

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**RAYLI SİSTEMLERDE İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI: İSTANBUL T1 ve T4
TRAMVAY ÖRNEĞİ**

Bilal ŞEKER

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

NİSAN 2022

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**RAYLI SİSTEMLERDE İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI: İSTANBUL T1 ve T4
TRAMVAY ÖRNEĞİ**

Bilal ŞEKER

DANIŞMAN

Doç. Dr. İsmail KOÇAK

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

NİSAN 2022

ONAY

Bilal ŞEKER tarafından hazırlanan “**Raylı Sistemlerde İş Güvenliği Uygulaması: İstanbul T1 ve T4 Tramvay Örneği**” adlı tez çalışması 01/04/2022 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. İsmail KOÇAK

(Danışman)

Doç. Dr. Muhammet Nuri SEYMAN

(Üye)

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ŞAHİN

(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Raylı Sistemlerde İş Güvenliği Uygulaması: İstanbul T1 ve T4 Tramvay Örneği**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 01/04/2022

Bilal ŞEKER
İmza

ÖNSÖZ

Değişim, gelişme ve rekabetin yoğun olarak yaşandığı günümüzde endüstriyel ve teknolojik gelişme hızlanmıştır. Hemen hemen her toplum geleceğini ve güvenliğini bugüne uyarlamak için çabalamaktadır. Emek yerini makinelere ve gelişmiş sistemlere bıraksa da insanın değeri azalmayıp giderek artmıştır. Günümüzde insan bir makine gibi değil, üretimin en temel unsuru olarak kabul edilmekte ve düşünen, kaygı duyan, mutlu olan, üzülen ve sorunlu bir varlık olarak kabul edilmektedir. Gelişen ve genişleyen bir teknoloji alanında çalışan üretken insanların her gün karşılaştığı sorun iş kazalarıdır. Bunlardan çalışanların korunması ve kazaların önlenmesi, ancak işgücü koruma ve güvenlik önlemleri ve kurallarının bilinmesi ve uygulanması ile mümkündür. İş sağlığı ve güvenliği, işçi sağlığı ve güvenliği kavramının aksine, risklerin tahmin edilmesi ve değerlendirilmesi ile bu risklerin tamamen ortadan kaldırılması veya kayıplarının minimize edilmesi ve tehlikelerin önlenmesi için yapılması gereken çalışmaları içermektedir. Evrensel olarak İş sağlığı ve güvenliği işyerinde oluşabilecek tehlike ve risklerin tehlike ve arızaların olmadığı durumlarda dahi önceden tahmin edilmesi ve bunların risk bakımından kabul edilebilir olup olmadığına karar verilmesi için yapılan çalışmaları ifade etmektedir. Yani yeni konseptle birlikte eski “reaktif” yaklaşımların yerini “proaktif” yaklaşımlar almıştır.

Bu tez çalışmasında İstanbul T1 ve T4 tramvay hatlarında iş sağlığı ve uygulamaları olan risk analizi yapılmıştır. 5X5 Matris, Fine-Kinney, FMEA, Ridley ve FTA risk analiz metodları kullanılıp bu beş analiz metodu karşılaştırılıp değerlendirilmiştir. Fine-Kinney metodu daha hassas sonuçlar vermiştir.

Bu tez çalışmasında tez konusunun seçimi aşamasından başlayarak son aşamaya kadar benden hiçbir konuda desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç.Dr. İsmail Koçak’a şükranlarımı sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan annem Selva’ya, babam Necmeddin’e, varlıkları ile birer motivasyon kaynağı olan kardeşim Eyüp’e, yeğenim Emin’e ve kardeşim Muhammed’e teşekkür ederim.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ RAYLI SİSTEMLERDE İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMASI: İSTANBUL T1 ve T4 TRAMVAY ÖRNEĞİ

Bilal ŞEKER

Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsmail KOÇAK

Nisan 2022, 53 sayfa

Ülkemizde ve dünyada nüfusun hızla artmasıyla beraber araç sayıları da hızla artış göstermektedir. Araç sayısının artması ile trafik problemini de beraberinde getirmektedir. Trafik problemini ortadan kaldıracı olmak ya da bu problemi en az seviyeye getirmek için dünyanın bir çok metropol illerinde ulaşımı kolaylaştırıp ve akıcı hale getirecek tramvay, metro vs. akıllı ulaşım sistemleri kullanıldığı gözükmemektedir. İstanbul ilinde tramvay hattını ayda iki milyonu geçen yolcular kullanmaktadır. Bu tramvay hattının yolcular için can ve mal kaybına neden olmaması için gerekli iş güvenliği tedbirleri alınması gereklidir. Tramvay hatları yapılırken iş güvenliği tedbirleri alındığı gibi işletme esnasında da gerekli iş güvenliği uygulamaları yapılmalıdır. Tramvaylarda araçtan inerken ya da binerken çarpma, düşme gibi kazalar ortaya çıkmaktadır. Tramvay hattında; trene binerken ya da trenden inerken yolcular için peron ayırıcı kapı sistemlerinin kullanılmaları iş sağlığı ve güvenliğinde örnek uygulama olarak gösterilebilir. Bunun yanı sıra acil çıkış kapılarının kontrolü, uyarı levhalarının eksik yerlerde temin edilmesi, tramvay ve araç veya yaya ile temastan kaynaklanan kazaları ortadan kaldırmak için tedbirler almak iş güvenliği uygulamalarındandır. İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarından olan risk değerlendirmesi bu tür kazalara uygulanarak bu kazaları en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak hedeflenmiştir. Bu hedefle Fine-Kinney, FMEA, Rıdley, 5x5 Matris ve FTA risk

değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. 5X5 Matris metodunda %85 kesin risk, %5 önemli risk, %10 ciddi risk; Fine-Kinney metodunda %25 kesin risk, %45 önemli risk, %20 ciddi risk. %10 çok yüksek risk; FMEA metodunda ise %55 düşük risk, %25 orta risk, %20 yüksek risk ve Ridley metodunda ise %15 düşük risk, %25 orta risk, %60 yüksek risk elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Fine-Kinney daha hassas sonuçlar verdiği görülmektedir. Risk değerleri karşılaştırıldığında Fine-Kinney metodu daha hassas sonuçlar verip, FMEA olasılık ve şiddet değerleri daha net ve detaylı, 5x5 Matris metodu ise daha genel yani ön hazırlık yapılması için kullanılması daha sağlıklı olduğu görülmüştür. Ridley analiz metodu ise, etkilenecek kişi sayısını belirleme bakımından bazı sorunlara yol açmaktadır. Aynı zamanda kalitatif risk metodları arasında yer alan hata ağacı analizi yapılmış ve diğer metodlara göre zaman alıcı fakat karmaşık sistemler için uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tramvay, Risk değerlendirme, İş Güvenliği, Fine-Kinney, FMEA, Ridley, 5x5 Matris ve FTA

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

OCCUPATIONAL SAFETY APPLICATION IN RAIL SYSTEMS: İSTANBUL T1 AND T4 TRAMWAY EXAMPLE

Bilal ŞEKER

**Bandırma Onyedi Eylül University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Intelligent Transportation Systems and Technologies**

Supervisor: Assoc. Prof. İsmail KOÇAK

April 2022, 53 pages

With the rapid increase in the population in our country and in the world, the number of vehicles is also increasing rapidly, which brings along the traffic problem. In order to eliminate or minimize the traffic problem, smart transportation systems such as trams and subways are used to facilitate and streamline transportation in many metropolitan cities of the world. For example, more than two million passengers a month use the tram line in Istanbul. It is very important to take occupational safety measures of this tram line in order not to cause loss of life and property of passengers. While the tram lines are being built, occupational safety measures should be taken and required work safety practices should be done during the operation. Accidents such as crashing and falling while getting off or getting on the trams occur. The use of platform separator door systems for passengers while getting on or off the train can be shown as a sample practice in occupational health and safety on the tram line. Furthermore, the control of emergency exit doors, the supply of warning signs to missing places, and taking measures to eliminate accidents caused by contact with trams and vehicles or pedestrians are among the occupational safety practices. To minimize or eliminate such accidents, risk assessment, which is one of the occupational health and safety practices, is applied. For this purpose, risk assessment methods such as Fine-Kinney, FMEA, Ridley, 5x5 Matrix, and FTA were used. In the 5X5 Matrix method, sure risk of 85%,

significant risk of 5%, serious risk of 10%; in the Fine-Kinney method, sure risk of 25%, significant risk of 45%, serious risk of 20%, very high risk of 10%; in FMEA method, low risk of 55%, medium risk of 25%, high risk of 20%; in Ridley method, low risk of 15%, medium risk of 25%, high risk of 60% were obtained. When the risk values were compared, it is seen that the Fine-Kinney method gave more accurate results, the probability and severity values of the FMEA method were clearer and more detailed, and the 5x5 Matrix method was more healthy to use for preliminary preparation. The Ridley analysis method, on the other hand, causes some problems in determining the number of people to be affected. In addition, fault tree analysis, which is among the qualitative risk methods, was performed and it was found that it takes a long time than other methods, but is suitable for complex systems.

Keywords: Tram, Risk assessment, Occupational Safety, Fine-Kinney, FMEA, Ridley, 5x5 Matrix and FTA



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	III
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
TABLO LİSTESİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Önceki Çalışmalar.....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
2.1. Fine-Kinney Metodu.....	8
2.2. 5x5 Matris Metodu	12
2.3. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effects Analysis- Fmea).....	15
2.3.1.FMEA Çeşitleri	16
2.3.2.Hata Türü ve Etkileri Analizi İle İlgili Tanımlar	20
2.4. Ridley Metodu.....	20
2.4.1.Risk Puanlama Metodu	22
2.5. Hata Ağacı Analiz Metodu (FTA).....	22
3. BULGULAR.....	25
3.1. T1 ve T4 Tramvay Hattında Bazı İş Güvenliği Uygulamaları.....	44
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	46
5. KAYNAKLAR	48

EKLER.....	52
ÖZGEÇMİŞ	53



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3-1: T1 hattında yaya temasları (2013-2018).....	26
Şekil 3-2: T4 hattında yaya temasları (2013-2018).....	26
Şekil 3-3: FTA kapsamında oluşturulan diyagram.....	43
Şekil 3-4: Yaya koruma koridorları	44
Şekil 3-5: Akıllı yönlendirme sistemi	45
Şekil 3-6: Zemine kabartmalı boya uygulamaları, ışıklı ve sesli uyarı veren üniteler	45



TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2-1: Risk Endeksi ve Önlemler	10
Tablo 2-2: Fine-Kinney Olasılık ve Frekans	11
Tablo 2-3: Fine-Kinney Şiddet	11
Tablo 2-4: Fine-Kinney Risk Değerlendirme	12
Tablo 2-5: 5x5 Matris Olasılık ve Şiddet	14
Tablo 2-6: 5x5 Matris	14
Tablo 2-7: 5x5 Risk Değerlendirme Tablosu	14
Tablo 2-8: Hata Oluşma Sıklığı	17
Tablo 2-9: Ağırlık Sınıflanması(ŞİDDET)	18
Tablo 2-10: Hatanın Saptanabilirliği(Fark edilebilirlik- F)	19
Tablo 2-11: Risk Öncelik Sayısı(RÖS) Değerlendirmesi	19
Tablo 2-12: Maksimum Potansiyel Kayıp Değerleri	21
Tablo 2-13: Ortaya Çıkma İhtimali Değerleri	21
Tablo 2-14: Risk Skoru Önlemin Aciliyeti	21
Kablo 2-15: Risk Puanlama Metodu Tablosu	22
Tablo 2-16: Risk Değerlendirme Sonucu Alınacak Önlemlerin Süreleri	22
Tablo 2-17: Hata Ağacında Kullanılan Temel Semboller	24
Tablo 3-1: Matris Yöntemi ile Bölgesel Risk Analizi	27
Tablo 3-2: Fine-Kinney Yöntemi ile Bölgesel Risk Analizi	31
Tablo 3-3: Matris ve Fine-Kinney Risk Analizinin Karşılaştırması	35
Tablo 3-4: Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)	37
Tablo 3-5: Hata Türü ve Etkileri Analizi Sonucunda Alınması Gereken Önlemler	39
Tablo 3-6: Ridley Risk Analizi	41
Tablo 3-7: Matris, Fine-Kinney, Fmea ve Ridley Metodların arşılaştırılması	42

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile sanayinin gelişimi doğru orantılıdır. Teknoloji geliştikçe sanayi de gelişmiştir. Sanayinin gelişmesi sonucu iş kazaları da göz ardı edilemeyecek seviyeye gelmiştir. Böylece iş sağlığı ve güvenliği daha da önemli hale gelmiştir. İş güvenliği, işyerlerinde çalışanlara sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak, çalışanları ortamdaki olumsuzluklardan korumak, iş ve çalışan arasında maksimum uyum ve anlaşmayı sağlamak, olası riskleri ve maddi ve manevi zararları tamamen önlemek ya da minimize etmek, iş ve üretim verimliliğini maksimum düzeye çıkarmaktır. Kısaca, işyerinde yapılan çalışmalardan kaynaklanabilecek uzun süreli ve kısa süreli her türlü sağlık sorununu ortadan kaldırmayı amaçlayan tüm çalışmaların genel tanımıdır[1]. İş güvenliği ve sağlığının amacı, iş sırasında veya iş ile bağlantılı olarak iş kazası olasılığını mümkün olduğunca azaltmak, çalışma ortamından kaynaklanabilecek sağlık sorunlarının önüne geçmek ve meslek hastalıklarını ortaya çıkarabilecek nedenlere karşı önlemler almaktır.

Başka bir deyişle iş sağlığı ve güvenliğinde amaç, kişilerin iş öncesi ve sonrası sağlık durumlarının farklı olmamasını sağlamaktır. Bunu sağlamak amacıyla alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği önlemleri her iş kolu için farklılık göstermektedir.

Sağlık ve güvenlikle ilgili uygulamaların yalnızca çok tehlikeli veya ağır işleri kapsadığını ve sadece endüstriyel kazalara karşı önlem aldığını söylemek yanlış olur. İş sağlığı ve güvenliği, her meslekte, her iş alanında, yaşamın her yerinde, yani her yaşam anında tüm insanların sağlığının bozulmasını önlemek ve daha ergonomik bir çalışma ortamı yaratmak için yapılan çalışmalardır.

İş sağlığı ve güvenliği toplum hayatıyla doğrudan etkileşim içerisindedir. Bu yüzden bir çok çeşitli kurum ya da kuruluşları yakından ilgilendirir. Trafikte sürücüler ve yayalar, evlerde aile fertleri gibi örnekler verilebilir [2].

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) teknolojinin gelişmesiyle dünyanın bir çok yerinde önemli konumda olması ve farklı alanlardaki ilişkisi sebebiyle hem bugün hem gelecekte üzerinde durulacak başlıca inceleme konularından birisidir. AUS Trafik sıkışıklığı, trafikte oluşabilecek riskler, kaza oranları, hava kirliliğinin en aza indirilmesi, trafiğin akışı, yolcuların memnuniyeti, trafik akışının seri olması gibi önemli konularda hem güvenliğini arttırmak hem de sürekliliğini sağlamak açısından çok önemlidir [3].

Bir iş yerinde meydana gelebilecek kazaların öngörülebilirliği ve sonuçları açısından yaratacağı etkilerin büyüklüğü dikkate alınarak iyileştirme eylemlerine öncelik verilmesi gerekmektedir. İş kazalarını önleme çalışmaları gerçekçi yaklaşımlarla yapıldığında, risk analizi ve değerlendirmesi iş güvenliği çalışması için iyi bir yol haritası oluşturur. Oluşturulan risk değerlendirme tabloları, İSG uzmanlarının çalışmalarını öne çıkarmak için bir rehber görevi

görecektir. Çünkü risklerin değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi ile iyileştirme faaliyetlerinde önceliklendirilmiş risklere odaklanmak ve bu sayede olası ölümlü kazaları önlemek mümkün olacaktır. Risk değerlendirmesi bir iş yerindeki tüm faaliyetlerin, alanların ve ekipman kullanımının sağlık ve güvenliğe olan etkilerinin sistematik bir şekilde araştırılmasını içermektedir [4].

İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarından olan risk analizi önemli bir yere sahiptir. Risk analizinde; iş alanında ya da dışardan gelme olasılığı olan tehlikeleri, iş alanına, işçilere ve etrafına zarar verme ihtimali ve bu zarar verme ihtimalini ortadan kaldırmak için alınması gereken tedbirleri belirlenmesidir. Bu önlemler doğrultusunda tedbirler alınmaktadır. Risk analizi iş yeri ve iş yeri ile ilişkili olan bütün etkenler hepsi bir arada düşünülmesi sonucunda yapılmaktadır[5]. Hızla gelişen teknoloji ile beraber akıllı ulaşım sistemleri her geçen gün önemini daha da artırmaktadır. Akıllı köprüler, akıllı taşıt araçları, akıllı kavşaklar gibi çeşitli akıllı ulaşım sistemleri geliştirilmiştir. Nüfusun hızla artmasıyla özel otomobil sayısı artarak trafik ortaya çıkmıştır. Akıllı ulaşım sistemleri trafik problemlerin çözülmesinde önemli bir yer almıştır[6].

Ülkemizin en fazla nüfus yoğunluğuna sahip İstanbul, trafik problemleri bir türlü bitmeyen şehrimizdir. Trafik yoğunluğunu en aza indirmek, yolcuların vaktinde işine varabilmesi, rahat bir seyahat edebilmesini sağlayabilmek için tüneller, alternatif yollar, toplu taşıma araçları gibi çözümler kullanılmaktadır. Metro, tramvay, fönüküler gibi toplu taşıma araçlarına örnek verilebilir [7].

Raylı araçların güvenliğine yönelik artan talepler, sistematik değerlendirme metodlarının kullanım gerekliliğini artırmaktadır. Sistematik metodlar klasik metodların ve risk analizi araçlarının birleşiminden oluşmaktadır. Riskin belirlenmesi, öncelikle potansiyel arıza türlerinin, bunların nedenlerinin ve aracın fonsiyonelliğı üzerindeki etkisinin tanımlanması ile ilgilidir. Risk analizi operasyon güvenliğini artırabilecek önleyici tedbirlerin alınmasının temelini oluşturur. Tramvayların çok uzun sayılabilecek hizmet ömrüne sahip olduğı göz önüne alındığında, bu uzun bir yaşam döngüsü çok fonsiyonlu bakım görevleri ve teknik hizmetler gerektirmektedir. Karmaşık kontrol sistemleri analiz edildiğinde klasik metodolojilerin uygulanmasında bazı sınırlamalar tespit edilmiştir. Bu durum tramvay sistemleri üreticilerinin ürünlerinin güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini geliştirmelerini zorunlu hale getirmiştir. Son yıllarda akıllı sistemleri geliştirmek için birçok proje başlatılmıştır. Yaşam döngüsünün ilk aşamalarından itibaren güvenilirlik ve emniyet analizi yapılmakta ve bu analizlerde, arızaların sistemin fonsiyonelliğine etkisi araştırılmaktadır [7].

Güvenlik değerlendirmesinde kullanılan başlıca metodlar ABD’de geliştirilen Hata Modu ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA), Hata Ağacı Analizi (Fault tree analysis-FTA), Fine Kinney Matris ve Ridley metodlarıdır [8].

FMEA, birçok endüstriyel alanda risk yönetimi süreçleri için bir yöntem olarak kullanılmaktadır. FMEA'nın esnekliği ve prosedürlerini analizin nesnesine uydurma olasılığı nedeniyle, özellikle karmaşık sistemler ve süreçler söz konusu olduğunda kullanılabilir. FMEA analizinin temel görevi, daha önce tanımlanmış olan potansiyel tehlikelerin ortaya çıkmasıyla ilgili riski değerlendirmektir. FMEA'nın da amacı, en önemlisinden başlayıp bu marjinalerde biten bu tehlikeleri azaltabilecek veya ortadan kaldırabilecek önlemleri almaktır. FMEA, önleyici bakım eylemlerinin önceliklerini yönetmek için kullanılabilir [8].

FTA süreç içinde ya da sistemde istenmeyen bir olaya neden olabilecek tüm temel olayları grafik halinde gösterir ve sistemi hatalı hale getirebilecek muhtemelen ana olaylar arasındaki mantık bağını kurar[9].

Fine Kinney Matrisinde tehlikeye uğrama, tehlikeye uğrandığında tehlikenin oluşma olasılıkları ve yaralanma dereceleri analiz edilir.

Metro işletmelerinin tamamen izole edilmiş bir yapıya sahip olduğu için yılda kaza olma riski neredeyse sıfıra yakındır. Tramvay hatlarında ise yılda kaza olma riski 10-15 arasındadır [7].

İstanbul’da T1 (Bağcılar-Kabataş) ve T4 (Mescid-i Selam-Topkapı) hatları yolcular tarafından en çok kullanılan tramvay hatlarıdır. Trafiğe takılmamak, ergonomi, vakitten kazanmak vs. dolayı bu iki hat en fazla tercih sebebidir. Bu hatların yoğun kullanılması kapı sıkışması, düşme, çarpma gibi kazalara neden olmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında en fazla kullanılan tramvay hatlarından olan T1 ve T4 Tramvay hatlarında incelenerek iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili en yaygın ve en basit risk analiz metotları kullanılması amaçlanmıştır. İşletme sırasında uygulanan temel iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri açısından, önce Fine-Kinney ve 5x5 Matris risk değerlendirme metotları karşılaştırılmış daha sonra Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), Ridley ve FTA metodu karşılaştırılarak analiz yapılması amaçlanmıştır.

1.1. Önceki Çalışmalar

İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarından olan risk değerlendirme metodları birçok alanda kullanılmaktadır. Literatürde risk analiz metodları ile ilgili birçok çalışma vardır [7,10-20].

Damat (2018) metro istasyonlarında iş güvenliği uygulamaları ile ilgili yaptığı çalışmada kazaların olma nedenlerini belirleyip 5x5 Matris ve Fine-Kinney metodunu kullanarak karşılaştırma yapmıştır. Bu karşılaştırma neticesinde Fine-Kinney metodu daha sağlıklı sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmiştir [7].

Sayar (2018) “M2 Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı Acil Durum Senaryolarının Oluşturulması ve Planlama Çalışmalarında Kantitatif Risk Değerlendirmesi ve CFD Modelleme Yaklaşımı” adlı çalışmasında Kantitatif Risk Analizi metodlarından olan ön tehlike analizini kullanmıştır. En üst düzey tehlikeli olaylar belirlenmiş bu kapsamda değerlendirme yapılmış ve alt sistemlere en yüksek riske sahip alanların bir göstergesini sunacak şekilde kullanılacağını belirtmiştir [10].

Deniz (2018) “M4 Kadıköy Kartal Tavşantepe Metro Hattında Acil Durum Senaryolarının Oluşturulması ve Planlama Çalışmalarında Kantitatif Risk Değerlendirmesi ve CFD Modelleme Yaklaşımı” adlı çalışmasında acil durum planlarında özellikle yangın senaryolarına karşı ekipman davranışları ön tehlike analizi ile değerlendirilmiş ve riskler en aza indirgenmeyi hedeflendiğini vurgulamıştır [11].

Ergenç (2018) yaptığı çalışmada ormancılık sektöründe odun ham maddesi üretim esnasında motorlu testere kullanılan kesme devirme, dal alma ve boylama aşamalarındaki tehlikeleri belirleyerek 5x5 Matris ve Fine-Kinney metodunu kullanmıştır. Bu iki yöntemi karşılaştırıp Fine-Kinney metodun daha hassas sonuçlar verdiğini ve diğer ormancılık sektöründe Fine-Kinney metodunun kullanılabilir olduğunu belirtmiştir [12].

Selçuk (2018) yaptığı çalışmada mücevherat sektörü, üretim safhalarında maden basınçlı kaplar ve kimyasal ürünleri kullandığı için çok tehlikeli sınıftaki firmalarla aynı kategoride olduğunu belirtmiştir. Çok tehlikeli sınıfta olduğu için sorumluluklara daha çok ehemmiyet vermeyi ve alınan önlemlere rağmen iş kazalarında azalma olsa da istenen seviyede olmadığı vurgulamıştır. Bu çalışmada L tipi Risk Analiz metodu kullanarak risk değerlendirme tablosunu ortaya koymuştur [13].

İlaç lojistik sektöründe bir firmada Erten (2016) yaptığı çalışmada FMEA yönteminin 5*5 Matris ve Fine Kinney yöntemleri ile birlikte değerlendirilmesi sonucunda FMEA yönteminin olayın gerçekleşme ihtimalini yani olasılık değerini çok daha net karşılayabildiğini vurgulamıştır [14].

Korkmaz (2020) “L tipi (5x5 matris) Risk Analiz yöntemi ve Fine Kinney Yöntemi ile Yapı Makinalarında risk değerlendirmesi” başlıklı çalışmada inşaat sektöründe yapı makinalarında matris ve Fine-Kinney metodunu kullanarak karşılaştırma yapmıştır. Karşılaştırma sonucunda ise Fine-Kinney yöntemin daha hassas sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur [15].

Aker (2020) Metal sektöründe yaptığı çalışmada iş kazaların ülkemizde önemli bir seviyeye geldiğini belirtmiştir. Bu kazaları en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak için risk analiz yöntemlerinden olan 5x5 Matris ve Fine-Kinney metodu kullanıp Fine- kinney metodun daha hassas sonuçlar verdiğini vurgulamıştır [16].

Toptancı ve Erginel (2017) HTEA, literatürde yaygın bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte tehlike türlerinin belirlenmesinde, en önemli tehlike türlerinin ortadan kaldırılması ya da azaltılmasında ve alınacak önlemler için nasıl bir sıralama izlenmesi gerektiğini tahmin etmede kullanılabilen güçlü analiz yöntemi olduğunu belirtmiştir. Bu yöntemin çalışmanın başlangıç zamanında uygulanması ilerde iş kazalarından kaynaklı oluşabilecek maddi ve manevi kayıpların önüne geçeceğini vurgulamıştır [17].

Eskiömeroğlu (2018) spor komplekslerinde Matris ve Fine-Kinney risk analiz metodlarını kullanarak yapmış olduğu çalışmada Fine-Kinney metodu ile risklerin hangi tür tehlikelerden kaynaklandığının belirlenmesi, belirlenmiş yüksek dereceli risklerin indirilip ortadan kaldırılması ve Matris metodun ise derecesine uygun olarak tespit edilemeyen riskler olması sebebiyle Fine-Kinney metodu daha hassas ve daha gerçekçi yaklaşımlar ortaya koyduğunu vurgulamıştır [18].

Uçum (2020) cnc ve freze tezgâhlarında yaptığı bir çalışmada Fine-Kinney ve FMEA metodlarını karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışmada Fine-Kinney metodu kullanımının pratik olması, yeterli düzeyde tecrübe sahibi olmayan uzman kişiler tarafından kolayca kullanılması gibi avantajlardan dolayı çok tercih sebebi olması ve FMEA ise potansiyel risklerin belirlenmesinde ve proaktif tedbirlerin alınmasında daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bu iki metodun karşılaştırılmasında yapılmış risk değerlerin Fine-Kinney analizinde düşük seviyelerde, Fmea analizinde ise oluşan risk değer sonuçlarının daha yüksek seviyede olduğunu vurgulamıştır [19].

Durmuş ve diğ. (2021) “Bir Çay Fabrikasında Fine-Kinney ve FMEA Yöntemleri ile Risk Değerlendirmesi” adlı yapılan çalışmada Fine-Kinney ve FMEA metodolijileri kullanarak risk değerlendirmesi yapıp az tehlikeli sınıfta bulunan çay fabrikasının Fine-Kinney analizi ile tehlike sınıfının arttırılması gerektiğini ayrıca FMEA analizinde bulunan farkedilebilirliğin düşük olması sebebi ile tedbir almayı gerektirmeyen bir değer olabileceği ve bu durum ise olasılığı ve etkisi büyük olan bir hatanın göz ardı edilmesine sebebiyet vereceğini vurgulamıştır [20]

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamanın ve sürdürmenin ilk adımı bir sağlık ve güvenlik politikası geliştirmektir. Risk değerlendirmesine yönelik yeni yaklaşım, işverenlerin işyerlerinde belirli riskler altında olabilecek işçilerin konumu da dâhil olmak üzere sağlık ve güvenlik açısından risk değerlendirmeleri yapmalarını gerektirmektedir. İşveren, risk analizi sonuçlarına göre alınacak koruyucu önlemler ve edinilecek koruyucu ekipmanlarla ilgili karar vermekle yükümlüdür. Risk değerlendirme uygulamaları bakanlıktan sertifikalı uzman mühendisler tarafından hazırlanmaktadır. Risk değerlendirmesi bir rehber doküman da olduğu için yapılan işin niteliğine uygun olarak konusunda uzman kişiler tarafından yapılması gereken bir ekip çalışmasıdır. Yeni yaklaşımın en önemli unsuru risk değerlendirmesi (risk analizi) kavramıdır. Risk, tehlikeler sonucunda meydana gelen bir olayın olasılığı ile zararın derecesinin birleşimidir. Tüm süreçlerde risk değerlendirmesi, riskin büyüklüğünün değerlendirilmesinden ve riskin kabul edilebilirliği konusunda karar verilmesinden oluşur. Tehlikeleri sistematik olarak belirlemek, riskleri belirlemek ve riskleri kontrol etmek için uygun niteliksel veya niceliksel yöntemleri kullanan bir dizi çalışmadır [8].

Raylı sistemlerde de ekipman hataları bilgisayar kullanan kontrol ekipmanının artan kullanımından kaynaklanan insan kayıpları veya mali kayıplarla doğrudan bağlantılıdır. Bu sistemler, sistem yaşam döngüsü boyunca güvenliği garanti altına almak için geliştirilmek zorundadır. Raylı sistemlerin kontrolü gibi hayati kontrol sistemleri, güvenliği garanti altına almak, hız ve yönü kontrol etmek, özellikle çarpışmaları önlemek için otomatik bilgisayar kontrollü sistemlerdir. Bu sistemler genel endüstriyel kontrol sistemlerinden daha yüksek seviyede güvenilirlik gerektirir. Risk değerlendirmesi, tanımlanan tehlikenin sunduğu riskin belirlenmesinden itibaren güvenliği artırmak için önemli bir aşamadır [21].

Riskleri azaltmak için risk analizi yapılması gerekmektedir. Bu bakımdan her kurum ya da kuruluşlarda risk değerlendirme çalışması gerekmektedir. Tramvay hatları için kurulan afet kurulunun, tramvayın herhangi bir şekilde karşılaşma ihtimali olan tehlikelerde, bu tehlikenin istasyon alanında afete dönüşme olasılığına karşı risk analizi yapılmaktadır. Risk analizi yapabilmek için tehlikelerin belirlenmesi gerekmektedir. Tehlikeleri belirlemek için tarihsel olaylar, bildiriler, yönetmelikler, iş güvenliği uzmanı, makine mühendisi gibi konunun uzmanı ile görüşme, benzeri ulaşım sistemlerinde meydana gelmiş kazalar ve bunlara ilişkin istatistiksel veriler göz önünde bulundurulur [7].

Risk değerlendirme metotlardan bazı tanımları bilmemiz gerekmektedir.

Kaza: Yaralanma, sağlığın bozulması ya da ölümlle sonuçlanan olaydır. Tehlike: İnsanların yaralanmasına sağlığının bozulmasına veya tüm bunların gerçekleşmesine neden olabilecek durum, işlem veya kaynak.

Olay: Yaralanma, sağlığın bozulması veya ölüme sebep olan veya sebep olacak yeterli olasılıkları içeren işe ilişkin durumlardır. Yaralanma, sağlığın bozulması veya ölümlle sonuçlanmayan olaylar “Hasarsız olay- Ramak kaldı” şeklinde ifade edilmektedir.

Risk: Tehlikeli bir olayın veya maruz kalma durumunun meydana gelme olasılığı ile olay veya maruz kalma durumunun yol açabileceği yaralanma veya sağlık bozulmasının ciddiyet derecesinin birleşimidir.

İş Sağlığı ve Güvenliği: İşçilerin herhangi bir iş ortamında karşılaşılabileceği tehlikeleri en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak için işçi ve iş verene getirilen sorumluluklara ilişkin kurallar bütünüdür.

Risk değerlendirmesi: Mevcut kontrollerin yeterliliğini dikkate alarak tehlikelerden kaynaklanan riskin büyüklüğünü değerlendirmek ve riskin kabul edilebilir olup olmadığına karar vermek için kullanılan süreçtir [22].

İş sağlığı ve güvenliğinde risk ve tehlike terimlerinin anlaşılmasında zorluk çekilmektedir. Tehlike, en basit olarak zarar verebilecek bir şey olarak tanımlanır. Örnek olarak elektrik, kimyasallar, merdiven üzerinde çalışma, gürültü, klavye, işyerinde stres gibi durumlar gösterilebilir. Risk ise bu tehlikelerin zarar verme ihtimalini ifade eder. Örneğin merdiven üzerinde çalışmak bir tehlike iken merdivenden düşmek risk olarak değerlendirilir[23].

Risk değerlendirme metodları aşağıda sıralanmıştır.

1- Başlangıç Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis - PHA)

2- İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis - JSA)

3- Olursa Ne Olur? (What if?)

4- Risk Değerlendirme Karar Matrisi (Risk Assessment Decision Matrix)

5- Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA)

6- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması (Hazard and Operability Studies - HAZOP)

7- Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis - FTA)

8- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis - ETA)

9-Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları

10-Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis)

11-Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi Yöntemi (Preliminary Risk Analysis

Using Checklists - PRA)

12-Fine-Kinney Analizi

13-Ridley Analizi [24]

Yukarıda sıralanan risk analiz yöntemlerinden en çok kullanılan Fine-Kinney, FMEA, Ridley, Matris ve FTA yöntemleri kullanılmıştır.

Risk değerlendirme yöntemlerinden Fine-Kinney yöntemleri, 5x5 matrisler, FMEA, Ridley ve FTA kullanılmadan önce bu analiz yöntemlerinin nasıl kullanıldığı hakkında bilgi verilmektedir.

Çalışmanın materyalini oluşturan T1 ve T4 hatlarının verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilmiştir [25]. İlk olarak, Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemleri, T1 ve T4 tramvay hatlarındaki 5x5 matrisleriyle karşılaştırılmıştır. Daha sonra FMEA yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Olasılık ve ciddiyet, bu iki yöntemde ortak kriterlerdir. Fine-Kinney yönteminde 5x5 matris analiz yönteminden farklı şekilde bir frekans parametresi vardır. FMEA da ise olasılık ve şiddetten farklı olarak tespit edilebilirlik parametresi vardır. Daha sonra bu metodlara ek olarak Ridley ve FTA metodları da eklenip karşılaştırılmıştır.

2.1. Fine-Kinney Metodu

Kazaları kontrol etmek için bazı matematiksel yöntemlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler 1976 yılında F. Kinney ve A. Virut tarafından geliştirilmiştir. Fine Kinney'in yöntemi diğer yöntemlerden üç boyutlu bir risk değerlendirme yöntemi olmasıyla ayrılmaktadır. Çalışma ortamında karşılaşılabilecek meslek hastalıkları ve iş kazalarının önlenmesi ile ilgili bir çalışmadır[7].

Fine-Kinney Metodunda olasılığın şiddeti üç boyutlu olduğu için iş yerinde kazaları önlemek bakımından kullanılacak bir risk değerlendirme yöntemidir. Fine Kinney Risk Analizi yöntemi, geçmiş veriler ve kurumsal tahminlerle birleştirilmesine olanak tanıyan niteliksel bir yöntemdir. Başka bir deyişle, bu yöntemle yapılan risk analizi, sadece bir tahmin değil, analiz edilmiş kaza verileri ve kısa vadeli verilerden oluşuyorsa çok daha doğru sonuçlar alınabilir[26].

Bu yöntem kullanılarak her risk için üç parametre belirlenir:

- a) Tehlikeli yaralanmanın ciddiyeti
- b) Tehlikeye maruz kalma
- c) Maruz kalındığında tehlike olasılığı

Bu üç parametrenin çarpımı risk endeksini belirler. Bu kavramlar, sayısal bir yöntem haline gelmesi ve riskin nicel bir değerlendirmesinin yapılabilmesi için operasyonel hale getirilmiştir [8]. Bu performans kriterleri aşağıdaki gibidir:

Olasılık: Bir olayın meydana gelmesi olasılığı veya (matematiksel) şans olarak tanımlanabilir. Beklenti, 0,1 ile 10 arasında bir değer verilerek temsil edilir [27].

0.1: İmkânsız/düşünülemez

0.2: Hemen hemen hayal edilemez

0,5: Olasılık az, ancak olabilir

1: Olası değil, ancak uzun vadede olabilir

3: Olağandışı (ancak olası)

6: Olası

10: Beklenen

Maruz Kalma: Faktör maruziyeti, bir riskin oluşabileceği süreyi gösterir. Ölçek 0,5 ile 10 arasında bir değerdir [10].

0,5: Çok nadir (yılda 1 defadan daha az)

1: Nadir (yılda yaklaşık 1 defa)

2: Bazen olabilir (yaklaşık yılda 1 defa)

3: Arada sırada (haftalık)

6: Sık sık (günlük)

10: Sürekli olarak (günde birkaç defa)

Önem: Faktör ciddiyeti, bir tehlikeye bağlı olası hasarları, etkileri ve sonuçları gösteren ölçektir.

Bu ölçek 1'ile 40 arasında sayısal bir değerdir [27].

1: Hafif etkili, hastalık yüzünden, iş devamsızlığına neden olmaksızın yaralanma

3: Önemli, iş devamına neden olan yaralanma

7: Devamsızlıkla birlikte ciddi, sürekli yaralanma

15: Çok ağır, ölümle sonuçlanan kaza

40: Afet, çoklu ölümlü kayıplar

Risk Endeksi: Olası hasarın ciddiyet derecesine maruz kalınan süreye ve risk oluşma olasılığına göre belirlenmiş sayısal değerler atanarak bir risk endeksi oluşturulur. Risk endeksi beş kategoriden oluşur. Bu risk endeksi baz alınarak uygun ve gerekli önlemler belirlenebilir [27].

Riskleri mümkün olduğunca ortadan kaldırılır veya azaltılır. Bunun doğal sonucu güvenli makine tasarımı, üretimi ve işletimidir. Giderilemeyecek risklere karşı gerekli koruyucu önlemleri alınır. Araç kullanıcılarına kabul edilen koruma önlemlerinin herhangi bir eksikliğinden kaynaklı geri kalan riskler hakkında bilgilendirilir, özel bir eğitim planlamanın gerekli olup olmadığı belirtilir ve kişisel koruma ekipmanı temin edilir [27].

Tablo 2-1: Risk endeksi ve önlemler

Sınıflandırma	Risk Endeksi	Önlemler
1	R = 21	Hafif riskli, kabul edilebilir
2	21 < R = 71	Düşük risk, dikkat gerekli
3	71 < R = 201	Orta riskli, basit önlemler uygulanır
4	20 < R = 401	Yüksek risk, hemen üst seviye önlemler uygulanır
5	R > 401	Çok yüksek risk, faaliyetler / işlemler durdurulur [26]

Riske maruz kalma ihtimali, tehlikeye maruz kalma frekansı ve maruz kalması sonucunda etken faktörlerin bu yöntemde çarpan parametreleridir. Etken faktörler çarpılır. Sonuç kavramsal olarak tanılandıktan sonra Tablo 2-1’de sonuca göre alınacak tedbirler ve yıl içinde ne kadar kontrol yapılması gerektiği belirlenir [27].

$$Risk = Olasılık \times Frekans \times Şiddet [7] \quad (2.1)$$

İhtimal: Hasarın veya zararın zaman içerisinde gerçekleşme ihtimalini gösterir. Frekans: Hangi sıklıkla tehlikeye maruz kalındığını gösterir. Şiddet: Tehlikeli olayın meydana gelmesi durumunda insan, iş yeri ve çevresel oluşturacağı zararların veya hasarların şiddet derecesi [7]. Fine-Kinney risk değerlendirme Tablo 2-2, Tablo 2-3 ve Tablo 2-4’te gösterilmiştir. Tablo 2-2’de olasılık ve frekans tablosu gösterilmiştir. Tablo 2-2’de 0,2-0,5-1-3-6-10 gösterilen değerlerdir. Fine-Kinney metodunda değerlendirme yapılırken eylemin olasılık değeri ile bu olasılık değeri ise hangi

frekansta oluşacağını önceden belirleriz. Örneğin: Tramvaylar trafikten tamamen izole bir sisteme sahip olmamasından dolayı tramvayın yolcu çarpması gerçekleşme ihtimali yüksektir. Olasılık olarak bu eyleme 3 verirse bu vakanın meydana gelmesi olasıdır. Bu olayın meydana gelme frekansı ise 2 olarak belirlenmiştir. Bu olayın ayda bir ya da birden çok kez meydana sıklığını gösterir. Tablo 2-3’de ise 1-3-7-15-40-100 değerleri verilmiştir. Bu örnekteki eylem için 40 şiddeti verilmiştir, yani ölüm, ciddi çevresel etki olarak nitelendirilmektedir. Tablo 2-4’de gösterildiği gibi risk derecesi olasılık, frekans ve şiddetin çarpımı ile elde edilmektedir. Bu durumda $Risk=3*2*40=240$ ’dır. Bunda risk derecesi 200’den büyük 400’den düşüktür. Bu risk ciddi risk grubuna girip kısa sürede iyileştirme yapılmalıdır.

Tablo 2-2: Fine-Kinney Olasılık ve Frekans

Değer	Olasılık	Değer	Frekans
0,2	Pratikte imkânsız	0,5	Yılda bir ya da daha az
0,5	Zayıf olasılık	1	Yılda bir ya da birden fazla
1	Oldukça düşük	2	Ayda bir ya da birden fazla
3	Mümkün	3	Haftada bir ya da birden fazla
6	Oldukça mümkün	6	Günde bir ya da birden fazla
10	Kesin	10	Sürekli ya da saatte birden fazla

Tablo 2-3: Fine-Kinney Şiddet

Değer	Şiddet
1	Ramak kala, çevresel etki yok
3	Küçük hasar, yaralanma, yerinde ilk yardım
7	Önemli hasar, dış tedavi, iş günü kaybı
15	Kalıcı hasar, uzuv kaybı, çevresel etki
40	Ölüm, ciddi çevresel etki
100	Birden fazla ölüm, ağır çevre felaketi

Tablo 2-4: Fine-Kinney Risk Değerlendirme

Değer	Önem Derecesi	Aksiyon
R<20	Önemsiz risk	Acil eylem gerekemeyebilir
20<R<70	Kesin risk	Eylem planına alınmalı, gözetim altında devam etmeli (sürekli)
70<R<200	Önemli risk	Uzun dönemde “yıl içerisinde” iyileştirilmeli (3 ay içinde)
200<R<400	Ciddi risk	Kısa sürede iyileştirilmeli (1 ay içinde)
R>400	Çok yüksek risk	Çalışmaya ara verilmeli ve iyileştirme yapılmalı

2.2. 5x5 Matris Metodu

Kullanılması kolay olan en yaygın uygulanan metotlardan biridir. Bu metot diğer birçok farklı metodun temelini oluşturur. Karma işlemlerden oluşan bir risk değerlendirme metodudur. Bu metotta iki ya da ikiden fazla parametre arasındaki ilişkiyi değerlendirmede kullanılmaktadır [28]. İş akış şemalarının çok olduğu işletmelerde tek olarak kullanımı yeterli gelmemektedir. Matris değerlendirme yönteminde yetkili şahsın bilgisi ve tecrübeleri ile istenilen düzeye daha hızlı ulaşılabilecektir. Bu sistem karmaşık sistemlerde kullanılması sonucu yanlış neticeler doğurabilmektedir. Bu açıdan ancak basit sistemlerde kullanılabilir [28]. Değerlendirme parametreleri ise:

$$Risk = Olasılık \times Şiddet \quad [7] \quad (2.2)$$

Risk matrisleri, tehlike tanımlama ve risk değerlendirme süreçlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılma amaçları şunlardır:

- Tanımlanmış bir tehlikeyle ilişkili risk düzeyini ifade etmek,
- Riskleri sıralamak ve böylece eylemler önermek;
- Bir öneriyi veya eylemi doğrulamak,
- Bir kontrolün etkinliğini göstermek için riski yeniden değerlendirmek (artık risk) [28].

Risk matrisleri, risk faktörleri olarak kabul edilen olasılık ve sonuç arasındaki ilişkiyi göstermek için yapısal bir durum tablosu ortaya koyar [29]. Risk Matrisi, önceden tanımlanmış bir kümeden bir tehlikeye bir risk düzeyi tahsis etmek için kullanılan bir araçtır. İki boyutlu matrisler en yaygın olanıdır [30]. Bu matrisler “risk yönetimine yönelik basit, etkili yaklaşımlar” olarak bilinirler ve birçok ülkede kullanılırlar [31].

Bazı kuruluşlar, iş riskiyle ilişkili riskin değerlendirilmesi için bir matris ve iş tehlikelerine maruz kalma ile ilişkili riski değerlendirmek için farklı matrisler kullanır. Bunlar, olasılık ve sonuç değerlerinin tanımlayıcılarının tahsisinde yanlış eşleşebilir ve bu nedenle kafa karışıklığına neden olabilir. Risk değerlendirmesi oldukça öznel bir süreçtir ve bireyler sistematik olarak riski yanlış algılamaya eğilimlidir [32].

Viner (1996), riskin sıklığının (olasılık x maruz kalma) ve sonucun (olanın istenmeyen olumsuz veya olumsuz sonucu) bir fonksiyonu olduğunu öne sürer. Burada risk, olasılık ve sonucun genel kabul görmüş işlevi olarak kabul edilir [29]. Çoğu matris, x ve y eksenleri olarak olasılık ve sonucu kullanır ve bu nedenle genel olarak Risk = Olasılık x Sonuç ($R=L \times C$) olduğu kabul edilir [33].

Matrisin amacı, risk sürekliliğini eşit risk aralıklarına veya bantlarına indirmektedir. Bu bantlara genellikle renkler atanır: en yüksek riskler için kırmızı, en düşük riskler için yeşil, bu da 'Tısı Haritası' terimini doğurur. Bir matristeki her bir bant ve tahsis edilen risk düzeyine bazen sayısal bir değer veya aralık verilir [34].

5X5 Matris risk yönteminde Fine-Kinney yönteminden farklı olarak çarpanlarında frekans yoktur [35]. Tablo 2-5'te gösterildiği gibi tramvay ve yolcu çarpması örneği üzerinden gidecek olursak bu olayın olma olasılığı 3 olarak belirlenmiştir. Yani orta, yılda bir kez gerçekleşme ihtimalidir. Şiddet olarak 4, uzuv kaybı, uzun süreli tedavi olarak belirlenmiştir. Risk=3*4=12 önemli derecede risk oluşturmaktadır. Uzun süreli iyileştirilebilir risk azaltılması için çalışmalara başlanılmalıdır.

Aynı eylem için Fine-Kinney metodunda riskin derecesi 240 olarak bulunmuş yani ciddi risk oluşturduğu görülmüştür. 1 ay gibi kısa bir süre içinde iyileştirme yapılmalıdır (Tablo 2-4). Aynı eylem 5x5 matris yönteminde riskin derecesi 12 bulunmuştur (Tablo 2-6). Bu önemli risk taşımaktadır. Önlem açısından uzun sürede iyileştirilebilir risk azaltma çalışmalarına başlanılmalıdır (Tablo 2-7). Her iki yöntemde de birbirinden farklı risk dereceleri çıktığı görülmektedir. Fine- Kinney yöntemi daha sağlıklı sonuçlar vermektedir [35]. 5X5 Matris metodu Tablo 3-1'da ve Fine-Kinney metodu ise Tablo 3-2'da riskler belirlenmiş ve alınması gereken önlemler bu tablolarda verilmiştir. Tablo 3-3'de ise bu iki metodun karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada literatürdeki diğer yapılan çalışmalardan [7,35,36] farklı olarak Fine-Kinney, 5X5 Matris, Ridley, FMEA ve FTA yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 2-5: 5x5 Matris Olasılık ve Şiddet

Değer	Olasılık	Değer	Şiddet
1	Çok düşük- hemen hemen hiç	1	İş saati kaybı yok, ilk yardım-çok hafif
2	Düşük- yılda bir kez (Anormal durumlarda)	2	İş günü kaybı yok, ilk yardım ve tıbbi tedavi- hafif
3	Orta- yılda bir kez	3	İş günü kayıplı- hafif yaralanma
4	Yüksek- ayda bir	4	Uzuv kaybı, uzun süreli tedavi-ağır
5	Çok yüksek-hergün	5	Sürekli iş göremezlik, ölüm- çok ağır

Tablo 2-6: 5x5 Matris

R=O*Ş		Şiddet				
Olasılık	Puan	1	2	3	4	5
	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Tablo 2-7: 5x5 Risk Değerlendirme Tablosu

Sonuç	Önem Derecesi	Eylem
1	Kabul edilebilir	Önlem gerektirmeyebilir
2-6	Kesin	Mevcut kontroller sürekli olarak devam etmeli
8-15	Önemli	Uzun sürede iyileştirilebilir risk azaltma çalışmalarına başlanılmalı
15-20	Ciddi	Risk işin devamı ile ilgilirse iş durdurulmalı. Önlem alınmalı değilse kısa sürede iyileştirme sağlanmalı
25	Çok ciddi	İyileştirme yapılana kadar iş durdurulmalı

2.3. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effects Analysis- Fmea)

Bu en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Özellikle otomotiv sektöründe üretim sırasında ve sonrasında olası hataları tespit etmek için sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Aynı zamanda genel problem çözme tekniklerinden biri olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm sistemler veya bunların bölümleri ele alınır, parça, alet ve bileşenlerde oluşabilecek arızalardan hem ilgili bölümlerin hem de tüm sistemin nasıl etkilenebileceği ve meydana gelebilecek sonuçlar analiz edilir [37].

Bu analiz üretim esnasında riskleri en aza indirmek ya da ortadan kaldırmayı hedeflediği gibi düşük kaliteli üretimin önüne geçmeyi hedeflemektedir. Bu analiz türü ABD ordusunda geliştirildi. FMEA, sistem ve ekipman hatalarının etkilerini belirlemek için güvenilir bir değerlendirme metodu olarak kullanılmıştır. Bu yöntem otomobil endüstrisinden uzay sektörüne kadar çok geniş kullanım alanı vardır. Bu yöntemin yaygın olmasının sebebi ise kullanımının kolay ve teorik bilgi gerektirmemesidir. Bu yöntem tasarım, servis, hizmet gibi farklı yapılarda uygulanabilir [37].

Hata modları ve etkileri analizi (FMEA), Hata modlarını ve etkilerini belirlemek ve sınıflandırmak için ürünlerin geliştirilmesinde kullanılan belirleyici bir metoddur. Bu metod her bir hata modu için etkileri belirlemek ve bunları olasılık ve etki açısından sınıflandırmak için sistematik bir yaklaşım oluşturur. Bu metod kullanılırken “risk öncelik sırası” belirlemek için risk oluşma, olasılıklar ve risk şiddeti indeksleri birleştirilir. Bu yönüyle düzeltici faaliyetlere öncelik verilen bir metoddur [38].

FMEA analiz metodnu gerçekleştirmek için izlenen başlıca aşamalar şöyledir:

1. Analizden önce:

- a) Gereksinimler, bileşenler, mimari ve arıza modları hakkında bilgi toplanır
- b) Analiz altındaki sistem yapılandırılmış bir şekilde düzenlenir. Sistem yapısı ve sınırları bir blok diyagramında tanımlanır.

2. Analiz sırasında:

- a) Hata modu analizi ve FMEA çalışması planı yapılır
- b) Hata modlarını belirlenir
- c) Her hata modunun etkilerini belirlenir
- d) Her hata modunun nedenlerini belirleyin.
- e) Mevcut koruma eylemlerini belirleyin.
- f) Her hata modu için risk önceliği belirlenir ve kodlanır.
- g) FMEA tabloları hazırlanır

3. Analiz tamamlandıktan sonra:

- a) Analizi bir FMEA raporunda özetlenir
- b) Hataların etkilerini azaltmak için düzeltici eylem planı oluşturulur [39].

2.3.1. FMEA Çeşitleri

- a) Sistem FMEA
- b) Tasarım FMEA
- c) Süreç FMEA
- d) Servis FMEA

➤ a) Sistem FMEA

Amaç: Sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistemin eksiklikleri nedeniyle ortaya çıkan sistem fonksiyonları arasında olası hata türlerini belirlemek. Amaç: Sistemin kalitesini, güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini geliştirmek.

➤ b) Tasarım FMEA

Amaç: Bir makine veya ekipmanın tasarım aşamasında olası hataları ortadan kaldırmak, ayrıca sistemi tasarım aşamasında analiz etmek ve üretime geçmeden önce hataları ortadan kaldırmak, üretimin ilk aşaması olan tasarım aşamasında ekipmanın kalitesini ve güvenilirliğini garanti etmektir.

➤ c) Süreç FMEA

Amaç: İmalat veya montaj sürecindeki eksikliklerden kaynaklanabilecek hata türlerini ortadan kaldırmak, imalat ve montaj sürecini analiz etmek, sürecin kalitesini, güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini geliştirmektir.

➤ d) Servis FMEA

Amaç: Organizasyondaki hataları analiz etmek, organizasyonun kalitesini, güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini geliştirmektir. FMEA yönteminin üç ana unsuru vardır;

- a) Olasılık: (I) hatanın zaman içindeki sıklığını (1'den 10'a kadar) gösteren bir değer,
- b) Şiddet: (S) Hata durumunda sonuçların derecesini gösteren bir değer (1'den 10'a kadar),
- c) Tespit edilebilirlik: (T) İstenmeyen sonuçlar olmadan bir hatanın tespit edilme derecesini gösteren bir değer (1 ila 10)[41].

Birçok analiz metodları hataları iyileştirme planı yapar. Bu ise çok zaman alır. Ancak FMEA yöntemi iyileştirme planı yerine tüm süreçlere fayda sağlayıp bunları öncelik sırasına alıp bu doğrultuda iyileştirme yapar [38].

FMEA, ortaya çıkan riskleri önlemenin yanı sıra, iş kazaları ve meslek hastalıkları gibi çalışanları sağlık ve iş güvenliği açısından tehlikeye düşürecek olası risklerin belirlenmesi ve önlenmesi için güvenli bir yöntemdir. FMEA risk analiz metodundaki iki temel unsur (İhtimal ve Şiddet) hem 5x5 Matris hem de Fine-Kinney metodunda ortak unsurlardır. FMEA diğerlerinden farklı olarak tespit edilebilirlik unsuru yani hatadan kaynaklanan sonuçlara sebep olmadan tespit edilebilme derecesini gösteren değerdir [8].

Tablo 2-8’te gösterildiği gibi tramvay ve yolcu çarpması örneği üzerinden gidecek olursak bu olayın olma olasılığı 3 olarak belirlenmiştir. Yani hata oluşma sıklığı düşük ihtimalidir. Tablo 2-9’te şiddet olarak 7, etkisi yüksek olarak belirlenmiştir. Tablo 2-10’da Fark edilebilirlik derecesi 5 olarak alınıp potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği orta olarak belirlenmiştir. RÖS değeri ise bu üç temel unsurun çarpımından elde edilen sonuçtur. $RÖS=3*7*5=105$ (Yüksek riskli) Tablo 2-11’de RÖS değeri 100’den büyük olduğu için önlem alınması gereklidir.

FMEA metodunda değerlendirmeler önlem alındıktan sonra da yapılır. Bu şekilde daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Tramvay ve yolcu çarpması örneğinden devam edecek olursak bu faaliyetin önünü almak için yaya koruma koridorları yapılabilir. Bu tedbir alındıktan sonra yapılan değerlendirmeler doğal olarak değişmektedir. Tablo 2-8’te bu olayın olma olasılık değeri 3 iken 2 ye düşüp, tablo 2-9’te ise şiddetin değeri 7 iken 3 düşüp ve tablo 2-10’da ise 5 iken 3 düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla tablo 2-11’de RÖS değeri de 105’ten 18’e düştüğü görülmektedir. RÖS değeri yüksek riskli iken düşük riske indiği görülmektedir. FMEA analizi Tablo 3-4 de yapıp önlem alındıktan sonra Tablo 3-5’te yapılmıştır.

Tablo 2-8: Hata oluşma sıklığı [34]

Hata Oluşma Sıklığı	Hatanın Olasılığı	Derece
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/2’den fazla	10
	1/3	9
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/8	8
	1/20	7
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/80	6
	1/400	5
	1/2000	4
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/15000	3
	1/150000	2
Pek Az: Olası Olmayan Hata	1/150000’den düşük	1

Tablo 2-9: Ağırlık Sınıflanm ASI (ŞİDDET) [34]

Etki	Şiddetin Etkisi	Derece
Uyarı olmadanGelen	Felakete neden olabilecek derecede ve herhangi bir uyarı olmadan	10
Yüksek Tehlike	gelen potansiyel hata	
Uyarı olmadan Gelen	Sistemin tümüyle hasar görmesine neden olan, yıkıcı, ağır yaralanma,	9
Tehlike	3.derece yanık, akut ölüm gibi etkiler yapan hata türü	
Çok yüksek	Sistemin tümüyle hasar görmesine neden olan, yıkıcı, ağır yaralanma,	8
	3.derece yanık, akut ölüm gibi etkiler yapan hata türü	
Yüksek	Ekipmanın tümüyle hasar görmesine, ölüme, zehirlenmeye, 3. derece	7
	yanıklara, akut ölüme neden olan hata türü	
Orta	Sistemin çalışmasını ve verimini etkileyen, uzuv ve organ kaybına, ağır	6
	yaralanmaya ve kanser gibi hastalıklara neden olan hata	
Düşük	Kırıklara, düşük seviye iş görmezliğe, 2. derece yanıklara ve beyin	5
	sarsıntısı gibi etkilere sahip olan hata	
Çok düşük	İncinmeye, basit kesikler ve sıyrıklara, ezilmelere, hafif yaralanmalara	4
	ve ile kısa süren rahatsızlıklara yol açan hata	
Küçük	Sistemin çalışma hızını azaltan hata	3
Çok küçük	Sistemin çalışması esnasında kaosa, kargaşaya neden olan hata	2
Yok	Etkisiz	1

Tablo 2-10: Hatanın Saptanabilirliği (Fark edilebilirlik -F) [34]

Fark Edilebilirlik	FARK EDİLEBİLME OLASILIĞI	Derece
Fark edilemez	Potansiyel hatanın neden kaynaklandığı ve sonraki hatanın saptanabilmesi olası değil	10
Çok az	Potansiyel hata nedeni ve ardından gelen hatanın saptanabilme olasılığı çok az	9
Az	Potansiyel hata nedeninin saptanabilme olasılığı az	8
Çok düşük	Potansiyel hatanın nedeni ve sonraki hatanın saptanabilme olasılığı çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hata nedeni ve sonraki hatanın saptanabilme olasılığı düşük	6
Orta	Potansiyel hata nedeni ve ardından gelen hatanın saptanabilme olanağı orta	5
Yüksek ortalama	Potansiyel hata nedeni ve sonraki hatanın saptanabilme olanağı yüksek ortalamada	4
Yüksek	Potansiyel hata nedeni ve sonraki hatanın saptanabilme olanağı yüksek	3
Çok yüksek	Potansiyel hata nedeni ve sonraki hatanın saptanabilme olanağı çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	Potansiyel hata nedeni ve sonraki hatanın saptanabilme olanağı aşağı yukarı kesin	1

Tablo 2-11: Risk öncelik sayısı (RÖS) Değerlendirmesi [34]

RÖS Değeri	Önlem
$RÖS < 40$	Önlem almaya gerek yok
$40 \leq RÖS \leq 100$	Önlem alınabilir
$RÖS > 100$	Önlem alınması gereklidir

2.3.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi İle İlgili Tanımlar

Hata Türü: Sistemin işleyişinde beklenilenin gereği gibi yerine getirilmemesi ya da hiç getirilmemesi durumu. Hata fonksiyonu olarak da kullanılmaktadır. Hata Nedeni: Sistemin işleyiş esnasında belli bir bölümünde meslek hastalığını oluşturacak ya da iş kazasına neden olacak ilk faktördür.

Hata Etkisi: Yüksek kazaların gerçekleşme ihtimali üzerinde çalışarak, hataların işçilere yansımaları ya da sürece etkisini ve iş güvenliği ve işçi sağlığı üzerindeki yansımalarını belirler. HTEA Elemanı: Yöntemin uygulamasında analiz edilen hata türleri, etkileri ve yapılan kontroller ve uygulanan faaliyetlerdir[39].

2.4. Ridley Metodu

John Ridley metodundaki parametreler risk büyüklük derecesi, gerçekleşme sıklığı ve şiddettir. Risk sonucu sayısal olarak değerlendirilmektedir. Risklerin değerlendirilmesinden sonra risk sonucuna göre alınması gereken tedbirler yazılmıştır[41].Ridley metodunda risk değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır:

$$\text{Risk Değeri} = \text{Sıklık} \times (\text{MPK} + \text{OÇİ}) \quad (2.3)$$

Burada MPK maksimum potansiyel kaybı, OÇİ ortaya çıkma ihtimalini, Sıklık ise bir denetim süresi boyunca aynı riskle karşılaşılma sayısını ifade eder[41].

Tablo 2-12: Maksimum Potansiyel Kayıp Değerleri

Çoklu ölüm	50
Tekli ölüm	45
Sürekli sakatlık	40
Göz kaybı	35
Kol/bacak kaybı	30
El/ayak kaybı	25
Sağırılık	20
Kırık	15
Derin kesik	10
Haif yaralanma	5
Çizik, sıyrık	1

Tablo 2-13: Ortaya çıkma ihtimali değerleri

Her an	50
Saatte bir	35
Günde bir	25
Haftada bir	15
Ayda bir	10
Yılda bir	5
5 yıl ve daha fazla sürede bir	1

Tablo 2-14: Risk Skoru Önlemin Aciliyeti

Risk Skoru	Önlemin Aciliyeti
100'den çok	Derhal
80-100	Bugün
60-79	2 Gün İçinde
40-59	4 Gün İçinde
20-39	1 Hafta İçinde
10-19	1 Ay İçinde
0-9	3 Ay İçinde

Herhangi bir risk değerlendirmesinde 1 kez karşılaşılan, Maksimum Potansiyel Kayıp Değeri el ayak Kaybı (25) olan, Ortaya Çıkma İhtimali Yılda Bir (5) olan bir riskin değeri Risk Değeri= Frekans x (MPK +OÇİ) =1 x (25 + 5) =30’dur. Bir hafta içinde önlem almak gereklidir.

2.4.1. Risk Puanlama Metodu

Risk değerlendirme yöntemi tablosu, etkilenen kişi sayısı (çalışan sayısı), hasarın ciddiyeti ve zarar olasılığına ilişkin parametreleri içerir. Risk puanı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır: Risk = çalışan sayısı x hasarın şiddeti x hasarın meydana gelme olasılığı [42].

Tablo 2-15: Risk puanlama metodu tablosu

Etkilenen Kişi Sayısı	Katsayı	Yaralanmanın Şiddeti	Katsayı	Ortaya Çıkma Olasılığı	Katsayı
A-kişi	1	Küçük (İlk Yardım)	1	Muhtemel Olmayan	1
B-C	2	Küçük (Hastane)	2	Muhtemel	2
C-D	3	3 Gün İstirahat	3	Olası	3
F+kişi	4	Büyük	4	Mümkün	4
		Ölüm	5	Mutlak	5

Tablo 2-16: Risk değerlendirme sonucu alınacak önlemlerin süreleri

Puan	Öncelik	Alınması gereken önlem
1-16	Düşük	Düşük önceliğe rağmen, riskin derecesinin düşürülmesi gerekmektedir. Zaman, gayret ve maliyetler risk ile orantılı bir şekilde harcanmalıdır.
18-36	Orta	Aksiyonlar kısa bir zaman içinde yerine getirilmelidir. Aksiyonun yerine getirilmesi için geçecek zaman içerisinde geçici tedbirlere ihtiyaç duyulabilecektir.
40-100	Yüksek	Riskleri kontrol altına alacak aksiyonlar acil bir şekilde yerine getirilmelidir. İş, acil tedbirler alınca kadar durdurulabilir.

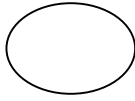
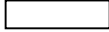
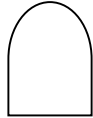
2.5. Hata Ağacı Analiz Metodu (FTA)

Hata ağacı, bir süreçte veya sistemde istenmeyen bir olaya neden olabilecek tüm temel bileşenlerin grafiksel olarak temsil edildiği bir analizdir. Hatalar, donanımdaki bileşenler, insan

hataları veya istenmeyen bir durum oluşturabilecek diğer herhangi bir olayla ilgili olabilir. Bu nedenle, bir hata ağacı, sistemi hatalı bir duruma getirebilecek temel olaylar arasındaki mantıksal ilişkiyi tanımlar. İstenmeyen tek bir olay için bir hata ağacının oluşturulduğunu anlamak önemlidir [43]. Bu nedenle bir hata ağacı analizi bir sistemde meydana gelebilecek tüm hataları açıklamaz ve hatalı davranışların hepsinin tanımlamak için birden fazla Hata Ağacı analizi gerekmektedir. FTA tekniği ile gerçekleştirilen analiz aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- a) İncelenen istenmeyen olayı tanımlanır ve her olaya özel bir hata ağacı oluşturulur
- b) Hatalı olaya olaya yol açabilecek tüm nedenler analiz edilir.
- c) Hata ağacı oluşturulurken olaylar ve nedenler, mantık yolları kullanılarak birbirine başlanır. Bu adım yinelemeli bir süreçtir. Bir olay seçilir ve nedenleri tanımlanır. Bu nedenler temel olaylar, gelişmemiş olaylar veya ara olaylar olarak sınıflandırılır ve hepsini birbirine bağlayacak mantık noktaları seçilir. Bu şekilde hata ağacı en üstteki olaydan temel olaylara doğru çizilir.
- d) Hata ağacı gözden geçirilerek yapılan iyileştirme düzenlemeleri öneri sunma bakımından için analiz edilir. Ayrıca her hatanın oluşturduğu risk değerlendirilir.
- e) Kontrol önlemleri ile ilgili öneriler her bir hata veya istenmeyen olaya ilişkin riskleri ortaya koyar ve bunun ardından risk azaltıcı önlemler önerilir. Hata ağacı analizinde risk derecesi belirlenirken istenmeyen ana olay üst olay, üst olayı tahrik edene ise esas olay olarak gösterilmektedir. Bu analiz içinde yer alan “ve, veya” kapıları ise çeşitli olaylar arasındaki bağlantıyı gösteren mantıksal işaretlerdir. “ve “ kapısında tüm olayların gerçekleşeceğine, “veya” kapısı ise olayların herhangi birini gerçekleşmesiyle bir üst olayın gerçekleşeceğini sembolize eder [43].

Tablo 2-17: Hata ağacında kullanılan temel semboller

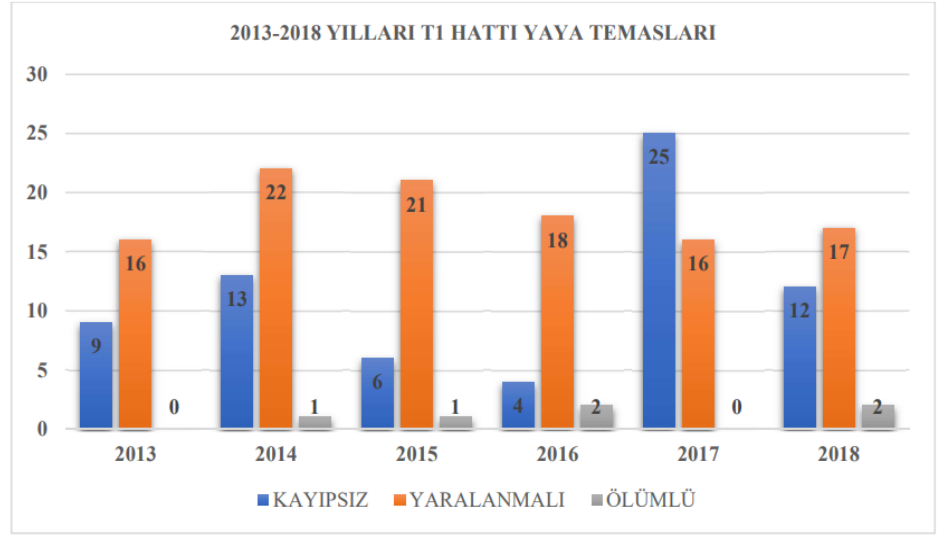
Sembol	İşaret Edilen	İşlev
	Temel olay	Temel olay/hata
	Olay	Daha temel olaylardan meydana gelen olay
	VE kapısı	C çıktı olayı A ve B (tüm girdi) olayları aynı anda gerçekleşiyorsa görülür
	VEYA kapısı	C çıktı olayı, herhangi bir girdi olayı gerçekleşiyorsa görülür.
	Transfer sembolü	Ağacın başka bir yerde daha ileri noktaya kadar gelişim gösterdiğini belirtir.

3. BULGULAR

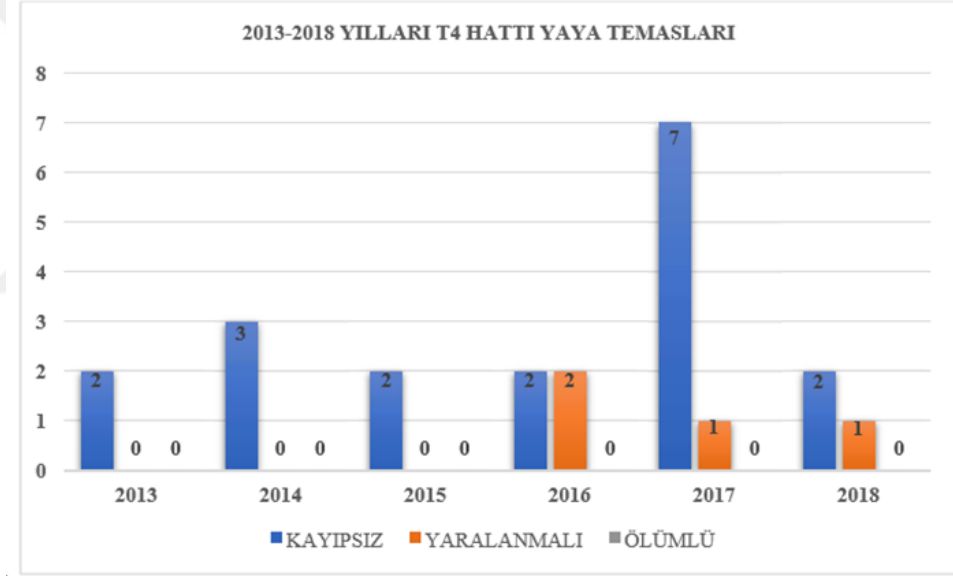
İstanbul T1 ve T4 tramvay hattında toplamda yüz on beş milyon yolcu kullanmaktadır. T1 hattı en fazla kullanılan hat olmakla beraber yaklaşık seksen milyon yolcu bu hattı tercih etmektedir. Otuz beş milyon yolcu ise T4 hattını tercih etmektedir. İstanbul metro ve hafif metro hatları yıl içerisinde neredeyse hiç kaza yaşanmamaktadır. Bu hatlardaki kaza neredeyse hiç olmamasının nedeni ise metroların tamamen hafif metroların ise kısmen izole bir yapıya sahip olmasıdır. Tramvay hatlarındaki yaya ve kara yolu hemzemin kavşaklarında en fazla kazalar buralarda oluşmaktadır. Bunun sebebi ise izole bir yapıya sahip olmamasındandır. İstanbul doğası gereği yoğun bir yer olmasından dolayı tramvay hatlarında yayaların ve kara yolu taşıtlarının ortak kullandıkları kavşak sayısının fazla olması kaza olma olasılığını arttırmaktadır [35].

T4 hattı; hat yapısı itibariyle daha çok hafif metro gibi çalışmaktadır. Tamamen kendi izole yolunun bulunduğu alanların bulunmasıyla beraber hemzemin (karayolu ile ortak) bölgeler de bulunmaktadır. T1 hattı ise tam anlamıyla tramvay mantığında çalışmaktadır. Bu şu demektir ki gerek hat yapısı gerek araç yapısı gerekse de izole yolunun çoğu bölgede olmaması itibariyle T1 hattımızda iş sağlığı güvenliği konusunda daha problemlili bir genel yapıya sahiptir. Meydana gelen kazalar teknik problemlerden kaynaklı (trenlerin ters makasa girmesi, teknik arızalar vb.) olabilmekle beraber, yoğunlukla hemzemin ortak kavşak bölgelerinde meydana gelmektedir. Sebepler de yoğunlukla kara yolu taşıtlarının tramvay yolunda seyretmesi ve hatalı sollamalar, trafik ışıklarına uyulmaması, karayolu taşıtının tramvay aracının gabarisini düşünmeden hatta girerek tramvaya temas etmesi gibi durumlardan kaynaklanmaktadır. Tramvay hatlarında oluşan bazı kaza türleri;

- a) Kara yolundaki taşıtlar ile tramvayın temasından kaynaklı kazalar
- b) Yaya ve tramvayın temasından kaynaklı kazalar
- c) İntihar girişiminde bulunmaktan kaynaklı kazalar
- d) Hat ve tramvaydan kaynaklanan nedenlerden dolayı trenin raydan çıkması (deray)
- e) Peronların içerisinde bulunan sarı çizginin ihlal etme
- f) Hat içindeyken yolcuların peron değiştirmeye çalışmaları [25].



Şekil 3-1: T1 hattında yaya temasları (2013-2018)



Şekil 3-2: T4 hattında yaya temasları (2013-2018)

Şekil 3.1 ve şekil 3.2’den de anlaşılacağı üzere T1 ve T4 tramvay hatlarında kaza olmasının olası riski yıllık ortalama 10-15 arasındadır [25]. T4 hattı T1 hattına nazaran daha az kullanılmaktadır. Bu nedenle T1 hattında daha fazla kaza olmaktadır [35]. Bu hatlarda risk analizleri yapılarak bu kaza oranları en az seviyeye indirilmesi amaçlanmıştır. KVKK nedeniyle 2022 ait bilgiler alınamamaktadır.

Tablo 3-1: 5X5 Matris yöntemi ile bölgesel risk analizi

Tehlike					R.D.				
Faaliyet	Tehlike	Risk	Oluşum Sonucu	Tehlikeye Maruz Kalan Kişi	O	Ş		Önem Derecesi	Önleyici Faaliyet
Tramvaya yolcu binmesi	Kapı	Kapı çarpması, sıkışması	Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	2	3	6	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam etmeli	Yolcu peron ayırıcı kapı sistemi kullanılabilir.
Tramvaya yolcu binmesi	Kapı önü	Kapı çarpması sıkışması	Yaralanma Hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	2	2	4	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam etmeli	Kapı önünde demir teller konularak tek tek alınabilir.
İstasyona yolcu girişi	Yol	Araç çarpması	Ölüm, yaralanma	Tramvay çalışanları yolcular	3	4	12	Önemli risk, uzun sürede iyileştirilebilir, risk azaltma çalışmalarına başlanmalı	Yaya koruma koridoru yapılabilir.
Ani gabariye girme	Ray hattı	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	Tramvay çalışanları yolcular	4	5	20	Ciddi risk, işin devamı ile ilgili ise durdurulmalı, önlem alınmalı değilse kısa sürede önlem alınmalı	Kaldırım kenarlarına akıllı yönlendirme sistemi (ledsistem) uygulanabilir.

Tablo 3-1: 5X5 Matris yöntemi ile bölgesel risk analizi (Devam)

Ani gabariye girme	Ray hattı	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	Tramvay çalışanları yolcuları	4	5	20	Ciddi risk, işin devamı ile ilgili ise durdurulmak onlem alınmalı değilse kısı sürede önlem alınmalı	Hemzemin geçit bölgelerine eksik olan gabari (sarı çizgi) ve yaya geçidi çizgiler tamamlanabilir.
Yürüyen merdiven	Yürüyen merdiven hareketi	Uzuv, elbise sıkışmas, düşme	Ölüm, yaralanma	Tramvay yolcuları ve çalışanları	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam etmeli	Yürüyen merdiven başlangıçlarına uyarıcı levhalar konulmalı
İstasyon sistem emniyet	Yangın algılama sistemi	Yangın oluşumu, müdahale edilememelidir	Ölüm, yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Yangın senaryo testleri sıklığı arttırılmalıdır.
İstasyon işletme güvenliği	Şüpheli paket	Korku, panik, sefer İptali	Ölüm, yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Güvenlik ekipmanlarının sıklığı arttırılmalıdır.
İstasyon işletme güvenliği	Yolcu yoğunluğu	Ray hattına düşme, ezilme	Yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	3	3	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Yolcu akışı sağlıklı planlanmalı, yönlendirme ve uyarı levhaları konulmalıdır.
İstasyon işletme güvenliği	Kavga	Personele veya yolculara zarar verme, ray hattına düşme	Yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	3	3	Kesin risk, mevcut kotroller sürekli devam etmeli	Güvenlik ekipleri arttırılabilir.

Tablo 3-1: 5X5 Matris yöntemi ile bölgesel risk analizi (Devam)

Faaliyet	Tehlike	Risk	Oluşum Sonucu	Tehlikeye Maruz Kalan Kişi	O	Ş	R	Önem Derecesi	Önleyici Faaliyet
Asansör	Asansör hareketi	Asansör Düşmesi, Kapıya sıkışma	Ölüm, Yaralanma, Hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Asansörün rutin kontrolleri zamanında yapılmalı
İstasyon sistem emniyet bileşenleri	Havalandırma sisteminin çalışmaması	Panik, Yetersiz hava, dumana maruz kalma	Ölüm, Yaralanma, Hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Havalandırma testleri eksiksiz yapılmalı
İstasyon sistem emniyet bileşenleri	Yangın algılama sistemi arızası	Yangın oluşumu, müdahale edilememe	Yaralanma, Ölüm, Hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Yangına sebep olan faaliyetleri en aza indirmek
Ray hattı	Sinyal sistemi arızası	Tren trene temas, çarpışma	Yaralanma, Ölüm, Hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Arıza durumunda iletişim halinde olunması
Ray hattı bakımı	Hat bakım ve kataner aracı kullanımı	Araç çarpışması	Yaralanma, Ölüm, Hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Hat işletmeye açılmadan önce bir araç ile kontrol edilmeli

Tablo 3-1: 5X5 Matris yöntemi ile bölgesel risk analizi (Devam)

Faaliyet	Tehlike	Risk	Oluşum Sonucu	Tehlikeye maruz kalan kişi	O	Ş	R	Önem Derecesi	Önleyici Faaliyet
Doğal afet	Deprem	Enerji sistemlerinin devre dışı kalması	Ölüm, Yaralanma, Maddi hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Yapı denetim ve güçlendirme çalışmaları yapılmalı.
Doğal afet	Sel	Su altında kalma, sistemin çökmesi	Ölüm, Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Aşırı yağış hesap edilerek istasyon girişleri tasarımı yapılmalı.
İstasyon girişi yönlendirme lavhası	Merdivenlerden düşme	Kayma sonucu düşme	Ölüm, Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	3	3	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Uyarı levhaları asılmalı.
Atık su kanalları	Su giderinin tıkanması	Ekipman hasarı	Ölüm, Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	5	5	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Önemli noktalarda denetim yapılmalı.
İstasyon işletme güvenliği	Fren sistemi arızası	Trenin hat sonu duvarına çarpması	Ölüm, Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	1	3	3	Kesin risk, mevcut kontroller sürekli devam ettirilmeli	Tren periyodik kontroller yapılmalı.

Tablo 3-2: Fine-Kinney Yöntemi ile Bölgesel Risk Analizi

Faaliyet	TEHLİKE		Oluşum Sonucu	Tehlikeye Maruz Kalan Kişi	R.D.				Önem Derecesi	Önleyici Faaliyet
	Tehlike	Risk			O	F	Ş	R		
Tramvaya yolcu binmesi	Kapı	Kapı Çarpması, sıkışması	Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	6	2	3	36	Kesin risk	Yolcu peron ayırıcı kapı sistemi uygulanabilir
Tramvaya yolcu binmesi	Kapı önü	Kapı Çarpması sıkışması	Yaralanma hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	3	6	3	54	Kesin risk	Kapı önünde demir teller konularak yolcular tek tek alınabilir
İstasyona yolcu girişi	Yol	Araç çarpması	Ölüm, yaralanma	Tramvay çalışanları yolcular	3	2	40	240	Ciddi risk	Yaya koruma koridoru yapılabilir
Ani gabariye girme	Ray hattı	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	Tramvay çalışanları yolcular	3	10	40	1200	Çok yüksek risk	Kalıdırım kenarlarına akıllı yönlendirme (LED sistemi) uygulanabilir
Ani gabariye girme	Ray hattı	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	Tramvay çalışanları, yolcuları	3	10	40	1200	Çok yüksek risk	Hemzemin geçit bölgelerine eksik olan gabari (sarı çizgi) ve yaya geçidi çizgiler tamamlanabilir.

Tablo 3-2: Fine-Kinney Yöntemi ile Bölgesel Risk Analizi (Devam)

TEHLİKE					R.D.					
Faaliyet	Tehlike	Risk	Oluşum Sonucu	Tehlikeye Maruz Kalan Kişi	O	F	Ş	R	Önem Derecesi	Önleyici Faaliyet
Yürüyen merdiven	Yürüyen merdiven hareketi	Uzuv, elbise sıkışmas, düşme	Ölüm, yaralanma	Tramvay yolcuları ve çalışanları	0,5	6	40	120	Önemli risk, uzun dönemde	Yürüyen merdiven başlangıçlarına uyarıcı
İstasyon sistem emniyet	Yangın algılama sistemi	Yangın oluşumu, müdahale edilememelidir	Ölüm, yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	0,2	6	100	120	Önemli risk, uzun dönemde	Yangın senaryo testleri sıklığı arttırılmalıdır
İstasyon işletme güvenliği	Şüpheli paket	Korku, panik, sefer iptali	Ölüm, yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	0,5	6	100	300	Önemli risk, kısa dönemde	Güvenlik ekiplerinin sayısı arttırılmalıdır
İstasyon işletme güvenliği	Yolcu yoğunluğu	Ray hattına düşme, ezilme	Yaralanma hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	6	15	90	Önemli risk, uzun dönemde	Yolcu akışı sağlıklı planlanmalı, yönlendirme
İstasyon işletme güvenliği	Kavga	Yolculara zarar verme, ray hattına düşme	Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	6	15	90	Önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir	Güvenlik ekipleri arttırılabilir.

Tablo 3-2: Fine-Kinney Yöntemi ile Bölgesel Risk Analizi (Devam)

Faaliyet	TEHLİKE		Oluşum Sonucu	Tehlikeye Maruz Kalan Kişi	R.D.				Önem Derecesi	Önleyici Faaliyet
	Tehlike	Risk			O	F	Ş	R		
Asansör	Asansör hareketi	Asansör düşmesi, kapıya sıkışması	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	0,5	6	40	120	Önemli risk-uzun dönemde iyileştirilmelidir.	Asansörün rutin kontrolleri zamanında yapılmalıdır.
İstasyon sistemi emniyet bileşenleri	Havalandırma sisteminin çalışmaması	Panik, yetersiz hava, dumana maruz kalma	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	0,5	6	40	120	Önemli risk-uzun dönemde iyileştirilmelidir.	Havalandırma testleri eksiksiz yapılmalıdır.
İstasyon sistemi emniyet bileşenleri	Yangın algılama sistem arızası	Yangın oluşumu, müdahale edilememe	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	0,2	6	100	120	Önemli risk-uzun dönemde iyileştirilmelidir.	Yangına sebep olan faaliyetleri en aza indirmek.
Ray hattı	Sinyal sistemi arızası	Tren trene temas, çarpışma	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları, yolcular	0,5	6	40	120	Önemli risk-uzun dönemde iyileştirilmelidir.	Arızada iletişim halinde olunması.

Tablo 3-2: Fine-Kinney Yöntemi ile Bölgesel Risk Analizi (Devam)

Ray hattı bakımı	Hat bakım ve kataner aracı kullanımı	Araç çarpışması	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları yolcuları	0,5	6	40	120	Önemli risk-uzun dönemde iyileştirilmelidir.	Hat işletmeye alınmadan önce bir araç ile kontrol edilmelidir.
Doğal afet	Deprem	Enerji sisteminin devre dışı kalması	Ölüm, yaralanma, maddi hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	0,5	6	100	300	Ciddi risk-kısa dönemde iyileştirilmelidir	Yapı denetim ve güçlendirme çalışmalarının yapılması
Doğal afet	Sel	Su altında kalma, sistemin çökmesi	Ölüm, Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	0,5	6	100	300	Ciddi risk-kısa dönemde iyileştirilmelidir	Aşırı yağış hesap edilerek istasyon girişleri tasarımı
İstasyon girişi yönlendirme levası	Merdivenlerden düşme	Kayma sonucu düşme	Ölüm, Yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	1	6	7	42	Kesin risk	Uyarı levhaları asılmalı
Atık su kanalları	Su giderinin tıkanması	Ekipman hasarı	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	0,5	6	7	21	Kesin risk	Önemli noktalarda denetim yapılmalı
İstasyon işletme güvenliği	Fren sistemi arızası	Trenin hat sonu duvarına çarpması	Ölüm, yaralanma, hasar	Tramvay çalışanları ve yolcular	0,5	6	7	21	Kesin risk	Tren periyodik kontrolleri yapılmalı

Tablo 3-3: 5X5 Matris ve Fine-Kinney risk analizinin karşılaştırması

TEHLİKE	RİSK	OLUŞUM SONUCU	5x5 MATRİS		FİNE-KİNNEY	
			RİSK	ÖNEM DERECESİ	RİSK	ÖNEM DERECESİ
Kapı	Kapı çarpması, sıkışması	Yaralanma, hasar	6	Kesin risk	36	Kesin risk
Kapı önü	Kapı çarpması, sıkışması, düşme	Yaralanma, hasar	4	Kesin risk	54	Kesin risk
Yol	Araç çarpması	Ölüm, yaralanma	12	Önemli risk	240	Ciddi risk
Ray hattı	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	20	Ciddi risk	1200	Çok yüksek risk
Ray hattı	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	20	Ciddi risk	1200	Çok yüksek risk
Yürüyen merdiven hareketi	Uzuv, elbise sıkışması, düşme	Ölüm, yaralanma	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Yangın algılama sistemi	Yangın oluşumu	Ölüm, yaralanma	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Şüpheli paket	Korku, panik, sefer iptali	Ölüm, yaralanma	5	Kesin risk	300	Ciddi risk
Yolcu yoğunluğu	Ray hattına düşme, ezilme	Yaralanma, hasar	3	Kesin risk	90	Önemli risk
Kavga	Personele, yolculara zarar verme	Yaralanma, hasar	3	Kesin risk	90	Önemli risk

Tablo 3-3: Fine-Kinney ve 5x5 Matris risk analizinin karşılaştırılması (Devam)

TEHLİKE	RİSK	OLUŞUM SONUCU	5x5 MATRİS		FİNE-KİNNİ	
			RİSK	ÖNEM DERECEİ	RİSK	ÖNEM DERECEİ
Asansör hareketi	Asansör düşmesi, kapıya sıkışma	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Havalandırma sisteminin çalışmaması	Panik, yetersiz hava	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Yangın algılama sistemi arızası	Yangın oluşu, müdahale edilememe	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Sinyal sisteminin arızası	Tren trene temas, çarpışma	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Hat bakım ve kataner aracı kullanımı	Araç çarpışması	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	120	Önemli risk
Deprem	Enerji sisteminin kesilmesi	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	300	Ciddi risk
Sel	Su altında kalma, sistemin çökmesi	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	300	Ciddi risk
Merdivenlerden düşme	Kayma sonucu düşme	Ölüm, yaralanma, hasar	3	Kesin risk	42	Kesin risk
Su giderinin tıkanması	Ekipman hasarı	Ölüm, yaralanma, hasar	5	Kesin risk	21	Kesin risk
Fren sistemi arızası	Trenin hat sonu duvarına çarpması	Ölüm, yaralanma, hasar	3	Kesin risk	21	Kesin risk

5x5 Matris yönteminde %85 kesin risk, %5 önemli risk, %10 ciddi risk sonuçları elde edilmiştir (Tablo 3-1). Fine-Kinney yönteminde %25 kesin risk, %45 önemli risk, %20 ciddi risk, %10 çok yüksek risk sonuçları elde edilmiştir (Tablo 3-2). Fine-Kinney ve 5x5 matris risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması yukarıdaki tabloda yapılmıştır (Tablo 3-3). Bu karşılaştırmanın neticesinde Fine-Kinney yöntemiyle 5x5 matris'e göre daha hassas veriler elde edildiği görülmektedir.

Tablo 3-4: Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)

Sıra No	Fonksiyon	Olası Hatalar	Olası hata etkisi	Şiddet	Hatanın Olası Nedenleri	Olasılık	Saptanma	RÖS
1	Tramvaya yolcu binmesi	Kapı çarpması, sıkışması	Yaralanma, hasar	4	Makinist hatası	5	4	80
2	Tramvaya yolcu binmesi	Kapı çarpması, sıkışması	Yaralanma, hasar	4	Yolcu hatası	3	2	24
3	İstasyona yolcu girişi	Araç çarpması	Ölüm, yaralanma	7	Makinist ve yolcu hatası	3	5	105
4	Ani gabariye girme	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	7	Yolcu hatası	3	3	63
5	Ani gabariye girme	Tramvay çarpması	Ölüm, yaralanma	7	Yolcu hatası	3	3	63
6	Yürüyen merdiven	Uzuv, elbise sıkışması, düşme	Ölüm, yaralanma	4	Sistem hatası	3	3	36
7	İstasyon sistem	Yangın oluşumu	Ölüm, yaralanma	8	Sistem hatası	3	5	120
8	İstasyon işletme (şüpheli paket)	Korku, panik, sefer iptali	Ölüm, yaralanma	7	Yolcu hatası	2	4	56
9	Yolcu yoğunluğu	Ray hattına düşme, ezilme	Yaralanma, hasar	4	Sistem hatası	2	2	16

Tablo 3-4: Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) (Devam)

Sıra No	Fonksiyon	Olası Hatalar	Olası Hata Etkisi	Şiddet	Hatanın Olası Nedenleri	Olasılık	Saptanma	RÖS
10	Kavga	Personele, yolculara zarar verme, raylara düşme	Yaralanma, hasar	3	Yolcu hatası	2	1	6
11	Asansör hareketi	Asansör düşmesi, sıkışma	Ölüm, yaralanma	7	Sistem hatası	3	5	105
12	Havalandırma sisteminin çalışması	Panik, yetersiz hava, dumana maruz kalma	Ölüm, yaralanma, hasar	6	Sistem hatası	3	2	36
13	Yangın algılama sistemi arızası	Yangın oluşumu, müdahale edilememe	Ölüm, yaralanma, hasar	8	Sistem hatası	3	3	72
14	Sinyal sistemi arızası	Tren trene temas, çarpışma	Ölüm, yaralanma, hasar	7	Sistem hatası	2	3	42
15	Hat bakım ve kataner aracı kullanımı	Araç çarpışması	Ölüm, yaralanma, hasar	7	Sistem hatası	2	2	28
16	Deprem	Enerji sisteminin devre dışı kalması	Ölüm, yaralanma, hasar	7	Sistem hatası	3	1	21
17	Sel	Su altında kalma, sistemin çökmesi	Ölüm, yaralanma, hasar	6	Sistem hatası	3	2	36
18	Merdivenden düşme	Kayma sonucu düşme	Ölüm, yaralanma, hasar	4	Sistem hatası	3	2	24
19	Su giderinin tıkanması	Su giderinin tıkanması	Ölüm, yaralanma, hasar	4	Sistem hatası	2	2	16
20	Fren sistemi arızası	Trenin hat sonu duvarına çarpması	Ölüm, yaralanma, hasar	7	Sistem hatası	4	5	140

Tablo 3-5: Hata Türü ve Etkileri Analizi Sonucunda Alınması Gereken Önlemler.

Sıra No	Fonksiyon	Alınacak Önlemler	Şiddet	Olasılık	Saptanma	RÖS
1	Tramvaya yolcu binmesi	Yolcu peron ayırıcı kapı sistemi	1	3	2	6
2	Tramvay kapı önü	Kapı önünde demir teller konularak tek tek binilmesi	1	2	2	4
3	İstasyona yolcu girişi	Yaya koruma koridorları yapılabilir	3	2	3	18
4	Ani gabariye girme	Kaldırım kenarlarına akıllı yönlendirme (LED sistemi) uygulanabilir	3	3	2	18
5	Ani gabariye	Hemzemin geçit bölgelerine eksik olan gabari (sarı çizgi) ve yaya geçidi çizgileri tamamlanabilir	3	3	2	18
6	Yürüyen merdiven	Yürüyen merdiven başlangıçlarına uyarıcı levha konulmalıdır	3	2	2	12
7	İstasyon sistem	Yangın senaryo testleri sıklığı arttırılmalıdır	5	2	4	40
8	İstasyon işletme (şüpheli paket)	Güvenlik ekipmanlarının sıklığı arttırılmalıdır	7	1	2	14
9	Yolcu yoğunluğu	Yolcu akışı sağlıklı planlanmalı, yönlendirme ve uyarı levhaları korunmalıdır	2	2	2	8
10	Kavga	Güvenlik ekipleri arttırılabilir	2	2	1	4
11	Asansör hareketi	Asansörün rutin kontrolleri zamanında yapılmalıdır	7	2	3	42
12	Havalandırma sisteminin çalışması	Havalandırma testlerinin eksiksiz yapılması	6	2	2	24

Tablo 3-5: Hata Türü ve Etkileri Analizi sonucunda alınması gereken önlemler (devam)

Sıra No	Fonksiyon	Alınacak Önlemler	Şiddet	Olasılık	Saptanma	RÖS
13	Yangın algılama sistemi arızası	Yangına sebep olan faaliyetleri en aza indirmek	7	3	3	63
14	Sinyal sistemi arızası	Arızada iletişim halinde olunmalıdır	7	2	1	14
15	Hat bakım ve kataner araç kullanımı	Hat işletmeye açılmadan önce yol bir araç ile kontrol edilmelidir	7	2	1	14
16	Deprem	Yapı denetim ve güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır	3	2	1	6
17	Sel	Aşırı yağış hesap edilerek girişlerin tasarımı yapılmalıdır	3	2	2	12
18	Merdivenlerden düşme	Uyarı levhaları asılmalıdır	4	2	2	16
19	Su giderinin tıkanması	Önemli noktalarda denetim yapılmalıdır	4	2	1	8
20	Fren sistemi arızası	Tren periyodik kontrolleri yapılmalıdır	7	2	3	42

FMEA risk analizi sonucunda %55 düşük riskli, %25 orta riskli, %20 yüksek risk elde edildiği görülmüştür (Tablo 3-4). Önlemler alındıktan sonraki sonuçlar ise %95 düşük risk, %5 orta risk elde edildiği görülmüştür (Tablo 3-5).

Tablo 3-6: Ridley Risk Analizi

Faaliyet	Etkilenen Kişi Sayısı	Yaralanmanın Şiddeti	Ortaya Çıkma Olasılığı	Risk Sonucu	Öncelik
Kapı çarpması, sıkışması	4	2	4	32	Orta
Araç çarpması	4	4	3	48	Yüksek
Tramvay çarpması	4	4	3	48	Yüksek
Uzuv, elbise sıkışması, düşme	2	2	3	12	Düşük
Yangın oluşumu	4	4	3	48	Yüksek
Korku, panik	4	5	2	40	Yüksek
Ray hattına düşme, ezilme	3	4	4	48	Yüksek
Personele yolculara zarar verme	1	1	2	2	Düşük
Asansör düşmesi, kapıya sıkışma	2	5	2	20	Orta
Panik, yetersiz hava	4	4	2	32	Orta
Yangın oluşumu, müdahale edilememe	4	4	3	48	Yüksek
Tren trene teması çarpışma	4	5	3	60	Yüksek
Araç çarpışması	4	5	2	40	Yüksek
Enerji sisteminin devre dışı kalması (Deprem)	4	5	3	60	Yüksek
Su altında kalma, sistemin çökmesi	4	5	3	60	Yüksek
Kayma sonucu düşme (merdiven)	1	2	2	4	Düşük
Ekipman hasarı (Su gideri tıkanması)	4	3	3	36	Orta
Trenin hat sonu duvarına çarpması	4	5	2	40	Yüksek

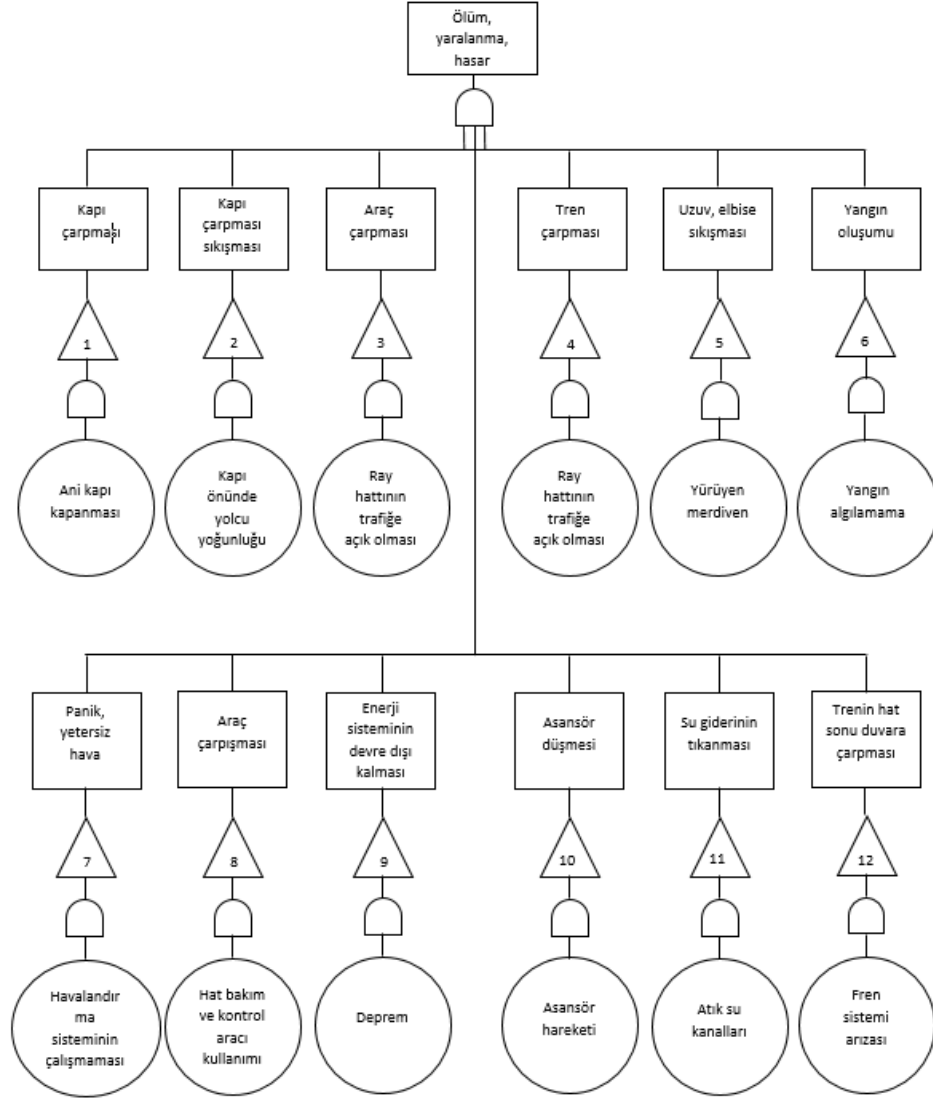
Ridley metodunda risk skoru %60 yüksek, %25 orta, %15 düşük sonuçları elde edilmiştir (Tablo 3-6). FMEA risk analizi sonucunda %55 düşük riskli, %25 orta riskli, %20 yüksek risk elde edildiği görülmüştür (Tablo 3-4). Ridley metodu FMEA metoduna göre daha hassas sonuçlar vermekte fakat FMEA metodunda önlemler alındıktan sonraki sonuçlar ise %95 düşük risk, %5 orta risk elde edildiği görülmüştür (Tablo 3-5). Buna göre FMEA metodunda daha sağlıklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Ridley metodu, etkilenecek kişi sayısını belirleme hususunda bazı sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca, alınması gereken tedbirlerin hangi süre içinde alınması gerektiğine ilişkin bir netlik de yoktur.

Tablo 3-7: 5x5 Matris, Fine-Kinney, Fmea ve Ridley metodların karşılaştırılması

	5x5 MATRİS	FİNE-KINNEY	FMEA	RIDLEY
Kesin-Düşük Risk	%85	%25	%55	%15
Önemli-Orta Risk	%5	%45	%25	%25
Ciddi-Yüksek Risk	%10	%20	%20	%60
Çok Yüksek Risk		%10		

Tablo 3-7’de 5x5 Matris, Fine-Kinney, FMEA ve Ridley metodları karşılaştırılmıştır. 5X5 Matris metodunda %85 kesin risk, %5 önemli risk, %10 ciddi risk; Fine-Kinney metodunda %25 kesin risk, %45 önemli risk, %20 ciddi risk. %10 çok yüksek risk; FMEA metodunda ise %55 düşük risk, %25 orta risk, %20 yüksek risk ve Ridley metodunda ise %15 düşük risk, %25 orta risk, %60 yüksek risk elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Fine-Kinney daha hassas sonuçlar verdiği görülmektedir.

Şekilde görüldüğü üzere temel olaylar sonucunda ortaya çıkan veya çıkması mümkün olan olaylar üst olayı göstermektedir. Temel olaylardan herhangi birinin ortaya çıkması ile üst olaya (ölüm, yaralanma hasar) meydana getirmektedir.



Şekil 3-3: FTA kapsamında oluşturulan diyagram

Şekilde temel ağaç meydana getirilmiştir. Bu temel ağaç 12 temel olay oluşturulup “veya” kapısıyla üst olaya bağlandığı görülmektedir. 12 tane transfer sembolü ile “ve” kapısı ile 12 tane alt olaylar belirlendiği görülmektedir. Aşağıda 12 temel olay için önleyici faaliyetler şöyledir;

1. Yolcu ile peronu ayıran kapı sistemi uygulanabilir.
2. Kapı önünde demir teller konularak yolcular sırayla alınabilir.
3. Yaya koruma koridorları yapılabilir.
4. Kaldırım kenarlarında akıllı yönlendirme sistemi (LED sistemi) kullanılabilir.

5. Yürüyen merdivenlerin başlangıç bölümlerine uyarıcı levhalar konulabilir.
6. Yangın senaryoları için testler ve tatbikatlar daha sık yapılabilir.
7. Havalandırma testleri eksiksiz yapılmalıdır.
8. Hat işletmeye açılmadan önce bir araç ile kontrol edilmelidir.
9. Yapı denetim ve güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.
10. Asansörün rutin kontrolleri zamanında yapılmalıdır.
11. Önemli noktalara denetim yapılmalı.
12. Tren periyodik kontroller yapılmalıdır.

Hata ağacı analizinin diğer metotlarla karşılaştırıldığında oldukça ayrıntılı olması ve zaman alıcı olması bakımından dezavantajı olduğu görülmektedir. Ancak karmaşık sistemlerde risklerin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

3.1. T1 ve T4 Tramvay Hattında Bazı İş Güvenliği Uygulamaları

Bu hatlarda kullanılan temel iş güvenliği uygulamaları ve yapılan çözüm önerileri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3-4: Yaya koruma koridorları

1. Bazı istasyon bölgelerinde yaya koruma koridorları mevcuttur.



Şekil 3-5: Akıllı yönlendirme sistemi

2. Ani gabariye girmeleri önlemek adına kaldırım kenarlarında akıllı yönlendirme sistemi (LED uyarı sistemi) kullanılmaktadır.



Şekil 3-6: Zemine kabartmalı boya uygulamaları, ışıklı ve sesli uyarı veren üniteler

3. Yukarıdaki uygulamanın mümkün olmadığı hemzemin geçitlerde eksik bulunan sarı renkli gabari çizgiler ve yaya geçidi çizgileri tamamlanabilir, ilaveten zemine kabartmalı boya uygulamaları (3 boyutlu) yapılabilir, ışıklı ve sesli uyarı verebilen üniteler tesis edilebilir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında yapılan risk analizleri ve risk değerlendirmeleriyle İstanbul T1 ve T4 tramvay hattı işletmesi içinde normal olarak algılanan ancak iş güvenliği ve sağlığı yönünden risk oluşturan unsurlar belirlenmiş ve çözüm önerileri tablolarda gösterilmiştir. Belirlenen risklerin dikkate alınması ve gerekli önlemlerin vakit geçirilmeden alınması gerekmektedir.

Risk analizlerinin yapılmasının ve değerlendirilmesinin işletme için sorunların çözümü olduğu anlamına gelmediğinin farkına varılması ve sürekli olarak gelişen teknoloji ve iş ortamlarında oluşan veya oluşabilecek yeni risklerin fark edilmesi, detaylı olarak belirlenmesi ve önlemlerin derhal alınması gerekir.

İstanbul T1 ve T4 tramvay hatlarında Fine-Kinney, 5x5 Matris, FMEA, Ridley ve FTA risk analiz yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda 5X5 Matris yönteminde; %85 kesin risk, %5 önemli risk, %10 ciddi risk, sonuçları elde edilmiştir. Fine-Kinney yönteminde ise; %25 kesin risk, %45 önemli risk, %20 ciddi risk ve %10 çok yüksek risk sonuçları elde edildiği görülmüştür. İş güvenliği uzmanı tedbirleri almadan önce risk değerlendirmesi yapmaktadır. Değerlendirme neticesinde alınacak önlemleri öncelik sırası belirlemektedir. Sıralama yapılırken riskin derecesi ön planda tutulmaktadır. Fine-Kinney yönteminde elde edilen sonuçlar, 5x5 matris yönteminde elde edilen sonuçlara göre daha güvenilir sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar çerçevesinde bir risk derecesi Fine-Kinney yönteminde daha yüksek iken 5X5 Matris yönteminde daha düşük çıkmaktadır. Buna göre yapılan risk Fine-Kinney metodunda daha üst sıralarda yer alacaktır. Böylece risk derecesi yüksek olan daha ön planda tutulup tedbir alınarak kaza olayları önlenecektir.

FMEA risk analizi sonucunda %55 düşük riskli, %25 orta riskli, %20 yüksek risk elde edildiği görülmüştür. Önlemler alındıktan sonraki sonuçlar ise %95 düşük risk, %5 orta risk elde edilmiştir. FMEA metodu Fine-Kinney ve 5x5 matris yöntemine göre hata oluşma olasılığını daha detaylı verildiği gözlemlenmiştir. FMEA metodu sistematik olarak daha işlevli çalışmakta ve şiddet daha net ifade edilmekte iken bireysel maruziyetlerde Fine-Kinney'e göre yetersiz kaldığı görülmüştür. FMEA metodunda fark edilebilirlik ciddi risklerde tüm unsurların birleşiminde risk değerini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Örneğin su giderinin tıkanmasını kesin olarak biliyorsanız fark edilebilirlik değeri düşük vemeniz gerekiyor. Ridley analiz metodu ise, etkilenecek kişi sayısını belirleme bakımından bazı sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca, alınması gerekli tedbirlerin hangi süre içinde alınması gerektiğine ilişkin bir netlik de olmadığı görülmektedir. Metodun kullanımıdaki en büyük sorun frekans kavramıdır. Frekans,

değerlendirilen riskle karşılaşma katsayısıdır ve bu değerin zaman içinde değişme ihtimali olduğundan yöntem sonucu elde edilen sonuçların gerçeği yansıtmama olasılığı görülmektedir. Sonuç olarak akıllı ulaşım sisteminin bir parçası olan tramvaylarda Fine-Kinney metodu daha hassas sonuçlar verip, FMEA olasılık ve şiddet değerleri daha net ve detaylı, 5x5 Matris metodu ise daha genel yani ön hazırlık yapılması için kullanılması önerilmektedir.

Hata ağacı analizi sonuçları kalitatif yapıp analizi yapılan metodlarla karşılaştırıldığında ayrıntılı ve zaman aldığı görülmektedir. Karmaşık sistemlerde kullanımında kolaylık sağladığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda tek başına analiz yapıldığı takdirde anlaması ve yorumlamak zor olabileceği için yeterli olmadığı görülmektedir.

İstanbul'da 2013-2018 yılları arasında T4(Topkapı-Mescid-i Selam) hattında 18 yaralanmadan kaynaklı kaza meydana gelmiştir. T1(Kabataş-Bağcılar) hattında ise 110 yaralanma ve 6 ölümden kaynaklanan kaza meydana gelmiştir. T1 tramvay hattında önemli oranda olan bu kazaların önüne geçmek için akıllı sensörler vasıtasıyla otomatik fren sisteminin kullanılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] akmak, E. (2014). Atölye tipi üretim yapan sanayi işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanlığı Tezi). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Eğitim Ve Araştırma Merkezi, Ankara. Erişim adresi: <http://www.casgem.gov.tr/dosyalar/kitap/25/dosya-25-4853.pdf>.
- [2] Sarıkaya, H. (2014). Özçelik mermer fabrikasında iş güvenliği ve risk analizi (Doctoral dissertation, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [3] Qureshi, K. N., & Abdullah, A. H. (2013). A survey on intelligent transportation systems. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 15(5), 629-642.
- [4] Karamanoğlu, Y. E., Kendirli, Z., & Özbilger, H. İ. (2020). Tesislerde Yangına Karşı Risk Seviyelerinin Hesaplanması: Askeri Tesis Örneği. *Afet ve Risk Dergisi*, 3(1), 1-19.
- [5] Selçuk, S., & Selim, H. H. (2018). Mücevherat Sektöründe Kullanılan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analiz Yöntemlerinden L Tipi Matris Yöntemi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(1), 21-27.
- [6] Çodur M. Y., & Topdağı S. (2018). Akıllı ulaşım sistemlerinin kent içi toplu taşımaya etkisi: Erzurum ili örneği. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 576-586.
- [7] Damat, A., & Utlü, Z. (2018). İstanbul metro istasyonlarında iş güvenlik uygulamaları. *Demiryolu Mühendisliği*, (8), 52-69.
- [8] <https://www.riskdegerlendirmesi/kavram/uygulama> (Erişim tarihi 10.09.2021).
- [9] Kılıç, A., & Sanal, H. T. (2015). Çanakkale Boğazı'nda karaya oturma ile sonuçlanan gemi kazaları. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 38-50.
- [10] Sayar, O. (2018). M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı acil durum senaryolarının oluşturulması ve planlama çalışmalarında kantitatif risk değerlendirmesi ve CFD modelleme yaklaşımı (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- [11] Deniz, A. (2018). M4 Kadıköy Kartal Tavşantepe metro hattında acil durum senaryolarının oluşturulması ve planlama çalışmalarında kantitatif risk değerlendirmesi ve CFD modelleme yaklaşımı (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- [12] Ergenç, İ. (2018). Odun üretim faaliyetlerinin L tipi matris ve Fine Kinney risk analizi yöntemleri ile değerlendirilmesi ve karşılaştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [13] Selçuk, S., & Selim, H. H. (2018). Mücevherat Sektöründe Kullanılan İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Analiz Yöntemlerinden L Tipi Matris Yöntemi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(1), 21-27.

- [14] Erten, B. (2016). İlaç lojistik sektöründe 5x5 matris, Fine-Kinney ve FMEA yöntemleri ile risk değerlendirmelerinin karşılaştırılması; bir firma örneği (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [15] Korkmaz, G. (2020). L tipi (5x5 matris) risk analiz yöntemi ve fine kinney yöntemi ile yapı makinalarında risk değerlendirmesi (Master's thesis).
- [16] Aygöl, A. K. E. R. (2020). Metal sektöründe 5x5 Matris ve Fine-Kinney yöntemi ile risk değerlendirmesi. Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 4(1), 65-75.
- [17] Toptancı, Ş., & Erginel, N. (2017). Hata Türü Ve Etkileri Analizi Ve Kalite Fonksiyon Yayılımı İle Bir İnşaat Firması İçin Risk Değerlendirmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5, 189-199.
- [18] Eskiömeroğlu, B. (2018). Tam teşekküllü spor komplekslerinin risk analizlerinin fine kinney ve 5x5 l matris yöntemleri ile yapılarak karşılaştırılması (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- [19] Uçum, M. (2020). CNC ve freze tezgahlarında fine-kinney ve FMEA yöntemleriyle risk analiz uygulamaları ve karşılaştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [20] Durmuş, H., Yurtsever, Ö., & Yalcin, B. (2021). Bir Çay Fabrikasında Fine-Kinney ve FMEA Yöntemleri ile Risk Değerlendirmesi. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 33(2), 287-298.
- [21] Braband, J., & Griebel, S. (2004). 'Engineering a simple, yet rigorous, risk analysis method. In Proc. 22nd Int. Syst. Saf. Conf (pp. 149-157).
- [22] Özkiliç, Ö. (2005). İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. TİSK Yayınları, Ankara.
- [23] Özkılıç, Ö., Müh, K. Y., Başkanlığı, İ. T. İ. G., & İşmüfettişi, Ç. E. B. (2008). Tehlike ve Risk Kavramları–Terminoloji.
- [24] Aslan, S. (2009). Mermer ocaklarında iş güvenliği ve risk analizi (Master's thesis, ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [25] <https://www.metro.istanbul/yolcu hizmetleri/yolcu istatistikleri> (Erişim Tarihi: 20.10.2020).
- [26] Devren, M. E. (2016). Asansör sistemlerinde FMEA ve Fine-Kinney metodlarının risk değerlendirmelerinin karşılaştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [27] <https://www.euronorm.net/content/ce-marking/category/risk-analysis/fine-and-kinney-method.php>. Erişim Tarihi 05.12.2021.

- [28] Smith, E. D., Siefert, W. T., & Drain, D. (2009). Risk matrix input data biases. *Systems Engineering*, 12(4), 344-360.
- [29] Pickering, A., & Cowley, S. P. (2010). Risk Matrices: implied accuracy and false assumptions. *Journal of Health & Safety Research & Practice*, 2(01)), 11-18.
- [30] Hewett, C. J. M., Quinn, P. F., Whitehead, P. G., Heathwaite, A. L., & Flynn, N. J. (2004). Towards a nutrient export risk matrix approach to managing agricultural pollution at source. *Hydrology and earth system sciences*, 8(4), 834-845.
- [31] Papadakis, G. A., & Chalkidou, A. A. (2008). The exposure–damage approach in the quantification of occupational risk in workplaces involving dangerous substances. *Safety Science* 46(6), 972-991.
- [32] Hubbard, D. W. (2020). *The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it*. John Wiley & Sons.
- [33] Donoghue, A. M. (2001). The design of hazard risk assessment matrices for ranking occupational health risks and their application in mining and minerals processing. *Occupational Medicine*, 51(2), 118-123.
- [34] Clemens, P., & Pfitzer, T. (2006). Risk assessment and control. *Professional Safety*, 51(1), 41-44.
- [35] Şeker, B., & Koçak İ. İstanbul T1 ve T4 Tramvayı Bölgesel İş Güvenliği Uygulaması. *Electronic Letters on Science and Engineering*, 16(2), 143-152.
- [36] Şen, O. S. (2015) Kentiçi raylı sistemlerde hat bakımlarının planlanması, yönetimi ve risk değerlendirmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [37] Sırakaya, L. (2019). Mermer işletmelerinde uygulanabilecek risk analizi yöntemlerinin incelenmesi: Örnek bir uygulama (Master's thesis, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [38] Villacourt, M. (1992). Failure mode and effects analysis (FMEA): A guide for continuous improvement for the semiconductor equipment industry (Technology Transfer# 92020963B-ENG). International SEMATECH technology transfer, 2706.
- [39] Kahraman, Ö. (2009). Bir otomobil fabrikasında iş sağlığı ve güvenliği alanında HTEA (FMEA) yöntemiyle risk analizi (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- [40] Koçak D. (2014) Demiryolu Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği-Vagon Bakım Onarım Atölyesi Risk Değerlendirmesi Örneği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi Uzmanlık Tezi, Ankara.Erişim adresi: https://www.csgb.gov.tr/media/3220/demiryolu_dosya-27-6203.pdf

- [41] Güneysu, G. (2016). Bir kereste işletmesi üretim sürecinde iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme çalışması (Master's thesis, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [42] Kuleli, B. (2011). İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi-TS 18001: 2004'e REACH kimyasallar politikalarının etkileri ve bir risk değerlendirme modeli kurulumu (Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- [43] Joshi, A., & Heimdahl, M. P. (2005, September). Model-based safety analysis of simulink models using SCADE design verifier. In International conference on computer safety, reliability, and security (pp. 122-135). Springer, Berlin, Heidelberg. 2.



EKLER

Bu tez çalışmasından “Şeker, B., Koçak İ. İstanbul T1 ve T4 Tramvayı Bölgesel İş Güvenliği Uygulaması. Electronic Letters on Science and Engineering. 2020; 16(2):143-152” adlı makale üretilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

	Eğitim Bilgileri
	Lisans
Üniversite	Balıkesir Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Makine Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2018

	Yüksek Lisans
Üniversite	Bandırma Onyedi Eylül
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri
Programı	Akıllı Ulaşım Sistemleri Programı

Makale ve Bildiriler
Şeker, B., Koçak İ. İstanbul T1 ve T4 Tramvayı Bölgesel İş Güvenliği Uygulaması. Electronic Letters on Science and Engineering. 2020; 16(2):143-152