



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DEMİRYOLU EMNİYET YÖNETİM SİSTEMİNDE
İZLEME ve ANALİZ YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

Satılmış Alpgiray KARABACAK

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN

Kasım, 2014

İSTANBUL

Bu çalışma 20/11/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Elektronik Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



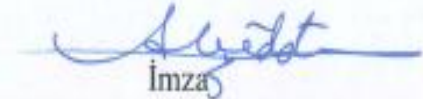
İmza

Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza

Prof. Dr. Sıddık YARMAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza

Prof. Dr. Alaittin ARPACI
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

İmza
Yrd. Doç. Dr. İbrahim GÜNEŞ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



İmza
Yrd. Doç. Dr. Aysel ERSOY YILMAZ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



ÖNSÖZ

Bu çalışmam süresince her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, bilgi ve tecrübesi ile çalışmama ışık tutan, ayrıca bana bu çalışmayı vererek kendimi geliştirmeme imkân tanıyan danışmanım saygıdeğer Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN'a,

Tezimde kullandığım yöntemi öğrenmemde ve uygulamamda benden desteğini esirgemeyen bölümümüz personellerinden Dr. Hasan TİRYAKİ'ye,

Tezimin hazırlanması sırasında beni cesaretlendiren ve manevi destek sağlayan değerli arkadaşlarım Ziyne TOPATAN, İbrahim Buğrahan TEKELİ ve Halil SAYIM'a,

Bu çalışmayı yürütmem esnasında benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babam Lütfi KARABACAK, annem Huriye KARABACAK ve kardeşim Nur Hilal KARABACAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Kasım, 2014

Satılmış Alpgiray KARABACAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. PRISMA'YA GENEL BAKIŞ	8
1.1.1. PRISMA Yöntemi Faktörleri.....	10
1.1.1.1. Neden Faktörleri	11
1.1.1.2. İyileştirme Faktörleri	12
1.2.1. Neden PRISMA?	14
2. GENEL KISIMLAR	16
2.1. KAZA VE OLAY ARAŞTIRMADA EN ÇOK KULLANILAN YÖNTEMLER.....	16
2.1.1. Hata Ağacı Analizi.....	16
2.1.2. Olay Ağacı Analizi	18
2.1.3. Papyon Analizi.....	19
3. MALZEME VE YÖNTEM	20
3.1. PRISMA YÖNTEMİ	20
3.1.1. PRISMA Yöntemi Adımları	21
3.1.1.1. Adım – 1: Olay Açıklaması.....	21
3.1.1.2. Adım – 2: Sebeplerin Sınıflandırması	24
3.1.1.3. Adım – 3: İyileşme İçin Yapısal Önlemlerin Formüle Edilmesi.....	34
4. BULGULAR	37
4.1. ERA HATA AĞAÇLARI.....	37
4.1.1. Deray (Yolcu Treni) Hata Ağacı.....	39

4.1.2. Deray (Yük Treni) Hata Ağacı	41
4.1.3. Araç Yangını Hata Ağacı.....	42
4.1.4. Karambol Hata Ağacı	43
4.1.5. Hareketli Demiryolu Aracı Tarafından Yaralanan İnsanlar Hata Ağacı.....	44
4.1.6. Hemzemin Geçit Kazaları Hata Ağacı.....	46
4.1.7. Trenin Nesneler İle Çarpışması.....	48
4.2. PRISMA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI	50
4.2.1. PRISMA Yönteminin Deray (Yolcu Treni) Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması.....	50
4.2.2. PRISMA Yönteminin Deray (Yük Treni) Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması.....	54
4.2.3. PRISMA Yönteminin Araç Yangını Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması.....	59
4.2.4. PRISMA Yönteminin Karambol Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması.....	64
4.2.5. PRISMA Yönteminin Hareketli Demiryolu Aracı Tarafından Yaralanan İnsanlar Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması	69
4.2.6. PRISMA Yönteminin Hemzemin Geçit Kazaları Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması.....	74
4.2.7. PRISMA Yönteminin Trenin Nesneler İle Çarpışması Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması.....	79
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	85
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ.....	90

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1: Emniyet Yönetim Sisteminin yapısı.....	4
Şekil 1.2: Kaza örneği [2].....	6
Şekil 1.3: Ramak kala örneği [2].	6
Şekil 1.4: İstenmeyen durum örneği [2].	7
Şekil 1.5: Kaza nedenselliğinin İsviçre peyniri modeli [4].	9
Şekil 1.6: Sinyal ihlali neden ağacı [8].....	11
Şekil 1.7: PRISMA iyileştirme faktörleri [8].	13
Şekil 2.1: Hata Ağacı Örneği [13].	17
Şekil 2.2: Demiryolu Hata Ağacı Örneği [13].....	17
Şekil 2.3: Olay Ağacı Örneği [13].....	18
Şekil 2.4: Demiryolu Olay Ağacı Örneği [13].	18
Şekil 2.5: Demiryolu Papyon Analizi Örneği [14].	19
Şekil 3.1: Nedensel Ağacın Yapısı [20].	22
Şekil 3.2: Demiryolu nedensel ağaç örneği [21].	23
Şekil 3.3: Bir ramak kalayı açıklayan neden ağacına örnek [3].	24
Şekil 3.4: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Teknik [21].	26
Şekil 3.5: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Organizasyonel [21].	26
Şekil 3.6: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Personel [21].....	27
Şekil 3.7: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Diğer [21].	28
Şekil 4.1: Yolcu treni derayı hata ağacı [26].	39
Şekil 4.2: Yük treni derayı hata ağacı [26].....	41
Şekil 4.3: Araç yangını hata ağacı [26].	42
Şekil 4.4: Karambol hata ağacı [26].	43

Şekil 4.5: Hareketli demiryolu aracı tarafından yaralanan insanlar hata ağacı - 1 [26].....	44
Şekil 4.6: Hareketli demiryolu aracı tarafından yaralanan insanlar hata ağacı - 2 [26].....	45
Şekil 4.7: Hemzemin geçit kazaları hata ağacı - 1 [26].....	46
Şekil 4.8: Hemzemin geçit kazaları hata ağacı - 2 [26].....	46
Şekil 4.9: Trenin nesneler ile çarpışması hata ağacı -1 [26].....	48
Şekil 4.10: Trenin nesneler ile çarpışması hata ağacı – 2 [26].	49
Şekil 4.11: Aşırı hız kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).	50
Şekil 4.12: Aşırı hız kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).....	51
Şekil 4.13: Yükleme hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).	55
Şekil 4.14: Yükleme hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).	56
Şekil 4.15: Aks kutusunun ısınması kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).	60
Şekil 4.16: Aks kutusunun ısınması kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).	61
Şekil 4.17: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).	65
Şekil 4.18: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).	66
Şekil 4.19: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri).	70
Şekil 4.20: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).	71
Şekil 4.21: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri).	75
Şekil 4.22: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).	76
Şekil 4.23: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri).	80
Şekil 4.24: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).	81

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: PRISMA iyileştirme faktörleri [8].	12
Tablo 3.1: İyileştirme faktörlerinin sınıflandırması.	28
Tablo 3.2: PRISMA Neden Faktörleri – Yüksek Seviye Kodlar [21].	30
Tablo 3.3: PRISMA Neden Faktörleri – Orta Seviye Kodlar – Teknik [21].	31
Tablo 3.4: PRISMA Neden Faktörleri – Orta Seviye Kodlar – Organizasyonel [21].	32
Tablo 3.5: PRISMA Neden Faktörleri – Orta Seviye Kodlar – Personel [21].	33
Tablo 3.6: PRISMA İyileştirme Faktörleri [21].	34
Tablo 3.7: Sınıflandırma/Eylem Matrisi [20].	35
Tablo 4.1: Aşırı hız kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	53
Tablo 4.2: Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	54
Tablo 4.3: Yükleme Hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	58
Tablo 4.4: Yükleme Hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	59
Tablo 4.5: Aks kutusunun ısınması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	63
Tablo 4.6: Aks kutusunun ısınması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	64
Tablo 4.7: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	68
Tablo 4.8: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	69
Tablo 4.9: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	73
Tablo 4.10: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	74
Tablo 4.11: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	78

Tablo 4.12: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	79
Tablo 4.13: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.	83
Tablo 4.14: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.	84

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kisaltmalar	Açıklama
AB	: Avrupa Birliği
ATS	: Automatic Train Stop
CCH	: Common Cause Hypothesis
EC	: European Commission
ECM	: Eindhoven Classification Model
ERA	: European Railway Agency
EYS	: Emniyet Yönetim Sistemi
PRISMA	: Prevention and Recovery Information System for Monitoring and Analysis
SMS	: Safety Management System
SRK	: Skill-based, Rule-based, Knowledge-based
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
UIC	: International Union of Railways
YHT	: Yüksek Hızlı Tren

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEMİRYOLU EMNİYET YÖNETİM SİSTEMİNDE İZLEME ve ANALİZ YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Satılmış Alpgiray KARABACAK

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN

Günümüz demiryollarında hızın artmasıyla birlikte emniyetin önemi daha da artmaktadır. Bu kapsamda ilk olarak Avrupa ülkeleri tarafından uygulamaya alınan Emniyet Yönetim Sistemi (EYS), Türkiye’de Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) kapsamında da uygulamaya alınmıştır.

EYS’nin önemli bir bileşeni olan Kaza ve Olay Yönetimi bileşeni, demiryollarında kaza ve olaylar meydana geldikten sonra araştırılması ve daha sonra bu tür kaza ve olayların bir daha yaşanmaması için gerekli emniyet önlemlerinin alınmasını kapsamaktadır.

Kaza ve olay yönetimi bileşeni ile ilgili olarak Avrupa’da kullanılan İzleme ve Analiz için Önleme ve İyileştirme Bilgi Sistemi (PRISMA) yöntemi ile kazalardan ziyade olayların araştırılması yapılmakta ve bunlarla ilgili olarak gerekli emniyet önlemlerinin alınması sağlanmaktadır. Bu sayede kazaların da önü kesilmiş olmakta ve demiryolları olarak emniyetli bir şekilde işletmecilik yapılabilmektedir.

PRISMA yöntemi ile hedeflenen kimya endüstrisindeki süreçlerde insan hatalarını yönetmekti fakat daha sonra bu yöntem çelik endüstrisinde, enerji üretiminde, sağlık hizmetlerinde ve demiryolu sektöründe kullanılmaya başlanmıştır.

PRISMA yönteminin ana amacı, süreç sapmalarından, olaylardan dolayı oluşan sonuçlara yönelik optimal bir karşı önlem geliştirebilmek amacıyla sayısal bir veri tabanı oluşturmaktır.

Kasım 2014, 102 Sayfa.

Anahtar kelimeler: PRISMA, Emniyet Yönetim Sistemi, Demiryolları

SUMMARY

M. Sc. THESIS

IMPLEMENTATION OF MONITORING and ANALYSIS METHOD on RAILWAY SAFETY MANAGEMENT SYSTEM

Satılmış Alpgiray KARABACAK

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor : Prof. Dr. İlhan KOCAARSLAN

The importance of safety is increasing day by day with the increasing speed of railways. In this context, Safety Management System (SMS) that was established firstly by European countries has also been established within the body of Turkish State Railways (TCDD) in Turkey. The important component of SMS, Accident and Incident Management, includes the investigation of these railway accidents and incidents and safety measures to be taken to avoid from these type of railway accidents and incidents after the accident and incident occurred.

Prevention and Recovery Information System for Monitoring and Analysis (PRISMA) method that is related to the Accident and Incident Management component is used for investigating incidents rather than accidents and then for being taken necessary safety measures. In this way, the accidents are being prevented and railway operations are performed safely.

The target of the method PRISMA that human error in the chemical industry processes was managed but later this method has been used in the steel industry, energy generation, health care and railway.

The main objective of the PRISMA method is to create a digital data base in order to develop a optimal countermeasure for the results arising from process deviations and incidents.

November 2014, 102 Pages.

Keywords: PRISMA, Safety Management System, Railways

1. GİRİŞ

Demiryolu sektörü uzun vadeli yatırımlarıyla piyasa payını ve imajını sürekli olarak yükseltmektedir. Böylelikle demiryolu hatlarının kullanım oranları ve sefer süratleri de artmakta ve büyük riskler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yeni emniyet stratejilerine ve metotlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Avrupa Birliği (AB) ülkeleri bizim yaşadığımız sorunlarla daha önce karşı karşıya kalmış ve ek olarak sınır geçişlerinde de problemler yaşamıştır. Bu nedenle AB ülkeleri, demiryolu sistemleri için ortak bir Emniyet Yönetim Sistemi (EYS) yapısı oluşturmaya karar vermişlerdir. EYS aracılığıyla AB ülkelerinde emniyetli bir demiryolu işletmesi ve uluslararası sınır geçişlerindeki problemlerin bertaraf edilmesi hedeflenmiştir ve bu yüzden Avrupa Komisyonu (European Commission - EC) tarafından 2004/49/EC numaralı direktif yayınlanmıştır. Direktife göre EYS'nin amacı, belirlenen risk değerlendirme ve kontrolüne yönelik metotlar kullanılarak, ortak emniyet hedeflerine ulaşılmasını sağlamaktır.

Avrupa'da bu tür gelişmelerin üzerine, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD)'nda Ankara-Eskişehir YHT hattının devreye girmesiyle birlikte TCDD-Yüksek Hızlı Tren (YHT) Bölge Müdürlüğü bünyesinde de Emniyet Yönetimi Müdürlüğü kurulmuştur. Bu birimin kurulması ile birlikte YHT Bölge Müdürlüğünde 2004/49/EC direktifi temelinde EYS kurulması çalışmaları yapılmış ve daha sonra TCDD'nin tüm konvansiyonel hatlarında da geçerli olacak EYS kurulması çalışmaları yapılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda, kurumda emniyet birimleri tek bir çatı altında toplanarak 2004/49/EC direktifine uygun hale getirilmiştir. Bu sayede kurumda emniyetin izlenmesi ve koordinasyonu daha sağlıklı bir yapıda sağlanacaktır.

TCDD içerisinde de kurulumu neredeyse tamamlanan EYS'nin uygulama esaslarına ve bileşenlerine bakacak olursak;

EYS'nin uygulama esasları [1]:

1. *EYS'nin belgelendirilmesi*

Emniyet Yönetim Sistemi içerisinde yapılan her faaliyetin belgelenerek kayıt altına alınması gerekmektedir.

2. *Emniyet organizasyonu yapısının kurulması*

Emniyet Yönetim Sistemi'nin kurulduğu organizasyon içerisinde Emniyet Yönetim Sistemi birimlerinin bağımsız bir yapıya kavuşturulması ve bir Emniyet Yönetim Sistemi organizasyon şeması oluşturulması gerekmektedir.

3. *EYS'nin kurum yönetimi tarafından kontrol edilmesi*

Emniyet Yönetim Sistemi'nin sürekli olarak sağlıklı bir şekilde çalışıp çalışmadığı organizasyon yönetimi tarafından kontrol edilmesi gerekmektedir.

4. *Tüm kurum çalışanlarının bu sisteme dahil edilmesi*

Emniyet Yönetim Sistemi'nin organizasyon içerisinde tam ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için organizasyon içerisindeki en alt kademedeki personelden en üst kademedeki personele kadar tüm personelin bu sistem içerisinde yer alması gerekmektedir ve organizasyon içerisinde bir emniyet kültürü oluşturulmalıdır.

5. *EYS'nin sürekli iyileştirmesinin sağlanması*

Emniyet Yönetim Sistemi kurulduğu andan itibaren gelişime açık bir sistemdir ve sürekli olarak çalışanlardan gelen bilgilere, organizasyon içerisinde meydana gelen kaza, olay ve düzensizliklerden öğrenilen bilgilere, organizasyon içi denetim sonuçlarına ve standartlar ve kanunlara göre iyileştirilmesi gerekmektedir.

EYS'nin bileşenleri [1]:

1. *Emniyet Politikası*

Emniyet hedeflerine ulaşmaya ve buna yönelik performansın arttırılmasına yönelik geniş kapsamlı bir organizasyon politikası oluşturulmalıdır. Bu politika organizasyonun en üst yöneticisi tarafından onaylanmalı ve bütün personele duyurulmalıdır.

2. *Emniyet Hedefleri*

Emniyetin arttırılmasına yönelik hedefler belirlenmelidir ve hedefler belirlendikten sonra da bu hedeflere ulaşmaya yönelik metotlar belirlenmelidir.

3. *Düzenlemelerde değişiklikler*

Mevcut, yeni ve değiştirilmiş teknik ve işletme standartlarının karşılanması için süreçler belirlenmeli ve bu süreçlerin teknik sistemin ömür döngüsü boyunca standartlara uygunluğu sağlanmalıdır.

4. *Risk Yönetimi*

Risk değerlendirmesi ve riskin kabul edilebilir seviyede tutulabilmesi için metotlar geliştirilmelidir. Değişen şartlar ve teknik sistemler için risk hesaplamaları yapılmalıdır.

5. *Personel Yeterliliği/Eğitim*

Personelin yeterliliğini denetleyecek prosedürler oluşturulmalıdır. Personelin emniyet kültürünü kazanmaları ve işlerini Emniyet Yönetim Sistemi'ne uygun şekilde yürütebilmeleri için eğitim programları hazırlanmalı ve eğitimler verilmelidir.

6. *Belgelendirme Yönetimi*

Emniyet bilgilerinin belge haline getirilmesi için formlar ve metotlar belirlenmelidir. Hayati önem taşıyan emniyet bilgilerinin kontrolü için prosedürler oluşturulmalıdır.

7. *Bilgi Yönetimi*

Organizasyon içerisindeki ve beraber çalışılan üçüncü şahıslar ile olan bilgi akışının sürekli ve uygun şekilde yürütülmesi için prosedürler oluşturulmalıdır.

8. *Acil Durum Yönetimi*

Acil durumlar için uygulama, alarm ve bilgilendirme planları sorumlu makamlar ile uyum içerisinde hazırlanmalıdır.

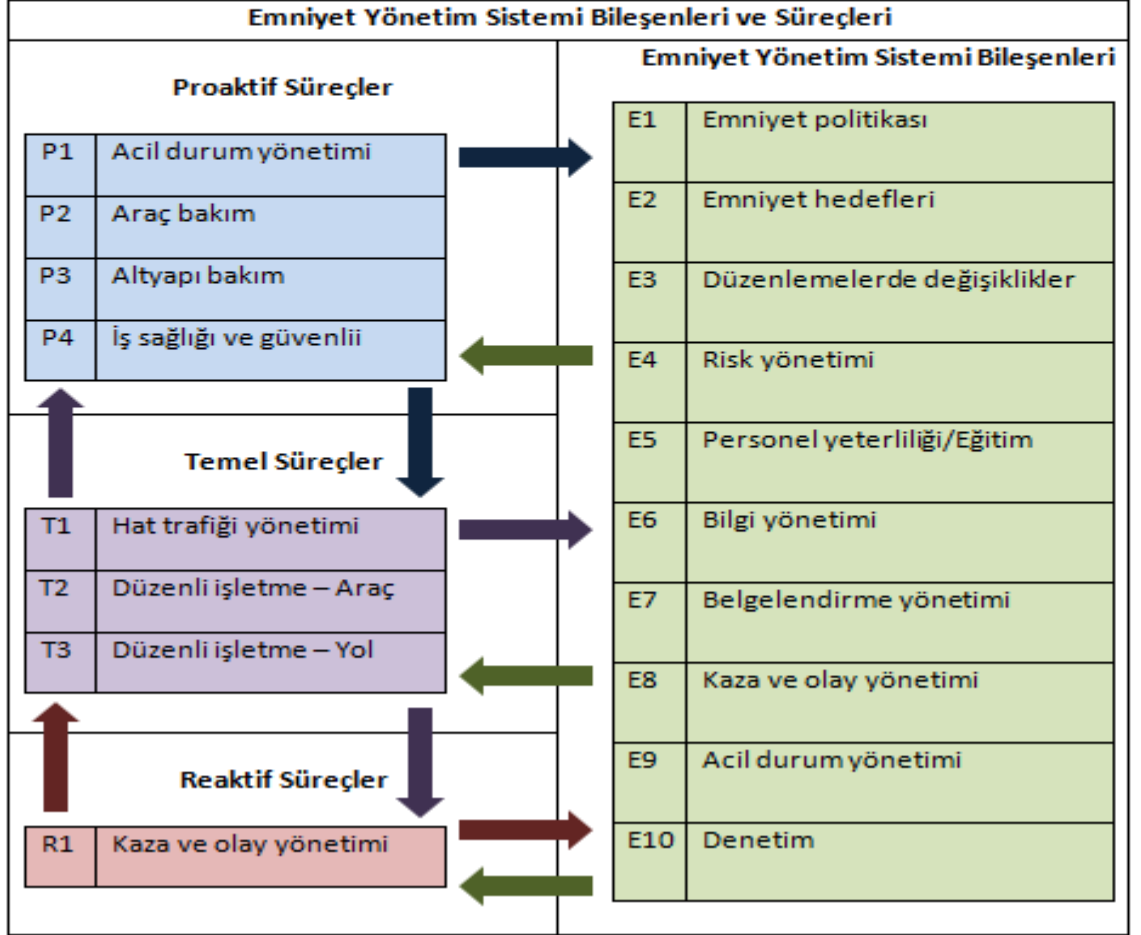
9. *Kaza ve Olay Yönetimi*

Kazaların ve olayların mutlaka bildirilmesini sağlayacak ve bu durumların araştırılmasını ve araştırma sonuçlarına göre gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacak metotlar geliştirilmelidir.

10. *Denetim*

Emniyet Yönetim Sistemi'nin sürekli olarak denetimini sağlayacak ve bu denetim sonuçlarına göre sürekli olarak iyileştirmelerin yapılmasını sağlayacak metotlar oluşturulmalıdır.

Emniyet Yönetim Sisteminin Uygulama Esasları	
1	Emniyet Yönetim Sisteminin belgelendirilmesi
2	Emniyet organizasyon yapısının kurulması
3	Emniyet Yönetim Sisteminin kurum yönetimi tarafından kontrol edilmesi
4	Tüm kurum çalışanlarının sisteme dâhil edilmesi
5	Emniyet Yönetim Sisteminin sürekli iyileştirilmesi



Şekil 1.1: Emniyet Yönetim Sisteminin yapısı.

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi “Kaza ve Olay Yönetimi” de EYS içerisinde bir bileşen ve reaktif bir süreç olarak görülmektedir. Bu kapsamda organizasyon içerisinde EYS’nin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için diğer elektrik, mekanik vb. sistemlerde olduğu gibi tüm bileşenlerin eksiksiz olarak çalışması gerekmektedir. Bu bileşen ile kaza ve olaylardan sonra nedenlerinin araştırılması ve araştırmalar sonucu elde edilen bilgilerin tekrar sisteme girişi sağlanarak sistemin iyileştirilmesi yapılmaktadır.

Kaza ve olay araştırma için Dünya ülkeleri tarafından kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanlar bu tezin genel kısımlar bölümünde anlatılmıştır.

Bu tez kapsamında kazalardan ziyade Türkiye’de uygulaması daha önce yapılmamış olaylar başlığı altında incelenen ramak kalaların araştırılması yapılmış ve bu araştırma esnasında kullanılacak olan yöntem de İzleme ve Analiz için Önleme ve İyileştirme Bilgi Sistemi (Prevention and Recovery Information System for Monitoring and Anaysis - PRISMA) yöntemi olmuştur. Bu yöntem ile ramak kalalar meydana geldikten sonra araştırmaları yapılmakta, ramak kalanın herhangi bir kazaya sebep olmamasına etki eden faktörler de (iyileştirme faktörleri) göz önüne alınarak ramak kalaların sebepleri (neden faktörleri) analiz edilmekte, kök sebepleri kategorize edilmekte ve bu tür ramak kalaların bir daha yaşanmamasını, bu sebeplerin ortadan kaldırılmasını sağlayarak ve dolayısıyla maddi ve manevi zarar veren kazaların olmasını engelleyerek emniyetli bir demiryolları için önlemler geliştirilmektedir.

Yukarıda bahsedilen terimlerin tanımları aşağıda verilmiştir;

Kaza: Ölüm, yaralanma veya hastalık ile sonuçlanan hadise olarak tanımlanır [2].



Şekil 1.2: Kaza örneği [2].

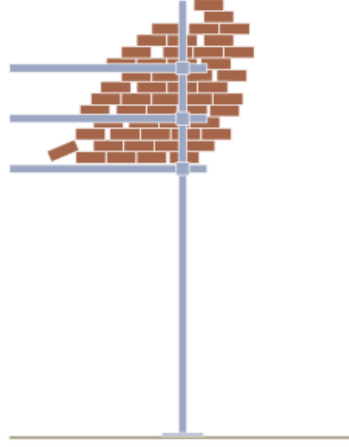
Olay ise iki alt başlık altında tanımlanmaktadır:

- *Ramak kala*: Ölüm, yaralanma veya hastalık olmamış fakat ölüm, yaralanma veya hastalık ile sonuçlanma potansiyeli olan hadise olarak tanımlanır [2].



Şekil 1.3: Ramak kala örneği [2].

- *İstenmeyen durumlar*: Ölüm, yaralanma veya hastalık potansiyeline sahip bir takım hal ve durumlar olarak tanımlanır (eğitilmemiş personelin hatta çalışması vb.) [2].



Şekil 1.4: İstenmeyen durum örneği [2].

Tezin bölümlerinde neler anlatıldığına bakılacak olursa; genel kısımlar bölümünde bu zamana kadar bu tezin konusu ile ilgili olarak kaza ve olay araştırmada sık kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir.

Malzeme ve yöntem bölümünde tez boyunca kullanılacak PRISMA yönteminin geliştirilme aşaması ve uygulamaları yine örnekler üzerinden anlatılmıştır.

Bulgular bölümünde Avrupa Demiryolu Ajansı (European Railway Agency - ERA) tarafından Avrupa ülkeleri ile ortaklaşa kaza ve olay araştırmada kullanılması için resmi olarak hazırlanan hata ağaçları gösterilmiş ve bu hata ağaçlarının çıktıları PRISMA yöntemi için birer girdi olarak alınarak örnekleme bazlı analizler yapılmış, kök sebepler bulunmuş ve bu tür kazaların hata ağacı ile bulunan kök sebeplerinden ziyade daha da derin kök sebeplere sahip olduğu gösterilmiş ve bu tür kaza ve olayların bir daha meydana gelmemesi için önlemler belirlenmiştir. Tüm bu yapılan çalışmalar grafikler, şekiller ve tablolar ile gösterilmiştir.

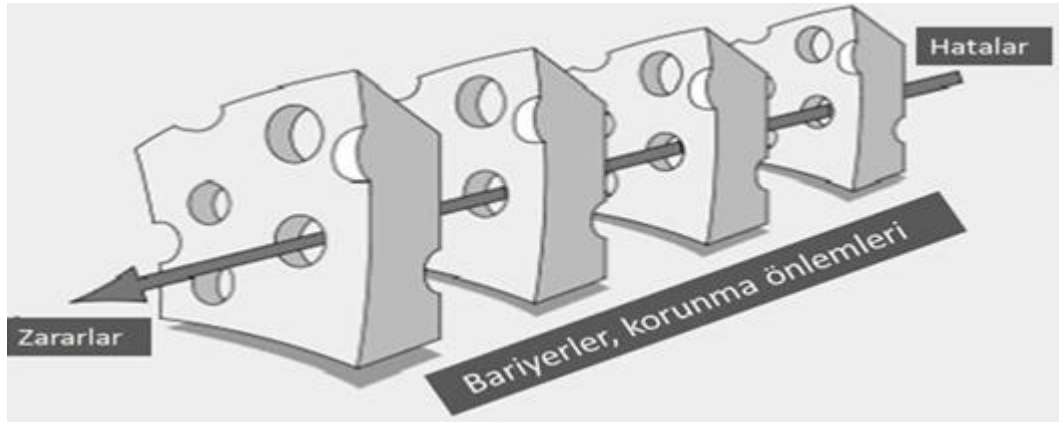
Tartışma ve sonuç bölümünde ise bulgular bölümünde elde edilen sonuçlara göre değerlendirmeler yapılmış, kaza araştırmak için kullanılan yöntemlerin yerine olay

araştırma yöntemi olan PRISMA yönteminin gelecekteki kazaların ve olayların önlenmesi için daha sağlıklı, ayrıntılı ve faydalı olduğu anlatılmıştır.

1.1. PRISMA'YA GENEL BAKIŞ

PRISMA, “İzleme ve Analiz için Önleme ve İyileştirme Bilgi Sistemi” olarak tercüme edilmektedir. Bu yöntem, Hollanda Eindhoven Üniversitesinden Tjerk van der Schaaf tarafından 1996 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntemin geliştirilmesindeki amaç kimya endüstrisindeki süreçlerde insan hatalarını yönetmekti fakat daha sonra bu yöntem çelik endüstrisinde, enerji üretiminde, sağlık hizmetlerinde ve demiryolu sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. PRISMA yönteminin ana amacı, süreç sapmalarından, olaylardan dolayı oluşan sonuçlara yönelik optimal bir karşı önlem geliştirebilmek amacıyla sayısal bir veri tabanı oluşturmaktır [3].

PRISMA yöntemi, insan hatası problemine sistematik yaklaşım temelli bir yöntemdir. Sistem yaklaşımı, insanların hata yapabileceği ve hataların da her organizasyon içerisinde olabileceğini farz eder. Bu yüzden sistem yaklaşımı, bireysel çalışma koşullarına yoğunlaşır, hataları engellemek ve hataların etkilerinin derecesini düşürmek için savunma inşa eder [4]. Sistem yaklaşımında savunma ve bariyerler (alarmlar, çifte kontroller, vb.) kilit öneme sahiptir. Bu savunmaların ve bariyerlerin işlevi yerel tehlikelerden potansiyel mağdurları korumaktır. Çoğu zaman bu görevi etkin bir şekilde yerine getirirler fakat her zaman zafiyetler vardır. Reason’a [4] göre, farklı savunma katmanları birçok deliğe sahip oldukları için İsviçre peynirinin dilimleri olarak görülebilir. Herhangi bir dilimdeki (yani savunma katmanındaki) deliklerin varlığı normal olarak kötü bir çıktıya sebep olmaz. Bu genellikle sadece birçok katmanda delikler peş peşe sıralandığı ve aynı ekseninde oldukları zaman kaza durumu meydana gelmesine – potansiyel mağdurlara tehlikelerin zarar vermesine izin verir.



Şekil 1.5: Kaza nedenselliğinin İsviçre peyniri modeli [4].

Savunmalardaki delikler iki sebepten dolayı oluşur: aktif kırılmalar ve gizli durumlar. Neredeyse tüm olaylar bu faktörlerin kombinasyonunu içerir. Aktif kırılmalar, sistem ile doğrudan temas halinde olan insanlar tarafından yapılan emniyetsiz eylemlerdir (mesela yanlışlar, kusurlar, yanlışlıklar ve prosedürler ile ilgili ihlaller vb.). Bu aktif kırılmaların, savunmaların bütünlüğü üzerinde doğrudan ve genellikle kısa ömürlü etkileri vardır. Diğer taraftan gizli durumlar kaçınılmazdır. Bu gizli durumlar, tasarımcıların, yapımcıların, prosedür yazarların ve üst seviye yöneticilerin aldıkları kararlardan dolayı meydana gelirler. Gizli durumlar iki tür ters etkiye sahiptir: yerel iş yeri içerisinde hata yapmaya yönelik koşullara dönüştürebilirler (zaman baskısı, yetersiz personel, yetersiz ekipman, yorgunluk ve tecrübesizlik) ve savunmalarda uzun ömürlü delikler ve zayıflıklar oluşturabilirler (güvenilmez alarmlar ve göstergeler, uygulanamaz prosedürler, tasarım ve inşaa kusurları vb.). Gizli durumlar, sistem içerisinde uzun yıllar boyunca, kaza olasılığını oluşturmak için aktif kırılmalar ve yerel tetikleyiciler ile birleşmeden önce sabit halde durabilirler [4, 5].

Van der Schaaf [6] ramak kala yönetim sisteminin çeşitli amaç ve hedeflerini ana hatlarıyla oluşturan ve hedefler için gereken çeşitli modülleri detaylandıran bir çerçeve geliştirmiştir. Bu çerçevede yedi modül bulunmaktadır. Modül 1,2 ve 3 sistem girişlerini temsil eder, modül 4,5 ve 6 girişlerin işlendiği yolu temsil eder ve modül 7 de çıkışı ve önleyici önlemlerin alındığı değerlendirmeyi temsil eder [6, 7].

1. *Tespit*: Tanıma ve raporlama
2. *Seçim*: Belli amaç (lara) göre
3. *Açıklama*: Tüm ilgili, donanımsal, insani ve organizasyonel faktörler
4. *Sınıflandırma*: İnsan davranışı modeline göre
5. *Hesaplama*: Nedensel faktörleri meydana çıkarmak için olayların büyük veri tabanının istatistiki analizi
6. *Yorumlama ve Uygulama*: İstatistiki sonuçların önleyici ve düzeltici önlemlere dönüştürülmesi
7. *Değerlendirme*: Önerilen önlemler uygulandıktan sonra etkinliklerinin ölçülmesi

PRISMA yaklaşımı bir sonraki malzeme ve yöntem bölümünde açıklanacak olan aşağıdaki ana bileşenlerden meydana gelmektedir [3]:

1. Nedensel Ağaç olay açıklama yöntemi
2. Sistem Arızasının Eindhoven Sınıflandırma Modeli (Eindhoven Classification Model - ECM)
3. Sınıflandırma/Eylem Matrisi

1.1.1. PRISMA Yöntemi Faktörleri

Emniyet yönetimi biraz negatif bakış açısına sahip bir yaklaşımdır. İyi bir emniyet kültürünün ve iyi bir emniyet yönetimin temel elementlerinden bir tanesi genelde risk değerlendirmesi, olay araştırma vb. bileşenlere bağlı olarak oluşan zorlukları ve bunların yanında güçlü yanlarınızı ve sistemde koyduğunuz bariyerleri bilmekten geçmektedir.

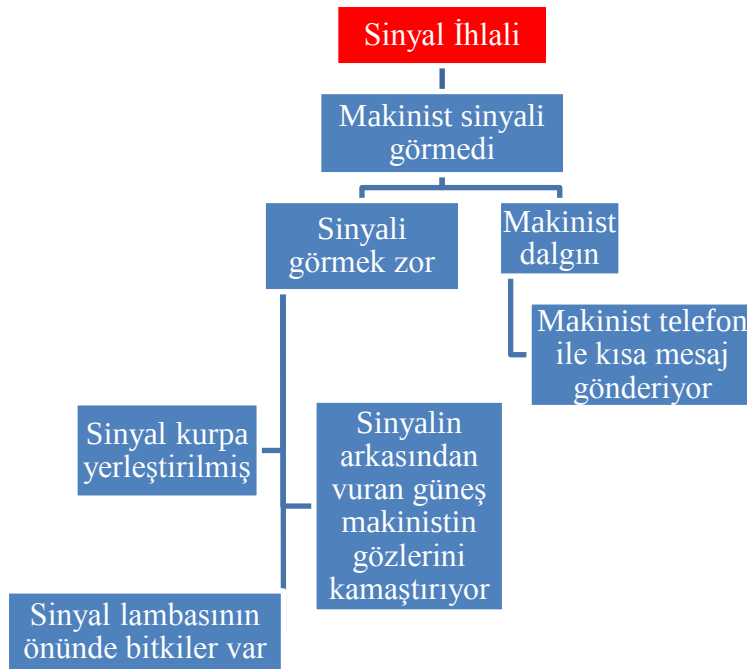
Bariyerlerde en temel geri besleme aracı olay araştırmasıdır. Bir kaza veya olay meydana geldiği zaman bir veya birden fazla bariyerin arızalandığı sonucu rahatlıkla çıkartılabilir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması için PRISMA yöntemi seçilmiştir. Eğer araştırma yeterli kalitede olur ise, o zaman bariyerlerin arızalanmasına sebep olan kök sebeplerin belirlenmesi daha kolay olacaktır [8].

1.1.1.1. Neden Faktörleri

PRISMA yöntemi neden faktörlerini bir örnek üzerinden incelersek; demiryolu trafik emniyeti bir hayli sinyalizasyon sistemine bağlıdır. “Kırmızı Sinyali” kaçırma kritik bir hatadır ve trenin diğer tren ile aynı yolda buluşmasına sebep olabilir. Sinyali geçtikten sonra da trenin olabildiğince çabuk bir şekilde durdurulması gerekmektedir. Bu “Sinyal İhlali” diye tabir edilen olay karambolün sebeplerinden en önemlisidir ve dikkatli bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

Aşağıdaki şekil makinistin sinyali neden görmediğini gösteren tahmini bir neden ağacıdır.



Şekil 1.6: Sinyal ihlali neden ağacı [8].

Şekil 1.6’da görüldüğü gibi sinyal ihlali olayının kök sebepleri basit olarak dört adet

- Makinist telefon ile kısa mesaj gönderiyor,
- Sinyal kurpa yerleştirilmiş,
- Sinyalin arkasından vuran güneş makinistin gözlerini kamaştırıyor,
- Sinyal lambasının önünde bitkiler var,

kök sebep bulunmuştur. PRISMA yöntemine göre bu şekilde neden ağacı kullanılarak kök sebepler bulunduğundan sonra bu kök sebeplerin sınıflandırılması yapılıyor. Şekil 1.6'daki kök sebepleri yine basit bir şekilde sınıflandıracak olursak;

- Makinist telefon ile kısa mesaj gönderiyor → İş performansı
- Sinyalin kurpa yerleştirilmiş → Tasarım
- Sinyalin arkasından vuran güneş makinistin gözlerini kamaştırıyor → Harici
- Sinyal lambasının önünde bitkiler var → Bakım

konularında bir zayıflığın olduğu net bir şekilde görülmektedir. Bu şekilde gerçekleşen olayın neden olduğunu gösteren faktörler neden faktörleri olarak adlandırılmaktadır.

1.1.1.2. İyileştirme Faktörleri

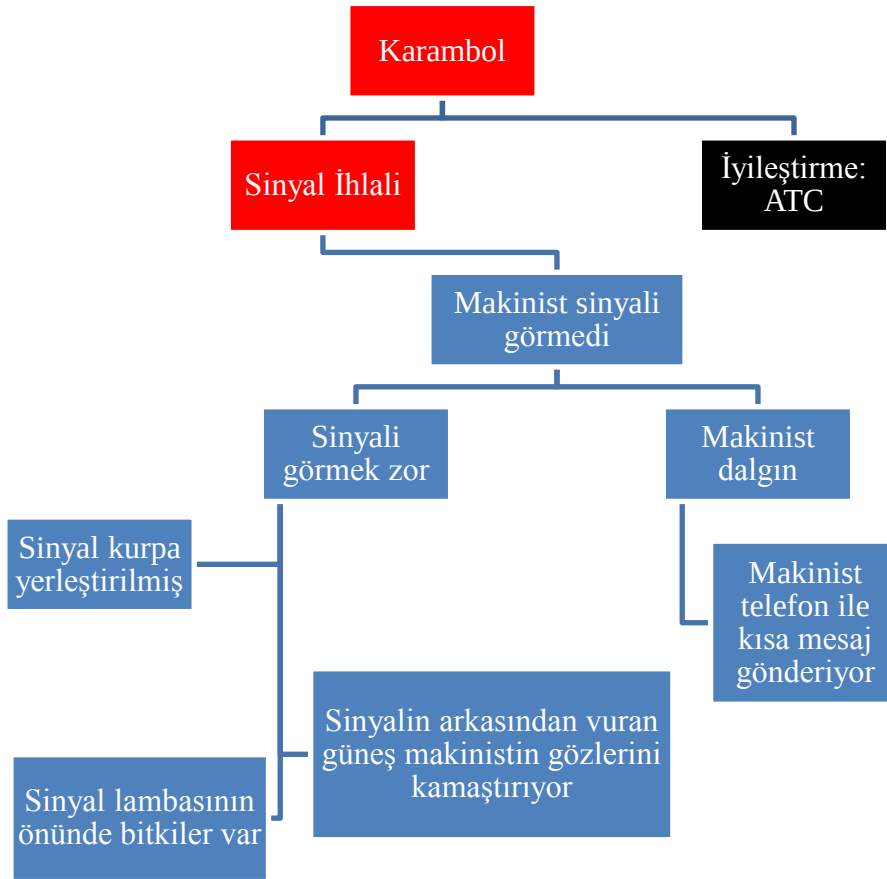
Geleneksel olay araştırmaları nelerin kötü gittiğine bakar fakat PRISMA ise nelerin iyi gittiğine bakar. Bu, çoğu durumda çalışan bariyerler ve güçlendirilmesi gereken bariyerler ile ilgili bilgi sağlar.

PRISMA yöntemi ayrıca iyileştirme faktörleri adı verilen bir dizi faktörü de kullanır. İyileştirme faktörleri bir olayın neden bir kazaya, yaralanmaya veya zarara sebep olmadığını açıklarlar. İyileştirme faktörleri hadiseyi pozitif bir şekilde etkileyen ve vaziyeti kurtaran faktörlerdir. İyileştirme faktörleri, nedenleri tespit etmek ve zamanında etkisini gidermek için mekanizmalar olarak düşünülebilir ve çoğunlukla iyileştirme faktörleri önceden planlanmaz. Acil durum müdahalesi rutinleri tipik örnek olarak verilebilir. Olay araştırması ile ilgili olarak değerlendirilmesi, olası iyileştirmeler hakkında değerli bilgiler sağlar. Demiryoluna uyarlanan PRISMA aşağıdaki iyileştirme faktörlerini içermektedir.

Tablo 1.1: PRISMA iyileştirme faktörleri [8].

Teknik – Planlanan	Çalışan - Planlanan
Teknik - Planlanmayan	Çalışan - Planlanmayan
Organizasyonel - Planlanan	Müşteri - Planlanmayan
Organizasyonel - Planlanmayan	Kamu - Planlanmayan

Sinyali ihlali olayına tekrar dönecek olursak, neden ağacını daha detaylandırabiliriz. Sinyal ihlali olayı birçok kötü sonuca neden olabilecek (ölüm veya yaralanma, altyapıya ve araca maddi zarar, tehirlere) iki trenin karambolü ile sonuçlanabilirdi. Böyle bir kaza meydana gelmedi çünkü ATC sinyali ihlalini tespit etti ve treni emniyetli bir mesafe içerisinde durdurdu. ATC tamamen önceden planlanmış teknik bir iyileştirme faktörüdür (Teknik - Planlanan).



Şekil 1.7: PRISMA iyileştirme faktörleri [8].

Şekil 1.7’de görüldüğü gibi iyileştirme faktörleri bir olayın neden bir kazaya sebep olmadığını gösteren faktörler olarak tanımlanmaktadır.

1.2.1. Neden PRISMA?

Kazalardan öğrenmenin aksine ramak kalalardan öğrenmek yeni değildir ve kazalardan öğrenmeden daha fazla sayıda avantaja sahiptir [6].

Ramak kalalar yıllardır endüstrilerde (nükleer, havacılık) emniyet ile ilgili verilerin kabul edilmiş bir kaynağı olmasına rağmen, demiryolu endüstrisi bu konuda biraz geride kaldı ve sadece son zamanlarda ramak kalalardaki asıl değerden faydalanmaya başladı. Ramak kala verilerini toplamak için üç amaç vardır:

1. Ramak kalalarda kusurların ve hataların nasıl geliştiğine nitel bir bakış kazanmak.
2. Olaylara neden olan faktörlerin veya faktörlerin kombinasyonunun meydana gelmesinde istatistiki olarak güvenilir sayısal bir bakış elde etmek.
3. Tehlikeye karşı belli seviyede uyanıklığı sürdürmek.

Ayrıca kazalar, ramak kalalar ve davranışsal faaliyetler arasındaki ilişki de şöyle tanımlanır: ramak kalalar, üst tabakada güncel fakat nadir olan kazalar, alt tabakada ise davranışsal faaliyetler (hatalar ve iyileştirmeler) olmak üzere bir sandviç arasında düşünülebilir. Üçgenin tepesindeki olaylar aşağıdakilerden daha görünürdür. Piramit, aşağıdan tepe noktasına kadar hadiselerin sürekliliğini temsil eder. Ramak kalaların ve kazaların neden açısından doğrudan ilişki içerisinde olduğu farz edilir ve bu yüzden kök sebeplerin üst üste binmesi modelin çeşitli seviyeleri arasında belirlenebilir olmalıdır. Bu Ortak Neden Hipotezi (Common Cause Hypothesis – CCH) olarak bilinir ve ilk defa Heinrich tarafından 1931 yılında önerilmiştir [9]. Bu hipotez Wright [10] ve Van Der Schaaf [11] tarafından demiryolu kazaları ve ramak kalaları üzerinden test edilmiştir. Hollanda demiryolları kurumu içerisinde de CCH ayrıca hat çalışanları kazaları ve ramak kalaları üzerinde test edilmiştir [12]; ve daha fazlası son zamanlarda sonuçları Avrupa Demiryolları İnsan Faktörü konferansında sunulan sinyal ihlalleri üzerinde test edilmiştir. Bu çalışmalar, ramak kalaların kaza öncül bilgileri için iyi bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Van Der Schaaf ve Wright [7] tarafından ramak kalaların toplanması ve analizi için başka nedenler de öne sürülmüştür:

- Neden sürecini ve önleyici önlemleri almayı anlamadan önce kazaların olması için beklemeye gerek yoktur.
- Ramak kalalar kazalardan çok daha fazla meydana gelmektedir ve bu yüzden önleyici önlemlere dayalı bir büyük veri seti oluşturulmalıdır.
- Tam olgunlaşmış kazalardan ramak kalaları koruyan iyileştirme faktörleri önlem faaliyetlerini teşvik etmek için kullanılabilir.

2. GENEL KISIMLAR

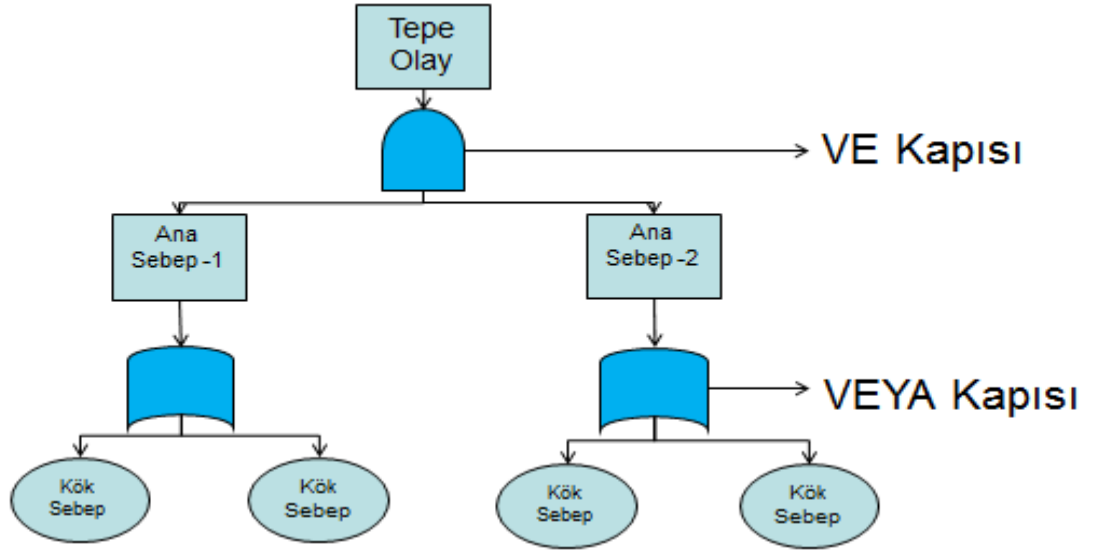
Bu bölümde bu zamana kadar kaza ve olay araştırması ile ilgili olarak kullanılan yöntemler gösterilmiştir.

2.1. KAZA VE OLAY ARAŞTIRMADA EN ÇOK KULLANILAN YÖNTEMLER

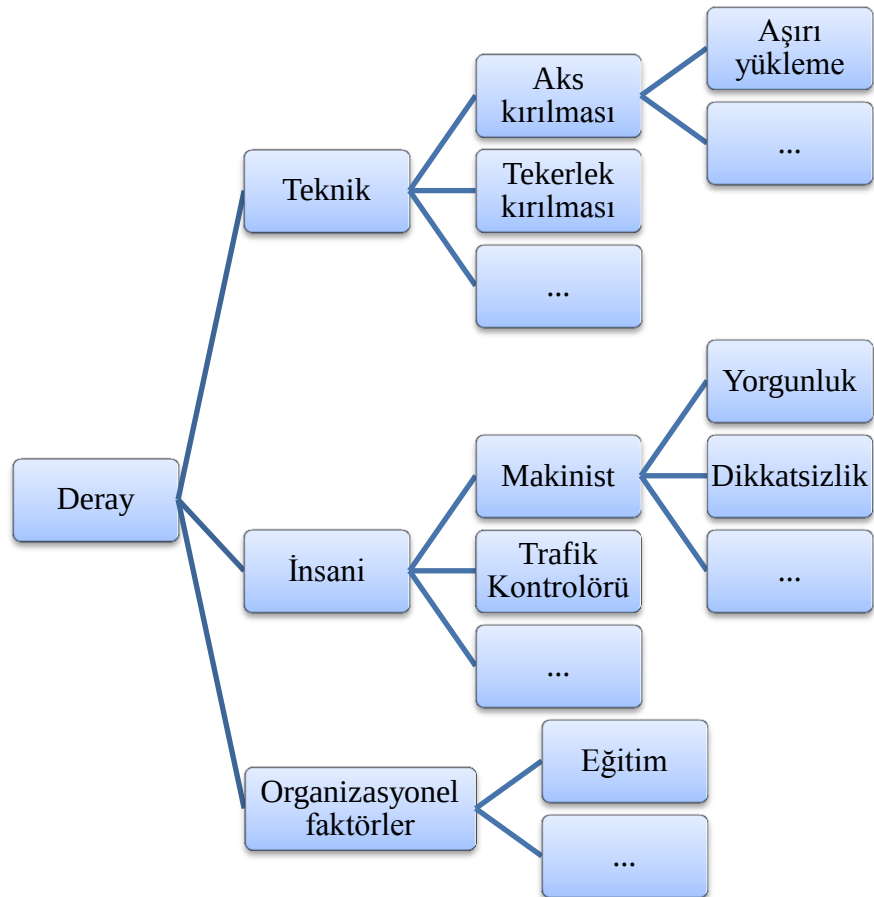
2.1.1. Hata Ağacı Analizi

Güvenirlilik analizi alanında önemli bir yöntemdir. Yöntem 1961-1962 yıllarında Bell Telephone Laboratuvarları bünyesinde yürütülen bir havacılık projesi sırasında geliştirilmiştir. Teknikte “tepe olay” olarak adlandırılan istenmeyen bir olayın analizi yapılır. Başlangıç olarak alınan tepe olaydan geriye doğru, bu istenmeyen sonucu doğuran muhtemel olaylar sıra içinde detaylı bir biçimde incelenir. Teknik, bütün bir işletmeyi, herhangi bir sistem veya alt sistemi kapsayacak şekilde uygulanabilir. Ele alınan sistemin donanım, yazılım, insan ve çevre koşulları gibi tüm elemanları analize dahil edilebilir. Hata ağacı oluşturma adımları aşağıda gösterildiği gibidir [13]:

- **Sistemin tanımlanması:** Sistem için, istenmeyen olay (tepe olay) ve ona ulaşan dallar tanımlanır.
- **Hata ağacının oluşturulması:** Bu adımda sistem, sembollerle ifade edilir.
- **Niteliksel Analiz:** Oluşturulan hata ağacı niteliksel olarak değerlendirilir. Örneğin, hata ağacının minimal kesme kümeleri belirlenir.
- **Niceliksel Analiz:** Bu aşamada hata ağacının tepe olayı ile ilgili hata olasılığı gibi sayısal bilgiler elde edilir.



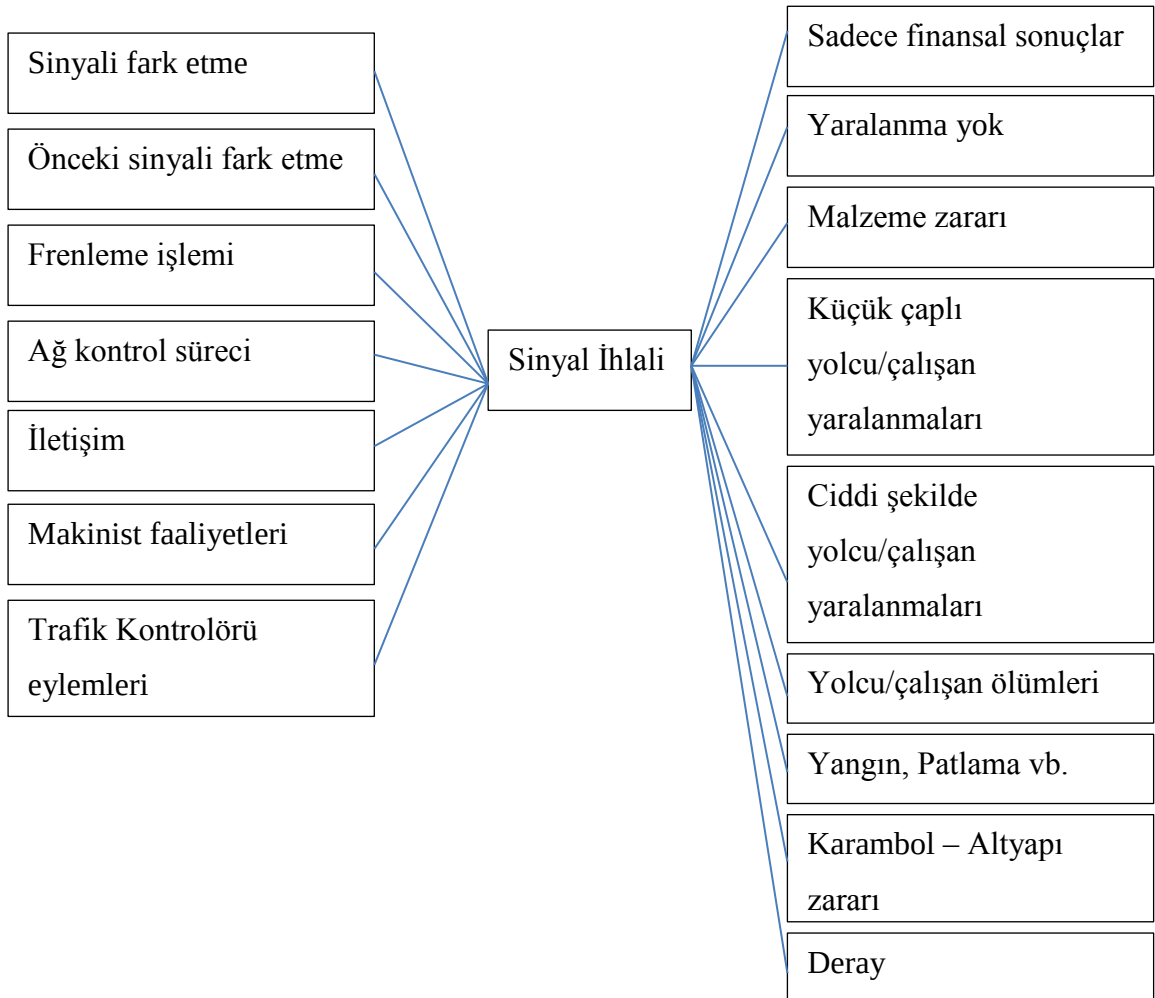
Şekil 2.1: Hata Ağacı Örneği [13].



Şekil 2.2: Demiryolu Hata Ağacı Örneği [13].

2.1.3. Papyon Analizi

Her bir uygun tehlikeli ekipman ile ilişkilendirilmiş olan papyon diyagramları, herhangi bir emniyet sisteminin olmadığı veya bu sistemlerin etkin durumda olmadıkları varsayılarak meydana gelebilecek büyük çaplı kazalara ait nedenleri ve sonuçları göstermektedir. Papyon diyagramının merkezinde kritik olay yer alır. Papyon diyagramının sol tarafında yer alan ve hata ağacı adı verilen bölümde kritik olaya ait olası sebepler tanımlanır. Olay ağacı olarak adlandırılan sağ bölümde ise, kritik olayın olası sonuçları açıklanır. Her bir papyon diyagramı, bir kritik olayla, solunda bu kritik olaya karşılık gelen hata ağacı ve sağında bu olaya ait olay ağacının yer almasıyla, papyon şemasına göre elde edilir [14].



Şekil 2.5: Demiryolu Papyon Analizi Örneği [14].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. PRISMA YÖNTEMİ

PRISMA, “İzleme ve Analiz için Önleme ve İyileşme Bilgi Sistemi” olarak Türkçeye tercüme edilen ve Van Der Schaaf [6] tarafından ilk defa önerilen ramak kala yönetim sistemidir. PRISMA’nın geliştirilmesinde, Van Der Schaaf [6] olay yönetimini birçok farklı yönden dikkate almıştır. Wright [10] tarafından önerildiği gibi, karşılanması gereken bir belli sınıflandırma kriterine ihtiyaç olduğunun farkına varılmıştır. Ayrıca, Neden – İyileştirme ve yaklaşıma dahil edilmesi gereken bağlam arasında önemli bir ilişki vardır. İyileştirme faktörleri önemlidir çünkü kaza ve ramak kalayı ayıran görüştür ve emniyet önlemlerini keşfetmek için iyileştirme faktörleri alternatif bir yaklaşım sunar. Van Der Schaaf ve Wright [7] ayrıca, iyileşme için fırsatları teşvik eden ve sağlamlaştıran durumları öne sürerek, bir kurum kendisini başlangıç hata ve kusurlarına karşı koruyabilir.

Yaklaşımın neden kısmının kalbi ise ECM’dir. Bu model, Reason [5] tarafından öne sürülen gizli durumları temel alır ve Rasmussen [16] tarafından önerilen insan hatalarını sınıflandırmak için geniş kapsamda kabul edilen bir sınıflandırmadır.

PRISMA, olayları ve süreç sapmalarını izlemek, analiz etmek ve yorumlamak için sistematik ve sürekli olarak kullanılan bir araçtır [17]. Aslında, kimya endüstrisi süreçlerindeki insan hatalarını yönetmek için geliştirilmiştir fakat şu anda çelik endüstrisinde, enerji üretiminde, hastanelerde ve demiryollarında kullanılmaktadır.

Ana hedef, optimal karşı önlemlerin geliştirilmesini sağlayan sonuçların, süreç sapmalarının ve olayların sayısal bir veri tabanını oluşturmaktır. Bu karşı önlemler sadece hata ve yanlışlıkların önlenmesi için değil ayrıca iyileştirme faktörlerini teşvik etmek ve zamanında düzeltici faaliyetlerin yapıldığından emin olmak için yapılmaktadır. PRISMA her ikisini de kullanır ve nadir kazalar ve bol sayıda ramak kala olayları da kullanmaktadır.

PRISMA yöntemi aşağıdaki temel bileşenlerden oluşmaktadır [3]:

1. Nedensel ağaç olay açıklama yöntemi
2. Sistem nedenlerinin ECM’i
3. Sınıflandırma/Eylem matrisi

3.1.1. PRISMA Yöntemi Adımları

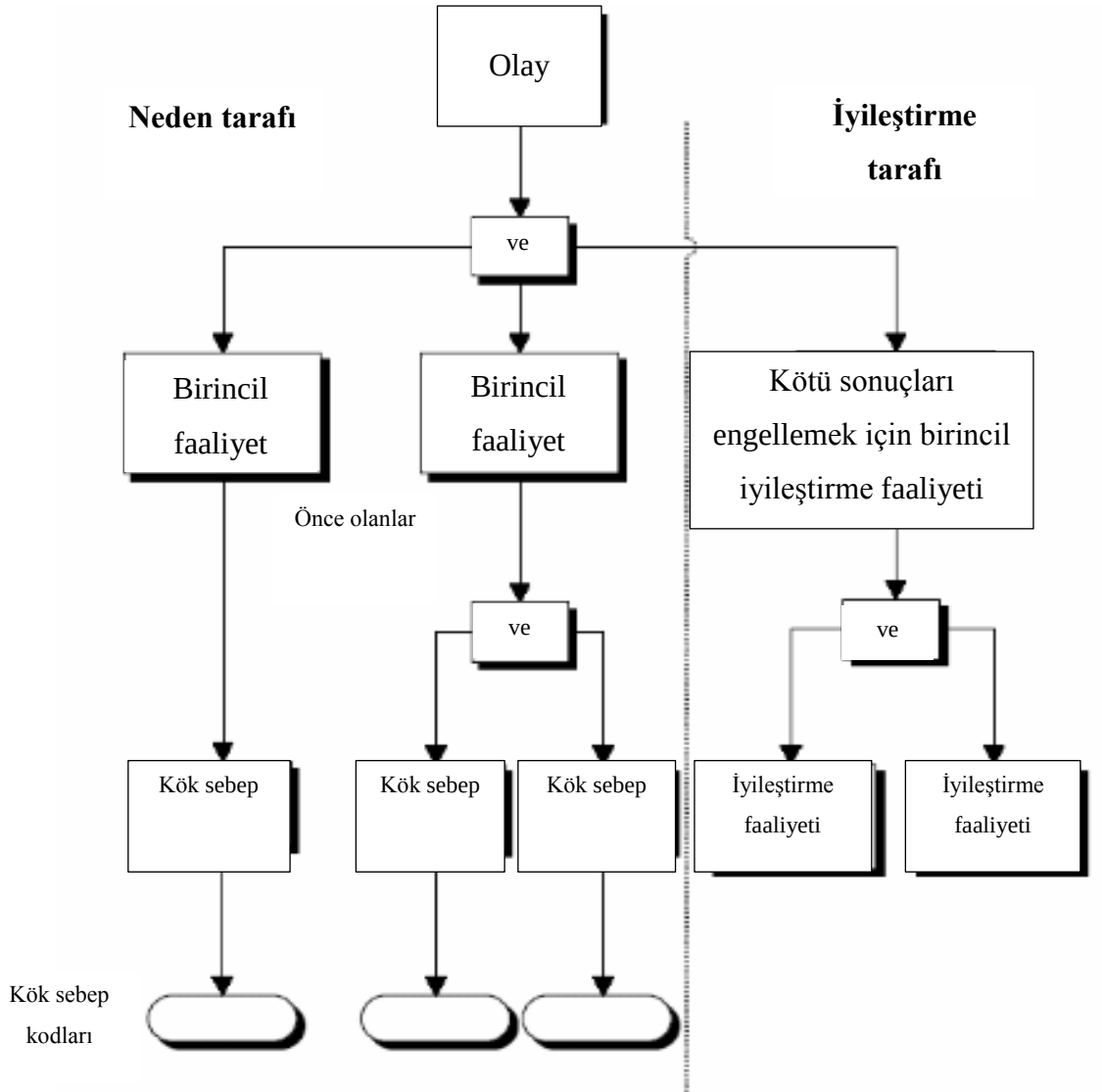
3.1.1.1. Adım – 1: Olay Açıklaması

Bu adımda, olaylar nedensel ağaçlar aracılığıyla açıklanır. Nedensel ağaçlar olayın görsel bir sunumunu sağlar ve bu yüzden söz konusu olaya katkı sağlamış altında yatan asıl sebebi (faktörler, durumlar ve kararlar) ortaya çıkarmak için kullanışlıdır. Nedensel ağaçlar neredeyse her olayın birden fazla sebebi olduğunu söyler ve bu sebeplerin hiyerarşisini ve gruplandırmasını görselleştirir. Nedensel ağaçlar [18] hata ağaçlarından türetilmiştir ve bir olayın gelişimi sırasında meydana gelen kritik faaliyetleri gözler önüne serer. Bu faaliyetler ve kararlar kronolojik sıra ile sunulur ve farklı faaliyetlerin ve kararların birbirleri ile nasıl ilişki içerisinde olduğunu gösterir.

Ağacın en tepesinde sonuç ya da meydana gelen olay (yani belirti, bulgu) yerleştirilir. Bu olay “Tepe Olay” olarak adlandırılır. Tepe olayın altında ağacın iki kolu vardır: Neden ve İyileştirme. Tepe olayın altında tüm gerekli doğrudan sebepler yazılır. Bunlar hem kronolojik sırada hem de lojik sırada gösterilir. Bu doğrudan sebepler kendi sebeplerine de sahiptir. Tepe olaydan başlayarak her olaya “Neden” sorusu sorarak devam edilir ve olayların öncesindeki olaylar tespit edilerek kök sebeplere inilir. Ağacın en altında kök sebepler tespit edilene kadar, nedenlerin ve sonuçların bir yapısı meydana gelir. Kök sebepler belirlenene kadar, olaylara sebep olmuş aktif kırılmalar ve gizli durumlar ortaya çıkarılır. Kök sebepler belirlendi mi, kalıcı ve etkili çözüm üretimine katkı sağlamasının yanında sistemin aslında nasıl çalıştığına dair daha gerçekçi bir görüntü ortaya çıkar [3, 19]. Nedensel ağaçların oluşturulması ile ilgili iki tane “durma kuralı” uygulanır [19]:

1. Daha fazla objektif durumlar ileriye gitmiyor ise ağacı ilerletmeyi durdur.
2. Sistem sınırları geçildiği zaman nedenlerin nedenlerini araştırmayı bırak.

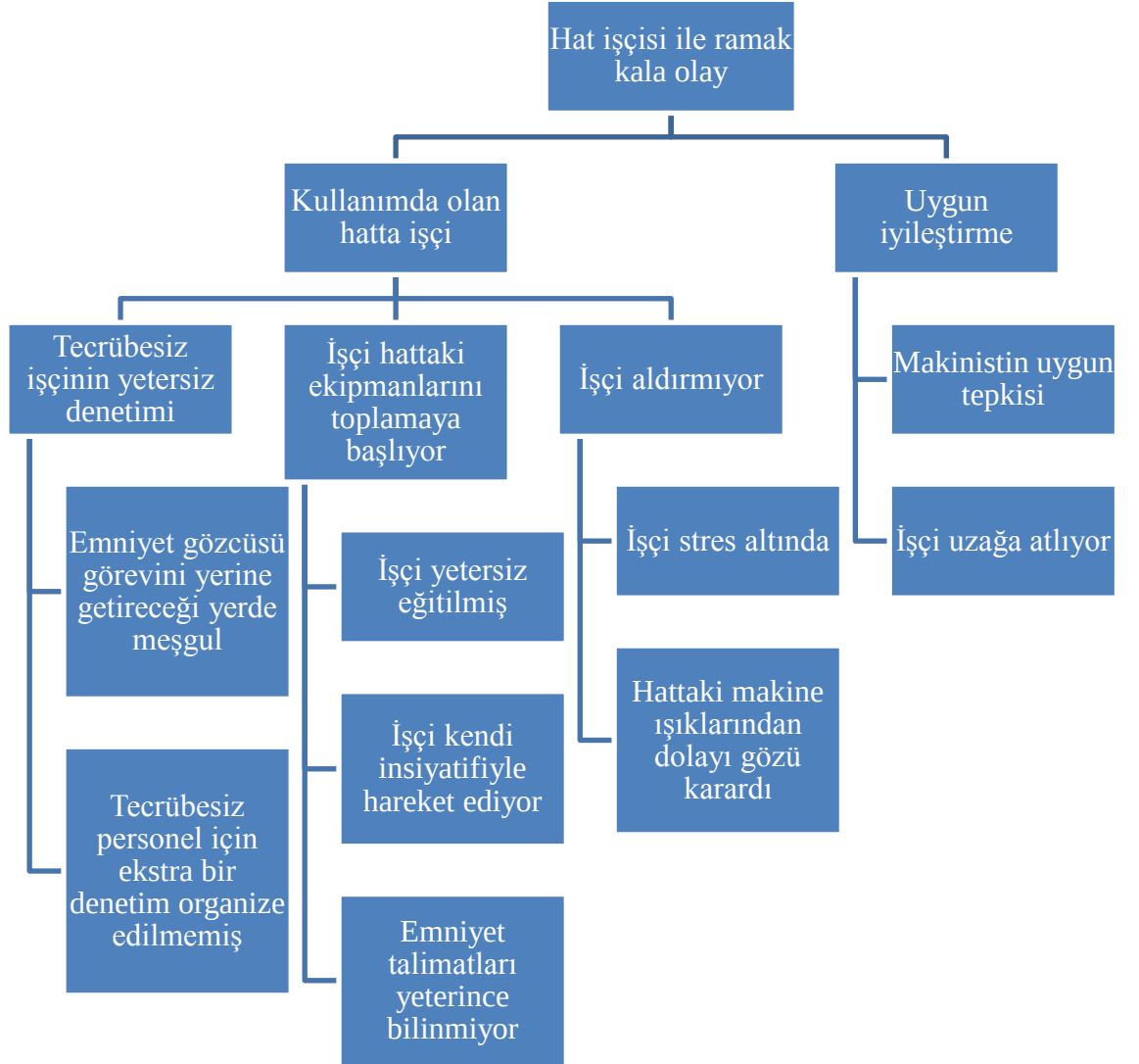
Şekil 3.1’de nedensel ağacın yapısı gösterilmektedir.



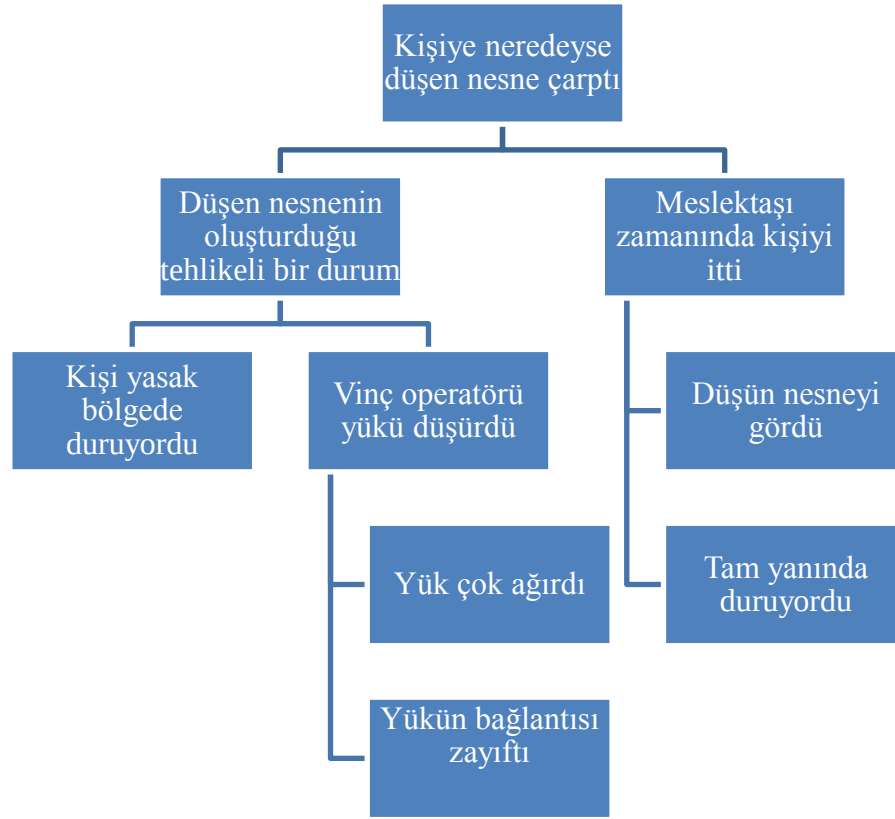
Şekil 3.1: Nedensel Ağacın Yapısı [20].

Şekil 3.1’deki nedensel ağaçta “VE - Kapıları” gösterilir. Bu kapılar, olaya katkı sağlayan kök sebepleri gösterir. Bu yüzden “VE - Kapıları” gerçekten ne olduğunu gösterir. Tüm “VE - Kapılarına” doğrudan bağlı (kök) sebepler, bir üst tabakada bahsedilen sebebin olması için gereklidir. “VE - Kapısına” bağlı (kök) sebeplerden birisini ortadan kaldırmak bir üst tabakada bahsedilen sebebi önlemek için yeterlidir. Bu “VE – Kapılarının” yanı sıra, PRISMA, olaya katkı sağlamış olabilen (kök) sebepleri göstermek için kullanılan “VEYA - Kapılarını” da dikkate alır. Ama bu ilişkiler ispat edilemez (bilgisizlikten dolayı); ancak mantığa uygundur. Bu yüzden “VEYA - Kapıları” mantıklı bağlantıları gösterir ve “VEYA - Kapılarına” bağlı kök sebepler bir

olay veri tabanına kayıt edilmez. “VEYA - Kapıları” sadece modelleme amaçlı kullanılır.



Şekil 3.2: Demiryolu nedensel ağaç örneği [21].



Şekil 3.3: Bir ramak kalayı açıklayan neden ağacına örnek [3].

Teknik, Organizasyonel ve İnsani sebeplerin birleşiminin bir sonucu olan olayı neden ağaçlarını kullanarak açık ve net bir şekilde dönüştürülebilir. Neden ağacının en altında yer alan “kök sebepler”, PRISMA’nın ilk fazının ana ürünüdür ve ikinci fazın girdisidir [3].

3.1.1.2. Adım – 2: Sebeplerin Sınıflandırması

Birinci adımda belirlenen kök sebepler, ardından Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7’de gösterilen Eindhoven Sınıflandırma Modeli [19] kategorilerinden biri ile bağlanarak sınıflandırılır. Daha önce bahsedildiği gibi, PRISMA yöntemi hataları iki türe ayıran sistem yaklaşımı temellidir [4, 5]:

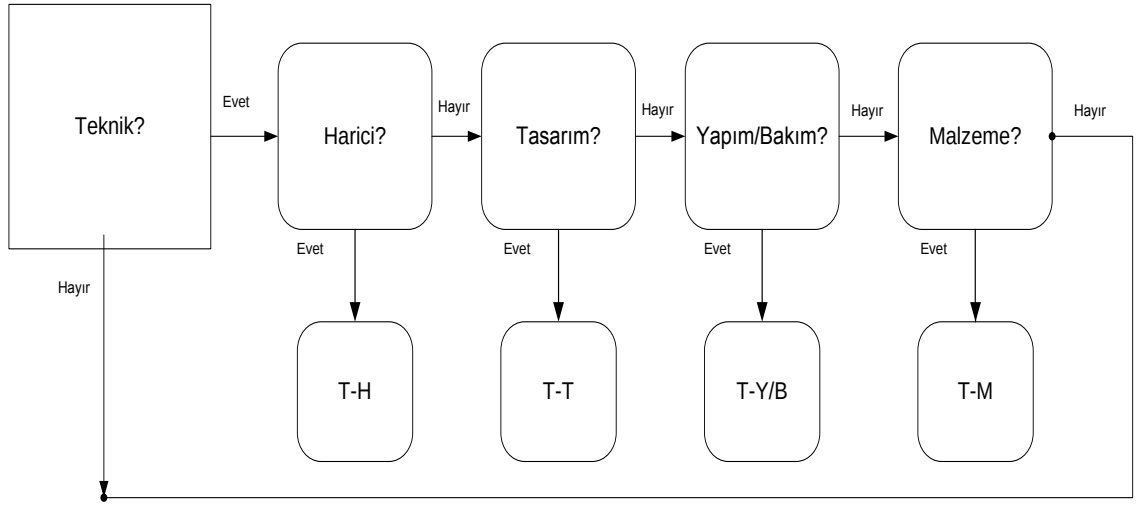
1. Aktif kırılmalar: Aktif kırılmalar, sistem ile doğrudan temas halinde olan insanlar tarafından yapılan emniyetsiz eylemlerdir. İnsanların eylemleri ve kararları anında emniyeti etkileyen hatalar ile sonuçlanabilir.
2. Gizli durumlar: Kaçınılmazdır. Bu gizli durumlar, tasarımcıların, yapımcıların, prosedür yazarların ve üst seviye yöneticilerin aldıkları kararlardan dolayı

meydana gelirler. Bu kararlar, gecikmelide olsa, gelecekte aynı noktada emniyeti etkileyebilen istenmeyen sonuçlara sebep olabilir.

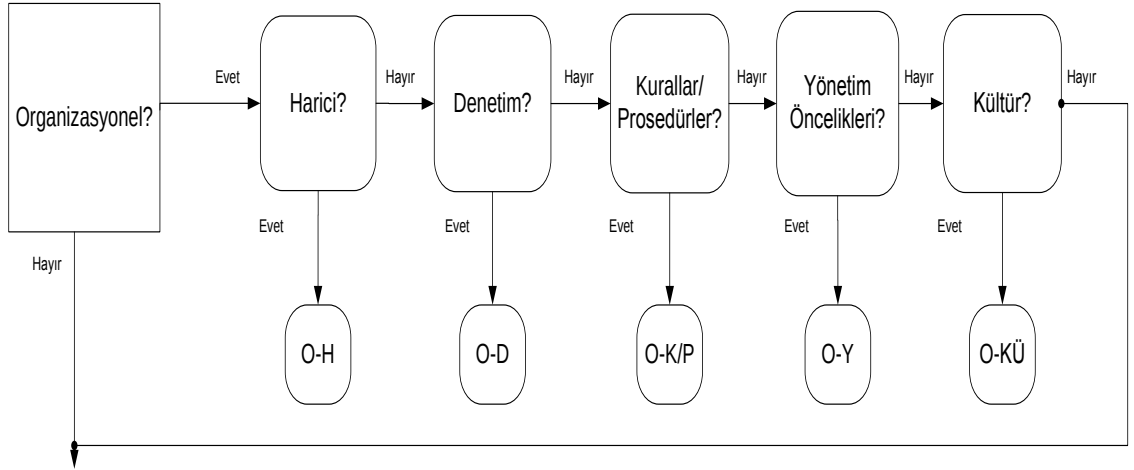
Eindhoven Sınıflandırma Modeli hem aktif kırılmalar ile hem de gizli durumlar ile ilgilidir. Aktif kırılmalar insan hataları ile temsil edilir. Modelin insan kısmı Rasmussen'in [22] Beceri Bazlı, Kural Bazlı, Bilgi Bazlı (Skill-based, Rule-based, Knowledge-based – SRK) modeline dayalıdır. Rasmussen [22], davranışın üç seviyesini temel alarak [23, 6, 3] insan hatasının temel bir modelini geliştirmiştir:

1. Yapılması esnasında az bilinç ve ilgi gerektiren veya hiç bilinç ve ilgi gerektirmeyen “otomatik” görevleri kapsayan, beceriye dayalı davranış
2. Bilinen durumların yönetimi için mevcut kuralların ve şemaların uygulamasını kapsayan, kurala dayalı davranış
3. Alışılmışın dışında durumların yönetimi için mevcut bilginin bilinçli uygulamasını kapsayan, bilgiye dayalı davranış

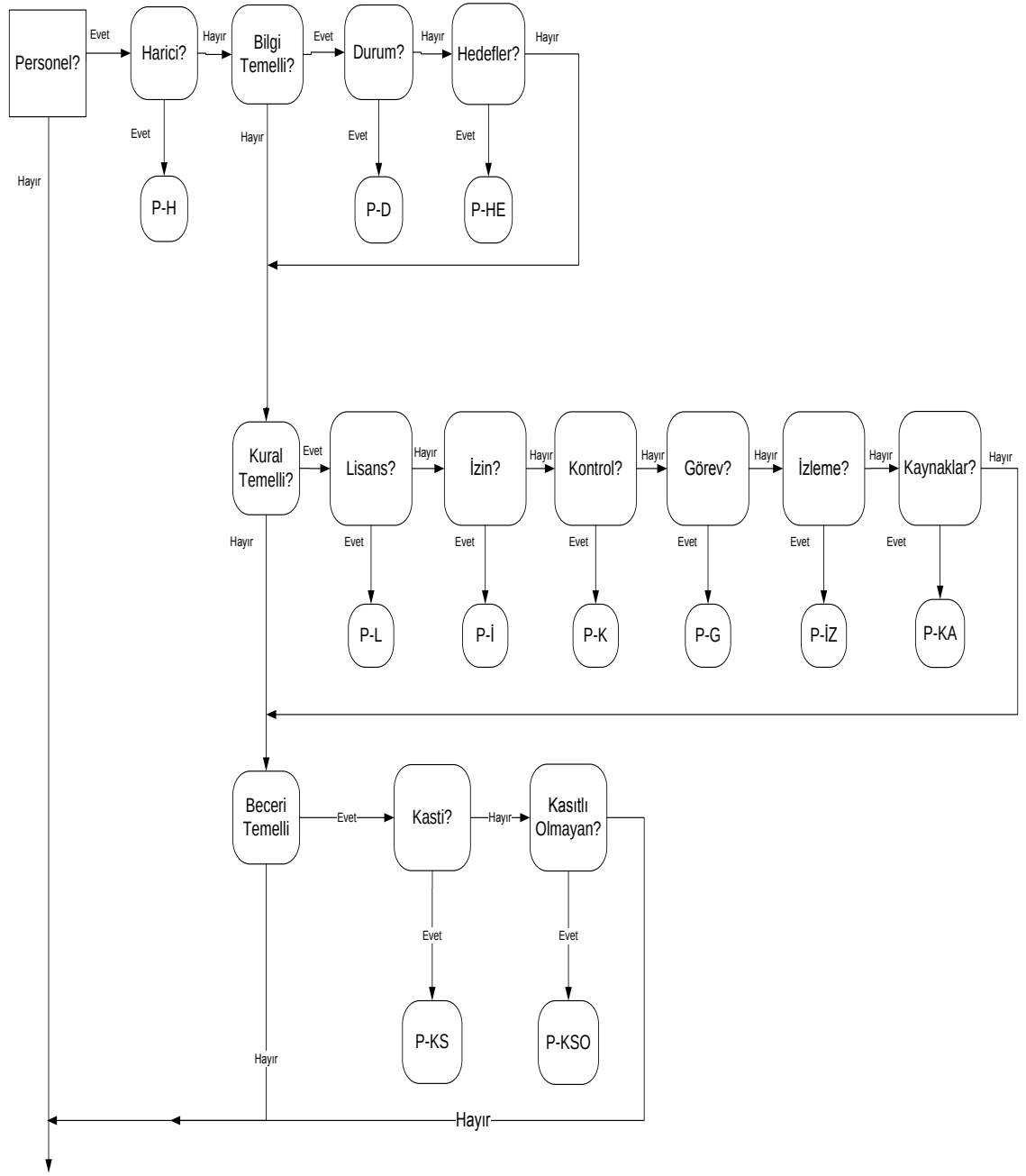
Eindhoven Sınıflandırma Modeli, gizli hataları iki türe ayırır: teknik ve organizasyonel. teknik hatalar, ekipman, fiziksel tesisler, yazılım, malzemeler gibi fiziksel cisimler ile problemler olduğu zaman meydana gelir. Organizasyonel hatalar ise, protokoller ve prosedürler, bilgi transferi, yönetim öncelikleri, kültür, emniyet ve riske toplu yaklaşım konuları ile problemler olduğu zaman meydana gelir.



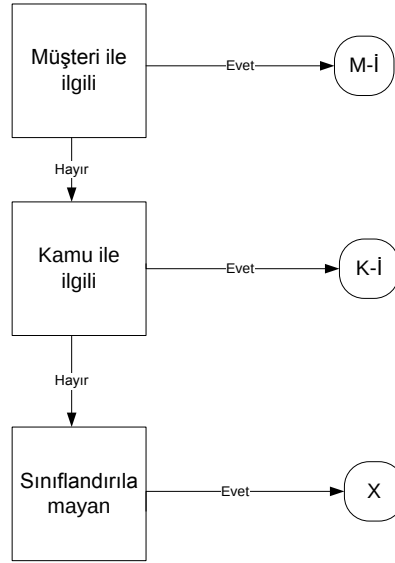
Şekil 3.4: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Teknik [21].



Şekil 3.5: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Organizasyonel [21].



Şekil 3.6: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Personel [21].



Şekil 3.7: PRISMA – Demiryolu Eindhoven Sınıflandırma Modeli – Diğer [21].

Teknik ve organizasyonel faktörler sıklıkla gizli hatalara katkı sağlarlar ve kök sebepler sınıflandırılırken ilk önce dikkate alınırlar. İnsan başarısızlıkları aktif hatalar ile ilgilidir ve kök sebeplerin sınıflandırılmasında daha sonra dikkate alınır. Çünkü aslında “Önce Emniyet” diyen ancak öyle davranmayan yönetim tarafından veya kötü çalışma çevresinden kaynaklanan insan hataları çok çabuk bir şekilde unutulabilir. Bu yüzden, bu sıralama, insan başarısızlığı ile ilgili gizli durumları görmezden gelerek, insan başarısızlıkları ile başlama ve bitirme eğilimini etkisiz hale getirmeye yardımcı olur. İlk önce gizli durumları aramak, keşfedilecek olan olayın altında yatan tüm sebepleri ortaya çıkarma olasılığını artırır [3, 19].

Ramak kalalar olması durumunda iyileştirme faktörleri de belirlenir. Aşağıdaki sınıflandırma kodları bu iyileştirme faktörlerinin sınıflandırması için kullanılır:

Tablo 3.1: İyileştirme faktörlerinin sınıflandırması.

Teknik – Planlanan (T-PLN)	Personel – Planlanan (P-PLN)
Teknik - Planlanmayan (T-PLM)	Personel – Planlanmayan (P-PLM)
Organizasyonel – Planlanan (O-PLN)	Müşteri - Planlanmayan (M-PLM)
Organizasyonel – Planlanmayan (O-PLM)	Kamu - Planlanmayan (K-PLM)

(Kök) Sebepleri Sınıflandırmak İçin Bir Sistemin Gereksinimleri: Schorrock ve Kirwan [23], anlamlı bir şekilde hataların sınıflandırması, olası arıza türlerini belirlemek için veya olay olmasındaki eğilimleri tespit etmek için kullanılacak olan verilerin kayıt altına alınması için zorunlu olduğunu iddia etmişlerdir. Kirwan [24] analiz tekniğinin üç tane birincil fonksiyona sahip olduğunu belirtmiştir. Bunlar, sonuçları belirlemek, olma olasılığını hesaplamak ve olma olasılığını düşürmek.

Söylevinde, Wright [10], bir olayın kök sebeplerinin etkili bir şekilde analizini sağlamak için herhangi bir sınıflandırmanın karşılaması gereken yedi minimum kriter sunmuştur.

Bu kriterler;

1. Sınıflandırma, uygun bir insan davranışı teorisi temelli olmalıdır.
2. Sınıflandırma, teknik, organizasyonel, davranışsal ve yönetim faktörlerini içermelidir.
3. Sınıflandırma güvenilir olmalıdır ki bağımsız bir analist bile aynı sonuçlara ulaşsın.
4. Sınıflandırma kapsamlı olmalıdır ki olay ve ramak kalaları açıklayabilmeli ve hem nedenleri hem de iyileştirmeyi açıklamalıdır.
5. Sınıflandırma sayısal olmalıdır ki birçok olayın toplanması ve karşılaştırılmasına imkân tanımalıdır.
6. Sınıflandırma belirlenmiş kök sebeplere dayalı olarak neden ve iyileştirme yöntemleri önermelidir.
7. Sınıflandırma doğrudan sebebi ve kök sebebi ayırabilmelidir.

Yukarıda da söylendiği gibi, Teknik, Organizasyonel ve İnsani kök sebepleri sınıflandırmak için bir modele ihtiyaç vardır. ECM, ayrı ayrı sebeplerin önceden tanımlanmış üç türüne odaklanır. İlk önce, kullanılan ekipmanın tasarımına, inşa problemlerine veya açıklanamayan malzeme kusurlarına bakarak teknik problemler dikkate alınır [3]. İkinci adımda organizasyonel seviyede etki eden faktörler üzerine (prosedürlerin kalitesi, yönetim öncelikleri vb.) yoğunlaşır. Olası teknik ve organizasyonel problemlere baktıktan sonra insan nedenleri dikkate alınır. Modelin insani kısmı Rasmussen [22] tarafından geliştirilen SRK-Modeli temel alınarak

oluşturulmuştur. Rasmussen [22], üç davranış seviyesini temel alarak insan hatalarının temel modelini geliştirdi: beceri, kural ve bilgiye dayalı davranış (S-B, R-B, K-B). Son kategori “sınıflandırılmayan” önceki kategorilerden herhangi birine yerleştirilemeyen faktörler için oluşturulmuştur.

Bu sınıflandırma sonuçları, etkili önleyici ve düzeltici faaliyetler önerilerine dönüştürülmelidir. Bu amacı gerçekleştirmek için, Sınıflandırma/Eylem matrisi ECM’in teorik temelleri de dahil edilerek geliştirildi [3].

PRISMA-Rail Model: Bir örnek [21]

PRISMA-Rail’in geliştirilmesi, Müşteri ve Kamu kategorilerini de kapsayan demiryolu endüstrisi için belli uyumları ile orijinal PRISMA’dan türetilmiştir. PRISMA neden faktörleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir ve iyileştirme faktörleri de Tablo 3.6’da gösterilmiştir.

Tablo 3.2: PRISMA Neden Faktörleri – Yüksek Seviye Kodlar [21].

Hiyerarşik seviyesi	kod	Kategori	Kod	Açıklama
Yüksek kodlar	seviye	Teknik	T	Teknik/tasarım/ergonomiklik de dâhil çalışma yeri faktörleri
		Organizasyonel	O	Organizasyonel durumlar/yönetim kararları
		Personel	P	Demiryollarında çalışan personel
		Müşteri ile ilgili	M-İ	Müşteriler/yolcular veya demiryolu tesislerinin personel olmayan kullanıcıları
		Kamu ile ilgili	K-İ	Genel kamu üyeleri (mesela yoldan geçen kimse), müşteriler hariç
		Sınıflandırılmaz	X	Yukarıdakiler dışında tüm faktörler (mesela doğal afetler, aşırı hava koşulları)

Tablo 3.3: PRISMA Neden Faktörleri – Orta Seviye Kodlar – Teknik [21].

Hiyerarşik kod seviyesi	Kategori	Kod	Açıklama
Orta seviye kodlar - Teknik	Teknik-Harici	T-H	Organizasyon tarafından doğrudan etkilenmeyen tüm T faktörleri
	Teknik-Tasarım	T-T	Ekipman-/yazılım-/iş yeri tasarımı hataları tetikler (birçok ergonomik faktörler)
	Teknik-Yapım/Bakım	T-Y/B	Orijinal T'nin kendi tasarımı tamam fakat kurulumu farklı/bakımı düzgün yapılmıyor
	Teknik-Malzeme	T-M	Yukarıdaki T kodları kullanılarak açık bir sınıflandırma yapılamayan T faktörü; daha çok uzman teknik testi yapılması gerekir (genellikle çok zaman harcayan);

Tablo 3.4: PRISMA Neden Faktörleri – Orta Seviye Kodlar – Organizasyonel [21].

Hiyerarşik kod seviyesi	Kategori	Kod	Açıklama
Orta seviye kodlar - Organizasyonel	Organizasyonel-Harici	O-H	Organizasyon tarafından doğrudan etkilenmeyen tüm O faktörleri (mesela yükleniciye, tedarikçiye vb. bağlı)
	Organizasyonel-Denetim	O-D	Düzgün bir şekilde eğitim almamış/denetlenmemiş çalışan (özellikle yeni personel/yükleniciler)
	Organizasyonel-Kurallar/Prosedürler	O-K/P	Mevcut olmayan/doğru veya güncel olmayan/kolay şekilde anlaşılmayan Kurallar/Prosedürler
	Organizasyonel-Yönetim öncelikleri	O-Y	Temel emniyet prensiplerini çiğneyen Üretim/Finansal/Diğer kısa vadeli hedefler
	Organizasyonel-Kültür	O-KÜ	Resmi organizasyonel politikalardan farklı grupların (alt) iş uygulamaları/risk anlayışları vb.

Tablo 3.5: PRISMA Neden Faktörleri – Orta Seviye Kodlar – Personel [21].

Hiyerarşik kod seviyesi	Kategori	Kod	Açıklama
Orta seviye kodlar - Personel	Personel - Harici	P-H	Organizasyonun bir parçası olmayan tüm S bireyleri
	Personel - Durum	P-D	Personel süreç karakteristiklerinden/mevcut durumdan (mesela hatlar ile ilgili bilgiye sahip değil, bakımı yapılan hatları bilmiyor) haberdar değil
	Personel - Hedefler	P-HE	Personel uygun hedeflerden başkalarını takip ediyor (mesela kayıp zamanı hızlanarak düzenliyor)
	Personel - Lisans	P-L	Personel uygun diploma/lisansa sahip olmadan işlerini yürütüyor
	Personel - İzin	P-İ	Personel yüksek riskli işleri uygun geçici izin/koruyucu olmadan yürütüyor
	Personel - Kontrol	P-K	Personel işe emniyetli durumu/doğruluğu kontrol etmeden başlıyor
	Personel - Görev	P-G	Personel alt görevleri yanlış şekilde/eksik olarak/yanlış emirle yerine getiriyor
	Personel - İzleme	P-İZ	Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor
	Personel - Kaynaklar	P-KA	Personel görev süresince uygun kullanılabilir kaynakları kullanmıyor (mesela araçlar, bilgi, kişisel koruyucu donanım vb.)
	Personel - Kasıtlı	P-KS	Personel kasti yanlış hareketler yapıyor (mesela yazma hatası)
	Personel - Kasıtlı Olmayan	P-KSO	Personel kazara hareket yapıyor (mesela sendeleme, düşme vb.)

Tablo 3.6: PRISMA İyileştirme Faktörleri [21].

	Planlanan iyileştirme	Planlanmamış iyileştirme
Teknik	Planlanan (T-PLN)	Planlanmayan (T-PLM)
Organizasyonel	Planlanan (O-PLN)	Planlanmayan (O-PLM)
Personel	Planlanan (P-PLN)	Planlanmayan (P-PLM)
Müşteri ile ilgili	-	Planlanmayan (M-PLM)
Kamu ile ilgili	-	Planlanmayan (K-PLM)
Sınıflandırılmaz		Planlanmaya (X-PLM)

3.1.1.3. Adım – 3: İyileşme İçin Yapısal Önlemlerin Formüle Edilmesi

2. Adımda seçilen sınıflandırma kodları veri tabanına kayıt edilir. En sık kök sebepler, PRISMA profilinde görünür hale gelir. PRISMA profili olayların kök sebeplerinin grafiksel gösterimidir. Bu sebeplerin yapısal yaklaşımı her olaydan sonra alınan geçici önlemlerden muhtemelen daha iyi olacaktır [19]. Sınıflandırma/Eylem diye adlandırılan matris en etkili önlemlerin formüle edilmesini sağlar. Eylemler aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Teknoloji/Ekipman: İnsan makine sisteminin ara yüz kısımlarını, yazılımını ve donanımını yeniden tasarlamak
- Prosedürler: Resmi veya resmi olmayan prosedürlerin tamamlanması veya geliştirilmesi
- Bilgi ve iletişim: Bilgi ve iletişim yapılarının kullanılabilir kaynaklarının tamamlanması veya geliştirilmesi
- Eğitim: İhtiyaca göre beceriler için eğitim programlarının iyileştirilmesi
- Motivasyon: Pozitif davranma ilkelerini uygulayarak genel olarak kabul edilen kurallara gönüllü itaatin seviyesini artırmak
- Denetim: Denetim sıklığını artırarak düzgün çalışma sağlanması

Uygun karşı eylemlerin seçiminin yönetiminde rehber sağlamak için, “Sınıflandırma/Eylem” matrisi hazırlanır. Matris, en etkili olan nedensel faktöre müdahalenin altı temel farklı türünü içerir. Bir önemli husus ise PRISMA endüstriden bağımsızdır. Yani bu şu anlama geliyor ki Sınıflandırma/Eylem matrisinden önerilen önlemler endüstriden endüstriye ve hatta kurumdan kuruma değişiklik gösterebilir [25].

Tablo 3.7: Sınıflandırma/Eylem Matrisi [20].

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M						
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y						
O-KÜ						
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ						
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Sınıflandırma/Eylem matrisi tam olarak takip edilmemelidir. Tabi ki olayların şekline ve organizasyona bağlı olarak hangi önlemlerin gerekli olduğu belirlenebilir. Bu yüzden bağlamlar faktörlerinin kayıt edilmesi de önemlidir.

PRISMA, bütün bir sistem için olaylardan öğrenmeye dayalı analitik bir yöntemdir. Önceki PRISMA analizinden sonra alınmış önlemlerin etkinliği sonraki PRISMA

analizinde tahmin edilen değişiklikler ile asıl değişiklikleri karşılaştırarak değerlendirilebilir [3].

Van vuuren [25] der ki:

“Olay verileri, olaylara neden olan, grup davranışlarının aksi yönde gitmesine katkı sağlayan risk bilinci ve uyanıklığındaki azalmayı açık bir şekilde göstermektedir. Bu yüzden, bir kurum emniyet tecrübelerini derinlemesine düşünmeli ve olay verilerinden mümkün olduğu kadar çok dersler çıkarmalıdır. Risk bilinci ve uyanıklığının doğru seviyesini bol miktarda kullanılabilir ramak kalaları analiz ederek ve raporlayarak sürdürebilir. Bu analizlere dayalı olarak, kuruma geri dönüş, günden güne yapılan pratiklerin tehlikelerini göstermesini sağlayabilir. Bu yol, kurumun emniyet performansını ölçmekten ve kendi emniyet tecrübesinden ders çıkarmayı sağlayan sürekli bir döngüdür.”

4. BULGULAR

TCDD tarafından tutulan sağlıklı bir ramak kala veri tabanı olmadığı için bu bölümde ilk olarak ERA tarafından Avrupa demiryolu kurumları ile ortak olarak kaza araştırma için resmi olarak hazırlanmış Hata Ağaçları gösterilecek, daha sonra bu ağaçların en sonunda yer alan kök sebeplerden Türkiye’de en sık karşılaşılan kök sebepler ramak kala olarak kabul edilecek ve PRISMA yöntemine girdi olarak sağlanacak ve bu girdiyi kullanarak PRISMA yöntemi ile analiz yapılacaktır.

4.1. ERA HATA AĞAÇLARI

Demiryolu kazaları hata ağaçları, kazalara neden olan öncüllerin yapısal bir gösterimidir. Bu hata ağaçları tren kazaları risk modellerinden referans alınarak Avrupa demiryolu kurumları tarafından ortaklaşa oluşturulmuştur ve ERA tarafından da resmi olarak yayınlanmıştır [26].

Hata ağaçlarını oluşturmak için kullanılan veriler ERA ve Uluslararası Demiryolları Birliği (International Union of Railways – UIC)’nin veri tabanındaki kaza verilerinden oluşmaktadır. Hata ağaçları Mindjet MindManager 2012 bilgisayar yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan hata ağaçları özel bir demiryolu ağı için değil genel olarak tüm demiryolu kurumları tarafından kullanılacak şekilde hazırlanmıştır. Yukarıda açıklandığı gibi hata ağaçlarını oluşturan alt bileşenler mevcut demiryolu risk modellerinden ve kaza veri tabanlarından elde edilen veriler ışığında oluşturulmuştur. Bu hata ağaçlarını kullanarak her demiryolu kurumu kendine ait hatlarda kullanılmak üzere daha da detaylandırabilir.

ERA tarafından Avrupa demiryolları için kendi veri tabanında tuttuğu 7 adet demiryolu kazası ana başlığı bulunmaktadır. Bunlar:

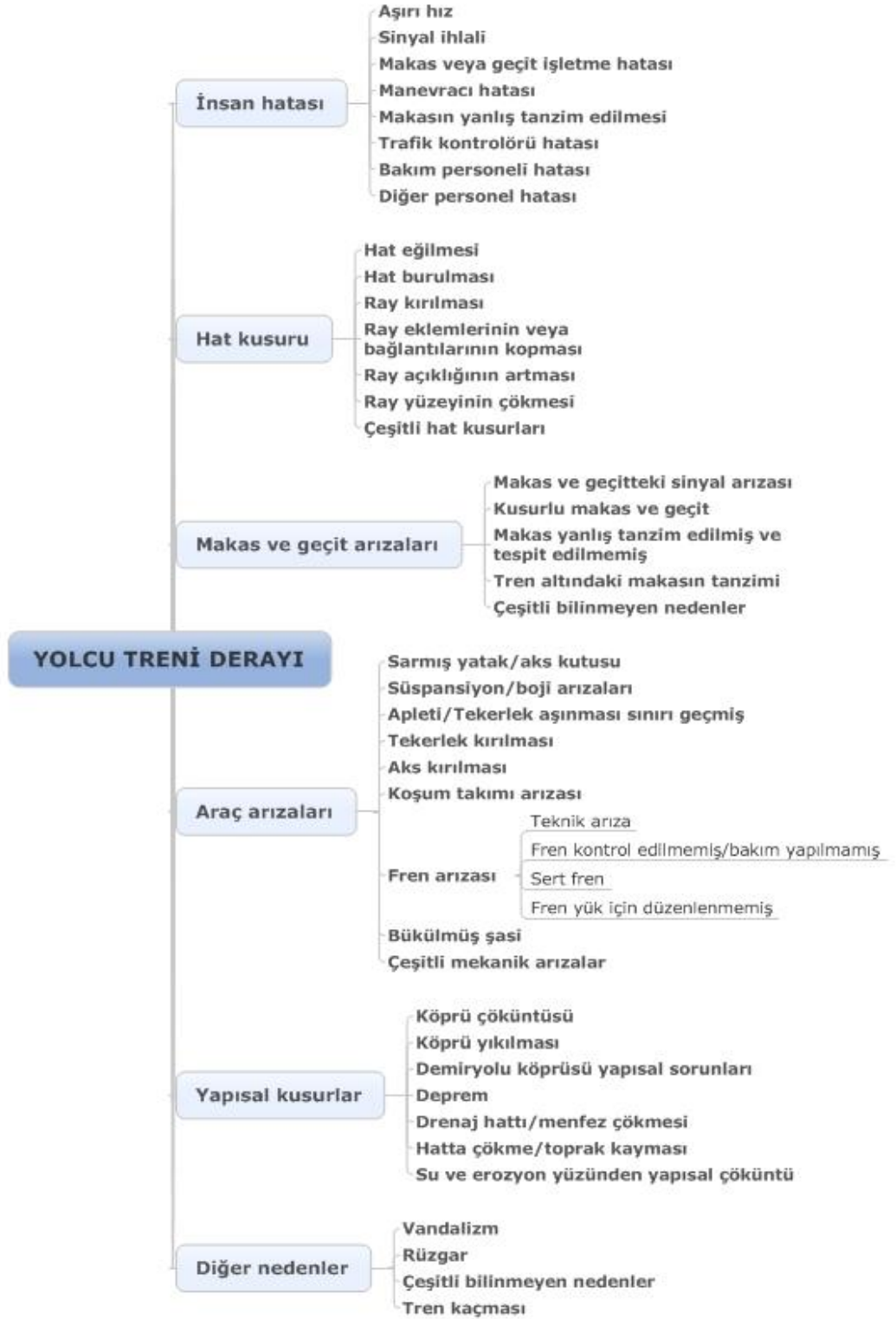
1. Yolcu treni derayı
2. Yük treni derayı

3. Araç yangını
4. Karambol
5. Hareketli demiryolu aracı tarafından yaralanmalar
6. Hemzemin geçit kazaları
7. Trenin nesneler ile çarpışması

şeklinde listelenmiştir.

Aşağıdaki alt bölümlerde yukarıda listelenen 7 başlıktaki demiryolu kazaları için hata ağaçları gösterilmiştir.

4.1.1. Deray (Yolcu Treni) Hata Ağacı



Şekil 4.1: Yolcu treni derayı hata ağacı [26].

Şekil 4.1’de gösterilen hata ağacında görüldüğü gibi yolcu treni derayına neden olan alt sebepler, Avrupa demiryolu kurumları tarafından ERA ve UIC’ye sağlanan veriler ışığında gösterilmektedir. Geçmiş verilerden yararlanarak oluşturulan bu ağaçta görüldüğü gibi yolcu treni derayına sebep olan ana sebepler aşağıdaki gibidir:

1. İnsan hatası
2. Hat kusuru
3. Makas ve geçitlerdeki arızalar
4. Araç arızaları
5. Yapısal kusurlar
6. Diğer nedenler

Yukarıda listelenen sebeplerin de daha alt kategorilerine inilebilmektedir. Bu kök sebeplerden “İnsan hatası ➔ *Aşırı hız*” Türkiye’deki demiryollarında da sıklıkla karşılaşıldığı için PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu kök sebep PRISMA analizinde girdi olarak kullanılacak ve aşırı hızdan yolcu treni deray etmemiş ama son anda böyle bir kazanın olması engellenmiş olarak kabul edilecek ve analizi yapılacaktır.

4.1.2. Deray (Yük Treni) Hata Ağacı

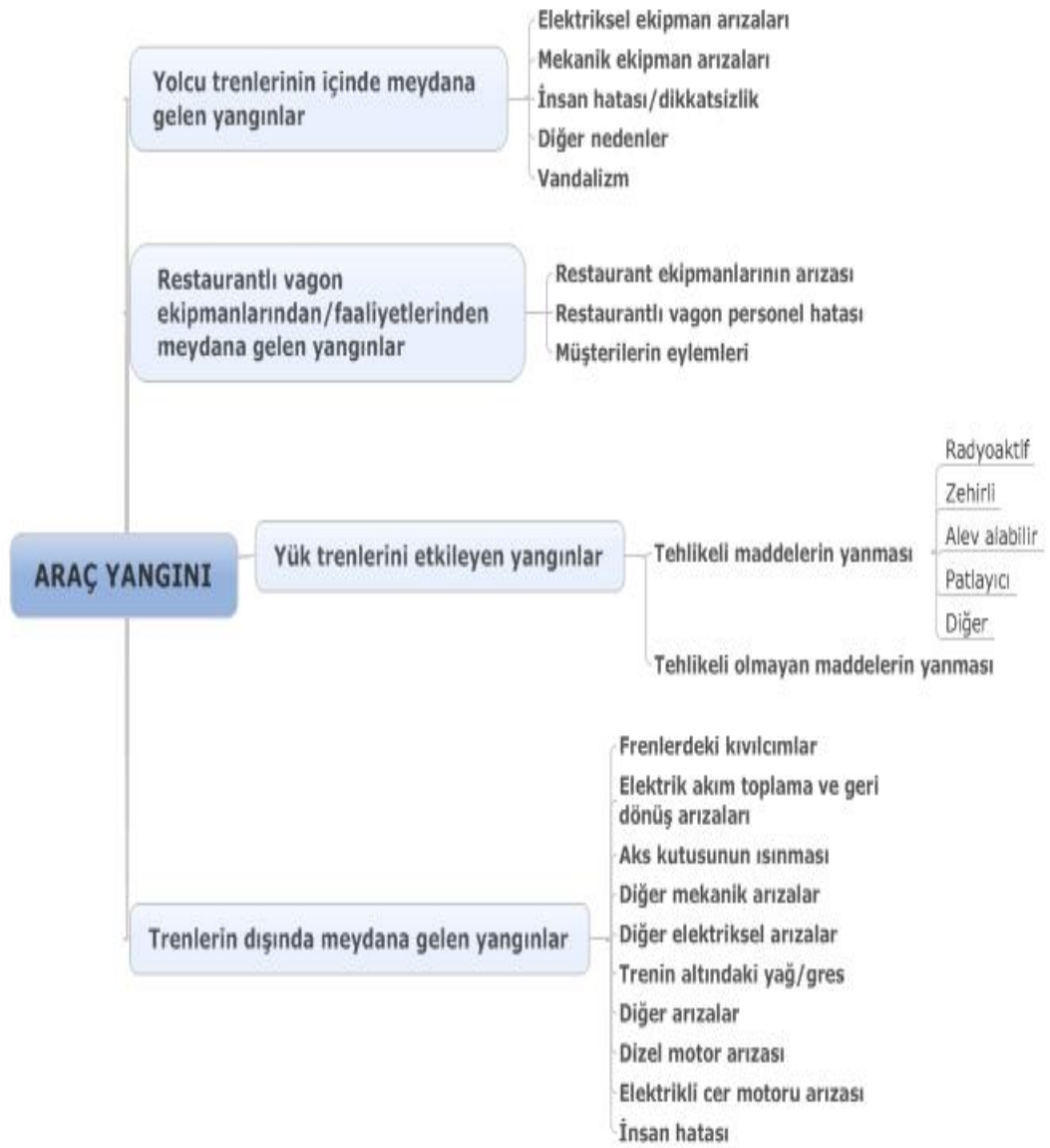


Şekil 4.2: Yük treni derayı hata ağacı [26].

Şekil 4.2’de yük treninin deray etmesine neden olan faktörler gösterilmiştir. Bu faktörlerden de Türkiye’de de sıklıkla karşılaşılan “İnsan Hatası → *Yükleme hatası – düzensiz ve emniyetsiz*” kök sebebi PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Yükleme hatasından yük treni deray etmemiş ancak son anda trenin deray etmesi önlenmiş olarak kabul edilerek PRISMA analizi yapılacaktır.

4.1.3. Araç Yangını Hata Ağacı

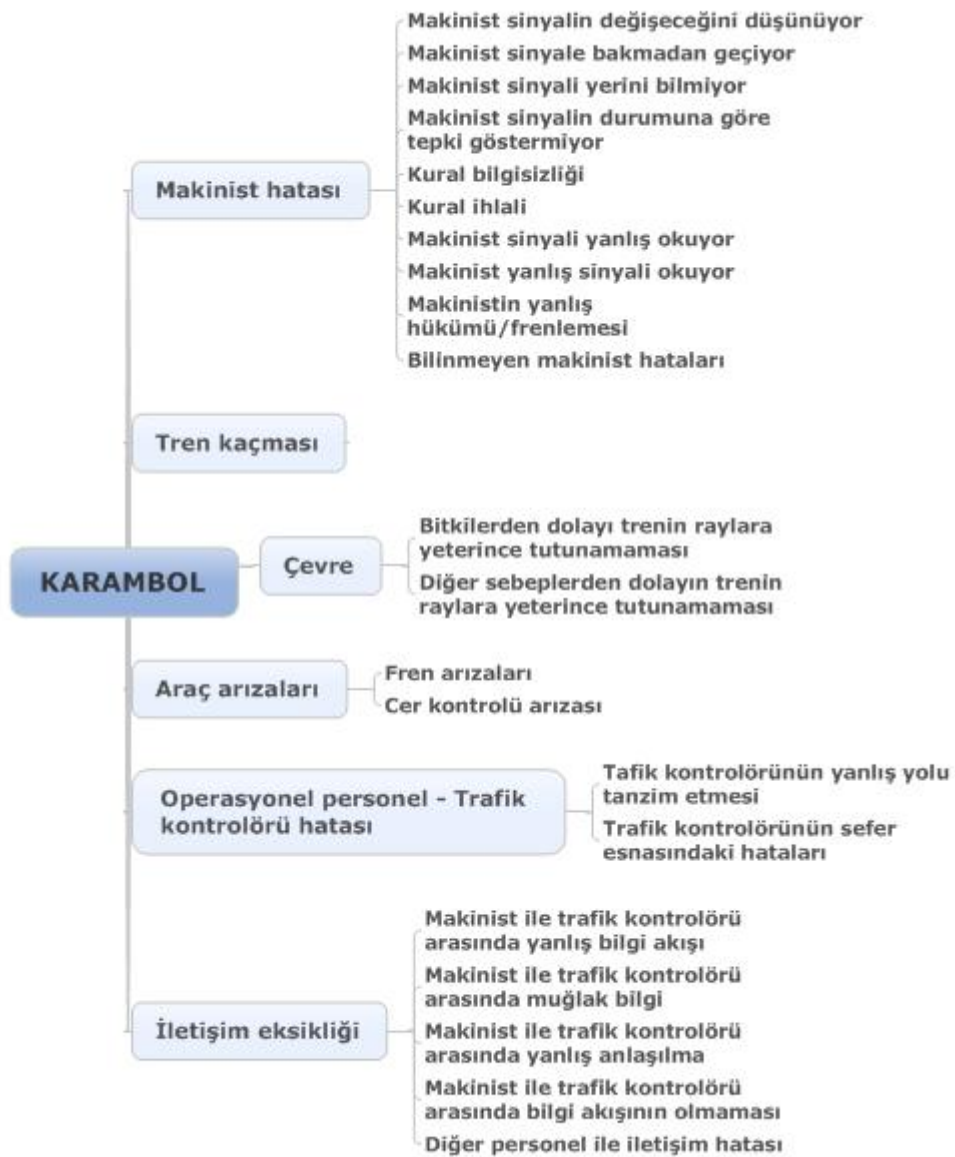


Şekil 4.3: Araç yangını hata ağacı [26].

Şekil 4.3’de araç yangınına sebep olan faktörler gösterilmiştir. Bu faktörlerden Türkiye’de sıklıkla karşılaşılan “Trenlerin dışında meydana gelen yangınlar → Aks kutusunun ısınması” kök sebebi PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Aks kutusu ısınmış fakat araçta bir yangına sebep olması son anda önlenmiş olarak kabul edilerek PRISMA analizi yapılacaktır

4.1.4. Karambol Hata Ağacı



Şekil 4.4: Karambol hata ağacı [26].

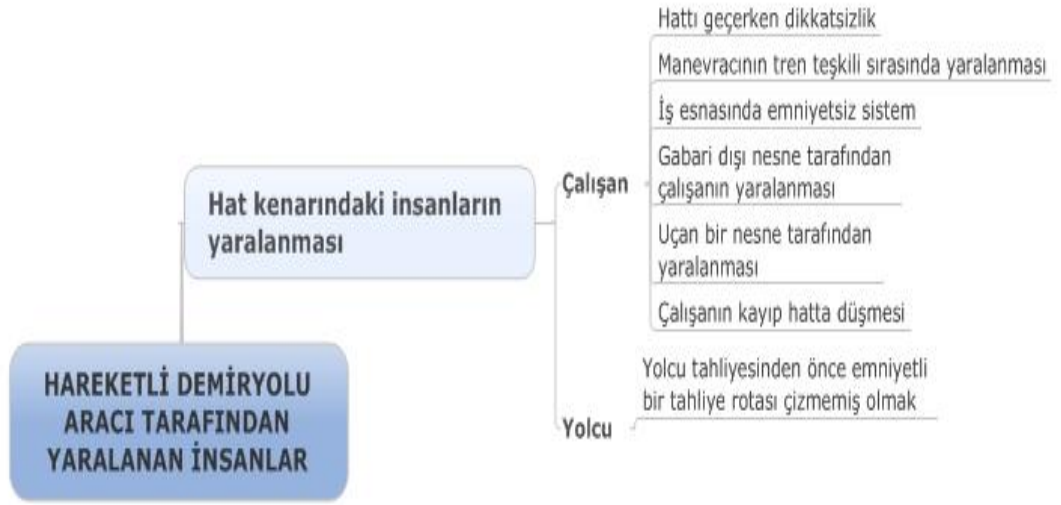
Şekil 4.4’de karambole sebep olan faktörler gösterilmiştir. Bu faktörlerden Türkiye’de sıklıkla karşılaşılan “İletişim eksikliği → Makinist ile Trafik Kontrolörü arasında muğlak bilgi” kök sebebi PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Makinist ile Trafik Kontrolörü arasında muğlak bilgi var fakat karambol olması son anda önlenmiş olarak kabul edilerek PRISMA analizi yapılacaktır.

4.1.5. Hareketli Demiryolu Aracı Tarafından Yaralanan İnsanlar Hata Ağacı



Şekil 4.5: Hareketli demiryolu aracı tarafından yaralanan insanlar hata ağacı - 1 [26].

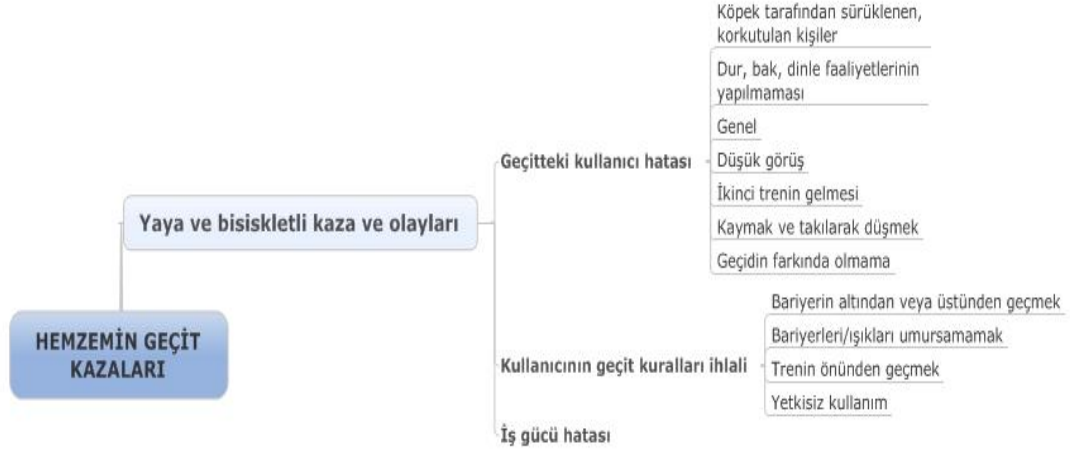


Şekil 4.6: Hareketli demiryolu aracı tarafından yaralanan insanlar hata ağacı - 2 [26].

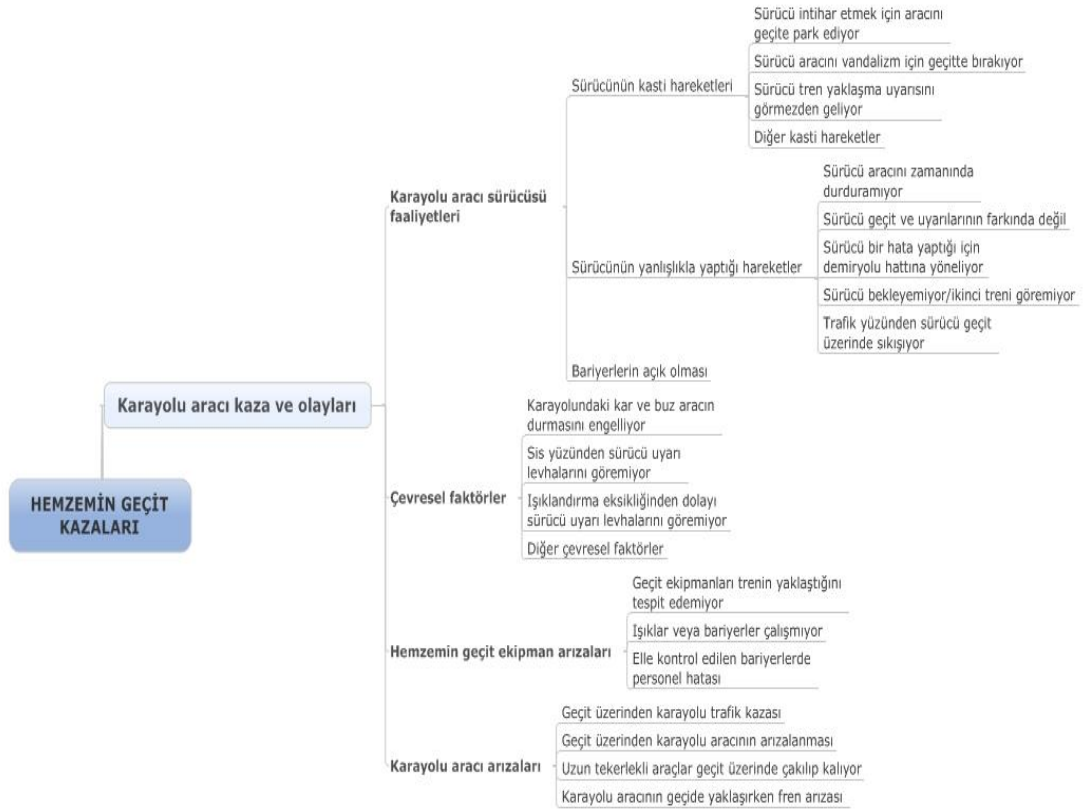
Şekil 4.5 ve 4.6’da hareketli demiryolu aracı tarafından insan yaralanmalarına sebep olan faktörler gösterilmiştir. Bu faktörlerden Türkiye’de sıklıkla karşılaşılan “Hat kenarındaki insanların yaralanması → Çalışan → *Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması*” kök sebebi PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Gabari dışı nesne var fakat bir çalışanın yaralanması son anda önlenmiş olarak kabul edilerek PRISMA analizi yapılacaktır.

4.1.6. Hemzemin Geçit Kazaları Hata Ağacı



Şekil 4.7: Hemzemin geçit kazaları hata ağacı - 1 [26].

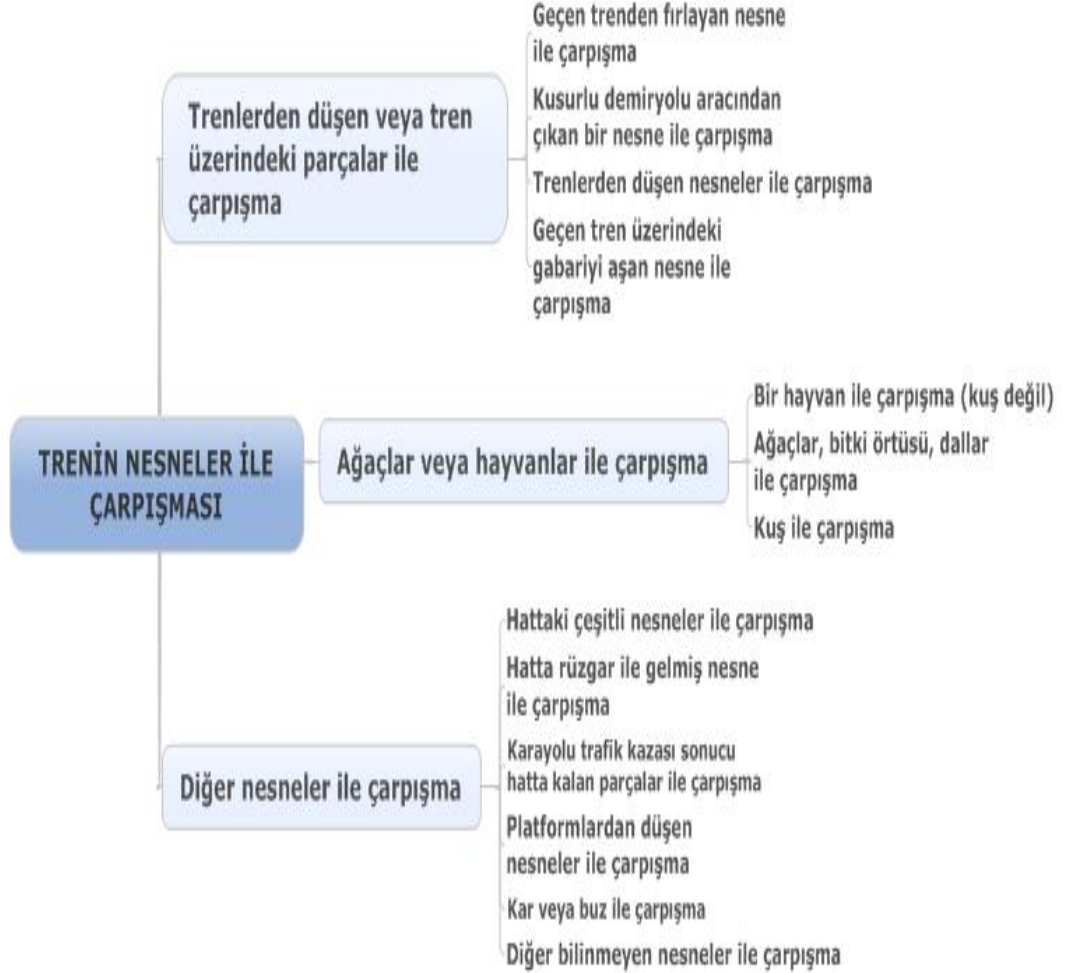


Şekil 4.8: Hemzemin geçit kazaları hata ağacı - 2 [26].

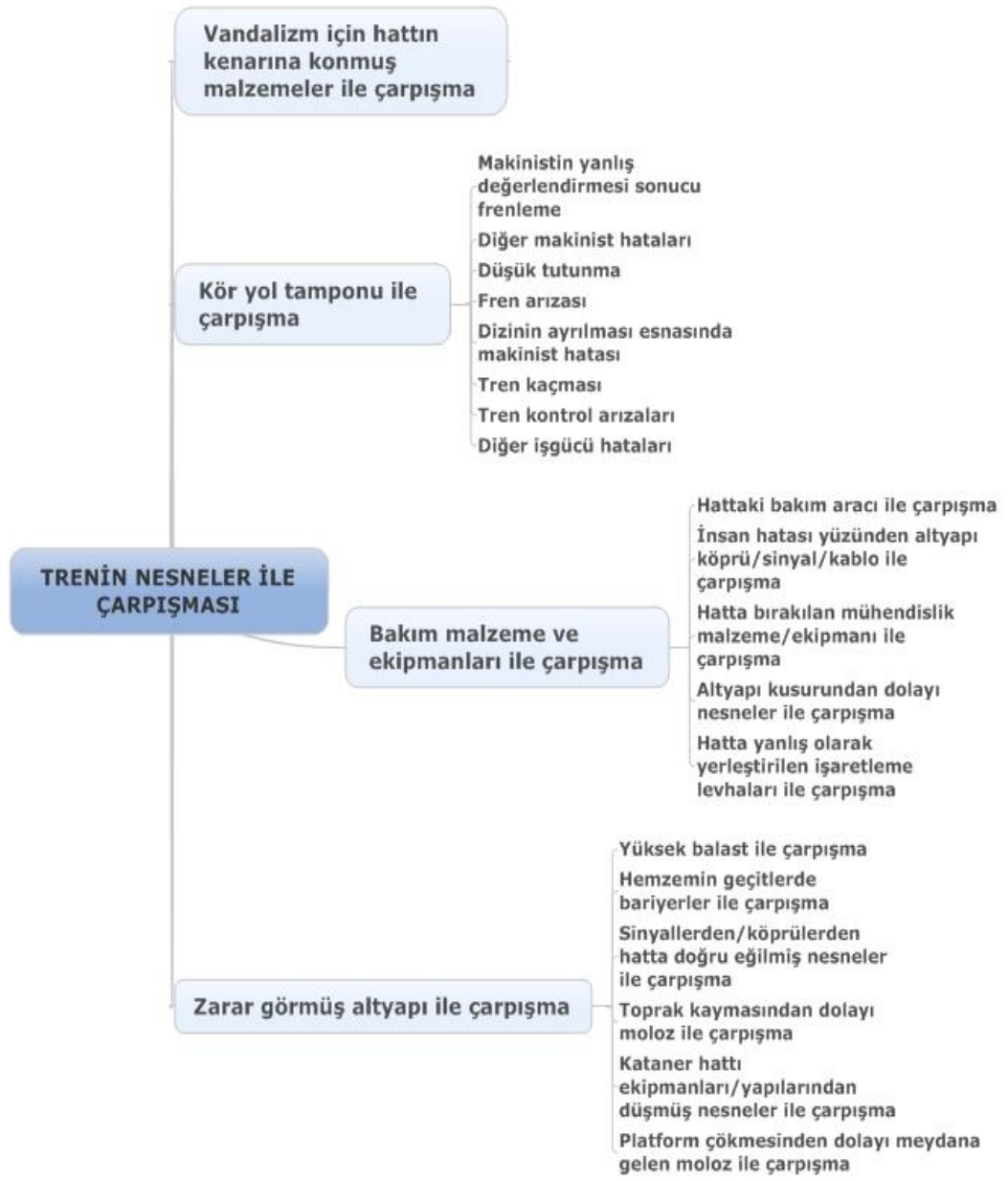
Şekil 4.7 ve 4.8’de hemzemin geçit kazalarına sebep olan faktörler gösterilmiştir. Bu faktörlerden Türkiye’nin bazı bölgelerinde sıklıkla karşılaşılan “Karayolu aracı kaza ve olayları → Çevresel faktörler → *Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor*” kök sebebi PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Sis’ten dolayı karayolu sürücüsü uyarı levhalarını göremiyor fakat hemzemin geçit kazası son anda önlenmiş olarak kabul edilerek PRISMA analizi yapılacaktır.

4.1.7. Trenin Nesneler İle Çarpışması



Şekil 4.9: Trenin nesneler ile çarpışması hata ağacı -1 [26].



Şekil 4.10: Trenin nesneler ile çarpışması hata ağacı – 2 [26].

Şekil 4.9 ve 4.10’da trenlerin nesneler ile çarpışmalarına sebep olan faktörler gösterilmiştir. Bu faktörlerden Türkiye’de karşılaşılan “Zarar görmüş altyapı ile çarpışma → Yüksek balast ile çarpışma” kök sebebi PRISMA analizinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

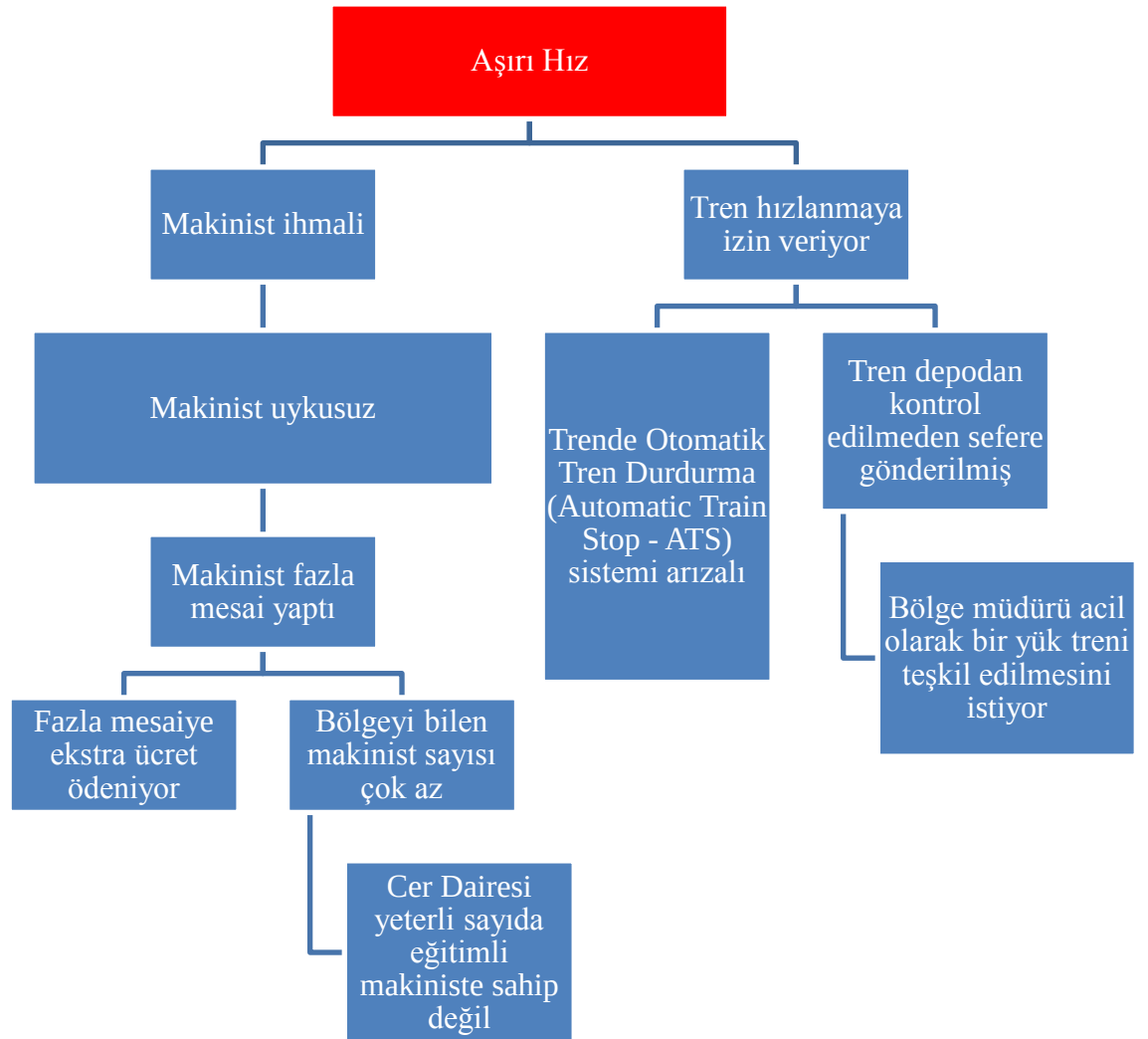
Hatta standartların üzerinde yüksekliğe sahip balast var fakat trenin balast ile çarpışması son anda önlenmiş olarak kabul edilerek PRISMA analizi yapılacaktır

4.2. PRISMA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

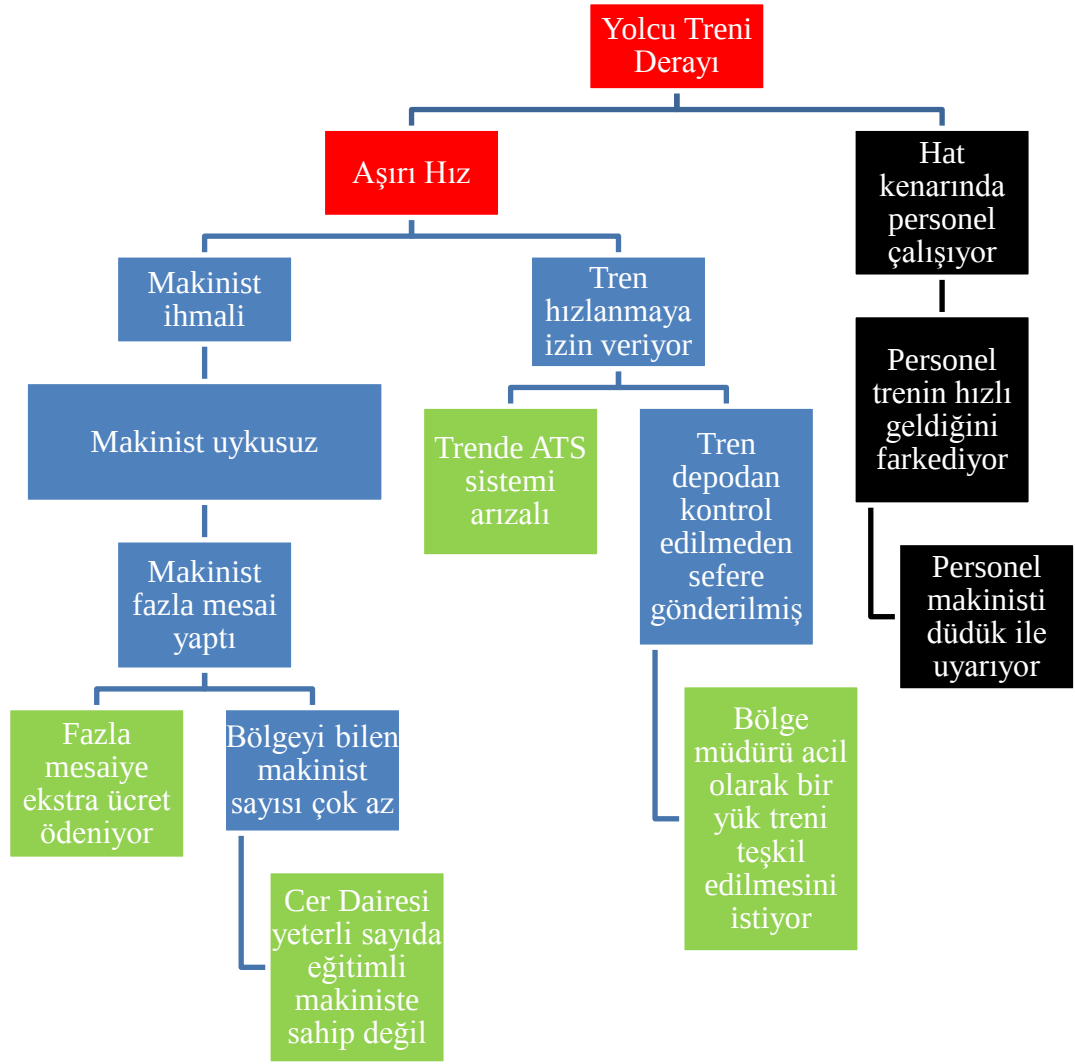
4.2.1. PRISMA Yönteminin Deray (Yolcu Treni) Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Yolcu Treni Derayı kazasının insani sebeplerinden;

İnsan hatası → *Aşırı Hız* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.11: Aşırı hız kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.12: Aşırı hız kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.12’de açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduğundan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM şablonu (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebep Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Fazla mesaiye ekstra ücret ödeniyor” kök sebebi ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak O-K/P sınıfına yani;

O-K/P: Mevcut olmayan/doğru veya güncel olmayan/kolay şekilde anlaşılmayan Kurallar/Prosedürler sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Cer Dairesi yeterli sayıda eğitimli makiniste sahip değil” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak O-D sınıfına yani:

O-D: Düzgün bir şekilde eğitim almamış/denetlenmemiş çalışan (özellikle yeni personel/yükleniciler) sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Trende ATS sistemi arızalı” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak T-Y/B sınıfına yani:

T-Y/B: Orijinal T’nin kendi tasarımı tamam fakat kurulumu farklı/bakımı düzgün yapılmıyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Bölge müdürü acil olarak bir yük treni teşkil edilmesini istiyor” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak O-Y sınıfına yani:

O-Y: Temel emniyet prensiplerini çiğneyen Üretim/Finansal/Diğer kısa vadeli hedefler sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre *Personel – Planlanmayan (P-PLM)* sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmamış bir şekilde personelin etkisiyle aşırı hızdan yolcu treninin deray etmesi önlenmiş anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerisi olarak ilk başta dikkat etmemiz gereken hususun hatta çalışan personelin demiryolu tecrübesine sahip bireylerden oluşması gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.1: Aşırı hız kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B	X					
T-M						
O-H						
O-D				X		
O-K/P		X				
O-Y		X				
O-KÜ						
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ						
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.1’de görüldüğü üzere 4 kök sebep için önerilebilecek 4 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. Bunlardan ilki O-K/P sınıfına ait bir kök sebep için ilgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi gerekmektedir. İkinci olarak O-D sınıfına ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları düzenlenmesi gerekmektedir. Üçüncü olarak T-Y/B sınıfına ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için ilgili ekipmanların düzenli olarak bakım ve onarımlarının yapılması veya yeni bir ekipman veya donanım tedarik edilmesi gerekmektedir. Son olarak da O-Y kategorisine ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir şeklinde önlem önerileri belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

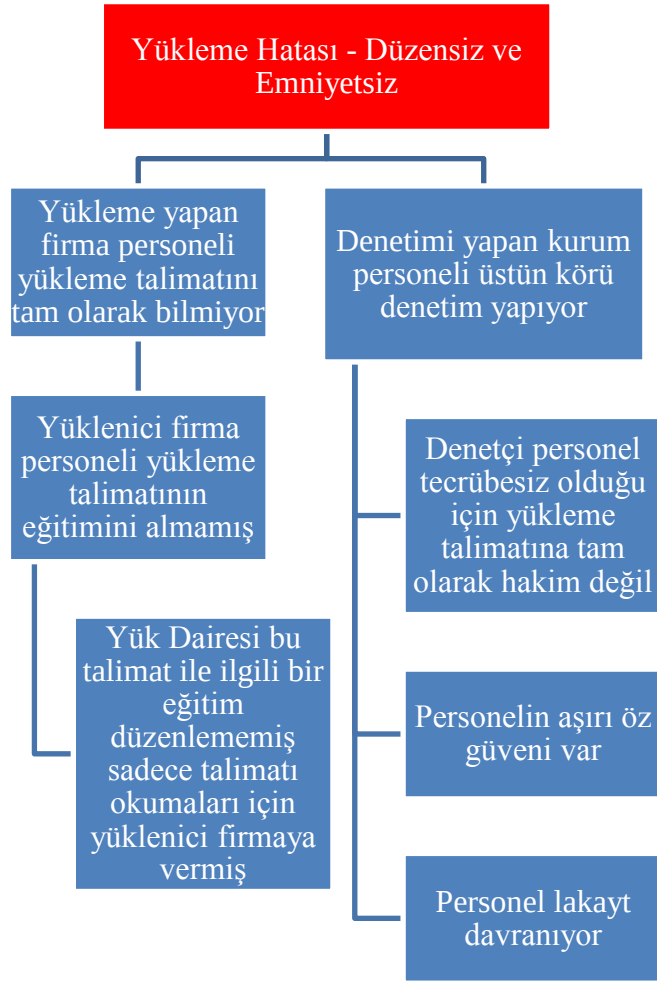
Tablo 4.2: Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
O-K/P	İlgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi gerekmektedir.
O-D	İlgili personel veya personeller için eğitim programları düzenlenmesi gerekmektedir.
T-Y/B	İlgili ekipmanların düzenli olarak bakım ve onarımlarının yapılması veya yeni bir ekipman veya donanım tedarik edilmesi gerekmektedir.
O-Y	Daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir

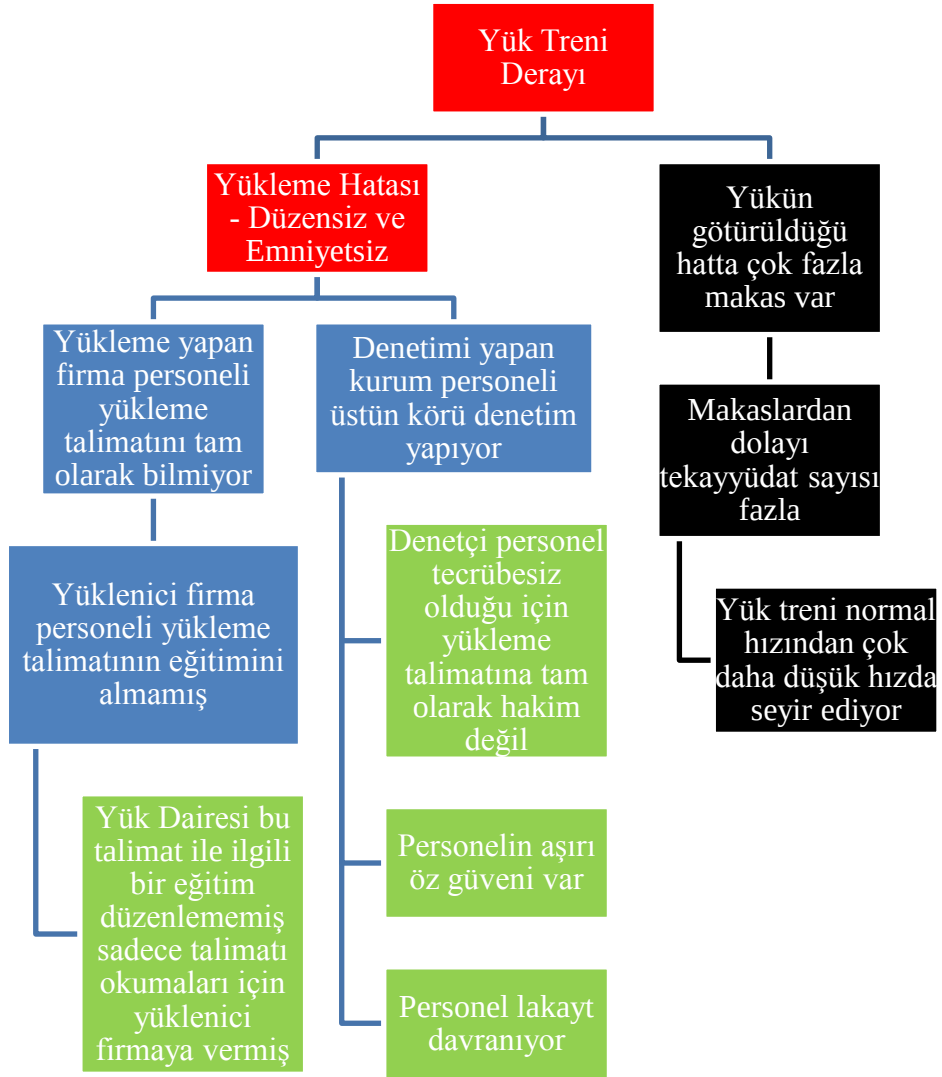
4.2.2. PRISMA Yönteminin Deray (Yük Treni) Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Yük Treni Derayı kazasının insani sebeplerinden;

İnsan hatası → *Yükleme Hatası - Düzensiz ve Emniyetsiz* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.13: Yüklem hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.14: Yükleme hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.14’de açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduğundan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM şablonu (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebep Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Yük Dairesi bu talimat ile ilgili bir eğitim düzenlememiş sadece talimatı okumaları için yüklenici firmaya vermiş” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak O-KÜ sınıfına yani;

O-KÜ: Resmi organizasyonel politikalardan farklı grupların (alt) iş uygulamaları/risk anlayışları sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Denetçi personel tecrübesiz olduğu için yükleme talimatına tam olarak hâkim değil” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde P-G sınıfına yani;

P-G: Personel alt görevleri yanlış şekilde/eksik olarak/yanlış emirle yerine getiriyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Personelin aşırı öz güveni var” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde P-İZ sınıfına yani;

P-İZ: Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Personel lakayt davranıyor” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde P-İZ sınıfına yani;

P-İZ: Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre *Organizasyonel – Planlanan (O-PLN)* sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmış bir şekilde kurumun belirlediği hız sınırlamalarının etkisiyle yükleme hatasından dolayı yük treninin deray etmesi önlenmiş anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerilerine herhangi bir etkisi olmamıştır çünkü önlem olarak trenin sefer hızını düşürmek alınması gereken en son önlem olarak demiryolu tarihinde yer almıştır.

Tablo 4.3: Yükleme Hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M						
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y						
O-KÜ		X		X		
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G				X		
P-İZ				X		X
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.3’de görüldüğü üzere 4 kök sebep için önerilebilecek 4 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. Bunlardan ilki O-KÜ sınıfına ait bir kök sebep için ilgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir. İkinci olarak P-G sınıfına ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları düzenlenmesi gerekmektedir. Üçüncü olarak P-İZ sınıfına ait kök sebeplerin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

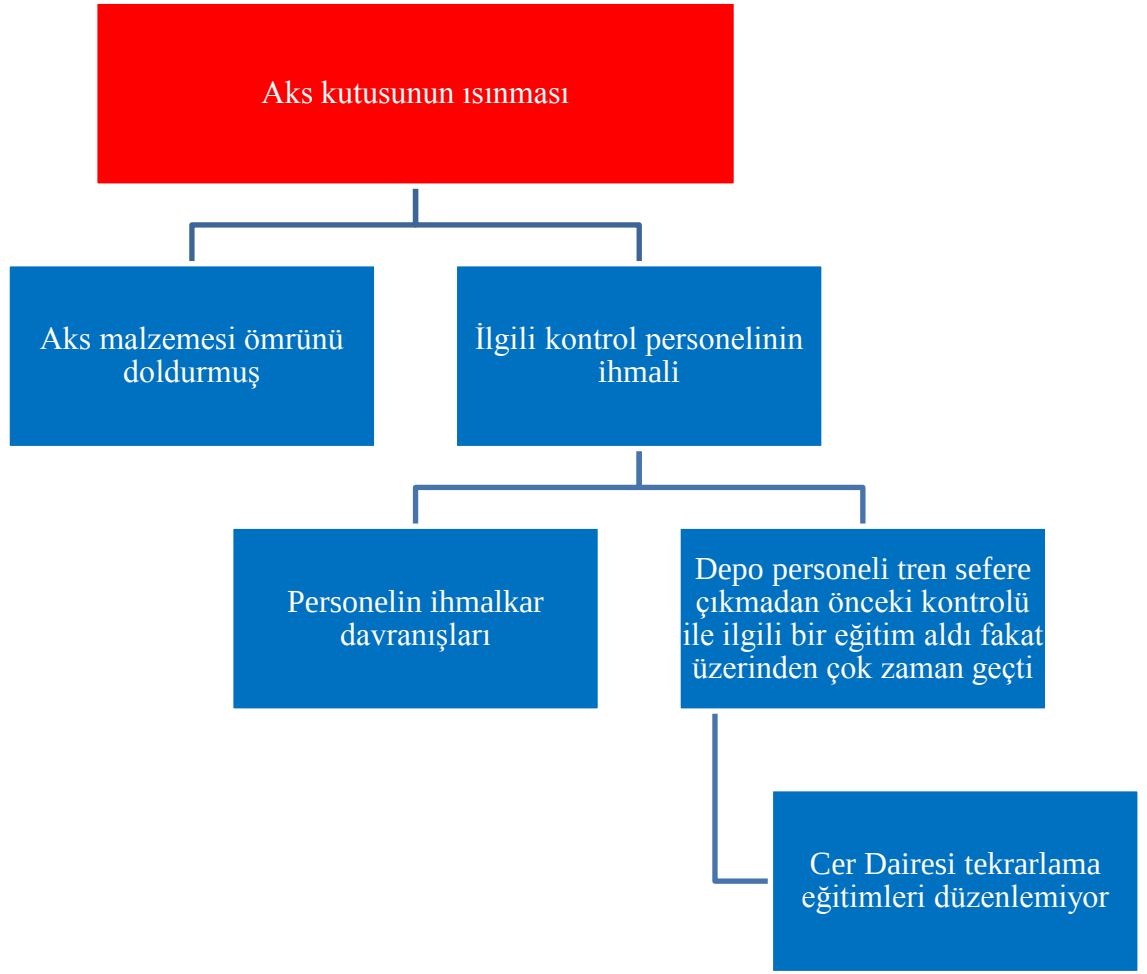
Tablo 4.4: Yükleme Hatası – Düzensiz ve Emniyetsiz kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
O-KÜ	İlgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir.
P-G	İlgili personel veya personeller için eğitim programları düzenlenmesi gerekmektedir.
P-İZ	İlgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir.

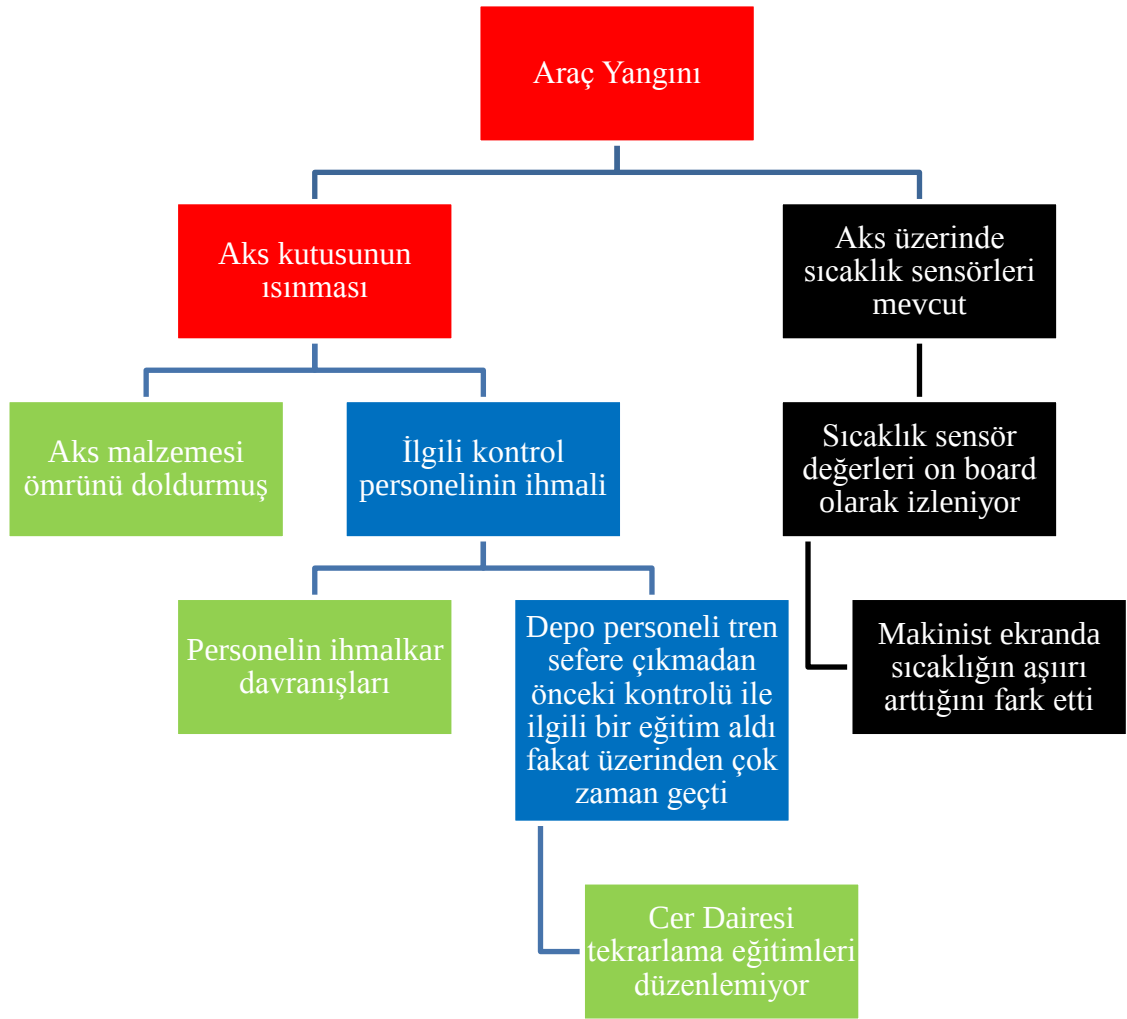
4.2.3. PRISMA Yönteminin Araç Yangını Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Araç Yangını kazası için;

Trenlerin dışında meydana gelen yangınlar → *Aks kutusunun ısınması* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.15: Aks kutusunun ısınması kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.16: Aks kutusunun ısınması kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.16’da açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduktan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM şablonu (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebep Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Aks malzemesi ömrünü doldurmuş” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak T-M sınıfına yani;

T-M: Yukarıdaki T kodları kullanılarak açık bir sınıflandırma yapılamayan T faktörü; daha çok uzman teknik testi yapılması gereken (genellikle çok zaman harcayan); bu

yüzden bu kod daha fazla sonuç bekleyen geçici bir sınıflandırma olarak, kullanılır sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Personelin ihmalkar davranışları” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak P-İZ sınıfına yani;

P-İZ: Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Cer Dairesi tekrarlama eğitimleri düzenlemiyor” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumu takdirde sınıflandırma olarak O-KÜ sınıfına yani;

O-KÜ: Resmi organizasyonel politikalardan farklı grupların (alt) iş uygulamaları/risk anlayışları sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre Teknik – Planlanan (T-PLN) sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmış bir şekilde akslar üzerine yerleştirilen sıcaklık sensörlerinin tren üzerine on board olarak yerleştirilen ekranı aracılığıyla izlenmesi sayesinde araç yangını önlenmiş anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerisi olarak ilk başta dikkat etmemiz gereken hususun aracın herhangi bir yerine yerleştirilen sensörler için on board olarak makinist tarafından değerlerinin izlenmesi gerektiği aşikar olarak görülmektedir.

Tablo 4.5: Aks kutusunun ısınması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M		X				
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y						
O-KÜ		X		X		
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ				X		X
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.5’de görüldüğü üzere 3 kök sebep için önerilebilecek 3 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. Bunlardan ilki T-M sınıfına ait kök sebebin ortadan kaldırılması için kullanılan malzemelerin kontrolünü ve denetimi sağlayarak ömrü biten malzemelerin değişmesini sağlayacak kural veya prosedürlerin oluşturulması gerekmektedir. İkinci olarak O-KÜ sınıfına ait bir kök sebep için ilgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir. Üçüncü olarak P-İZ sınıfına ait kök sebeplerin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

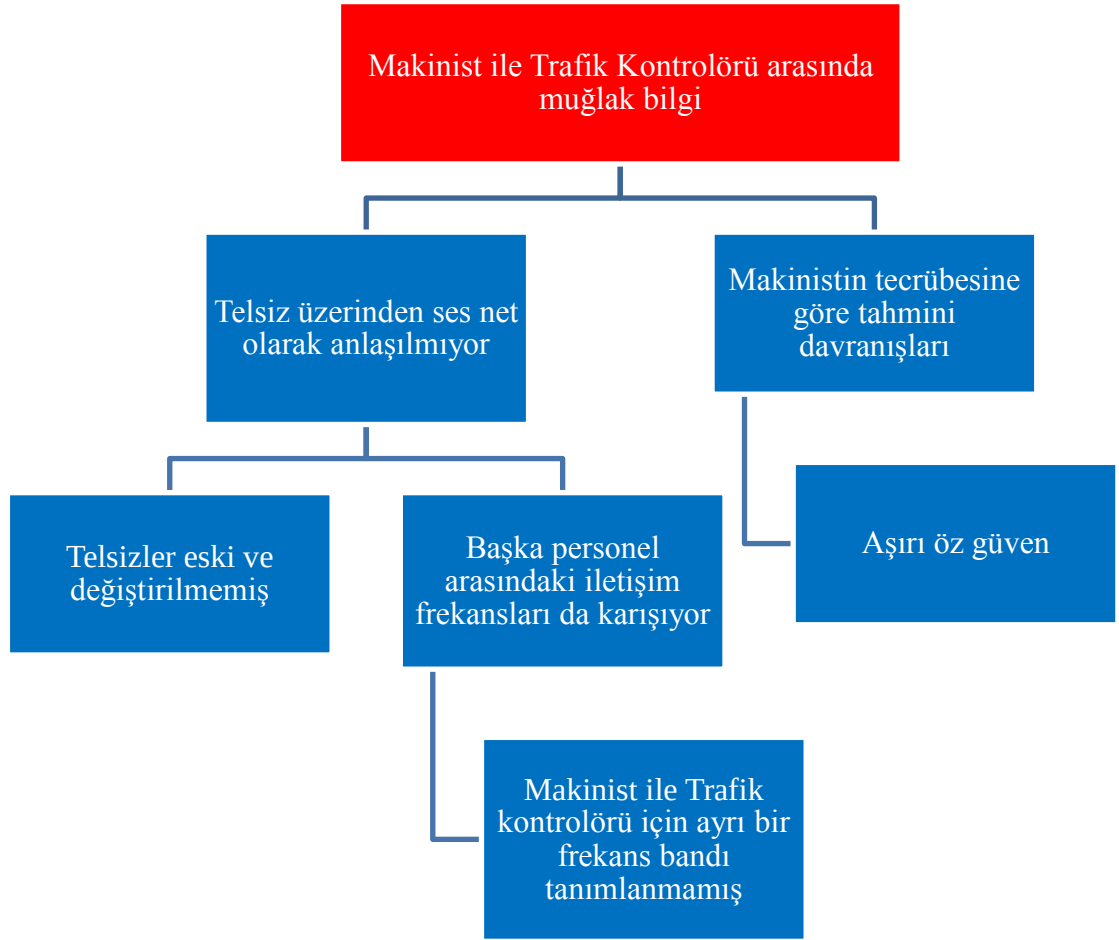
Tablo 4.6: Aks kutusunun ısınması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
T-M	Kullanılan malzemelerin kontrolünü ve denetimi sağlayarak ömrü biten malzemelerin değişmesini sağlayacak kural veya prosedürlerin oluşturulması gerekmektedir.
O-KÜ	İlgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir.
P-İZ	İlgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir.

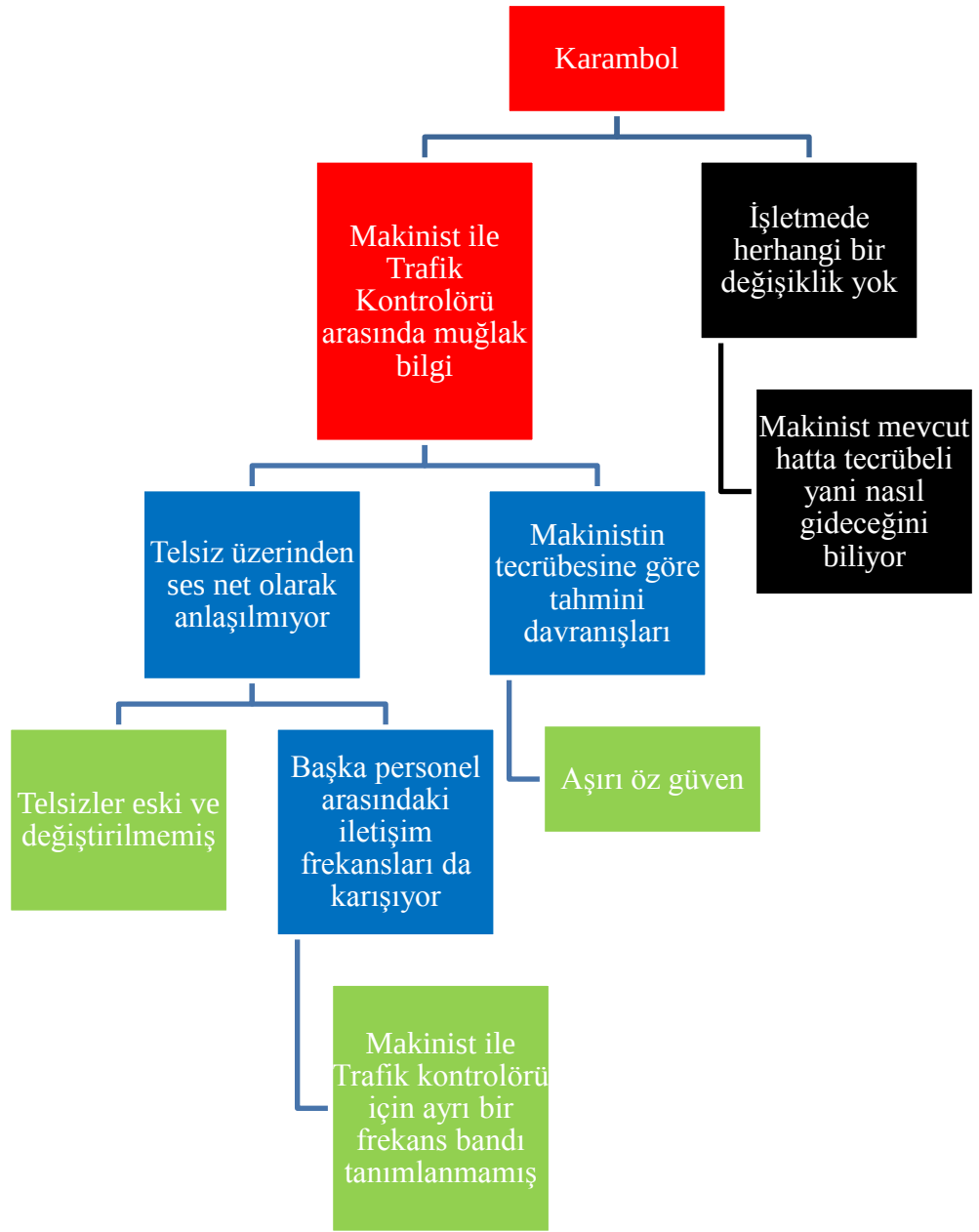
4.2.4. PRISMA Yönteminin Karambol Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Karambol kazası için;

İletişim eksikliği → *Makinist ile Trafik Kontrolörü arasında muğlak bilgi* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.17: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.18: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebebi nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.18’de açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduktan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebebp Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Telsizler eski ve değiştirilmemiş” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak T-M sınıfına yani;

T-M: Yukarıdaki T kodları kullanılarak açık bir sınıflandırma yapılamayan T faktörü; daha çok uzman teknik testi yapılması gereken (genellikle çok zaman harcayan); bu yüzden bu kod daha fazla sonuç bekleyen geçici bir sınıflandırma olarak, kullanılır sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Makinist ile Trafik kontrolörü için ayrı bir frekans bandı tanımlanmamış” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde O-Y sınıfına yani;

O-Y: Temel emniyet prensiplerini çiğneyen Üretim/Finansal/Diğer kısa vadeli hedefler sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Aşırı öz güven” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde takdirde P-İZ sınıfına yani;

P-İZ: Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre *Personel – Planlanmayan (P-PLM)* sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmamış bir şekilde personelin etkisiyle karambol önlenmiş anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerisi olarak ilk başta dikkat etmemiz gereken hususun makinistlerin demiryolu tecrübesine sahip bireylerden oluşması gerektiği veya tecrübeli birisinin kontrolüyle sefere çıkılması gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.7: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M		X				
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y		X				
O-KÜ						
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ				X		X
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.7’de görüldüğü üzere 3 kök sebep için önerilebilecek 3 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. Bunlardan ilki T-M sınıfına ait kök sebebin ortadan kaldırılması için kullanılan malzemelerin kontrolünü ve denetimi sağlayarak ömrü biten malzemelerin değişmesini sağlayacak kural veya prosedürlerin oluşturulması gerekmektedir. İkinci olarak P-İZ sınıfına ait kök sebeplerin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir Son olarak da O-Y kategorisine ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir şeklinde önlem önerileri belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

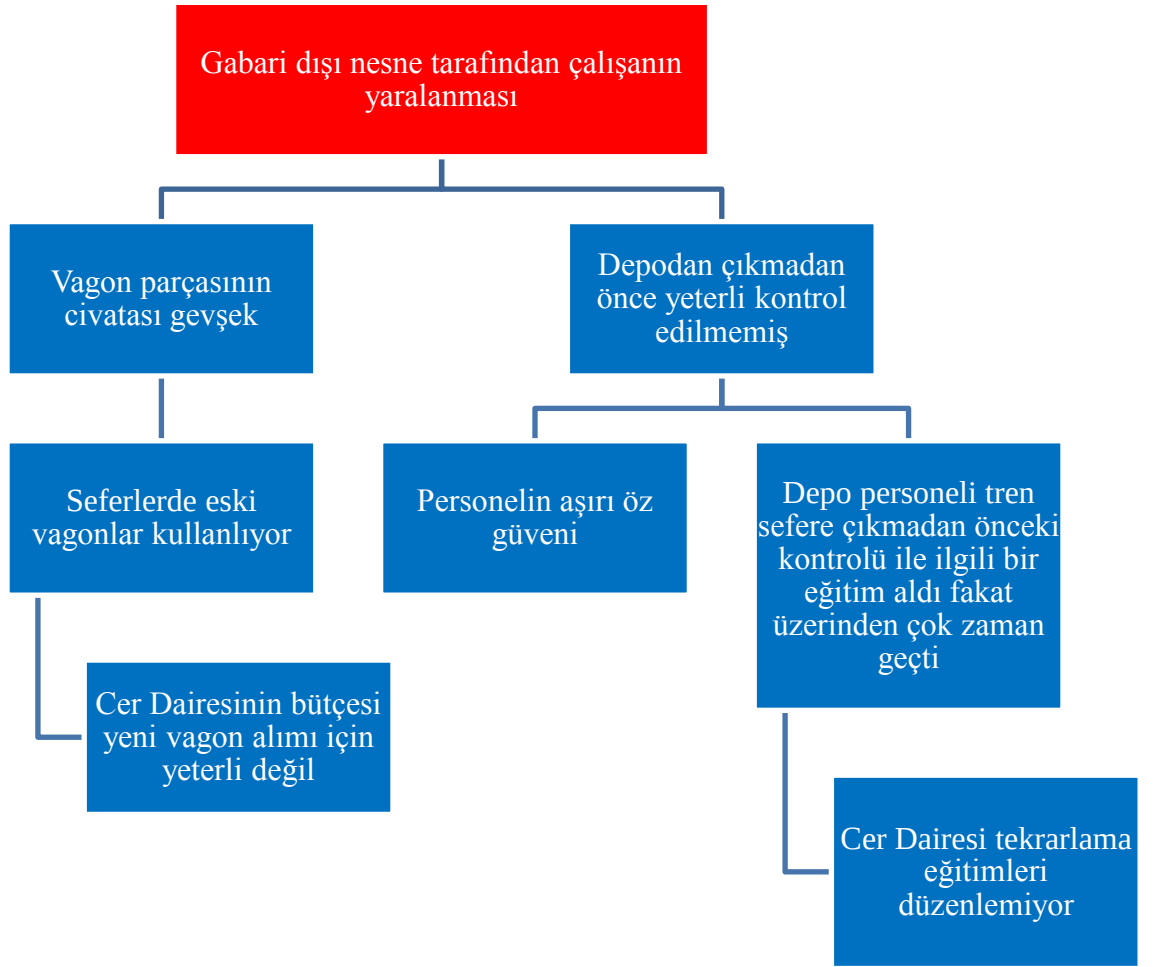
Tablo 4.8: Makinist ile Trafik kontrolörü arasında muğlak bilgi kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
T-M	Kullanılan malzemelerin kontrolünü ve denetimi sağlayarak ömrü biten malzemelerin değişmesini sağlayacak kural veya prosedürlerin oluşturulması gerekmektedir
P-İZ	İlgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir
O-Y	Daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir.

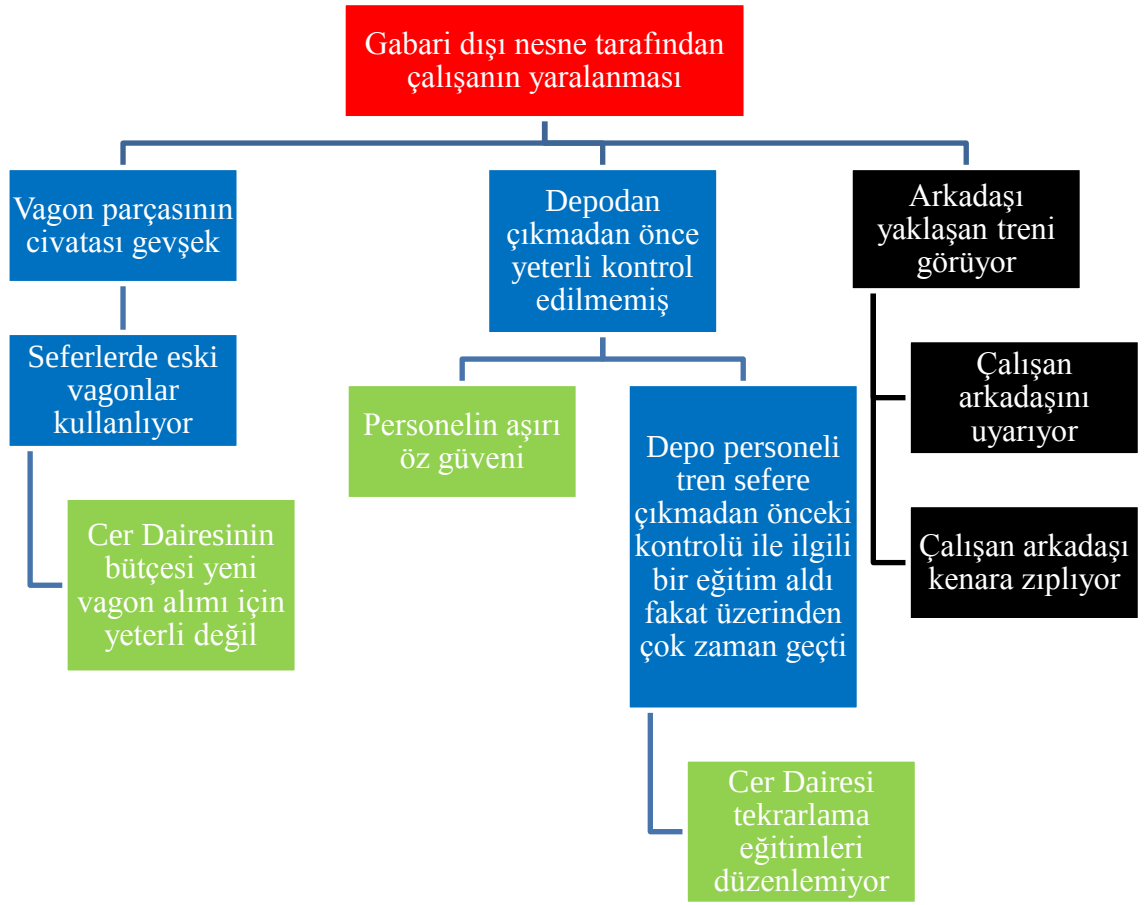
4.2.5. PRISMA Yönteminin Hareketli Demiryolu Aracı Tarafından Yaralanan İnsanlar Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Hareketli Demiryolu Aracı Tarafından Yaralanan İnsanlar için;

Hat kenarındaki insanların yaralanması → Çalışan → *Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.19: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.20: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.20’de açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduktan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM şablonu (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebep Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Cer dairesinin bütçesi yeni vagon alımı için yeterli değil” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak O-Y sınıfına yani;

O-Y: Temel emniyet prensiplerini çiğneyen Üretim/Finansal/Diğer kısa vadeli hedefler sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Personelin aşırı öz güveni” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde P-İZ sınıfına yani;

P-İZ: Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Cer Dairesi tekrarlama eğitimleri düzenlemiyor” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde O-KÜ sınıfına yani;

O-KÜ: Resmi organizasyonel politikalardan farklı grupların (alt) iş uygulamaları/risk anlayışları sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre *Personel – Planlanmayan (P-PLM)* sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmamış bir şekilde personelin etkisiyle çalışanın yaralanması önlenmiş anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerisi olarak ilk başta dikkat edilmesi gereken hususun hattın kenarında dolanırken bile muhakkak kişisel koruyucu ekipmanlarının takılı olması ve bir gözcü ile hat kenarında çalışan personelin uyarılması gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.9: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M						
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y		X				
O-KÜ		X		X		
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ				X		X
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.9’da görüldüğü üzere 3 kök sebep için önerilebilecek 3 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. Bunlardan ilki O-Y kategorisine ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir. İkinci olarak P-İZ sınıfına ait kök sebeplerin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir. Üçüncü olarak O-KÜ sınıfına ait bir kök sebep için ilgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir şeklinde önlem önerileri belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

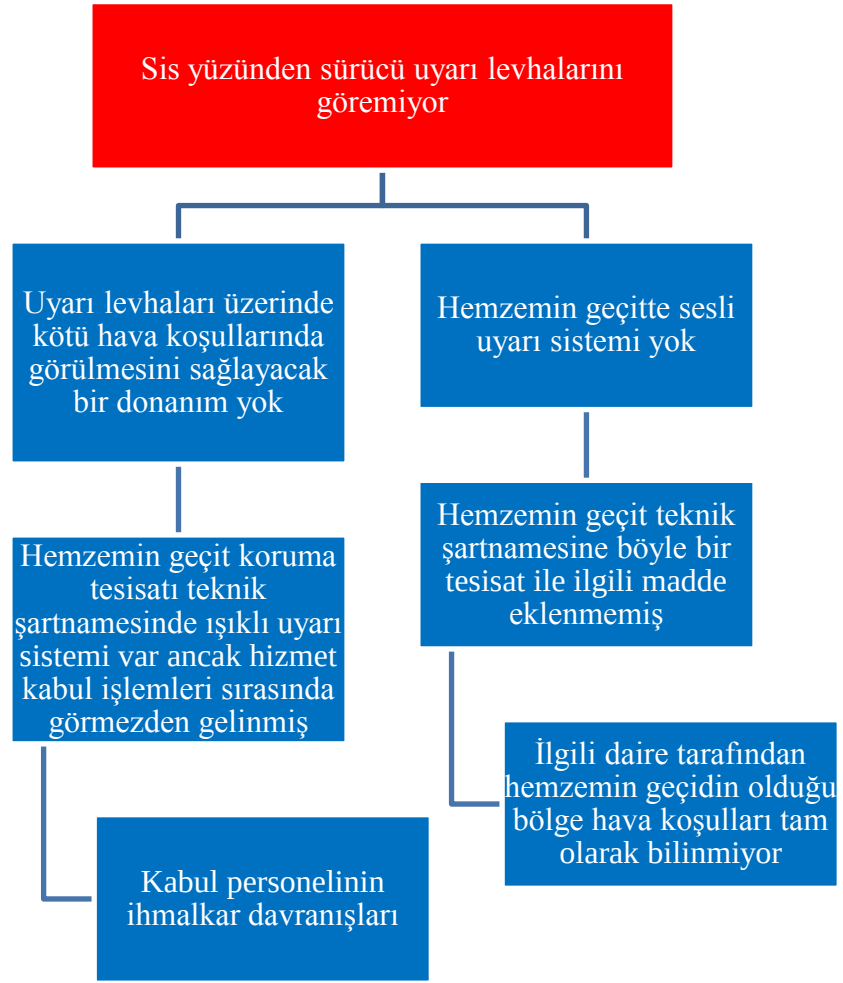
Tablo 4.10: Gabari dışı nesne tarafından çalışanın yaralanması kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
O-Y	Daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir.
P-İZ	İlgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir
O-KÜ	İlgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir.

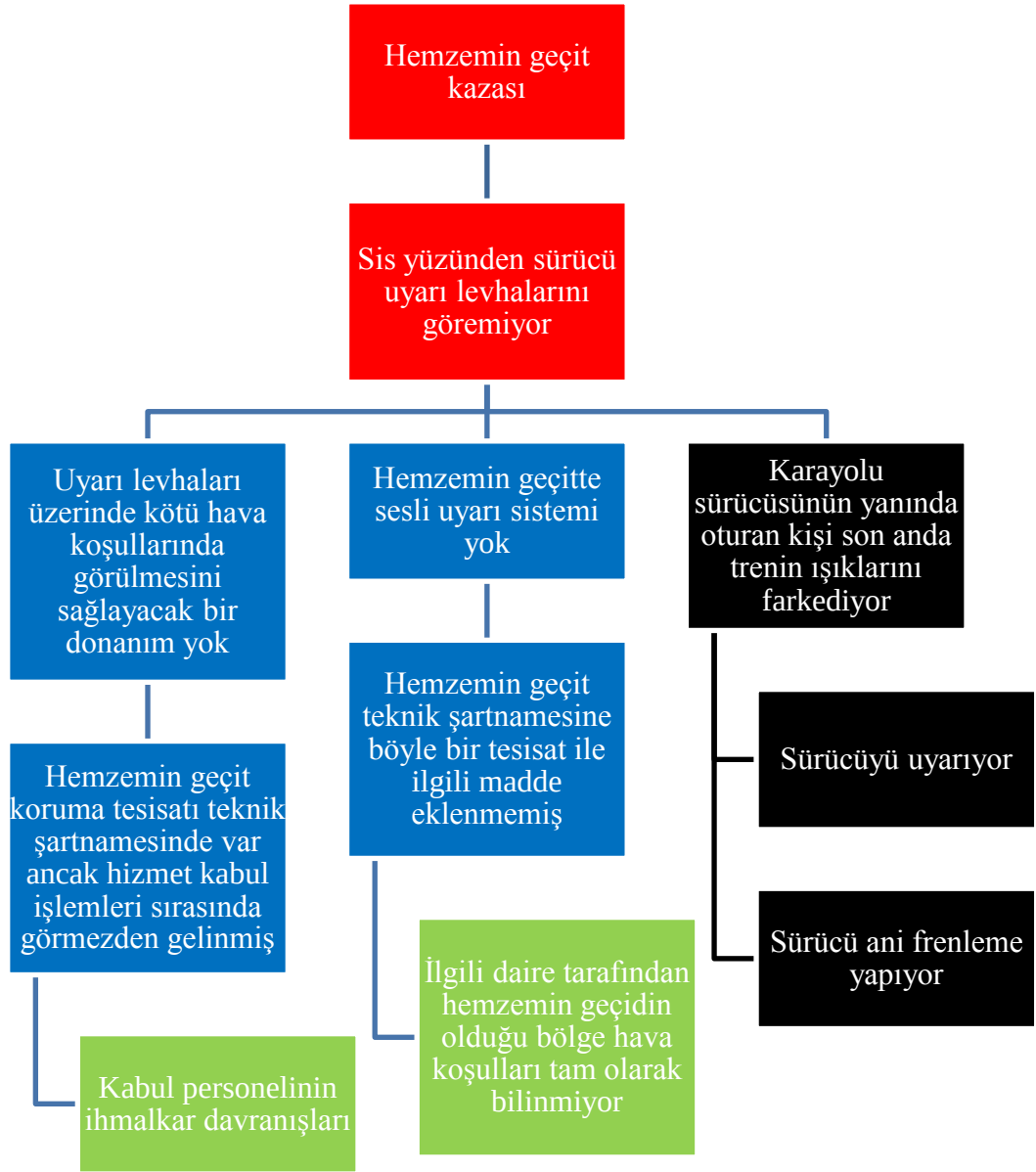
4.2.6. PRISMA Yönteminin Hemzemin Geçit Kazaları Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Hemzemin Geçit Kazaları için;

Karayolu aracı kaza ve olayları → Çevresel faktörler → *Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.21: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.22: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.22’de açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduktan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM şablonu (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebep Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Kabul personelinin ihmalkar davranışları” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde P-İZ sınıfına yani;

P-İZ: Personel ana görevini yerine getirirken önemli (diğer) sistem karakteristiklerini izlemiyor sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“İlgili daire tarafından hemzemin geçidin olduğu bölge hava koşulları tam olarak bilinmiyor” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde O-KÜ sınıfına yani;

O-KÜ: Resmi organizasyonel politikalardan farklı grupların (alt) iş uygulamaları/risk anlayışları sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre *Personel – Planlanmayan (P-PLM)* sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmamış bir şekilde personelin etkisiyle hemzemin geçit kazasının önlenmiş olduğu anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerisi olarak ilk başta dikkat edilmesi gereken hususun hemzemin geçitlerde uyarı ve alarm sistemlerinin çok daha gelişmiş sistemler ile belirgin olarak yerleştirilmesi gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.11: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M						
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y						
O-KÜ		X		X		
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ				X		X
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.11’de görüldüğü üzere 2 kök sebep için önerilebilecek 2 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. İlk olarak P-İZ sınıfına ait kök sebeplerin ortadan kaldırılması için ilgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir. İkinci olarak O-KÜ sınıfına ait bir kök sebep için ilgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir şeklinde önlem önerileri belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

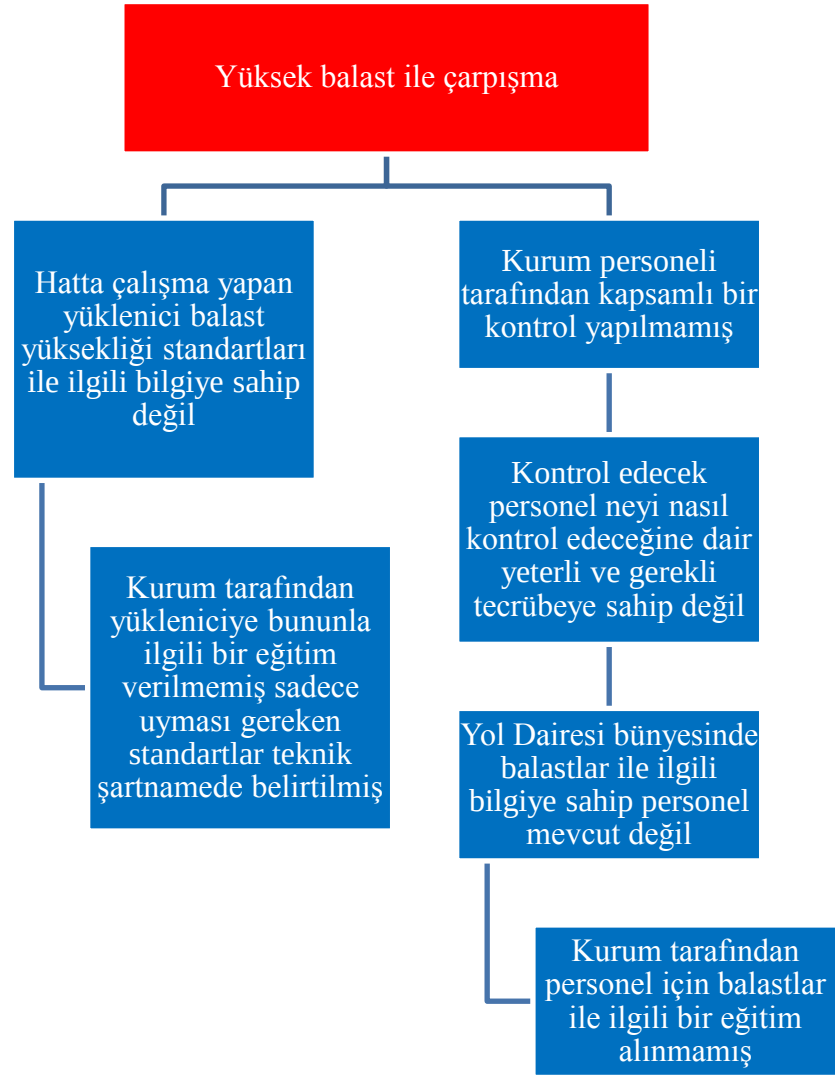
Tablo 4.12: Sis yüzünden sürücü uyarı levhalarını göremiyor kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
P-İZ	İlgili personel veya personeller için eğitim programları ve bu personeller grupları için denetimin sıklaştırılması gerekmektedir
O-KÜ	İlgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir.

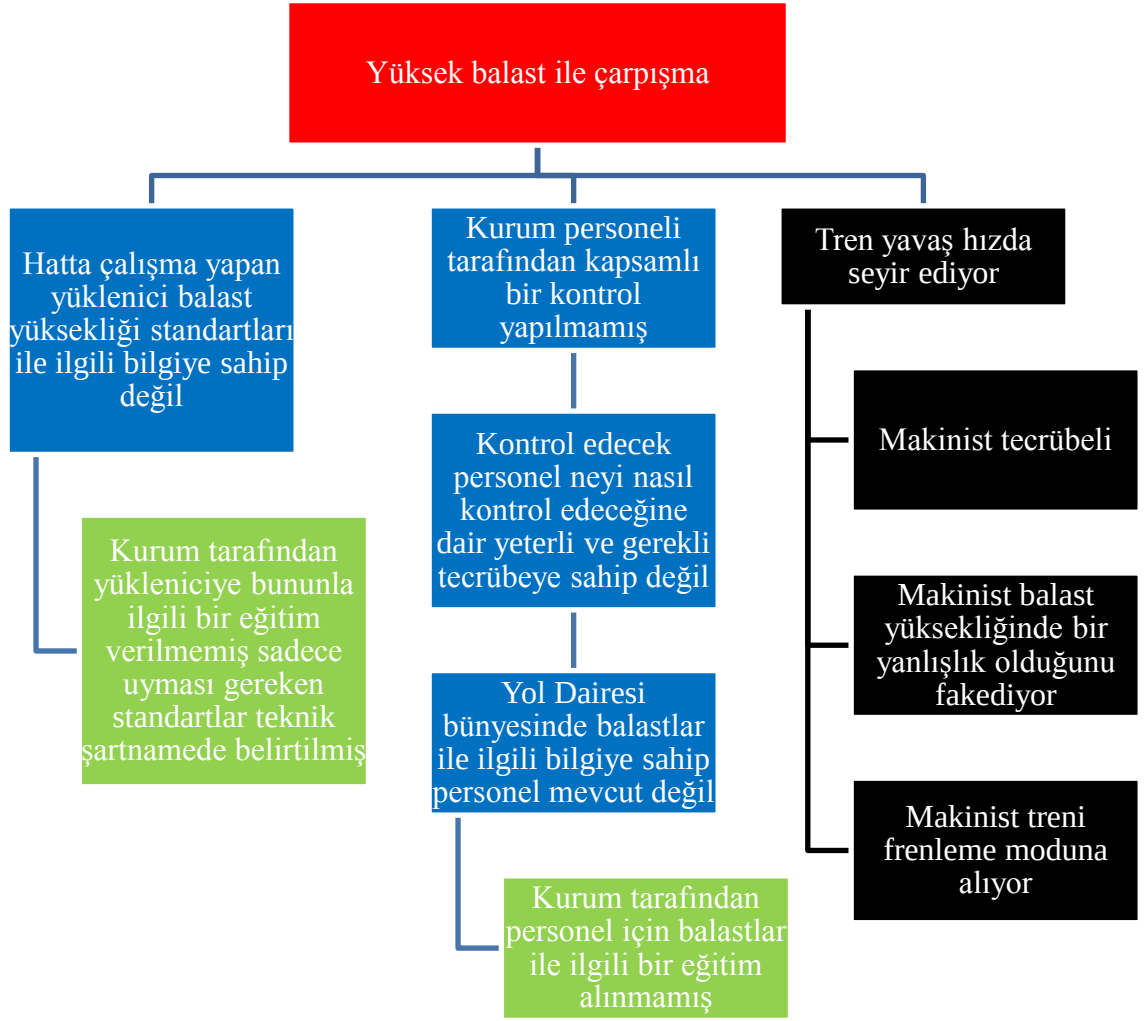
4.2.7. PRISMA Yönteminin Trenin Nesneler İle Çarpışması Hata Ağacı Analizi Kök Sebeplerine Uygulanması

Demiryollarında meydana gelen Trenin Nesneler İle Çarpışması için;

Zarar görmüş altyapı ile çarpışma → *Yüksek balast ile çarpışma* hata ağacı analizi kök sebebine PRISMA yöntemi uygulanarak bu hata ağacı analizi kök sebebinin daha derin kök sebeplerine inilecek, bu sebeplerin sınıflandırması yapılacak ve bu sebebin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemler belirlenecektir.



Şekil 4.23: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri).



Şekil 4.24: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri nedensel ağacı (neden faktörleri – iyileştirme faktörleri).

Şekil 4.24’de açık yeşil renk ile gösterilenler kök sebep olarak, siyah renk ile gösterilen kutucuklar ise PRISMA yönteminde iyileştirme faktörleri olarak tanımlanmaktadır. Kök sebepler bulunduktan sonra PRISMA yönteminin ikinci adımı olan ECM şablonu (Şekil 3.4 – 3.5 – 3.6 – 3.7) ile kök sebeplerin sınıflandırılması gerekmektedir. Her bir kök sebep Şekil 3.4’den başlayarak Şekil 3.7’ye kadar ECM tablosunda sırasıyla işleme konulur.

“Kurum tarafından yükleniciye bununla ilgili bir eğitim verilmemiş sadece uyması gereken standartlar teknik şartnamede belirtilmiş” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak O-KÜ sınıfına yani;

O-KÜ: Resmi organizasyonel politikalardan farklı grupların (alt) iş uygulamaları/risk anlayışları sınıfına ait olduğu görülmektedir.

“Kurum tarafından personel için balastlar ile ilgili bir eğitim alınmamış” kök sebebini ECM şablonunda işleme koyduğumuz takdirde sınıflandırma olarak *O-Y* sınıfına yani;

O-Y: Temel emniyet prensiplerini çiğneyen Üretim/Finansal/Diğer kısa vadeli hedefler sınıfına ait olduğu görülmektedir.

İyileştirme faktörlerine bakıldığı zaman Tablo 3.1’e göre *Personel – Planlanmayan (P-PLM)* sınıfına dahil olduğu görülmektedir. Yani planlanmamış bir şekilde personelin etkisiyle yüksek balast ile çarpışma önlenmiş anlamına gelmektedir.

Kök sebeplerin sınıflandırılması yapıldıktan sonra da PRISMA yönteminin üçüncü ve son adımı olan Sınıflandırma/Eylem matrisini oluşturarak bu kök sebeplerin ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi safhası vardır ki bu safha daha sonra bu tür olayların yaşanmaması yani emniyetli bir demiryolu işletmeciliği yapılabilmesi amacıyla en önemli safhadır. Buradaki iyileştirme faktörünü göz önüne aldığımız zaman önlem önerisi olarak ilk başta dikkat etmemiz gereken hususun makinistlerin demiryolu tecrübesine sahip bireylerden oluşması gerektiği veya tecrübeli birisinin kontrolüyle sefere çıkılması gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.13: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi.

Sınıflandırma kodu	Teknoloji/Ekipman	Prosedürler	Bilgi ve İletişim	Eğitim	Motivasyon	Denetim
T-H						
T-T						
T-Y/B						
T-M						
O-H						
O-D						
O-K/P						
O-Y		X				
O-KÜ		X		X		
P-H						
P-D						
P-HE						
P-L						
P-İ						
P-K						
P-G						
P-İZ						
P-KA						
P-KS						
P-KSO						
M-İ						
K-İ						
X						

Tablo 4.13’de görüldüğü üzere 2 kök sebep için önerilebilecek 2 tane önlem önerisi tespit edilmiştir. Bunlardan ilki O-Y kategorisine ait bir kök sebebin ortadan kaldırılması için daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir. İkinci olarak O-KÜ sınıfına ait bir kök sebep için ilgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir şeklinde önlem önerileri belirlenmiştir. Bu bilgilere dayanarak da aşağıdaki tablo oluşturulabilir:

Tablo 4.14: Yüksek balast ile çarpışma kök sebepleri Sınıflandırma/Eylem matrisi açıklamaları.

Sınıflandırma kodu	Önlem önerileri
O-Y	Daha sert prosedürlerin hazırlanması ve uygulamasının takip edilmesi gerekmektedir.
O-KÜ	İlgili kural veya prosedürlerin yeniden oluşturulması veya düzenlenmesi ve ilgili personeller için eğitimler düzenlenmesi gerekmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bulgular bölümünde ilk önce ERA tarafından resmi olarak Avrupa ülkeleri ortaklaşa hazırlanan hata ağaçları gösterilmiştir. Bu hata ağaçları Avrupa’da faaliyet gösteren demiryolu işletmeleri ve altyapı yöneticileri tarafından kaza araştırma ve inceleme konusu için kullanılmaktadır. Aynı şekilde Türkiye’de de hata ağacı yöntemi EYS altında kaza araştırma ve inceleme amacıyla kullanılmaktadır. Hata ağaçları daha öncede belirtildiği gibi mevcut bir tepe olayı (deray, karambol vb.) meydana getirebilecek alt neden faktörlerini göstermek için kullanılmaktadır. Bu neden faktörleri de izlemeye alınarak demiryolu sisteminde hangi alanlarda problemler veya eksikler olduğu görülebilmektedir.

İkinci adımda ise ERA hata ağaçlarındaki kök sebeplerden Türkiye’de sık olarak karşılaşılanlar seçilerek bir kazaya sebep olmamış olay olarak kabul edilmiş ve PRISMA yöntemine girdi olarak sağlanmıştır. Daha sonra bu olaylara PRISMA yönteminin adımları uygulanarak ilk önce neden faktörleri ve iyileştirme faktörleri tecrübelerine göre yazılmış ve PRISMA yöntemi kök sebepleri bulunmuştur. İkinci olarak bulunan bu kök sebepler ECM sınıflandırma modeli ile kategorize edilmiş ve belirlenen kategorilere göre de son adımda tecrübelerine göre önlem önerileri geliştirilmiştir.

Türkiye’de daha önce hiçbir sektörde uygulanmamış ve ilk defa bu tez kapsamında incelenmiş olan PRISMA yönteminin diğer yöntemlere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar aşağıda listelenmiştir:

PRISMA yönteminin avantajları;

1. Demiryolu sisteminde kazalardan ziyade olaylar çok daha fazla meydana geldiği için ve olayları izlemenin sistem emniyetinin iyileştirilmesi açısından daha faydalı olacağı görüşü üzerinden yola çıkılarak hazırlanmış PRISMA yöntemi ise meydana gelmiş kazaları incelemektense meydana gelmiş olaylar (ramak kalalar) üzerine yoğunlaşmayı tercih etmiştir. Bunun sonucu olarak da sistemde neredeyse her gün meydana gelen olayları inceleyerek ileride meydana

gelebilecek kazalarında önünün kesilebileceği düşüncesi oluşmuştur. Bu sebepten dolayı demiryolu sistemi veri tabanında kazaların yanı sıra olayların kaydının da tutulması gerekmektedir. Ancak Türkiye’de henüz böyle bir uygulama olmadığı için Türkiye’de meydana gelmiş olaylar üzerinde bir inceleme gerçekleştirilemedi fakat Türkiye’de sıklıkla karşılaşılan ERA hata ağaçlarındaki kök sebepler kazaya sebep olmamış birer olaymış gibi ele alınarak PRISMA yönteminin bir nevi Türkiye örneği oluşturuldu. Bu örneklerinde Türkiye’de yeni yeni önem kazanmaya başlayan Emniyet Yönetim Sistemi içinde kullanılması sistem emniyeti açısından faydalı olacaktır.

2. Demiryolu kaza araştırma ve inceleme amaçlı kullanılan yöntemler (hata ağacı analizi, papyon analizi vb.) incelendiğinde analizlerde bulunan kök sebeplerin PRISMA yöntemine göre çok daha yüzeysel oldukları görülecektir. Ancak PRISMA yönteminde görünen kök sebeplerin altlarında yatan gerek organizasyonel gerek teknik nedenleri de görme fırsatı bulunmaktadır. Bu durumun da sistem emniyeti için çok önemli bir faktör olduğu aşikardır. Çünkü bir kaza veya olay analizinde ne kadar derinlere inilir ise o kadar sağlıklı ve sistem emniyeti açısından faydalı önlemler alınacaktır. Örneğin; hata ağacı analizinde “Makinistin hız tecavüzü” deray için bir kök sebep olarak alınırken PRISMA yönteminde ise neden makinistin hız tecavüzü yaptığı sorgulanmakta ve bu kök sebebin altında yatan asıl nedenler ortaya çıkarılmaktadır. Yani makinist fazla mesai mi yaptı, personel mi eksikti vb. sorulara da cevaplar bulunarak kök sebebin altında yatan organizasyonel nedenler ortaya çıkarılarak tabiri caizse iş kökünden halledilmektedir.
3. PRISMA yönteminde kök sebepler bulunduktan sonra bu kök sebeplerin ECM kullanılarak sınıflandırılması yapılmaktadır. Bu sınıflandırma da bir PRISMA profili meydana getirmektedir. Sistem emniyeti üzerinde iyileştirme yapılacağı zaman belli zaman dilimi içerisinde izlenen kök sebepler içerisinde yoğunluğuna göre alınması gereken önlemlerin öncelik sırası da bu profil içerisinde gözler önüne serilmektedir. Bu sayede 10 yılda bir meydana gelen bir kök sebep için önlem almak yerine çok daha sık meydana gelen bir kök sebep için önlem almak sistem iyileştirme maliyeti açısından ve etkili olarak çalışabilmesi için çok daha faydalı olmaktadır.

4. PRISMA yönteminde olaylar incelenirken nedensel ağaçlar oluşturulmaktadır. Bu nedensel ağaçlarında bir neden kısmı bir de iyileştirme kısmı bulunmaktadır. Neden kısmı olayın gerçekleşmesine neden olan asıl kök sebepleri göstermek için oluşturulur, iyileştirme kısmı bu olayın neden bir kazaya sebep olmadığı sorusuna cevap verir. İyileştirme kısmı PRISMA yöntemini diğer yöntemlerden ayıran kuvvetli bir özelliktir çünkü PRISMA'nın son aşamasında oluşturulan Sınıflandırma/Eylem matrisinde önlem önerisi geliştirilmesi için sağlam bir kaynak olarak kullanılmaktadır.

İlerde yapılması düşünülen çalışmalarda ilki Türkiye'de demiryolu kaza veri tabanı yanında bir demiryolu olay (ramak kala) veri tabanı oluşturmak ve demiryolları için bir PRISMA profili meydana getirmektir. Bu sayede demiryollarında meydana gelebilecek kaza ve olayları minimize edebilmek fırsatı doğmuş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. European Parliament and Council, 2004, Directive 2004/49/EC, *Official Journal of European Union*, 16-39.
- [2]. Health and Safety Executive, 2004, *Investigating Accidents and Incidents*, HSE Books, ISBN: 9780717628278.
- [3]. Van Vuuren, W. and Shea, C. E. and Van Der Schaaf, T. W., 1997, *PRISMA*, The Development of an Incident Analysis Tool For The Medical Field, Chapter 2, Eindhoven University of Technology – Faculty of Technology Management, Eindhoven, ISBN: 0-386-0405-7, 2-4.
- [4]. Reason, J.T., 2000, Human Error: Models And Management, *Britisch Medical Journal*, 320, 768-770.
- [5]. Reason, J.T., 1990, *Human Error*, Cambridge University Press, New York, ISBN: 978-0521314190.
- [6]. Van Der Schaaf, T.W., 1992, *Near Miss Reporting In The Chemical Process Industry*, PhD Thesis, Technische Universiteit Eindhoven.
- [7]. Wright, L.B. and Van Der Schaaf, T.W., 2005, *Evaluation of Human Work*, Systems for near miss reporting and analysis,.In: John R. (ed.), Chapter 4, CRC-Taylor and Francis Group, Boca Raton, 877 – 900.
- [8]. Busch, C. and Karlsen, B., 2013, *Strengthening Management of Safety Barriers*, <http://www.predictivesolutions.com/safetycary/strengthening-management-of-safety-barriers/>, [Ziyaret Tarihi: 1 Eylül 2014].
- [9]. Heinrich, H.W., 1931, *Industrial Accident Prevention*, Mc-Graw-Hill, New York.
- [10]. Wright, L. B., 2002, *The analysis of UK railway accidents and incidents: a comparison of their causal patterns*, PhD Thesis, University of Strathclyde.
- [11]. Van Der Schaaf, T. W. and Wright, L.B., 2004, Accident versus near miss causation: a critical review of the literature an empirical test in the UK railway domain and their implications for other sectors, *Journal of Hazardous Materials Special Issue*, 111, 105 – 110.
- [12]. Van Der Schaaf, T.W. and Meuwissen, M., 2004, PRISMA analyse near misses voor ProRail, *Commercial-in-confidence report*, Chapter 2, 36-44.
- [13]. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, 2014, *Emniyet Yönetim Sistemi Risk Analizi Eğitim Dokümanları*, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, Ankara.

- [14]. Dabekaussen, M. and Van Der Schaaf, T. W. and Wright, L., 2007, Improving Incident Analysis In The Dutch Railway Sector, *Safety Science Monitor*, 11, 1-10.
- [15]. Endüstri Mühendisliği, 2012, *Endüstri Mühendisliği İletişim Portalı*, <http://endustrimuhendisligi.blogspot.com.tr/2012/12/5-neden-analizi.html>, [Ziyaret Tarihi: 11 Eylül 2014].
- [16]. Rasmussen, J. and Jensen, A., 1974, Mental Procedures In Real-Life Tasks: A Case Study Of Electronic Troubleshooting, *Ergonomics*, 17, 293-307.
- [17]. Van Der Schaaf, T.W., 1996, PRISMA: A Risk Management Tool Based On Incident Analysis, *Proceedings of the International Conference and Workshop on Process Safety Management and Inherently Safer Process*, 8-11 October 1996 New York, Orlando - Florida, 242-251.
- [18]. Van Vuuren, W and Van Der Schaaf, T.W., 1995, Modelling Organisational Factors of Human Reliability in Complex Man-Machine Systems, *Proceedings of the 6th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis*, 27-29 June 1995 USA, Cambridge – USA, M.I.T., 323-328.
- [19]. Van Der Schaaf, T.W., 1997, PRISMA Incidenten Analyse, *Een Instrument Voor Risicobeheersing In De Zorgsector*, 5, 2-4.
- [20]. Van Der Schaaf, T. W., 2005, PRISMA-Medical A Brief Description, *Eindhoven University of Technology Faculty of Patient Safety Systems*, 3, 23-27.
- [21]. Wright, L., 2005, The use of near miss information in the railway industry : a case study in the Netherlands, *EACE '05 Proceedings of the 2005 annual conference on European association of cognitive ergonomics*, September 2005 Greece, Athens, University of Athens, ISBN: 9-60254-656-5, 51 – 56.
- [22]. Rasmussen, J., 1976, *Monitoring Behaviour And Supervisory Control*, Outlines Of A Hybrid Model Of The Process Operator, In: Sheridan T.B. and Johanssen G. (ed.), Chapter 3, Plenum Press, London, 89-95.
- [23]. Shorrock, S.T. and Kirwan, B., 2002, Development and Application of a Human Error Identification Tool for a Air Traffic Control, *Applied Ergonomics*, 33(4), 319-336.
- [24]. Kirwan, B., 1997, Validation of Human Reliability Assessment Techniques: Part I – Validation Issues, *Safety Science*, 27(1), 25-41.
- [25]. Van Vuuren, W., 2000, *Organisational Failure: An Exploratory Study In The Steel Industry And The Medical Domain*, PhD Thesis, Technical University of Eindhoven Institute for Business Engineering and Technology Application.
- [26]. Fowler, C. and Tong, S. and Fernandez-Medina, K. and Thompson, K. and Scoons, J. and Lawton, B., 2013, *Prospective Study into Harmonised Train Accident Precursors Analysis and Management Annex - B*, European Railway Agency Safety Unit, France.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Satılmış Alpgiray KARABACAK
Uyruğu	T.C.
Doğum tarihi, Yeri	1988, Amasya
Telefon	+90 532 267 04 88
E-mail	alpkarabacak@gmail.com

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği	2010
Lise	Muratpaşa Lisesi	2005