



Hemzemin Geçitlerin Geometrik Tasarım Açısından Risk Değerlendirme Modeli

Cevat Özarpa¹, Bahadır Furkan Kınacı^{2*}, İsa Avcı³

¹ Makine Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1195-2344), cevatozarpa@karabuk.edu.tr

^{2*} Raylı Sistemler Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6872-2630), furkankinaci@karabuk.edu.tr

³ Bilgisayar Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7032-8018), isaavci@karabuk.edu.tr

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1082518)

ATIF/REFERENCE: Özarpa, C., Kınacı, B.F. & Avcı İ. (2022). Hemzemin Geçitlerin Geometrik Tasarım Açısından Risk Değerlendirme Modeli. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 787-792.

Öz

Gelişen raylı sistem yapısı ile güvenli ve hızlı alt yapı sistemleri önem kazanmıştır. Alt yapı sistemlerinden olan hemzemin geçitler, meydana gelebilecek kazaların olumsuz etkileri nedeni ile önem verilen ve dünya üzerinde ciddi çalışmalar yapılan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Raylı sistem işletmeleri, hemzemin geçit tasarımlarını coğrafi yapı, hat kapasiteleri, insanların farkındalık düzeyleri, sistem teknoloji düzeyleri gibi detaylara göre özel olarak ele alınırlar. Türkiye’de hemzemin geçit kurulacak olan bölgenin, tren seyir hızı ve seyir momenti değeri hemzemin geçitin açılıp açılmayacağını veya türünü belirlemek için kullanılan temel hesaplamadır. Geometrik tasarım yapıları raylı sistem ve kara yolu taşıtlarının seyir hızları, görüş açıları, yolların kesişim yapıları, geçitlerin bağlantı geometrisi, uyarı ekipmanı mesafeleri ve durma noktası benzeri detayları incelemektedir. Hemzemin geçitlerin güvenli hizmet vermesi için, ISO 31000:2009 risk yönetimi standardında göre oluşturulan ve alanda kabul edilmiş bir yönetim modeli olan ALCAM modeline göre risk değerlendirme yapısı kullanılmaktadır. Bu çalışmada ilgili kabuller incelenerek ortak değerlendirmeye imkân sağlayan, geometrik tasarım ve bu tasarımın güvenliğinin oluşturulabilmesi için risk modeli önerisi ortaya konulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Raylı Sistem, Alt Yapı, Hemzemin Geçit, Geometrik Tasarım, Risk Değerlendirme

Risk Assessment Model of Grade Crossings in Terms of Geometric Design

Abstract

With the developing rail system structure, safe and fast infrastructure systems have gained importance. Grade crossings, which are one of the infrastructure systems, appear as an area that is given importance due to the negative effects of accidents that may occur, and serious studies are carried out in the world. Rail system operators, deal with grade crossing designs according to details such as geographical structure, line capacities, people's awareness levels, system technology levels. The train cruising speed and cruising moment value of the area where the grade crossing will be established is the basic calculation used to determine whether the grade crossing can be opened or not. Geometric design structures examine the cruising speed of rail and road vehicles, viewing angles, intersection structures of roads, connection geometry of crossings, warning equipment distances and stopping points. For the grade crossings created to be safe, a risk assessment structure will be used according to ALCAM, a management model established in accordance with the ISO 31000:2009 risk management standard. In this study, by examining the relevant standards, a geometric design and a risk model proposal will be put forward to create the security of this design, which allows for joint evaluation.

Keywords: Rail System, Infrastructure, Grade Crossing, Geometric Design, Risk Assessment

1. Giriş

Raylı ulaşım sistemleri, araçların güvenli bir şekilde seyahat edebilmesi için uygun araç hareketini sağlayacak yapılara ihtiyaç duymaktadır. Bu yapılar temel olarak; altyapı ve üst yapı sistemlerinden oluşmaktadır. Raylı ulaşım sistemlerinin önemli parametrelerinden biri de altyapı sistemleridir. Alt yapı sistemlerinden olan hemzemin geçitler; bekçili bariyerli hemzemin geçit, otomatik bariyer sistemli hemzemin geçit ve kontrolsüz (serbest) hemzemin geçit türlerinden meydana gelir. Hemzemin geçitler, can ve mal güvenliğini doğrudan etkileyen ve ciddi kazaların meydana gelebileceği alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğrultuda hem dünyada hem de ülkemizde hemzemin geçitlerin güvenliğini sağlamak için birçok çalışma yapılmaktadır. Hemzemin geçitlerin kullanımı yaşanabilecek problemlerden dolayı olabildiğince az sayıda tutularak, alt ve üst geçit yapıları ile taşımacılık sağlanmaya çalışılmaktadır. Alt ve üst geçitlerin maliyetleri ve uygulama güçlükleri nedeniyle hemzemin geçitlerin kullanılmaya devam edilmesini gerekli kılmıştır (TCDD, 1996; American Association of State Highway Officials, 2018; Brent D. Ogden, Chelsey Cooper, 2019).

Hemzemin geçitlerde güvenliğin sağlanması için birçok bileşenli karmaşık bir yapının oluşturulması gerekmektedir. Hemzemin geçitlerin güvenlik değerlendirilmesi yapılırken fiziksel konum, demiryolu ile karayolunun etkileşimi, kullanılacak uyarı ve ikaz işaretleri ve farkındalık düzeyi benzeri detaylar incelenir. Kurulacak olan hemzemin geçit türleri belirlenirken; tren seyir hızı ($V < 120$ km/h, 120 km/h $< V < 160$ km/h, $V > 160$ km/h) ve seyir momenti değeri (günlük hemzemin geçitten geçen tren sayısı ile karayolu aracı sayısının çarpımı) dikkate alınan en önemli parametrelerdendir (DB Netze, 2008; Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı, 2018).

Hemzemin geçitlerin uygulanması sırasında belirli temel durumları açıklamak için farklı kurumlar tarafından çeşitli standartlar, düzenlemeler, uygulama modelleri ve raporlar yayınlanmıştır. Çalışmamızda hemzemin geçitler için geometrik tasarımlar sağlanırken kullanılacak hesaplamalar için farklı modeller incelenecektir (Transport Canada, 2014; TCDD, 2017; Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı, 2015; A. Creber, 2004; Creber, Associates, 2003; Independent Transport Safety Regulator NSW, 2008; Queensland, 1999). İncelenen ve Türkiye'de uygulama alanı bulabilecek olan geometrik tasarıma sahip öneri yapısı oluşturularak, hemzemin geçitlerdeki önemli potansiyel risklerin belirlenmesi ve yükseltmesi için uygulanan bir model olan Avustralya hemzemin geçit değerlendirme modeline (ALCAM) göre risk değerlendirme yapısı oluşturulacaktır (ALCAM, 2007; ALCAM, 2009; Baker Ross, Kieran Helm, 2011; ARRB Transport Group, 2011; ARRB Transport Group, 2009; ARRB

Transport Group, 2010; Hughes Peter, 2002; Meiers Simon, 2012; Risk and Reliability Associates (R2A) , 2006; Sotera Risk Solutions, 2011).

2. Materyal ve Metot

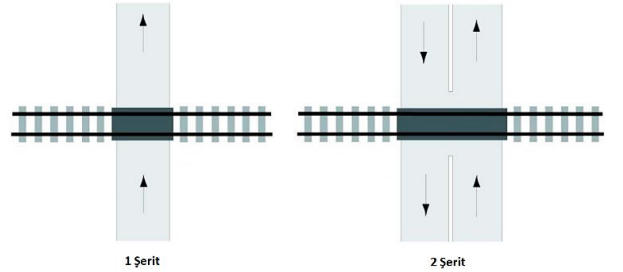
Bu bölümde raylı sistem taşımacılığında önemli bir alt yapı sistemi olan hemzemin geçitlerin detayları ile güvenli yapının oluşturulabilmesi için risk yönetim modeli oluşturulacaktır.

2.1. Raylı Sistem Alt Yapı Sistemleri

Raylı ulaşım sistemleri, araçların güvenli bir şekilde seyahat edebilmesi için uygun araç hareketini sağlayacak yollara ihtiyaç duyar. Bu yollar temel olarak altyapı ve üst yapı sistemlerinden oluşmaktadır. Raylı ulaşım sistemlerinin önemli parametrelerinden biri de altyapı sistemleridir. Altyapı sistemleri, raylı sistem aracının mevcut doğal zemin yapısının güvenli seyrini sağlamak için yapılan her türlü çalışmayı kapsamaktadır. Altyapı sistemleri temel olarak tüneller, köprüler, geçitler ve destek yapılarından oluşmaktadır. Şekil 1'de temel altyapı ve üst yapı sistemlerini göstermektedir (Ay, İ, 2014).

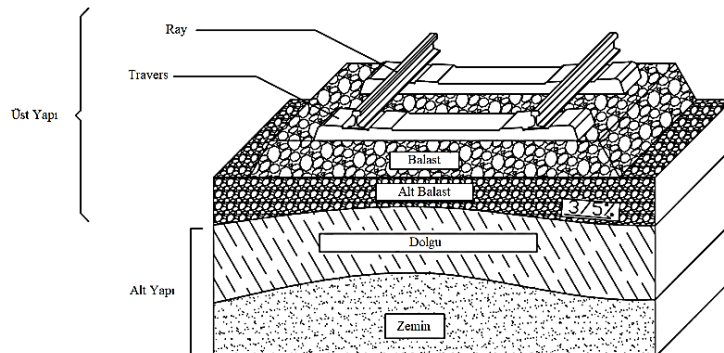
2.2. Hemzemin Geçitler

Demiryolunun karayolu ile kesiştiği noktalarda bir taraftan diğer tarafa geçişi sağlayan yapılar geçitler olarak isimlendirilir. Demiryollarında alt geçit, üst geçit ve hemzemin geçit yapıları ile geçişler sağlanır. Hemzemin geçit türleri temel olarak; bekçili bariyerli hemzemin geçitler, otomatik bariyer sistemli hemzemin geçitler ve kontrolsüz (serbest) hemzemin geçitlerden oluşur. Şekil 2'de, demiryolu ile kesişen 1 şeritli ve 2 şeritli karayolu hemzemin geçitleri gösterilmektedir (Transport Canada, 2014).



Şekil 1. Demiryolu ile Kesişen 1 şeritli ve 2 şeritli Karayolu

Hemzemin geçitler tasarlanırken tren hızı ve seyir momenti değeri (günlük hemzemin geçitten geçen tren sayısının karayolu taşıt sayısı ile çarpımı) göre tasarımlar yapılır. Tablo 1'de tren hızı ve seyir momenti değerlerine göre hemzemin geçit tipi seçimi gösterilmiştir.



Şekil 2. Altyapı ve Üstyapı Sistemleri

Tablo 1. Hemzemin Geçit Seçimi

Tren Hızı	Hemzemin Geçit (HG) Momenti	HG Türü
Tren Hızı < 120 km/h	Moment < 3.000	Kontrolsüz
Tren Hızı < 120 km/h	3.000 < Moment < 30.000	Flaşörlü-Çanlı ve Otomatik Bariyerli
120 km/h < Tren Hızı < 160 km/h	Moment < 3.000	Flaşörlü-Çanlı ve Otomatik Bariyerli
120 km/h < Tren Hızı < 160 km/h	3.000 < Moment < 30.000	Flaşörlü-Çanlı ve Otomatik Bariyerli
Tren Hızı > 160 km/h	Moment < 3.000	HG Açılmaz
Tren Hızı < 160 km/h	Moment > 30.000	HG Açılmaz

2.3. Hemzemin Geçit Tasarımı

Hemzemin geçitler tasarlanırken geçişin olduğu bölüm demiryolu aracı ve karayolu araçlarının tamamı için uygun bir yapıya kavuşturulması gerekmektedir. Dünya üzerinde gerçekleştirilen uygulamalarda kabul edilen değerlerin kesit görüntüsü şekil 3' teki gibidir.

Hemzemin geçit tasarımında önemli detaylardan birisi de güvenli duruş mesafesinin hesaplamasıdır.

Dünya üzerinde kullanılan güvenli duruş mesafesi hesaplamalarında;

$$d_H = 0.278 V_v t + \frac{V_v^2}{254f} + D + de \quad (1)$$

$$d_T = \frac{V_T}{V_v} \left[0,278 V_v + \frac{V_v^2}{254f} + 2D + L + W \right] \quad (2)$$

d_H = Aracın hemzemin geçite girmeden güvenli olarak durabileceği mesafe

d_T = Treinin güvenli hemzemin geçit görüş mesafesi

V_v = Araç hızı

V_t = Tren hızı

t = Reaksiyon süresi (2.5 saniye kabul edilir)

f = Sürtünme süresi katsayısı

D = Aracın önünün raya olan mesafesi (4.5 metre kabul edilir)

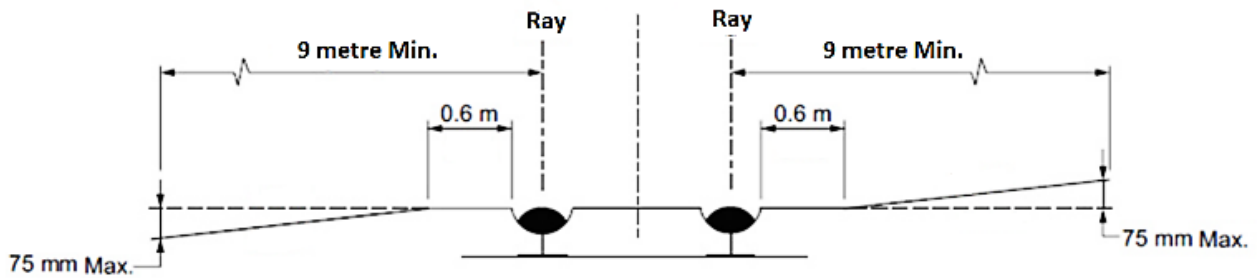
W = Ray açıklığı (Ülkemizde: 1435 mm.)

L = Araç uzunluğu (20 metre kabul edilir)

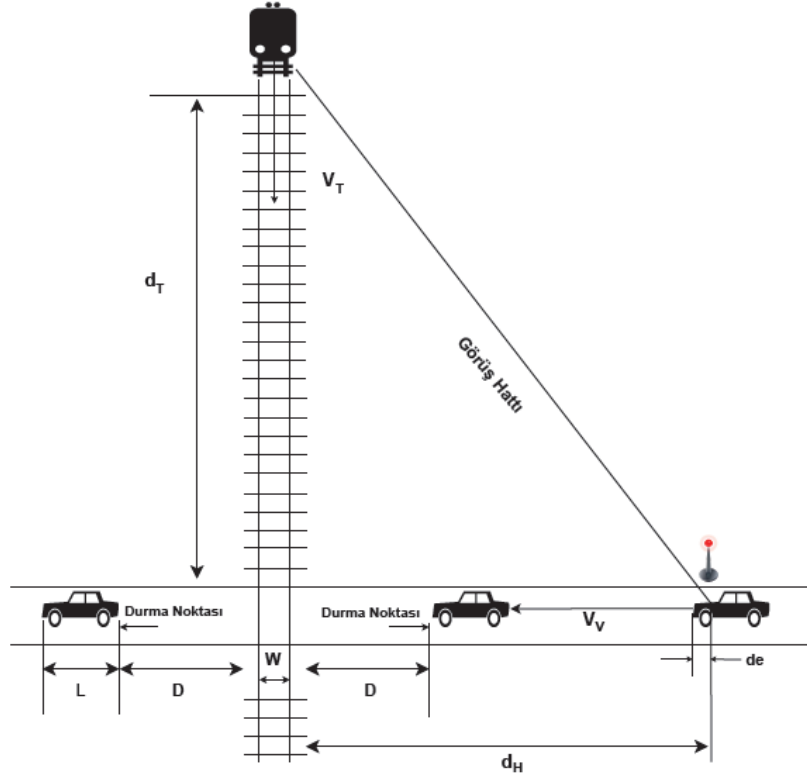
de = Sürücünden aracın önüne kadar olan mesafe (3 metre kabul edilir)

değerlendirmeleri yapılır (American Association of State Highway Officials, 2018; Brent D. Ogden, Chelsey Cooper, 2019).

Uygulanan hemzemin geçit kurallarında, kırmızı flaşörlü araç uyarı mesafesi (d_H) ve treinin güvenli hemzemin geçit görüş mesafesi (d_T) farklı hızlara göre belirlenmiştir. Tablo 2'de minimum duruş görüş mesafesi değerleri verilmiştir (Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı, 2018).



Şekil 3. Hemzemin Geçitin Kesit Görüntüsü



Şekil 4. Hemzemin Geçitte Güvenli Duruş Mesafesi.

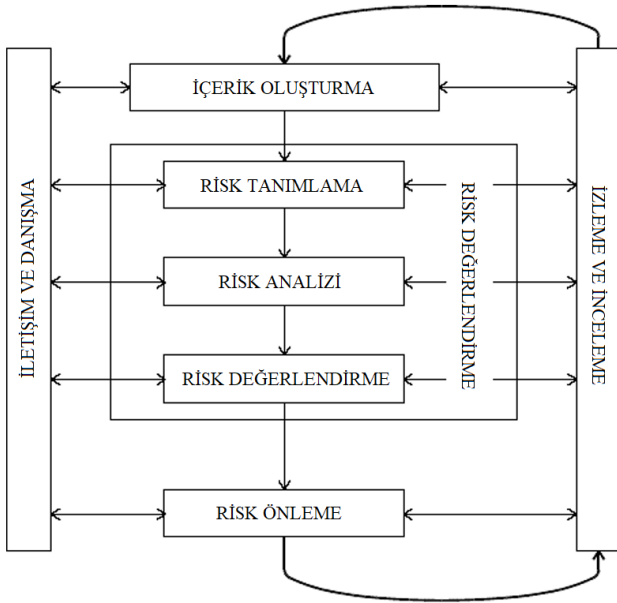
Tablo 2. Kullanılan Minimum Görüş Mesafesi Değerleri (American Association of State Highway Officials, 2018) (Brent D. Ogden, Chelsey Cooper, 2019) (Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı, 2018)

Tren Hızı (km/h)	Duraktan Kalkış	Araç Hızı (km/h)													
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
	0	d_T = Trenin güvenli hemzemin geçit görüş mesafesi													
10	45	39	24	21	19	19	19	19	20	21	21	22	23	24	
20	91	77	49	41	38	38	38	39	40	41	43	45	47	48	
30	136	116	73	62	57	56	57	58	60	62	64	67	70	73	
40	181	154	98	82	77	75	76	77	80	83	86	89	93	97	
50	227	193	122	103	96	94	95	97	100	103	107	112	116	121	
60	272	232	147	123	115	113	113	116	120	124	129	134	140	145	
70	317	270	171	144	134	131	132	135	140	145	150	156	163	169	
80	362	309	196	164	153	150	151	155	160	165	172	179	186	194	
90	408	347	220	185	172	169	170	174	179	186	193	201	209	218	
100	453	386	245	206	192	188	189	193	199	207	215	223	233	242	
110	498	425	269	226	211	207	208	213	219	227	236	246	256	266	
120	544	463	294	247	230	225	227	232	239	248	258	268	279	290	
130	589	502	318	267	249	244	246	251	259	269	279	290	302	315	
140	634	540	343	288	268	263	265	271	279	289	301	313	326	339	
		d_H = Aracın hemzemin geçite girmeden güvenli olarak durabileceği mesafe													
		16	26	39	54	71	90	112	137	163	192	223	256	292	

2.4. Risk Değerlendirme

Risk (belirsizliğin hedefler üzerindeki etkisi), bir olayın ortaya çıkma olasılığının ve bu olayın ortaya çıkan sonucunun kombinasyonu olarak yaygın olarak bilinir ve kabul edilir. ISO 31000, 2009 yılında yayınlanan risk yönetiminin tasarımı, uygulanması ve sürdürülmesi için bir rehber olarak hizmet etmesi amaçlanan bir standarttır. ISO 31000:2009, sistemlerdeki riski tanımlayıp, analiz edip ve ardından risk kriterlerini belirlemek için değerlendirmeler yaparak sistematik ve mantıklı bir süreci ortaya koyar. Risk yönetimi süreci için geliştirilen uygulamalar ISO 31000:2009 uluslararası standardında belirtilen bir dizi adımları takip ederek gerçekleştirilir. Bu adımlar Şekil 5'te gösterilmiştir (ISO 31000:2009, 2009).

Hemzemin geçitler için risk modelleri hem demiryolu – karayolu kesişimi hem de demiryolu – yaya yolu kesişimi için bir karar verme sürecini desteklemek ve en optimum çözümlerin belirlenmesine yardımcı olmak için kullanılır (ALCAM, 2007).



Şekil 5. ISO31000 Risk Yönetimi Süreci

Risk değerlendirme için kullanılan ALCAM modeli; altyapı faktörü, maruz kalma faktörü ve sonuç faktörü olarak üç ayrı bileşenden oluşur. Birlikte değerlendirildiğinde, bu üç bileşen her hemzemin geçit için değerlendirilebilir bir risk puanı üretir (ALCAM, 2007).

ALCAM, hemzemin geçitlerde doğal olan riskleri tanımlamak, analiz etmek ve değerlendirmek ve riskler için önerilen çözümlerin yeterliliğini belirlemek için kullanılır. Model hem nitel hem de nicel özellikleri göz önünde bulundurur. Hemzemin geçit bölgelerinde yaygın insan davranışlarının etkisini değerlendirir. Model, bir güvenlik iyileştirmesine nasıl katkıda bulunacağıyla ilgili olarak her bir özelliğe ağırlıklar ayırır ve mevcut denetimlerin bu özellikler üzerinde nasıl bir etkisi olacağını değerlendirir.

ALCAM modeli oluşturduğu üç ayrı bileşenden, her birinin bir arada olması ile her hemzemin geçit için bir risk puanı üreten bir çıktı olarak tek bir 'faktöre' sahip olur. Bu hesaplanan tek faktör ALCAM risk skoru olarak ifade edilir.

$$\text{ALCAM Risk Skoru} = \text{Altyapı Faktörü} \times \text{Maruz Kalma Faktörü} \times \text{Sonuç Faktörü} \quad (3)$$

Risk skoru içerisinde bulunan, Altyapı Faktörü; her bir hemzemin geçit bölgesindeki fiziksel özelliklerin insan davranışlarını nasıl etkileyeceğini dikkate alan karmaşık bir puanlama algoritmasının çıktısıdır.

$$\text{Altyapı Faktörü} = \text{Ham Altyapı Faktörü} \times \text{Altyapı Değiştiricisi} \quad (4)$$

Altyapı faktörü içerisinde çarpan olarak bulunan, Ham Altyapı Faktörü; kaza mekanizmaları, özellikler ve kontroller, ağırlık matrisi, duyarlılık değerlendirmelerinden meydana gelir.

Altyapı faktörü içerisinde çarpan olarak bulunan, Altyapı Değiştiricisi; yıllara göre olan kaza oranları ile elde edilen alt yapı faktörü için bir çapandır.

Maruz Kalma Faktörü, kontrol tipinin, araç hacimlerinin ve tren hacimlerinin bir fonksiyonudur ve yıllık kaza olasılığı olarak ifade edilir. Peabody Dimmick formülasyonu kullanılarak çarpışma oranları tahmin edilmeye çalışılır.

Peabody Dimmick Formülü:

$$A5 = Iu + K \quad (5)$$

A5 = beş yıl içinde yaşanan kaza sayısı

Iu = dengesiz kaza faktörü

K = ek parametredir.

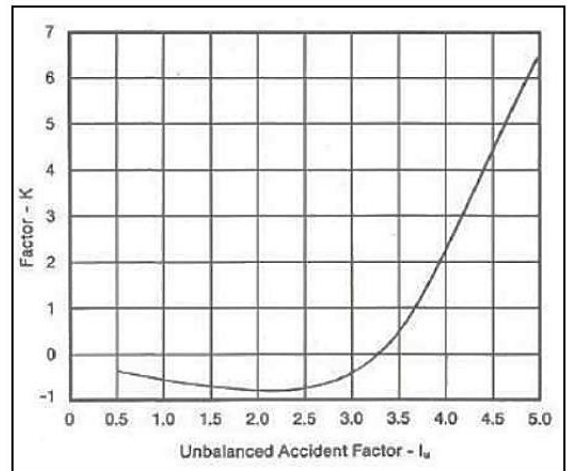
"Dengesiz kaza faktörü", "Iu" aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Iu = 1,28 (V0,170) \times (T0,151) / (P0,171) \quad (6)$$

V = geçiş boyunca günde ortalama karayolu araç sayısı

T = geçiş boyunca günde ortalama tren sayısı

P = koruma katsayısıdır.



Şekil 6. K parametre hesaplama grafiği

Sonuç Faktörü, bir çarpışma durumunda beklenen sonuç olarak hem trendeki hem de araçtaki muhtemel kayıpları tahmin eder.

ALCAM Risk Puanı, yılda beklenen eşdeğer kayıp (ölüm, yaralanma, küçük yaralanma) sayısı açısından ifade edilir. Değerlendirme sonuçlandırılırken;

1 ölüm = 10 ciddi yaralanma = 200 küçük yaralanma

Eşitliği kullanır.

3. Sonuç

Raylı ulaşım sistemlerindeki gelişmeler ile, karayolu ile kesişen geçitlerin sayısı artmıştır. Bu geçitler içerisinde en sık kullanılan sistem olan hemzemin geçitler, kaza riskleri ve bu kazaların ortaya çıkaracakları etkiler nedeni ile ciddi çalışmalar yapılan bir alan olarak tespit edilmiştir. Dünya üzerinde kullanılan hemzemin geçitlerin geometrik tasarımları ve risk önleme uygulamaları sistemin kullanıldığı bölgenin, coğrafi konumu, hat kapasiteleri, farkındalık seviyeleri ve kullanılan sistemlerin teknoloji düzeylerine göre özel olarak tasarlanır.

Yapılan çalışmada birçok farklı ülkenin ortaya koymuş olduğu standart, düzenlemeler, uygulama modelleri ve raporlar incelenerek hemzemin geçit oluşturulurken kabul edilebilir geometrik tasarım belirlenmiştir. Hemzemin geçitlerin güvenliklerini sağlamak için dünya üzerinde kabul görmüş ve ISO 31000:2009 risk yönetimi standardına göre tasarlanmış ALCAM değerlendirme modeli incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonrası Alt Yapı Faktörü ve Alt Yapı Değiştiricisi değerleri ile hesaplanan Risk Skoru hesaplaması ortaya konulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda ortaya konulan geometrik tasarım ve risk değerlendirme modeli ile, mevcut hemzemin geçitlerin incelenmesi ve yeni oluşturulacak hemzemin geçitlerin tasarımı için kullanımı uygun olacaktır.

Kaynakça

- A. Creber. (2004). *Review of Level Crossing Assessment Model Improvement Process, for Rail Infrastructure Corporation (NSW)*.
- ALCAM. (2007). *Technical manual, v1.01, National ALCAM Committee*.
- ALCAM. (2009). *Level Crossing Management System (LXM) technical manual, National ALCAM Committee*.
- American Association of State Highway Officials. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- ARRB Transport Group. (2009). *Risk advice on ALCAM, Philip Roper, Blair Turner, Dimitris Tsolakakis, and Chris Jurewicz, Project VC74188-1, for National ALCAM Committee*.
- ARRB Transport Group. (2010). *Correlation between ALCAM, crash factors and locations, Michael Levasseur, and Ben Mitchell, Project 002826, for National ALCAM Committee*.
- ARRB Transport Group. (2011). *Comparison of ALCAM and ALCRM models for rail level crossing risk assessment, Peter Croft and Blair Turner, Project VC74188, for National ALCAM Committee*.
- Ay, İ. (2014). *The Usage Of Geosynthetic Materials On Railways And Reducing Ballast- Sub Balast Layer Thickness, Istanbul Technical University, Institute Of Science, Master's Thesis, Istanbul*.
- Baker Ross, Kieran Helm. (2011). *Measurement of sight distances at level crossings, for National ALCAM Committee*.

- Brent D. Ogden, Chelsey Cooper. (2019). *Highway-Rail Crossing Handbook, 3rd Edition, Institute of Transportation Engineers, Federal Railroad Administration*.
- Creber, Associates. (2003). *Review of Rail Infrastructure Corporation Level Crossing Assessment Model Process, for Rail Infrastructure Corporation (NSW)*.
- DB Netze. (2008). *Guideline 815: Planning And Maintaining Level Crossing Systems, Germany*.
- Hughes Peter. (2002). *A risk assessment system for passive level crossings, Seventh International Symposium of Railroad-Highway Grade Crossing Research and Safety, Melbourne, Australia*.
- Independent Transport Safety Regulator NSW. (2008). *Review of processes for prioritising resources for the level crossing improvement program (LCIP)*.
- ISO 31000:2009. (2009). *Risk Management—Principles and Guidelines. Geneva : International Standards Organisation*.
- Meiers Simon. (2012). *Proposal for incorporation of ALCAM likelihood factor into risk score, for National ALCAM Committee*.
- Queensland Level Crossing Safety P Team. (1999). *Level crossing safety volume 2: Implementation, Parts 1-6, for the Queensland Level Crossing Safety Steering Group*.
- Queensland Level Crossing Safety Project Team. (1999). *Level crossing safety volume 1: Guidelines, Parts 1-9, for the Queensland Level Crossing Safety Steering Group*.
- Risk and Reliability Associates (R2A) . (2006). *Due diligence review of the ALCAM road and pedestrian model, Report 173-26, for Department of Transport*.
- Sotera Risk Solutions. (2011). *ALCAM consequence model development, David Harris and Peter Dray, J1161/Doc001, for National ALCAM Committee*.
- T.C Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü . (2017). *TCDD Emniyet Yönetim Sistemi El Kitabı (Sürüm No: 1.0). Ankara: TCDD Demiryolu Emniyeti ve Risk Yönetimi Müdürlüğü*.
- TCDD. (1996). *Hemzemin Geçitlerin Korunması Bakımı ve Yönetimi İle Geçit Bekçilerinin Görevlerine Ait Yönetmelik. T. C. Resmi Gazete, 22512*.
- Transport Canada. (2014). *Grade Crossing Standards, Canada*.
- Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı . (2015). *Demiryolu Emniyet Yönetmeliği. T. C. Resmi Gazete, 29537*.
- Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı. (2018). *Demiryolu Hemzemin Geçitlerinde Alınacak Tedbirler ve Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelik. (2018). T. C. Resmi Gazete, 30468*.