



## Yüksek Hızlı Tren İşletmeciliği Esnasında Yapılan Bildirimlerin Kaza Sınıflandırmaları ve Heinrich Kaza Piramidi ile Karşılaştırılması

Sultan GÜNDÜZ\*<sup>ORCID</sup>, Ömür AKBAYIR<sup>ORCID</sup>

*Eskişehir Teknik Üniversitesi, LEE, Raylı Sistem Mühendisliği ABD, Eskişehir, Türkiye*

*\*sltngndz@gmail.com*

*(Alınış/Received: 04.07.2024, Kabul/Accepted: 14.07.2024, Yayımlama/Published: 31.07.2024)*

**Öz:** Emniyetin sürekliliğinin sağlanması ve kazaların önlenmesi için seneler içerisinde kaza nedensellik modelleri ve metotları oluşturularak, kaza verilerinin tutulması ile kazaların önüne geçilmesi için kaza piramidi, domino teorisi, İsviçre peyniri modeli, papyon modeli gibi yaklaşımlar geliştirilmiştir. Çalışmada 2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerin veri analizi yapılarak, bildirimler kaza inceleme ve raporlama yönergeleri kapsamında kaza ve kaza öncülleri olarak hasar durumunu da içerecek şekilde sınıflandırılmıştır. Kaza ve kaza öncüllerinin hasar bilgileri ile yıllara dağılımlarının frekans analizi yapılmıştır. Son olarak veriler kullanılarak Heinrich kaza piramidine göre bir uyarılma yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Emniyet, Kazalar ve kaza öncülleri, Yüksek hızlı tren işletmeciliği, Heinrich kaza piramidi, Veri analizi

### Accident Classifications of Notifications Made During High Speed Train Operation and Comparison with Heinrich's Accident Pyramid

**Abstract:** Accident causality models and methods have been developed over the years to ensure the continuity of safety and prevent accidents. By maintaining accident data, approaches such as the accident pyramid, domino theory, Swiss cheese model, and bow-tie model have been established to prevent accidents. In the study, a data analysis of reports made during high-speed train operations between 2009 and 2020 was conducted, and the reports were classified according to accident investigation and reporting guidelines, including the damage status, as accidents and accident precursors. Frequency analyses of the damage information of accidents and accident precursors were performed with their annual distributions. Finally, using the data, an adaptation was made according to Heinrich's accident pyramid.

**Keywords:** Safety, Accidents and accident precursors, High-speed train operation, Heinrich's accident pyramid, Data analysis

## 1. Giriş

Türkiye’de demiryolu ağları gelişmeye ve büyümeye devam ederken yüksek hızlı tren işletmeciliğine geçiş ile tren hızları 200-250 km/s seviyelerine kadar atmıştır. Demiryolu ağlarının genişlemesi, tren hızlarının ve işletme yoğunluğunun artması emniyet yönetim sistemi programlarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır.

Avrupa’da uygulanmakta olan direktifler kapsamında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı uhdesinde “Demiryolu Emniyet Yönetmeliği” 2015 yılında Resmî Gazetede yayımlanmıştır. 2019 yılında ise “Demiryolu Kazalarını ve Olaylarını Araştırma ve İnceleme Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Kurumlar içinde emniyet kültürünün yaygınlaştırılması üzerine yapılan çalışmaların yanı sıra 2019 yılı sonrasında kazaların incelenmesi ve raporlanmasına da önem verilmiştir. Demiryollarında meydana gelen kaza öncüsü niteliği taşıyan hatalar, arızalar, ramak kala olaylar, kaza incelemeleri, kaza raporları büyük maddi hasarlı ve ölümlü kazaların önlenmesi için iyileştirmeler yapılabilmesine olanak sağlayacaktır. Bu sebeple sahadan gelecek bildirimlerin

Atıf için/Cite as: S. Gündüz, Ö. Akbayır, “Yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerin kaza sınıflandırmaları ve Heinrich Kaza Piramidi ile karşılaştırılması,” *Demiryolu Mühendisliği*, sy. 20, ss. 79-96, Temmuz 2024. doi: 10.47072/demiryolu.1510410

sürekli tutulması, emniyet yönetim sistemine girdi sağlaması ve çalışanların emniyet kültürü bilinci içerisinde hareket etmeleri oldukça önemlidir.

Kazaların nedenlerini ve nasıl meydana geldiklerini anlamak için kullanılan teorik çerçeveler kaza nedensellik modelleridir. Kaza nedensellik modellerinden biri olan ve 1931 senesinde ilk olarak Heinrich tarafından geliştirilen kaza piramidi teorisi, daha düşük şiddetteki olayların sayısının en aza indirilmesinin, kazalar da dahil olmak üzere yüksek şiddetteki olayların sayısının azaltılmasına yol açtığını ileri sürmektedir [1].

Kyriakidis ve arkadaşları [2], kaza piramidi teorisini demiryolu emniyetinin kaza öncüsü izleme programını iyileştirmek için emniyet olgunluk modeli önerisi geliştirmek üzere bir çalışma yapmışlardır. Golovina ve arkadaşları [3], inşaat emniyeti ile ilgili önleyici tehlike tanıma ve kontrol süreci için bu kaza piramidi teorisine dayalı bir algoritma tasarlamışlardır. Marshall ve arkadaşları [4], iş kazalarında Heinrich'in teorisini doğrulamak için istatistiksel yöntemlere başvurmuşlardır. Endüstriyel süreç analizinde, Prem ve arkadaşları [5], kimya endüstrisi kazalarının tarihsel veri tabanlarına dayalı emniyet piramitleri oluşturmuş ve bunları Heinrich'in piramidi ile karşılaştırarak olay meydana gelme eğilimlerini anlamışlardır. Özellikle havacılık sektöründe, Walker [6], kara kutularda kaydedilen verilere dayalı olarak olaylar, kazalar ve ciddi olaylar arasında niceliksel bir ilişki kurarak uçuş verileri izleme sistemini iyileştirmek amacıyla bir risk piramidi oluşturmuştur. Majumdar ve arkadaşları [7], Yeni Zelanda ve Birleşik Krallık hava sahalarında kaydedilen ayrılma kaybı (LOS- Loss of Separation) olaylarının verilerini kullanarak emniyet göstergeleri geliştirmek için kaza piramidi teorisini doğrudan uygulamışlardır. Heinrich'in piramidinde düşünülen niceliksel ilişkiden farklı olarak, Nazeri ve Lance [8], kazalar ve olaylar arasındaki ilişkiyi niteliksel faktörler üzerinden incelemiştir. Uçak olay verilerinin kaza verileriyle bağlantılı olarak bütünsel bir analizini yapmak için veri madenciliği tekniğini kullanmışlardır. Önceki çalışmalarında, ciddi olay verilerini çıkararak ve Bayes Ağı (BN) inşası için bir dizi adımı takip ederek bu tür kazalara katkıda bulunan etkili nedenlerin senaryolarını araştıran, Arnaldo ve arkadaşları [9, 10] hava trafik yönetiminde meydana gelen farklı şiddetteki olay raporlarını inceleyerek bu teorisinin uygulanabilirliğini tespit edip, bu teoriyi niteliksel bir perspektiften analiz etmişlerdir.

Literatür taramasında; kaza öncüsü verileri kullanılarak yapılan kazaların önlenmesi için önerilen metotlarla ilgili çalışmaların metro işletmeciliği, havacılık işletmeciliği ve sağlık alanlarında yapıldığı görülmüştür. Fidan ve Akbayır [11], hızlı tren işletmeciliği hata bildirimlerinin kelime bulutu analizi ile gruplanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Fakat yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında kaza önleme önerileri ve emniyet değerlendirmeleri hakkında Heinrich kaza piramidi ile karşılaştırma yapan bir çalışmaya ulaşamamıştır.

Bu çalışmanın amacı; 2009-2020 tarihleri arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimleri kaza öncüleri, ramak kala olaylar, kazaları ve iş kazaları olarak hasar durumlarını da içerecek şekilde sınıflandırmaktır. Ramak kala olayların, kazaların ve iş kazalarının frekansları analiz edilerek Heinrich piramidi ile karşılaştırması yapılarak emniyet yönetim sistemi programlarına girdi sağlanabilmesi amaçlanmaktadır.

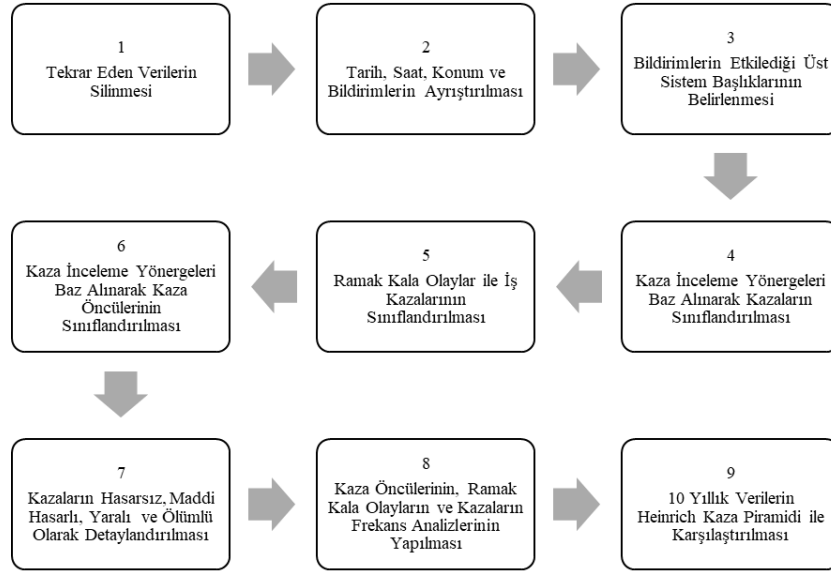
## 2. Metot

Hızlı ve konforlu ulaşımın artan talepler doğrultusunda demiryollarının gelişmesi ile yüksek hızlı tren işletmeciliğinin önem kazanmasıyla, serbestleşmenin de denklemeye dahil olmasıyla demiryollarında Emniyet Yönetim Sistemi uygulamalarının başlatılması kaçınılmaz olmuştur. Avrupa Birliği'nin ardından Türkiye'de de Emniyet Yönetim Sistemleri Resmî Gazete 'de yayınlanan yönetmelikler ile 2015 yılında zorunlu hale gelmiştir.

Emniyet yönetim sistemlerinin dayandırıldığı temeller arasında bulunan risklerin izlenmesi, emniyetin devamlılığının sağlanması ve emniyetle ilgili bilgilerin geri bildirimlerinin sürekli yapılması önem arz etmektedir. Son 20 yıldır kaza öncülerinin kullanılarak, kazaların önlenmesine yönelik yapılan çalışmalar ağırlık kazanmıştır.

Çalışmanın konusu verilerin erişimi serbest olup elden temin edilmiştir. Bu veriler; Ankara-Eskişehir Yüksek Hızlı Tren hattının açılması ile, 2009-2020 yılları arasında tarih, saat, konum içerecek şekilde yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerdir. Yapılan bildirimler serbest metin olarak yazılmış 11000 satırdan oluşmaktadır. Karmaşık şekilde iletilen ve tekrar eden bildirimleri içeren veriler Şekil 1’de gösterildiği sıralama ile işlenmiştir.

Ön işlemede tekrar eden veriler silinmiştir. Verilerin analiz edilebilmesi için tarih, saat ve konum bilgileri ayrıştırılarak düzenlenmiştir. Yapılan bildirimlerin tepede hangi sistemi ve olayı ilgilendirdiğine bakılarak sınıflandırma yapılmıştır. Sonrasında kaza inceleme yönergelerindeki bilgiler dikkate alınarak kazalar ve kaza öncüleri sınıflandırılmıştır. İş kazası kapsamında değerlendirilecek çalışmalara değinilerek, son dakikada önlenen kazalar ramak kala olarak belirtilmiştir.



Şekil 1. Verilerin işlenme adımları

Verilerin ön işlemlerinin tamamlanması ile kaza bildirimlerinin maddi hasarlı veya hasarsız bir şekilde sonuçlanması kategorize edilmiştir. Yaralanmalı ve ölümlü kazalar da kategorize edilmiştir. Kazaların nasıl sonuçlandığının milyon tren km cinsinden frekansı analiz edilerek, çerçevesinde analiz edilmiştir.

Kaza, ve ramak kala olayların yıllar bazında sıklığı ve milyon tren km cinsinden frekansı analiz edilmiştir.

Son olarak elde edilen bulgular, Heinrich piramidi ile orantılanarak karşılaştırılıp, kaza piramidi teorisinin yüksek hızlı tren işletmeciliği kapsamında nasıl yorumlanabileceğine değinilmiştir.

### 3. Bulgular

2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan kaza, iş kazası ve ramak kala bildirimlerin veri analizi işleme adımlarının detayları ve her aşamadaki bulguların çıktıkları bu başlık altında verilmiştir.

#### 3.1. Tekrar eden verilerin silinmesi

Veri setinin içerisinde aynı tarihlerde birkaç kere yazılmış tekrar eden bildirimler silinmiştir. 11.000 satırlık veriden arda kalan yaklaşık 7000 satır veri analizinin kapsamını oluşturacaktır. Bildirimi yapılan olayların içerisinde yer alan tekrar eden ve verilerin işlenmesini zorlaştıran noktalamaya işaretleri silinerek veriler sadeleştirilmiştir.

#### 3.2. Tarih, saat, konum ve bildirimlerin ayrıştırılması

Veri setinde aynı satırda bulunan olaylar analizlerinin kolay yapılabilmesi adına farklı satırlara ayrıştırılmıştır. Tarihler, saatler, konumlar ve bildirimi yapılan olaylar ayrı ayrı satırlara taşınmıştır.

#### 3.3. Bildirimlerin etkilediği üst sistem başlıklarının belirlenmesi

Demiryolları; altyapı, üstyapı, elektrifikasyon, sinyalizasyon, işletmecilik alanlarının ve demiryolu araçlarının bütününden oluşan multidisipliner bir alandır. Veri seti kapsamında bildirilen olaylar tüm bu disiplinlerle ilgili olup, çevresel koşullardan doğan etkileri de kapsamaktadır. Bu sebeple verilerin anlaşılabilirliği ve detaylı yorumlanabilirliği adına bildirimler öncelikle üst sistem, üst olay ve çevre bazında Tablo 1'deki gibi sınıflandırılmıştır.

**Tablo 1.** Bildirilen olayların üst sistem, üst olay ve çevre sınıflandırılması

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre Sınıflar	Açıklama
Araç	Yüksek hızlı tren setlerinde, bakım araçlarında ve kılavuz trenlerde ortaya çıkan arıza ve hatalar kapsamında yapılan bildirimler Araç başlığı altında detaylı olarak sınıflandırılmıştır.
Çarpışma	Kişilerin yaralanması, demiryolu araçlarının ve hattın zarar görmesi ile sonuçlanan çarpışma kazaları Çarpışma başlığı altında kategorize edilmiştir.
Deray	Demiryolu araçlarının raydan çıkması ile sonuçlanan kazalar Deray başlığı altına eklenmiştir.
Doğa Olayları	Kötü hava koşulları, seller, teressübat birikimleri, kar yağışları, doğal gaz boru patlamaları ve miting gibi dış etken olarak değerlendirilebilecek işletmeciliği aksatan bildirimler Doğa Olayları başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Enerji Sistemi	Operasyonu etkileyen ve gecikmelere sebep olan elektrifikasyon sistemlerinde katener ve şebeke enerjileri kaynaklı yaşanan arızalar Enerji Sistemi başlığı altında detaylandırılmıştır.
İhbar	Hatta izinsiz girişler, hattaki izinsiz çalışmalar, hattın içinde bulunan engeller ve bu gibi olaylar kapsamında yapılan bildirimler İhbar başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Operasyon	İşletmecilik esnasında alınan operasyonel kararlar, yolcu kaynaklı duruşlar ile gecikmelere sebep olan bildirimler Operasyon başlığı altında detaylandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-Anlaşman	Sinyalizasyon sistemi kapsamında trenlerin emniyetli bir şekilde işletilmesini sağlayan; sinyal, makas, ray devresi, kumanda kontrol merkezi gibi alt sistemleri ile arayüzü olan anlaşman sisteminde meydana gelen hatalar, arızalar Sinyalizasyon Sistemi-Anlaşman başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-ATS	Sinyalizasyon sistemi trenlerin kırmızı sinyalleri ihlal etmemesi için bir koruma sistemi olan ulusal Otomatik Tren Durdurma sisteminde meydana gelen hatalar ve arızalar bu başlık altında sınıflandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS	Sinyalizasyon sistemi kapsamında trenlerin emniyetli bir şekilde işletilmesini güvence altına alan anlaşman sistemi ile arayüzü bulunan Otomatik Tren Koruma sistemleri kapsamında meydana gelen hatalar ve arızalar Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS/ETCS başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Sinyalizasyon Sistemi-Saha Ekipmanları	Sahada bulunan sinyalizasyon sistemi ekipmanlarının (makas motoru, LED sinyal, ray devresi, sinyalizasyon kabloları) hasarı sonucunda işletmenin aksamasına sebep olan olaylar Sinyalizasyon Sistemleri-Saha başlığı altında sınıflandırılmıştır.

Üst Sistem, Üst Olay ve Çevre Sınıflar	Açıklama
Şahıs Kazaları	Hareketli demiryolu aracı sebebiyle, yolcuların ve 3. kişilerin yaralanması ile sonuçlanan kazalar bu başlık altında toplanmıştır.
Vandalizm	3. kişiler tarafından sistemlerin, hattın, işletmeciliğin hasar alması için yapılan sabotaj girişimleri çevre etkisine sahip olsa dahi Vandalizm başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Yangın	Vagonlardaki dumanlanmalar, hattaki ve araçtaki yangın ihbarları ile yangın vakaları Yangın başlığı altında sınıflandırılmıştır.
Yol	Altyapı ve üstyapıda meydana gelen yol bozuklukları kapsamında yapılan bildirimler Yol başlığı altında sınıflandırılmıştır.

### 3.4. Kaza inceleme yönergeleri baz alınarak kazaların sınıflandırılması

Kaza öncüleri; kazaya sebep olma potansiyeli olan, istenmeyen, beklenmedik, demiryolu sisteminin işleyişini ve/veya emniyetini etkileyen, kaza tanımını dışında kalan durumlardır. TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş taraflarınca yayınlanan Kaza İnceleme Yönergeleri [12, 13] baz alınarak ölüm, yaralanma, maddi hasar ile sonuçlanan görünür hasara sebep olmayıp işletmenin gecikmesine sebep olan bildirimler kaza olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 2’de kazalar görülebilir.

**Tablo 2.** Kaza olarak sınıflandırılan bildirimler

Kaza	Açıklama
Çarpışma	Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma Kaçan Vagon Çarpışması Karambol Tren-İş Otosu Çarpışması Tren-Karayolu Aracı Çarpışması Tren-Trene Çarpışma
Deray	Aracın Raydan Çıkması Makas Tanzimi Yapılamaması Ters Makastan Çıkma Yük Treninin Raydan Çıkması
Hemzemin Geçit Kazaları	Tren-Karayolu aracı çarpışması (Geçitte) Tren-Yaya çarpışması (Geçitte) Tren-Geçici nesne çarpışması (Geçitte)
Şahıs Kazaları	Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza Platformdan Yolcu Düşmesi Şahısın Katener Enerjisine Kapılması Vatandaşın Katenere Kapılması
Demiryolu Aracındaki Yangın	Seyir halindeki araçta yangın Seyirde yüklü eşyada yangın Park etmiş araçlarda yangın (Sevk için bekleyen)
Diğer Kazalar	Seyir halindeki araçta yangın Seyirde yüklü eşyada yangın Park etmiş araçlarda yangın (Sevk için bekleyen)

Yüksek hızlı tren hatlarında hemzemin geçit bulunmadığı için bildirilen bir hemzemin geçit kazası bulunmamakla beraber demiryolu aracında yangın ve diğer kazalar olarak sınıflandırılan kazalarda verilerde bulunmamaktadır.

### 3.5. Ramak kala olaylar ile iş kazalarının sınıflandırılması

Son dakikada engellenerek, ıskalanan, ölüm ve hasar ile sonuçlanmayan bildirimler Ramak Kala olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 3’te veri seti içerisinde veri setindeki Ramak Kala olaylar belirtilmiş ve açıklamaları yapılmıştır. Ramak kala olayların her biri aynı zamanda bir kaza öncüsü niteliğindedir.

**Tablo 3.** Ramak kala olaylar

Ramak Kala	Açıklama
Ters Makastan Çıkma	Ters makastan çıkan bir tren ile karşıdan gelen trenin kafa kafaya çarpışması trafik kontrolünün farkındalığı sayesinde engellenmiştir.
Meşguliyetin Kaybolması ve Sinyalin Yeşil/Sarı Yanması	Bir trenin bloğa girmesinin ardından meşguliyetin kaybolması ve arkadan gelen trene sinyalin sarı bildiri vermesi ile trenlerin çarpışması trafik kontrolünün farkındalığı sayesinde engellenmiştir.
Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma	Makinistlerin gabaride bulunan engelleri fark etmesi üzerine fren yaparak durmaları ile çarpışmalar önlenmiştir.

Ramak Kala	Açıklama
İhata Hattına İzinsiz Girişler/Çalışmalar	İhata hattına izinsiz giren kişilerin, ihata hattında izinsiz ve uygunsuz yapılan çalışma yapan kişilerin makinistler tarafından fark edilmesi ile fren yapmaları sonucu ölümlü kazaların yaşanması ihtimali önlenmiştir.
İhata Hattında Cisim Olması	İhata hattında bulunan cisimlerin makinist tarafından fark edilmesi durulması ile maddi hasarların önüne geçilmiştir.
İntihar	Makinistin intihar teşebbüsünde bulunacak bir şahsı fark etmesi üzerine durması ile ölümlü bir kazanın önüne geçilmiştir.
Trenlerin Kafa Kafaya Çarpışması	Kırmızı sinyal bildirisine uyulmaması sebebi ile makasta iki tren karşılaşmıştır, fakat durabildikleri için trenlerin kafa kafaya çarpışması önlenmiştir.
Vagon Kaçması	Makinistin başboş kaçan bir vagon bildirmesi üzerine emniyetli durum sağlanana kadar işletme düzenlenmiş ve olası bir kazanın önüne geçilmiştir.

Kaza yönergeleri kapsamına iş kazaları dahil edilmemektedir, fakat farkındalık yaratması açısından veri setindeki iş kazaları da Tablo 4'te görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır. 10 yıl içerisinde 1'i ölümlü, 7'si yaralanmalı toplamda 8 iş kazası meydana gelmiştir.

**Tablo 4.** İş kazaları

İş Kazaları
Bakım Aracından Düşme
Belirlenemeyen Kaza
İskele Çökmesi
İşçinin Katenere Kapılması
Makine ve Vagon Bağlanması Sırasında Parmak Sıkışması
Servis Personelinin Yaralanması

### 3.6. Kaza inceleme yönergeleri baz alınarak kaza öncülerinin sınıflandırılması

TCDD ve TCDD Taşımacılık A.Ş taraflarınca yayınlanan Kaza İnceleme Yönergeleri [12, 13] kapsamında belirtilen kaza öncüleri göz önünde bulundurularak bildirimlerde kaza öncüsü özelliği taşıyanlar sınıflandırılmıştır. Kaza öncüleri sınıflandırılırken kritik ve emniyetle alakalı olan durumlar kaza yönergeleri baz alınsa da gelecekte yapılacak çalışmalarda literatürü desteklemek için daha detaylı bir şekilde verilmiştir. İş kazaları ve vandalizm bildirimleri kaza inceleme mevzuatının konusu olmadığından kaza öncüsü olarak değerlendirilmemiştir.

1. İlk adımda TCDD Taşımacılık A.Ş Kaza İnceleme Yönergesi ekinde yer alan kaza öncülleri dikkate alınarak; aracın tekerlek takımında, gövdesinde, fren sisteminde herhangi bir hasar olmasının kazalara öncülük edebileceği değerlendirilerek Araç kategorisi altında kaza öncüleri belirlenmiştir. Tablo 5'te ilgili kaza öncüleri görülebilir.

**Tablo 5.** Araç kategorisindeki kaza öncüleri

Araç Kategorisindeki Kaza Öncüleri	
Aks Arızası	Hız Sensörü Arızası
Aks Bloke Arızası	İvmelenme Arızası
Ana Depo Arızası	Kapı Arızası
Apleti	Kompresör Arızası
Araçtan Sarkan Parçalar	Kondüvit Hattı Arızası
BCU Arızası	Kuylama Butonu Takılı Kalması
Boden Aşınması	Pantograf Düşmesi/Arızalanması
Boji Arızası	Pantograf Kırılması
Boji Hava Yastığı Patlaması	Pantograf Patlama
Boji İzleme Hatası	Set Altında Buzlanma
Boji Sıcaklık İhbarı	Set DJ Tutmaması/Arızası
Bojide Aşırı Titreme	Süspansiyon Arıza İhbarı
Cam Kırılması	Şaft Çözme Arızası
Dingil Sıcaklık İhbarı	Tekerlek Kilitleme Arızası
Dingil Yanması	Totman Arızası
Dişli Kutusu Aşırı Isınma	Tünel Geçişleri Aşırı Basınç
Dişli Kutusu Dumanlanması	Vagon Aks Kilitleme
Fren Arızası	Vagon Arası Körüklerin Açık Olması
Fren Havası Üretememe	Vagonun Amortisörünün Patlaması
Hız Denetim Arızası	Veri Yolu Vagon İletişim Sisteminde Arıza

Araç Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Hız Göstergesi Arızası

2. TCDD Kaza İnceleme Yönergesi kapsamında tariflenen önlem alınmaması durumunda kazalara öncülük edebilecek sel, kar yağışı gibi bildirimler Doğa Olayları kategorisinde Tablo 6'da kaza öncülü olarak belirtilmiştir. Aşırı yağış, sel ve altyapının zarar görmesinin ardından yaşanan kazalar öncesinde meydana gelmiştir.

**Tablo 6.** Doğa olayları kategorisindeki kaza öncüleri

Çevre Koşulları Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Aşırı Yağış
Buz Sarkması/Buzlanma
Doğalgaz Borusu Patlaması
Fırtına
Kar Yağışı
Kar Yağışı Nedeniyle Makasın Tanzim Edilememesi
Katener Direğinin Altının Su Sebebi ile Oyulması
Kötü Hava Şartları
Sel ve Teressubat
Yıldırım Düşmesi
Yoğun Sis

3. Katenerlerde ark oluşması ve tel kopmaları sarkmaları yüksek voltajlar sebebi ile kaza öncülü olma niteliği taşımaktadır. Enerji Sistemi altında sınıflandırılan kaza öncüleri Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Enerji sistemi kategorisindeki kaza öncüleri

Enerji Sistemi Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Faz Çakışması
Gerilim Trafosunun Patlaması
Katener Sisteminde Ark
Katener Teli Sarkması/Kopması
Katenerin Yabancı Cisim Kaynaklı Zarar Görmesi
Portör Telinde Patlama
Trafo Arızası

4. Kazaların önlenmesinde en büyük katkısı olan ihbarları da kaza öncülü olarak değerlendirebiliriz. Bilginin doğru zamanda iletilmesi ile birçok kazanın önünde geçilmiştir. İhbar başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8.** İhbar kategorisindeki kaza öncüleri

İhbar Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Aracın İzni Olmayan Hattan Seyri
Hatta Emniyetsiz Araç Parkı
Hemzemin Geçitte Araç Kılması
İhata Hattına İzinsiz Girişler/Çalışmalar
İhata Hattına Karayolu Aracı Girmesi
İhata Hattına Sondaj Aracı Devrilmesi
İhata Hattında Cisim Olması
İzinsiz Sisteme Reset Atılması
Peronda Sarı Çizgiyi Yolcuların İhlal Etmesi
Şüpheli Cisim İhbarı
Teknik Binada Patlama
Tramvay Geçitte Tramvay Kılması
Vagonların Ayrılmak Üzere Olması

5. Sinyalizasyon sistemlerinin önemli bileşenlerinden biri olan anlaşılan sistemi, trenlerin emniyetli hareket edebilmesi için saha ekipmanları olan makas motorlarının, ray devrelerinin ve sinyallerin emniyetli bir şekilde kilitlenmesini sağlar. Hattın serbest olması durumunu değerlendirerek trenlere hareket yetkisinin emniyetli bir şekilde ulaşmasını sağlar. Anlaşılan sistemleri emniyetli bir yapıya sahip olsalar dahi, anlaşılan sisteminde de hatalar ve arızalar

meydana gelmektedir. Hata ve arıza durumunda anlaşılan sistemlerinden beklenen hatada emniyetli (fail-safe) duruma geçmesidir. Fakat sistemin hatada emniyetli duruma geçmediği zamanlarda görülmüştür, geçse bile trenlerin sevki kırmızı geçiş izni, bölge zaman izni gibi trafik kontrolörü ve makinist arasındaki haberleşme ile sağlanmaktadır. Böyle durumlarda birkaç olayın üst üste gelmesi, anlaşılan sisteminin yokluğu ve devre dışı olması kaza öncüsü olarak değerlendirilmiştir. Anlaşılan Sistemleri başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 9’da verilmiştir.

**Tablo 9. Sinyalizasyon sistemi-anlaşılan kategorisindeki kaza öncüleri**

<u>Sinyalizasyon Sistemi-Anlaşılan Kategorisindeki Kaza Öncüleri</u>
Anlaşılanın Devre Dışı Kalması
Haberleşme Arızası
Hattın İmha olması
İM Kartı Arızası /Değişimi
Kart Arızası
Kumanda Merkezi Düzenleme Yapılamaması
Lokal Masa Arızası
Makas Arızası
Makas Mutabakat Kaybı/Arızası
Meşguliyetin Kaybolması ve Sinyalin Yeşil/Sarı Yanması
OM Arızası
OS Arızası
Sinyal Arızası
Sinyal Renk Bildirim Arızası
Sinyal Stabilizatörünün Arızalanması
Sistem Arızası

6. Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan Otomatik Tren Durdurma (ATS) sistemi yerli bir çözüm olup, yapısı tamamen emniyetli değildir. Amacı, trenlerin kırmızı sinyali geçmesi durumunda treni durdurma. Fakat ATS sistemi makinistin sistemi izole ederek seyre devam etmesine izin vermektedir. Bu işletmenin aksamaması için sinyalin ihlal edilmesi, trafik kontrolü ve makinistin haberleşmesi ile kırmızı geçiş izinlerinin verilmesi gibi durumları ortaya çıkarır. ATS sisteminin yokluğu ve ihlali de kaza öncüsü olarak değerlendirilmiştir. ATS Sistemi başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 10’da verilmiştir.

**Tablo 10. Sinyalizasyon sistemi-ATS kategorisindeki kaza öncüleri**

<u>Sinyalizasyon Sistemi-ATS Kategorisindeki Kaza Öncüleri</u>
ATS Arızası

7. Sinyalizasyon sisteminin bileşeni olan Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemleri (ERTMS) anlaşılan sistemi ile trenlerin emniyetli bir şekilde hareket edebilmesi için geliştirilmiş, Avrupa Tren Koruma Sistemi (ETCS) ve GSM-R sistemlerinin birleşimidir. Otomatik Tren Koruma (ATP) sistemini bünyesinde barındıran ERTMS sistemleri araç üstü bilgisayarlar ve hat boyu ekipmanlarının haberleşmesi ile anlaşılandan gelen hareket yetkisi doğrultusunda emniyetli bir trafik yönetimi sağlar. Hatalar ve arızalar doğrultusunda ERTMS sistemlerinin izole edilmesi ve bu sistemlerin kullanılmaz duruma gelmesi gibi durumlar kaza öncüsü olarak değerlendirilmiştir. ERTMS Sistemi başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 11’de verilmiştir.

**Tablo 11. Sinyalizasyon sistemi-ERTMS kategorisindeki kaza öncüleri**

<u>Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS Kategorisindeki Kaza Öncüleri</u>
Araçüstü Bilgisayar Arızası
ATP Arızası
Çelişkili İşaretler
EB (Acil Fren) Arızası
Eurocabin Arızası
LEU Arızası
Mod Geçiş Yapılamaması
Odometre Arızası
RBC Bağlantısı Kopması



Sinyalizasyon Sistemi-ERTMS Kategorisindeki Kaza Öncüleri
RBC Hatası
Seviye Geçişi Yapılamaması

8. Sinyalizasyon sisteminin önemli bileşenlerini barındıran saha ekipmanlarının zarar görmesi durumunda tren trafiğinin emniyetli bir şekilde sağlanması riske girmektedir. Hasarlı emniyet kritik saha ekipmanları ile alakalı kaza öncüsü niteliğindeki bildirimler Saha Ekipmanları başlığı altında Tablo 12’de detaylandırılmıştır.

**Tablo 12.** Sinyalizasyon sistemi-saha ekipmanları kategorisindeki kaza öncüleri

Sinyalizasyon Sistemi-Saha Ekipmanları Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Makas Cebire ve Gergi Çubuğunda Kırılma
Makasın ve Makas Motorunun Zarar Görmesi
Sinyal LED Arızası
Sinyal Trafo Arızası
Sinyalin Zarar Görmesi

9. Yangınlar her zaman tehlikeli durumları ortaya çıkarmakla beraber kaza öncüsü olarak değerlendirilir ve önlem gerektirir. Yangın başlığı altında kaza öncüsü olarak nitelendirilen bildirimler Tablo 13’te verilmiştir.

**Tablo 13.** Yangın kategorisindeki kaza öncüleri

Yangın Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Ot Yangını
Trafoda Yangın Çıkması
Vagonda Dumanlanma-Yangın İhbarı
Yangın
Yangın İhbarı

10. Altyapı ve üstyapı olarak yollarda meydana gelen bozukluklar fark edilmediği ve ihmal edildiği takdirde ciddi kazalara sebebiyet verecektir. Tablo 14’te Yol başlığı altındaki kaza öncüleri listelenmiştir.

**Tablo 14.** Yol kategorisindeki kaza öncüleri

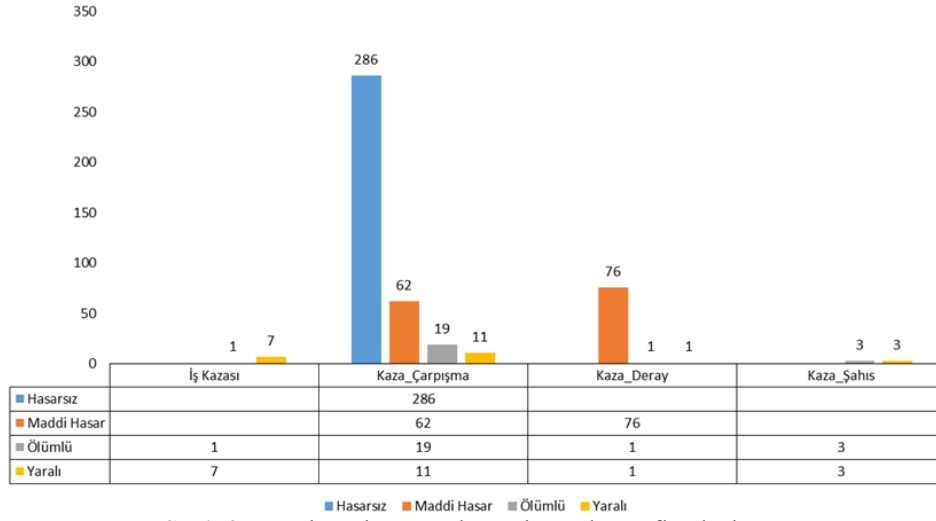
Yol Kategorisindeki Kaza Öncüleri
Alüminotermit Kaynağı Kırılması
Alt Geçit Yıkılması
Alt Geçitten Parça Dökülmesi
Hat Burulmaları ve Hattaki Diğer Bozulmalar
Hatta Taş Parçaları Düşmesi
İç Rayda Çökme
Kırık Ray
İstinat Duvarının Yıkılması
Makasta Parça Kırığı
Ray Kaynağının Akması
Ray Kesilmesi
Rayın Dirsek Yapması
Yarmada Çökme
Yol Çökmesi

### 3.7. Kazaların hasarsız, maddi hasarlı, yaralı ve ölümlü olarak detaylandırılması

Kaza piramidi ile karşılaştırma yapılabilmesi için kazaların aşağıdaki şekilde sınıflandırılması ihtiyacı doğmuştur.

- Hasarsız; kişilerin ve demiryolu varlıklarının hasar almadığı kazalardır.
- Maddi hasarlı; demiryolu araçlarının, alt yapının, üst yapının, katener sistemlerinin veya sinyalizasyon sistemlerin zarar gördüğü kazalardır.
- Yaralanmalı; kişilerin kazadan yaralı olarak kurtulması durumudur.
- Ölümlü; kişiler için kazaların can kaybı ile sonuçlanması durumudur.

Şekil 2’de kazaların hasar ve kayıplar bazında sınıflandırılması ile frekansları görülmektedir.



Şekil 2. Kazaların hasar ve kayıp bazında sınıflandırılması

Ölüm ve yaralanma ile sonuçlanan kazaların yoğunluğunun az olduğu görülmektedir. Fakat emniyet çerçevesinde her zaman hedef kazaların ölümlü sonuçlanmasını önlemler olarak engellemektir.

Tablo 15’de kaza olaylarının hasar ve kayıplar bazında detaylandırılmış hali verilmektedir.

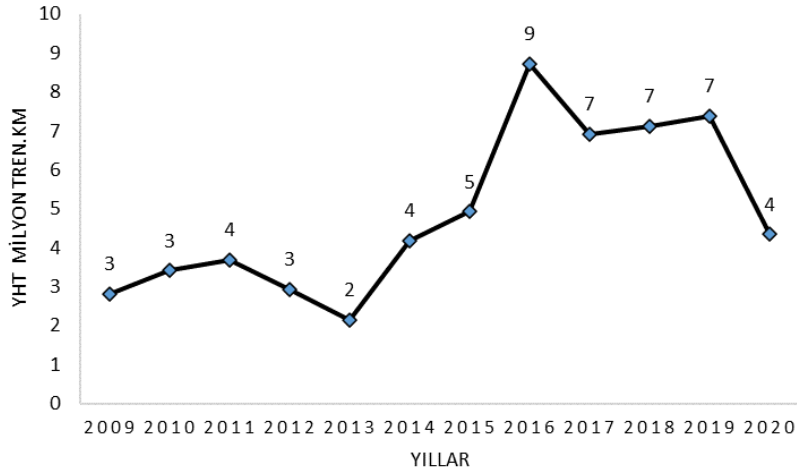
Tablo 15. Kazalar ve hasar-kayıp tablosu

Kaza	Hasarsız	Maddi Hasar	Yaralanmalı	Ölümlü
Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma	21	11		
Karambol		1		
Tren-Karayolu Aracı Çarpışması		4		
Tren-İş Otosu Çarpışması		1		
Tren-Trene Çarpışma	1		1	1
Kaçan Vagon Çarpışması		1		
Gabaride Bulunan Bir Engel ile Çarpışma	264	45		1
Aracın Raydan Çıkması		30	1	1
Yük Treninin Raydan Çıkması		1		
Ters Makastan Çıkma		42		
Makas Tanzimi Yapılamaması		2		
Hareketli demiryolu aracı nedeniyle kişilerin maruz kaldığı kaza			12	8
Platformdan Yolcu Düşmesi				2
Şahısın Katener Enerjisine Kapılması			1	
Vatandaşın Katenere Kapılması			1	
Yolcunun Ayağının Araç ile Peron Arasına Sıkışması				1

### 3.8. Kaza öncülerinin, ramak kala olayların ve kazaların frekans analizlerinin yapılması

Her ülkedeki demiryolu ağı uzunluğu ve taşımacılık yoğunluğu farklı olduğu için verileri karşılaştırabilmek ve incelemek için bir ölçüye ihtiyaç vardır. Taşımada en çok kullanılan ölçü birimleri; tren.km, hamton.km, netton.km ve yolcu.km dir. Bu birimler taşıma istatistiklerinde, planlamalarında; taşıma miktarını ve trafiğini ölçmek için kullanılır [14].

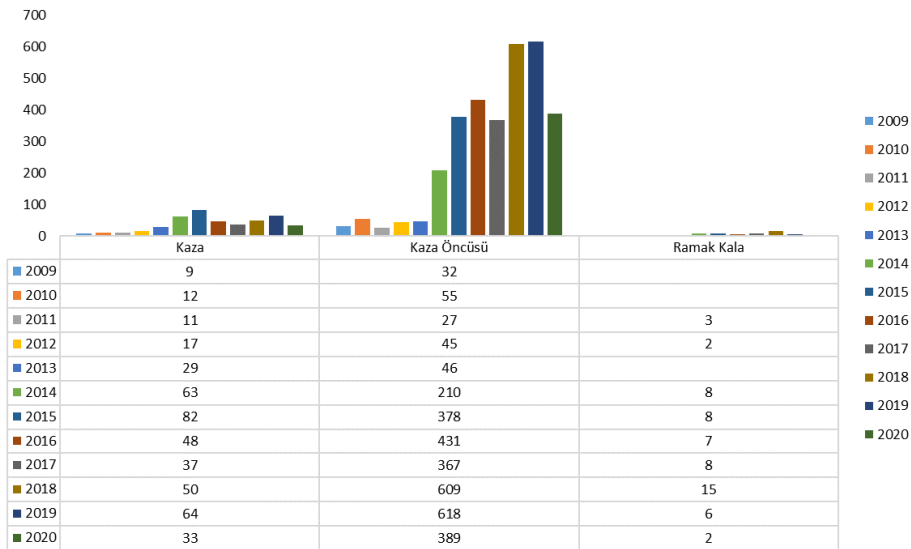
Veriler 2009-2020 yılları arasında YHT işletmeciliği esnasında meydana gelen bildirimlerden oluştuğundan; 2009-2020 İstatistik Yıllıklarından alınan milyon tren.km değerleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Türkiye’de yılları için 2009-2020 yılları için milyon tren.km cinsinden YHT taşıma miktarı

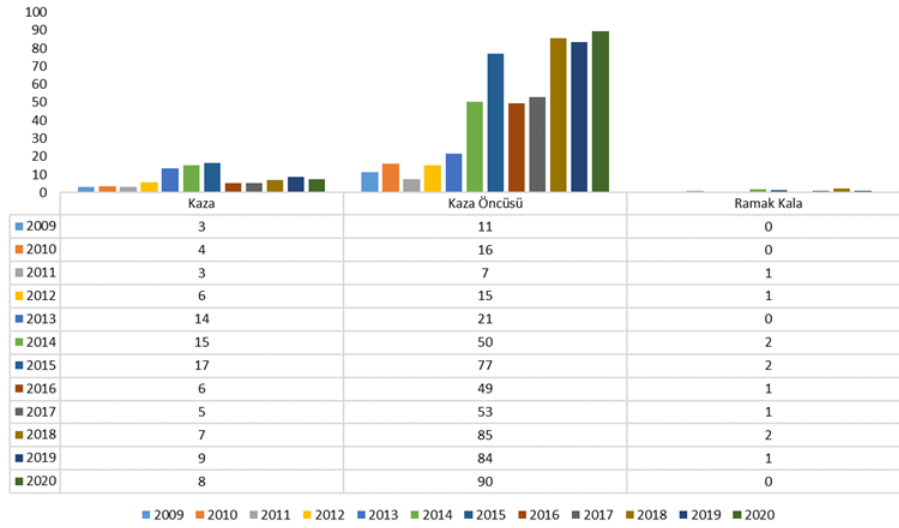
2009-2020 yılları arasındaki her yıl için kaza öncülerin, ramak kala olayların ve kazaların miktarı ile milyon tren.km cinsinden taşıma miktarı oranlanmıştır. Örneğin; 2014 yılında bildirilen kaza sayısı 63’tür. Taşıma miktarı ise 4 milyon tren.km’dir. 63’ün 4’e bölünmesi ile 15,07 değeri 2014 yılı için milyon tren.km başına kazaların miktarıdır. Milyon tren.km; bir trenin milyon kilometre işletilmesini gösteren ölçü birimidir.

Şekil 4’teki veriler, iş kazaları, kazalar, kaza öncüleri ve ramak kala durumlarının yıllara göre dağılımını göstermektedir.



Şekil 4. Kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin yıllara göre dağılımı

Türkiye’de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına kaza öncülerinin, ramak kala olayların ve kazaların değişimi Şekil 5’te görülmektedir.



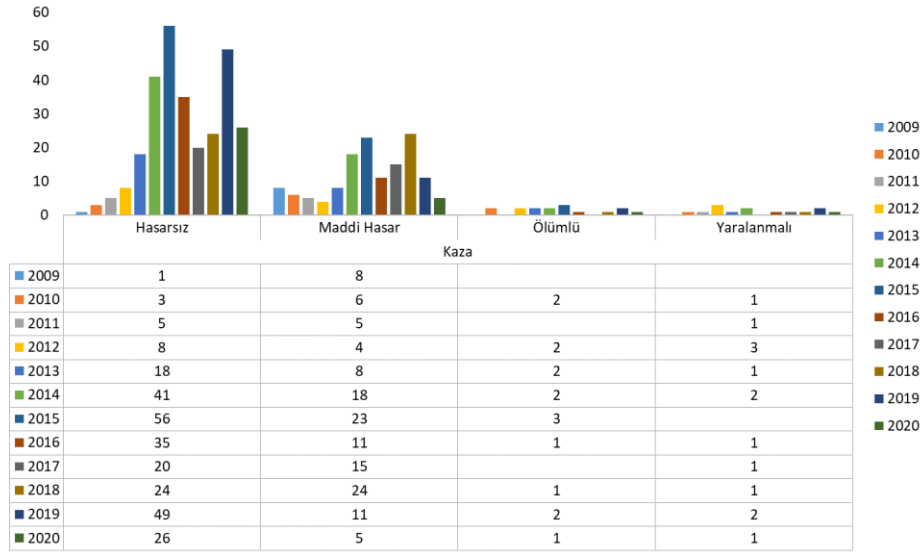
Şekil 5. Türkiye’de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına kaza öncülerinin, ramak kala olayların ve kazaların değişimi

2015 yılında 82, 2016 yılında 48, 2017 yılında 37, 2018 yılında 50, 2019 yılında 64 ve 2020 yılında 33 kaza meydana gelmiş. Milyon tren.km cinsinden ise; 2015 yılında 17, 2016 yılında 6, 2017 yılında 5, 2018 yılında 7, 2019 yılında 9 ve 2020 yılında 8 kaza meydana gelmiştir. 2015 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza sayısına sahip yıl olmuştur.

2014 yılından itibaren kaza öncüsü olaylarda belirgin bir artış görülmektedir. 2014 yılında 210, 2015 yılında 378, 2016 yılında 431, 2017 yılında 367, 2018 yılında 609, 2019 yılında 618 ve 2020 yılında 389 kaza öncüsü olay rapor edilmiştir. Milyon tren.km cinsinden ise; 2014 yılında 50, 2015 yılında 77, 2016 yılında 49, 2017 yılında 53, 2018 yılında 85, 2019 yılında 84 ve 2020 yılında 90 kaza öncüsü bildirilmiştir. 2020 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza öncüsü bildirilen yıl olmuştur. Kaza öncüsü sayılarının da 2014 yılı ve sonrasında artış gösterme eğilimine girdiği görülmektedir. Artışların 2014 yılı ve sonrasında görülmesinin, emniyet yönetim sistemi yönetmeliğinin demiryollarında 2015 yılı içinde yürürlüğe girmesiyle ve emniyet kültürünün kuruma kazandırılmasıyla ilgili olduğu değerlendirilmiştir. Emniyet yönetim sistemi geri bildirim önemli kıldığından, yürürlüğe giren yönetmelik sonrasında kayıtların tutulması ve verilerin detaylı toplanması da bu durumu açıklamaktadır.

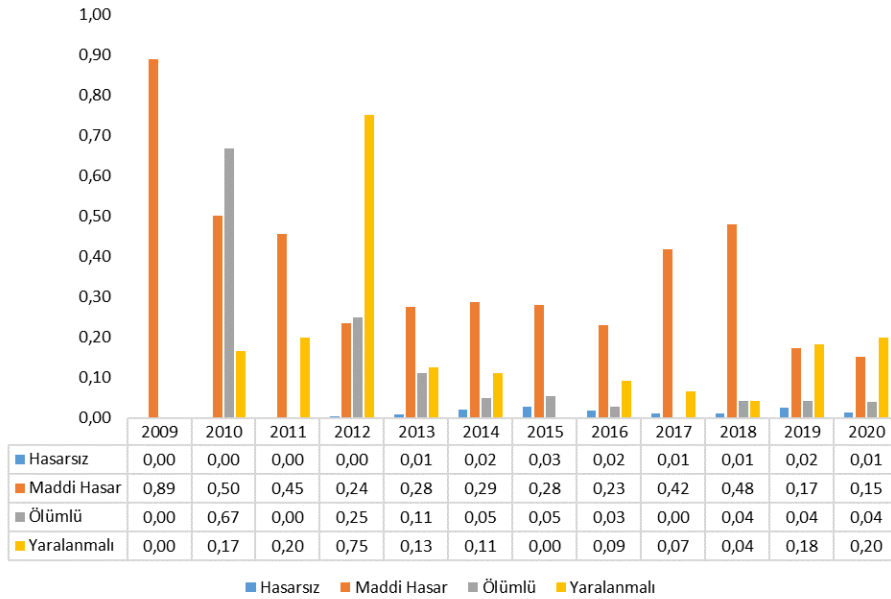
2014 yılı ve sonrasında ramak kala olaylarının sayısında belirgin bir artış görülmektedir. Bu durum, ciddi kazaların öncesinde tehlikeli durumların yaşandığını ve bunların raporlandığını göstermektedir. Ramak kalalar demiryolu çalışanlarının farkındalıkları sayesinde kıl payı önlenmiş kazalardır. 2018 yılında ise 15 olay ile ramak kala olayların en çok meydana yıldır.

Şekil 6’da kazaların hasar ve kayıp bazında yıllara göre dağılımı görülmektedir.



Şekil 6. Kazaların hasar ve kayıp bazında yıllara göre dağılımı

Türkiye’de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına hasar ve kayıp bazında kazaların değişimi Şekil 7’de görülmektedir.



Şekil 7. Türkiye’de 2009-2020 yılları arasındaki milyon tren.km başına hasar ve kayıp bazında kazaların değişimi

**Hasarsız Kazalar:** Yıllar bazında en fazla hasarsız kaza (56) 2015 yılında meydana gelmiştir. Milyon tren.km başına hasarsız kaza bildiriminin en çok yapıldığı yıl 0,03 oranı ile 2015 yılıdır. Diğer yıllar ile kıyaslandığında bu durum, demiryolu ağlarının genişletildiği senelere denk gelmektedir. Hasarsız kaza sayısının yüksek olması, yeni açılan hatlarda çevresel adaptasyonun ve ilgili bölgelerdeki personeller için emniyet kültürünün zamanla oturduğunu, fakat bu durumun ciddi sonuçlara yol açmadığı görülmektedir. Hasarsız kazaların büyük çoğunluğunu rastgele kazalar oluşturmaktadır.

**Maddi Hasarlı Kazalar:** Yıllar bazında en fazla maddi hasarlı kaza (23) 2015 yılında meydana gelmiştir. Milyon tren.km başına maddi hasarlar değerlendirilir ise en fazla maddi hasarlı kaza

0,48 oranı ile 2018 yılında meydana gelmiştir. Deray ve çarpışma kazalarının yoğunlukta olduğu maddi hasarlı kazaların sayısının demiryolu ağının genişlemesine bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Kazalar, ölüm ve yaralanma ile sonuçlanmamış olup, maddi hasar ile sonuçlanmıştır.

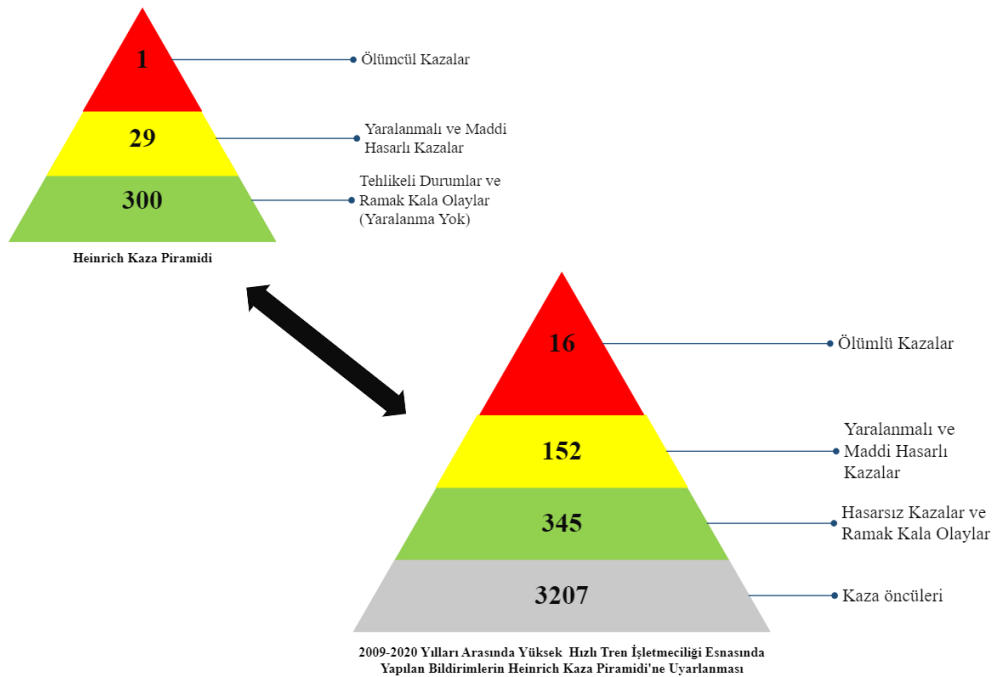
Ölümlü Kazalar: 2010,2012, 2013 ve 2014 yıllarında 2 ölümlü kaza görülmüştür. 2015 yılında 3 ölümlü kaza görülmüştür. Birçok öncünün birleşip ölümlü kazalara sebep olma ihtimali olduğu gibi emniyet kritik bir noktada yapılan tek bir hata veya öncü de ölümlü kazalara sebep olabilmektedir. Kaza analizleri ve raporları emniyet yönetim sistemine geri bildirim sağlayarak, gelecek için gerekli önlemlerin alınmasına zemin oluşturacaktır.

Yaralanmalı Kazalar: Genellikle her yıl 1-3 arasında yaralanma vakası yaşanmıştır. 2012 yılında 3 yaralanma vakası meydana gelmiştir. Yaralanmalı kazaların ölümle sonuçlanma tehlikesi vardır ve bu durum göz ardı edilmemelidir. Yaralanmalı kazaların potansiyel ölümlü kazalar da olabileceği değerlendirilmektedir.

### 3.9. Heinrich kaza piramidi ile karşılaştırılma

Heinrich'in kaza piramidi, iş güvenliği konusunda klasik bir modeldir ve kazaların sıklığı ile ciddiyeti arasında bir ilişki olduğunu gösterir. Heinrich'in orijinal piramidine göre, her 300 ramak kala olay (tehlikeli durum), 29 küçük kaza (yaralanma) ve 1 büyük kaza (ölümcül kaza) ile sonuçlanır. Bu model, iş yerlerinde daha küçük olayları ve tehlikeli durumları azaltmanın, ciddi kazaların önlenmesine yardımcı olacağını öne sürer.

Şekil 8'de 2009-2020 yılları arasında yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerdeki kaza öncüler, ramak kala olaylar ve kazalar; hasar, yaralanma, ölümcül sonuçlarıyla beraber Heinrich kaza piramidine uyarlanmıştır.



Şekil 8. Yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan 10 yıllık bildirimlerin Heinrich kaza piramidine uyarlanması

Kaza Öncüleri (3207 olay): 10 yıllık bildirimler içerisinde 3207 adet olay kaza öncüsü niteliği taşımaktadır. Heinrich kaza piramidine uyarlanan piramitte bu taban emniyet önlemlerinin iyileştirilmesi gereken en geniş alandır. Kaza öncüleri, kazaların ve ramak kala olayların yaşanmadan önlenmesini sağlayabilecek nitelikte bilgi içermektedir.

Hasarsız Kazalar ve Ramak Kala Olaylar (345 olay): 10 yıllık bildirimler içerisinde meydana gelen hasarsız kazaların ve ramak kala olayların sayısı 345'tir. Bu seviye, kazanın neredeyse gerçekleştiği ancak herhangi bir hasar veya yaralanmanın olmadığı durumlardır. Yaralanmaları ve maddi hasarlar olmasa dahi ramak kala olayların ve hasarsız kazaların yaşanması ciddi kazalarında yaşanma riskinin artmakta olduğunu gösterir.

Yaralanmalı ve Maddi Hasarlı Kazalar (160 olay): 10 yıl içerisinde yaralanma ve maddi hasar ile sonuçlanan 160 kaza yaşanmıştır. Bu tür kazalar, daha ciddi kazaların öncüsü olma niteliği taşır.

Ölümlü Kazalar (24 olay): Piramidin en üst seviyesi, 10 yıl içerisinde ölümle sonuçlanan 24 kazayı içerir. Bu tür kazaların önlenmesi için kapsamlı emniyet stratejileri ve sürekli iyileştirme süreçleri gereklidir. Heinrich piramidinin önerdiği gibi, alttaki seviyelerdeki kazaların ve olayların yönetimi, bu tür ciddi kazaların önlenmesine yardımcı olacaktır.

Uyarlanan piramitte görüldüğü gibi 10 yıllık verilerin analizi sonucunda yüksek hızlı tren işletmeciliğinde her 3390 kaza öncüsü, 348 ramak kala olay (tehlikeli durum) ve hasarsız kaza, 160 küçük kaza (yaralanma) ve 24 büyük kaza (ölümcül kaza) ile sonuçlanmıştır.

Bu piramit, emniyet yönetim sistemlerinde öncelik verilmesi gereken alanları belirlemeye yardımcı olur. Heinrich kaza piramidinden farklı olarak çalışmada uyarlanan piramidin tabanına kaza öncüleri de eklenmiştir. Taban genişledikçe, üst seviyelerdeki ciddi kazaların önlenmesi için daha fazla fırsat ortaya çıkar.

#### 4. Sonuç

Bu çalışma yüksek hızlı tren hattı işletmeciliği esnasında yapılan 10 yıllık bildirimlerin emniyet yönetim sistemlerine, kaza inceleme ve araştırma çalışmalarına katkı sağlayacak şekilde girdiler ortaya çıkarabilmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada bildirimlerden oluşan veri setinin düzenlenmesi, sınıflandırma yöntemleri ve analizlerle emniyet çerçevesinde yorumlanması detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Heinrich kaza piramidi ile karşılaştırma yapılarak da 10 yıl sürecinde meydana gelen kazaların, ramak kala olayların ve kaza öncülerinin hasar ve durum tespitleri ile bir değerlendirme yapılmıştır.

Bildirimler göstermektedir ki yüksek hızlı tren hatlarının ilk devreye alındığı seneler sonrasında yapılan kaza öncüsü bildirimleri artmıştır.

2015 yılı ve sonrasında bildirilen kazalarda artış olduğu görülmektedir. 2015 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza sayısına sahip yıl olmuştur.

2020 yılı milyon tren.km başına en yüksek kaza öncüsü bildirilen yıl olmuştur. Kaza öncüsü sayılarının 2014 yılı ve sonrasında artış gösterme eğilimine girdiği görülmektedir. Artışların 2014 yılı ve sonrasında görülmesinin, emniyet yönetim sistemi yönetmeliğinin demiryollarında 2015 yılı içinde yürürlüğe girmesiyle ve emniyet kültürünün kuruma kazandırılmasıyla ilgili olduğu değerlendirilmiştir. Emniyet yönetim sistemi geri bildirim önemli kıldığından, yürürlüğe giren yönetmelik sonrasında kayıtların tutulması ve verilerin detaylı toplanması bu durumu açıklamaktadır.

2014 yılı ve sonraki yıllarda ramak kala olaylarının artışı pozitif bir bakış açısı ile değerlendirilir ise kuruma emniyet kültürünün kazandırıldığı ve çalışanların farkındalıklarının bu doğrultuda arttığı görülmektedir.

Deraylar genellikle ters makastan çıkma sebebiyle meydana geldiklerinden, makasların ve makas motorlarının zarar görmesiyle kısacası maddi hasarla sonuçlanmaktadır. Ölümlü kazaların demiryollarında meydana gelme oranı her zaman diğer ulaşım sistemlerine göre daha düşüktür. 2009-2020 yılları arasında 10 yıllık süreçte 16 ölümlü kaza bildirilmiştir.

Heinrich kaza piramidi karşılaştırmasında 10 yıllık verilerin analizi sonucunda yüksek hızlı tren işletmeciliğinde her 3207 kaza öncüsü, 345 ramak kala olay (tehlikeli durum) ve hasarsız kaza, 152 küçük kaza (yaralanma) ve 16 büyük kaza (ölümcül kaza) ile sonuçlanmıştır. Heinrich kaza piramidinden farklı olarak çalışmada uyarlanan piramidin tabanına kaza öncüleri de eklenmiştir. Tabandan başlayarak bildirilen her kaza öncüsü, her hasarsız ve maddi hasarlı kaza kapsamında önlemler almak en tepe de ölümcül kazaların yaşanması riskini ciddi oranda düşürecektir.

Heinrich kaza piramidi karşılaştırmasında 10 yıllık verilerin analizi sonucunda yüksek hızlı tren işletmeciliğinde 16 ölümlü kaza meydana gelmiştir. Heinrich kaza piramidindeki oran göz önünde bulundurulursa; yaralanmalı kazaların piramide göre 480, hasarsız kazaların ise 4800 olması gerekirken, mevcut durumda yaralanmalı kazaların 152 ve hasarsız kazaların 345 olduğu görülmektedir. Gerçek veriler ile piramit verileri karşılaştırıldığında yeteri kadar verinin tutulmamış olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada yüksek hızlı tren işletmeciliği esnasında yapılan bildirimlerden oluşan veri seti kullanılarak; kaza öncülerinin tepe tehlikeler ile bağlantısı kurularak tehlike kütüğü çalışmaları desteklenebilir. Sıklık analizleri daha detaylı çalışılarak risk analizlerinde kullanılması değerlendirilebilir. Bildirimler tren numaralarını, set numaralarını ve gecikme dakikalarını da içermektedir. Bu çalışmanın konusu olmadığı için bu bilgiler kullanılmamıştır. Fakat bildirimler tren ve setler dikkate alınarak araçların hata/arıza analizleri yapılabilir, araç yüklenicilerinin taahhüt etmiş oldukları MTBF değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilir. Gecikmeler detaylı incelenerek tüm işletmenin güvenilirlik ve kullanıma hazır olma analizleri yapılabilir. Fakat bunun için verilerde hatalara müdahale edilme süreleri, saat detaylarının doğruluğu gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Bildirimler Türkiye’de emniyet alanında birçok çalışmaya girdi sağlayabilecek oldukça değerli bilgilerdir. Kurumlar bazında bu tür verilerin tutulması ve çalışmalara girdi sağlaması açısından değerlendirilmesi her zaman sürekliliğini koruyan bir durum olmalıdır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma kaza öncülerinin ve kazaların yıllar bazında incelenmesi için girdi oluşturan bildirimlerin sağlanmasında destek olan Özgür Şahin’e teşekkürlerimi sunarım.



**Kaynakça**

- [1] Heinrich, H. "Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach. " *New York, NY, USA: McGraw-Hill*,1931
- [2] M. Kyriakidis vd., "Metro railway safety: An analysis of accident precursors," *Elsevier Ltd. Safety Science*, 2012
- [3] O. Golovina, M. Perschewski, J. Teizer, M. König, "Algorithm for quantitative analysis of close call events and personalized feedback in construction safety," *Automation in Construction Volume 99*, s. 206–222, 2019
- [4] P. Marshall, A. Hirmas, M. Singer, "Heinrich's pyramid and occupational safety: A statistical validation," *Safety Science Volume 101*, s. 180-189, 2018
- [5] K. Prem, D. Ng, M. Mannan, "Harnessing database resources for understanding the profile of chemical process industry incidents," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, s. 549–560, 2010
- [6] G. Walker, "Redefining the incidents to learn from: Safety science insights acquired on the journey from black boxes to Flight Data Monitoring," *Safety Science*, s. 14–22, 2017
- [7] A. Majumdar, M. Dupuy, W. Ochieng, P. Nalder, "Developing safety indicators for New Zealand airspace: Analysis of loss-of-separation incidents," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, s. 86–97, 2006
- [8] Z. Nazeri, G. Donohue, L. Sherry, "Analyzing relationships between aircraft accidents and incidents," *In Proceedings of the International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT 2008)*, Fairfax, WV,USA, 2008
- [9] R. Arnaldo Valdés, S. Liang Cheng, V. Gómez Comendador, F. Sáez Nieto, "Application of bayesian networks and information theory to estimate the occurrence of mid-air collisions based on accident precursors," *Entropy*, s. 969, 2018
- [10] R. Arnaldo Valdés, S. Liang Cheng, V. Gómez Comendador, F. Sáez Nieto, "Detection of common causes between air traffic serious and major incidents in applying the convolution operator to heinrich pyramid theory," *Entropy*, s. 1-28, 2019
- [11] M. Fidan, Ö. Akbayır, Ö. "Hızlı tren işletmeciliği hata bildirimlerinin kelimebulutu analizi ile gruplanması," *Raylı Sistemler Kongre ve Sergisi*, Eskişehir: Elektrik Mühendisleri Odası, İnşaat Mühendisleri Odası, Makina Mühendisleri Odası, TMMOB, s. 49-53, 2023
- [12] TCDD, Kaza araştırma inceleme ve raporlama yönergesi, 14.12.2016
- [13] TCDD Taşımacılık A.Ş., kaza inceleme yönergesi, 2020
- [14] Ö. Akbayır, "Dünya'da ve Türkiye'de demiryolu kazaları nedeniyle meydana gelen ölüm oranlarının karşılaştırılması," *Demiryolu Mühendisleri Derneği*, no. 5, pp. 45-52, 2016

**Özgeçmiş****Sultan GÜNDÜZ**

Lise eğitimini Eskişehir Atatürk Anadolu Meslek Lisesi'nde, lisans eğitimini Karabük Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimine Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde devam etmektedir. 2018-2023 yıllarında Savronik'de Sinyalizasyon Sistemleri Mühendisi olarak çalışmıştır. 2023 yılından bu yana Aselsan'da Sistem Tasarım ve RAMS Mühendisi olarak çalışmaktadır. İlgi alanına giren araştırma konuları raylı sistemler, sinyalizasyon, emniyet ve güvenilirlik alanlarıdır.

E-Posta: sltngndz@gmail.com

**Ömür AKBAYIR**

Lise eğitimini Demiryolu Meslek Lisesinde, lisans ve yüksek lisans eğitimini Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nde, doktora eğitimini Gazi Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 1999-2015 yıllarında TCDD'de Teknisyen ve Mühendis olarak, 2015-2018 yıllarında Anadolu Üniversitesi'nde Dr. Öğr. Üyesi olarak çalışmıştır. 2018 yılından bu yana Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde çalışmakta olup Doç. Dr. unvanını 2022 yılında almıştır.

E-Posta: omurakbayir@eskisehir.edu.tr

**Beyanlar:**

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Yazarların katkıları: Sultan GÜNDÜZ: Metodoloji, Verilerin görselleştirilmesi, Verilerin yorumlanması. Ömür AKBAYIR: Verilerin temini, Kontrol.