

**DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET
DEĞERLENDİRMESİ: TÜRKİYE İÇİN ÖRNEK BİR MODEL
OLUŞTURMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökhan BAYAZIT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2019

**DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET
DEĞERLENDİRMESİ: TÜRKİYE İÇİN ÖRNEK BİR MODEL
OLUŞTURMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gökhan BAYAZIT
(501121409)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Öğr. Gör. Dr. A. Faik İYİNAM

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121409 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Gökhan BAYAZIT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET DEĞERLENDİRMESİ: TÜRKİYE İÇİN ÖRNEK BİR MODEL OLUŞTURMA” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr. Gör. Dr. A. Faik İYİNAM**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN
İstanbul Gelişim Üniversitesi

Teslim Tarihi : 30 Nisan 2019
Savunma Tarihi : 11 Haziran 2019





Sevgili aileme,



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, üzerlerinde meydana gelen kazalar ve bu kazaların vahim sonuçları nedeniyle dünyada demiryolu emniyetini büyük ölçüde olumsuz yönde etkileyen demiryolu hemzemin geçitlerinde emniyet değerlendirme konusu üzerinde durulmuştur. Çalışma kapsamında öncelikle emniyet kavramı, demiryolu hemzemin geçitlerinin karakteristik özellikleri, hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörler, hemzemin geçitlerde emniyeti artırmaya yönelik hayata geçirilebilecek uygulamalar, diğer ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmaları sırasında kullandıkları yöntemler ve Türkiye’deki hemzemin geçitler ile ilgili genel durum incelenmiştir. Tüm bu bilgilerin ışığında da, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) 3. Bölge Müdürlüğü tarafından sağlanan veriler kullanılarak Türkiye için örnek bir “Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM)” oluşturulmuştur. Bu model dâhilinde, eldeki veri setinde bulunan hemzemin geçitlerin her birine bir “Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES)” ve “İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES)” atanmıştır. Böylece veri setindeki hemzemin geçitlerin göreceli riskleri ile inceleme ve tedbir öncelik sıraları belirlenmiş olup, hangilerinin alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması gerektiğinin ve hangilerinin mevcut durumunun iyileştirilmesi gerektiğinin ön kararları verilmiştir.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca kıymetli vaktini ayırarak son derece değerli bilgi birikimi ve tecrübesiyle hiçbir yardımı esirgmeden her sorunumun çözümünde bana yol gösteren ve her türlü desteği veren, bu çalışmada üzerinde durulan konuya yönelmemi sağlayan çok değerli ve saygıdeğer danışman hocam Sayın Öğr. Gör. Dr. A. Faik İYİNAM’a teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri ile her daim yanımda olan, iyi ve eğitilmiş bir birey olmanın önemini çocukluğumdan itibaren bana aşılayan anneme, babama ve kardeşlerime sevgi, saygı ve minnetlerimi sunarım. Yüksek lisans tez çalışmam boyunca gerekli verilerin ve diğer bilgilerin temininde bana olan yardımlarını esirgemeyen Sayın TCDD Bakım Dairesi Şube Müdürü Süha KÖYLÜ’ye, Sayın TCDD 1. Bölge Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi (DERY) Müdürü Cemal Yaşar TANGÜL’e, Sayın TCDD 3. Bölge Modernizasyon Servis Müdürü Mustafa KESKİN’e, Sayın TCDD 1. Bölge Yolcu İşleri Müdürü Hüseyin LANPİR’e ve çalışma arkadaşlarına diğer TCDD çalışanları da dâhil olmak üzere teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım. Ayrıca çalışmam boyunca manevi desteğini benden esirgemeyen dostlarıma, iş arkadaşlarıma ve müdürlerime teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Nisan 2019

Gökhan BAYAZIT
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxi
ÖZET.....	xxvii
SUMMARY	xxxi
1. GİRİŞ	1
2. DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET	5
2.1 Emniyet ve Emniyet İle İlişkili Kavramların Tanımı.....	7
2.1.1 Tehlike	8
2.1.2 Kaza	8
2.1.3 Risk	9
2.2 Hemzemin Geçitler ve Temel Bileşenleri	10
2.3 Hemzemin Geçitlerin Sınıflandırılması	12
2.3.1 Dünyada hemzemin geçitlerin sınıflandırılması	12
2.3.2 Türkiye’de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması	15
2.3.2.1 Serbest hemzemin geçitler	16
2.3.2.2 Bekçili–bariyerli hemzemin geçitler	16
2.3.2.3 Flaşörlü–çanl ve otomatik bariyerli hemzemin geçitler.....	17
2.4 Hemzemin Geçit Kaplamaları	18
2.4.1 Balast–mıcır kaplamalı hemzemin geçitler	19
2.4.2 Ahşap travers kaplamalı hemzemin geçitler	20
2.4.3 Asfalt kaplamalı hemzemin geçitler	21
2.4.4 Kesme/parke taş kaplamalı hemzemin geçitler	22
2.4.5 Çelik (ray) kaplamalı hemzemin geçitler	22
2.4.6 Beton–prefabrik kaplamalı hemzemin geçitler	23
2.4.7 Kauçuk kaplamalı hemzemin geçitler	24
2.4.8 Kompozit kaplamalı hemzemin geçitler	24
2.5 Hemzemin Geçitlerde Emniyeti Etkileyen Faktörler	26
2.5.1 Geçit özellikleri ile ilgili faktörler	28
2.5.1.1 Geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri	29
2.5.1.2 Geçit kaplama özellikleri	34
2.5.1.3 Geçit bölgesinin drenajı	36
2.5.1.4 Geçit açıklığı	36
2.5.2 Karayolu özellikleri ile ilgili faktörler	37
2.5.2.1 Karayolu trafik yoğunluğu	38
2.5.2.2 Karayolu geometrik özellikleri	39
2.5.2.3 Karayolu düşey trafik işaretleri	43
2.5.2.4 Karayolu yatay trafik işaretleri.....	47
2.5.2.5 Karayolu sınıfı.....	49

2.5.2.6 Karayolu kaplama özellikleri	50
2.5.2.7 Taşıt özellikleri.....	51
2.5.3 Demiryolu özellikleri ile ilgili faktörler	54
2.5.3.1 Demiryolu trafik yoğunluğu.....	54
2.5.3.2 Demiryolu geometrisi.....	55
2.5.3.3 Demiryolu hat adedi	55
2.5.3.4 Demiryolu araç özellikleri.....	56
2.5.3.5 Demiryolu aracı yolcu ve yük durumu.....	59
2.5.4 Çevre özellikleri ile ilgili faktörler	59
2.5.4.1 Mahal özellikleri	60
2.5.4.2 Geçit kot ve konumu	61
2.5.4.3 Görüş özellikleri	62
2.5.4.4 Hava koşulları	64
2.5.4.5 Aydınlatma	65
2.5.5 İnsan ile ilgili faktörler	65
2.5.5.1 Taşıt sürücüleri ve yayalar	66
2.5.5.2 Demiryolu araç sürücüsü.....	70
2.5.5.3 Geçit bekçileri	70
2.5.6 Ekonomi ile ilgili faktörler	71
2.5.7 Kaza geçmişi ile ilgili faktörler	72
2.6 Hemzemin Geçitlerde Emniyetin Artırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar	73
2.6.1 Eğitim ve bilinçlendirme ile ilgili çalışmalar	74
2.6.2 Yasal düzenlemeler ve yaptırımlar ile ilgili çalışmalar	76
2.6.3 Mühendislik çalışmaları	79
2.6.3.1 Hemzemin geçidin mevcut durumunun iyileştirilmesi	80
2.6.3.2 Hemzemin geçidin alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması	83
3. DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET DEĞERLENDİRMESİ	87
3.1 Ülkelerin Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Model, Araç, Metot ve Denklemlerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması	89
3.1.1 Amerika Birleşik Devletleri (ABD)	92
3.1.1.1 ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli	93
3.1.1.2 GradeDec.Net	99
3.1.1.3 New Hampshire Tehlike İndeksi.....	100
3.1.1.4 NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi	101
3.1.1.5 Peabody–Dimmick Denklemi	102
3.1.1.6 Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi	104
3.1.1.7 Florida Ulaştırma Bakanlığı Emniyet ve Tehlike İndeksi.....	105
3.1.1.8 Missouri Ulaştırma Bakanlığı Risk İndeksi	107
3.1.1.9 Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi.....	108
3.1.1.10 Teksas Ulaştırma Bakanlığı Öncelik İndeksi	111
3.1.1.11 ABD’de kullanılan model ve denklemlerin karşılaştırılması	112
3.1.2 Büyük Britanya (İngiltere, Galler, İskoçya).....	115
3.1.2.1 Otomatik Hemzemin Geçit Modeli	115
3.1.2.2 Olay Penceresi Modeli	118
3.1.2.3 Tüm Hemzemin Geçitler Risk Modeli (ALCRM)	119
3.1.3 Avustralya	121
3.1.3.1 Risk Bazlı Puanlandırma Sistemi (RBSS)	123

3.1.3.2 Hemzemin Geçitlerde Kaza ve Olay Risk Değerlendirmesi (RAAILc)	125
3.1.3.3 Avustralya Hemzemin Geçit Değerlendirme Modeli (ALCAM)	127
3.1.4 Kanada	130
3.1.4.1 Çarpışma Öngörü Modeli.....	131
3.1.4.2 GradeX	132
3.1.5 Japonya.....	134
3.1.5.1 Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi	134
3.1.5.2 Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi.....	135
3.1.6 Rusya.....	136
3.1.6.1 Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi	136
3.1.7 Yeni Zelanda	137
3.1.7.1 Çarpışma Değerlendirmesi.....	137
3.1.7.2 Kaza Öngörü Modeli.....	139
3.1.7.3 ALCAM	139
3.1.8 İrlanda	140
3.1.8.1 Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı.....	140
3.1.8.2 Şebeke Risk Modeli	141
3.1.9 Kuzey İrlanda.....	142
3.1.9.1 Risk ve Yatırım Değerlendirmesi.....	142
3.1.10 Hindistan	143
3.1.10.1 Tren-Taşıt Ünitesi.....	144
3.1.11 İsveç	144
3.1.11.1 Geçit Koruma Şekli Belirleme Metodu.....	145
3.1.12 İspanya	146
3.1.12.1 Geçit Kategorilendirme Ölçütü	146
3.1.12.2 FMEA (Hata Türleri ve Etki Analizi) Metodu.....	148
3.1.13 Ülkelerin model, araç ve metotlarının karşılaştırılması	149
3.2 Türkiye’de Demiryolu Hemzemin Geçitleri	153
3.2.1 Türkiye’de hemzemin geçitlerin durumu ile ilgili istatistikler	156
3.2.2 Türkiye’de hemzemin geçit kaza istatistikleri	160
3.2.3 Türkiye’de hemzemin geçitlerde alınan tedbirlerin ve uygulama esaslarının incelenmesi.....	167
3.2.4 Türkiye’de hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirme ile ilgili yapılan çalışmalar	179
4. TÜRKİYE İÇİN ÖRNEK BİR MODEL OLUŞTURMA	185
4.1 Verilerin İncelenmesi	185
4.1.1 Hemzemin geçitlerin özellikleri ile ilgili verilerin incelenmesi.....	187
4.1.2 Hemzemin geçitlerin kaza geçmişi verilerinin incelenmesi	190
4.2 Yöntem Seçimi.....	192
4.3 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi	194
4.3.1 Problemin belirlenmesi ve hiyerarşinin oluşturulması.....	196
4.3.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve kriterler ile alternatiflerin lokal ağırlıklarının belirlenmesi	197
4.3.2.1 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması	197
4.3.2.2 Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması	200
4.3.2.3 Kriterlerin ve alternatiflerin lokal ağırlıklarının belirlenmesi.....	202
4.3.2.4 İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılıklarının kontrol edilmesi....	203
4.3.3 Sentez aşaması ve kriterler ile alternatiflerin global ağırlıklarının belirlenmesi	205

4.4 Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM) Kurulumu	205
4.4.1 HEGEDEM hiyerarşisinin oluşturulması.....	206
4.4.1.1 Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	208
4.4.1.2 Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	209
4.4.1.3 Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	212
4.4.1.4 Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	214
4.4.1.5 Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler.....	216
4.4.1.6 Kaza geçmişi faktörü.....	218
4.4.2 HEGEDEM ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve kriterlerin nihai ağırlıklarının hesaplanması.....	220
4.4.3 Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES) değerlerinin hesaplanması	227
4.4.4 Hemzemin geçitlere ait HEGES değerleri ile kaza geçmişi verilerinin karşılaştırılması	233
4.4.5 Hemzemin geçit emniyet düzeylerine genel bakış.....	241
4.4.5.1 Birinci dereceden riskli hemzemin geçitler.....	250
4.4.5.2 İkinci dereceden riskli hemzemin geçitler	251
4.4.5.3 Üçüncü dereceden riskli hemzemin geçitler	251
4.4.6 İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES) değerlerinin hesaplanması	252
4.4.7 Yapılan çalışma ışığında HEGEDEM uygulama adımlarının ve gelecek uygulamaların belirlenmesi	260
4.5 Veri Setindeki Hemzemin Geçitlerin HEGEDEM Yardımıyla Değerlendirilmesi	262
4.5.1 Alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması ön kararı verilen (önerilen) hemzemin geçitler.....	263
4.5.2 Mevcut durumunun iyileştirilmesi ön kararı verilen (önerilen) hemzemin geçitler	265
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	271
5.1 Sonuçlar	274
5.2 Öneriler.....	288
KAYNAKLAR.....	301
EKLER.....	311
ÖZGEÇMİŞ	383

KISALTMALAR

AADT	: Annual Average Daily Traffic/Yıllık Ortalama Günlük Trafik
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analytical Hierarchical Process/Analitik Hiyerarşi Süreci
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ALARP	: As Low As Reasonably Practicable
ALCAM	: Australian Level Crossing Assessment Model/Avustralya Hemzemin Geçit Değerlendirme Modeli
ALCRM	: All Level Crossings Risk Model/Tüm Hemzemin Geçitler Risk Modeli
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DERY	: Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi
DERYM	: Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlüğü
EDS	: Elektronik Denetleme Sistemi
ERA	: European Railway Agency
EU	: European Union/Avrupa Birliği
EYS	: Emniyet Yönetim Sistemi
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis/Hata Türleri ve Etki Analizi
FRA	: Federal Railroad Administration
FTA	: Fault Tree Analysis/Hata Ağacı Analizi
GIS	: Geographic Information System/Coğrafi Bilgi Sistemi
GradeDec.Net	: Demiryolu Hemzemin Geçitleri Yatırım Analiz Sistemi
GradeX	: Kanada Hemzemin Geçit Emniyet Yönetim Aracı
HEART	: Human Error Assessment and Reduction Technique/İnsan Hatalarını Değerlendirme ve Engelleme Tekniği
HEGEDEM	: Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli
HEGES	: Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi
ILCAD	: International Level Crossing Awareness Day/Dünya Hemzemin Geçit Bilinçlendirme Günü
İHEGES	: İyileştirilmiş (muhyayel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
Km	: Kilometre
LXM	: Level Crossing Management System/Hemzemin Geçit Yönetim Sistemi
LXRMTK	: Level Crossing Risk Management Toolkit/Hemzemin Geçit Risk Yönetim Aracı
MOBESE	: Mobil Elektronik Sistem Entegrasyonu
NCHRP	: National Cooperative Highway Research Program
OL	: Operation Lifesaver
RAAILc	: Risk Assessment of Accidents and Incidents at Level Crossings/Hemzemin Geçitlerde Kaza ve Olay Risk Değerlendirmesi
RBSS	: Risk Based Scoring System/Risk Bazlı Puanlandırma Sistemi

SRCS	: Standard Reflectorized Crossing Sign/Reflektörlü Standart Hemzemin Geçit Levhası
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları/Turkish State Railways
TDK	: Türk Dil Kurumu
TMİ	: Trafiğin Merkezden Telefonla İdaresi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TVU	: Train Vehicle Unit/Tren-Taşıt Ünitesi
USA	: United States of America/Amerika Birleşik Devletleri
YHT	: Yüksek Hızlı Tren
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Hemzemin geçit temel bileşenleri .	11
Çizelge 2.2 : ABD’de hemzemin geçit sınıflandırması .	13
Çizelge 2.3 : TCDD hemzemin geçit tiplerinin ERA sınıflandırmasındaki karşılıkları .	15
Çizelge 2.4 : Koruma sistemlerinin hemzemin geçitteki emniyete etkisi .	31
Çizelge 2.5 : ABD’de hemzemin geçit kazalarına karışmış olan taşıt cinsi oranları (2005–2014) .	53
Çizelge 3.1 : Ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme model, araç ve metotları .	91
Çizelge 3.2 : ABD’de hemzemin geçit emniyet değerlendirmesi için kullanılan model, araç ve denklemler .	93
Çizelge 3.3 : ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemleri faktör formülleri ve değişken değerleri .	95
Çizelge 3.4 : ABD Ulaştırma Bakanlığı kazanın ölümlü olma olasılığı denklemi faktör formülleri ve değişken değerleri .	97
Çizelge 3.5 : ABD Ulaştırma Bakanlığı kazanın yaralanmalı olma olasılığı denklemi faktör formülleri ve değişken değerleri .	98
Çizelge 3.6 : New Hampshire Tehlike İndeksi denklemi koruma sistemine göre “PF” değerleri .	101
Çizelge 3.7 : NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi koruma sistemine ve diğer koşullara göre “B” değerleri .	102
Çizelge 3.8 : Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi denklemi koruma sistemine göre “PF” değerleri .	105
Çizelge 3.9 : Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi denklemi koruma sistemine göre “PF” değerleri .	110
Çizelge 3.10 : Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi denklemi demiryolu hat adedine göre “TF” değerleri .	110
Çizelge 3.11 : ABD’de geliştirilmiş bazı model ve denklemlerde kullanılan formül değişkenlerinin karşılaştırması .	113
Çizelge 3.12 : ABD’de hemzemin geçit emniyet faktörlerinin 39 eyalete göre formül değişkeni olarak kullanım oranları .	114
Çizelge 3.13 : Büyük Britanya Otomatik Hemzemin Geçit Modeli girdileri .	117
Çizelge 3.14 : ALCRM girdileri .	120
Çizelge 3.15 : Rusya Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi .	137
Çizelge 3.16 : Hindistan Tren-Taşıt Ünitesi metodu kıstasları .	144
Çizelge 3.17 : İspanya’da hemzemin geçit kategorilendirme ölçüt tablosu .	147
Çizelge 3.18 : İspanya’da FMEA metodunda kullanılan emniyet faktörleri .	148
Çizelge 3.19 : Ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme model, araç ve metotlarında kullandıkları girdilerin karşılaştırması .	151
Çizelge 3.20 : TCDD’nin işlettiği demiryolu hatlarının uzunlukları (2017) .	154

Çizelge 3.21 : TCDD'nin işlettiği hemzemin geçitlerin tiplerine ve bölgelere göre sayıları (2017) .	156
Çizelge 3.22 : Türkiye'deki hemzemin geçitlerin yıllara göre sayıları (2003–2017).	157
Çizelge 3.23 : TCDD'nin işlettiği hemzemin geçitlerin bölgelere göre kaplama türü sayıları (2017) .	159
Çizelge 3.24 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları (2001–2017) .	160
Çizelge 3.25 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin sayıları (2001–2017) .	162
Çizelge 3.26 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanmaların sayıları (2001–2017) .	164
Çizelge 3.27 : Türkiye'de seyir momenti ve demiryolu araç hızına göre hemzemin geçit tipi seçimi .	172
Çizelge 3.28 : Kırmızı flaşörlü geçit yaklaşım uyarı sinyalinin geçit güvenlik çizgisine mesafesi .	173
Çizelge 4.1 : Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesiminin 2014 yılı itibarıyla sahip olduğu özellikler .	187
Çizelge 4.2 : İlgili hat kesiminde işletilen hemzemin geçitlerin eldeki veri setinde tespit edilebilen özellikleri ve oranları .	188
Çizelge 4.3 : İlgili hat kesimi üzerinde meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazalarına dair bilgiler (2014–2016) .	192
Çizelge 4.4 : AHS yönteminin ulaştırma alanındaki kullanım örnekleri.	194
Çizelge 4.5 : AHS yöntemi 1–9 ölçeği .	198
Çizelge 4.6 : Rassallık indeksi değerleri .	204
Çizelge 4.7 : HEGEDEM kategorik/koşulsal kriterlerinin global ve nihai ağırlıkları.	224
Çizelge 4.8 : İyileştirilemez/İyileştirilmesi oldukça külfetli olan hemzemin geçit emniyet faktörleri (İZF AK). .	228
Çizelge 4.9 : İyileştirilebilir/İyileştirilmesi makul olan hemzemin geçit emniyet faktörleri (İYFAK).	230
Çizelge 4.10 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES değerleri.	232
Çizelge 4.11 : İyileştirilmiş (muayyel) hemzemin geçit emniyet faktörleri (İHFAK).	255
Çizelge 4.12 : Kategorik/koşulsal kriterlerin sağlayabildiği maksimum emniyet indeksi kazanımları.	259
Çizelge 4.13 : Alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması ön kararı verilen/önerilen hemzemin geçitler.	264
Çizelge 4.14 : Mevcut durumunun iyileştirilmesi ön kararı verilen/önerilen hemzemin geçitler.	265
Çizelge B.1 : Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi 1–9 ölçeği ve kullanım açıklamaları.	314
Çizelge B.2 : Ana kriterlerin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	315
Çizelge B.3 : Trafik özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	316
Çizelge B.4 : Mahal özellikleri (M) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	316
Çizelge B.5 : Seyir momenti (SM) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	316

Çizelge B.6 : Livre hızı (LH) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	317
Çizelge B.7 : Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.....	318
Çizelge B.8 : Verevlik açısı (V) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	319
Çizelge B.9 : Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	319
Çizelge B.10 : Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	320
Çizelge B.11 : Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	321
Çizelge B.12 : Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	321
Çizelge B.13 : Kaplama cinsi ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	322
Çizelge B.14 : Kaplama durumu ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	322
Çizelge B.15 : Geçit kaplama cinsi (GKC) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	323
Çizelge B.16 : Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.....	324
Çizelge B.17 : Geçit tipi (koruma şekli) (GKT) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.....	325
Çizelge B.18 : Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.....	325
Çizelge B.19 : Yaklaşım yolu genişliği ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	326
Çizelge B.20 : Geçit açıklığı (A) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	326
Çizelge B.21 : Geçidin kestiği hat adedi (KHA) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.....	327
Çizelge B.22 : Kaza geçmişi faktörü birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	327
Çizelge B.23 : Kaza sonuçları ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	327
Çizelge B.24 : Kaza sayısı (KSAY) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	328
Çizelge B.25 : Ölü sayısı (ÖS) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	328
Çizelge B.26 : Yaralı sayısı (YS) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.	329
Çizelge B.27 : Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.....	329
Çizelge C.1 : Ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.....	331

Çizelge C.2 :	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	332
Çizelge C.3 :	Mahal özellikleri (M) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	332
Çizelge C.4 :	Seyir momenti (SM) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	333
Çizelge C.5 :	Livre hızı (LH) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	334
Çizelge C.6 :	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	335
Çizelge C.7 :	Verevlik açısı (V) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	336
Çizelge C.8 :	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	336
Çizelge C.9 :	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	337
Çizelge C.10 :	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	338
Çizelge C.11 :	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	338
Çizelge C.12 :	Kaplama cinsi ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	339
Çizelge C.13 :	Kaplama durumu ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	339
Çizelge C.14 :	Geçit kaplama cinsi (GKC) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	340
Çizelge C.15 :	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	341
Çizelge C.16 :	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	342
Çizelge C.17 :	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	342
Çizelge C.18 :	Yaklaşım yolu genişliği ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	343
Çizelge C.19 :	Geçit açıklığı (A) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	343
Çizelge C.20 :	Geçidin kestiği hat adedi (KHA) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	344
Çizelge C.21 :	Kaza geçmişi faktörü birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	344
Çizelge C.22 :	Kaza sonuçları ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	345

Çizelge C.23 : Kaza sayısı (KSAY) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	345
Çizelge C.24 : Ölü sayısı (ÖS) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	346
Çizelge C.25 : Yaralı sayısı (YS) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	346
Çizelge C.26 : Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.	347
Çizelge D.1 : HEGEDEM hiyerarşisi ve kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi.	349
Çizelge E.1 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES) - İyileştirilmiş (muhyayel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES) hesaplamaları ve diğer değerlendirmeler	CD
Çizelge F.1 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin emniyet düzeylerine / HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre özellikleri ve diğer bilgiler	CD





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları (2010–2015)	5
Şekil 2.2 : AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazaları sonucu ölümlerin kişi gruplarına göre sayısı (2010–2015)	6
Şekil 2.3 : AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazaları sonucu ciddi yaralanmaların kişi gruplarına göre sayısı (2010–2015)	6
Şekil 2.4 : Kaza frekansı ve kaza şiddetinin riske etkisi	9
Şekil 2.5 : Emniyet değerlendirmesi ile ilişkili kavramlar	10
Şekil 2.6 : Hemzemin geçit örneği (kesit)	10
Şekil 2.7 : Hemzemin geçit örneği (kuş bakışı)	11
Şekil 2.8 : ERA hemzemin geçit sınıflandırması	14
Şekil 2.9 : İngiltere’de hemzemin geçit sınıflandırması	14
Şekil 2.10 : Serbest hemzemin geçit örneği	16
Şekil 2.11 : Bekçili–bariyerli hemzemin geçit örneği.	17
Şekil 2.12 : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçit örneği.	18
Şekil 2.13 : Balast–mıcır kaplamalı hemzemin geçit örneği	19
Şekil 2.14 : Ahşap travers kaplamalı hemzemin geçit örneği	20
Şekil 2.15 : Asfalt kaplamalı hemzemin geçit örneği	21
Şekil 2.16 : Kesme/parke taş kaplamalı hemzemin geçit örneği	22
Şekil 2.17 : Çelik (ray) kaplamalı hemzemin geçit örneği	23
Şekil 2.18 : Beton–prefabrik kaplamalı hemzemin geçit örneği	23
Şekil 2.19 : Kauçuk kaplamalı hemzemin geçit örneği	24
Şekil 2.20 : Kompozit hemzemin geçit kaplama malzemesinin katlı modüler yapısı.	25
Şekil 2.21 : Kompozit kaplamalı hemzemin geçit örneği	25
Şekil 2.22 : Hemzemin geçit genel emniyet bileşenleri	26
Şekil 2.23 : Geçit özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	29
Şekil 2.24 : Geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	29
Şekil 2.25 : Ülkelerin hemzemin geçitlerine tesis ettiği farklı yapıdaki flaşör örnekleri.	32
Şekil 2.26 : Yarım kollu bariyer uygulaması sonucundaki sürücü zikzak hareketi. .	33
Şekil 2.27 : Geçit kaplama özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri..	34
Şekil 2.28 : Kontraylı hemzemin geçit örneği	35
Şekil 2.29 : Karayolu özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	37
Şekil 2.30 : Kuzey Yunanistan'dan seyir momenti ve geçit tipine göre örnek kaza sayıları	39
Şekil 2.31 : Karayolu geometrik özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	39
Şekil 2.32 : Karayolu düzenleme (ayırma) yapıları yardımıyla hemzemin geçitte zikzak hareketinin engellenmesi	41

Şekil 2.33 : ABD’de hemzemin geçit yaklaşımlarında kullanılan çeşitli karayolu düzenleme (ayırma) yapıları	41
Şekil 2.34 : Hemzemin geçit ve anayol–tali yol kesişimi arasındaki mesafe gösterimi	42
Şekil 2.35 : Japonya’da geçit ile en yakın yol kesişimi arasındaki mesafeye göre ortalama hemzemin geçit kaza sayıları	42
Şekil 2.36 : Karayolu düşey trafik işaretleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	43
Şekil 2.37 : ABD’de kullanılan çapraz hemzemin geçit işareti	44
Şekil 2.38 : ABD’de kullanılan tipik hemzemin geçit işaretleri	45
Şekil 2.39 : ABD’de hemzemin geçitlerde kullanılan “dur” ve “yol ver” işaretleri..	45
Şekil 2.40 : Farklı ülkelerden çapraz hemzemin geçit levhası örnekleri	46
Şekil 2.41 : Türkiye’den hemzemin geçit işaret levhası örnekleri	46
Şekil 2.42 : Karayolu yatay trafik işaretleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	47
Şekil 2.43 : ABD’de hemzemin geçit yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri	48
Şekil 2.44 : Türkiye’de hemzemin geçit yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri.....	49
Şekil 2.45 : Karayolu kaplama özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	50
Şekil 2.46 : Taşıt özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	51
Şekil 2.47 : Demiryolu özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	54
Şekil 2.48 : Demiryolu araç özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri.	56
Şekil 2.49 : Ülkelerin hemzemin geçit işletilmesine izin verdiği maksimum tren hızları	57
Şekil 2.50 : Çevre özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	59
Şekil 2.51 : Mahal özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	60
Şekil 2.52 : Görüş özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	62
Şekil 2.53 : İnsan ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	66
Şekil 2.54 : Taşıt sürücüleri ve yayaların özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri	66
Şekil 2.55 : ABD’de hemzemin geçitlere yayalar için tesis edilmiş olan aktif uyarı ekipmanı örnekleri	69
Şekil 2.56 : ABD’deki bir hemzemin geçitte çeşitli eğitim ve bilinçlendirme araçlarının dağıtılması örneği	75
Şekil 2.57 : Japonya’dan buzlanma önleme düzeneği kurulmuş bir hemzemin geçit örneği	82
Şekil 2.58 : Japonya’dan yaklaşım yolları renklendirilmiş bir hemzemin geçit örneği	83
Şekil 3.1 : Hemzemin geçitlerde genel emniyet yönetim yapısı	88
Şekil 3.2 : GradeDec.Net aracı fayda–maliyet analizi bölümü arayüz örneği	100
Şekil 3.3 : Peabody–Dimmick Denklemi “P” değerleri	103
Şekil 3.4 : Peabody–Dimmick Denklemi “K” değerleri eğrisi	104
Şekil 3.5 : Büyük Britanya Otomatik Hemzemin Geçit Modeli arayüz örneği	116
Şekil 3.6 : Bayes inanç ağı örneği	125
Şekil 3.7 : RAAILc modeli bayes inanç ağı örnek parçası	126
Şekil 3.8 : GradeX algoritma seçimi arayüz örneği	133
Şekil 3.9 : TCDD’nin işlettiği hemzemin geçitlerin tiplerine göre dağılımı (2017).	157
Şekil 3.10 : Türkiye’de hemzemin geçit sayılarının yıllara göre değişimi (2003–2017)	158

Şekil 3.11 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre dağılımı (2001–2017)	161
Şekil 3.12 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kaza sayılarının yıllara göre değişimi (2001–2017)	161
Şekil 3.13 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin kaza türlerine göre dağılımı (2001–2017)	163
Şekil 3.14 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölüm sayılarının yıllara göre değişimi (2001–2017)	163
Şekil 3.15 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanmaların kaza türlerine göre dağılımı (2001–2017)	165
Şekil 3.16 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanma sayılarının yıllara göre değişimi (2001–2017)	165
Şekil 3.17 : Türkiye’de gerçekleşmiş olan tüm demiryolu kazaları içerisinde hemzemin geçit kazalarının ve sonuçlarının yüzdeleri (2001–2017) ...	166
Şekil 3.18 : Karayolu taşıtı görüş mesafesi (min. 500 metre)	169
Şekil 3.19 : Demiryolu aracı görüş mesafesi (min. 750 metre)	169
Şekil 3.20 : Kesişme açıları (verevlik)	170
Şekil 3.21 : Yönetmeliğin birinci ekinde örnek bir çizim	171
Şekil 3.22 : Yönetmeliğin ikinci ekinde örnek bir çizim	172
Şekil 3.23 : “L” şeklinde profil üzerinde kırmızı flaşörlü geçit yaklaşım uyarı sinyali	173
Şekil 3.24 : Karayolunun refüj veya beton korkuluk ile ayrılması	174
Şekil 3.25 : CTP kenar dikmesi ve yaya kaldırımı uygulaması	174
Şekil 3.26 : Fiziki burun ofset taraması	175
Şekil 3.27 : Hemzemin geçit yaklaşımında taşıt yolu eğimi (maks. %4)	177
Şekil 3.28 : Ana taşıt yolu–geçit güvenlik çizgisi arasındaki minimum mesafe	178
Şekil 4.1 : Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesiminin Türkiye’deki lokasyonu	186
Şekil 4.2 : Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi güzergâhı	186
Şekil 4.3 : İlgili hat kesimi üzerinde meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları ve oranları (2014–2016).....	191
Şekil 4.4 : AHS yöntemi hiyerarşi örneği	196
Şekil 4.5 : AHS yöntemi ikili karşılaştırma matrisi örneği	199
Şekil 4.6 : Sayısallaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi örneği.	200
Şekil 4.7 : İkili karşılaştırma matrisi normalleştirme işlemi örneği.	201
Şekil 4.8 : Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi örneği.	201
Şekil 4.9 : Öncelik vektörünü hesaplama adımları.	202
Şekil 4.10 : λ_{maks} değeri hesap örneği.	204
Şekil 4.11 : SuperDecisions programı HEGEDEM hiyerarşisi arayüz örneği.	207
Şekil 4.12 : SuperDecisions programı ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi arayüz örneği.	221
Şekil 4.13 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES–Toplam Kaza Geçmiş Grafiği (2014–2016).....	234
Şekil 4.14 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES–Ölümlü Kaza Geçmiş Grafiği (2014–2016).....	235
Şekil 4.15 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES–Yaralanmalı Kaza Geçmiş Grafiği (2014–2016).....	236
Şekil 4.16 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES–Maddi Hasarlı Kaza Geçmiş Grafiği (2014–2016).	237

Şekil 4.17 : Hemzemin geçitlerin HEGES aralıklarına göre kaza geçmiş gruplanmaları ve emniyet düzeyleri (2014–2016).	239
Şekil 4.18 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin yapılacak iyileştirmeler sonucundaki yeni HEGES Grafiği.....	269
Şekil A.1 : Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM) hiyerarşisi	CD
Şekil G.1 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin mahal özellikleri.	357
Şekil G.2 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin seyir momenti özellikleri.....	358
Şekil G.3 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin livre hızı özellikleri. ..	359
Şekil G.4 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin verevlik açısı özellikleri.....	360
Şekil G.5 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin karayolu tarafından görüş özellikleri.....	361
Şekil G.6 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin demiryolu tarafından görüş özellikleri.....	362
Şekil G.7 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı özellikleri.....	363
Şekil G.8 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin anayol–tali yol kesişimine yakınlık özellikleri.....	364
Şekil G.9 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu eğimi özellikleri.....	365
Şekil G.10 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit açıklığı özellikleri.....	366
Şekil G.11 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin kestiği hat adedi özellikleri.....	367
Şekil G.12 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit kaplama cinsi özellikleri.....	368
Şekil G.13 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu kaplama cinsi özellikleri.....	369
Şekil G.14 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit kaplama durumu özellikleri.....	370
Şekil G.15 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu kaplama durumu özellikleri.....	371
Şekil G.16 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı özellikleri.....	372
Şekil G.17 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri.....	373
Şekil G.18 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin bariyer kolu uzunluğu özellikleri.....	374
Şekil G.19 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu uyarı sinyali özellikleri.....	375
Şekil G.20 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri özellikleri.....	376
Şekil G.21 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin “Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal” levhası özellikleri.....	377
Şekil G.22 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri özellikleri.....	378
Şekil G.23 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin şerit genişliği tanzimi özellikleri.....	379

Şekil G.24 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin refüj/beton korkuluk uygulaması özellikleri.	380
Şekil H.1 : HEGEDEM uygulama adımları ve sonrasındaki çalışmalar	CD





DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET DEĞERLENDİRMESİ: TÜRKİYE İÇİN ÖRNEK BİR MODEL OLUŞTURMA

ÖZET

Demiryolu hemzemin geçitleri, üzerlerinde meydana gelen kazalar ve bu kazalar sonucunda gerçekleşen ölüm, yaralanma gibi manevi kayıplar ve bunların yanında neden oldukları diğer maddi kayıplar sebebiyle dünyada demiryolu emniyetini çok büyük ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak kaynakların ve mühendislik çözümlerinin sınırlı oluşu, hemzemin geçitlerin bir ülkedeki demiryolu ağından tamamen kaldırılmasına olanak vermemektedir. Bu nedenle hemzemin geçitlerde emniyeti sağlamak, dünya genelinde bir mühendislik en iyi hale getirme problemi haline gelmiştir ve demiryolu emniyeti açısından özel olarak ele alınan bir mesele olmuştur. Bu temelde, ülkelerde demiryolu işletmeciliğinden ve emniyetinden sorumlu olan kurum ve kuruluşlar, hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında risk bakımından öncelikli olan hemzemin geçitleri belirlemek ve eldeki kaynakları en verimli şekilde kullanabilmek adına, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi için çeşitli modeller, araçlar, metotlar ve denklemler kullanmaktadır. Böylece iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında kararların da sistematik yollarla daha hızlı ve daha doğru bir şekilde alınması sağlanmaktadır.

Bu çalışmada ise matematiksel ve sistematik bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi yardımıyla hemzemin geçit kazaları ile hemzemin geçit emniyetine etki eden faktörler arasındaki ilişki irdelenip, sayısal ve sistematik bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Modelin kurulumu sırasında Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) 3. Bölge Müdürlüğü bünyesinde işletilen Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi üzerinde bulunan 157 adet hemzemin geçidin özellik ve 2014–2016 yılları arasındaki kaza geçmişi verilerinden yararlanılmıştır. AHS yöntemini uygulayabilmek için gerekli olan uzman görüşleri ise TCDD 1. Bölge Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlüğü (DERYM) çalışanlarından oluşan beş kişilik bir uzman grubu ile yürütülen toplantılar sonucunda elde edilmiştir. Oluşturulan model, hemzemin geçit iyileştirme–iptal etme ön kararlarını belirlemeye yaramaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın ikinci bölümünde, Türkiye’de sıkça birbirinin yerine kullanılan emniyet ve güvenlik kavramlarının açıklamaları yapılmıştır ve demiryolu terminolojisindeki yerleri anlatılmıştır. Emniyet kavramını daha iyi anlatabilmek adına emniyetle doğrudan ilişkili olan tehlike, kaza ve risk kavramlarının açıklamaları yapılmıştır. Bu açıklamalardan sonra, hemzemin geçitlerde emniyeti değerlendirebilmek adına kavranması öncelikli ve elzem olarak görülen hemzemin geçit kavramından ve temel bileşenlerinden bahsedilmiştir. Hemzemin geçit kavramını daha iyi tanıtabilmek adına dünyadaki ve Türkiye’deki hemzemin geçit sınıflandırmalarından bahsedilerek hemzemin geçitlerde kullanılan kaplama çeşitleri anlatılmıştır. Bunların ardından da hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörler;

geçit, karayolu, demiryolu, çevre, insan, ekonomi ve kaza geçmişi ile ilgili özellikler altında gruplandırılıp tek tek incelenmiştir. İkinci bölümün sonunda ise hemzemin geçitlerde emniyetin artırılması adına yürütülen eğitim–bilinçlendirme, yasal düzenleme–cezaî yaptırım ve mühendislik çalışmalarından bahsedilmiştir.

Sonrasında çalışmanın üçüncü bölümünde, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi için 12 farklı ülkede kullanılmış veya kullanılmakta olan 22 farklı yöntem incelenmiştir. Bunun yanında, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’de eyaletlerin kendi yerel verileriyle oluşturdukları denklemlerden ve yine ABD’de daha da geçmiş yıllarda oluşturulmuş olan tarihi denklemlerden literatürde üzerinde sıkça durulan 8 tanesi hakkında da ayrıca bilgi verilmiştir. Bunun ardından, 2003–2017 yılları arasındaki istatistiki verilerden yararlanılarak Türkiye’de hemzemin geçitlerin durumu anlatılmıştır. 2001–2017 yılları arasındaki istatistiki veriler kullanılarak Türkiye’deki hemzemin geçitlerde meydana gelmiş olan kazaların diğer demiryolu kazaları arasındaki konumu araştırılmıştır. Türkiye’de 2013 yılında, hemzemin geçitlerde demiryolu ve karayolu trafiğinin düzen ve emniyetini sağlamak amacı ile alınacak tedbirleri ve uygulama esaslarını belirten bir yönetmelik yayımlanmıştır. Sonrasında 2016 yılında ise yine bu yönetmelikte yapılan değişiklikler ve eklemeler yayımlanmıştır. Çalışma kapsamında, ek düzenlemeler de göz önünde bulundurularak bu yönetmeliğin esasları incelenmiştir. Ardından, Türkiye’de hemzemin geçit emniyet değerlendirmesi konusunda kurumlarda ve akademik çevrede yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Bunların ardından çalışmanın dördüncü bölümünde ise daha önce yapılmış olan incelemeler sayesinde edinilen tüm bilgiler ışığında ve Türkiye’deki hemzemin geçit yönetmeliği ile TCDD hemzemin geçit envanterleri göz önünde bulundurularak belirlenen, aynı zamanda eldeki veri setinde tespit edilebilen hemzemin geçit emniyet/risk faktörleri kullanılarak Türkiye için örnek bir “Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM)” oluşturulmuştur. Bu bölümde öncelikle, TCDD 3. Bölge Müdürlüğü tarafından sağlanan veri setinde bulunan hemzemin geçitlerin özellikleri ve 2014–2016 yılları arasındaki kaza geçmişi verileri incelenerek eldeki veri seti tanıtılmıştır. Daha sonra, yapılan çalışmada AHS yönteminin kullanılma nedenlerinden bahsedilmiştir ve yöntemin uygulama adımları anlatılmıştır. Model kurulumu sırasında istatistiksel bir yöntem yerine AHS yönteminin kullanılmasının temel nedeni ise eldeki veri setinde bulunan hemzemin geçit ve kaza sayısının istatistiksel bir teknik ile irdeleme yapabilmek için oldukça yetersiz kalmasıdır. Ardından, modelin hiyerarşisi oluşturulmuştur. Model hiyerarşisinde 6 adet ana kriter, 21 adet birincil alt kriter, 10 adet ikincil alt kriter ve hiyerarşinin tabanında ise toplamda 85 adet kategorik/koşulsal kriter kullanılmıştır. Bu kriterler arasında uzman grubu görüşleri sayesinde yapılan ikili karşılaştırmalar yardımıyla kriterlerin nihai ağırlıkları belirlenerek eldeki veri setinde bulunan her hemzemin geçide bir “Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES)” atanmıştır. Böylece veri setindeki hemzemin geçitlerin göreceli riskleri belirlenmiş olup, iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında izlenebilecek bir geçit inceleme ve tedbir öncelik sıralaması belirlenmiştir. Model oluşturulurken ve modelin nihai hesaplamaları yapılırken SuperDecisions ve Microsoft Excel paket programlarından yararlanılmıştır. Hemzemin geçitler için hesaplanan HEGES değerleri ve kaza geçmişi verileri çeşitli grafikler üzerinde birleştirilerek çeşitli kontroller, incelemeler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Ulaşılan çıkarımlar ışığında her hemzemin geçide bir “İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES)” atanarak hangi hemzemin geçitlerin ($\text{İHEGES}_{\min.} \leq 20$) mevcut durumunun iyileştirileceğinin

ve hangilerinin ($IHEGES_{min.} > 20$) alt/üst geçide dönüştürüleceğinin veya tamamen kapatılacağı (yaklaşım yolu deplasesi vb.) ön kararları verilmiştir.

Son olarak çalışmanın beşinci bölümünde, literatür taramaları ışığında elde edilmiş olan bilgiler ile modelin kurulumu ve uygulanması sırasında elde edilen bulgular/çıkarımlar göz önünde bulundurularak, çalışmanın çeşitli sonuçları açıklanmıştır. Ayrıca Türkiye’de hemzemin geçitlerde emniyeti sağlamak için yürütülecek uygulamalar ve hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi konusunda ileride yapılacak çalışmalar için yol gösterici nitelikte olabileceği düşünülen çeşitli önerilerde de bulunulmuştur.

Diğer ülkelere benzer olarak Türkiye’de de şehir içlerinde işletilen hemzemin geçitlerin daha fazla risk taşıdığı görülmüştür. Seyir momenti 30.000’in üzerinde olan geçitlerde flaşör, çan ve otomatik bariyer tesisi yapılsa dahi kaza riskinin oldukça fazla olduğu ve geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla bu geçitlerin kabul edilebilir bir emniyet düzeyine çıkarılamadığı tespit edilmiştir. 30.000’in altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler ise diğer özelliklerine de bağlı olmak koşuluyla geleneksel uygulamalar (bariyer tesisi vb.) yardımıyla daha iyi emniyet düzeyine sahip olabilmektedir. Kırsal bölgelerde bulunan ve seyir momenti özellikle 3.000 altında olmak üzere 15.000’in altında olan, bariyer tesisi yapılmış ve karayolu–demiryolu tarafından görüş probleminin bulunmadığı hemzemin geçitlerde ise kaza riskinin diğerlerine göre daha az olduğu tespit edilmiştir. 3.000’in altında seyir momentine ve 120 km/sa. altında demiryolu araç hızlarına sahip olmalarına bağlı olarak serbest şekilde işletilen hemzemin geçitler arasında karayolu tarafından görüş mesafesi 500 metrenin altında ve/veya demiryolu tarafından görüş mesafesi 750 metrenin altında olanlar ise düşük seyir momenti değerlerine rağmen hala riskli bölgede kalmaya devam etmektedir. Bu hemzemin geçitlerden iptal edilemeyenlere mutlaka bariyer tesisi yapılmalıdır. Şehir içlerindeki geçitlerde riskin daha fazla oluşu, bu kesimlerdeki nüfus, taşıt kullanımı vb. fazlalığından başka bir deyişle trafik kargaşasının (kaosunun) fazlalığından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle şehir içi kesimlerde bulunan hemzemin geçitlerin seyir momenti boyutuna bakılmaksızın (3.000’in altında olsa dahi) bariyerli olarak işletilmesi önerilmektedir. Ayrıca kazaların büyük bir çoğunluğunun insan hataları nedeniyle gerçekleştiği hemzemin geçitler gibi bir sistemde, halkın eğitilmesi için daha çok kampanya başlatılmalıdır. Bunun yanında engel tespit edici, erken uyarı sağlayıcı, otomatik frenleme sağlayıcı ve kurallara uymayanları tespit edici düzenekler vasıtasıyla teknolojinin daha aktif biçimde kullanılması ve yasal düzenlemelere uymayanların denetiminin ve cezai yaptırımların artırılması da hemzemin geçitlerde emniyeti artırmak için yerinde verilmiş kararlar ve doğru yatırımlar olacaktır.

Oluşturulan model sayesinde, Türkiye’deki hemzemin geçit emniyet değerlendirme süreçleri, dünyada kompleks ağırlıklandırma bazlı ve istatistiksel yöntem bazlı modeller ile yürütülen süreçler seviyesine çıkarılmaya çalışılmıştır. Ayrıca modelin kullanımı, hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarını matematiksel ve sistematik bir çerçeveye taşımaktadır. Bundan dolayı, modelin kullanımıyla zaman içerisinde elde edilecek bulguların ve dolayısıyla tecrübelerin de sayısal bir temelde toplanması sağlanmış olacaktır. Böylece hemzemin geçit emniyetini etkileyen faktörler ile kazalar arasındaki ilişkinin daha sistematik ve sayısal bir yordamla yorumlanıp, iyileştirme/iptal etme yapılacak olan hemzemin geçitlerin irdeleme, tasarım ve işletme süreçlerinin kaynakların daha verimli kullanıldığı ve emniyetin daha detaylı bilgilerle değerlendirildiği bir hal alacağı umut edilmektedir.



SAFETY ASSESSMENT AT RAILWAY LEVEL CROSSINGS: DEVELOPING A SAMPLE MODEL FOR TURKEY

SUMMARY

Railway level crossings have a huge negative impact on railway safety in the world due to accidents occurring on them and the deaths and injuries resulting from these accidents and other financial losses caused by them. However, limited availability of resources and engineering solutions does not permit the complete removal of railway level crossings from the railway network in a country. Providing safety at level crossings has thus become a worldwide engineering problem, and the safety of level crossings has been an issue specifically addressed in terms of railway safety. On this basis, institutions and organizations responsible for railway operation and safety in countries use various models, tools, methods and equations for safety assessment at level crossings to identify level crossings that have priority with respect to accident risk level in the improvement and cancellation practices and for efficient usage of sources. Thereby, it is ensured that decisions are taken faster and more accurately by systematic means during level crossing improvement/cancellation works.

Safety is the protection against hazards. Risk is a function of the accidents (frequency) and the consequences (severity) of these accidents. On this basis, in a system where a small number of accidents occur and the consequences of these accidents are very grave and a large number of accidents occur and the consequences of these accidents are not at a very harmful level can carry the same level of risk. The effects of the factors influencing safety on level crossings differ on individual basis or with the combination of these factors. In the case of level crossing safety, the factors which may cause dangerous situations and risk differentiation in the level crossings should be identified and specific solutions should be brought in order to reduce the number of accidents and size of the damages that may occur as a result of these accidents. For this reason, the concept of level crossing and its main components, as well as the factors affecting the safety at level crossings must be well understood.

The main components of level crossings are divided into two parts as components by highway and components by railway. Highway side components of the level crossings are road, vehicles, drivers, pedestrians and traffic control equipments; railway side components are railroad, railway vehicles and loco pilot. Each of these main components plays a distinct role in the design and safety of the level crossings. In the world, level crossing classification is generally made according to protection system applied to level crossing and this situation is similar in Turkey. In the United States of America (USA), Australia, the European Railway Agency (ERA) i.e. the European Union (EU), England and Canada the level crossing classifications show some name based differences compared to each other but are commonly similar as active (sound, light and barrier etc.) and passive (traffic signs etc.) level crossings based on combination of the current traffic control equipments (warning devices). In Turkey, depending on the applied traffic control equipments (protection systems),

level crossings are classified in three groups as open or uncontrolled level crossings (only traffic signs), manned level crossings with manual barrier and automatic level crossings with flasher–bell and automatic barrier. On railway level crossings ballast–crushed stone, wood sleepers, asphalt, cobblestone, steel (rails), concrete–prefabricated, rubber and composite materials are used as coating materials in the world and also in Turkey and these materials have their own advantages and disadvantages.

In addition to these, there are several factors affecting safety on level crossings. In general, beside from railway and road features; system users, features of the vehicles, regulations, punitive sanctions of the government, public education, engineering related features and environmental features are also in charge of level crossing safety. These factors affecting safety on level crossings and causing differentiation of risk levels can be grouped under properties related to crossing, highway, railway, environment, human, economy and accident history. Among these factors, the traffic density of the highway and railway at the level crossing and the protection system applied to crossing, in other words type of the level crossing are the most important level crossing safety factors in the literature. After these factors, the number of railway lines, crossing pavement properties, road characteristics (highway pavement condition, road geometry etc.), train speed, highway vehicle type, visibility characteristics, location of the level crossing etc. several factors are considered during the level crossing safety assessment studies. In the world, the human factors were found to be the main reason of level crossing accidents with a percentage of 95%. Human factors cover especially drivers and pedestrians and several features of them. Knowledge and experience gained by railway companies by following up the sector, usage of technology and informatics, education of public and railway workers, inspection of users who do not comply with the legislation and other engineering solutions to be implemented besides all these are the factors that play an important role in the reduction of level crossing accidents. In order for all of these to be carried out successfully, consistently and efficiently the available resources should be used in the most correct way. For this reason, it will be appropriate to conduct safety assessment studies for level crossings with systematic and reliable approaches.

As railway and road characteristics, cultural structures, human behavior patterns, railway network scale, level crossing numbers and the importance given by the institutions or organizations to data storage activities differ from country to country; the approaches of countries to safety assessment modelling for level crossings also vary. The models, tools and methods used by countries during the level crossing safety assessment studies are categorized into four main groups based on the algorithm they use as simple parameter based methods, simple weighting based models, complex weighting based models and statistical method based models and tools. The approaches developed especially in the USA, Great Britain, Australia and Canada, Ireland are more extensive than the approaches in other countries. Also in the USA, the equations created by the states by using local data and some historical equations which were created in the USA in the past are also used. While the USA and Canada use more statistical method based approaches in assessment studies; Great Britain, Ireland and Spain are more oriented towards complex weighting based approaches. In the past, Australia has developed the Australian Level Crossing Assessment Model (ALCAM) approach which was based on simple weighting in the past named as Risk Based Scoring System (RBSS) and with a variety of updates over the years, transformed it into a model that uses statistical methods and complex

weighting (mainly) algorithms together. New Zealand has also made the safety assessment studies more comprehensive by starting the usage of ALCAM. Among the approaches that can be accessed and examined in this study, the approach to level crossing safety assessment in Japan, India, Russia and Sweden is generally based on simple parameter. In addition, the level crossing safety assessment approaches generally produce outputs for the possibility of an accident at the level crossing, but the number of approaches that predict the consequences of accidents (death, injury, condition of railway components and derailment after accident) is limited. Furthermore, level crossing safety assessment studies in the United States, Great Britain, Australia, Canada and New Zealand can be conducted online by remote access to web based tools consisting of level crossing data base of the country.

Factors such as number of vehicles and number of trains are considered to be the most important factors to be taken into consideration by all countries when evaluating level crossing safety. Generally, these two factors are taken into account by multiplying them as traffic moment. Another factor mostly considered after vehicle and train traffic volume is crossing type, in other words protection system applied to level crossing. It is seen that complex weighting based models use more number of factors as main input than other models, tools and methods. The All Level Crossings Risk Model (ALCRM) used in Great Britain and the ALCAM used in Australia and New Zealand are the models that evaluate level crossing safety factors from the widest point of view. In addition, statistical method based and simple parameter based approaches evaluate safety at level crossings with the help of fewer factors. However, in statistical method based models, this is due to the selection of the most significant inputs for use in the final equations during the regression studies which many controls are performed. Moreover, there are just few models that demand inputs to predict the potential of the derailment and the condition of the railway components after the accident. In addition, there are just few models which demand cost–benefit related inputs directly in the process of safety assessment model use. This may be due to the fact that the cost–benefit analyses which are not carried out during the safety assessment phase can be carried out with a separate evaluation process after the safety evaluation. USA and Canada are able to use statistical methods in an easier way in comparison with other countries because of the sufficient number of level crossings and accidents on them with the help of a sufficient number and quality based data collection process.

In Turkey, between the years 2001–2017, 1846 level crossing accidents took place in total. Between the years 2003–2017, number of 4520 level crossings reduced to 3010 by especially closing uncontrolled (open) crossings. Furthermore, since 2001 level crossing accidents draw a decreasing graphic but it is observed that an average of 35% of all railway accidents occurred in the 17 years period between 2001 and 2017 are level crossing accidents. In this period, an average of 42% of all deaths and 59% of all injuries due to railway accidents occurred because of level crossing accidents. When all railway accidents occurred in Turkey in this period and their results are analyzed, among other types of rail accidents, the number of level crossing accidents and their results are seen as having an important place both past and present. For this reason, it is important and essential for Turkey to perform various studies to increase safety level of level crossings starting from the safety assessment phase to other activities in a systematic, extensive and severe manner.

In the year 2013, to regulate railway and road traffic and provide safety on level crossings, a regulation stating precautions to be taken and design standards to be

implemented on level crossings was published in Turkey and in the year 2016 some amendments and addendums were made in this regulation. However, in the published railway level crossing regulation; level crossing design and improvement/cancellation principles are determined by taking into consideration traffic moment, visibility characteristics, operating speed of trains etc. only on singular basis in general but not combination of them and there are no approaches presenting which level crossing has the top priority to be improved or cancelled during level crossing improvement programs. Also, in Turkey it is seen that there is a lack of institution and academy based level crossing safety assessment related studies constituted with loaded data sets to develop an extensive and systematic approach. The reason for this is thought to be the data supply difficulties experienced during the studies.

Within the scope of this study, the level crossing regulations in Turkey mentioned above, Turkish State Railways (TCDD) level crossing inventory and literature about level crossing safety have been analyzed and level crossing safety factors have been determined. By using the determined safety factors which also can be evaluated in obtained data set, a sample level crossing safety assessment model named as HEGEDEM (Abbreviation of Level Crossing Safety Assessment Model in Turkish) has been developed for Turkey. For this purpose, primarily the hierarchy of the model has been established by using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method which is the common one of the multi criteria decision making methods in literature. The main reason for using the AHP method instead of a statistical method during the model installation is that the number of level crossings and accidents found in the data set is quite insufficient to be examined by a statistical technique. In the model hierarchy; 6 main criteria, 21 primary sub-criteria, 10 secondary sub-criteria and a total of 85 categorical/conditional bottom criteria were used. Under favour of expert group opinions and according to results of pairwise comparisons, final weights of bottom criterions have been calculated. Thereby, a HEGES (Abbreviation of Level Crossing Safety Index in Turkish) value has been assigned to each level crossing. Thus, the relative risks of the level crossings in the current data set and the prioritization of the crossings with respect to their risk level have been determined to be followed during the improvement/cancellation works.

During the installation of the model, a data set (features of level crossings and accident history of them between 2014–2016) of 157 level crossings located on Manisa–Dumlupınar conventional railway line section operated within 3rd Regional Directorate of Turkish State Railways were utilized. The expert opinions required to implement the AHP method were obtained by means of the meetings conducted with a group of five experts from Railway Safety and Risk Management Directorate (1st Region) of Turkish State Railways. While setting the model and making final calculations for the model, SuperDecisions and Microsoft Excel programs were used. Calculated HEGES values and accident history data of level crossings were combined on graphs and several criticisms and evaluations were made. In the light of these, preliminary decisions (suggestions) were made on which level crossings ($IHEGES_{min} \leq 20$) current features would be improved and which ($IHEGES_{min} > 20$) would be transformed into an underpass/overpass or completely cancelled (approach road diversion etc.) with respect to their $IHEGES$ (Abbreviation of Improved (imaginary) Level Crossing Safety Index in Turkish) values.

Finally, in this study, the knowledge obtained in the light of literature reviews and the findings obtained during the installation and implementation of the model were

considered and the results of the study were explained. Also, several suggestions are made for implementations that will be conducted to provide safety on level crossings and studies to be performed in the future about level crossing safety assessment in Turkey.

Similar to other countries, it is seen that level crossings located in urban areas have higher accident risk than rural ones in Turkey. Furthermore, it has been determined that even if a flasher-bell and automatic barrier system is installed at the level crossings with a traffic moment of more than 30000, the risk of accident is still high and these crossings cannot be increased to an acceptable safety level with traditional engineering solutions. Level crossings with a traffic moment of less than 30000 may have an acceptable safety level by means of traditional applications (barrier installation etc.) depending on other characteristics they have. Level crossings located in rural areas with the traffic moment of especially less than 3000 and generally less than 15000, barrier system installed and with adequate visibility conditions from both railway and highway sides were found to have lower accident risk compared to others. Though, the uncontrolled/open level crossings which have sight distances of less than 500 meters from highway side and less than 750 meters from railway side were found to still have higher risk of accident even if they have less than 3000 traffic moment and less than 120 km/h train speed and from those which cannot be cancelled must be absolutely equipped with a barrier system. The reason for more accident took place on level crossings within the urban areas is thought to be higher population, vehicle usage, pedestrian number etc., in other words higher and excessive traffic chaos generally in urban areas compared to rural areas. For this reason, it is recommended that the level crossings in the urban areas to be operated with a barrier system regardless of the traffic moment size (even if it is less than 3000). Moreover, in a system such as level crossings where the vast majority of accidents occur due to human errors, more campaigns should be initiated to educate the public. In addition to this, more effective use of technology by means of obstacle detection systems, early warning systems, automatic train braking systems and monitoring systems shall be adopted to increase the safety level of specific level crossings. Thus, within the help of increased inspections and increased punitive sanctions, level crossing accidents caused by human factors can be decreased to a certain level.

With the help of the proposed model, level crossing safety assessment related applications carried out in Turkey is tried to be enhanced to a level such as complex weighting and statistical method based models can perform throughout the world. In addition, the use of the proposed model carries the level crossing safety assessment phase to a mathematical and systematic frame. In this way, it will be ensured that the findings and so the experiences to be obtained over time will be collected on a digital basis with the use of the model. Thereby, it is expected that relation between factors influencing level crossing safety and accidents can be evaluated with a more systematic and numerical approach, also resources can be used more efficiently during the design, improvement and operational period of level crossings and safety levels can be evaluated with more detail data during level crossing improvement programs.



1. GİRİŞ

Demiryolu ulaşımı, bazı yıllarda diğer ulaşım şekillerine göre daha yavaş bir gelişme göstermiş olsa da yıllar boyunca ulaşım sektörü içerisindeki önemini korumuştur. Geçmişten günümüze gelen geleneksel algı ile insanların ve eşyaların uzun mesafelere taşınması için uzun sürelerle ihtiyaç duyulduğu düşünülen demiryolu ulaşımı, son yıllarda teknolojinin ilerlemesi ile birlikte hızlı bir gelişme göstermiştir ve ulaşım sektörü içerisindeki varlığı daha da önem kazanmıştır. Böylece günümüzde bu ulaşım türü, hem şehir içlerinde hem şehirlerarasında hem de ülkeler arasında ulaşım sağlamak için hızlı ve verimli bir ulaşım şekli haline gelmiştir. Demiryolu ulaşımının hızlı ve verimli bir hale gelmesinin yanında emniyetli ve çevre dostu bir ulaşım şekli olması da ülkelerin demiryolu ağlarını geliştirme çalışmalarına hız vermesinde büyük bir rol oynamaktadır. Demiryolları genel olarak emniyetli bir ulaşım sağlasa da bir demiryolu kazası sonrasında vahim sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle ülkelerde demiryolu işletmeciliğinden sorumlu kurum ve kuruluşlar, gelecekte de kullanımının giderek artması beklenen demiryolu ulaşımının daha da emniyetli hale getirilmesi adına çeşitli çalışmalar yürütmektedir.

Bu bağlamda; demiryolu ve karayolu ulaşımının aynı seviyede, tek noktada kesiştiği ve iki ulaşım türü için de büyük tehlikeler barındırıyor olduğu ortak bir görüş olan demiryolu hemzemin geçitleri, emniyet çalışmaları bakımından öncelikli ve özel alaka gerektiren bir mesele haline gelmiştir. Dünyada genel olarak hemzemin geçit kazaları, diğer demiryolu kazaları içerisinde büyük bir orana sahiptir ve çoğunlukla ölüm veya ciddi yaralanmalar ile sonuçlanmaktadır. Avrupa’da son yıllarda meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin %29’unu hemzemin geçit kullanıcıları oluşturmaktadır. Ayrıca hemzemin geçit kazaları, neden oldukları ölümler ve yaralanmalar yanı sıra, hem demiryolu hem de karayolu altyapısında meydana getirdikleri hasarlar nedeniyle ülkeler ve kuruluşlar için büyük zaman kaybına ve maddi kayıplara da neden olmaktadır. Tüm bunların birleşimiyle; hemzemin geçit kazaları, hem ülke genelinde hem de uluslararası boyutta büyük

yankılar uyandırarak demiryolu ulaşımının emniyetli bir ulaşım türü olma özelliğine olan güveni zedelemektedir [1,2].

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) verilerine göre; Türkiye’de de hemzemin geçit kazaları, toplam demiryolu kazaları içerisinde büyük bir orana sahiptir [3]. 2001–2012 yılları arasında Türkiye demiryollarında meydana gelmiş olan kazaların yaklaşık %35’i hemzemin geçit kazasıdır. Ayrıca yine bu yıllar arasında meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazaları nedeni ile ölen ve yaralanan insan sayısı, neredeyse bu yıllar arasında gerçekleşen diğer tüm demiryolu kazaları sonucu ölen ve yaralanan insan sayısı kadardır ve her yıl hemzemin geçit kazası başına ortalama en az bir ölüm–yaralanma olduğu görülmektedir [4]. Tüm bu manevi kayıpların üzerine diğer maddi kayıplar da eklendiğinde, hemzemin geçitlerde emniyetin sağlanması konusunun Türkiye’de de ne denli önemli bir yere sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Demiryolu emniyeti açısından potansiyel tehlike olarak görülen hemzemin geçitlerin tamamen kapatılması veya hepsinin alt/üst geçit olarak yeniden düzenlenmesi; sınırsız mühendislik çözümleri, sınırsız yer kullanımı ve sınırsız maddi kaynak gerektireceğinden, bütün hemzemin geçitleri sistemden çıkararak hemzemin geçitlerden kaynaklı kaza riskinin sıfırlanması, mühendislik açısından tutarlı bir yaklaşım olamamaktadır. Bu temelde; hemzemin geçitlerde emniyetin sağlanması, hem diğer ülkelerde hem de Türkiye’de bir mühendislik en iyi hale getirme problemine dönüşmüştür. Böyle bir problemin çözümünde ise eldeki kaynakların, bir hemzemin geçitte emniyeti etkileyen parametrelerin doğru bir şekilde belirlenip sistemdeki etkilerinin güvenilir bir şekilde gözlemlenmesiyle elde edilen tecrübeler ve çıkarımlara göre tüketilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Mevcut hemzemin geçitlerin iyileştirilmesi sırasında geçitlerin yeterli bir emniyet seviyesinde tasarlanması ve işletilmesi için doğru kararlar verebilmek adına bir hemzemin geçitte emniyeti etkileyen faktörlerin iyi çözümlenmesi son derece önem taşımaktadır [5].

Türkiye’de 2013 yılında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından hemzemin geçitlerde demiryolu ve karayolu trafiğinin düzen ve emniyetini sağlamak amacı ile demiryolu hemzemin geçitlerinin tasarım, yapım, bakım, işletme ve işletme esaslarını belirleyen “Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkındaki Yönetmelik” yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre, Türkiye’de bulunan hemzemin geçitlerin yönetmelik yayım

tarihinden itibaren 3 yıl içerisinde yönetmelikteki esaslara uygun hale getirilmesi zorunlu kılınmıştır. Sonrasında, 2016 yılında ise yönetmeliğin bazı maddelerinde düzenlemeler yapılarak ve yeni bölümler eklenerek “Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkındaki Yönetmelik’te Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre de önceden 3 yıl olarak belirlenen süre iki yıl daha uzatılarak toplamda 5 yıl içerisinde mevcut hemzemin geçitlerin yönetmeliğe uygun hale getirilmesi zorunlu kılınmıştır. 2018 yılında ise bu süre, 2013 yılında yayımlanan yönetmelik tarihinden itibaren toplam 8 yıl olmak üzere tekrar güncellenmiştir. Yayımlanan demiryolu hemzemin geçit yönetmeliğinde, sonradan yapılan düzenlemeler de dâhil olmak üzere geçitlerin tasarım, iyileştirme ve iptal etme esasları seyir momentleri, görüş mesafeleri, demiryolu işletme hızı vb. değerler genel olarak tekil bazda göz önünde bulundurularak belirlenmekte olup, hemzemin geçit iyileştirme programları sırasında hangi hemzemin geçitlerin daha öncelikli olarak iyileştirilmesi veya iptal edilmesi gerektiği hakkında bir yöntem belirtilmemektedir [6-8].

Bu çalışmanın amacı ise mevcut hemzemin geçit verileri ve bu hemzemin geçitlerin kaza geçmişi verilerinden yararlanarak, matematiksel ve sistematik bir yöntem yardımıyla hemzemin geçit kazaları ile hemzemin geçit emniyetine etki eden faktörler arasındaki ilişkiyi irdelleyip, sayısal bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli oluşturmaktır. Bu durumda, yapılacak hesaplamalar sonucunda her hemzemin geçit için belli bir emniyet indeksi atanabilecek ve Türkiye’nin bu günlerde içinde bulunduğu, mevcut hemzemin geçitleri iyileştirme programı bünyesinde, karar verici daha öncelikli olan hemzemin geçitleri belli bir sistemle daha hızlı ve verimli bir şekilde gözlemleyebilecektir. Ayrıca model, iptal edilecek veya mevcut durum iyileştirmesi yapılacak hemzemin geçitlerin belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Tüm bunların yanında, modelin kullanımıyla zaman içinde elde edilecek olan bulgular ve tecrübeler yardımıyla, hemzemin geçit emniyetini etkileyen faktörler daha sistematik ve sayısal bir yordamla yorumlanarak, iyileştirme/iptal etme yapılacak olan hemzemin geçitlerin değerlendirme, tasarım ve işletme süreçleri kaynakların daha verimli kullanıldığı ve emniyetin daha detaylı bilgilerle sorgulandığı bir hal alacaktır.

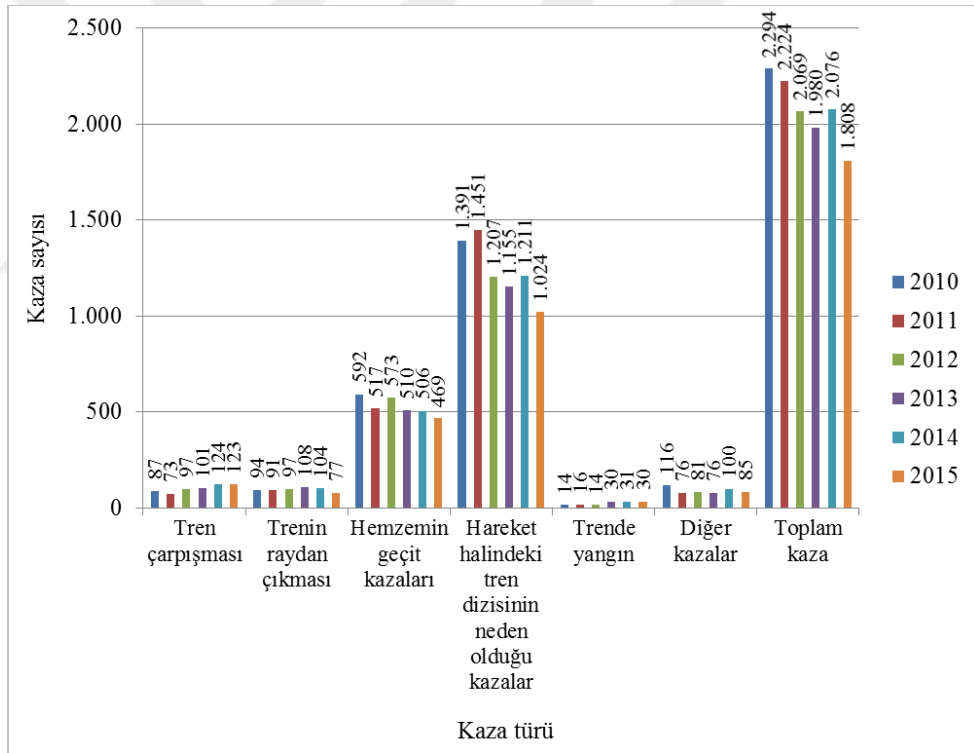
Yapılan çalışma kapsamında, tüm bunlar göz önünde bulundurularak ve literatür tarama çalışmaları vasıtasıyla elde edilen bilgi birikimi kullanılarak, Manisa (hariç)–

Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi üzerinde bulunan 157 adet hemzemin geçidin özellik ve 2014–2016 yılları arasındaki kaza geçmişi verilerinden yararlanılıp, Türkiye için örnek bir Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM) geliştirilmiştir. Bu model geliştirilirken çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yönteminden yararlanılmıştır. Model hiyerarşisinde 6 adet ana kriter, 21 adet birincil alt kriter, 10 adet ikincil alt kriter ve hiyerarşinin tabanında ise toplamda 85 adet kategorik/koşulsal kriter kullanılmıştır.

Kurulan model dâhilinde, her hemzemin geçit için bir Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES) atanmıştır ve böylece hemzemin geçitlerin göreceli risklerine göre inceleme ve tedbir öncelik sıralaması belirlenmiştir. Bu indeks değerlerinin ve kaza geçmişi verilerinin çeşitli grafikler üzerinde birleştirilip yorumlanmasıyla ulaşılan çıkarımlar ışığında veri setindeki hemzemin geçitlerden her birine bir İyileştirilmiş (muayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES) atanarak hangilerinin mevcut durumunun iyileştirileceğinin ve hangilerinin alt/üst geçide dönüştürüleceğinin veya tamamen kapatılacağına öneri niteliğindeki ön kararları verilmiştir. Yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında da hemzemin geçitlerde emniyetin değerlendirilmesi ve sağlanması konusunda araştırma, tasarım ve işletme süreçlerinde yararlı olabileceği düşünülen çeşitli noktalara değinilmiştir.

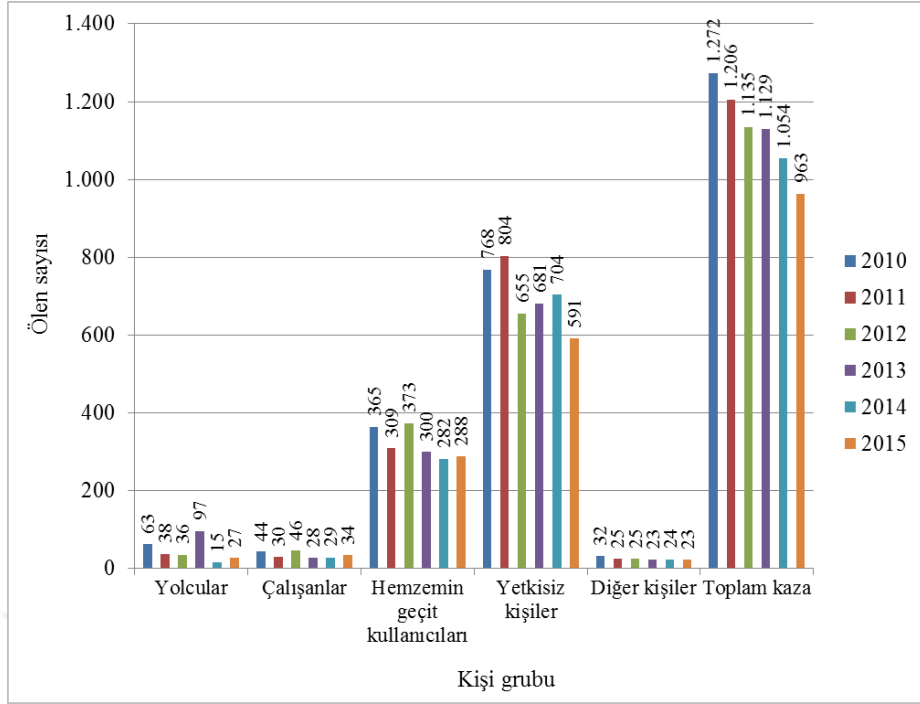
2. DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET

Demiryolu kazaları genel olarak; hemzemin geçit kazaları, trenlerin çarpışması, trenin raydan çıkması (derayman), trenden düşme, trende yangın ve trenin şahsa çarpması olarak sınıflandırılmaktadır. Hemzemin geçit kazası ise hemzemin geçidi kullanan karayolu taşıtları, yayalar veya hayvanlar ile demiryolu aracı arasındaki çarpışma olarak tanımlanmaktadır [4,9]. 2010–2015 yılları arasında Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerinin demiryollarında meydana gelmiş olan önemli kazaların istatistikleri kaza türlerine göre Şekil 2.1’de verilmiştir.



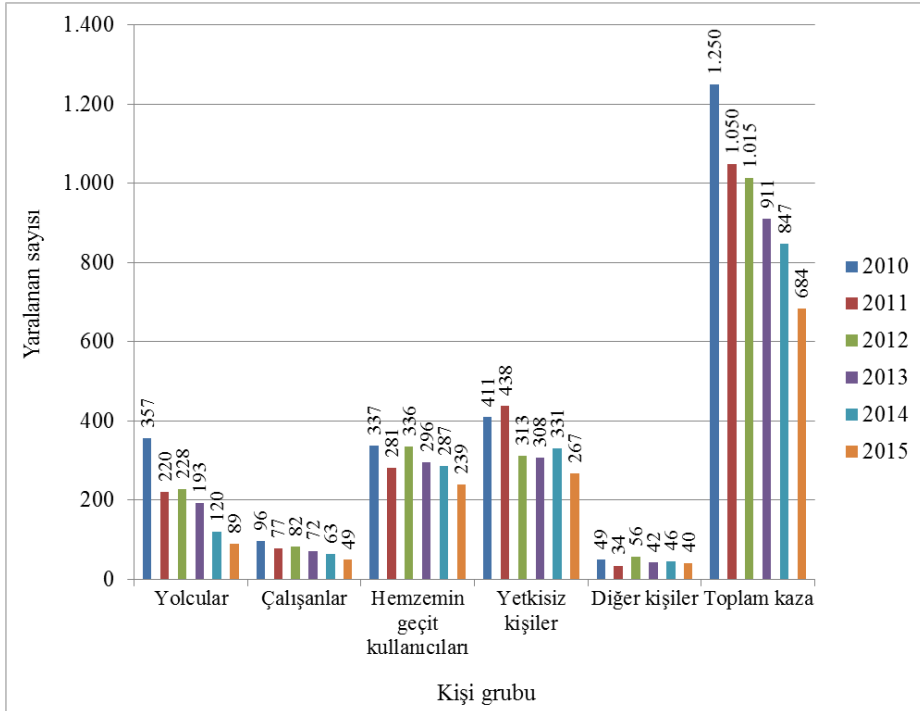
Şekil 2.1 : AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları (2010–2015) [10,11].

Şekil 2.1 incelendiğinde, 2010–2015 yılları arasında AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazalarının yaklaşık %26’sının hemzemin geçit kazaları olduğu görülmektedir. Ayrıca tüm demiryolu kazaları sonucu ölen kişi grupları incelendiğinde ise Şekil 2.2’de görüldüğü üzere hemzemin geçit kullanıcıları, toplam ölümlerin yaklaşık %29’unu oluşturmaktadır.



Şekil 2.2 : AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazaları sonucu ölümlerin kişi gruplarına göre sayısı (2010–2015) [10,11].

Şekil 2.3’te görüldüğü üzere bu kazalarda meydana gelmiş olan ciddi yaralanmaların kişi gruplarına göre yaklaşık %31’ini ise yine hemzemin geçit kullanıcıları oluşturmaktadır.



Şekil 2.3 : AB ülkelerinde meydana gelmiş olan önemli demiryolu kazaları sonucu ciddi yaralanmaların kişi gruplarına göre sayısı (2010–2015) [10,11].

Yukarıda değinilenler ışığında istatistiklerden de anlaşıldığı üzere hemzemin geçit kazalarının ve bu kazalar sonucunda ölen/yaralanan insanların sayısı, demiryolu kazaları içerisinde önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle hemzemin geçitlerde emniyetin sağlanması ile ilgili olarak yürütülen çalışmalar büyük bir öneme sahip olmaktadır. Bu bölümün devamında hemzemin geçitlerde emniyet konusu incelenirken öncelikle hemzemin geçit kavramından ve temel bileşenlerinden, hemzemin geçitlerin sınıflandırılmasından ve hemzemin geçit kaplamalarından bahsetmek suretiyle hemzemin geçit bölgelerinin dinamikleri anlatıldıktan sonra hemzemin geçitlerde emniyete etki eden faktörler sıralanmış ve bu faktörler tek tek incelenmiştir. Ardından hemzemin geçit bölgelerinde emniyeti artırmak için yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir. Ancak daha öncesinde, bu çalışma kapsamında da sıkça sözü geçecek olan emniyet kavramının ve emniyet kavramı ile ilişkili olan diğer kavramların açıklamaları yapılmıştır.

2.1 Emniyet ve Emniyet İle İlişkili Kavramların Tanımı

Emniyet ve güvenlik kavramları, Türkiye’de sıkça birbirlerinin yerine kullanılan kavramlardır. Son yıllarda iş güvenliği kavramının da bu kavramların arasına dâhil olmasıyla, bu terimlerin kullanımı sırasında yaşanan anlam kargaşaları daha da artmıştır. Bu nedenle öncelikle, yapılan çalışma kapsamında sıkça kullanılacak olan emniyet kavramının ve emniyetle ilişkili olan diğer kavramların açıklanması elzem görülmüştür.

Türk Dil Kurumu (TDK), emniyet ve güvenlik sözcüklerinin anlamlarını, emniyetin güvenlik ve güvenliğin de emniyet olması şeklinde açıklayarak, bu iki kavramı birbirinden ayırmamaktadır. Ancak Türkiye’nin Avrupa demiryollarına uyumu için demiryolu sektöründe emniyet ve güvenlik kavramlarının birbirinden ayrılması ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda, İngilizcenin demiryolu sektöründe ve terminolojisinde sahip olduğu baskınlık göz önünde bulundurularak Türkiye’de de demiryolu sektörü için bu iki sözcüğün kullanımında İngilizce kavram tanımlarından yararlanılmıştır.

İngilizcede, emniyet (safety) ve güvenlik (security) sözcükleri birbirlerinden tamamen farklı anlamlarda kullanılmaktadır. Oxford sözlüğüne göre; emniyet, bir sistemdeki tehlikeli durumlar nedeni ile meydana gelebilecek yaralanmalardan, ölümlerden ve bu tehlikelerin meydana getirebileceği diğer sonuçlardan korunmuş

olma şeklinde tanımlanmaktadır. Güvenlik ise kasıtlı tehlike veya tehditlerden arınmış olma olarak tanımlanmaktadır. Emniyet ile ilgili olaylarda sistem içinden insan hatasını içeren bir durum, kaza veya ihmal söz konusu iken; güvenlik ile ilgili olaylar da ise insanlar tarafından yapılan kasıtlı bir eylem söz konusudur. Örnek verilecek olursa, hız sınırını aşarak bir kazaya neden olmak emniyet ile ilgili bir olayken; trenin taşlanması veya trende intihar edilmesi, bir güvenlik olayıdır.

Özetlenecek olursa, emniyet tehlikelere karşı korunmuş olma durumu; güvenlik ise tehditlere karşı korunmuş olma durumudur. Güvenlik, emniyeti de etkileyen bir faktördür ve emniyet faaliyetlerinin yürütülmesinde, bir engel olarak sisteme etki edebilmektedir [12]. Emniyet tanımının pekiştirilmesi adına ilerleyen kısımda emniyet kavramı ile doğrudan ilişkili olan tehlike, kaza ve risk kavramları açıklanmıştır.

2.1.1 Tehlike

Tehlike, daha önceden tanımlanmış olan bir işlevin yerine getirilmesini engelleme potansiyeline sahip durum, nesne veya faaliyet olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında tehlikeler; insanların, donanımların veya yapıların zarar görmesi ve eldeki kaynakların kaybedilmesine yol açabilecek kazalara neden olabilmektedir.

Demiryolu sektöründe; insan ölüm veya yaralanması, maddi zarar veya çevrede zarar oluşturabilecek tüm olay, durum ve hareketler tehlike olarak tanımlanmaktadır. Her tehlike kazaya sebebiyet vermeyebilir; ancak meydana gelmiş bir kaza öncesinde mutlaka bilinen veya bilinmeyen tehlikeler söz konusudur. Bir sistemde tehlike ne kadar az ise meydana gelebilecek kazaların da o kadar az olacağı öngörülür. Bu nedenle tehlikelerin olabildiğince çok sayıda tespit edilip, kayıt altına alınması ve giderilmesi kazaların azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır [13].

2.1.2 Kaza

Kaza, tehlike veya tehlikelerin bir sonucu olarak aniden meydana gelen; ölüm, yaralanma veya maddi hasarlarla sonuçlanan istenmedik, beklenmedik ve kasıtsız olay veya olay zinciri olarak tanımlanmaktadır. Demiryollarında ise kazalar derecelendirilmiştir.

Demiryollarında önemli kaza; hareket halindeki en az bir demiryolu aracını kapsayan, intiharlar dışında en az bir kişinin öldüğü veya ciddi yaralandığı ya da

demiryolu ve demiryolu araçları, demiryolu tesisleri ve çevrede önemli bir hasara yol açarak demiryolu trafiğinin altı saat veya daha fazla süre durmasına neden olan kazalardır.

Demiryollarında ciddi kaza ise; tren çarpışması, trenin raydan çıkması veya benzeri olaylar sonucunda en az bir kişinin ölümüne veya en az beş kişinin ağır yaralanmasına ya da demiryolu ve demiryolu araçları, demiryolu tesisleri ve çevrede ağır hasarlara yol açarak demiryolu trafiğini ve emniyet yönetimini açıkça etkileyen kazalardır [14].

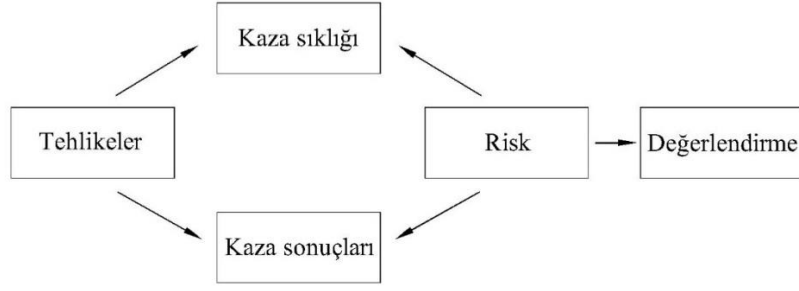
2.1.3 Risk

Risk, tehlike veya tehlikelerin sebep olabileceği kazaların meydana gelme sıklığı (frekansı) ile bu kazaların sonuçlarının bir fonksiyonudur. Başka bir deyişle; risk, bir kazanın meydana gelme olasılığı ile kaza sonucunda oluşacak zararın boyutunun çarpımına eşittir. Bu nedenle bir sistemde az sayıda kaza meydana gelip, kaza sonuçlarının çok vahim olduğu bir noktayla; çok fazla sayıda kaza meydana gelip, bu kazaların sonuçlarının çok zararlı boyutta olmadığı bir nokta aynı seviyede risk taşıyabilmektedir [13]. Bu durum, Şekil 2.4'te görselleştirilmiştir.



Şekil 2.4 : Kaza frekansı ve kaza şiddetinin riske etkisi [15].

Şekil 2.4'te görüldüğü üzere bir sistemde kaza frekansının ve kaza şiddetinin artışı, riskin boyutunu artırmaktadır. Bu bilgilerin ışığında, emniyet ile direkt bağlantılı olan tehlike, kaza ve risk kavramlarının birbiri ile ilişkisi ve emniyet değerlendirmesindeki yeri ise Şekil 2.5'te özetlenmektedir.



Şekil 2.5 : Emniyet değerlendirmesi ile ilişkili kavramlar [15].

Hemzemin geçitlerde emniyet söz konusu olduğunda ise geçitlerde kazalara neden olabilecek tehlikeli durumların ve riskin farklılaşmasına neden olabilecek faktörlerin belirlenip; riski, başka bir deyişle kazaları ve kazalar sonucunda meydana gelebilecek zararların boyutlarını azaltacak yönde çözümlerin getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle hemzemin geçit kavramının ve temel bileşenlerinin kavranması son derece önemlidir.

2.2 Hemzemin Geçitler ve Temel Bileşenleri

Hemzemin geçitler; fiziksel karakteristikleri, yol biçimleri ve işletilme şekilleri birbirinden tamamen farklı olan iki ulaşım türünün yani demiryolu ve karayolu ulaşımının tek noktada ve aynı seviyede kesiştiği bariyerli veya bariyersiz geçitlerdir [6,16]. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de hemzemin geçitlerin kesit ve kuş bakışı görünimleri ile ilgili örnekler verilmiştir.



Şekil 2.6 : Hemzemin geçit örneği (kesit) [Kaynak: TCDD].



Şekil 2.7 : Hemzemin geçit örneği (kuş bakışı) [Kaynak: TCDD].

Kendine özgü formlarıyla iki ulaşım türünü birleştiren hemzemin geçitlerin temel bileşenleri, karayolu tarafından hemzemin geçit bileşenleri ve demiryolu tarafından hemzemin geçit bileşenleri olmak üzere öncelikle ikiye ayrılmaktadır [16,17]. Hemzemin geçitlerin karayolu tarafından bileşenleri, Çizelge 2.1’de görüldüğü üzere karayolu, taşıtlar, taşıt sürücüleri, yayalar ve trafik kontrol ekipmanları; demiryolu tarafından bileşenleri ise demiryolu, demiryolu araçları ve demiryolu araç sürücüleridir.

Çizelge 2.1 : Hemzemin geçit temel bileşenleri [16,17].

Karayolu tarafından bileşenleri	Demiryolu tarafından bileşenleri
Karayolu	Demiryolu
Taşıtlar	Demiryolu araçları
Taşıt sürücüleri	Demiryolu araç sürücüleri
Yayalar	
Trafik kontrol ekipmanları	

Hemzemin geçit mahallerinde özellikle geçit yaklaşımlarında karayolları; fiziki özellikleri, sınıfları, geometrik özellikleri ve trafik özellikleri bakımından önemli bir hemzemin geçit bileşenidir. Karayolunu kullanan taşıtlar ise tipleri, hızları, boyutları, ağırlıkları ve taşıdıkları insan sayısı ve eşyaların önemine bağlı olarak hemzemin geçit bölgelerinin tasarımını etkilemektedir. Hemzemin geçitlerin birinci elden kullanıcıları olan taşıt sürücüleri ve yayalar ise hemzemin geçitlerin daha emniyetli işletilmesi için bu bölgelerde kendilerine yardımcı olmak adına tesis edilen tüm trafik

kontrol ekipmanlarının kullanım gereklerini, anlamlarını ve bunun yanında da trafik kurallarını öğrenmek ve uygulamakla yükümlüdürler. Hemzemin geçitlerin trafik kontrol ekipmanları bileşeni ise hemzemin geçit üzerinde ve yaklaşımında uygulanan bütün trafik işaretlerini, sinyalleri, bariyerleri, flaşörleri vb. uyarıcı ve kısıtlayıcı ekipmanları ifade etmektedir.

Demiryolunun fiziki yapısı, geometrisi, sinyalizasyon durumu ve hat sayısı ile demiryolu aracının tipi, hızı, ağırlığı, uzunluğu ve sayısı (hat üzerindeki demiryolu aracı trafiği) gibi özellikler ise yine hemzemin geçitlerin tasarım ve işletilme koşullarını etkileyen bileşenlerdendir. Demiryolu araç sürücüsü de taşıt sürücüleri ve yayalar kadar etkin olmasa da hemzemin geçitlerin demiryolu tarafından temel bir bileşenidir [16,18].

İlerleyen kısımda; dünyada ve Türkiye’de, hemzemin geçitlerde kullanılan trafik kontrol ekipmanlarına başka bir deyişle koruma sistemlerine göre yapılan hemzemin geçit sınıflandırmalarından bahsedilmektedir.

2.3 Hemzemin Geçitlerin Sınıflandırılması

Dünyada hemzemin geçit sınıflandırmaları genellikle hemzemin geçide uygulanan koruma sistemi üzerine yapılmaktadır ve bu durum Türkiye’de de aynıdır. Bu kısımda, dünyadaki hemzemin geçit sınıflandırmalarına örnek olarak Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Avustralya, ERA (European Railway Agency) yani AB, İngiltere ve Kanada’daki sınıflandırmalar incelenmiştir. Ayrıca Türkiye’deki hemzemin geçit sınıfları ve bu sınıflara göre hemzemin geçit özellikleri açıklanmıştır.

2.3.1 Dünyada hemzemin geçitlerin sınıflandırılması

ABD’de hemzemin geçitler, tesis edilen trafik kontrol ekipmanına göre pasif veya aktif hemzemin geçitler olarak ikiye ayrılmaktadır. Pasif hemzemin geçitlerde sadece trafik işaretleri (pasif uyarı ekipmanları) bulunurken; aktif hemzemin geçitlerde ise bariyer, çan, flaşör gibi, hemzemin geçit kullanıcılarını dinamik biçimde uyaran aktif trafik kontrol ekipmanları ve trafik işaretlerinin çeşitli kombinasyonları bulunmaktadır [16,19]. Çizelge 2.2’de, tesis edilen trafik kontrol ekipmanına göre ABD’deki pasif ve aktif hemzemin geçit tipleri görülmektedir.

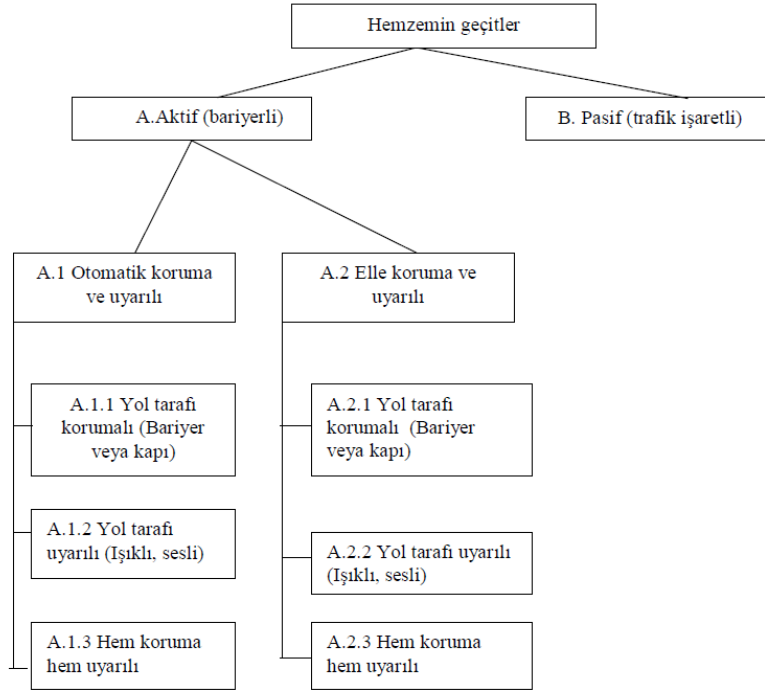
Çizelge 2.2 : ABD’de hemzemin geçit sınıflandırması [16,19].

Pasif hemzemin geçitler	Aktif hemzemin geçitler
Çapraz işaretli	Bariyerli
Dur işaretli	Flaşörlü
Diğer işaretler	Trafik işaretli, flamalı veya canlı Özel (Elle aktive edilen)

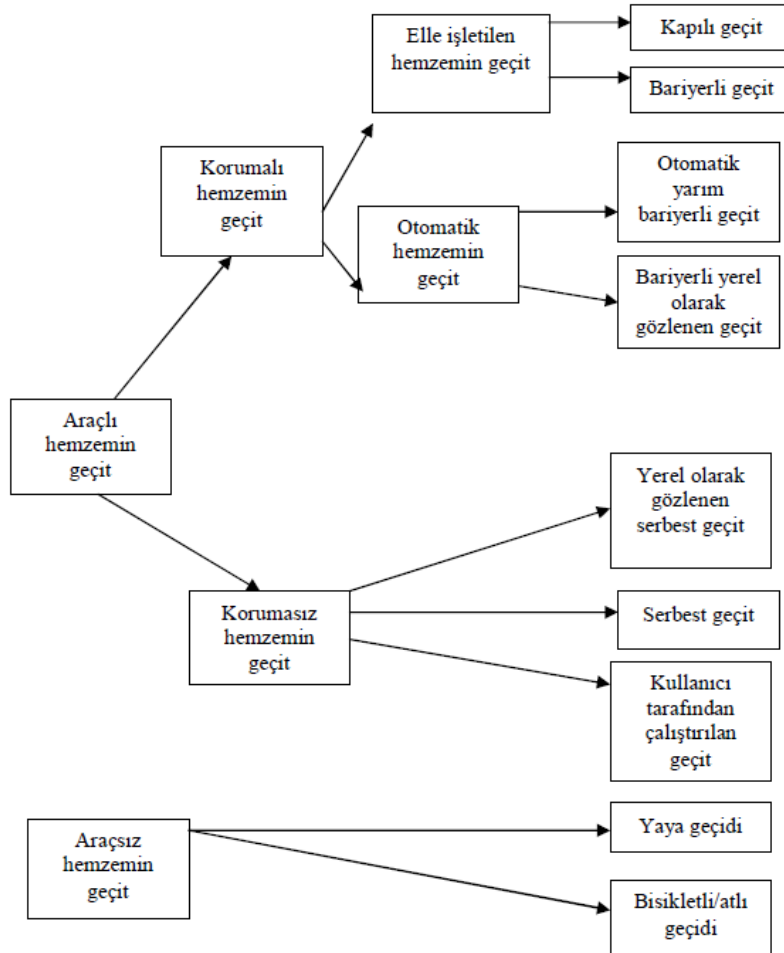
Avustralya’da da hemzemin geçitler, ABD’deki duruma benzer olarak öncelikle pasif veya aktif hemzemin geçitler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Pasif hemzemin geçitler, sürücüyü trenin yaklaştığına dair dinamik bir biçimde uyarmayan “dur” veya “yol ver” levhaları gibi pasif trafik kontrol ekipmanları ile donatılmış olan hemzemin geçitlerdir. Aktif hemzemin geçitler ise flaşör, çan, bariyer, ahşap kapı gibi trenin yaklaşımı ile harekete geçen aktif trafik kontrol ekipmanlarının kombinasyonu ile donatılmış hemzemin geçitlerdir [20].

Avrupa’da ERA, çalışmalar sırasında ortak bir dille hareket edebilmek ve bilgi paylaşımını kolaylaştırmak adına ortak bir hemzemin geçit sınıflandırma sistemi oluşturmuştur. Bu sistemde hemzemin geçitler, ABD ve Avustralya’daki sınıflandırmaya benzer olarak, Şekil 2.8’de görüleceği üzere öncelikle pasif veya aktif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif hemzemin geçitler; bariyerlerin, ışıklı cihazların ve sesli cihazların çeşitli kombinasyonları ile sürücülerin uyarıldığı geçitler; pasif hemzemin geçitler ise sadece trafik işareti tesis edilen geçitlerdir. Aktif hemzemin geçitler, otomatik veya elle idare edilen koruma sistemlerine göre iki gruba ayrılmıştır. Bu iki grubun alt hemzemin geçit tipleri ise yine bariyer, ışıklı ve sesli cihaz gibi aktif trafik kontrol ekipmanlarından hangisi veya hangilerine sahip olduklarına göre belirlenmiştir [17,19].

İngiltere’de ise hemzemin geçitler, öncelikle araçlı veya araçsız hemzemin geçitler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Araçlı yani motorlu taşıtların kullandığı hemzemin geçitler, korumalı veya korumasız olma durumlarına göre iki grupta toplanmıştır. Korumalı hemzemin geçitler, otomatik veya elle işletilme durumlarına göre gruplanmış olup, bariyer çeşitlerine ve çalıştırılma durumlarına göre dallara ayrılmaktadır. Korumasız hemzemin geçitler de yine aynı şekilde çalıştırılma durumlarına göre dallara ayrılmaktadır. Araçsız hemzemin geçitler ise yayaların veya bisikletlilerin kullandıkları hemzemin geçitlerdir [5,17]. Şekil 2.9’da İngiltere’de yapılan hemzemin geçit sınıflandırması verilmiştir.



Şekil 2.8 : ERA hemzemin geçit sınıflandırması [17,19].



Şekil 2.9 : İngiltere’de hemzemin geçit sınıflandırması [17,19].

Kanada’da da hemzemin geçitler, diğer ülkelere benzer olarak, kullanılan aktif veya pasif trafik kontrol ekipmanlarına göre sınıflandırılmaktadır. Transport Canada, hemzemin geçit sınıflarının isimlerini geçide tesis edilen kontrol ekipmanının veya ekipmanlarının kısaltmalarını veya baş harflerini kullanarak belirlemeyi tercih etmiştir. Bu durumda Kanada’da hemzemin geçit sınıfları:

- FLBG hemzemin geçitler; flaşör (flashing light), çan (bell) ve bariyer (gate) tesis edilmiş olanlar,
- FLB hemzemin geçitler; flaşör (flashing light) ve çan (bell) tesis edilmiş olanlar,
- SRCS hemzemin geçitler; reflektörlü standart hemzemin geçit levhası (Standard Reflectorized Crossing Sign) tesis edilmiş olanlar,
- SRCS & Stop Sign hemzemin geçitler; reflektörlü standart hemzemin geçit levhası ve dur işaret levhası (stop sign) tesis edilmiş olanlar şeklinde belirlenmiş durumdadır [21].

2.3.2 Türkiye’de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması

Türkiye’de hemzemin geçitler koruma sistemlerine göre;

- Otomatik veya mekanik koruma sistemi bulundurmayan; ancak çapraz, dur, lokomotif ve yaklaşım işaret levhaları tesis edilmiş olan serbest hemzemin geçitler,
- Bekçili–bariyerli (mekanik) hemzemin geçitler,
- Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitler olmak üzere üç grupta sınıflandırılmıştır [6]. Türkiye’deki hemzemin geçit tiplerinin, ERA hemzemin geçit sınıflandırma sistemindeki karşılıkları, Çizelge 2.3’te görülmektedir.

Çizelge 2.3 : TCDD hemzemin geçit tiplerinin ERA sınıflandırmasındaki karşılıkları [22].

TCDD hemzemin geçit tipleri	ERA sınıflandırmasındaki karşılığı
Serbest	B
Bekçili–bariyerli	A.2.1
Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	A.1.3

2.3.2.1 Serbest hemzemin geçitler

Serbest hemzemin geçitler, hemzemin geçitlerin genelinde olduğu gibi geçiş üstünlüğünün demiryolu aracına ait olduğu korumasız geçitlerdir. Bu tür geçitlerde bariyer gibi, bir hemzemin geçit bölgesinden demiryolu araçları geçerken geçidi karayolu taşıt trafiğine kapatan herhangi bir koruma sistemi bulunmamaktadır. Karayolu taşıt sürücüleri, bu tip geçitlerde her iki taraftan da demiryolu trafiğini kontrol edip, hattı kullanan bir demiryolu aracı yoksa geçidi kullanma hakkına sahiptirler. Bu tür geçitlerde her iki yönden yolun sağ tarafına sürücünün bir demiryolu hemzemin geçidine yaklaştığını uyarayan yaklaşım uyarı levhaları ve geçitten belirli bir mesafeye ise “apraz” ve “dur” serbest hemzemin geçit ikaz işaretleri tesis edilmektedir [6,23]. şekil 2.10’da serbest bir hemzemin geçit rneği verilmiştir.



şekil 2.10 : Serbest hemzemin geçit rneği [24].

2.3.2.2 Bekçili–bariyerli hemzemin geçitler

şehir içlerinde, önemli yerleşim alanlarında, trafik bakımından yoğun olan karayollarında, büyük istasyon ve garların içinde ve yakınlarında açılan hemzemin geçitlerde trafik emniyetini sağlamak amacıyla bariyer kolları tesis edilmektedir. Bu bariyer kolları, belli şartlar nedeniyle trenin geçide yaklaşımıyla beraber otomatik olarak devreye girip kapanacak bariyerler değil ise bu bariyerlerin idaresi için bekçiler görevlendirilmektedir.

Bekçili–bariyerli hemzemin geçitlerde, trenin geçide yaklaşımı sırasında bariyer kollarını indirerek geçidi karayolu trafiğine kapamak bekçilerin sorumluluğundadır. Bu tür hemzemin geçitlerde trafik emniyet performansı, büyük oranda bekçilerin nöbet süresi içerisinde her an her iki yönden de demiryolu aracı gelecekmiş gibi

dikkatli ve sorumlu davranarak görevlerini yerine getirmelerine bağlıdır [23]. Şekil 2.11’de bekçili–bariyerli bir hemzemin geçit örneği verilmiştir.



Şekil 2.11 : Bekçili–bariyerli hemzemin geçit örneği [9].

Bekçili–bariyerli hemzemin geçitler, mahallinden veya uzaktan idare edilebilmektedir. Mahallinden idare edilen hemzemin geçitlerde bariyer kollarını geçit bekçileri kontrol etmektedir. Uzaktan idareli hemzemin geçitlerde ise bariyer kolları, eğer geçit bir baş makas yakınında ise baş makasta görevli makasçılar; eğer geçit bir istasyon içerisinde veya çok yakınında ise nöbetçi hareket memuru veya istasyon yetkilileri tarafından kontrol edilmektedir [23].

2.3.2.3 Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitler

Şehir içlerinde, yerleşim merkezlerinde ve trafik bakımından yoğun olan karayollarına açılan bazı hemzemin geçitlerde bariyer kolları bekçiler veya istasyon görevlileri tarafından değil trenin geçide belirli bir mesafede yaklaşımı ile otomatik olarak kapanmaktadır. Bu tür hemzemin geçitlerde, geçit kullanıcılarına trenin yaklaşımını haber vermek adına flaşör ve çan gibi aktif uyarıcı ekipmanlar da bulunmaktadır [6,23]. Şekil 2.12’de flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli bir hemzemin geçit örneği verilmiştir.

Hemzemin geçit kaplamaları, hemzemin geçit kullanıcılarının geçitte direkt etkileşime girdiği bir diğer bileşendir. Bu nedenle ilerleyen kısımda hemzemin geçit kaplamaları ve özelliklerinden bahsedilmiştir.



Şekil 2.12 : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçit örneği [24].

2.4 Hemzemin Geçit Kaplamaları

Demiryolu hemzemin geçitlerinde; geçidi kullanan karayolu taşıtlarının raylara takılmaması, ray mantarları arasında patinaj yapmaması, kısaca hemzemin geçidi kolaylıkla terk edebilmesi için demiryolu iç kısımları ile beraber gabari dâhilindeki bölüm, ray mantarı üst kotu ile aynı seviyeye sahip olacak şekilde çeşitli malzemelerle doldurulmaktadır. Bu dolgu, hemzemin geçit kaplaması olarak adlandırılmaktadır ve hemzemin geçit yaklaşımında karayoluna her iki yönden belli bir mesafede de sağlam bir kaplama malzemesinin uygulanması, karayolu taşıtlarının hemzemin geçit bölgelerinden geçişini daha emniyetli hale getirmektedir. Hemzemin geçit kaplama malzemeleri;

- Balast–mıcır,
- Ahşap travers,
- Asfalt,
- Kesme/parke taş,
- Çelik (ray),
- Beton–prefabrik,
- Kauçuk,
- Kompozit malzeme olarak seçilebilmektedir.

Malzeme seçimi ise hemzemin geçit kaplamasının;

- Kolay uygulanabilir ve sökülebilir olması sayesinde bakım ve onarımının kolay olması,

- Uzun ömürlü ve dayanımının yüksek olması,
- Demiryolu aracının ve karayolu taşıtlarının geçişini, maliyetine göre yeterince emniyetli ve konforlu kılması,
- Geçidin bulunduğu bölgedeki trafik yükünü ve taşıt cinsi dağılımı gereklerini karşılayabilecek beceride olması,
- Karayolu taşıtlarının tekerlek yüklerini traversler aracılığı ile zemine aktarabilmesi,
- Yapım, bakım ve onarım masraflarının, ihtiyaç duyulan ve alınan performans doğrultusunda mümkün mertebe ekonomik olması gibi özellikleri sağlayacak şekilde yapılmalıdır [24]. İlerleyen kısımda, hemzemin geçit kaplamaları ve özellikleri kısaca açıklanmaktadır.

2.4.1 Balast–mıcır kaplamalı hemzemin geçitler

Balast–mıcır kaplamalı hemzemin geçitlerde; demiryolu rayları arası ve yanları, ray mantarı üst kotu seviyesinde balast veya mıcır malzeme ile doldurulmaktadır. Bazı durumlarda sadece toprak ve balast malzeme sıkıştırılırken; bazı durumlarda ise kum, çakıl ve mıcır gibi malzemeler, kil bağlayıcı ile sıkıştırılarak stabilize edilebilmektedir. Yapım, bakım ve malzeme maliyetleri ucuz olan balast–mıcır kaplamalar genellikle trafik yükü çok az olan köy yolları üzerinde bulunan hemzemin geçitlerde tercih edilmektedir [24]. Şekil 2.13’te balast–mıcır kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.13 : Balast–mıcır kaplamalı hemzemin geçit örneği [24].

Balast ve mıcırın yumuşak bir dolgu malzemesi olması nedeniyle bu tür kaplamaya sahip hemzemin geçitlerde karayolu taşıtlarının patinaj yapması veya taşıt altlarının raylara takılması nedeni ile sürücülerin geçidi hızlı terk edememelerine bağlı olarak kazalar görülebilmektedir. Ayrıca yine malzemenin yumuşaklığından dolayı balast–mıcır kaplamalar, taşıt tekerlek yüklerinden çok çabuk etkilenecek hızlı bir biçimde deforme olmaktadır. Bakım sırasında geçit kaplamasının komple sökülmesi gerektiğinden dolayı bu tür kaplamaların bakımı, işçilik ve zaman açısından uğraştırıcıdır [23,24].

2.4.2 Ahşap travers kaplamalı hemzemin geçitler

Ahşap travers kaplamalı hemzemin geçitlerde; demiryolu rayları arası ve yanları, ray mantarı üst kotu seviyesinde ahşap travers malzeme ile kaplanmaktadır. Bu tür hemzemin geçitlerde taşıtların tekerlek yükleri, ahşap traverslerin zarar görmelerine (kırılma, çatlama) ve gevşemelerine neden olmaktadır. Ayrıca günümüzde ahşap travers temininin güçlüğünden dolayı bu tür geçitlerin kullanımı azalmıştır. Bu nedenle trafik yoğunluğunun ve ağır taşıt oranının fazla olduğu taşıt yolları üzerinde açılan hemzemin geçitlerde kullanımı, hem performans yönünden hem de ekonomik açıdan uygun değildir. Zarar gören ahşap traverslerin tekil olarak yenilenebilmesi açısından işçilik ve zaman kazanımı yönünden avantajlıdır [23,24]. Şekil 2.14’te ahşap travers kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.14 : Ahşap travers kaplamalı hemzemin geçit örneği [24].

2.4.3 Asfalt kaplamalı hemzemin geçitler

Asfalt kaplamalı hemzemin geçitlerde; demiryolu rayları arası ve yanları, ray mantarı üst kotu seviyesinde karayollarında da çok yaygın olarak kullanılan asfalt malzeme ile kaplanmaktadır. Demiryolu araçlarının geçişini kolaylaştırmak için bu tür geçitlerde ray kenarlarına kontraylar da konulur. Bu tür hemzemin geçitlerde asfalt malzemenin elastik yapısından dolayı, ağır taşıt oranı ve trafik yoğunluğu fazla olan geçitlerde kaplama yapısında bozulmalar meydana gelmekte ve böyle durumlarda zamanla taşıt tekerlek yükleri nedeni ile demiryolu raylarında da bozulmalar oluşabilmektedir. Bu durum, geçit bölgesinden hem karayolu taşıtlarının hem de demiryolu araçlarının geçişini zorlaştırmaktadır. Ayrıca asfalt kaplamanın yenilenmesi için tamamen sökülmesi gerektiği için hem demiryolu hem de karayolu trafiğini uzun süreler sekteye uğratabilmektedir. Ancak yenileme ve bakım–onarım çalışmaları sırasında; kolay sökülebilir olması, kolay temin edilebilir olması ve ayrıca uzun ömürlü olması nedeni ile çok tercih edilmektedir. Çok tercih edilmesinde, maliyet bakımından diğer bazı hemzemin geçit kaplamalarına (kauçuk, kompozit vb.) göre daha ucuz olması ve bazı kaplama türlerine (balast–mıcır vb.) göre olumsuzluklarının daha az olması da büyük bir etki sağlamaktadır [23,24]. Şekil 2.15’te asfalt kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.15 : Asfalt kaplamalı hemzemin geçit örneği [24].

2.4.4 Kesme/parke taş kaplamalı hemzemin geçitler

Kesme/parke taş kaplamalı hemzemin geçitlerde; demiryolu raylarının arası ve yanları, ray mantarı üst kotu seviyesinde genellikle kaldırımlarda kullanılan kesme/parke taş ile kaplanmaktadır. Bu tür kaplamalar genellikle hafif raylı sistemlerde kullanıldığı gibi trafik yükü ve ağır taşıt oranı düşük hemzemin geçit bölgelerinde de kullanılabilir. Ancak parke taşın yüzey alanının küçük olması, üzerine gelen tekerlek yükleri nedeniyle çabuk deforme olmasına ve çökmelere neden olabilmektedir [23,24]. Şekil 2.16’da kesme/parke taş kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.16 : Kesme/parke taş kaplamalı hemzemin geçit örneği [24].

2.4.5 Çelik (ray) kaplamalı hemzemin geçitler

Çelik (ray) kaplamalı hemzemin geçitlerde; demiryolu raylarının arası ve yanları, ray mantarı üst kotu seviyesinde ve geçit genişliğinde özellikle hurda raylar kullanılarak çelik malzeme ile kaplanmaktadır. Çelik kaplama, esnek olmayan ve ağır olan bir malzeme olduğu için; ayrıca demiryolu arızalarında tamamen sökülmesi gerektiği için hem yapım/bakım/onarım işçiliğinin hem de bunlar için gerekli olan zaman ihtiyacının fazlalığı yüzünden dezavantajlı bir konumdadır. Ağır ve sağlam bir malzeme olduğu için trafiği yoğun geçitlerde tercih edilmesine rağmen kendi ağırlığı ile geçit bölgelerinde çökmelere neden olabilmektedir [23,24]. Şekil 2.17’de çelik (ray) kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.17 : Çelik (ray) kaplamalı hemzemin geçit örneği [5].

2.4.6 Beton–prefabrik kaplamalı hemzemin geçitler

Beton–prefabrik kaplamalı hemzemin geçitlerde; demiryolu rayları arasına ve yanlarına, ray mantarı üst kotu seviyesinde ve geçit genişliğinde beton dökülmekte veya beton plakalar yerleştirilmektedir. Ayrıca bu tür geçitlerde demiryolu aracının geçişini kolaylaştırmak adına geçit bölgesinde ray kenarlarına kontraylar uygulanır. Bu tür kaplamalar, ağır taşıt oranı yüksek ve yoğun trafik altındaki hemzemin geçitlerde tercih edilse de taşıt tekerlek yükleri nedeni ile yapısında bozulmalar meydana gelebilmektedir ve bu tür durumlarda bakım ve onarımı için tamamen kırılması gerekmektedir. Bu da uzun süreler gerektirdiği için hem karayolu hem de demiryolu trafiği uzun zaman sekteye uğrayabilmektedir. Yapım, bakım ve onarım şartlarının zor ve maliyetli olması, geçitlerde bu tür kaplamaların tercih edilme sıklığını azaltmaktadır [23,24]. Şekil 2.18’de beton–prefabrik kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.18 : Beton–prefabrik kaplamalı hemzemin geçit örneği [9].

2.4.7 Kauçuk kaplamalı hemzemin geçitler

Kauçuk kaplamalı hemzemin geçitlerde demiryolu içi ve yanları; ray mantarı üst kotu seviyesinde, gerekli boyutlarda kesilmiş kauçuk malzeme parçaları ile kaplanmaktadır. Diğer hemzemin geçit kaplama türlerinin olumsuzluklarının, demiryolu işletmelerini son yıllarda yeni araştırmalara yönlendirmesiyle beraber kullanımı artan kauçuk kaplamalar, ray tabanına ve travers üzerine oturduğu için taşıt tekerlek yüklerini kolayca balasta iletebilmektedir. Böylece geçit kaplamasında, demiryolunda ve karayolunda ilave bozulmalar meydana gelmemektedir. Ayrıca sadece zarar gören parçanın sökülüp yenilenmesine imkân sağladığı için bakım ve onarım çalışmaları sırasındaki işçilik az ve geçit bölgesinin trafiğe kapalı olduğu zaman aralığı oldukça kısa olmaktadır. Bunun yanında, plastik parçaların ağır ve yoğun yükler altında kolayca kırılmayıp, aşınmaması sayesinde de ağır taşıt oranı ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu geçitlerde kullanılabilir; ancak tüm bu avantajlarının yanında maliyeti yüksek bir hemzemin geçit kaplama türüdür [23,24]. Şekil 2.19’da kauçuk kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.19 : Kauçuk kaplamalı hemzemin geçit örneği [24].

2.4.8 Kompozit kaplamalı hemzemin geçitler

Kompozit kaplamalı hemzemin geçitlerde demiryolu rayları arası ve yanları; ray mantarı üst kotu seviyesinde, kompozit malzemedan üretilmiş modüler bir malzeme ile kaplanmaktadır. Türkiye’de son yıllarda uygulanmakta olan bu hemzemin geçit kaplama türünün ilk maliyeti yüksek olsa da katlı modüler yapısından dolayı bir paneldeki sadece zarar gören parçanın değiştirilmesine olanak sağladığı için bakım ve onarımı oldukça ekonomik, kolay ve hızlıdır [25]. Şekil 2.20’de kompozit hemzemin geçit kaplama malzemesinin katlı modüler yapısı görülebilmektedir.



Şekil 2.20 : Kompozit hemzemin geçit kaplama malzemesinin katlı modüler yapısı [25].

Bu tür kaplamalar, ağır taşıt oranı ve trafik yoğunluğu fazla olan geçitlerde kompozit malzemenin çabuk yorulmama özelliğinin avantajı yanında, modüler yapısı sayesinde hızlı kurulum kabiliyeti ile de uygulama esnasında demiryolu ve karayolu trafiğini çok kısa sürelerde sekteye uğratmaktadır. Ayrıca aşırı montajı ve kaplama içi kilit sistemi sayesinde stabilitesini uzun zamanlar koruyabilen kompozit kaplamalar, yüksek mukavemetli ve uzun ömürlü kaplamalardır. Katlı yapıları sayesinde ray içlerinde ve traverslerinde yumuşak bir zemin oturması sağladıkları gibi üst katmandaki kompozit malzeme sayesinde de zorlu trafik koşullarını sırtlayabilecek derecede sert ve mukavemetli bir yapı sağlamaktadırlar. Ayrıca üst katmanda bulunan kanallı yapı sayesinde hızlı bir biçimde geçidin drenajını sağlayıp, renkli görünüşleri ile de taşıt sürücülerini uyaran bir yapıya sahiptirler [26]. Şekil 2.21’de kompozit kaplamalı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.

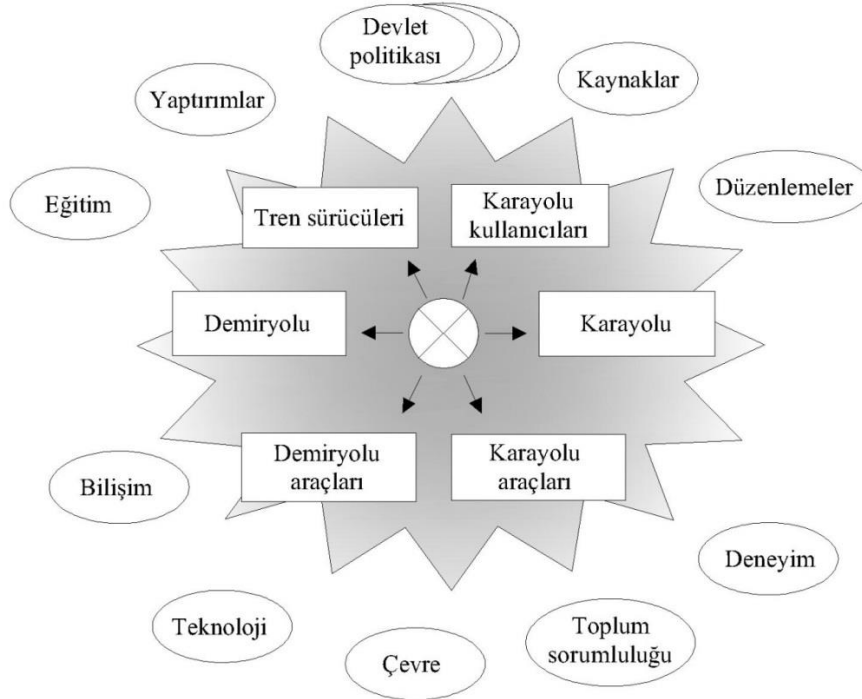


Şekil 2.21 : Kompozit kaplamalı hemzemin geçit örneği [Kaynak: TCDD].

Önceki kısımlarda, bir hemzemin geçit bölgesinde kullanıcıların direkt etkileşime girdiği hemzemin geçit özelliklerinden; hemzemin geçit sınıfları (geçide tesis edilen trafik kontrol ekipmanlarına, başka bir deyişle koruma sistemlerine göre) ve kaplamaları kısaca anlatılmıştır. İlerleyen kısımda ise hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörler, detaylandırılarak incelenmektedir.

2.5 Hemzemin Geçitlerde Emniyeti Etkileyen Faktörler

Demiryolu hemzemin geçitleri, iki ulaşım türünü tek noktada ve aynı seviyede birleştiren özel noktalar olarak bir demiryolu hattının emniyet performansında büyük rol oynamaktadır. Hemzemin geçitlerde meydana gelen kazalar ise tek bir faktörün yanı sıra birçok faktörün bir araya gelmesiyle yani farklı faktörlerin çeşitli kombinasyonlarının etkisi ile oluşabilmektedir. Bu nedenle bir hemzemin geçitteki emniyet söz konusu olduğunda tek bir faktör yerine, farklı faktörlerin bir araya gelmesi durumunun geçitteki emniyete olan etkisinin incelenmesi daha doğru olacaktır. Bunu yapabilmek için ise bir hemzemin geçitte emniyete etki eden faktörlerin iyi bir biçimde kavranması büyük önem taşımaktadır [1]. Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen bileşenler genel olarak Şekil 2.22’de görselleştirilmiştir.



Şekil 2.22 : Hemzemin geçit genel emniyet bileşenleri [17,18].

Şekil 2.22’de de görüldüğü üzere bir hemzemin geçidin emniyetinde birçok bileşen rol oynamaktadır. Demiryolu ve karayolu özelliklerinin yanında, onları kullanan insanlar ve kullandıkları taşıtların özellikleri ile devletin bu konuda uyguladığı yasal düzenlemeler, cezai yaptırımlar, halkın eğitimi ve çevresel özellikler hemzemin geçit emniyetini önemli derecede etkilemektedir. Ayrıca demiryolu işletmelerinin sektörü takip ederek kazanacakları birikim ve tecrübeler, teknoloji ve bilişimin kullanımı, halkın ve demiryolu çalışanlarının eğitimi, mevzuatlara uymayan kullanıcıların denetimi ve bunların yanında uygulanacak diğer mühendislik çalışmaları hemzemin geçit kazalarının azaltılmasında rol oynayacak faktörlerdir. Tüm bunların başarılı, tutarlı ve verimli bir biçimde yürütülebilmesi için ise eldeki kaynakların en doğru şekilde ve yerinde kullanılması gerekmektedir [18].

Hemzemin geçitlerin genel emniyet bileşenleri göz önünde bulundurulduğunda hemzemin geçit kazalarına sebep olabilecek tehlikeli durumlar ise;

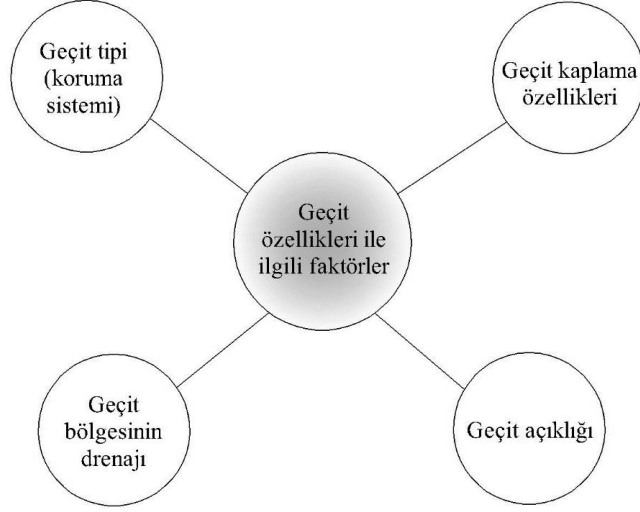
- Bir ülkede hemzemin geçitlerin tasarım, işletme, planlama ve kullanım koşullarının yasal düzenlemelerle tamamen kontrol altına alınmaması,
- Hemzemin geçit ve yaklaşım yollarında kaplama kalitesinin yetersizliği ve kaplamada geçişi zorlaştıracak biçimde bozulmaların bulunması,
- Hemzemin geçitlerde hem karayolu hem de demiryolu tarafından görüş mesafelerinin yetersiz olması,
- Trafiğin yoğun olduğu hemzemin geçitlerde bekçi, bariyer, flaşör ve çan gibi, sürücülerin trenin yaklaşımında uyaracak aktif ekipman–koruma sistemi ve personel mevcudiyetinin yetersizliği; ayrıca bunun yanında da tüm bunların bakım–onarım ve denetlemelerinin yetersizliği,
- Hemzemin geçitlerde ve yaklaşım yollarında düşey trafik işaretleri gibi pasif uyarıcı ekipmanların ve hız kesici kasis ya da işaretlemelerin (yatay trafik işaretlerinin) yetersizliği,
- Anahat veya özellikle iltisak hatları üzerinde bulunan hemzemin geçitlerin denetleme ve kontrol mekanizmasındaki yetersizlik,
- Hemzemin geçitlerde drenajın yetersizliği,
- Hemzemin geçitte, demiryolu aracının yaklaşımı sırasında geçitte herhangi bir yabancı cismin veya engelin olup olmadığını kumanda merkezine veya makiniste haber edecek teknolojik ekipmanların bulunmaması,

- Hemzemin geçit yaklaşımında; yaklaşım yolu mesafelerinin, taşıt sőrucőlerinin geçidi yeterli seviyede idrak edip őrlemlerini alamayacak kadar kısa olması,
- Hemzemin geçit bėlgelerinde demiryolu ve karayolunun geometrik standartlarındaki yetersizlikler,
- Hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları için gerekli olan őrdeneklerin yetersizliği,
- Yėksek hızlı demiryolu hatlarında hemzemin geçit bulunması,
- Halkın hemzemin geçitlerle ilgili őrzellikle de serbest hemzemin geçitlerdeki kurallara uymama hataları ile ilgili yeterince bilgilendirilmelerini sağlamak ve konu ile ilgili bir toplum sorumluluğu oluşturmak için dőzenlenen eğitim, seminer vb. Çalışmalardaki yetersizlikler,
- Hemzemin geçit bėlgelerindeki sorumluluklar konusunda karayolu ve demiryolu otoriteleri arasında yaşanan anlaşmazlıklar ve yetkilerin birçok otoriteye dağılmış olmasından dolayı, alınan kararların uygulanmasındaki zorluklar,
- Hemzemin geçitlerden sorumlu demiryolu personelinden ve hemzemin geçit kullanıcılarından kaynaklı insan hataları olarak sıralanabilir [18,27,28].

Tėm bunların ışığında anlaşılacağı őrere hemzemin geçitlerde emniyet; birçok mőhendislik faktėrő, insan ile ilgili faktėr ve çevresel faktėre bağlıdır ve hemzemin geçitlerde emniyeti sağlamak için bu faktėrlerin iyi bir şekilde irdelenmesi ve yorumlanması gerekmektedir [29]. Ayrıca riskin, kaza frekansının/olasılığının ve kaza şiddetinin/sonuçlarının bir birleşimi olduğu dőřőnőldőėőnde; birçok faktėre bağlı olarak her hemzemin geçitteki kaza riski farklı olabilmektedir [4]. İlerleyen sayfalarda, hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen ve riskin farklılaşmasına neden olan bu faktėrlere; geçit, karayolu, demiryolu, evre, insan, ekonomi ve kaza geçmişi ile ilgili őrzellikler başlıkları altında tek tek değinilmektedir.

2.5.1 Geçit őrzellikleri ile ilgili faktėrler

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktėrlerden geçit őrzellikleri ile ilgili olan ve literatőrde őrzerinde en çok durulan faktėrler şekil 2.23'te gėrőlmektedir.

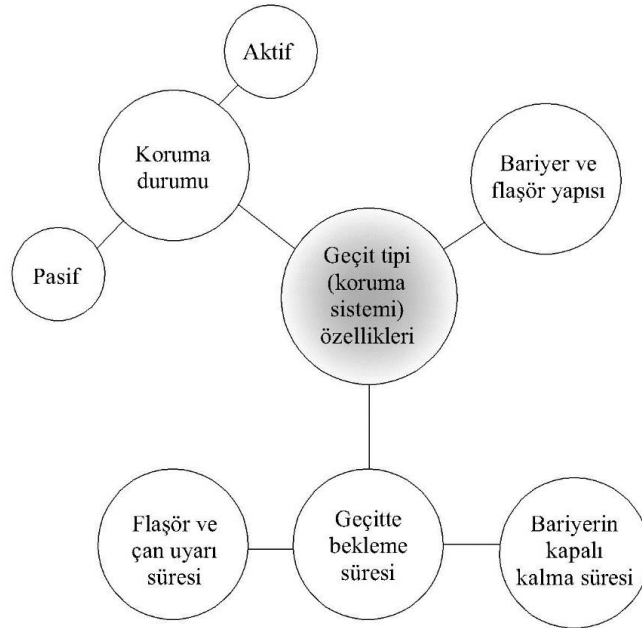


Şekil 2.23 : Geçit özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

İlerleyen kısımda; Şekil 2.23’te bahsi geçen faktörler, alt bileşenleriyle beraber ayrı ayrı incelenmektedir.

2.5.1.1 Geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.24’te görülmektedir.



Şekil 2.24 : Geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Demiryolu hemzemin geçitlerinin ilk inşa edilmeye başlandığı yıllarda, karayolları üzerinde kullanılan motorlu taşıt sayısı günümüze oranla çok daha kısıtlıydı. Bu nedenle bir hemzemin geçitte, trenin yaklaşımı sırasında elindeki kırmızı bir bayrak veya fener ile karayolu trafiğini durdurup, geçit emniyetli hale geldikten sonra karayolu trafiğinin devam etmesini sağlayan bir görevlinin bulunması yeterli olmaktaydı.

Ancak zaman ilerledikçe hem karayolu hem de demiryolu trafiğinde meydana gelen büyük artış, hemzemin geçitlerin emniyetli bir şekilde işletilebilmesi için çeşitli bariyerlerin ve/veya uyarıcı ekipmanların (çan, flaşör vb.) kullanılması zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Böylece daha önce de belirtildiği üzere geçitlerde kullanılan koruma sistemlerine göre, ülkelerde çeşitli hemzemin geçit tipleri ortaya çıkmıştır [18].

Hemzemin geçitlere tesis edilen koruma sistemleri, pasif ve aktif koruma sistemleri olmak üzere genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Pasif koruma sistemleri, ses veya ışık gibi aktif uyarıcı öğeleri barındırmayan trafik işaretlerini kapsamaktadır. Aktif koruma sistemleri ise trenin geçide yaklaşımıyla aktif hale gelerek hemzemin geçit kullanıcılarını uyaran sesli ve ışıklı ekipmanlar (flaşör, çan, trafik ışığı vb.) ile bariyerleri (tam veya yarım) kapsamaktadır.

Geçide tesis edilen koruma sistemine göre, hemzemin geçitler genel olarak; pasif (kontROLSÜZ) ve aktif (kontrollü) hemzemin geçitler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pasif (kontROLSÜZ) hemzenin geçitlerde, tren yaklaşırken geçit kullanıcılarını uyarmak veya durdurmak amacıyla devreye giren herhangi bir aktif ekipmanın bulunmaması nedeniyle; geçitteki demiryolu trafiğinin durumunu saptamak, trenin düdüğünü dinlemek ve gelişini gözlemlemek suretiyle tamamen hemzemin geçit kullanıcısının sorumluluğundadır. Aktif (kontrollü) hemzemin geçitlerde ise geçide tren yaklaşırken, geçide tesis edilmiş olan aktif ekipmanlar yardımıyla kullanıcılar uyarılmakta veya kullanıcıların hareketleri bariyerler yardımıyla sınırlandırılmaktadır [32,33].

Pasif hemzemin geçitlerdeki en büyük tehlike, kullanıcının sadece geçidin varlığı konusunda uyarılması ve kullanıcıya geçitteki demiryolu trafiğinin durumu hakkında herhangi bir uyarıda bulunulmamasıdır. Bu durum, geçit kullanıcılarının uyarı levhalarını (dur levhası vb.) göz ardı edip, tren hareketini kontrol etmeden geçide

gimeleri sonucunda hemzemin geçit kazalarının meydana gelmesine neden olabilmektedir. Aktif hemzemin geçitler, pasif hemzemin geçitlere göre daha emniyetli bir geçiş sağlasa da kullanıcıların; kapalı bariyerlerin (zellikle yetersiz uzunlukta veya yarım kollu bariyer tesis edilmiş geçitlerde) etrafından dolaşması, devreye giren flaşör ve/veya an uyarısını dikkate almayıp geçide girmesi gibi durumlar sonucunda da hemzemin geçit kazaları meydana gelebilmektedir [29,32].

Macaristan’da yapılan bir çalışmada geçit tiplerinin emniyet seviyesine göre sıralaması, baştaki en düşük olmak üzere pasif hemzemin geçitler, flaşörlü hemzemin geçitler, flaşörlü ve yarım bariyerli hemzemin geçitler şeklinde belirlenmiştir [34]. Ayrıca geçmiş yıllarda yürütülmüş olan bir çalışma sonucunda, geçide tesis edilen koruma sisteminin geçitteki emniyette gerçekleştirmesi beklenen etkiler, izelge 2.4’te görülen oranlarda saptanmıştır.

Çizelge 2.4 : Koruma sistemlerinin hemzemin geçitteki emniyete etkisi [35].

Koruma sistemi	Geçitteki emniyete etkisi
Trafik işareti (dur levhası vb.)	Bilinmiyor
Flaşör	Sadece trafik işareti tesisine kıyasla kazalarda %64 ve ölümlerde %83 azalma
Flaşör ve bariyer (ikili)	Sadece trafik işareti tesisine kıyasla kazalarda %88, yaralanmalarda %93 ve ölümlerde %100 azalma
Uzun kollu bariyer	İkili bariyer tesisine kıyasla kullanıcı kural ihlallerinde %64–%84 arasında azalma

Çizelge 2.4’te görüldüğü üzere hemzemin geçitteki koruma sistemi bir st seviyeye geçirildikçe diğer koşullara da bağlı olarak geçit daha emniyetli hale gelebilmektedir. Ancak daha önce de belirtildiği üzere ekonomik kaynakların ve ödeneklerin sınırlı oluşu, her hemzemin geçide en st seviye koruma sisteminin tesis edilmesine olanak vermemektedir [35].

Hemzemin geçide tesis edilen bariyer ve/veya flaşörün yapısı da geçitteki emniyeti etkilemektedir. Geçide tesis edilmiş olan bariyerin ve/veya flaşörün çeşitli teknik gereklilikleri sağlaması gerekmektedir. Bariyerler, geceleri de kolay bir şekilde fark edilebilmeleri adına çeşitli ışık verici ekipmanlarla donatılmalıdır. Flaşrler ise gün ışığında da kolayca görülebilecek şiddette ışık vermelidir. Ayrıca anlar da kolayca

duyulabilecek şiddette ses üretebilmelidir. Flaşörlerin yerden yüksekliği ise geçit kullanıcılarının kolayca görebileceği şekilde ayarlanmalıdır. Tüm bunların yanında da bu tür ekipmanların düzenli olarak bakımının yapılıp, geçit kullanıcılarını uyarma veya hareketlerini kısıtlama becerilerinde herhangi bir noksanlık meydana gelmiş ise ivedilikle müdahale edilmesi gerekmektedir [6,7,16,36,37]. Şekil 2.25’te bazı ülkelere göre hemzemin geçitlere tesis edilen farklı yapıdaki flaşör örnekleri görülmektedir.



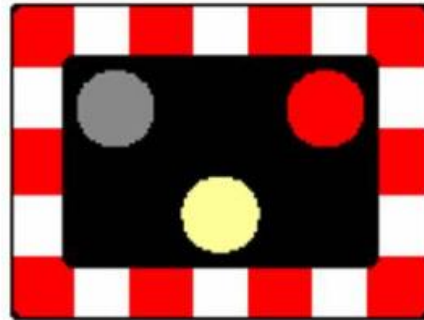
Almanya



Çekya



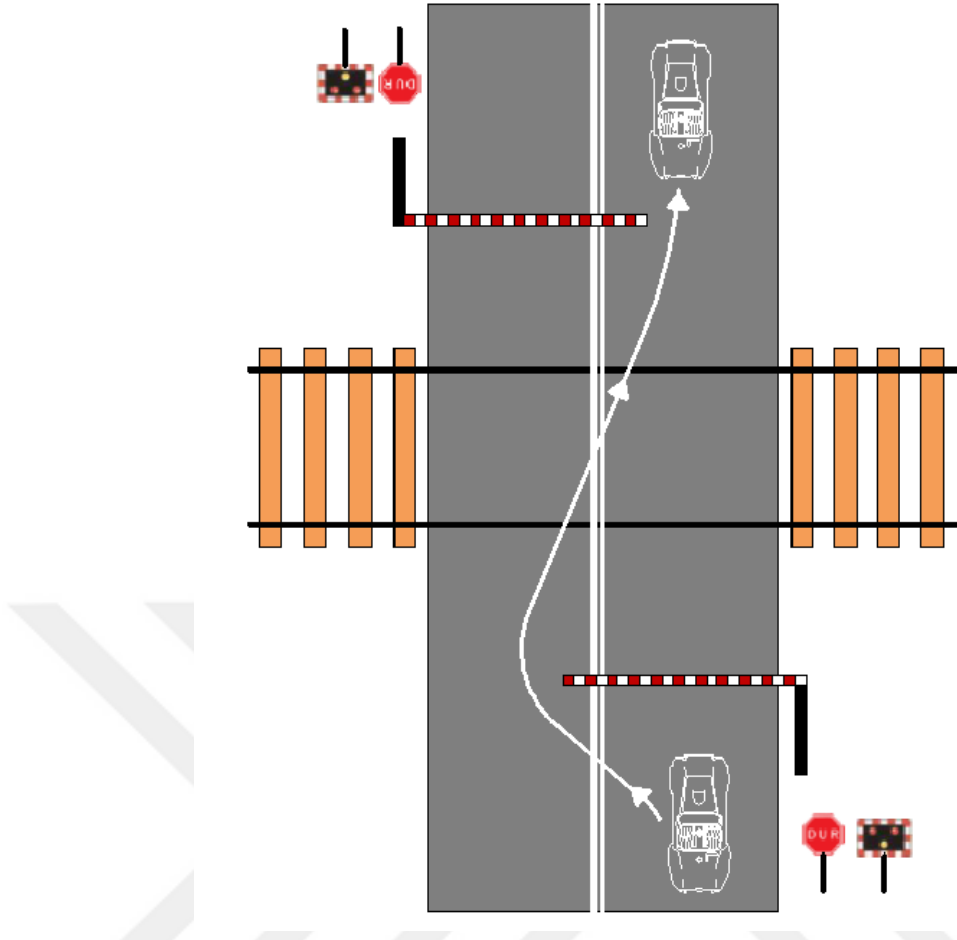
Belçika



Büyük Britanya

Şekil 2.25 : Ülkelerin hemzemin geçitlerine tesis ettiği farklı yapıdaki flaşör örnekleri [38].

Bariyer yapısı ile ilgili olarak hemzemin geçitlerde emniyeti tehdit eden en önemli tehlikelerden biri de bariyer kolunun veya kollarının karayolu genişliğinde olmaması yani geçit açıklığını tamamen kapamayacak şekilde olmasıdır. Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (özellikle motosiklet, bisiklet, yaya vb. izinsiz geçişini engelleyemeyen) ya da yarım kollu bariyer tesis edilen hemzemin geçitlerde sürücüler, zikzak hareketi yaparak kuralları ihlal etmek suretiyle trenin yaklaşımı sırasında hemzemin geçidi kullanmaya çalışabilmektedirler ve böylece hemzemin geçit kazaları gerçekleşebilmektedir [39]. Bu durum, Şekil 2.26’da görselleştirilmiştir.



Şekil 2.26 : Yarım kollu bariyer uygulaması sonucundaki sürücü zikzak hareketi [39].

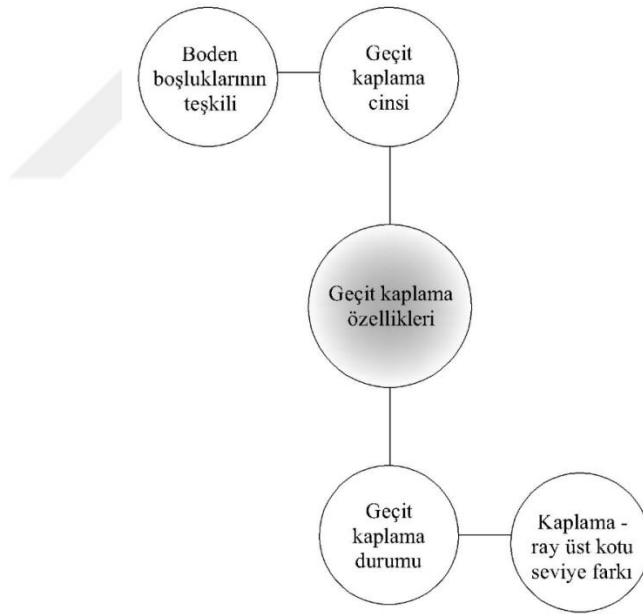
Şekil 2.26’da görüldüğü üzere yarım kollu bariyer tesis edilmiş hemzemin geçitlerde, özellikle karayolu ortasına sürücünün zikzak hareketini önleyecek bir engel (beton korkuluk, bordür, delinatör vb.) inşa edilmediğinde, sürücü hatalı davranışlar sergileyebilmektedir [40].

Hemzemin geçitlerde geçit tipi açısından emniyeti etkileyen diğer bir faktör de bariyerin ve/veya flaşörün devrede kalma süresine bağlı olarak sürücünün geçitte bekleme süresidir. Bazı koşullara bağlı olarak bariyerler ve flaşörler, tren hızına bağlı olmaksızını trenin hemzemin geçide belli bir mesafe yaklaşımı ile aktif hale gelecek biçimde ayarlanabilmektedir. Bu mesafenin ve demiryolu işletme hızının iyi analiz edilmediği durumlarda sürücüler, geçitte bekledikleri süre uzadıkça normalde olması gerekenden fazla bekletildikleri algısına kapılarak tren hızını göz ardı edip veya sadece tek yöndeki tren hareketini gözleyip, flaşör hala devrede iken geçide girebilmektedirler.

Ayrıca hem bariyer hem de flaşör tesis edilmiş olan hemzemin geçitlerde, flaşörün ve bariyerin devreye girme anlarının ve devrede kalma sürelerinin iyi bir şekilde ayarlanmadığı durumlarda, sabırsızlanmaya başlayan sürücüler yine tren hızını veya karşı yöndeki tren hareketini göz ardı edip tren geçide gelmeden ve bariyer kapanmadan karşıya geçebilecekleri düşüncesiyle kontrolsüz (yüksek hız, zikzak vb.) bir şekilde geçide girebilmektedirler. Özellikle hareket kabiliyeti sınırlı olan uzun ve ağır karayolu taşıtlarını kullanan sürücüler, bu tür durumlarda son bir hamleyle de geçidi tamamen terk edemeyip, hemzemin geçit kazalarına neden olabilmektedirler [18,29,33,41].

2.5.1.2 Geçit kaplama özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden geçit kaplama özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.27’de görülmektedir.



Şekil 2.27 : Geçit kaplama özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Daha önceki kısımlarda (Bölüm 2.4) hemzemin geçit kaplama türlerinin özellikleri anlatılırken de belirtildiği üzere hemzemin geçide uygulanan kaplamanın cinsi, hemzemin geçit emniyetini doğrudan etkilemektedir. Bunun nedeni ise hemzemin geçit kaplamasının, sürücülerin bir hemzemin geçidi kullanırken doğrudan etkileşime girdikleri bir bileşen olmasıdır. Hemzemin geçitteki taşıt trafiğinin hızlı bir şekilde temizlenmesi ve taşıt sürücülerinin konforlu ve emniyetli bir şekilde geçidi terk

etmesi için geçide, geçidin bulunduğu bölgenin trafik yoğunluğuna ve taşıt cinsi dağılımına uygun bir kaplama türü uygulanmalıdır. Özellikle ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde, yanlış kaplama cinsi seçimi nedeniyle, geçitten ağır bir taşıtın geçişi sırasında kaplamada meydana gelen hasarlardan ötürü sürücünün geçidi terk edememesi durumu oluşabilmektedir. Bu durum ise hemzemin geçit kazalarına mahal verebilmektedir [42].

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden bir diğeri de boden boşluklarının doğru bir şekilde teşkil edilmiş olup olmamasıdır. Boden, demiryolu araç tekerleklerinin iç kısmında kalan çıkıntılı parçaya verilen isimdir. Hemzemin geçitlerde, demiryolu aracının geçit bölgesini kullanırken geçit kaplaması ile etkileşime girmesini ve bunun sonucunda da geçitte deray etmesini önlemek amacıyla, demiryolunun iç kısmında geçit kaplaması ve ray arasına, bodenlerin rahat hareket edebileceği bir boşluk teşkil edilmektedir. Taşıt trafiğinin yoğun olduğu hemzemin geçitlerde ise bu boşluğun zamanla taşıt trafiği ve/veya ağır taşıt trafiği nedeniyle bozulup, bu durumun trenin geçitte derayına mahal vermemesi adına “kontray” ismi verilen ikinci bir ray da döşenebilmektedir. Boden boşluğunun, işlevini tam olarak yerine getirebildiğinden emin olmak için belirli aralıklarla bu boşluk kontrolden geçirilmeli ve başka malzemelerle dolması ya da yapısının bozulması durumunda acilen müdahale edilmelidir. Aksi takdirde bu durum, trenin derayına bağlı olarak hemzemin geçitte kazalara neden olabilmektedir [23,24]. Şekil 2.28’de kontraylı bir hemzemin geçit örneği görülmektedir.



Şekil 2.28 : Kontraylı hemzemin geçit örneği [9].

Hemzemin geçide uygulanan kaplamanın cinsi yanında geçide uygulanmış olan kaplamanın durumu başka bir deyişle kaplamanın işlevini yerine getirebilme becerisinde bir azalma olup olmaması da hemzemin geçit emniyetini etkilemektedir. Gerekli bakımları yapılmamış bir hemzemin geçit kaplaması, kendinden beklenenden daha düşük bir performans sergileyip, sürücülerin yine geçidi hızlı ve konforlu bir şekilde terk edememelerine neden olmaktadır. Ayrıca geçit kaplamasının yer yer pürüzlü veya engebeli olması, geçit bölgesinde taşıt sürücülerini otomatik olarak aniden hızlarını düşürmeye yönlendireceğinden, bu tür durumlarda taşıtlar arasında arkadan çarpma kazaları meydana gelerek de geçitteki emniyet olumsuz yönde etkilenebilmektedir [41,42].

Hemzemin geçitlerin kaplama özellikleri ile ilgi olarak geçit emniyetini etkileyen önemli faktörlerden biri de hemzemin geçit kaplama yüzeyi ile demiryolu ray üst kotunun aynı seviyede olmamasıdır. Bu durumda taşıtlar, geçidi hızla terk etmeleri gereken hallerde bir engel olarak demiryolu rayıyla karşılaşmaktadır. Böylece sürücülerin yapmak zorunda kaldıkları ani yavaşlamalar veya raya takılmaları sonucunda geçidi terk edememeleri gibi durumlar da hemzemin geçit kazalarının meydana gelmesine neden olabilmektedir [6,7,36,42].

2.5.1.3 Geçit bölgesinin drenajı

Drenajı iyi yapılmamış bir hemzemin geçit bölgesinde yüzeyde toplanan sular nedeniyle hem yaklaşım yolu hem de geçit kaplamasında zamanla taşıma gücü kayıpları meydana gelebilmektedir. Ayrıca yer altı ve yer üstü drenaj yapılarının hatalı bir şekilde inşa edildiği hemzemin geçitlerde zamanla zeminin plastikleşmesi nedeniyle altyapı kusurları ortaya çıkabilmekte, bu durum ise yol ve geçit yüzeyinde çökmelere neden olabilmektedir. Tüm bunlar ise geçit kullanıcılarının geçit bölgesini konforlu ve emniyetli bir şekilde hızlıca terk etmelerine engel olmak suretiyle hemzemin geçit kazalarına yol açabilmektedir. Bu nedenle hemzemin geçit bölgelerinin sudan tamamen tecrit edilmiş olması gerekmektedir [9,22,23,43].

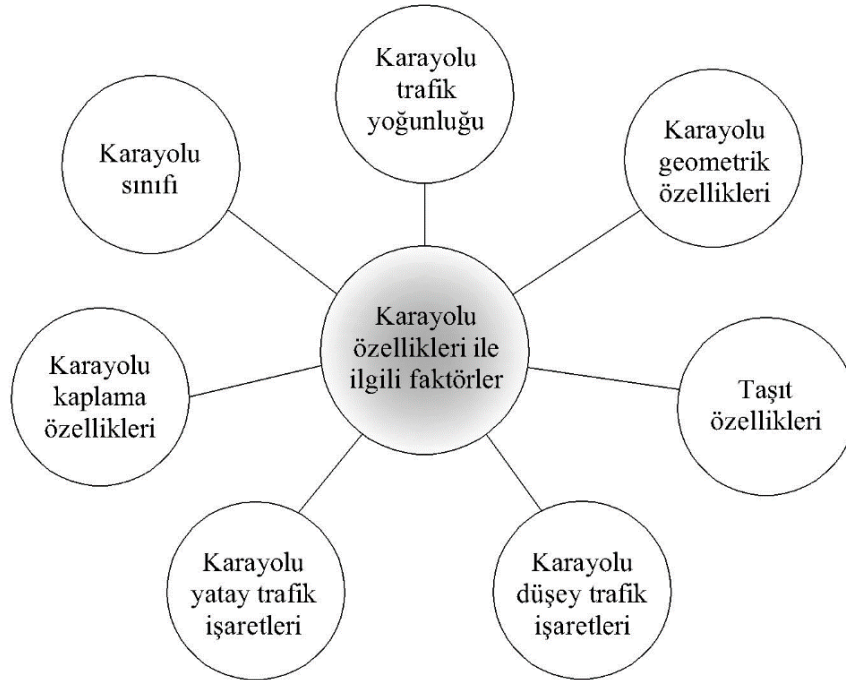
2.5.1.4 Geçit açıklığı

Karayolu genişliğine bağlı olarak hemzemin geçidin açıklığı arttıkça, geçitten aynı anda geçen taşıt sayısı artabilmekte başka bir deyişle geçit içindeki trafik anlık olarak yoğunlaşabilmekte ve geçidin taşıt trafiğinden tamamen temizlenme süresi uzayabilmektedir. Bu durum ise geçitte kaza meydana gelme ve bu kazaların daha

kötü şekilde sonuçlanma ihtimalini artırmak suretiyle hemzemin geçit emniyetini etkilemektedir. Geçit açıklığı aynı zamanda karayolu şerit sayısını ve karayolu şerit genişliğini de temsil etmektedir. Ayrıca geçit açıklığının artması durumunda, geçide tesis edilen bariyer kollarının da yetersiz uzunlukta olduğu hallerde, geçit bölgesinde sürücü zikzak hareketlerinin artması durumu oluşabilmektedir. Geçit açıklığının artışı ile meydana gelen bu tür dezavantajların ortadan kaldırılması adına karayolu ayırma yapıları kullanılarak ve/veya şerit genişliği tanzimi yapılarak geçitte çeşitli önlemler alınabilmektedir. Geçit açıklığının taşıtların geçidi rahatça terk etmelerine müsaade etmeyecek kadar dar olması da geçidin hızlıca temizlenmesini engelleyeceği için bu durum da hemzemin geçit emniyetini olumsuz yönde etkilemektedir [6,7,29,35].

2.5.2 Karayolu özellikleri ile ilgili faktörler

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden karayolu özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.29’da görülmektedir.



Şekil 2.29 : Karayolu özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

İlerleyen kısımda; Şekil 2.29’da bahsi geçen faktörler, alt bileşenleriyle beraber ayrı ayrı incelenmektedir.

2.5.2.1 Karayolu trafik yoğunluğu

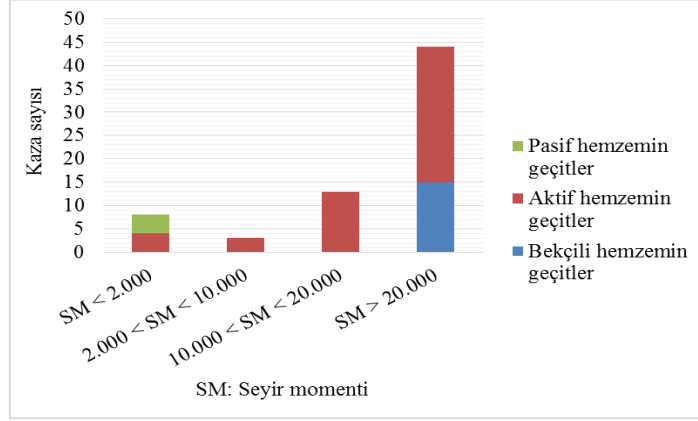
Karayolu trafik yoğunluğu, hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kanada’da 2003 yılında yapılan bir çalışmada karayolu trafik yoğunluğunun hemzemin geçitlerde emniyeti en çok etkileyen parametre olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, bir hemzemin geçitteki karayolu trafik yoğunluğu ile kaza frekansı arasında kesinlikle anlamlı bir ilişki bulunmakta ve karayolu trafik yoğunluğu arttıkça geçitte meydana gelen kazaların sayısı da artmaktadır [29,32,44].

Bir hemzemin geçitte karayolu taşıtlarının ve demiryolu araçlarının aynı anda bulunma ihtimali ne kadar fazlaysa kaza meydana gelme olasılığı da o denli fazla olmaktadır. Başka bir deyişle bir hemzemin geçidin karayolu trafiğine açılma–kapanma sayısı (demiryolu araç hareketi) ve trafiğe açık olduğu süre boyunca üzerinden geçen taşıt sayısı yani kullanım sıklığı arttıkça bu geçitte kaza meydana gelme olasılığı artmaktadır. Bu durum kurumları, bu etkiyi daha iyi yansıtacak bir parametre kullanarak geçitteki emniyeti değerlendirmeye itmiştir. Bu parametre ise seyir momenti olarak belirlenmiştir. Bir hemzemin geçidin seyir momenti, dünyada çok yaygın bir şekilde, geçitten geçen Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) ve geçitten geçen günlük ortalama demiryolu araç sayısının çarpılması ile hesaplanmaktadır [6,44].

Farklı ülkelerde yapılan çeşitli çalışmaların çoğunda seyir momentinin bir hemzemin geçitteki emniyeti etkileyen en önemli parametre olduğu tespit edilmiştir. Macaristan’da 2016 yılında ve yine Kanada’da 2015 yılında yapılan diğer bir çalışmada seyir momentinin bir hemzemin geçitteki risk düzeyini başka bir deyişle kaza frekansını ve kaza şiddetini en anlamlı derecede açıklayan parametre olduğu gözlemlenmiştir [21,34,37].

Şekil 2.30’da ise Kuzey Yunanistan’da 2004–2013 yılları arasında meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazalarından, verilerine ulaşılabilen 68 adedinin seyir momenti ve geçit tipine bağlı olarak sayıları görülmektedir.

Şekil 2.30 incelendiğinde, 68 adet kazanın 44 adet gibi büyük bir kısmının aktif koruma sistemine sahip olmalarına rağmen seyir momenti değerinin 20.000’den fazla olduğu hemzemin geçitlerde gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 2.30 : Kuzey Yunanistan'dan seyir momentini ve geçit tipine göre örnek kaza sayıları [37].

Tüm bunların bir çıktısı olarak, Türkiye’de TCDD de dâhil olmak üzere ülkelerin demiryolu kuruluşları, hemzemin geçit iyileştirme programları sırasında hangi hemzemin geçitlere ne tür iyileştirmeler yapılması (pasif geçitten aktif geçide dönüştürme vb.) ve hangi hemzemin geçitlerin iptal edilmesi gerektiğine, çok büyük oranda ve önemde, seyir momentini değerini göz önünde bulundurarak karar vermektedir [6,15,16,36,37].

2.5.2.2 Karayolu geometrik özellikleri

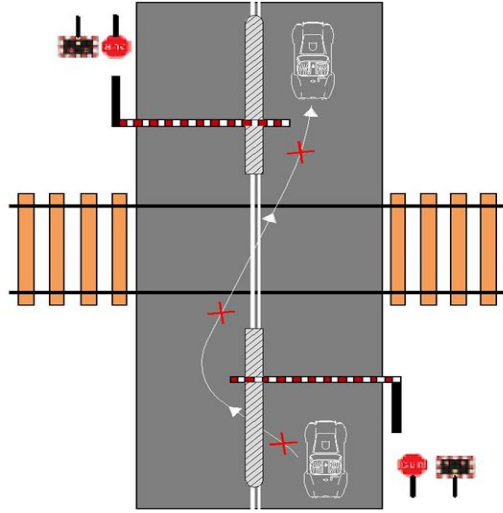
Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden karayolu geometrik özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.31’de görülmektedir.



Şekil 2.31 : Karayolu geometrik özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Şekil 2.31’de görüldüğü üzere bir hemzemin geçidi kesen karayolunun hem yatay hem de düşey geometrik özellikleri geçitteki emniyeti etkilemektedir. Karayolu genişliği, kırsal bölgelerdeki tek şeritli ve tek yönlü yollarda şerit genişliği; şehir içi ve şehirlerarası yollarda ise iki yöndeki şerit sayısı, bu şeritlerin genişliği ve diğer yol elemanlarının genişliği ile alakalıdır. Daha önce geçit açıklığı faktörü açıklanırken de belirtildiği üzere karayolu genişliği arttıkça karayolunu kullanmaya meyillenen sürücü sayısı (yol trafik kapasitesi), bu sürücülerin geçidi aynı anda kullanma ihtimali ve sürücülerin geçit bölgesinde kural ihlalleri (zikzak, sollama) yapabilecekleri alan artmaktadır. Bu durum, hem kazaların sayısının hem de şiddetinin artma ihtimalini doğurmaktadır. Ayrıca karayolundaki yön kullanımı, geçidin işletilme şeklini de tamamen etkilemektedir. Çok şeritli ve trafiğin çift yönlü aktığı bir karayolu, hemzemin geçidin iki tarafında da hem geçide yaklaşım hem de geçidi terk ediş yolu olarak çalışmaktadır. Bu nedenle bu tür yollarda işletilen bir hemzemin geçide bariyer tesisi yapılmasına karar verildiği takdirde geçidin iki tarafına da tüm yönlerdeki karayolu trafiğini tam kapatacak uzunlukta bariyerlerin tesis edilmesi gerekmektedir. Ancak sahadaki uygulamalarda karayolu genişliğinin, bu denli uzun bariyerlerin tesis edilmesine müsaade etmediği durumlar oluşabilmektedir ve geçide her iki yönde yarım kollu bariyerler tesis edilmektedir. Bu tür durumlarda, daha önce de bahsedildiği üzere kapalı yarım bariyerlerin etrafından zikzak hareketi ile dolaşarak geçidi kullanmaya meyleden sürücüler olabilmektedir. Yine tek yönlü geniş yollarda da şerit genişliğinin, sürücülerini hemzemin geçide emniyetli bir biçimde kanalize edecek ve kural dışı hareketler (geçitte sollama yapmak vb.) sergilemekten kaçınmasını sağlayacak şekilde ayarlanmış olması gerekmektedir.

Bu noktada, bu tür tehlikeleri yok etmek amacıyla tek yönlü geniş yollarda hemzemin geçit yaklaşımlarında şerit genişlikleri, delinatörler yardımıyla sürücülerin birbirlerini sollayamacağı şekilde tanzim edilebilmektedir. Çok şeritli ve çift yönlü yollarda ise geçit girişlerinde yol ortasına yine sürücülerin geçit yaklaşımında birbirlerini sollayamacağı ve zikzak hareketi yapamayacağı şekilde karayolu düzenleme (ayırma) yapıları inşa edilebilmektedir [6,7,21,29,39]. Karayolu düzenleme yapılarının geçit girişlerindeki zikzak ve sollama hareketlerini kısıtlamak suretiyle emniyete bulunduğu katkı Şekil 2.32’de görselleştirilmiştir.



Şekil 2.32 : Karayolu düzenleme (ayırma) yapıları yardımıyla hemzemin geçitte zikzak hareketinin engellenmesi [39].

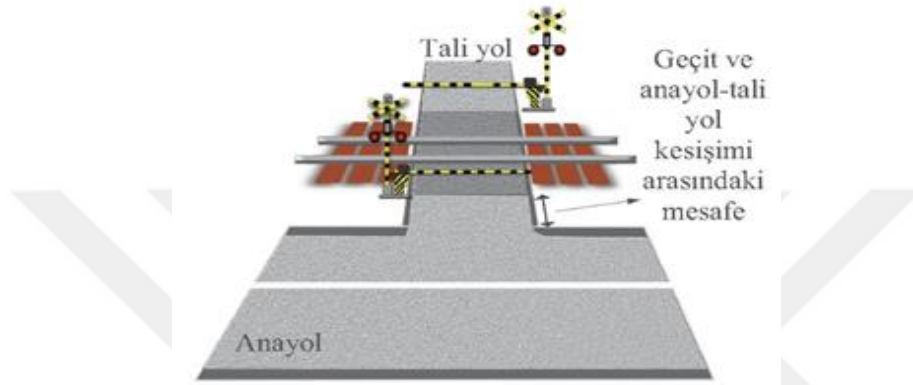
Şekil 2.32’de görüldüğü üzere bu tür aktif hemzemin geçit yaklaşımlarında karayolu üzerine beton korkuluk vb. malzemeler kullanarak sürücülere engel teşkil edecek çeşitli orta refüj yapıları inşa etmek, sürücülerin zikzak hareketini kısıtlayacaktır. Bu yapıların uzunluğu ise geçitten itibaren karayolu doğrultusunda en az 10 metre olmakla beraber bölgesel koşullara (ülke eğitim durumu, insan davranış biçimi vb.) göre de belirlenebilmektedir [35,42,45]. Şekil 2.33’te ABD’nin bazı eyaletlerinde hemzemin geçit yaklaşımlarında kullanılan farklı çeşit karayolu ayırma yapılarından örnekler verilmiştir.



Şekil 2.33 : ABD’de hemzemin geçit yaklaşımlarında kullanılan çeşitli karayolu düzenleme (ayırma) yapıları [40].

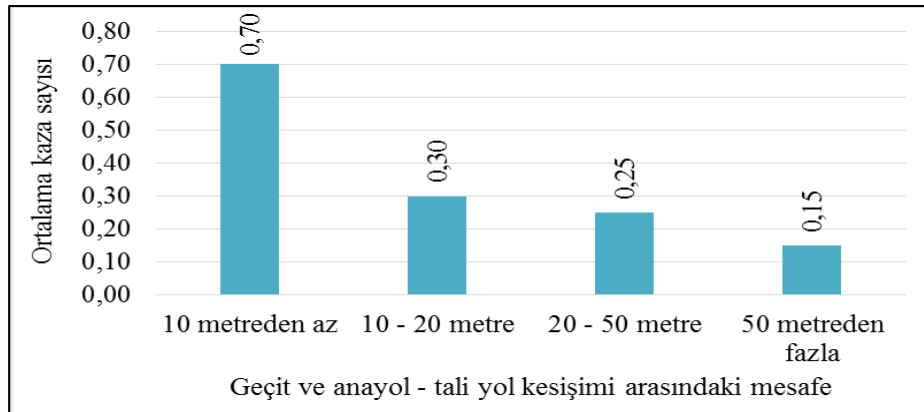
Geçidi kesen karayolunun yerleşimi başka bir deyişle diğer yollarla kesişim durumu ve bu kesişimin geçide olan mesafesi de geçitteki emniyeti etkileyen faktörlerdendir. Bu noktada, üzerinde hemzemin geçit bulunan bir tali yolda, geçidin anayol–tali yol

kesişimine olan uzaklığı önemli bir hale gelmektedir. Bunun nedeni ise bu mesafenin kısa olduğu durumlarda, anayoldan tali yola dönüş yapan sürücülerin aniden hemzemin geçit ile karşılaşmaları ve hazırlıksız bir biçimde geçit bölgesine giriş yapmak zorunda kalmaları; ayrıca geçidi kullanır kullanmaz anayola katılmak durumunda kalan sürücülerin de yetersiz bekleme mesafesinden dolayı geçit bölgesinden hızlıca tahliye olamamalarıdır [6,36,46]. Bu durum, Şekil 2.34'te bir görselle de betimlenmiştir.



Şekil 2.34 : Hemzemin geçit ve anayol-tali yol kesişimi arasındaki mesafe gösterimi [46].

Şekil 2.34'te bahsi geçen mesafenin, Kanada'da işletilen hemzemin geçitlerde en az 30 metre uzunluğunda olması istenmektedir ve bu durum Türkiye'de de aynıdır [6,36]. Japonya'da 2015 yılında yapılan bir çalışmada ise bu mesafenin 10 metrenin altında olduğu hemzemin geçitlerdeki kaza oranlarının diğer hemzemin geçitlere kıyasla önemli derecede daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Japonya'da en yakın tali yol-anayol kesişimine göre hemzemin geçitlerde meydana gelmiş olan ortalama kaza sayıları Şekil 2.35'te görülmektedir.



Şekil 2.35 : Japonya'da geçit ile en yakın yol kesişimi arasındaki mesafeye göre ortalama hemzemin geçit kaza sayıları [46].

Şekil 2.35’te görüldüğü üzere Japonya’da, hemzemin geçit ve en yakın anayol–tali yol kesişimi arasındaki mesafe arttıkça, geçitte meydana gelen kazaların sayısı azalmaktadır.

Karayolunun geçit yaklaşımındaki yatay geometrisi kadar düşey geometrik özellikleri de emniyeti etkilemektedir. Geçit girişinde ve çıkışında karayolunun yüksek eğimlere sahip olması, sürücülerin geçide girerken ve geçitten ayrılırken bir yokuş kullanmaları gerektiği anlamına gelmektedir. Bu da sürücülerin hem görüş hem de taşıt kontrol becerilerini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca kış mevsiminde buzla kaplanmış bir yaklaşım yolu, üzerine yüksek eğimler de eklendiğinde sürücülerin frenleme ve hızlanma becerilerini tümüyle olumsuz yönde etkilemektedir. Böylece hemzemin geçitlerde hem bu durumdan ötürü çeşitli tehlikeler oluşabilmekte hem de sürücüler bu durumdan ötürü diğer tehlikelerden kaçınmakta zorlanabilmekte ve sonuç olarak kazalar meydana gelebilmektedir [33,41].

2.5.2.3 Karayolu düşey trafik işaretleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden karayolu düşey trafik işaretleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.36’da görülmektedir.

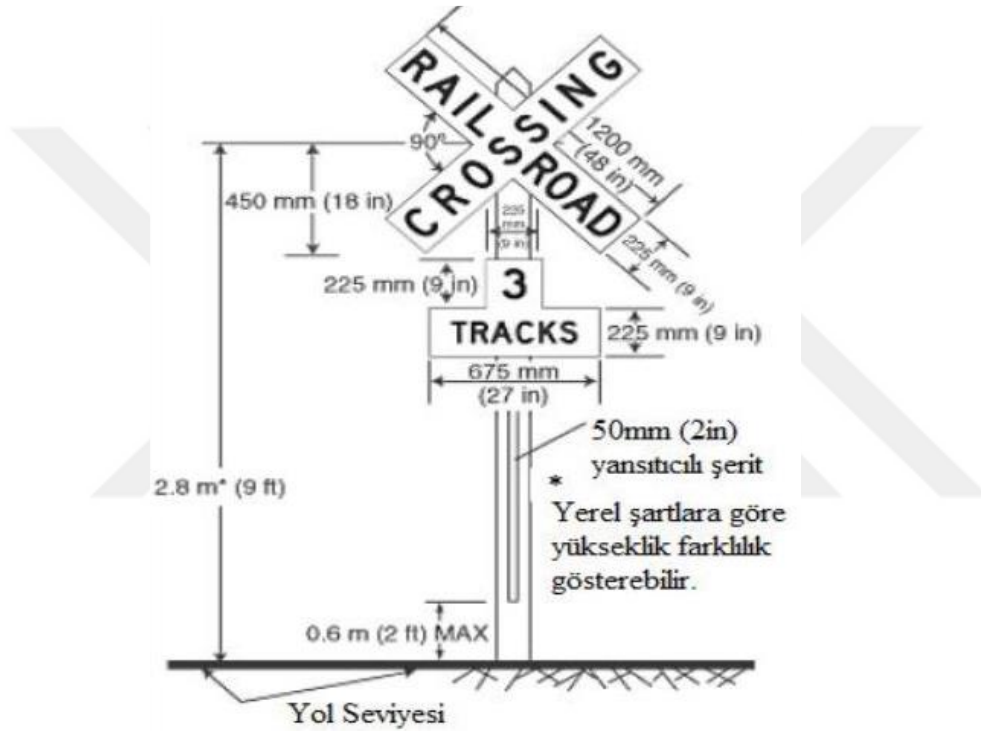


Şekil 2.36 : Karayolu düşey trafik işaretleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Karayolu düşey trafik işaretleri, karayolu kenarlarına belirli standartlarda tesis edilen uyarıcı, bilgi verici ve kısıtlayıcı pasif trafik kontrol ekipmanlarıdır. Böylece hemzemin geçitler için doğrudan emniyeti etkileyen bir konuma sahiptirler. Taşıt sürücüleri ve yayalar, barındırdığı tehlikeler dünyaca kabul edilmiş olan hemzemin geçit gibi bir sisteme yaklaşırken mutlaka geçidin varlığından ve bazı özelliklerinden haberdar edilmelidir. Bu nedenle hemzemin geçit yaklaşımlarında karayolu kenarlarına kullanıcıları bir hemzemin geçide yaklaştıklarına dair uyaran trafik

levhaları; geçitte ise demiryolu rayına yakın bir mesafede (geçit güvenlik çizgisinde) de kullanıcıları durup beklemek ve yaklaşan demiryolu aracını gözlemek konusunda uyaran trafik levhaları tesis edilmektedir. Ancak trafik levhaları, pasif birer ekipman olmalarından kaynaklı olarak geçidin trafik durumu hakkında anlık bilgi verememektedirler [16,39,41].

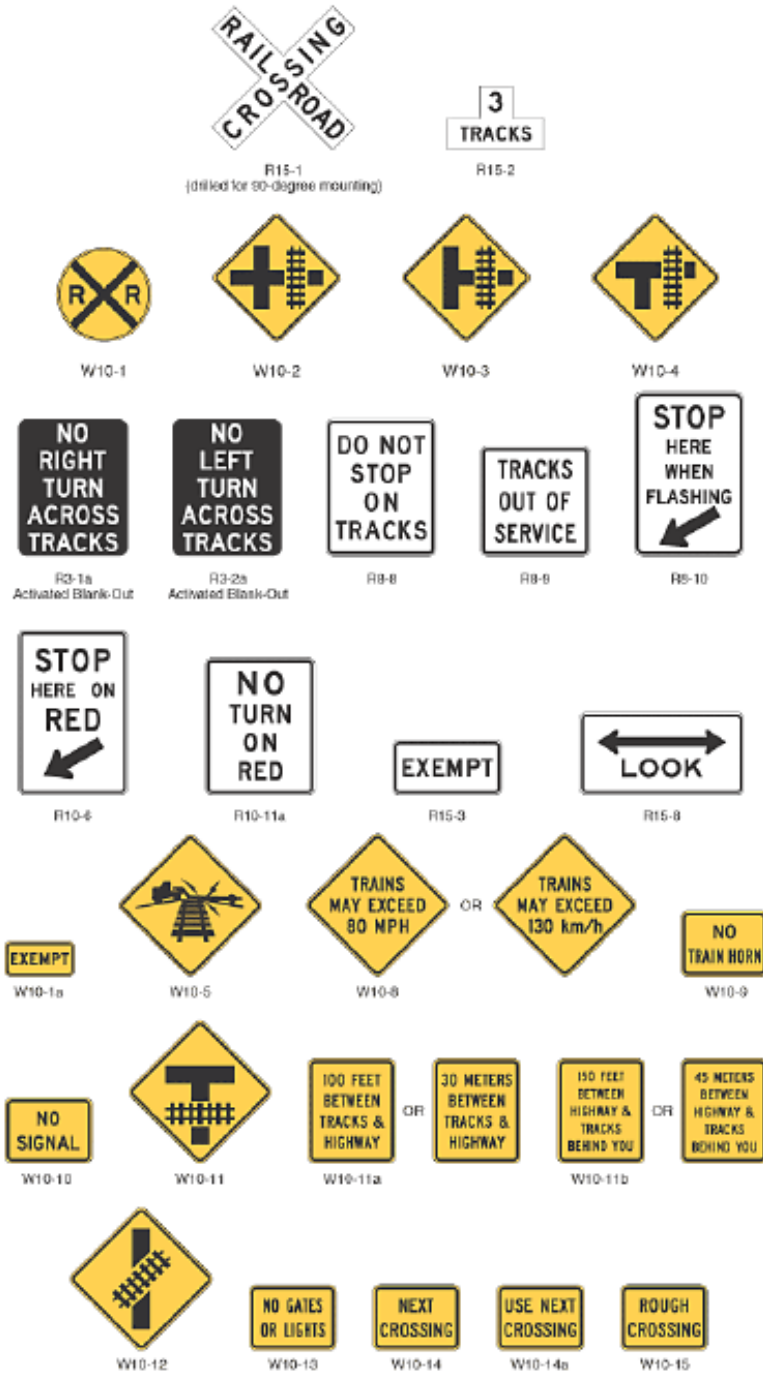
ABD’de hemzemin geçit girişlerinde taşıt sürücülerini yaklaşan treni gözlemek konusunda uyarmak amacıyla en yaygın olarak kullanılan çapraz hemzemin geçit işareti çeşitli özellikleriyle beraber Şekil 2.37’de görülmektedir.



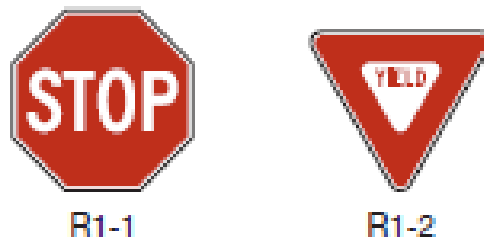
Şekil 2.37 : ABD’de kullanılan çapraz hemzemin geçit işareti [16,19].

Şekil 2.37’de görüldüğü üzere ABD’de kullanılan çapraz trafik işareti, bazı standart özelliklere sahip olmakla birlikte sürücüye geçidi kesen demiryolunun hat sayısı hakkında da bilgi vermektedir. Bu, sürücünün geçit içine girdikten ne kadar süre sonra karşıya geçmiş olacağı konusunda bir fikir yürütebilmesi adına verilen bir bilgidir. Şekil 2.38’de ise ABD’de kullanılan tipik hemzemin geçit düşey trafik işaretleri görülmektedir.

Şekil 2.38’de görüldüğü üzere ABD’de geçit yaklaşımında ve geçit güvenlik çizgisi üzerinde kullanılan düşey trafik işaretleri; açıklayıcı yazılar, şekiller gibi çeşitli gösterimler içermektedir. Ayrıca ABD’de, özellikle düşük trafik hacimli pasif hemzemin geçitlerde “dur” ve “yol ver” levhaları da kullanılmaktadır (Şekil 2.39).

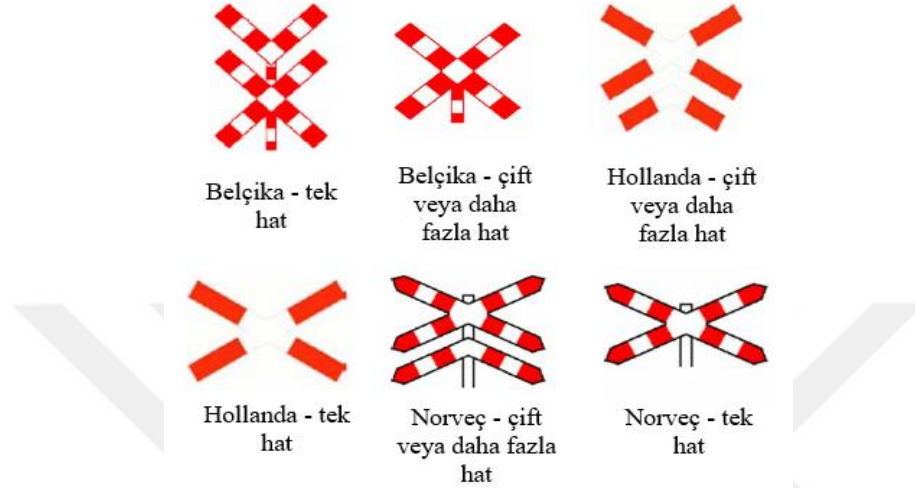


Şekil 2.38 : ABD’de kullanılan tipik hemzemin geçit işaretleri [16,47].



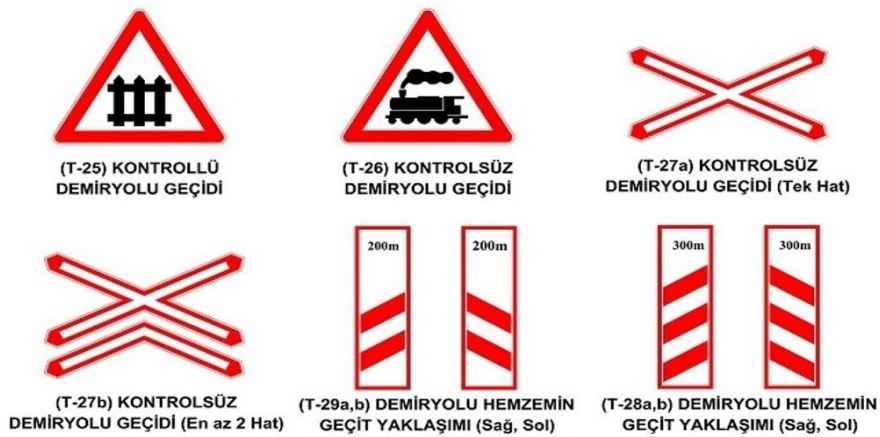
Şekil 2.39 : ABD’de hemzemin geçitlerde kullanılan “dur” ve “yol ver” işaretleri [47].

Hemzemin geçit yaklaşımınlarına ve geçit güvenlik çizgilerine tesis edilecek trafik levhalarının gerekli oluşu, dünya genelinde ortak bir görüş olup, bu levhaların görünümleri ve diğerk bazı özellikleri ülkeden ülkeye farklılıklar da gösterebilmektedir [5,38]. şekil 2.40'ta çeşitli ülkelerin farklı grnmlerdeki çapraz hemzemin geçit levhaları görülmektedir.



şekil 2.40 : Farklı ülkelerden çapraz hemzemin geçit levhası rnekleri [38].

Türkiye’de ise hemzemin geçitlere tesis edilecek olan karayolu düşey trafik işaretleri, 2013 yılında ilk sürümü yayımlanan ve 2016 yılında bazı maddeleri güncellenen “Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkındaki Yönetmelik” ile belirlenmiştir. Ayrıca, bu levhalar tesis edilirken KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü) trafik el kitaplarında belirtilen kurallara da uyulması gerekmektedir [6,7]. Bu ynetmeliğın eklerine ve KGM el kitabına göre Türkiye’de hemzemin geçit yaklaşımına ve geçit güvenlik çizgilerine tesis edilmesi gereken trafik levhalarından bazıları şekil 2.41’de gösterilmiştir.



şekil 2.41 : Türkiye’den hemzemin geçit işaret levhası rnekleri [7,48].

Şekil 2.41’de görüldüğü üzere Türkiye’de de hemzemin geçit girişlerinde, geçidin kestiği demiryolu hat adedi bilgisini veren levhalar tesis edilmektedir. Hat adedini gösteren levha ile birlikte özellikle serbest hemzemin geçitlerde çok önemli olmakla beraber “dur” işaret levhası da kullanılmaktadır. Ayrıca karayolu üzerine, belli bir mesafeden başlanarak (300 metre–200 metre–100 metre) geçide kalan mesafeyi ve geçit tipi bilgisini (kontrollü–kontROLSÜZ) veren uyarı levhaları da tesis edilmektedir. Bunun yanı sıra, seyir momenti değeri 3.000’den fazla olan hemzemin geçitler için geçit yaklaşımında karayolu kenarına hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali tesisi de yapılmaktadır. Yaklaşım yolu hemzemin geçit sinyali, pasif trafik kontrol ekipmanlarından olan düşey trafik işaretlerinin daha aktif uyarı yapması beklenen basit bir sürümü olarak düşünülebilir [6,7].

2.5.2.4 Karayolu yatay trafik işaretleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden karayolu yatay trafik işaretleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.42’de görülmektedir.



Şekil 2.42 : Karayolu yatay trafik işaretleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,16,30,32].

Hemzemin geçit mahallerinde geçit kullanıcılarının bir geçide yaklaştıklarını fark etmelerini ve geçide yaklaşmaları sırasında daha kontrollü davranmalarını sağlamak, daha önce de belirtildiği üzere geçitte emniyeti sağlamak açısından önemli noktalardan biridir. Ayrıca geçit kullanıcılarının geçitteki demiryolu trafiğinin sonlanıp, geçidin karayolu trafiğine açılmasını beklemeleri gereken kesimin de açıkça belirtilmiş olması gerekmektedir. Bu noktada, Şekil 2.42’de de belirtildiği üzere karayolu yatay trafik işaretleri, geçit yaklaşım yollarına uygulanan uyarıcı ve hız kesici işaretlemeler (çizgiler, yazılar vb.) ve hız kesici yapılar (kasis vb.) olmak üzere geçit emniyetinde önemli bir rol oynamaktadır [7,16,32]. ABD’de düşey trafik işaretlerini desteklemek amacıyla özellikle pasif hemzemin geçitlerin bulunduğu

Bariyerden 2.4 m önce dur işareti

Tren Dinamik Zarfı

1.8 m (6 ft)

1.8 m (6 ft)

0.6 m (2 ft)

Dinamik Zarf İşareti (İsteğe Bağlı)

Yaklaşık 4.6 m (15 ft)

Çok şeritli yollarda her yaklaşım şeridinde RXR şeklindeki uyarı sembolü bulunmalıdır.

7.5 m (25 ft)

15 m (50 ft)

Kaplama İşareti Sembolü

7.5 m (25 ft)

0.6 m (2 ft)

NO PASSING ZONE

R X R

R X R

Şekil 2.43’te görüldüğü üzere ABD’de bazı hemzemin geçitlerin her iki tarafında da sürücülere geçidin en az ne kadar uzağında beklemeleri gerektiğini gösteren dur çizgileri (geçit güvenlik çizgileri) bulunmaktadır. Ayrıca kaplama üzerine, sürücülere bir hemzemin geçide yaklaştıklarına dair uyarı RXR şeklinde bir yazı uygulanmıştır.

48

Kanada’da yürütülen bir çalışmada karayolu hızının hemzemin geçitteki emniyete olan etkisinin demiryolu araç hızınınkinden daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, karayolunda izin verilen maksimum hız arttıkça hemzemin geçitte kaza meydana gelme olasılığı artmaktadır. Ayrıca karayolu hız limitinin düşürülmesi veya çeşitli yapılarla (kasis vb.) karayolundaki taşıt hızlarının azaltılması, özellikle pasif bir hemzemin geçitteki kaza frekansını demiryolu araç hızlarının azaltılmasına kıyasla daha etkin bir şekilde düşürmektedir [21]. ABD’nin Ohio eyaletinde tutulmuş hemzemin geçit kaza kayıtları incelendiğinde de daha yüksek sınıfa sahip, dolayısıyla da daha yüksek kullanım oranlarına ve trafik yoğunluklarına sahip karayollarının üzerinde bulunan hemzemin geçitlerde diğer karayolu sınıflarındakilere kıyasla daha fazla sayıda kaza meydana geldiği tespit edilmiştir [31].

Tüm bunlar nedeniyle karayolu sınıfı, hemzemin geçitlerdeki riskin değerlendirilmesi adına ülkelerin kendilerine özgü oluşturdukları bazı modellerde model değişkeni olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca ABD’nin bazı model ve denklemlerinde bağımsız değişken olarak kullanılan geçit mahali (şehir içi, kırsal) faktörü de dolaylı olarak geçidin üzerinde bulunduğu karayolunun sınıfını, değerlendirmeler sırasında göz önünde bulundurmaya yaramaktadır [16,31,51].

2.5.2.6 Karayolu kaplama özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden karayolu kaplama özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.45’te görülmektedir.



Şekil 2.45 : Karayolu kaplama özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

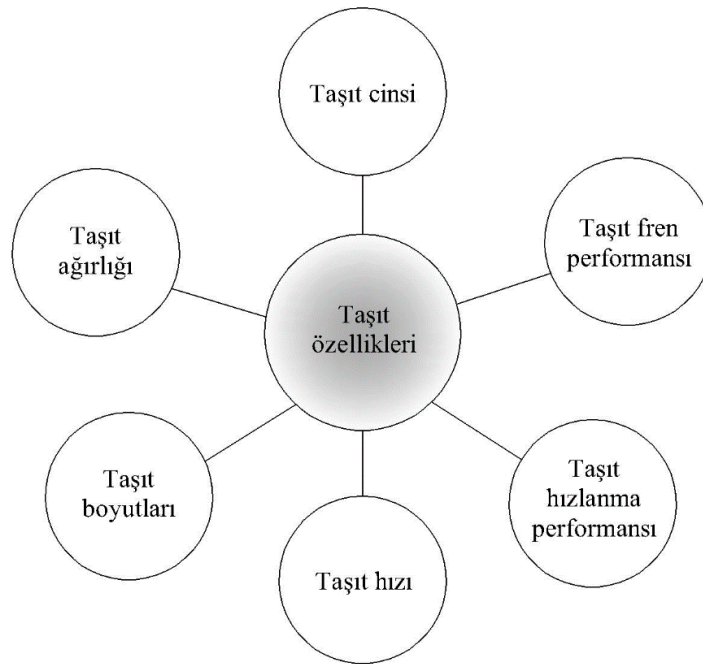
Hemzemin geçit kaplama cinsinin ve kaplama durumunun emniyete olan etkisinin yanı sıra, hemzemin geçidin yaklaşım yollarının kaplama cinsi ve kaplama durumu da geçitteki emniyete etki eden faktörlerdendir. Geçidin her iki tarafında da

karayolunun belirli bir mesafe boyunca sağlam yani oynak olmayan bir karayolu kaplama malzemesi ile kaplanmış olması, sürücülerin; daha emniyetli, konforlu ve dikkatlerini yol yüzeyinden gelecek diğer tesirlere harcamak zorunda kalmayacak şekilde geçide yaklaşmalarını ve terk etmelerini sağlayacaktır. Bu noktada, yaklaşım yollarına uygulanan kaplamanın cinsi yanı sıra bu kaplamanın gerekli bakımlarının iyi yapılıp, kaplama durumunun taşıt seyrini olumsuz yönde etkilemediği bir kalitede tutulması da önem kazanmaktadır [6,7,24,42].

Karayolu kaplamasının cinsi ve/veya bakımsızlığı nedeniyle yaklaşım yollarının yüzeyinde meydana gelmiş olan bozulmalar, özellikle ağır taşıt sürücülerinin geçidi terk ederken daha temkinli ve daha yavaş davranmalarına neden olmaktadır. Ağır taşıt trafiğinin ve/veya normal trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ise bu duraksamaların etkileşimi ile diğer taşıt sürücülerini de geçidi çok daha yavaş terk etmek zorunda kalmaktadırlar. Bu da geçit kullanıcılarının tehlikeli durumlarda geçidi terk etmelerini engelleyerek kazaların meydana gelmesine neden olabilmektedir [33,42].

2.5.2.7 Taşıt özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden taşıt özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.46’da görülmektedir.



Şekil 2.46 : Taşıt özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,15,16,30-32].

Daha önce karayolu sınıfı faktörü incelenirken de belirtildiği üzere karayolu sürücülerinin hemzemin geçide yaklaşma hızı, geçitteki emniyeti etkileyen faktörlerin arasında gelmektedir. Bir taşıtın hemzemin geçide yaklaşma hızı arttıkça sürücünün taşıtı kontrol etme ve hemzemin geçit bölgesinin durumunu değerlendirme becerisi azalmaktadır. Geçit mahalinde yüksek hızlarla taşıt kullanan sürücüler, bazı durumlarda dikkatsizliklerinin de bir yan etkisi olarak yolun devamında bir hemzemin geçit ile karşılaşacaklarının farkına varamamaktadırlar. Bu tür durumlarda, geçidi gördüklerinde şaşkınlık yaşayan taşıt sürücüleri, kontrollerini daha da kaybederek demiryolu aracının yaklaşmakta olduğu pasif hemzemin geçide kontrolsüz bir biçimde girebilmektedirler. Bunun yanında bu tür durumlarda, geçide tesis edilmiş olan bariyer kapalı konumda olsa dahi sürücüler taşıtlarını kontrol edemeyerek geçide girebilmektedirler. Böylece hem demiryolu donanımının zarar görmesi sebebiyle geçidin gün içinde emniyetli bir şekilde işletilmesi imkânsız hale gelebilmekte hem de tren–taşıt çarpışmaları gerçekleşebilmektedir [21,41].

Taşıt hızı faktörü, kaza sayısına olan etkisinin yanı sıra kazanın şiddetini de etkilemektedir. Demiryolu aracının ve taşıtın her ikisinin de yüksek hızlarla hareket ediyorken çarpışması, çarpışma etkisini direkt büyük boyutlara taşımaktadır. Ayrıca yüksek hızla seyreden bir taşıt ile düşük hızla seyreden bir demiryolu aracının çarpışması şeklinde gerçekleşen hemzemin geçit kazalarında demiryolu aracının deray etme ihtimalinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kaza sonrası trenin geçitte derayı, hem maddi hem manevi açıdan çok vahim sonuçlara yol açabilmektedir [35].

Geçit mahalindeki taşıt cinsi dağılımı da geçitteki emniyeti etkileyen bir faktördür. Otomobil, otobüs, traktör, kamyon, motosiklet vb. taşıt cinsleri, hem taşıdıkları yolcu sayısı hem de taşıt sürücülerinin taşıtı kontrol ederken karşılaştığı özellikler (frenleme, hızlanma, boyut, ağırlık vb.) bakımından birbirinden farklılıklar göstermektedir. Özellikle motosiklet sürücülerinin karıştığı kazalar, büyük oranda ölüm ile sonuçlanmaktadır. Çok önemli diğer bir nokta ise toplu taşıma araçlarının, okul taşıtlarının ve tehlikeli madde taşıyan araçların yoğun kullanıldığı geçitlerde meydana gelen bir kazanın sonuçlarının çok ağır olabilmesidir. Bu nedenle bu tür taşıtların sıklıkla kullanıldığı hemzemin geçitlerde emniyete verilmesi gereken önem daha da artmaktadır [16,19,24,29]. ABD’de 2005–2014 yılları arasında meydana

gelmiş olan hemzemin geçit kazalarına karışan taşıtların cinslerine göre oranları Çizelge 2.5’te görülmektedir.

Çizelge 2.5 : ABD’de hemzemin geçit kazalarına karışmış olan taşıt cinsi oranları (2005–2014) [52].

Taşıt cinsi	Karışma oranı (%)
Otomobil	45
Kamyon	7
Tır	16
Kamyonet	15
Minibüs	4
Otobüs	0
Okul taşıtı	0
Motosiklet	0
Diğer motorlu taşıtlar	5
Yayalar	5
Diğer	2

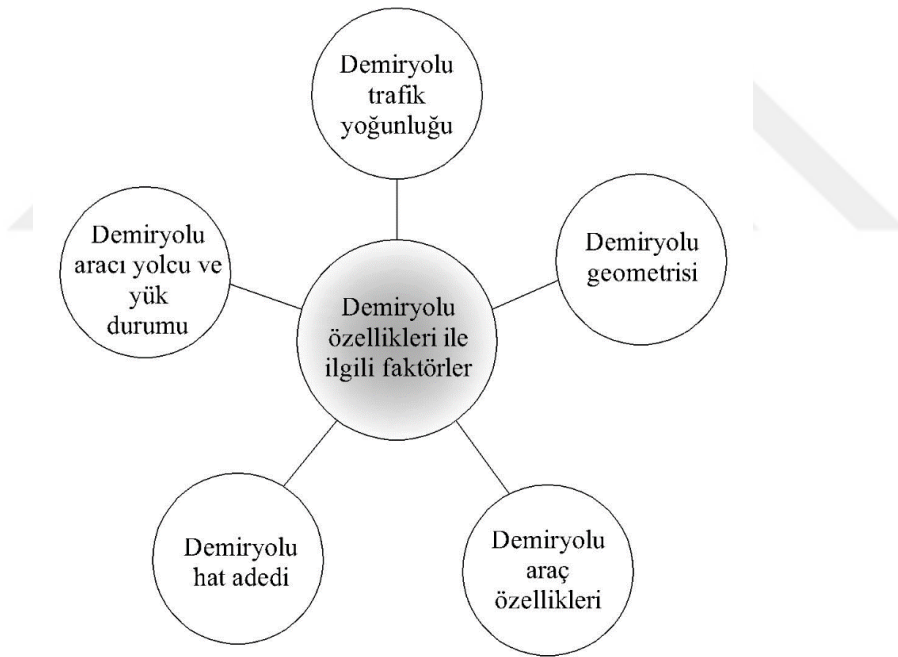
Çizelge 2.5’te görüldüğü üzere ABD’de belirtilen yıllar arasında meydana gelmiş hemzemin geçit kazalarının neredeyse yarısına otomobiller karışmıştır. İkinci sırada ise tırlar ve ardından kamyonetler gelmektedir. İstatistiklere göre, ABD’de yine aynı yıllar arasında hiçbir okul taşıtı, minibüs ve motosiklet hemzemin geçit kazasına karışmamıştır. Otomobillerin kazalara karışma oranının bu denli yüksek çıkmasında yollarda seyreden otomobil sayısının diğer taşıt cinslerine oranla çok daha fazla olması da etkili olmaktadır [52].

Ağır taşıtlar, yavaşlama ve hızlanma kontrollerindeki güçlükler nedeniyle geçitte çeşitli tehlikelere yol açabilmektedir. Fren mesafeleri uzun ve çabuk hızlanma becerileri düşük olan bu tür taşıtların geçidin varlığı konusunda daha erken uyarılması büyük önem taşımaktadır [19]. Kanada ve ABD’de yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda, yollardaki taşıt cinsi kullanım oranları ve hemzemin geçit kazalarının taşıt cinslerine göre oranları arasında bir kıyaslama yapıldığında, ağır taşıtların hemzemin geçitlerde daha fazla tehlikeliye yol açtığı tespit edilmiştir [29].

Ayrıca traktör gibi geniş taşıtların karıştığı hemzemin geçit kazalarında yine deray riskinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Uzun taşıtlarda ise kısa taşıtlara oranla geçidi tamamen terk etmek için daha fazla süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Çarpışmaya ramak kala kazanın önlenebileceği bazı durumlarda, sürücü ani tepki verse de uzun olması nedeniyle taşıtın sonu halen geçit içinde kalabilmekte ve kaza önlenememektedir. Taşıtların fren ve hızlanma performansı, taşıt cinsinden bağımsız olmak üzere yine taşıtın acil durumlarda aniden durabileceği minimum mesafeyi veya katedebileceği maksimum mesafeyi doğrudan belirlemek suretiyle hemzemin geçitteki emniyete etki etmektedir [30,35,53].

2.5.3 Demiryolu özellikleri ile ilgili faktörler

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden demiryolu özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.47’de görülmektedir.



Şekil 2.47 : Demiryolu özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

İlerleyen kısımda; Şekil 2.47’de bahsi geçen faktörler, alt bileşenleriyle beraber ayrı ayrı incelenmektedir.

2.5.3.1 Demiryolu trafik yoğunluğu

Daha önce karayolu trafik yoğunluğu faktörü anlatılırken de bahsedildiği üzere seyir momenti, bir hemzemin geçitteki emniyet düzeyini önemli derecede etkileyen bir

parametredir ve dünyada demiryolu işletmeciliğinden sorumlu birçok kurum tarafından hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme kararları sırasında ana ölçüt olarak göz önünde bulundurulmaktadır. Bu bağlamda, hemzemin geçitten geçen günlük demiryolu araç sayısı, seyir momentinin diğer bir bileşeni olması bakımından hemzemin geçitteki emniyeti büyük ölçüde etkilemektedir. Geçitten geçen günlük demiryolu araç sayısı arttıkça geçitte kaza meydana gelme olasılığı da artmaktadır [29,32,34,37].

Ayrıca demiryolu trafiğinin yoğun olduğu çift yönlü hatlarda taşıt sürücülerini, sadece tek yöndeki demiryolu araç trafiğini gözleyip, karşı yöndeki demiryolu araç trafiğini gözlemlemeden flaşör halen uyarı verdiği halde geçide girebilmektedirler. Bu tür olaylar da hemzemin geçit kazaları ile sonuçlanmaktadır [41].

2.5.3.2 Demiryolu geometrisi

Demiryolu geometrisi, hemzemin geçide yaklaşan demiryolu araç sürücüsünün, elverişsiz demiryolu yatay geometrisi nedeniyle yeterli fren mesafeleri dâhilinde geçitteki taşıt trafiğini gözlemleyememesi veya geçitteki engelleri fark edememesi suretiyle emniyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Dar yatay kurplardan ve/veya geçiş eğrilerinden oluşan demiryolu kesimlerinde açılan hemzemin geçitlerde bu tür görüş yetersizlikleri oluşmaktadır. Bu durum aynı zamanda taşıt sürücülerinin görüş mesafelerini de etkilemektedir [6,7,24,42].

Görüş yetersizliklerine neden olmayacak genişlikte yarıçapa sahip olan demiryolu yatay kurpları üzerinde hemzemin geçit işletilmesinin bir sakıncası olmamaktadır. Ancak bu tür hemzemin geçitlerde demiryolu deveri, iç ve dış ray arasındaki kot farkı nedeniyle taşıtların geçitte patinaj yapmasına veya taşıt altlarının raylara takılmasına sebep olmayacak şekilde uygulanmalıdır [6,54].

2.5.3.3 Demiryolu hat adedi

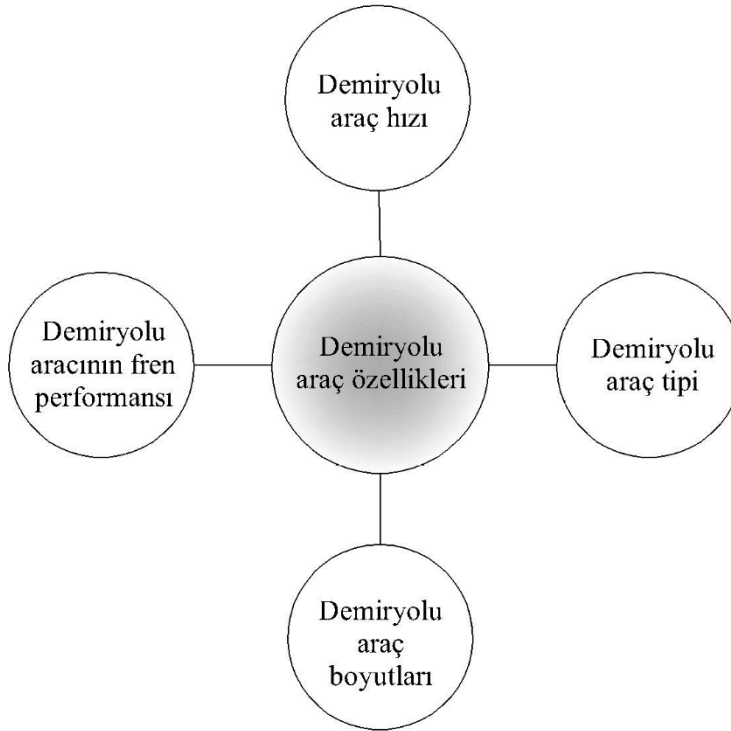
Hemzemin geçidi kesen demiryolu hat sayısı, hemzemin geçitteki emniyeti etkileyen diğer bir faktördür. Geçitteki demiryolu hat sayısının artışı, geçit kullanıcısının geçidi terk etme süresini doğrudan artırmaktadır. Bu da geçit kullanıcılarının tehlikeli bir durum karşısında geçidi hızlıca terk edememeleri anlamına gelmektedir ve bu nedenle hemzemin geçit kazaları meydana gelebilmektedir [29,33,42].

Bununla birlikte, daha önce de bahsedildiği üzere birden fazla hatta ve çift yönlü trafiğe sahip demiryollarında taşıt sürücüleri, sadece tek yöndeki demiryolu araç hareketini gözleyip, geçide tesis edilmiş olan koruma sistemi aktif olduğu halde karşı yöndeki demiryolu trafiğini gözlemlemeden geçide girebilmektedirler. Bu da hemzemin geçit kazaları ile sonuçlanabilmektedir [41].

Ayrıca bazı ülkeler, hemzemin geçitlerde emniyeti değerlendirirken, toplam demiryolu hat sayısı içerisinde anahat ve saydinglere farklı risk dereceleri atamaktadır. Bunun nedeni ise saydinglerdeki demiryolu trafik yoğunluğunun, anahatlardakine oranla daha az oluşudur [15].

2.5.3.4 Demiryolu araç özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden demiryolu araç özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.48’de görülmektedir.

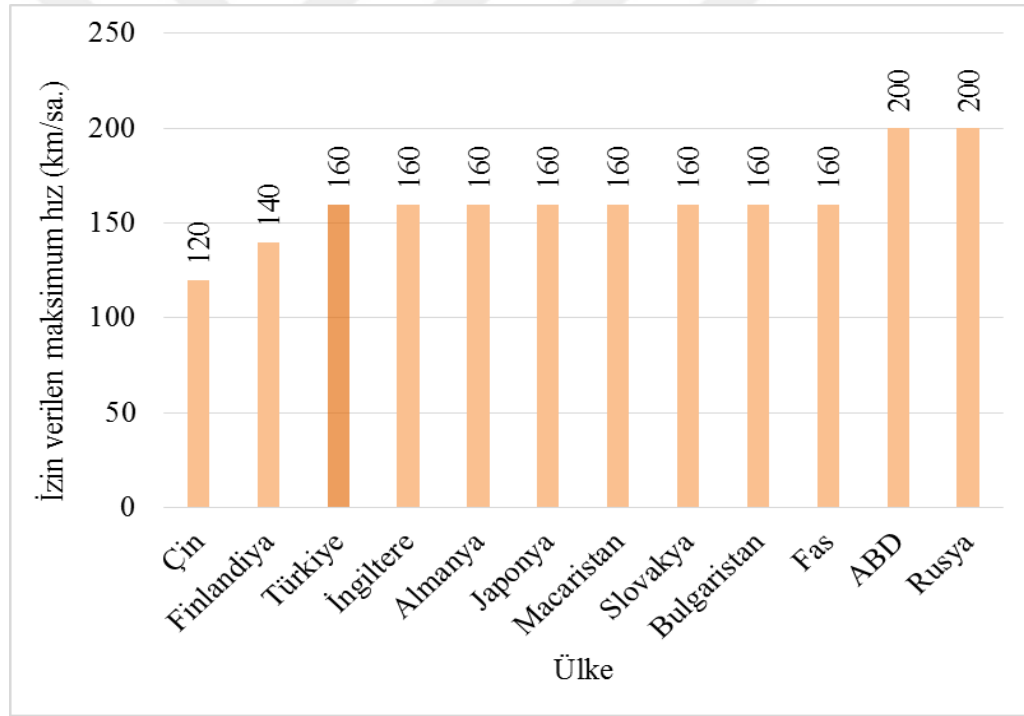


Şekil 2.48 : Demiryolu araç özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Demiryolu aracının hızı, bir hemzemin geçitteki emniyeti hem kazaların frekansı hem de kazaların şiddeti bakımından etkilemektedir. Kanada’da yapılan bir çalışma sonucunda, flaşörlü ve bariyerli hemzemin geçitler dışında demiryolu araç hızının

geçitte meydana gelen kazaların sıklığında istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir [21]. Yapılan diğer bir araştırmada ise özellikle sadece trafik işareti ve flaşör tesis edilmiş olan hemzemin geçitlerde tren hızı arttıkça kaza sayısının da arttığı gözlemlenmiştir [29]. Ayrıca bazı araştırmalar, tren hızlarının düşük olduğu hemzemin geçitlerde yüksek hızlı taşıtlarla demiryolu aracının çarpışması biçiminde gerçekleşen kazalarda deray olasılığının daha fazla olduğunu göstermiştir [35].

Bu bağlamda ülkeler, hemzemin geçit işletilebilecek maksimum demiryolu araç hızları belirleyerek, bu değerden daha yüksek hızların kullanıldığı demiryolu hat kesimlerinde hemzemin geçitlerin faaliyet göstermesini yasaklamışlardır [5,19]. Şekil 2.49’da bazı ülkelerin, hemzemin geçit faaliyetine izin verdiği maksimum demiryolu araç hızı sınırları görülmektedir.



Şekil 2.49 : Ülkelerin hemzemin geçit işletilmesine izin verdiği maksimum tren hızları [5,19].

Şekil 2.49 incelendiğinde görüldüğü üzere genellikle Avrupa ülkelerinde, bir hemzemin geçidin işletilebilmesi için demiryolu hattının ilgili kesiminden 160 km/sa. hızı aşan herhangi bir demiryolu aracının seyir etmemesi gerekmektedir. Bu durum, Türkiye için de geçerli olmaktadır. ABD ve Rusya gibi ülkelerde bu hız sınırı 200 km/sa. iken; 120 km/sa. ile en düşük hız sınırı tercihini Çin’in yapmış olduğu görülmektedir. Yüksek hızlı tren hatlarında (250 km/sa. ve üzerinde hızlara

ulaşabilen demiryolu araçlarının kullanıldığı hatlar), emniyeti ve seyir kalitesini çok büyük ölçüde olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle Türkiye de dâhil olmak üzere hemzemin geçit işletilmemektedir. Bunun yanında yüksek hızlı hatlar, çeşitli donanımlar vasıtasıyla yaya ve hayvan geçişlerinden de tamamen arındırılmıştır [24,55].

Hemzemin geçitlerde demiryolu araçlarının öncelikli geçiş hakkına sahip olmasının nedenlerinden biri de bir demiryolu aracının fren mesafesinin, bir karayolu taşıtınınkinden defalarca kat kadar daha fazla olmasıdır. Bu temelde, acil durumlarda demiryolu araç sürücüsünün verdiği durma kararının beklenen mesafeler içerisinde hayata geçirilebilmesi adına demiryolu aracının fren performansı büyük önem taşımaktadır [30,42].

Türkiye’de TCDD, fren yapıldıktan sonra en fazla 700 metre emniyet mesafesi içerisinde tamamen durmuş olma kapasitesine sahip olan demiryolu araçlarının seyrine izin vermektedir. Demiryolu araçlarının fren mesafeleri; araçların seyir edebileceği maksimum hızlar, araçların ağırlıkları vb. parametreler göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır [56].

Hemzemin geçidi kullanan demiryolu aracının yolcu veya yük treni olup olmaması da geçitteki emniyeti etkileyen faktörlerdendir. Demiryolu araç tipi, hemzemin geçitte bir kaza meydana gelmesi sonucunda ortaya çıkacak ölüm, yaralanma ve/veya maddi kayıpların boyutunda başka bir deyişle riskin kaza şiddeti çarpanında aktif rol oynamaktadır [22,24,30].

Bununla beraber, bir demiryolu aracının parlaklık ve renk/kontrast özellikleri bakımından hemzemin geçit kullanıcıları tarafından kolayca fark edilebilir olup olmaması da emniyeti etkilemektedir. Demiryolu araçlarının fosforlu boyalarla işlenmiş olması ve alt–üst kısımlarının koyu renklerle boyanıp, orta kısımlarının bir zıtlık oluşturacak şekilde daha açık renklerle boyanmış olması hem gündüz hem de gece saatlerindeki fark edilebilirliklerini artıracaktır [41].

Demiryolu aracının boyutları ve ağırlığı da hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen parametrelerdendir. Demiryolu araç uzunluğu, karayolunun trafiğe kapalı olduğu süreyi doğrudan etkilemektedir. Sabırsız sürücüler, uzun demiryolu araçlarının hemzemin geçitten geçişi sırasında beklemeye tahammül edemeyip, tehlikeli davranışlarda bulunabilmektedirler. Taşıt sürücüleri, yine demiryolu araç boyunu göz

ardı edip, hızlarını gerektirdiği şekilde ayarlamadan geçide yaklaşabilmektedirler. Bu durum ise taşıtın, demiryolu aracının orta veya özellikle son kısımlarına çarpması şeklinde kazalara neden olabilmektedir. Bu noktada, demiryolu aracının ağırlığı, aracın deray edip etmemesinde etkili hale gelen bir parametreye dönüşmektedir. Deray etmiş bir demiryolu aracı için yine araç boyu, kazanın boyutlarını (şiddetini) etkileyen bir parametreye dönüşmektedir [5,16,22,30].

2.5.3.5 Demiryolu aracı yolcu ve yük durumu

Demiryolu aracının taşıdığı yolcu sayısı ve yükün değeri, taşınan yükün tehlikeli olup olmayışı gibi parametreler kaza sonuçlarının boyutu başka bir deyişle kazanın şiddeti bakımından hemzemin geçitteki riski etkilemektedir. Tehlikeli madde taşıyan bir demiryolu aracının geçitte meydana gelen bir kaza sonucunda deray etmesi vb. durumlar, maddi ve manevi diğer kayıplar yanı sıra yangın gibi diğer felaketleri de doğurabilmektedir. Bu da riskin kaza şiddeti çarpanını artırmak suretiyle geçitteki emniyet seviyesini düşürmektedir. Bu nedenle bazı ülkeler, kendilerine özgü geliştirdikleri hemzemin geçit risk değerlendirme modellerinde; demiryolu aracının yolcu veya yük treni olma durumu (araç tipi), yolcu sayısı, taşınan yükün değeri ve türü (tehlikeli madde vb.) gibi faktörleri de model girdisi olarak göz önünde bulundurmaktadır [15,22,31].

2.5.4 Çevre özellikleri ile ilgili faktörler

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden çevre özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.50’de görülmektedir.

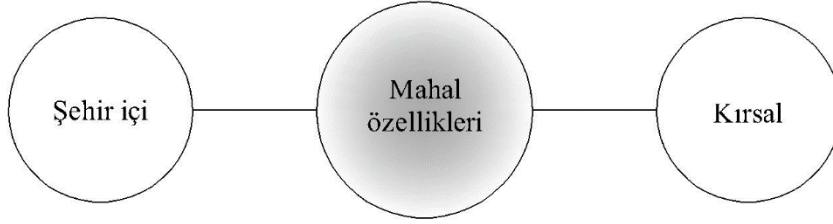


Şekil 2.50 : Çevre özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri
[4,6,7,15,16,30-32,57].

İlerleyen kısımda; Şekil 2.50’de bahsi geçen faktörler, alt bileşenleriyle beraber ayrı ayrı incelenmektedir.

2.5.4.1 Mahal özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden mahal özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.51’de görülmektedir.



Şekil 2.51 : Mahal özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Şekil 2.51’de görüldüğü üzere hemzemin geçidin şehir içinde veya kırsal bir bölgede açılmış olması durumuna bağlı olarak, geçidin bulunduğu mahal de emniyette büyük rol oynamaktadır. Şehir içi bölgelerdeki nüfus ve yaya–taşıt (motorlu, motorsuz) trafiği, kırsal bölgelerdekine kıyasla daha yoğun olmaktadır. Bu da şehir içlerindeki geçitlerde daha fazla kazanın meydana gelmesi ihtimalini doğurmaktadır. Bunun yanında, şehir içlerindeki taşıt cinsi (okul taşıtı, toplu taşıma araçları, motorsiklet, bisiklet vb.) dağılımının kırsal bölgelerdekine kıyasla daha fazla çeşitlilik göstermesi de şehir içlerinde meydana gelen kazaların daha vahim şekilde sonlanmasına başka bir deyişle kaza şiddetinin artmasına yol açabilmektedir. Özetle, şehir içlerindeki trafik kaosunun kırsal bölgelerdekine kıyasla daha fazla olması, şehir içindeki bir hemzemin geçidin daha fazla kaza riskine sahip olması anlamına gelmektedir [31,51].

Kanada’da yapılan bir çalışma sonucunda da şehir içlerinde işletilen hemzemin geçitlerde kırsal bölgelerde işletilenlere kıyasla daha fazla sayıda ve daha büyük şiddette kazaların meydana geldiği görülmüştür [35,44]. ABD’nin Ohio eyaletinde tutulan kaza kayıtlarının incelenmesi sonucunda yine şehir içlerinde bulunan hemzemin geçitlerdeki kaza sıklığının, kırsal bölgelerdekine kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir [31].

Dünyada özellikle ABD başta olmak üzere geçit mahali faktörü, hemzemin geçit risk belirleme yaklaşımlarında model girdisi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ABD’de

geçidin mahali, geçidin üzerinde bulunduğu karayolunun sınıfını da (şehir içi, kırsal) büyük ölçüde belirlediği için, ABD’de kullanılan bazı denklemlerde karayolu sınıfı model girdisi kapsamında geçit mahali faktörü de dolaylı bir şekilde göz önünde bulundurulmuş olmaktadır [31,58].

2.5.4.2 Geçit kot ve konumu

Hemzemin geçidin kotu ve konumu, geçitteki emniyeti etkileyen bir diğer faktördür. Geçidin kotu, bölgenin iklimine de bağlı olarak özellikle yüksek rakımlarda bulunan hemzemin geçitlerdeki buzlanma miktarını etkilemektedir. Bu durum ise buzlanma ile mücadelenin yeterli bir şekilde gerçekleştirilmediği hemzemin geçit bölgelerinde taşıt kullanıcılarının geçide emniyetli bir şekilde yaklaşamamalarına ve geçidi emniyetli bir şekilde terk edememelerine neden olabilmektedir. Ayrıca topoğrafik koşulların elverişsiz olduğu bazı bölgelerde, sürücülerin geçide yüksek eğimli bir yoldan yaklaşmak ve/veya ayrılmak zorunda kaldıkları bir kotta hemzemin geçit inşa edilmiş olabilmektedir. Bu durum yine geçit kullanıcılarının tehlikeli durumlardan kaçınmasını engelleyebilmektedir [4,33,46].

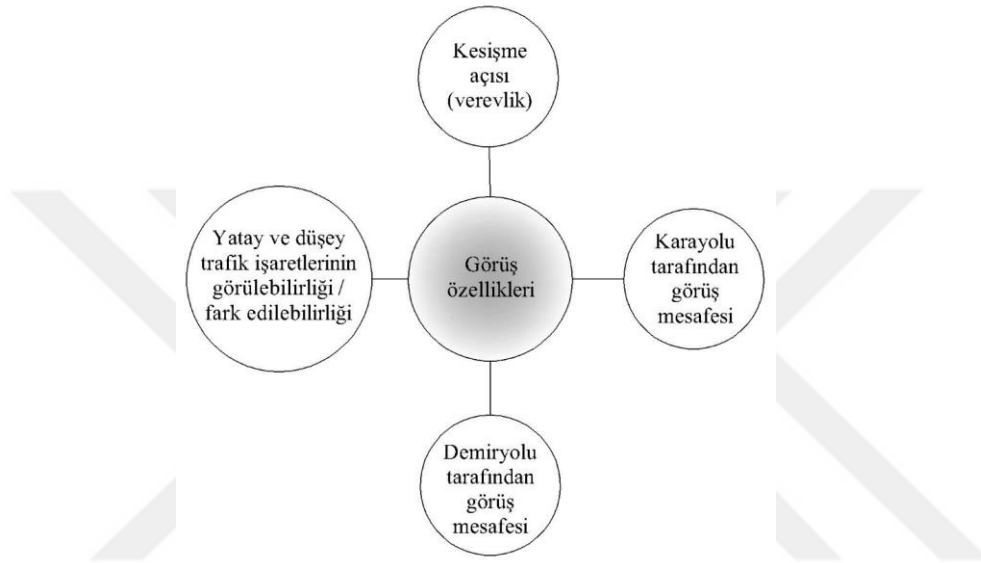
Hemzemin geçidin konumu ise geçidin diğer geçitlere/hemzemin kavşaklara yakınlığı ve güneşin geçit kullanıcısının gözünü alması ihtimali bakımından geçitteki emniyeti etkilemektedir. Hemzemin geçidin diğer bir hemzemin geçide yakın bir konumda açılmış olması, demiryolu trafiğinin kısa mesafelerle tekrar karayolu trafiğiyle kesişmesine bağlı olarak bölgedeki trafik akışını olumsuz yönde etkilemektedir ve geçidin tamamen kapatılmasının düşünüldüğü durumlarda, geçitteki taşıt trafiğinin yakınlardaki diğer bir hemzemin geçide yönlendirilmesi hususunda da göz önünde bulundurulmuş bir faktördür. Hemzemin geçidin trafiğin yoğun olduğu bir hemzemin kavşağın ana kollarından herhangi birinde ve kavşağa oldukça yakın bir mesafede açılmış olması, kavşaktaki yoğun trafiğin büyük bir kısmının hemzemin geçit üzerinden geçeceği ve sürücülerin bu kısa mesafe içerisinde bir hemzemin geçitten geçiş için yeterince hazırlanamayacağı anlamına gelmektedir. Bu durum ise geçitte kaza meydana gelme ihtimalini artırmaktadır [16,36].

Hemzemin geçidin, gün doğumu ve gün batımı sırasında karayolu taşıt sürücülerinin gözlerini güneşin sürekli alacağı bir konumda ve doğrultuda tesis edilmiş olması da geçitteki emniyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, görme kapasitelerini

azaltmak suretiyle geçit kullanıcılarının tehlikeli durumlardan kaçınma becerilerini olumsuz yönde etkileyerek geçit bölgesinde kazalara mahal verebilmektedir [30,33,57].

2.5.4.3 Görüş özellikleri

Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden görüş özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.52’de görölmektedir.



Şekil 2.52 : Görüş özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,6,7,15,16,30-32].

Hemzemin geçitlerde görüş özellikleri açısından emniyeti etkileyen hava koşulları, aydınlatma, trenin ve taşıtın fark edilebilirliği (far durumu, renk özellikleri) ve geometrik koşullar gibi birçok faktör bulunmakla beraber, bu kısım altında Şekil 2.52’de de görüldüğü üzere görüş özelliklerini doğrudan tanımlayan çevresel faktörler incelenmiştir [41].

Hemzemin geçit bölgelerinde karayolunun geçide en yakın konumunda “DUR” işaretinin bulunduğu geçit güvenlik çizgisinden, demiryolu doğrultusunda her yönde belli bir mesafenin görülebilir/gözlenebilir olması gerekmektedir. Aynı şekilde demiryolu tarafından geçide yaklaşırken de demiryolu aracının maksimum fren mesafesinden daha ötede bir noktadan geçit güvenlik çizgisindeki taşıtların gözlenebiliyor olması gerekmektedir [6,7,59]. Böylece taşıt sürücüleri, geçide yaklaşırken ve geçitte beklerlerken hattaki tren hareketlerini iyi bir şekilde gözlemleyebilecektir. Özellikle pasif hemzemin geçitlerde taşıt sürücülerinin ve

yayaların, yaklaşan treni önden değil de yandan görmeye başlamaları, aracın hem boyunu hem de hızını daha iyi yorumlayabilmelerini sağlamaktadır. Böylece sürücüler, geçide yaklaşma ve geçidi terk etme aşamalarında daha kontrollü bir davranış sergilemektedirler [41].

Demiryolu ve karayolunun yeterli boylarda ve dik olarak kesişmediği kesimlerde açılan hemzemin geçitlerde oluşan verevlik, demiryolu araç ve karayolu taşıt sürücülerine bir hareket yönünden iyi bir görüş mesafesi sağlarken, diğer hareket yönünden ise tamamen yetersiz bir görüş mesafesi sunmaktadır. Bu da kullanıcıların birbirlerini ancak geçide tehlikeli durumlardan kaçınamayacak kadar çok yaklaştıklarında fark etmelerine neden olmaktadır. Demiryolu ile karayolu arasındaki kesişme açılarından herhangi biri ne kadar daralırsa, hareket yönlerinden birinin görüş mesafelerindeki yetersizlik o denli artmış olacaktır. Bu durum ise özellikle serbest hemzemin geçitlerdeki kazaları kaçınılmaz hale getirmektedir [33,41].

Yetersiz görüş mesafeleri, kesişme açılarının dar olması ve/veya düşük standartlı demiryolu–karayolu geometrik koşulları gibi etmenlerden oluşabildiği gibi demiryolu ve karayolu arasındaki görüş alanında bulunan engeller (yapılar vb.) ve bitki toplulukları (ağaçlar vb.) nedeniyle de oluşabilmektedir. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarında artış gösteren ve görüşü engelleyen bitkilerin temizlenmesi, geçit bölgesindeki görüş özelliklerini iyileştirecektir. Aynı şekilde, görüş alanı içerisinde bulunan yapılar vb. diğer fiziksel engellerin de ortadan kaldırılması veya yenilerinin ortaya çıkmaması adına yapılacak çalışmalar ve araştırmalar da görüş mesafelerinin iyileştirilmesine yardımcı olacaktır [41,42,45].

Geçit bölgesinin, demiryolu araç sürücüsü tarafından emniyetli bir şekilde gözlenebilmesi için, karayolu taşıt sürücülerinin demiryolunu gözlemlemesi için gerekli olandan daha uzun bir mesafe gerekmektedir. Bunun nedeni ise demiryolu araçlarının, karayolu taşıtlarına kıyasla hem daha uzun sürelerde ve mesafelerde hızlanıp–yavaşlaması hem de boylarının çok daha uzun olmasıdır. Demiryolu araç sürücüsü, hemzemin geçidi ne kadar uzaktan görürse acil durumlardaki tepkisi de o denli hızlı olacaktır ve demiryolu aracının hiçbir kısmı geçit içinde kalmayacak şekilde aracı durdurabilecektir [41].

Özellikle uzun ve ağır karayolu taşıtları ve toplu taşıma araçları gibi kontrolleri zor olan taşıt türlerinin hemzemin geçidi kullanımı sırasında, görüş özellikleri de

elverişsiz ise taşıt ve demiryolu araç sürücülerinin birbirlerini geç fark etmelerinden ve aniden yapılamayan hızlanma–yavaşlama veya geçidi tamamen terk etme hareketlerinden ötürü kazalar meydana gelebilmektedir. Ağır taşıtların ve toplu taşıma araçlarının karıştığı bu tür kazalar genellikle çok vahim sonuçlar doğurmaktadır [29].

Bunların yanında, geçit mahalinde karayolu ve demiryolu yaklaşımlarına tesis edilmiş olan yatay ve düşey trafik işaretlerinin görülebilirliği ve fark edilebilirliği de emniyette rol oynamaktadır. Bu nedenle yatay ve düşey trafik işaretlerinin doğru yerlerde tesis edilmiş olması, yüksekliklerinin standartlarda belirtildiği şekilde ayarlanmış olması, içeriklerinin ve renklerinin silinmemiş olması gibi şartların sağlanması gerekmektedir. Demiryolu doğrultusunda tesis edilecek olan “Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal” levhasının da okunabilir ve fark edilebilir olması gerekmektedir [4,6,16].

2.5.4.4 Hava koşulları

Yoğun yağmur yağışlı, özellikle tipi olmak üzere yoğun kar yağışlı ve sisli havalardan neden oldukları görüş problemleri nedeniyle hemzemin geçitteki emniyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tür kötü hava koşullarının neden olduğu görüş problemleri, flaşör tesisi yapılmış hemzemin geçitlerde geçit kullanıcılarının flaşörleri fark edememesi; pasif hemzemin geçitlerde ise uyarı levhalarını ve yaklaşan treni fark etmede ve gözlemede yaşanan zorluklar şeklinde sıralanabilmektedir. Bu görüş problemlerinin oluşmasında hava şartlarından dolayı taşıt camlarında meydana gelen buğlanmalar da etkili olmaktadır. Geçit kullanıcılarının, yetersiz görüş şartları nedeniyle tehlikeli durumlardan kaçınamamaları ise doğal olarak hemzemin geçit kazalarına neden olmaktadır. Bunun yanında karlı havalarda geçit bölgesinde meydana gelen buzlanmalar da geçit kullanıcılarının kontrollü bir şekilde geçide yaklaşmalarını ve/veya geçidi terk etmelerini engelleyip, kazalara yol açabilmektedir. Bu tür kötü hava şartlarında hemzemin geçitte aydınlatma olup olmaması, demiryolu aracı ve karayolu taşıt farlarının gerekli standartlarda ve çalışır vaziyette olup olmaması görüş problemlerini azaltma bakımından etkili parametrelerdir [29,33,41].

Güneşli havalarda ise taşıt sürücüleri, karayolu doğrultusuna da bağlı olarak geçide yaklaşırlarken veya geçitte beklerlerken, özellikle doğuşu ve batışı sırasında güneşin

gözlerini alması problemi nedeniyle yaklaşan treni gözlemekte zorlanabilmektedirler. Taşıt ön camlarının, güneş ışınlarını diğer taşıt sürücülerinin gözlerine yansıtması ile de bu durum oluşabilmektedir. Bundan ötürü görme yetileri azalan taşıt sürücülerinin geçidi kontrolsüz bir biçimde kullanmaları nedeniyle hemzemin geçit kazaları meydana gelebilmektedir [29,57].

2.5.4.5 Aydınlatma

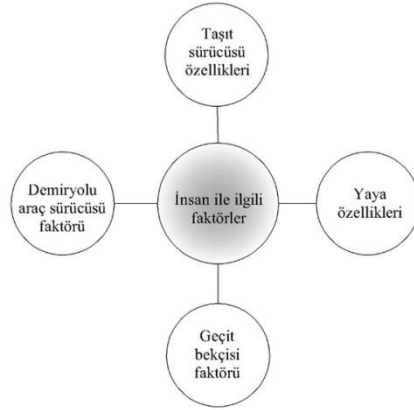
Hemzemin geçitlerin aydınlatılması, özellikle gece meydana gelen hemzemin geçit kazalarının önleminde önemli rol oynamaktadır. ABD'nin hemzemin geçit kaza kayıtlarına göre, gece meydana gelen hemzemin geçit kazalarının sık rastlanan nedenlerinden biri de geçit kullanıcısının, yaklaşan treni veya geçitteki trafik kontrol ekipmanlarını karanlıktan dolayı fark edememiş olmasıdır. Özellikle arazi koşulları ve geometrik özellikler nedeniyle görüşün kısıtlı olduğu kesimlerde aydınlatmanın da ihmal edilmiş olması, tren ve taşıt sürücüsünün birbirlerini emniyetli bir mesafe içerisinde fark etmelerini oldukça zorlaştırmakta ve bu durum geçitte tren-taşıt çarpışmalarına neden olabilmektedir. Gün durumunun (gece, gündüz) emniyete olan etkisinin azaltılması adına hemzemin geçitlerin aydınlatılması, Avrupa'da ve Japonya'da daha geçmiş yıllardan beri yaygın olarak hayata geçirilen bir uygulamadır. Bunların yanı sıra, demiryolu araç farlarının gerekli standartlarda ve çalışır durumda olup olmaması da emniyeti etkilemektedir [16,24,41].

2.5.5 İnsan ile ilgili faktörler

İnsanoğlu, farklı disiplinlerin birleşmesi ile oluşmuş birçok sistemde yapısı gereği en zayıf halka konumundadır. Bu da yaşanan olaylarda insana ait olan hata paylarının, sistemin diğer bileşenlerine kıyasla çok daha fazla olmasına yol açmaktadır. Birçok bileşeninde insanın aktif rol aldığı hemzemin geçit gibi bir sistemde ise insan hatalarının ve bu hataların rahatsız edici sonuçlarının meydana gelmesi kaçınılmaz olmaktadır [18].

Bu bağlamda, aktif rol aldıkları hemzemin geçit bileşeni açısından bir hemzemin geçitteki emniyeti etkileyen ve insan ile ilgili olan faktörlerden literatürde üzerinde en çok durulanlar Şekil 2.53'te görülmektedir.

İlerleyen kısımda; Şekil 2.53'te bahsi geçen faktörler, alt bileşenleriyle beraber ayrı ayrı incelenmektedir.

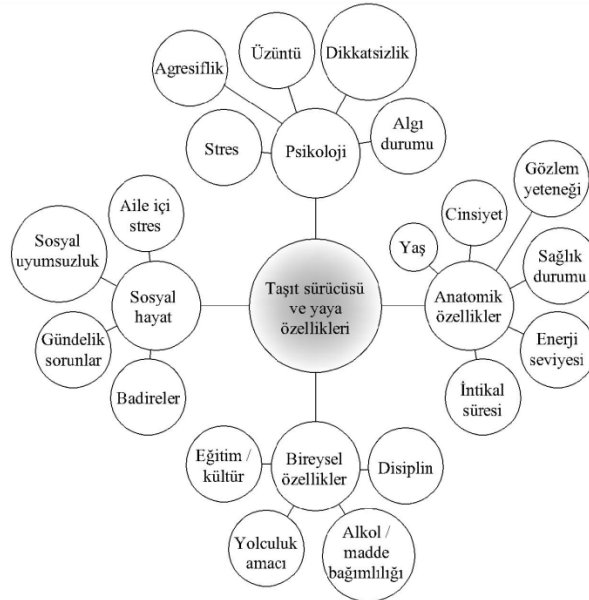


Şekil 2.53 : İnsan ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [4,15,16,30-32].

2.5.5.1 Taşıt sürücüler ve yayalar

Dünyada hemzemin geçit kaza istatistikleri genel olarak incelendiğinde, kazaların %95'ten daha fazlasının, motorlu–motsuz taşıt sürücülerinin ve yayaların hataları sebebiyle meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu hatalar ise taşıt sürücülerinin ve yayaların çeşitli özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır [18,45].

Bu temelde, hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden taşıt sürücüsü ve yaya özellikleri ile ilgili olan ve literatürde üzerinde en çok durulan faktörler Şekil 2.54'te görülmektedir.



Şekil 2.54 : Taşıt sürücüler ve yayaların özellikleri ile ilgili hemzemin geçit emniyet faktörleri [18,20,30,52,53,60].

Şekil 2.54'te görüldüğü üzere taşıt sürücülerinin ve yayaların anatomik, bireysel, psikolojik ve sosyal birçok özelliği hemzemin geçitteki emniyete etki etmekte ve

kazaların oluşumunda kilit birer unsur konumunda olmaktadır. İntikal süresi, bir sürücünün herhangi bir tehlikeyi fark ettiği an ile frene dokunduğu veya diğer reaksiyonları (hızlanmak, rota değiştirmek vb.) almaya başladığı an arasında kalan süreyi ifade etmektedir ve bu tanımlama yayalar için de geçerlidir. Sürücü, intikal süresi içerisinde intikal mesafesi kadar bir yol almış olmaktadır. İntikal süresi uzun olan bir sürücünün, hemzemin geçitte herhangi bir tehlike (geçide girmek üzere olan tren vb.) fark ettiği andaki tepkisi daha geç olmakta ve bu da sürücünün intikal mesafesini uzatıp, emniyetli bir şekilde tamamen durmak vb. için kullanabileceği mesafenin kısılmasına neden olmaktadır. Hindistan’da yapılan bir araştırmada, ülkedeki taşıt sürücülerinin yaklaşık %30’unun 2 saniyeden daha fazla bir intikal süresine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu da geç verilen sürücü kararlarından ve reaksiyonlarından dolayı geçitlerde kazaların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca sürücülerin ve yayaların, demiryolu araç hızını doğru kestirememekten ötürü, yaklaşan trenden önce geçidi terk edebileceklerini zannederek geçide girmeleri de kazalara yol açabilmektedir [18,32,61].

Taşıt sürücülerinin yaş ve cinsiyet gibi anatomik özellikleri de başka bir deyişle geçidin bulunduğu bölgenin demografik yapısı da hemzemin geçitlerdeki emniyeti etkilemektedir. ABD’de 2005–2014 yılları arasında meydana gelen hemzemin geçit kazaları incelendiğinde, 19 yaşından küçük veya 70 yaşından büyük taşıt sürücülerinin yaş bakımından en riskli gruplar olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı yıllar arasında, kazalara karışanların %72’si erkek ve %23’ü kadın iken; %5’inin ise cinsiyeti tespit edilememiştir [52]. Avustralya’da 2008 yılında yapılan bir çalışmada ise 16–26 yaş aralığındaki genç sürücülerin ve daha geçmiş yıllardan bu zamana dek yapılan çalışmalarda ise 60 yaşından büyük sürücülerin, hemzemin geçitlerde yaş bakımından en riskli sürücü grupları olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, genç sürücüler için sürüş deneyimsizliği ve riskli davranışlara olan eğilimdeki fazlalık; yaşlı sürücülerde ise algısal, idraksal ve fiziksel becerilerdeki yaşa bağlı azalma olduğu düşünülmektedir. Avustralya’da meydana gelen hemzemin geçit kazalarında erkeklerin payı, kadınlara kıyasla yine daha fazladır [53].

Alkollü sürücü ve yayaların, geçit yaklaşımında ve geçit içinde bulunduğu tehlikeli davranışlar da geçitteki emniyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Sürücülerin, kullanmakta oldukları hemzemin geçidin tipine ve geçiş kurallarına aşina olmamaları da geçitte tehlikeli davranışlar sergilemelerine mahal verebilmektedir. Bunun

yanında, hemzemin geçitler ve bu geçitlerdeki tehlikeler konusunda yeterli eğitim ve bilinç düzeyinde olmayan sürücüler ve yayalar, hemzemin geçit kullanım kurallarını bilmeyerek, öğrenmeyerek veya bilse dahi bu kurallara uymayarak geçitteki emniyeti azaltmaktadırlar [20,32,60]. Yine Hindistan’da yapılan bir araştırmaya göre, özellikle geçidin karayolu ve yaya trafiğine kapalı kalma süresinin uzun olduğu hemzemin geçitlerde taşıt sürücüleri ve yayalar, geçitte bekleme süresini tolere edemeyerek disiplinsiz bir şekilde davranmak suretiyle geçitteki kaza riskini artırmaktadırlar. Yolculuk amacı doğrultusunda sabırsızlıktan ve aceleden ötürü geçidi kurallara uymadan kullanan taşıt sürücüleri ve yayalar da kazalara neden olabilmektedirler [18].

Taşıt sürücülerinin, psikolojik durumlarından dolayı dikkatsiz ve tedbirsiz bir şekilde, yaklaşan demiryolu aracının fren/duruş mesafesini göz önünde bulundurmadan geçide girmeleri de kazalara neden olabilmektedir [20,24,60]. Ayrıca agresif sürücüler, geçide yaklaşım şekilleri (geçide çok hızlı girmek vb.) ve geçidi terk ediş şekilleri (diğer sürücüler rahatsız etmek vb.) bakımından hem diğer sürücüler hem de kendilerini tehlikeli durumlara sürükleyebilmektedirler. Uzun süreler boyunca dinlenmeden taşıt kullanmış ve algıları körelmiş olan sürücüler de dikkatsiz ve sabırsız davranıp, geçit bölgesinde tehlikelere yol açabilmektedirler [18,33].

Taşıt sürücüleri ve yayaların, sosyal hayatlarında yaşadıkları aile içi stres, gündelik diğer sorunlar, kötü olaylar ve sosyal uyum problemleri gibi durumlar da hemzemin geçitleri kullanmaları sırasında tehlikeli davranışlar sergilemelerine yol açabilmektedir. Sürücülerin; aktif hemzemin geçitlerdeki uyarı ekipmanlarını (flaşör, çan vb.) göz ardı etmeleri, kapalı bariyerlerin altından veya etrafından geçerek geçide girmeleri gibi durumlar kazaların insan faktörüne dayalı sık görülen nedenlerindendir [20,29].

Şekil 2.54’te görülen etmenler, taşıt sürücülerinin ve yayaların geçide yaklaşmaları ve geçitte beklemeleri sırasındaki karar mekanizmalarını da belirlemektedir. Taşıt sürücüleri, geçidi kullanırken bu etmenlerin çeşitli kombinasyonlarına bağlı olarak;

- Doğru veya yanlış olmasına bakmaksızın hızlı kararlar verebilmekte,
- Verdikleri hızlı kararları, hareket süreleri içerisinde hızlıca değiştirerek kararsız bir davranış sergileyebilmekte,

- Hemzemin geçit bölgesindeki gözlemlerini kendi bilgileri ile harmanlayıp, hiyerarşik bir düşünce sistemiyle en emniyetli karara ulaşmaya çalışabilmekte,
- Hemzemin geçitteki tüm koşulları ve kendi bilgilerini harmanlayıp, emniyetli olduklarını düşündükleri birkaç seçeneği belirledikten sonra hareket süreleri içerisinde aniden seçenekler arasında geçiş yapmaya karar verebilmektedirler.

Farklı karar mekanizmalarının ve bunların getirdiği farklı davranış şekillerinin yarattığı farklı etkiler (sürücünün geçidi kullanma süresi, sürücünün geçit bölgesinde yarattığı diğer tehlikeler vb.), tekil bazda veya diğer geçit kullanıcılarının bunlara olan tepkilerinin birleşimi ile geçitte kaza oluşumuna yol açabilecek tehlikelerin doğmasına neden olabilmektedir [62].

Hemzemin geçitlerde kaza riskini artıran durumlardan biri de yayaların, özellikle anatomik ve bireysel özelliklerine bağlı olarak acil durumlarda geçidi hızlıca terk edememeleridir. Yine dikkatsizlik vb. nedenlerden dolayı, yaklaşan demiryolu aracını iyi gözlemlemeden hemzemin geçide girip, geçidi zamanında terk edemeyen yayalar da kazaların meydana gelmesine neden olabilmektedir. Avustralya’da geçmiş yıllarda yürütülen bir araştırmaya göre, hemzemin geçidi kullanan yayalar arasında okul çağındaki çocuklar, 15–19 yaş arasındaki genç erkekler, hızlı hareket etmekte zorlanan engelli insanlar ve 60 yaş üstü insanların yüksek riskli gruplar olduğu tespit edilmiştir [53]. ABD’de yapılan bir araştırmaya göre, 2001–2005 yılları arasında ülkede meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazaları sonucu ölümlerin % 15’ini yayalar oluşturmaktadır. Bu nedenle Şekil 2.55’te görüldüğü üzere ABD’de işletilen bazı hemzemin geçitlere yayalar için de ayrıca aktif uyarı ekipmanları tesis edilmekte ve kurallara uymadan geçidi kullanmaya çalışan yayalara para cezaları uygulanmaktadır [63].



Şekil 2.55 : ABD’de hemzemin geçitlere yayalar için tesis edilmiş olan aktif uyarı ekipmanı örnekleri [63].

Şekil 2.55'teki örneklerde görüldüğü üzere ABD'deki bir hemzemin geçide yaya geçişlerini kontrol altına almak için flaşör ve çan, diğerine ise bariyer tesis edilmiştir.

Az sayıda da olsalar bazı ülkeler, hemzemin geçit emniyet değerlendirme modellerinde kullanıcı özelliklerini de model girdisi olarak kullanmaktadır. Bunun yanında, insanların hemzemin geçitlerdeki davranış biçimlerini modellemeye ve bu modellerin çıktılarına göre en uygun eğitim ve bilinçlendirme yöntemlerini ve yasal düzenlemeleri belirlemeye yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Ancak kullanıcı özelliklerinden yola çıkarak insan davranışlarının modellenmesi, hemzemin geçitler gibi zaten karmaşık olan bir sistem için daha da zor ve birçok bilim dalının özümsemesini gerektiren bir meseleye dönüşmektedir [15,18,35,45].

2.5.5.2 Demiryolu araç sürücüsü

Hemzemin geçit kazaları, demiryolu araçlarının ve geçit kullanıcılarının istenmeyen fiziki etkileşimleri sonucunda meydana gelen kazalardır. Karayolunda seyir eden bir taşıt sürücüsü hem rotasını hem de taşıt süratini, bir demiryolu araç sürücüsünden çok daha kolay ve hızlı bir şekilde değiştirebilmektedir. Bunun nedeni ise bir demiryolu araç sürücüsünün, aracının hızını azaltması ve treni durdurması için ihtiyaç duyduğu mesafenin (en az 500–600 metre); bir taşıt sürücüsünün ihtiyaç duyduğundan çok daha fazla olmasıdır. Ayrıca demiryolu araç sürücüsü, demiryolu aracının sadece önceden belirlenmiş bir kılavuz yolda hareket edebilmesinden dolayı, acil bir durumda rotasını hiçbir şekilde değiştiremeyecek bir durumdadır. Bu nedenle hemzemin geçit kazalarının meydana gelmesinde ve önlenmesinde, taşıt sürücülerine ve yayalara daha fazla pay ve sorumluluk düşmektedir. Ancak demiryolu araç sürücüsü de hemzemin geçit bölgelerinde daha önceden belirlenmiş livre hızlarına göre seyir etmek, standartlarda belirtildiği şekilde tren düdüğünü aktif hale getirmek, acil durumlar konusunda dikkatli ve tetikte olmak gibi durumlardan sorumludur. Demiryolu araç sürücüsünün, bu tür sorumluluklarını yerine getirmemesi de hemzemin geçit kazalarına mahal verebilmektedir [7,16,18,22].

2.5.5.3 Geçit bekçileri

Daha önce hemzemin geçit sınıflandırmaları anlatılırken de bahsedildiği üzere geçitteki koruma sistemini elle kontrol etmek veya diğer ekipmanları (bayrak vb.) kullanmak suretiyle taşıt trafiğinin bir bekçi tarafından kontrol edildiği hemzemin geçitlerde, geçit emniyetinden çok büyük ölçüde bekçiler sorumlu olmaktadır. Geçit

bekçisi, mesai saatleri içerisinde sürekli olarak demiryolu araç trafiğini takip etmeli ve talimatlarda belirtilen süreler içerisinde geçidi trafiğe açmalı ve kapamalıdır. Geçit bekçisinin, unutkanlık ve/veya dikkatsizlik sonucu, demiryolu aracı yaklaşırken geçidi taşıt trafiğine kapalı hale getirmemesi hemzemin geçit kazalarına neden olabilmektedir. Bunun yanında acil durumlarda (geçide hayvan girmesi, yayaların kuralları ihlal ederek geçidi kullanmaya çalışması vb.) bekçinin olaya hızlı bir şekilde müdahale edememesi de geçitteki emniyeti olumsuz yönde etkileyebilmektedir [22,42,64].

Bu konuda kurumlara düşen görev ise bekçi ile idare edilen hemzemin geçitlerde sadece konu hakkında eğitilmiş ve sertifika almaya hak kazanmış bireylere sorumluluk vermektir. Bu bağlamda kurumlar, görev verecekleri geçit bekçilerini eğitme, belgelendirme, uygun çalışma koşullarını sağlama ve düzenli olarak denetleme konularından sorumlu olmaktadır. Geçit bekçileri, geçidi trafiğe açıp kapama görevlerinin yanı sıra, geçit bileşenlerinin bakımından ve bunlarla ilgili olumsuzlukları gerekli mercilere bildirmekten de sorumludurlar. Türkiye’de de, hemzemin geçitlerde hizmet veren veya verecek geçit bekçilerinin görevleri, mesai şartları, seçim kriterleri vb. konular geçmişten günümüze çeşitli yönetmelik ve şartnamelerle belirlenmiş durumdadır [4,64,65].

2.5.6 Ekonomi ile ilgili faktörler

Daha önce de belirtildiği üzere bir demiryolu hattı üzerinde bulunan hemzemin geçitler, demiryolu ve karayolu emniyetini büyük ölçüde olumsuz yönde etkilese de maddi kaynakların sınırlı oluşu, bu hemzemin geçitlerin hepsinin tamamen kapatılmasına ya da alt/üst geçit haline getirilmesine müsaade etmemektedir. Ülkelerin hemzemin geçit iyileştirme programlarının kapsamı, ülkenin genel ekonomisine ve bu tür çalışmalar için kurumlara ayrılmış olan ödeneklerin miktarına bağlı olmaktadır. Bunun yanında, mevcut hemzemin geçitlerin emniyetli bir şekilde işletilmesi için gerekli olan operasyon ve bakım masrafları da ekonomiye dayalı iş kalemleridir [37,45].

Hemzemin geçitlerde emniyeti artırmaya yönelik hem demiryolu hem de karayolu tarafında uygulanabilecek çeşitli seçenekler mevcut olsa da ekonomik kısıtlamalar bu seçeneklerin uygulanmasında engel teşkil edebilmektedir. Bu nedenle hemzemin geçitlerde yapılacak iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında ekonomik açıdan

doğru ve verimli kararlar verebilmek için, geçide uygulanacak iyileştirmenin geçit emniyetine olan etkisinin iyi gözlemlenmiş olması gerekmektedir. Bunun yolu da bir hemzemin geçitte emniyete etki eden faktörlerin iyi gözlemlenmiş olmasından geçmektedir. Böylece alternatif önlemler arasından geçitteki emniyeti aynı derecede artırıp, daha ekonomik olan başka bir deyişle aynı veya daha fazla faydayı daha ucuza sunabilen seçenek belirlenebilecektir. Bu gözlemlerden elde edilen tecrübelerin göz önünde bulundurulmasıyla yapılacak incelemeler sonucunda, bir hemzemin geçidin mevcut durumuna uygulanacak hiçbir iyileştirmenin geçitteki emniyeti yeterli bir seviyeye taşıyamayacağına kanaat getirildiğinde ise alt/üst geçit inşası veya tamamen kapatma kararı alınması daha yerinde olacaktır [18,21,45].

2.5.7 Kaza geçmişi ile ilgili faktörler

Bir hemzemin geçitte emniyeti artırmaya yönelik çalışmalar yürütülürken, geçitte meydana gelebilecek kazaların sayısının azaltılmasına ve kaza sonuçlarının hafifletilmesine yönelik önlemlerin doğru bir şekilde belirlenip, uygulanması gerekmektedir. Bu durum ise geçit bölgesindeki tehlikelerin doğru bir şekilde belirlenip, iyi bir biçimde yorumlanması yoluyla gerçekleştirilebilmektedir. Bu noktada, kaza geçmişi verileri büyük rol oynamaktadır. Bir demiryolu ağındaki hemzemin geçitlerin hem özellik verileri hem de kaza geçmişi verileri; düzenli, doğru, gerekli detaylılık seviyesinde ve tarafsız bir şekilde kayıt altına alınmalıdır. Bu da kaza araştırma ve inceleme sürecinin kaliteli bir biçimde yürütülmesi ile sağlanacaktır. Böylece çeşitli yöntemler kullanılarak geçmişteki olayların ve/veya kazaların irdelenmesi yordamıyla kaza nedenleri ve tehlikeli durumlar daha iyi saptanabilecektir. Bununla beraber de hemzemin geçitlerde alınması planlanan /gereken önlemler daha tutarlı bir şekilde belirlenmiş olacaktır. TCDD; kaza araştırma ve inceleme, kaza geçmişi verilerinin kaydı, hemzemin geçit özelliklerinin belli aralıklarla düzenli olarak kayıt altına alınması vb. konular hakkında yaptığı çalışmaları son yıllarda çeşitli yönetmelikler ve yönergeler düzenleyerek daha da sistematik bir hale getirme yolunda ilerlemektedir [3,14,66,67].

Bunun yanında, hemzemin geçit özellik verilerinin ve bu geçitler üzerinde meydana gelmiş olan kazaların kayıtlarının karşılıklı olarak incelenip, anlamlı sonuçlara varılabilmesi konusunda veri miktarı ve bu verilerin ulaşılabilirliği de önemli rol oynamaktadır. Verilerin kolay anlaşılır ve bilgiye hızlı ulaşılabilir bir yapıda ve

ortamda tutulmuş olması gerekmektedir. Yukarıda değinilen tüm bu unsurların kontrollü ve sistematik bir şekilde yerine getirilmemesiyle oluşan veri yetersizlikleri nedeniyle hemzemin geçitlerde mutlak risk analizi çalışmalarının yürütülememesi, dünya genelinde rastlanan ortak bir problemdir [3,21].

Ayrıca kaza geçmişi faktörü, hemzemin geçit risk değerlendirme modellerinde bağımlı değişken olarak kullanıldıktan sonra bazı ülkeler tarafından tahminleri daha da iyileştirmek adına düzeltme faktörü şeklinde tekrardan model girdisi olarak da kullanılmaktadır [4,15].

2.6 Hemzemin Geçitlerde Emniyetin Artırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Önceki kısımlarda yapılan anlatımlarda aktarıldığı üzere bir hemzemin geçitteki emniyeti, birçok farklı disiplinden birçok farklı faktör etkilemektedir. Bu nedenle bu faktörlerin geçit üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak, yok etmek ve kazaları önlemek için izlenecek yolda da eldeki probleme farklı açılardan çözümler geliştirmek ve bunların bir arada işlemlerini sağlamak doğru bir yaklaşım olacaktır.

Bu temelde, ülkelerde demiryolu emniyetinden sorumlu kuruluşlar, hemzemin geçitlerde emniyeti artırmaya yönelik çalışmaları yürütürken, üç farklı açıdan çeşitli tedbirlerin alındığı bir yaklaşım şeklini yaygın olarak izlemektedirler. Bu yaklaşım, İngilizcede “Three Es” veya “Triple Es” gibi kısaltmalarla da anılmaktadır. Bu kısaltmalar ise yaklaşımın üç farklı bileşeni olan “education”, “enforcement” ve “engineering” kelimelerinin baş harflerini temsil etmektedir. Yaklaşımın temel amacı, hemzemin geçitleri tasarımsal olarak olabildiğince emniyetli hale getirmek ve insan faktörünün sisteme olan olumsuz etkilerini en aza indirmektir. Bu bileşenler Türkçe hale getirilirse ve daha da açılırsa:

- Education; eğitim ve bilinçlendirme ile ilgili çalışmalar,
- Enforcement; yasal düzenlemeler ve yaptırımlar ile ilgili çalışmalar,
- Engineering ise mühendislik çalışmaları olarak hayata geçirilmektedir [18,32,35,68].

İlerleyen kısımda; yukarıda bahsedilen bu üç farklı önlem grubu, çeşitli araştırmalar ve örnekler ışığında ayrı ayrı incelenmektedir.

2.6.1 Eğitim ve bilinçlendirme ile ilgili çalışmalar

Eğitim ve bilinçlendirme ile ilgili çalışmalar, hemzemin geçitlerdeki tehlikeler hakkında geçit kullanıcılarında başka bir deyişle kamuda farkındalık yaratmak amacıyla kesinlikle yapılması gereken çalışmalardır. Bu tür çalışmaların en önemli amacı ise taşıt sürücülerini ve yayaları, hemzemin geçitlerdeki sorumlulukları ve geçit kullanım kuralları konusunda eğitmek ve daha da bilinçlendirmektir. Bunun nedeni ise bir hemzemin geçide tesis edilmiş olan koruma sistemi ne denli gelişmiş olursa olsun; kuralları bilmeyen, anlamayan ve uygulamayan geçit kullanıcılarının tehlikeli davranışlar sergileyerek hemzemin geçitlerdeki emniyet seviyesini sürekli düşürmeleridir [32,45].

Geçit kullanıcılarını konu hakkında eğitmek ve bilinçlendirmek için yapılabilecek çalışmalar ise;

- İlkokullarda, ortaokullarda ve liselerde çocukları ve genç sürücü adaylarını küçük yaştan itibaren hemzemin geçitlerdeki tehlikeler hakkında bilinçlendirecek ve geçit kuralları konusunda eğitecek derslerin verilmesi,
- Sürücü kurslarında hemzemin geçitlerdeki tehlikeler ve geçit kuralları konusunda dersler verilmesi ve katılımcıların ehil sayılmak için ölçmeler sırasında bu bilgilerden de sorumlu tutulması,
- İşitsel ve görsel medyanın, sosyal ağların, basılı yayın organlarının ve çeşitli reklam araçlarının; hemzemin geçitlerdeki tehlikeleri ve kazalar sonucunda oluşacak vahim durumları betimleyen posterler ve benzerleri ile donatılması yoluyla kesintisiz ulusal programların ve eğitim kampanyalarının yürütülmesi,
- Yüksek riskli (yüksek seyir momenti taşıyan, sürekli kaza meydana gelen vb.) hemzemin geçitlerin bulunduğu bölgelere büyük paneller yardımıyla, bilinçlendirici ve eğitici bilgilerin yer aldığı posterlerin yerleştirilmesi vb. şeklinde özetlenebilmektedir [45].

ABD, “Operation Lifesaver (OL)” ulusal programları aracılığı ile yukarıda belirtilen türde hemzemin geçit eğitim ve bilinçlendirme kampanyalarını ve çalışmalarını ülke çapında uzun zamandır yürütmektedir. 2005 yılında yapılan araştırmalara göre, yürütülen bu çalışmalar sayesinde ABD’de hemzemin geçit kazaları %15 oranında azaltılmış ve bu kazalardaki ölümler ise yaklaşık %20 oranında düşürülmüştür. Yine

Hırvatistan, 2000 yılından itibaren ilkokul müfredatına hemzemin geçitlerle ilgili dersler eklemiştir ve günümüzde de bu tür eğitim kampanyalarını hem okullarda hem de sosyal medyada devam ettirmektedir. Japonya da hemzemin geçitler hakkında geçit kullanıcılarını eğitme ve bilinçlendirme çalışmalarının, yaş gruplarına ve diğer özel gruplara göre belirlenen çeşitli aktivitelerle yoğun bir şekilde yürütüldüğü ülkeler arasındadır. Japonya’da bu tür çalışmalar sayesinde okul mahallerinde bulunan hemzemin geçitlerdeki tehlikeli olayların neredeyse yarıya düşürüldüğü tespit edilmiştir. Dünya genelinde ise hemzemin geçitler hakkındaki farkındalığı artırmak adına “Dünya Hemzemin Geçit Bilinçlendirme Günü (ILCAD)” kutlanmaktadır [35,45,61]. Şekil 2.56’da ise ABD’de, görevlilerin geçit kullanıcılarına çeşitli eğitici ve bilinçlendirici materyaller dağıttığı bir günden bazı görseller verilmiştir.



Şekil 2.56 : ABD’deki bir hemzemin geçitte çeşitli eğitim ve bilinçlendirme araçlarının dağıtılması örneği [68].

Türkiye’de de hemzemin geçit kullanıcılarını bilinçlendirmek amacıyla okullarda hemzemin geçitler ile ilgili eğitici programların, ayrıca sosyal medyada ve basın yayın organlarında çeşitli eğitici ve bilinçlendirici kamu spotu uygulamalarının yürütülmesi ve daha da sürekli hale getirilmesi hakkında çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bunun yanında, hemzemin geçitler temalı çeşitli organizasyonların ve yarışmaların düzenlenmesi suretiyle konu hakkındaki farkındalığın artırılması düşüncesi de gündemdedir. Ayrıca ILCAD, 2009 yılından itibaren Türkiye’de de kutlanmaya başlanmıştır ve 2015 yılında ise ILCAD etkinlikleri, TCDD ev sahipliğinde İstanbul’da gerçekleştirilmiştir. Her yıl, bu güne özel olarak, eğitici ve bilinçlendirici broşürler vatandaşlara dağıtılmakta; ayrıca belirli bölgelere afişler asılması suretiyle kamu hemzemin geçitler konusunda bilinçlendirilmektedir [69,70].

Ayrıca karayolu tarafındaki hemzemin geçit kullanıcılarının yanı sıra, geçit görevlilerinin ve demiryolu araç sürücülerinin başka bir deyişle demiryolu personelinin de verdikleri hizmeti en iyi şekilde yapmalarını sağlayacak biçimde eğitilmeleri ve bilinçlendirilmeleri gerekmektedir. Örneğin; İran’da geçit bekçilerini eğitme konusuna son yıllarda bir hayli önem verilmektedir [42].

2.6.2 Yasal düzenlemeler ve yaptırımlar ile ilgili çalışmalar

İnsan hatalarından kaynaklı olarak birçok kazanın meydana geldiği hemzemin geçitler gibi bir ortamda, kullanıcıların geçitlere yaklaşırkenki ve geçitleri kullanırkenki davranışlarının belirli sınırlar içerisine alınmış olması gerekmektedir. Geçit kullanıcıları ise belirlenen bu sınırlara uygun davranmak konusundaki sorumluluklarının ve görevlerinin farkında olup, bunlara tam anlamıyla uymak zorunda olduklarını bilmeli ve konuya hassas bir şekilde yaklaşmalıdırlar. Bu da ancak eğitici ve bilinçlendirici çalışmalar ile beraber yürütülecek çeşitli yasal düzenlemeler ve bu düzenlemelere uymayanlara uygulanacak caydırıcı mahiyetteki çeşitli cezai yaptırımlar aracılığı ile mümkün olmaktadır. Böylece hem hemzemin geçitlerdeki tehlikeler konusunda geçit kullanıcılarının dikkatleri çekilmiş olmakta hem de kurallara uymadıkları vakit karşılaşacakları yaptırımların farkında olan kullanıcılar, geçitte kural ihlalleri yapmaktan kaçınmaktadırlar [20,32].

Dünyada, hemzemin geçitlerin kullanımı konusunda yapılan yasal düzenlemeler, geçit kullanıcılarının geçide yaklaşırken hızlarını azaltmaları ve geçide tesis edilmiş olan trafik kontrol ekipmanlarının kullanım gereklerini de yerine getirerek kontrollü bir şekilde geçidi kullanıp, terk etmelerini sağlamaya yöneliktir. Yapılan bazı araştırmalara göre geçit kullanıcıları, geçide yaklaşımları ve geçidi kullanımları sırasında kendilerini denetleyecek herhangi bir mekanizma olmadığını fark ettiklerinde geçit kullanım kurallarına riayet etmekte problem yaşamaktadırlar. Bundan dolayı bazı hemzemin geçitlere kaynakların el verdiği derecede trafik polisi ekipleri konumlandırılarak geçit kullanıcılarının yapılmış olan düzenlemeler karşısındaki hareketleri denetlenmekte ve kural ihlalleri yapanlara idari para cezaları, ceza puanı artırımları gibi çeşitli cezai yaptırımlar uygulanmaktadır. Ancak her hemzemin geçide bir trafik polisinin konumlandırılması ve kullanıcıların insan gücü ile sürekli olarak denetlenmesi ise maliyetli ve sürdürülebilirliği zor olan bir uygulama olmaktadır.

Bu nedenle dünyada bazı ülkeler, hemzemin geçit kurallarını ihlal edenlerin denetimini teknolojiye dayanarak kameralar vb. ekipmanlarla otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Otomatik olarak sürekli denetlendiklerinin farkında olan geçit kullanıcıları ise özellikle cezai yaptırımlar da gerçekten caydırıcı boyutlarda olduğunda kural ihlallerinden ve tehlikeli davranışlardan çok büyük oranda kaçınmaktadırlar. ABD’de 2002 yılında yapılan bir araştırmada, fotoğraf destekli otomatik denetleme sistemlerinin kurulduğu hemzemin geçitlerdeki kural ihlallerinin yaklaşık ortalama %60 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Avustralya’da ise geçit kullanım kurallarını ihlal eden kullanıcılara, süreli olarak ehliyetlerinin iptal edilmesine kadar uzanan ve oldukça caydırıcı boyutta olan çeşitli cezai yaptırımlar uygulanmaktadır [20,68].

Türkiye’de de dünyada olduğu gibi, hemzemin geçitlerdeki geçiş üstünlüğü demiryolu araçlarına aittir. Ayrıca demiryolu hemzemin geçitlerinde görüş yetersizliklerine neden olan engellerin ilgili mevzuatlar doğrultusunda kaldırılma zorunluluğu bulunmaktadır [71]. Hemzemin geçitlerin kullanım kuralları ise 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği ile belirlenmektedir. Mevzuata göre;

- Hemzemin geçit yaklaşımlarında ve geçit içinde sürücülerin birbirini sollaması yasaktır, bu kuralı ihlal edenlere ise 2018 yılı itibarıyla %25 indirimsiz haliyle 235 TL idari para cezası ve 20 ceza puanı artırımı uygulanmaktadır,
- Sürücüler, hemzemin geçitlere yaklaşırken taşıt cinsi, yol durumu, hava, trafik, gerekli takip mesafesi vb. koşullarını da göz önünde bulundurarak hızlarını azaltmak zorundadırlar. Bu kuralı ihlal edenlere ise 2018 yılı itibarıyla %25 indirimsiz haliyle 108 TL idari para cezası ve 15 ceza puanı artırımı uygulanmaktadır,
- Sürücülerin, geçitteki trafik koşullarına uygunsuz hızlarla ve dinamik trafik kontrol ekipmanları (flaşör, çan, bariyer) aktif durumdayken geçide girmeleri yasaktır. Ayrıca sürücülerin, serbest hemzemin geçitleri kullanırken geçit güvenlik çizgisinde durup, geçide yaklaşan bir demiryolu aracı olup olmadığını gözlemledikten sonra geçidi kullanmaları şarttır. Bu kuralı ihlal edenlere ise 2018 yılı itibarıyla %25 indirimsiz haliyle 235 TL idari para cezası ve 20 ceza puanı artırımı uygulanmaktadır [72-74].

Yukarıdaki maddelerden görüldüğü üzere Türkiye’de, hemzemin geçit kullanımı sırasında sürücüler tarafından yapılan kural ihlallerine uygulanan cezai yaptırımlar, hem maddi hem de sosyal yönden (ehliyetin süreli iptali, eğitim programına katılım şartı vb.) çok büyük bir caydırıcılığa sahip değildir. Ayrıca sürücülerin belirlenen kurallara uyup uymadığını sıkı ve yine caydırıcı bir biçimde kontrol eden bir denetim mekanizması eksikliği de bulunmaktadır. Bu durum da geçit kullanıcılarının kurallara riayet etmesi konusunda problemlerin yaşanmasına neden olmaktadır. Bu noktada Türkiye’de, kurallara uymayan geçit kullanıcılarının trafik polisi ekipleri tarafından veya çeşitli kamera ekipmanları ile otomatik olarak denetlenmesi çalışmalarının artırılması ve cezai yaptırımların da hem maddi hem de sosyal yönden daha caydırıcı boyutlarda düzenlenmesi, bununla beraber de bu cezaların istisnasız bir şekilde uygulanması dünyadaki örneklerden görüldüğü üzere hemzemin geçitlerdeki emniyeti büyük ölçüde artıracaktır. Örneğin; Türkiye’de, alkolü araç kullanmanın cezası, yukarıda belirtilen cezalara oranla hem maddi hem de sosyal yönden çok daha caydırıcı boyutlardadır ve aynı kuralı tekrar ihlal etme sayısına bağlı olarak ceza kademeli şekilde artmaktadır. Cezanın büyüklüğü, kural ihlali yapmaya meyilli olan kişilerde konunun diğerlerine kıyasla daha önemli olduğu düşüncesini oluşturmakta ve doğal olarak konuya olan dikkati artırmaktadır. Sürücü olmaya elverişli olduğu kabul edilmeden önce bireylerin sağlık kontrolleri (görme, işitme organlarının kontrolü vb.) de eksiksiz bir biçimde yapılmalıdır [69,74-76].

Türkiye’de izinsiz hemzemin geçitlerin tespit edilip tamamen kapatılması ve yenilerinin açılmasının cezai yaptırımlarla engellenmesi, kamera sistemleri tesis edilmiş olan geçitlerde mevcut MOBESE (Mobil Elektronik Sistem Entegrasyonu) ve EDS (Elektronik Denetleme Sistemi) sistemlerinin bu kamera sistemleri ile haberleşir hale getirilmesi gibi çalışmalar da gündemdedir [69].

Hemzemin geçitleri kesen karayollarından ve demiryollarından sorumlu olan kurum ve kuruluşların geçit mahallerindeki görev ve sorumluluklarının da ayrı ayrı ve açık bir biçimde çeşitli yasal düzenlemelerle belirlenmiş olması gerekmektedir. Böylece tehlikelerin hızlı ve denetimli bir biçimde giderilmesinin yolu açılmış olacaktır. Türkiye’de, demiryolunu kesen yeni bir karayolunun açılacak olması durumunda bu geçişi alt/üst geçit olarak düzenlemek ve tüm emniyet tedbirlerini almak, yolun bağlı olduğu kuruluşun sorumluluğundadır. Demiryolu altyapı işletmecisi ise geçit güvenlik çizgileri (geçidin her iki tarafında yola en yakın raydan karayolu

doğrultusunda dışa doğru beş metrelik mesafeler) arasında kalan alanda alınması gereken bütün tedbirleri almakla yükümlüdür. Bu alanın dışında kalan kesimde ise gerekli tedbirleri alma sorumluluğu, karayolundan sorumlu kuruma aittir [7,27,71].

Daha önce de değinildiği üzere Türkiye’de 2013 yılında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından hemzemin geçitlerde demiryolu ve karayolu trafiğinin düzen ve emniyetini sağlamak amacıyla özellikle mühendislik çalışmaları ile ilgili çeşitli esasların belirlendiği “Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkındaki Yönetmelik” yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile TCDD tarafından ülkedeki hemzemin geçitlerin 3 yıl içerisinde bu esaslara uygun hale getirilmesi zorunlu kılınmıştır. Sonrasında, 2016 yılında yönetmelikte yapılan bazı düzenleme ve eklemelerle beraber bu süre, ilk yönetmelik yayım tarihinden itibaren 5 yıla ve son olarak da 2018 yılında bu süre, yönetmeliğin ilk yayım tarihinden itibaren 8 yıla çıkarılmıştır [6-8]. Bu yönetmelikte belirtilen yasal düzenlemelerin sıkı takibi ve mutlaka uygulanması gerektiği belirlenen esasların esnetilmemesi gibi konular da geçitlerde bir an önce emniyetin daha da artırılması konusunda önemli noktalardır. Yönetmelikte belirtilen esaslar, daha sonraki bölümlerde (Bölüm 3.2.3) ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir.

2.6.3 Mühendislik çalışmaları

Hemzemin geçitlerde emniyeti artırmak için yapılan mühendislik çalışmaları; geçitlere uygulanan tasarımsal, geometrik, fiziksel vb. iyileştirmeleri ve geçitlerin iptal edilme çalışmalarını kapsamaktadır. Geçitlerin mevcut durumdaki bazı özelliklerini iyileştirmek için uygulanacak önlemlerin seçiminin, eldeki kaynakların verimli bir şekilde kullanılabilmesi adına, belli bir irdeleme süreci ile elde edilen bilgilere göre yapılması daha doğru olacaktır. Bu irdeleme süreci genel olarak sırasıyla;

- Yüksek riskli hemzemin geçitlerin belirlenmesi (kaza kayıtları ve çeşitli yöntemler/yaklaşımlar yardımıyla),
- Kazalar ile geçidin özellikleri arasındaki ilişkinin tetkik edilmesi,
- Alternatif önlemlerin araştırılması ve belirlenmesi,
- Belirlenen önlemlerin kaza frekansına ve şiddetine yapacağı olumlu etkilerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi,
- En fazla net fayda sağlayan önlemin/önlemlerin geçide uygulanması,

- Uygulama sonrası geçitteki emniyet durumunun takibi ve ikincil değerlendirmelerin yapılması adımları ile gerçekleştirilmektedir [32].

Yukarıda belirtilen süreç ile belirlenen hangi önlem alınır alınsın bazı hemzemin geçitler yeterli bir emniyet seviyesine çıkarılamamaktadır. Bu bağlamda, bir hemzemin geçitteki emniyeti artırmak için uygulanabilecek mühendislik çalışmaları;

- Hemzemin geçidin mevcut özelliklerini iyileştirmek/yükseltmek suretiyle geçidin emniyet seviyesini yeterli seviyeye çıkarmak,
- Alt/üst geçide dönüştürmek veya tamamen kapatmak (yaklaşım yolu deplasesi vb.) suretiyle hemzemin geçidi iptal edip, riski ortadan kaldırmak ana seçenekleri altında toplanmaktadır [37].

İlerleyen kısımda; bu iki ana seçenek, daha da detaylandırılarak ayrı ayrı incelenmektedir.

2.6.3.1 Hemzemin geçidin mevcut durumunun iyileştirilmesi

Yapılan incelemeler sonucunda mevcut durumunun iyileştirilmesi suretiyle yeterli emniyet seviyesine ulaştırılabileceğine kanaat getirilen veya ekonomik kısıtlamalar ve sınırlı mühendislik çözümleri nedeniyle alt/üst geçide dönüştürme veya tamamen kapatma seçenekleri uygulanamayan hemzemin geçitlerde, emniyeti artırmaya yönelik uygulanabilecek mühendislik çalışmaları;

- Sadece trafik işaret levhaları tesis edilmiş olan hemzemin geçitlere flaşör, çan ve bariyer gibi aktif trafik kontrol ekipmanlarının çeşitli kombinasyonlarını tesis etmek (koruma sistemini bir üst seviyeye çıkarmak) suretiyle geçidi pasif hemzemin geçitten aktif hemzemin geçide dönüştürmek,
- Geçide tesis edilmiş olan aktif trafik kontrol ekipmanlarını (koruma sistemini), daha gelişmiş versiyonları ile güncellemek ve fark edilebilirliklerini artırmak,
- Geçide tesis edilmiş olan pasif trafik kontrol ekipmanlarını (levhalar vb.); daha gelişmiş versiyonları ile güncellemek, yönetmeliklerde belirtildiği şekilde eksiksiz olarak uygulamak ve fark edilebilirliklerini artırmak,
- Geçide tesis edilmiş olan bariyerlerin kapalı konumdayken geçit açıklığını tamamen örtüyor olmasını sağlamak,

- Geçidin karayolu trafiğine kapalı kalma süresini, demiryolu araç hızlarına göre her geçitte farklı ayarlamak suretiyle taşıt sürücülerinin tahammülsüzlükten dolayı işlediği kural ihlallerini azaltmak,
- Geçide fasıllı flaşörler yerine taşıt sürücülerinin kullanmaya daha alışık olduğu trafik ışıklarını tesis etmek,
- Geçit bölgesinde yayalar için de özel olarak tasarlanmış (koruma sistemleri, trafik işaretleri vb.) geçiş alanları belirlemek,
- Geçitte aydınlatma sağlamak veya mevcut aydınlatmayı iyileştirmek,
- Geçit yaklaşımlarında ve geçitte kaplama cinsini daha üst seviyeye geçirmek ve/veya mevcut kaplama durumunu iyileştirmek,
- Geçit kaplaması ve rayların üst kotları arasındaki seviye farklarını gidermek,
- Geçitteki boden boşluklarını doğru bir şekilde teşkil etmek,
- Geçit yaklaşımlarına karayolu yatay trafik işaretleri (hız kesici ve uyarıcı bantlar ve/veya kasis vb. yapılar) uygulamak veya uygulanmış olanlardaki eksikleri gidermek,
- Geçit yaklaşımlarında ve/veya geçit girişlerinde görüşe engel olan engelleri kaldırmak suretiyle geçitteki görüş mesafesi yetersizliklerini ortadan kaldırmak,
- Geçit yaklaşımlarındaki ve/veya geçitteki dikkat dağıtıcı öğeleri (reklam panosu vb.) kaldırmak,
- Geçit yaklaşımlarına karayolu ayırma yapıları inşa ederek ve/veya özellikle kırsal alanlarda şerit genişliği tanzimi yaparak taşıt sürücülerinin geçit bölgesindeki zikzak ve sollama hareketlerini kısıtlamak,
- Geçit yaklaşımlarında karayolu hız limitlerini aşağıya çekmek,
- Geçit yaklaşımlarında karayolu düşey geometrisini, sürücülerin taşıtlarının kontrolünü kolay sağlayacağı ve görüş problemlerine neden olmayacak şekilde ayarlamak,
- Geçide kameralı otomatik denetleme sistemleri ve engelleri otomatik olarak tespit edip demiryolu araç sürücülerini tehlikeler hakkında erkenden uyaracak vb. niteliklere sahip teknolojik düzenekler kurmak,
- Demiryolu araçlarının düzgün ve yeterli düzeyde çalışan farlarla, tren düdükleriyle ve fren sistemleri ile seyre çıkmasını ve geçit yaklaşımlarında bunların doğru bir şekilde kullanılıyor olmasını sağlamak,

- Geçide, suların düzgün ve yeterli bir şekilde uzaklaştırıldığı drenaj yapıları inşa etmek ve mevcut drenaj yapılarını düzenli olarak kontrol etmek,
- Zorlu kış şartlarında geçitte ve geçit yaklaşımlarında meydana gelen buzlanmaları ivedilikle ortadan kaldırmak,
- Tüm geçit bileşenlerinin bakımlarını ve onarımlarını, belli aralıklarla düzenli ve düzgün bir şekilde yapmak,
- Demiryolu hatlarının modernizasyon çalışmalarına önem vererek ağdaki sinyalli hat uzunluğunu artırmak (hatların trafik yönetim sistemlerini iyileştirmek) suretiyle geçit mahallerinde demiryolu araçlarının konumlarının ve hareketlerinin daha iyi gözlemlenebilmesini sağlamak vb. şeklinde sıralanabilmektedir [16,22,32,33,37].

Günümüzde, hemzemin geçitlerin mevcut durumunun iyileştirilmesi için yapılan mühendislik çalışmaları sırasında teknolojinin kullanımı bir hayli önemli konumdadır. Özellikle engelleri otomatik olarak tespit eden düzeneklerin hemzemin geçitlere kurulması aracılığıyla gerçekleştirilen erken uyarı ve demiryolu aracının otomatik olarak durdurulması işlemleri, hemzemin geçitlerdeki emniyeti önemli derecede artırmaktadır [35,42]. Japonya’da, Tokyo’daki hemzemin geçitlerin neredeyse tamamı olmak üzere yaklaşık 3.000 adet hemzemin geçit bu tür sistemler ile donatılmıştır. Ayrıca Şekil 2.57’de görüldüğü üzere Japonya’da, kış şartlarının ağır olduğu bölgelerde açılmış olan hemzemin geçitlerde buzlanmaları otomatik olarak gideren düzenekler bulunmaktadır.



Şekil 2.57 : Japonya’dan buzlanma önleme düzeneği kurulmuş bir hemzemin geçit örneği [61].

Diğer ülkelere kıyasla farklı bir uygulama olarak yine Japonya’da, hemzemin geçitlerin fark edilebilirliğini artırmak adına geçit yaklaşımlarında karayolu, dikkat çekici farklı renklerle boyanmaktadır (Şekil 2.58).



Şekil 2.58 : Japonya’dan yaklaşım yolları renklendirilmiş bir hemzemin geçit örneği [61].

Türkiye’de ise hemzemin geçitlerin mevcut durumlarının iyileştirilmesi adına klasik mühendislik çalışmaları yanı sıra;

- Özellikle şehir içlerinde bulunan hemzemin geçitlerde yayalar için de özel olarak tasarlanmış geçiş bölgelerinin oluşturulması,
- Engelleri otomatik olarak tespit eden ve erken uyarı veren sistemlerinin kullanımının artırılması ve bu sistemlerin mevzuatlarının oluşturulması suretiyle personelde farkındalık yaratılması,
- Fasilalı çalışan flaşörler yerine geçitlere trafik ışıklarının tesis edilmesi,
- Şehir içlerinde açılmış olan tüm serbest hemzemin geçitlerin seyir momentlerine bakılmaksızın kontrollü hale getirilmesi gibi önemli konular gündemdedir [69].

2.6.3.2 Hemzemin geçidin alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması

Bir hemzemin geçit mahalindeki riskin azaltılması hatta sıfırlanması için en kestirme ve en garanti yol, geçidin tamamen kapatılması veya alt/üst geçit olarak yeniden düzenlenmesidir. Ancak daha önce de belirtildiği üzere maddi kaynakların ve mühendislik çözümlerinin sınırlı oluşu, bir demiryolu ağındaki tüm hemzemin

geçitlerin tamamen kapatılmasına veya alt/üst geçit olarak düzenlenmesine izin vermemektedir. Bu noktada, bir hemzemin geçitteki emniyet düzeyinin, geçidin mevcut özelliklerinin iyileştirilmesi yoluyla hiçbir şekilde yeterli bir seviyeye çıkarılamadığı durumlarda (çok yüksek seyir momentleri, kesinlikle elverişsiz çevre koşulları, sürekli kaza oluşumu vb. durumlar) geçidin alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması (yaklaşım yolunun deplase edilmesi vb.) gerekmektedir [32,45].

Karayolu ve demiryolu seviyelerinin birbirinden ayrılması veya geçidin tamamen kapatılması kararlarını uygulama konusunda çok çeşitli pürüzler ortaya çıkabilmektedir. Özellikle karayolundan sorumlu kurum ve kuruluşlar, daha önceden açılmış bir hemzemin geçidin tamamen kapatılmasına çoğu zaman sıcak bakmamaktadır. Bunun nedeni ise kurumların (özellikle belediyelerin), uzayan yolculuk süreleri ve önemli yerlere (okul, hastane vb.) ulaşımın zorlaşması gibi sebeplerden dolayı geçit kullanıcıları tarafından gösterilecek tepkilerden ve yaşanacak tercih edilme kayıplarından kaçınmak istemeleridir. Ayrıca hemzemin geçidin tamamen kapatılıp, trafiğin yakınlardaki başka bir hemzemin geçide yönlendirilmesi ise bir noktada, seyir momentinin emniyeti bu denli büyük derecede etkilediği bir sistemde; riski, azaltmaktan öte sadece başka bir noktaya kaydırmak anlamına gelebilmektedir. Bu bağlamda, çok yüksek risk içeren ve kesinlikle iptal edilmesi gereken hemzemin geçitlerin alt/üst geçit uygulamaları yardımıyla sistemden çıkarılması en mantıklı mühendislik çözümü haline gelmektedir. Ancak bu işlemlerin bir hayli yüksek olan maliyetleri ve geçit mahalindeki arazi koşullarının elverişsizliği gibi pürüzler, yine verilen kararların uygulanmasını geciktirmekte veya imkânsız hale getirebilmektedir [18,35,37].

Çalışmanın bu bölümünde, hemzemin geçit emniyet faktörleri ve bu faktörlerin olumsuz etkilerini azaltma yönünde alınabilecek aksiyonlar hakkında çok çeşitli ve detaylı bilgiler sunulmuştur. Tüm bu bilgilerin de açıkça işaret ettiği üzere bir hemzemin geçit veya az sayıda geçitten oluşan bir hemzemin geçit grubu için dahi, yapılacak olan iyileştirme/iptal etme seçimleri sırasında birçok etmenin göz önünde bulundurulması ve birbirleri ile etkileşimli olarak birçok irdelenmenin yapılması gerekmektedir. Üstelik ülkelerin demiryolu ağlarında bulunan hemzemin geçitlerin çoğu zaman yüzölçümleriyle değil de binli hatta yer yer yüz binli sayılarla ifade edilebilir olduğu düşünüldüğünde, bu türde bir en iyi hale getirme problemine çeşitli

sistematik yollarla yaklaşıması gerektiği aşikâr olmaktadır. Bu temelde, dünyada bazı ülkeler, demiryolu ağları üzerinde bulunan hemzemin geçitlerdeki emniyeti değerlendirmek (yüksek riskli geçitleri tespit etmek, öncelikli geçitleri belirlemek, iyileştirme ve iptal etme durumlarını belirlemek vb.) amacıyla kendilerine özgü çeşitli modeller, araçlar, denklemler ve metotlar kullanmaktadır [15,31].

Yapılan bu çalışma kapsamında bir sonraki bölümde (Bölüm 3), çeşitli noktalara dikkat edilerek bazı ülkelerin bu yöntem ve yaklaşımları incelenmektedir. Ayrıca yine bir sonraki bölümde, bu bölüm dahilinde incelenen geçit emniyet faktörleri karşısında Türkiye’de alınan önlemler, Türkiye’deki hemzemin geçitlerin durumu ve Türkiye’de hemzemin geçit emniyet değerlendirme konusu ile alakalı çalışmalar hakkında da incelemeler yapılmaktadır. Böylece tüm bu bilgiler, bu çalışma kapsamında daha da sonraki bölümde (Bölüm 4) Türkiye için oluşturulacak olan örnek hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli çalışmaları sırasında bir birikim olarak kullanılmaktadır.



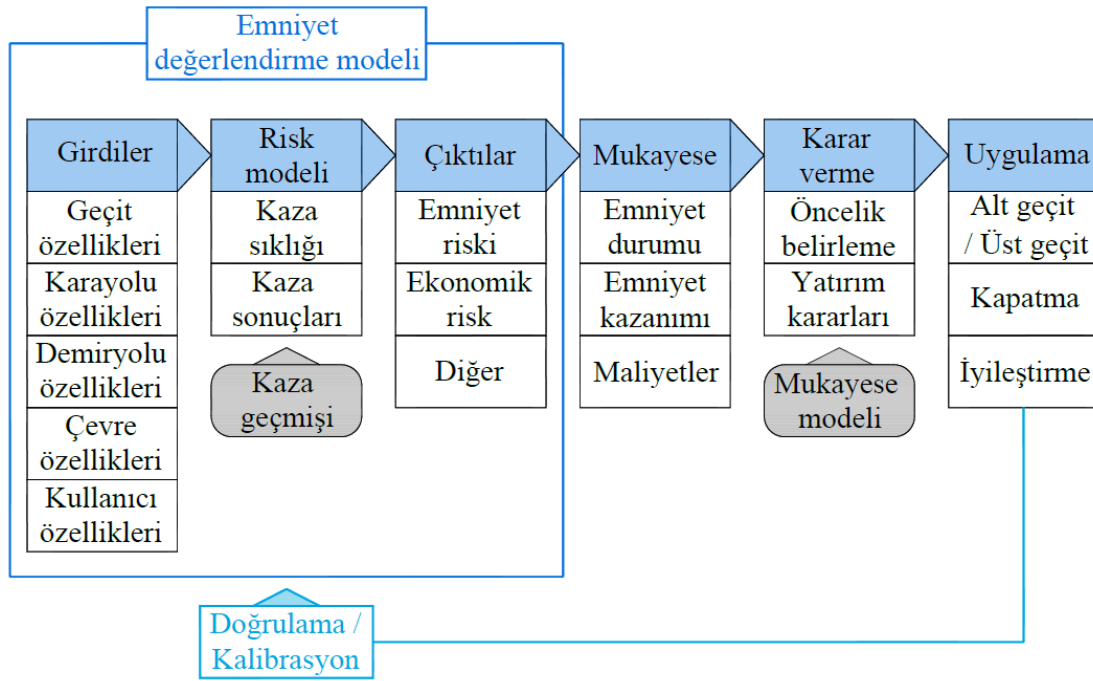
3. DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİTLERİNDE EMNİYET DEĞERLENDİRMESİ

Dünyada demiryolu ağı gelişmiş veya gelişmekte olan birçok ülkede hemzemin geçitler, hem üzerlerinde meydana gelen kaza sayılarının hem de bu kazalar sonucunda meydana gelen ölüm ve yaralanma oranlarının ciddi boyutlarından dolayı demiryolu emniyeti açısından çok büyük ehemmiyet taşımaktadır. Bu nedenle ülkelerin demiryolu işletmeciliğini yapan kurum veya kuruluşlar için demiryolu emniyeti içerisinde hemzemin geçitlerin emniyeti, özel olarak ele alınan başka bir deyişle çeşitli yöntemlerle ve sistematik çalışmalarla ayrı bir disiplin olarak üzerine düşülen bir mesele haline gelmiştir [77].

Daha önce değinildiği üzere (Bölüm 2.5) bir hemzemin geçitte emniyeti etkileyen birçok faktör bulunmaktadır ve bu faktörlerin tekil etkisinden yahut bileşiminin etkisinden dolayı her hemzemin geçitteki kaza riski, bazılarında aynı olma ihtimalini taşımakla beraber genelde farklılık göstermektedir. Herhangi bir faktörün zamanla kendi içinde değişimiyle de geçitlerin risk sıralaması değişebilmektedir. Ayrıca hemzemin geçidi kesen karayoluna ve demiryoluna ait trafik yoğunluğunun, bir hemzemin geçitteki riski en çok etkileyen faktör olduğu ortak bulgusu gibi, geçitteki emniyeti etkileyen faktörlerin kazaların sayısına ve sonuçlarına olan etki düzeyleri de farklılık göstermektedir. Bununla beraber, hemzemin geçitler gibi emniyet konusunda insan faktörünün çok büyük bir paya sahip olduğu bir sistemde aynı faktörler, coğrafyaya özgü insan davranış biçimi farklılıkları nedeniyle ülkeden ülkeye daha farklı etkilere yol açabilmektedir.

Bu temelde, kaynakların sınırsız olmadığı gerçeği ve mühendisliğin özünden gelen optimizasyon ilkesi düşünüldüğünde, geçidin emniyet düzeyini artırma yönünde uygulanması gereken faaliyetlerin boyutu da geçitteki riskin boyutuna göre değişecektir. Ülkeler bu bağlamda, hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmalarını yürütürken geçitlerin emniyet durumlarına göre önem sıralamasını belirleme ve eldeki kaynaklarla en fazla emniyet kazanımını elde edebileceği faaliyetleri belirleme çalışmaları yapmaktadır. Böylece bu amaç doğrultusunda

yürütülen emniyet değerlendirme çalışmaları sayesinde, beklenene göre üzerinde henüz daha az kaza meydana gelmiş olan hemzemin geçitler belirlenerek çeşitli iyileştirmelerle ve iptal etmelerle erken önlem alma şansı doğmaktadır. Ayrıca bu çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular sayesinde ülkeler, hemzemin geçitlerin daha emniyetli işletilebilmesi adına kendilerine özgü çeşitli standartlar ve uygulama esasları belirleyebilmektedir [4,22,78,79]. Hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi ve devamında uygulanan adımlara ait genel hemzemin geçit emniyet yönetim yapısı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Hemzemin geçitlerde genel emniyet yönetim yapısı [15].

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere emniyet değerlendirme modeli, emniyet yönetim adımlarının sadece bir kısmını oluşturmaktadır; ancak tüm uygulamaların temelini oluşturduğu düşünüldüğünde hemzemin geçit emniyetine olan etkisi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu nedenle modelin sisteme olan etkisi, emniyet performans ölçümleri ile sürekli olarak kontrol edilerek, gerekli model düzeltmeleri gerçekleştirilmelidir [15].

İnsan davranış şeklinin ülkeden ülkeye farklılık göstermesinden kaynaklı olarak, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi için kullanılacak olan yöntemlerin geliştirilmesi sırasında ülkelerin kendilerine özgü veri geçmişlerinin baz alınması gerekmektedir ve oluşturulan bir modelin farklı ülkelerdeki koşullara uyum sağlama kabiliyetinin sınırlı olması yanında, bir modelin ülkenin farklı bölgelerindeki durumu

değerlendirme başarısı da değişebilmektedir. Bu bağlamda, ülkede tutulan verinin boyutundan, kalitesinden ve düzenli olup olmama durumundan kaynaklı olmak üzere ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme modellerini oluşturma yöntemleri ve oluşturdıkları modellerin boyutları değişiklik göstermektedir. Bazı ülkelerde emniyet değerlendirmesi, hemzemin geçitlerde riskin modellenmesiyle, başka bir deyişle ileride gerçekleşmesi beklenen kaza sayısı ve bu kazaların sonuçlarını (mutlak riski) tahmin eden model ya da araçlarla yapılmaktadır. Bazılarında ise tam olarak kaza sayısı tahmini yapılamayıp, emniyet faktörlerinin ağırlıklandırılması yoluyla geçitlere belli bir puan (göreceli risk) atanması yoluyla emniyet değerlendirilmektedir. Bazı ülkeler ise en basit haliyle birkaç parametre değerinin belli değer aralıklarıyla kıyaslanması yordamıyla hemzemin geçitlerde emniyeti değerlendirmektedir [1,15].

İlerleyen kısımda, diğer bazı ülkeler tarafından hemzemin geçitlerde emniyeti sağlamak için hayata geçirilecek faaliyetler belirlenirken kullanılan istatistiksel yollarla, tecrübeye dayalı yollarla veya basit parametreler içeren yollarla oluşturulmuş modeller, araçlar, metotlar ve denklemler incelenmiştir. Bu incelemelerin ardından da, çeşitli istatistiksel verilerle Türkiye’de hemzemin geçitlerin durumuna değinilmiş, Türkiye’de hemzemin geçitlerde emniyeti artırmak için dikkat edilen hususlar ve uygulama esasları üzerinde durulmuştur. Sonrasında, Türkiye’de hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi hakkında yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

3.1 Ülkelerin Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Model, Araç, Metot ve Denklemlerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması

Dünyada hemzemin geçitlerde emniyetin başka bir deyişle riskin ölçülmesi ile ilgili olarak geçmişten günümüze çeşitli çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkan modellerin, araçların, metotların ve denklemlerin güncelleme çalışmaları ve yenilerinin oluşturulma çalışmaları halen devam etmektedir. Demiryolu ve karayolu karakteristiklerinin, kültür yapılarının, insan davranış biçimlerinin, demiryolu ağı büyüklüklerinin, hemzemin geçit sayılarının ve kurum veya kuruluşların veri depolama çalışmalarına verdiği önemin ülkeden ülkeye farklılık göstermesi nedeniyle ülkelerin hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirme modellemesine olan yaklaşımları da farklılık göstermektedir. Aşağıda görüldüğü

üzere ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmaları sırasında kullandıkları modeller, araçlar ve metotlar kullanılan algoritmaya göre dört farklı ana grupta toplanmaktadır.

- Hemzemin geçit tipine başka bir deyişle geçit koruma şekline karar verme aşamasında yardımcı olarak kullanılan, model kurmaktan daha çok basit birkaç faktörün göz önünde bulundurulması yaklaşımıyla oluşturulmuş basit parametre bazlı metotlar,
- Basit parametre bazlı metotların daha da geliştirilmesi ile kurulmuş, faktörlerin riske olan etkisinin basit yollarla ağırlıklandırıldığı, geçitteki göreceli risk hakkında bilgi sağlayan basit ağırlıklandırma bazlı modeller,
- Faktörlerin riske olan etkisinin hata ağacı, olay ağacı veya simülasyon yöntemleri gibi daha karmaşık ve sistematik yaklaşımlarla; ayrıca diğer model ve metotlara kıyasla daha fazla girdinin kullanılarak belirlendiği, geçitteki riski basit ağırlıklandırma bazlı modellere göre daha doğru puanlandırmayı ya da hesaplamayı sağlayan kompleks ağırlıklandırma bazlı modeller,
- Faktörler ile risk arasındaki ilişkinin ampirik olarak istatistiksel tekniklerle belirlendiği istatistiksel yöntem bazlı modeller ve araçlar [15,80].

Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada incelenen ve diğer ülkeler tarafından hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarında kullanılmış veya kullanılıyor olan, ülkelere özgü model, araç ve metotlar ait oldukları grup bilgisiyle beraber Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere bu çalışma kapsamında, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi adına 12 farklı ülkede geliştirilmiş 22 farklı yaklaşım incelenmektedir. Böylece dünya genelinde hemzemin geçit risk analizi çalışmalarında dikkat edilen önemli ve ortak noktalar değerlendirilmiş olacaktır. Yeni Zelanda, 2008 yılından itibaren hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarında Avustralya tarafından geliştirilen ALCAM’ı kullanmaya başlamıştır [82]. Ayrıca ALCAM, zaman içinde yapılan güncelleştirmeler ile resmi olarak 2014 yılında hem kompleks ağırlıklandırma bazlı yöntemlerin hem de istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı bir model haline gelmiştir [81].

Çizelge 3.1 : Ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme model, araç ve metotları [15,80-82].

Ülke	Model/Araç/Metot	Grup
Amerika Birleşik Devletleri	ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli	İstatistiksel yöntem bazlı
	GradeDec.Net	İstatistiksel yöntem bazlı
Büyük Britanya (İngiltere, Galler, İskoçya)	Otomatik Hemzemin Geçit Modeli	Kompleks ağırlıklandırma bazlı
	Olay Penceresi Modeli	Kompleks ağırlıklandırma bazlı
	Tüm Hemzemin Geçitler Risk Modeli (ALCRM)	Kompleks ağırlıklandırma bazlı
Avustralya	Risk Bazlı Puanlandırma Sistemi (RBSS)	Basit ağırlıklandırma bazlı
	Hemzemin Geçitlerde Kaza ve Olay Risk Değerlendirmesi (RAAILc)	İstatistiksel yöntem bazlı
	Avustralya Hemzemin Geçit Değerlendirme Modeli (ALCAM)	Kompleks ağırlıklandırma bazlı ve istatistiksel yöntem bazlı
Kanada	Çarpışma Öngörü Modeli	İstatistiksel yöntem bazlı
	GradeX	İstatistiksel yöntem bazlı
Japonya	Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi	Basit parametre bazlı
	Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi	Basit parametre bazlı
Rusya	Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi	Basit parametre bazlı
Yeni Zelanda*	Çarpışma Değerlendirmesi	Basit ağırlıklandırma bazlı
	Kaza Öngörü Modeli	İstatistiksel yöntem bazlı
	ALCAM*	Kompleks ağırlıklandırma bazlı ve istatistiksel yöntem bazlı
İrlanda	Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı	Kompleks ağırlıklandırma bazlı
	Şebeke Risk Modeli	Kompleks ağırlıklandırma bazlı
Kuzey İrlanda	Risk ve Yatırım Değerlendirmesi	Basit ağırlıklandırma bazlı
Hindistan	Tren-Taşıt Ünitesi	Basit parametre bazlı
İsveç	Geçit Koruma Şekli Belirleme Metodu	Basit parametre bazlı
İspanya	Geçit Kategorilendirme Ölçütü	Basit parametre bazlı
	FMEA (Hata Türleri ve Etki Analizi) Metodu	Kompleks ağırlıklandırma bazlı

*ALCAM, 2008 yılında Yeni Zelanda tarafından da kullanılmaya başlanmıştır.

ABD’de, demiryolu ağının büyüklüğü ve hemzemin geçit sayısının fazlalığından dolayı hemzemin geçit emniyet değerlendirme süreçlerinde, ABD Ulaştırma Bakanlığı’nın geliştirdiği kaza öngörü modeli ve GradeDec.Net aracına ek olarak eyaletlerin kendi verileriyle oluşturdukları denklemler ve daha da geçmiş yıllarda oluşturulan tarihi denklemler de kullanılmaktadır [58,83]. Çalışma kapsamında, bu denklemler arasından literatürde üzerinde oldukça durulan 8 farklı denklem hakkında da ayrıca bilgi verilmiştir.

3.1.1 Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

ABD’de hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi, ülkenin birçok eyaletinde ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli ve bunun yanında da değerlendirme, raporlama ve yatırım kararlarında kurum ve kuruluşlara yardımcı olmak üzere Federal Railroad Administration (FRA) tarafından geliştirilmiş web tabanlı bir araç olan GradeDec.Net yardımı ile yapılmaktadır. Ayrıca ABD’nin bazı eyaletleri, bu model ve araçların yanında, tarihi süreçte bu çalışmalardan daha önce geliştirilmiş olan bazı denklemleri de hemzemin geçitleri tehlike durumlarına göre sıralamak ve yine kaza sayısı tahmini yapmak için kullanmaktadır. Bazı eyaletler de hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmaları sırasında, ABD Ulaştırma Bakanlığı modellerinde yer verilmemiş olan bazı faktörleri de göz önünde bulundurarak kendilerine özgü kaza geçmişi verileri ile geliştirmiş oldukları denklemleri kullanmaktadır [15,31].

Daha önce de değinildiği üzere ABD’de kullanılan bu model, araç ve denklemlerden bazıları, kaza sayısı ve kaza şiddeti tahmini yoluyla mutlak başka bir deyişle göreceli olmayan riski hesaplama kabiliyetine sahiptir. Bazıları ise tehlike ölçümü yapma başka bir deyişle göreceli riski hesaplama, bir kısmı da hem tehlike ölçme hem de kaza sayısı tahmini yoluyla göreceli olmayan riski hesaplama kabiliyetine sahiptir [35]. Çizelge 3.2’de, ABD’de hemzemin geçit emniyet değerlendirme süreçleri sırasında kullanılan ve bu çalışma kapsamında incelenen model, yardımcı araç ve denklemler bazı özellikleri ile beraber görülmektedir.

İlerleyen kısımda öncelikle, Çizelge 3.2’de verilen model, araç ve denklemler hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu model, araç ve denklemler içerdikleri hemzemin geçit emniyet faktörleri yönünden birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Daha

sonrasında ise hemzemin geçitlerde emniyete etki eden farklı faktörlerin ABD’de geliştirilmiş olan model ve denklemlerdeki kullanım oranlarına değinilmiştir.

Çizelge 3.2 : ABD’de hemzemin geçit emniyet değerlendirme için kullanılan model, araç ve denklemler [15,31,35].

Geliştiren	Model/Araç/Denklem	Kabiliyet
ABD Ulaştırma Bakanlığı	ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli	Kaza sayısı ve sonucu tahmini
FRA	GradeDec.Net	Değerlendirme, raporlama ve yatırım kararları
	New Hampshire Tehlike İndeksi	Tehlike ölçümü
Tarihi süreç	NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi	Kaza sayısı tahmini
	Peabody–Dimmick Denklemi	Kaza sayısı tahmini
	Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi	Tehlike ölçümü
	Florida Ulaştırma Bakanlığı Emniyet ve Tehlike İndeksi	Tehlike ölçümü ve kaza sayısı tahmini
Eyaletler	Missouri Ulaştırma Bakanlığı Risk İndeksi	Tehlike ölçümü
	Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi	Tehlike ölçümü
	Teksas Ulaştırma Bakanlığı Öncelik İndeksi	Tehlike ölçümü ve kaza sayısı tahmini

3.1.1.1 ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli

ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli, ABD’deki hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında hemzemin geçitlerin emniyet durumlarına göre önceliklerinin belirlenmesi ve yatırımların daha yerinde kararlarla yürütülmesine yardımcı olmak amacıyla 1970’lerin ortasında ABD Ulaştırma Bakanlığı tarafından geliştirilmiş olan bir kaza öngörü modelidir. ABD’de bu model, genel olarak kullanımı yanında, 19 eyalet tarafından hemzemin geçit emniyet değerlendirme ve proje seçim (kapatma/alt–üst geçit) çalışmalarında öncelikli model olarak kullanılmaktadır. Modelde öncelikle yıllık kaza sayısının tahmini yapılmakta ve daha sonra bu kaza sayısı tahmini ve kaza şiddeti denklemi ile elde edilen,

kazanın ölümlü veya yaranmalı olma olasılıkları kullanılarak, ölümlü ve yaranmalı kaza sayıları öngörülmektedir. Model hesaplamalarında ilk olarak, toplam yıllık kaza sayısı tahmini için üçlü bir denklem takımı olan ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemleri kullanılmaktadır. İlk başta denklem 3.1 yardımı ile geçitte bir yılda meydana gelmesi beklenen kaza sayısının ilk öngörüsü yapılmakta ve ikinci aşamada ise ilk öngörü kullanılıp, denklem 3.2 yardımı ile geçitte daha önceden meydana gelmiş kaza sayısı etkisi göz önünde bulundurularak düzeltilmiş ikinci öngörü elde edilmektedir. Denklem 3.3 yardımı ile de ikinci öngörü kullanılarak geçitte bir yıl içinde gerçekleşmesi beklenen kaza sayısının nihai öngörüsü yapılmaktadır [15,16,31]. Bu denklemler ve denklemlerdeki değişkenlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

$$a = K \times EI \times MT \times DT \times HP \times MS \times HL \quad (3.1)$$

$$B = \frac{T_0}{T_0 + T} (a) + \frac{T_0}{T_0 + T} \left(\frac{N}{T} \right) \quad (3.2)$$

$$A = B \times C \quad (3.3)$$

Denklemlerde;

a: Geçitteki bir yıllık tahmini kaza sayısı (ilk öngörü)

K: Formül sabiti (Çizelge 3.3)

EI: Seyir momenti faktörü (Çizelge 3.3)

MT: Demiryolu anahat sayısı faktörü (Çizelge 3.3)

DT: Gündüz geçen tren sayısı faktörü (Çizelge 3.3)

HP: Karayolu kaplama faktörü (Çizelge 3.3)

MS: Maksimum livre hızı faktörü (Çizelge 3.3)

HL: Karayolu şerit sayısı faktörü (Çizelge 3.3)

B: Geçitteki bir yıllık tahmini kaza sayısı (kaza geçmişi ile düzeltilmiş ikinci öngörü)

T₀: Formül ağırlıklandırma faktörü (denklem 3.4 yardımı ile hesaplanmaktadır.)

$$T_0 = \frac{1}{(0,05 + a)} \quad (3.4)$$

T: Kaza geçmişinin ait olduğu yıl sayısı (periyot)

N: Geçitte T yılda meydana gelen kaza sayısı

A: Geçitteki bir yıllık tahmini kaza sayısı (nihai öngörü)

C: Normalleştirme sabiti (Çizelge 3.3) [31].

Geçitte kullanılan koruma sistemine göre denklemlerdeki faktörlerin formülleri ve değişkenlerin değerleri ise Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3.3 : ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemleri faktör formülleri ve değişken değerleri [31].

Faktör/Değişken	Pasif	Flaşörlü	Bariyerli
K	0,0006938	0,0003351	0,0005745
EI	$\left(\frac{(ei) + 0,2}{0,2}\right)^{0,37}$	$\left(\frac{(ei) + 0,2}{0,2}\right)^{0,4106}$	$\left(\frac{(ei) + 0,2}{0,2}\right)^{0,2942}$
MT	1,00	$e^{0,1917 \times mt}$	$e^{0,1512 \times mt}$
DT	$\left(\frac{(dt) + 0,2}{0,2}\right)^{0,1781}$	$\left(\frac{(dt) + 0,2}{0,2}\right)^{0,1131}$	$\left(\frac{(dt) + 0,2}{0,2}\right)^{0,1781}$
HP	$e^{-0,5966 \times (hp-1)}$	1,00	1,00
MS	$e^{0,0077 \times ms}$	1,00	1,00
HL	1,00	$e^{0,1826 \times (hl-1)}$	$e^{0,142 \times (hl-1)}$
C (2010)	0,6768	0,4605	0,6039
C (2014)	0,5086	0,3106	0,4846

Çizelge 3.3'te;

ei: Seyir momenti (YOGT ve günlük toplam tren sayısının çarpımı)

mt: Geçidi kesen demiryolu anahat sayısı

dt: Geçitten bir günde gündüz vakti geçen tren sayısı

hp: Karayolu kaplaması sabiti (kaplamalı ise 1; değil ise 2)

ms: Geçitteki maksimum livre hızı (mil/saat)

hl: Karayolu şerit sayısı [31].

ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemleri, geliştirildiği ilk dönemden itibaren genel yapısını korumaktadır; ancak belirli aralıklarla gözden geçirilerek model bileşenlerinin katsayıları revize edilmektedir [31].

Denklemler; demiryolu, karayolu ve geçit özellikleri ile ilgili önemli faktörleri, geçitteki demiryolu ve karayolu trafik yoğunluğu da dâhil olmak üzere değişken olarak kullansa da; model, kullanıcı davranış biçimlerinin kazalar üzerinde olan etkisini hesaba katan bir modüle sahip değildir. Ayrıca model; görüş mesafeleri ve okul taşıtı, ağır taşıt gibi taşıt cinsi parametrelerini de içermemektedir [15].

Modelde, yıllık tahmini kaza sayısı hesaplandıktan sonra hemzemin geçit kazalarının ne kadarının ölümlü ya da ne kadarının yaralanmalı kaza olacağı tahminini yapabilmek için ise ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza şiddeti (ölüm veya yaralanma) öngörü denklemleri kullanılmaktadır. Kaza şiddeti denklemleri yardımıyla hesaplanan, geçitte meydana gelecek kazanın ölümlü veya yaralanmalı olma olasılıkları, ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemleri ile elde edilen nihai kaza sayısı tahmini ile çarpılarak geçitte bir yıl içerisinde gerçekleşmesi beklenen ölümlü veya yaralanmalı kaza sayıları tahmin edilmektedir [15,30]. Denklem 3.5'te bir kazanın ölümlü olma olasılığının hesaplandığı formül verilmiştir.

$$P(FA|A) = \frac{1}{1 + KF \times MS \times TT \times TS \times UR} \quad (3.5)$$

Denklemden;

$P(FA|A)$: Kazanın ölümlü olma olasılığı

KF: Formül sabiti (Çizelge 3.4)

MS: Maksimum livre hızı faktörü (Çizelge 3.4)

TT: Günlük ekspres (direkt) tren sayısı faktörü (Çizelge 3.4)

TS: Günlük manevra treni sayısı faktörü (Çizelge 3.4)

UR: Geçit mahali faktörü (şehir içi veya kırsal) (Çizelge 3.4) [15,30].

Denklemden kullanılan değişkenlerin değerleri ve faktörlerin formülleri ise Çizelge 3.4'te görülmektedir.

Çizelge 3.4 : ABD Ulaştırma Bakanlığı kazanın ölümlü olma olasılığı denklemi faktör formülleri ve değişken değerleri [30].

Faktör/Değişken	Değerler ve formüller
KF	440,9
MS	$ms^{-0,9981}$
TT	$(tt + 1)^{-0,0872}$
TS	$(ts + 1)^{0,0872}$
UR	$e^{0,3571 \times ur}$

Çizelge 3.4'te;

ms: Maksimum livre hızı (mil/saat)

tt: Günlük ekspres tren sayısı

ts: Günlük manevra treni sayısı

ur: Geçit mahali/karayolunun fonksiyonel sınıfı (kırsal için 0; şehir içi için 1) [30].

Bir kazanın yaralanmalı olma olasılığı ise denklem 3.6 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$P(CA|A) = \frac{1}{1 + KC \times MS \times TK \times UR} \quad (3.6)$$

Denklemden;

P(CA|A): Kazanın yaralanmalı olma olasılığı

KC: Formül sabiti (Çizelge 3.5)

MS: Maksimum livre hızı faktörü (Çizelge 3.5)

TK: Demiryolu hat adedi faktörü (Çizelge 3.5)

UR: Geçit mahali faktörü (şehir içi veya kırsal) (Çizelge 3.5) [15,30].

Denkleimde kullanılan değişkenlerin değerleri ve faktörlerin formülleri ise Çizelge 3.5’te görülmektedir.

Çizelge 3.5 : ABD Ulaştırma Bakanlığı kazanın yaralanmalı olma olasılığı denklemi faktör formülleri ve değişken değerleri [30].

Faktör/Değişken	Değerler ve formüller
KC	4,481
MS	$ms^{-0,343}$
TK	$e^{-0,1153 \times tk}$
UR	$e^{0,3571 \times ur}$

Çizelge 3.5’te;

ms: Maksimum livre hızı (mil/saat)

tk: Toplam demiryolu hat adedi

ur: Geçit mahali/karayolunun fonksiyonel sınıfı (kırsal için 0; şehir içi için 1) [30].

Kazanın ölümlü veya yaralanmalı olma olasılıkları, denklem 3.7 ve denklem 3.8’de görüldüğü üzere ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemleri ile elde edilen nihai kaza sayısı tahmini ile çarpılarak geçitte bir yıl içerisinde gerçekleşmesi beklenen ölümlü veya yaralanmalı kaza sayıları hesaplanmaktadır [15,30].

$$E(FA) = A \times P(FA|A) \quad (3.7)$$

$$E(CA) = A \times P(CA|A) \quad (3.8)$$

Denklemlerde;

E(FA): Geçitte bir yılda beklenen ölümlü kaza sayısı

A: Geçitte bir yılda beklenen toplam kaza sayısı (denklem 3.3)

P(FA\A): Kazanın ölümlü olma olasılığı (denklem 3.5)

E(CA): Geçitte bir yılda beklenen yaralanmalı kaza sayısı

P(CA\A): Kazanın yaralanmalı olma olasılığı (denklem 3.6) [30].

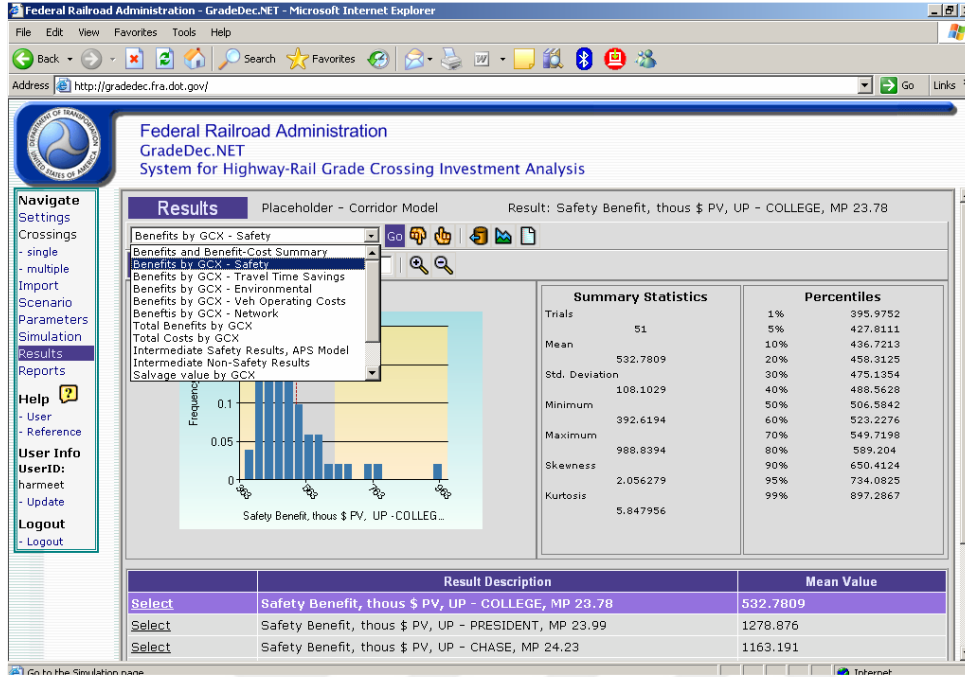
Görüldüğü üzere ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı ve kaza şiddeti öngörü denklemleri, kazalar sonucunda meydana gelmesi beklenen ölüm veya yaralanma sayılarını değil; ölümlü veya yaralanmalı kaza sayılarını tahmin etmektedir. Olasılık denklemlerinde maksimum livre hızı, demiryolu hat adedi, geçit mahali ve tren sayısı gibi faktörler kullanılırken geçit koruma sistemi ile ilgili parametreler ise geçit tipine göre belirlenen faktör formülleri yardımıyla hesaba katılmaktadır. Geçit mahali faktörü, geçidin bulunduğu bölge özelliklerini ifade ederken aynı zamanda ABD’de karayolunun fonksiyonel sınıfına da gönderme yapmaktadır. Ayrıca model, kaza sonucunda tren dizisinin geçitte derayı ve yangın ihtimali ile ilgili parametrelere ve okul taşıtı sayısı gibi taşıt cinsi parametrelerine yer vermemektedir. ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli ile hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi yapılırken iyileştirme ve geçit iptal etme seçeneklerinin fayda–maliyet durumları da göz önünde bulundurulmaktadır [15,30,31].

3.1.1.2 GradeDec.Net

GradeDeC.Net, ABD’de 2000 yılında FRA tarafından hemzemin geçitler için geliştirilmiş olan web tabanlı bir fayda–maliyet analizi aracıdır. Bu araç sayesinde eyalet ulaştırma bakanlıkları ve yerel işletmeler, hemzemin geçitlerde emniyet düzeyini artırmak için yürüttükleri çalışmalarda yapacakları yatırımlar için seyir süresi, çevre kullanımı, işletme maliyeti gibi kalemlere göre fayda–maliyet analizi yaparak en az kaynak ile en fazla emniyet artırımı ve verim sağlayabilecekleri uygulamalara yönelebilmektedir.

Ayrıca Gradedec.Net, ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı veya kaza şiddeti öngörü denklemlerinde olmayan; taşıt tipinin günün saatlerine göre dağılımı, karayolu ve demiryolu trafiğinin kısa veya uzun dönemdeki artış oranları gibi ek parametreleri de göz önünde bulundurarak hemzemin geçitlerde kaza sayısı ve kaza şiddeti tahmini yapmaya olanak sağlamaktadır. GradeDec.Net aracı ile herhangi bir hemzemin geçit için yapılacak olan iyileştirme, tamamen kapatma ve alt geçit veya üst geçide dönüştürme uygulamaları sonucundaki kaynak kullanımı, geçitteki yeni kaza sayısı öngörüsü veya yeni kaza şiddeti öngörüsü direkt görülebilmektedir. Bu durum, belirli bir demiryolu koridoru veya bölge içerisindeki hemzemin geçitler için toplu olarak da yapılabilmekte ve toplu sonuçlar elde edilebilmektedir. Böylelikle araç, kullanıcıya zaman kazandırmakta ve hemzemin geçit verilerinin güncel

hallerine doğrudan ulaşma fırsatı vermektedir [15,83]. Şekil 3.2’de GradeDec.Net aracının fayda–maliyet analizi bölümünden bir arayüz örneği görülmektedir.



Şekil 3.2 : GradeDec.Net aracı fayda–maliyet analizi bölümü arayüz örneği [15].

GradeDec.Net geçitteki riski hesaplarken, geçidi kullananların davranış biçimleriyle veya yaş, cinsiyet gibi diğer özellikleriyle ilgili parametreleri kullanmamaktadır. Ayrıca araç, birçok farklı dağılım fonksiyonlarının seçimine olanak vermektedir. Bu nedenle aracın kullanımı, istatistik bilimine aşina olmayan kullanıcılar için zorlayıcı ve kavranması güç olabilmektedir [15].

3.1.1.3 New Hampshire Tehlike İndeksi

New Hampshire Tehlike İndeksi; geçitteki karayolu ve demiryolu trafiğini, bunlarla beraber de geçit tipini değişken olarak kullanan basit yapılı bir denklemden oluşmaktadır. İndeks, basit yapısından dolayı ABD’de 5 farklı eyalet tarafından ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli’ne ek olarak geçitteki tehlikeyi ölçmek ve geçitlerin tehlikelerine göre önem sıralamasını yapmak için kullanılmaktadır. Zaman içerisinde bazı eyaletler denkleme yeni değişkenler ekleyerek güncellemeler yapmış olsa da indeksin en yaygın kullanılan yapısı, denklem 3.9’da görülmektedir [31,58,78].

$$HI = V \times T \times PF \quad (3.9)$$

Denkleimde;

HI: Tehlike indeksi

V: YOGT

T: Günlük tren sayısı

PF: Koruma sistemi faktörü (Çizelge 3.6) [31].

Denkleimde kullanılan koruma sistemi faktörü değerleri ise Çizelge 3.6’da verilmiştir. Çizelge 3.6’daki değerler incelendiğinde, denklem yapısına göre, geçitlerde koruma seviyesi azaldıkça tehlike artmaktadır.

Çizelge 3.6 : New Hampshire Tehlike İndeksi denklemi koruma sistemine göre “PF” değerleri [31].

Koruma şekli	Değer
Otomatik bariyerli	0,1
Flaşörlü	0,6
Trafik işaretli	1,0

Görüldüğü üzere New Hampshire Tehlike İndeksi, basit yapıda bir denklemdir. Ancak yapısındaki değişkenlerin isabetli seçimi sayesinde, kullanıldığı çalışmaların çoğunda geçitteki tehlikeyi ölçme konusunda başarılı bulunmuştur [78].

3.1.1.4 NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi

NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi, ABD’nin 5 yıllık kaza geçmişi verileri kullanılarak 1964 yılında geliştirilmiştir. Denklem 3.10’da görülen NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi, yapısı ve kullandığı değişkenler itibariyle New Hampshire Tehlike İndeksi’ni andırmaktadır [84].

$$EAF = A \times B \times T \quad (3.10)$$

Denkleimde;

EAF: Beklenen kaza frekansı

B: Koruma sistemi faktörü (Çizelge 3.7)

T: Günlük tren sayısı

A: YOGT değerine bağlı trafik faktörü (denklem 3.11 yardımıyla hesaplanmaktadır.)

$$A = 0,0000012 \times AADT + 0,0006239 \quad (3.11)$$

Denklemde;

AADT: YOGT [31].

Denklemde kullanılan koruma sistemi faktörünün belli koşullara göre aldığı değerler ise Çizelge 3.7’de görülmektedir.

Çizelge 3.7 : NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi koruma sistemine ve diğer koşullara göre “B” değerleri [31].

Koruma şekli	Koşul	Değer
Çapraz işaretli	YOGT < 500	3,89
Çapraz işaretli	Şehir içi	3,06
Çapraz işaretli	Kırsal	3,08
Dur işaretli	YOGT < 500	4,51
Dur işaretli	-	1,15
Flamalı	-	0,61
Flaşörlü	Şehir içi	0,23
Flaşörlü	Kırsal	0,93
Bariyerli	Şehir içi	0,08
Bariyerli	Kırsal	0,19

Denklemlerde ve Çizelge 3.7’de görüldüğü üzere NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi, yapısı itibariyle New Hampshire Tehlike İndeksi’ne benzemektedir; ancak NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi’nde koruma sistemi ayrımı ve seyir momenti hesabı daha da detaylandırılmıştır [84].

3.1.1.5 Peabody–Dimmick Denklemi

Peabody–Dimmick Denklemi, ABD’de 29 eyaletin kırsal bölgelerinde bulunan 3.563 adet hemzemin geçidin verileri kullanılarak 1941 yılında geliştirilmiştir. Denklem, bir geçitte 5 yıl içerisinde meydana gelmesi beklenen kaza sayısını tahmin etmek için kullanılmaktadır [83]. Peabody–Dimmick Denklemi, denklem 3.12’de görülmektedir.

$$A_5 = \frac{(V^{0,170})(T^{0,151})}{P^{0,171}} + K \quad (3.12)$$

Denklemden;

A₅: 5 yıl içinde beklenen kaza sayısı

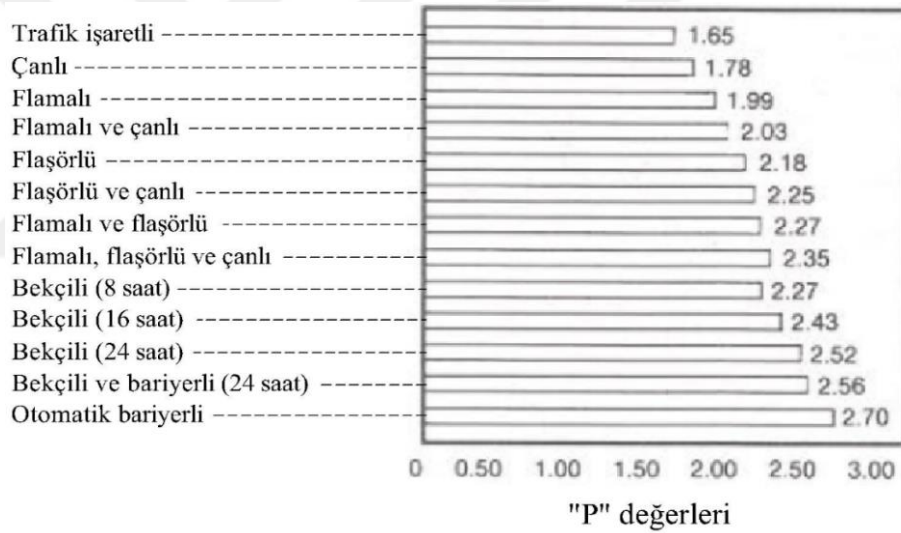
V: YOGT

T: Günlük ortalama tren sayısı

P: Koruma sistemi katsayısı (Şekil 3.3)

K: Ek parametre (Şekil 3.4) [16].

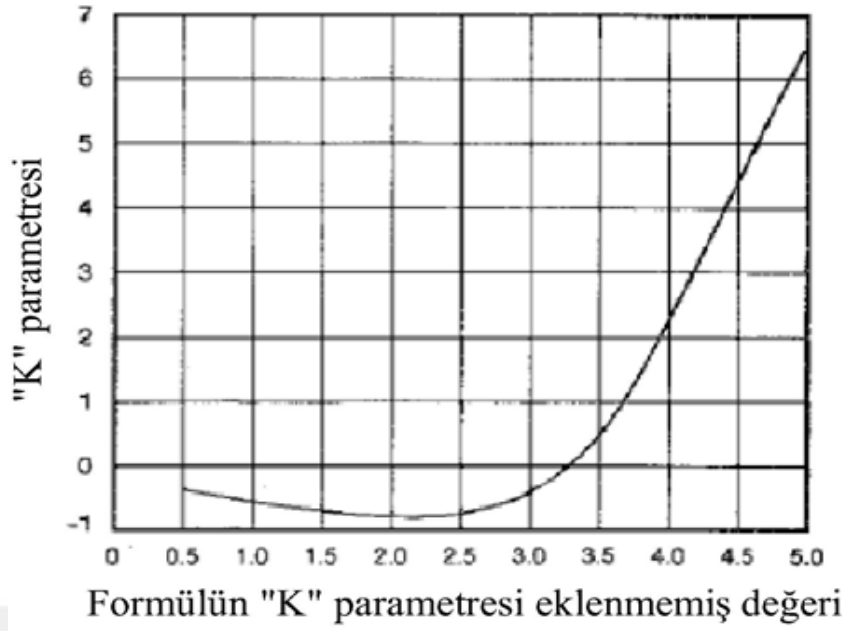
Denklemden bulunan koruma sistemi katsayısı (P) değişkeninin değerleri Şekil 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3.3 : Peabody–Dimmick Denklemi “P” değerleri [16].

Denklemin “K” ek parametresi dışında kalan kısmı, dengelenmemiş değer olarak adlandırılmaktadır ve “K” değeri, yatayda bu dengelenmemiş değer in düşeyde ise “K” ek parametre değerinin bulunduğu bir eğri ile belirlenmektedir [16]. Bu eğri, Şekil 3.4’te verilmiştir.

Denklem, 1941 senesinde geliştirilmiş olsa da günümüzde de önemli olarak görülen hemzemin geçit emniyet faktörlerini formül değişkeni olarak kullanmaktadır. Ancak 1941 senesinden bu zamana geçen süre içerisinde hemzemin geçit sistemlerinde meydana gelen gelişmelerden dolayı daha teknolojik sistemlerin kullanıldığı bölgelerde denklemin kullanımı azalmıştır [58].



Şekil 3.4 : Peabody–Dimmick Denklemi “K” değerleri eğrisi [16].

3.1.1.6 Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi

Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi, New Hampshire Tehlike İndeksi’nin Connecticut Ulaştırma Bakanlığı tarafından daha da geliştirilmiş bir sürümüdür. Denklem, eyaletteki hemzemin geçitlerin tehlike sıralamasını yapmak suretiyle hemzemin geçit iyileştirme ve proje seçim (kapatma veya alt/üst geçit) çalışmaları sırasında kullanılmaktadır [31]. Denklem 3.13’de denklemin yapısı verilmiştir.

$$HI = \frac{(T + 1) \times (A + 1) \times AADT \times PF}{100} \quad (3.13)$$

Denklemde;

HI: Tehlike indeksi

T: Günlük tren sayısı

A: Geçmiş 5 yıl içinde gerçekleşmiş tren–taşıt kaza sayısı

AADT: YOGT

PF: Koruma sistemi faktörü (Çizelge 3.8) [31].

Denklemde bulunan koruma sistemi faktörü (PF) değerleri ise Çizelge 3.8’de görülmektedir.

Çizelge 3.8 : Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi denklemi koruma sistemine göre “PF” değerleri [31].

Koruma şekli	Değer
Trafik işaretsiz ve korumasız	1,250
Dur işaretli	1,000
Dur ve kendini koru işaretli	0,750
Elle kontrol edilen sinyalli	0,750
Flaşörlü	0,250
Trafik ışıklı	0,250
Bariyerli ve flaşörlü	0,010
Aktif olmayan demiryolu	0,001
Tamamen kapalı geçit	0,000

Connecticut Ulaştırma Bakanlığı Tehlike Derecelendirme İndeksi, koruma sistemi faktörünün daha da detaylandırılmasından ve çözümde kaza geçmişini de göz önünde bulundurmasından ötürü New Hampshire Tehlike İndeksi’nin daha da gelişmiş bir versiyonudur [31].

3.1.1.7 Florida Ulaştırma Bakanlığı Emniyet ve Tehlike İndeksi

Florida Ulaştırma Bakanlığı Emniyet ve Tehlike İndeksi, Florida eyaletinde hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmalarında kullanılan, hem kaza sayısı tahmini hem de tehlike ölçümü yapabilme becerisine sahip, lojistik regresyon tabanlı bir indekstir. İndeks, matematiksel işlemleri daha kolay hale getirmek için hesaplanan “t” değerinin bulunması ile başlanıp, sonunda emniyet indeksinin bulunması yoluyla kullanılmaktadır. Denklem 3.14 ile bulunan geçici değer (t), denklem 3.15’te kullanılarak geçitte bir yılda gerçekleşmesi beklenen kaza sayısı bulunmakta, bu kaza sayısı ise denklem 3.16 yardımıyla kaza geçmişi kullanılarak düzeltilmektedir. Denklem 3.17 yardımı ile de geçitlerin emniyetlerine göre sıralamalarının yapılabileceği yeni bir emniyet indeksi hesaplanmaktadır [31,84]. Bahsedilen denklemler aşağıda verilmiştir.

$$t = -8,896 + 0,780RK + 0,020MTS + 0,014HWSPD + 1,023TK + 0,965LN - 0,540FH \quad (3.14)$$

$$P = \frac{e^t}{1 + e^t} \quad (3.15)$$

$$P^* = P \times \sqrt{\frac{H}{P \times y}} \quad (3.16)$$

$$I = 90 + \left(1 - \sqrt{\frac{P^*}{P_{maks.}}} \right) - 5 \times (\log_{10}(B + 1)) \times F \quad (3.17)$$

Denklemlerde,

t: Geçici değer

MTS: Maksimum livre hızı (mil/saat)

HWSPD: Karayolunda izin verilen maksimum taşıt hızı (mil/saat)

LN: Karayolu şerit sayısı

FH: Flaşör faktörü (flaşör varsa 1; yoksa 0)

P: Final öngörü (geçitteki bir yıllık tahmini kaza sayısı)

P*: Geçitteki bir yıllık tahmini kaza sayısı (kaza geçmişi ile düzeltilmiş)

H: Geçitte kaza geçmişi periyodu içerisinde meydana gelmiş olan kaza sayısı

y: Kaza geçmişinin ait olduğu yıl sayısı (periyot)

I: Emniyet indeksi

P_{maks.}: Maksimum “P” değeri

B: Geçitten geçen okul taşıtı sayısı

F: Uyarı ekipmanı faktörü (aktif uyarı ekipmanları için 1; pasif uyarı ekipmanları için 2)

RK: Risk (denklem 3.18 yardımı ile hesaplanmaktadır.)

$$RK = \log(TR) \times AADT \quad (3.18)$$

Denklemdede;

TR: Yıllık ortalama günlük tren sayısı

AADT: YOGT

TK: Demiryolu hat adedi faktörü (denklem 3.19 yardımı ile hesaplanmaktadır.)

$$TK = \log(MT \times OT) \quad (3.19)$$

Denklemdede;

MT: Demiryolu anahat adedi

OT: Demiryolu sayding adedi [31,84].

Görüldüğü üzere Florida Ulaştırma Bakanlığı Emniyet ve Tehlike İndeksi denklemlerinde, ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemlerinde göz önünde bulundurulmayan karayolu taşıt hızı, okul taşıtı sayısı gibi parametreler de kullanılmaktadır [31].

3.1.1.8 Missouri Ulaştırma Bakanlığı Risk İndeksi

Missouri Ulaştırma Bakanlığı Risk İndeksi, eyalette bulunan hemzemin geçitlerin risklerine göre öncelik sıralamasının yapılması amacıyla kullanılan bir indekstir. İndeks, pasif ve aktif hemzemin geçitlerde ayrı ayrı risk indeksi hesaplayan iki adet temel denkleme sahiptir [85]. Bu denklemler, denklem 3.20 ve denklem 3.21’de görülmektedir.

$$EI_p = TI + SDO \times TI \quad (3.20)$$

$$EI_a = TI \quad (3.21)$$

Denklemlerde;

El_p: Pasif hemzemin geçit risk indeksi

El_a: Aktif hemzemin geçit risk indeksi

SDO: Görüş mesafesi faktörü (denklem 3.22 yardımıyla hesaplanmaktadır.)

$$SDO = \frac{RS - AS}{RS} \quad (3.22)$$

Denklemdede;

RS: Gerekli görüş mesafesi

AS: Mevcut görüş mesafesi

TI: Trafik indeksi (denklem 3.23 yardımıyla hesaplanmaktadır.)

$$TI = \frac{(VM \times VS)[(FM \times FS) + (PM \times PS) + (SM \times 10)]}{10.000} \quad (3.23)$$

Denklemdede;

VM: YOGT

VS: Taşıt hızı

FM: Geçitten geçen günlük yük treni sayısı

FS: Yük treni hızı

PM: Geçitten geçen günlük yolcu treni sayısı

PS: Yolcu treni hızı

SM: Geçitteki günlük manevra hareketi [31].

Missouri Ulaştırma Bakanlığı Risk İndeksi, içeriğindeki görüş mesafesi ve tren tipi değişkenleri sayesinde diğer tehlike indekslerinden daha gelişmiş bir tehlike indeksi olmaktadır [31].

3.1.1.9 Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi

Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi, hemzemin geçitlerin tehlikelerine göre önem sıralamasının yapılması amacıyla Kuzey Karolina'da kullanılan, 1970'lerde geliştirilmiş ve tespit edilen eksiklikleri 1980'lerde giderilmiş bir tehlike ölçüm indeksidir [31]. Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi, denklem 3.24 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$II = \frac{PF \times ADT \times TV \times TSF \times TF}{160} + \left(70 \times \frac{A}{Y}\right)^2 + SDF \quad (3.24)$$

Denklemde;

II: İnceleme indeksi

PF: Koruma sistemi faktörü (Çizelge 3.9)

ADT: Günlük ortalama trafik (Geçidin okul taşıtları tarafından kullanıldığı kesimlerde okul taşıtı sayısı/1,2 değeri, ADT değerine eklenir. Ayrıca geçit yolcu trenleri tarafından kullanılıyorsa ADT değeri 1,2 ile çarpılır.)

TV: Günlük tren sayısı

TF: Demiryolu hat adedi faktörü (Çizelge 3.10)

A: Kaza geçmişi periyodundaki kaza sayısı

Y: Kaza geçmişinin ait olduğu yıl sayısı (periyot)

TSF: Tren hızı faktörü (denklem 3.25 yardımıyla hesaplanmaktadır.)

$$TSF = \frac{MS}{50} + 0,8 \quad (3.25)$$

Denklemde;

MS: Maksimum tren hızı

SDF: Görüş mesafesi faktörü (denklem 3.26 yardımıyla hesaplanmaktadır.)

$$SDF = \frac{SD}{4} \times 16 \quad (3.26)$$

SD: Görüş mesafesi sabiti (açık/temiz görüş için 0; ortalama görüş için 2; yetersiz görüş için 4) [31].

Denklemde kullanılan koruma sistemi faktörü (PF) değerleri Çizelge 3.9'da görülmektedir.

Çizelge 3.9 : Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi denklemi koruma sistemine göre “PF” değerleri [31].

Koruma şekli	Değer
Trafik işaretsiz ve korumasız	1,0
Çapraz işaretili	1,0
Trafik ışıklı	0,5
Flaşörlü	0,2
Bariyerli ve flaşörlü	0,1

Çizelge 3.9’daki değerler incelendiğinde, denklem yapısına göre, geçitlerde koruma seviyesi azaldıkça tehlike artmaktadır. Denklemden kullanılan demiryolu hat adedi faktörü (TF) değerleri ise Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi denklemi demiryolu hat adedine göre “TF” değerleri [31].

Toplam demiryolu hat adedi	Demiryolu anahat adedi (saydingler hariç)				
	0	1	2	3	4
1	1,00	1,00	-	-	-
2	1,50	1,75	2,00	-	-
3	1,60	1,85	2,25	2,50	-
4	1,75	2,00	2,50	2,75	3,00

Çizelge 3.10’a göre, toplamda 3 adet demiryolu hattını kesen bir hemzemin geçitte bu 3 hattın tamamı anahat ise “TF” değerinin 2,50 olduğu; ancak toplam 3 hattın sadece 1 adedinin anahat, diğer 2 adedinin ise sayding olması durumunda “TF” değerinin 1,85’e düştüğü görülmektedir.

Kuzey Karolina Ulaştırma Bakanlığı İnceleme İndeksi, ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemlerinde göz önünde bulundurulmayan görüş mesafesi ve okul taşıtı gibi faktörleri de içermektedir. Ayrıca indeks, saydinglerden daha az sayıda demiryolu aracı geçtiğini hesaba katarak toplam demiryolu hat adedini göz önünde bulundurmaktadır [31].

3.1.1.10 Teksas Ulaştırma Bakanlığı Öncelik İndeksi

Teksas Ulaştırma Bakanlığı Öncelik İndeksi, Teksas'daki hemzemin geçitleri tehlikelerine göre sıralamak amacıyla hem kaza sayısı tahmini yapmak hem de tehlike ölçümü yapmak için kullanılmaktadır. İndeks kullanılarak öncelikle denklem 3.27'de verilen oldukça detaylı bir denklemle geçitteki kaza sayısı tahmini yapılmaktadır. Sonrasında bu tahmin, negatif binomiyal regresyon tabanlı olan denklem 3.28 yardımıyla kaza geçmişi kullanılarak düzeltilip, öncelik indeksi hesaplanmaktadır [31].

$$u = \exp[-6.9240 + PF + (0,2587 \times HP) - (0,3722 \times UR) + (0,0706 \times TL) + (0,0656 \times TK) + (0,0022 \times AS) + (0,0143 \times MS) + (0,0126 \times MNS) + (1,0024 \times \log_{10}(TT + 0,5)) + (0,4653 \times \log_{10}(AADT)) - (0,2160 \times NT) + (0,0092 \times ST)] \quad (3.27)$$

$$u_r = 1.000 \times u \times (A_5 + 0,1) \quad (3.28)$$

Denklemlerde;

u: Geçitte öngörülen yıllık kaza sayısı

PF: Koruma sistemi faktörü (flaşörlü için 0,5061; bariyerli için -0,2006; çapraz işaretli için 0)

HP: Karayolu kaplaması sabiti (kaplamalı ise 1; değil ise 2)

UR: Geçit mahali faktörü/karayolu fonksiyonel sınıfı etkisi (şehir içi için 1; kırsal için 2)

TL: Karayolu şerit sayısı

TK: Toplam demiryolu hat adedi

AS: Mevcut duruş görüş mesafesi

MS: Maksimum tren hızı

MNS: Manevradaki trenin minimum hızı

TT: Günlük toplam tren sayısı

AADT: YOGT

NT: Geçit yakınlık faktörü (geçit yakınında başka hemzemin kavşak varsa 1; yoksa 2)

ST: Geçit yaklaşımında karayolu hız limiti

u_r: Teksas önceliklendirme indeksi

A₅: Geçitte geçmiş 5 yıl içerisinde görünen kaza sayısı [31].

Teksas Ulaştırma Bakanlığı Öncelik İndeksi denklemleri, ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemlerinde bulunmayan; görüş mesafesi, manevra yapan trenin minimum hızı, geçidin diğer hemzemin kavşaklara yakınlığı gibi parametreleri de içermektedir [31].

3.1.1.11 ABD’de kullanılan model ve denklemlerin karşılaştırılması

Daha önceki kısımlarda aktarılan bilgiler ışığında, ABD’de kullanılan ve bu çalışma kapsamında incelenmiş olan hemzemin geçit emniyet değerlendirme model ve denklemlerinin, formül değişkeni olarak kullanılan hemzemin geçit emniyet faktörlerine göre karşılaştırmaları ise Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11’de görüldüğü üzere geçide bağlanan karayolu üzerindeki trafik yoğunluğu, demiryolu trafik yoğunluğu ve geçit koruma sistemi faktörü tüm modellerde ve denklemlerde kullanılmaktadır. ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza şiddeti öngörü denklemlerinde karayolu trafik yoğunluğu, geçit koruma sistemi, kaza geçmişi, şerit sayısı ve karayolu kaplaması faktörü kazanın ölümlü ya da yaralanmalı olma olasılığı hesaplamalarında direkt kullanılmamaktadır. Geçit mahali faktörü ise ABD Ulaştırma Bakanlığı kaza sayısı öngörü denklemlerinde kullanılmamaktadır. Ancak ABD Kaza Öngörü Modeli’nin son aşamasında ölümlü ve yaralanmalı kaza sayısı öngörüsünün hesaplanmasında kaza sayısı ve kaza şiddeti öngörü denklemleri beraber kullanılmaktadır. Kaza geçmişi değişkeni, kaza sayısı öngörüsünün dengelenmesi için ikinci kez kullanıldığı model ve denklemlerde aktif olarak işaretlenmiştir. Ayrıca en çok parametreyi kullanan denklem ise Teksas Ulaştırma Bakanlığı Öncelik İndeksi denklemidir. Geçit mahali, tren tipi, yakındaki hemzemin kavşakların etkisi, karayolu hızı, görüş mesafesi, okul taşıtı ve tehlikeli madde taşıyan araçların sayısı gibi faktörlerin ise ABD’de, bu çalışma kapsamında incelenen denklemlerin genelinde diğer faktörlere göre daha az kullanıldığı görülmektedir.

Çizelge 3.11 : ABD’de geliştirilmiş bazı model ve denklemlerde kullanılan formül değişkenlerinin karşılaştırması [31].

Değişkenler	ABD Ulaş. Bak. Kaza Öngörü Modeli	New Hampshire Tehlike İndeksi	NCHRP 50 Kaza Öngörü Denklemi	Peabody–Dimmick Denklemi	Connecticut Ulaş. Bak. Tehlike Derec. İndeksi	Florida Ulaş. Bak. Emniyet ve Tehlike İndeksi	Missouri Ulaş. Bak. Risk İndeksi	Kuzey Karolina Ulaş. Bak. İnceleme İndeksi	Teksas Ulaş. Bak. Öncelik İndeksi
Karayolu trafik yoğunluğu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Demiryolu trafik yoğunluğu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geçit koruma tipi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kaza geçmişi	✓	×	×	✓	✓	✓	×	✓	✓
Tren hızı	✓	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓
Hat adedi	✓	×	×	×	×	✓	×	✓	✓
Şerit sayısı	✓	×	×	×	×	✓	×	×	✓
Karayolu kaplaması	✓	×	×	×	×	×	×	×	✓
Geçit mahali/Karayolu sınıfı	✓	×	✓	×	×	×	×	×	✓
Görüş mesafesi	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓
Okul taşıtı/Özel araçlar	×	×	×	×	×	✓	×	✓	×
Karayolu hızı	×	×	×	×	×	✓	✓	×	✓
Yakındaki hemzemin kavşaklar	×	×	×	×	×	×	×	×	✓
Tren tipi (Yük/Yolcu)	×	×	×	×	×	×	✓	✓	×

Hemzemin geçit emniyet faktörlerinden bazılarının, ABD’deki eyaletler arasından 39 eyaletin emniyet değerlendirme model ve denklemlerinin kaçında formül değişkeni olarak kullanıldığı ise oranları ile beraber Çizelge 3.12’de görülmektedir.

Çizelge 3.12’deki oranlar incelendiğinde ABD’de, geçitteki karayolu ve demiryolu trafik yoğunluğu ve bunlarla beraber de geçidin koruma şeklinin 39 eyaletteki emniyet değerlendirme çalışmalarının neredeyse tamamında göz önünde bulundurulduğu görülmektedir. Kaza geçmişi, tren hızı, demiryolu hat adedi, karayolu şerit sayısı, karayolu kaplama durumu gibi faktörler ise 39 eyaletin geçit değerlendirme çalışmalarında sıklıkla göz önünde bulundurulan faktörlerdir. Görüş mesafesi, karayolu hızı, taşıt cinsi, karayolu fonksiyonel sınıfı, tren tipi ve yakınlarda

başka hemzemin kavşağın olması gibi faktörler ise yukarıda bahsedilen faktörler kadar yoğun kullanılsa da yine göz önünde bulundurulacak önemli faktörlerdendir. Karayolu geçit yaklaşım eğimi, kaza şiddeti, kesişme açısı, geçidi kullanan yaya sayısı ve geçidin fiziksel durumu gibi faktörler ise diğer faktörlere nazaran çok daha az göz önünde bulundurulmaktadır.

Çizelge 3.12 : ABD’de hemzemin geçit emniyet faktörlerinin 39 eyalete göre formül değişkeni olarak kullanım oranları [31].

Faktör	Eyalet sayısı	Yüzde (%)
Karayolu trafik yoğunluğu	39	100
Demiryolu trafik yoğunluğu	39	100
Geçit tipi (koruma sistemi)	36	92
Kaza geçmişi (formül içinde)	29	74
Tren hızı	29	74
Demiryolu hat adedi	28	72
Karayolu şerit sayısı	24	62
Karayolu kaplama durumu	23	59
Görüş mesafesi	9	23
Karayolu hızı	5	13
Taşıt cinsi (okul taşıtı/özel araçlar)	4	10
Geçit mahali (karayolu fonksiyonel sınıfı)	4	10
Yakındaki hemzemin kavşaklar	3	8
Tren tipi	3	8
Karayolu geçit yaklaşım eğimi	1	3
Kaza şiddeti (formül içinde)	1	3
Kesişme açısı (verevlik)	1	3
Geçit kaplama ve ekipman durumu	1	3
Geçidi kullanan yaya yoğunluğu	1	3

3.1.2 Büyük Britanya (İngiltere, Galler, İskoçya)

Büyük Britanya’da, hemzemin geçitlerin emniyetini sağlamak için yürütülen iyileştirme ve geçit iptal etme çalışmalarına yapılan yatırımlar oldukça fazladır. Bu nedenle diğer gelişmiş ülkelere nazaran ülkedeki hemzemin geçitlerin emniyet düzeyi daha iyi durumdadır. Ayrıca ülkede demiryolu işletmeciliğini daha önceki senelerde yürütmüş olan Railtrack ve günümüzde onun görevini üstlenen Network Rail tarafından hemzemin geçitler için oldukça yüksek teknik standartlar uygulanmış ve uygulanmaya devam edilmektedir. Ancak yine de çoğu ülkede olduğu gibi Büyük Britanya’da da az sayıda olsa da pasif hemzemin geçitler, gelişmiş koruma sistemleri ve alt/üst geçit uygulamaları için fayda–maliyet açısından makul olmayan yatırımlar gerektirmelerinden dolayı ülke demiryolu ağında yüksek risk oluşturmaktadır.

Ülkede yıllar boyunca genel risk yönetimi; riskin, fayda–maliyet açısından makul görülen uygulamalarla düşürülebildiği kadar düşürülmesi (ALARP-As Low As Reasonably Practicable) mantığı ile yürütülmüştür. Bu nedenle ülkede hemzemin geçit emniyet değerlendirmelerinin en uygun ve nitelikli şekilde yürütülmesine oldukça dikkat edilmektedir. Ülkede, hemzemin geçitlerin emniyet performansını artırmadaki diğer bir zorluk ise geçmiş yıllar boyunca büyük yatırımlarla, detaylı değerlendirmelerle ve fayda–maliyet açısından makul yatırım gerektiren uygulamalarla hiç de fena sayılmayacak derecede emniyetli hale getirilen hemzemin geçitlerin bu noktadan daha da üst seviyede emniyetli hale getirilmeye çalışılmasıdır.

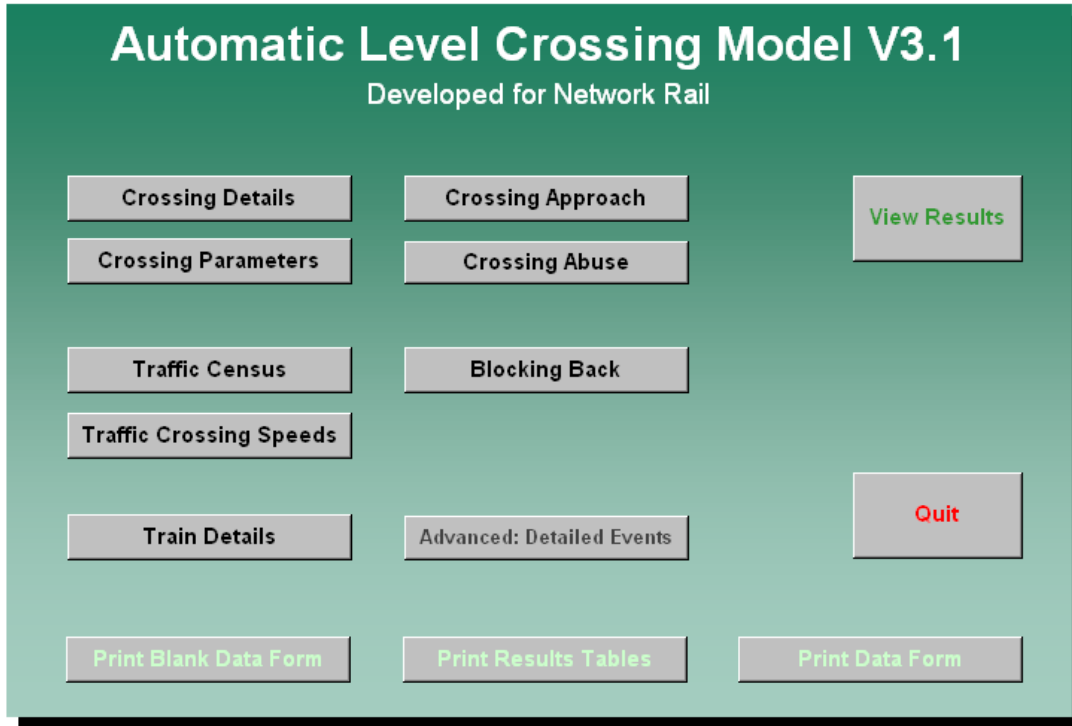
Büyük Britanya’da hemzemin geçitlerdeki riskin, fayda–maliyet açısından makul görülen uygulamalarla düşürülebildiği kadar düşürülmesi (ALARP) mantığı ile yürütülen çalışmalarda, risk bakımından öncelikli hemzemin geçitleri belirlemek adına Railtrack yönetimi zamanında Otomatik Hemzemin Geçit Modeli kullanılmıştır. Network Rail yönetiminde ise küçük bazlı projeler kapsamında Olay Penceresi Modeli kullanılmış ve günümüzde de ALCRM kullanılmaktadır [15].

3.1.2.1 Otomatik Hemzemin Geçit Modeli

Otomatik Hemzemin Geçit Modeli, Büyük Britanya’da 1996 yılında Railtrack bünyesinde Arthur D. Little isimli danışmanlık şirketi katkılarıyla, otomatik hemzemin geçitlerde risk değerlendirme çalışmalarını yürütmek amacıyla geliştirilmiştir. Daha sonradan Network Rail’in demiryolu işletmeciliğinden sorumlu olduğu dönemde de, iyileştirilecek veya iptal edilecek otomatik hemzemin geçit

önceliklerini belirlemek adına 2006 yılına kadar aktif olarak kullanılmıştır. Model, 1996–2006 yılları arasında çeşitli güncellemeler almıştır ve kullanımı ise ALCRM'nin tamamen kullanıma açılmasıyla beraber Network Rail bünyesinde versiyon 3.1 ile sonlandırılmıştır.

Model, kullanıcının modele girdiği bilgiler sayesinde otomatik hemzemin geçitler için risk değerlendirmesini otomatik hale getiren elektronik çizelge şeklinde bir arayüze sahiptir [15]. Şekil 3.5'te model yazılımından bir arayüz örneği görülmektedir.



Şekil 3.5 : Büyük Britanya Otomatik Hemzemin Geçit Modeli arayüz örneği [15].

Şekil 3.5'te görüldüğü üzere model arayüzünde bulunan butonlar yardımı ile kullanıcı; saha ziyaretlerinden, gözlemlerden ve sayımlardan yola çıkarak otomatik hemzemin geçitler hakkında elde edilen bilgileri modele tanıtmaktadır. Sonrasında model; girilen bilgileri, olay ve hata ağaçları yardımıyla kaza geçmişi kayıtları kullanılarak oluşturulan algoritmalar sayesinde kullanıcı hatası, kullanıcı ihlali ve kaza sonuçlarına göre çözümlemektedir. Model, çıktı olarak ise taşıt tipine göre yıllık kaza sayısı tahmini, kaza sonrası geçitte deray ihtimali ve geçit kullanıcılarının kazalar sonucu yaralanma, ölüm olasılıkları gibi öngörülerde bulunmaktadır [15]. Model hesapları sonucunda riskin genelde hemzemin geçidin seyir momenti ile

doğru orantılı çıkmasının yanında, modelde kullanılan girdiler ise Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Otomatik Hemzemin Geçit Modeli, olay ağaçları ve hata ağaçları gibi yöntemleri kullanan kompleks ağırlıklandırma bazlı bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modelidir. Ancak model, pasif hemzemin geçitlerde kullanılamamaktadır. Ayrıca modelin kazalar sonucundaki deray ve diğer sonuçların ihtimallerini hesaplama becerisi basit bir seviyede kalmaktadır ve model, bir veri tabanına sahip değildir. Verilerin modele kullanıcı tarafından elle girilmesi gerekmektedir. Bunun yanında modelin oluşturulması için kullanılan otomatik hemzemin geçit verileri ve kaza kayıtları 1990'ların ortasında elde edildiği için modelin günümüz koşullarını ölçme başarısı azalmıştır. Bu nedenle Network Rail, Otomatik Hemzemin Geçit Modeli'ndeki bu tür durumların gözden geçirilerek üstesinden gelindiği ALCRM'yi geliştirmiştir [15].

Çizelge 3.13 : Büyük Britanya Otomatik Hemzemin Geçit Modeli girdileri [15].

Kullanıcı özellikleri	Karayolu özellikleri	Demiryolu özellikleri	Geçit özellikleri
Günlük yaya sayısı	Günlük taşıt sayısı	Günlük tren sayısı	Geçit tipi (koruma sistemi)
Dikkatsiz yaya oranı	Karayolu hızı	Tren hızı	Geçit açıklığı
Kullanıcı tipine göre geçiş hızları	Taşıt tipi	Demiryolu hat adedi	Geçidin terk edilme süresi
	Görüş özellikleri	Tren uzunluğu	Geçit konumu (güneşin göz alması, istasyona yakınlık durumu)
	Kaplama durumu		Geçitteki kuyruklanma durumu
	Yaklaşım yolu eğimi		
	Yaklaşım yolu uzunluğu		

3.1.2.2 Olay Penceresi Modeli

Olay Penceresi Modeli, Büyük Britanya'nın batı yakasında bulunan demiryolu rotasının modernize çalışmaları sırasında elenmesi gereken hemzemin geçitleri belirlemek adına Network Rail bünyesinde Halcrow tarafından geliştirilmiştir. Hattın modernize edilmesi sonucunda hattaki tren sefer sayılarının ve hat hızının artırılacak olması, hat üzerinde bulunan ve kullanıcı tarafından çalıştırılan hemzemin geçitlerden yeni hat tasarımına göre yüksek risk içerecek olanların tespitini gerektirmiştir.

Model, bu çalışma kapsamında incelenen diğer tüm model, araç ve metotlara göre farklı bir yapıdadır. Kompleks ağırlıklandırma bazlı olan bu model, diğer kompleks ağırlıklandırma bazlı modellere nazaran olay ya da hata ağacı algoritmaları yerine Monte Carlo simülasyon modeli yardımıyla kaza frekansı tahmini yapmaktadır ve Microsoft Excel programı ile çalıştırılmaktadır. Ayrıca model, modele girdi olarak verilen geçit kullanıcı özelliklerini kullanarak insan ile ilgili hataların meydana gelme olasılığını da hesaplamaktadır. Bu durum, kaza geçmişi verileri kullanılmadan, İnsan Hatalarını Değerlendirme ve Engelleme Tekniği (HEART) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. İnsan hatalarının meydana gelme olasılığı, diğer kompleks yaklaşım bazlı modellerde ise genelde hata ve olay ağaçları yardımıyla kaza geçmişi kayıtlarının irdelenmesi yordamıyla modellenmektedir.

Modele göre, yapılan simülasyon sonucunda geçitte tren ve geçit kullanıcısının aynı anda bulunma ihtimali olan durumlar, kaza olarak kabul edilmektedir ve böylece öngörülen kaza frekansı hesaplanmış olmaktadır. Trenle karşılaşan tüm geçit kullanıcılarının ise hayatını kaybedeceği varsayılmaktadır. Modele, insan hatası olasılığının hesabı için girilen faktörler yanı sıra, değişken olarak girilen diğer faktörlerden bazıları ise aşağıdaki şekildedir.

- Günlük tren sayısı
- Aktif uyarı ekipmanı durumu
- Görüş mesafesi
- Geçit açıklığı
- Tren hızı
- Yük ve manevra trenlerinin sayısı
- Geçit kullanım sıklığı.

Olay Penceresi Modeli, kaza frekansını belirlerken kullanmak üzere insan hatalarının olasılığını hesaplarken, hata ya da olay ağacı algoritmaları kullanarak kaza verilerini çözümlmek yerine HEART yaklaşımını kullanmaktadır. Bu noktada model, olay sonuçlarını belirlerken ülkenin kaza geçmişi kayıtlarından değil varsayımlardan yola çıkmış olmaktadır. Ayrıca simülasyon bazlı model çalışmaları sırasında bir bilgisayarın simülasyonu çalıştıracağı süre, gelişen teknoloji ile günümüzde daha da azalmış olsa da eldeki teknik konfigürasyona göre saatler ile açıklanabilecek boyutta olabilmektedir. Bu model, ALCRM'nin geliştirilmesine verilen önem nedeniyle tamamen kullanımdan kaldırılmış ve son kullanıcıya sunulabilir bir arayüze sahip olamamıştır [15].

3.1.2.3 Tüm Hemzemin Geçitler Risk Modeli (ALCRM)

ALCRM, Büyük Britanya'da 2002 yılında geliştirme çalışmalarına başlanıp 2006 yılında ise Network Rail tarafından resmi olarak kullanımına başlanan bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modelidir. Model, Büyük Britanya'da daha önce kullanılan Otomatik Hemzemin Geçit Modeli'nin ve Olay Penceresi Modeli'nin bazı eksiklikleri nedeniyle kullanımlarının bitirilmesi amacıyla geliştirilmeye başlanmıştır. ALCRM, Otomatik Hemzemin Geçit Modeli'nin aksine sadece otomatik hemzemin geçitlerde değil tüm hemzemin geçit tipleri için emniyet değerlendirmesi yapmaya elverişlidir. Ayrıca model, web tabanlı bir araç olan LXRMTK (Hemzemin Geçit Risk Yönetim Aracı) aracılığıyla hemzemin geçit veri tabanına entegre edilmiştir. Böylece ülkede, hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmaları yürütülürken hem verilere ulaşım kolaylığı sağlanmış hem de verilerin ve model sonuçlarının kontrolü daha hızlı ve verimli bir hale getirilmiştir. Bu tür bir çalışma ile model geri dönüşlerinin daha hızlı ve sistematik bir şekilde elde edilmesi yoluyla model yeteneklerinin daha da geliştirilmesi amaçlanmıştır. Network Rail, ALCRM'nin gelişim sürecinde Arthur D. Little isimli danışmanlık şirketinden yardım almış ve almaya da devam etmektedir [15,86,87].

Model, hemzemin geçit kullanıcı özellikleri (hataya yol açabilecek davranış biçimleri dâhil) ve bunun yanında diğer birçok faktörü de kullanarak, hata ve olay ağaçlarında kaza geçmişi verileri yardımıyla kaza nedenlerinin çözümlenmesi sonucu oluşturulan algoritması sayesinde hemzemin geçitlerde meydana gelebilecek tren–yaya ve tren–taşıt kaza risklerini tahmin etmektedir. Hata ve olay ağaçları; her hemzemin geçit

tipi, kullanıcı tipi (sürücü, yaya) ve olay türü için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Ayrıca modelde, her hemzemin geçit tipi için kaza tahminlerini tekrardan gözden geçirip kaza frekanslarını düzelter, frekans düzenleyici modüller de kullanılmaktadır. Bunların yanında model; yaya, sürücü, yolcu ve demiryolu personellerinin ölüm veya yaralanma ihtimalleri ile ilgili kaza sonuçlarını da tahmin etmektedir. Ayrıca modelin, hemzemin geçit bölgesinin coğrafi özelliklerini de göz önünde bulundurarak kaza sonrası trenin deray olasılığını hesaplayan bir modülü de bulunmaktadır [15,86,87]. Modelde hemzemin geçitlerdeki emniyeti değerlendirmek için kullanılan girdilerin en önemlileri Çizelge 3.14’te verilmiştir.

Çizelge 3.14 : ALCRM girdileri [15,84].

Kullanıcı özellikleri	Karayolu özellikleri	Demiryolu özellikleri	Geçit özellikleri
Günlük yaya sayısı	Günlük taşıt sayısı	Günlük tren sayısı	Geçit tipi (koruma sistemi)
Dikkatsiz yaya oranı	Karayolu hızı	Tren hızı	Geçit açıklığı
Kullanıcı tipine göre geçiş hızları	Taşıt tipi	Demiryolu hat adedi	Geçidin terk edilme süresi
	Görüş özellikleri	Tren uzunluğu	Geçit konumu (güneşin göz alması, istasyona yakınlık durumu)
	Kaplama durumu	İkinci trenin yakınlık durumu	Geçitteki kuyruklanma durumu
	Yaklaşım yolu eğimi	Deray faktörleri (makas durumu, platform dolgu durumu, demiryolu eğimi, dever durumu vb.)	Geçitteki uyarı süresi
	Yaklaşım yolu uzunluğu		Geçidin kapalı kalma süresi

Çizelge 3.14’te görüldüğü üzere ALCRM, birçok farklı ve önemli hemzemin geçit emniyet faktörünü model girdisi olarak kullanmaktadır. Modelde diğer modellerin genelinde olduğu gibi seyir momenti en önemli faktördür; ancak bu durum, modelin pasif hemzemin geçitler için olan davranışında tamamen geçerlidir. Model; otomatik hemzemin geçitlerde, seyir momentini göz önünde bulundururken diğer modellere göre farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Bu yaklaşımda, taşıt trafiğinin çok yüksek olduğu otomatik hemzemin geçitlerde kazaya karışan ilk taşıtın diğer taşıtlara göre

geçide en yakın konumda olduğu için kazaya karıştığı ve kaza sonrası diğer sürücüler için durdurucu etki yapacağı düşünülmektedir. Bu nedenle taşıt trafiğinin çok yüksek olduğu otomatik hemzemin geçitlerdeki kaza frekans tahminleri, taşıt trafiğinin orta derecede olduğu hemzemin geçitlere kıyasla frekans düzenleyici modül tarafından tekrar düzenlenip, azaltılmaktadır [15,86].

ALCRM, hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarının daha kontrollü şekilde yürütülebilmesi ve fayda maliyet analizlerinin yapılabilmesi; ayrıca yapılması düşünülen iyileştirilmelere göre hemzemin geçitlerin taşıdığı risklerdeki değişimlerin hızlıca ve kolayca takip edilebilmesi adına 2007 yılında Network Rail tarafından Lucid Komünikasyon şirketi danışmanlığında, web tabanlı bir araç olan LXRMTK aracına entegre edilmiştir. Ayrıca bu araç yardımıyla modelin insan hatalarından kaynaklı durumları çözümleme becerisi daha da sistematik bir hale getirilmiştir [84,87].

ALCRM, birçok faktörü göz önünde bulundurarak kaza frekansını ve sonuçlarını bunun yanında da deray olasılığını hesaplamak suretiyle hemzemin geçitlerdeki riski tahmin eden gelişmiş, kompleks ağırlıklandırma bazlı bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modelidir ve geliştirilmeye de devam edilmektedir. Ayrıca model, insan davranış biçimi faktörleri de dâhil olmak üzere geniş kullanıcı özellikleri girdileriyle insan faktörünü de sistematik bir biçimde göz önünde bulundurmaktadır. Modelin geliştirilmeye başlandığı ilk yıllarda, yayaların karıştığı kazaların ve pasif hemzemin geçitlerdeki kazaların nedenlerinin tam anlamıyla çözümlenmesini sağlayacak verilerin toplanmasında zorluklar yaşanmıştır. Modelin geliştirilme sürecinde, bu tür zorluklarla baş edebilmek adına istatistiksel yöntemlerden ampirik bayes ve ki-kare uygulamaları da denenmiştir [15,86].

3.1.3 Avustralya

Avustralya'da hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmaları 2000'li yılların başına kadar, her eyaletin kendine özel olarak kurmuş olduğu, demiryolu emniyetinden sorumlu stratejik gruplar tarafından farklı yaklaşımlarla yürütülmüştür. Ülkede, 1997–2000 yılları arasında meydana gelmiş olan demiryolu kazalarından kaynaklı ölümlerin %53'ü hemzemin geçitlerde trenin yayaya çarpma kazaları nedeniyle gerçekleşmiştir. Aynı yıllar arasında ülkede hemzemin geçit kazaları nedeniyle meydana gelen 136 adet ölümün yaklaşık %70'i yayalardan ve yaklaşık

%30'u ise taşıt sürücülerinden oluşmaktadır. Bu nedenle ülke çapında, hemzemin geçit kazalarını azaltmak amacıyla çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar;

- Halkın hemzemin geçitlerin kullanımı konusunda ve hemzemin geçit kurallarını ihlal edenlerin gerekli otoritelere bildirilmesi hakkında eğitimi,
- Kazaların oluş şekillerini incelemek adına hemzemin geçitlere kameralı sistemler yerleştirme çalışmaları,
- Hemzemin geçitlerdeki tehlikeler hakkında farkındalık yaratmak adına işitsel ve görsel medya kampanyalarının düzenlenmesi,
- Hemzemin geçit kullanıcılarının (yayalar ve sürücüler) davranış biçimlerini anlamak adına çeşitli araştırmaların yapılması olarak sıralanabilir.

Ülkede, hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarının belirli bir modelle yürütülme kararı ise ilk kez 1999 yılında Queensland'de toplanan Hemzemin Geçit Emniyet Yönetim Grubu tarafından alınmıştır. Grubun amacı; eyaletteki hemzemin geçitlerin emniyet durumunu gözler önüne sermek, hemzemin geçitlerde emniyeti artıracak standartlar belirlemek, hemzemin geçit envanterlerinin nasıl tutulacağı konusunda standartlar belirlemek, emniyet performansının artırılması gereken öncelikli hemzemin geçitleri ve emniyet artırıcı uygulamaları belirleyip bunların nasıl raporlanacağı konusunda bir sistem geliştirmek olmuştur. Bu nedenle proje takımı tarafından aynı yıllarda eyaletteki hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirme çalışmalarını ve daha sonrasında uygulanacak adımları sistematik bir hale getirmek için RBSS yaklaşımı geliştirilmiştir ve bu yaklaşımın ülkedeki tüm eyaletlerde ortak kullanımı doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır.

Matris yaklaşımı ile emniyet değerlendirmesi yapılan RBSS ise sonradan daha da geliştirilerek bilgisayar tabanlı bir model olan ALCAM haline getirilmiştir. Ülkede 2003 yılında tüm eyaletlerden yapılan katılımlar ile gerçekleştirilen Avustralya Ulaştırma Kurulu toplantısında ise modelin yetenekleri ve kapsamı irdelenerek başarılı bulunduktan sonra ülke çapında tüm eyaletler dâhil olmak üzere resmi hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli olarak kullanımına karar verilmiştir. Ayrıca ülkede akademik çalışmalar sonucunda, istatistiksel yöntem tabanlı olan ve ALCAM yaklaşımındaki sürücü karar mekanizması ve sürücü özelliklerinin kazalara olan etkisinin daha da detaylı hale getirildiği bir model olmayı amaçlayan RAAILc

isimli bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli de geliştirilmiştir [15,20,88].

3.1.3.1 Risk Bazlı Puanlandırma Sistemi (RBSS)

RBSS, Queensland’de 1999 yılında kurulmuş olan Hemzemin Geçit Emniyet Yönetim Grubu’nun proje takımı tarafından; eyaletteki hemzemin geçitlerin risk durumlarının belirlenmesi, hemzemin geçitlerin risklerine göre öncelik sıralamasının yapılması ve hemzemin geçitlerde yapılan iyileştirmelerin geçitlerde sağladığı emniyet artırımının ölçülebilmesi adına geliştirilmiştir. RBSS, sonradan daha da geliştirilerek Avustralya’daki tüm eyaletlerde resmi olarak kullanılan ALCAM halini almıştır.

RBSS, iki adet matrizen oluşmaktadır ve bu matrislerden birincisi, hemzemin geçit karakteristik özellikleri ile kaza mekanizmalarını göz önünde bulundurarak, geçit karakteristiklerinin hangi kazalara neden olabileceğini irdeleme yordamıyla geçitlerin risk puanlarını hesaplamaktadır. İkinci matris ise kaza mekanizmaları ile risk azaltıcı önlemleri göz önünde bulundurarak, hangi önlemlerin kazaları en verimli yoldan azaltabileceğini değerlendirip, risk puanlarında yapılabilecek azaltmaları hesaplamaktadır. Modelde girdi olarak toplam 29 adet hemzemin geçit emniyet faktörü kullanılmaktadır [15]. Bunlardan en önemlileri aşağıda verilmiştir.

- Karayolu trafik yoğunluğu
- Demiryolu trafik yoğunluğu
- Geçitteki koruma sistemi
- Karayolu ağır taşıt yüzdesi
- Karayolu geometrisi
- Karayolu trafik işaretleri
- Geçit geometrisi
- Görüş özellikleri
- Geçidin istasyonlara ve diğer hemzemin kavşaklara yakınlığı vb.

Modelin kaza mekanizmaları ise geçit kullanıcılarının geçitteki tehlikelerin farkında olmaması (yaklaşan treni görememek vb.), tehlikeli durumdan kaçınamaması (yüksek hız nedeniyle duramamak vb.) ve tehlikeleri göz ardı etmesi (aktif uyarı cihazlarını göz ardı etmek vb.) durumları üzerine belirlenmiştir. Bu yolla belirlenen 19 kaza mekanizmasının en önemlileri ise aşağıda verilmiştir.

- Geçitte güneşin göz alması
- Taşıtın zamanında duramaması
- Tren hızının kestirilememesi
- Uyarı veren flaşörün göz ardı edilmesi
- Zikzak hareketi ile kapalı bariyer etrafından dolaşmak
- Geçit koruma şekline olan yabancılık
- Vandalizm
- Geçit yakınındaki diğer geçişlerin yarattığı karışıklıklar.

Birinci matrisle hemzemin geçit risk skorları belirlenirken izlenen yol şu şekildedir: Örneğin; geçidin çok yakınlarında istasyon veya başka hemzemin kavşakların olması, geçide olan talebi artırabileceği ve kullanıcının dikkatini dağıtabileceği için geçitteki kaza riskinin arttığı düşünülmektedir. Böylece bu tür olayların matris ile belirlenip hepsinin puanlarının toplanması ile hemzemin geçidin risk puanı hesaplanmaktadır.

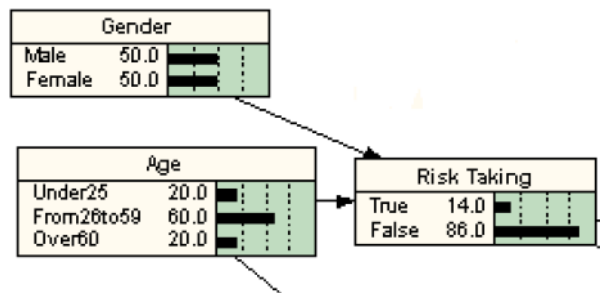
Modelde, belirlenen kaza mekanizmalarını önleyici önlemler ise; geçit koruma şeklinin bir üst seviyeye geçirilmesi, karayolu trafik işaretlerinin geliştirilmesi, taşıtlar için kaçış bölgelerinin oluşturulması, geçide engelleri tespit eden düzeneklerin kurulması, geçitlerin alt geçit veya üst geçide dönüştürülmesi, halkın eğitilmesi ve yasal kısıtlamalar olarak belirlenmiştir [15]. Bu önlemlerin kaza mekanizmaları üzerindeki etkilerinin belirlendiği ikinci matris yardımıyla en etkili ve verimli uygulamalar seçilerek, hemzemin geçitlerin risk puanlarında yapılabilecek azaltmaların göz önünde bulundurulması yardımıyla iyileştirme/iptal etme çalışmaları yapılmaktadır.

Modelin kurulumu sırasında kaza mekanizmaları ve puanlamalar arasındaki ilişkinin belirlenmesi için kaza geçmişi kayıtları kullanılmamıştır. Puanlamalar, tamamen tecrübeye dayalı olarak yapılan ağırlıklandırmalar ile belirlenmiştir; ancak sonuçlar ve kaza geçmişi kayıtları karşılaştırıldığında, modelin puanlama yeteneğinin oldukça başarılı olduğu tespit edilmiştir. Model, kullanıcı özelliklerini direkt model girdisi olarak kullanmamıştır. İnsan faktörü, kaza mekanizmaları yardımıyla modele yansıtılmıştır. Bu durum, RBSS modelinin temel alındığı ALCAM'da yeniden düzenlenmiştir [15].

3.1.3.2 Hemzemin Geçitlerde Kaza ve Olay Risk Değerlendirmesi (RAAILc)

RAAILc, hemzemin geçitlerde meydana gelebilecek kaza ve olay risklerinin değerlendirilmesi adına Güney Avustralya Üniversitesi, Endüstriyel ve Uygulamalı Matematik Merkezi bünyesinde geliştirilmiş bir modeldir. Model, 2004 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. Modelin amacı, bayes inanç ağlarını kullanarak hemzemin geçit kazaları ve bu kazalara neden olan emniyet faktörleri arasındaki ilişkinin daha derinden incelenmesini sağlamak, hemzemin geçit kazalarını azaltmak için uygulanabilecek iyileştirmelerin halk eğitim programları da dâhil olmak üzere en etkili olanlarını tespit etmektir. Model, ALCAM'ın hemzemin geçit kullanıcı davranış biçimi ve karar mekanizmalarını modelleme becerisinin üzerine, model girdisi olarak sürücü yaşı ve cinsiyetini de ekleyerek demografik grupların hemzemin geçit karakteristik özellikleri ile olan etkileşiminin kazalar üzerindeki etkisini de göz önünde bulundurmaya amaçlamıştır. Ayrıca model bunun yanında, istatistiksel kümeleme yöntemleri yardımıyla; ülkedeki hemzemin geçit sınıflandırmasının, risk gruplarını daha iyi ifade edecek şekilde tekrar düzenlenmesini amaçlamıştır.

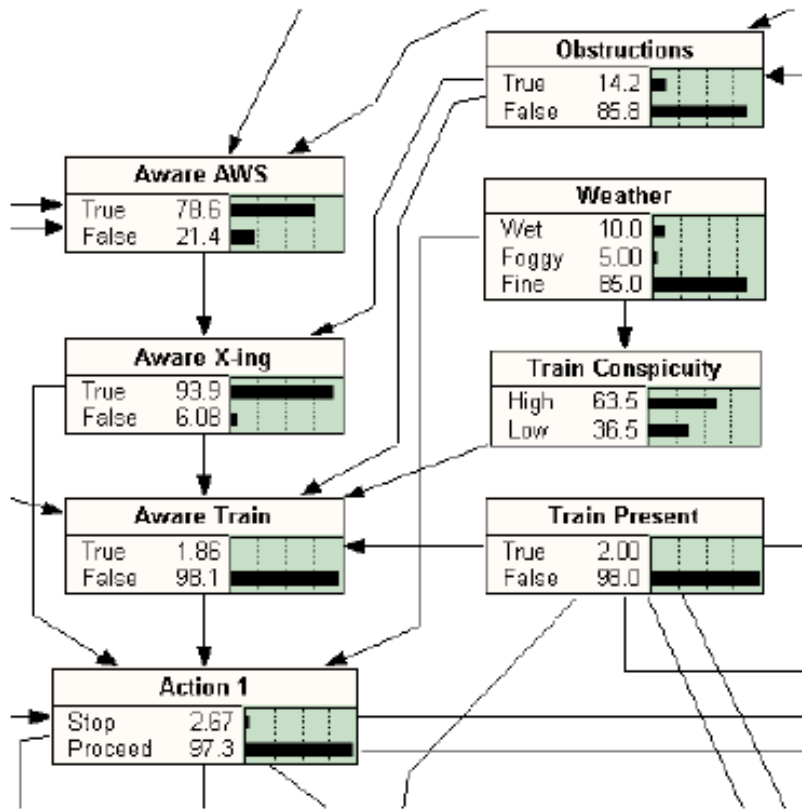
Bayes inanç ağları, model girdilerinin bilgilerini içeren düğüm noktalarından oluşan olasılık ağaçlarıdır ve her düğüm noktası, olasılığını etkilediği diğer düğüm noktaları ile bağlantılıdır. Ayrıca her düğüm noktası bir koşullu olasılık tablosuna sahiptir. Böylece düğüm noktalarının koşullu olasılık tabloları kullanılarak, bayes ağında etkileşimli oldukları (düğüm noktasından veya düğüm noktalarından diğer düğüm noktasına veya düğüm noktalarına bir okun uzanması) diğer düğüm noktasının veya noktalarının koşullu olasılık tabloları oluşturulmaktadır. Ayrıca bayes ağlarında düğüm noktaları içerisinde model girdilerinin koşul değerleri de belirtilmektedir. Koşul değerleri, veri kayıtlarından elde edilebileceği gibi veri kayıtlarının yetersiz kaldığı durumlarda uzman görüşleri yardımıyla da belirlenebilmektedir [15,88]. Şekil 3.6'da basit bir bayes inanç ağı parçası görülmektedir.



Şekil 3.6 : Bayes inanç ağı örneği [88].

Şekil 3.6’da görüldüğü üzere bayes inanç ağında “gender” ve “age” düğüm noktaları “risk taking” düğüm noktası ile bağlantılıdır ve “gender” düğüm noktasının içinde görüldüğü üzere “male” koşulunun risk alma değeri %50 ve “female” koşulunun risk alma değeri de %50’dir. Bu koşul değerleri, eldeki kaza geçmişi kayıtlarının incelenmesi ve/veya uzman görüşlerinin alınması yordamıyla insanların demografiye göre risk alma durumlarının hesaplanması ile belirlenmiştir. “Gender” ve “age” koşul değerleri kullanılarak oluşturulan koşullu olasılık tabloları sonucunda ise “risk taking” düğüm noktasının koşul değerleri elde edilmiştir. “Risk taking” düğüm noktasının koşullu olasılık tablosu, “gender” ve “age” bağımsız düğüm noktalarının koşul değeri kombinasyonlarından oluşmaktadır. Koşul değerleri, olasılıkları yansıtmaktadır. Böylece demografiye göre geçitteki kullanıcılar, %14 olasılıkla risk almakta; %86 olasılıkla risk almamaktadır. Bunu öğrenen bayes inanç ağı, her geçit için geçidin sahip olduğu demografik yapı bilgisini kullanıp, geçitlerin demografik açıdan riskini belirlemektedir [15,88].

Şekil 3.7’de ise modelin bayes inanç ağından olan ve sürücünün durmaya karar verme olasılığının ve geçitten geçmeye karar verme olasılığının hesaplandığı bir parça görülmektedir.



Şekil 3.7 : RAAILc modeli bayes inanç ağı örnek parçası [15].

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere modelde, geçit kullanıcısının geçitten geçmeye/durmaya karar verme olasılığı, birçok hemzemin geçit emniyet faktörü ve diğer durumlar göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Model ağının diğer kısımlarında (Şekil 3.7’de görülmeyen) ise kullanıcının geçitten geçmeye karar vermesi durumunda oluşabilecek olasılıkların düğüm noktaları bulunmaktadır. Bu yollarla elde edilen çeşitli olasılıkları öğrenen bayes inanç ağı, herhangi bir hemzemin geçidin özellikleri modele girildiği vakit bu özelliklere göre geçitteki kaza riskinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Modelde girdi olarak; karayolu ve demiryolu trafik yoğunluğu, yaya sayısı, kullanıcı özellikleri, kaza geçmişi (koşul değerlerinin elde edilmesi için), demiryolu hat adedi, tren hızı, koruma sistemi gibi birçok hemzemin geçit emniyet faktörü kullanılmaktadır.

RAAILc, kaza geçmişi kayıtlarının ve hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerin, kullanıcı özellikleri de dâhil olmak üzere detaylı bir biçimde bayes inanç ağları ile irdelenmesi sonucunda oluşturulmuş istatistiksel yöntem bazlı bir modeldir. Bayes inanç ağları sayesinde, kaza geçmişi ile hesaplanamayan bazı düğüm noktası olasılıkları, diğer düğüm noktalarının kaza geçmişi kayıtlarından elde edilen olasılıklar yardımıyla istatistiksel bir şekilde hesaplanabilmektedir. Ancak model dâhilinde insan davranış biçimi ve karar mekanizması ile ilgili oldukça detaylı girdilere sahip olan ve veri kayıtlarının yardımıyla hiçbir şekilde analiz edilemeyen bazı koşul değerleri, ALCAM kapsamında uzman görüşlerine göre belirlenen ağırlıklar kullanılarak saptanmıştır [15].

3.1.3.3 Avustralya Hemzemin Geçit Değerlendirme Modeli (ALCAM)

ALCAM, hemzemin geçitlerin emniyet durumlarının değerlendirilmesi ve iyileştirme uygulamalarının risk önceliklerine göre fayda–maliyet çıktılarıyla beraber yürütülmesi amacı ile 2000’li yılların başlarından itibaren Avustralya’da geliştirilmeye başlanmış bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modelidir. Model, Avustralya’nın en büyük eyaletlerinden biri olan Queensland’de 1999 yılında geliştirilmeye başlanan RBSS modelinin üzerine çeşitli iyileştirme ve geliştirmelerin uygulanmasıyla ortaya çıkmış bir modeldir. ALCAM’ın yetenekleri ve kapasitesi ulusal bir topluluk olan ALCAM Grubu tarafından 2002 yılında yürütülen çeşitli denemelerle sınanmıştır ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. 2003 yılında tüm eyaletlerden yapılan katılımlar ile gerçekleştirilen Avustralya Ulaştırma Kurulu

toplantısında ise modelin yetenekleri ve kapsamı tekrar irdelenerek başarılı bulunduktan sonra; ALCAM, Avustralya'nın tüm eyaletlerinde kullanılmak üzere ulusal hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli olarak belirlenmiştir. Bu toplantılara Yeni Zelanda Hemzemin Geçit Çalışma Grubu da katılmıştır ve modelin kendi ülkelerinde de kullanışlı bir değerlendirme aracı olacağı görüşünü benimsemişlerdir.

Yeni Zelanda'da 2005 yılında 36 adet hemzemin geçidin ve bazı yaya hemzemin geçitlerinin emniyet değerlendirmesi, ALCAM yaklaşımı ile yapılmıştır ve sonuçlar memnun edici olmuştur. Yeni Zelanda'da 2008–2012 yılları arasında başlatılan bir program ile ALCAM kullanılarak ülkedeki tüm hemzemin geçitlerin emniyet değerlendirmesi yapılmıştır ve bu değerlendirmeler sonucunda ülkede 200'ün üzerinde hemzemin geçit ALCAM'ın fayda–maliyet çıktıları kullanılarak iyileştirilmiştir. Model, özellikle son 10 yılda yapılan güncellemeler sırasında Yeni Zelanda verileri kullanılarak da geliştirilmiştir ve 2008 yılından itibaren Yeni Zelanda tarafından da ülke çapında resmi hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli olarak kullanılmaktadır [15,35,81,82,89].

ALCAM, veri tabanlarının daha interaktif olarak yönetilebilmesi ve değerlendirme çalışmalarının daha düzenli yapılabilmesi ve depolanabilmesi adına 2004 yılında web tabanlı bir araç olan LXM (Hemzemin Geçit Yönetim Sistemi) aracına entegre edilmiştir. 2005 yılında ise ALCAM matrislerinde yaya hemzemin geçitlerinde de değerlendirme yapmayı sağlayan geliştirmeler yapılmıştır [15,29].

Modelde, hemzemin geçit emniyetine etki eden faktörler; insan ile ilgili faktörler de dâhil olmak üzere çok geniş bir perspektifte model girdisi olarak kullanılmaktadır. Model, üç farklı modül ile geçitteki riski modellemektedir ve sonuç olarak her hemzemin geçit için bir risk skoru hesaplanmaktadır. Risk skorunun hesaplanmasında kullanılan ve modelin genel yapısını ifade eden formül aşağıda verilmiştir [35,81].

$$\text{ALCAM Risk Skoru} = \text{Altyapı modülü} \times \text{Seyir momenti modülü} \times \text{Sonuç modülü}$$

Modelde, altyapı modülü yardımıyla matrisler ve uzman görüşleri kullanılarak, kullanıcı davranışları üzerindeki etkilerine göre geçit bölgesindeki fiziksel özelliklerin ağırlıkları belirlenmektedir ve sonucunda ise geçitteki yıllık kaza olasılığı hesaplanmaktadır. Matrisler ve uzman görüşleri kullanılarak yapılan faktör

ağırlıklandırmaları, altyapı modülünün ham altyapı faktörü değerini oluşturmaktadır. Ham altyapı faktörü, hemzemin geçit kullanıcı özellikleri ve hemzemin geçit bölgesinin fiziksel özelliklerinin kaza mekanizmalarını ne derece etkilediğinin bir hesabıdır. Bunun yanında altyapı modülü, ham altyapı faktörü bileşenlerinin ve Avustralya ve Yeni Zelanda'nın 2000–2009 yılları arasındaki kaza verilerinin 2011 yılında istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesiyle oluşturulan, geçitteki yıllık kaza sayısı tahminlerinin yapıldığı altyapı faktörü düzenleyicisini kullanmaktadır. Böylece altyapı modülünün genel yapısı aşağıdaki şekilde olmaktadır [81].

$$\text{Altyapı modülü} = \text{Ham altyapı faktörü} \times \text{Altyapı faktörü düzenleyicisi}$$

Altyapı modülünün hesaplanması için matrislerde kullanılan en önemli hemzemin geçit emniyet faktörleri aşağıda sıralanmıştır.

- Kullanıcı özellikleri (sürücü ve yaya davranış biçimleri ve karar mekanizmaları)
- Görüş özellikleri
- Güneşin göz alma durumu
- Demiryolu hat adedi
- Geçitteki uyarı süresi
- Karayolu kaplama, hız ve yerleşim (en yakın hemzemin kavşak vb.) özellikleri
- Geçidin kapalı kalma süresi [81].

Seyir momenti modülü ise hemzemin geçidi kullanan yaya sayısının, tren sayısının, taşıt sayısının ve geçidin koruma şeklinin kaza sayısına olan etkilerinin hesaplandığı bir modüldür. Modelin bu kısmında, 2011 yılında yapılan istatistiki yöntem araştırmaları sonucunda, daha önce de bilgileri verilmiş olan (Bölüm 3.1.1.5) Peabody–Dimmick Denklemi'nin kullanılmasına karar verilmiştir. Geçitteki asıl yıllık kaza sayısı tahmini, altyapı modülü ve seyir momenti modülünün çarpılması ile belirlenmektedir.

Modelin sonuç modülünde ise meydana gelebilecek kazaların trenin derayı da dâhil olmak üzere yol açabileceği ölüm ve yaralanma olasılıkları bunun yanında da demiryolu bileşenlerine gelebilecek zararların olasılıkları hesaplanmaktadır. Sonuç modülü hesaplamaları için modelde olay ağaçları kullanılmaktadır. Modelin sonuç

modülünde kullanılan hemzemin geçit emniyet faktörlerinden bazıları ise aşağıdaki şekildedir [81,84].

- Tren hızı
- Tren yolcu ve yük durumları
- Demiryolu dolgu durumu
- Geçitten geçen ağır taşıt ve okul taşıtı oranları
- Hemzemin geçidin köprü ve tünellere yakınlığı.

Modelde, bu üç modül ile hesaplanan değerlerin çarpımı ile her hemzemin geçit için bir ALCAM Risk Skoru hesaplanmaktadır ve bu skor hemzemin geçitlerde yapılacak iyileştirmeler ve iptal etmeler için bir fikir vermektedir. ALCAM, basit ağırlıklandırma bazlı bir model olan RBSS modelinin, olay ağaçları ve istatistiksel yöntemler kullanılarak yıllar boyunca büyük ölçüde geliştirilmiş olduğu kompleks ağırlıklandırma bazlı ve istatistiksel yöntem bazlı bir modeldir. İki farklı ülkede aktif olarak kullanılmakla beraber modelin yeteneklerinin geliştirilmesi adına yapılan çalışmalar günümüzde de devam etmektedir [15,81].

3.1.4 Kanada

Transport Canada'nın demiryolu emniyetine yönelik düzenlemelerden ve çalışmalardan sorumlu olduğu Kanada'da, hemzemin geçit sayısının 2000'li yılların başında 23.000'in üzerinde olduğu ve bu hemzemin geçitlerin birçoğunun kontrolsüz olduğu bilinmektedir. Kanada'da 1983–2001 yılları arasında yapılan çeşitli düzenlemelerle ve çalışmalarla hemzemin geçitlerde yaşanan kazalar büyük oranda azaltılmış olsa da demiryolu kazaları nedeniyle meydana gelen ölümlerin yarısına yakını hemzemin geçit kazaları nedeniyle gerçekleşmiştir.

Transport Canada, hemzemin geçit kazalarının 2006 yılına kadar %50 oranında azaltılması amacıyla geçmiş yıllarda bir çalışma başlatmıştır ve bu nedenle ülkedeki devlet kurumlarına, demiryolu işletmeciliği yapan şirketlere ve emniyetten sorumlu kurum, kuruluş ve topluluklara çeşitli sorumluluklar verilmiştir. Ayrıca ülkede, hemzemin geçitlerde emniyetin artırılması adına; koruma sistemleri, hemzemin geçit kullanıcılarının davranış biçimleri, geçitlerdeki ihlalleri önleme amaçlı cezai yaptırımlar gibi konularda da çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Böylece ülkede hemzemin geçit sayısı ve kontrolsüz hemzemin geçit sayısı oldukça azaltılmıştır.

Kanada'daki hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarında, çeşitli akademik çalışmalar aracılığıyla geliştirilmiş olan çarpışma ngr Modeli ve bu öngörü modeli ile bütünleşik şekilde çalışan ve web tabanlı bir araç olan GradeX aracı kullanılmaktadır [15].

3.1.4.1 Çarpışma ngr Modeli

Kanada'nın hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli, 2003 yılında Waterloo Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Departmanı tarafından geliştirilmiştir. Departman, güvenilir bir çarpışma öngörü modeli oluşturmak amacıyla öncelikle benzer özelliklere sahip hemzemin geçitleri gruplandırma ve daha sonrasında bu gruplara göre kaza öngörüsünde bulunma yolunu tercih etmiştir. Bu nedenle öncelikle ülkenin hemzemin geçit envanterleri ve kaza verileri incelenerek hemzemin geçit emniyetine etki eden faktörler belirlenmiş ve bunlardan hangilerinin çarpışma ngr Modeli'nde kullanılacağı tespit edilmiştir. Ayrıca bu işlem yapılırken, hemzemin geçitlerin hangi benzer özelliklerine göre gruplandırılacağı da belirlenmiştir. En çok öneme sahip olduğu gözlemlenen emniyet faktörlerine göre ülkedeki hemzemin geçitler öncelikle aşağıda görüldüğü üzere 4 gruba ayrılmıştır.

- Karayolu trafiğinin yoğun olduğu, aktif uyarı ekipmanları ile donatılmış, genelde şehir içlerinde işletilen hemzemin geçitler,
- Demiryolu trafiğinin yoğun ve demiryolu araç hızlarının yüksek olduğu; ancak karayolu trafiğinin yoğun olmadığı, genelde kırsal alanlarda bulunan hemzemin geçitler,
- Demiryolu ve karayolu trafiğinin yoğun olmadığı, pasif uyarı ekipmanlarının kullanıldığı, dar keşişme alarına sahip ve gürültü kirliliğini azaltmak amacıyla tren ddğnn yasaklandığı, banliyö ve kırsal alanlarda işletilen hemzemin geçitler,
- Demiryolu ve karayolu trafiğinin seyrek ve demiryolu araç hızlarının düşük olduğu, kırsal alanlarda bulunan, karayolu ile keşişme açısının 70 dereceden büyük olduğu hemzemin geçitler.

Yapılan ilk gruplandırma sonrasında ülkedeki hemzemin geçitler kümelere ayrılmıştır ve aynı kümede bulunan hemzemin geçitlerin, kaza öngörüsü sırasında benzer davranış göstereceği dşnlmştir. Daha sonra, bu kümelerin her biri için

Çarpışma  ng r  modellemesi yapılmıştır. Yapılan modellemelerde her küme için aşağıda görülen değişkenler model girdisi olarak kullanılmıştır.

- Seyir momenti
- Demiryolu araç hızı
- Karayolu taşıt hızı
- Flaşör tesis edilip edilmediği
- Kesişme açısı (Verevlik)
- Tren düdüğü yasağı.

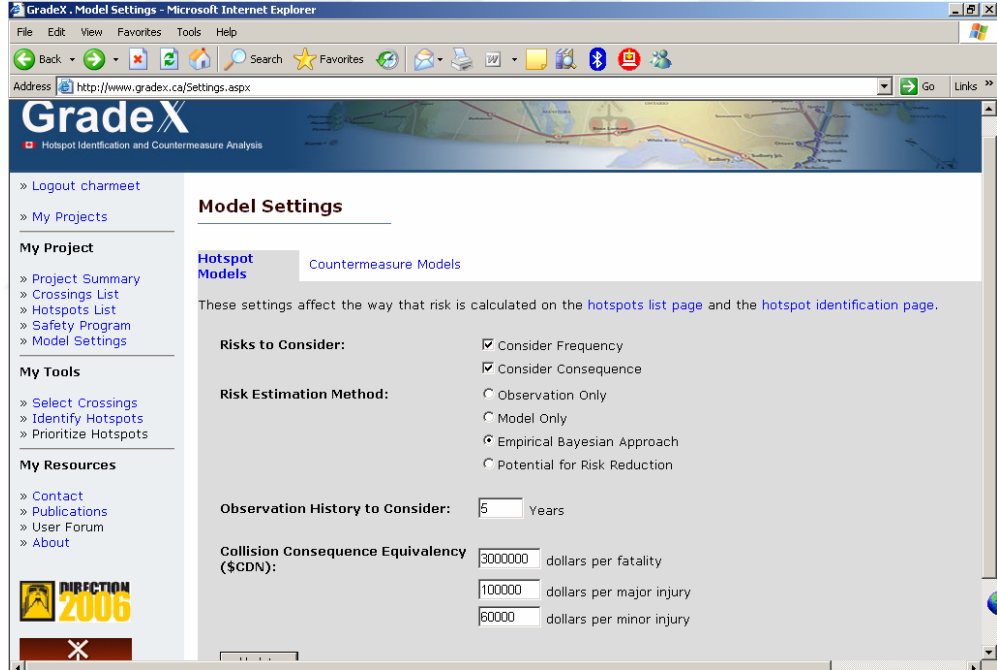
Model kurulumu sırasında poisson regresyon ve negatif binomiyal regresyon yöntemlerinden yararlanılmış ve her kümedeki hemzemin geçitlerin yarışı modeli oluşturmak için diğer yarışı ise modelin tahmin yeteneğini sınamak için kullanılmıştır. Ki-kare testi sonuçlarına göre, küme bazlı kaza sayısı öngörü denklemlerinin tahmin yeteneği yeterli ölçüde bulunmuştur.

Çarpışma  ng r  Modeli, tamamen istatistik yöntemlerle oluşturulmuş bir hemzemin geçit risk değerlendirme modelidir ve geçitteki mutlak riski ölçmektedir. Ülkedeki hemzemin geçit iyileştirmeleri ve iptalleri, hemzemin geçide uygulanacak iyileştirmenin modele yansıtılıp, geçitteki riskin azalma miktarının kontrol edilmesi suretiyle yapılmaktadır. Bu yolla önceliği belirlenen hemzemin geçitlerde yapılan bariyer tesisi uygulamaları sayesinde, uygulamanın yapılmış olduğu geçitlerde meydana gelen kazalar yaklaşık %65 oranda azalma göstermiştir. Ayrıca şehir içi bölgelerde kaldırılan tren düdüğü yasakları sayesinde, bu bölgelerde bulunan pasif hemzemin geçitlerdeki kaza oranları yaklaşık %30 oranında azalmıştır [15,30].

3.1.4.2 GradeX

GradeX, 2006 yılına kadar ülkedeki hemzemin geçit kazalarının yarı yarıya azaltılması adına geçmiş yıllarda Transport Canada'nın başlattığı çalışmalar kapsamında geliştirilmiş olan web tabanlı bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme aracıdır. Araç,  arpışma  ng r  Modeli'ni ve buna ek diğer bazı yaklaşımları da kullanarak kara nokta sayılabilecek hemzemin geçitleri belirlemek ve yatırımları yönetmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca araç, yüksek risk içeren hemzemin geçitlerde alınacak önlemlerin ve ülkedeki hemzemin geçitlerin risklerine göre öncelik sıralamasının interaktif olarak belirlenmesi için de kullanılmaktadır.

GradeX; geçidin kaza geçmişi, Çarpışma Öngörü Modeli sonuçları ve buna ek olarak geliştirilen yine istatistiksel yöntemlerden ampirik bayes tabanlı algoritmalar ve göreceli risk hesaplamaları aracılığıyla hemzemin geçitlerdeki riski değerlendirmektedir. Ayrıca araç sayesinde kaza sonuçları da ölüm, yaralanma durumları ve demiryolu bileşenlerine gelecek zararlarla beraber bunların maliyetini başka bir deyişle ekonomik riskini de öngörecektir şekilde modellenmekte ve alınması planlanan önlemlerin geçitlerdeki etkileri de doğrudan hesaplanabilmektedir. Ülkedeki tüm hemzemin geçit verileri, araç içerisinde depolanmış durumdadır. Böylece tüm verilere doğrudan ulaşma imkânı sağlanmakta ve değerlendirme çalışmasını yürüten kullanıcılardan geçitler hakkında başka bir veri istenmemektedir. İstenilen model algoritmasının kolayca seçilebildiği GradeX aracından bir arayüz örneği Şekil 3.8’de görülmektedir [15].



Şekil 3.8 : GradeX algoritma seçimi arayüz örneği [15].

GradeX aracı, anlaşılabilir arayüzü ve tüm hemzemin geçit bilgilerini doğrudan ulaşılabilir ve değerlendirilebilir kılması sayesinde kullanıcılara oldukça kolaylık sağlayan web tabanlı bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme aracıdır. Ayrıca araç, ülkede 2003 yılında geliştirilmiş ilk hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli olan Çarpışma Öngörü Modeli’ne ek olarak, farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak oluşturulmuş başka risk analizi modellerini de barındırmaktadır [15].

3.1.5 Japonya

Japonya’da sayıları geçmişteki çalışmalarla azaltılmış olsa da 2000’li yılların başında 35.000’in üzerinde hemzemin geçidin bulunduğu bilinmektedir ve günümüzde de ülkedeki hemzemin geçit sayısı oldukça fazladır. Ayrıca ülkede bulunan hemzemin geçitlerin birçoğu ise şehir içi bölgelerde olup, %80’inden daha fazlası ise otomatik bariyerli hemzemin geçitlerdir. Bunun nedeni ise ülkede 1970 yılında meydana gelmiş olan, trenin bariyersiz bir hemzemin geçitte damperli bir kamyonla çarpıştığı ve vahim sonuçlar doğurmuş olan bir kazadır. Bu kaza sonucunda ülkede; tüm hemzemin geçit sayısının azaltılması, hemzemin geçitlerin tamamen bariyerli hale getirilmesi ve gerekli yerlerde hemzemin geçitlerin alt geçit veya üst geçide dönüştürülmesi bir devlet politikası haline gelmiştir. Bu politika sonucunda ülkede, bariyerli hemzemin geçitlere göre üzerinde oldukça daha fazla kazanın meydana geldiği tespit edilen bariyersiz hemzemin geçitlerin 1970–2008 yılları arasında %80’ini aşan bir kısmı bariyerli hale getirilmiştir. Ayrıca aynı süreç içerisinde Japan Rail East, yoğun şekilde kullanılan bariyerli hemzemin geçitlere de geçitlerdeki engelleri tespit eden düzenekler kurmuştur. Engel tespiti yapan düzenekler, 1987–1998 yılları arasında ülkedeki bariyerli hemzemin geçitlerde meydana gelen kazaları %70 oranında azaltmıştır.

Japonya’da, bu tür iyileştirmelerin yapılacağı hemzemin geçitlerin seçimi ise demiryolu işletmeciliğinden sorumlu bazı kurumlar tarafından Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi yardımıyla yapılırken; bazıları tarafından da Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi kullanılarak gerçekleştirilmektedir [15,28].

3.1.5.1 Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi

Japonya’da, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi sırasında seyir momentinin sadece bilinen (demiryolu trafiği ve karayolu trafiği çarpımı) formuyla göz önünde bulundurulması hatalı yorumlara neden olabilmektedir. Bunun nedeni ise ülkede 20 milyon gibi çok büyük seyir momenti değerlerine sahip olmalarına rağmen bazı hemzemin geçitlerin incelemeler sonucunda gayet yeterli bir emniyet seviyesinde bulunmasıdır. Bu temelde, ülkede demiryolu işletmeciliğinden sorumlu bazı kurumlar, iyileştirme veya iptal etme çalışmaları sırasında önceliği olacak hemzemin geçitleri belirlemek için seyir momentinin bir adım daha geliştirilmesiyle elde edilen Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi’ni kullanmaktadır.

Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi, geçidin seyir momentı ile geçidin bir demiryolu araç geçişi sırasında karayolu trafiğine kapalı kaldığı ortalama sürenin çarpılmasıyla bulunmaktadır. Bu göstergenin 10.000 değerini aşması, geçidin alt geçit veya üst geçide dönüştürülmesi gerektiği şeklinde yorumlanmaktadır. Ancak ülkede bu değeri aşan birçok hemzemin geçidin bulunmasına rağmen bu hemzemin geçitler katlı hale getirilmemiştir. Bu nedenle ülkede demiryolu işletmeciliğinden sorumlu olan bazı kurumlar, Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi yaklaşımını kullanmayı tercih etmişlerdir. Japan Rail West, başlarda Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi yaklaşımını kullanırken sonradan Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi yaklaşımını geliştirmiştir ve kullanmaya başlamıştır.

Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi; göreceli veya mutlak riski ölçmeyen, basit parametre tabanlı bir yaklaşımdır. Bazı hemzemin geçitlerde, gerçekte var olan riske göre çok daha büyük gösterge değerleri çıkabilmektedir. Bu da yatırımların yanlış yönlendirilmesine neden olabilmektedir [28].

3.1.5.2 Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi

Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi, Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi yaklaşımının hemzemin geçitlerde yapılacak iyileştirme, tamamen kapatma veya katlı hale getirme kararlarını almada tek başına yeterli olmadığı düşüncesiyle Japan Rail West tarafından Japonya’da geliştirilmiş bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme yaklaşımıdır.

Belirli bir hemzemin geçitteki tehlikeyi ölçmek için kullanılan ve basit parametre tabanlı olan bu indeks, denklem 3.29’da görülmektedir.

$$W = Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5 \quad (3.29)$$

Denklemden;

W: Tehlike İndeksi

Z1: Kaza geçmişi

Z2: Karayolu genişliği ve geçit açıklığı arasındaki farka, uyarı levhaları ile karayoluna en yakın ray arasındaki mesafeye ve demiryolu hat adedine bağlı olan fonksiyon

Z3: Günlük tren sayısı

Z4: Günlük karayolu taşıt sayısı

Z5: Demiryolunun kullanım yoğunluğu (Geçitten geçen günlük tren yolcusu sayısı vb.) [28].

Metotta, denklem 3.29’da yapılan hesaba göre bulunan değer ne kadar büyükse geçidin o kadar tehlikeli olduğu yorumu yapılmaktadır ve iyileştirme çalışmalarında o hemzemin geçide öncelik verilmektedir.

Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi, Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi yaklaşımına ek olarak kaza geçmişi, geçidin bazı geometrik özellikleri ve yolcu sayısı gibi parametreleri de bünyesinde bulundurmaktadır. Ancak metot, geçitteki mutlak riski hesaplamayıp, sadece geçitteki tehlike miktarı hakkında fikir vermektedir [28].

3.1.6 Rusya

2000’li yılların başında Rusya’da işletilen hemzemin geçitlerin %80 gibi oldukça büyük bir çoğunluğunun kontrolsüz hemzemin geçit olduğu bilinmektedir. Ülkede hemzemin geçitlerin emniyet seviyesi ise demiryolu ve karayolu trafik yoğunluklarına göre geçit klaslarının belirlendiği bir matris ile değerlendirilmektedir [28].

3.1.6.1 Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi

Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi yardımıyla Rusya’daki hemzemin geçitlerin her birine belirli bir klas atanmaktadır. Daha sonra klaslarına göre de hemzemin geçitlere uygulanacak koruma şekli belirlenmektedir. Matriste kullanılan demiryolu tren sayısı ve karayolu taşıt sayısı değerleri, iki ulaşım türü için de iki yöndeki günlük toplam değerlerdir [28]. Çizelge 3.15’te Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi görülmektedir.

Çizelge 3.15’te görüldüğü üzere klas numarası azaldıkça hemzemin geçitteki trafik yoğunluğu başka bir deyişle tehlike artmaktadır. Buna göre, 1. klas hemzemin geçitler kesinlikle bariyerli hale getirilmekte veya iptal edilmektedir. 2., 3. ve 4. klas hemzemin geçitler ise bariyersiz olarak işletilebilmektedir; ancak mutlaka aktif uyarı ekipmanları (flaşör vb.) veya trafik işaretleri tesis edilmektedir.

Çizelge 3.15 : Rusya Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi [28].

Günlük tren sayısı	Günlük taşıt sayısı				
	≤ 200	201–1.000	1.001–3.000	3.001–7.000	> 7.000
≤ 16	4. klas	4. klas	4. klas	3. klas	2. klas
17–100	4. klas	4. klas	3. klas	2. klas	1. klas
101–200	4. klas	3. klas	2. klas	1. klas	1. klas
> 200	3. klas	2. klas	2. klas	1. klas	1. klas

Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi kullanımı dışında ülkedeki demiryolu federasyonu tarafından; hemzemin geçitlerdeki görüş mesafeleri, elektrikli cihazların kullanımına uygunluk gibi faktörler de göz önünde bulundurularak çeşitli kararlar alınabilmektedir [28].

Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi, sadece seyir momentinin dikkate alındığı basit parametre bazlı bir değerlendirme metodudur. Detaylı bir göreceli risk puanı hesabı veya mutlak risk hesabı yapmamaktadır [15].

3.1.7 Yeni Zelanda

Yeni Zelanda’da 2004 yılında yaklaşık 1.400 adet hemzemin geçit bulunduğu ve bu yıllarda ülkede yıllık ortalama 15 adet ölümlü veya yaralanmalı hemzemin geçit kazası gerçekleştiği bilinmektedir. Bu nedenle ülkede bu yıllarda ve daha öncesinde başlayan çeşitli kapsamda hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları yürütülmüştür ve günümüzde de yürütülmeye devam etmektedir.

Ülkede daha geçmiş yıllarda yürütülen hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında yüksek riskli hemzemin geçitleri ve bu geçitlerin öncelik sıralamasını belirlemek adına 1980’lerin ilk yıllarında geliştirilmiş olan Çarpışma Değerlendirmesi yaklaşımı ve 2002 yılında geliştirilmiş olan Kaza Öngörü Modeli kullanılmıştır. Yeni Zelanda’da 2008 yılı itibarıyla, hemzemin geçit emniyet değerlendirmeleri için daha önce de bahsedildiği üzere Avustralya’da geliştirilmiş olan ALCAM yaklaşımı kullanılmaktadır [15,81,82].

3.1.7.1 Çarpışma Değerlendirmesi

Çarpışma Değerlendirmesi yaklaşımı, Yeni Zelanda’da 1980’li yılların başlarından itibaren başlanıp, 2002 yılına kadar hemzemin geçit emniyet değerlendirme

çalışmaları sırasında aktif olarak kullanılmıştır. Model, ülkenin 15 yıllık kaza kayıtları incelenerek geliştirilmiştir.

Modelde, hemzemin geçit özellikleri kullanılarak her geçit için göreceli risk hakkında fikir verebilecek bir çarpışma değerlendirme skoru hesaplanmaktadır [15]. Çarpışma değerlendirme skoru, denklem 3.30 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$PA = (2TD + TN) \times RV \times VF \times HF \quad (3.30)$$

Denklemde;

PA: Çarpışma değerlendirme skoru

TD: Günlük gündüz geçen tren sayısı

TN: Günlük gece geçen tren sayısı

RV: Karayolu ortalama haftalık taşıt sayısı

VF: Görüş faktörü (otomatik uyarı sistemleri için 1; yetersiz görüş için 2)

HF: Tehlike faktörü (tek anahat için 1; tek anahat ve saydingler varsa 1,25; çift anahat ya da manevra hattı varsa 2) [15].

Daha sonra, hesaplanan çarpışma değerlendirme skoru hemzemin geçitte son 10 yılda meydana gelen kaza sayısı ile toplanarak denklem 3.31’de görülen çarpışma miktarı değeri elde edilmektedir.

$$PN = PA + N \quad (3.31)$$

Denklemde;

PN: Çarpışma miktarı

PA: Çarpışma değerlendirme skoru (denklem 3.30)

N: Geçitte son 10 yılda meydana gelmiş olan kaza sayısı [15].

Hesaplanan çarpışma miktarı değerlerine göre de geçidin iyileştirmeye ihtiyaç duyup duymadığına karar verilmektedir. Çarpışma miktarı değerinin 10.000 veya 10.000 değerinden daha fazla olduğu hemzemin geçitler, flaşör ve çan tesisi için öncelikli olarak kabul edilirken; bu değer 50.000’i aştığı hemzemin geçitler ise yarım kollu bariyer tesisi için öncelikli olarak sıraya alınmaktadır.

Model, hemzemin geçitlerdeki mutlak riski değil; göreceli riski hesaplamaktadır. Ayrıca model, ülkede uzun yıllar boyunca temel hemzemin geçit emniyet değerlendirme yaklaşımı olarak kullanılmış olsa da 2000'li yılların başında bu yaklaşıma ek olarak geçitteki mutlak riskleri de hesaplayabilecek başka bir öngörü modelinin kullanımına ihtiyaç duyulmuştur [15].

3.1.7.2 Kaza Öngörü Modeli

Kaza Öngörü Modeli, Yeni Zelanda'da 2002 yılında Çarpışma Değerlendirmesi modeline ek olarak geliştirilmiş olan istatistiksel yöntem bazlı bir hemzemin geçit risk değerlendirme modelidir. Hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında hemzemin geçitleri önceliklerine göre sıralamak adına kullanılan bu modelin denklemi, denklem 3.32'de görülmektedir [15].

$$A_T = b_0 \times T^{b_1} \times Q_T^{b_2} \quad (3.32)$$

Denklemden;

A_T : Yıllık tahmini yaralanmalı kaza sayısı

T : Günlük tren sayısı

Q_T : Karayolu günlük taşıt sayısı (iki yönde)

b_0 : Kontrolsüz hemzemin geçit katsayısı

b_1 : Flaşörlü hemzemin geçit katsayısı

b_2 : Yarım bariyerli hemzemin geçit katsayısı [15].

Görüldüğü üzere model, seyir momenti ve geçit tipinin bir fonksiyonu aracılığı ile kaza sayısı tahmini yapmaktadır. Ayrıca model, kazalar sonucunda meydana gelen yaralanma sayısı gibi kaza sonuçlarını öngörmeyip, yaralanmalı kaza sayısını tahmin etmektedir. Modelin bu tür eksikliklerinden kaynaklı olarak 2008 yılından itibaren Yeni Zelanda'da, Avustralya tarafından geliştirilen ALCAM yaklaşımı kullanılmaya başlanmıştır [15,82].

3.1.7.3 ALCAM

Daha önce de belirtildiği üzere ALCAM, 2008 yılından itibaren Yeni Zelanda tarafından da kullanılmaya başlanmıştır ve özellikle son 10 yılda yapılan

güncellemeler sırasında Yeni Zelanda verilerinin de sisteme eklenmesiyle hem Avustralya hem de Yeni Zelanda'da tam anlamıyla kullanılabilir bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli haline getirilmiştir. Ülkede demiryolu işletmeciliğinden sorumlu kurum olan KiwiRail, ülkedeki hemzemin geçitler ile ilgili risk değerlendirme skorlarına, ALCAM yaklaşımının Avustralya ve Yeni Zelanda için çevrimiçi olarak çalıştırıldığı web tabanlı bir araç olan LXM aracından doğrudan ulaşabilmektedir [81,82,89].

3.1.8 İrlanda

İrlanda'da 1990'lı yılların ortasından beri hem demiryolu ağını geliştirmek hem de mevcut hemzemin geçitlerde emniyeti artırmak adına büyük ölçüde yatırımlar yapılmaktadır. Bu yatırımların daha yerinde kararlar yürütülmesi adına ülkede demiryolu işletmeciliğinden sorumlu kurum olan Irish Rail, 1990'lı yıllarda ülkedeki kabul edilemez derecede risk içeren hemzemin geçitleri belirlemek ve hemzemin geçitleri iyileştirirken ya da iptal ederken bir yatırım önceliği belirlemek adına Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı isminde bir model geliştirmiştir. Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı geliştirilirken Arthur D. Little isimli danışmanlık şirketinden yardım alınmıştır.

Ayrıca Irish Rail, ülkedeki genel demiryolu emniyetini hemzemin geçitler de dâhil olmak üzere daha iyi hale getirmek için 1999–2008 yılları arasında bir iyileştirme programı yürütmüştür. Bu programı yürütürken de yatırım kararlarının ve önceliklerin belirlenmesi adına tüm demiryolu sisteminde hemzemin geçitler de dâhil risk değerlendirmesi yapılabilmesini sağlayacak bir Şebeke Risk Modeli geliştirmiştir. Irish Rail, demiryolu emniyetini birçok yönden değerlendiren Şebeke Risk Modeli'ni geliştirirken Sotera isimli danışmanlık şirketinden yardım almıştır [15].

3.1.8.1 Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı

Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı; hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerin, hemzemin geçit tipine göre hata ağaçları ile modellenip; sonuç olarak geçitteki yıllık ölüm sayısının, geçitteki ölüm olasılığının, kaza frekansının ve kaza sonuçlarının öngörüldüğü bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme aracıdır. Araç, bu tahminleri yaparken ülkenin kaza geçmişi kayıtları incelenerek her hemzemin geçit tipi için belirlenmiş olan ortalama risk seviyelerini baz almaktadır. Hata

ağaçları çözümlenirken göz önünde bulundurulacak emniyet faktörlerinden bazıları aşağıdaki şekildedir.

- Seyir momenti
- İnsan kaynaklı hatalar
- Tehlikeli maddelerin taşınma durumu
- Geçidin sezonluk kullanım yoğunluğu (tren yolcu sayısı vb.)
- Karayolu geçit yaklaşım eğimi ve kaplama durumu
- Karayolu yaklaşım hızı ve karayolu genişliği
- Görüş özellikleri.

Hesaplanan yıllık ölüm sayısı öngörülleri ve ölüm olasılıkları, her geçit tipi için belirlenmiş ortalama risk seviyesi ile grafikler üzerinde karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmalar sonucunda ise geçitler; “kara” hemzemin geçitler, “gri” hemzemin geçitler ve “beyaz” hemzemin geçitler olmak üzere üç grup altında toplanmaktadır. “Kara” hemzemin geçitler, kendi tipi için belirlenen ortalama risk seviyesine göre çok daha fazla riske sahip olan ve riskin azaltılması için en çok önceliğe sahip olan hemzemin geçitlerdir. “Gri” hemzemin geçitler ise ortalama risk seviyesine yakın riske sahip; ancak “kara” hemzemin geçit olma potansiyeline sahip hemzemin geçitlerdir. “Beyaz” hemzemin geçitler ise ortalama risk seviyesinin çok altında riske sahip başka bir deyişle emniyeti artırmak için diğerlerine göre daha önceliksiz olan hemzemin geçitlerdir. Bu önceliklendirmeden sonra da geçitlerdeki iyileştirme ve iptal etme uygulamaları yürütülmektedir.

Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı, eldeki verilerin müsaade ettiği şekilde basit hata ağacı yöntemi ile modellemelerin yapıldığı bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme aracıdır. Aracın yüksek risk barındıran hemzemin geçitleri belirlemede başarılı olduğu bilinirken, seyir momenti çok düşük olan hemzemin geçitlerde beklenenden çok daha fazla risk bulabildiği fark edilmiştir. Bu nedenle Irish Rail, emniyet değerlendirmelerinde Şebeke Risk Modeli’ni de göz önünde bulundurmaktadır [15].

3.1.8.2 Şebeke Risk Modeli

Şebeke Risk Modeli, İrlanda’da sadece hemzemin geçitlerdeki emniyetin değerlendirilmesi amacıyla değil; genel demiryolu emniyet değerlendirme çalışmaları için kullanılmaktadır. Model, hata ve olay ağacı yöntemleri kullanılarak

kaza gemişı kayıtlarının çözümlenmesi yordamıyla elde edilen çıkarımlar vasıtasıyla, eşıtlı faktörlerin etkisi altında demiryolunun herhangi bir kesimine, demiryolunda gerçekleşecek herhangi bir kazaya/olaya ya da demiryolunun herhangi bir bileşenine göre riskleri hesaplayabilmektedir.

Model, bir hemzemin geçitte yapılan küçük bir iyileştirmenin hızlıca sisteme işlenip, tüm demiryolu boyunca yeni risk değerlerinin hesaplanmasını sağlayacak kadar kolay ve verimli bir kullanıma sahiptir. Modelin hemzemin geçit kesimleri için göz önünde bulundurduğu parametrelerden en önemlileri ise seyir momenti, tren hızı, demiryolu araç tipi ve aracın yk durumudur. Ancak model, bir hat boyunca işletilen tüm hemzemin geçitlerdeki toplam riskin demiryolu emniyetine etkisini hesaplamakta olup, belirli bir hemzemin geçitteki riski hesaplamamaktadır.

Ayrıca model, hemzemin geçit kazaları sonucunda trenin geçitte derayı ve ikincil kaza olasılıklarını da göz önünde bulundurmaktadır. Ancak hemzemin geçitlerin tekil risklerinin hesaplanamamasından dolayı, Hemzemin Geçit nceliklendirme Aracı ile beraber kullanımına ve hemzemin geçitlerle ilgili değerlendirme yeteneklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır [15].

3.1.9 Kuzey İrlanda

Kuzey İrlanda’da, yüksek risk içeren hemzemin geçitlerin iptal edilmesi veya iyileştirilmesi adına Kuzey İrlanda Demiryolları tarafından 1999 yılında kapsamlı bir hemzemin geçit yatırım programı başlatılmıştır. Böylece bu programa bağlı çalışmaların yürütülmesi sırasında kaynakların daha yerinde kararlarla kullanılabilmesi adına ülkedeki hemzemin geçitlerin risk önceliklerine göre sıralanması ihtiyacı doğmuştur. Bu temelde, ülkede Mott MacDonald danışmanlığında, risklerine göre hemzemin geçitlere yapılacak yatırımlara karar vermeyi sağlayan bir model geliştirilmiştir [15].

3.1.9.1 Risk ve Yatırım Değerlendirmesi

Risk ve Yatırım Değerlendirmesi, iki ana kısımdan oluşan ve hemzemin geçitler için geçit kullanıcılarının yıllık ölüm sayısı öngörüsüne denk gelecek bir puanlama (göreceli risk) hesabı yapmayı sağlayan elektronik izelge formunda bir modeldir.

Modelin ekirdeği olarak tanımlanabilecek birinci ana kısımda; geçitten geçen tren sayısı, taşıt sayısı ve trenin geçidi terk etme süresi baz alınarak geçitteki çarpışma

olasılığı hesaplanmaktadır. Ayrıca olay ağaçları kullanılarak olay sonuçları belirlenmektedir.

Modelin ikinci ana kısmında ise geçitler ziyaret edilerek veya geçidin bulunduğu bölgedeki demiryolu personelinden bilgi alınarak geçitle ilgili insan hatalarından kaynaklanabilecek durumlar incelenmektedir. Bu kısımda, insan hatalarının ortaya çıkma olasılığı hesaplanmamaktadır; ancak geçitte kullanıcının dikkatini dağıtacak bir durum olup olmaması, kullanıcının hemzemin geçit bölgesini idrak durumuna göre doğru ekipmanların kullanılıp kullanılmaması gibi durumlar göz önünde bulundurularak göreceli bir insan hatası oranı belirlenmektedir.

İkinci ana kısımda evet/hayır ya da az ihtimalle, çok ihtimalle, imkânsız gibi dilsel terimlerle belirlenen etkiler de olay ağaçlarına entegre edilerek geçitteki yıllık kaza frekansı tahmin edilmektedir. Daha sonra ise bu tahminler kullanılarak geçitteki risk puanlanmaktadır. Risk sıralamasına göre de yatırımların sırası ve büyüklüğü belirlenmektedir.

Bu bilgilerin ışığında model, çizelgedeki soruları ve aldığı cevapları kullanarak göreceli bir insan hatası oranını hesaba katmaktadır ve çarpışma olasılıkları–kaza frekansları belirlenirken ya da hata–olay ağaçları oluşturulurken kaza geçmişi kayıtları kullanılmamaktadır. Ayrıca modelde istatistiksel bir yaklaşım kullanılmamakta olup, yapılan hesaplamalar tamamen göreceli sonuçlar vermektedir. Kompleks ağırlıklandırma bazlı modellere nazaran daha az faktörün girdi olarak kullanılmasından dolayı model, basit ağırlıklandırma bazlı bir model seviyesinde kalmaktadır [15].

3.1.10 Hindistan

Hindistan’da hemzemin geçit sayısı oldukça fazladır ve bu hemzemin geçitlerin yarısından fazlası kontrolsüz olarak işletilmektedir. Ayrıca istatistiki bilgilere göre, ülkede demiryolu kazaları nedeni ile meydana gelen ölümlerin yarısından fazlası hemzemin geçit kazaları kaynaklıdır ve hemzemin geçit kazalarının üçte ikisi ise kontrolsüz hemzemin geçitlerde meydana gelmektedir. Hindistan’da hemzemin geçit emniyet değerlendirmesi, Tren–Taşıt Ünitesi metoduyla yapılmaktadır [28].

3.1.10.1 Tren–Taşıt Ünitesi

Tren–Taşıt Ünitesi metodu, Hindistan’da TVU (Tren–Taşıt Ünitesi) değerinin belirli aralıklardaki miktarına göre hemzemin geçit tipi seçiminin yapıldığı bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme yaklaşımıdır. TVU değeri, seyir momenti değerine benzer olarak geçitten geçen günlük taşıt sayısı ve günlük tren sayısının çarpımına eşittir [28]. Bu temelde, Hindistan’da TVU değerlerine göre hemzemin geçitler için yapılan koruma şekli tayininin kıstasları, Çizelge 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.16 : Hindistan Tren–Taşıt Ünitesi metodu kıstasları [28].

TVU değeri	Geçit tipi seçimi
$TVU \leq 6.000$	Kontrolsüz hemzemin geçit
$6.000 \leq TVU < 10.000$	Tüm kontrolsüzler kontrollüye çevrilir.
$10.000 \leq TVU < 100.000$	Kontrollü hemzemin geçit
$TVU \geq 100.000$	Alt/Üst geçit

Çizelge 3.16’da görüldüğü üzere Hindistan’da, TVU başka bir deyişle seyir momenti değerinin 100.000 değerini aşması ile hemzemin geçit alt geçit veya üst geçide dönüştürülmektedir. Ayrıca Hindistan’daki kontrolsüz hemzemin geçitlerde karayolu taşıt sürücülerinin geçide 5 metre mesafe kala geçidin her iki tarafında sağ ve sol yönde olmak üzere demiryolunun en az 600 metrelik kesimini görebilmeleri şartı aranmaktadır [28].

Tren–Taşıt Ünitesi metodu, geçitlere dair herhangi bir mutlak risk hesabının yapılmadığı ve hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen diğer birçok faktörün göz ardı edilmesi suretiyle geçitlere göreceli bir risk puanının atanmadığı basit parametre bazlı bir yaklaşımdır [15].

3.1.11 İsveç

İsveç’te demiryolu işletmeciliğinden ve emniyetinden sorumlu olan Banverket tarafından yapılan araştırmalara göre, ülkede demiryolu kazalarından dolayı yaşanan ölümlerin yarısından fazlası hemzemin geçit kazaları nedeniyle gerçekleşmektedir.

Bu nedenle geçmiş yıllarda İsveç, 2007 yılına kadar tamamen uygulamış olmayı planladığı bir hemzemin geçit iyileştirme ve geçitlerin sayılarını azaltma programı da yürütmüştür. Bu programa göre de ülkedeki hemzemin geçitler arasında seyir momentinin 1.600 değerinden fazla olduğu veya seyir momenti ile tren hızı çarpımının 800 değerinden fazla olduğu hemzemin geçitler, iptal edilmiş ya da bir üst seviyeye geçirilmiştir.

Tüm bu çalışmaların çok öncesinde ülkede göreve getirilen hemzemin geçit heyeti ise diğer heyetler ile beraber yürüttüğü çalışmalar sonucunda, ülkedeki hemzemin geçitlerde koruma şeklinin belirlenmesine yardımcı olacak bir metot geliştirmiştir [15].

3.1.11.1 Geçit Koruma Şekli Belirleme Metodu

İsveç'te 1986 yılında göreve getirilen hemzemin geçit heyeti, hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerin genel olarak belirlenmesi ve özellikle ülkedeki hemzemin geçitlerin emniyetini doğrudan etkileyen faktörlerin tespit edilmesi adına bir çalışma yürütmüştür. Geçmiş yıllarda edinilen tecrübeler ve heyetin yürüttüğü araştırmalar birleştirildiğinde ise metotta göz önünde bulundurulacak faktörler arasında seyir momenti, görüş özellikleri ve geçit koruma şekli en önemli geçit emniyet faktörleri olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ülkedeki bariyersiz hemzemin geçitlerde meydana gelen kazaların sayısının, bariyerli geçitlerdekine kıyasla yaklaşık 5–10 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Geçit Koruma Şekli Belirleme Metodu, soru–cevap yöntemi ile hemzemin geçitlerdeki emniyetin değerlendirilmesine imkân vermektedir.

Evet/hayır şeklinde cevaplanması beklenen sorular, aşağıda belirtilen emniyet faktörleri ile ilgili konular içermektedir. Bu faktörlerden bazılarının yanında soru örnekleri de verilmiştir.

- Seyir momenti (Seyir momenti 1.000 değerinin üzerinde mi?)
- Maksimum tren hızı
- Tek hat–çift hat (Demiryolu tek hat mı?)
- Anayol–tali yol (Geçit anayol üzerinde mi?)
- Karayolu genişliği
- Taşıt ağırlığı

- Genel trafik sıkışıklık durumu
- Görüş mesafesi
- Kullanıcı tipi (Geçidi yayalar yoğun olarak kullanıyor mu?).

Metot ile bu gibi sorular sorulup karşılığında alınan evet/hayır cevaplarının değerlendirilmesi sonucunda, daha önceden belirlenmiş olan kıstaslar karşısında bir kıyaslama yapılarak hemzemin geçitteki koruma şekli seçilmektedir. Metot, gelişmiş herhangi bir yöntem/algorithm kullanılmadan sadece basit parametre bazlı bir tabanda oluşturulmuştur. Modelin kullanımı ile herhangi bir mutlak risk veya göreceli risk puanı hesabı yapılmamakta; ancak model, basit bir şekilde anlaşılması ve çok basit de olsa bir sistematığı olması yönünden çeşitli avantajlar sağlamaktadır [15].

3.1.12 İspanya

İspanya'daki genel istatistiklere göre, demiryolu kazaları arasında en büyük orana hemzemin geçit kazaları sahiptir ve demiryolu araç hızlarının maksimum 160 km/sa. olduğu hatlarda hemzemin geçit işletilmesine izin verilmektedir. Ayrıca prensip olarak ülkede yeni hemzemin geçitlerin açılmasına izin verilmemektedir. Bunların yanında, seyir momentinin 1.500 değerini aştığı kesimlerde bulunan hemzemin geçitlerin de iptali gerçekleştirilmektedir.

Ülkede hemzemin geçit emniyet değerlendirme süreçleri, ülke çapında belirlenmiş olan bazı esaslara göre hemzemin geçitlerin kategorilere ayrıldığı bir ölçüt tablosu ile gerçekleştirilmektedir. Bununla beraber, hata türü ve etki analizi tabanlı olan ve akademik çalışmalarla geliştirilmiş olan başka bir metot da kullanılmaktadır [15,84].

3.1.12.1 Geçit Kategorilendirme Ölçütü

Geçit Kategorilendirme Ölçütü metodu aracılığıyla İspanya'daki hemzemin geçitler; demiryolu araç hızı, seyir momenti ve görüş özellikleri ile ilgili değerlere bağlı olarak 6 farklı kategoriye ayrılmaktadır. Böylece bu kategoriler sayesinde hemzemin geçitler, emniyet durumlarına göre gruplandırılmış olmaktadır ve bu gruplara göre geçidin konumu da göz önünde bulundurularak çeşitli uygulama esasları belirlenmektedir [15,84]. İspanya'daki hemzemin geçitlerin kategorilendirme ölçüt tablosu Çizelge 3.17'de görülmektedir.

Çizelge 3.17 : İspanya’da hemzemin geçit kategorilendirme ölçüt tablosu [15,84].

Kategori	Açıklama	Konum	Ölçütler
A	Trafik işaretli	İstasyondan uzak	$V < 160$ km/sa. $A \times T < 1.000$ Yeterli görüş
		İstasyon	Diğer koşullara bağlı
B	Trafik ışıklı ve trafik işaretli	İstasyondan uzak	$V < 160$ km/sa. $1.000 < A \times T < 1.500$ $A < 100$
		İstasyon	Açıklamaz
C	Bariyerli ve trafik ışıklı	İstasyondan uzak	$V < 160$ km/sa. $1.000 < A \times T < 1.500$ $A > 100$
		İstasyon	$V < 160$ km/sa.
D	Özel izin gerekli	İstasyondan uzak	$V < 40$ km/sa. $1.000 < A \times T < 1.500$
		İstasyon	$V < 40$ km/sa. $1.000 < A \times T < 1.500$
E	Bekçili ve bariyerli	-	Diğer koşullara bağlı
F	Yaya ve hayvan hemzemin geçidi	-	Diğer koşullara bağlı

Çizelge 3.17’de;

V: Demiryolu araç hızı (maksimum 160 km/sa.)

A: Günlük karayolu taşıt sayısı

T: Günlük tren sayısı

$A \times T$: Seyir momenti (maksimum 1.500).

Çizelge 3.17’de görüldüğü üzere Geçit Kategorilendirme Ölçütü metodu, basit parametre bazlı bir yaklaşımdır ve geçitleri sadece belli kategorilere ayırıp, geçitteki göreceli veya mutlak risk hakkında herhangi bir hesaplama yapmamaktadır [15].

3.1.12.2 FMEA (Hata Türleri ve Etki Analizi) Metodu

FMEA metodu, İspanya'daki hemzemin geçitlerde risk değerlendirmesi yapabilmek ve hemzemin geçitlere yapılacak yatırımları daha yerinde kararlarla yürütebilmek adına Katalonya Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan, hata türü ve etki analizi tabanlı bir hemzemin geçit risk değerlendirme modelidir [15]. Model oluşturulurken, Çizelge 3.18'de verilen hemzemin geçit emniyet faktörleri göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 3.18 : İspanya'da FMEA metodunda kullanılan emniyet faktörleri [15].

Demiryolu özellikleri	Karayolu özellikleri	Geçit özellikleri
Günlük tren sayısı	Günlük taşıt sayısı	Koruma sistemi
Tren hızı	Trafiğin sıklık durumu	Kar. yatay geometrisi
İstasyona yakınlık	Taşıt hızı	Dem. yatay geometrisi
Makas durumu	Taşıt tipi	Şerit sayısı
Sinyalizasyon durumu	Sinyalizasyon durumu	Demiryolu hat adedi
	Engelli yaya durumu	Görüş özellikleri
		Yakındaki hemzemin kavşaklar
		Yaya yolu durumu

Çizelge 3.18'de görüldüğü üzere model, hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörlerden birçoğunu göz önünde bulundurarak denklem 3.33'te görülen formül ile her hemzemin geçit için bir risk faktörü değeri (K) hesaplamaya yaramaktadır.

$$K = AT \times \sum_{risk\ i} A_i \times B_i \times C_i \quad (3.33)$$

Denklemde;

K: Risk faktörü

AT: Seyir momenti

A_i: i hatasının olasılığı

B_i: i hatasının tespit koşulları

C_i: i hatasının sonuçları [15].

Model uygulanırken, hataların olasılıklarını hesaplamak adına her hata türü için bir hata ağacı oluşturulmaktadır. Model, kaza geçmişi verilerini kullanarak gelecekteki kaza sayılarının bir öngörüsünü yapmaktan öte; kompleks ağırlıklandırma bazlı bir yaklaşım ile birçok faktörün emniyete olan etkisini belirleyip, geçitlerdeki riski puanlandırmaktadır. Bu yapısıyla model, Geçit Kategorilendirme Ölçütü metodundan daha iyi bir şekilde geçitteki emniyet durumunu değerlendirmektedir. Ancak FMEA yönteminin genel çalışma mantığı ve uygulama adımları hakkında belirli bir eğitim almamış bir ekip için, modelin kavranması ve kullanımı zor olmaktadır [15].

3.1.13 Ülkelerin model, araç ve metotlarının karşılaştırılması

Önceki kısımlarda yapılan anlatımlarda da vurgulandığı üzere ülkelerdeki çeşitli koşulların birbirinden farklı olmasından kaynaklı olarak ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirmesine olan yaklaşımları da birbirine göre çeşitlilikler ve farklılıklar göstermektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen 12 farklı ülkeden 22 farklı yaklaşımın 13 adedi model, 3 adedi araç ve 6 adedi ise geçit tipi seçimi için sadece basit parametrelerin göz önünde bulundurulduğu metotlar olarak tanımlanabilmektedir.

Özellikle ABD, Büyük Britanya ve Avustralya başta olmak üzere Kanada ve İrlanda'da geliştirilen modeller ve yaklaşımlar, diğer ülkelerdeki yaklaşımlara göre daha kapsamlıdır. Yeni Zelanda da ALCAM kullanımına başlayarak hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarını daha kapsamlı hale getirmiştir. ABD ve Kanada, değerlendirme çalışmalarında daha çok istatistiksel yöntem bazlı yaklaşımlara yer verirken; Büyük Britanya, İrlanda ve İspanya ise daha çok kompleks ağırlıklandırma bazlı yaklaşımlara yönelmiştir. Avustralya ise başlarda basit ağırlıklandırma bazlı olan RBSS yaklaşımını, zamanla yaptığı çeşitli güncelleştirmeler ile temelde kompleks ağırlıklandırma bazlı olmak üzere aynı zamanda da istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı bir model olan ALCAM haline getirmiştir. Bu çalışma kapsamında erişilebilen ve incelenen yaklaşımlar arasında ise Japonya, Hindistan, Rusya ve İsveç'te hemzemin geçit emniyet değerlendirmesine olan yaklaşım genel olarak basit parametre bazlıdır. ABD'de ve Kanada'da, istatistiksel yöntemlerin tercih edilmesinin sebebi ise bu ülkelerde bulunan hemzemin geçitler ile bu geçitler üzerinde meydana gelen kaza sayılarının ve bunlara

ait veri kayıtlarının istatistiksel yöntemlerle anlamlı sonuçlar elde edebilecek kadar yeterli sayıda ve kalitede olmasından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca hemzemin geçit emniyet değerlendirme yaklaşımlarının geneli, geçitte kaza oluşumu ihtimaline yönelik çıktılar üretmektedir; ancak kaza sonuçlarını (ölüm, yaralanma, bileşen akıbeti, kaza sonrası deray) tahmin eden yaklaşımların sayısı ise sınırlıdır. Bunun yanında ABD, Büyük Britanya, Avustralya, Kanada ve Yeni Zelanda'da hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmaları ülke veri tabanlarına web tabanlı araçlarla uzaktan ulaşılarak çevrimiçi şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Böylece veri kayıt sürecinin ve değerlendirmelerin düzenli ve sistematik bir biçimde yürütülmesi de sağlanmaktadır. Ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme tekniklerini geliştirme ve güncelleme çalışmaları, günümüzde de hem demiryolu işletmeciliği yapan kurum ve kuruluşlar bünyesinde hem de akademik çevrede önemi daha da artarak devam etmektedir [15,31,35,81].

Tüm bu bilgilerin ışığında, göz önünde bulundurdukları temel girdilere göre, ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme model, araç ve metotlarının karşılaştırması ise Çizelge 3.19'da görülmektedir.

Çizelge 3.19 incelendiğinde taşıt sayısı ve tren sayısı faktörlerinin, bir hemzemin geçitteki emniyet değerlendirilirken bütün ülkeler tarafından göz önünde bulundurulmuş en önemli faktörler olduğu görülmektedir. Bu iki faktör sadece Büyük Britanya'nın Olay Penceresi Modeli'nde aktif olarak işaretlenmemiştir. Olay Penceresi Modeli, kullanıcı tarafından çalıştırılan hemzemin geçitlerde kullanıldığı için direkt olarak taşıt sayısını değil; geçitte tren ve şahsın aynı anda bulunma olasılığını göz önünde bulundurmaktadır. Ancak model, bu yaklaşım ile dolaylı olarak taşıt sayısı faktörünü de göz önünde bulundurmuş olmaktadır. Dünya genelinde de ABD'ye benzer olarak, karayolu ve demiryolu trafik yoğunluğundan sonra en çok göz önünde bulundurulmuş hemzemin geçit emniyet faktörü, geçitte kullanılan koruma sistemidir. Daha sonra bu faktörleri sırasıyla demiryolu hat adedi, karayolu özellikleri, tren hızı ve görüş özellikleri takip etmektedir. Kaza geçmişi faktörü ise model kurulumu sonrasında da direkt formül bileşeni (düzeltme faktörü) olarak kullanıldığı yaklaşımlarda aktif olarak işaretlenmiştir.

Çizelge 3.19 : Ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme model, araç ve metotlarında kullandıkları girdilerin karşılaştırması
[15,16,28,31,81,82,86].

Ülke	Model/Araç/Metot	Taşıt sayısı	Tren sayısı	Yaya sayısı	Kullanıcı özellikleri (insan fak.)	Tren hızı	Koruma sistemi	Görüş özellikleri	Demiryolu hat adedi	Geçitteki uyarı süresi	Karayolu özellikleri/yerleşimi	Geçidin kapalı kalma süresi	Kaza geçmiş	Deray olasılığı girdileri	Trenin yolcu ve yük durumu	Bileşen akıbeti girdileri	Fayda-maliyet girdileri
Amerika Birleşik Devletleri	ABD Ulaştırma Bakanlığı Kaza Öngörü Modeli	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	✓
	GradeDec.Net	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
Büyük Britanya (İngiltere, Galler, İskoçya)	Otomatik Hemzemin Geçit Modeli	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×
	Olay Penceresi Modeli	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
	Tüm Hemzemin Geçitler Risk Modeli (ALCRM)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓
	Risk Bazlı Puanlandırma Sistemi (RBSS)	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	×	×
Avustralya	Hemzemin Geçitlerde Kaza ve Olay Risk Değerlendirmesi (RAAILC)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×	×	×
	Avustralya Hemzemin Geçit Değerlendirme Modeli (ALCAM)*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
Kanada	Çarpışma Öngörü Modeli	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	×	×	×	×
	GradeX	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	×	×	×	✓

Çizelge 3.19 (devam) : Ülkelerin hemzemin geçit emniyet değerlendirme model, araç ve metotlarında kullandıkları girdilerin karşılaştırması
[15,16,28,31,81,82,86].

Ülke	Model/Araç/Metot	Taşıt sayısı	Tren sayısı	Yaya sayısı	Kullanıcı özellikleri (insan fak.)	Tren hızı	Koruma sistemi	Görüş özellikleri	Demiryolu hat adedi	Geçitteki uyarı süresi	Karayolu özellikleri/yerleşimi	Geçidin kapalı kalma süresi	Kaza geçmiş	Deray olasılığı girdileri	Trenin yolcu ve yük durumu	Bileşen akıbeti girdileri	Fayda-maliyet girdileri
Japonya	Trafiğe Kapanacak Hemzemin Geçit Göstergesi	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	✓	×	×	×	×	×
	Hemzemin Geçit Tehlike İndeksi	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓	×
Rusya	Demiryolu ve Karayolu Yoğunluk Matrisi	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Yeni Zelanda*	Çarpışma Değerlendirmesi	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	×	×
	Kaza Öngörü Modeli	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
İrlanda	Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	×	×	×
	Şebeke Risk Modeli	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	×	×	×	×	✓	✓	✓	×
Kuzey İrlanda	Risk ve Yatırım Değerlendirmesi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
Hindistan	Tren-Taşıt Ünitesi	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
İsveç	Geçit Koruma Şekli Belirleme Metodu	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	×	×	×	×	×	×
İspanya	Geçit Kategorilendirme Ölçütü	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	FMEA (Hata Türleri ve Etki Analizi) Metodu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	×	×	×	×	×

*ALCAM, 2008 yılında Yeni Zelanda tarafından da kullanılmaya başlanmıştır.

Ayrıca kompleks ağırlıklandırma bazlı modellerin diğer model, araç ve metotlara göre daha fazla sayıda faktörü temel girdi olarak kullandığı görülmektedir. Bu modellerden ALCRM ve ALCAM, kullandıkları girdi sayıları ile geçit emniyet faktörlerini en geniş açıdan değerlendiren modellerdir. Bunun yanında, istatistiksel yöntem bazlı ve basit parametre bazlı yöntemler ise daha az sayıda faktör ile hemzemin geçitlerde emniyeti değerlendirmektedir. Ancak istatistiksel yöntem bazlı modellerde bu durum, birçok kontrolün yapıldığı regresyon çalışmaları sonucunda en anlamlı olduğu tespit edilen değişkenlerin denklemlerde kullanılmak üzere seçilmesinden kaynaklıdır. Başka bir deyişle istatistiksel yöntem bazlı modellerde analizin en kapsamlı kısmını modelin kurulum aşaması oluşturmaktadır. Kazalar sonucunda geçitte meydana gelebilecek deray olasılığını ve demiryolu bileşenlerinin akıbetini öngörmek için girdi isteyen modeller ise az sayıdadır. Modelin kullanılma süreci içinde direkt fayda-maliyet girdileri isteyen yaklaşımlar da az sayıdadır. Bunun nedeni ise emniyet değerlendirmesi sırasında yürütülmeyen fayda-maliyet analizlerinin, sonrasında ayrı bir değerlendirme süreci ile yürütülmesi olabilmektedir [15,31,35,81,86].

3.2 Türkiye’de Demiryolu Hemzemin Geçitleri

Türkiye’deki ilk demiryolu hattı, bir İngiliz şirketi tarafından İzmir-Aydın arasında 1856 yılında inşasına başlanıp, 1866 yılında inşası bitirilen 130 km’lik bir hattır. Başka bir İngiliz demiryolu şirketi tarafından ise 1865 yılında İzmir-Turgutlu-Afyon ve Manisa-Bandırma hattının 98 km’lik kısmının inşası bitirilmiştir. Baron Hirsch’e 1869 yılında 2.000 km’lik şark demiryollarının yapım imtiyazı verilmiştir. Şark demiryollarının milli sınırlar içerisinde kalan 336 km’lik İstanbul-Edirne ve Kırklareli-Alpullu kesiminin 1888 yılında bitirilip işletmeye açılmasıyla İstanbul, Avrupa demiryolu ağına bağlanmıştır.

Anadolu’da ise 1871 yılında devlet eliyle Haydarpaşa-İzmir hattının yapımına başlanmış ve üç bölümde inşa edilen 91 km’lik hat, 1873 yılında kısmen bitirilmiştir; ancak daha sonra maddi sıkıntılar nedeni ile Anadolu, Bağdat ve Cenap demiryollarının inşası Alman sermayesi ile sonlandırılmıştır.

Osmanlı İmparatorluğu döneminde bu şekilde inşa edilen 8.619 km’lik demiryolunun 4.136 km’lik kesimi günümüzde de Türkiye milli sınırları içerisinde yer almaktadır.

sınırları içerisinde kalan bu hatlar, 24.5.1924 tarihinde çıkarılan 506 sayılı kanunla millileştirilmiş ve “Anadolu Bağdat Demiryolları Müdüriyeti Umumiyesi” kurulmuştur. Daha sonra bu müdüriyetin ismi, 31.5.1927 tarihinde demiryollarının yapımını ve işletimini bir arada yürütmek ve daha geniş çalışma alanlarına ulaşmak amacıyla çıkarılan 1042 sayılı kanun ile “Devlet Demiryolları ve Limanları İdare-i Umumiyesi” olarak değiştirilmiştir. Bu şekilde 1953 yılına kadar katma bütçeli bir devlet idaresi şeklinde yürütülen bu kuruluş, 29.7.1953 yılında çıkarılan 6186 sayılı kanun ile günümüze dek gelen “Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD)” ismini almış ve kamu iktisadi devlet teşekkülü haline getirilmiştir [90].

1 Mayıs 2013 tarihli ve 6461 sayılı demiryollarının serbestleştirilmesi kanunuyla TCDD’nin demiryolu altyapı işletmecisi olarak yeniden yapılandırılma çalışmaları başlamıştır. Ayrıca bu kanun ile TCDD’nin bağlı ortaklığı ve demiryolu tren işletmecisi olarak çalışacak olan “TCDD Taşımacılık A.Ş.”nin kurulma çalışmalarına da başlanmıştır [91].

TCDD bünyesinde 2003–2016 yılları arasında 360 km ilave konvansiyonel hat ve ilk olarak 2009 yılında işletmeye açılan Ankara–Eskişehir hattı olmak üzere 1.213 km yüksek hızlı demiryolu hattı inşa edilmiştir. 2011 yılında kullanıma açılan Ankara–Konya ve 2014 yılında kullanıma açılan Ankara–İstanbul yüksek hızlı tren hatları da işletilmeye devam edilmektedir [92]. Çizelge 3.20’de 2017 yılı itibarıyla TCDD’nin işlettiği demiryolu hatlarının uzunlukları görülmektedir.

Çizelge 3.20 : TCDD’nin işlettiği demiryolu hatlarının uzunlukları (2017) [93].

Hat toplamları	Uzunluk (km)	Sinyalli hat uzunluğu (km)	Elektrikli hat uzunluğu (km)
Konvansiyonel Hatların Toplamı	11.319	4.198	2.970
1. anahat veya tek anahat	8.356	3.253	2.042
2., 3. ve 4. anahatlar	591	444	461
İltisak hatları ve istasyon yolları	2.372	501	467
Yüksek Hızlı Hatların Toplamı	1.213	1.213	1.213
1. anahat	594	594	594
2. anahat	590	590	590
İstasyon yolları	29	29	29
Toplam Hatlar	12.532	5.411	4.183

Çizelge 3.20’de görüldüğü üzere 2017 yılı itibarıyla Türkiye’de; anahatlar, iltisak hatları ve istasyon yolları dâhil olmak üzere 11.319 km konvansiyonel hat ve 1.213 km yüksek hızlı hat olmak üzere toplamda 12.532 km’lik demiryolu ağı bulunmaktadır. Yüksek hızlı demiryolu hatlarının tamamı sinyalli ve elektrikli hatlar olmakla birlikte konvansiyonel hatların ise %37’si sinyalli ve %26’sı elektrikli dir.

Türkiye’de demiryolu işletmeciliğinin daha hızlı ve verimli yürütülebilmesi adına TCDD bünyesinde sekiz farklı bölge müdürlüğü kurulmuştur. Bu bölge müdürlükleri ise;

- 1. Bölge Müdürlüğü-İstanbul,
- 2. Bölge Müdürlüğü-Ankara,
- 3. Bölge Müdürlüğü-İzmir,
- 4. Bölge Müdürlüğü-Sivas,
- 5. Bölge Müdürlüğü-Malatya,
- 6. Bölge Müdürlüğü-Adana,
- 7. Bölge Müdürlüğü-Afyon,
- Yüksek Hızlı Tren (YHT) Bölge Müdürlüğü-Ankara olarak görev yapmaktadır [94].

TCDD, demiryolu emniyetini sağlamada geçmişten gelen mevcut emniyet anlayışını daha da sistematik hale getirmek adına AB ülkelerinde kullanılması zorunlu hale getirilmiş olan ve diğer gelişmiş ülkelerde de kullanılan Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) uygulamalarını benimsemiştir. Bu bağlamda, demiryolu emniyet çalışmalarını yürütmek adına TCDD bünyesinde, genel müdürlükte direkt genel müdüre ve bölge müdürlüklerinde de direkt bölge müdürüne bağlı olan Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlükleri kurulmuştur [13,95].

İlerleyen bölümlerde, Türkiye’de serbest, bekçili-bariyerli veya flaşörlü, canlı ve otomatik bariyerli olarak işletilen demiryolu hemzemin geçitlerinin durumu ve bu hemzemin geçitlerde yaşanan kazalarla ilgili istatistikler incelenip, Türkiye’de demiryolu hemzemin geçitlerinde emniyetin artırılması konusunda yapılan çalışmalardan kısaca söz edilmiştir. Sonrasında, Türkiye’de 2013 yılında yayımlanan hemzemin geçit yönetmeliği, 2016 yılında yayımlanan değişiklikler de göz önünde bulundurularak detaylı bir biçimde incelenmiştir. Son olarak da Türkiye’de

hemzemin geçit emniyet değerlendirmesi ile ilgili yapılmış veya yapılmakta olan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

3.2.1 Türkiye’de hemzemin geçitlerin durumu ile ilgili istatistikler

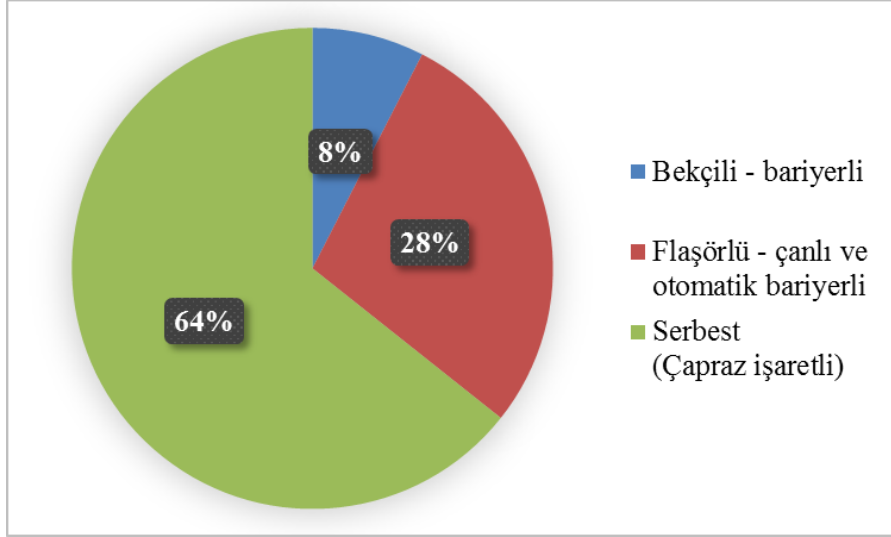
TCDD’nin işlettiği hemzemin geçitlerin 2017 yılı itibarıyla tiplerine ve bölgelere göre sayıları, izelge 3.21’de görülmektedir. Yüksek hızlı demiryolu hatlarında hemzemin geçit aılmamaktadır.

Çizelge 3.21 : TCDD’nin işlettiği hemzemin geçitlerin tiplerine ve bölgelere göre sayıları (2017) [96].

Geçit tipi	1. bölge	2. bölge	3. bölge	4. bölge	5. bölge	6. bölge	7. bölge	Toplam
Bekçili–bariyerli	1	27	104	25	5	56	14	232
Flaşörlü–anlı ve otomatik bariyerli	99	178	186	127	86	91	80	847
Serbest (apraz işaretli)	27	187	230	325	280	259	623	1.931
Toplam	127	392	520	477	371	406	717	3.010

Çizelge 3.21’e göre, Türkiye’de 2017 yılı itibarıyla 3.010 adet hemzemin geçit bulunmakta olup, bu hemzemin geçitlerin 1.931 adedi kontrolsüz ve 1.079 adedi ise kontrollü olarak işletilmektedir. Serbest hemzemin geçitlerin en fazla sayıda bulunduğu bölge, 623 adet serbest hemzemin geçit ile 7. bölgedir. Ayrıca 104 adet bekçili–bariyerli ve 186 adet flaşörlü–anlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçit ile kontrollü hale getirilmiş en fazla sayıdaki hemzemin geçit, 3. bölge bünyesinde bulunmaktadır. 27 adet serbest hemzemin geçit adedi ile en az sayıda kontrolsüz hemzemin geçit ise 1. bölgededir. Çizelge 3.21’deki verilere göre 2017 yılı itibarıyla Türkiye’deki hemzemin geçit tiplerinin dağılımı ise şekil 3.9’da görülmektedir.

şekil 3.9’a göre, 2017 yılı itibarıyla Türkiye’deki hemzemin geçitlerin %64’lk bir oranla yarısından fazlası kontrolsüz olarak işletilmektedir. Bu oranla Türkiye, AB lkeleri arasında kontrolsüz hemzemin geçit yüzdesi yüksek olan ülkelerle benzeşmektedir [69]. Türkiye’deki hemzemin geçitlerin %36’sı ise kontrollü olarak işletilmektedir. Bu kontrollü hemzemin geçitlerin ise %78 oranla büyük bir kısmı otomatik bariyerli hemzemin geçitlerdir.



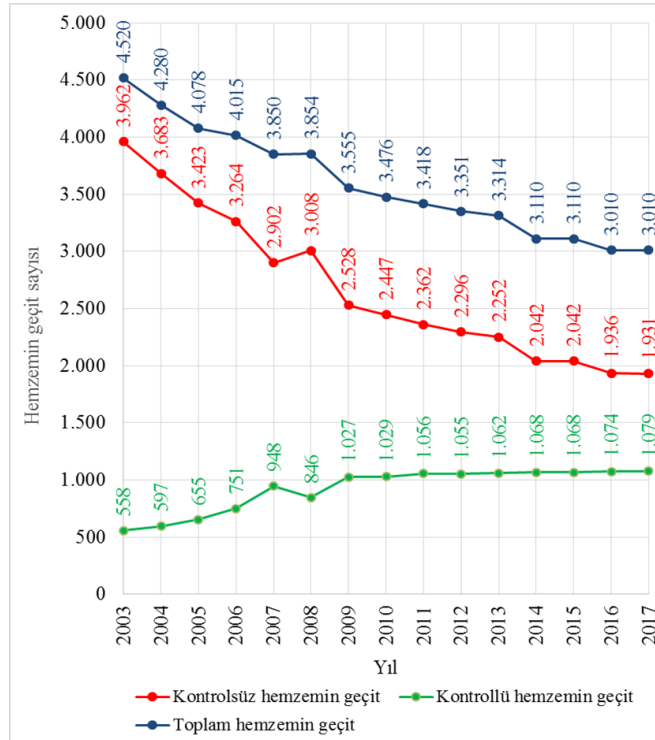
Şekil 3.9 : TCDD'nin işlettiği hemzemin geçitlerin tiplerine göre dağılımı (2017) [96].

Türkiye'deki hemzemin geçitlerin işletilme durumlarına (kontrollü–kontROLSÜZ) göre 2003–2017 yılları arasındaki sayıları ise Çizelge 3.22'de görülmektedir.

Çizelge 3.22 : Türkiye'deki hemzemin geçitlerin yıllara göre sayıları (2003–2017) [94,96,97].

Yıllar	KontROLSÜZ hemzemin geçit	Kontrollü hemzemin geçit	Toplam hemzemin geçit
2003	3.962	558	4.520
2004	3.683	597	4.280
2005	3.423	655	4.078
2006	3.264	751	4.015
2007	2.902	948	3.850
2008	3.008	846	3.854
2009	2.528	1.027	3.555
2010	2.447	1.029	3.476
2011	2.362	1.056	3.418
2012	2.296	1.055	3.351
2013	2.252	1.062	3.314
2014	2.042	1.068	3.110
2015	2.042	1.068	3.110
2016	1.936	1.074	3.010
2017	1.931	1.079	3.010

Çizelge 3.22'deki veriler ve bu veriler kullanılarak oluşturulan Şekil 3.10'daki grafik incelendiğinde, Türkiye'de 2003–2017 yılları arasındaki süreçte hem toplam hemzemin geçit sayısında hem de serbest (kontROLSÜZ) hemzemin geçitlerin sayısında oldukça azalma olduğu görülmektedir. 15 yıllık süreç içerisinde, 2003 yılında 3.962 adet olan kontROLSÜZ hemzemin geçit sayısı, 2017 yılında 1.931 adede düşürülerek, kontROLSÜZ hemzemin geçitlerin sayısı %51 oranında azaltılmıştır. Ayrıca 2003 yılında 4.520 adet olan hemzemin geçit sayısı, %33 azaltılarak 2017 yılında 3.010 adede düşürülmüştür. Toplam hemzemin geçit sayısı ve serbest hemzemin geçitlerin sayısı, yürütülen çeşitli çalışmalar neticesinde azaltılırken; kontrollü hemzemin geçitlerin sayısı ise 2003 yılında 558 adet iken %93 artış ile 2017 yılında 1.079 adede çıkarılmıştır. Şekil 3.10'daki grafik eğimleri incelendiğinde özellikle son yıllarda, toplam hemzemin geçit sayısını azaltmaya yönelik çalışmalara, hemzemin geçitlerin kontrollü hale getirilmesinden daha fazla önem verildiği görülmektedir. 2015–2017 yılları arasında 111 adet serbest hemzemin geçidin 100 adedi iptal edilirken sadece 11 adedi kontrollü hale getirilmiştir. Mevcut hemzemin geçit sayısı ile Türkiye, AB ülkeleri arasında geçit sayısı düşük olan ülkelere benzerlik göstermektedir ve ülke demiryolu ağındaki hemzemin geçit sayısını azaltma konusunda AB ülkelerine kıyasla daha başarılı konumdadır [69].



Şekil 3.10 : Türkiye’de hemzemin geçit sayılarının yıllara göre değişimi (2003–2017) [94,96,97].

Çizelge 3.23'te ise Türkiye'de işletilen hemzemin geçitlerin 2017 yılı itibarıyla bölgelere göre kaplama türü sayıları verilmiştir. Çizelge 3.23'te görüldüğü üzere Türkiye'de bulunan hemzemin geçitlerde 2017 yılı itibarıyla en çok kullanılan kaplama türü 701 hemzemin geçitte kullanılan toprak/balast kaplamadır. Toprak/balast kaplamadan sonra ise son yıllarda daha da üzerine düşülen hemzemin geçit iyileştirme çalışmaları sayesinde kullanımı gittikçe artan kauçuk hemzemin geçit kaplaması, 639 adet uygulanma sayısı ile en çok kullanılan ikinci kaplama türü olmaktadır. Türkiye'de işletilen hemzemin geçitlerde en az kullanılan kaplama türü ise 7 adet uygulama sayısı ile beton kaplamadır.

Çizelge 3.23 : TCDD'nin işlettiği hemzemin geçitlerin bölgelere göre kaplama türü sayıları (2017) [94,96].

Kaplama cinsi	1. bölge	2. bölge	3. bölge	4. bölge	5. bölge	6. bölge	7. bölge	Toplam
Ahşap	-	18	2	82	33	49	5	189
Stabilize	3	19	30	34	97	85	124	392
Beton	-	1	-	2	1	-	3	7
Lastik (kauçuk)	112	133	59	39	53	138	105	639
Toprak/balast	2	111	27	194	49	-	318	701
Asfalt	2	25	81	83	35	63	70	359
Parke taş	-	1	188	42	20	66	89	406
Çelik	-	84	-	1	83	-	3	171
Kompozit	8	-	133	-	-	5	-	146
Toplam	127	392	520	477	371	406	717	3.010

Görüldüğü üzere hemzemin geçit mahallerini daha emniyetli hale getirmek adına TCDD tarafından geçmişten günümüze ve özellikle de 2003 yılından itibaren kapsamı daha da genişletilmiş olan çeşitli çalışmalar (geçit sayısını azaltma, geçitleri kontrollü hale getirme vb.) yapılmaktadır. 2014–2017 yılları arasında 2.267 adet geçit levhası yenilenerek geçitlerin %75'inde emniyet seviyesi artırılmıştır. Yine bu yıllar arasında 2.111 adet geçit kaplaması iyileştirilerek veya yenilenerek, hemzemin

geçitlerin %71'i demiryolu araç ve karayolu taşıt geçişleri için daha emniyetli ve konforlu hale getirilmiştir. 2007–2017 yılları arasında hemzemin geçit mevcut durum iyileştirmeleri ve alt/üst geçit yapım çalışmaları adına harcanan miktar yaklaşık 761.000.000 TL'dir [69].

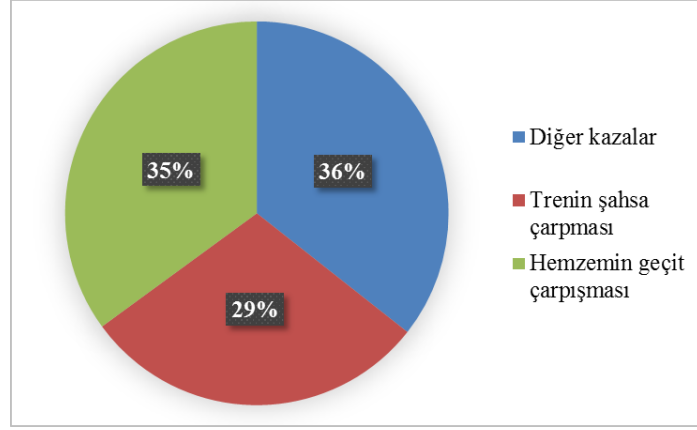
3.2.2 Türkiye'de hemzemin geçit kaza istatistikleri

Türkiye'de 2001–2017 yılları arasında meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları, Çizelge 3.24'te görülmektedir.

Çizelge 3.24 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları (2001–2017) [96,98,99].

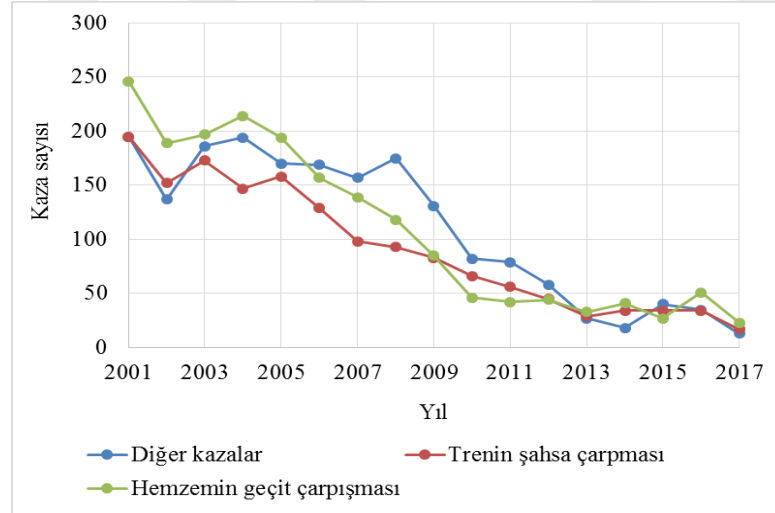
Yıllar	Diğer kazalar	Trenin şahsa çarpması	Hemzemin geçit çarpışması	Toplam
2001	195	195	246	636
2002	137	152	189	478
2003	186	173	197	556
2004	194	147	214	555
2005	170	158	194	522
2006	169	129	157	455
2007	157	98	139	394
2008	175	93	118	386
2009	131	83	85	299
2010	82	66	46	194
2011	79	56	42	177
2012	58	45	44	147
2013	27	29	33	89
2014	18	34	41	93
2015	40	34	27	101
2016	35	34	51	120
2017	13	17	23	53
Toplam	1.866	1.543	1.846	5.255

Çizelge 3.24 incelendiğinde, Türkiye'de 2001–2017 yılları arasında toplam 5.255 adet demiryolu kazasının meydana geldiği ve bu kazaların 1.846 adedinin hemzemin geçit kazası olduğu görülmektedir. Ayrıca en fazla demiryolu kazası, 636 adet kaza ile 2001 yılında; en az demiryolu kazası ise 53 adet kaza sayısı ile 2017 yılında meydana gelmiştir. En fazla hemzemin geçit kazası, 246 adet kaza sayısı ile 2001 yılında; en az hemzemin geçit kazası ise 23 adet kaza sayısı ile 2017 yılında meydana gelmiştir. 2001–2017 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre dağılımı ise Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre dağılımı (2001–2017) [96,98,99].

Şekil 3.11’de görüldüğü üzere 2001–2017 yılları arasında Türkiye’de meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının %29’u trenin şahsa çarpması, %36’sı diğer türdeki demiryolu kazaları (deray, trenlerin çarpışması, trenden düşme vb.) ve %35’i ise hemzemin geçit kazalarıdır. 17 yıllık süreçte gerçekleşmiş olan hemzemin geçit kazalarının, bu süreçteki tüm demiryolu kazalarının üçte birinden daha fazlasını oluşturduğu gözlemlenmektedir. Bu zaman dilimindeki demiryolu kaza sayılarının türlerine ve yıllara göre değişimi ise Şekil 3.12’de daha açık görülebilmektedir.



Şekil 3.12 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kaza sayılarının yıllara göre değişimi (2001–2017) [96,98,99].

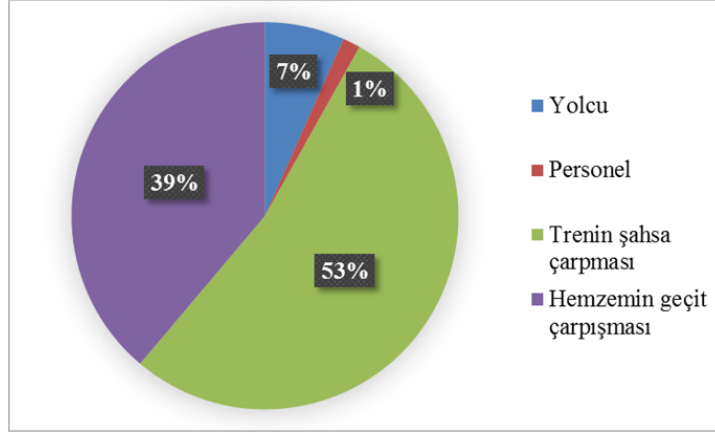
Şekil 3.12 incelendiğinde 17 yıllık süreç içerisindeki bazı yıllarda Türkiye’de meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazalarının, trenin şahsa çarpma kazalarından ve diğer türdeki demiryolu kazalarından tekil bazda sayıca daha fazla olduğu görülmektedir. Bazı yıllarda ise ikisinin arasında bir sayıda olduğu ve bazı yıllarda da kısa zaman aralıklarında da olsa bu kaza türlerinden tekil bazda daha az bir sayıya

düştüğü gözlemlenmektedir. Ancak hemzemin geçit kazalarının, tek bir kaza türünü temsil etmesine rağmen genel olarak diğer türdeki kazaların grafiğine bitişik bir grafik izlediği anlaşılmaktadır. Ayrıca 2001 yılından günümüze yaklaştıkça hemzemin geçit kazaları da dâhil olmak üzere tüm türdeki demiryolu kaza sayılarının genel olarak azalan bir grafik çizdiği gözlemlenmektedir. 2001 yılında 246 kez meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazaları, genel olarak azalan bir grafik ile 2017 yılında 23 adede düşmüştür. Bu da 17 yıllık süreç içerisinde hemzemin geçit kazalarının yaklaşık %91 oranında azaldığını göstermektedir. Çizelge 3.25'te ise Türkiye'de 2001–2017 yılları arasında meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucunda gerçekleşen ölümlerin kaza türlerine göre sayıları görülmektedir.

Çizelge 3.25 : Türkiye’de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin sayıları (2001–2017) [96,98,99].

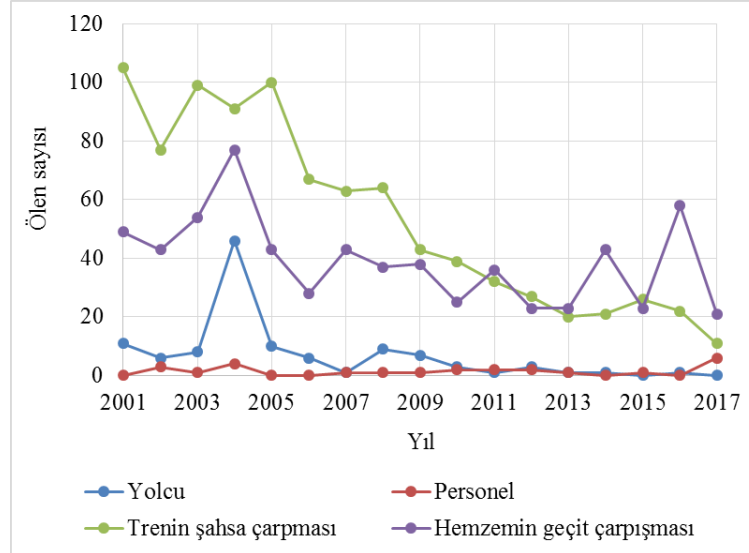
Yıllar	Yolcu	Personel	Trenin şahsa çarpması	Hemzemin geçit çarpışması	Toplam
2001	11	-	105	49	165
2002	6	3	77	43	129
2003	8	1	99	54	162
2004	46	4	91	77	218
2005	10	-	100	43	153
2006	6	-	67	28	101
2007	1	1	63	43	108
2008	9	1	64	37	111
2009	7	1	43	38	89
2010	3	2	39	25	69
2011	1	2	32	36	71
2012	3	2	27	23	55
2013	1	1	20	23	45
2014	1	-	21	43	65
2015	-	1	26	23	50
2016	1	-	22	58	81
2017	-	6	11	21	38
Toplam	114	25	907	664	1.710

Çizelge 3.25 incelendiğinde, 2001–2017 yılları arasında Türkiye’de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucunda toplam 1.710 kişinin hayatını kaybettiği, bu kişilerin arasında hemzemin geçit kazaları sonucunda hayatını kaybedenlerin sayısının ise toplam 664 kişi olduğu görülmektedir. Ayrıca demiryolu kazaları sonucunda en fazla ölümün 218 kişi sayısı ile 2004 yılında; en az ölümün ise 38 kişi sayısı ile 2017 yılında gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Hemzemin geçit kazaları sonucu en fazla ölüm, 77 kişi sayısı ile 2004; en az sayıda ölüm ise 21 kişi sayısı ile 2017 yılında gerçekleşmiştir. Belirtilen zaman dilimindeki demiryolu kazaları sonucu ölümlerin kaza türlerine göre dağılımı Şekil 3.13’te görülmektedir.



Şekil 3.13 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin kaza türlerine göre dağılımı (2001–2017) [96,98,99].

Şekil 3.13 incelendiğinde, Türkiye’de 2001–2017 yılları arasında gerçekleşmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin %53’ünün trenin şahsa çarpması kazalarından, yüzde 39’unun hemzemin geçit kazalarından ve %8’inin ise diğer kaza türlerinden dolayı meydana gelmiş olan yolcu ve personel ölümlerinden oluştuğu görülmektedir. 17 yıllık süreç içerisinde gerçekleşmiş olan hemzemin geçit kazaları sonucu ölümlerin, bu süreçteki tüm demiryolu kazaları sonucu ölümlerin üçten birinden çok daha fazlasını oluşturduğu gözlemlenmektedir. Bu süreçte meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölümlerin yıllara ve kaza türlerine göre değişimi ise Şekil 3.14’te verilmiştir.



Şekil 3.14 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu ölüm sayılarının yıllara göre değişimi (2001–2017) [96,98,99].

Şekil 3.14 incelendiğinde, Türkiye’de hemzemin geçit kazaları sonucunda gerçekleşmiş olan ölümlerin, trenin şahsa çarpma kazaları sonucunda meydana

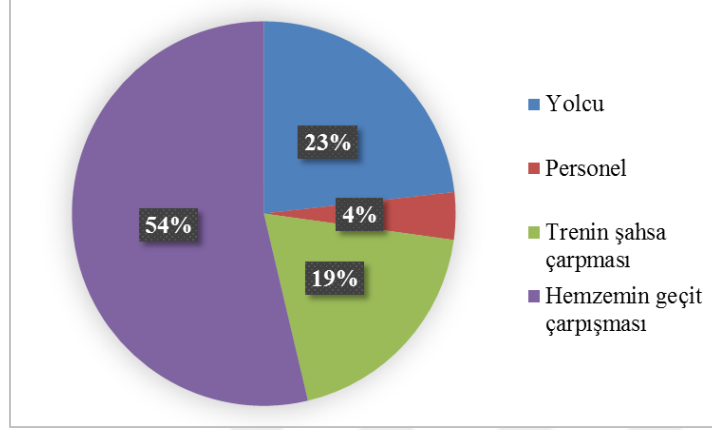
gelmiş olan ölümlerden 2001–2010 yılları arasındaki yıllarda daha az; ancak son yıllarda ise daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Ancak hemzemin geçit kazaları sonucunda gerçekleşmiş olan ölümler, diğer türdeki demiryolu kazaları sonucunda meydana gelmiş olan yolcu ve personel ölümlerinden daima ve oldukça daha fazla sayıdadır. Hemzemin geçit kazaları sonucunda meydana gelmiş olan ölümlerin yıllar boyunca tamamen artan veya tamamen azalan belli bir grafik izlemediği gözlemlenmektedir.

Türkiye’de 2001–2017 yılları arasında demiryolu kazaları sonucunda meydana gelmiş olan yaralanma sayıları ise Çizelge 3.26’da verilmektedir. Çizelge 3.26 incelendiğinde 17 yıllık süreç içerisinde Türkiye’de gerçekleşmiş olan demiryolu kazaları sonucunda toplam 3.338 kişinin yaralandığı, bu yaralanmaların toplam 1.796 adedinin ise hemzemin geçit kazaları sonucunda meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca bu süreç içerisinde en fazla yaralanmanın 467 kişi sayısı ile 2004 yılında; en az yaralanmanın ise 25 kişi sayısı ile 2017 yılında meydana geldiği gözlemlenmektedir. Hemzemin geçit kazaları sonucunda en fazla yaralanma, 203 kişi sayısı ile 2009 yılında; en az yaralanma ise 17 kişi sayısı ile 2017 yılında meydana gelmiştir.

Çizelge 3.26 : Türkiye’de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanmaların sayıları (2001–2017) [96,98,99].

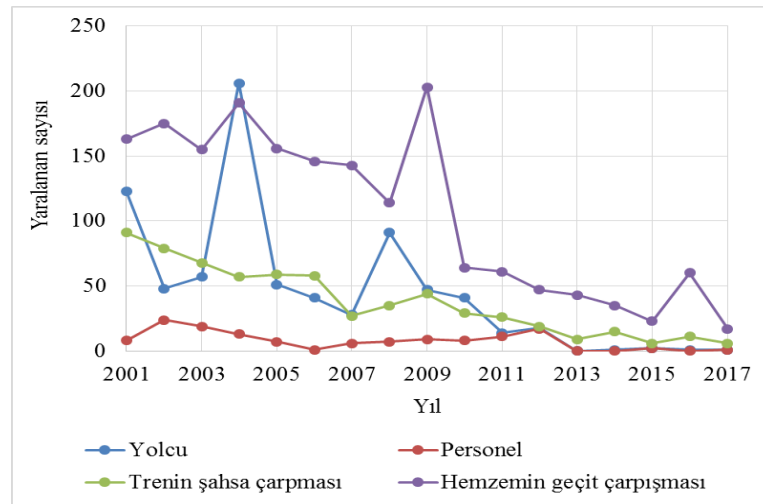
Yıllar	Yolcu	Personel	Trenin şahsa çarpması	Hemzemin geçit çarpışması	Toplam
2001	123	8	91	163	385
2002	48	24	79	175	326
2003	57	19	68	155	299
2004	206	13	57	191	467
2005	51	7	59	156	273
2006	41	1	58	146	246
2007	28	6	27	143	204
2008	91	7	35	114	247
2009	47	9	44	203	303
2010	41	8	29	64	142
2011	14	11	26	61	112
2012	18	17	19	47	101
2013	-	-	9	43	52
2014	1	-	15	35	51
2015	2	2	6	23	33
2016	1	-	11	60	72
2017	1	1	6	17	25
Toplam	770	133	639	1.796	3.338

Şekil 3.15'te ise Türkiye'de 2001–2017 yılları arasında meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanmaların kaza türlerine göre dağılımı görülmektedir.



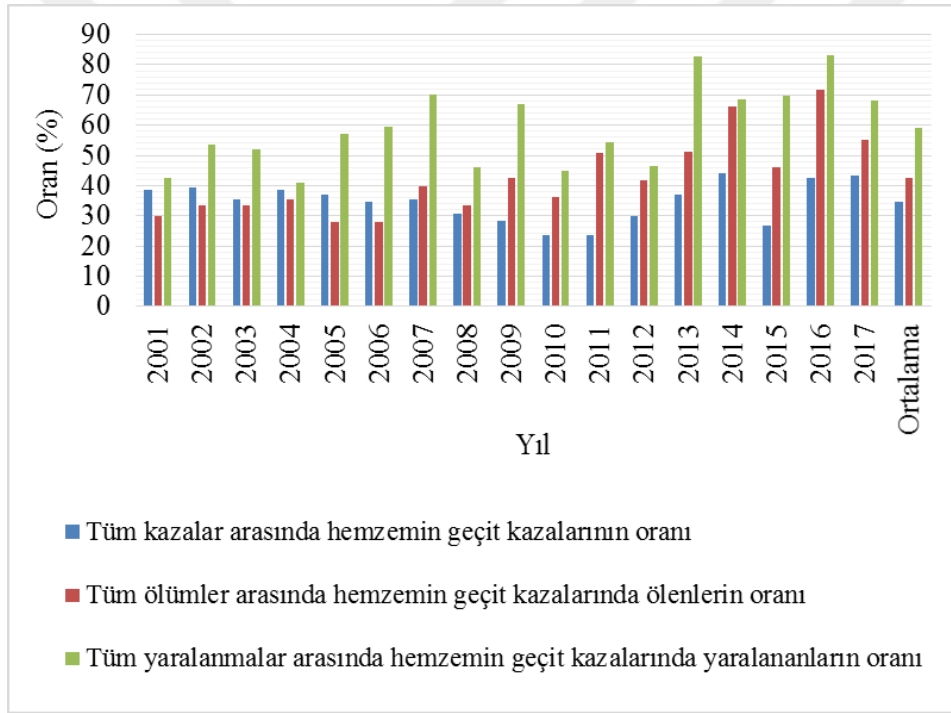
Şekil 3.15 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanmaların kaza türlerine göre dağılımı (2001–2017) [96,98,99].

Şekil 3.15 incelendiğinde 17 yıllık süreçte Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları nedeniyle yaralananların %27'sinin diğer türdeki demiryolu kazaları sonucu yaralanan yolcular ve personeller, %19'unun trenin şahsa çarpması sonucunda yaralanan kişiler ve %54'ünün ise hemzemin geçit kazaları sonucu yaralanan kişiler olduğu görülmektedir. 2001–2017 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucunda gerçekleşen yaralanmaların yarısından fazlası, hemzemin geçit kazaları nedeniyle meydana gelmiştir. Şekil 3.16'da ise 17 yıllık süreç içerisinde meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanmaların yıllara ve kaza türlerine göre değişimi görülmektedir.



Şekil 3.16 : Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları sonucu yaralanma sayılarının yıllara göre değişimi (2001–2017) [96,98,99].

Şekil 3.16 incelendiğinde Türkiye’de 2001–2017 yılları arasında hemzemin geçit kazaları nedeniyle gerçekleşmiş olan yaralanmaların, trenin şahsa çarpması kaynaklı yaralanmalardan ve diğer türdeki demiryolu kazaları kaynaklı yaralanmalardan 2004 yılı hariç olmak üzere her yıl daha fazla olduğu görülmektedir. Hemzemin geçit kazaları sonucunda meydana gelmiş olan yaralanmalar, 17 yıllık süreç içerisinde genelde azalan bir grafik izlemektedir. 2001 yılında hemzemin geçit kazalarından dolayı yaralanmış olan 163 kişi sayısının, 2017 yılında 17 kişiye düşmesiyle; yaralanma sayısının %90 oranında azaldığı görülmektedir. Şekil 3.17’de ise Türkiye’de 2001–2017 yılları arasında meydana gelmiş olan tüm demiryolu kazaları içerisinde hemzemin geçit kazalarının ve sonuçlarının yıllık ve ortalama gerçekleşme yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 3.17 : Türkiye’de gerçekleşmiş olan tüm demiryolu kazaları içerisinde hemzemin geçit kazalarının ve sonuçlarının yüzdeleri (2001–2017) [96,98,99].

Şekil 3.17 incelendiğinde, 17 yıllık süreçte Türkiye’de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları içerisinde hemzemin geçit kazalarının hiçbir yıl %24 oranının altına düşmediği ve bu süreçteki tüm demiryolu kazalarının ortalama %35 kadarının hemzemin geçit kazası olduğu görülmektedir. Demiryolu kazaları nedeniyle meydana gelmiş olan tüm ölümlerin arasında hemzemin geçit kazaları kaynaklı ölümlerin oranı ise hiçbir yıl %28’in altına düşmemiştir. 17 yıllık süreçte meydana gelmiş olan tüm ölümlerin ortalama %42 kadarı hemzemin geçit kazaları sonucunda

meydana gelmiştir. Ayrıca bu süreç içerisinde demiryolu kazaları nedeniyle meydana gelmiş olan tüm yaralanmaların ortalama %59 kadarı hemzemin geçit kazalarından kaynaklanmıştır ve bu yaralanmalarda hemzemin geçit kazalarının payı hiçbir yıl %41'in altına düşmemiştir.

Türkiye'de meydana gelmiş olan demiryolu kazaları ve sonuçları istatistiksel olarak incelendiğinde, hemzemin geçitlerde gerçekleşen kazaların sayısının ve sonuçlarının diğer demiryolu kaza türleri arasında hem geçmişte hem de günümüzde oldukça önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle hemzemin geçitlerde emniyeti artırmaya yönelik çalışmaların; emniyet değerlendirme sürecinden başlanıp, diğer faaliyetlere uzanan yolda sistematik, kapsamlı ve ciddi bir şekilde yürütülmesi Türkiye'de de son derece önemli ve elzem bir konu olmaktadır.

3.2.3 Türkiye'de hemzemin geçitlerde alınan tedbirlerin ve uygulama esaslarının incelenmesi

Türkiye'de, demiryolu hemzemin geçit bölgelerinde uygulanacak olan tasarım, yapım, bakım, işletme ve işaretleme esasları; Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı bünyesinde 3.7.2013 tarihinde resmi gazetede yayımlanmış olan 28696 sayılı "Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkındaki Yönetmelik" ile belirlenmiştir. Sonrasında, 8.9.2016 tarihinde ise 3.7.2013 tarihinde yayımlanmış olan yönetmeliğe çeşitli düzeltmelerin, yeni maddelerin ve çizimlerin eklenmiş olduğu 29825 sayılı "Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkındaki Yönetmelik'te Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" yayımlanmıştır [6,7]. Yukarıda bahsedilen hemzemin geçit yönetmeliğinde belirtilmiş olan esaslar, 2016 yılında yapılmış olan düzenlemeler de göz önünde bulundurularak bu bölümde detaylı bir biçimde incelenmektedir.

Yönetmelikte belirtilen hükümler, ulusal demiryolu altyapısı ağı üzerinde işletilen tüm hemzemin geçitleri kapsamakla beraber, ulusal demiryolu hatlarıyla bağlantılı olan iltisak hatları üzerinde işyeri araç geçişleri için özel olarak açılmış olan hemzemin geçitleri, metro, tramvay ve benzeri hatlar üzerindeki hemzemin geçitleri ve hafif raylı sistem hatları üzerinde açılmış olan hemzemin geçitleri kapsamamaktadır [6].

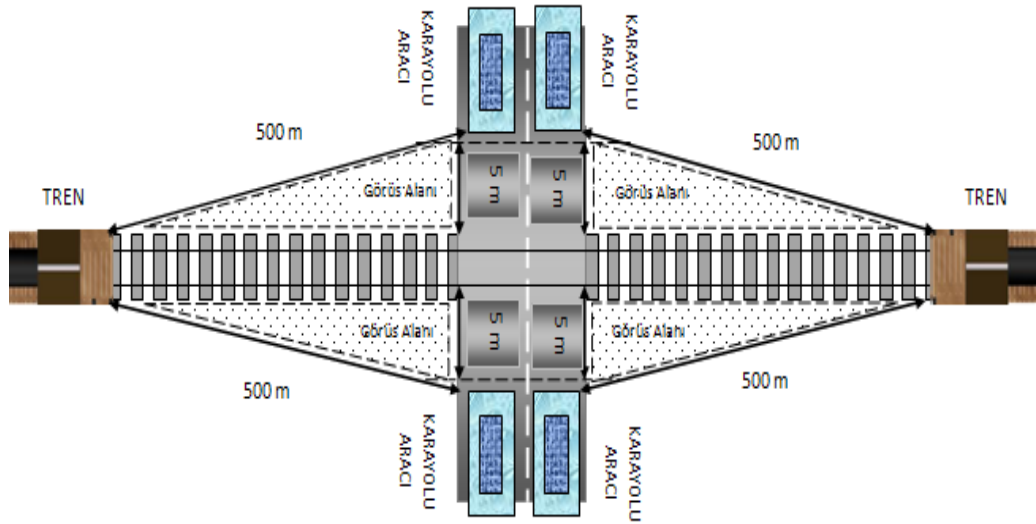
Demiryolu hemzemin geçitleri, fiziksel ve işletmesel yönlerden birbirinden tamamen farklı olan iki ulaşım türünü bir araya getirmektedir. Bu temelde, demiryolu veya karayolu altyapı işletmesinden sorumlu olan kurum veya kuruluşların, hemzemin geçit bölgelerinde yerine getirmekle yükümlü oldukları görev ayırımının yapılması ihtiyacı da doğmaktadır. Demiryolu hemzemin geçitlerinde, yola en yakın raydan itibaren her iki yönde 5 metrelik mesafeler dışında kalan kesimde yaklaşım yollarının yapımı, bakımı, işletilmesi, trafik levhalarının tesisi, işaretlemlerinin yapılması ve tüm bunların onarımı ile ilgili uygulamalardan karayolunun bağlı olduğu kurum veya kuruluş sorumlu olmaktadır. Yola en yakın raydan itibaren her iki yönde 5 metrelik mesafeler içinde kalan kesimde ise koruma sistemleri, ray devreleri, demiryolu araç sürücüsüne yönelik levhalar, hemzemin geçit kaplamaları gibi bileşenlerin tesis edilmesi, bakımı, onarımı ve işletilmesi ile ilgili uygulamalardan ise demiryolu altyapı işletmecisi sorumlu olmaktadır [7].

Daha önce de belirtildiği üzere Türkiye’de hemzemin geçitler koruma sistemlerine göre sınıflandırılmakta olup, bu durumda hemzemin geçit sınıfları;

- Herhangi bir mekanik (elle kontrol edilen) veya otomatik koruma sistemi barındırmayan; yaklaşım yolu işaret levhaları, lokomotif, dur ve çapraz işaret levhaları yerleştirilen serbest hemzemin geçitler,
- Bekçili–bariyerli hemzemin geçitler,
- Flaşörlü–anlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitler olarak belirlenmektedir [6].

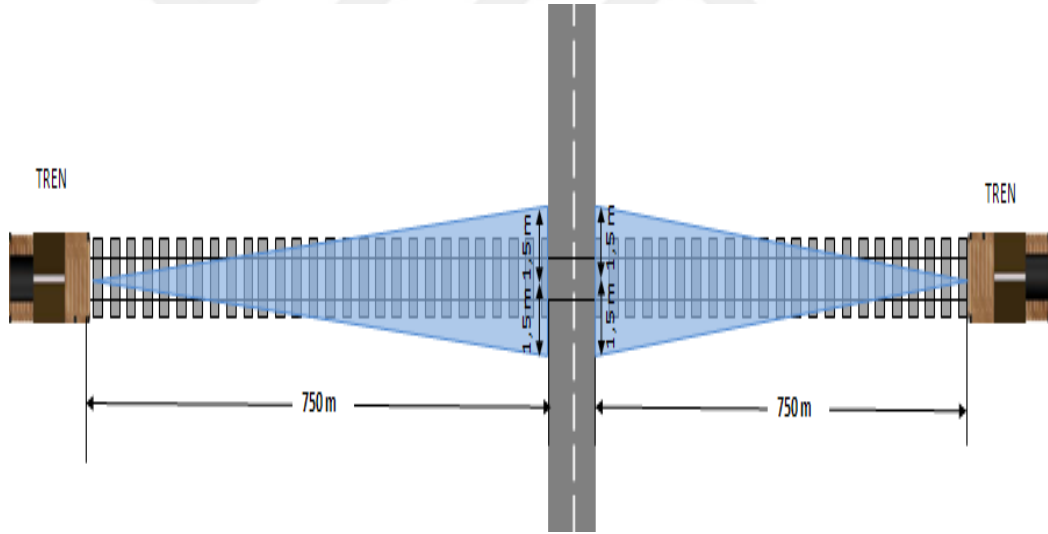
Yönetmelikte belirtilen esaslara göre, yeni hemzemin geçit aılamayacak ve mevcut olan hemzemin geçitlerin ise alt/st geçit haline getirilmesi gereken ya da tamamen kapatılarak trafiğin başka bir hemzemin geçit veya alt/st geçide yönlendirilmesi gereken durumlar ve demiryolu kesimleri ise;

- Yeni inşa edilen veya edilecek demiryolu hatları,
- Demiryolu aracının 160 km/sa. hızını aştığı konvansiyonel demiryolu hat kesimleri ve YHT hatları,
- şekil 3.18’de grldği üzere taşıt sürücülerinin hemzemin geçide 5 metre mesafede bulunan güvenlik çizgisinden, herhangi bir yönde demiryolunun en az 500 metrelik kısmını göremedikleri kesimler,



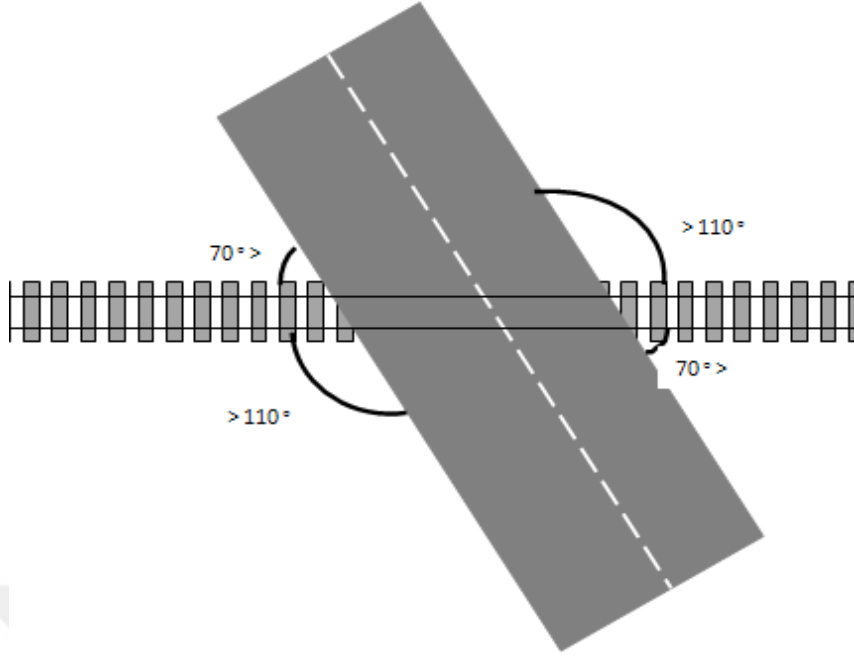
Şekil 3.18 : Karayolu taşıtı görüş mesafesi (min. 500 metre) [6].

- Şekil 3.19’da görüldüğü üzere demiryolu araç sürücüsünün hemzemin geçit bölgesini idrak edebilmek için herhangi bir yönde, geçitle lokomotifin arasında 750 metreden daha kısa mesafeye ihtiyaç duyduğu kesimler,



Şekil 3.19 : Demiryolu aracı görüş mesafesi (min. 750 metre) [6].

- Yatay kurp yarıçapının 500 metreden daha az olduğu demiryolu kesimleri ve kurp geçiş eğrisi kesimleri,
- Şekil 3.20’de görüldüğü üzere hemzemin geçit ve geçit yaklaşım yolunun, geçit güvenlik çizgisinden itibaren en az 30 metrelik kesimler içerisinde kesişme açılarından herhangi birisinin 70 dereceden daha küçük veya başka bir deyişle 110 dereceden daha büyük olduğu durumlar,



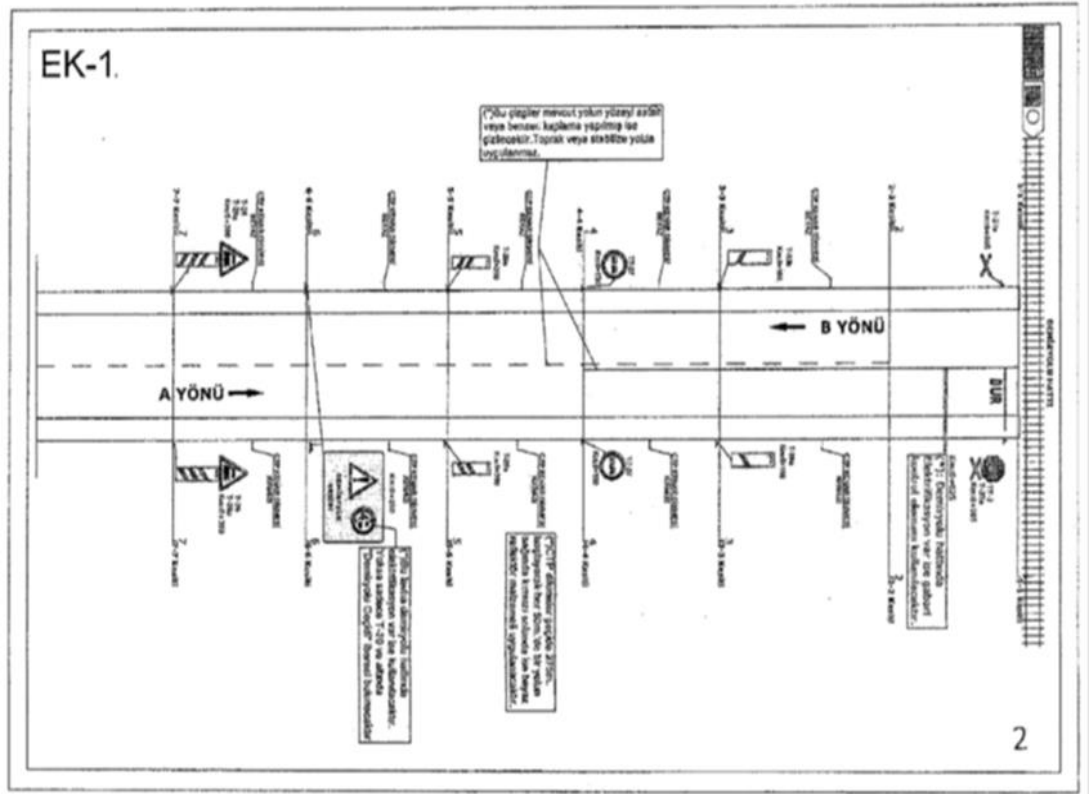
Şekil 3.20 : Kesişme açıları (verevlik) [6].

- Ardışık iki demiryolu hemzemin geçidi arasındaki mesafenin, yerleşim yerleri içerisinde 1.000 metreden; yerleşim yerleri dışında ise 5.000 metreden daha az olduğu durumlar,
- Yukarıdaki diğer ölçütlere uygun olsa da hemzemin geçitten son bir yılda geçen tren sayısının yıllık ortalama günlük değeri ile hemzemin geçidi kullanan taşıt sayısının YOGT değeri çarpımı olan seyir momenti katsayısının 30.000 değerini aştığı kesimler olarak belirlenmiştir [6,7].

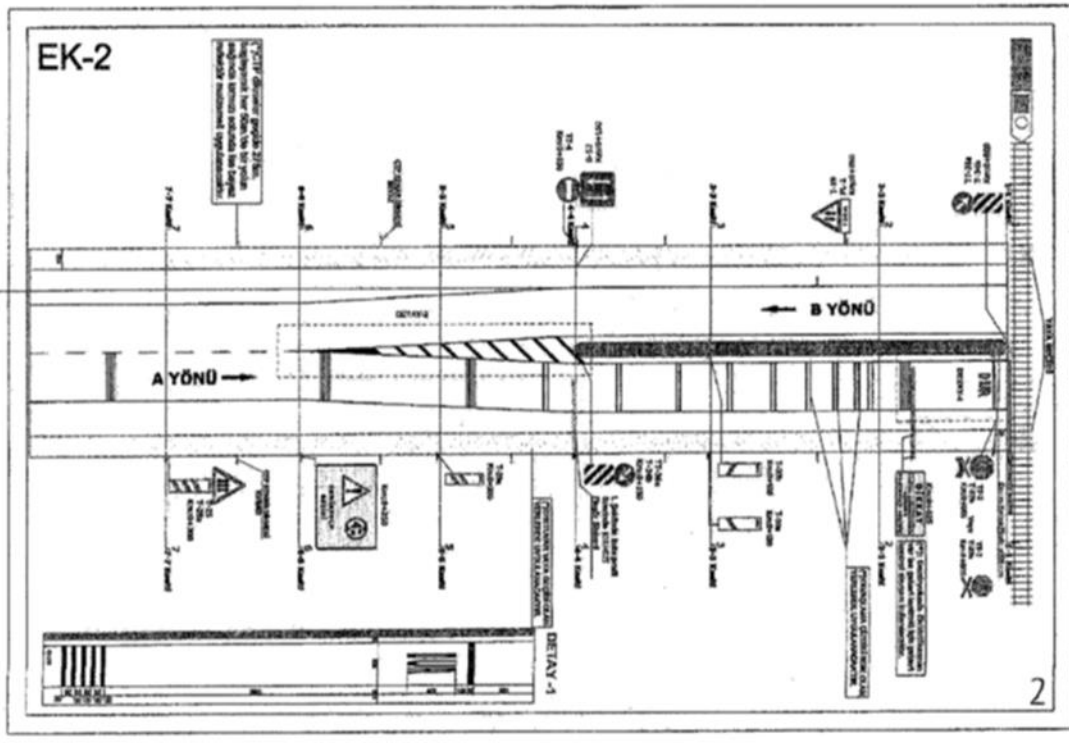
Seyir momenti katsayılarının belirlenme sürecinde karayolları idaresi, belediyeler, il özel idareleri, TCDD ve valilikler ortak çalışmaktadır. Karayolları idaresi, belediyeler ve il özel idareleri herhangi bir hemzemin geçidi kesen ve sorumlu oldukları taşıt yollarından geçen YOGT değerlerini, her yıl nisan ayının sonuna kadar valiliklere iletir. Bu kurum veya kuruluşların sorumluluğunda olmayan ve herhangi bir hemzemin geçidi kesen tarla yolu gibi yolların YOGT değerleri ve son bir yılda geçitlerden geçen tren sayısının yıllık ortalama günlük değerleri ise TCDD bölge müdürlükleri tarafından valiliklere iletilir. Valilikler tarafından hesabı ve kontrolü yapılan seyir momenti değerleri, ilgili kurum ve kuruluşlara yazılı biçimde tekrar iletilir. Böylece ilgili kurum ve kuruluşlar, güncel seyir momenti değerlerini kullanarak gerekli tedbirleri almak durumundadır [6].

Türkiye’de işletilen hemzemin geçitlerin tiplerinin (koruma sisteminin) ve geçit bölgelerine tesis edilecek trafik işaretlerinin seçimi ise hemzemin geçit kesimindeki demiryolu aracı hızına ve karayolu–demiryolu trafik yoğunluğuna (seyir momentine) bağlı olarak yapılmaktadır. Bu durumda;

- Seyir momentinin en fazla 3.000 değerine ulaştığı ve demiryolu araç hızlarının en fazla 120 km/sa. olduğu konvansiyonel demiryolu hat kesimlerinde, yönetmeliğin birinci ekinde (Şekil 3.21) ve KGM tarafından yayımlanan el kitaplarında belirtilen yaklaşım yolu ve hemzemin geçit güvenlik çizgisi trafik işaretlerine sahip serbest hemzemin geçitler,
- Seyir momentinin en fazla 30.000 değerine ulaştığı ve demiryolu araç hızlarının en fazla 160 km/sa. olduğu konvansiyonel demiryolu hat kesimlerinde ise, yönetmeliğin ikinci ekinde (Şekil 3.22) ve KGM tarafından yayımlanan el kitaplarında belirtilen yaklaşım yolu ve hemzemin geçit güvenlik çizgisi trafik işaretlerine sahip bekçili–bariyerli veya flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitler işletilebilmektedir [6,7].



Şekil 3.21 : Yönetmeliğin birinci ekinde örnek bir çizim [7].



Şekil 3.22 : Yönetmeliğin ikinci ekinde örnek bir çizim [7].

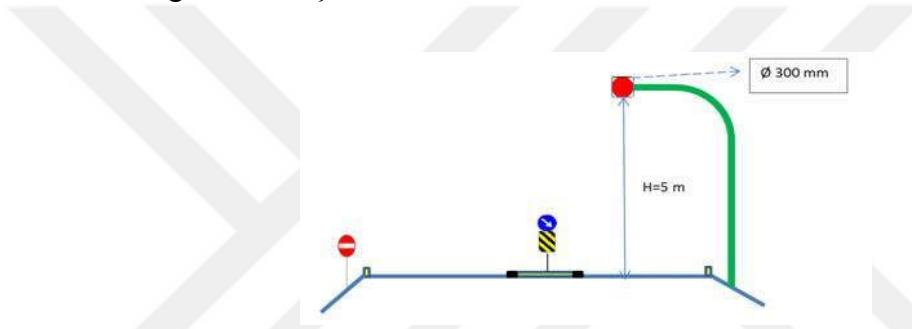
Bu durumda, Türkiye’de seyir momenti ve demiryolu araç hızına göre hemzemin geçit tipi seçim kriterleri, yönetmelikte belirtilen esaslar doğrultusunda Çizelge 3.27’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.27 : Türkiye’de seyir momenti ve demiryolu araç hızına göre hemzemin geçit tipi seçimi [6,7].

Seyir momenti	Demiryolu araç hızı (km/sa.)	Geçit tipi
	120'ye eşit veya 120'nin atında	Serbest
3.000'in altında veya 3.000'e eşit	120 ile 160 arasında veya 160'a eşit	Bekçili–bariyerli veya Flaşörlü– çanlı ve otomatik bariyerli
	160'ın üzerinde	Kapatma veya alt/üst geçit tesisi
	120'ye eşit veya 120'nin atında	Bekçili–bariyerli veya Flaşörlü– çanlı ve otomatik bariyerli
3.000 ile 30.000 arasında veya 30.000'e eşit	120 ile 160 arasında veya 160'a eşit	Bekçili–bariyerli veya Flaşörlü– çanlı ve otomatik bariyerli
	160'ın üzerinde	Kapatma veya alt/üst geçit tesisi
30.000'in üzerinde	Tüm hızlar	Kapatma veya alt/üst geçit tesisi

Türkiye’de, seyir momentinin 3.000 ve 30.000 değeri arasında olduğu hemzemin geçitlerde ise Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’de örnek birer sayfaları görünen, yönetmeliğin birinci ve ikinci ekine göre uygulanacak fiziki özellikler ve trafik ekipmanları ise aşağıdaki şekildedir.

- Bu hemzemin geçitlerde, hemzemin geçit güvenlik çizgisine tesis edilecek flaşörün yanı sıra, geçit yaklaşımında taşıt yolu üzerine de ayrıca Şekil 3.23’te görülen “L” şeklinde profil üzerine monte edilmiş kırmızı flaşörlü geçit yaklaşım uyarı sinyali tesis edilir. Çizelge 3.28’de ise Şekil 3.23’te bahsedilen kırmızı flaşörlü yaklaşım uyarı sinyalinin, geçit güvenlik çizgisinden itibaren ne kadar mesafe içerisinde taşıt yoluna tesis edileceğinin bilgisi verilmiştir.



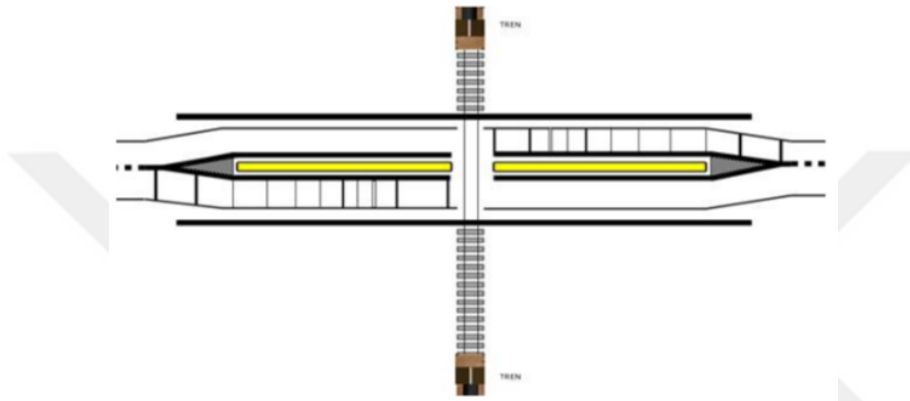
Şekil 3.23 : “L” şeklinde profil üzerinde kırmızı flaşörlü geçit yaklaşım uyarı sinyali [6].

Çizelge 3.28 : Kırmızı flaşörlü geçit yaklaşım uyarı sinyalinin geçit güvenlik çizgisine mesafesi [7].

Karayolu tasarım hızı (km/sa.)	Yaklaşım uyarı sinyali mesafesi (m)
20	20
30	30
40	45
50	60
60	75
70	100
80	120
90	145
100	175
110	200
120	235
130	270

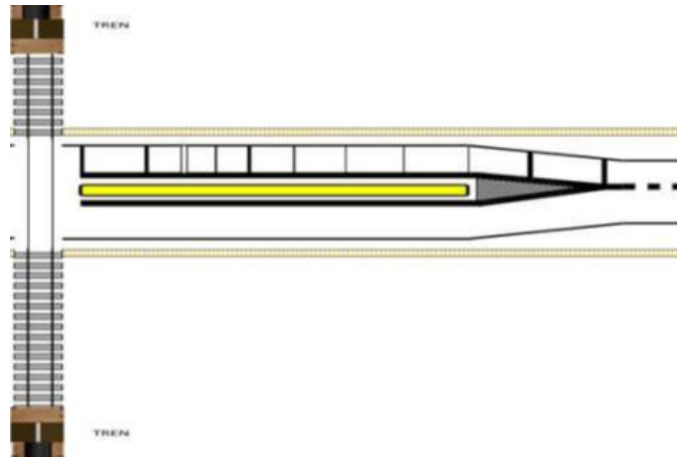
- Bu hemzemin geçitlerde, geçidin her iki tarafındaki yaklaşımlarda taşıt yolunun 150 metrelik kesimleri asfalt ya da parke taş kaplanır.

- Bu hemzemin geçit yaklaşımlarında, karayolu kaplaması üzerine; karayolu taşıtlarının geçide daha kontrollü girmelerini sağlayacak kasis vb. fiziki hız kesiciler ve/veya yaklaşım uyarı ve yavaşlatma çizgileri yerleştirilmektedir.
- Bu hemzemin geçitlerin yaklaşımında geçidin her iki tarafında da karayolu, 150 metre boyunca 25 cm yüksekliğinde ve sarı renkli taş malzeme kullanarak refüj tesis etmek ya da A tipi New Jersey kullanarak beton korkuluk yerleştirmek suretiyle ortadan ayrılmalıdır. Bu durum, şekil 3.24'te gösterilmektedir.



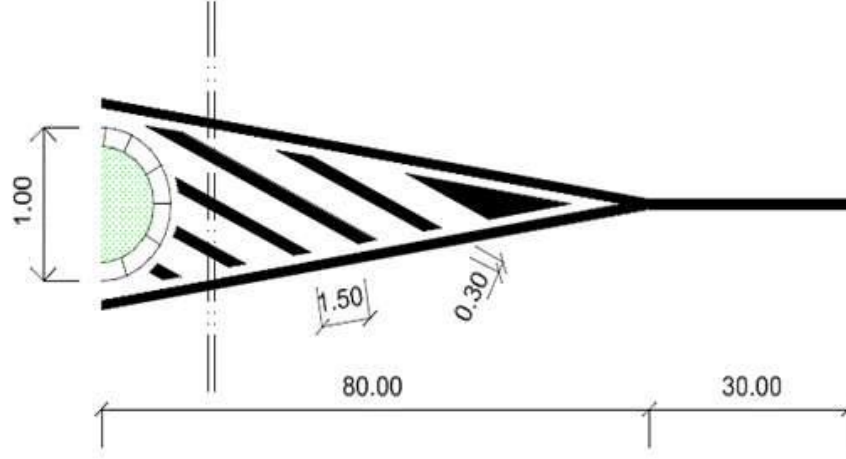
şekil 3.24 : Karayolunun refüj veya beton korkuluk ile ayrılması [6].

- şehir içinde işletilen, seyir momenti 3.000 ile 30.000 değeri arasında olan hemzemin geçitlerde yayaların geçidi daha rahat kullanmalarını sağlamak amacıyla geçit yaklaşımlarında her iki tarafta en az 150 metre boyunca 10 cm yüksekliğinde, sarı renkli ve 1,5 metre genişliğinde yaya kaldırımını inşa edilmelidir. Bu kaldırımların da sağ tarafına kırmızı ve sol tarafına ise beyaz renkli, reflektörlü CTP dikmeleri yerleştirilmelidir. Bu durum, şekil 3.25'te görülmektedir.



şekil 3.25 : CTP kenar dikmesi ve yaya kaldırımını uygulaması [6].

- Ayrıca seyir momentinin 3.000 ile 30.000 değeri arasında olduğu bu tür hemzemin geçitlerde, refüj fiziki burnuna 80 metrelik ofset taraması yapılır. Bu durum, Şekil 3.26’da görülmektedir [6,7].



Şekil 3.26 : Fiziki burun ofset taraması [6].

Hemzemin geçitlere tesis edilen koruma sistemi bileşenlerinin barındırması gereken özellikler ise aşağıda belirtilmiştir.

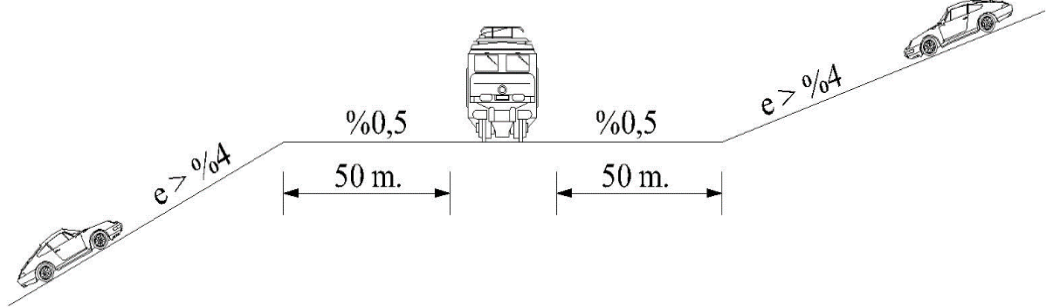
- Geçide kurulan koruma sistemi, demiryolu aracının geçide ulaşmasına en az 25 saniye süre varken kapalı duruma başka bir deyişle taşıt trafiğini durduracak konuma geçmelidir.
- Otomatik veya mekanik bariyer tesis edilmiş hemzemin geçitlerde bariyer kolunun tamamı; kırmızı ve beyaz renklerden oluşan, ışığı yansıtıcı ve reflektörlü malzemeler ile kaplanmalıdır. Ayrıca bariyer üzerinde, bariyer kolu aktif hale geldiğinde bariyer mekanizmasına en uzak olanın sabit; diğer ikisinin ise yanar söner olarak çalışmaya başlayıp, geçit karayolu trafiğine açılana kadar bu şekilde devam etmesi gereken 3 adet kırmızı renkli lamba monte edilmelidir.
- Bariyerler, taşıt trafiğine en yakın olan raya karayolu doğrultusunda en az üç metre mesafede olacak şekilde konumlandırılmalıdır.
- Bariyer kollarının boyu en fazla 6 metredir. Çift yönlü yollarda bariyerler trafiğin akış yönüne göre her iki tarafta yolun sağ şeridini kapatacak şekilde konumlandırılmalıdır. Yol genişliği 6 metreden fazla olan yollarda taşıtların hemzemin geçide giriş yapacağı tarafa iki adet bariyer tesis edilmelidir. Bariyerler kapandıklarında hemzemin geçit açıklığını tamamen örtmelidir.

- Bekçili–bariyerli hemzemin geçitlerde, mekanik bariyerin ve hemzemin geçit bölgesinin kontrolü için 24 saat boyunca, yetkili otoritelerce sertifikalandırılmış görevli personel bulunmalıdır.
- Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitlerde, demiryolu aracının geçide yaklaşımı ile bariyer sisteminin çalışmaya başlamasının hemen ardından flaşörler ve çanlar çalışmaya başlamalıdır. Böylece kırmızı renkte sıra ile yanıp sönen iki ışıklı flaşör ve yüksek tonda, yavaş vuruşlar ile ses üreten çanlar taşıt yolu sürücüsüne ve yayalara hemzemin geçidin kullanıma kapalı olduğu haberini vermektedir.
- Flaşör lambaları, aktif haldeyken gün ışığında 25 derecelik açı ile bakıldığında net olarak fark edilebilecek kalitede olmalıdır. Ayrıca TS EN 12368 numaralı standarda uygun olarak ikisi de dakikada en az 60 kez yanma–sönme kapasitesine sahip olmalı ve birbirleriyle eşzamanlı şekilde çalışabilmelidir.
- Elektromekanik çan ise aktif hale geldiğinde dakikada en az 100 vuruş yapmalıdır ve çanın ön yüzünden 3 metre uzaklıkta 20 derece açı ile ölçülen ses en az 85 desibel yüksekliğinde olmalıdır [6].
- Bekçili–bariyerli ve flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitlerde, geçidi işleten otorite tarafından kameralı izleme sistemleri tesis edilir. Kameralı izleme sistemleri, tesis edildikleri bölgede eğer mevcut ise ve teknik bir altyapı problemi bulunmuyorsa polis veya jandarma gibi kolluk kuvvetlerinin elektronik denetleme sistemlerine entegre edilmek zorundadır. Böylece kameralı sistem ile denetlenen hemzemin geçitlerde, geçit yaklaşım ve geçiş kurallarına uymayan kullanıcılara kolluk kuvvetleri tarafından gerekli yaptırımlar uygulanmaktadır [7].

Demiryolu hemzemin geçit bölgelerindeki genel fiziki standartlar ve genel düzey trafik işaretleri ise aşağıdaki şekilde olmalıdır.

- Hemzemin geçidin her iki tarafında, karayolundan yaklaşımda rahatça fark edilebilecek ve okunabilecek şekilde “Demiryolu Acil Durum İhbar Hattı” telefon numaraları belirtilmelidir.
- Hemzemin geçitleri kesen taşıt yollarının, geçit yaklaşımında her iki taraftan en az 50 metrelik kesimleri, ray üst kotu ile aynı seviyelerde olmalı ve özellikle maksimum %4 boyuna eğime sahip olmalıdır. %4’ün üzerinde

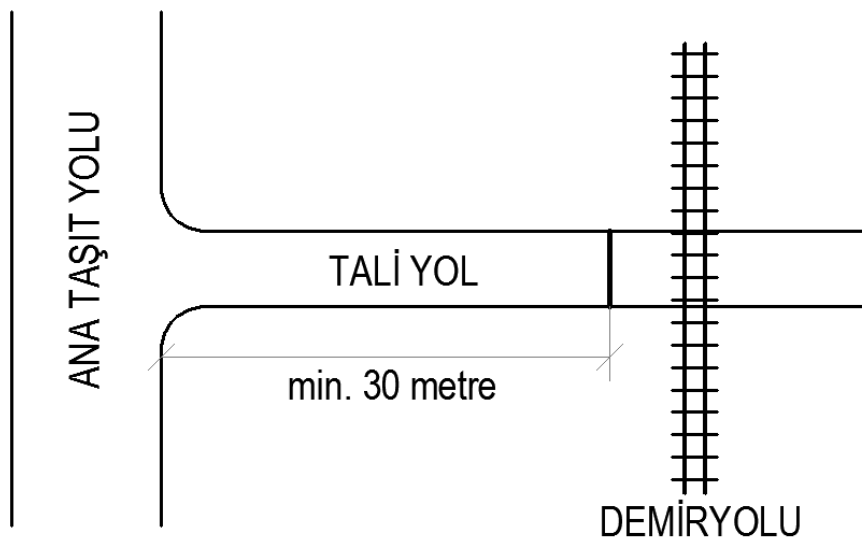
boyuna eğime sahip yaklaşım yollarının 50 metrelik kesimleri, asgari drenaj şartlarını da sağlayacak biçimde minimum %0,5 boyuna eğim ile tekrar düzenlenmelidir. Bu durum, Şekil 3.27’de görselleştirilmiştir.



Şekil 3.27 : Hemzemin geçit yaklaşımında taşıt yolu eğimi (maks. %4) [6,7].

- Hemzemin geçitlerde uygulanacak trafik işaretlerinin belirtildiği yönetmelik birinci ve ikinci ekine göre, tüm hemzemin geçitlerde, taşıt yoluna en yakın olan raydan taşıt yoluna doğru 5 metrelik mesafeye başka bir deyişle güvenlik çizgisine “DUR” çizgisi yerleştirilir ve yol kenarına “DUR” levhası tesis edilir. Güvenlik çizgisinin 1 metre ilerisinde ise taşıt yolu kaplaması üzerine “DUR” yazısı yerleştirilir. Bu uygulamanın amacı, karayolu taşıt kullanıcılarında farkındalık yaratarak hemzemin geçit yaklaşımında demiryolu gabarisine kontrollü bir biçimde girmelerini sağlamaktır.
- Hemzemin geçit yaklaşımlarında taşıt yolu trafik işaretleri; 100 metre, 200 metre ve 300 metre aralıklarla taşıt sürücüsünü kademeli şekilde uyaracak biçimde taşıt yolu kenarına tesis edilir. Geçitten 300 metre ileride yol kenarına T-25 (kontrollü hemzemin geçit) ya da T-26 (kontROLSÜZ hemzemin geçit) levhaları tesis edilir. Bu levhaların geçit yönünde 50 metre ilerisine dikdörtgen levha içerisine, T-20 (Dikkat) levhası ve yanına gabari kontrolü varsa TT-21 gabari kontrol levhası ve bu levhaların altına ise “DEMİRYOLU GEÇİDİ” yazılır. Levhaların, taşıt sürücüleri ve yayalar tarafından rahatça fark edilebilmeleri adına, bu levhalarda yüksek performanslı yansıtıcı malzemeler kullanılmaktadır.
- Hemzemin geçitlerde, boden boşluğu teşkili amacı ile ray mantarı iç yanağından itibaren 55 mm genişlikte ve ray mantarı üst kotundan itibaren 50 mm derinlikte olacak şekilde boşluk bırakılır.

- Hemzemin geçitlerde, karayolu taşıtlarının emniyetli ve konforlu bir şekilde geçidi terk edebilmesi amacı ile kompozit veya kauçuk hemzemin geçit kaplaması kullanılmalıdır.
- Hemzemin geçitlerin kullanımı sırasında karayolu taşıt altlarının raylara takılmasını önlemek amacı ile geçit kaplaması, ray mantarı üst kotu ile aynı seviyede teşkil edilmelidir.
- Üzerinde hemzemin geçit bulunan demiryolu yatay kurplarının deveri, maksimum 105 mm olmalıdır.
- Hemzemin geçitlere, demiryolundan ya da karayolundan gelecek suların drenajını sağlamak amacı ile drenaj kanalları inşa edilmelidir. Bu drenaj kanallarının sağlıklı bir şekilde görevini yerine getirmesi için yapılacak yapım, bakım, onarım vb. uygulamalar geçidin yapılmasından sorumlu kurum veya kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmelidir.
- Tali yol üzerinde bulunan hemzemin geçitlerde, geçit güvenlik çizgisinden anayol katılımına doğru olan mesafenin en az 30 metre olması gerekmektedir. Böylece geçidi kullanan taşıt sürücülerinin anayola katılım için yeterli bekleme alanına sahip olmaları ve anayoldan tali yola ayrılarak geçidi kullanan taşıt sürücülerinin geçit bölgesini tam anlamıyla idrak edemeden direkt hemzemin geçitle karşılaşmamaları ve ayrıca yeterli bir bekleme alanına sahip olmaları amaçlanmaktadır. Bu durum, Şekil 3.28’de görselleştirilmiştir.



Şekil 3.28 : Ana taşıt yolu–geçit güvenlik çizgisi arasındaki minimum mesafe [6].

- Hemzemin geçitlerden 750 metre önce her iki tarafta demiryolu kenarına “DİKKAT HEMZEMİN GEÇİT DÜDÜK ÇAL” levhası tesis edilir.
- Şehir içi geçişler hariç olmak üzere hemzemin geçit yaklaşımlarında karayolu şerit genişliği araçların birbirlerini sollayamayacağı şekilde daraltılmalıdır.
- Yerleşim merkezlerinde işletilen hemzemin geçitlerde, engelli kişilerin ve yayaların geçidi emniyetli ve konforlu bir biçimde kullanmalarını sağlamak amacı ile geçidin iki tarafına da en az 1 metre genişliğinde yaya yolu tesis edilir [6,7].

2016 yılında yapılan düzenlemelere göre, Türkiye’de bulunan hemzemin geçitler, yönetmeliğin ilk yayım tarihi olan 3.7.2013 tarihinden itibaren 5 yıl içerisinde ve TCDD sorumluluğunda yukarıda bahsedilen uygulama esaslarına uygun hale getirilmelidir. Ancak 4.7.2018 yılında yayımlanan, değişikliğe dair yönetmeliğe göre; bu süre, 3.7.2013 tarihinden itibaren toplam 8 yıl olmak üzere tekrar güncellenmiştir. Bu sürenin sonunda, bu esaslara uygun hale getirilmediği ya da zamanla değişen özellikleri nedeniyle bu esaslara yine uymadığı tespit edilen hemzemin geçitlerin, ileriye dönük 6 ay içerisinde de halen bu esaslara uygun hale getirilmediği tespit edildiği takdirde valilikler tarafından tamamen kapatılması söz konusu olacaktır [6-8]. Bu durum; Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı’nın son yıllarda, Türkiye’de bulunan hemzemin geçitlerdeki emniyet performansını çeşitli yaptırımlarla en kısa sürede artırmaya çalıştığının bir göstergesi olarak düşünülmektedir.

3.2.4 Türkiye’de hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi ile ilgili yapılan çalışmalar

Türkiye’de demiryolu hemzemin geçitlerinde emniyetin değerlendirilmesi başka bir deyişle riskin ölçülmesi ve bu değerlendirmeler sonrasında gerekli eylemlerin hayata geçirilmesi adına hem TCDD bünyesinde hem de akademik çerçevede çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Hemzemin geçitlerin durumu ile ilgili istatistikler ve kaza istatistikleri incelendiğinde de anlaşılaacağı üzere demiryolu emniyeti açısından önemini sürekli koruyan hemzemin geçitler için TCDD-Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlükleri bünyesinde ve Emniyet Yönetim Sistemi çerçevesinde 2015 yılında kapsamlı risk analizleri yapılmıştır [70]. Ayrıca son dönemde TCDD bünyesinde Ar-ge Dairesi

Başkanlığı tarafından, hemzemin geçit emniyetini etkileyen faktörlerin tecrübeye dayalı yöntemlerle önem ağırlıklarının belirlendiği bir “Hemzemin Geçitler Risk Ölçüm Modeli” üzerinde çalışıldığı ve seçilen pilot bölgelerde model sınamalarının yapılacağı bilinmektedir [Kaynak: TCDD, 2018]. Bunların yanında TCDD; son dönemde kaza araştırma, raporlama ve değerlendirme ile ilgili konulara daha da önem vererek ve bu konularla ilgili çalışma usullerini yönetmelikler haline getirerek, ileride daha da kapsamlı şekilde yapılabilecek risk analizi çalışmalarının önünü açmaktadır. Hemzemin geçitlerde risk analizi ile ilgili yürütülecek çalışmaların başarısı, temelde ve en büyük oranda kurum veya kuruluşlar tarafından tutulan hemzemin geçit özellik ve kaza verilerinin düzenliliğine ve kalitesine bağlı olmaktadır [66].

Türkiye’de 2012 yılında ve TCDD müşteriliğinde, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından bir “Türkiye Hemzemin Geçitleri Risk Modeli” oluşturma projesi başlatılmıştır. Model içeriğinin ise hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen trafik koşulları, insan kaynaklı etmenler, mühendislik hataları ve çevresel koşullar gibi faktörleri irdeleyen ve ayrıca daha sonradan veri girişine müsaade eden dinamik bir yapıda olması hedeflenmiştir. Ayrıca model çıktılarının da fayda–maliyet analizi içeren bir yapıda olması istenmiştir [100]. Yapılan literatür taramaları sonucunda ve TCDD’den alınan bilgilere göre, ilgili projede hedeflenen tüm nitelikleri yerine getiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Erdoğan ve Dikmen (2014), TCDD 3. Bölge Müdürlüğü bünyesinde Torbalı–Ödemiş ve Çatal–Tire demiryolu hatları üzerinde bulunan 10 adet hemzemin geçidi örnek olarak bir “Demiryolu Hemzemin Geçitleri Risk Ölçüm Modeli” oluşturmuştur. Model kurulumu sırasında, hemzemin geçit emniyetini etkileyen faktörlerin irdelenmesi yardımıyla bir hemzemin geçit risk katsayısı hesaplama modülü oluşturulmuştur. Sonuç olarak, hesaplanan risk katsayıları ile kaza geçmişleri birbiri ile karşılaştırıldığında, ölçülen risk değerlerinin ve gerçekleşmiş kaza sayılarının birbiri ile benzeştiği tespit edilmiştir [4].

Tabak (2014); Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı bünyesinde yürüttüğü ulaştırma ve haberleşme uzmanlığı tez çalışmasında, TCDD hemzemin geçit ve kaza verilerini inceleyerek, Türkiye’de meydana gelen hemzemin geçit kazalarının kök sebepleri ve hemzemin geçitlerde kazalara neden olan bu kök sebeplerin gerçekleşme olasılığı hakkında bilgiler sunmuştur [27].

Türkiye’de akademik çevrede de hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi adına çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Deniz (2010), hemzemin geçitlerin planlanması hakkında çeşitli ülkelerin izlediği yolları incelemiş; ancak çalışma kapsamında eldeki verilen yetersizliği sonucunda Türkiye için kapsamlı bir analiz yürütülemediğini belirtmiştir. Bu nedenle Türkiye’de hemzemin geçitlerin alt geçit veya üst geçit haline getirilmesi sırasında karar ölçütü olarak göz önünde bulundurulabilecek bir kuyruklanma saha çalışması yapmıştır [19].

Kırbıyık (2016), çalışmasında FMEA ve FTA (Hata Ağacı Analizi) yöntemlerini kullanarak otomatik yarım bariyerli hemzemin geçit sistemi için olası hata senaryoları ve oranlarını belirleyerek bir risk analizi yapmış ve bu sistem için bir risk indeksi belirlemiştir. Yarım bariyerli hemzemin geçit sistemlerinde, taşıt sürücülerinin özellikle zikzak hareketi ile geçit kullanım kurallarını ihlal etmesinin önüne geçilmesine dair alınabilecek çeşitli önlemleri ve sistem isterlerini tanımlayıp, örnek bir otomatik yarım bariyerli hemzemin geçit sistemi tasarlamıştır [39].

Özcan ve Öztürk (2017), Türkiye’de işletilen hemzemin geçitler için toplam hasar dağılımı analizi ile bir maliyet–fayda analizi çalışması yürütmüştür. Çalışma kapsamında, TCDD 1. Bölge Müdürlüğü’nden elde edilen 2000–2010 yılları arasındaki kaza ve olay verileri, Kolektif Risk Modeli’ne göre gerçek (konvolüsyon) ve yaklaşım yöntemleri kullanılarak işlenmiştir. Hemzemin geçit tiplerinin her biri için ayrı ayrı yapılan analizler sonucunda flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitlerde beklenen toplam hasar değerinin, serbest hemzemin geçitlere oranla oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hemzemin geçitlerin, serbest geçitlere göre doğrudan daha emniyetli olmadığı, ek önlemlerin de alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [3].

Bozalioğlu (2017), yürüttüğü çalışma kapsamında AHS metodunu kullanarak, Türkiye’de hemzemin geçit iyileştirme çalışmaları sırasında kullanılacak bir hemzemin geçit puanlama tablosu oluşturmuştur. Puanlama tablosunu kullanarak TCDD bünyesinde iyileştirilmesi düşünülen 5 adet hemzemin geçidin iki adedinin alt geçit, iki adedinin üst geçit ve bir adedinin de mevcut durum iyileştirmesi gerektirdiği sonucuna ulaştıktan sonra bu hemzemin geçitlerin iyileştirme/iptal etme maliyetlerini karşılaştırmıştır [22].

Aydın (2018), yürütmüş olduğu çalışma kapsamında, otomatik tam bariyerli hemzemin geçit sistemi için olası tehlikeleri ve bu tehlikelerin olası kök nedenlerini tanımlamıştır. Sonrasında, FMEA ve FTA yöntemlerini kullanarak yaptığı detaylı risk analizine göre, daha önceden tanımlamış olduğu tehlikeli durumlar için risk seviyesi ataması yapıp, istenmeyen ve kesinlikle ortaya çıkmaması gereken tehlikeler için risk azaltma uygulamaları tanımlamıştır. Sonuç olarak, otomatik tam bariyerli hemzemin geçit sisteminin emniyet ve fonksiyonel isterlerini tanımlayıp, sistemin otomat ve kontrol modelini oluşturmuştur [101].

Görüldüğü üzere Türkiye’de, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi hakkında hem TCDD bünyesinde hem de akademik çevrede çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların geneline bakıldığında, hemzemin geçitlerde risk analizinin istatistiksel yöntemlerle gerçekleştirilmesi konusunda veri temini aşamasında yaşanan zorlukların, çalışmaların boyutunu büyük derecede etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca hemzemin geçitlerde genel bir emniyet değerlendirme modeli kurulumunu hedef almış çalışmaların oldukça kısıtlı sayıda olduğu ve bunun yanında farklı hemzemin geçit sistemleri için çeşitli kontrol ve otomasyon modelleri oluşturmak adına bazı akademik çalışmaların yürütülmüş olduğu gözlemlenmektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere Türkiye’de 2001–2017 yılları arasında toplam 1.846 adet hemzemin geçit kazası meydana gelmiştir ve 2003–2017 yılları arasında da başta 4.520 adet olan hemzemin geçit sayısı, ekseriyetle kontrolsüz geçitlerin iptal edilmesiyle 3.010 adede düşürülmüştür. Ayrıca 2001 yılından günümüze, hemzemin geçit kazaları azalan bir grafik sergilemektedir. ABD ve Kanada gibi, Türkiye’ye göre hem hemzemin geçit sayısı hem de bu geçitlerin üzerinde meydana gelen kaza sayısı çok daha fazla ve çeşitli olan ülkelerde, hemzemin geçit emniyet değerlendirmesinin istatistiksel yöntemlerle modellenmesi; eldeki verilerin çokluğu, kalitesi ve düzenliliği sayesinde çok daha kolay başarılabilmektedir.

Üstelik Türkiye’de 2013 yılı öncesindeki yakın dönemde ve özellikle demiryollarının serbestleştirilmesi ile beraber 2013 yılı itibarıyla, demiryolu ulaşımını daha da geliştirme çalışmaları ve hemzemin geçitleri üç yıllık bir süreçte ivedilikle iyileştirme programı başlatılmıştır. Bu çalışmalar sırasında hemzemin geçitlerin birçoğunun özellikleri kısa bir zaman dilimi içinde değişmiş ve birçoğu da iptal edilmiştir. Ayrıca 2016 yılında 2 yıl uzatılan bu program, 2018 yılı itibarıyla 3 yıl daha uzatılmıştır. Bu durum, eldeki veri kayıtları kullanılarak istatistiksel tekniklerle

yapılacak ölçümlerin başarısını büyük ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Çünkü hemzemin geçitlerin uğradığı değişiklikler, işletilmedikleri süreler ve geçit ile kaza sayılarının sergilediği azalan grafik vb. durumlar; belli bir periyotta sürekli işlemiş ve karakteristikleri bu periyot boyunca aynı kalmış hemzemin geçitlerin yeterli sayıda ve çeşitlilikteki veri setlerini oluşturmayı zorlaştırmaktadır [6-8,15,94-99].

Bu çalışma kapsamında da, belirli bir hat kesimi üzerinde sekteye uğramadan 3 yıllık bir süre boyunca işlemiş ve karakteristikleri değişmemiş olan hemzemin geçitlerin verileri uzun uğraşlar sonucu elde edilmiştir. Ancak elde edilebilmiş olan veriler oldukça kısıtlı sayıdadır ve bazı geçit özellikleri bakımından oldukça tek düze bir dağılıma sahiptir. Örneğin; neredeyse tüm hemzemin geçitlerin tek bir demiryolu hattı kesmesi ve eldeki diğer örneklerin sayısının da yetersiz oluşu, demiryolu hat adedi faktörünün kazalar üzerindeki etkisinin istatistiksel tekniklerle analiz edilebilmesini imkânsız kılmaktadır. Bu temelde, veri seti ile yapılan çeşitli denemeler sonucunda, elde edilebilmiş olan verilerin istatistiksel tekniklerle tam bir risk analizi yapmaya müsaade etmediği tespit edilmiştir. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında, farklı bir sistematik yöntem kullanılarak çeşitli çıkarımlar yapılmış ve Türkiye’de işletilen hemzemin geçitlerde genel bir emniyet değerlendirmesi yapmaya olanak sağlayabilecek kompleks ağırlıklandırma bazlı ve bazı istatistiksel irdelemelerin de yapılmış olduğu bir model oluşturma süreci yürütülmüştür. Bu süreç, bir sonraki bölümde detayları ile birlikte anlatılmaktadır.



4. TÜRKİYE İÇİN ÖRNEK BİR MODEL OLUŞTURMA

Yapılan çalışmanın bu bölümünde; Türkiye için, hemzemin geçit emniyet faktörleri ile hemzemin geçit kazaları arasındaki ilişkiyi irdeleyerek çeşitli çıkarımlar yapmaya ve hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında alınacak kararların daha sistematik yollarla alınabilmesine olanak sağlayan örnek bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli oluşturulmuştur.

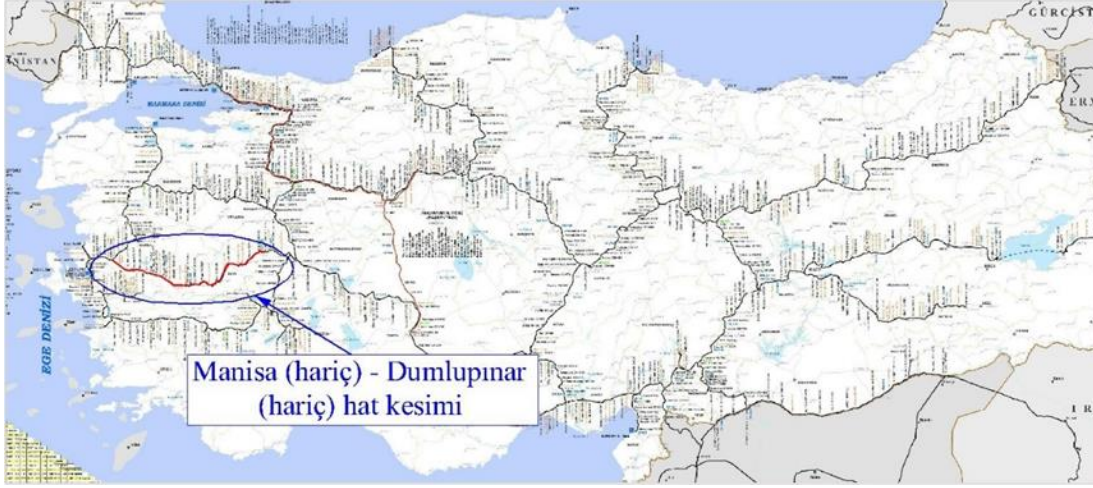
Model kurulum aşamalarında ve özellikle modele dâhil edilen hemzemin geçit emniyet faktörleri belirlenirken, daha önceki bölümlerde aktarımı yapılmış olan literatür taraması çalışmalarından ve Bölüm 3.2.3'te detaylı bir şekilde incelenmiş olan Türkiye demiryolu hemzemin geçit yönetmeliğinden [6] ve güncellemelerinden [7] yararlanılmıştır. Ayrıca, belirlenmiş olan emniyet faktörlerinin eldeki veri setinde tespit edilebilir olmasına dikkat edilmiştir.

Modelin kurulumu öncesinde yapılan hazırlık çalışmaları, modelin kurulum aşamaları ve model kurulumu sonrasında yürütülen çalışmalar ilerleyen kısımlarda detayları ile birlikte anlatılmaktadır.

4.1 Verilerin İncelenmesi

Model kurulumu sırasında TCDD 3. Bölge Müdürlüğü tarafından sağlanan ve Basmane–Afyon konvansiyonel demiryolu hattının 305 kodlu Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi üzerinde bulunan 157 adet hemzemin geçidin özellik verilerinden ve bu hemzemin geçitler üzerinde 2014–2016 yılları arasında meydana gelmiş olan kaza geçmişi verilerinden yararlanılmıştır [14]. Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesiminin Türkiye'deki lokasyonu Şekil 4.1'de görülmektedir.

Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesiminin güzergâhı ise Şekil 4.2'de görülmektedir. Görüldüğü üzere ilgili hat kesimi, Km: 66+048'de Manisa'dan başlayıp, Uşak'tan geçerek Km: 357+799'da Kütahya'da son bulmaktadır.



Şekil 4.1 : Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesiminin Türkiye’deki lokasyonu [102].



Şekil 4.2 : Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi güzergâhı [102].

İlgili hat kesiminin, yapılan çalışmada üzerinde durulan zaman periyodu (2014–2016 yılları arası) içerisinde sahip olduğu bazı önemli özellikler ise Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere 2014 yılı itibarıyla Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi hem yolcu hem de yük taşımacılığı yapılan, yer yer saydinglemler nedeniyle hat adedi artmakla beraber tek ana hatta sahip olan ve TİM trafik yönetim sistemi ile işletilen bir hat kesimidir. TİM, herhangi bir elektrikli sinyal sistemine sahip olmayan hatlarda demiryolu araç trafiğinin merkezden sabit telefonlar yardımıyla idare edildiği demiryolu trafik yönetim sistemi türüdür [106,107].

Çizelge 4.1 : Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesiminin 2014 yılı itibarıyla sahip olduğu özellikler [93,103-105].

Özellik	Durum
Hat tipi ve adedi	Konvansiyonel tek hat (saydingle hariç)
Hat açıklığı	1435 mm
Taşıma durumu	Yolcu ve yük taşımacılığı
Üzerinden geçen ekspresler	Konya Mavi Treni ve bölgesel ekspresler
Elektrifikasyon durumu	Elektrifikasyonsuz
Sinyalizasyon durumu	Sinyalizasyonsuz
Trafik yönetim sistemi	TMİ (Trafığın Merkezden Telefonla İdaresi)
Maksimum boyuna eğim	‰ 25
Minimum kurp yarıçapı	250 m
Maksimum dever	130 mm
Maksimum dingil basıncı	20 ton
Ray tipi	49.430 kg/m tipi ray, 60 E1 ray
Travers tipi	B70 tipi beton travers

İlerleyen kısımda, yukarıda tanıtılmış olan hat kesimi üzerinde işletilen hemzemin geçitlerin 2014–2016 yılları arasındaki özellik ve kaza geçmişi verilerinden oluşan veri setinin tanıtımı ve incelemeleri yapılmaktadır.

4.1.1 Hemzemin geçitlerin özellikleri ile ilgili verilerin incelenmesi

Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi üzerinde işletilen ve eldeki veri setini oluşturan 157 adet hemzemin geçidin, ilgili zaman periyodunda (2014–2016) sahip olduğu özellikler ile ilgili olarak temin edilebilmiş olan verilerin özeti Çizelge 4.2’de görülmektedir. Aynı çizelgede, veri setindeki hemzemin geçitlerin sahip oldukları özelliklere göre ilgili hat kesimindeki sayıları ve oranları da gözlemlenebilmektedir.

Çizelge 4.2 : İlgili hat kesiminde işletilen hemzemin geçitlerin eldeki veri setinde tespit edilebilen özellikleri ve oranları [Kaynak: TCDD].

Özellik	Kategori/Koşul	Adet/157	Oran (%)
Kilometre	66+880, 67+870,....., 357+497	-	-
Mahal özellikleri	Kırsal	113	71,97
	Şehir içi	44	28,03
	$SM \leq 3.000$	59	37,58
	$3.000 < SM \leq 15.000$	42	26,75
Seyir momenti (SM)	$15.000 < SM \leq 30.000$	12	7,64
	$30.000 < SM \leq 100.000$	30	19,11
	$100.000 < SM$	14	8,92
	Flaşörlü-çanlı ve otomatik bariyerli	44	28,03
Geçit tipi (koruma şekli)	Bekçili-bariyerli	14	8,92
	Yetersiz uzunlukta bariyer kolu	2	1,27
	Serbest	99	63,06
	Lastik (Kauçuk)	40	25,48
Geçit kaplama cinsi	Kompozit	15	9,55
	Asfalt	35	22,29
	Parke taş	32	20,38
	Stabilize	19	12,10
Livre hızı (LH)	Toprak/balast	16	10,19
	$LH \leq 60$ km/sa.	21	13,38
	60 km/sa. $< LH \leq 90$ km/sa.	52	33,12
	90 km/sa. $< LH \leq 120$ km/sa.	46	29,30
Verevlik açısı (V)	120 km/sa. $< LH \leq 160$ km/sa.	38	24,20
	$70^\circ \leq V \leq 90^\circ$	150	95,54
	$50^\circ \leq V < 70^\circ$	6	3,82
	$V < 50^\circ$	1	0,64
Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	$500 \text{ m} \leq TŞGM$	42	26,75
	$250 \text{ m} \leq TŞGM < 500 \text{ m}$	20	12,74
	$100 \text{ m} \leq TŞGM < 250 \text{ m}$	38	24,20
	$TŞGM < 100 \text{ m}$	57	36,31
Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	$750 \text{ m} \leq TRGM$	15	9,55
	$500 \text{ m} \leq TRGM < 750 \text{ m}$	51	32,48
	$250 \text{ m} \leq TRGM < 500 \text{ m}$	37	23,57
	$100 \text{ m} \leq TRGM < 250 \text{ m}$	45	28,66
	$TRGM < 100 \text{ m}$	9	5,73

Çizelge 4.2 (devam) : İlgili hat kesiminde işletilen hemzemin geçitlerin eldeki veri setinde tespit edilebilen özellikleri ve oranları [Kaynak: TCDD].

Özellik	Kategori/Koşul	Adet/157	Oran (%)
Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı	Aliyman	107	68,15
	$1.000 \text{ m} \leq R$	20	12,74
	$500 \text{ m} \leq R < 1.000 \text{ m}$	9	5,73
	$250 \text{ m} \leq R < 500 \text{ m}$	21	13,38
Geçit açıklığı (A)	$A \leq 5 \text{ m}$	98	62,42
	$5 \text{ m} < A \leq 10 \text{ m}$	40	25,48
	$10 \text{ m} < A \leq 15 \text{ m}$	13	8,28
	$15 \text{ m} < A$	6	3,82
Geçidin kestiği hat adedi (KHA)	$KHA < 2$	135	85,99
	$2 \leq KHA$	22	14,01
Geçit kaplama durumu	Geçit kaplama durumu iyi	69	43,95
	Geçit kaplama durumu kötü	88	56,05
Yaklaşım yolu kaplama cinsi	Asfalt veya parke taş kaplamalı	106	67,52
	Asfalt veya parke taş kaplamasız	51	32,48
Yaklaşım yolu kaplama durumu	Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	92	58,60
	Yaklaşım yolu kaplama durumu kötü	65	41,40
Geçit kaplaması-ray mantarı üst kotu seviye farkı	Seviye farkı bulunmamakta	154	98,09
	Seviye farkı bulunmakta	3	1,91
Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali	Yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta	18	11,46
	Yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta	139	88,54
Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri	Düşey trafik işaretleri eksiksiz	4	2,55
	Düşey trafik işaretleri eksik	153	97,45
Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri	Yatay trafik işaretleri eksiksiz	81	51,59
	Yatay trafik işaretleri eksik	76	48,41
"Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası	Levha bulunmakta	138	87,90
	Levha bulunmamakta	19	12,10
Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe	30 metreden fazla	154	98,09
	30 metreden az	3	1,91
Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi	%4 eğimin altında	91	57,96
	%4 eğimin üzerinde	66	42,04
Şerit genişliği tanzimi	Tanzim yapılmış veya gerekli değİL	154	98,09
	Tanzim yapılmamış	3	1,91
Refüj veya beton korkuluk uygulaması	Uygulanmış veya gerekli değİL	147	93,63
	Uygulanmamış	10	6,37

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere 2014–2016 yılları arasındaki süreçte, eldeki veri setinde bulunan hemzemin geçitlerin % 71,97 gibi büyük bir bölümü kırsal

kesimlerde işletilmektedir. Bunun yanında, hemzemin geçitlerin üçte birinden fazlası 3.000 değerinden düşük bir seyir momentine sahip iken; dörtte birinden fazlası ise 30.000 değerinin üzerinde bir seyir momentine sahiptir. Ayrıca hemzemin geçitlerin yarısından oldukça fazla miktarda bir kısmı ise serbest olarak işletilmektedir. Veri setindeki hemzemin geçitlerin oldukça büyük bir çoğunluğunun verevliği ise 70°'nin üzerindedir ve büyük bir çoğunluğu ilgili hat kesiminin alıyman ya da büyük yarıçaplı kurba sahip kesimlerinde tesis edilmiş olup, 5 metreden dar bir enine açıklıkla tek demiryolu hattı kesmektedir.

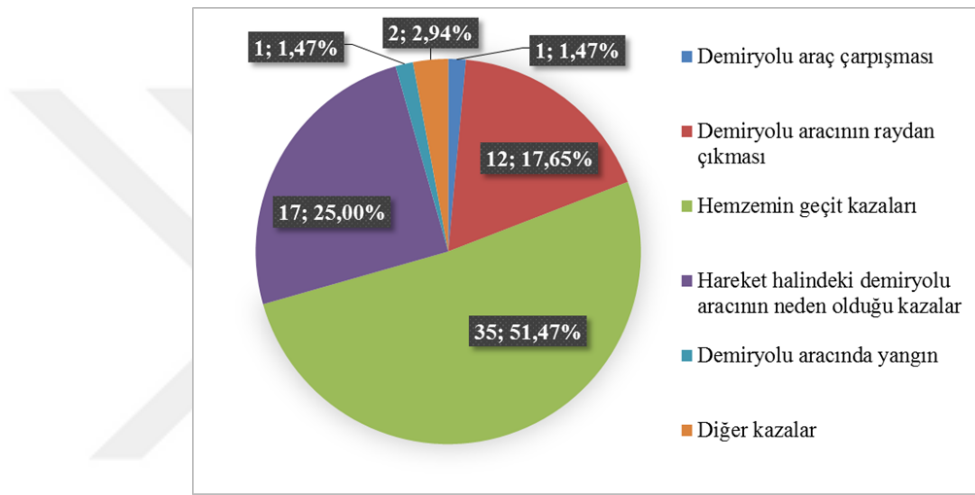
Ancak hemzemin geçitlerin yaklaşık dörtte üçünde karayolu sürücüleri 500 metrenin altında; %90'ına yakın bir çoğunluğunda ise demiryolu sürücüleri 750 metrenin altında görüş mesafesine sahiptirler. Hemzemin geçitlerin dörtte birine yakın bir kısmı stabilize ya da toprak/balast geçit kaplamasına sahiptir ve tüm geçitler arasında neredeyse yarısının geçit kaplaması kötü durumdadır; ayrıca geçitlerin tamamı 160 km/sa. hızından düşük livre hızına sahip kesimlerde işletilmektedir.

Hemzemin geçitlerin çok büyük bir çoğunluğunun geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı, ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe, şerit genişliği tanzimi ve refüj uygulaması konularında problemleri yoktur. Ancak yatay ve düşey trafik işaretlerinin eksikliği, yaklaşım yolu kaplamasının iyi durumda olmaması ve yaklaşım yolu eğim fazlalığı gibi özellikler veri setindeki hemzemin geçitlerin oldukça büyük bir kısmında gözlemlenmektedir. Tüm bunların birleşimiyle, Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğindeki [6,7] esaslara göre (Bölüm 3.2.3), ilgili hat kesiminde bulunan 157 adet hemzemin geçidin 151 adet gibi çok büyük bir kısmının başka bir ifadeyle neredeyse tamamının direkt alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılıp başka bir alt/üst geçide yönlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu işlem; maddi kaynakların durumu, arazi topoğrafik yapısı, arazi kullanım durumu ve mühendislik çözümlerinin sınırları bakımından hayata geçirilmesi oldukça zor hatta imkansız olmaktadır.

4.1.2 Hemzemin geçitlerin kaza geçmişi verilerinin incelenmesi

Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) konvansiyonel demiryolu hat kesimi üzerinde 2014–2016 yılları arasında meydana gelmiş olan tüm demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları ve oranları Şekil 4.3’te verilmiştir.

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere ilgili hat kesiminde 2014–2016 yılları arasında toplam 68 adet demiryolu kazası meydana gelmiştir. Bu demiryolu kazalarının çok az sayıda bir kısmı demiryolu aracında yangın, demiryolu araç çarpışması ve diğer kazalardan oluşurken; demiryolu aracının derayı ve hareket halindeki demiryolu aracının neden olduğu kazalar ise azımsanamayacak sayıdadır. Üzerinde durulan zaman periyodu içerisinde ilgili hat kesiminde meydana gelmiş olan 35 adet hemzemin geçit kazası (demiryolu aracı–taşıt çarpışması) ise tüm kazaların yarısından fazlasını oluşturmaktadır ve hemzemin geçitlerde emniyet ile ilişkili konuların özel olarak ele alınması gerekliliğinin bir kez daha ispatı niteliğindedir.



Şekil 4.3 : İlgili hat kesimi üzerinde meydana gelmiş olan demiryolu kazalarının türlerine göre sayıları ve oranları (2014–2016) [Kaynak: TCDD].

İlgili hat kesiminde 2014–2016 yılları arasında meydana gelmiş olan bu 35 adet hemzemin geçit kazasının ve sonuçlarının yıllara göre sayıları ve oranları ise diğer bazı bilgiler de dâhil olmak üzere Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere bu çalışmada incelenen zaman dilimi dâhilinde ilgili hat kesiminde meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazalarının yaklaşık dörtte biri ölümle sonuçlanmış olup, toplam 18 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Kazaların yaklaşık üçte biri yaralanmalı kazalar olup, toplamda 38 kişi yaralanmıştır ve tüm bunlar hem demiryolunu işleten ve taşımacılık yapan kurumları hem karayollarından sorumlu kurumları hem de geçit kullanıcılarını çeşitli manevi ve maddi kayıplara sürüklemiştir. Meydana gelmiş olan kazaların %40'ında ise sadece maddi hasar meydana gelmiştir. Üç yıllık süreç içerisinde, ilgili hat kesiminde işletilmekte olan 157 adet hemzemin geçidin 27 adedinde başka bir ifade ile yaklaşık altıda birinde kaza görülmüştür.

Çizelge 4.3 : İlgili hat kesimi üzerinde meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazalarına dair bilgiler (2014–2016) [Kaynak: TCDD].

Açıklama	2014	2015	2016	Toplam	Oran (%)
Toplam hemzemin geçit kaza sayısı	19	6	10	35	100,00
Ölümlü hemzemin geçit kaza sayısı	5	2	2	9	25,71
Yaralanmalı hemzemin geçit kaza sayısı	5	3	4	12	34,29
Maddi hasarlı hemzemin geçit kaza sayısı	9	1	4	14	40,00
Toplam ölü sayısı	8	3	7	18	-
Toplam yaralı sayısı	6	5	27	38	-
Üzerinde kaza gerçekleşmiş olan hemzemin geçit sayısı	18	4	9	27*	17,20

* Aynı hemzemin geçitte farklı zaman dilimlerinde birden fazla kaza meydana gelebilmektedir.

4.2 Yöntem Seçimi

Bir önceki kısımda (Bölüm 4.1) eldeki veri seti incelenirken de görüldüğü üzere üzerinde durulan zaman periyodu içerisinde ilgili hat kesiminde toplam 157 adet hemzemin geçit işletilmekte olup, bu hemzemin geçitlerin 27 adedinde kaza gerçekleşmiştir. Yapılan çalışma kapsamında model kurulumuna hazırlık aşamasında bu hemzemin geçitlerin özellikleri ve meydana gelen kazalar arasındaki ilişkiyi irdellemek adına çeşitli istatistiksel tekniklerin araştırmaları ve veri seti üzerinde denemeleri yapılmıştır.

Basit regresyon analizleri ile başlanıp, daha detaylı diğer yöntemler ile denemelere devam edilen bu süreçte en çok lojistik regresyon, genelleştirilmiş lineer regresyon ve yapay sinir ağı analizleri üzerinde durulmuştur. Genelleştirilmiş lineer regresyon analizi yardımıyla bağımsız değişkenler ile kaza sayısı bağımlı değişkeni arasında bir ilişki kurmak mümkündür ve veri setinde sadece kaza meydana gelmiş olan hemzemin geçitler ile analize müsaade etmektedir [34,108]. Lojistik regresyon analizi ile kaza sayısından öte bir hemzemin geçitte kaza meydana gelme olasılığını (yüzdesel) elde etmek mümkündür ve eldeki veri setindeki tüm geçitler analize dâhil

edilebilmektedir [109,110]. Yapay sinir ağıları ile analiz sonucunda ise hemzemin geçit özelliklerinin kazaları etkilemedeki önem yüzdeleri ve kaza olasılıkları elde edilebilmektedir ve ağı öğretilen bilgi çeşitli paket programlar ile ileriye dönük de kullanılabilmektedir [111,112]. Eldeki veri seti kullanılarak SPSS paket programı yardımıyla bu tür analiz yöntemleri ile çok çeşitli (bağımsız ve bağımlı değişken kombinasyonları, çeşitli kukla değişken kombinasyonları vb.) denemeler yapılmıştır.

Özellikle seyir momentinin artışı ile kaza meydana gelme olasılığının artışı doğrultusunda çeşitli çıktılar alınmış olsa da elde edilen sonuçlar; eldeki veri setinde bulunan hemzemin geçit sayısının azlığından, meydana gelmiş olan kaza sayısının azlığından ve çoğu değişkenin (geçit özelliğinin) tekdüze dağılım göstermesinden dolayı istatistiksel yönden anlamlı sayılabilecek ve bir model oluşturmaya müsaade edecek nitelikte olmamıştır. Bu nedenle istatistiksel yöntem bazlı yaklaşımlarla emniyet değerlendirme modeli oluşturmakta zorlanan (veri yetersizliği vb.) ülkelerin tercih ettiği yol tercih edilerek kompleks ağırlıklandırma bazlı bir yaklaşım kullanma yoluna gidilmiştir. Böylece eldeki kısıtlı kaza geçmişi verisi ile çeşitli istatistiksel irdelemeler yapabilmek ve modelin sonuçlarını kontrol edebilmek de mümkün kılınmıştır. Çeşitli literatür taramaları ve denemeler sonucunda; AHS metodu, oluşturulacak olan modelin temel yaklaşım yöntemi olarak seçilmiştir.

AHS yöntemi; kolay ve hızlı kavranabilir modeller oluşturabilme becerisi, karmaşık olmayan hesaplama adımları, insan beyninin düşünme mekanizmasına benzer çalışma prensibi ve her çeşit probleme göre kullanılabilmek esnekliğine sahip olmasından dolayı 1973 yılından beri birçok sektörde aktif olarak kullanılmaktadır. Yöntemin; performans değerlendirmeleri, risk analizleri, sosyal meseleler, politik çıkarımlar ve alternatifler arasından seçim yapmak ile alakalı problemlerde genel olarak kullanılması durumu buna örnek olarak gösterilebilmektedir [113].

Bu çalışmanın konusu doğrultusunda yapılan literatür taramaları sonucunda saptanan ve AHS yönteminin ulaştırma sektöründeki kullanım alanlarına örnek teşkil eden bazı çalışmalar ise kullanım amaçlarıyla beraber Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere AHS yöntemi, ulaştırma alanındaki emniyet değerlendirme çalışmalarında daha önceki yıllarda da aktif biçimde kullanılmıştır ve kullanılmaya devam etmektedir.

Çizelge 4.4 : AHS yönteminin ulaştırma alanındaki kullanım örnekleri.

Yazar	Amaç	Yıl
L. Simunovic ve diğerleri	En uygun yaya geçidinin seçimi	2010 [114]
O. Basile ve diğerleri	Yaya geçitlerinde emniyet değerlendirmesi	2010 [115]
H. Wang ve diğerleri	Hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi	2011 [116]
H. Wang ve diğerleri	Şehir içi hemzemin geçitlerde emniyet teşhis modeli	2012 [51]
J. Hradil ve diğerleri	Şehir içinde bulunan hemzemin kavşakların çok yönlü değerlendirilmesi	2012 [117]
M. Naeimi ve diğerleri	Şehir içinde uygulanacak kavşaklar için öncelikli kavşak geometrisi karar modeli	2013 [118]
G. Bureika ve diğerleri	Demiryolu trafik emniyetinde etkili risklerin değerlendirilmesi	2013 [119]
A. Deluka ve diğerleri	Şehir içinde uygulanacak ulaştırma projelerinin planlanması	2014 [120]
R. Bozalioğlu	Hemzemin geçitlerde iyileştirme seçimi	2017 [22]

AHS yöntemi, hiyerarşi içerisinde kriterlerin ve alternatiflerin yer aldığı bir model kurarak problemi çözmeye (seçim yapmaya vb.) olanak sağladığı gibi; hiyerarşide sadece ana kriterleri ve alt kriterlerini kullanıp, belirlenen nihai kriter ağırlıklarına göre alternatiflerin puanlandırıldığı modellerin kurulmasına da imkân vermektedir. Bu durum, alternatif sayısının çok fazla olduğu ve hiyerarşiye yeni bir alternatif eklendiği vakit tüm sistemin tekrar çözülmesinin istenmediği durumlarda kullanılmaktadır [121].

Aynı şekilde, bu çalışma kapsamında da AHS yöntemi birçok elemanı puanlama mantığı güdülerek kullanıldığından dolayı, kurulan modelin hiyerarşisi; hedef, ana kriterler, birincil alt kriterler, ikincil alt kriterler ve tabanda da kategorik/koşulsal kriterler kullanılarak oluşturulmuştur. Daha sonra, hesaplanan nihai kriter ağırlıklarına göre veri setindeki hemzemin geçitlerin emniyet indeksleri (bir nevi skorları) hesaplanmıştır.

4.3 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi

Karar verme, belirli alternatifler (seçenekler) arasından seçim yapılması gereken durumlarda çeşitli kriterleri (faktörleri) göz önünde bulundurarak en münasip olduğu düşünülen alternatifin (seçeneğin) saptanması olarak tanımlanmaktadır. Karar verme

sürecinde problemin büyüklüğüne göre bu kriterler ve alternatifler oldukça fazla sayıda olabilmektedir. Bu nedenle çoğu zaman karar verme sürecinde yaşanan en temel sıkıntı, çok sayıda kriteri göz önünde bulundurarak çeşitli alternatifleri tüm yönleriyle ve bütünsel bir bakış açısı ile değerlendirebilmektir. Bu sıkıntının nedeni ise insan beyninin, içinde fazla sayıda etken barındıran karmaşık durumlarda birden çok fikri aynı anda birbiri ile ilişkili olarak değerlendirip, tutarlı bir şekilde sonuca varma anında yaşadığı düşünsel zorluktur. Bu tür durumlarda çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanmak, karar vericinin en مناسب olan karara daha kolay ve tutarlı bir biçimde ulaşmasına büyük katkı sağlamaktadır [121,122].

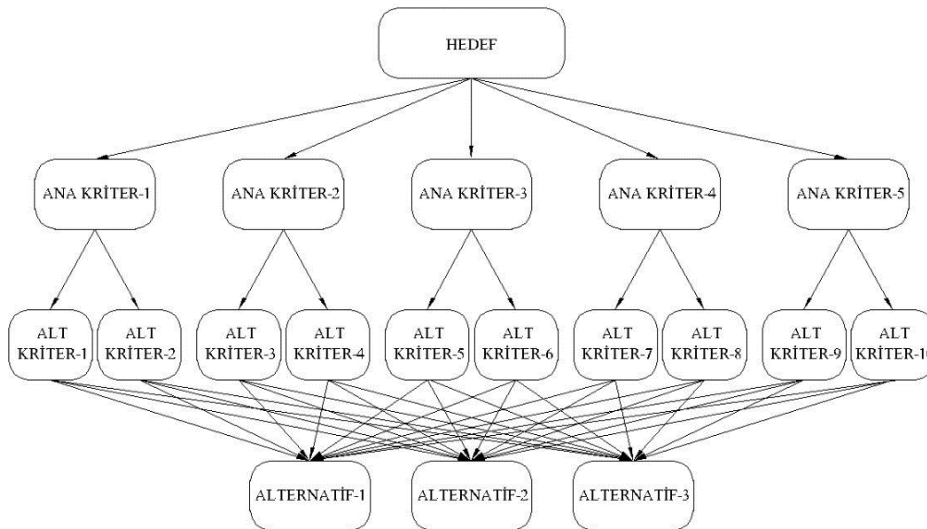
AHS yöntemi, Thomas L. Saaty'nin 1971–1975 yılları arasında Pensilvanya Üniversitesi bünyesinde yürüttüğü akademik çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Yöntem, birçok kriteri belirli bir amaç doğrultusunda irdeleyip, belirli alternatifler arasından en iyi seçimi yapmak başka bir deyişle en uygun kararı vermek amacı ile geliştirilmiştir. Ayrıca yöntem, bu işlemi yaparken insan beyninin etkenleri gruplandırma ve belirli bir hiyerarşik yapı ile düşünmeye çalışma mantığını kullanmaktadır. Kriterlerin seçime (hedefe) olan etkilerinin irdelenmesi sırasında; kriterler arasındaki kıyaslamalar, bire bir ölçümlerden elde edilen verilere göre ya da uzmanların tecrübelerinden elde edilen görüşlere göre yapılabilmektedir. Bu durum, alternatifler arasında yapılacak ikili kıyaslamalar için de geçerlidir. AHS yöntemi; birçok farklı alanda yürütülen çok kriterli karar verme uygulamaları, planlama ve kaynak dağılımı uygulamaları gibi çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [123,124].

Yöntem, çok kriterli ve karmaşık yapıdaki karar verme süreçlerinde, ilgilenilen problemi ilk adımda amaç, kriterler ve alternatiflerden oluşan bir hiyerarşi şeklinde daha küçük parçalara ayırmaktadır. Daha sonra ikinci adımda hiyerarşinin bu küçük parçalarını amaç doğrultusunda tutarlı bir biçimde ikili karşılaştırmalarla çözümleyip, kriterlerin ve alternatiflerin lokal ağırlıklarını (önceliklerini/önem değerlerini) belirlemektedir. Son adımda ise tüm öncelik değerlerini sentezleyerek hiyerarşinin çözümünü sağlamakta, başka bir deyişle kriterlerin ve alternatiflerin global ağırlıklarını vererek hedefe (amaca, karara) ulaşmaktadır. Bu üç adımın uygulanma şekli, ilerleyen kısımlarda anlatılmaktadır [121,125].

4.3.1 Problemin belirlenmesi ve hiyerarşinin oluşturulması

AHS yöntemi, ilgilenilen problemin çözümüyle ulaşılmak istenen ana hedef doğrultusunda belirlenen ana kriterler, varsa ana kriterlerin alt kriterleri ile onların da alt kriterleri ve alternatifler arasında hiyerarşik bir yapı oluşturarak problemi modellemeye imkân vermektedir. Problemin hiyerarşik yapıdaki modelinin oluşturulması, yöntemin en yaratıcı kısmı olarak düşünülebilir. Yöntemde öncelikle probleme olan yaklaşım şekli, başka bir ifade ile amaç/hedef belirlenmektedir. Bunun nedeni ise hiyerarşiye eklenecek kriterlerin seçiminin ve bu kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların tamamen çözüm getirilmek istenen amaca (örneğin; en iyi okul seçimi, en uygun araba seçimi, en risksiz yatırım seçimi vb.) yönelik şekilde yapılacaktır.

Hiyerarşinin oluşturulması sırasında takip edilecek en sağlıklı yol; problemin çözümü ile ulaşılmak istenen ana hedef belirlendikten sonra, bu ana hedefi etkilediği düşünülen ve modele eklenmesi düşünülen parametrelerin genel olarak göz önünde bulundurulması suretiyle öncelikle ana kriterlerin belirlenmesidir. Daha sonra bu ana kriterlerin kendi alt kriterleri kesinleştirilebilir. Ana kriterlerin alt kriterleri; belirli aralıkta değerler, kategorik kriterler veya yüksek, orta gibi dilsel (koşulsal) terimler olabilir. Hiyerarşinin tabanında ise genelde alternatifler yer almaktadır [126,127]. Şekil 4.4'te AHS yönteminden bir hiyerarşi örneği görülmektedir.



Şekil 4.4 : AHS yöntemi hiyerarşi örneği [113].

Şekil 4.4'te görülen hiyerarşi örneğine göre, ulaşılmak istenen hedefi etkileyen faktörler göz önünde bulundurularak öncelikle 5 adet ana kriter belirlenmiştir. Daha

sonra bu ana kriterlerin alt kriterleri kesinleştirilmiştir. Örnek hiyerarşide toplam 10 adet alt kriter bulunmaktadır ve hiyerarşinin tabanında ise alternatifler yer almaktadır. Örnek hiyerarşide ikincil alt kriterler bulunmamaktadır. Başka bir deyişle alt kriterler, kendi içerisinde başka faktörlere ayrılmış durumda değildir.

4.3.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve kriterler ile alternatiflerin lokal ağırlıklarının belirlenmesi

İlgilenilen problemin hiyerarşisi belirlendikten sonra AHS yönteminin bir sonraki aşaması, kriterlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıdır. Daha sonra, ikili karşılaştırma matrislerinin normalleştirilmesi işlemi gerçekleştirilmekte ve normalleştirilmiş matrisler kullanılarak kriterlerin ve alternatiflerin lokal ağırlıkları (öncelikleri) belirlenmektedir. Sonrasında ise daha önce oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri ve öncelik değerleri kullanılarak ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı kontrol edilmektedir [128].

4.3.2.1 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

İkili karşılaştırma, AHS hiyerarşisinde yer alan elemanlar arasındaki sayısal ilişkiyi belirlemek adına, müşterek üst ögeye sahip olan kriterlerin veya alternatiflerin kendi içinde birbirleriyle ikili olarak kıyaslanmasını temsil etmektedir. Müşterek üst ögeye sahip hiyerarşi elemanları arasında yapılan bu ikili kıyaslamalar, bir kare matris ile gösterilmektedir. Bu matrisin ismi ise ikili karşılaştırma matrisi adını almaktadır [126].

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken, bire bir ölçümlerle elde edilmiş değerler ya da ilgilenilen problemin doğası nedeniyle kriterlerin sayısal ölçümünün yapılamadığı durumlarda ise alanında uzman veya oldukça deneyimli olan kişilerin görüşleri kullanılabilir. Ayrıca AHS yönteminde, uzman grup kararları ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri de kullanılmaktadır. Bu bağlamda, Thomas L. Saaty tarafından uzman kişilerin görüşlerini ve düşüncelerini yani dilsel değerlendirmelerini sayısal ortama taşıyacak olan bir ölçek oluşturulmuştur. 1–9 ölçeği olarak isimlendirilen ve çeşitli çalışmalarla diğer ölçeklere göre daha üstün özelliklere sahip olduğu saptanan AHS yöntemi 1–9 ölçeği, Çizelge 4.5’te verilmiştir [124].

Çizelge 4.5 : AHS yöntemi 1–9 ölçeği [127].

Önem düzeyi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	Belirli bir konu hakkında iki kriterin aynı derecede öneme sahip olması durumu
3	Orta dereceli önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden biraz daha önemli olması durumu
5	Kuvvetli önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden oldukça önemli olması durumu
7	Çok kuvvetli önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden fazlasıyla (ispat edilebilir olduğu düşünülen üstünlükte) önemli olması durumu
9	Mutlak (Kesin) önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden kesinlikle (güvenilir delillerle ispatlanabilir olduğu düşünülen üstünlükte) önemli olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Karar vericinin ardışık iki önem düzeyi arasında ikilemde kaldığı durumlarda kullanılacak değerler

Daha önce Şekil 4.4’te verilmiş olan hiyerarşi örneği tekrar incelendiğinde, hiyerarşideki “HEDEF” üst ögesinden ana kriterler düzeyindeki elemanların hepsine bir ilişki okunun uzandığı görülmektedir. Bu durum, problemin çözümünde “HEDEF” ögesini göz önünde bulundurarak başka bir deyişle amaç doğrultusunda beş ana kriterin de birbiri ile ikili olarak karşılaştırılması gerektiğini göstermektedir. Bu karşılaştırma sonucunda 5x5’lik bir ikili karşılaştırma matrisi ortaya çıkacaktır. Ana kriterler düzeyi incelendiğinde ise örneğin; “ANA KRİTER-2” üst ögesinden “ALT KRİTER-3” ve “ALT-KRİTER-4” elemanlarına ilişki oklarının uzandığı görülmektedir. Bu durum, “ANA KRİTER-2” elemanı göz önünde bulundurularak “ALT KRİTER-3” ve “ALT-KRİTER-4” elemanları arasında amaç doğrultusunda ikili karşılaştırma yapmayı ve 2x2’lik bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturmayı gerektirecektir. Bu temelde, “ANA KRİTER-2” kriterinin üç adet alt kriteri olması durumunda, karar vericinin 3x3’lük bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturması gerekmektedir.

Üst ögeler ve ok ilişkileri takip edilerek yapılan tüm ikili kriter ve alt kriter karşılaştırmaları sonrasında, örnek hiyerarşideki (Şekil 4.4) alt kriterler düzeyi incelendiğinde ise alt kriterlerin tamamının üç alternatifle de ilişkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle çözüm amacı doğrultusunda her alt kriter bazında alternatiflerin birbirileri ile ikili karşılaştırmalarının da yapılması gerekmektedir.

Şekil 4.5’te bir ikili karşılaştırma matrisi örneği verilmiştir. Bu ikili karşılaştırma matrisi örneği, Şekil 4.4’te örnek olarak verilen hiyerarşinin ikinci düzeyindeki ana kriterler arasında yapılan ikili karşılaştırmaların matrisi olarak düşünülebilir. “ANA KRİTER-1”, K1 olarak adlandırıldığında; “ANA KRİTER-2” ise K2 olarak adlandırıldığında ve diğer ana kriterler de aynı yöntemle isimlendirildiğinde; “HEDEF” üst ögesi göz önünde bulundurularak yine önceki kısımlarda Çizelge 4.5’te verilmiş olan AHS yöntemi 1–9 ölçeğinin kullanılmasıyla oluşturulan ve ana kriterlere ait olan ikili karşılaştırma matrisi, Şekil 4.5’te verilen şekilde ortaya çıkmaktadır.

Şekil 4.5’teki matriste K_{ij} şeklinde gösterilmiş olan değerler; satırlarda bulunan K_i kriterlerinin, sütunlardaki K_j kriterlerine göre 1–9 ölçeği kullanılarak hedef doğrultusunda belirlenen önem düzeylerini göstermektedir. Aynı zamanda yine aynı matris örneğinde kriterlerin birbirlerine göre olan karşılaştırmalarının, matris köşegenine göre simetrik dağıldığı ve matrisin köşegeninde ise her kriterin kendisi ile yapılan karşılaştırılmasının (K_{ii} , K_{jj}) bulunduğu görülmektedir. AHS yönteminde köşegen üzerinde bulunan önem düzeyleri 1 değerini almaktadır; çünkü bir kriterin müşterek üst öge bazında kendisi ile karşılaştırılması sırasında kendisi ile eşit öneme sahip olacağı kesindir.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}	K_{15}
K2	K_{21}	K_{22}	K_{23}	K_{24}	K_{25}
K3	K_{31}	K_{32}	K_{33}	K_{34}	K_{35}
K4	K_{41}	K_{42}	K_{43}	K_{44}	K_{45}
K5	K_{51}	K_{52}	K_{53}	K_{54}	K_{55}

Şekil 4.5 : AHS yöntemi ikili karşılaştırma matrisi örneği [125].

Ayrıca ikili karşılaştırma matrislerinde bir K_i kriteri, K_j kriterine göre K_{ij} önem düzeyine sahipse; K_j kriteri ise K_i kriterine göre $K_{ji} = 1/K_{ij}$ önem düzeyine sahip olmaktadır. Bir başka deyişle her durumda $K_{ij} \times K_{ji} = 1$ olacaktır. Bu nedenle AHS

yönteminde karar verici, n adet kriter arasındaki ikili karşılaştırmaları yaparken $n \times n$ boyutunda bir kare matris oluşturmuş ve $(n(n-1))/2$ sayıda hüküm belirtmiş olmaktadır. Örneğin; yine Şekil 4.5'teki matris örneğinde görüldüğü üzere beş adet kriter arasında yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda 5×5 'lik bir kare matris oluşacaktır. $K_{11} = 1$ değerini alacaktır ve $K_{23} = 3$ değerini alırsa; $K_{32} = 1/3$ değerini alacaktır. Böylece karar verici, köşegenin sadece üst ya da alt tarafını çözerek diğer önem düzeylerini de belirlemiş olacak ve 5 adet kriteri, toplamda $(5(5-1))/2 = 10$ adet karar ile tamamen ikili olarak karşılaştırmış olacaktır [124].

4.3.2.2 Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

AHS yönteminde, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra matrisin normalleştirilmesi işlemi yapılmaktadır. Çünkü ikili karşılaştırma matrisleri, kriterlerin birbirlerine göre önem düzeylerini ikili olarak görmemizi sağlasa da bir kriterin diğer kriterler arasındaki lokal ağırlığını görmemize olanak vermemektedir. Bu olanağa sahip olmak adına atılan ilk adım, matrisin normalleştirilmesidir. İkili karşılaştırma matrisi normalleştirilirken öncelikle her sütununun toplamı bulunmaktadır. Daha sonra aynı sütundaki her değer, bu toplama bölünmektedir. Böylece ikili karşılaştırma matrisi ile aynı boyutta olan ve her sütununun toplamı 1'e eşit olan normalleştirilmiş kare bir matris ortaya çıkmaktadır [113]. Bu ve bundan sonraki adımları daha iyi açıklayabilmek adına, daha önce Şekil 4.5'te sembollerle verilmiş olan ikili karşılaştırma matrisi örneği, Şekil 4.6'da görüldüğü üzere 1–9 ölçeği kullanılarak sayısal hale getirilmiştir.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	1/3	1/5	1/8	3
K2	3	1	1/4	1/6	5
K3	5	4	1	1/2	8
K4	8	6	2	1	9
K5	1/3	1/5	1/8	1/9	1

Şekil 4.6 : Sayısallaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi örneği.

Şekil 4.6’da verilen sayısallaştırılmış ikili karşılaştırma matrisini normalleştirmek, başka bir deyişle her sütununun toplamını 1’e eşit olacak hale getirmek için Şekil 4.7’de verilen adımların uygulanması gerekmektedir.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1/17,33	(1/3) /11,53	(1/5) /3,58	(1/8) /1,90	3/26,00
K2	3/17,33	1/11,53	(1/4) /3,58	(1/6) /1,90	5/26,00
K3	5/17,33	4/11,53	1/3,58	(1/2) /1,90	8/26,00
K4	8/17,33	6/11,53	2/3,58	1/1,90	9/26,00
K5	(1/3) /17,33	(1/5) /11,53	(1/8) /3,58	(1/9) /1,90	1/26,00
Sütun toplamı	17,33	11,53	3,58	1,90	26,00

Şekil 4.7 : İkili karşılaştırma matrisi normalleştirme işlemi örneği.

İkili karşılaştırma matrisine Şekil 4.7’de görülen adımlar uygulandığında ortaya çıkan normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ise Şekil 4.8’de verilmiştir.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,06	0,03	0,06	0,07	0,12
K2	0,17	0,09	0,07	0,09	0,19
K3	0,29	0,35	0,28	0,26	0,31
K4	0,46	0,52	0,56	0,53	0,35
K5	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04
Sütun toplamı	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Şekil 4.8 : Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi örneği.

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisindeki her sütunun toplamı 1’e eşit olmaktadır.

4.3.2.3 Kriterlerin ve alternatiflerin lokal ağırlıklarının belirlenmesi

Normalleştirilmiş matrislerin oluşturulmasından sonra kriterlerin ve alternatiflerin diğer kriterler ve alternatifler arasındaki lokal ağırlığını (önceliğini/önem değerini) gösteren değerler hesaplanabilmektedir. Bu değerlerin oluşturduğu vektöre öncelik vektörü ismi verilmektedir ve “W” ile gösterilen bir sütun matristir. Bu vektörü bulabilmek için normalleştirilmiş matrisin satırlarında bulunan değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmaktadır. Bu ortalama, o satırdaki kriterin global olmayan (lokal) ağırlığını vermektedir [113]. Şekil 4.8’de verilmiş olan ve n=5 kriterden oluşan 5x5’lik normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak, Şekil 4.9’da öncelik vektörünün hesaplanma adımları gösterilmiştir.

Şekil 4.9’da hesaplanmış olan lokal ağırlık değerlerine göre, müşterek üst öge bazında; K4 kriteri, %48’lik bir önemle bu 5 adet kriter arasında en büyük önceliğe sahip kriterdir. K5 kriteri ise %3’lük önem değeri ile en önemsiz kriter olarak göze çarpmaktadır.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	Satır toplam / n	W (Öncelik vektörü)
K1	0,06	0,03	0,06	0,07	0,12	0,32/5	0,06
K2	0,17	0,09	0,07	0,09	0,19	0,61/5	0,12
K3	0,29	0,35	0,28	0,26	0,31	1,49/5	0,30
K4	0,46	0,52	0,56	0,53	0,35	2,41/5	0,48
K5	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04	0,17/5	0,03
Sütun toplamı	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Şekil 4.9 : Öncelik vektörünü hesaplama adımları.

4.3.2.4 İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılıklarının kontrol edilmesi

AHS yönteminde, kriterlerin ve alternatiflerin lokal ağırlıkları belirlendikten sonra ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık kontrolleri yapılmaktadır. Böylece karar vericilerin, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması sırasındaki karar verme süreçlerinde ne denli tutarlı davrandıkları gözlemlenebilmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için tutarlık oranının hesaplanması gereklidir [129]. Tutarlılık oranı, denklem 4.1 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$TO = \frac{Tİ}{Rİ} \quad (4.1)$$

Denklemde;

TO: Tutarlılık oranı

Tİ: Tutarlılık indeksi

Rİ: Rassallık indeksi [113].

Tutarlılık indeksi (Tİ) değerini hesaplayabilmek için öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin $\lambda_{maks.}$ değeri yani özdeğerleri arasındaki en büyük değer hesaplanmaktadır. $\lambda_{maks.}$ değeri hesaplanırken ilk olarak ikili karşılaştırma matrisi ile kriterlerin öncelik vektörü çarpılarak yeni bir sütun matris bulunur. Bu sütun matrisin her bir elemanı, öncelik vektöründe aynı sırada bulunan elemana bölünür ve sonrasında ise bölünmüş değerlerden oluşan sütun matrisin aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu değer, özdeğerlerin en büyüğünü yani $\lambda_{maks.}$ değerini vermektedir [113,129]. Tutarlık indeksi, denklem 4.2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Tİ = \frac{\lambda_{maks.} - n}{n - 1} \quad (4.2)$$

Denklemde;

Tİ: Tutarlılık indeksi

$\lambda_{maks.}$: En büyük özdeğer

n: Kriter sayısı [113].

Rassallık indeksi ($R\bar{I}$) ise Saaty tarafından yapılan çalışmalarla, ikili karşılaştırma matrisinde kullanılan kriter sayısına göre belirlenmiş bir değerdir [129]. Kriter sayılarına (n) göre rassallık indeksi değerleri Çizelge 4.6’da görülmektedir.

Çizelge 4.6 : Rassallık indeksi değerleri [129].

Kriter sayısı (n)	Rassallık indeksi ($R\bar{I}$)	Kriter sayısı (n)	Rassallık indeksi ($R\bar{I}$)
1	0	2	0
3	0,58	4	0,9
5	1,12	6	1,24
7	1,32	8	1,41
9	1,45	10	1,49
11	1,51	12	1,54
13	1,56	14	1,57
15	1,59		

Tutarlık oranını (TO) hesaplamak için gerekli olan tüm değerler ($T\bar{I}$, $R\bar{I}$) hesaplandıktan sonra, daha önce de değinildiği üzere $TO = T\bar{I}/R\bar{I}$ denklemi (denklem 4.1) ile tutarlılık oranı hesaplanabilmektedir. Tutarlılık oranının %10, başka bir ifadeyle 0,10’dan küçük olduğu durumlarda ikili karşılaştırma matrisi tutarlı olarak kabul edilmektedir. Tutarlılık oranı değerinin 0,10 değerini aştığı durumlarda ise uzmanlardan veya uzman grubundan kararlarını (hükümlerini) gözden geçirmesi istenmektedir [113,129].

Daha önce Şekil 4.6’da örnek olarak verilmiş olan ikili karşılaştırma matrisi ve bu matrisin öncelik vektörü (Şekil 4.9) kullanılarak yapılan örnek $\lambda_{maks.}$ değeri hesabı ise Şekil 4.10’da görülmektedir.

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	W (Öncelik vektörü)	Çarpım matrisi	Bölüm matrisi
K1	1	1/3	1/5	1/8	3	0,06	0,33	5,04
K2	3	1	1/4	1/6	5	0,12	0,64	5,24
K3	5	4	1	1/2	8	0,30	1,62	5,45
K4	8	6	2	1	9	0,48	2,63	5,45
K5	1/3	1/5	1/8	1/9	1	0,03	0,17	5,06
$\lambda_{maks.}$								5,25

Şekil 4.10 : λ_{maks} değeri hesap örneği.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere örnek ikili karşılaştırma matrisinin $\lambda_{maks.}$ değeri, 5,25 olarak hesaplanmıştır. Tüm bu bilgiler ışığında, $n = 5$ adet kriter için oluşturulmuş olan bu ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı (TO) ise aşağıda hesaplanmıştır.

$$Tİ = (5,25-5)/(5-1) = 0,0625 \text{ (denklem 4.2)}$$

$$n = 5 \text{ için } Rİ = 1,12 \text{ (Çizelge 4.6)}$$

$$TO = Tİ/Rİ = 0,0625/1,12 = 0,056 \text{ (denklem 4.1).}$$

0,056 değeri 0,10'dan küçük olduğu için bu ikili karşılaştırma matrisi tutarlıdır hükmüne varılmaktadır.

4.3.3 Sentez aşaması ve kriterler ile alternatiflerin global ağırlıklarının belirlenmesi

AHS yönteminde, sentez aşamasından önceki aşamalarda hiyerarşi takip edilerek kriterlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmakta ve karşılaştırma matrislerindeki elemanların lokal ağırlıkları belirlenmektedir. Sonrasında, bu aşamalar ile elde edilen değerler kullanılarak ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılıkları kontrol edilmektedir.

AHS yönteminin son aşaması olan sentez aşamasında ise daha önceki aşamalarda kriterler, alt kriterler ve alternatifler düzeyi için hesaplanan öncelik vektörleri, matris çarpımı ile birleştirilerek bütünleşik öncelik vektörü elde edilmektedir. Böylece hiyerarşi tamamen çözülmüş olmakta, kriterlerin global ağırlıkları belirlenmiş olmakta ve bütünleşik öncelik vektörü yardımıyla alternatiflerin hedef/amaç doğrultusundaki global ağırlıkları hesaplanmış olmaktadır. En büyük global ağırlığa sahip olan alternatif, en öncelikli seçenek olarak belirlenmektedir [121,130].

4.4 Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM) Kurulumu

Bu çalışma kapsamında Türkiye için AHS yöntemi kullanılarak oluşturulan örnek hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeline HEGEDEM ismi verilmiştir. HEGEDEM kısaltması, “Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli” kelime grubunu ifade etmektedir.

Model kurulumu sırasında AHS yöntemi adımlarını daha hızlı ve kontrollü bir şekilde uygulayabilmek adına SuperDecisions ve Microsoft Excel paket programlarından yararlanılmıştır. SuperDecisions programı, herhangi bir problemin

hiyerarşisinin oluşturulmasından başlanıp, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulduğu ve kriterler ile alternatiflerin ağırlıklarının belirlendiği tüm AHS yöntemi adımlarının yazılımsal olarak çözülebilmesini sağlayan bir bilgisayar programıdır [131,132].

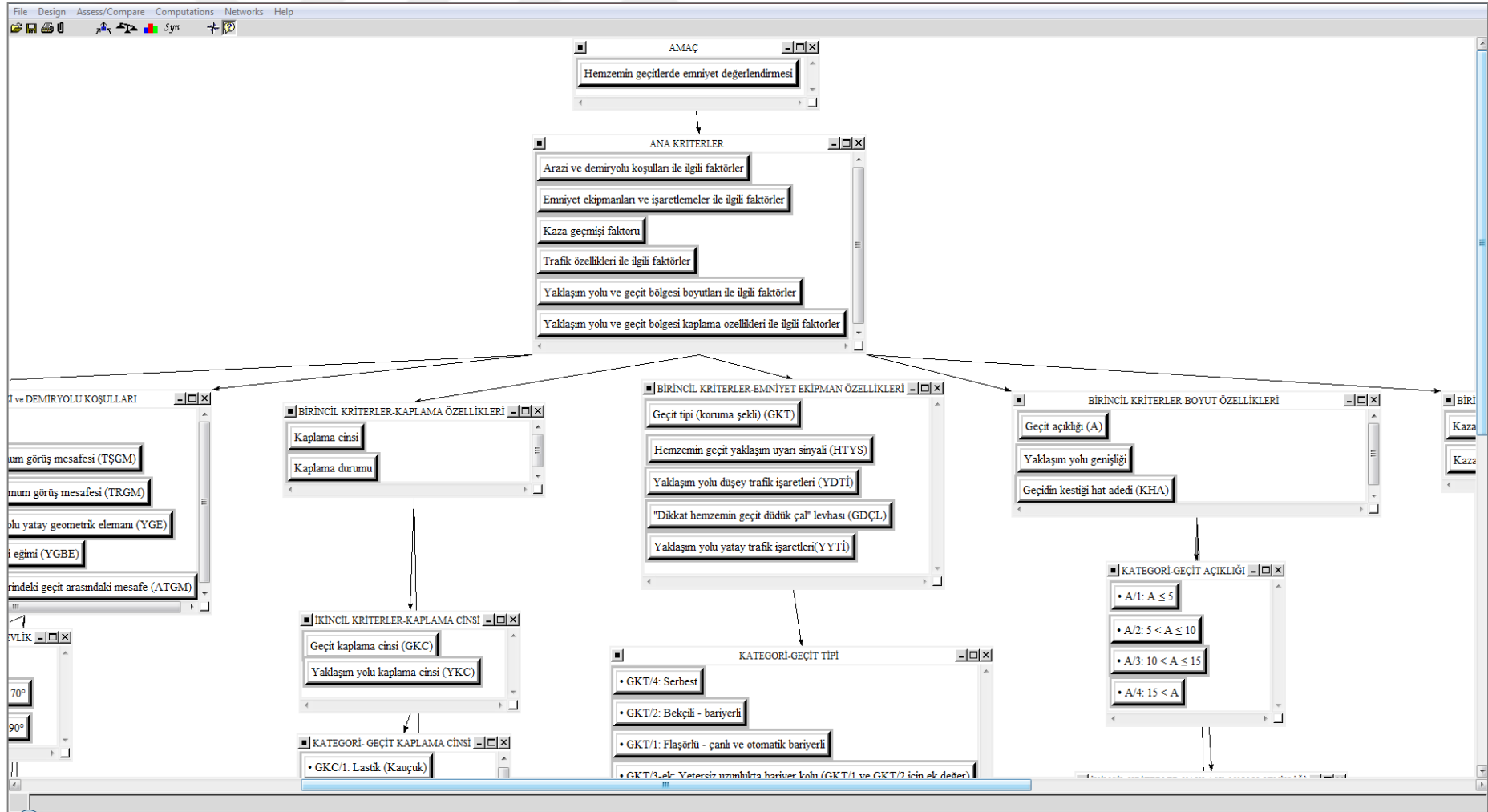
4.4.1 HEGEDEM hiyerarşisinin oluşturulması

HEGEDEM kurulumu sırasında AHS yönteminin de doğası gereği ilk olarak model hiyerarşisi oluşturulmuştur. Model hiyerarşisine dâhil edilecek olan hemzemin geçit emniyet faktörleri ve bu faktörlerin alt kriterleri; daha önceki bölümlerde aktarımı yapılmış olan literatür taramaları, Türkiye’de yürürlükte olan demiryolu hemzemin geçit yönetmeliği [6,7] esasları (Bölüm 3.2.3) ve TCDD uzmanları ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir. Modele dâhil edilen emniyet faktörlerinin seçiminde, hangi faktörlerin eldeki veri setinde tespit edilebilir olduğu da özellikle belirleyici bir etken olmuştur.

HEGEDEM hiyerarşisi, Ek A’da bütün halde verilmiştir ve sırasıyla 6 adet ana kriter, 21 adet birincil alt kriter, 10 adet ikincil alt kriter ve tabanda ise 85 adet kategorik/koşulsal kriter içermektedir (Şekil A.1). Şekil 4.11’de ise model hiyerarşisinin SuperDecisions programına işlenmiş halinden bir program arayüz örneği görülmektedir.

Model hiyerarşisi, “hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi” amacı (hedefi) altında;

- Trafik özellikleri ile ilgili faktörler,
- Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler,
- Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler,
- Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler,
- Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler,
- Kaza geçmişi faktörü olmak üzere öncelikle 6 adet ana kriterden oluşmaktadır.



Şekil 4.11 : SuperDecisions programı HEGEDem hiyerarşisi arayüz örneği.

4.4.1.1 Trafik özellikleri ile ilgili faktörler

Trafik özellikleri ile ilgili faktörler ana kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 3 adet birincil alt kritere ayrılmıştır.

- Mahal özellikleri (M)
- Seyir momenti (SM)
- Livre hızı (LH).

Mahal özellikleri (M): Daha önce anlatımı yapılmış olan literatür taramalarına göre şehir içleri; nüfus özellikleri, karayolu özellikleri, trafik özellikleri (yaya sayısı vb.) bakımından kırsal bölgelere kıyasla oldukça farklılık göstermektedir. Ayrıca Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinin [6,7] esasları da geçidin mahalline göre dallanmalar içerebilmektedir (Bölüm 3.2.3). Bu nedenle mahal özellikleri birincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere;

- M₁: Kırsal,
- M₂: Şehir içi olmak üzere 2 farklı kategorik kritere ayrılmıştır.

Seyir momenti (SM): Daha önce anlatımı yapılmış olan literatür taramalarına göre seyir momenti, bir hemzemin geçidin emniyet düzeyini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Ayrıca Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinde [6,7], 3.000 ve altında seyir momentine sahip olan hemzemin geçitlerin diğer bazı koşullar da elverişli ise serbest olarak işletilebilmesi, 3.000’den büyük seyir momentine sahip hemzemin geçitlerin bariyerli olarak işletilmesi ve 30.000’den büyük seyir momentine sahip olan hemzemin geçitlerin ise iptal edilmesi gerektiği gibi esaslar yer almaktadır (Bölüm 3.2.3-Çizelge 3.27). Bu nedenle seyir momenti birincil alt kriteri, seyir momenti aralıklarının emniyete olan etkisinin de gözlemlenebilmesi amacıyla aşağıda görüldüğü üzere 5 adet kategorik kritere ayrılmıştır.

- SM₁: $SM \leq 3.000$
- SM₂: $3.000 < SM \leq 15.000$
- SM₃: $15.000 < SM \leq 30.000$
- SM₄: $30.000 < SM \leq 100.000$
- SM₅: $100.000 < SM$.

Livre hızı (LH): Livre hızı birincil alt kriteri, tren tarife kitapçığına göre ilgili hemzemin geçit kesiminde demiryolu araçlarının seyir edebileceği maksimum hızı ifade etmektedir. Ayrıca daha önce incelendiği üzere Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, demiryolu araç hızlarının 120 km/sa. değerini aştığı kesimlerde kontrolsüz hemzemin geçit işletilmesi; 160 km/sa. değerini aştığı kesimlerde ise hemzemin geçit işletilmesi sakıncalı olmaktadır (Bölüm 3.2.3-Çizelge 3.27). Bu bağlamda, livre hızı birincil alt kriteri, demiryolu araç hızı aralıklarının emniyete olan etkisinin de gözlemlenebilmesi amacıyla;

- LH₁: $LH \leq 60$ km/sa.,
- LH₂: $60 \text{ km/sa.} < LH \leq 90 \text{ km/sa.}$,
- LH₃: $90 \text{ km/sa.} < LH \leq 120 \text{ km/sa.}$,
- LH₄: $120 \text{ km/sa.} < LH \leq 160 \text{ km/sa.}$,
- LH₅: $160 \text{ km/sa.} < LH$ olmak üzere 5 kategorik kritere ayrılmıştır.

4.4.1.2 Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler

Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler ana kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 6 adet birincil alt kritere ayrılmıştır.

- Verevlik açısı (V)
- Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)
- Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)
- Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)
- Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)
- Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE).

Verevlik açısı (V): Daha önce anlatımı yapılmış olan literatür taramalarına göre demiryolu ve karayolu arasındaki verevlik (kesişme) açısı, geçit bölgesindeki görüş özelliklerini direkt etkileyen bir faktördür. Ayrıca Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, ülkede verevlik açısı 70°’nin altında olan hemzemin geçit işletilememektedir (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.20). Bu bağlamda, verevlik açısı birincil alt kriteri, kesişme açısı aralıklarının emniyete olan etkisinin de gözlemlenebilmesi amacıyla aşağıda görüldüğü şekilde 3 farklı kategorik kritere ayrılmıştır.

- $V_1: 70^\circ \leq V \leq 90^\circ$
- $V_2: 50^\circ \leq V < 70^\circ$
- $V_3: V < 50^\circ$.

Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM): Bu kriter, hemzemin geçide yaklaşan bir taşıt sürücüsünün, geçide 5 metre uzaklıkta (geçit güvenlik çizgisinde) iken demiryolu üzerinde gözlemleyebildiği maksimum mesafeyi ifade etmektedir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, bu mesafe en az 500 metre olmalıdır (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.18). Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi aralıklarının emniyete olan etkisinin de gözlemlenebilmesi adına bu kriter;

- TŞGM₁: $500 \text{ m} \leq \text{TŞGM}$
- TŞGM₂: $250 \text{ m} \leq \text{TŞGM} < 500 \text{ m}$
- TŞGM₃: $100 \text{ m} \leq \text{TŞGM} < 250 \text{ m}$
- TŞGM₄: TŞGM < 100 m olmak üzere 4 farklı kategorik kritere ayrılmıştır.

Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM): Bu kriter, demiryolu aracı bir hemzemin geçide yaklaşırken, demiryolu araç sürücüsünün geçitten kaç metre mesafe ötede geçit bölgesini görebilmeye başladığını ifade etmektedir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, bu mesafenin en az 750 metre olması istenmektedir (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.19). Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi aralıklarının emniyete olan etkisinin de modele dâhil edilebilmesi amacıyla bu birincil alt kriter, aşağıda görüldüğü üzere 5 kategorik kritere ayrılmıştır.

- TRGM₁: $750 \text{ m} \leq \text{TRGM}$
- TRGM₂: $500 \text{ m} \leq \text{TRGM} < 750 \text{ m}$
- TRGM₃: $250 \text{ m} \leq \text{TRGM} < 500 \text{ m}$
- TRGM₄: $100 \text{ m} \leq \text{TRGM} < 250 \text{ m}$
- TRGM₅: TRGM < 100 m.

Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE): Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanının, daha önce anlatımı yapılmış olan literatür taramaları doğrultusunda, hem geçit bölgesindeki görüş özellikleri üzerinde hem de demiryolu deveri bakımından taşıt sürücülerinin geçitten geçişleri sırasındaki sürüş konforu üzerinde etkisi olabilmektedir. Ayrıca

Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, yarıçapı 500 metreden küçük olan demiryolu yatay kurplarında ve geçiş eğrilerinde hemzemin geçit işletilmesi uygun görülmemektedir (Bölüm 3.2.3). Tüm bunların ışığında bu birincil alt kriter, aşağıda görüldüğü üzere 5 kategorik kritere ayrılmıştır.

- YGE₁: Aliyman
- YGE₂: $1.000 \text{ m} \leq R$
- YGE₃: $500 \text{ m} \leq R < 1.000 \text{ m}$
- YGE_{4-a}: $250 \text{ m} \leq R < 500 \text{ m}$
- YGE_{4-b}: Geçiş eğrisi.

Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM):

Bu kriter, bir hemzemin geçidin en yakındaki yol kesişimine olan uzaklığını ifade etmektedir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre; bu uzaklık, geçidin güvenlik çizgisinden itibaren en az 30 metre olmalıdır (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.28). Bu birincil alt kriter, aşağıda görüldüğü üzere 2 farklı koşulu da ifade edecek biçimde modele eklenmiştir.

- ATGM₀: Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden fazla
- ATGM₁: Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden az.

Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE): Daha önceki bölümlerde aktarılmış olan literatür taramaları doğrultusunda, bir hemzemin geçidin yaklaşım yolunun eğimi, hava şartlarına da bağlı olarak taşıt sürücüsünün geçide yaklaşımı sırasındaki taşıt kontrol becerilerini ve sürüş konforunu etkileyebilmektedir. Türkiye’de bu eğim, ülkede yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliği [6,7] maddelerine göre, geçitten itibaren 50 metrelik mesafeler içerisinde maksimum %4 olabilmektedir (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.27). Bu temelde, bu birincil alt kriter;

- YGBE₀: 50 metrelik kesimler %4 eğimin altında,
- YGBE₁: 50 metrelik kesimler %4 eğimin üzerinde olmak üzere 2 farklı koşulu ifade edecek biçimde modele dâhil edilmiştir.

4.4.1.3 Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler

Bu ana kriter, bir hemzemin geçit ile yaklaşım yolunun kaplama cinsi ve kaplama durumu özelliklerinin emniyete olan etkisini göz önünde bulundurmak amacıyla modele eklenmiştir. Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler ana kriteri, bu bağlamda öncelikle;

- Kaplama cinsi,
- Kaplama durumu olmak üzere 2 farklı birincil alt kritere ayrılmıştır.

Kaplama cinsi: Daha önceki bölümlerde aktarıldığı üzere bir hemzemin geçit bölgesinde (geçit ve yaklaşım yolu) kullanılan kaplama cinslerinin özellikleri, taşıt sürücülerinin geçide yaklaşımı ve geçitten geçişi sırasındaki sürüş konforunu ve taşıt kontrol becerilerini etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, kaplama cinsi birincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 2 adet ikincil alt kritere ayrılmıştır.

- Geçit kaplama cinsi (GKC)
- Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC).

Geçit kaplama cinsi (GKC): Bu kriter, taşıt sürücülerinin hemzemin geçitten geçişleri sırasında kaplama cinsi özelliklerinden dolayı yaşayabilecekleri olumsuzlukların emniyete olan etkisini göz önünde bulundurmak amacıyla modele dâhil edilmiştir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, ülkedeki geçitlere kauçuk veya kompozit kaplama uygulanması gerekmektedir (Bölüm 3.2.3). Bu temelde, geçit kaplama cinsi ikincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 6 kategorik kritere ayrılmıştır.

- GKC₁: Lastik (Kauçuk)
- GKC₂: Kompozit
- GKC₃: Beton veya çelik
- GKC₄: Asfalt veya parke taş
- GKC₅: Stabilize
- GKC₆: Toprak/balast.

Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC): Bu ikincil alt kriter, taşıt sürücülerinin bir hemzemin geçide yaklaşımları sırasında yaklaşım yolu kaplama cinsi özelliklerinden dolayı yaşayabilecekleri olumsuzlukların emniyete olan etkisini göz önünde bulundurmak amacıyla modele eklenmiştir. Türkiye’de yürürlükte olan yönetmeliğe

[6,7] göre, ülkede 3.000'den büyük seyir momentine sahip hemzemin geçitlerde yaklaşım yollarının 150 metrelik kesimleri asfalt veya parke taş kaplanmalıdır (Bölüm 3.2.3). Bu temelde, yaklaşım yolu kaplama cinsi ikincil alt kriteri;

- YKC_0 : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı,
- YKC_1 : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamasız olmak üzere 2 farklı durumu ifade edecek biçimde modele dâhil edilmiştir.

Kaplama durumu: Literatür taramaları sırasında elde edilen bilgiler doğrultusunda, hemzemin geçit ve yaklaşım yoluna uygulanan kaplama cinsi özelliklerinin yanı sıra, kaplamanın uygulandığı andaki veya belli bir süre geçtikten sonraki durumu ile ilgili özellikleri de hemzemin geçitteki emniyeti etkilemektedir. Bu bilgiler ışığında kaplama durumu birincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 3 adet ikincil alt kritere ayrılmıştır.

- Geçit kaplama durumu (GKD)
- Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)
- Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF).

Geçit kaplama durumu (GKD): Daha önce aktarılmış olan bilgiler ışığında, bir hemzemin geçide uygulanmış olan kaplamanın belli bir süreç sonundaki durumu, taşıt sürücülerinin geçidi hızlıca terk edebilmeleri konusunda önemli bir role sahiptir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, geçit kaplamasının yapım, bakım ve onarım işlerinden demiryolu altyapı işletmecisi sorumlu olmaktadır (Bölüm 3.2.3). Bu bağlamda, geçit kaplama durumu ikincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 2 farklı koşulu temsil edecek biçimde modele dâhil edilmiştir.

- GKD_0 : Geçit kaplama durumu iyi
- GKD_1 : Geçit kaplama durumu kötü.

Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD): Daha önce de aktarıldığı üzere bir hemzemin geçidin yaklaşım yoluna uygulanan kaplama cinsinin özellikleri yanı sıra, kaplamanın belli bir süreç sonunda bulunduğu durum da taşıt sürücülerinin geçide kontrollü bir biçimde yaklaşabilmeleri ve geçit bölgesini hızlı bir biçimde terk edebilmeleri konusunda öneme sahiptir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, yaklaşım yolu kaplamasının yapım, bakım ve onarım

işlerinden karayolunun bağlı olduğu kurum sorumlu olmaktadır (Bölüm 3.2.3). Bu temelde, yaklaşım yolu kaplama durumu ikincil alt kriteri;

- YKD₀: Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi,
- YKD₁: Yaklaşım yolu kaplama durumu kötü olmak üzere 2 farklı gruba ayrılmıştır.

Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF): Literatür tarama çalışmaları sırasında da aktarıldığı üzere taşıt sürücülerinin, geçidi raylara takılmadan hızlıca terk edebilmeleri için hemzemin geçit yaklaşımında ve geçit içerisinde kullanılan kaplamaların yüzeyi ile demiryolu raylarının üst kotu arasında seviye farkı bulunmaması gerekmektedir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinin [6,7] esasları da bu doğrultudadır (Bölüm 3.2.3). Bu temelde, bu ikincil alt kriter, aşağıda görüldüğü üzere 2 farklı durumu da barındıracak şekilde modele eklenmiştir.

- GRKF₀: Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta
- GRKF₁: Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmakta.

4.4.1.4 Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler

Bu ana kriter, bir hemzemin geçit bölgesinin, trafik kontrol ekipmanları (koruma sistemi, yatay–düşey trafik işaretleri vb.) bakımından taşıdığı özelliklerin geçitteki emniyete olan etkisini gözlemleyebilmek adına modele eklenmiştir ve aşağıda görüldüğü üzere 5 adet birincil alt kriterden oluşmaktadır.

- Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)
- Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)
- Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)
- "Dikkat Hemzemin Geçit Dördük Çal" levhası (GDÇL)
- Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ).

Geçit tipi (koruma şekli) (GKT): Daha önceki bölümlerde aktarılmış olan literatür taraması çalışmalarından edinilen bilgiler doğrultusunda, tesis edilmiş olan koruma sistemine göre bir hemzemin geçidin kontrollü veya kontrolsüz tipte oluşu, geçitteki emniyeti etkileyen önemli faktörlerden biridir. Türkiye’de yürürlükte olan

yönetmeliğe [6,7] göre de, ülkede 3.000 ve altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler diğer bazı koşullara da bağlı olarak serbest şekilde işletilebilirken; 3.000 ila 30.000 arasında seyir momentine sahip hemzemin geçitler mutlaka bariyerli şekilde işletilmelidir (Bölüm 3.2.3-Çizelge 3.27). Bunun yanında, kontrollü hemzemin geçitlerde bariyer kollarının gerekli durumlarda taşıt trafiğini tamamen kesecek bir biçimde doğru ve yeterli uzunlukta tesis edilmesi gerekmektedir. Bu temelde, geçit tipi (koruma şekli) birincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 4 kategorik kritere ayrılmıştır.

- GKT₁: Flaşörlü-çanlı ve otomatik bariyerli
- GKT₂: Bekçili-bariyerli
- GKT_{3-ek}: Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT₁ ve GKT₂ için ek değer)
- GKT₄: Serbest.

Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS): Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, seyir momentinin 3.000’den fazla olduğu geçitlerde yatay-düşey trafik işaretlerine ek olarak yaklaşım yolu kenarına bir hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali de tesis edilmesi gerekmektedir (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.23). Bu birincil alt kriter;

- HTYS₀: Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta,
- HTYS₁: Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta olmak üzere 2 farklı koşulu da içerecek biçimde modele dâhil edilmiştir.

Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ): Bu birincil alt kriter, bir hemzemin geçit bölgesine trafik levhaları vb. düşey trafik işaretlerinin tesis edilmiş olup olmama durumunun geçitteki emniyete olan etkisini göz önünde bulundurabilmek adına modele dâhil edilmiştir. Türkiye’de 3.000 ve altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler ile 3.000 ila 30.000 arasında seyir momentine sahip geçitlere tesis edilen düşey trafik işaretleri, ülkede yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinin [6,7] birinci ve ikinci ekine göre demiryolu araç hızlarına bağlı olarak bazı farklılıklar gösterebilmektedir (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.21 ve Şekil 3.22). Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri birincil alt kriteri, yönetmelikte belirtilen levhaların göz önünde bulundurulması suretiyle;

- YDTİ₀: Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz,
- YDTİ₁: Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksik olmak üzere 2 farklı koşulu da temsil edecek biçimde modele eklenmiştir.

"Dikkat Hemzemin Geçit Dödük Çal" levhası (GDÇL): Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre, demiryolu araç sürücüsünün taşıt sürücülerini ve yayaları uyarmasını sağlamak adına hemzemin geçit yaklaşımlarında demiryolu kenarına "Dikkat Hemzemin Geçit Dödük Çal" levhası tesis edilmelidir (Bölüm 3.2.3). Bu birincil alt kriter, aşağıda görüldüğü üzere 2 farklı koşulu da göz önünde bulundurmayı sağlayacak biçimde modele eklenmiştir.

- GDÇL₀: "Dikkat Hemzemin Geçit Dödük Çal" levhası bulunmakta
- GDÇL₁: "Dikkat Hemzemin Geçit Dödük Çal" levhası bulunmamakta.

Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ): Bu birincil alt kriter; karayolu kaplama işaretlemeleri, kasisler vb. yatay trafik işaretlerinin bir hemzemin geçit bölgesine uygulanmış olup olmama durumunun geçitteki emniyete olan etkisini göz önünde bulundurabilmek adına modele dâhil edilmiştir. Türkiye’de 3.000 ve altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler ile 3.000 ila 30.000 arasında seyir momentine sahip geçitlere uygulanan yatay trafik işaretleri, ülkede yürürlükte olan yönetmeliğin [6,7] birinci ve ikinci ekine göre demiryolu araç hızlarına bağlı olarak bazı farklılıklar gösterebilmektedir (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.21 ve Şekil 3.22). Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri birincil alt kriteri, yönetmelikte bulunan yatay işaretlerin göz önünde bulundurulması suretiyle;

- YYTİ₀: Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz,
- YYTİ₁: Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksik olmak üzere 2 farklı koşulu da temsil edecek biçimde modele eklenmiştir.

4.4.1.5 Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler

Bu ana kriter, geçit kullanıcılarının bir hemzemin geçide yaklaşırken ve/veya geçidi kullanırken geçit boyutlarına bağlı olarak sergiledikleri kural dışı hareketlerin (sollama, zikzak hareketi vb.) ve geçidi terk etme sürelerinin emniyete olan etkisini gözlemlenmek adına modele dâhil edilmiştir. Bu bağlamda, yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler ana kriteri;

- Geçit açıklığı (A),
- Yaklaşım yolu genişliği,
- Geçidin kestiği hat adedi (KHA) olmak üzere 3 adet birincil alt kritere ayrılmıştır.

Geçit açıklığı (A): Geçit açıklığı birincil alt kriteri, bir hemzemin geçidin yaklaşım yolu doğrultusundan görülen enine genişliği ifade etmektedir. Daha önceki bölümlerde aktarılmış olan bilgiler doğrultusunda, bu genişliğe bağlı olarak yarım kollu bariyer veya bu genişliğe göre yetersiz uzunlukta bariyer tesis edilmiş olan hemzemin geçitlerde taşıt sürücüleri ve yayalar çeşitli kural ihlallerinde bulunabilmektedirler. Ayrıca geçit genişliği arttıkça, geçidi aynı anda kullanan taşıt sayısı vb. gibi geçit içindeki trafik özellikleri de değişebilmektedir. Bu birincil alt kriter, geçit açıklığı aralıklarının emniyete olan etkisini de gözlemleyebilmek adına aşağıda görüldüğü üzere 4 farklı kategorik kritere ayrılarak modele dâhil edilmiştir.

- $A_1: A \leq 5 \text{ m}$
- $A_2: 5 \text{ m} < A \leq 10 \text{ m}$
- $A_3: 10 \text{ m} < A \leq 15 \text{ m}$
- $A_4: 15 \text{ m} < A$.

Yaklaşım yolu genişliği: Bu birincil alt kriter, yaklaşım yolu genişliğine bağlı olarak geçit yaklaşımında taşıt sürücülerinin sergiledikleri sollama ve zikzak hareketi gibi kural ihlallerinin çeşitli uygulamalarla engellenmiş olup olmama durumunun emniyete olan etkisini göz önünde bulundurabilmek amacıyla modele eklenmiştir. Yaklaşım yolu genişliği birincil alt kriteri;

- Şerit genişliği tanzimi (ŞGT),
- Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU) olmak üzere 2 farklı ikincil alt kritere ayrılmıştır.

Şerit genişliği tanzimi (ŞGT): Bu ikincil alt kriter; yaklaşım yolu şerit genişliğinin, geçit yaklaşımında ve geçitten geçiş sırasında taşıt sürücülerinin birbirlerini sollamaya çalışamayacakları şekilde tanzim edilip edilmediğini modele dâhil etmektedir. Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre de şehir içleri hariç olmak üzere yaklaşım yollarının şerit genişlikleri, taşıt sürücülerinin birbirlerini sollayamayacakları şekilde düzenlenmelidir (Bölüm 3.2.3). Şerit genişliği tanzimi ikincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 2 farklı koşula ayrılmıştır.

- ŞGT₀: Şerit genişliği tanzimi yapılmış veya gerekli değil
- ŞGT₁: Şerit genişliği tanzimi yapılmamış.

Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU): Bu ikincil alt kriter, özellikle birden fazla şerit içeren geniş yaklaşım yoluna sahip hemzemin geçit yaklaşımlarında taşıt sürücülerinin zikzak hareketi yaparak kapalı bariyerler etrafından dolaşmak suretiyle işledikleri kural ihlallerinin engellenip engellenmeme durumunu modele dâhil etmektedir (Bölüm 2.5.2.2-Şekil 2.32). Ayrıca Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre de, 3.000’den büyük seyir momentine sahip hemzemin geçit yaklaşımlarında karayolu ortasına sürücülerin zikzak hareketini engelleyecek refüj veya beton korkuluk gibi ayırıcı bir yapı inşa edilmesi zorunlu kılınmıştır (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.24). Bu temelde, refüj veya beton korkuluk uygulaması ikincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 2 farklı koşula ayrılmıştır.

- RBU₀: Refüj/beton korkuluk uygulanmış veya gerekli değil
- RBU₁: Refüj veya beton korkuluk uygulanmamış.

Geçidin kestiği hat adedi (KHA): Geçidin kestiği hat adedi birincil alt kriteri, bir hemzemin geçidin yaklaşım yolu doğrultusundaki boyuna genişliği bakımından taşıt sürücülerinin ve yayaların geçidi terk etme sürelerinin emniyete olan etkisini göz önünde bulundurmak adına modele eklenmiştir. Bu birincil alt kriter;

- KHA₁: $KHA < 2$,
- KHA₂: $2 \leq KHA$ olmak üzere 2 kategorik kritere ayrılmıştır.

4.4.1.6 Kaza geçmişi faktörü

Kaza geçmişi faktörü ana kriteri, diğer bazı ülkelerin modellerinde de olduğu gibi, bir hemzemin geçitte geçmiş yıllarda meydana gelmiş olan kazaların, bir düzeltme faktörü olarak göz önünde bulundurulması amacıyla modele eklenmiştir. Bu bağlamda; bu ana kriter, bir hemzemin geçidin son 3 yıllık kaza geçmişi hesaba katılacak biçimde;

- Kaza sayısı (KSAY),
- Kaza sonuçları olmak üzere 2 adet birincil alt kritere ayrılmıştır.

Kaza sayısı (KSAY): Kaza sayısı birincil alt kriteri, bir hemzemin geçitte son 3 yıllık periyot içinde meydana gelmiş olan kazaların sayısını ifade etmektedir. Bu kriter,

- $KSAY_0: KSAY = 0$
- $KSAY_1: 0 < KSAY \leq 2$
- $KSAY_2: 2 < KSAY < 5$
- $KSAY_3: 5 \leq KSAY$ olmak üzere 4 adet kategorik kritere ayrılmıştır.

Kaza sonuçları: Bu kriter, bir hemzemin geçitte son 3 yıllık periyot içinde meydana gelmiş olan kazaların doğurduğu sonuçları ifade etmektedir. Kaza sonuçları birincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 3 farklı ikincil alt kriterden oluşmaktadır.

- Ölü sayısı (ÖS),
- Yaralı sayısı (YS),
- Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS).

Ölü sayısı (ÖS): Ölü sayısı ikincil alt kriteri, bir hemzemin geçitte son 3 yıllık periyot içinde meydana gelmiş olan kazalar sonucunda ölen insan sayısını ifade etmektedir. Bu kriter,

- $ÖS_0: ÖS = 0$
- $ÖS_1: 0 < ÖS \leq 2$
- $ÖS_2: 2 < ÖS < 5$
- $ÖS_3: 5 \leq ÖS$ olmak üzere 4 adet kategorik kritere ayrılmıştır.

Yaralı sayısı (YS): Yaralı sayısı ikincil alt kriteri, bir hemzemin geçitte son 3 yıllık periyot içinde meydana gelmiş olan kazalar sonucunda yaralanan insan sayısını ifade etmektedir. Bu kriter,

- $YS_0: YS = 0$
- $YS_1: 0 < YS \leq 2$
- $YS_2: 2 < YS < 5$
- $YS_3: 5 \leq YS$ olmak üzere 4 adet kategorik kritere ayrılmıştır.

Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS): Bu kriter, bir hemzemin geçitte son 3 yıllık periyot içinde meydana gelmiş ve sonucunda sadece maddi hasar oluşmuş kaza sayısını ifade etmektedir. Maddi hasarlı kaza sayısı ikincil alt kriteri, aşağıda görüldüğü üzere 4 farklı kategorik kriterden oluşmaktadır.

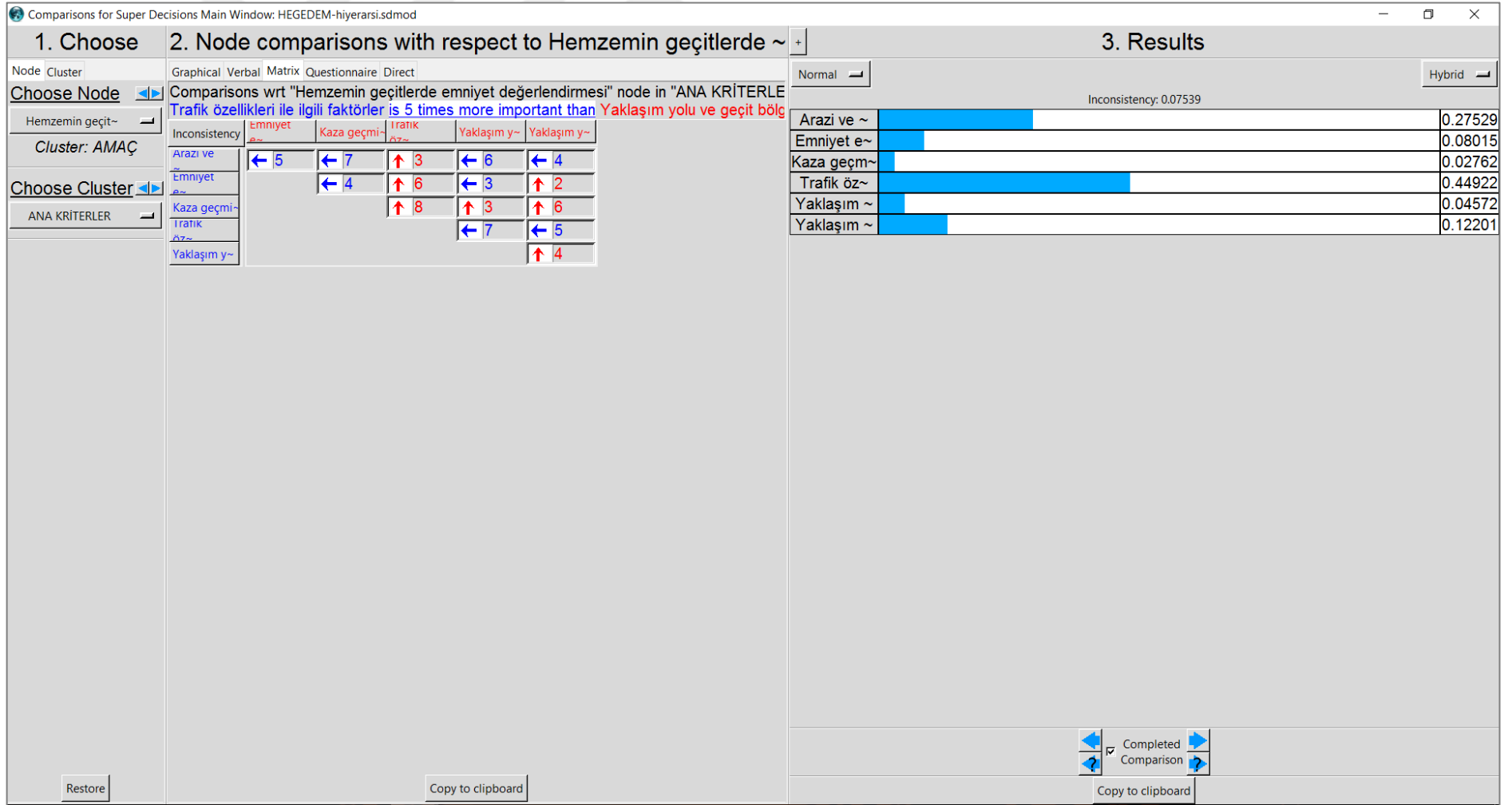
- $MKS_0: MKS = 0$
- $MKS_1: 0 < MKS \leq 2$
- $MKS_2: 2 < MKS < 5$
- $MKS_3: 5 \leq MKS$.

4.4.2 HEGEDEM ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve kriterlerin nihai ağırlıklarının hesaplanması

HEGEDEM kurulumu sırasında; model hiyerarşinin oluşturulmasından sonraki adım, AHS yönteminin doğası gereği, hiyerarşide yer alan kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması olmuştur. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken, kriterlerin birbirlerine göre önem düzeyleri, TCDD 1. Bölge Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlüğü (DERYM) bünyesinde görev alan 5 kişilik bir uzman grubu ile yapılan çeşitli çalışmalar ve toplantılar vasıtasıyla alınan uzman grubu görüşleri ile belirlenmiştir. HEGEDEM için oluşturulacak puanlama sistemine göre, bir hemzemin geçidin göreceli riski arttıkça, geçide atanacak olan emniyet gösterge değerinin de artması ve bu değer maksimum 100 olması planlanmıştır. Uzman grubu görüşlerinin alınması sırasında kullanılan çalışma ve toplantı çizelgeleri oluşturulurken bu durum da göz önünde bulundurulmuştur. Uzman grubu ile yapılan toplantıların ve çalışmaların bir özeti olan ve grubun kriter önem düzeyleri hakkındaki hükümlerini gösteren çizelgeler, Ek B'de verilmiştir.

Uzman grubu bu aşamada, model hiyerarşisinin en tepesinden başlayıp, ilişki oklarını takip etmek suretiyle hiyerarşi tabanına kadar müşterek üst öge bazında ikili kriter karşılaştırmaları yapmıştır ve toplamda 146 adet hüküm bildirmiştir (Ek B). Böylece HEGEDEM kapsamında toplamda 26 adet ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur ve bu matrisler Ek C'de verilen çizelgelerde görülmektedir. SuperDecisions programının kullanımı sayesinde, uzman grubunun verdiği hükümler bilgisayar ortamına aktarılmış ve sürecin daha hızlı, kontrollü ve hataya yer vermeden yürütülmesi sağlanmıştır. HEGEDEM ikili karşılaştırma matrislerinin her birinde tutarlık oranı 0,10'dan küçüktür (Ek C). Böylece uzman grubunun, kriter önem düzeyleri hakkındaki görüşlerini/hükümlerini bildirirken tutarlı davrandığı sonucuna varılmaktadır.

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak HEGEDEM hiyerarşisindeki kriterlerin lokal, global ve nihai ağırlıkları hesaplanmıştır (Ek C). Bu hesaplamalar sırasında işlemlerin daha kontrollü, hızlı ve hata içermeden yapılabilmesi adına SuperDecisions ve MS Excel programlarından yararlanılmıştır. Şekil 4.12'de SuperDecisions programında ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisinin ve ana kriterlerin global ağırlıkları ile matris tutarlılık oranının görüldüğü bir arayüz örneği verilmiştir.



Şekil 4.12 : SuperDecisions programı ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi arayüz örneği.

SuperDecisions programı vasıtasıyla kontrollü bir şekilde elde edilen kriter lokal ağırlıkları kullanılıp, MS Excel programı yardımıyla da kriterlerin global ağırlıkları hesaplanmıştır. Hiyerarşinin en üst seviyesinde ana kriterlerin lokal ve global ağırlıkları birbirine eşit olmaktadır. Hiyerarşideki birincil, ikincil ve kategorik/koşulsal kriterlerin global ağırlıkları hesaplanırken ise her bir kriterin lokal ağırlığı, bir üstteki müşterek ögenin global ağırlığı ile çarpılmaktadır.

Kriterlerin nihai ağırlıklarının hesaplanması sırasında ise daha önce hesaplanmış olan global ağırlıklar kullanılmaktadır. Bu durum, kategorik kriterler ve koşul belirten kriterler için farklılık göstermektedir. Koşul belirten bir kriterin bir hemzemin geçitte eksik/kötü/uygulanmamış durumda olması; bu koşulun nihai ağırlığının, bir üst ögenin global ağırlığına eşit olması demektir. Tam tersi durumda ise koşul belirten kriterin nihai ağırlığı 0 (sıfır) olmaktadır. Kaza geçmiş faktörü ana kriteri söz konusu olduğunda, ilgili periyot içerisinde üzerinde kaza görülmemiş bir hemzemin geçit için bu ana kriterden gelecek olan toplam nihai ağırlık 0 (sıfır) olmaktadır. Bu nedenle ilgili ikili karşılaştırma matrislerine (Ek C-Çizelge C.23 ile Çizelge C.26 arası) kaza sayısının ve dolayısıyla kaza sonuçlarının sıfır olduğu durumlar dâhil edilmemiştir. Ancak kategorik bir kriter grubunda ise kriterler, grup içinde yer aldıkları sıraya bağlı olarak bir üst ögenin global ağırlığının bir kısmını veya tamamını nihai ağırlık şeklinde almaktadır. Grubun en büyük global ağırlığa sahip üyesi, bir üst ögenin global ağırlığı ile eşit miktarda nihai ağırlığa sahip olmaktadır.

Örneğin; Ek C’de görüldüğü üzere, yapılan hesaplamalar sonucunda seyir momenti birincil alt kriterinin bir hemzemin geçitteki emniyeti en fazla %35,28 oranında etkilediği sonucuna varılmıştır (Çizelge C.2). Bu maksimum ağırlık, geçidin 100.000’den fazla seyir momentine sahip olması durumunda oluşacaktır (Çizelge C.4). 100.000’den büyük seyir momentine sahip bir hemzemin geçit, bir geçidin 100.000’in altında bir seyir momentine sahipken trafik yoğunluğu bakımından taşıyacağı riski de içerisinde barındırmaktadır. Ancak 3.000 ve altında seyir momentine sahip bir hemzemin geçit, seyir momentinin 3.000’den büyük olduğu durumdaki trafik yoğunluğu bakımından doğacak riski taşımamaktadır. Bu bağlamda, kategorik kriterlerin nihai ağırlıkları, denklem 4.3 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$K_{i(n)} = \sum_{i=1}^i K_{i(g)} \quad (4.3)$$

Denklemden;

$K_{i(n)}$: i. sıradaki kategorik kriterin nihai ağırlığı (Çizelge 4.7)

$K_{i(g)}$: i. sıradaki kategorik kriterin global ağırlığı (Çizelge 4.7).

HEGEDEM puanlama sisteminin 100 üzerinden çalışabilmesi ve ondalık sayı karmaşasının azaltılabilmesi adına $K_{i(n)}$ değerleri, denklem 4.4'te görüldüğü üzere 100 ile çarpılmıştır.

$$K_i = K_{i(n)} \times 100 \quad (4.4)$$

Denklemden;

K_i : i. sıradaki kategorik kriterin nihai ağırlığı (100 ile çarpılmış) (Çizelge 4.7)

$K_{i(n)}$: i. sıradaki kategorik kriterin nihai ağırlığı (Çizelge 4.7).

HEGEDEM'in daha sonraki aşamalarında yapılan işlemlerde kriter nihai ağırlığı olarak K_i değerleri kullanılmaktadır. $K_{i(g)}$, $K_{i(n)}$ ve K_i değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. HEGEDEM hiyerarşisi ve tabanındaki kategorik/koşulsal kriterlerin nihai ağırlıkları, Ek D'de bulunan çizelgede özet bir şekilde de görülebilmektedir (Çizelge D.1).

Çizelge 4.7'de görüldüğü üzere seyir momentleri birincil alt kriteri altında yer alan kategorik/koşulsal kriterlerden “SM₅: 100.000 < SM” ve “SM₄: 30.000 < SM ≤ 100.000” kriterleri; sırasıyla 35,2812 ve 17,999 değerinde nihai ağırlıklara sahip olup, bir geçitte emniyeti azaltan (riski artıran) en etkili iki parametre olarak öngörülmüştür. Bir hemzemin geçidin şehir içinde olması, görüş özelliklerinin yetersiz olması, geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunması gibi özelliklerin de geçitlerde emniyeti büyük oranda olumsuz yönde etkileyen parametreler olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.7 : HEGEDEM kategorik/koşulsal kriterlerinin global ve nihai ağırlıkları.

Birincil/İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($\times 100$) (K_i)
Mahal özellikleri (M)	M ₁ : Kırsal	0,009550	0,009550	0,9550
	M ₂ : Şehir içi	0,057300	0,066850	6,6850
	SM ₁ : $SM \leq 3.000$	0,011284	0,011284	1,1284
Seyir momenti (SM)	SM ₂ : $3.000 < SM \leq 15.000$	0,021334	0,032619	3,2619
	SM ₃ : $15.000 < SM \leq 30.000$	0,041442	0,074061	7,4061
	SM ₄ : $30.000 < SM \leq 100.000$	0,105929	0,179990	17,9990
	SM ₅ : $100.000 < SM$	0,172822	0,352812	35,2812
	LH ₁ : $LH \leq 60$ km/sa.	0,000985	0,000985	0,0985
Livre hızı (LH)	LH ₂ : 60 km/sa. $< LH \leq 90$ km/sa.	0,001873	0,002858	0,2858
	LH ₃ : 90 km/sa. $< LH \leq 120$ km/sa.	0,003812	0,006670	0,6670
	LH ₄ : 120 km/sa. $< LH \leq 160$ km/sa.	0,007729	0,014399	1,4399
	LH ₅ : 160 km/sa. $< LH$	0,015157	0,029556	2,9556
Verevlik açısı (V)	V ₁ : $70^\circ \leq V \leq 90^\circ$	0,006160	0,006160	0,6160
	V ₂ : $50^\circ \leq V < 70^\circ$	0,029333	0,035492	3,5492
	V ₃ : $V < 50^\circ$	0,069845	0,105337	10,5337
Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	TŞGM ₁ : 500 m $\leq$ TŞGM	0,002924	0,002924	0,2924
	TŞGM ₂ : 250 m $\leq$ TŞGM < 500 m	0,007586	0,010511	1,0511
	TŞGM ₃ : 100 m $\leq$ TŞGM < 250 m	0,016014	0,026524	2,6524
	TŞGM ₄ : TŞGM < 100 m	0,042689	0,069213	6,9213
Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	TRGM ₁ : 750 m $\leq$ TRGM	0,001350	0,001350	0,1350
	TRGM ₂ : 500 m $\leq$ TRGM < 750 m	0,003423	0,004773	0,4773
	TRGM ₃ : 250 m $\leq$ TRGM < 500 m	0,006187	0,010960	1,0960
	TRGM ₄ : 100 m $\leq$ TRGM < 250 m	0,012814	0,023774	2,3774
	TRGM ₅ : TRGM < 100 m	0,020629	0,044403	4,4403
Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	YGE ₁ : Aliyman	0,000955	0,000955	0,0955
	YGE ₂ : 1.000 m $\leq$ R	0,001382	0,002337	0,2337
	YGE ₃ : 500 m $\leq$ R < 1.000 m	0,002840	0,005177	0,5177
	YGE _{4-a} : 250 m $\leq$ R < 500 m	0,011593	0,028363	2,8363
	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi	0,011593	0,028363	2,8363
Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	ATGM ₀ : Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden fazla	-	-	0,0000
	ATGM ₁ : Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden az	0,018531	0,018531	1,8531

Cizelge 4.7 (devam) : HEGEDEM kategorik/koşulsal kriterlerinin global ve nihai ağırlıkları.

Birincil/İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($\times 100$) (K_i)
Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	YGBE ₀ : 50 metrelik kesimler %4 eğimin altında	-	-	0,0000
	YGBE ₁ : 50 metrelik kesimler %4 eğimin üzerinde	0,009439	0,009439	0,9439
	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	0,000305	0,000305	0,0305
	GKC ₂ : Kompozit	0,000422	0,000728	0,0728
Geçit kaplama cinsi (GKC)	GKC ₃ : Beton veya çelik	0,000963	0,001691	0,1691
	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	0,001372	0,003063	0,3063
	GKC ₅ : Stabilize	0,003055	0,006118	0,6118
	GKC ₆ : Toprak/balast	0,005501	0,011620	1,1620
Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)	YKC ₀ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı	-	-	0,0000
	YKC ₁ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamasız	0,001937	0,001937	0,1937
Geçit kaplama durumu (GKD)	GKD ₀ : Geçit kaplama durumu iyi	-	-	0,0000
	GKD ₁ : Geçit kaplama durumu kötü	0,021027	0,021027	2,1027
Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	YKD ₀ : Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	-	-	0,0000
	YKD ₁ : Yaklaşım yolu kaplama durumu kötü	0,006860	0,006860	0,6860
Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	GRKF ₀ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta	-	-	0,0000
	GRKF ₁ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmakta	0,080565	0,080565	8,0565
	GKT ₁ : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	0,001912	0,001912	0,1912
Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	GKT ₂ : Bekçili–bariyerli	0,003693	0,005605	0,5605
	GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)	0,011388	0,016993	1,6993
	GKT ₄ : Serbest	0,027428	0,044421	4,4421
Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	HTYS ₀ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta	-	-	0,0000
	HTYS ₁ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta	0,004514	0,004514	0,4514
Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	YDTİ ₀ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz	-	-	0,0000
	YDTİ ₁ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksik	0,009281	0,009281	0,9281

Cizelge 4.7 (devam) : HEGEDEM kategorik/koşulsal kriterlerinin global ve nihai ağırlıkları.

Birincil/İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($\times 100$) (K_i)
"Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası (GDÇL)	GDÇL ₀ : "Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası bulunmakta	-	-	0,0000
	GDÇL ₁ : "Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası bulunmamakta	0,002556	0,002556	0,2556
Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)	YYTİ ₀ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz	-	-	0,0000
	YYTİ ₁ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksik	0,019383	0,019383	1,9383
	A ₁ : $A \leq 5$ m	0,000540	0,000540	0,0540
Geçit açıklığı (A)	A ₂ : $5 \text{ m} < A \leq 10$ m	0,001281	0,001821	0,1821
	A ₃ : $10 \text{ m} < A \leq 15$ m	0,003014	0,004834	0,4834
	A ₄ : $15 \text{ m} < A$	0,006595	0,011429	1,1429
Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	ŞGT ₀ : Şerit genişliği tanzimi yapılmış veya gerekli değil	-	-	0,0000
	ŞGT ₁ : Şerit genişliği tanzimi yapılmamış	0,003810	0,003810	0,3810
Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)	RBU ₀ : Refüj/beton korkuluk uygulanmış veya gerekli değil	-	-	0,0000
	RBU ₁ : Refüj veya beton korkuluk uygulanmamış	0,007619	0,007619	0,7619
Geçidin kestiği hat adedi (KHA)	KHA ₁ : $KHA < 2$	0,002857	0,002857	0,2857
	KHA ₂ : $2 \leq KHA$	0,020001	0,022858	2,2858
	KSAY ₀ : $KSAY = 0$	-	-	0,0000
Kaza sayısı (KSAY)	KSAY ₁ : $0 < KSAY \leq 2$	0,000833	0,000833	0,0833
	KSAY ₂ : $2 < KSAY < 5$	0,003192	0,004025	0,4025
	KSAY ₃ : $5 \leq KSAY$	0,009783	0,013808	1,3808
	ÖS ₀ : $\text{ÖS} = 0$	-	-	0,0000
Ölöl sayısı (ÖS)	ÖS ₁ : $0 < \text{ÖS} \leq 2$	0,000654	0,000654	0,0654
	ÖS ₂ : $2 < \text{ÖS} < 5$	0,002507	0,003161	0,3161
	ÖS ₃ : $5 \leq \text{ÖS}$	0,007684	0,010845	1,0845
	YS ₀ : $YS = 0$	-	-	0,0000
Yaralı sayısı (YS)	YS ₁ : $0 < YS \leq 2$	0,000124	0,000124	0,0124
	YS ₂ : $2 < YS < 5$	0,000475	0,000599	0,0599
	YS ₃ : $5 \leq YS$	0,001456	0,002055	0,2055
	MKS ₀ : $MKS = 0$	-	-	0,0000
Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)	MKS ₁ : $0 < MKS \leq 2$	0,000055	0,000055	0,0055
	MKS ₂ : $2 < MKS < 5$	0,000210	0,000265	0,0265
	MKS ₃ : $5 \leq MKS$	0,000644	0,000908	0,0908

4.4.3 Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES) değerlerinin hesaplanması

HEGEDEM kurulum sürecinin daha önceki aşamalarında, model hiyerarşisinin tabanında bulunan 85 adet kategorik/koşulsal kriterin nihai ağırlıkları belirlenmiştir. Model kurulumunun bu aşamasında ise bu nihai ağırlıklar kullanılarak veri setindeki her hemzemin geçide, geçidin mevcut emniyet durumunu ifade eden, başka bir deyişle geçidin bir nevi emniyet skoru olan bir emniyet gösterge değeri atanmıştır. Bu değere, Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES) ismi verilmiştir. HEGES, HEGEDEM puanlama sisteminin temelini oluşturmakta olup, denklem 4.5 yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$HEGES = \sum \dot{I}ZFAK + \sum \dot{I}YFAK \quad (4.5)$$

Denklemde;

HEGES: Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi

$\sum \dot{I}ZFAK$: Geçidin sahip olduğu iyileştirilemez/iyileştirilmesi oldukça külfetli olan hemzemin geçit emniyet faktörlerinin toplam nihai ağırlığı (Çizelge 4.8, denklem 4.6)

$\sum \dot{I}YFAK$: Geçidin sahip olduğu iyileştirilebilir/iyileştirilmesi makul olan hemzemin geçit emniyet faktörlerinin toplam nihai ağırlığı (Çizelge 4.9, denklem 4.7).

Denklem 4.5'te de görüldüğü üzere hiyerarşi tabanında bulunan kategorik/koşulsal kriterler, HEGES hesabı sırasında $\dot{I}ZFAK$ (İyileştirilemez/İyileştirilmesi oldukça külfetli olan hemzemin geçit emniyet faktörleri) ve $\dot{I}YFAK$ (İyileştirilebilir / İyileştirilmesi makul olan hemzemin geçit emniyet faktörleri) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bunun nedeni ise model kurulum sürecinin daha sonraki aşamalarında yapılacak olan hesaplamaların daha kolay ve takip edilebilir olmasını sağlamak; ayrıca HEGEDEM'in değerlendirme ve karar mekanizmasının da temellerini oluşturabilmektir.

Daha önceki bölümlerde aktarılmış olan literatür taraması çalışmalarından ve TCDD ile yapılan görüşmeler sayesinde elde edilen bilgiler doğrultusunda, bir hemzemin geçit için $\dot{I}ZFAK$ olarak belirlenen kategorik/koşulsal kriterler, Çizelge 4.8'de nihai ağırlıkları ile beraber görülmektedir.

Çizelge 4.8 : İyileştirilemez/İyileştirilmesi oldukça külfetli olan hemzemin geçit emniyet faktörleri (İZF AK).

Birincil/İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Mahal özellikleri (M)	M ₁ : Kırsal	0,9550
	M ₂ : Şehir içi	6,6850
	SM ₁ : SM ≤ 3.000	1,1284
	SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000	3,2619
Seyir momenti (SM)	SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000	7,4061
	SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000	17,9990
	SM ₅ : 100.000 < SM	35,2812
	LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	0,0985
Livre hızı (LH)	LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.	0,2858
	LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.	0,6670
	LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.	1,4399
	LH ₅ : 160 km/sa. < LH	2,9556
Verevlik açısı (V)	V ₁ : 70° ≤ V ≤ 90°	0,6160
	V ₂ : 50° ≤ V < 70°	3,5492
	V ₃ : V < 50°	10,5337
	TŞGM ₁ : 500 m ≤ TŞGM	0,2924
Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	TŞGM ₂ : 250 m ≤ TŞGM < 500 m	1,0511
	TŞGM ₃ : 100 m ≤ TŞGM < 250 m	2,6524
	TŞGM ₄ : TŞGM < 100 m	6,9213
	TRGM ₁ : 750 m ≤ TRGM	0,1350
Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	TRGM ₂ : 500 m ≤ TRGM < 750 m	0,4773
	TRGM ₃ : 250 m ≤ TRGM < 500 m	1,0960
	TRGM ₄ : 100 m ≤ TRGM < 250 m	2,3774
	TRGM ₅ : TRGM < 100 m	4,4403
Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	YGE ₁ : Aliyman	0,0955
	YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	0,2337
	YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m	0,5177
	YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m	2,8363
Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi	2,8363
	ATGM ₀ : Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden fazla	0,0000
	ATGM ₁ : Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden az	1,8531

Çizelge 4.8 (devam) : İyileştirilemez/İyileştirilmesi oldukça külfetli olan hemzemin geçit emniyet faktörleri (İZFAK).

Birincil/İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	YGBE ₀ : 50 metrelik kesimler %4 eğimin altında	0,0000
	YGBE ₁ : 50 metrelik kesimler %4 eğimin üzerinde	0,9439
Geçit açıklığı (A)	A ₁ : A ≤ 5 m	0,0540
	A ₂ : 5 m < A ≤ 10 m	0,1821
	A ₃ : 10 m < A ≤ 15 m	0,4834
	A ₄ : 15 m < A	1,1429
Geçidin kestiği hat adedi (KHA)	KHA ₁ : KHA < 2	0,2857
	KHA ₂ : 2 ≤ KHA	2,2858
	KSAY ₀ : KSAY = 0	0,0000
Kaza sayısı (KSAY)	KSAY ₁ : 0 < KSAY ≤ 2	0,0833
	KSAY ₂ : 2 < KSAY < 5	0,4025
	KSAY ₃ : 5 ≤ KSAY	1,3808
Ölü sayısı (ÖS)	ÖS ₀ : ÖS = 0	0,0000
	ÖS ₁ : 0 < ÖS ≤ 2	0,0654
	ÖS ₂ : 2 < ÖS < 5	0,3161
	ÖS ₃ : 5 ≤ ÖS	1,0845
Yaralı sayısı (YS)	YS ₀ : YS = 0	0,0000
	YS ₁ : 0 < YS ≤ 2	0,0124
	YS ₂ : 2 < YS < 5	0,0599
	YS ₃ : 5 ≤ YS	0,2055
Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)	MKS ₀ : MKS = 0	0,0000
	MKS ₁ : 0 < MKS ≤ 2	0,0055
	MKS ₂ : 2 < MKS < 5	0,0265
	MKS ₃ : 5 ≤ MKS	0,0908

Bir hemzemin geçidin $\sum$ İZFAK değeri, Çizelge 4.8’de verilen bilgiler, kısaltmalar ve nihai ağırlıklar kullanılarak denklem 4.6 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\sum \text{İZFAK} = M_i + SM_i + LH_i + V_i + T\text{ŞGM}_i + TRGM_i + YGE_i + ATGM_i + YGBE_i + A_i + KHA_i + KSAY_i + \text{ÖS}_i + YS_i + MKS_i \quad (4.6)$$

Denklemden;

i: Kategorik/koşulsal kriter indisi (sırası) (Çizelge 4.8).

Yine daha önceki bölümlerde aktarımı yapılmış olan literatür taraması çalışmalarından ve TCDD ile yapılan görüşmeler sayesinde elde edilen bilgiler doğrultusunda, bir hemzemin geçit için İYFAK olarak belirlenen kategorik/koşulsal kriterler, Çizelge 4.9’da nihai ağırlıkları ile beraber görülmektedir.

Çizelge 4.9 : İyileştirilebilir/İyileştirilmesi makul olan hemzemin geçit emniyet faktörleri (İYFAK).

Birincil/İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Geçit kaplama cinsi (GKC)	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	0,0305
	GKC ₂ : Kompozit	0,0728
	GKC ₃ : Beton veya çelik	0,1691
	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	0,3063
	GKC ₅ : Stabilize	0,6118
	GKC ₆ : Toprak/balast	1,1620
Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)	YKC ₀ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı	0,0000
	YKC ₁ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamasız	0,1937
Geçit kaplama durumu (GKD)	GKD ₀ : Geçit kaplama durumu iyi	0,0000
	GKD ₁ : Geçit kaplama durumu kötü	2,1027
Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	YKD ₀ : Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	0,0000
	YKD ₁ : Yaklaşım yolu kaplama durumu kötü	0,6860
Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	GRKF ₀ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta	0,0000
	GRKF ₁ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmakta	8,0565
	GKT ₁ : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	0,1912
Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	GKT ₂ : Bekçili–bariyerli	0,5605
	GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)	1,6993
	GKT ₄ : Serbest	4,4421
Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	HTYS ₀ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta	0,0000
	HTYS ₁ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta	0,4514
Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	YDTİ ₀ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz	0,0000
	YDTİ ₁ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksik	0,9281
"Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası (GDÇL)	GDÇL ₀ : "Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası bulunmakta	0,0000
	GDÇL ₁ : "Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası bulunmamakta	0,2556
Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)	YYTİ ₀ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz	0,0000
	YYTİ ₁ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksik	1,9383
Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	ŞGT ₀ : Şerit genişliği tanzimi yapılmış veya gerekli değİL	0,0000
	ŞGT ₁ : Şerit genişliği tanzimi yapılmamış	0,3810
Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)	RBU ₀ : Refüj/beton korkuluk uygulanmış veya gerekli değİL	0,0000
	RBU ₁ : Refüj veya beton korkuluk uygulanmamış	0,7619

Aynı şekilde, bir hemzemin geçidin $\sum \dot{I}YFAK$ değeri, Çizelge 4.9'da verilen bilgiler, kısaltmalar ve nihai ağırlıklar kullanılarak denklem 4.7 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\sum \dot{I}YFAK = GKC_i + YKC_i + GKD_i + YKD_i + GRKF_i + GKT_i + HTYS_i + YDT\dot{I}_i + GD\dot{C}L_i + YYT\dot{I}_i + \dot{S}GT_i + RBU_i \quad (4.7)$$

Denklemden;

i: Kategorik/koşulsal kriter indisi (sırası) (Çizelge 4.9).

Daha önce denklem 4.5'te de belirtildiği üzere bir hemzemin geçidin HEGES'i, geçidin $\sum \dot{I}ZFAK$ ve $\sum \dot{I}YFAK$ değerlerinin toplamı olup, maksimum 100 değerini alabilmektedir. HEGEDEM puanlama sistemi tasarımı sırasında, görece daha çok kaza riski barındıran bir hemzemin geçidin, görece daha az risk barındıran bir hemzemin geçide kıyasla daha büyük bir HEGES'e sahip olması planlanmıştır. Bu puanlama sistemine göre, bir hemzemin geçidin sahip olabileceği minimum HEGES, 3,88'dir. En küçük HEGES değerinin 0 (sıfır) değil de 3,88 olmasının nedeni ise, HEGEDEM bünyesinde yer alan emniyet faktörlerinin en az tehlike içerenlerine sahip olsa da, bir hemzemin geçidin alt/üst geçide dönüştürülmediği veya tamamen kapatılmadığı takdirde daima belli bir miktarda kaza riski barındıracağına göre göstergesidir.

Veri setinde bulunan hemzemin geçitlerin yukarıda aktarılan bilgiler ışığında yapılmış olan HEGES hesaplamaları ve bulunan HEGES'ler, Ek E'de yer alan çizelgeden görülebilmektedir (Çizelge E.1). Hemzemin geçitlerin HEGES değerleri, Çizelge 4.10'da özet bir şekilde de verilmiştir.

Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES değerleri, 10,33 ila 74,43 arasında değişmektedir. Veri setindeki geçitler arasında daha yüksek HEGES'e sahip olan hemzemin geçitlerin, daha küçük HEGES'e sahip olanlara kıyasla daha fazla göreceli riske sahip olduğu öngörülmektedir.

Bu bağlamda, incelenen hat kesimi üzerinde Km: 100+395'te bulunan hemzemin geçidin 10,33 HEGES değeri ile en düşük kaza riskine; Km: 287+583'te bulunan hemzemin geçidin ise 74,43 HEGES değeri ile en yüksek kaza riskine sahip olan geçit olduğu varsayılmaktadır (Çizelge 4.10). İlerleyen kısımda bu varsayımın doğruluğu ile ilgili çeşitli kontroller yapılmaktadır.

Çizelge 4.10 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES değerleri.

No	Kilometre	HEGES	No	Kilometre	HEGES	No	Kilometre	HEGES
1	66+880	27,16	2	67+870	36,29	3	68+958	16,14
4	69+380	21,24	5	69+520	18,35	6	70+405	15,16
7	70+825	23,04	8	74+243	15,13	9	75+183	19,72
10	76+215	17,67	11	77+470	12,75	12	79+245	21,99
13	80+149	34,60	14	82+170	15,47	15	83+342	16,14
16	85+030	14,69	17	85+985	21,40	18	87+570	18,96
19	89+713	20,86	20	91+500	23,41	21	92+790	38,99
22	93+272	35,89	23	93+380	39,28	24	93+882	13,97
25	94+645	16,14	26	96+090	10,65	27	97+935	12,93
28	100+395	10,33	29	101+120	13,78	30	101+843	16,74
31	104+385	13,50	32	105+085	33,06	33	105+400	33,97
34	107+400	11,46	35	109+150	11,28	36	110+585	25,54
37	112+813	41,36	38	113+360	27,24	39	113+860	51,26
40	114+208	23,56	41	115+181	14,77	42	117+569	29,38
43	119+394	12,69	44	120+170	12,83	45	120+893	12,83
46	122+229	12,83	47	123+470	41,78	48	123+722	39,67
49	126+690	10,85	50	127+400	13,78	51	128+998	14,21
52	130+812	43,96	53	131+088	29,60	54	131+747	59,68
55	132+332	59,33	56	132+780	58,67	57	133+255	60,87
58	134+300	58,72	59	135+299	26,50	60	135+900	32,17
61	137+700	16,11	62	138+970	16,66	63	140+590	14,14
64	141+512	20,47	65	142+866	26,80	66	146+556	16,31
67	149+190	12,83	68	152+270	16,88	69	152+970	29,51
70	154+803	29,07	71	156+374	13,53	72	159+270	14,18
73	160+300	30,57	74	162+095	14,42	75	162+865	16,25
76	165+645	22,52	77	167+947	40,92	78	168+739	19,65
79	169+279	35,15	80	171+165	31,70	81	175+160	16,55
82	178+250	12,26	83	178+962	17,31	84	180+120	23,52
85	181+005	32,25	86	183+540	20,20	87	183+925	20,22
88	187+108	25,16	89	189+950	26,75	90	191+330	26,75
91	207+788	24,69	92	208+442	31,27	93	211+594	18,92
94	214+119	24,07	95	217+285	49,98	96	218+205	36,09
97	218+418	44,78	98	218+714	62,62	99	219+719	19,88
100	220+195	23,08	101	225+670	42,13	102	230+123	25,43
103	233+293	21,94	104	235+458	25,93	105	236+409	26,18
106	241+057	25,55	107	243+530	15,10	108	247+564	25,18
109	249+311	26,37	110	251+950	25,13	111	254+547	17,13
112	258+498	18,22	113	259+635	21,54	114	265+350	23,10
115	268+070	13,87	116	272+022	26,85	117	274+545	23,11
118	277+302	20,40	119	281+146	30,91	120	281+460	25,78
121	282+100	20,39	122	282+707	19,18	123	283+151	22,96
124	284+240	52,05	125	284+850	28,19	126	286+424	48,77
127	287+223	63,46	128	287+583	74,43	129	288+085	61,91
130	288+888	37,34	131	290+215	50,46	132	291+120	53,57
133	293+890	22,08	134	300+180	20,20	135	302+741	18,92
136	306+408	21,42	137	311+803	14,24	138	314+587	56,04
139	320+580	16,60	140	321+837	15,43	141	324+735	21,44
142	326+545	39,14	143	327+444	34,36	144	328+236	30,76
145	328+964	15,48	146	330+353	13,28	147	334+683	14,31
148	336+328	12,83	149	338+206	19,56	150	340+709	19,56
151	342+661	14,26	152	344+683	24,52	153	345+483	26,53
154	346+994	25,51	155	350+932	27,76	156	355+013	23,35
157	357+497	15,35						

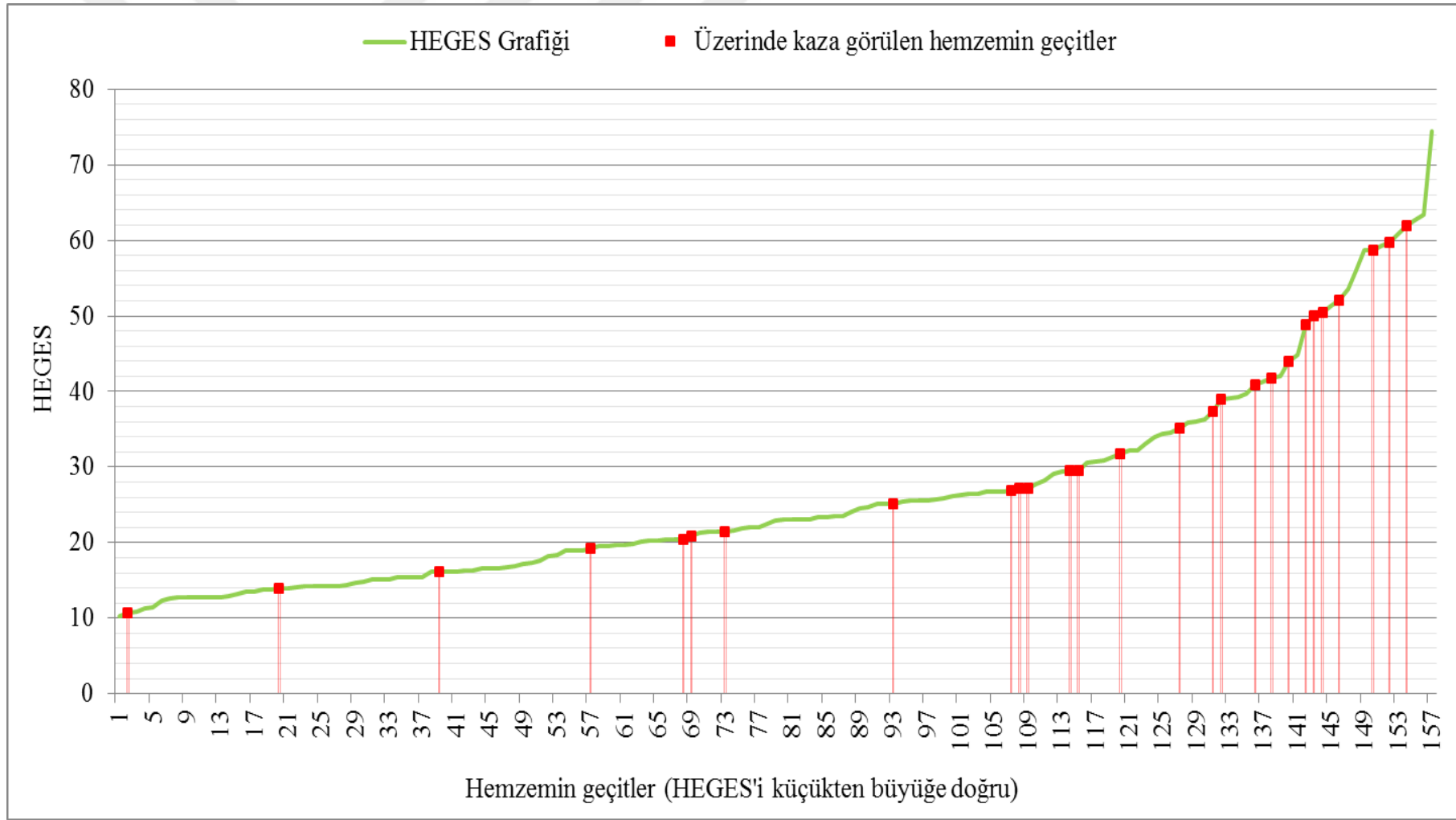
4.4.4 Hemzemin geçitlere ait HEGES değerleri ile kaza geçmişi verilerinin karşılaştırılması

Bir önceki aşamada hesaplanmış olan HEGES değerleri göz önünde bulundurulduğunda (Çizelge 4.10 veya Ek E), eldeki veri setinde Km: 100+395'te bulunan (28 no'lu) hemzemin geçidin 10,33 değeri ile en küçük HEGES'e; Km: 287+583'te bulunan (128 no'lu) hemzemin geçidin ise 74,43 değeri ile en büyük HEGES'e sahip olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle HEGEDEM, Km: 100+395'te bulunan hemzemin geçidin, veri setindeki en düşük göreceli riske sahip geçit olduğunu; Km: 287+583'te bulunan geçidin ise veri setindeki en yüksek göreceli riske sahip geçit olduğunu öngörmektedir.

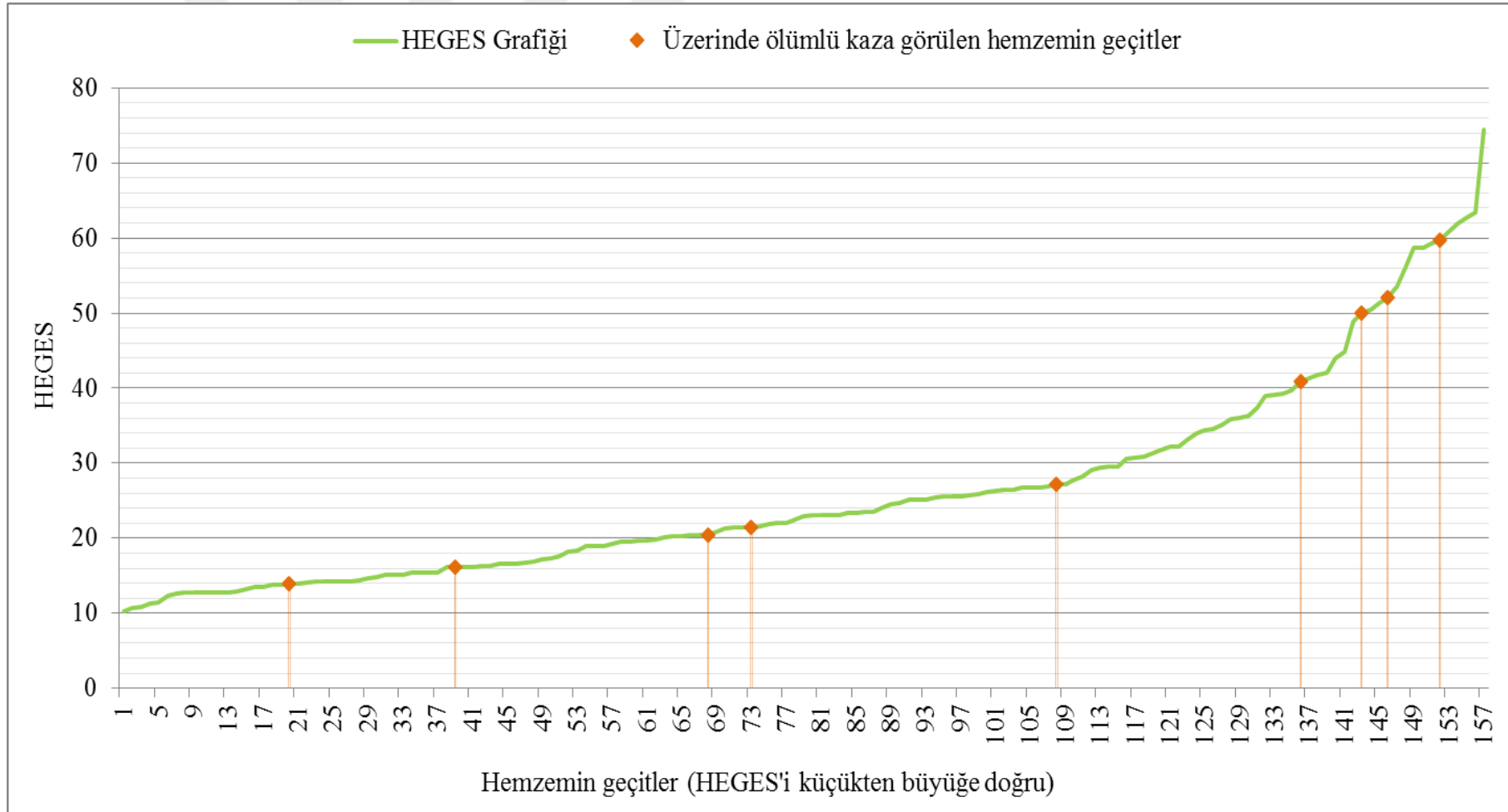
Bu öngörünün tutarlılığını sınamak adına HEGEDEM kurulum sürecinin bu aşamasında, veri setindeki hemzemin geçitler HEGES değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanıp, üzerine geçitlerin 2014–2016 yılları arasındaki kaza geçmişi verileri işlenerek çeşitli grafikler oluşturulmuştur. HEGES–Kaza Geçmişi Grafikleri, toplam 4 adet grafikten oluşmakta olup;

- Hemzemin geçitlerin HEGES değerleri ile toplam kaza geçmişi arasındaki ilişkiyi (Şekil 4.13),
- Hemzemin geçitlerin HEGES değerleri ile ölümlü kaza geçmişi arasındaki ilişkiyi (Şekil 4.14),
- Hemzemin geçitlerin HEGES değerleri ile yaralanmalı kaza geçmişi arasındaki ilişkiyi (Şekil 4.15),
- Hemzemin geçitlerin HEGES değerleri ile maddi hasarlı kaza geçmişi arasındaki ilişkiyi (Şekil 4.16) göstermektedir. Bu grafikler, ilerleyen kısımda ayrı ayrı verilmiştir.

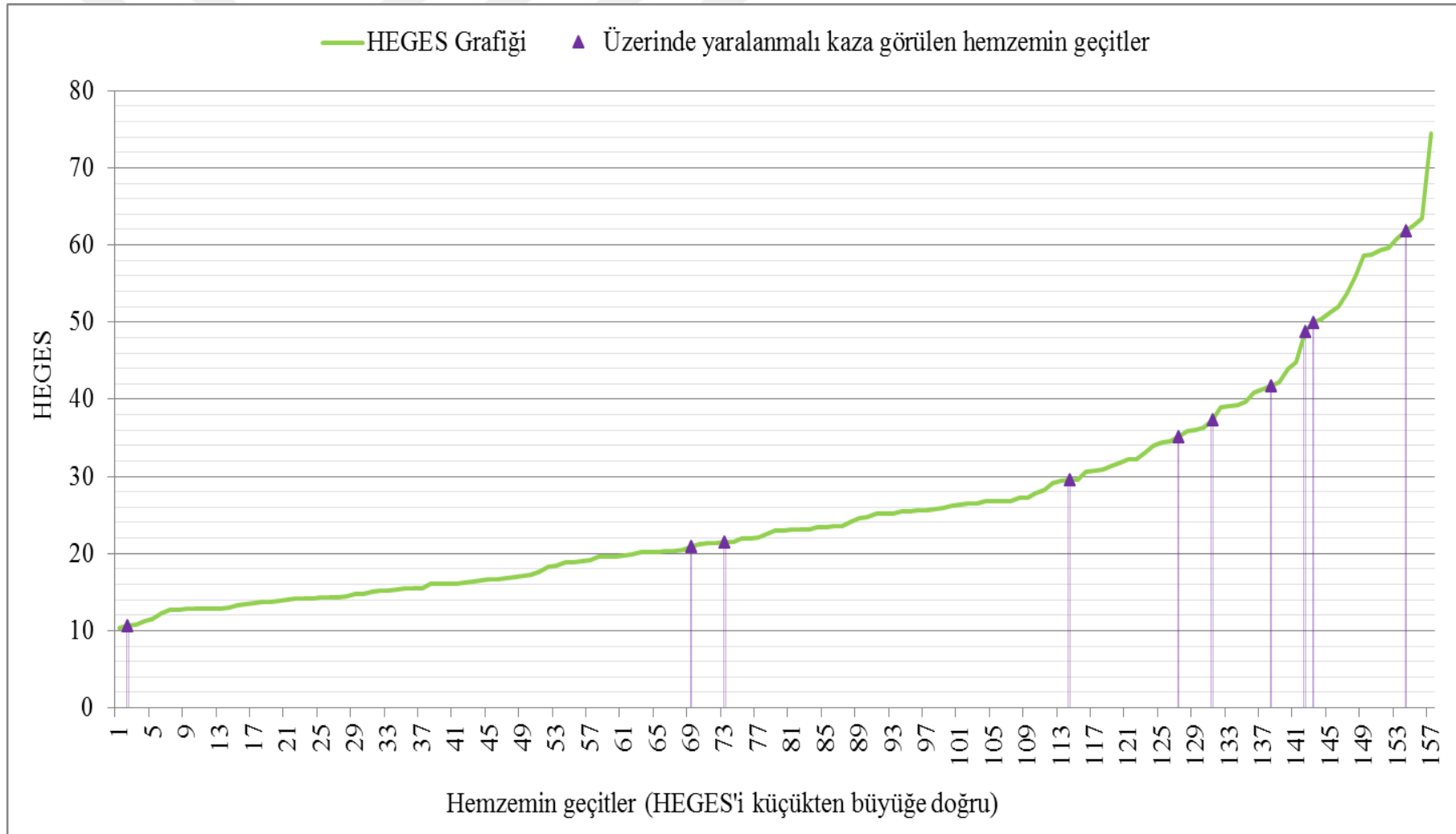
HEGES–Kaza Geçmişi Grafikleri (Şekil 4.13–Şekil 4.16 arası) incelenirken, HEGES Grafiği'nin öncelikle doğrusal bir şekilde ilerleyip sonrasında eğrisel bir hal aldığını ve veri setindeki hemzemin geçitlerde 2014–2016 yılları arasında meydana gelmiş olan kazaların ve bu kazaların ölüm, yaralanma, maddi hasar gibi sonuçlarının en fazla oranda bu eğrisel kısımda gruplandığını göz önünde bulundurmak faydalı olacaktır. Bu durum, HEGES karar mekanizmasını belirleme aşamalarında oldukça işlevsel bir konuma sahip olmuştur.



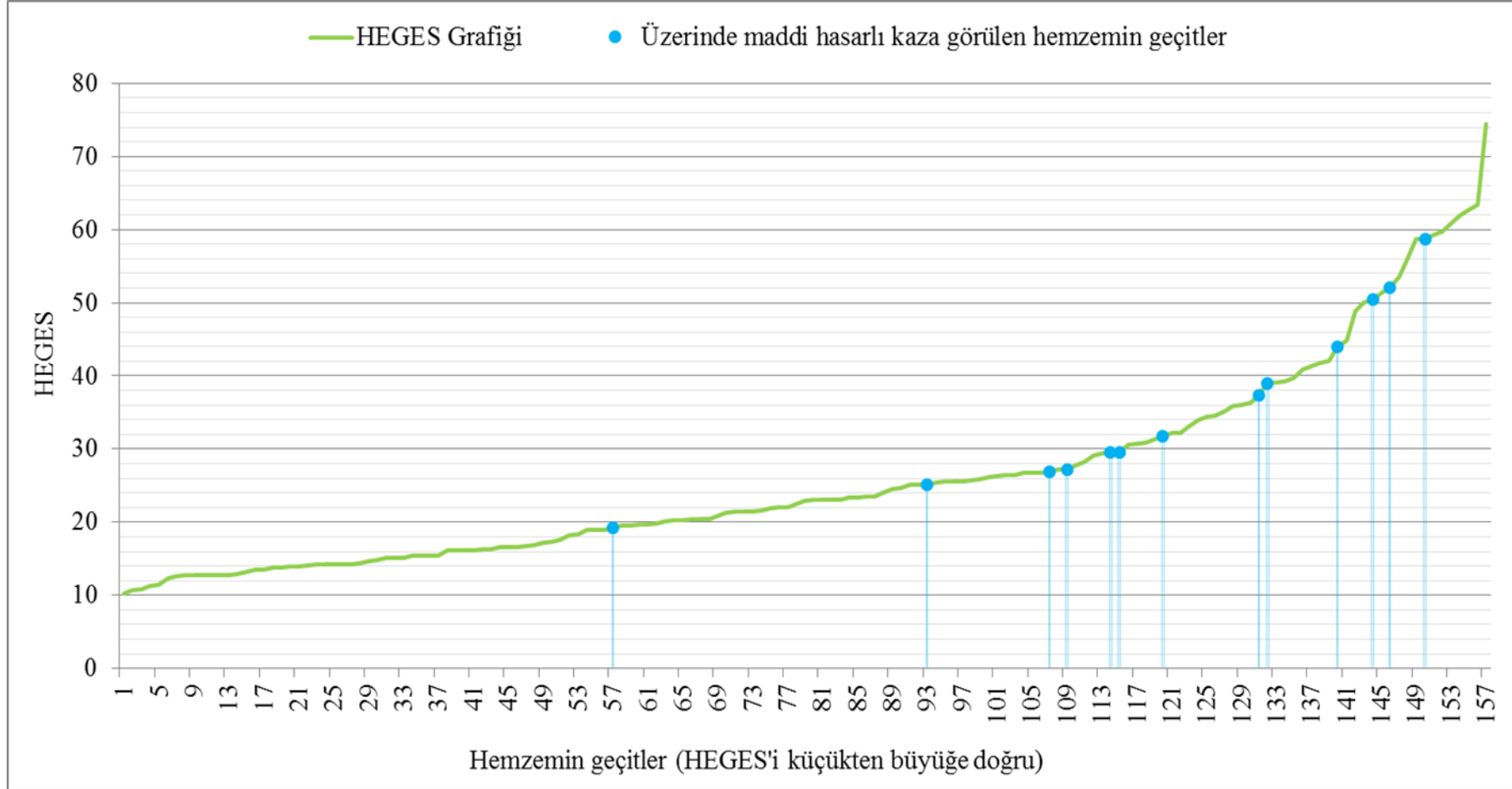
Şekil 4.13 : Veri集中的 hemzemin geçitlerin HEGES–Toplam Kaza Geçmiş Grafiği (2014–2016).



Şekil 4.14 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES–Ölümlü Kaza Geçmişi Grafiği (2014–2016).



Şekil 4.15 : Veri集中的 hemzemin geçitlerin HEGES–Yaralanmalı Kaza Geçmişı Grafişı (2014–2016).



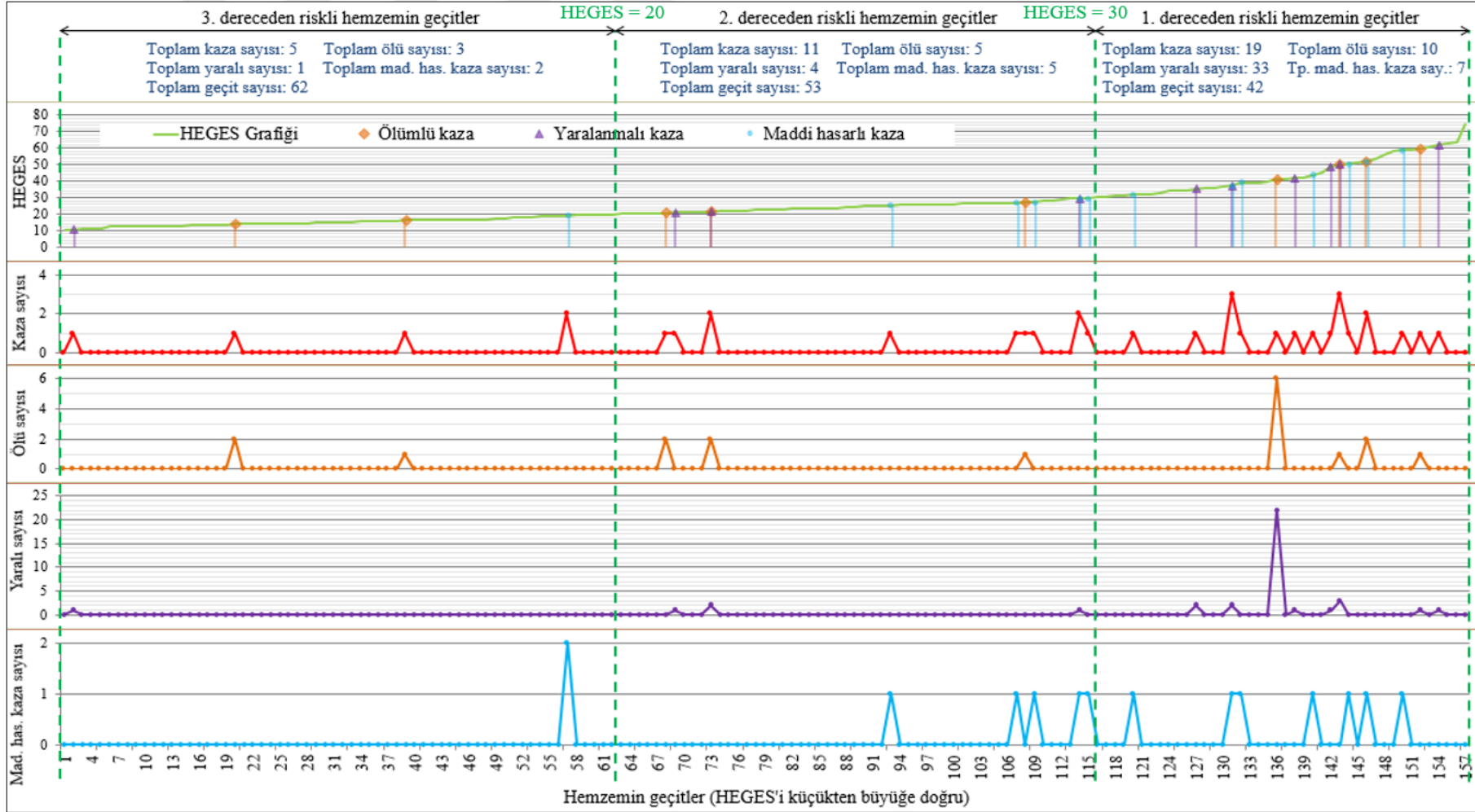
Şekil 4.16 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGES–Maddi Hasarlı Kaza Geçmişi Grafiği (2014–2016).

Şekil 4.13'te görüldüğü üzere HEGES değerlerinin arttığı yönde, üzerinde kaza görülmüş olan hemzemin geçit sayısı da artmaktadır. Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16 ayrı ayrı incelendiğinde yine Şekil 4.13'e benzer olarak, HEGES değerlerinin arttığı yönde; ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı kaza görülmüş olan hemzemin geçit sayısının da artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durum, HEGEDEM kurulumu sırasında hedeflenene paralel olarak, üzerinde kaza görülme olasılığı ve bu kazalar sonucunda ayrı ayrı ölüm, yaralanma, maddi hasar görülme olasılığı daha yüksek olan hemzemin geçitlere daha yüksek HEGES değerleri atandığı ve HEGEDEM puanlama sisteminin tutarlı bir şekilde çalıştığı yorumunu yapabilmeyi sağlamaktadır.

HEGES–Kaza Geçmişi Grafikleri (Şekil 4.13–Şekil 4.16 arası) topyekûn incelendiğinde ise hemzemin geçit kazalarının ve sonuçlarının (ölüm, yaralanma, maddi hasar), HEGES grafiğinin doğrusallığına ve eğriselliğine de paralel olarak belli HEGES değerleri aralığında bazı gruplanmalar gösterdiği gözlemlenmektedir. Hemzemin geçitlerin HEGES Grafiği, başta doğrusal ve peyderpey bir artış gösterirken; belli bir noktadan sonra eğrisel bir hale gelmekte ve ani bir artış sergilemektedir. Ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı olmaları da ayrı ayrı dâhil olmak üzere geçmiş yıllardaki hemzemin geçit kazalarının en sık görüldüğü (toplandığı) bölge bu eğrisel kısımdır.

Eğrisel kısımdan önceki doğrusal kısımda ise geçmiş yıllardaki kazaların ve sonuçlarının görülme sıklıkları, HEGES değerlerinin arttığı yönde kademeli olarak ayrı ayrı artmaktadır. Bu durum; hemzemin geçitlerin, emniyet düzeylerine göre gruplandırılabilmesine ve bazı çıkarımlar ışığında HEGEDEM değerlendirme ve karar mekanizmasının geliştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Yukarıda bahsedilen çıkarımlar ve diğer bazı bilgiler, Şekil 4.17 üzerinde özetlenmektedir.

Şekil 4.17'de görüldüğü üzere 20 ve daha küçük HEGES'e sahip hemzemin geçitlerde (62 adet geçit) toplamda 5 adet kaza görülmüş olup, bunlar sonucunda 3 ölüm, 1 yaralanma ve 2'sinde sadece maddi hasar oluşmuştur. Ancak 20 ila 30 arasında HEGES'e sahip hemzemin geçitlerde (53 adet geçit) toplamda 11 sayıda kaza görülmüş olup, bu kazalar sonucunda 5 ölüm, 4 yaralanma ve 5 adedinde ise sadece maddi hasar oluşmuştur.



Şekil 4.17 : Hemzemin geçitlerin HEGES aralıklarına göre kaza geçmişi gruplanmaları ve emniyet düzeyleri (2014–2016).

HEGES'i 30'dan büyük olan hemzemin geçitlerde (42 adet geçit) ise toplamda 19 sayıda kaza yaşanmış olup, bu kazalar sonucunda 10 adet ölüm, 33 adet yaralanma ve 7 adedinde ise sadece maddi hasar meydana gelmiştir. Başka bir deyişle HEGES'lerin arttığı yönde gruplar içerisindeki hemzemin geçit sayısı azalmasına rağmen, meydana gelmiş olan kazalar ve sonuçları artmaktadır.

Bunun nedeni ise HEGES değerlerinin arttığı yönde, üzerinde ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı kaza görülmüş olan hemzemin geçit sayısı ayrı ayrı artış gösterirken (Şekil 4.13–Şekil 4.16 arası); hemzemin geçit başına düşen kaza ve sonucundaki ölüm ve yaralanma sayısının da aynı zamanda artış göstermesidir. HEGES değeri 30 ve altında olan hemzemin geçitlerde, genel olarak 1 adet olmak üzere HEGES artış yönünde kademeli bir artışla geçit başına en fazla 2 adet kaza ve bazı kazalar sonucunda en fazla 2 adet ölüm, yaralanma veya sadece maddi hasarla sonuçlanma görülmektedir. 30'dan büyük HEGES'e sahip hemzemin geçitlerde ise 2 adet kaza görülenler de bulunmak suretiyle bazılarında 3 adet kaza meydana gelmiş ve bazılarında ise kazalar sonucunda 3 adet veya daha fazla ölüm/yaralanma görülmüştür. Bu emniyet düzeyindeki geçitlerde ($HEGES > 30$), geçit başına en fazla 1 adet sadece maddi hasar ile sonuçlanan kaza gözlemlenmektedir (Şekil 4.17).

Böylece HEGEDEM'in bir hemzemin geçitte kaza oluşma ve bu kazanın ölümlü, yaralanmalı ve sadece maddi hasarlı olma olasılığını tutarlı bir biçimde puanlama yeteneği yanı sıra, hemzemin geçit başına oluşabilecek kazaların ve bu kazaların sonuçlarının sayısını/sıklığını da tutarlı bir biçimde puanlayabildiği sonucuna varılabilmektedir. Riskin, kaza sıklığının/olasılığının ve kaza boyutlarının/kaza sonucunda doğacak olasılıkların bir çarpımı olduğu düşünüldüğünde, HEGEDEM'in hemzemin geçitlerin barındırdığı göreceli riski doğru bir biçimde puanlama ve öngörme konusunda başarılı bir model olduğu söylenebilmektedir.

HEGEDEM kurulum sürecinin diğer aşamalarında, özellikle kurumlar tarafından hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında alınacak kararlara oldukça yardımcı nitelikte olabilecek bazı adımlar ve mekanizmalar belirlenirken; bu aşamada yapılan çıkarımlardan, elde edilen bilgilerden ve oluşturulan grafiklerden oldukça fazla bir biçimde yararlanılmıştır.

Tüm bunlar ve daha önce anlatımı yapılmış olan literatür tarama çalışmaları ışığında, veri setindeki her bir hemzemin geçide iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında

takip etmek üzere HEGES büyüklüğüne bağlı olan bir öncelik sırası atanmıştır. Bu sıra, HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası olarak isimlendirilmiştir. Bu bağlamda, Km: 287+583'te bulunan (128 no'lu) ve veri seti içinde en yüksek HEGES'e sahip olan hemzemin geçidin HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası 1 iken; Km: 100+395'te bulunan (28 no'lu) ve veri seti içinde en küçük HEGES'e sahip olan hemzemin geçidin HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası ise 157 olmaktadır (Ek E).

4.4.5 Hemzemin geçit emniyet düzeylerine genel bakış

Şekil 4.17'de de görüldüğü üzere hemzemin geçitler, HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına paralel bir biçimde ve HEGES'lerine bağlı olarak 3 farklı emniyet düzeyinde gruplandırılmıştır (Ek E). Emniyet düzeylerine göre, hemzemin geçitlerin sahip olduğu ortak özelliklerin genel olarak gözlemlenebilmesi adına; veri setindeki hemzemin geçitler, Ek F'de bulunan çizelgede HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına/emniyet düzeylerine göre sıralanmıştır (Çizelge F.1).

Ayrıca hemzemin geçit emniyet faktörlerinin hangi emniyet düzeyinde gruplanmalar oluşturduğunu (ortak özellikleri) daha iyi gözlemleyebilmek ve saptayabilmek adına Ek G'de verilen grafikler oluşturulmuştur. Başka bir deyişle HEGES'lerin artış gösterdiği yönde, kazaların ve sonuçlarının artış göstermesinde etkili olan faktörlerin; HEGES'lerin azaldığı yönde de hemzemin geçitlerin daha iyi emniyet düzeyine sahip olmasını sağlayan faktörlerin genel olarak irdelenmesi amaçlanmıştır.

Mahal özellikleri (M): Hemzemin geçitlerin; HEGES değerlerinin arttığı, emniyet düzeylerinin düştüğü (3. dereceden 1. dereceye), başka bir deyişle üzerlerinde kazaların ve sonuçlarının (ölüm, yaralanma vb.) daha sık görülmeye başlandığı yönde kırsal kesimlerde işletilen geçitlerin sayısı giderek azalmakta ve şehir içlerinde işletilen geçitlerin sayısı ise giderek artmaktadır. 1. dereceden riskli olan 42 adet hemzemin geçidin 33 adedi şehir içlerinde konumlanmıştır ve bu emniyet düzeyinde görülmüş olan kazaların tamamı şehir içlerinde meydana gelmiştir. 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise şehir içlerinde işletilenlerin sayısı, kırsal kesimdekilere kıyasla oldukça azdır; ancak şehir içlerinde işletilenler ile kırsal kesimde işletilenler üzerinde oluşmuş olan toplam kaza sayısı birbirine yakınlık göstermektedir. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler ise genel olarak kırsal kesimlerde yer almaktadır (Ek G-Şekil G.1). Şehir içlerindeki trafik kargaşasının

(nüfusun fazla oluşu, taşıt ve yaya trafiğinin genellikle yoğun oluşu vb.) başka bir deyişle seyir momenti değerlerinin kırsal kesimlere kıyasla genel olarak daha fazla olması (Ek G-Şekil G.2) nedeniyle şehir içlerinde işletilen hemzemin geçitlerin kırsal kesimdeki oranla daha fazla risk barındırdığı düşünülmektedir.

Seyir momenti (SM): Hemzemin geçitlerin emniyet düzeylerinin düştüğü (kazaların ve sonuçlarının arttığı) yönde, geçitlerin seyir momenti değerlerinin de arttığı görülmektedir. 1. dereceden riskli hemzemin geçitler genel olarak 30.000'den büyük seyir momentine sahipken; 2. dereceden riskli hemzemin geçitler ise özellikle 15.000'den küçük olmak üzere genel olarak 30.000'den küçük seyir momentine sahiptirler. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler ise özellikle 3.000 değerinden küçük olmak üzere genel olarak 15.000'den küçük seyir momentine sahiptirler. Geçmiş kazaların, 30.000 ve üzerinde seyir momentine sahip hemzemin geçitlerde (1. dereceden riskli emniyet düzeyi) en büyük oranda toplandığı görülmektedir. 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise kazaların genel olarak 3.000–30.000 arasında seyir momentine sahip geçitlerde toplandığı gözlemlenmektedir. Seyir momenti arttıkça karayolu taşıtlarının ve demiryolu araçlarının bir araya gelme olasılığının ve buna bağlı olarak da kaza riskinin bir hayli arttığı düşünülmektedir (Ek G-Şekil G.2).

Livre hızı (LH): 1. dereceden riskli hemzemin geçitlerde livre hızı kategorileri birbirlerine yakın oranlarda bir dağılım göstermektedir ve kategorilerin tümünde yakın sayıda kazalar görülmektedir. 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde de durum buna benzerdir. 3. dereceden riskli emniyet düzeyinde ise livre hızının 90 km/sa. üzerinde olduğu geçit kesimleri diğer emniyet düzeylerine göre oldukça fazladır (Ek G-Şekil G.3). Bu durumun, 3. dereceden riskli geçitlere kıyasla genel olarak daha fazla seyir momentine sahip olmalarına ve şehir içlerinde konumlanmış olmalarına bağlı olarak özellikle 1. dereceden riskli geçitler başta olmak üzere 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçit kesimlerinde livre hızlarının daha düşük olarak düzenlenmek durumunda kalındığından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca özellikle 1. dereceden riskli hemzemin geçit kesimlerinde livre hızlarının düşük oluşunun, emniyeti bir yönden artırırken diğer yönden de demiryolu araçlarının geçitleri daha yavaş terk etmesine ve bu nedenle geçitlerin karayolu trafiğine kapalı kalma sürelerinin artmasına bağlı olarak geçit kullanıcılarının kural ihlaline olan eğilimlerini ve dolayısıyla da kazaları artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca

3. dereceden riskli emniyet düzeyinde 120 km/sa. değerinden daha yüksek livre hızlarının bulunduğu hemzemin geçitlerde, aynı düzey içindeki diğer geçitlere kıyasla daha fazla kaza meydana gelmiş olduğu gözlemlenmektedir (Ek G-Şekil G.3). Bu temelde, seyir momenti 3.000'in altında dahi olsa demiryolu araç hızlarının 120 km/sa. değerini aştığı kesimlerde kontrolsüz hemzemin geçit işletilmemesi gerektiği ve bu tür hemzemin geçitlerin yaklaşım yollarına mutlaka yavaşlama uyarı çizgileri, bantlar, kasisler vb. yatay trafik işaretlerinin uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

Verevlik açısı (V): Veri setindeki hemzemin geçitler genel olarak 70° ile 90° arasında (dike yakın) bir açı ile yaklaşım yolunu kesmektedir. Ancak hem 1. dereceden hem de 2. dereceden riskli emniyet düzeylerinde, verevlik açısı 70°'den küçük olan birkaç adet hemzemin geçitte bu az sayılarına oranla geçmiş yıllarda az sayıda da olsa kazaların görülmesi dikkat çekmektedir (Ek G-Şekil G.4). Demiryolu ve karayolunun kesişme açısı azaldıkça hem karayolu hem de demiryolu tarafından görüş azalmaktadır. Yapılan çalışma kapsamındaki incelemeler göstermektedir ki (Ek G-Şekil G.5 ve Şekil G.6); hem karayolu hem demiryolu tarafından görüş mesafeleri, özellikle karayolu tarafındaki görüş özellikleri olmak üzere geçitteki emniyet üzerinde oldukça etkili olan parametrelerdir. Bu temelde; verevlik açısı, hemzemin geçidin görüş özelliklerini direkt etkileyen bir parametre olması bakımından önemli bir konuma sahip olmaktadır.

Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM): Hemzemin geçitlerin daha düşük emniyet düzeyine (daha yüksek göreceli riske) sahip olduğu yönde, taşıt sürücülerinin geçide yaklaşırken sahip oldukları maksimum görüş mesafesi azalmaktadır. 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi özellikle 100 metrenin altında olmak üzere genel olarak 250 metrenin altındadır ve geçmiş yıllardaki kazalar bu özellikteki geçitlerde daha yüksek sayıda görülmektedir. 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi genel olarak 250 metrenin üzerinde olmak üzere özellikle 500 metrenin üzerindedir (Ek G-Şekil G.5).

Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM): Hemzemin geçitlerin HEGES değerlerinin arttığı (emniyet düzeylerinin düştüğü) ve kazalar ile sonuçlarının artış gösterdiği yönde, demiryolu araç sürücülerinin maksimum görüş

mesafesi azalmaktadır. 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde demiryolu araç sürücüsü, geçitle arasında genel olarak 750 metreden kısa olmak üzere özellikle 500 metreden daha kısa bir mesafe varken geçidi görebilmeye başlamaktadır. 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise demiryolu araç sürücüsü genel olarak geçitle arasında 500 metrenin üzerinde, özellikle de 750 metrenin üzerinde bir mesafe varken de geçidi gözleyebilmektedir (Ek G-Şekil G.6).

Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE): Veri setindeki hemzemin geçitler, ilgili demiryolu hat kesiminin yatayda büyük çoğunlukla aliymandan oluşan kesimleri olmak üzere genel olarak 500 metreden büyük yarıçapa sahip kurplu kesimlerinde veya aliyman kesimlerinde açılmıştır. 1. dereceden riskli emniyet düzeyinde, aliymandan oluşan kesimlerde işletilenlere kıyasla yarıçapı 500 metreden küçük yatay kurplar üzerinde açılmış olan çok az oranda hemzemin geçit bulunmaktadır; ancak bu az sayılarına kıyasla üzerlerinde azımsanmayacak bir kaza geçmişi toplandığı görülmektedir. 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerin azımsanamayacak çoklukta bir kısmı da yarıçapı 500 metreden küçük yatay kurplar üzerinde işletilmektedir; ancak bu geçitlerde, ilgilenilen periyot dâhilinde sadece 1 adet kaza görülmüştür (Ek G-Şekil G.7).

Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM): 3 adet hemzemin geçit dışında veri setindeki hemzemin geçitlerin tamamı, üzerinde bulunduğu karayolunun diğer bir karayolu ile yaptığı kesişimden 30 metre uzakta bulunmaktadır. Bu nedenle bu kriterin, emniyet düzeylerine olan açık bir etkisi gözlenememiştir. Ancak en yakın anayol–tali yol kesişimi ile arasında 30 metreden az mesafe olan 2 adet hemzemin geçit, 1. dereceden riskli emniyet düzeyine dâhil olurken; 1 adedinin ise 3. dereceden riskli bir hemzemin geçit olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ise bir hemzemin geçitteki riskin, geçidin sahip olduğu diğer parametre veya parametrelerin barındırdığı tehlike derecesine bağlı olarak geniş bir yelpazede farklılaşabilir olmasıdır (Ek G-Şekil G.8).

Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE): Bu emniyet faktörü, genel olarak tüm emniyet düzeylerinde benzer bir dağılım göstermektedir. Ayrıca faktörün içerdiği iki koşul arasında kaza sayısı veya kaza sonuçlarında etkili olma bakımından ayırt edici bir fark saptanamamış olup, emniyet düzeylerine olan açık bir etki gözlenememiştir (Ek G-Şekil G.9).

Geçit açıklığı (A): Hemzemin geçitler üzerinde oluşmuş olan kazaların ve sonuçlarının (ölüm, yaralanma, maddi hasar ile sonlanma) arttığı yönde, başka bir deyişle geçitlerin HEGES'lerinin arttığı yönde, hemzemin geçitlerin açıklıklarının da arttığı görülmektedir. 1. dereceden riskli hemzemin geçitler, özellikle 10 metre üzerinde olmak üzere genel olarak 5 metreden fazla geçit açıklığına sahiptirler ve ilgili emniyet düzeyinde görülen kazaların neredeyse tamamı, geniş açıklığa sahip geçitlerde gruplanmıştır. 2. dereceden riskli hemzemin geçitler ise özellikle 5 metreden az olmak üzere genel olarak 10 metreden küçük geçit açıklığına sahiptirler. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler ise genel olarak 5 metreden az bir açıklığa sahip geçitlerdir (Ek G-Şekil G.10). Geçidin açıklığı arttıkça üzerindeki kaza riskinin artmasının; geçit kullanıcılarının geçide yaklaşırken ve/veya geçit dâhilinde kural ihlali (sollama, zikzak) yapabilecekleri alanın genişlemesi yanı sıra, yoğun trafik taşıyan karayollarının buna paralel olarak daha geniş inşa edilmesinden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Geçidin kestiği hat adedi (KHA): Veri setindeki hemzemin geçitler, genel olarak tek demiryolu hattı kesmektedir. Ancak tek adetten fazla demiryolu hattı kesen hemzemin geçitler, oldukça az sayıda olmalarına rağmen, kazaların ve sonuçlarının arttığı yönde gruplanmaktadır. Ayrıca bu geçitler, bulundukları emniyet düzeylerinde görülenlere oranla azımsanmayacak sayıda kaza geçmişi barındırmaktadır. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler, genel olarak tek demiryolu hattı kesmektedir (Ek G-Şekil G.11). Demiryolu hat sayısı arttıkça geçitteki kaza riskinin artmasının nedeni olarak; karayolu tarafındaki geçit kullanıcılarının geçidi terk etme sürelerinin artması yanı sıra, geçidi kullanan demiryolu araç sıklığının da artması başka bir deyişle sayding ve manevra hatlarındaki trafiğin de seyir momentine dâhil hale gelmesi şeklinde düşünülmektedir.

Geçit kaplama cinsi (GKC): Veri setindeki hemzemin geçitler, özellikle asfalt çoğunlukta olmak üzere genel olarak asfalt veya parke taş ile kaplanmış durumdadır. Asfalt veya kauçuk kaplı olan 1. dereceden riskli hemzemin geçitlerde de azımsanamayacak sayıda kaza görülmektedir. Bu durum, geçitlerin barındırdığı diğer faktörlerin (yüksek seyir momenti, geniş açıklık vb.) kazaların oluşmasında bir hayli etkili olduğunu göstermektedir. 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerin genel olarak kauçuk ve asfalt/parke taş kaplı olduğu gözlemlenmektedir. 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise toprak/balast veya stabilize kaplama yapılmış olan geçit

sayısı bir hayli fazla iken; 1. dereceden riskli geçitlerde bu sayı bir hayli azdır (Ek G-Şekil G.12). Bu durum; seyir momenti, mahal, görüş özellikleri vb. faktörlerin; kaplama cinsine kıyasla geçitteki emniyeti etkileme konusunda daha büyük bir role sahip olabildiği yorumunu yapabilmeyi sağlamaktadır.

Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC): 2. ve 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerde, yaklaşım yollarının geçit yönünde 150 metrelik kesimlerinin asfalt veya parke taş kaplı olma ile olmama durumu, birbirine benzer bir dağılım göstermektedir. Ancak 1. dereceden riskli emniyet düzeyinde kaplamasız olarak işletilen geçit (örnek) sayısı az olmasına rağmen bu geçitlerde azımsanamayacak sayıda kaza meydana gelmiştir (Ek G-Şekil G.13). Bu sonucun; kaplama yapılmamış olan yaklaşım yollarının, kaplaması kötü durumda olan yaklaşım yollarına benzer bir davranış (sürüş konforu ve geçide kontrollü yaklaşma sorunları vb.) sergilemesi yanı sıra (Ek G-Şekil G.15), kaplamasız yollara geçit yaklaşımında yatay trafik işaretlerinin (yavaşlama uyarı çizgileri, kaplama yazıları vb.) uygulanamamasından (Ek G-Şekil G.22) dolayı da ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Geçit kaplama durumu (GKD): 1. dereceden riskli hemzemin geçitler, geçit kaplama durumlarının iyi veya kötü olma koşullarına göre eşit bir dağılım göstermektedir. 3. dereceden riskli emniyet düzeyinde ise geçit kaplama durumu kötü olan geçitlerde, daha az sayıda olmalarına rağmen durumu iyi olanlara kıyasla 1 adet fazla kaza meydana gelmiştir. 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise geçit kaplama durumu kötü olanlar daha fazla sayıdadır. Bu durum, ilgili kriterin emniyet düzeylerine göre olan dağılımında, geçitlerde kullanılan kaplama cinsinin de etkili olduğunu göstermektedir. Eldeki veri seti özellikleri; geçit kaplama durumunun, emniyet düzeylerine/kaza oluşumuna olan etkisi hakkında çok net bir yorum yapabilmeye müsaade etmemektedir (Ek G-Şekil G.14).

Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD): 2. ve 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerde yaklaşım yolu durumu özellikleri (iyi-kötü) genel olarak birbirine benzer bir dağılım göstermektedir. Ancak 1. dereceden riskli emniyet düzeyinde, kaplama durumu kötü olan hemzemin geçit (örnek) sayısı az olmasına rağmen bu geçitlerin üzerinde azımsanamayacak sayıda kaza meydana gelmiştir (Ek G-Şekil G.15). Bu durum, bir hemzemin geçidin emniyet düzeyinin 1. dereceye doğru gerilediği yönde (seyir momentinin 30.000 dolaylarına çıkıp, görüş mesafelerinin 100 metrenin altına düştüğü ve tüm bunlara ek olarak geçidin serbest işletildiği vb.) yaklaşım yolu

kaplamasının da kötü durumda olmasının, geçitteki emniyeti hissedilir derecede olumsuz yönde etkilediği şeklinde yorumlanabilmektedir.

Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF): Veri setindeki hemzemin geçitlerin neredeyse hiçbirinde geçit kaplaması–ray üst kotu seviye farkı problemi bulunmamaktadır. Seviye farkının var olduğu 3 adet hemzemin geçit ise diğer özelliklerine de bağlı olarak 1. dereceden riskli emniyet düzeyine dâhil olmuştur. Bu geçitlerden bir tanesinde ise kaza sonuçlarının vahim olduğu (6 ölü, 22 yaralı) bir kaza meydana gelmiştir. Ancak bu kazanın gelişiminde diğer emniyet faktörlerinin etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Eldeki veri setinde bu seviye farkı probleminin ve bu probleme sahip geçitlerde yaşanan kazaların sayısının neredeyse 1 adet olması, ilgili kriterin emniyet düzeylerine olan etkisi hakkında çok net bir yorum yapabilmeyi imkânsız hale getirmektedir (Ek G-Şekil G.16).

Geçit tipi (koruma şekli) (GKT): 1. dereceden riskli hemzemin geçitlerin serbest olarak işletilenlerinde daha fazla oranda kaza meydana geldiği gözlemlenmekle beraber, bu gruptaki hemzemin geçitlerin neredeyse tamamında, bariyer tesisi yapılsa dahi emniyetin yeterli bir düzeye çıkarılamadığı, kazaların oldukça fazla sayıda oluşmaya devam ettiği görülmektedir. 2. ve 3. dereceden riskli emniyet düzeylerinde ise serbest hemzemin geçitlerin bariyerli geçitlere kıyasla fazla sayıda olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise bu emniyet düzeylerinde 3.000 ve altında seyir momenti ile düşük tren hızlarına sahip geçitlerin bulunması (Ek G-Şekil G.2 ve Şekil G.3) ve bu tür geçitlerin ise Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğine [6,7] göre serbest olarak işletilebilmesidir (Bölüm 3.2.3-Çizelge 3.27). 1. dereceden riskli hemzemin geçitler, üzerlerinde taşıdıkları seyir momentinin büyüklüğü (genel olarak 30.000’den fazla) nedeniyle, bariyer tesisi yapılsa da bir hayli risk barındırmaktadır. Bu nedenle bu gruptaki geçitlerin genel olarak alt/üst geçit olarak düzenlenmesi veya uygun koşullar sağlanabiliyorsa (başka alt/üst geçide yönlendirme vb.) tamamen kapatılması yerinde bir karar olacaktır.

2. dereceden riskli hemzemin geçitler genel olarak; seyir momenti 3.000’in altında olup, serbest olarak işletilmekte veya 3.000 ila 30.000 arasında seyir momentine sahip olup, serbest veya bariyerli olarak işletilmektedir. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler ise genel olarak; 3.000’in altında seyir momentine sahip olup, serbest olarak işletilen veya 3.000 ila 15.000 arasında seyir momentine sahip olup, serbest veya bariyerli olarak işletilen geçitlerdir (Ek G-Şekil G.17 ve Ek F). Hemzemin geçitlerin,

aynı seyir momentine ve geçit tipine sahip olduğu halde farklı emniyet düzeylerine sahip olması ise geçitlerin barındırdığı diğer emniyet faktörlerine bağlı olarak değişmektedir (Ek E ve Ek F). Tüm bunların ışığında, geçit tiplerinin, emniyet düzeylerine göre belirli bir dağılım göstermemesinden de yola çıkarak, geçit tipi seçimi sırasında sadece seyir momenti değerlerinin göz önünde bulundurulmasından öte; görüş özellikleri, mahal, livre hızı, geçit açıklığı vb. faktörlerin de toplu olarak hesaba dâhil edilmesi gerektiği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Bariyer kolu uzunluğu: Veri setindeki hemzemin geçitler genel olarak, serbest biçimde işletilen veya yeterli kol uzunluğuna sahip bariyerli geçitlerdir. Yetersiz kol uzunluğuna sahip 2 adet hemzemin geçit ise barındırdıkları diğer emniyet faktörlerine de bağlı olarak 2. dereceden riskli emniyet düzeyine dâhil olmaktadır ve ilgilenilen periyot içerisinde üzerlerinde kaza meydana gelmemiştir (Ek G-Şekil G.18).

Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS): Genel olarak, veri setindeki hemzemin geçitlere yaklaşım yolu uyarı sinyali tesisi yapılmadığı görülmektedir. Yaklaşım yolu uyarı sinyali tesisi yapılmış olan geçitlerde de az sayılarına oranla her emniyet düzeyinde azımsanmayacak sayıda kaza gözlemlenmektedir. Bu nedenle yaklaşım yolu uyarı sinyali tesisinin geçitlerdeki kazaların azaltılması yönünde ayırt edilir nitelikte bir katkı sağlamadığı yorumu yapılabilmektedir (Ek G-Şekil G.19).

Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ): Veri setindeki hemzemin geçitlerin neredeyse tamamında, Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinde [6] yapılan düzenleme ve eklemeler ile 2016 yılı itibarıyla [7] geçitlere tesis edilmesi şart koşulan düşey trafik işaretleri (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.21 ve 3.22) eksik durumdadır. Bunun nedeni ise ilgilenilen zaman diliminin 2014–2016 yılları arası olmasıdır. Türkiye’deki demiryolu hemzemin geçit yönetmeliğinde belirtilen düşey trafik işaretlerinin eksiksiz olarak uygulandığı geçitlerde de az sayılarına oranla küçümsenemeyecek miktarda kaza görülmüştür (Ek G-Şekil G.20). Tüm bunlar ışığında, düşey trafik işaretlerinin Türkiye’de bulunan hemzemin geçitlerdeki kazaları önleme konusunda çok ayırt edilir nitelikte bir katkı sağlamadığı yorumu yapılabilmektedir.

"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası (GDÇL): Veri setindeki hemzemin geçitlerin neredeyse tamamında ilgili levha bulunmaktadır. 2. ve 3. dereceden riskli

olup, bu levhanın tesis edilmediği hemzemin geçitlerde ise geçmiş yıllarda emniyet düzeyi başına 1 adet kaza meydana geldiği görülmektedir (Ek G-Şekil G.21).

Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ): 3. dereceden riskli emniyet düzeyinden 1. dereceden riskli düzeye geçilen yönde, Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinde [6,7] belirtilen yaklaşım yolu yatay trafik işaretlerinin (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.21 ve 3.22) eksik olduğu örneklerin ve üzerlerindeki kazaların artıp, yatay trafik işaretleri eksiksiz olan örneklerin ve üzerlerindeki kazaların azaldığı gözlemlenmektedir (Ek G-Şekil G.22). Bu durum; yatay işaretlemelerin, geçit kullanıcıları ile fiziksel bir etkileşime girmelerine de (kasis ve/veya yükseltilmiş enine çizgi ile karşılaşan sürücülerin, hızlarını azaltmak zorunda kalması vb.) bağlı olarak geçitlerdeki kazaların azaltılmasında düşey trafik işaretlerine kıyasla çok daha etkin bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Özellikle serbest hemzemin geçitlerin yaklaşım yolları üzerine uygulanacak hız kesici kasisler, kullanıcıların geçide yaklaşırken içinde bulunduğu süreci çok daha kontrollü hale getirecektir. Ancak kasisin uygulanacağı bölgenin (geçitten uzaklığı vb.) çeşitli çalışmalar ve gözlemler yapmak suretiyle dikkatli bir biçimde belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Şerit genişliği tanzimi (ŞGT): Veri setindeki hemzemin geçitlerin neredeyse hiçbirinde şerit genişliği tanzimi konusunda bir problem yoktur (gerekli değildir veya tanzim yapılmıştır). Şerit genişliği tanzimi gerektiren; ancak uygulanmamış olan ve 1. derece ile 2. dereceden emniyet düzeyine dâhil olan 3 adet geçitte ise ilgili zaman diliminde kaza görülmemiştir (Ek G-Şekil G.23). Örnek sayısının azlığından dolayı, bu kriterin kazalara olan etkisi konusunda net bir tespit yapılamamaktadır.

Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU): 3. dereceden riskli emniyet düzeyinde, yaklaşım yolu üzerine refüj veya beton korkuluk inşası gerektiği halde uygulanmamış olan hemzemin geçit bulunmamaktadır ve bu geçitlerin büyük bir çoğunluğunda ise bu tür uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmemektedir. Bunun birincil nedeni ise bu emniyet düzeyindeki hemzemin geçitlerin genel olarak 5 metreden küçük bir açıklığa sahip olmasıdır. Ancak HEGES değerlerinin arttığı yönde (1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitler), gerekli olduğu halde uygulama yapılmamış olan geçit sayısı artmaktadır ve bu geçitlerin veri setindeki örnek sayısına oranla üzerlerinde azımsanamayacak sayıda kaza gözlemlenmektedir (Ek G-Şekil G.24). Emniyet düzeylerinin düştüğü yönde 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin

geçitlerin açıklıklarının da giderek arttığı ve buna paralel olarak yine üzerlerindeki kaza sayılarının da arttığı düşünüldüğünde (Ek G-Şekil G.10); gerekli kesimlere refüj veya beton korkuluk uygulanmasının, kazaların sayısını azaltma konusunda düşük uygulama maliyetlerine oldukça değecek düzeyde pozitif bir etki yaratacağı (zikzak hareketi ve sollamaları engelleme) düşünülmektedir.

Emniyet faktörlerinin bir geçitteki riske ve emniyet düzeylerine olan etkisi hakkında yukarıda yapılan tüm incelemeler ve sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, 1., 2. ve 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerin (emniyet düzeylerinin) karakteristik özellikleri ilerleyen kısımda sıralanmıştır.

4.4.5.1 Birinci dereceden riskli hemzemin geçitler

1. dereceden riskli hemzemin geçitler, HEGES'i 30'un üzerinde olan hemzemin geçitlerdir ve Şekil 4.17'de de görüldüğü üzere (Bölüm 4.4.4) ilgilenilen veri setinde geçmişte meydana gelmiş olan kazaların ve sonuçlarının en büyük oranda toplandığı grubu oluşturmaktadır. Bu emniyet düzeyi, HEGES grafiğinin ani bir artışla eğrisel bir şekle büründüğü kısımda yer almaktadır. 1. dereceden riskli hemzemin geçitler genel olarak;

- Şehir içlerinde işletilme,
- 30.000'den büyük seyir momentine sahip olma,
- Karayolu sürücülerinin özellikle 100 metre altında olmak üzere genellikle 250 metre altında görüş mesafesine sahip olması,
- Demiryolu araç sürücülerinin özellikle 500 metre altında olmak üzere genellikle geçide 750 metrenin altında bir mesafe kala geçit bölgesini görmeye başlaması,
- Özellikle 10 metre üzerinde olmak üzere genellikle 5 metrenin üzerinde geçit açıklığına sahip olma,
- Türkiye demiryolu hemzemin geçit yönetmeliğinde [6,7] belirtilen yatay trafik işaretlerinin (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.21 ve Şekil 3.22) eksik olarak uygulanması,
- Serbest veya bariyerli olarak işletilme kombinasyonuna sahip olan geçitlerdir.

Genel itibariyle; 1. dereceden riskli hemzemin geçitler, serbest olarak işletilenlerinde daha yüksek olmak üzere flaşörlü-çanlı ve otomatik bariyerli veya bekçili-bariyerli biçimde işletilseler dahi yüksek kaza riskine sahiptir (Ek E, Ek F ve Ek G).

4.4.5.2 İkinci dereceden riskli hemzemin geçitler

2. dereceden riskli hemzemin geçitler; HEGES'i 20 (20'den büyük) ila 30 (30'a eşit) arasında olan geçitlerdir ve Şekil 4.17'de de görüldüğü üzere (Bölüm 4.4.4) HEGES grafiği üzerinde, 1. dereceden riskli emniyet düzeyinin hemen gerisindeki doğrusal kısımda yer alıp, orta derecede bir kaza geçmişine sahiptir. Bu emniyet düzeyinin üyesi olan hemzemin geçitler genel olarak;

- Özellikle şehir içlerinde olmak üzere genellikle kırsal kesimlerde işletilme,
- Özellikle 15.000'in altında olmak üzere genel olarak 30.000'in altında seyir momentine sahip olma,
- Karayolu sürücülerinin özellikle 100 metre altında olmak üzere genellikle 250 metre altında görüş mesafesine sahip olması,
- Demiryolu araç sürücülerinin özellikle 500 metre altında olmak üzere genellikle geçide 750 metrenin altında bir mesafe kala geçit bölgesini görmeye başlaması,
- Özellikle 5 metreden az olmak üzere genel olarak 10 metreden az geçit açıklığına sahip olma,
- Serbest veya bariyerli olarak işletilme kombinasyonuna sahip olan geçitlerdir.

2. dereceden riskli hemzemin geçitlerin şehir içlerinde işletilenleri ve 3.000 ila 30.000 arasında seyir momentine sahip olduğu halde serbest olarak işletilenleri, aynı emniyet düzeyi içerisinde daha fazla kaza riskine sahip olmaktadır (Ek E, Ek F ve Ek G).

4.4.5.3 Üçüncü dereceden riskli hemzemin geçitler

3. dereceden riskli hemzemin geçitler, HEGES'i 20 veya 20'den küçük olan geçitlerdir ve Şekil 4.17'de de görüldüğü üzere (Bölüm 4.4.4) HEGES grafiğinin başlangıcındaki doğrusal kısımda yer alıp, kaza geçmişi en temiz olan grubu oluşturmaktadır. Bu emniyet düzeyinin üyesi olan hemzemin geçitler genel olarak;

- Kırsal kesimlerde işletilme,
- Özellikle 3.000'in altında olmak üzere genellikle 15.000'in altında seyir momentine sahip olma,
- Karayolu sürücülerinin özellikle 500 metre üzerinde olmak üzere genellikle 250 metre üzerinde görüş mesafesine sahip olması,

- Demiryolu araç sürücülerinin özellikle 750 metre üzerinde olmak üzere genel olarak geçide 500 metrenin üzerinde bir mesafe kala geçit bölgesini görmeye başlaması,
- 5 metreden az geçit açıklığına sahip olma,
- Tek demiryolu hattı kesme,
- Serbest veya bariyerli olarak işletilme kombinasyonuna sahip olan geçitlerdir.

3. dereceden riskli hemzemin geçitlerin 3.000 ila 15.000 arasında seyir momentine sahip olduğu halde serbest olarak işletilenleri, diğer özelliklerine de bağlı olarak 15.000'den büyük seyir momentine sahip olanları ve 120 km/sa. değerinden yüksek livre hızlarına sahip olduğu halde serbest olarak işletilenleri, aynı emniyet düzeyi içerisinde daha fazla kaza riskine sahip olmaktadır (Ek E, Ek F ve Ek G).

Bu ve daha önceki bölümlerde yapılan incelemeler ve ulaşılan çıkarımlar ışığında HEGEDEM değerlendirme ve karar mekanizmasının geliştirilip, modelin uygulama adımlarının belirlendiği aşamalara, ilerleyen bölümlerde detaylı bir biçimde değinilmektedir.

4.4.6 İyileştirilmiş (muayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES) değerlerinin hesaplanması

HEGEDEM kurulum sürecinin bu aşamasında, yapılan çalışmanın daha önceki bölümlerinde aktarılmış olan tüm incelemelerden, bulgulardan ve çıkarımlardan yararlanılarak; Türkiye'de yürütülen hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları bünyesinde alınacak kararlar sırasında kurumlar (karar vericiler) için oldukça yardımcı nitelikte olabilecek bir değerlendirme ve karar mekanizması oluşturulmuştur.

Hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında eldeki kaynakların verimli bir şekilde kullanılması son derece önemli olmaktadır. Bu konuda;

- Mevcut durumdaki özellikleri geleneksel mühendislik uygulamaları (bariyer tesisi vb.) yardımıyla hangi derecede iyileştirilirse iyileştirilsin yine de kabul edilemez bir emniyet düzeyine sahip olacak hemzemin geçitlerin,
- Mevcut durumdaki özellikleri geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla iyileştirilip, kabul edilebilir bir emniyet düzeyine çıkarılabilecek

olan hemzemin geçitlerden iyi bir şekilde ayırt edilmesi önemli bir nokta haline gelmektedir.

Mevcut durumdaki özellikleri geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla iyileştirilip, buna rağmen yeterli bir emniyet düzeyine çıkarılamamış olan geçitler için bu tür iyileştirmeleri hayata geçirmek adına ayrılmış olan kaynaklar;

- Bu deneme–yanılma süreci içerisinde, asıl ihtiyaç duyulan (mevcut özellikleri iyi hale getirilerek emniyet düzeyi kabul edilebilir hale getirilebilecek olan) hemzemin geçitlere ayrılmamış,
- Yetersiz (hedeflenene ulaşmayı sağlayamayacak) mahiyetteki uygulamalar için tüketilmiş bir meblağa dönüşmüş olacaktır.
- Böylece hedeflenenin ulaşılamadığı, başka bir deyişle oldukça yüksek sayıda ve vahim şekilde sonuçlanan kazaların meydana gelmeye devam ettiği bu geçitlerde emniyeti sağlamak için yeni kaynaklara/ödeneklere ihtiyaç duyulup; eldeki kaynaklar, aynı hemzemin geçitler için ikinci bir kez tüketilmiş olacaktır.
- Ayrıca geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla mevcut durumdaki özellikleri iyileştirilip, yeterli bir emniyet düzeyinde işletilebilecek olan hemzemin geçitler de kaynakların isabetsiz bir biçimde kullanıldığı bu deneme–yanılma süreci boyunca daha fazla riske sahip bir biçimde işletilmiş olacaktır.

Tüm bunlardan kaçınabilmek adına öncelikle, geleneksel uygulamalar yardımıyla mevcut durum iyileştirmesi yapıldığında kabul edilebilir bir emniyet düzeyine sahip olabilecek hemzemin geçitlerle; sahip olamayacak hemzemin geçitlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu tasnif işleminin ardından yürütülecek olan bir araştırma ve inceleme süreci sonunda verilen nihai kararlara göre sahadaki uygulamaların yapılması ise yerinde bir yaklaşım olacaktır. Bu süreç, saha araştırmalarını ve geleneksel uygulamalar ile bu uygulamaların ötesinde teknolojinin ilerlemesi ile de kullanılır hale gelmiş olan sistemlerin bir arada irdelendiği fayda–maliyet analizlerini kapsamaktadır. Bir sonraki kısımda (Bölüm 4.4.7) bu konu üzerinde özellikle ve detaylı bir şekilde durulmaktadır.

HEGEDEM kurulumu sırasında gerçekleştirilen eylemler doğrultusunda; 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitler, özellikle 1. dereceden riskli geçitler başta olmak

üzere çok daha vahim/kabul edilemez bir kaza geçmişine sahip olmaktadır. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler ise diğer iki emniyet düzeyine nazaran çok daha temiz bir kaza geçmişine sahiptir (Bölüm 4.4.4-Şekil 4.17). Bu bağlamda, 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitler arasından geleneksel mühendislik uygulamaları (bariyer tesisi, yatay işaretlemelerin uygulanması vb.) yardımıyla 3. dereceden riskli hale getirebilir olanlar; mevcut durumdaki özellikleri iyileştirilip, işletilmeye devam edilebilir olan geçitlerdir. Geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla tüm özellikleri en iyi hale getirildiği halde yine de 1. veya 2. dereceden riskli emniyet düzeyine sahip olmaya devam eden geçitler ise alt/üst geçide dönüştürülecek veya tamamen kapatılacak (başka alt/üst geçide yönlendirme vb.) mahiyettedir. Hâlihazırda 3. dereceden riskli emniyet düzeyine sahip olan hemzemin geçitler ise geleneksel yöntemler yardımıyla daha da emniyetli hale getirilebilecek bir noktadadır. Bu uygulamaların ise hemzemin geçitlerin HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre hayata geçirilmesi gerekmektedir.

HEGEDEM'in bu aşamasında, yukarıda değinilen tasnif işleminin kontrollü ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi adına her hemzemin geçide bir İHEGES (İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi) ataması yapılmıştır. İHEGES, bünyesinde barındırdığı iyileştirilebilir/iyileştirilmesi makul olan hemzemin geçit emniyet faktörleri (İYFAK) muhayyel (kâğıt üzerinde, hayali) olarak daha iyi hale getirildiği vakit bir hemzemin geçidin sahip olacağı hayali HEGES değeri anlamına gelmektedir. Bir hemzemin geçidin İHEGES'i, geçit için yapılan muhayyel iyileştirmelerin boyutuna bağlı olarak değişebilen bir değer olup, denklem 4.8 yardımıyla hesaplanmaktadır. Bir hemzemin geçidin İHEGES değerlerinin en küçüğü (İHEGES_{min.}) ise geçidin alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması gereken bir geçit olup olmadığını belirlemeye yaramaktadır. İHEGES_{min.} değeri ise denklem 4.9 yardımıyla hızlı bir şekilde hesaplanabilmektedir.

$$İHEGES = \sum İZFAK + \sum İHFAK \quad (4.8)$$

$$İHEGES_{min.} = \left(\sum İZFAK \right) + 0,22 \quad (4.9)$$

Denklemlerde;

İHEGES: İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi

$\Sigma\dot{I}ZFAK$: Geçidin sahip olduğu iyileştirilemez/iyileştirilmesi oldukça külfetli olan hemzemin geçit emniyet faktörlerinin toplam nihai ağırlığı (denklem 4.6)

$\Sigma\dot{I}HFAK$: İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörlerinin toplam nihai ağırlığı (Çizelge 4.11, denklem 4.10)

$\dot{I}HEGES_{min.}$: Bir hemzemin geçidin İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi'nin alabileceği minimum değer.

$\Sigma\dot{I}ZFAK$ değerinin nasıl hesaplanacağı, daha önce HEGES hesabının anlatıldığı bölümde aktarılmıştır (Bölüm 4.4.3-denklem 4.6). Daha önceden anlatımı yapılmış olan literatür taramalarından, model kurulum aşamaları sırasında elde edilen bulgulardan ve TCDD ile yapılan görüşmelerden elde edilen bilgiler doğrultusunda; bir hemzemin geçit için $\dot{I}HFAK$ (İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörleri) olarak belirlenebilecek veya belirlenmesi gereken kriterler ise Çizelge 4.11'de verilmiştir. Denklem 4.8 ve denklem 4.9 birlikte incelendiğinde, $\dot{I}HEGES_{min.}$ değerinin hesaplanması sırasında kullanılan $\Sigma\dot{I}HFAK$ değerinin 0,22 ve tüm geçitler için aynı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise $\dot{I}HEGES_{min.}$ değerlerinin hesabı sırasında tüm hemzemin geçitler için kategorik/koşulsal kriter grupları içerisinde en düşük nihai ağırlığa sahip kriterlerin muhayyel iyileştirme olarak seçilmesidir. Bu durum, yine Çizelge 4.11'den gözlemlenebilmektedir.

Çizelge 4.11 : İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörleri ($\dot{I}HFAK$).

Birincil/İkincil alt kriterler (muhayyel)	$\dot{I}HFAK$ (İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörleri) adayları	Kriterlerin muhayyel nihai ağırlıkları ($K_{i(h)}$)	min. $\Sigma\dot{I}HFAK$ sağlayan muhayyel iyileştirmeler	Kriterlerin muhayyel nihai ağırlıkları ($K_{i(h)}$)
Geçit kaplama cinsi ($GKC_{(h)}$)	$GKC_{1(h)}$: Lastik (Kauçuk) (önerilen)	0,0305	$GKC_{1(h)}$: Lastik (Kauçuk)	0,0305
	$GKC_{2(h)}$: Kompozit (önerilen)	0,0728		
	$GKC_{3(h)}$: Beton veya çelik	0,1691		
	$GKC_{4(h)}$: Asfalt veya parke taş	0,3063		
Yaklaşım yolu kaplama cinsi ($YKC_{(h)}$)	$YKC_{0(h)}$: 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı (önerilen)	0,0000	$YKC_{0(h)}$: 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı	0,0000
	$YKC_{1(h)}$: 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamasız	0,1937		

Çizelge 4.11 (devam) : İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörleri (İHFAK).

Birincil/İkincil alt kriterler (muhayyel)	İHFAK (İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörleri) adayları	Kriterlerin muhayyel nihai ağırlıkları ($K_{i(h)}$)	min. $\sum$ İHFAK sağlayan muhayyel iyileştirmeler	Kriterlerin muhayyel nihai ağırlıkları ($K_{i(h)}$)
Geçit kaplama durumu ($GKD_{(h)}$)	$GKD_{0(h)}$: Geçit kaplama durumu iyi	0,0000	$GKD_{0(h)}$: Geçit kaplama durumu iyi	0,0000
Yaklaşım yolu kaplama durumu ($YKD_{(h)}$)	$YKD_{0(h)}$: Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	0,0000	$YKD_{0(h)}$: Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	0,0000
Geçit kaplaması– ray mantarı üst kotu seviye farkı ($GRKF_{(h)}$)	$GRKF_{0(h)}$: Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta	0,0000	$GRKF_{0(h)}$: Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta	0,0000
Geçit tipi (koruma şekli) ($GKT_{(h)}$)	$GKT_{1(h)}$: Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli (önerilen)	0,1912	$GKT_{1(h)}$: Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli (bariyer kolları yeterli uzunlukta olan)	0,1912
	$GKT_{2(h)}$: Bekçili–bariyerli (önerilen)	0,5605		
	$GKT_{3-ek(h)}$: Yeterli uzunlukta bariyer kolu (önerilen)	1,6993		
	$GKT_{4(h)}$: Serbest	4,4421		
Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali ($HTYS_{(h)}$)	$HTYS_{0(h)}$: Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta (önerilen)	0,0000	$HTYS_{0(h)}$: Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta	0,0000
	$HTYS_{1(h)}$: Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta	0,4514		
Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri ($YDTİ_{(h)}$)	$YDTİ_{0(h)}$: Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz	0,0000	$YDTİ_{0(h)}$: Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz	0,0000
"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası ($GDÇL_{(h)}$)	$GDÇL_{0(h)}$: "Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası bulunmakta	0,0000	$GDÇL_{0(h)}$: "Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası bulunmakta	0,0000
Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri ($YYTİ_{(h)}$)	$YYTİ_{0(h)}$: Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz	0,0000	$YYTİ_{0(h)}$: Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz	0,0000
Şerit genişliği tanzimi ($ŞGT_{(h)}$)	$ŞGT_{0(h)}$: Şerit genişliği tanzimi yapılmış	0,0000	$ŞGT_{0(h)}$: Şerit genişliği tanzimi yapılmış	0,0000
Refüj veya beton korkuluk uygulaması ($RBU_{(h)}$)	$RBU_{0(h)}$: Refüj/beton korkuluk uygulanmış	0,0000	$RBU_{0(h)}$: Refüj/beton korkuluk uygulanmış	0,0000

Bir hemzemin geçidin $\sum \dot{I}HFAK$ değeri, Çizelge 4.11’de verilen bilgiler, kısaltmalar ve nihai ağırlıklar kullanılarak denklem 4.10 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} \sum \dot{I}HFAK = & GKC_{i(h)} + YKC_{i(h)} + GKD_{i(h)} + YKD_{i(h)} + GRKF_{i(h)} \\ & + GKT_{i(h)} + HTYS_{i(h)} + YDT\dot{I}_{i(h)} + GD\dot{C}L_{i(h)} + YYT\dot{I}_{i(h)} \\ & + \dot{S}GT_{i(h)} + RBU_{i(h)} \end{aligned} \quad (4.10)$$

Denklemde;

$i_{(h)}$: İyileştirilmiş (muhayyel) kategorik/koşulsal kriter indisi (sırası) (Çizelge 4.11).

Daha önce denklem 4.8’de de belirtildiği üzere bir hemzemin geçidin $\dot{I}HEGES$ ’i, geçidin $\sum \dot{I}ZFAK$ ve $\sum \dot{I}HFAK$ değerlerinin toplamı olmaktadır ve seçilen muhayyel iyileştirmelere bağlı olarak değişmektedir. $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri ise geleneksel mühendislik uygulamaları sonunda geçidin sahada sahip olabileceği en küçük HEGES değeridir.

Bu noktada, 1. veya 2. dereceden riskli bir hemzemin geçidin $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri 20 veya 20’nin altında ise hemzemin geçidin 3. dereceden riskli bir hemzemin geçit olarak, başka bir deyişle kabul edilebilir bir emniyet düzeyine ulaştırılmış bir geçit olarak işlemeye devam ettirilebileceği sonucuna ulaşılmaktadır. $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri 20’nin üzerinde kalan 1. veya 2. dereceden riskli hemzemin geçitler ise 3. dereceden riskli (kabul edilebilir emniyet düzeyine sahip) bir hale getirilemeyip, alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması (yakınlardaki başka bir alt/üst geçide yönlendirme vb.) gereken hemzemin geçitlerdir. Hâlihazırda 3. dereceden riskli olan hemzemin geçitler ise eldeki kaynakların/ödeneklerin miktarına bağlı olarak; sahadaki yeni HEGES değerleri, $\dot{I}HEGES_{min.}$ değerlerine eşit oluncaya kadar iyileştirilip, aynı emniyet düzeyi içerisinde çok daha az göreceli riske sahip olacak hale getirilebilirler. Ancak bu durum, tamamen eldeki kaynakların bolluğuna ve kurumların alacağı kararlara bağlı olmaktadır. Bu nedenle HEGEDEM kullanımı yardımıyla ulaşılan hükümler, nihai kararlar öncesi kurumlara yol gösterici özellikte ve birer öneri niteliğinde olan ön kararlar olarak değerlendirilmelidir.

Veri setindeki hemzemin geçitlerin; yukarıda verilen bilgiler ışığında yapılmış olan $\dot{I}HEGES_{min.}$ hesaplamaları, $\dot{I}HEGES_{min.}$ değerleri ve diğer değerlendirmeler Ek E’de yer alan çizelgeden görülebilmektedir (Çizelge E.1).

Yapılan muhayyel iyileştirmeler sonucunda hemzemin geçitlerde meydana gelecek olan emniyet indeksi kazanımları ise denklem 4.11 veya denklem 4.12 yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$Emniyet\ indeks\ kazanımı = HEGES - İHEGES \quad (4.11)$$

$$Emniyet\ indeks\ kazanımı = \sum İYFAK - \sum İHFAK \quad (4.12)$$

Denklemlerde;

HEGES: Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (denklem 4.5)

İHEGES: İyileştirilmiş (muhayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (denklem 4.8 veya denklem 4.9)

$\sum İYFAK$: Geçidin sahip olduğu iyileştirilebilir/iyileştirilmesi makul olan hemzemin geçit emniyet faktörlerinin toplam nihai ağırlığı (denklem 4.7)

$\sum İHFAK$: İyileştirilmiş (muhayyel) hemzemin geçit emniyet faktörlerinin toplam nihai ağırlığı (denklem 4.10).

Veri setindeki hemzemin geçitlerin emniyet indeksi kazanımları, Ek E’de verilen çizelgeden görülebilmektedir (Çizelge E.1). HEGEDEM bünyesinde bulunan kategorik/koşulsal kriterlerin, muhayyel iyileştirmelerin en iyi derecede uygulanması sonucunda bir hemzemin geçit için sağlayabilecekleri maksimum emniyet indeksi kazanımları ise büyükten küçüğe olmak üzere Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12’de görüldüğü üzere HEGEDEM’e dâhil edilmiş olan kategorik/koşulsal kriterlerin en büyük nihai ağırlığa sahip olanlarını bünyesinde bulunduran bir hemzemin geçit, bu kriterlerin en iyi seçenekler ile iyileştirilmesi sonucu toplamda 21,14 değerinde bir emniyet indeksi kazanımı elde etmektedir. Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu arasındaki seviye farkının giderilmesi ve serbest bir geçidin flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli hale getirilmesi ise diğer iyileştirmelere nazaran çok daha fazla emniyet artırımı sağlamaktadır. Bazı kriterler, küçük bir emniyet indeksi artışı sağlıyor gibi görünse de, tetikleyeceği diğer iyileştirmeler sayesinde geçit için önemli bir emniyet artışı sağlamaktadır. Örneğin; bir geçidin yaklaşım yollarının 150 metrelik kısımlarının asfalt ile kaplanması, geçidin yaklaşım yolu kaplama durumunun iyi hale gelmesini sağlayacak ve ayrıca geçit yaklaşımında yatay trafik işaretleri de uygulanabilir hale gelecektir. Böylece hemzemin geçit, toplamda 2,80 değerinde bir emniyet indeksi artışı yaşayacaktır.

Çizelge 4.12 : Kategorik/koşulsal kriterlerin sağlayabildiği maksimum emniyet indeksi kazanımları.

Kategorik/koşulsal kriter grubu	Grup içinde en büyük nihai ağırlığa sahip olan kriter	Kriter nihai ağırlığı (K _i)	En iyi derecedeki muhayyel iyileştirme	Kriterin muhayyel nihai ağırlığı (K _{i(h)})	Maks. emniyet indeksi kazanımı
Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	GRKF ₁ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmakta	8,0565	GRKF _{0(h)} : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta	0,0000	8,0565
Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	GKT ₄ : Serbest	4,4421	GKT _{1(h)} : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli (bariyer kolları yeterli uzunlukta olan)	0,1912	4,2509
Geçit kaplama durumu (GKD)	GKD ₁ : Geçit kaplama durumu kötü	2,1027	GKD _{0(h)} : Geçit kaplama durumu iyi	0,0000	2,1027
Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)	YYTİ ₁ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksik	1,9383	YYTİ _{0(h)} : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz	0,0000	1,9383
Geçit kaplama cinsi (GKC)	GKC ₆ : Toprak/balast	1,1620	GKC _{1(h)} : Lastik (Kauçuk)	0,0305	1,1315
Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	YDTİ ₁ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksik	0,9281	YDTİ _{0(h)} : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz	0,0000	0,9281
Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)	RBU ₁ : Refüj veya beton korkuluk uygulanmamış	0,7619	RBU _{0(h)} : Refüj/beton korkuluk uygulanmış veya gerekli değil	0,0000	0,7619
Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	YKD ₁ : Yaklaşım yolu kaplama durumu kötü	0,6860	YKD _{0(h)} : Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	0,0000	0,6860
Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	HTYS ₁ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta	0,4514	HTYS _{0(h)} : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta	0,0000	0,4514
Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	ŞGT ₁ : Şerit genişliği tanzimi yapılmamış	0,3810	ŞGT _{0(h)} : Şerit genişliği tanzimi yapılmış veya gerekli değil	0,0000	0,3810
"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası (GDÇL)	GDÇL ₁ : "Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası bulunmamakta	0,2556	GDÇL _{0(h)} : "Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası bulunmakta	0,0000	0,2556
Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)	YKC ₁ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamasız	0,1937	YKC _{0(h)} : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı	0,0000	0,1937

4.4.7 Yapılan çalışma ışığında HEGEDEM uygulama adımlarının ve gelecek uygulamaların belirlenmesi

Yapılan çalışma boyunca elde edilmiş olan bilgilerin, bulguların ve çıkarımların ışığında; çalışma kapsamında oluşturulmuş olan modelin, bu model kullanımı sonucunda varılan nihai karar sürecinin ve tüm bunların ardından da ilerleyen süreçte hayata geçirilmesi elzem olarak görülen çalışmaların uygulama adımları, Ek H'de verilen şekil üzerinde özetlenmiştir (Şekil H.1).

Ek H-Şekil H.1'de görülen 1. adım ve 6. adım arasındaki süreç, daha önceki bölümlerde de detaylı bir biçimde işlendiği üzere ilgili hemzemin geçitlerin HEGEDEM yardımıyla değerlendirildiği zaman aralığını kapsamaktadır. Bu süreç sonunda, sahip olabilecekleri emniyet düzeyleri doğrultusunda hemzemin geçitler için uygulanması gereken iyileştirme/iptal etme seçimleri, başka bir deyişle kurumlar için birer öneri niteliği taşıyacak olan ön kararlar belirlenmektedir.

Bu adımların ardından yürütülecek olan saha araştırmaları ve fayda-maliyet analizleri yardımıyla ise ön kararların uygulanabilirliği incelenip, hemzemin geçitler için hayata geçirilecek olan uygulamaların nihai kararlarına ulaşılabilecektir (Ek H-Şekil H.1 içinde 7. ve 8. adım). Bu noktada, hemzemin geçitlerin konumlandığı bölgelerde yürütülecek olan arazi topoğrafyası, arazi kullanım durumu ve geçitlerin birbirlerine olan yakınlık durumu incelemeleri önemli bir konu haline gelmektedir. Bu incelemeler sonucunda, direkt alt/üst geçit haline getirilmesi veya tamamen kapatılması (yakınlardaki başka bir alt/üst geçide yönlendirme vb.) gerektiği halde bu işlemlerin mümkün olmadığı belirlenen hemzemin geçitler için geleneksel yöntemlere kıyasla teknolojinin ilerlemesi ile kullanılır hale gelmiş olan sistemler (engel tespit edici kameralar, tehlike durumunda demiryolu araçlarının otomatik fren yapmasını sağlayan sistemler vb.) daha tercih edilebilir bir konuma gelmektedir. Bu tür teknolojik sistemler; mevcut durumdaki özellikleri iyileştirilip, yeterli bir emniyet düzeyine taşınabilen; ancak yine de diğer geçitlere kıyasla daha yüksek risklere sahip olacağı öngörülen (sınırdaki kalan) hemzemin geçitler için de kullanışlı bir çözüm olabilmektedir.

Bunun yanında, hemzemin geçitlerin birbirlerine olan yakınlığı da nihai karar aşamasında önemli bir role sahiptir. Örneğin; ne kadar az riske sahip olursa olsun, bir hemzemin geçidin açık kalmaktansa yakınındaki alt/üst geçit yapılabilir bir

hemzemin geçide yönlendirilip, tamamen kapatılması çok daha emniyetli olmaktadır. Yahut birbirine yakın mesafede olan iki hemzemin geçit, aralarında belirlenecek olan müsait bir noktada inşa edilmesi mümkün olabilecek bir üst/alt geçide yönlendirilebilir. Bu durum tamamen eldeki kaynakların miktarına ve arazinin elverişliliğine bağlı olmaktadır.

Bu bağlamda, $\dot{I}HEGES_{min}$ değerleri hesaplanıp hangi mahiyette oldukları saptanan hemzemin geçitlerin, HEGEDEM'e ek olarak çalışacak bir fayda/maliyet ve nihai karar aracı ya da modeli yardımıyla değerlendirilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Böylece mevcut durum iyileştirmeleri için hayata geçirilebilecek olan geleneksel ya da daha teknolojik uygulamaların maliyetlerinin, faydalarının ve uygulanabilirliğinin; ayrıca direkt alt/üst geçide dönüştürme veya tamamen kapatma uygulamaları (yakınlardaki mevcut veya yeni inşa edilecek başka bir alt/üst geçide yönlendirme vb.) için arazi topoğrafyası, arazi kullanım durumu, geçitlerin yakınlık durumu elverişliliğinin ve bu işlemlerin maliyetlerinin, faydalarının ve uygulanabilirliğinin irdelenebileceği bir sürecin yolu açılmış olacaktır. Sonrasında, kabul edilebilir bir emniyet düzeyi içinde kaldıkları, $\dot{I}HEGES$ hesabı yardımıyla ikinci bir kez daha doğrulanan hemzemin geçitler için hangi iyileştirmelerin hangi sırayla hayata geçirileceğinin nihai kararları verilebilmiş olacaktır. Bu nihai kararlar ise hemzemin geçitlerin HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre hayata geçirilmelidir.

Verilmiş olan nihai kararlar sonucunda hayata geçirilmiş olan uygulamaların hemzemin geçitler üzerindeki etkilerinin ölçülmesi son derece önemli bir noktadır. Bu temelde, sahada gerçekleştirilmiş olan iyileştirmeler sonucunda hemzemin geçitlerin sahip olacağı yeni HEGES değerleri hesaplanmalı ve emniyet performans değerlendirmeleri yardımıyla elde edilen tecrübeler doğrultusunda HEGEDEM düzenli olarak kalibre edilmelidir. Böylece zaman içerisinde elde edilecek olan tecrübeler, sayısal bir şekilde geleceğe aktarılmış olacak; yeni çalışmalar, kalibrasyonlar ve/veya ek modüller yardımıyla eldeki model daha gelişmiş bir hale getirilmiş olacaktır. Ayrıca bu süreci de kapsayacak olan daha geniş bir zaman aralığında ise fayda–maliyet analizlerinin de, edinilen tecrübelerin sayısal ve sistematik hale getirildiği bir modelle yürütülmesi yerinde bir karar olacaktır. Tüm bunlara ek olarak, işlemlerin daha hızlı ve daha sistematik; ayrıca çok daha kolay ulaşılabilir, depolanabilir ve sürdürülebilir bir biçimde yürütülebilmesi adına GIS

(Geographic Information System) yani CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve web tabanlı çeşitli araçların kullanım temellerinin atılması önemli ve doğru bir yatırım olacaktır (Ek H-Şekil H.1 içinde 9. ve 12. adım arası).

Yapılan bu çalışma kapsamında, hemzemin geçitlerin konumlandığı bölgelerde arazi çalışmaları yapmaya olanak bulunamamıştır; ayrıca hemzemin geçitlerin işletilmesinden ve emniyetlerinin sağlanmasından sorumlu olan kurumların ve kuruluşların sahip olduğu kaynakların (ödeneklerin) bolluğu ve/veya daha önceki iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında tüketilmiş olan meblağların miktarı konusunda herhangi bir bilgiye veya veriye ulaşamamıştır. Bu nedenle HEGEDEM'e ek bir modül olarak çalışması düşünülen fayda/maliyet ve nihai karar modeli, bu çalışma kapsamında tasarlanamayıp sadece ana hatlarından bahsedilebilmiştir. Bu bağlamda, Ek E ve Ek F'deki çizelgelerde görülen İHEGES değerleri; hemzemin geçitlerin iyileştirilebilecek olan tüm özelliklerinin, uygulanabilecek en iyi seçenekler (en küçük muhayyel nihai ağırlığa sahip kriterler) ile iyileştirilmesiyle (kağıt üzerinde) hesaplanmıştır. Bu nedenle veri setindeki hemzemin geçitlerin tamamında $\sum \text{İHFAK}$ değeri 0,22 (minimum değer) olmakta ve İHEGES ile $\text{İHEGES}_{\min}$ değerleri birbirine eşit olmaktadır (Çizelge E.1).

4.5 Veri Setindeki Hemzemin Geçitlerin HEGEDEM Yardımıyla Değerlendirilmesi

Ek H'de özet bir şekilde verilmiş olan HEGEDEM uygulama adımları (Şekil H.1), veri setindeki hemzemin geçitlere Ek E'de verilen çizelge yardımıyla uygulanmıştır (Çizelge E.1). Buna ek olarak, Ek F'de ise veri setindeki hemzemin geçitler, HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına/emniyet düzeylerine göre sıralanıp (Çizelge F.1), emniyet faktörü gruplanmalarını incelemek suretiyle çeşitli tespitlerde bulunulmuştur (Ek G).

Veri setindeki hemzemin geçitlerin HEGEDEM yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan sonuçlar ve diğer bilgiler ise ilerleyen kısımda özetlenmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, veri setinde bulunan hemzemin geçitlere sahada uygulanabilecek olan iyileştirme/iptal etme seçeneklerinin öneri niteliğindeki ön kararları belirlenmiştir. Nihai kararların belirlenmesi sırasında eldeki ödeneklerin miktarı, arazi durumunun elverişliliği ve fayda-maliyet çalışmaları gibi konular son derece önemli olmaktadır.

4.5.1 Alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması ön kararı verilen (önerilen) hemzemin geçitler

HEGEDEM'in eldeki veri setine uygulanması sonucunda İHEGES_{min.} değerleri 20'nin üzerinde kalıp, mevcut durumdaki özellikleri geleneksel yöntemlerle en iyi şekilde iyileştirilse bile yeterli bir emniyet düzeyine kavuşamayacak olduğu tespit edilen hemzemin geçitler, Çizelge 4.13'te HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre verilmiştir. Bu hemzemin geçitler, alt/üst geçide dönüştürülecek veya tamamen kapatılacak (kapatılıp yakınlardaki başka bir alt/üst geçide yönlendirme vb.) mahiyette geçitler olmaktadır.

Çizelge 4.13'ten gözlemlendiği üzere veri setinde bulunan hemzemin geçitlerden alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması gerektiği ön kararı verilen geçitler; genel olarak 1. dereceden riskli hemzemin geçitler olup, 2. dereceden riskli olan 9 adet hemzemin geçidin de bu gruba dâhil olmasıyla toplam 49 adet geçidi kapsamaktadır.

Bu ön kararların uygulanabilirliğinin ve fayda-maliyetlerinin incelendiği nihai karar sürecinde (Ek H-Şekil H.1 içinde 7. ve 8. adım), arazi topoğrafyası ve arazi kullanım durumunun elverişsizliği nedeniyle bu işlemlerin yapılamayacağı tespit edilen hemzemin geçitlerde, teknolojinin ilerlemesi ile kullanılmaya başlanmış ve faydaları kesinleştirilmiş olan sistemlerin (engel tespit edici kameralar vb.) bir seçenek olarak göz önünde bulundurulması mantıklı bir yaklaşım olacaktır. Bununla beraber, hem teknolojik sistemlerin hem de alt/üst geçit inşasının uygulanabilir olduğu hemzemin geçitlerde, bu seçeneklerin faydalarına kıyasla maliyetleri arasında çok büyük bir uçurum olmadığı sürece alt/üst geçit inşasının tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca hemzemin geçitlerin birbirlerine olan yakınlıkları ve arazi topoğrafyası-arazi kullanım durumu özelliklerine bağlı olmak üzere tamamen kapatılıp yakınlardaki mevcut ya da yeni inşa edilecek başka alt/üst geçitlere yönlendirilebilecek hemzemin geçitlerin tespiti için yürütülecek olan saha araştırmaları son derece önem taşımaktadır.

İlerleyen kısımda, veri setinde bulunan hemzemin geçitlerden mevcut durumdaki özellikleri geleneksel uygulamalar yardımıyla iyileştirilerek işletilmeye devam edilebilecek veya aynı emniyet düzeyi içerisinde daha düşük göreceli riske sahip hale getirilebilecek geçitler hakkında bilgiler verilmektedir.

Çizelge 4.13 : Alt/üst geçide dönüştürülmesi veya tamamen kapatılması ön kararı verilen/önerilen hemzemin geçitler.

Hemzemin geçit sayısı	HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası	Kilometre	No	HEGES (Hem. Geçit Emn. İndeksi)	Emniyet düzeyi (dereceden riskli hem. geçit)	İHEGES _{min} . (En küçük İyileştirilmiş (muhayyel) Hem. Geçit Emn. İndeksi)
1	1	287+583	128	74,43	1.	68,09
2	2	287+223	127	63,46	1.	56,64
3	3	218+714	98	62,62	1.	52,82
4	4	288+085	129	61,91	1.	55,45
5	5	133+255	57	60,87	1.	57,55
6	6	131+747	54	59,68	1.	55,23
7	7	132+332	55	59,33	1.	56,01
8	8	134+300	58	58,72	1.	55,40
9	9	132+780	56	58,67	1.	55,35
10	10	314+587	138	56,04	1.	50,65
11	11	291+120	132	53,57	1.	48,11
12	12	284+240	124	52,05	1.	48,69
13	13	113+860	39	51,26	1.	49,52
14	14	290+215	131	50,46	1.	44,76
15	15	217+285	95	49,98	1.	41,94
16	16	286+424	126	48,77	1.	38,82
17	17	218+418	97	44,78	1.	40,06
18	18	130+812	52	43,96	1.	39,07
19	19	225+670	101	42,13	1.	36,43
20	20	123+470	47	41,78	1.	36,15
21	21	112+813	37	41,36	1.	31,41
22	22	167+947	77	40,92	1.	22,03
23	23	123+722	48	39,67	1.	36,35
24	24	93+380	23	39,28	1.	33,21
25	25	326+545	142	39,14	1.	31,58
26	26	92+790	21	38,99	1.	29,04
27	27	288+888	130	37,34	1.	31,88
28	28	67+870	2	36,29	1.	29,97
29	29	218+205	96	36,09	1.	31,36
30	30	93+272	22	35,89	1.	31,93
31	31	169+279	79	35,15	1.	32,35
32	33	327+444	143	34,36	1.	30,67
33	34	105+400	33	33,97	1.	28,34
34	35	105+085	32	33,06	1.	28,61
35	36	181+005	85	32,25	1.	28,89
36	37	135+900	60	32,17	1.	24,60
37	38	171+165	80	31,70	1.	28,34
38	40	281+146	119	30,91	1.	26,77
39	41	328+236	144	30,76	1.	21,66
40	42	160+300	73	30,57	1.	26,82
41	43	131+088	53	29,60	2.	28,67
42	44	152+970	69	29,51	2.	22,85
43	45	117+569	42	29,38	2.	26,06
44	46	154+803	70	29,07	2.	22,56
45	47	284+850	125	28,19	2.	24,06
46	50	66+880	1	27,16	2.	26,52
47	52	142+866	65	26,80	2.	23,93
48	56	135+299	59	26,50	2.	23,18
49	62	110+585	36	25,54	2.	24,16

4.5.2 Mevcut durumunun iyileştirilmesi ön kararı verilen (önerilen) hemzemin geçitler

HEGEDEM'in eldeki veri setine uygulanması sonucunda HEGES değerleri halihazırda 20'nin altında bulunan veya mevcut durumdaki özellikleri geleneksel yöntemlerle iyileştirildiği vakit 20'nin altına düşüp, yeterli bir emniyet düzeyine kavuşabileceği tespit edilen hemzemin geçitler, Çizelge 4.14'te HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre verilmiştir. Bu hemzemin geçitler, mevcut durumunda barındırdığı bazı veya tüm özelliklerin geleneksel uygulamalar yardımıyla iyileştirilmesi suretiyle işletilmeye devam edilebilecek mahiyette geçitler olmaktadır.

Çizelge 4.14 : Mevcut durumunun iyileştirilmesi ön kararı verilen/önerilen hemzemin geçitler.

Hemzemin geçit sayısı	HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası	Kilometre	No	HEGES (Hem. Geçit Emn. İndeksi)	Emniyet düzeyi (dereceden riskli hem. geçit)	İHEGES _{min.} (En küçük İyileştirilmiş (muhayyel) Hem. Geçit Emn. İndeksi)
1	32	80+149	13	34,60	1.	15,46
2	39	208+442	92	31,27	1.	13,88
3	48	350+932	155	27,76	2.	18,76
4	49	113+360	38	27,24	2.	17,29
5	51	272+022	116	26,85	2.	18,58
6	53	189+950	89	26,75	2.	17,56
7	54	191+330	90	26,75	2.	17,56
8	55	345+483	153	26,53	2.	17,83
9	57	249+311	109	26,37	2.	16,63
10	58	236+409	105	26,18	2.	16,63
11	59	235+458	104	25,93	2.	15,68
12	60	281+460	120	25,78	2.	17,77
13	61	241+057	106	25,55	2.	15,81
14	63	346+994	154	25,51	2.	16,63
15	64	230+123	102	25,43	2.	15,68
16	65	247+564	108	25,18	2.	15,43
17	66	187+108	88	25,16	2.	14,03
18	67	251+950	110	25,13	2.	16,44
19	68	207+788	91	24,69	2.	15,49
20	69	344+683	152	24,52	2.	13,88
21	70	214+119	94	24,07	2.	15,07
22	71	114+208	40	23,56	2.	17,86
23	72	180+120	84	23,52	2.	14,33
24	73	91+500	20	23,41	2.	15,76
25	74	355+013	156	23,35	2.	15,81
26	75	274+545	117	23,11	2.	13,36

Çizelge 4.14 (devam) : Mevcut durumunun iyileştirilmesi ön kararı verilen/önerilen hemzemin geçitler.

Hemzemin geçit sayısı	HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası	Kilometre	No	HEGES (Hem. Geçit Emn. İndeksi)	Emniyet düzeyi (dereceden riskli hem. geçit)	İHEGES _{min.} (En küçük İyileştirilmiş (muhyayel) Hem. Geçit Emn. İndeksi)
27	76	265+350	114	23,10	2.	14,40
28	77	220+195	100	23,08	2.	13,88
29	78	70+825	7	23,04	2.	13,90
30	79	283+151	123	22,96	2.	16,50
31	80	165+645	76	22,52	2.	18,61
32	81	293+890	133	22,08	2.	12,37
33	82	79+245	12	21,99	2.	14,34
34	83	233+293	103	21,94	2.	12,94
35	84	259+635	113	21,54	2.	13,08
36	85	324+735	141	21,44	2.	12,18
37	86	306+408	136	21,42	2.	11,68
38	87	85+985	17	21,40	2.	13,14
39	88	69+380	4	21,24	2.	13,14
40	89	89+713	19	20,86	2.	11,72
41	90	141+512	64	20,47	2.	14,28
42	91	277+302	118	20,40	2.	8,72
43	92	282+100	121	20,39	2.	10,45
44	93	183+925	87	20,22	2.	14,22
45	94	300+180	134	20,20	2.	10,46
46	95	183+540	86	20,20	2.	9,95
47	96	219+719	99	19,88	3.	16,28
48	97	75+183	9	19,72	3.	8,92
49	98	168+739	78	19,65	3.	15,92
50	99	338+206	149	19,56	3.	9,62
51	100	340+709	150	19,56	3.	9,62
52	101	282+707	122	19,18	3.	13,93
53	102	87+570	18	18,96	3.	12,19
54	103	211+594	93	18,92	3.	8,67
55	104	302+741	135	18,92	3.	11,08
56	105	69+520	5	18,35	3.	7,27
57	106	258+498	112	18,22	3.	8,47
58	107	76+215	10	17,67	3.	8,53
59	108	178+962	83	17,31	3.	8,12
60	109	254+547	111	17,13	3.	7,39
61	110	152+270	68	16,88	3.	10,98
62	111	101+843	30	16,74	3.	7,87
63	112	138+970	62	16,66	3.	13,80
64	113	320+580	139	16,60	3.	7,72
65	114	175+160	81	16,55	3.	7,36
66	115	146+556	66	16,31	3.	14,05
67	116	162+865	75	16,25	3.	7,36
68	117	83+342	15	16,14	3.	7,27

Çizelge 4.14 (devam) : Mevcut durumunun iyileştirilmesi ön kararı verilen/önerilen hemzemin geçitler.

Hemzemin geçit sayısı	HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sırası	Kilometre	No	HEGES (Hem. Geçit Emn. İndeksi)	Emniyet düzeyi (dereceden riskli hem. geçit)	İHEGES _{min.} (En küçük İyileştirilmiş (muhayyel) Hem. Geçit Emn. İndeksi)
69	118	94+645	25	16,14	3.	9,63
70	119	68+958	3	16,14	3.	8,04
71	120	137+700	61	16,11	3.	12,80
72	121	328+964	145	15,48	3.	5,74
73	122	82+170	14	15,47	3.	6,32
74	123	321+837	140	15,43	3.	5,48
75	124	357+497	157	15,35	3.	5,60
76	125	70+405	6	15,16	3.	9,20
77	126	74+243	8	15,13	3.	5,98
78	127	243+530	107	15,10	3.	5,36
79	128	115+181	41	14,77	3.	11,45
80	129	85+030	16	14,69	3.	7,93
81	130	162+095	74	14,42	3.	5,22
82	131	334+683	147	14,31	3.	7,72
83	132	342+661	151	14,26	3.	6,25
84	133	311+803	137	14,24	3.	5,36
85	134	128+998	51	14,21	3.	11,07
86	135	159+270	72	14,18	3.	5,57
87	136	140+590	63	14,14	3.	7,55
88	137	93+882	24	13,97	3.	12,31
89	138	268+070	115	13,87	3.	5,18
90	139	101+120	29	13,78	3.	7,87
91	140	127+400	50	13,78	3.	7,87
92	141	156+374	71	13,53	3.	12,60
93	142	104+385	31	13,50	3.	7,87
94	143	330+353	146	13,28	3.	6,50
95	144	97+935	27	12,93	3.	10,67
96	145	336+328	148	12,83	3.	6,24
97	146	120+170	44	12,83	3.	6,93
98	147	120+893	45	12,83	3.	6,93
99	148	122+229	46	12,83	3.	6,93
100	149	149+190	67	12,83	3.	6,93
101	150	77+470	11	12,75	3.	5,98
102	151	119+394	43	12,69	3.	7,05
103	152	178+250	82	12,26	3.	7,49
104	153	107+400	34	11,46	3.	5,55
105	154	109+150	35	11,28	3.	9,90
106	155	126+690	49	10,85	3.	7,53
107	156	96+090	26	10,65	3.	5,02
108	157	100+395	28	10,33	3.	7,01

Çizelge 4.14'te görüldüğü üzere veri setindeki 2. dereceden riskli hemzemin geçitlerin oldukça büyük bir çoğunluğu ve 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerin tamamı olmak üzere toplamda 108 adet geçidin, geleneksel uygulamalar yardımıyla mevcut durum iyileştirmesi yapmak suretiyle kabul edilebilir bir emniyet düzeyine çıkarılabileceği ön kararı verilmiştir.

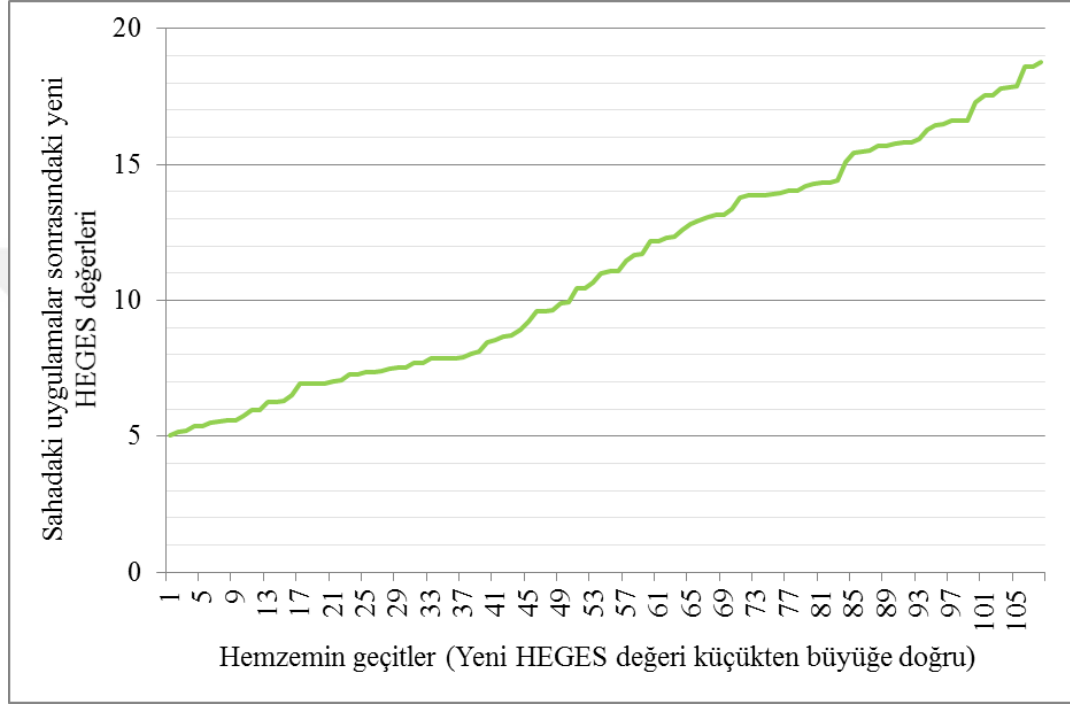
Nihai karar sürecinde, bu hemzemin geçitlerin konumlandığı bölgelerde yapılacak olan arazi topoğrafyası, arazi kullanım durumu ve geçitlerin birbirlerine yakınlık durumu incelemeleri sonucunda makul maliyetlerle sistemden elenebileceği tespit edilen geçitlerin, ne kadar düşük bir göreceli riske sahip olsa da iptal edilmesi önerilmektedir. Özellikle $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri 15–20 arasında olan hemzemin geçitlerde, zamanla edinilen tecrübeyle faydalarının kesinleştirildiği teknolojik sistemlerin kullanılması akılcı bir yaklaşım olacaktır. Bu tür hemzemin geçitler ($15 \leq \dot{I}HEGES_{min.} \leq 20$), mevcut durumdaki özellikleri geleneksel uygulamalar yardımıyla olabilecek en iyi hale getirildikten sonra ancak işletilmeye devam edilebilmektedir ve karar vericiye geleneksel iyileştirme tercihleri konusunda çok fazla bir seçim şansı bırakmamaktadır. Ancak $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri 15'in altında olan hemzemin geçitlere uygulanacak özellik iyileştirmelerinin seçimi sırasında, yapılabilecek işlemlerin maliyetlerinin ve faydalarının karşılaştırıldığı ve nihai kararların verildiği süreç son derece önemli hale gelmektedir.

Yapılacak iyileştirmelerin; HEGEDEM'e göre, bir hemzemin geçit için sağlayabileceği emniyet indeksi kazanım miktarlarından (faydalarından) daha önce bahsedilmiştir (Bölüm 4.4.6-Çizelge 4.12). Ancak bu kazanım oranlarının çok net bir biçimde kesinleştirilmesi için gerekli olan örnek sayısına (veri miktarına) bu çalışma kapsamında erişilememiştir. Yakın gelecekte bu konu ile ilgili çalışmaların yapılması ve tecrübeler ile gözlemlerin sayısal–sistematik bir hale getirilmesi, başka bir deyişle bir fayda–maliyet modelinin oluşturulması oldukça önem taşımaktadır.

Geleneksel uygulamalar yardımıyla $\dot{I}HEGES_{min.}$ değerine ulaşılmayacak derecede iyileştirilmesine karar kılınan hemzemin geçitlerin sahadaki uygulamalar sonrasında sahip olacağı yeni HEGES değerlerinin 20'ye eşit veya 20'den küçük olacağı ($\dot{I}HEGES \leq 20$), ikinci bir $\dot{I}HEGES$ hesabı yardımıyla doğrulanmalıdır.

Tüm bunların ışığında, bir önceki bölümde verilmiş olan (Çizelge 4.13) hemzemin geçitlerin sahada direkt alt/üst geçide dönüştürülebilmesi veya tamamen kapatılıp

yakınlardaki mevcut veya yeni inşa edilecek bir alt/üst geçide yönlendirilebilmesi; ayrıca Çizelge 4.14’te görülen hemzemin geçitlerin de $\dot{I}HEGES_{min.}$ değerleri sahadaki yeni HEGES değerleri olacak derecede iyileştirilmesi sonucunda, Manisa (hariç)–Dumlupınar (hariç) demiryolu hat kesiminde ilgili zaman periyodu (2014–2016) içerisinde işletilen hemzemin geçitlerin yeni HEGES Grafiği, Şekil 4.18’de görülen hali olacaktır.



Şekil 4.18 : Veri setindeki hemzemin geçitlerin yapılacak iyileştirmeler sonucundaki yeni HEGES Grafiği.

Şekil 4.18’de görüldüğü üzere sahadaki uygulamalar sonucunda veri setindeki hemzemin geçitlerin 108 adedi işletilmeye devam edilip, bu hemzemin geçitlerin tamamında HEGES değeri 20’nin altında olabilmektedir. Böylece ilgili hat kesimi üzerinde özellikle 30.000 üzerinde seyir momentine sahip hemzemin geçit kalmamış olacaktır. Bu hemzemin geçitlerde yapılacak olan emniyet performansı gözlemleri ve ölçümleri sonucunda elde edilecek olan bulgular yardımıyla HEGEDEM’in kalibre edilmesi ile de tecrübeler sayısal hale dönüşecek ve gelecek değerlendirmeler daha da isabetli hale getirilebilecektir. Yakın gelecek içerisinde tüm bunlara eklenecek olan fayda–maliyet modellemeleri ile CBS ve web tabanlı araçlar yardımıyla da tüm süreç çok daha sistematik bir hale getirilip, dünyada gelişmiş modeller ile yürütülen süreçlerin seviyesine çıkarılabilecektir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Demiryolu hemzemin geçitleri, karayolu ve demiryolunu aynı seviyede ve tek noktada bir araya getiren özel noktalar olarak hem demiryolu hem de karayolu emniyetini büyük ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Hemzemin geçitler üzerinde meydana gelmiş olan kazaların ve bu kazaların sonuçlarının istatistikleri de bu olumsuz etkilerden mümkün olan en iyi şekilde kaçınmanın ne derece elzem bir konu olduğunu ispatlar niteliktedir (Örneğin; Bölüm 2-Şekil 2.1 ve 2.3 arası).

Bu temelde, bir hemzemin geçitte emniyeti etkileyen birçok parametrenin bulunmasına ve ülkelerin demiryolu ağında bulunan hemzemin geçitlerin çoğu zaman binli hatta yüz binli sayılarla ifade edilebilir olmasına bağlı olarak; hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirme süreci ve sonrasında yürütülecek uygulamaların tespiti işlemi, ülkelere özgü çeşitli karakterdeki yöntemlerle dünyada özel olarak ele alınan bir konu haline gelmiştir.

Türkiye’de de 2017 yılı itibarıyla 3.010 adet hemzemin geçit bulunmakta olup, bu geçitlerde 2001–2017 yılları arasında meydana gelmiş olan kazalar, tüm demiryolu kazalarının ortalama %35’ini oluşturmaktadır ve bu kazaların sonucunda meydana gelmiş olan ölüm (Ort. %42), yaralanma (Ort. %59) ve maddi hasar miktarları da tüm demiryolu kazaları içerisinde oldukça büyük bir orana sahiptir (Bölüm 3.2.2-Şekil 3.17).

Bu durum, hemzemin geçit emniyet değerlendirme süreçlerinin ve sonrasındaki çalışmaların Türkiye’de de; irdeleme, tespit, karar verme ve uygulama süreçlerinin daha tutarlı, hızlı, verimli ve kapsamlı olarak yürütülebileceği sistematik ve matematik tabanlı yaklaşımlarla (model, araç vb.) hayata geçirilmesi gerektiğinin bir göstergesi niteliğindedir. Bu bağlamda, yürütülen bu çalışma kapsamında;

- Emniyet ve emniyetle ilişkili kavramlar (tehlike, kaza, risk),
- Demiryolu hemzemin geçitlerinin karakteristik özellikleri (hemzemin geçit bileşenleri, sınıfları, kaplama çeşitleri vb.),

- Hemzemin geçitlerde emniyeti etkileyen faktörler (geçit, karayolu, demiryolu, çevre, insan, ekonomi ve kaza geçmişi ile ilgili faktörler),
- Hemzemin geçitlerde emniyetin artırılmasına yönelik hayata geçirilebilecek uygulamalar (eğitim ve bilinçlendirme ile ilgili çalışmalar, yasal düzenlemeler ve yaptırımlar ile ilgili çalışmalar, mühendislik çalışmaları),
- Hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirmesi amacıyla dünyada kullanılan model, araç, metot ve denklemler (12 farklı ülkeden 22 farklı yaklaşım ve ayrıca ABD’de kullanılan eyalet bazlı/tarihi süreç içinde oluşturulmuş 8 farklı denklem),
- Türkiye’deki hemzemin geçitlerin durumu (2003–2017) ve ülkede meydana gelmiş olan hemzemin geçit kazaları ile ilgili istatistikler (2001–2017),
- Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliğinin [6,7] esasları (ülkedeki hemzemin geçitlerde alınan tedbirler ve diğer uygulama esasları),
- Türkiye’de, hemzemin geçit emniyet değerlendirme konusu ile ilgili yürütülen çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Bu literatür taramaları ve incelemeler sayesinde elde edilen bilgiler, TCDD ile yapılan görüşmeler vasıtasıyla kazanılan bilgilerle harmanlanıp, Türkiye için örnek bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modele ise HEGEDEM (Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli) ismi verilmiştir. Model kurulumu öncesindeki hazırlık aşamalarında ve HEGEDEM kurulum aşamalarında;

- Yukarıda bahsedilen incelemeler vasıtasıyla elde edilen birikimler ışığında, eldeki veri setinde de tespit edilebilir olan hemzemin geçit emniyet faktörleri arasından modele dâhil edilebilecek olan faktörler saptanmış,
- Çeşitli araştırmalar, incelemeler ve denemeler sonucunda; eldeki veri setinin, istatistiksel teknikler yardımıyla bir model oluşturmaya müsaade etmediği saptanmış ve bu nedenle HEGEDEM temel yaklaşım yöntemi olarak AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi seçilip, yöntemin uygulama adımları incelenmiş,
- HEGEDEM hiyerarşisi oluşturulup (Ek A-Şekil A.1), hiyerarşiye dâhil edilmiş olan kategorik/koşulsal kriterlerin nihai ağırlıkları belirlenmiş (Bölüm 4.4.2-Çizelge 4.7 veya Ek D-Çizelge D.1),

- Bu nihai ağırlıklar kullanılarak veri setindeki her bir hemzemin geçide, geçidin emniyet durumunu ifade eden bir HEGES atamak suretiyle HEGEDEM puanlama sistemi oluşturulmuş ve geçitlerin HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıraları belirlenmiş,
- Hemzemin geçitlerin HEGES'leri ile geçitler üzerinde 2014–2016 yılları arasında meydana gelmiş olan kazaların verileri çeşitli grafikler üzerinde birleştirilip, HEGES–Kaza Geçmiş Grafikleri oluşturularak HEGEDEM puanlama sisteminin doğruluğu/başarısı teyit edilmiş (Bölüm 4.4.4-Şekil 4.13 ve Şekil 4.16 arası),
- HEGES–Kaza Geçmiş Grafikleri yardımıyla 3 farklı hemzemin geçit emniyet düzeyi belirlenmiş (Bölüm 4.4.4-Şekil 4.17) ve hemzemin geçit emniyet faktörlerinin bu düzeylere göre gruplanmalarının çeşitli grafikler ve çizelgeler yardımıyla irdelenmesi suretiyle bu emniyet düzeylerinin karakteristik özellikleri saptanmış (Bölüm 4.4.5),
- Emniyet düzeyleri ve HEGES hesaplamaları göz önünde bulundurularak HEGEDEM değerlendirme ve karar mekanizması oluşturulup, her hemzemin geçide bir İHEGES atanmış ve İHEGES_{min.} (en küçük İHEGES değeri) değerleri yardımıyla hemzemin geçitlere uygulanacak iyileştirme/iptal etme (mevcut durum iyileştirmeleri veya alt/üst geçit uygulamaları) seçeneklerinin öneri niteliğindeki ön kararları belirlenmiş,
- Yürütülen çalışma boyunca elde edilmiş olan birikimler yardımıyla da HEGEDEM uygulama adımları ve yakın gelecekte hayata geçirilmesi elzem olarak görülen uygulamalar belirlenmiştir (Ek H-Şekil H.1). Böylece tüm bu adımlar vasıtasıyla HEGEDEM için özel bir terminoloji de oluşturulmuştur.

Eldeki veri setinde bulunan hemzemin geçitlerin HEGEDEM yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda ise toplam 157 adet hemzemin geçitten 42 adedinin 1. dereceden riskli ($30 < \text{HEGES}$), 53 adedinin 2. dereceden riskli ($20 < \text{HEGES} \leq 30$) ve 62 adedinin ise 3. dereceden riskli ($\text{HEGES} \leq 20$) hemzemin geçit olduğu belirlenmiştir. Bu hemzemin geçitlerin 49 adedinin alt/üst geçide dönüştürülecek veya tamamen kapatılıp başka bir alt/üst geçide yönlendirilecek mahiyette ($\text{İHEGES}_{\text{min.}} > 20$), 108 adedinin ise mevcut durumdaki özellikleri iyileştirilerek işletilmeye devam edilebilecek mahiyette ($\text{İHEGES}_{\text{min.}} \leq 20$) olduğu saptanmıştır.

HEGEDEM kullanımı ardından bu ön kararların sahada uygulanabilirliğinin araştırıldığı ve diğer analizlerin (teknolojik uygulamaların kullanım analizleri, makul yollarla iptal edilebilecek geçitlerin tespiti için yürütülecek analizler, fayda–maliyet analizleri, hemzemin geçitlerin iyileştirme yapılacak özelliklerinin kesinleştirilmesi vb.) gerçekleştirildiği nihai karar süreci kapsamında yapılacak tespitler ve eldeki kaynakların (ödeneklerin) miktarı ise nihai kararların verilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Yukarıda bahsi geçen eylemler sırasında elde edilmiş olan bulgular ve çıkarımlar ışığında, yapılan çalışmanın diğer sonuçları ve gelecekte yürütülecek olan diğer çalışmalar/uygulamalar sırasında yol gösterici nitelikte olabileceği düşünülen bazı öneriler ise ilerleyen kısımda sıralanmıştır.

5.1 Sonuçlar

Yapılan bu çalışma ile görev edinilen asıl konu; Türkiye için örnek bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli oluşturup, ülkede yürütülen hemzemin geçit emniyet değerlendirme süreçlerini, dünyada bazı ülkelerde daha kapsamlı şekilde yürütülen süreçler seviyesine çıkarmaktır. Yürütülen bu çalışmanın ulaştığı en önemli sonuç ise matematik tabanlı ve sistematik bir model olan HEGEDEM'in kurulumu olmaktadır. Böylece geçmişte kazanılmış olan ve zamanla elde edilecek olan tecrübelerin sayısal bir hale getirilip; geleceğe sistematik, güvenilir ve uygulanabilir bir biçimde; ayrıca ortak bir dille aktarılması sağlanacaktır. Ayrıca hemzemin geçit emniyet değerlendirme çalışmalarının ve ardındaki süreçlerin ise daha hızlı ve verimli şekilde yürütülmesi sağlanmış olacaktır.

HEGEDEM kurulumu sırasında ise hemzemin geçit emniyet düzeylerinin ortaya konulmasının ardından (Bölüm 4.4.4-Şekil 4.17); hemzemin geçit emniyet faktörlerinin, hangi emniyet düzeyinde gruplanmalar oluşturduğu hakkında bulgular elde edebilmek amacıyla, Ek F'de verilmiş olan çizelge ve Ek G'de verilmiş olan grafikler oluşturulmuştur. Bu çizelge ve grafikler yardımıyla da; HEGEDEM hiyerarşisine dâhil edilmiş olan kriterlerin, bir hemzemin geçitteki emniyeti ne derecede etkilediği konusunda kriter bazında tek tek incelemeler yapılmış ve çeşitli çıkarımlara ulaşılmıştır (Bölüm 4.4.5).

Yapılan çalışma kapsamında elde edilen bulgular ve ulaşılan çıkarımlar, çalışmanın diğer sonuçları da dahil olmak üzere aşağıda değerlendirilmektedir.

- Dünyada yürütülmüş olan çalışmalarda ulaşılan ortak bulguya paralel olarak (Örneğin; Bölüm 2.5.2.1-Şekil 2.30); Türkiye’de de seyir momenti, karayolu–demiryolu trafik yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak hemzemin geçitlerdeki kaza riskini en önemli derecede etkileyen parametre olmaktadır. Seyir momenti arttıkça, demiryolu araçlarının ve karayolu taşıtlarının geçitte etkileşime girme olasılıkları birinci elden artmaktadır. Bu durum, geçidi kullanan yaya sayısının artması ile ilgili senaryoda da aynı şekilde işlemektedir.

Özellikle seyir momenti 30.000 üzerinde olan hemzemin geçitlerin barındırdığı yüksek risk, geleneksel mühendislik uygulamaları (bariyer tesisi vb.) yardımıyla kabul edilebilir bir seviyeye düşürülememektedir. Bu nedenle bu tür hemzemin geçitlerde direkt alt/üst geçide dönüştürme veya tamamen kapatıp yakınlardaki başka alt/üst geçide yönlendirme uygulamalarına ve bunlar mümkün değil ise gelişen teknoloji ile kullanılmaya başlanmış ve başarısını kanıtlamış daha teknolojik uygulamalara yönelmek zorunlu hale gelmektedir.

Seyir momenti 30.000’den küçük olan hemzemin geçitlerde ise mevcut risk; bariyer, flaşör ve çan tesisi, karayolu ayırma yapıları, yatay trafik işaretleri vb. geleneksel uygulamalar yardımıyla kabul edilebilir bir düzeye düşürülebilmektedir. Ancak bu uygulamaların başarısı, geçitlerin sahip olduğu diğer özelliklere ve geçit kullanıcılarının eğitim, kurallara uyma vb. özelliklerine son derece bağlı olmaktadır.

Seyir momenti özellikle 3.000’in altında olmak üzere 15.000’in altında olan geçitlerde diğer özelliklerine de bağlı olmak şartıyla kaza riski daha az olabilmektedir. Ancak 3.000’in altında seyir momentine sahip olsalar dahi özellikle görüş mesafeleri yetersiz olan ve yüksek hızlarına maruz kalan geçitler, azımsanamayacak büyüklükte kaza riski barındırmakta olup bu tür geçitlerin serbest olarak işletilmesi konusunda sadece seyir momenti göz önünde bulundurulmayıp, diğer özelliklerinin etkisine göre (özellikle demiryolu araç hızları ve görüş mesafeleri) bariyer tesisinin gerekli olup olmadığı kararının verilmesi gerekmektedir.

- Türkiye’de de şehir içlerinde işletilen hemzemin geçitler, kırsal kesimlerde işletilen geçitlere kıyasla daha fazla kaza riskine sahip olmaktadır. Bu durum, Kanada ve ABD’de yapılmış olan tespitlerle de paralellik göstermektedir. Şehir içlerinde bulunan hemzemin geçitlerin daha fazla riske sahip olması, genel olarak şehir içlerinin kırsal bölgelere kıyasla daha yoğun taşıt trafiğine sahip olmasından ve şehir içlerindeki trafik kargaşasının/kaosunun (nüfus fazlalığı, yaya fazlalığı, taşıt cinsi çeşitliliği (motosiklet, toplu taşıma araçları, okul servisleri vb.)) daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, şehir içlerinde bulunan hemzemin geçitlerin, seyir momenti 3.000’in altında olup diğer özellikleri de elverişli olsa dahi serbest olarak işletilmemesi doğru bir karar olacaktır.
- Hemzemin geçidin açıklığı arttıkça, geçitteki kaza riski artmaktadır. Özellikle 10 metreden fazla olmak üzere 5 metreden fazla açıklığa sahip hemzemin geçitlerde risk daha fazla iken; 5 metreden az açıklığa sahip hemzemin geçitlerde ise risk daha az olmaktadır. Bu durum, hem geçidin açıklığı arttıkça taşıt sürücülerinin kural ihlalleri (geçit bölgesinde sollama, zikzak hareketi vb.) yapabilecekleri alanın artmasından hem de geniş açıklığa sahip geçitlerin daha geniş yaklaşım yollarına sahip olmalarına bağlı olarak genellikle daha yoğun taşıt trafiğine sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Geniş açıklıklı hemzemin geçitlerin yaklaşım yollarına tesis edilecek karayolu düzenleme yapıları (refüj, beton korkuluk vb.) ve kırsal kesimlerdeki geniş açıklıklı geçitlerin yaklaşım yollarına uygulanacak şerit genişliği tanzimleri (delinatörler vb.), taşıt sürücülerinin meyil edecekleri kural ihlallerini engellemek suretiyle (Bölüm 2.5.2.2-Şekil 2.32) geniş geçit açıklığının emniyete olan negatif etkisini kontrol altında tutmak için hem ekonomik hem de etkili yöntemler olmaktadır. Bunun yanında, kapalı bariyerlerin kenarlarından motosiklet sürücüsü, yaya vb. izinsiz geçişini engellemek adına, geçide tesis edilecek olan bariyer kolunun da geçidi tamamen kapattığından emin olunmalıdır.
- Taşıt sürücülerinin karayolu doğrultusunda geçit güvenlik çizgisinden baktıklarında demiryolu üzerinde gözleyebildikleri mesafe azaldıkça, hemzemin geçitteki risk artmaktadır. Özellikle 100 metrenin altında karayolu tarafından görüş mesafesine sahip olan hemzemin geçitlerde (genellikle 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitler) risk oldukça fazla olmaktadır. Bu

mesafenin en az 250 metre olmak üzere özellikle 500 metrenin üzerinde olması, en emniyetli durumu temsil etmektedir. Ancak görüş mesafelerinin emniyete olan etkisi konusunda, geçidin barındırdığı diğer emniyet faktörlerinin kombinasyonu oldukça etkili olmaktadır.

Örneğin; seyir momenti 30.000'in üzerinde olan bir hemzemin geçitte, karayolu tarafından 500 metreden fazla bir görüş mesafesi sağlanmış olsa dahi emniyet düzeyi kabul edilebilir bir seviyeye ulaştırılamamaktadır. Bu durumda; geçitte kuyruklanma, geçitte bekleme sürelerinin artmasına bağlı olarak kullanıcıların kuralları ihlal edecek yönde davranışlar sergilemeye başlaması vb. etmenler geçitteki emniyeti etkilemeye başlamaktadır. Özellikle serbest olarak işletilmesi planlanan bir hemzemin geçidin, diğer bazı şartlar da bulunmak koşuluyla karayolu tarafından en az 500 metre görüş mesafesine sahip olması doğru bir kıstas olacaktır.

- Demiryolu araç sürücüsünün geçidi görmeye başlayabildiği nokta ile geçit arasındaki mesafe azaldıkça da geçitteki risk artmaktadır. 1. dereceden riskli hemzemin geçitlerde bu mesafe genel olarak 750 metreden az olmaktadır. 3. dereceden riskli hemzemin geçitlerde ise bu mesafe genel olarak 500 metreden fazla olmak üzere özellikle 750 metreden fazla olmaktadır. Bu mesafenin, bir demiryolu aracının ortalama fren mesafesi olarak ayarlanan 700 metreden daha fazla olması, en emniyetli durumu ifade etmektedir. Özellikle serbest olarak işletilmesi planlanan bir hemzemin geçidin, diğer bazı şartlar da bulunmak koşuluyla demiryolu tarafından en az 750 metre görüş mesafesine sahip olması doğru bir kıstas olacaktır.
- Hemzemin geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı ve karayolu–demiryolu kesişme açısı, hemzemin geçidin karayolu ve demiryolu tarafından görüş özellikleri bakımından önemli birer parametre olmaktadır. Görüş özellikleri, yukarıda da bahsedildiği üzere hemzemin geçidin emniyet düzeyini belirlemede önemli bir etkiye sahiptir. Verevlik açısı küçüldükçe, hemzemin geçidin hem karayolu hem de demiryolu tarafından görüş mesafeleri oldukça olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle karayolu–demiryolu kesişme açısının 70°'den küçük olmamasına dikkat edilmelidir. Özellikle seyir momenti 3.000'in altında olup, serbest olarak işletilen hemzemin geçitlerde karayolu ve demiryolunun dik olarak kesişip, çevrede görüşü etkileyecek yapıların ve/veya bitki topluluklarının

bulunmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde bu tür hemzemin geçitlerin serbest olarak işletilmesi oldukça tehlikeli olacaktır.

Hemzemin geçitlerin, yatayda alıymandan oluşan demiryolu kesimlerinde veya geniş yarıçaplı kurplarda ($R \geq 500$ m) işletilmesi en doğru yaklaşım olmaktadır. 250 metre ile 500 metre arasında yarıçapa sahip demiryolu kuplarında işletilen hemzemin geçitler, genel olarak 1. veya 2. dereceden riskli emniyet düzeyine sahip olmaktadır. Karayolu ve demiryolu tarafından görüş yetersizliklerinin oluşmaması adına 500 metreden daha küçük yarıçapa sahip demiryolu yatay kurpları üzerinde hemzemin geçit işletilmemesi; diğer özelliklerinin müsaade etmesine de bağlı olarak mecburen işletiliyor ise de mutlaka bariyerli olarak ve/veya teknolojik sistemlerden yararlanılarak işletilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır.

- Geçit tipinin, başka bir deyişle hemzemin geçide tesis edilen veya edilmeyen koruma sisteminin; özellikle mahal özellikleri, seyir momenti, görüş özellikleri ve livre hızı gibi parametreler başta olmak üzere geçidin diğer özelliklerine bağlı olarak geçitteki emniyeti etkilediği görülmektedir. 30.000'in üzerinde seyir momentine sahip bir hemzemin geçide tesis edilen flaşör, çan ve otomatik bariyer; geçidin görüş özellikleri yeterli seviyede olsa dahi emniyeti kabul edilebilir bir seviyeye çıkaramamakta ve istenmeyen sayılarda ve sonuçlarda kazaların meydana gelmesini engelleyememektedir. Özellikle bu tür hemzemin geçitler şehir içlerinde konumlandığında kaza riski daha da fazla olmaktadır. Bu nedenle 30.000'in üzerinde seyir momentine sahip hemzemin geçitlerin alt/üst geçit olarak düzenlenmesi ya da tamamen kapatılarak yakınlarda bulunan başka bir alt/üst geçide yönlendirilmesi oldukça önemli olmaktadır. Bu seçeneklerin hiçbirisi uygulanamıyor ise geleneksel uygulamaların ötesinde teknolojinin gelişmesi ile kullanılmaya başlanmış olan uygulamalar irdelenip, geçitteki risk bu çözümlerle istenilen düzeye düşürülmelidir.

30.000'in altında seyir momentine sahip olan hemzemin geçitler, diğer özelliklerine de bağlı olarak flaşör, çan ve otomatik bariyer tesisi ile kabul edilebilir bir emniyet düzeyine çıkarılabilmektedir. Ancak seyir momenti 30.000'e yakın (özellikle 15.000'den büyük) olanlar başta olmak üzere şehir içlerinde işletilen, geçit açıklığı fazla olan, demiryolu araç hızları yüksek olan ve görüş özellikleri çok iyi seviyede olmayan; başka bir deyişle $IHEGES_{min}$.

değeri 15–20 arasında olan geçitlerde kaza riski, 3. dereceden riskli emniyet düzeyine sahip olan diğer geçitler arasında daha fazla olmaktadır. Bu noktada, bu tür hemzemin geçitlerde de, emniyete olan pozitif etkisi kanıtlanmış olan teknolojik uygulamaların araştırılıp kullanılmaya başlanması mantıklı bir yaklaşım olacaktır.

Seyir momenti 3.000'in altında olup kırsal kesimlerde işletilen hemzemin geçitler, diğer özelliklerinin de son derece yeterli olmasına bağlı olarak (genellikle $\dot{I}HEGES_{min.} < 10$) serbest bir şekilde işletilebilmektedir. Bu noktada, geçitteki görüş özellikleri ve demiryolu araç hızları son derece önemli olmaktadır. 3.000'in altında seyir momentine sahip olup, serbest şekilde işletilecek olan hemzemin geçitler özellikle karayolu ile dik kesişmeli ve taşıt sürücülerinin karayolu tarafından en az 500 metre görüş mesafesine sahip olmaları gerekmektedir. Bu tür hemzemin geçitlerde demiryolu araç sürücülerini, 750 metre fren mesafesinin üzerinde bir görüş mesafesine sahip olmalıdır. Ayrıca geçidi kullanan demiryolu araçlarının hızı maksimum 120 km/sa. olmalıdır. Seyir momenti 3.000'in altında olup, sıralanan özellikleri sağlamayan (özellikle 500 metrenin altında karayolu tarafından görüş mesafesine sahip olan, 120 km/sa. üzerinde livre hızlarına sahip olan vb.) geçitler ise iptali gerçekleştirilemiyor ise mutlaka bariyerli olarak işletilmelidir veya teknolojik sistemlerin kullanılması konusunda araştırmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca şehir içlerinin sahip olduğu özellikler (nüfus fazlalığı, yaya fazlalığı, trafik kargaşası fazlalığı) nedeniyle, bu kesimlerde bulunan hemzemin geçitlerin seyir momenti değerine bakılmaksızın bariyerli olarak işletilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır.

Tüm bunların ışığında, $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri 10 ila 20 arasında olan hemzemin geçitler ile $\dot{I}HEGES_{min.}$ değeri 10'un altında olup 3.000'den fazla seyir momentine sahip olan veya seyir momentine bakılmaksızın 120 km/sa. üzerinde livre hızlarına maruz kalan (maksimum 160 km/sa.) hemzemin geçitlerin bariyerli olarak işletilmesi, genel demiryolu emniyet performansı açısından en doğru yaklaşım olacaktır.

- Hemzemin geçidin taşıt trafiğine açılması için beklenen süre arttıkça, geçit kullanıcılarının kural ihlallerine olan meyli artmaktadır. Özellikle flaşörün, çanın ve bariyerin aktif olmaya başlayacağı anın ve aktif kalacakları sürenin demiryolu aracının hızına ve geçide yakınlığına bağlı olarak iyi bir şekilde

ayarlanmadığı geçitlerde, görüş problemleri de mevcut ise geçit kullanıcıları demiryolu aracının geçide gelmesine henüz vakit olduğunu düşünüp, demiryolu araç hızını hesaba katmadan izinsiz hamlelerle (zikzak hareketi vb.) geçidi kullanmaya yönelebilmektedir.

Flaşör-çan uyarı süresi ile bariyerin kapalı kalma süresi ve bu ekipmanların aktif olmaya başlayacakları anın, demiryolu araç hızlarına göre ve çeşitli çalışmalarla demiryolu üzerinde geçitten belli bir mesafe içinde tespit edilecek noktalara göre her hemzemin geçit için farklı ve minimum düzeyde olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu konu ile ilgili olarak kurumlar içinde ve/veya akademik çevrede çeşitli araştırmaların ve çalışmaların yürütülmesi bir hayli önemli olmaktadır.

- Hemzemin geçidin kestiği demiryolu hat adedi arttıkça, geçitteki kaza riski artmaktadır. Bunun nedeni ise hat adedi arttıkça geçit kullanıcılarının geçidi terk etme sürelerinin, başka bir deyişle hemzemin geçidin taşıt trafiğinden tamamen temizlendiği sürenin artmasıdır. 3. dereceden riskli hemzemin geçitler genel olarak tek demiryolu hattı kesmektedir. Ayrıca geçidin kestiği demiryolu hat adedi arttıkça, geçitten geçen demiryolu trafiği (saydınlerdeki hareketler ve manevralar da dâhil) artmaktadır. Bu nedenle saydınlerdeki demiryolu araç hareketlerinin ve geçit bölgesindeki manevra hareketlerinin sayılıp, seyir momentine ek bir modül olarak değerlendirilmesi faydalı bir yaklaşım olacaktır. 3.000'in altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler, özellikle çift hattın fazla kesenler başta olmak üzere tek hattın fazla demiryolu kesiyorsa, bu tür hemzemin geçitlerin bariyerli olarak işletilmesi daha emniyetli bir karayolu ve demiryolu seyri sağlayacaktır.
- Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda, özellikle 1. dereceden riskli hemzemin geçit (genel olarak şehir içlerinde bulunan, seyir momenti 30.000'den büyük ve geniş açıklıklı geçitler) bölgelerinde livre hızlarının düşük olarak düzenlenmek durumunda kaldığı görülmektedir. Bu durum; hemzemin geçitlerin, demiryolu ve karayolu emniyetine olan büyük boyuttaki negatif etkilerinin yanı sıra demiryollarının işletme ile ilgili özelliklerine olan negatif etkilerinin de bir göstergesi niteliğindedir. 1. dereceden riskli hemzemin geçitlerde demiryolu araç hızları daha düşük bir biçimde düzenlenerek kazaların önüne geçilmeye çalışılmakta; ancak bu durum, ilgili demiryolu hatlarının tercih edilirliliğinin azalmasına ve geçitte bekleme

sürelerinin artmasına bağlı olarak geçit kullanıcılarının tehlikeli davranışlarının artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle bu tür hemzemin geçitlerin ivedilikle sistemden çıkarılması veya iptalleri gerçekleştirilemiyor ise bu negatif etkiyi kabul edilebilir bir seviyeye çekebilecek olan teknolojik uygulamaların araştırılmaya ve kullanılmaya başlanması yerinde bir yaklaşım olacaktır.

3. dereceden riskli hemzemin geçit bölgelerinde ise demiryolu araç hızları diğerlerine göre daha yüksek düzenlenebilmiştir. Bu emniyet düzeyi içerisinde, demiryolu araç hızlarının 120 km/sa. değerini aştığı hemzemin geçitler, aynı emniyet düzeyi içerisinde diğerlerine kıyasla daha fazla kaza riski taşımaktadır. Bu bağlamda, seyir momenti 3.000'in altında olsa dahi demiryolu araç hızlarının 120 km/sa. üzerinde olduğu kesimlerde serbest hemzemin işletilmemesi emniyet açısından çok doğru bir yaklaşım olacaktır. Ayrıca bu tür hemzemin geçitlerde, görüş özellikleri çok iyi düzeyde olmayanlar başta olmak üzere yaklaşım yollarına uygulanacak yavaşlama uyarı çizgileri, bantlar, kasisler vb. yatay trafik işaretleri de emniyetin sağlanması açısından oldukça önemli olmaktadır. Özellikle serbest hemzemin geçitlerin işletildiği kesimler için livre hızlarının geçitteki emniyete olan etkisinin daha da kapsamlı bir biçimde ölçülebilmesi adına, çeşitli pilot bölgelerin oluşturulduğu ve gözlemlerin yapıldığı kurum içi ve/veya akademik araştırmaların/çalışmaların Türkiye'de de yürütülmesi son derece önemli olmaktadır. Böylece bu gözlemler ve irdelemeler ile elde edilen birikimler, HEGEDEM'in zaman içerisinde kalibre edilebilmesi için de kullanılabilecektir.

- Hemzemin geçide ve yaklaşım yollarına uygulanan kaplamaların cinsleri, özellikle belli bir süre sonra kaplamaların sahip olacağı durum bakımından önemli olmaktadır. Taşıt sürücüleri; geçide yaklaşırken, geçidi kullanırken ve geçidi terk ederken yüzey koşullarından etkilenmemeli ve konforlu bir sürüş deneyimine sahip olmalıdırlar. Bu noktada hemzemin geçitlerin kauçuk veya kompozit kaplama gibi deforme olma süresi daha uzun olan malzemeler ile kaplanması; yaklaşım yollarının ise özellikle asfalt öncelikli olmak üzere asfalt veya parke taş ile kaplanması doğru bir yaklaşım olacaktır. Ayrıca zaman içerisinde meydana gelecek bozulmaların etkisinden kurtulmak adına

geçit ve yaklaşım yolu kaplamalarının düzenli bir şekilde bakım ve onarımlarının yapılması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan analizler, hemzemin geçidin emniyet düzeyi azaldıkça (3. dereceden riskli emniyet düzeyinden 1. dereceden riskli düzeye doğru), eğer yaklaşım yolu kaplama durumu da kötü vaziyette ise geçitteki riskin hissedilir derecede arttığını göstermektedir. Yaklaşım yolları kaplamasız olan hemzemin geçitlerde özellikle taşıt trafiği yoğun ise yolun durumu çok kısa bir süre içerisinde kötü bir hal alacaktır. En önemli noktalardan biri ise, geçitteki emniyet bakımından oldukça etkili olan yatay trafik işaretlerinin (yükseltilmiş enine çizgiler/şeritler, bantlar, kasisler, kaplama yazıları vb.), kaplamasız yaklaşım yollarına tam olarak uygulanamamasıdır. Bu nedenle geçit yaklaşım yollarının (geçitten itibaren en az 150'şer metre), özellikle yoğun taşıt trafiğine sahip olanlar başta olmak üzere kaplamalı bir biçimde hizmete açılması doğru bir yaklaşım olacaktır.

- İçerdiği tehlikeler (taşıt sürücüsünün raylara takılıp geçidi terk edememesi vb.) bakımından en önemli noktalardan biri de geçit kaplama yüzeyi ile ray mantarı üst kotu arasında bulunan seviye farklarıdır. Çalışma kapsamında yapılan analizlere göre, bu problem bir hemzemin geçitteki riski %8,06 gibi büyük bir oranda artırmaktadır. Bu seviye farkı, zaman içerisinde taşıt yükleri nedeniyle kaplamaların çökmesiyle ve/veya özellikle uygulama anındaki kontrol eksiklikleri nedeniyle geçit ve yaklaşım yolu kaplama yüzey kotlarının doğru bir şekilde tespit edilmemesiyle oluşabilmektedir.

Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasındaki bu seviye farklarından kaçınmak adına hem uygulama anında sıkı bir kontrol yapılmalı hem de zaman içerisinde meydana gelecek olan seviye farklarının önüne geçilmesi için düzenli kontrol ve bakım işlemleri gerçekleştirilmelidir. Ayrıca özellikle ağır taşıtlar başta olmak üzere yoğun taşıt trafiği taşıyan geçitlerde, kauçuk ve kompozit kaplama gibi deforme olma süresi daha uzun olan ve çökmeler olmaksızın ağır taşıt yüklerine daha uzun süre dayanabilen geçit kaplamalarının kullanılması doğru bir yaklaşım olacaktır (Bölüm 2.4.7-Şekil 2.19 ve Bölüm 2.4.8-Şekil 2.21).

- Özellikle geçit bölgesinin drenajı başta olmak üzere hemzemin geçidin ve yaklaşım yollarının drenajı, tesis edilmiş olan kaplamaların ömrü (altyapı bozulmaları ve buna bağlı olarak üstyapının da deforme olması, çökmelerin

meydana gelmesi vb.) bakımından önemli bir konuma sahip olmaktadır. Ayrıca yeterli bir drenaj sisteminin tesis edilmediği hemzemin geçitlerde, yoğun yağış altında su birikintileri meydana gelecek ve zamanla oluşacak negatif etkiler yanı sıra geçitteki anlık geçişler de olumsuz yönde etkilenecektir.

Bu nedenle geçide ve yaklaşım yollarına, suların bir an önce uzaklaştırılmasını sağlayacak yeterli seviyede drenaj sistemleri tesis edilip, düzenli olarak bakımları yapılmalıdır. Çalışma kapsamında, eldeki veri setinde bulunan hemzemin geçitlerin drenajı konusunda veri elde edilememiştir. İlerleyen süreçte HEGEDEM'e eklenecek modüller içerisinde geçit drenaj sistemi hakkında bir kriterin bulunması; ayrıca hemzemin geçit envanterlerinde geçit drenaj durumu hakkında bilgilerin de kaydedilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır.

- Hemzemin geçit yaklaşım yollarına uygulanan yatay trafik işaretleri (kasisler, yükseltilmiş enine çizgiler/şeritler, bantlar, kaplama yazıları vb.), dikey trafik işaretlerine kıyasla geçit kullanıcılarıyla direkt fiziksel etkileşime geçmekte (sürücüler hızlarını azaltmaya mecbur bırakmakta vb.) ve böylece geçitteki emniyeti artırma konusunda önemli bir etkiye sahip olmaktadır.

Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda, özellikle 1. dereceden riskli hemzemin geçitler başta olmak üzere 1. ve 2. dereceden riskli hemzemin geçitler arasından 3. dereceden riskli hale (kabul edilebilir bir emniyet düzeyine) getirilebilenler için yaklaşım yolu yatay trafik işaretlerinin eksiksiz olarak uygulanmasının önemli bir konumda olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca 3. dereceden riskli olup emniyetin daha da artırılabilceği, 15.000'in altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler için de özellikle kasis yapıları olmak üzere yatay trafik işaretleri önemli bir konumdadır. Bu tür hemzemin geçitlerin (özellikle 3.000'in altında seyir momentine sahip olup serbest olarak işletilen) yaklaşım yollarına inşa edilecek olan kasis yapıları sayesinde kullanıcıların geçide çok daha kontrollü hızlarla ve dikkatli bir biçimde yaklaşmaları sağlanabilecektir. Demiryolu araç hızlarının yüksek olduğu (özellikle 120 km/sa. üzeri) kesimlerde de seyir momentine bakılmaksızın yatay trafik işaretlerinin kapsamlı bir şekilde uygulanması, emniyeti sağlama açısından doğru bir yaklaşım olacaktır. Ancak yerleştirilecek olan kasislerin konumları (geçitten uzaklığı vb.) ve

yükseklikleri, kurumlar içinde ve/veya akademik çevrede yürütülecek olan çeşitli araştırmalar ve çalışmalar yardımıyla çok iyi bir biçimde tespit edilmelidir.

- Yürütülen çalışma kapsamında, eldeki veri setinin de özellikleri nedeniyle, geçit bölgesine tesis edilen düşey trafik işaretlerinin geçitlerdeki emniyete olan ayırt edilir nitelikte bir etkisi gözlemlenememiştir. Ancak yapılan literatür çalışmaları ışığında, özellikle geçit güvenlik çizgisine tesis edilen (geçit kullanıcılarını durması için uyarı, geçidin kestiği hat adedini bildiren vb.) trafik levhaları ve yaklaşım yollarının kenarına geçidin daha da gerisinde tesis edilen ve geçide kalan mesafeleri vb. bildiren trafik levhaları emniyetin artırılması açısından önemli olmaktadır.

Ancak düşey trafik işaretleri ile elde edilebilecek emniyet kazanımı başarısı, tamamen geçit kullanıcılarının kuralları bilmesine ve uygulamasına, başka bir deyişle kullanıcıların eğitim, disiplin vb. özelliklerine bağlı olmaktadır. Düşey trafik işaretleri; tamamen doğru yükseklik ve açılarda, geçit kullanıcılarının direkt fark edebileceği ve okumakta zorlanmayacağı noktalara tesis edilip, karanlıkta da okunabilecek özellikte olmalıdır. Bu noktada, geçit kullanıcıları ile birebir girdikleri fiziksel etkileşime de bağlı olarak yatay trafik işaretlerinin, düşey trafik işaretlerine kıyasla geçitteki emniyeti artırma konusunda daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Türkiye’de hemzemin geçit bölgelerine tesis edilen düşey trafik işaretlerinin emniyet bakımından sağladığı yararların, çeşitli pilot bölgelerin gözlemlenmesi suretiyle saptanması adına yürütülecek olan kurum içi ve/veya akademik araştırmalar/çalışmalar, doğru yönde atılmış adımlar olacaktır. Bu çalışmalar sırasında; düşey trafik işaretlerinin hangi koşullara bağlı olarak yatay trafik işaretleri ile beraber en faydalı şekilde kullanılabileceğinin araştırılması da önemli bir nokta olmaktadır.

- Hemzemin geçidin en yakın hemzemin kavşağına olan mesafesi (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.28), yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.27), geçit yaklaşım uyarı sinyali (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.23), demiryolu üzerine yerleştirilmesi gereken “Dikkat Hemzemin Geçit Dördük Çal” levhası gibi parametreler; eldeki veri seti bünyesinde, net bir irdeleme yapılabilecek bir örnek sayısı ve çeşitlilik teşkil etmemektedir. Ancak bu parametrelerin, yönetmelikte belirtildiği şekilde uygulandığı ve uygulanmadığı pilot

bölgelerin gözlem altına alınıp, emniyet üzerindeki etkilerinin net bir biçimde ölçülmesi faydalı olacaktır.

- Yapılan çalışma kapsamında, yukarıda bahsi geçen tüm bulgular ve çıkarımlar ışığında, Türkiye’de işletilen hemzemin geçitler emniyet düzeylerine göre de sınıflandırılmıştır. Bu durum, Kanada’da geliştirilmiş olan Çarpışma Öngörü Modeli’ne, Avustralya’da geliştirilmiş olan RAAILc modeline ve İrlanda’da geliştirilmiş olan Hemzemin Geçit Önceliklendirme Aracı’na benzer bir yaklaşım olmaktadır. Böylece geleneksel hemzemin geçit sınıflandırma mantığına ek olarak, hemzemin geçitlerin risk durumunu da ifade eden ortak bir dil yaratılmış olmaktadır. Belirlenmiş olan emniyet düzeyleri içerisindeki göreceli risk boyutları göz önünde bulundurularak, düzeylerin karakteristik özellikleri ortaya konulmuştur (Bölüm 4.4.5.1 ve Bölüm 4.4.5.3 arası). Böylece HEGEDEM yardımıyla değerlendirilen bir hemzemin geçit, HEGES değeri ile telaffuz edildiğinde, karar vericilerin aklında geçidin özellikleri ile ilgili genel bir fikir belirebilecektir.

- Yapılan çalışma kapsamında elde edilmiş olan bulgular, çıkarımlar ve diğer sonuçlar; parametrelerin emniyete olan etkisi tekil bazda düşünüldüğünde, Türkiye’de yürürlükte olan hemzemin geçit yönetmeliği [6,7] esasları ile çok büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Ancak TCDD ile yapılan görüşmeler sonucunda, 2013 yılı itibarıyla Türkiye’deki hemzemin geçitlerin %90 gibi çok büyük bir çoğunluğunun yönetmelikte belirtilen esaslara uymadığı bilgisi alınmıştır. Yönetmeliğin ilk yayım yılı olan 2013’ten itibaren 3 yıl içerisinde, Türkiye’de bulunan hemzemin geçitlerin, alt/üst geçit uygulamaları ve çeşitli iyileştirmelerle yönetmelikteki esaslara uygun hale getirilmesi istenmiştir.

Ancak ülkede bulunan hemzemin geçitlerin 2013 yılı itibarıyla sahip olduğu durumdan da kaynaklı olarak bu süre, 2016’da 2013 yılından itibaren 5 yıla; 2018’de ise 2013 yılından itibaren 8 yıla çıkarılmıştır. Bunun nedeni ise yönetmelik esaslarının seyir momenti, görüş mesafeleri vb. parametreleri genel olarak tekil bazda göz önünde bulundurup, iyileştirme/iptal etme kararlarının alınması konusunda sistematik ve derinlemesine incelemelerin yapılmasıyla oluşturulan bir yöntemin sunulmaması olarak düşünülmektedir. Başka bir deyişle, hemzemin geçit emniyetine etki eden faktörlerin kombinasyonları göz önünde bulundurularak geçitlerin iyileştirme/iptal etme seçeneklerinin belirlenmesi, emniyet faktörlerinin tekil bazda göz önünde

bulundurulması ile verilecek kararlara kıyasla hem maliyet hem de uygulanabilirlik açısından daha optimize kararların alınmasını sağlayacaktır. Bu noktada HEGEDEM, geçitlerde emniyeti etkileyen parametrelerin kombinasyonlarına bağlı olarak sistematik ve sayısal bir şekilde iyileştirme/iptal etme seçeneklerinin belirlenmesini sağlamakta, mutlaka iptal edilmesi gerekli olan ve öncelikli olan hemzemin geçitleri saptamakta ve bunun sonrasındaki adımların da sistematik bir biçimde yürütülmesini sağlamaktadır. Böylece iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında hayata geçirilecek eylemlerin sağlayacağı faydalar, belirli bir öncelik sırasıyla kademeli bir şekilde uygulanmış olacak ve hali hazırda sahada var olan riskler belirli bir sistem ile kademeli olarak ortadan kaldırılmış olacaktır. Ayrıca böylelikle eldeki ödenekler ile ulaşılabilecek olan maksimum genel demiryolu emniyet kazanımı sağlanabilecek ve gelecek süreçte yapılacak iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında kullanılacak tecrübeler sayısal ve sistematik bir zeminde toplanmış olacaktır.

Örneğin; seyir momenti büyüklüğü ne olursa olsun, 500 metrenin altında karayolu tarafından görüş mesafesine sahip olan bir hemzemin geçit, yönetmeliğe göre iptal edilmelidir ve bunun gibi tekil bazda birçok koşul bulunmaktadır. Ancak bu örnekteki görüş mesafesi şartı gibi, yönetmelik esaslarındaki diğer şartlar da göz önünde bulundurulduğunda, misal olarak ülkede 3.000'in altında seyir momentine sahip olan hemzemin geçitlerin neredeyse tamamının iptal edilmesi gerekmektedir. Bu durum, arazi koşulları ve eldeki ödeneklerin sınırlı olması bakımından uygulanabilir bir konuma sahip olamamaktadır. Böylece verilen örnekteki gibi bir hemzemin geçit, iptal edilemediği için sahada serbest ve kabul edilemez emniyet düzeyine sahip bir şekilde işletiliyor olabilecektir.

HEGEDEM yaklaşımında ise bu tür bir hemzemin geçidin (Örneğin; 3.000'in altında seyir momenti ve karayolu tarafından 250 metrenin altında görüş mesafesine sahip bir geçit), diğer özellikleri de elverişli ise ve eğer makul yollarla iptali gerçekleştirilemiyorsa bariyerli bir şekilde ve kabul edilebilir bir emniyet düzeyinde işletilmesi mantığı yatmaktadır. HEGEDEM yaklaşımında buna ek olarak, bu tür bir hemzemin geçit için geçidin diğer özelliklerine de bağlı olmak koşuluyla, makul yollarla uygulanabilecek teknolojik sistemlerin araştırılması ve/veya geliştirilmesi seçeneği de göz

önünde bulundurulmaktadır. Böylece eldeki ödenekler, hiçbir şekilde yeterli bir emniyet düzeyine sahip olamayacak olan hemzemin geçitlere kanalize edilmemiş olacak ve genel bir demiryolu emniyet kazanımı sağlanmış olacaktır. Verilen örnekteki hemzemin geçit ise yapılan uygulama sonrasında izlemeye alınıp, emniyet performans ölçümleri sonucunda elde edilen bulgulara göre ilerleyen süreçte tekrar gözden geçirilecektir. Böylece kademeli ve uygulanabilir; ayrıca sahada ise bilinmeyen tehlikelerin ve yüksek risklerin var olmadığı bir emniyet yönetim süreci anlayışı benimsenmiş olacaktır.

- Seyir momenti, geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı, görüş özellikleri, livre hızı, geçit tipi, geçit açıklığı, yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri gibi parametrelerin hemzemin geçitteki emniyet üzerinde oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak sıralanan parametrelerin ve diğer parametrelerin de bileşimi ile bir hemzemin geçitteki göreceli risk geniş bir aralıkta farklılaşabilmektedir. Bu nedenle emniyet değerlendirme süreçlerinin sistematik ve bu farklılaşmayı göz önünde bulunduracak biçimde yürütülüp, derinlemesine yapılan bir irdeleme ardından iyileştirme/iptal etme kararlarının verilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Böylece eldeki problem, mühendislik en iyi hale getirme (optimize etme) mantığı çerçevesinde ele alınmış olacaktır.

HEGEDEM'in kurulum amacı, emniyet değerlendirme süreçlerini yukarıda bahsedilen seviyeye çıkarabilmektir. HEGEDEM, AHS yöntemi vasıtasıyla hemzemin geçit emniyet faktörlerinin kompleks, başka bir deyişle matematik tabanlı ve sistematik bir biçimde ağırlıklandırıldığı ve hemzemin geçitlerin göreceli risklerinin hesaplandığı; ayrıca HEGES–Kaza Geçmiş Grafikleri (Bölüm 4.4.4-Şekil 4.13 ve Şekil 4.16 arası) yardımıyla da çeşitli istatistiksel irdemelerin yapılıp, buradan elde edilen çıkarımlar yardımıyla da modelin değerlendirme ve karar mekanizmasının kurulduğu bir yaklaşım olmaktadır. Böylece basit parametre bazlı olarak yürütülen emniyet değerlendirme süreçlerini, dünyada kompleks ağırlıklandırma bazlı ve istatistiksel yöntem bazlı olarak yürütülen süreçler arasında bir konuma taşımaktadır.

5.2 Öneriler

Yapılan çalışma sırasında elde edilmiş olan bilgi birikimi ve çalışmanın sonuçları ışığında, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirme süreci ve/veya sonrasında hayata geçirilecek olan eylemler ile ilgili olarak ileride yürütülecek olan araştırmalar, çalışmalar ve uygulamalar için yol gösterici ve yardımcı nitelikte olabileceği düşünülen çeşitli öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

- Riskin, kaza frekansı ve kaza sonuçlarının bir fonksiyonu olduğu düşünüldüğünde, kaza frekansını artırma konusunda seyir momentinin en önemli parametrelerden biri olduğu hemzemin geçitler gibi bir sistemde, yaklaşım yollarının YOGT değerlerinin belirlendiği süreçlerin çok daha kontrollü ve yenilikçi yöntemlerle (özellikle yüksek riskli geçit bölgelerine tesis edilecek sürekli kayıt yapan kameralı sistemler vb.) yürütülmesi önerilmektedir. En önemli noktalardan biri ise sadece toplam taşıt sayısı odaklı trafik sayımları yapmak yerine taşıtların cinslerine göre sayılarının elde edilebileceği yönde trafik sayımlarının gerçekleştirilmesidir. Hemzemin geçidi kullanan yıllık ortalama günlük ağır taşıt, uzun taşıt, okul servisi, toplu taşıma aracı vb. sayısı hemzemin geçitteki riski özellikle kaza sonuçları bakımından daha isabetli bir biçimde belirleme konusunda oldukça önemli olmaktadır.

Bunun yanında, geçitten geçen günlük ortalama demiryolu araç sayısının da sadece toplam olarak değil; araç tipine (yolcu treni, yük treni, tehlikeli madde taşıyan demiryolu aracı, uzun tren dizisi vb.) bağlı olarak kaydedilmesi oldukça faydalı olacaktır. Bunun nedeni ise demiryolu araç tipinin de özellikle kaza sonuçları çarpanı olmak üzere geçitteki riski belirleme konusunda oldukça öneme sahip olmasıdır. Böylece tüm bu kayıtlar, ilerleyen süreçte yapılacak diğer araştırmalar ve çalışmalar (geçitte kaza sonrası deray riski vb.) için önemli bir veri topluluğu haline gelecektir.

Yapılan çalışma kapsamında, veri setindeki hemzemin geçitlerin seyir momenti değerlerine ulaşılabilmiş; ancak taşıt ve demiryolu araç cinsine göre yapılmış olan sayımlara ulaşılamamıştır. İlerleyen süreçte, yukarıda önerilen şekilde yürütülecek olan sayımlar neticesinde, HEGEDEM'e ek olarak çalışabilecek bir karayolu taşıt/demiryolu araç cinsi modülü oluşturulabilecektir. Ayrıca trafik sayımlarını daha kontrollü, düzenli ve

yenilikçi hale getirmek için geçitlere tesis edilecek olan kameralı sistemler; geçit kullanıcılarının geçide yaklaşım hızları ve emniyete olan etkisi, geçit yaklaşımında uygulanacak kasislerin yükseklikleri ve geçitten uzaklıkları vb. ile ilgili araştırmaların ve çalışmaların yürütülmesi; bunun yanında da geçit kullanım kurallarını ihlal edenlerin tespiti ve denetimlerin artması sayesinde cezai yaptırımların uygulanabilir ve daha caydırıcı hale gelmesi konusunda yardımcı olacaktır. Hemzemin geçidin kestiği karayolunda taşıt sürücüləri için izin verilen maksimum hızın ve karayolu sınıfının da hemzemin geçit envanterlerine kayıt edilmesi önerilmektedir.

- Şehir içlerindeki riskin kırsal kesimlere kıyasla daha fazla olmasına bağlı olarak, seyir momenti 3.000'in altında olup görüş özellikleri, livre hızları vb. diğer koşullar da geçidin serbest olarak işletilebilmesine elverişli olsa dahi, şehir içlerinde konumlanmış olan hemzemin geçitlerin mutlaka bariyerli olarak işletilmesi önerilmektedir.
- İHEGES, HEGEDem dâhilinde belirlenmiş olan muhayyel iyileştirmelerin sahada uygulanması sonucunda geçidin sahip olacağı yeni HEGES'i ifade etmektedir. İHEGES_{min.} değeri özellikle 15 ila 20 arasında olan hemzemin geçitler başta olmak üzere bu değer 10 ila 20 arasında olan geçitler, nihai kararların sahada uygulanması ardından 3. dereceden riskli emniyet düzeyi ($HEGES \leq 20$) içerisinde diğer geçitlere göre özellikle görüş özellikleri bakımından daha fazla göreceli riske sahip olacaktır.

Bu temelde, İHEGES_{min.} değeri 15'in üzerinde olan geçitlere mutlaka bariyer tesisi yapılması gerekmektedir. Ayrıca bu tür hemzemin geçitlerde (özellikle seyir momenti 15.000'in üzerinde olan) flaşörler yerine, verdiği uyarılara Türkiye'deki taşıt sürücülerinin ve yayaların çok daha aşına olduğu trafik ışıklarının kullanılma durumunun araştırılması ve çeşitli pilot bölgelerde denenmesi önerilmektedir. İHEGES_{min.} değeri 10'un altında olup, 3.000'in altında seyir momentine sahip hemzemin geçitler genelde şehir içlerinde konumlanmayan, demiryolu araç hızlarının düşük olduğu ve görüş özellikleri bakımından oldukça yeterli bir seviyede olan geçitlerdir. Bu geçitler, eldeki ödeneklerin miktarı bariyer tesisine olanak vermiyor ise serbest olarak işletilebilmektedir.

Ancak $IHEGES_{min}$ değeri 10'un altında olup, 3.000'den fazla seyir momentine (genellikle maksimum 15.000) sahip olan; ayrıca 3.000'in altında seyir momentine sahip olup, demiryolu araç hızlarının 120 km/sa. üzerinde olduğu hemzemin geçitlere mutlaka bariyer tesisi yapılmalıdır ve 160 km/sa. üzerinde livre hızlarına sahip demiryolu kesimlerinde hemzemin geçit işletilmemelidir. Tüm bunların ışığında, $IHEGES_{min}$ değeri 10 ila 20 arasında olan hemzemin geçit bölgelerinde farkındalığı artırmak adına, daha geçmiş yıllarda Japonya'da kullanımına başlanmış olan, yaklaşım yolu kaplamalarının renklendirilmesi şeklinde hayata geçirilen uygulamanın (Bölüm 2.6.3.1-Şekil 2.58) Türkiye'de kullanılabilirliğinin araştırılması ve bazı pilot bölgelerde denenmesi önerilmektedir. Bu uygulama, Türkiye'de hem ekonomik hem de etkili bir çözüm olma potansiyeli taşımaktadır.

- Karayolu düzenleme yapıları (refüj, beton korkuluk, delinatörler vb.), geniş açıklıklı hemzemin geçitlerde kullanıcıların kural ihlalleri (sollama, zikzak hareketi vb.) yapmasını engelleme yönünde hem düşük maliyetli hem de etkili bir çözüm olmaktadır (Bölüm 2.5.2.2-Şekil 2.33). Maksimum yararın sağlanması adına bu yapıların hangi uzunlukta uygulanması gerektiği ile ilgili olarak, seçilen pilot bölgelerin gözlemlenmesi suretiyle çeşitli araştırmaların ve çalışmaların yürütülmesi önerilmektedir.
- Hemzemin geçit ile geçidin yaklaşım yolunun diğer bir karayoluyla kesiştiği nokta arasındaki mesafe (Bölüm 3.2.3-Şekil 3.28), geçit kullanıcılarının kontrollü bir şekilde geçide yaklaşabilmeleri ve geçit bölgesini hızlı bir şekilde tamamen terk edebilmeleri açısından oldukça önemli olmaktadır. Bu mesafe, Türkiye'de en az 30 metre olarak belirlenmiştir. İlgili mesafe aralıklarının emniyete olan etkisini incelemek adına kurumlar içinde ve/veya akademik çevrede, Japonya'da geçmiş yıllarda hayata geçirildiği üzere (Bölüm 2.5.2.2-Şekil 2.34 ve 2.35), bazı pilot bölgelerin gözlemlenmesi suretiyle çeşitli araştırmaların ve çalışmaların yürütülmesi önerilmektedir.
- Özellikle hemzemin geçitlerin yoğun olduğu demiryolu hat kesimlerinde, taşıt sürücülerinin ve yayaların demiryolu aracı gözlem kapasitesini artırmak adına, demiryolu araçlarının bir kontrast oluşturacak şekilde ve karanlıkta da bariz bir şekilde tüm gövdesinin görünür olmasını sağlayacak renklerle boyanması önerilmektedir. Bir hemzemin geçidin karayolu ve demiryolu tarafından görüş mesafeleri, özellikle çevredeki yapılar (binalar vb.)

nedeniyle görüşün engellendiği durumlarda iyileştirilemez veya iyileştirilmesi oldukça külfetli olan bir konuma sahip olmaktadır. Ancak makul yollarla bu görüş mesafelerinin artırılabilirdiği hemzemin geçitlerde ve/veya makul yollarla olmasa bile bu görüş mesafelerinin katıyetle artırılması gerektiği hemzemin geçitlerde, gerekli araştırmaların yapılması ve bunların sonucuna göre gerekli eylemlerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

- Özellikle yoğun kar yağışı alan ve buzlanma olaylarının sık yaşandığı hemzemin geçit kesimleri için, yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğiminin geçitteki emniyete olan etkisini ölçmek adına çeşitli araştırmaların ve çalışmaların yürütülmesi önerilmektedir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen çıkarımlar doğrultusunda, Japonya’da bulunan hemzemin geçitlerde uygulanan buzlanma önleyici teknolojik sistemlerin (Bölüm 2.6.3.1-Şekil 2.57) Türkiye’de kullanılabilirliğinin ve sağlayacağı faydaların araştırılması önerilmektedir.
- HEGEDEM yaklaşım mantığıyla uygulanabilecek tüm geleneksel iyileştirmelerin sahada gerçekleştirildiği hemzemin geçitler için İHEGES_{min} değeri 15’in üzerinde olup (maksimum 20 olabilmekte), özellikle şehir içlerinde konumlanmış olanlar; ayrıca hali hazırda HEGES değeri 20’nin üzerinde olup, şehir içlerinde konumlanmış olan ve iyileştirme/iptal etme çalışmalarının başlamasına henüz oldukça vakit olan geçitler öncelikli olmak üzere yaya üst geçidi tesisi konusunda hemzemin geçit bölgelerinde incelemelerin yapılması önerilmektedir. Bunun yanında; ABD, İngiltere ve Avustralya’da yürütülen uygulamalara benzer olarak, özellikle çeşitli gözlemler vasıtasıyla yaya sayısının bir hayli fazla olduğu tespit edilen (genellikle şehir içleri) hemzemin geçit bölgelerinde, yayalara özel bariyerlerin ve flaşörlerin tesis edilmiş olduğu yaya hemzemin geçitlerinin (Bölüm 2.5.5.1-Şekil 2.55) Türkiye’de kullanılabilirliğinin araştırılması ve pilot bölgelerde denemelerinin yapılması önerilmektedir.
- Aydınlatma durumu, hava koşulları (tipi ve kar yağışının yoğun olduğu kesimler, yoğun yağış alan kesimler, yoğun sis oluşan kesimler vb.), geçit yaklaşımında güneşin göz alma durumu ile ilgili özelliklerin de hemzemin geçit envanterlerine işlenmesi önerilmektedir. Bu özellikler, hemzemin geçit bölgesinin kolay bir şekilde fark edilebilmesi ve geçide yaklaşan demiryolu aracının rahat bir biçimde gözlenebilmesi konusunda oldukça büyük bir

öneme sahip olmaktadır. Bu özelliklerin düzenli bir şekilde kaydedilmesi neticesinde, ilerleyen süreçte HEGEDEM'e bu emniyet faktörlerinin analizinin de yapıldığı bir modül eklenebilecektir ve sistemdeki bilinmeyen tehlikeler azaltılıp, bu tehlikeleri ortadan kaldıracak çözümler tespit edilebilecektir. HEGEDEM'e eklenen modül sayesinde ise modelin Türkiye'nin farklı bölgelerinde kullanımı sırasında yapılacak olan tespitler ve öngörüler daha da detaylı bir şekilde hayata geçirilebilecektir.

- İHEGES_{min.} değeri 20'nin üzerinde olup, saha araştırmaları sonucunda direkt ya da geçitlerin birbirine olan yakınlıkları vasıtasıyla alt/üst geçide dönüştürülemeyen veya yönlendirilemeyen hemzemin geçitlerde teknolojinin gelişmesi ile kullanılmaya başlanmış sistemlerin (erken uyarı sistemleri, engel tespit edici kameralar, tehlike anında demiryolu aracını otomatik olarak frenleyen sistemler vb.) kullanılması faydalı bir yaklaşım olacaktır. Bunun nedeni ise geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla bu tür hemzemin geçitlerin kabul edilebilir bir emniyet düzeyine çıkarılamamasıdır.

İHEGES_{min.} değeri 15 ila 20 arasında olan hemzemin geçitler ise geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla yapılabilecek tüm iyileştirmelerin hayata geçirilmesiyle işletilmeye devam edilebilecek geçitlerdir. Bu geçitlerde de nihai karar süreci dâhilinde yapılacak olan fayda–maliyet analizleri ve zaman içinde yapılacak olan emniyet performansı ölçümleri neticesinde elde edilen bulgulara da bağlı olarak yine teknolojik sistemlerin kullanımının göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

Bu bağlamda, özellikle akademik çevre olmak üzere kurumlar içinde ve/veya akademik çevrede, hemzemin geçitlerde emniyeti sağlamak için dünyada kullanılan teknolojik çözümlerin Türkiye'de kullanılabilirliğinin, maliyetlerinin ve faydalarının araştırıldığı veya yeni çözümlerin üretildiği çeşitli incelemelerin ve çalışmaların yürütülmesi önerilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, hayata geçirilmesi düşünülen uygulamaların çeşitli pilot bölgelerde denenmesi ve emniyet performansına sağladıkları yararların gözlemlenmesi önemli bir nokta olmaktadır. Tüm bu çalışmalar neticesinde de ilgili teknolojik uygulamaların ülke genelinde resmi olarak kullanımına geçilebilmesi adına, hangi şartlarda kullanılması gerektiğinin vb. detaylı bir şekilde belirlendiği mevzuatların oluşturulması önerilmektedir.

- Avustralya’da kullanılan ALCAM yaklaşımında olduğu gibi, ilerleyen süreçte HEGEDEM’e istatistiksel tekniklerle de detaylı analizlerin yapılmış olduğu, başka bir deyişle mutlak risk analizlerinin yapılmış olduğu modüllerin eklenmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu işlemler, Türkiye geneli için hali hazırda elde bulunan verilerin düzenlenip analiz edilmeye müsait hale getirilmesi suretiyle sıfırdan bir modül kurulumu şeklinde gerçekleştirilebilir; ayrıca belirli hat kesimleri pilot bölgeler olarak seçilip bu kesimlerdeki hemzemin geçitlerin belli bir zaman dilimi (örneğin 5 yıl) boyunca düzenli ve detaylı bir şekilde gözlemlenmesi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak sıfırdan bir modül kurulumu gerçekleştirilebilir. Bu çalışmalar sırasında özellikle lojistik regresyon analizi, geliştirilmiş lineer modeller ve yapay sinir ağları yardımıyla çeşitli mutlak risk tahmin modellerinin oluşturulabilirliğinin araştırılması önerilmektedir.

Bunların yanında, süreci hızlandırmak adına, örneğin ALCAM’ın yeteneklerinin artırılması için ABD’de geliştirilmiş olan Peabody–Dimmick Denklemi’nin bir modül olarak Avustralya tarafından kullanılmaya başlanması gibi, özellikle ABD’de geliştirilmiş olan ve mutlak risk hesabı yapmaya yarayan denklemlerin (Bölüm 3.1.1.1 ve Bölüm 3.1.1.10 arası) Türkiye için kullanılabilirliğinin, başka bir ifadeyle Türkiye’deki koşullara bağlı tahmin gücünün çeşitli veri setleri yardımıyla araştırılması ve uygun olan bir denklem tespit edilirse HEGEDEM’le beraber çalışacak bir modül haline getirilmesi önerilmektedir.

- Yürütülen çalışma kapsamında, fayda–maliyet optimizasyonu temel mantığı üzerine bir hemzemin geçit emniyet değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Ancak özellikle mevcut durumu iyileştirilerek işletilmeye devam edilecek olup, $IHEGES_{min}$ değeri özellikle 10’un altında olmak üzere genel olarak 15’in altında olan hemzemin geçitlerde, iyileştirilecek olan özelliklerin seçimi tamamen kurumların sahip olduğu kaynaklara (ödeneklere) bağlı olmaktadır. Ayrıca nihai karar sürecinde yapılacak olan fayda–maliyet analizleri, saha araştırmaları sonucunda elde edilecek olan bulgulara çok büyük oranda bağlı olmaktadır. Saha araştırmaları neticesinde, özellikle $IHEGES_{min}$ değeri 15’in üzerinde olan hemzemin geçitler için teknolojinin gelişmesiyle kullanılmaya başlanmış olan sistemlerin (erken uyarı sistemleri, engel tespit edici

kameralar, tehlike anında demiryolu aracını otomatik olarak frenleyen sistemler vb.) kullanımının bir hayli gündeme gelme ihtimali bulunmaktadır.

Yapılan çalışma kapsamında saha araştırmaları yürütülemeyip, maliyetlerle ilgili veri elde edilememesine de bağlı olarak herhangi bir fayda–maliyet modülü oluşturulamamıştır; ancak geleneksel mühendislik uygulamaları yardımıyla yapılacak olan iyileştirmelerin bir hemzemin geçitte HEGEDEM’e göre sağlayacakları emniyet indeksi kazanımları belirlenmiştir (Bölüm 4.4.6-Çizelge 4.12). Tüm bu süreç içerisinde yapılacak olan fayda–maliyet karşılaştırmalarının (Ek H-Şekil H.1 içinde adım 7-a ve 7-b), başlangıçta mümkün olmasa da ilerleyen süreç içinde biriken tecrübeler yardımıyla modellenip sayısal hale getirilmesi önemli bir konuma sahiptir. İlerleyen süreçte, özellikle akademik çevre olmak üzere kurumlar içinde ve/veya akademik çevrede yapılacak çeşitli araştırmalar ve çalışmalar yardımıyla HEGEDEM’e ek olarak çalışabilecek bir fayda–maliyet modülünün mutlaka oluşturulması önerilmektedir.

- Meydana gelen kazalarda insan faktörünün %95 gibi çok büyük bir paya sahip olduğu hemzemin geçitler gibi bir sistemde, hemzemin geçidin işletildiği bölgedeki genel kullanıcı özelliklerinin (yaş, eğitim, kültür vb.) riske olan etkisinin de göz önünde bulundurulması oldukça faydalı olacaktır. Ancak insan faktörü ile ilgili özelliklerin (Bölüm 2.5.5.1-Şekil 2.54) ölçümü, diğer hemzemin geçit emniyet faktörlerinin ölçümüne kıyasla tamamen farklı bir disiplin haline gelmektedir. Hemzemin geçitlerin bulunduğu bölgelerdeki demografi, eğitim seviyesi vb. ile ilgili olarak yürütülecek olan araştırmalar sayesinde elde edilen bilgiler, bulgular ve çıkarımlar yardımıyla taşıt sürücülerinin ve yayaların geçit bölgesindeki karar mekanizmaları ve davranış biçimleri modellenip, elde edilen sonuçlara göre ise hemzemin geçit bölgelerinde yapılacak iyileştirmeler, eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları ile yasal düzenlemeler ve yaptırımlar belirlenebilmektedir.

Avustralya (ALCAM), İngiltere (ALCRM) gibi ülkelerde geçmiş yıllardan itibaren yürütülmekte olan bu tür çalışmaların Türkiye’de de gündeme gelmesi son derece faydalı olacaktır. Kurumlarda ve özellikle akademik çevrede bu konuyla ilgili çeşitli araştırmaların ve çalışmaların yürütülmesi ve elde edilen sonuçlar sayesinde ilerleyen süreçte oluşturulacak bir insan faktörü modülünün HEGEDEM’e ek bir modül olarak kullanıma geçirilmesi

önerilmektedir. Ayrıca hemzemin geçidi kullanan günlük ortalama yaya sayısının da hemzemin geçit envanterlerinde kayıt altına alınması doğru bir yaklaşım olacaktır. Yaya sayımları, özellikle yoğun taşıt trafiğine sahip olan hemzemin geçitlere tesis edilecek kameralı sistemler yardımıyla gerçekleştirilebilir. Böylece ilerleyen süreç içerisinde HEGEDEM'e ek olarak çalıştırılacak olan insan faktörü modülüne yaya sayısı da bir kriter olarak eklenebilecek ve HEGEDEM tahmin gücü daha da artırılabilir.

- Demiryolu altyapı işletmeciliğinden sorumlu olan kurum ve kuruluşların kullanıma açtığı resmi hemzemin geçitler dışındaki diğer izinsiz hemzemin geçitler, ülkedeki demiryolu emniyetini büyük ölçüde tehdit etmekte olup, sistem dışı olmaları nedeniyle emniyet yönünden son derece zayıf birer halka niteliğinde olmaktadır. Ülke genelinde yapılacak olan detaylı bir kontrol vasıtasıyla bu tür hemzemin geçitlerin kapatılması, tekrar açılmaması için gerekli düzenlemelerin yapılması ve belirli zaman aralıklarıyla kontrollerin sağlanıp düzenlemelere uymayanların cezalandırılması önerilmektedir.
- Türkiye'de hemzemin geçit iyileştirme/iptal etme çalışmaları sırasında hayata geçirilecek uygulamaların bir kısmından (yola en yakın raydan karayolu doğrultusunda 5 metre mesafeler içinde) demiryolu altyapı işletmeciliğinden sorumlu kurum; bir kısmından (yola en yakın raydan karayolu doğrultusunda 5 metre mesafeler dışında) ise hemzemin geçidi kesen karayolundan sorumlu olan kurum mesul olmaktadır. Bu durum, yetkilerin farklı kurumlara dağıtılmasından da kaynaklı olarak; uygulamaların aksayabilmesine, karar verme süreçlerinin uzayabilmesine ve alınan kararların da istenilen düzeyde verimli olamamasına neden olabilmektedir. Bu tür sorunlardan kaçınmak adına, her iki kurumdan da bağımsız olarak oluşturulmuş bir heyetin (bilirkişiler, uzmanlar vb.), özellikle karar verme süreçlerinin uzadığı durumlar başta olmak üzere belirli incelemeleri yapıp, geçit bölgesindeki emniyetin sağlanması ve karayolu–demiryolu operasyonunun uzun süreler aksamaması konusunda en faydalı olacak eylemleri belirlemesi faydalı bir yaklaşım olacaktır.
- Hemzemin geçitlerin özellikleri ile ilgili verilerin ve geçitlerin kaza geçmişi verilerinin düzenli, doğru, eksiksiz, tarafsız, hızlı ulaşılabilir, kolay düzenlenebilir ve kolay bilgi alınabilir biçimde kayıt altına alınması son derece önemli olmaktadır. Bu kayıtlar, geçmişten edinilen tecrübeyi depolar

niteliktedir ve eldeki verilerin analizi ile yapılacak olan çıkarımlar, ilerleyen süreçte hayata geçirilecek olan araştırmaların, çalışmaların ve uygulamaların verimliliğini, doğruluğunu, uygulama süresini ve maliyetini önemli derecede etkilemektedir.

ABD (GradeDec.Net), Avustralya ve Yeni Zelanda (LXM), Kanada (GradeX), İngiltere (LXRMTK) gibi ülkeler, hemzemin geçitlerle ilgili verilerin düzenli ve güvenilir bir biçimde depolanabilmesi, verilere hızlı bir şekilde ulaşılabilmesi ve analizlerin daha hızlı yürütülüp uygulamaların daha hızlı ve verimli şekilde hayata geçirilebilmesi adına CBS ve web tabanlı araçlar kullanmaktadır. Türkiye’de, hemzemin geçitlerde emniyet değerlendirme konusu ile alakalı olarak geçmişte yürütülen araştırmalarda ve çalışmalarda yaşanan veri temini sıkıntısı da göz önünde bulundurulduğunda, böyle bir sistemin/aracın Türkiye’de kullanılabilirliğinin ve geliştirilebilirliğinin araştırılması ve kullanım temellerinin atılması son derece önemli olmaktadır.

HEGEDEM’in, bu özelliklere sahip web tabanlı bir araca entegre edilmesi sayesinde, muhayyel iyileştirmelerin hemzemin geçitlerde yaratacağı etkiler çeşitli grafikler üzerinde anlık olarak görülebilir hale gelecek; ayrıca zamanla geliştirilecek olan fayda–maliyet modülünün çıktıları da çeşitli grafikler üzerinde izlenebilir hale gelecektir. CBS desteği sayesinde, hemzemin geçitlerin özelliklerine (kaza geçmişi, seyir momenti büyüklüğü vb.) göre renklendirilmiş haritalar oluşturulup, analizler daha görsel, detaylı ve yorumlanabilir hale getirilebilecek; ayrıca gerekli durumlarda ülke geneline ve/veya seçilen bölgelere göre çeşitli sistem raporları oluşturulabilecektir. Kurum içinde, sistemin kullanımı konusunda tecrübeli hale gelmeye başlayan personel sayısı arttıkça, genel demiryolu emniyet yönetim işlemleri de sisteme eklenecek diğer modüller yardımıyla interaktif bir biçimde yürütülebilecektir.

- Herhangi bir hemzemin geçidin kapatılıp geçitteki mevcut trafiğin yakınlardaki başka bir hemzemin geçide yönlendirilmesi, özellikle geçitleri kullanan taşıt sayısı da fazla ise riskin tamamen başka bir bölgeye taşınması anlamına gelmektedir. Bu nedenle bir hemzemin geçidin direkt alt/üst geçide dönüştürülmesi veya sadece yakınlardaki mevcut/yeni inşa edilecek başka bir alt/üst geçide yönlendirilebiliyorsa tamamen kapatılması mantıklı bir

yaklaşım olacaktır. Bunların yanında, elverişli olan birkaç hemzemin geçidin aynı anda kapatılıp geçitlerdeki trafiğin elverişli olan bir bölgede yeni inşa edilecek olan bir alt/üst geçide yönlendirilmesi de seçenekler arasında olabilmektedir. Bu noktada, hemzemin geçitlerin birbirlerine olan yakınlıkları, arazi topoğrafyasının ve arazi kullanım durumunun elverişliliği gibi parametreler son derece önemli hale gelmektedir.

Bu konu ile ilgili olarak detaylı bir şekilde yürütülecek olan analizler, risk dereceleri hangi düzeyde olursa olsun birkaç hemzemin geçidin aynı anda makul bir şekilde sistemden çıkarılma yollarının tespitini sağlayabilecektir. Bu temelde, ülkedeki hemzemin geçitler için oluşturulacak olan CBS ve web tabanlı bir araç yardımıyla, yukarıda bahsedilen analizlerin çok daha hızlı ve verimli olarak hayata geçirilmesi sağlanabilecektir. Tüm bunların ışığında, diğer ülkelerde de örnekleri görülen bu tür sistemlerin Türkiye’de kullanılabilirliğinin ivedilikle araştırılması ve kullanım temellerinin atılması önerilmektedir.

- Meydana gelen kazalarda insan faktörünün %95 gibi çok büyük bir oranda etkili olduğu hemzemin geçitler gibi bir sistemde, geçitlerdeki emniyeti artırmak için mühendislik uygulamalarından ne kadar yararlanılırsa yararlanılsın, taşıt sürücülerinin ve yayaların geçit kullanımı sırasındaki tehlikeli davranışları, geçitlerdeki emniyetin aniden ve oldukça büyük bir miktarda azalmasına neden olmaktadır. Bu noktada, geçit kullanıcılarının tehlikeli davranışlarını engellemek adına yürütülen eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları ile yasal düzenlemeler ve cezai yaptırımlar son derece önemli olmaktadır. Özellikle hemzemin geçitler hakkında ilkokullar başta olmak üzere ortaokullarda ve liselerde düzenlenecek olan dersler ve kurslar, küçük yaştan itibaren bir bilinçlenme süreci başlatabilmek adına çok daha önemli bir etkiye sahiptir.

Bu temelde; Türkiye’de, hemzemin geçit kullanımı ve kurallara uyulmadığı takdirde oluşabilecek sonuçlar ile ilgili olarak görsel, işitsel ve basılı medyada yürütülen eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının (kamu spotları vb.) daha da artırılması ve daha çok kişiye ulaşacak çözümlerin araştırılması önerilmektedir. Bu noktada, internetin yaygınlaşması ile insan hayatına giren yeni medyanın ve sosyal medyanın aktif olarak kullanılması doğru bir yaklaşım olacaktır. TCDD’nin resmi internet sitesinde hemzemin geçitler

hakkında özel olarak oluşturulmuş eğitici ve bilinçlendirici bir bölümün bulunması çok önemli bir noktadır. Ayrıca TCDD tarafından hemzemin geçitler konusu için özel olarak açılacak olan sosyal medya hesaplarından günlük olarak yapılacak eğitici ve bilinçlendirici görsel paylaşımlar yardımıyla, internet kullanıcıları TCDD resmi sitesindeki bu bölüme yönlendirilmelidir.

Tüm bunlara ek olarak, özellikle akıllı telefon kullanımının kamuda çok geniş kitlelere yayıldığı ve e-marketlerde CBS tabanlı birçok uygulamanın (navigasyon uygulamaları vb.) kullanıma açıldığı da düşünüldüğünde, demiryolu altyapı işletmecisi olan TCDD tarafından bu uygulamaların geliştiricileri ile yapılacak olan anlaşmalar neticesinde, bu uygulamaların belirli periyotlarda hemzemin geçitler ile ilgili olarak görsel ve/veya yazılı bildirimler oluşturması sağlanabilir. Aynı yöntem, resmi kurumlar bünyesinde geliştirilen uygulamalar (e-devlet uygulaması vb.) yardımıyla da yürütülebilir. Bu şekilde yürütülecek olan sürekli paylaşımlar sayesinde, konuya verilen önem kamuda dikkat çekmeye başlayacak ve halk, konunun önemini özümseyip daha emniyetli bir geçiş için araştırmalar yapmaya ve geçit bölgelerinde daha temkinli davranmaya başlayacaktır.

Bunun yanında, özellikle yüksek sayıda hemzemin geçit bulunduğu bilinen şehirler başta olmak üzere Türkiye genelinde kamuya haftalık veya aylık olarak gönderilecek bilgi mesajları (hemzemin geçit kullanımı ile ilgili görseller, yazılar vb.), yine faydalı bir eğitim ve bilinçlendirme çalışması olacaktır. Ayrıca, özellikle HEGES'i 30'dan büyük olan hemzemin geçit bölgelerine, başka bir deyişle sistemde diğerlerine göre daha fazla risk içeren hemzemin geçit bölgelerine, iyileştirme/iptal etme çalışmaları başlayana dek mevcut riski belli bir düzeyde azaltabilmek adına, hemzemin geçitlerdeki tehlikelerin resmedildiği büyük boyuttaki çeşitli posterlerin tesis edilmesi önerilmektedir. Ancak bu posterlerin geçitten itibaren hangi mesafede tesis edileceği çok önemli bir nokta olmaktadır. Posterlerin tesis edileceği uzaklık, geçit yaklaşımında özellikle taşıt sürücülerinin dikkatini dağıtmayacak şekilde belirlenmelidir. Bu tür hemzemin geçit bölgelerinde kurulacak standlarda geçit kullanıcılarına birebir verilecek eğitimler ve elden dağıtılacak eğitim araçları da konuya olan farkındalığı artıracaktır (Bölüm 2.6.1-Şekil 2.56).

Yasal düzenlemeler ve cezai yaptırımlar ile bu düzenlemelere uymayanların denetimi de oldukça önemli bir konumdur. Bu noktada, yasal düzenlemelerin konu edindiği başlıkların içeriği ve cezai yaptırımların caydırıcılığı önemli birer nokta olsa da; en önemli nokta, yapılan düzenlemelere uymayanların tespiti ve cezalandırılması için yürütülecek olan denetleme süreçleridir. Sürekli ve sistematik denetimlerin uygulanmadığı durumlarda; kamuda yasal düzenlemeleri görmezden gelme eğilimi artmakta, cezai yaptırımların ise yürürlüğe koyulup uygulanmaması sonucunda konunun önemli olmadığı algısı oluşmaktadır. Bu nedenle hemzemin geçitlerdeki kameralı sistemlerin artırılması ve elverişli olan bölgelerde bu sistemlerin mutlaka MOBESE ve EDS sistemleri ile bağlantısının sağlanması önerilmektedir. Cezai yaptırımların artırılması ve kameralı sistemlerle düzenli olarak yapılan denetimler vasıtasıyla bu yaptırımların düzenli bir biçimde uygulanması, hemzemin geçit kazalarındaki insan faktörü etkisini belli bir düzeyde kontrol altına almayı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] **Ishak, S. Z.** (2010). *Level crossing safety assessment using petri nets (LXsafe_Pnets) model for assessing risk at level crossing locations: South Australia case study* (Doctoral dissertation). University of South Australia, Institute for Sustainable Systems and Technologies, Adelaide.
- [2] **Göçener, M.** (2012). Demiryollarında iş sağlığı ve güvenliği. Ankara: İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (İSGÜM) Raporu.
- [3] **Özcan, Ö. E., ve Öztürk, Z.** (2017). Hemzemin geçitler için maliyet–fayda analizi: Toplam hasar dağılımı analizi. *Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*. 5 (1), 1-13.
- [4] **Erdoğan, S., ve Dikmen, A.** (2015). Demiryolu hemzemin geçitleri risk ölçüm modeli, *11. Ulaştırma Kongresi*, (s.35-42). İstanbul, Türkiye: 27-29 Mayıs.
- [5] **Yılmaz, Y.** (2013). *Türkiye’de hemzemin geçitlerde yaşanan tren kazaları ve bu kazaları azaltmak için öneri ve düzenlemeler* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [6] **Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelik.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28696, 03 Temmuz 2013.
- [7] **Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik.** (2016). *T. C. Resmi Gazete*, 29825, 08 Eylül 2016.
- [8] **Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik.** (2018). *T. C. Resmi Gazete*, 30468, 04 Temmuz 2018.
- [9] **Bacacı, R.** (2013). *Raylı sistemlerde kaza incelemesi ve önlenmesine ilişkin öneriler* (Yüksek lisans tezi). T.C. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] **Koçak, D.** (2014). *Demiryolu çalışmalarında iş sağlığı ve güvenliği vagon bakım onarım atölyesi risk değerlendirmesi örneği* (Çalışma ve sosyal güvenlik eğitim uzmanlığı tezi). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, Ankara.
- [11] **European Union Agency for Railways.** (2017). *Railway Safety in the European Union–Safety Overview 2017* (Report No: TR-AG-17-101-EN-N). Luxembourg.
- [12] **Üstündağ, Y. E.** (2016). Demiryollarında emniyet ve güvenlik. *Demiryolu Mühendisliği*, (3), 27-29.

- [13] **T.C Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (2017). *TCDD Emniyet Yönetim Sistemi El Kitabı* (Sürüm No: 1.0). Ankara: TCDD Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlüğü.
- [14] **TCDD Kaza Araştırma ve İnceleme Yönergesi.** (2014). *TCDD Trafik Dairesi Başkanlığı*, 15 Mart 2014.
- [15] **Arthur D. Little Limited.** (2007). Use of risk models and risk assessments for level crossings by other railways (Report No: T524). Cambridge: Final Report to Rail Safety and Standards Board (RSSB).
- [16] **U.S. Department of Transportation.** (2007). *Railroad-Highway Grade Crossing Handbook-Revised Second Edition 2007* (Report No: FHWA-SA-07-010). USA: Federal Highway Administration (FHWA).
- [17] **Tordai, L., Olpinski, W., Schäfer, W., & Wegele, S.** (2008). D1-Report about statistics, database analysis and regulations for level crossing. (Document ID: SELCAT-WP1-W02). Europe: Safer European Level Crossing Appraisal and Technology (SELCAT) Project Report.
- [18] **Kumar, A.** (2012). Human behavioral aspects of level crossing safety with special reference to Indian railways. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6 (1), 37-43.
- [19] **Deniz, O.** (2010). *Karayolu-demiryolu geçitlerinin planlanması* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] **Wallace, A.** (2008). *Motorist behaviour at railway level crossings: The present context in Australia* (Doctoral dissertation). Queensland University of Technology, Centre for Accident Research and Road Safety, Brisbane.
- [21] **Heydari, S., & Fu, L.** (2015). Developing safety performance functions for railway grade crossings: A case study of Canada, *Proceedings of the 2015 Joint Rail Conference*, (pp.1-7). San Jose, California, USA: March 23-26.
- [22] **Bozalioğlu, R.** (2017). *Hemzemin geçitlerde iyileştirmelerin seçimi ve maliyetlerinin karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [23] **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.** (2011). *Raylı Sistemler Teknolojisi: Geçitler ve Gabariler* (Modül No: 582YIM240). Ankara.
- [24] **Kozak, M.** (2012). Hemzemin geçitlerdeki kaplama çeşitleri ve güvenliğe etkisinin araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2 (1), 1-11.
- [25] **Kompozit hemzemin geçit kaplama katlı modüler yapısı.** Erişim: 10 Ocak 2019, <http://www.akinkaucuk.com.tr/tr/kategori/demiryollari.html>
- [26] **Kompozit hemzemin geçit kaplama testleri.** Erişim: 10 Ocak 2019, <http://www.akinkaucuk.com.tr/tr/kategori/Kompozit%20Kaplama.pdf>

- [27] **Tabak, Ç.** (2014). *Demiryollarındaki kaza istatistikleri veritabanı, risk azaltma yöntemleri, alınan önlemler ve Avrupa'daki örneklerinin kıyaslanması* (Ulaştırma ve haberleşme uzmanlığı tezi). Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.
- [28] **United Nations Economic and Social Commission for Asia and The Pacific.** (2000). *Evaluation of Cost-Effective Systems for Railway Level-Crossing Protection* (Report No: ST/ESCAP/2088). New York.
- [29] **Zaharah, I. S., & Ishak, S.** (2007). The development of railway level crossing safety assessment model: A research framework, *29th Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR)*, (pp.1-11). Adelaide, South Australia: December 5-7.
- [30] **Rajayogan, R.** (2012). *Development of a quantitative safety risk assessment model for rail safety management system: Its application towards assessing and prioritising safety risks at interfaces of railway and highway* (Doctoral dissertation). University of Western Sydney, School of Business, Penrith NSW.
- [31] **Sperry, B. R., Naik, B., & Warner, J. E.** (2016). Evaluation of grade crossing hazard ranking models (Report No: FHWA/OH-2016/10). USA: Prepared for Ohio Department of Transportation, Office of Statewide Planning & Research.
- [32] **Dezhkam, B., & Eslami, S. M.** (2017). A review of methods for highway-rail way crossings safety management process. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 12 (3), 561-568.
- [33] **Starčević, M., Barić, D., & Pilko, H.** (2016). Survey-based impact of influencing parameters on level crossings safety. *PROMET-Traffic&Transportation*, 28 (6), 639-649.
- [34] **Borsos, A., Gabor, M., & Koren, C.** (2016). Safety ranking of railway crossings in Hungary. *Transportation Research Procedia*, 14, 2111-2120.
- [35] **Chadwick, S. G., Zhou, N., & Saat, M. R.** (2014). Highway-rail grade crossing safety challenges for shared operations of high-speed passenger and heavy freight rail in the U.S. *Safety Science*, 68, 128-137.
- [36] **Transport Canada.** (2014). *Grade Crossing Standards*. Canada.
- [37] **Pyrgidis, C., Papacharitou, E., & Eleftheriadis, A.** (2016). Risk management at railroad grade crossings: Proposal for a decision support system. *Transportation Research Procedia*, 14, 1394-1402.
- [38] **Manz, H.** (2008). D9-Dissemination campaign for car drivers (Document ID: SELCAT-WP4). Europe: Safer European Level Crossing Appraisal and Technology (SELCAT) Project Report.
- [39] **Kırbiyık, O.** (2016). *Otomatik yarım bariyerli hemzemin geçit sisteminin kontrolü ve risk modelinin oluşturulması* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [40] **Horton, S. M.** (2012). Use of traffic channelization devices at highway–rail grade crossings (Report No: DOT-VNTSC-FRA-09-13). USA: Final Report for U.S. Department of Transportation.
- [41] **G. Mortimer, R.** (1991). Visual factors in rail–highway grade crossing accidents. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, 35, 600-602.
- [42] **Zaker, J. A., & Sadeghi, A. A.** (2012). Evaluation of safety improvement in Iranian railway level crossings. *Journal of Safety Engineering*, 1 (1), 1-6.
- [43] **İça, S.** (2015). *Demiryollarında yol geometri kusurlarının incelenmesi ve çözüm önerileri: Kütahya–Afyon demiryolu hattı örneği* (Yüksek lisans tezi). Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- [44] **Saccomanno, F. F., Fu, L., & Miranda, M. L. F.** (2004). Risk-based model for identifying highway–rail grade crossing blackspots. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1862 (1), 127-135.
- [45] **Starčević, M., Barić, D., & Pilko, H.** (2016). Safety at level crossings: Comparative analysis, *4th International Conference on Road and Rail Infrastructure–CETRA*. Šibenik, Croatia: May 23-25.
- [46] **Hatakeyama, N., Miyachi, Y., & Kurihara, Y.** (2015). Safety assessment of the level crossing in cold, snowy regions. *Quarterly Report of RTRI*, 56 (1), 66-71.
- [47] **U.S. Department of Transportation.** (2009). *The Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) for Streets and Highways 2009 Edition*. USA: Federal Highway Administration (FHWA).
- [48] **Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM).** (2015). *Trafik İşaretleri El Kitabı*. Ankara: Trafik Güvenliği İşaretleme Şubesi Müdürlüğü.
- [49] **Lacy, W. H.** (2008). Rumble strip effectiveness at rural intersections and railway level crossings (Report No: VC73896-1). Australia: Contract Report for VicRoads.
- [50] **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).** (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 6th Edition* (Publication Code: GDHS-6). Washington, DC.
- [51] **Wang, H., & Deng, H.** (2012). Safety recognition model of urban railway level crossings based on attribute mathematics method. *Advanced Materials Research*, 490-495, 2599-2603.
- [52] **Sharma & Associates, Inc.** (2017). In-depth data analysis of grade crossing accidents resulting in injuries and fatalities (Report No: DOT/FRA/ORD-17/04). USA: Final Report for U.S. Department of Transportation.
- [53] **Searle, A., Milia, L. D., & Dawson, D.** (2012). An investigation of risk-takers at railway level crossings (Project No: R2.114). Brisbane: Cooperative Research Centre (CRC) for Rail Innovation Final Report.

- [54] **Kozak, M.** (2016). Demiryolunda dever uygulaması ve güvenliğe etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4 (1), 41-48.
- [55] **Yüce, A. N.** (2015). *Ülkemizde planlanan, yapılmakta olan ve yapılan yüksek hızlı demiryolu hatlarının incelenmesi ve karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [56] **Biçer, İ.** (2015). *Raylı sistemlerde araç–araç haberleşmesi ile çarpışma uyarı sistemi geliştirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [57] **Pegin, P., & Sitnichuk, E.** (2017). The effect of sun glare: Concept, characteristics, classification. *Transportation Research Procedia*, 20, 474-479.
- [58] **Austin, R. D.** (2000). *An accident prediction model for highway–rail interfaces* (Master's thesis). Montana State University, Bozeman.
- [59] **Transport Canada.** (2015). *Determining Minimum Sightlines at Grade Crossings: A Guide for Road Authorities and Railway Companies* (TP No: 15293 E). Canada.
- [60] **Caird, J. K., Creaser, J. I., Edwards, C. J., & Dewar, R. E.** (2002). A human factors analysis of highway–railway grade crossing accidents in Canada (TP No: 13938E). Canada: Prepared for Transport Canada, Transportation Development Centre.
- [61] **Ito, Y.** (2010). Countermeasures taken by East Japan Railway Company for preventing level crossing accidents, *11th Global Level Crossing Symposium*, (pp.1-7). Tokyo, Japan: October 26-29.
- [62] **Rahimi, M., & Meshkati, N.** (2001). Human factors in highway–rail crossing accidents: The influence of driver decision style, *Proceedings of the First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design: Driving Assessment 2001*, (pp.332-337). Colorado, USA: August 14-17.
- [63] **Federal Railroad Administration (FRA).** (2008). *Compilation of Pedestrian Safety Devices In Use at Grade Crossings*. USA: FRA Office of Safety.
- [64] **T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (2018). *Korumalı Hemzemin Geçitlerle İlgili Hizmet Alımı İhalesi Teknik Şartnamesi*. Ankara.
- [65] **Hemzemin Geçitlerin Korunması Bakımı ve Yönetimi İle Geçit Bekçilerinin Görevlerine Ait Yönetmelik.** (1996). *T. C. Resmi Gazete*, 22512, 03 Ocak 1996.
- [66] **Demiryolu Kazalarını ve Olaylarını Araştırma ve İnceleme Yönetmeliği.** (2015). *T. C. Resmi Gazete*, 29418, 16 Temmuz 2015.
- [67] **Demiryolu Emniyet Yönetmeliği.** (2015). *T. C. Resmi Gazete*, 29537, 19 Kasım 2015.

- [68] **Luo, Z.** (2012). *A new approach to safety assessment at gated highway–rail grade crossings* (Doctoral dissertation). University of Nebraska, Lincoln.
- [69] **Demiryolu hemzemin geçit kazaları çalıştayı.** (2017). Erişim: 10 Ocak 2019, www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/KAİK/tr/Belgelik/Guncel_Haber/20170201_095523_76347_1_64.html
- [70] **TCDD hemzemin geçitler basın bülteni.** (2017). Erişim: 10 Ocak 2019, <http://www.tcdd.gov.tr/uploads/basinaciklama/02062017.pdf>
- [71] **6461 Sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun.** (2013). *T. C. Resmi Gazete*, 28634, 01 Mayıs 2013.
- [72] **2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu.** (1983). *T. C. Resmi Gazete*, 18195, 18 Ekim 1983.
- [73] **Karayolları Trafik Yönetmeliği.** (1997). *T. C. Resmi Gazete*, 23053, 18 Temmuz 1997.
- [74] **Trafik ceza rehberi.** (2018). Erişim: 10 Ocak 2019, http://www.trafik.gov.tr/SiteAssets/Trafik%20Kitapl%C4%B1k/Mevzuat/2018_Trf_Para_Cezalari_g2.pdf
- [75] **Sürücü Davranışlarını Geliştirme Eğitimi Yönetmeliği.** (2004). *T. C. Resmi Gazete*, 25583, 14 Eylül 2004.
- [76] **Sürücü Adayları ve Sürücülerde Aranacak Sağlık Şartları İle Muayenelerine Dair Yönetmelik.** (2006). *T. C. Resmi Gazete*, 26301, 26 Eylül 2006.
- [77] **Hao, W.** (2013). *Driver injury severity at U.S. highway–rail crossings* (Doctoral dissertation). New Jersey Institute of Technology, Newark.
- [78] **Yohannes, B. G.** (2016). *Assessing major safety issues on highway–railroad grade crossings along the Addis Ababa light rail transit* (Master's thesis). Addis Ababa University, Institute of Technology, Addis Ababa.
- [79] **Haque, M. R.** (2011). *Analysis of railway accidents at level crossings in Dhaka City* (Master's thesis). Bangladesh University, Department of Civil Engineering, Dhaka.
- [80] **Slovák, R., Koursi, E. M., Tordai, L., Woods, M., & Schnieder, E.** (2007). Preliminary results of SELCAT – Safer European Level Crossing Appraisal and Technology project, *6th Framework Programme of the European Commission*, (pp.1-13). Europe: September 2006–December 2008.
- [81] **Australian Transport Council (ATC).** (2016). *The Australian Level Crossing Assessment Model in Detail: An Introduction to the New ALCAM Models (2014)*. Australia.
- [82] **New Zealand Transport Agency (NZTA).** (2012). *Traffic Control Devices Manual Part 9 Level Crossings* (Version: Second Edition-Amendment 1). New Zealand.

- [83] **Dulebenets, M.** (2012). *Highway–rail grade crossing identification and prioritizing model development* (Master’s thesis). The University of Memphis, Tennessee.
- [84] **University of Texas at San Antonio (UTSA) & Texas A&M Transportation Institute (TTI).** (2013). *Integrated Prioritization Method for Active and Passive Highway–Rail Crossings* (Report No: FHWA/TX-12/0-6642-1). Texas: Cooperative Research Program Technical Report.
- [85] **Qureshi, M., Virkler, M. R., Bernhardt, K. L. S., Spring, G., Avalokita, S., Yathapu, N., Chilukuri, V., King, T., & Gibbons, K.** (2003). *Highway/rail crossing project selection* (Report No: RDT 03-017). USA: Final Report for Missouri Department of Transportation Research, Development and Technology Division.
- [86] **Arthur D. Little Limited.** (2017). *Development of the All Level Crossing Risk Model: Development history between 1993–2017* (Report No: T737). Cambridge: Report to Rail Safety and Standards Board (RSSB).
- [87] **Turner, S.** (2008). *Review of Network Rail’s All Level Crossing Risk Model (ALCRM)* (Report No: RSU/08/16). Derbyshire: Health and Safety Laboratory Report.
- [88] **Sleep, J. A.** (2008). *Modelling of level crossing accident risk* (Master’s thesis). University of South Australia, School of Mathematics and Statistics, Adelaide.
- [89] **Bosher, S., Smith, M., Koorey, G., & Fowler, M.** (2017). *Level crossing risk assessment guidance* (Version No: Version I). New Zealand: Final Guide for Industry Use for NZ Transport Agency and KiwiRail.
- [90] **T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (2016). *TCDD İstatistik Yıllığı 2011–2015* (Yayın No: 2016-2). Ankara: TCDD Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik Şubesi.
- [91] **T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (2015). *TCDD Faaliyet Raporu 2015*. Ankara: TCDD Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı.
- [92] **T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.** (2016). *Ulaşan ve Erişen Türkiye 2016*. Ankara.
- [93] **T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (2017). *2018 Şebeke Bildirimi* (Sürüm No: 2.0). Ankara.
- [94] **T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (2017). *TCDD İstatistik Yıllığı 2012–2016* (Yayın No: 2017-1). Ankara: TCDD Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Analiz Şubesi.
- [95] **Aksu, C.** (2015). *Serbestleşme yasası sonrası demiryolu taşımacılığında emniyet yönetim sistemi* (Yüksek lisans tezi). T.C. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- [96] **T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD).** (t.y.). *TCDD İstatistik Yıllığı 2013–2017*. Ankara: TCDD Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Analiz Şubesi.
- [97] **T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.** (t.y.). *İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme 2003–2015*. Ankara: UDHB Strateji Geliştirme Başkanlığı.
- [98] **Türkiye demiryollarında meydana gelen kazalar ve sonuçları (2001–2017).** Erişim: 10 Ocak 2019, http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=373
- [99] **T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.** (2013). *Ulaştırma Kaza İstatistikleri 2013*. Ankara: UDHB Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu (KAİK).
- [100] **Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK).** (2012). *Türkiye Hemzemin Geçitleri Risk Modeli Oluşturulması ve Örnek Hemzemin Geçit Koruma Sistemlerinin Geliştirilmesi-Proje Çağrısı* (Çağrı No: 1007-TCDD-2012-02). Ankara.
- [101] **Aydın, H.** (2018). *Otomatik tam bariyerli hemzemin geçit sisteminin kontrolü ve emniyet analizi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [102] **T.C. Devlet Demiryolları (TCDD) Haritası.** Erişim: 10 Ocak 2019, <http://www.tcdd.gov.tr/uploads/demiryoluharitasi.jpg>
- [103] **T.C. Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı.** (2016). *20 Ağustos 2015 Tarihindeki 71136 Numaralı Tren İle 64 AB 076 Plakalı Aracın Hemzemin Geçit Kazasına İlişkin Kaza İnceleme Raporu* (Rapor No: 10/DMY-3/2016). Ankara: UDHB Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu (KAİK).
- [104] **T.C. Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı.** (2017). *22 Temmuz 2016 Tarihindeki 31619 Numaralı Tren İle 45 J 4759 Plakalı Aracın Hemzemin Geçit Kazasına İlişkin Kaza İnceleme Raporu* (Rapor No: 17/DMY-8/2017). Ankara: UDHB Kaza Araştırma ve İnceleme Kurulu (KAİK).
- [105] **Üney, H., Özdemir, H., ve Uğuz, S.** (2017). Tahribatsız muayene makinesi ile ölçüm yaptırılması teknik şartnamesi. İzmir: T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi 3. Bölge Müdürlüğü.
- [106] **TCDD İşletmesinde Araçlarla Yapılacak Haberleşme Yönetmeliği.** (2003). *TCDD Trafik ve İstasyon Yönetimi Dairesi Başkanlığı*, 13172, 01 Ocak 2003.
- [107] **Savaş, M. C., ve Kara, T.** (2013). Demiryolu trafiği yönetimi için merkezi olmayan kontrol sistemi, 2. *Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu (ISERSE'13)*. Karabük, Türkiye: 9-11 Ekim.
- [108] **Çodur, M. Y., Tortum, A., ve Çodur, M.** (2013). Genelleştirilmiş lineer regresyon ile Erzurum kuzey çevre yolu kaza tahmin modeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 79-84.

- [109] **Bureika, G., Gaidamauskas, E., Kupinas, J., Bogdevičius, M., & Steišūnas, S.** (2017). Modelling the assessment of traffic risk at level crossings of Lithuanian railways. *Transport*, 32 (3), 282-290.
- [110] **Kartal, M., Kutlar, A., ve Beğen, A.** (2011). Logistik regresyon tekniği ile trafik kazalarını etkileyen risk faktörlerinin incelenmesi: Sivas, Kayseri, Yozgat örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7 (2), 45-68.
- [111] **Akgüngör, A. P., ve Doğan, E.** (2010). Farklı yöntemler kullanılarak geliştirilen trafik kaza tahmin modelleri ve analizi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 2 (1), 16-22.
- [112] **Bayata, H., ve Hattatoğlu, F.** (2014). Yapay sinir ağları ve çok değişkenli istatistik yöntemlerle trafik kaza modellemesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (2), 207-219.
- [113] **Anaral, F.** (2012). *Çok kriterli karar verme yöntemi ile yazılım geliştirme metodolojisi seçimi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [114] **Šimunović, L., Grgurević, I., & Pašagić Škrinjar, J.** (2012). Selecting optimal pedestrian crossing using multi-criteria decision-making. *PROMET–Traffic&Transportation*, 22 (2), 105-116.
- [115] **Basile, O., Persia, L., & Usami, D. S.** (2010). A methodology to assess pedestrian crossing safety. *European Transport Research Review*, 2 (3), 129-137.
- [116] **Wang, H., & Cui, T.** (2011). Safety assessment on railway crossings based on extension AHP and set pairs analysis, *2011 International Conference on Management and Service Science*. Wuhan, China: August 12-14.
- [117] **Hradil, J., & Uhlik, M.** (2012). Multi-criterion assessment of level intersections in urban areas, *European Transport Conference 2012*, (pp.1-24). Glasgow, Scotland, United Kingdom: October 8-10.
- [118] **Naeimi, M., Alimoradi, Z., Razi, M., & Monajjem, S.** (2014). Developing a priority-based decision making method to evaluate geometric configuration of urban interchanges. *International Journal of Transportation Engineering*, 1 (4), 285-310.
- [119] **Bureika, G., Bekintis, G., Liudvinavičius, L., & Vaičiūnas, G.** (2013). Applying analytic hierarchy process to assess traffic safety risk of railway infrastructure. *Maintenance and Reliability*, 15 (4), 376-383.
- [120] **Deluka, T. A., Karleuša, B., Šurdonja, S., & Dragičević, N.** (2014). Use of AHP multi-criteria method for transportation infrastructure planning, *International Scientific Conference People, Buildings and Environment 2014*, (pp.123-134). Kroměříž, Czech Republic: October 15-17.
- [121] **Saaty, T. L.** (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32 (7), 841-855.

- [122] **Uzun, S., ve Kazan, H.** (2016). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE karşılaştırılması: Gemi inşada ana makine seçimi uygulaması. *Journal of Transportation and Logistics*, 1 (1), 99-113.
- [123] **Saaty, R. W.** (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9 (3), 161-176.
- [124] **Canhasi, E.** (2010). *Analitik hiyerarşi süreci* (Yüksek lisans tezi). T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [125] **Kadak, E. G.** (2006). *Türkiye’de AHP tekniğinin performans değerlendirmedeki yeri ve ilaç dağıtım sektöründe uygulanması* (Yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [126] **Saaty, T. L.** (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48 (1), 9-26.
- [127] **Saaty, T. L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-98.
- [128] **Dağdeviren, M., ve Eren, T.** (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0–1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16 (1), 41-52.
- [129] **Ömürbek, N., ve Tunca, M. Z.** (2013). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemlerinde grup kararı verilmesi aşamasına ilişkin bir örnek uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3), 47-70.
- [130] **Çınar, Y.** (2004). *Çok nitelikli karar verme ve bankaların mali performanslarının değerlendirilmesi örneği* (Yüksek lisans tezi). T.C. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [131] **Adams, W. J. L., & Saaty, R.** (2003). Super Decisions Software Guide. Retrieved January 10, 2019, Available from http://sdbeta.superdecisions.com/sd_resources/v28_man01.pdf
- [132] **Tutorial on hierarchical decision models (AHP).** (n.d.). Retrieved January 10, 2019, from https://www.superdecisions.com/sd_resources/v28_man03.pdf

EKLER

- EK A:** Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM) hiyerarşisi (CD)
- EK B:** HEGEDEM uzman grubu görüşleri toplantı ve çalışma çizelgeleri
- EK C:** HEGEDEM ikili karşılaştırma matrisleri, kriter ağırlıkları ve matris tutarlılık oranları
- EK D:** HEGEDEM kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi
- EK E:** Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES)–İyileştirilmiş (muayyel) Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES) hesaplamaları ve değerlendirmeler (CD)
- EK F:** Hemzemin geçitlerin emniyet düzeylerine/HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre özellikleri (CD)
- EK G:** Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçit emniyet faktörü gruplanmaları
- EK H:** HEGEDEM uygulama adımları ve gelecek uygulamalar (CD)

EK A: Hemzemin Geçit Emniyet Değerlendirme Modeli (HEGEDEM) hiyerarşisi
(Arka kapakta yer alan CD içeriğinde bulunmaktadır).



EK B: HEGEDEM uzman grubu görüşleri toplantı ve çalışma çizelgeleri



Çizelge B.1 : Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi 1–9 ölçeği ve kullanım açıklamaları.

Önem düzeyi	Tanım	Açıklama																			
1	Eşit önem	Belirli bir konu hakkında iki kriterin aynı derecede öneme sahip olması durumu																			
3	Orta dereceli önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden biraz daha önemli (riskli, tehlikeli vb.) olması durumu																			
5	Kuvvetli önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden oldukça önemli (riskli, tehlikeli vb.) olması durumu																			
7	Çok kuvvetli önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden fazlasıyla (ispat edilebilir olduğu düşünülen üstünlükte) önemli (riskli, tehlikeli vb.) olması durumu																			
9	Mutlak (Kesin) önem	Belirli bir konu hakkında bir kriterin diğer kriterden kesinlikle (güvenilir delillerle ispatlanabilir olduğu düşünülen üstünlükte) önemli (riskli, tehlikeli vb.) olması durumu																			
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzman grubunun ardışık iki önem düzeyi arasında ikilemde kaldığı durumlarda kullanılacak değerler																			
Örnek	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	Açıklama		
	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	A ve D kriteri, aynı derecede öneme (riske, tehlikeye) sahiptir.	
	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	B kriteri, E kriterine nazaran mutlak (kesin) üstünlükte bir öneme (riske, tehlike derecesine) sahiptir.	
	C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F	F kriteri, C kriterine göre kuvvetliden fazla; ancak çok kuvvetli olmayan bir öneme (riske, tehlike derecesine) sahiptir.	
	Not: Uzman grubu, kriterlerin önem düzeylerini belirlerken tutarlı olmaya gayret göstermelidir. Örneğin; bir sistemde A kriteri, B kriterinden daha önemli (riskli, tehlikeli vb.), B kriteri ise C kriterinden daha önemli (riskli, tehlikeli vb.) şeklinde bir karar verilmiş iken; C kriterinin A kriterinden daha önemli (riskli, tehlikeli vb.) olduğu kararı bir tutarsızlık doğuracaktır.																				

Çizelge B.2 : Ana kriterlerin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																				
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																		Kriter-2
1.	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	
2.	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	
3.	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	
4.	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	
5.	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaza geçmişi faktörü	
6.	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	
7.	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	
8.	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	
9.	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaza geçmişi faktörü	
10.	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	
11.	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	
12.	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaza geçmişi faktörü	
13.	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	
14.	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaza geçmişi faktörü	
15.	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaza geçmişi faktörü	

Çizelge B.3 : Trafik özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede trafik özellikleri bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Mahal özellikleri (M)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Seyir momenti (SM)
2.	Mahal özellikleri (M)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Livre hızı (LH)
3.	Seyir momenti (SM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Livre hızı (LH)

Çizelge B.4 : Mahal özellikleri (M) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede mahal özellikleri bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	M ₁ : Kırsal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	M ₂ : Şehir içi

Çizelge B.5 : Seyir momenti (SM) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede seyir momenti değeri bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	SM ₁ : SM ≤ 3.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000
2.	SM ₁ : SM ≤ 3.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000
3.	SM ₁ : SM ≤ 3.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000
4.	SM ₁ : SM ≤ 3.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₅ : 100.000 < SM
5.	SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000
6.	SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000
7.	SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₅ : 100.000 < SM
8.	SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000
9.	SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₅ : 100.000 < SM
10.	SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SM ₅ : 100.000 < SM

Çizelge B.6 : Livre hızı (LH) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede livre hızı değeri bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.
2.	LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.
3.	LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.
4.	LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₅ : 160 km/sa. < LH
5.	LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.
6.	LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.
7.	LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₅ : 160 km/sa. < LH
8.	LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.
9.	LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₅ : 160 km/sa. < LH
10.	LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	LH ₅ : 160 km/sa. < LH

Çizelge B.7 : Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzeminin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede arazi ve demiryolu koşulları bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																				
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																		Kriter-2
1.	Verevlik açısı (V)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	
2.	Verevlik açısı (V)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	
3.	Verevlik açısı (V)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	
4.	Verevlik açısı (V)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	
5.	Verevlik açısı (V)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	
6.	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	
7.	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	
8.	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	
9.	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	
10.	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	
11.	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	
12.	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	
13.	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	
14.	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	
15.	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	

Çizelge B.8 : Verevlik açısı (V) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede verevlik açısı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$V_1: 70^\circ \leq V \leq 90^\circ$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$V_2: 50^\circ \leq V < 70^\circ$
2.	$V_1: 70^\circ \leq V \leq 90^\circ$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$V_3: V < 50^\circ$
3.	$V_2: 50^\circ \leq V < 70^\circ$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$V_3: V < 50^\circ$

Çizelge B.9 : Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$TŞGM_1: 500 \text{ m} \leq TŞGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TŞGM_2: 250 \text{ m} \leq TŞGM < 500 \text{ m}$
2.	$TŞGM_1: 500 \text{ m} \leq TŞGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TŞGM_3: 100 \text{ m} \leq TŞGM < 250 \text{ m}$
3.	$TŞGM_1: 500 \text{ m} \leq TŞGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TŞGM_4: TŞGM < 100 \text{ m}$
4.	$TŞGM_2: 250 \text{ m} \leq TŞGM < 500 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TŞGM_3: 100 \text{ m} \leq TŞGM < 250 \text{ m}$
5.	$TŞGM_2: 250 \text{ m} \leq TŞGM < 500 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TŞGM_4: TŞGM < 100 \text{ m}$
6.	$TŞGM_3: 100 \text{ m} \leq TŞGM < 250 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TŞGM_4: TŞGM < 100 \text{ m}$

Çizelge B.10 : Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$TRGM_1: 750 \text{ m} \leq TRGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_2: 500 \text{ m} \leq TRGM < 750 \text{ m}$
2.	$TRGM_1: 750 \text{ m} \leq TRGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_3: 250 \text{ m} \leq TRGM < 500 \text{ m}$
3.	$TRGM_1: 750 \text{ m} \leq TRGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_4: 100 \text{ m} \leq TRGM < 250 \text{ m}$
4.	$TRGM_1: 750 \text{ m} \leq TRGM$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_5: TRGM < 100 \text{ m}$
5.	$TRGM_2: 500 \text{ m} \leq TRGM < 750 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_3: 250 \text{ m} \leq TRGM < 500 \text{ m}$
6.	$TRGM_2: 500 \text{ m} \leq TRGM < 750 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_4: 100 \text{ m} \leq TRGM < 250 \text{ m}$
7.	$TRGM_2: 500 \text{ m} \leq TRGM < 750 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_5: TRGM < 100 \text{ m}$
8.	$TRGM_3: 250 \text{ m} \leq TRGM < 500 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_4: 100 \text{ m} \leq TRGM < 250 \text{ m}$
9.	$TRGM_3: 250 \text{ m} \leq TRGM < 500 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_5: TRGM < 100 \text{ m}$
10.	$TRGM_4: 100 \text{ m} \leq TRGM < 250 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$TRGM_5: TRGM < 100 \text{ m}$

Çizelge B.11 : Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	YGE ₁ : Aliyman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE ₂ : 1.000 m ≤ R
2.	YGE ₁ : Aliyman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m
3.	YGE ₁ : Aliyman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m
4.	YGE ₁ : Aliyman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi
5.	YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m
6.	YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m
7.	YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi
8.	YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m
9.	YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi
10.	YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi

Çizelge B.12 : Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Kaplama cinsi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaplama durumu

Çizelge B.13 : Kaplama cinsi ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede kaplama cinsi bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Geçit kaplama cinsi (GKC)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)

Çizelge B.14 : Kaplama durumu ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede kaplama durumu bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																				
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																		Kriter-2
1.	Geçit kaplama durumu (GKD)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	
2.	Geçit kaplama durumu (GKD)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	
3.	Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	

Çizelge B.15 : Geçit kaplama cinsi (GKC) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçit kaplama cinsi bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₂ : Kompozit
2.	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₃ : Beton veya çelik
3.	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş
4.	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₅ : Stabilize
5.	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₆ : Toprak/balast
6.	GKC ₂ : Kompozit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₃ : Beton veya çelik
7.	GKC ₂ : Kompozit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş
8.	GKC ₂ : Kompozit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₅ : Stabilize
9.	GKC ₂ : Kompozit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₆ : Toprak/balast
10.	GKC ₃ : Beton veya çelik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş
11.	GKC ₃ : Beton veya çelik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₅ : Stabilize
12.	GKC ₃ : Beton veya çelik	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₆ : Toprak/balast
13.	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₅ : Stabilize
14.	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₆ : Toprak/balast
15.	GKC ₅ : Stabilize	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKC ₆ : Toprak/balast

Çizelge B.16 : Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede emniyet ekipmanları ve işaretlemeler bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																	Kriter-2
1.	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)
2.	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)
3.	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası (GDÇL)
4.	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)
5.	Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)
6.	Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası (GDÇL)
7.	Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)
8.	Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası (GDÇL)
9.	Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)
10.	"Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal" levhası (GDÇL)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)

Çizelge B.17 : Geçit tipi (koruma şekli) (GKT) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçit tipi (koruma şekli) bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	GKT ₁ : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKT ₂ : Bekçili–bariyerli
2.	GKT ₁ : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)
3.	GKT ₁ : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKT ₄ : Serbest
4.	GKT ₂ : Bekçili–bariyerli	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)
5.	GKT ₂ : Bekçili–bariyerli	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKT ₄ : Serbest
6.	GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GKT ₄ : Serbest

Çizelge B.18 : Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Geçit açıklığı (A)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaklaşım yolu genişliği
2.	Geçit açıklığı (A)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçidin kestiği hat adedi (KHA)
3.	Yaklaşım yolu genişliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Geçidin kestiği hat adedi (KHA)

Çizelge B.19 : Yaklaşım yolu genişliği ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede yaklaşım yolu genişliği bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)

Çizelge B.20 : Geçit açıklığı (A) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçit açıklığı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$A_1: A \leq 5 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$A_2: 5 \text{ m} < A \leq 10 \text{ m}$
2.	$A_1: A \leq 5 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$A_3: 10 \text{ m} < A \leq 15 \text{ m}$
3.	$A_1: A \leq 5 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$A_4: 15 \text{ m} < A$
4.	$A_2: 5 \text{ m} < A \leq 10 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$A_3: 10 \text{ m} < A \leq 15 \text{ m}$
5.	$A_2: 5 \text{ m} < A \leq 10 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$A_4: 15 \text{ m} < A$
6.	$A_3: 10 \text{ m} < A \leq 15 \text{ m}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$A_4: 15 \text{ m} < A$

Çizelge B.21 : Geçidin kestiği hat adedi (KHA) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçidin kestiği hat adedi bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	KHA ₁ : KHA < 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	KHA ₂ : 2 ≤ KHA

Çizelge B.22 : Kaza geçmişi faktörü birincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede kaza geçmişi bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Kaza sayısı (KSAY)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kaza sonuçları

Çizelge B.23 : Kaza sonuçları ikincil alt kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçmişteki kazaların sonuçları bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	Ölü sayısı (ÖS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaralı sayısı (YS)
2.	Ölü sayısı (ÖS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)
3.	Yaralı sayısı (YS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)

Çizelge B.24 : Kaza sayısı (KSAY) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede geçmişteki kazaların sayısı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$KSAY_1: 0 < KSAY \leq 2$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$KSAY_2: 2 < KSAY < 5$
2.	$KSAY_1: 0 < KSAY \leq 2$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$KSAY_3: 5 \leq KSAY$
3.	$KSAY_2: 2 < KSAY < 5$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$KSAY_3: 5 \leq KSAY$

Çizelge B.25 : Ölü sayısı (ÖS) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede kaza geçmişindeki ölü sayısı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$ÖS_1: 0 < ÖS \leq 2$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$ÖS_2: 2 < ÖS < 5$
2.	$ÖS_1: 0 < ÖS \leq 2$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$ÖS_3: 5 \leq ÖS$
3.	$ÖS_2: 2 < ÖS < 5$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$ÖS_3: 5 \leq ÖS$

Çizelge B.26 : Yaralı sayısı (YS) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede kaza geçmişindeki yaralı sayısı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	YS ₁ : 0 < YS ≤ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YS ₂ : 2 < YS < 5
2.	YS ₁ : 0 < YS ≤ 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YS ₃ : 5 ≤ YS
3.	YS ₂ : 2 < YS < 5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	YS ₃ : 5 ≤ YS

Çizelge B.27 : Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS) kategorik kriterlerinin önem düzeyleri hakkındaki uzman grubu görüşleri.

Lütfen Ek A-Şekil A.1'deki HEGEDEM hiyerarşisini ve açıklamalarını inceledikten sonra, Çizelge B.1'deki AHS yöntemi 1–9 ölçeğini ve açıklamalarını kullanarak, aşağıda ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin bir hemzemin geçit bölgesindeki riski (artış yönünde) etkilemede/belirlemede kaza geçmişindeki sadece maddi hasarlı kaza sayısı bakımından sahip oldukları önem düzeyleri hakkındaki görüşlerinizi ilgili tarafa işaretleyiniz.																			
No	Kriter-1	Önem düzeyi cetveli																Kriter-2	
1.	$MKS_1: 0 < MKS \leq 2$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$MKS_2: 2 < MKS < 5$
2.	$MKS_1: 0 < MKS \leq 2$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$MKS_3: 5 \leq MKS$
3.	$MKS_2: 2 < MKS < 5$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$MKS_3: 5 \leq MKS$

EK C: HEGEDEM ikili karşılaştırma matrisleri, kriter ağırlıkları ve matris tutarlılık oranları



Çizelge C.1 : Ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Ana kriterler (1,000000)	Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	Kaza geçmiş faktörü	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	1	3	5	6	7	8	-	0,449218	-	-
Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	1/3	1	4	5	6	7	-	0,275287	-	-
Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	1/5	1/4	1	2	4	6	-	0,122008	-	-
Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	1/6	1/5	1/2	1	3	4	-	0,080155	-	-
Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	1/7	1/6	1/4	1/3	1	3	-	0,045716	-	-
Kaza geçmiş faktörü	1/8	1/7	1/6	1/4	1/3	1	-	0,027616	-	-
Tutarlılık oranı = 0,0754 < 0,10 ✓						Toplam	-	1,000000	-	-

Çizelge C.2 : Trafik özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Trafik özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri (0,449218)	Mahal özellikleri (M)	Seyir momenti (SM)	Livre hızı (LH)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
Mahal özellikleri (M)	1	1/7	3	0,148815	0,066850	-	-
Seyir momenti (SM)	7	1	9	0,785391	0,352812	-	-
Livre hızı (LH)	1/3	1/9	1	0,065794	0,029556	-	-
Tutarlılık oranı = 0,0772 < 0,10 ✓			Toplam	1,000000	0,449218	-	-

Çizelge C.3 : Mahal özellikleri (M) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Mahal özellikleri (M) kategorik kriterleri (0,066850)	M ₁ : Kırsal	M ₂ : Şehir içi	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
M ₁ : Kırsal	1	1/6	0,142857	0,009550	0,009550	0,9550
M ₂ : Şehir içi	6	1	0,857143	0,057300	0,066850	6,6850
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓		Toplam	1,000000	0,066850	-	-

Çizelge C.4 : Seyir momenti (SM) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Seyir momenti (SM) kategorik kriterleri (0,352812)	SM ₁ : SM ≤ 3.000	SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000	SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000	SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000	SM ₅ : 100.000 < SM	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
SM ₁ : SM ≤ 3.000	1	1/3	1/5	1/8	1/9	0,031984	0,011284	0,011284	1,1284
SM ₂ : 3.000 < SM ≤ 15.000	3	1	1/3	1/5	1/8	0,060470	0,021334	0,032619	3,2619
SM ₃ : 15.000 < SM ≤ 30.000	5	3	1	1/4	1/6	0,117463	0,041442	0,074061	7,4061
SM ₄ : 30.000 < SM ≤ 100.000	8	5	4	1	1/2	0,300242	0,105929	0,179990	17,9990
SM ₅ : 100.000 < SM	9	8	6	2	1	0,489842	0,172822	0,352812	35,2812
Tutarlılık oranı = 0,0535 < 0,10 ✓					Toplam	1,000000	0,352812	-	-

Çizelge C.5 : Livre hızı (LH) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Livre hızı (LH) kategorik kriterleri (0,029556)	LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.	LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.	LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.	LH ₅ : 160 km/sa. < LH	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
LH ₁ : LH ≤ 60 km/sa.	1	1/3	1/5	1/7	1/9	0,033335	0,000985	0,000985	0,0985
LH ₂ : 60 km/sa. < LH ≤ 90 km/sa.	3	1	1/3	1/5	1/7	0,063376	0,001873	0,002858	0,2858
LH ₃ : 90 km/sa. < LH ≤ 120 km/sa.	5	3	1	1/3	1/5	0,128976	0,003812	0,006670	0,6670
LH ₄ : 120 km/sa. < LH ≤ 160 km/sa.	7	5	3	1	1/3	0,261499	0,007729	0,014399	1,4399
LH ₅ : 160 km/sa. < LH	9	7	5	3	1	0,512813	0,015157	0,029556	2,9556
Tutarlılık oranı = 0,0530 < 0,10 ✓					Toplam	1,000000	0,029556	-	-

Çizelge C.6 : Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri (0,275287)	Verevlik açısı (V)	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($\times 100$) (K_i)
Verevlik açısı (V)	1	2	3	4	5	7	0,382645	0,105337	-	-
Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	1/2	1	2	3	4	6	0,251423	0,069213	-	-
Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	1/3	1/2	1	2	3	5	0,161296	0,044403	-	-
Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	1/4	1/3	1/2	1	2	4	0,103030	0,028363	-	-
Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	1/5	1/4	1/3	1/2	1	3	0,067317	0,018531	0,018531	1,8531
Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	0,034289	0,009439	0,009439	0,9439
Tutarlılık oranı = 0,0260 < 0,10 ✓						Toplam	1,000000	0,275287	-	-

Çizelge C.7 : Verevlik açısı (V) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Verevlik açısı (V) kategorik kriterleri (0,105337)	$V_1: 70^\circ \leq V \leq 90^\circ$	$V_2: 50^\circ \leq V < 70^\circ$	$V_3: V < 50^\circ$	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
$V_1: 70^\circ \leq V \leq 90^\circ$	1	1/6	1/9	0,058474	0,006160	0,006160	0,6160
$V_2: 50^\circ \leq V < 70^\circ$	6	1	1/3	0,278467	0,029333	0,035492	3,5492
$V_3: V < 50^\circ$	9	3	1	0,663059	0,069845	0,105337	10,5337
Tutarlılık oranı = 0,0516 < 0,10 ✓			Toplam	1,000000	0,105337	-	-

Çizelge C.8 : Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM) kategorik kriterleri (0,069213)	$TŞGM_1: 500 \text{ m} \leq TŞGM$	$TŞGM_2: 250 \text{ m} \leq TŞGM < 500 \text{ m}$	$TŞGM_3: 100 \text{ m} \leq TŞGM < 250 \text{ m}$	$TŞGM_4: TŞGM < 100 \text{ m}$	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
$TŞGM_1: 500 \text{ m} \leq TŞGM$	1	1/4	1/6	1/9	0,042250	0,002924	0,002924	0,2924
$TŞGM_2: 250 \text{ m} \leq TŞGM < 500 \text{ m}$	4	1	1/3	1/6	0,109609	0,007586	0,010511	1,0511
$TŞGM_3: 100 \text{ m} \leq TŞGM < 250 \text{ m}$	6	3	1	1/4	0,231369	0,016014	0,026524	2,6524
$TŞGM_4: TŞGM < 100 \text{ m}$	9	6	4	1	0,616773	0,042689	0,069213	6,9213
Tutarlılık oranı = 0,0687 < 0,10 ✓				Toplam	1,000000	0,069213	-	-

Çizelge C.9 : Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM) kategorik kriterleri (0,044403)	TRGM ₁ : 750 m ≤ TRGM	TRGM ₂ : 500 m ≤ TRGM < 750 m	TRGM ₃ : 250 m ≤ TRGM < 500 m	TRGM ₄ : 100 m ≤ TRGM < 250 m	TRGM ₅ : TRGM < 100 m	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
TRGM ₁ : 750 m ≤ TRGM	1	1/5	1/6	1/7	1/9	0,030393	0,001350	0,001350	0,1350
TRGM ₂ : 500 m ≤ TRGM < 750 m	5	1	1/3	1/5	1/6	0,077100	0,003423	0,004773	0,4773
TRGM ₃ : 250 m ≤ TRGM < 500 m	6	3	1	1/3	1/5	0,139327	0,006187	0,010960	1,0960
TRGM ₄ : 100 m ≤ TRGM < 250 m	7	5	3	1	1/2	0,288590	0,012814	0,023774	2,3774
TRGM ₅ : TRGM < 100 m	9	6	5	2	1	0,464589	0,020629	0,044403	4,4403
Tutarlılık oranı = 0,0728 < 0,10 ✓					Toplam	1,000000	0,044403	-	-

Çizelge C.10 : Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE) kategorik kriterleri (0,028363)	YGE ₁ : Aliyman	YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m	YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m	YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
YGE ₁ : Aliyman	1	1/2	1/4	1/9	1/9	0,033668	0,000955	0,000955	0,0955
YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	2	1	1/3	1/8	1/8	0,048717	0,001382	0,002337	0,2337
YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m	4	3	1	1/6	1/6	0,100140	0,002840	0,005177	0,5177
YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m	9	8	6	1	1	0,408737	0,011593	0,028363	2,8363
YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi	9	8	6	1/1	1	0,408737	0,011593	0,028363	2,8363
Tutarlılık oranı = 0,0368 < 0,10 ✓					Toplam	1,000000	0,028363	-	-

Çizelge C.11 : Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri (0,122008)	Kaplama cinsi	Kaplama durumu	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
Kaplama cinsi	1	1/8	0,111111	0,013556	-	-
Kaplama durumu	8	1	0,888889	0,108452	-	-
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓		Toplam	1,000000	0,122008	-	-

Çizelge C.12 : Kaplama cinsi ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Kaplama cinsi ikincil alt kriterleri (0,013556)	Geçit kaplama cinsi (GKC)	Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
Geçit kaplama cinsi (GKC)	1	6	0,857143	0,011620	-	-
Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)	1/6	1	0,142857	0,001937	0,001937	0,1937
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓		Toplam	1,000000	0,013556	-	-

Çizelge C.13 : Kaplama durumu ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Kaplama durumu ikincil alt kriterleri (0,108452)	Geçit kaplama durumu (GKD)	Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
Geçit kaplama durumu (GKD)	1	4	1/5	0,193882	0,021027	0,021027	2,1027
Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	1/4	1	1/9	0,063252	0,006860	0,006860	0,6860
Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	5	9	1	0,742867	0,080565	0,080565	8,0565
Tutarlılık oranı = 0,0685 < 0,10 ✓			Toplam	1,000000	0,108452	-	-

Çizelge C.14 : Geçit kaplama cinsi (GKC) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Geçit kaplama cinsi (GKC) kategorik kriterleri (0,011620)	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	GKC ₂ : Kompozit	GKC ₃ : Beton veya çelik	GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	GKC ₅ : Stabilize	GKC ₆ : Toprak/balast	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	1	1/2	1/5	1/6	1/7	1/9	0,026282	0,000305	0,000305	0,0305
GKC ₂ : Kompozit	2	1	1/4	1/5	1/6	1/8	0,036335	0,000422	0,000728	0,0728
GKC ₃ : Beton veya çelik	5	4	1	1/2	1/5	1/7	0,082886	0,000963	0,001691	0,1691
GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	6	5	2	1	1/4	1/6	0,118103	0,001372	0,003063	0,3063
GKC ₅ : Stabilize	7	6	5	4	1	1/3	0,262939	0,003055	0,006118	0,6118
GKC ₆ : Toprak/balast	9	8	7	6	3	1	0,473454	0,005501	0,011620	1,1620
Tutarlılık oranı = 0,0803 < 0,10 ✓						Toplam	1,000000	0,011620	-	-

Çizelge C.15 : Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri (0,080155)	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	"Dikkat Hemzemin Geçit Dördük Çal" levhası (GDÇL)	Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	1	8	6	9	3	0,554192	0,044421	-	-
Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	1/8	1	1/3	3	1/6	0,056315	0,004514	0,004514	0,4514
Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	1/6	3	1	5	1/3	0,115790	0,009281	0,009281	0,9281
"Dikkat Hemzemin Geçit Dördük Çal" levhası (GDÇL)	1/9	1/3	1/5	1	1/7	0,031885	0,002556	0,002556	0,2556
Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)	1/3	6	3	7	1	0,241818	0,019383	0,019383	1,9383
Tutarlılık oranı = 0,0736 < 0,10 ✓					Toplam	1,000000	0,080155	-	-

Çizelge C.16 : Geçit tipi (koruma şekli) (GKT) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Geçit tipi (koruma şekli) (GKT) kategorik kriterleri (0,044421)	GKT ₁ : Flaşörlü-çanlı ve otomatik bariyerli	GKT ₂ : Bekçili-bariyerli	GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)	GKT ₄ : Serbest	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
GKT ₁ : Flaşörlü-çanlı ve otomatik bariyerli	1	1/3	1/6	1/9	0,043039	0,001912	0,001912	0,1912
GKT ₂ : Bekçili-bariyerli	3	1	1/5	1/7	0,083138	0,003693	0,005605	0,5605
GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)	6	5	1	1/4	0,256375	0,011388	0,016993	1,6993
GKT ₄ : Serbest	9	7	4	1	0,617448	0,027428	0,044421	4,4421
Tutarlılık oranı = 0,0864 < 0,10 ✓				Toplam	1,000000	0,044421	-	-

Çizelge C.17 : Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler birincil alt kriterleri (0,045716)	Geçit açıklığı (A)	Yaklaşım yolu genişliği	Geçidin kestiği hat adedi (KHA)	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
Geçit açıklığı (A)	1	1	1/2	0,250000	0,011429	-	-
Yaklaşım yolu genişliği	1	1	1/2	0,250000	0,011429	-	-
Geçidin kestiği hat adedi (KHA)	2	2	1	0,500000	0,022858	-	-
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓			Toplam	1,000000	0,045716	-	-

Çizelge C.18 : Yaklaşım yolu genişliği ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Yaklaşım yolu genişliği ikincil alt kriterleri (0,011429)	Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	1	1/2	0,333333	0,003810	0,003810	0,3810
Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)	2	1	0,666667	0,007619	0,007619	0,7619
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓		Toplam	1,000000	0,011429	-	-

Çizelge C.19 : Geçit açıklığı (A) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Geçit açıklığı (A) kategorik kriterleri (0,011429)	A ₁ : A ≤ 5 m	A ₂ : 5 m < A ≤ 10 m	A ₃ : 10 m < A ≤ 15 m	A ₄ : 15 m < A	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
A ₁ : A ≤ 5 m	1	1/3	1/6	1/9	0,047231	0,000540	0,000540	0,0540
A ₂ : 5 m < A ≤ 10 m	3	1	1/3	1/5	0,112056	0,001281	0,001821	0,1821
A ₃ : 10 m < A ≤ 15 m	6	3	1	1/3	0,263705	0,003014	0,004834	0,4834
A ₄ : 15 m < A	9	5	3	1	0,577007	0,006595	0,011429	1,1429
Tutarlılık oranı = 0,0295 < 0,10 ✓				Toplam	1,000000	0,011429	-	-

Çizelge C.20 : Geçidin kestiği hat adedi (KHA) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Geçidin kestiği hat adedi (KHA) kategorik kriterleri (0,022858)	KHA ₁ : KHA < 2	KHA ₂ : 2 ≤ KHA	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
KHA ₁ : KHA < 2	1	1/7	0,125000	0,002857	0,002857	0,2857
KHA ₂ : 2 ≤ KHA	7	1	0,875000	0,020001	0,022858	2,2858
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓		Toplam	1,000000	0,022858	-	-

Çizelge C.21 : Kaza geçmişi faktörü birincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Kaza geçmişi faktörü birincil alt kriterleri (0,027616)	Kaza sayısı (KSAY)	Kaza sonuçları	Kriterlerin lokal ağırlıkları (K _{i(l)})	Kriterlerin global ağırlıkları (K _{i(g)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _{i(n)})	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K _i)
Kaza sayısı (KSAY)	1	1	0,500000	0,013808	-	-
Kaza sonuçları	1	1	0,500000	0,013808	-	-
Tutarlılık oranı = 0,0000 < 0,10 ✓		Toplam	1,000000	0,027616	-	-

Çizelge C.22 : Kaza sonuçları ikincil alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Kaza sonuçları ikincil alt kriterleri (0,013808)	Ölü sayısı (ÖS)	Yaralı sayısı (YS)	Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($\times 100$) (K_i)
Ölü sayısı (ÖS)	1	7	9	0,785391	0,010845	-	-
Yaralı sayısı (YS)	1/7	1	3	0,148815	0,002055	-	-
Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)	1/9	1/3	1	0,065794	0,000908	-	-
Tutarlılık oranı = $0,0772 < 0,10 \checkmark$			Toplam	1,000000	0,013808	-	-

Çizelge C.23 : Kaza sayısı (KSAY) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Kaza sayısı (KSAY) kategorik kriterleri (0,013808)	$KSAY_1: 0 < KSAY \leq 2$	$KSAY_2: 2 < KSAY < 5$	$KSAY_3: 5 \leq KSAY$	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($\times 100$) (K_i)
$KSAY_1: 0 < KSAY \leq 2$	1	1/5	1/9	0,060328	0,000833	0,000833	0,0833
$KSAY_2: 2 < KSAY < 5$	5	1	1/4	0,231148	0,003192	0,004025	0,4025
$KSAY_3: 5 \leq KSAY$	9	4	1	0,708524	0,009783	0,013808	1,3808
Tutarlılık oranı = $0,0685 < 0,10 \checkmark$			Toplam	1,000000	0,013808	-	-

Çizelge C.24 : Ölü sayısı (ÖS) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Ölü sayısı (ÖS) kategorik kriterleri (0,010845)	ÖS ₁ : $0 < \text{ÖS} \leq 2$	ÖS ₂ : $2 < \text{ÖS} < 5$	ÖS ₃ : $5 \leq \text{ÖS}$	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
ÖS ₁ : $0 < \text{ÖS} \leq 2$	1	1/5	1/9	0,060328	0,000654	0,000654	0,0654
ÖS ₂ : $2 < \text{ÖS} < 5$	5	1	1/4	0,231148	0,002507	0,003161	0,3161
ÖS ₃ : $5 \leq \text{ÖS}$	9	4	1	0,708524	0,007684	0,010845	1,0845
Tutarlılık oranı = $0,0685 < 0,10 \checkmark$				Toplam	1,000000	0,010845	-

Çizelge C.25 : Yaralı sayısı (YS) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Yaralı sayısı (YS) kategorik kriterleri (0,002055)	YS ₁ : $0 < \text{YS} \leq 2$	YS ₂ : $2 < \text{YS} < 5$	YS ₃ : $5 \leq \text{YS}$	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
YS ₁ : $0 < \text{YS} \leq 2$	1	1/5	1/9	0,060328	0,000124	0,000124	0,0124
YS ₂ : $2 < \text{YS} < 5$	5	1	1/4	0,231148	0,000475	0,000599	0,0599
YS ₃ : $5 \leq \text{YS}$	9	4	1	0,708524	0,001456	0,002055	0,2055
Tutarlılık oranı = $0,0685 < 0,10 \checkmark$				Toplam	1,000000	0,002055	-

Çizelge C.26 : Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS) kategorik kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi, kriterlerin ağırlıkları ve matris tutarlılık oranı.

Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS) kategorik kriterleri (0,000908)	MKS ₁ : $0 < \text{MKS} \leq 2$	MKS ₂ : $2 < \text{MKS} < 5$	MKS ₃ : $5 \leq \text{MKS}$	Kriterlerin lokal ağırlıkları ($K_{i(l)}$)	Kriterlerin global ağırlıkları ($K_{i(g)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları ($K_{i(n)}$)	Kriterlerin nihai ağırlıkları (x100) (K_i)
MKS ₁ : $0 < \text{MKS} \leq 2$	1	1/5	1/9	0,060328	0,000055	0,000055	0,0055
MKS ₂ : $2 < \text{MKS} < 5$	5	1	1/4	0,231148	0,000210	0,000265	0,0265
MKS ₃ : $5 \leq \text{MKS}$	9	4	1	0,708524	0,000644	0,000908	0,0908
Tutarlılık oranı = $0,0685 < 0,10 \checkmark$			Toplam	1,000000	0,000908	-	-

EK D: HEGEDEM kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi



Çizelge D.1 : HEGEDEM hiyerarşisi ve kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi.

Ana kriterler	Birincil alt kriterler	İkincil alt kriterler	Kategorik/ <i>Koşulsal</i> kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Trafik özellikleri ile ilgili faktörler	Mahal özellikleri (M)	-	M ₁ : Kırsal	0,9550
			M ₂ : Şehir içi	6,6850
	Seyir momenti (SM)	-	SM ₁ : $SM \leq 3.000$	1,1284
			SM ₂ : $3.000 < SM \leq 15.000$	3,2619
			SM ₃ : $15.000 < SM \leq 30.000$	7,4061
			SM ₄ : $30.000 < SM \leq 100.000$	17,9990
			SM ₅ : $100.000 < SM$	35,2812
	Livre hızı (LH)	-	LH ₁ : $LH \leq 60$ km/sa.	0,0985
			LH ₂ : 60 km/sa. $< LH \leq 90$ km/sa.	0,2858
			LH ₃ : 90 km/sa. $< LH \leq 120$ km/sa.	0,6670
			LH ₄ : 120 km/sa. $< LH \leq 160$ km/sa.	1,4399
			LH ₅ : 160 km/sa. $< LH$	2,9556

Çizelge D.1 (devam) : HEGEDEM hiyerarşisi ve kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi.

Ana kriterler	Birincil alt kriterler	İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Arazi ve demiryolu koşulları ile ilgili faktörler	Verevlik açısı (V)	-	V ₁ : 70° ≤ V ≤ 90°	0,6160
			V ₂ : 50° ≤ V < 70°	3,5492
			V ₃ : V < 50°	10,5337
	Karayolu taşıt sürücülerinin maksimum görüş mesafesi (TŞGM)	-	TŞGM ₁ : 500 m ≤ TŞGM	0,2924
			TŞGM ₂ : 250 m ≤ TŞGM < 500 m	1,0511
			TŞGM ₃ : 100 m ≤ TŞGM < 250 m	2,6524
			TŞGM ₄ : TŞGM < 100 m	6,9213
	Demiryolu araç sürücüsünün maksimum görüş mesafesi (TRGM)	-	TRGM ₁ : 750 m ≤ TRGM	0,1350
			TRGM ₂ : 500 m ≤ TRGM < 750 m	0,4773
			TRGM ₃ : 250 m ≤ TRGM < 500 m	1,0960
			TRGM ₄ : 100 m ≤ TRGM < 250 m	2,3774
			TRGM ₅ : TRGM < 100 m	4,4403
	Geçidin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı (YGE)	-	YGE ₁ : Aliyman	0,0955
			YGE ₂ : 1.000 m ≤ R	0,2337
			YGE ₃ : 500 m ≤ R < 1.000 m	0,5177
			YGE _{4-a} : 250 m ≤ R < 500 m	2,8363
			YGE _{4-b} : Geçiş eğrisi	2,8363
	Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçit arasındaki mesafe (ATGM)	-	ATGM ₀ : Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden fazla	0,0000
			ATGM ₁ : Ana taşıt yolu ayrımı ile tali yol üzerindeki geçidin güvenlik çizgisi arasındaki mesafe 30 metreden az	1,8531
	Yaklaşım yolunun geçit bölgesindeki eğimi (YGBE)	-	YGBE ₀ : 50 metrelik kesimler %4 eğimin altında	0,0000
			YGBE ₁ : 50 metrelik kesimler %4 eğimin üzerinde	0,9439

Çizelge D.1 (devam) : HEGEDEM hiyerarşisi ve kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi.

Ana kriterler	Birincil alt kriterler	İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi kaplama özellikleri ile ilgili faktörler	Kaplama cinsi	Geçit kaplama cinsi (GKC)	GKC ₁ : Lastik (Kauçuk)	0,0305
			GKC ₂ : Kompozit	0,0728
			GKC ₃ : Beton veya çelik	0,1691
			GKC ₄ : Asfalt veya parke taş	0,3063
			GKC ₅ : Stabilize	0,6118
			GKC ₆ : Toprak/balast	1,1620
		Yaklaşım yolu kaplama cinsi (YKC)	YKC ₀ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamalı	0,0000
			YKC ₁ : 150 metrelik kesimler asfalt veya parke taş kaplamasız	0,1937
	Kaplama durumu	Geçit kaplama durumu (GKD)	GKD ₀ : Geçit kaplama durumu iyi	0,0000
			GKD ₁ : Geçit kaplama durumu kötü	2,1027
		Yaklaşım yolu kaplama durumu (YKD)	YKD ₀ : Yaklaşım yolu kaplama durumu iyi	0,0000
			YKD ₁ : Yaklaşım yolu kaplama durumu kötü	0,6860
		Geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı (GRKF)	GRKF ₀ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmamakta	0,0000
			GRKF ₁ : Geçit kaplaması ile ray mantarı üst kotu arasında seviye farkı bulunmakta	8,0565

Çizelge D.1 (devam) : HEGEDEM hiyerarşisi ve kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi.

Ana kriterler	Birincil alt kriterler	İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Emniyet ekipmanları ve işaretlemeler ile ilgili faktörler	Geçit tipi (koruma şekli) (GKT)	-	GKT ₁ : Flaşörlü–çanlı ve otomatik bariyerli	0,1912
			GKT ₂ : Bekçili–bariyerli	0,5605
			GKT _{3-ek} : Yetersiz uzunlukta bariyer kolu (GKT ₁ ve GKT ₂ için ek değer)	1,6993
			GKT ₄ : Serbest	4,4421
	Hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali (HTYS)	-	HTYS ₀ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmakta	0,0000
			HTYS ₁ : Yaklaşım yolu üzerinde hemzemin geçit yaklaşım uyarı sinyali bulunmamakta	0,4514
	Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri (YDTİ)	-	YDTİ ₀ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksiksiz	0,0000
			YDTİ ₁ : Yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri eksik	0,9281
	"Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası (GDÇL)	-	GDÇL ₀ : "Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası bulunmakta	0,0000
			GDÇL ₁ : "Dikkat Hemzemin Geçit Döğük Çal" levhası bulunmamakta	0,2556
	Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri (YYTİ)	-	YYTİ ₀ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksiksiz	0,0000
			YYTİ ₁ : Yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri eksik	1,9383

Çizelge D.1 (devam) : HEGEDEM hiyerarşisi ve kriter nihai ağırlıkları özet çizelgesi.

Ana kriterler	Birincil alt kriterler	İkincil alt kriterler	Kategorik/Koşulsal kriterler	Kriterlerin nihai ağırlıkları (K _i)
Yaklaşım yolu ve geçit bölgesi boyutları ile ilgili faktörler	Geçit açıklığı (A)	-	A ₁ : $A \leq 5$ m	0,0540
			A ₂ : $5 \text{ m} < A \leq 10$ m	0,1821
			A ₃ : $10 \text{ m} < A \leq 15$ m	0,4834
			A ₄ : $15 \text{ m} < A$	1,1429
	Yaklaşım yolu genişliği	Şerit genişliği tanzimi (ŞGT)	ŞGT ₀ : Şerit genişliği tanzimi yapılmış veya gerekli değil	0,0000
			ŞGT ₁ : Şerit genişliği tanzimi yapılmamış	0,3810
		Refüj veya beton korkuluk uygulaması (RBU)	RBU ₀ : Refüj/beton korkuluk uygulanmış veya gerekli değil	0,0000
			RBU ₁ : Refüj veya beton korkuluk uygulanmamış	0,7619
	Geçidin kestiği hat adedi (KHA)	-	KHA ₁ : $KHA < 2$	0,2857
			KHA ₂ : $2 \leq KHA$	2,2858
Kaza geçmişi faktörü	Kaza sayısı (KSAY)	-	KSAY ₀ : $KSAY = 0$	0,0000
			KSAY ₁ : $0 < KSAY \leq 2$	0,0833
			KSAY ₂ : $2 < KSAY < 5$	0,4025
			KSAY ₃ : $5 \leq KSAY$	1,3808
	Kaza sonuçları	Ölü sayısı (ÖS)	ÖS ₀ : $\bar{ÖS} = 0$	0,0000
			ÖS ₁ : $0 < \bar{ÖS} \leq 2$	0,0654
			ÖS ₂ : $2 < \bar{ÖS} < 5$	0,3161
			ÖS ₃ : $5 \leq \bar{ÖS}$	1,0845
		Yaralı sayısı (YS)	YS ₀ : $YS = 0$	0,0000
			YS ₁ : $0 < YS \leq 2$	0,0124
			YS ₂ : $2 < YS < 5$	0,0599
			YS ₃ : $5 \leq YS$	0,2055
		Maddi hasarlı kaza sayısı (MKS)	MKS ₀ : $MKS = 0$	0,0000
			MKS ₁ : $0 < MKS \leq 2$	0,0055
			MKS ₂ : $2 < MKS < 5$	0,0265
			MKS ₃ : $5 \leq MKS$	0,0908

EK E: Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (HEGES)–İyileştirilmiş (muhayyel)
Hemzemin Geçit Emniyet İndeksi (İHEGES) hesaplamaları ve değerlendirmeler
(Arka kapakta yer alan CD içeriğinde bulunmaktadır).

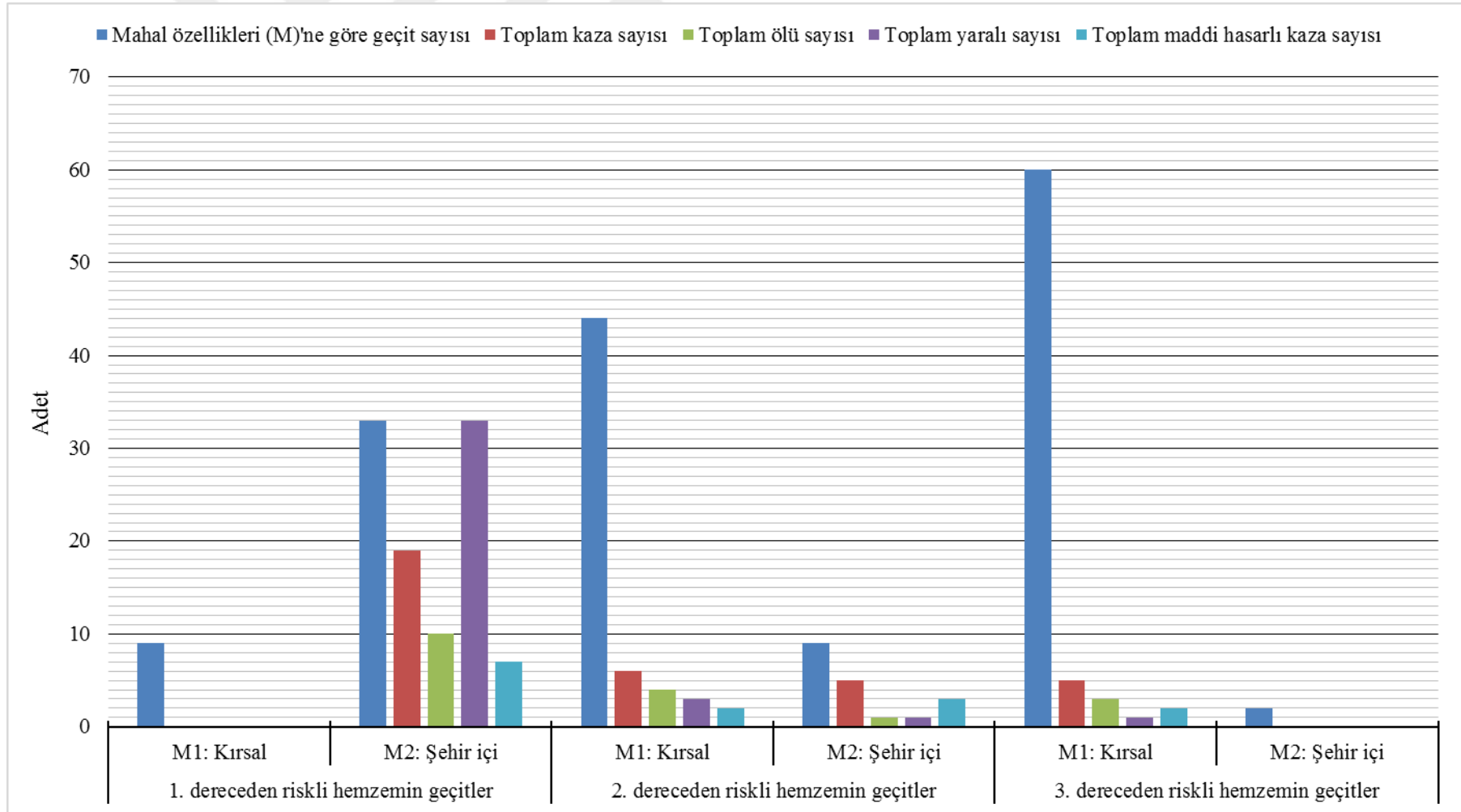


EK F: Hemzemin geçitlerin emniyet düzeylerine/HEGES bazlı inceleme ve tedbir öncelik sıralarına göre zellikleri (Arka kapakta yer alan CD içeriğinde bulunmaktadır).

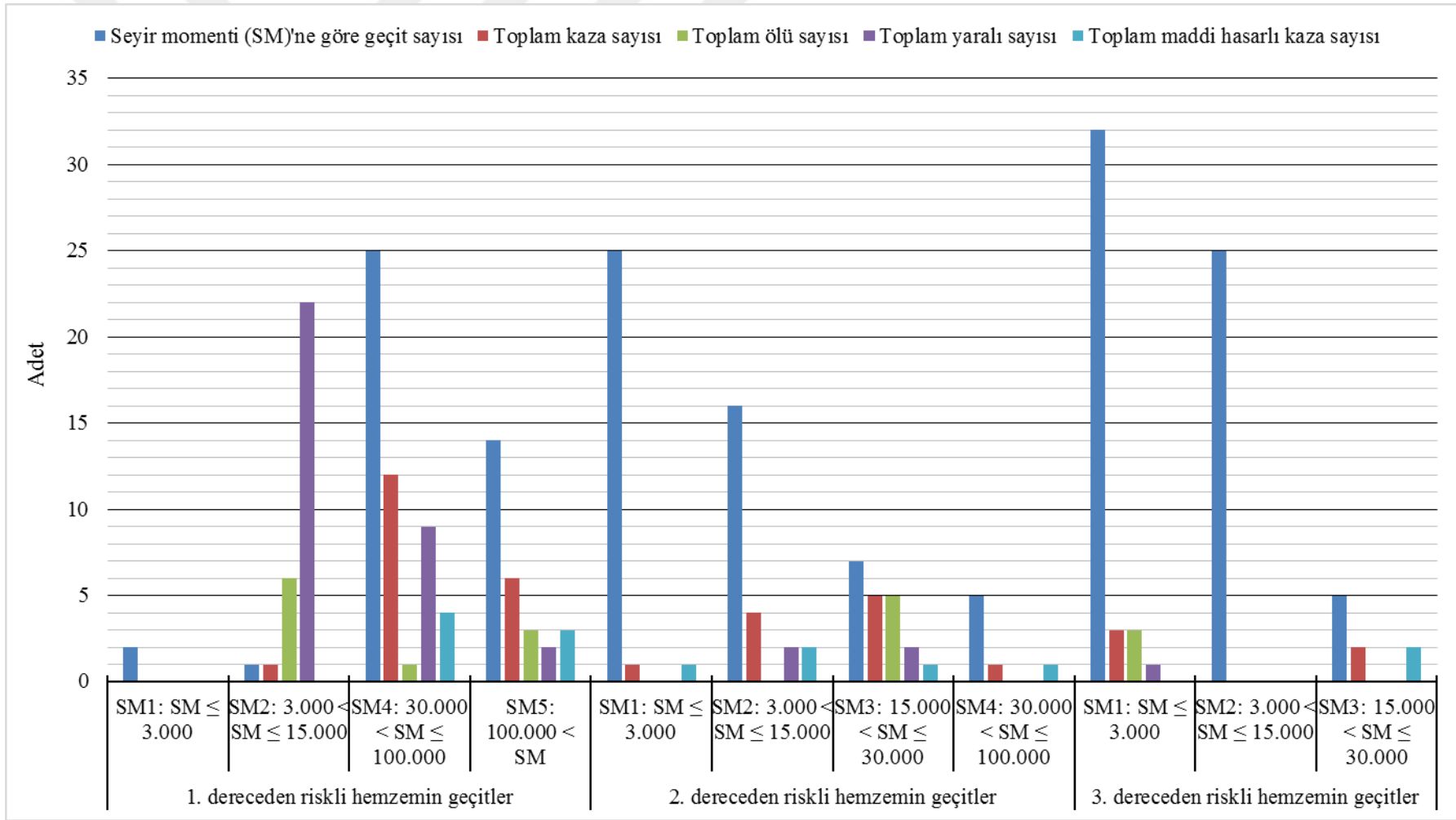


EK G: Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçit emniyet faktörü gruplanmaları

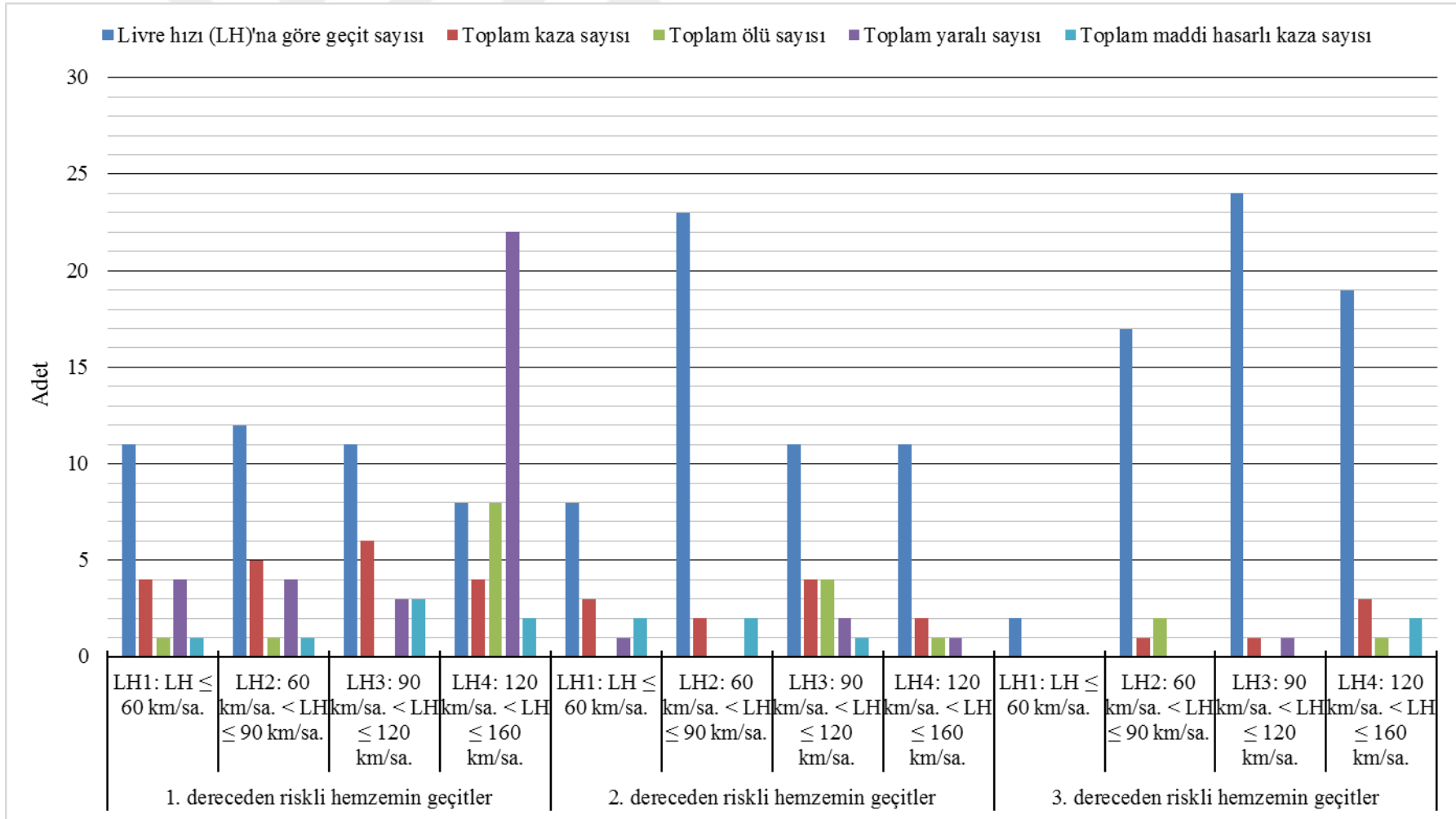




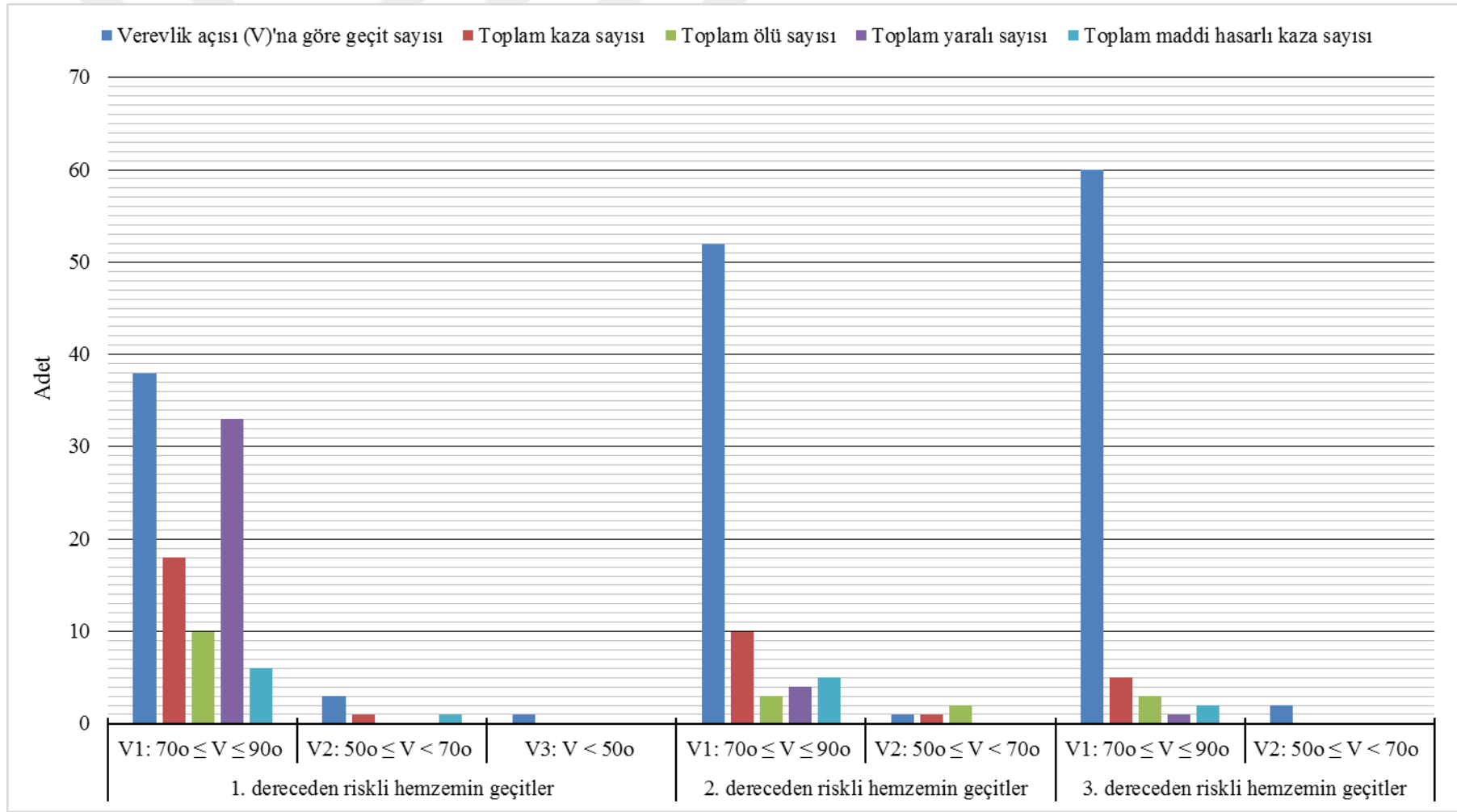
Şekil G.1 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin mahal özellikleri.



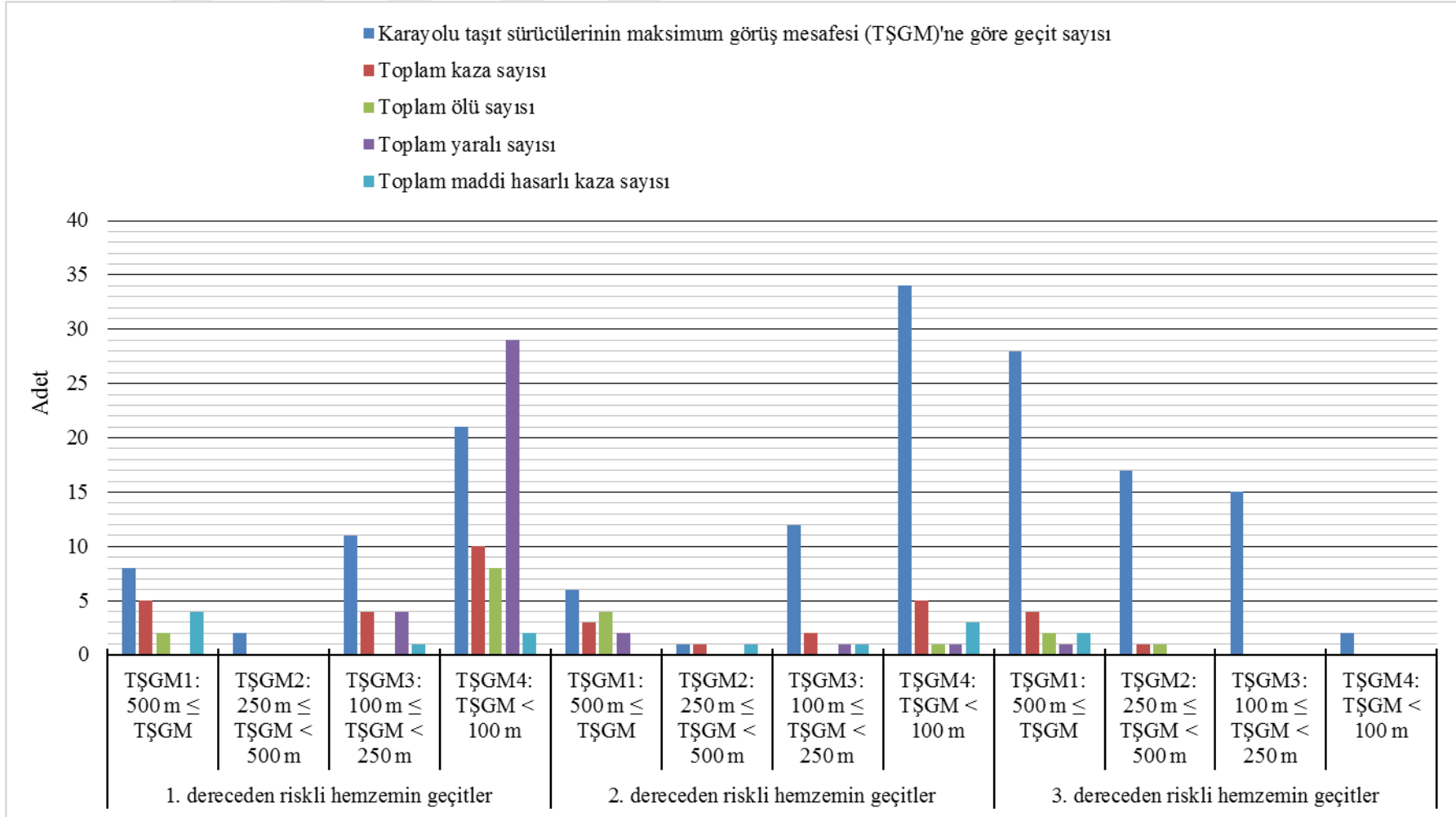
Şekil G.2 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin seyir momenti özellikleri.



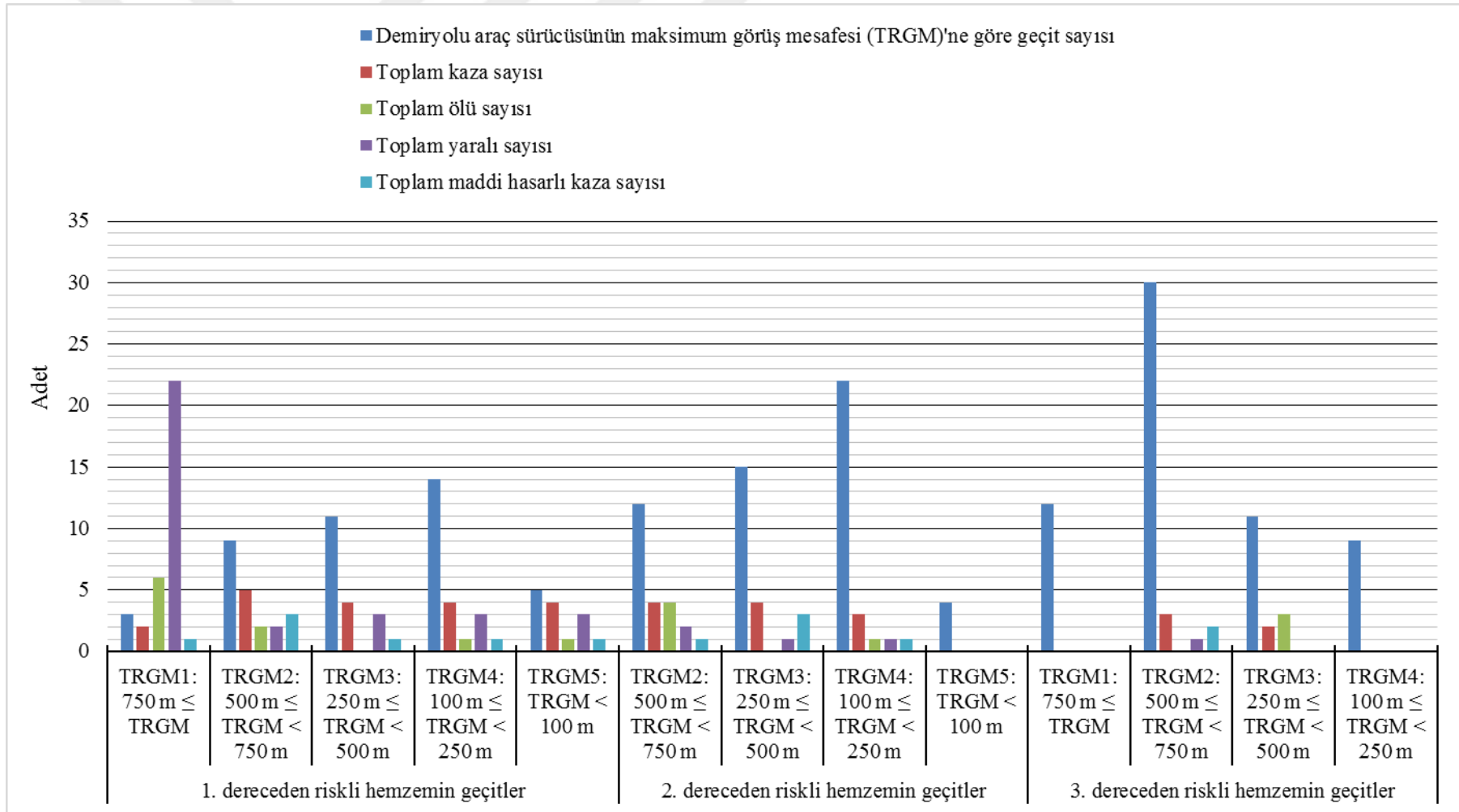
Şekil G.3 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin livre hızı özellikleri.



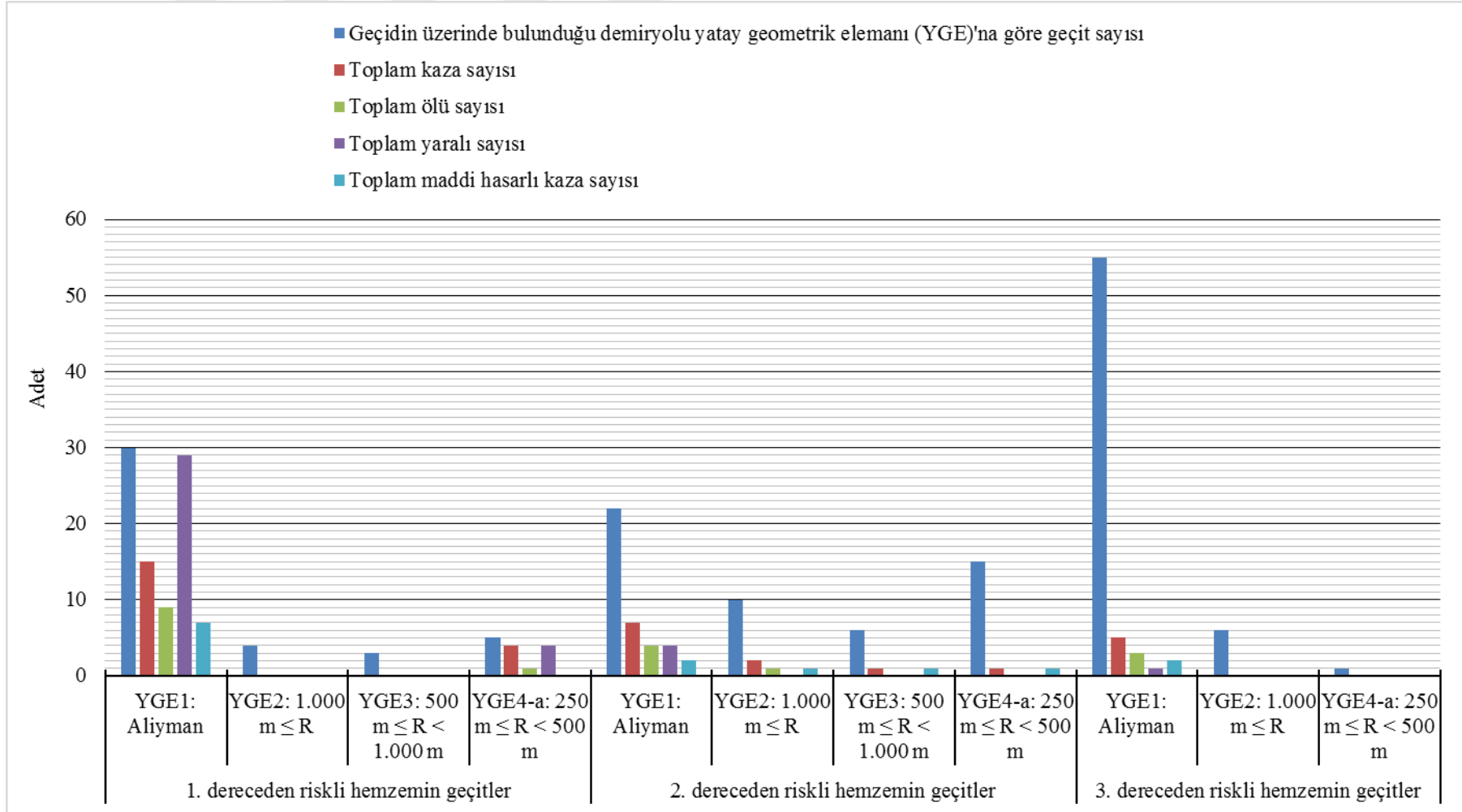
Şekil G.4 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin verevlik açısı özellikleri.



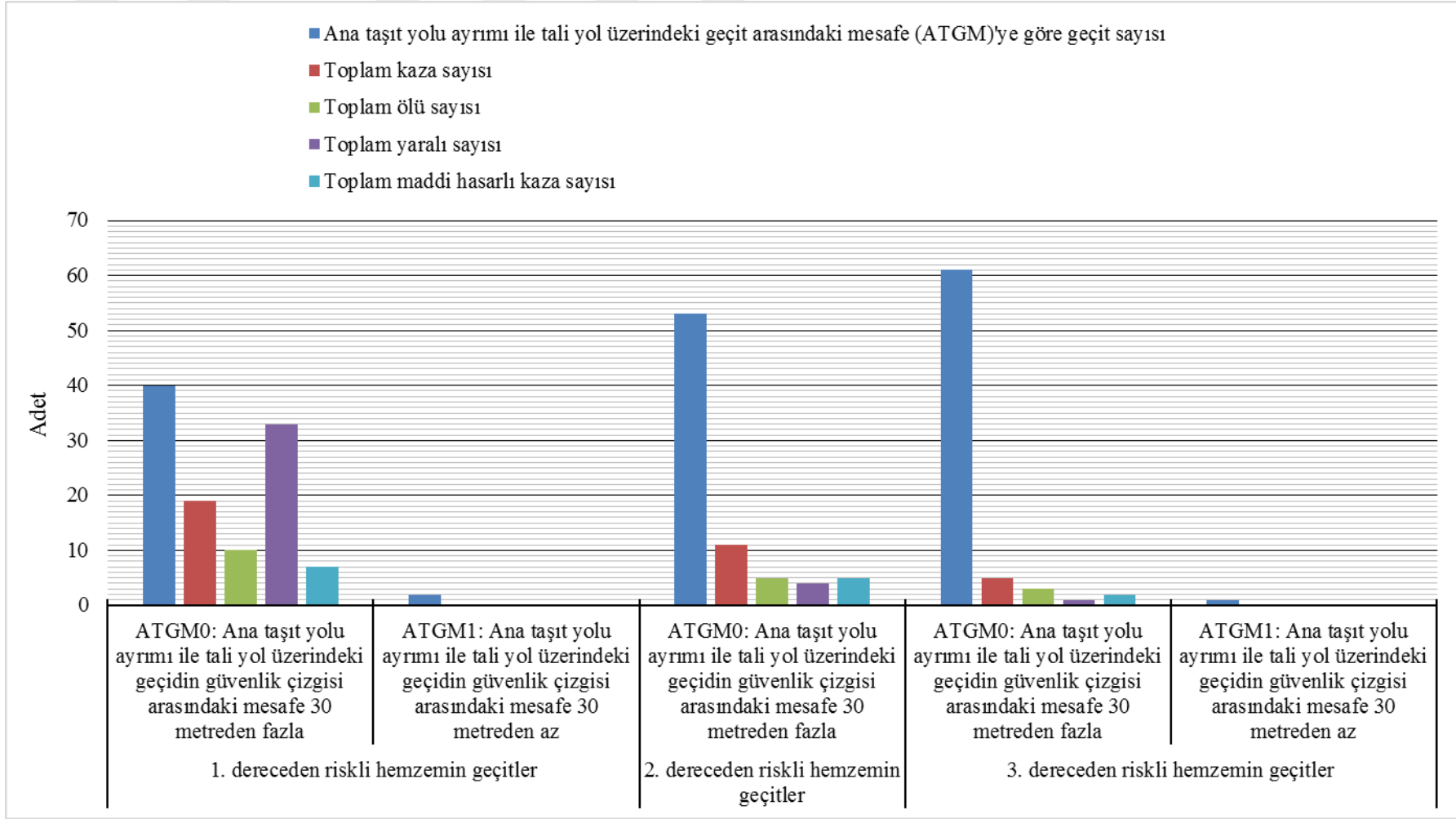
Şekil G.5 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin karayolu tarafından görüş özellikleri.



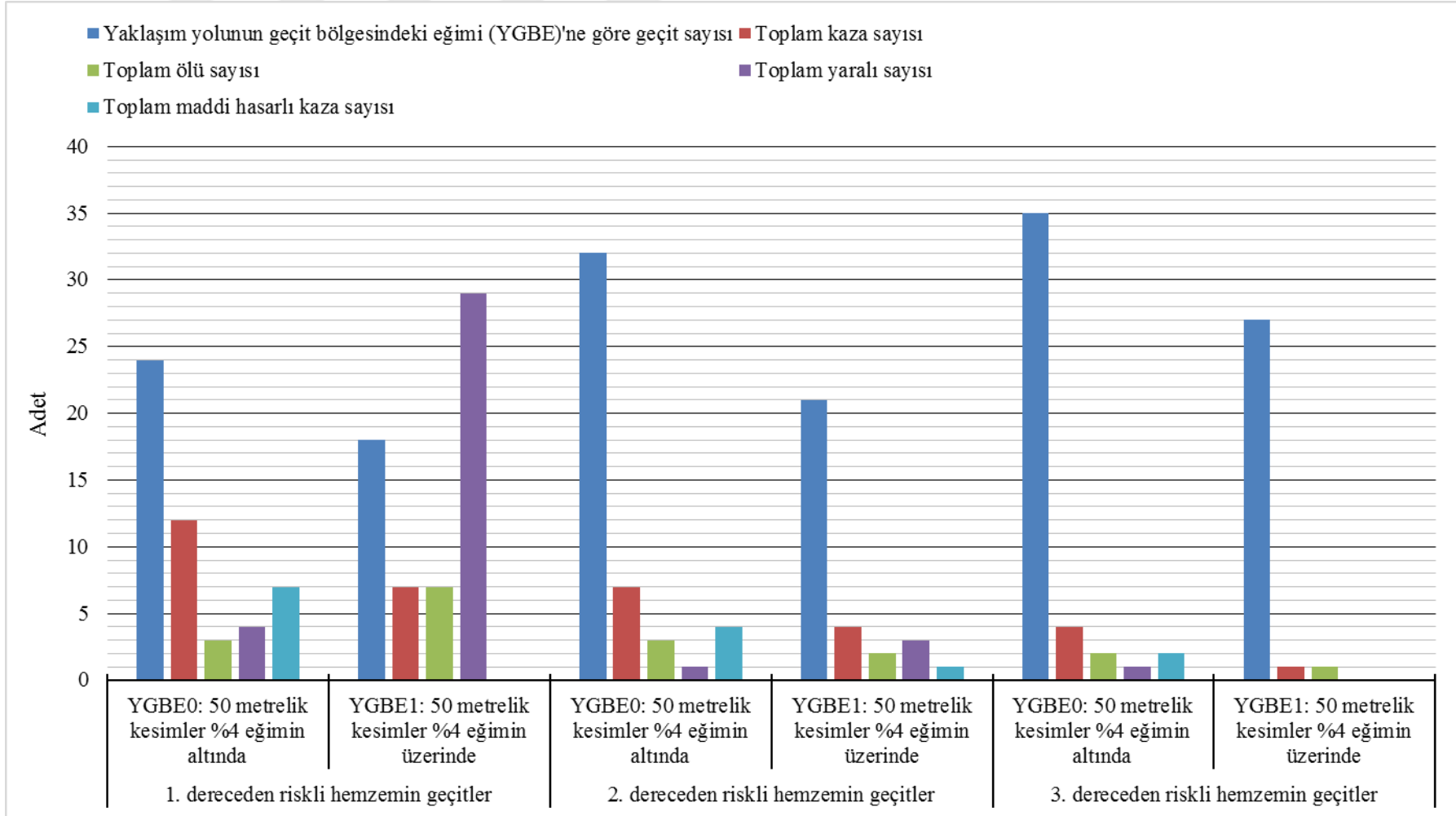
Şekil G.6 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin demiryolu tarafından görüş özellikleri.



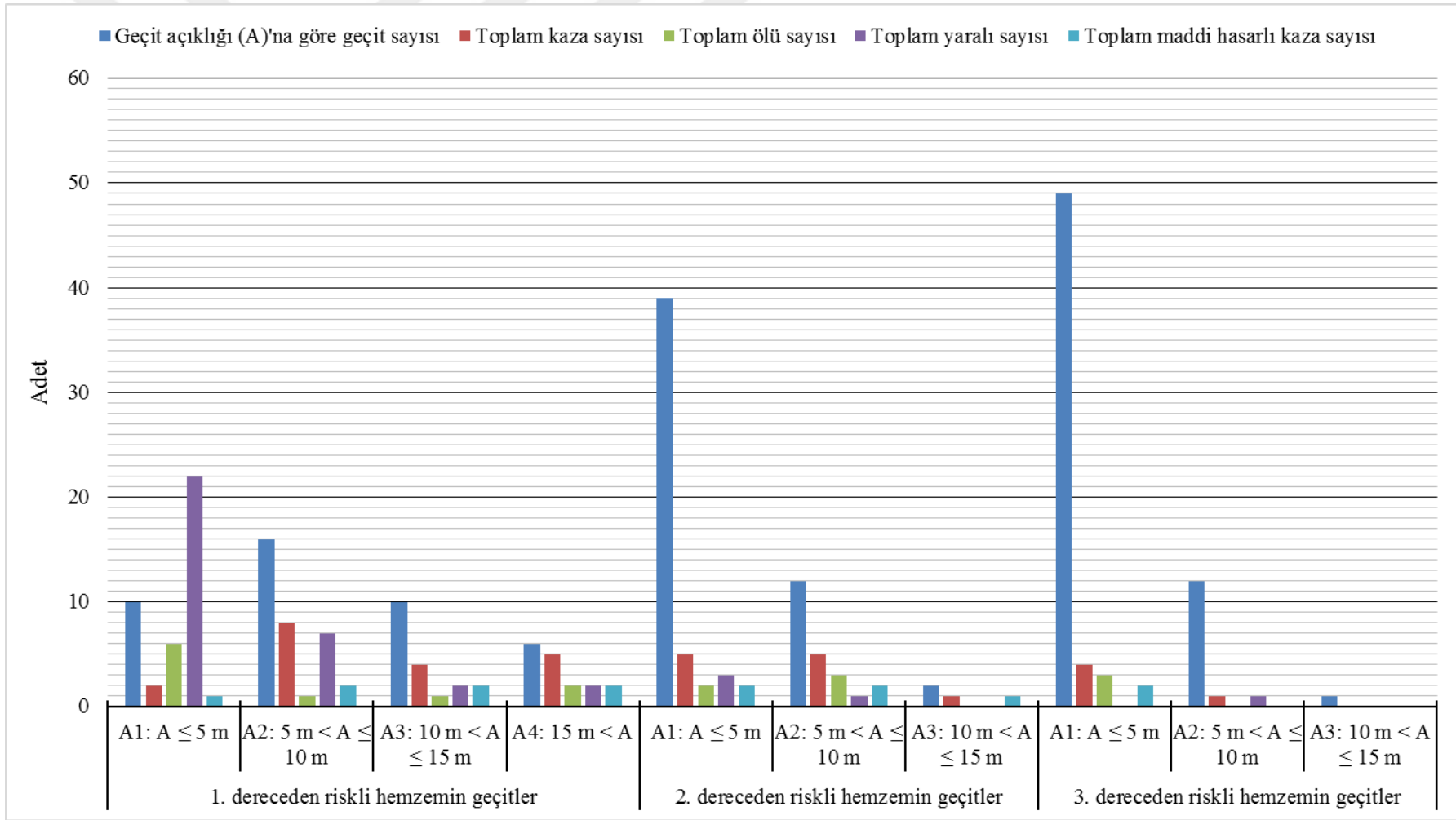
Şekil G.7 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin üzerinde bulunduğu demiryolu yatay geometrik elemanı özellikleri.



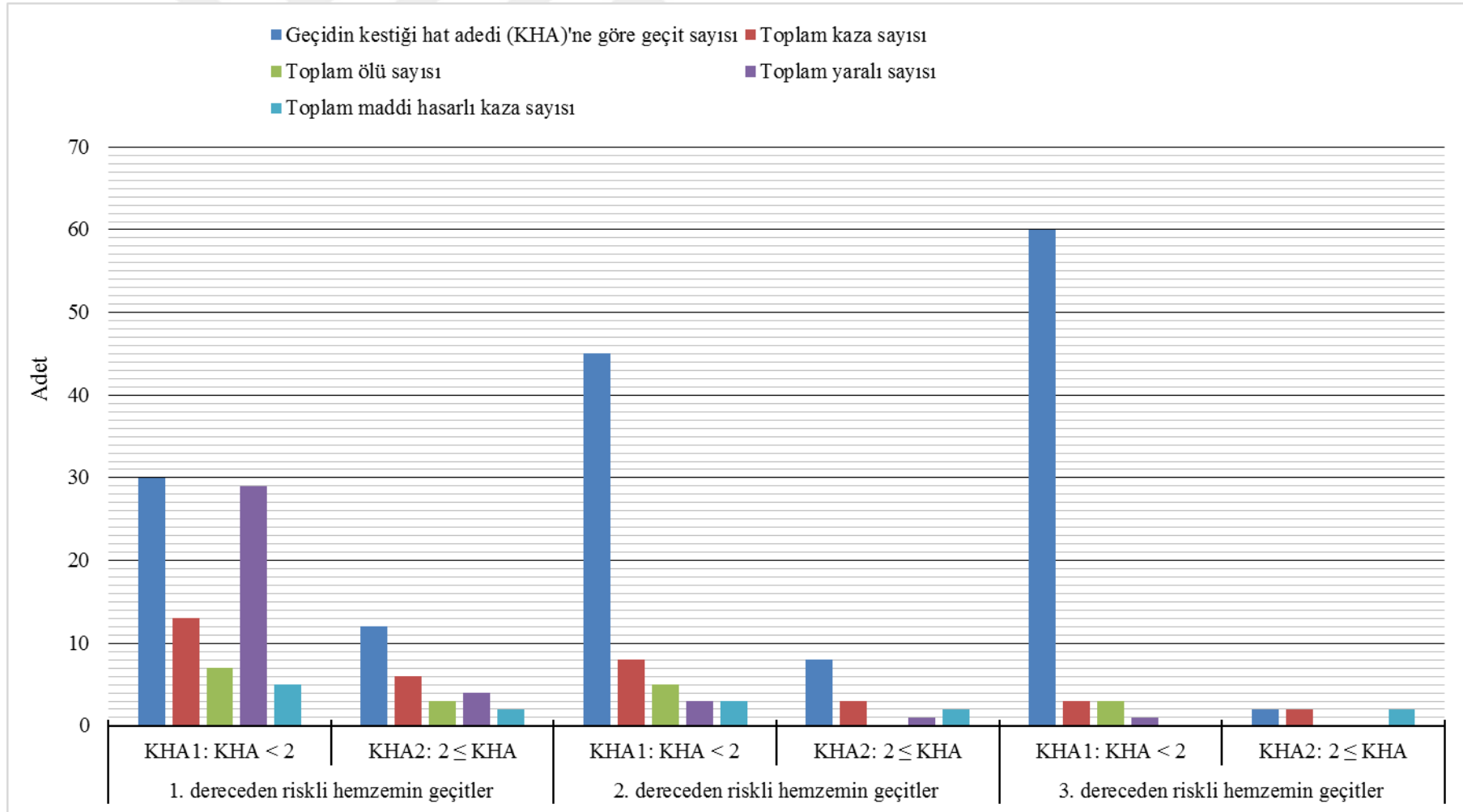
Şekil G.8 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin anayol–tali yol kesişimine yakınlık özellikleri.



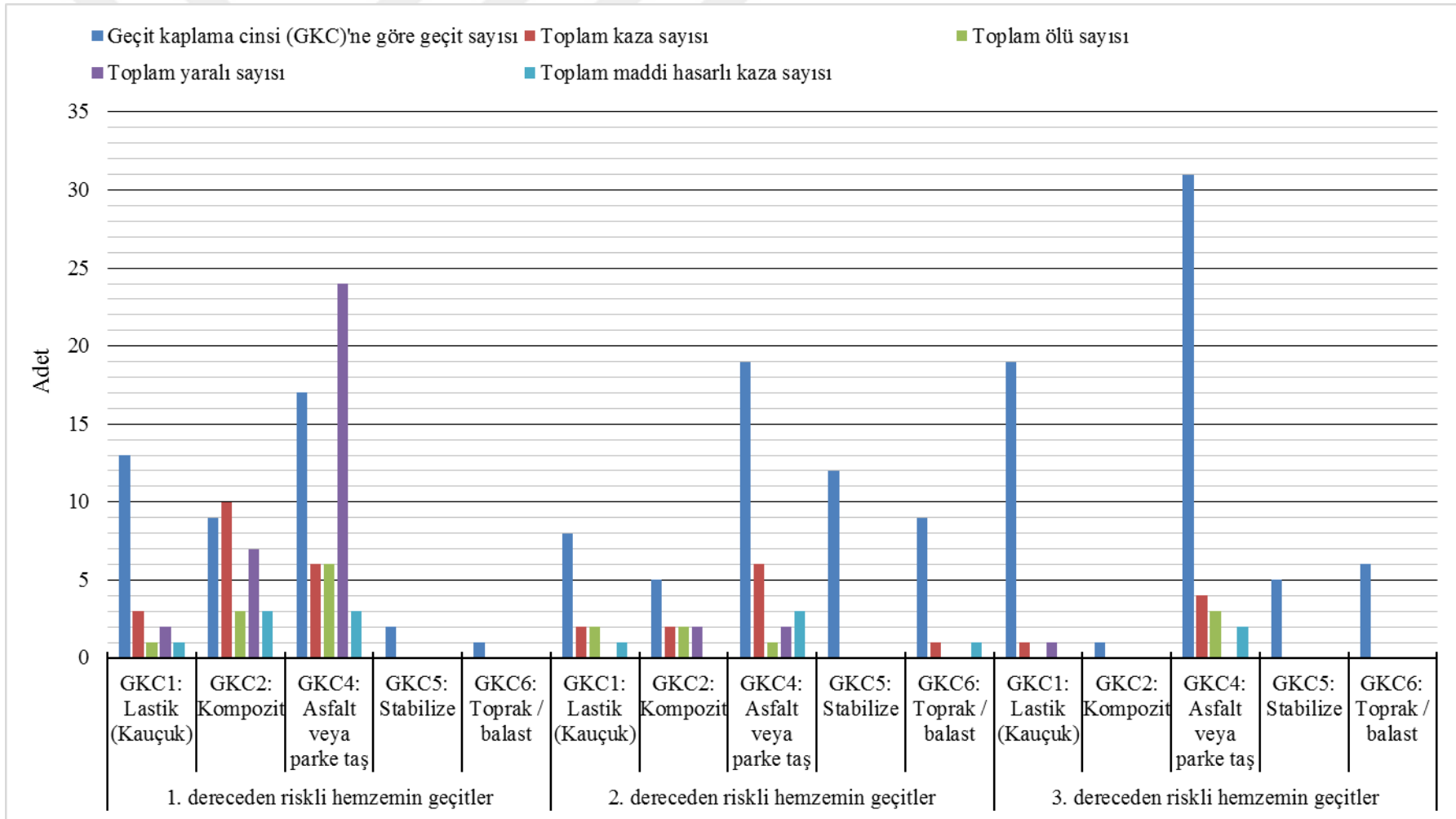
Şekil G.9 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu eğimi özellikleri.



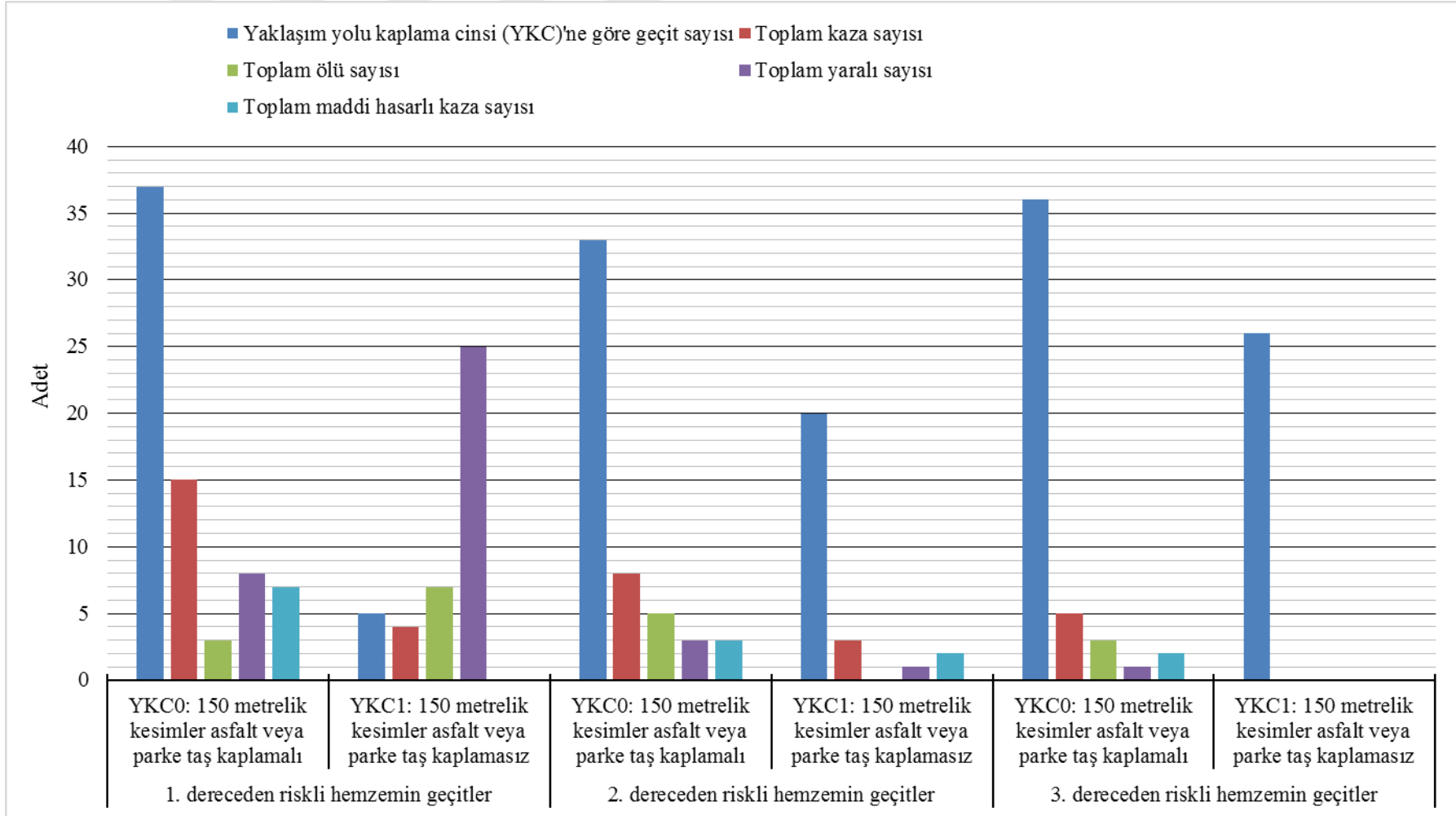
Şekil G.10 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit açıklığı özellikleri.



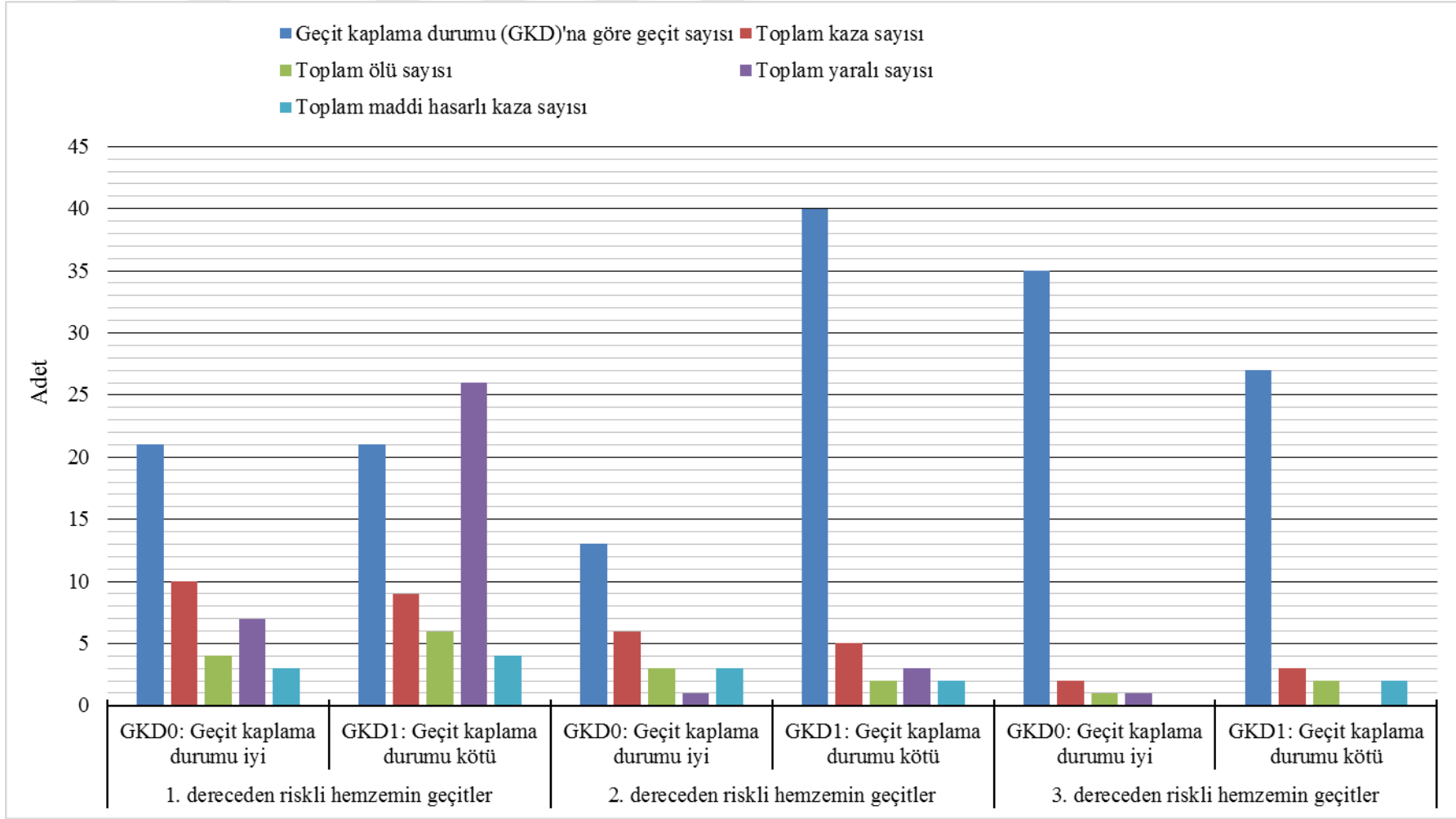
Şekil G.11 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin kestiği hat adedi özellikleri.



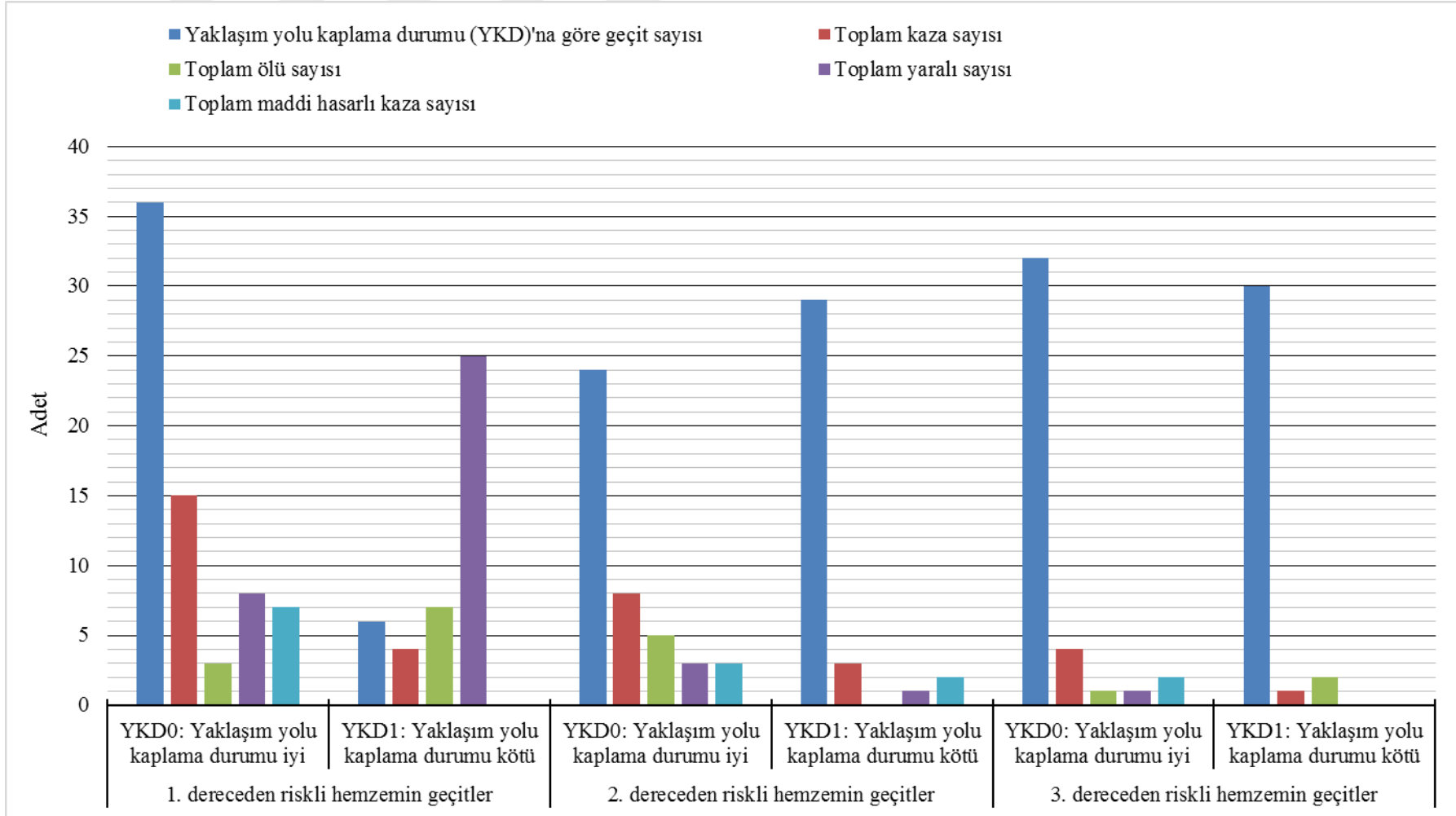
Şekil G.12 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit kaplama cinsi özellikleri.



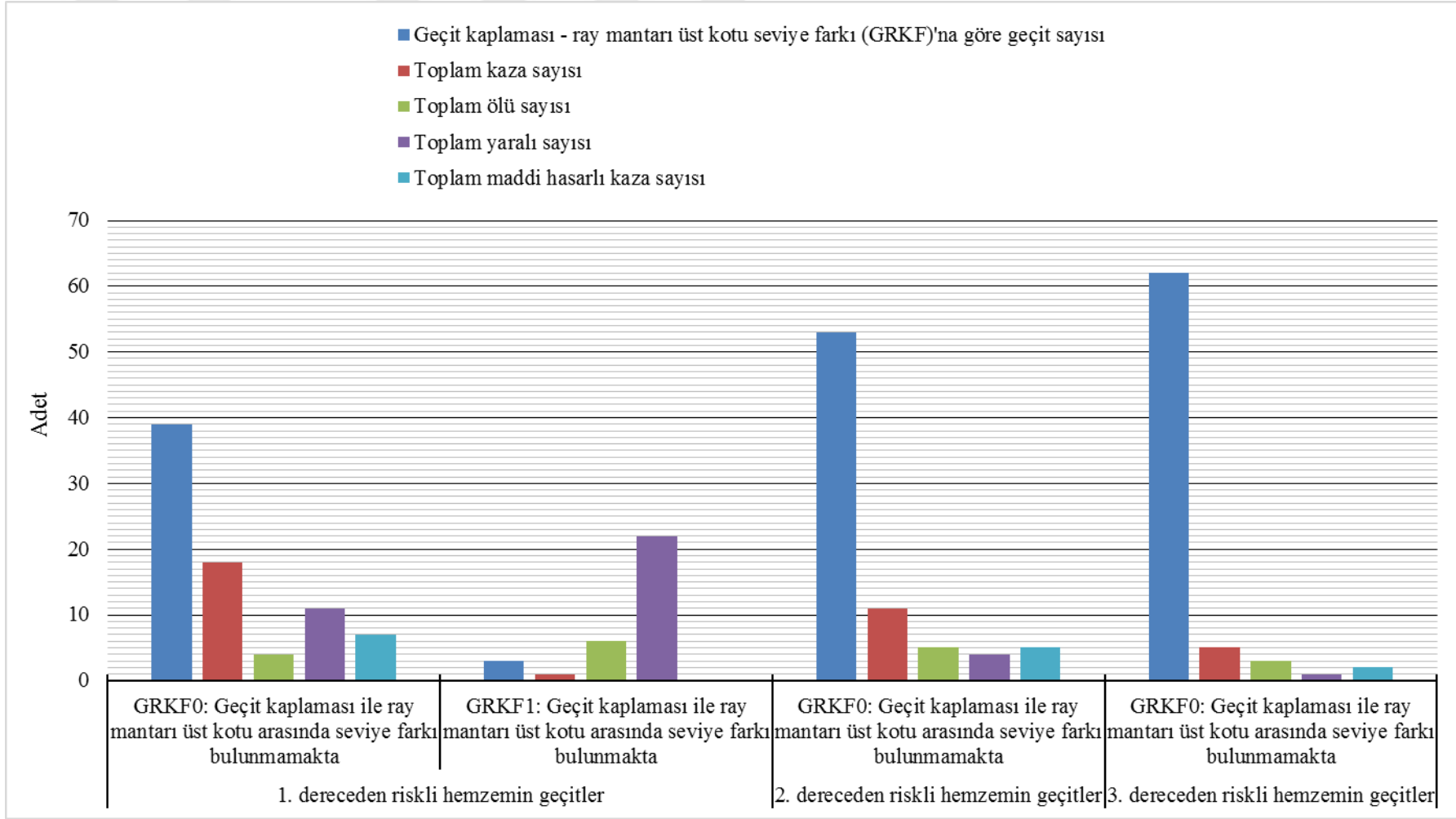
Şekil G.13 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu kaplama cinsi özellikleri.



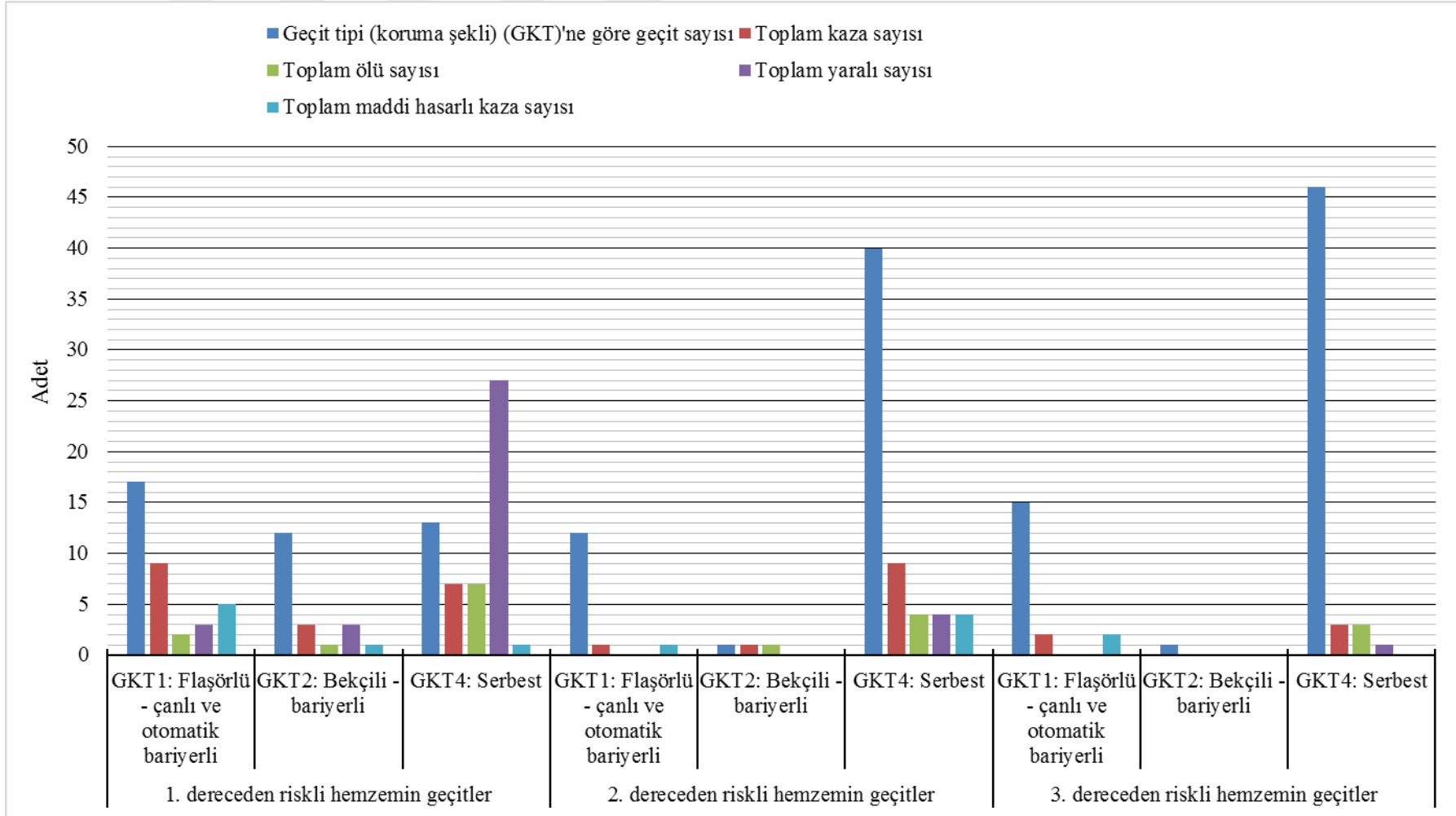
Şekil G.14 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit kaplama durumu özellikleri.



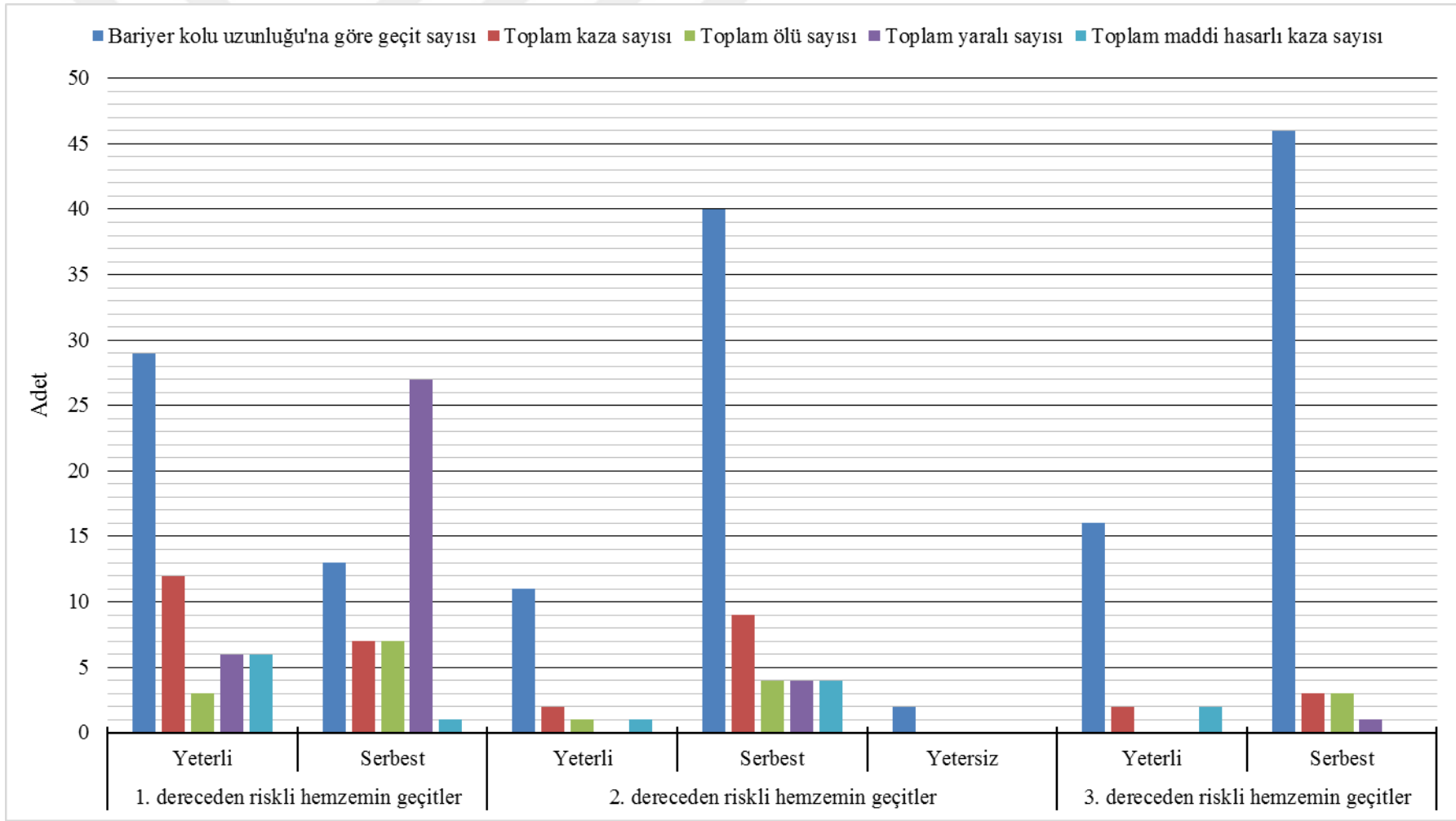
Şekil G.15 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu kaplama durumu özellikleri.



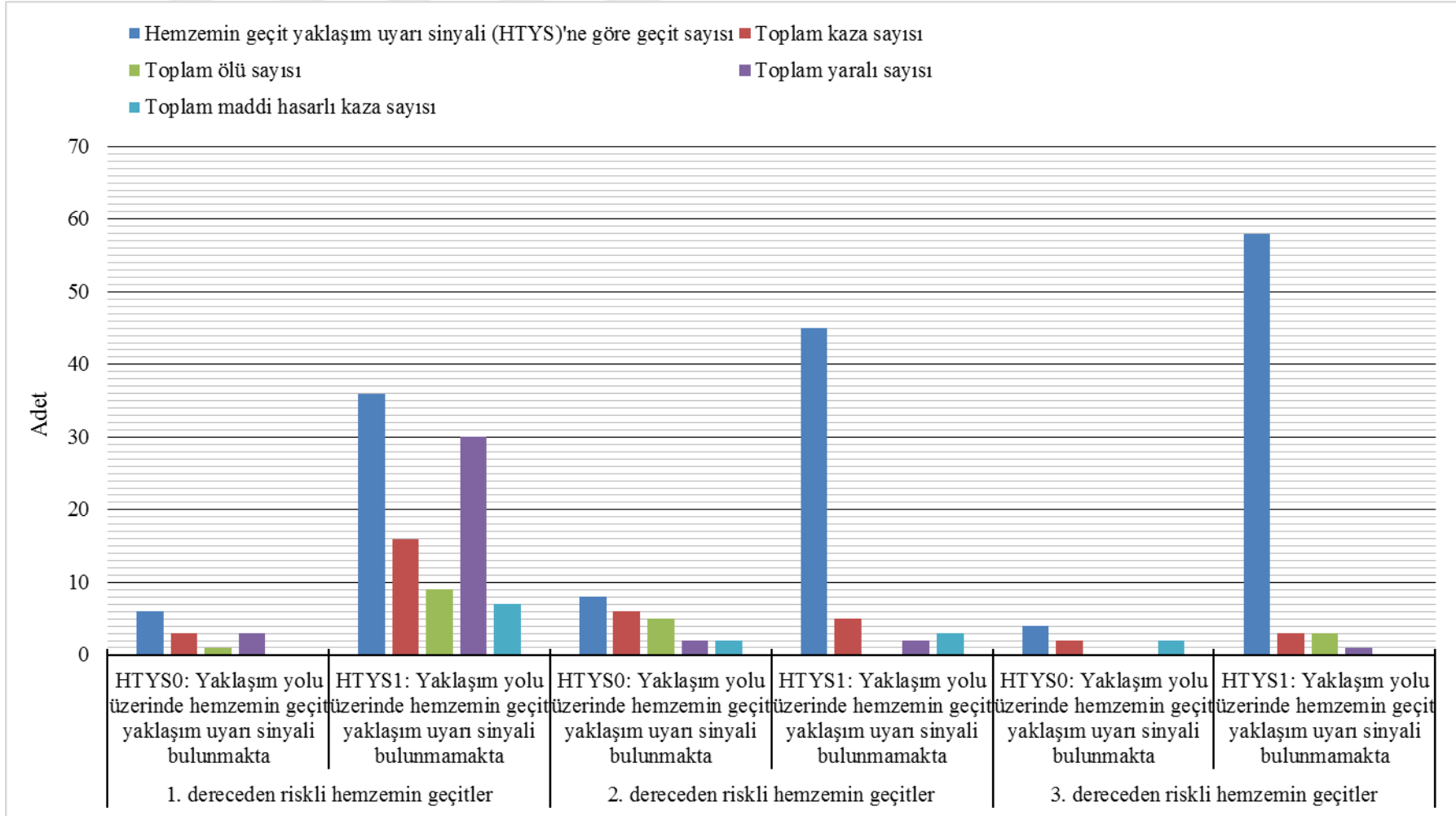
Şekil G.16 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit kaplaması–ray mantarı üst kotu seviye farkı özellikleri.



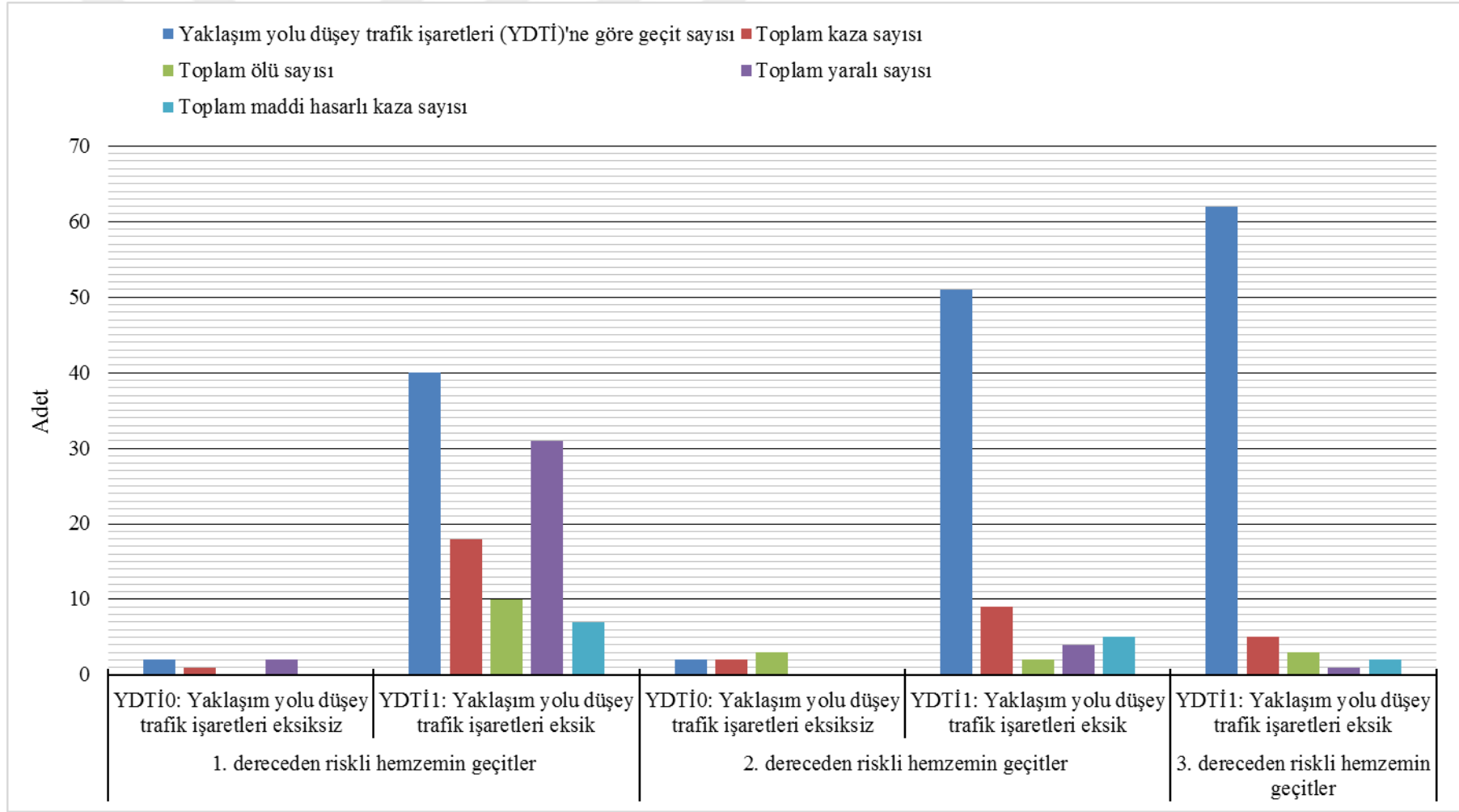
Şekil G.17 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin geçit tipi (koruma sistemi) özellikleri.



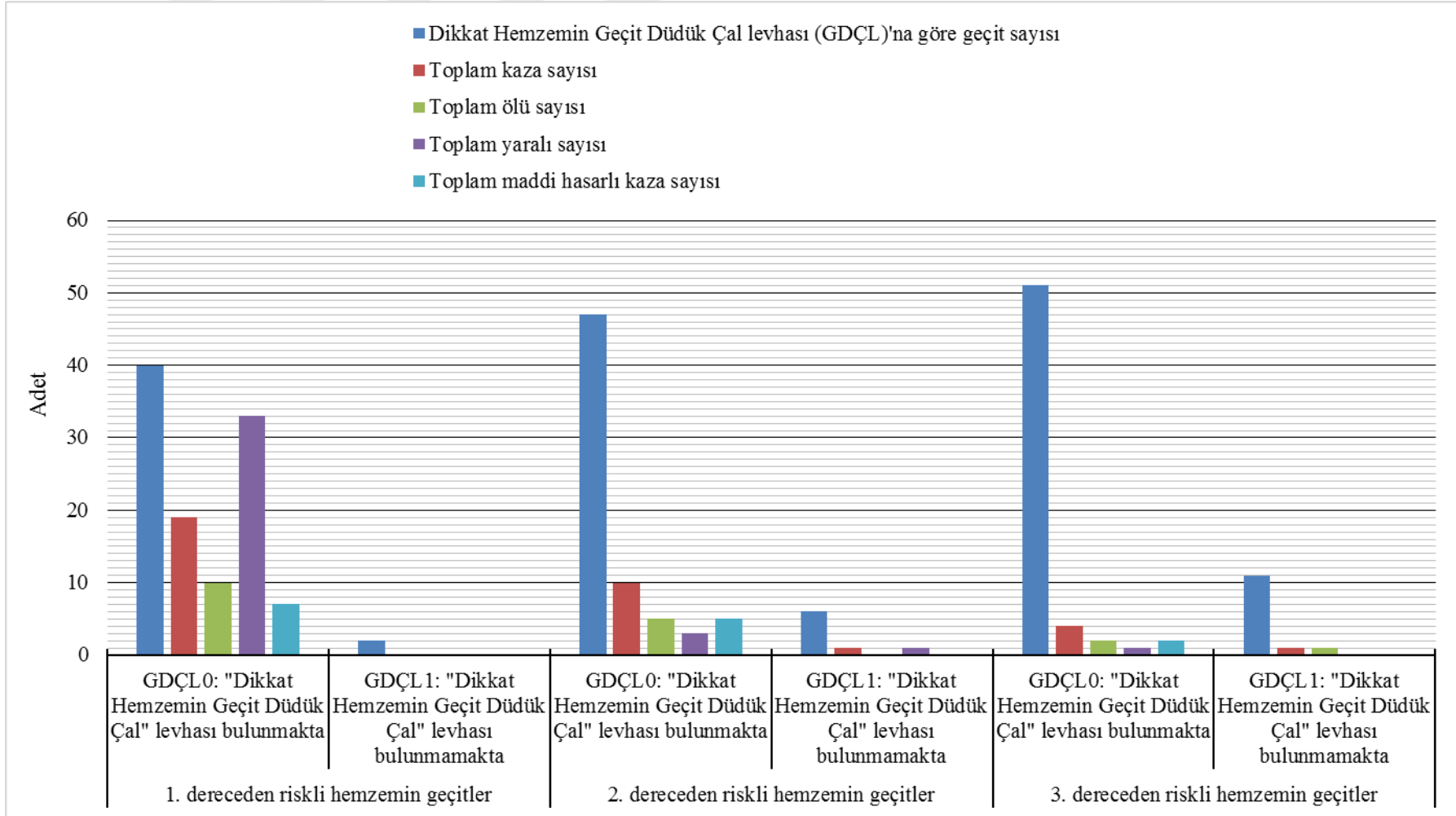
Şekil G.18 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin bariyer kolu uzunluğu özellikleri.



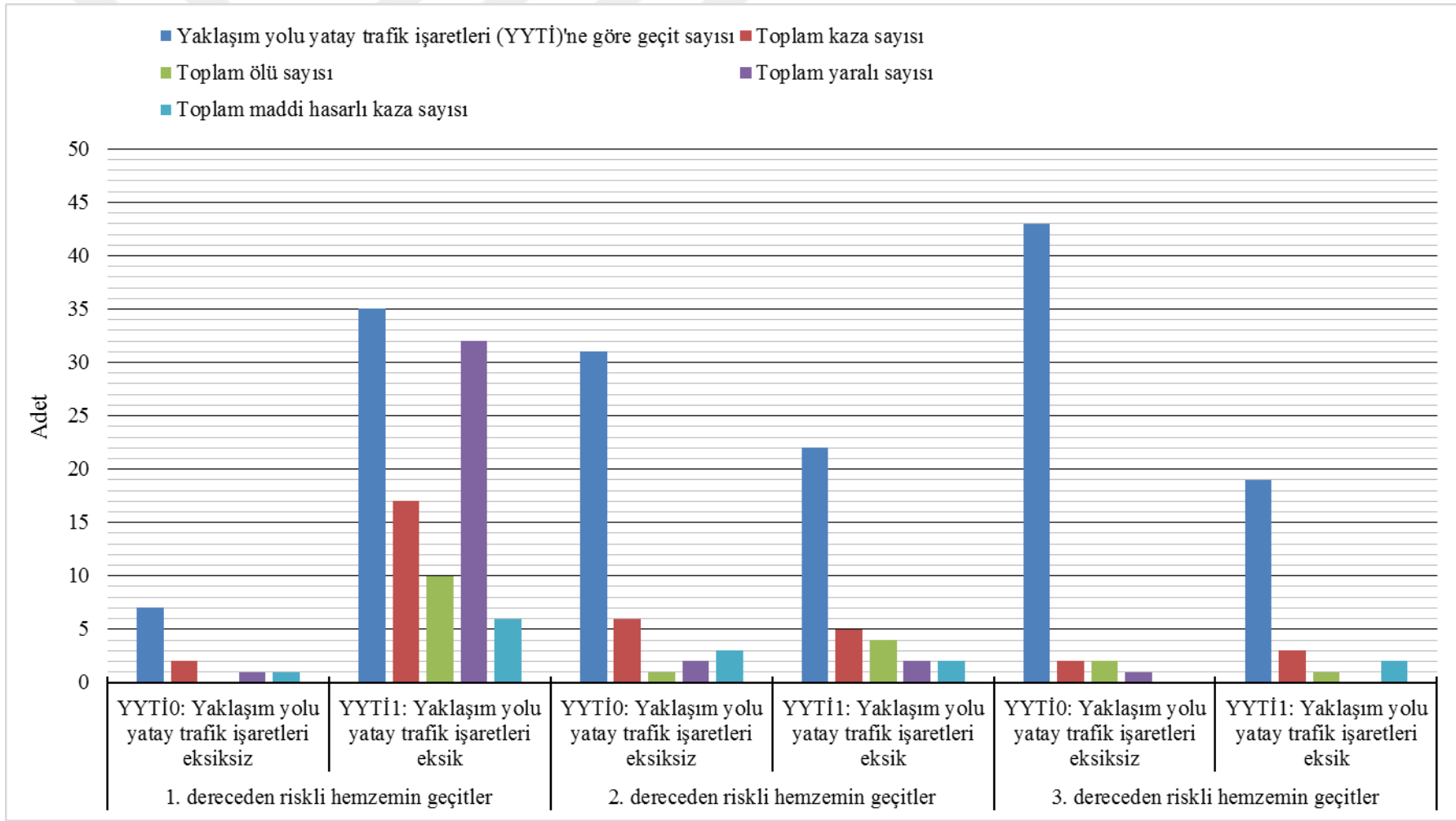
Şekil G.19 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu uyarı sinyali özellikleri.



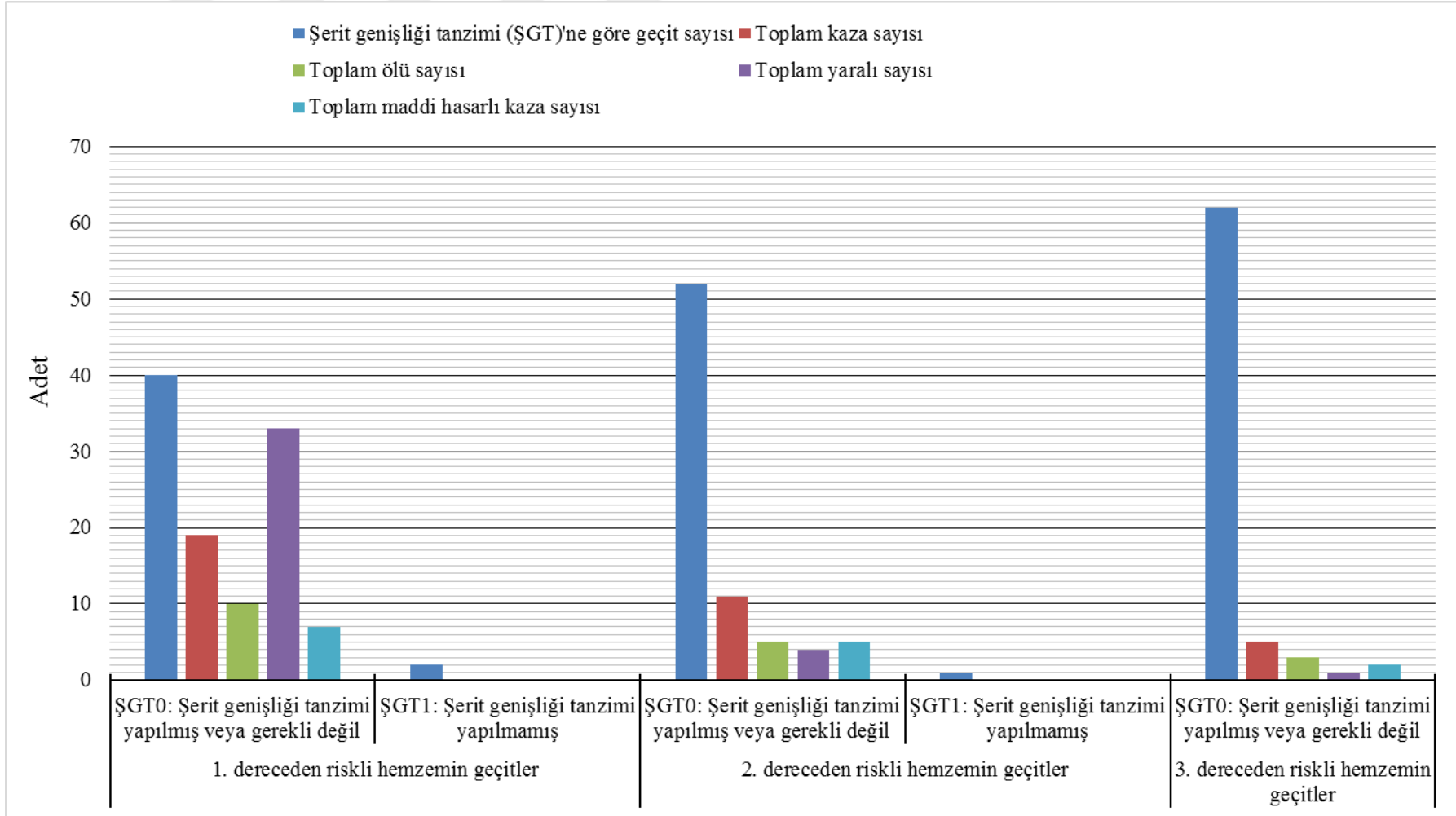
Şekil G.20 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu düşey trafik işaretleri özellikleri.



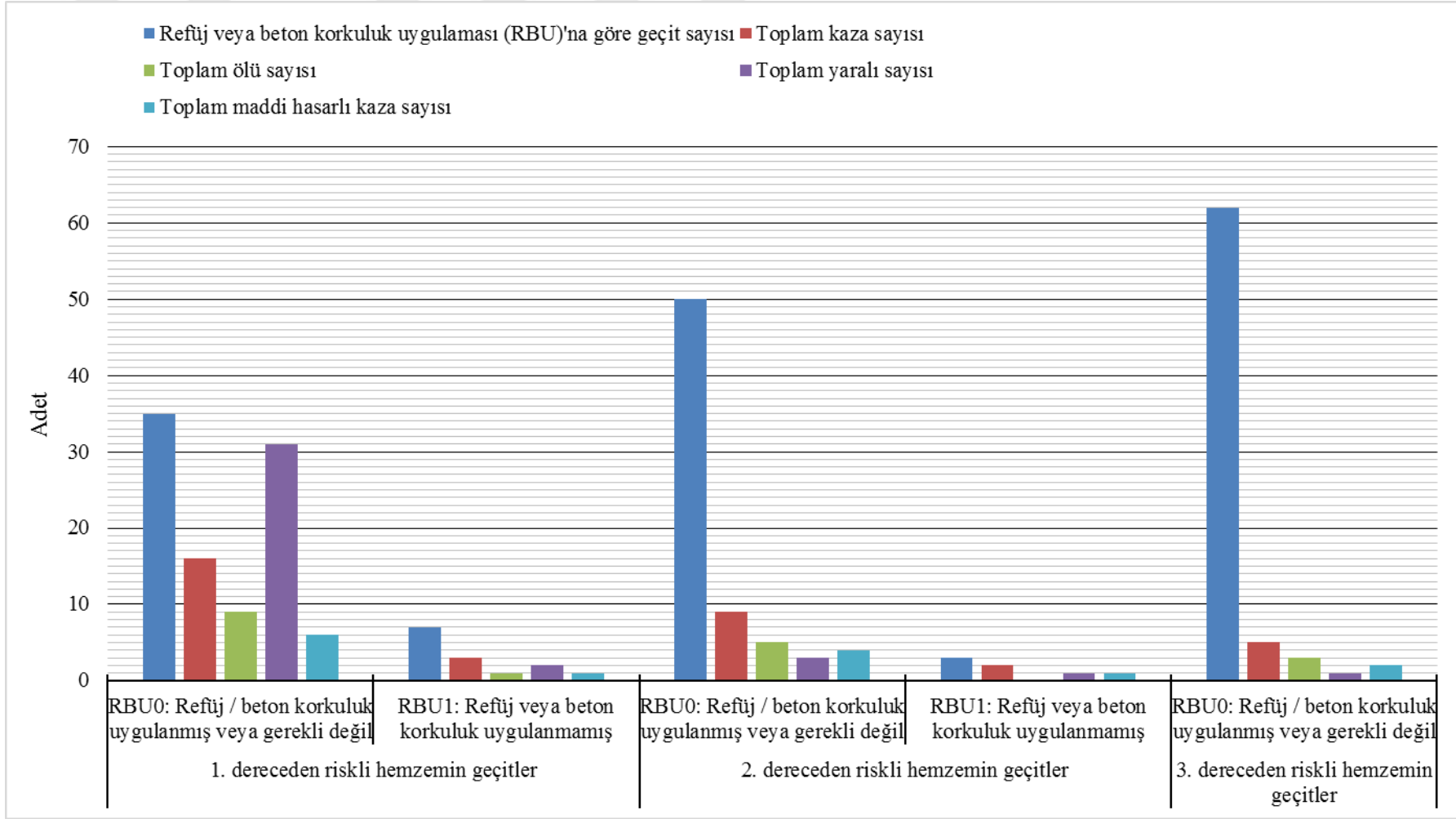
Şekil G.21 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin “Dikkat Hemzemin Geçit Düdük Çal” levhası özellikleri.



Şekil G.22 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin yaklaşım yolu yatay trafik işaretleri özellikleri.



Şekil G.23 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin şerit genişliği tanzimi özellikleri.



Şekil G.24 : Emniyet düzeylerine göre hemzemin geçitlerin refüj/beton korkuluk uygulaması özellikleri.

EK H: HEGEDEM uygulama adımları ve gelecek uygulamalar (Arka kapakta yer alan CD içeriğinde bulunmaktadır).





ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Gökhan BAYAZIT
Doğum Tarihi ve Yeri : Kayseri/07.04.1990
E-posta : gokhan.bayazit@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İTÜ, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

