Vücuda yerleştirilebilir tıbbi cihazlar, tıbbi cihazlar, tıbbi tanı cihazları
Çevre Koruma Ajansı	Sivil amaçlı kullanılan patlayıcılar, dışarıda kullanılan ekipman sonucu oluşan gürültü emisyonu
Enerji Ajans	Sıcak su kazanları
Emniyet Teknolojileri Ajansı	Ölçü aletleri, düşük voltaj, otomatik olmayan tartı aletleri, oyuncak emniyeti, gaz yakan aletler
Denizcilik Otoritesi	Gezi tekneleri, denizcilik ekipmanları
Toplu Taşıma Otoritesi	Demiryollarında karşılıklı işletilebilirlik

Ülkemizde ise notifikasyon otoritesi görevi 15/01/1997 tarih ve 9196 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla Dış Ticaret Müsteşarlığına verilmiştir. Dış Ticaret Müsteşarlığının 2011 yılında lağvedilmesi sebebiyle bu görevi Ekonomi Bakanlığı bünyesinde Ürün Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğü yürütmektedir.

B. Türkiye'deki uygulama:

Türkiye, AB üyesi olmadığından, süreç aşağıdaki gibi farklı işlemektedir:

- 2008/57/EC sayılı Yeni Yaklaşım Direktifinin Ulusal Mevzuat olarak uyumlaştırılması
- Mevzuatın İngilizceye çevrilmesi ve Ekonomi Bakanlığı aracılığıyla uyum değerlendirmesi için AB Komisyonuna sunulması
- Bu mevzuat uyum değerlendirmesinden geçtiği takdirde, direktif olarak NANDO LİSTESİ sayfasında Bildirim Otoritesinin faaliyet alanları arasına eklenir. Şu an Türkiye için Bildirim Otoritesi Ekonomi Bakanlığı-Ürün Güvenliği Ve Denetimi Genel Müdürlüğü'dür ve 21 farklı direktifte faaldir.
- Böylece Yeni Yaklaşım Direktifine göre Akreditasyonun önü açılmış olur.

Örneğin demiryolu sektöründe Onaylanmış Kuruluş(Notified Body) olmak isteyen yerli bir şirket, kendisini TÜRKAK tarafından Karşılıklı İşletilebilirlik yönetmeliğinde (2008/57/EC direktifi) belirtilen çerçevede akredite ettirdikten sonra Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü'ne(DDGM) başvurusunu yapar. DDGM'nin uygun bulması halinde, şirket Bildirim Otoritesi olan Ürün Denetim ve Güvenliği Genel Müdürlüğüne AB Komisyonu'na bildirilir.

Komisyonun onayından geçen şirket AB resmi gazetesinde yayımlandıktan sonra NANDO LİSTE'sinde ilgili mevzuatın altında Onaylanmış Kuruluş olarak ilan edilir.

Komisyon tarafından No-Bo kimlik numarası tahsis edilen ve görevlendirme kapsamı NANDO'da yayımlanan şirketin görevlendirilmesine dair Tebliğin Ulaştırma ,Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığınca Resmi Gazetede yayımlanmasıyla şirket ilgili teknik düzenleme (2008/57/EC) kapsamında NoBo statüsü elde eder.

Yerli No-Bo için 2008/57/EC direktifinin ulusal mevzuat olarak yayınlanması mecburidir. Fakat Akreditasyon zorunlu değildir. Eğer akreditasyonu olmayan bir şirketin veya kuruluşun görevlendirilmesine DDGM tarafından karar verilirse bu şirket veya kuruluşun yetkinliğinin 2008/57/EC 'deki teknik düzenleme kapsamında doğrulanmasını temin edecek nitelikteki kanıt ve belgeleri ile görevlendirmede göz önünde bulundurulan geçerli gerekçeleri içeren resmi bir açıklama gerektiğinde Avrupa Komisyonuna gönderilmek üzere Ekonomi Bakanlığına iletilir.

Komisyon bildirim tarihinden itibaren, NoBo adayının yeterliliğinin değerlendirilmesinde akreditasyon belgesi kullanılmış ise 2 hafta, kullanılmamış ise 2 aylık bir süre içinde Komisyon veya AB üye devletler NoBo adayının yeterliliği için ek bilgi isteyebilir veya itirazda bulunabilir.

5.3.5. Türkiye'nin onaylanmış kuruluş atayabildiği yeni yaklaşım direktifleri

Şu anda yürürlükte olan 28 adet Yeni yaklaşım direktifi olduğu ve Onaylanmış Kuruluş atama sürecinde ilgili direktifin Ulusal Mevzuat olarak uyumlaştırılmasının zorunlu olduğu yukarıdaki bölümlerde anlatılmıştı.

NANDO (New approach notified and designated organisations) web sitesinde Türkiye'nin Bildirim Otoritesinin altında aşağıdaki Tablo 5.10'da belirtilen 21 adet direktif uyumlaştırılmıştır ve bu direktiflere göre Türkiye'nin atadığı Onaylanmış Kuruluşlar mevcuttur.

Tablo 5.10: Uyumlaştırılmış direktifler

Direktif No.	Direktifin Adı	Direktif No.	Direktifin Adı
89/686/EEC	Kişisel Koruyucu Donanımlar	2000/9/EC	Yolcu Taşıma Amaçlı Kablolulu Yol Donanımları
90/385/EEC	Vücuda Yerleştirilebilir Aktif Tıbbi Cihazlar	2000/14/EC	Gürültü Emisyonu
92/42/EEC	Sıcak Su Kazanları	2004/22/EC	Ölçü Aletleri
93/15/EEC	Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcılar	2004/108/EC	Elektromanyetik Uyumluluk
93/42/EEC	Tıbbi Cihazlar	2006/42/EC	Makinalar
94/9/EC	Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Ekipmanlar	2006/95/EC	Alçak Gerilim Cihazları
94/25/EC	Gezi Amaçlı Tekneler	2009/23/EC	Otomatik Olmayan Tartı Aletleri
95/16/EC	Asansörler	2009/105/EC	Basit Basınçlı Kaplar
97/23/EC	Basınçlı Ekipmanlar	2009/142/EC	Gaz Yakan Aletler
98/79/EC	İn Vitro Diagnostik Tıbbi Cihazlar	Regulation (EU) 305/2011	Yapı Malzemeleri
99/5/EC	Radyo ve Telekomünikasyon Terminal Ekipmanları		

Kaynak: <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>, 07.05.2014

Bu direktiflerin yanı sıra aşağıdaki Tablo 5.11’de gösterilen 7 direktif kapsamında ülkemiz halen Onaylanmış Kuruluş atayamamaktadır.

Tablo 5.11. Uyumlaştırılmamış direktifler

Direktif No.	Direktif Adı
96/98/EC	Denizcilik Ekipmanı
97/23/EC	Piroteknik Ürünler
2008/57/EC	Topluluk içindeki Demiryolu Sisteminin Karşılıklı İşletilebilirliği
2009/48/EC	Oyuncakların Emniyeti
2010/35/EU	Taşınabilir Basınçlı Ekipman
2009/750/EC	Elektronik Yol Geçiş Sistemlerinin Karşılıklı İşletilebilirliği
552/2004/EC	Avrupa Hava Trafik Yönetim Ağının Karşılıklı İşletilebilirliği

Kaynak: <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>, 07.05.2014

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere uyumlaştırılmayan direktiflerden 96/98/EC, 2008/57/EC, 2009/750/EC, 552/2004/EC sayılı direktif ve kararlar Ulaştırma sektörüyle direkt, 2010/35/EC sayılı direktif ise tehlikeli mal ve maddelerin taşınmasında kullanılan Taşınabilir Basınçlı Ekipmanı ilgilendirdiği için dolaylı olarak ilgilidir.

Yukarıdaki Uyumlaştırılmamış olan Yeni Yaklaşım Direktifleri kapsamında ulusal bir Onaylanmış Kuruluşumuzun henüz var olmaması, söz konusu direktiflerin – özellikle 2008/57/EC Karşılıklı İşletilebilirlik Direktifinin- uyumlaştırılmaması durumunda imalatçımızın ürünlerini, bilhassa Türkiye’de demiryolu sektörünün serbestleştirildiği bir ortamda demiryolu işletmecilerimizin ve altyapı yöneticimizin demiryolu araçlarının ve kurulan yeni alt sistemlerinin belgelendirme işlemleri için yabancı Onaylanmış Kuruluşlarla çalışmaya mahkum ederek büyük miktarda döviz kaybına sebebiyet verecektir. Dolayısıyla bu aşamada kamu-özel sektör işbirliği oluşturularak ve gerekli teşvikler sağlanarak en kısa sürede ulusal bazda Onaylanmış Kuruluşların bahse konu alanlarda yetkilendirilmesinin temin edilmesi ulusal menfaatlerimizin korunması noktasında uygun olacaktır.

SONUÇ

Dünyada ve ülkemizde demiryolu sektöründeki yatırımlar hız kesmeden devam etmektedir. Ülkemizde, en başta Marmaray projesi, Ankara-Eskişehir ve Ankara-Konya YHT projeleri tamamlanan, Ankara-İstanbul ve Ankara-Sivas ile Eskişehir-Bursa YHT projeleri inşaatı devam eden, yerli YHT treni ve yerli sinyalizasyon sistemi projeleri hayata geçirilmiş başlıca yatırımlar arasında sayılabilir.

Demiryolu sistemlerinde temel amaç kazaların önlenmesi ve hat kapasitesinin optimum seviyede kullanılmasıdır. Yüksek kapasiteyle yapılan işletmelerde emniyetin azami düzeyde tutulması, son yıllarda teknolojik gelişmelerle beraber trafik yönetiminde insan kaynaklı hataları minimuma indiren, sinyalizasyon sistemlerine bağlıdır.

Bu çalışmada demiryolu sistemlerinde kullanılan sinyalizasyon sistemleri ve bileşenleri hakkında temel bilgiler verilmiştir. Sinyalizasyon sistemlerinin tasarım kriterleri ve emniyet standartları açıklanmıştır.

Avrupa'da ulusal bazda her ülkenin farklı sinyalizasyon sistemi kullanması karşılıklı işletilebilirlik önünde en önemli engeli oluşturur. Bu engelin bertaraf edilmesi Avrupa'da tek tip sinyalizasyon sistemi geliştirmeye mecbur kılmıştır ve bu sorunun çözümüne yönelik Avrupa Trafik Yönetim Sistemi ve Avrupa Tren Kontrol Sistemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada ERTMS ve ETCS'nin temel karakteristikleri, ETCS seviyeleri, ETCS hat üstü ve araç üstü ekipmanları ile halen Avrupa'da ulusal bazda kullanılan sinyalizasyon sistemlerinin ETCS'ye nasıl tebdil edilecekleri üzerine bilgi verilmiştir.

Son olarak ülkemizde YHT projelerinde ve Marmaray Projesinde kurulumu gerçekleştirilmiş olan ERTMS/ETCS'nin Avrupa Birliğindeki yasal çerçevesi üzerinde durularak 2008/57/EC sayılı Karşılıklı İşletilebilirlik direktifinde belirtilen alt sistemlerden biri olan kontrol, kumanda ve sinyalizasyon(CCS) alt sistemi ve bu

direktifin alt sistemlere dair temel gerekliliklerin ortaya konduğu Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik şartnameleri(TSI) irdelenmiştir.

Ayrıca Karşılıklı İşletilebilirlik bileşenlerinin üretiminde ve demiryolu alt sisteminin kurulumunda, bu alt sistemlerin ve bileşenlerin karşılıklı işletilebilirliğe uygunluğunu AT Uygunluk Belgelendirmesiyle doğrulayan Onaylanmış Kuruluşlar ve bu kuruluşların yetkilendirme süreçleri açıklanarak Yeni Yaklaşım Direktifleri ve Onaylanmış Kuruluşlar kapsamında Türkiye’de mevcut durum irdelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Ülkemizin akademik literatürü incelendiğinde Türkiye’de uygulanan demiryolu sistemleri ve bu sistemlerin vazgeçilmez bir unsuru olan sinyalizasyon sistemleri hakkında gerek işleyiş ve model yapısı olarak gerekse günümüz teknolojisiyle geline son nokta bazında derinlemesine yapılmış bir çalışmanın eksikliği görülmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında bahsi geçen boşluğu doldurmak amacıyla bir katkı sağlamak ve bundan sonraki yapılacak çalışmalara uygun zemin hazırlamak hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- ALLAN J., BREBBIA C.A., HILL R.J., SCIUTTO G. ve SONE S, 2004, Computers in Railways IX, WitPress,
- ARSLAN Cenk, 2010, Yüksek Hızlı Demiryollarının Dünya Üzerindeki Uygulamaları ve Türkiye'ye Adaptasyonu, Gazi Üniversitesi, Yüksek lisans Tezi, Ankara.
- BABACAN, Veysel Karani, 2011, Raylı Sistemlerde Sinyalizasyon Tekniğine Giriş, İstanbul.
- BAYRAK Nevzat, 2011, Aksaray-Havalimanı Metro İşletmesi Sinyalizasyon Sisteminin İşletme-Güvenlik Performansının Stokastik Yöntemlerle Belirlenmesi.
- BERKMEN Enver, 1963, Demiryollar Çekim, İkinci Baskı, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- CAN Cüneyt, 2001, Demiryollarında Sinyalizasyon ve Elektronik Kilitleme, GYTE Mühendislik ve FBE Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- CHARLES R.P, 2001, ERTMS for Australia, The Institution of Railway Signal Engineers Australian Section Inc.
- CHARLES R.P, 2002, ERTMS The Global Signalling Solution, Rail Solutions Asra.
- Commission Decision 2006/679/EC, 2006, Technical Specification For Interoperability Relating To The Control-Command And Signalling Subsystem Of The Trans-European Conventional Rail System.
- Commission Directive 2008/57/EC, 2008, on the interoperability of the rail system within the Community.
- ÇAĞAL Uğur, 1997, Sinyalizasyon Sistemleri, Sabit ve Hareketli Blok Sistemler, 2. Ulusal Demiryolu Kongresi,
- De Leuw, Cather & Company of New York, Inc. 1994, New York City Transit New Technology Signal System Study, USA.
- DEAN L, 2003, Advances Train Control Technologies, The Institution of Railway Signal Engineers.
- DENNIS P, 2004, Train Control System Description, Union Switch & Signal Inc.
- Ekonomi Bakanlığı, 2013, Türkiye-Avrupa Birliği İlişkileri, <http://www.ekonomi.gov.tr/avrupabirligi/>, 30.04.2014

- European Commission (EC), 2014, New Approach Notified and Designated Organisations (Nando) Information System <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>, 07.05.2014
- European Commission, 2014, The Blue Guide On The Implementation Of EU Product.
- GILL D.C. ve GOODMAN C.J, 1992, Computer Based Optimisation Techniques for Mass Transit Railway Signalling Design, IEE Proceedings-B Vol. 139, No:3.
- GODDARD Eddie, 2008, Electric Traction Systems Overview Of Signaling And Train Control Systems, Electric Traction Systems, IET Professional Development Course On, ss.314-322.
- GÜLENER Yeliz, 2009, Bir Raylı Ulaşım Sinyalizasyon Sistemi Gerçekleştirme, İstanbul teknik üniversitesi, Yüksek lisans tezi, İstanbul.
- GÜNDOĞDU Feyzullah ve AÇIKBAŞ Süleyman, Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları ve Makas Otomasyon Sistemine Uygulaması, 2007
- GÜNDOĞDU Feyzullah ve SÖYLER Halil, 2008, Demiryolu Sinyalizasyon Sistemlerinde Tasarım Kriterleri ve “Fail-Safe” Kavramı, istanbul.
- GÜNDOĞDU Feyzullah ve SÖYLER Halil, 2005, Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları ve Makas Otomasyon Sistemine Uygulanması, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı, İstanbul.
- KARACA Bülent, 2007, <http://www.karaca.tr.gg>, 15.04.2014
- KICHENSIDE G.M. ve WILLIAMS A, 2000, British Railway Signalling, Skyes.
- LEDUC Octave, 1970, Demiryol Dersleri, İkinci Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, Çeviren: Mehmet Bozkurt s.5.
- LOUBINOUX Jean Pierre, 2008, A High Speed Rail World Overview, 6th World Congress on High Speed Rail, Amsterdam.
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2006, Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Raylı Sistem Teknolojisi, Raylı Sistemler, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, Raylı Sistemler Teknolojisi, Tren Trafik İdaresi, Ankara
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, Raylı Sistemler Teknolojisi, Makas Kontrol Sistemleri, Ankara

- Network Rail, 2010, High Speed Two (HS2), <http://www.networkrail.co.uk/>, 21.03.2014
- Nortel Networks, 2004, Approved Platform for Effective Railway Telecom Solutions.
- ÖZDEMİR Suat, 2000, Demiryollarında Sinyalizasyon, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Railway Technical, 2014, xxxxx, <http://www.railway-technical.com/>, 11.04.2014
- SNCF, 1981, Train à grande vitesse, <http://tr.wikipedia.org/wiki/TGV>, 27.02.2014
- SONAT Arcan, 2010, Raylı Ulaşım Sistemlerinde Anlaşman Algoritması Tasarımı ve Otomat Yaklaşımı İle Otomatik Kod Üretme, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- SÖYLER Halil ve AÇIKBAŞ Süleyman, 2005, Raylı Sistemlerde Emniyet Standartları ve Makas Otomasyon Sistemine Uygulanması, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı, İstanbul.
- ŞEN Leyla, 2003, Türkiye’de Demiryolları ve Karayollarının Gelişim Süreci, Ankara.
- TS EN 50128, 2002, Demiryolu Uygulamaları - Haberleşme, Sinyalizasyon ve İşlem Sistemleri - Demiryolu Kontrol ve Koruma Sistemleri İçin Yazılım, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TCDD, 2013, Devlet Demiryolları Tarihçesi, <http://www.tcdd.gov.tr/>, 25.03.2014
- TÜBİTAK, 1996, Yüksek Hız Trenleri: Sistem ve Teknolojileri, BTP 96/05, Ankara, s.5-21, 28-35, 45-59.
- UIC, 2008, ETCS Implementation Handbook Ver. 2.1, Paris.
- UIC, 2013, High Speed Lines in the World, http://www.uic.org/IMG/pdf/20131101_high_speed_lines_in_the_world.pdf, 25.01.2014
- VRIOGS, 2009, Signalling Principles-Axle Counter Application, <http://ptv.vic.gov.au/assets/PTV/PTV%20docs/VRIOGS/VRIOGS-012.0.3-RevA.pdf>, 01.04.2014
- YÜKSEL Hakkı Emre, 2007, Raylı Toplu Taşıma Sinyalizasyon Sistemleri ve Marmaray Projesinin Sinyalizasyonu, Niğde Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde
- ZAFER E. ve EREN Ö, 2006, Interlocking Systems, BSc Thesis, İTÜ, İstanbul.

ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlardan her seferinde değinme yaparak yararlandığımı ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının Ulaştırma ve Haberleşme Uzman ve Uzman Yardımcılarının Sınav, Atama, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliğine uygun olarak hazırladığımı belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Mayıs 2014

Saim Kemal EROL

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Balıkesir’de doğdu. İlkokulu, ortaokul ve lise öğrenimini Balıkesir’de tamamladı. 2009 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2010-2011 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesinde proje asistanı olarak çalıştı. 2011 yılı Mart ayında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı’nda Ulaştırma ve Haberleşme Uzman Yardımcısı olarak görev yapmaya başladı. Halen Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü’nde çalışmaktadır.

