

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIRSAL KESİMDE GERÇEKLEŞEN TRAFİK KAZALARI VE KARAYOLU
GEOMETRİSİ İLİŞKİSİ: ZONGULDAK ÖRNEĞİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ
MİNE POLAT ALPAN

ŞUBAT 2025

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIRSAL KESİMDE GERÇEKLEŞEN TRAFİK KAZALARI VE KARAYOLU
GEOMETRİSİ İLİŞKİSİ: ZONGULDAK ÖRNEĞİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Mine POLAT ALPAN

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ

ZONGULDAK

Şubat 2025

KABUL:

Mine POLAT ALPAN tarafından hazırlanan “Kırsal Kesimde Gerçekleşen Trafik Kazaları ve Karayolu Geometrisi İlişkisi: Zonguldak Örneği” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle/oyçokluğuyla kabul edilmiştir. 07/02/2025

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Berna AKSOY

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Üye: Prof. Dr. Kemal Selçuk ÖĞÜT

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

....../....../20....

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mine POLAT ALPAN

ÖZET

Doktora Tezi

KIRSAL KESİMDE GERÇEKLEŞEN TRAFİK KAZALARI VE KARAYOLU GEOMETRİSİ İLİŞKİSİ: ZONGULDAK ÖRNEĞİ

Mine POLAT ALPAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ

Şubat 2025, 139 sayfa

Bu çalışma, Zonguldak ilindeki kırsal karayollarında 2016-2022 yılları arasında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazaları ile yol geometrisi arasındaki ilişkiyi kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Araştırmanın temel amacı, trafik kazalarının meydana geldiği kesimlerdeki yol geometrisi özelliklerini analiz ederek, bu unsurların kaza oluşumundaki etkilerini ve tasarımdan kaynaklanan sorunları belirlemektir.

Çalışmada kullanılan Zonguldak ili trafik kaza verileri Zonguldak Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü, Devrek Bölge Trafik Denetleme İstasyonu Büro Amirliği ve Emniyet Genel Müdürlüğünden elde edilen trafik kazası tespit tutanaklarından; karayolu geometrik verileri ise Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü'nden alınan karayolu projelerinden elde edilmiştir. Çalışmada 2016 ile 2022 yılları arasındaki 7 yıllık dönemde gerçekleşmiş 941 trafik kazası kullanılmıştır. Zonguldak'taki 4 farklı devlet yolu kesimine ait yaklaşık 156 kilometre uzunluğundaki karayolu projeleri çalışma kapsamında incelenmiştir. Sonrasında kaza kesimlerine karşılık gelen yol geometrisi verileri eşleştirilerek çalışmanın temel verisi oluşturulmuştur.

ÖZET (devam ediyor)

Yol geometrisi değişkenlerine ait temel tanımlayıcı istatistikler belirlenmiş, ardından bağımsız değişkenlerin bir arada tesiri ile oluşan etkilerin analizi için modeller oluşturulmuştur. Yol geometrisinin trafik kazalarının sıklığı ve şiddeti üzerindeki etkisi, yatay ve düşey geometrik elemanlar arasındaki eşleşmeler temel alınarak ele alınmıştır. Yatay dönemeç ile düşey dönemeç, yatay dönemeç ile boyuna eğim, teğet ile düşey dönemeç ve teğet ile boyuna eğimin beraberliğinden oluşan dört temel geometrik eşleşme, kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı üzerindeki etkileri açısından analiz edilmiştir. Bu bağlamda, karayolu güvenliğinin artırılması amacıyla çoklu regresyon analizlerine dayalı modeller geliştirilmiş ve tasarım unsurlarının kazalar üzerindeki etkileri sayısallaştırılmıştır.

Çalışmanın sonuçları, kırsal yolların geometrik özelliklerinin trafik kazalarının meydana gelmesi üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Yatay hat ve düşey hat geometrisinin karayolu trafik kazaları ile güçlü bir ilişkisi olduğunu kanıtlanmıştır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarına bakarak yatay dönemeçlerin, teğetlere göre; düşey dönemeçlerin boyuna eğimli kesimlere göre daha riskli olduğu belirlenmiştir. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının en yüksek olduğu ve en riskli kesimin yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesim olduğu belirlenmiştir. Yapılan çoklu regresyon analizleri sonucunda 4 farklı eşleşmeye ait bağımsız değişkenler ile kaza sayılarının ilişkileri belirlenerek modeller oluşturulmuştur. Böylece önemli yol kesimlerinde kazaları artıran değişkenler belirlenmiş ve elde edilen bulgulardan hem mevcut yolların güvenliğinin artırılmasında hem de yeni yolların planlanmasında kullanılabilecek sayısal sonuçlar sunulmuştur.

Bu çalışma, literatürde eksikliği hissedilen kapsamlı bir veriye dayalı sayısal modeller sunmakta, yol geometrisinin kazalar üzerindeki etkisini anlamaya yönelik özgün bir katkı sağlamaktadır. Sahadan toplanan gerçek verilerin analizi yol güvenliği çalışmalarında somut, yerel ve etkili çözümler sunarak trafik kazalarının meydana geldiği koşulların ve nedenlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan veriler ve uygulanan yöntemlerle elde edilen sonuçların değerli olduğu düşünülmektedir. Akademik açıdan olduğu kadar, mühendislik uygulamaları için de fayda sağlaması beklenen bu çalışmanın, karar vericilere ve yol güvenliği uzmanlarına katkı sunabilecek bir kaynak olması düşünülmektedir.

ÖZET (devam ediyor)

Anahtar Kelimeler: Trafik kazası, yol geometrisi, çoklu regresyon analizi, yatay dönemeç yarıçapı, düşey dönemeç yarıçapı.

Bilim Kodu: 624.04.01. Karayolu Ulaştırması





ABSTRACT

Ph. D. Thesis

THE RELATIONSHIP BETWEEN TRAFFIC ACCIDENTS AND ROAD GEOMETRY IN RURAL AREAS: THE CASE OF ZONGULDAK

Mine POLAT ALPAN

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa TANIŞ

February 2025, 139 pages

This study comprehensively examines the relationship between fatal and injury traffic accidents and road geometry on rural highways in Zonguldak Province between 2016 and 2022. The primary aim of the research is to analyze the geometric features of roads at accident-prone sections to determine the impact of these factors on accident occurrence and to identify design-related issues.

The traffic accident data used in the study were obtained from traffic accident reports provided by the Zonguldak Regional Traffic Inspection Branch Office, Devrek Regional Traffic Inspection Station Office, and the General Directorate of Security. Road geometric data were derived from highway projects acquired from the 15th Regional Directorate of Highways. The study utilized data 941 traffic accidents that occurred over a 7-year period between 2016 and 2022. Approximately 156 kilometers of highway projects related to four different state road segments in the vicinity of Zonguldak were analyzed as part of the study. Subsequently, the road geometric data corresponding to the accident segments were matched to form the core dataset of this study.

ABSTRACT (continued)

The basic descriptive statistics of the road geometry variables have been determined, and models have been developed to analyze the effects arising from the combined influence of independent variables. The impact of road geometry on the frequency and severity of traffic accidents was examined based on combinations of horizontal and vertical geometric elements. Four primary geometric combinations were analyzed in terms of their effects on the annual number of accidents per kilometer: horizontal curve and vertical curve, horizontal curve and longitudinal grade, horizontal alignment and vertical curve, and horizontal alignment and longitudinal grade. In this context, models based on multiple regression analyses were developed to enhance the effects of design elements on accidents were quantified.

The results of the study revealed the impact of road geometric features on the likelihood of traffic accidents. It was proven that horizontal and vertical alignments have a strong relationship with highway traffic accidents. By examining the number of accidents per kilometres, it was determined that horizontal curves are riskier than horizontal alignments, and vertical curves are riskier than sections with longitudinal grades. The section where horizontal and vertical curves coexist was identified as the most hazardous, with the highest annual accident rate of 9.2 accidents per kilometres. Multiple regression analyses established the relationships between the independent variables of the four different combinations and the number of accidents, leading to the development of predictive models. These findings identified the variables contributing to accidents in critical road segments and provided numerical insights that can be utilized to enhance the safety of existing roads and inform the planning of new roadways.

This study offers numerical models based on a comprehensive dataset, addressing a gap in the literature and providing a unique contribution to understanding the impact of road geometry on accidents. The analysis of real-world data collected from the field delivers concrete, localized, and effective solutions for road safety studies, enabling a better understanding of the conditions and causes of traffic accidents. Therefore, the data and methods used in this study, as well as the results obtained, are considered valuable. This study is expected to provide practical benefits for engineering applications in addition to its academic significance and is intended to serve as a resource for decision-makers and road safety experts.

ABSTRACT (continued)

Keywords: Traffic accident, road geometry, multiple linear regression analysis, horizontal curve radius, vertical curve radius.

Science Code: 624.04.01. Road Transportation





TEŞEKKÜR

Akademiye adım attığım ilk günden beri kendisinden çok şey öğrendiğim, yaklaşık on yıllık bu süreçte bir danışmandan çok daha fazlası olan hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Tez sürecimin her aşamasında bilgi ve deneyimiyle bana yol gösteren, değerli zamanını benden esirgemeyen hocam Prof. Dr. Kemal Selçuk ÖĞÜT'e teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisi, bu tezin tamamlanmasında yalnızca katkıda bulunmakla kalmamış, akademik anlamda da üzerimde silinmez bir iz bırakmıştır. Tez Savunma Sınavı Jürisinde bulunan değerli öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Zonguldak iline ait yol geometrisi verilerin tedarik edilmesine aracılık eden arkadaşım Mehmet Cemal ÖZTÜRK'e, verilerin paylaşılmasına müsaade eden dönemin Karayolları 15. Bölge Müdürü Yüksel OĞUZHAN'a, verilerin derlenmesi ve paylaşılması aşamasında değerli vakitlerini harcayan mühendis Ceren SERBEST, İbrahim ÇAVUŞ ve Ali TOPKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Trafik kazası tespit tutanakları teminindeki yardımlarından dolayı Zonguldak Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü'nden polis memuru Ersin AYDIN ve polis memuru Fatih PİR ile Devrek Bölge Trafik Denetleme İstasyon Büro Amirliği'nden polis memuru İlker SONER'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca T.C. İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü'nden talep ettiğimiz trafik kazası tespit tutanaklarının tarafımıza iletilmesine müsaade eden 1.Sınıf Emniyet Müdürü Sayın Ümit MUTLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Canım annem, babam, abim ve ablalarım; bana hayatım boyunca verdikleri karşılıksız sevgi ile aile olmanın tüm güzelliklerini yaşattıkları ve her kararında arkamda durdukları için çok teşekkür ederim. Sevgili eşim Murathan ALPAN'a, sürecin en zorlu zamanlarında benim kadar yorulduğu, tüm stresimi çektiği ve elimden tuttuğu için teşekkür ederim. Tam da bu sürecin içinde dünyaya gelen, tezimle birlikte büyüyen ve onunla geçirmem gereken zamanı çoğunlukla bilgisayar başında çalışarak geçirdiğim oğlum Han ALPAN'a, hayatımı güzelleştirdiği ve bana verdiği güç için teşekkür ederim.

Bu çalışma, konusu itibarıyla benim için yalnızca bir bilimsel araştırma olmaktan daha fazlasını ifade etmektedir. Çalışmayı, artık aramızda olmayan ve 30 yaşındayken acı bir trafik kazasında

TEŞEKKÜR (devam ediyor)

kaybettiğim canım ağabeyim Mustafa POLAT’a ithaf ediyorum. Çalışmanın trafik kazalarıyla ilgili bilimsel literatüre bir katkı sağlaması ve bu alandaki sorunların çözümüne bir nebze olsun ışık tutabilmesini temenni ediyorum. Bu, benim için yalnızca akademik değil aynı zamanda manevi bir anlam taşımaktadır.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR.....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xxiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxv
 BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	 1
1.1 KONU.....	2
1.2 AMAÇ	3
1.3 KAPSAM VE YÖNTEM	4
 BÖLÜM 2 TRAFİK KAZALARINA GENEL BİR BAKIŞ.....	 7
 BÖLÜM 3 LİTERATÜR TARAMASI	 13
 BÖLÜM 4 ÇALIŞMA ALANI VE VERİLERİN ELDE EDİLMESİ.....	 21
4.1 ÇALIŞMA ALANI.....	21
4.2 KARAYOLU GEOMETRİK VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	23
4.2.1 D.010-07 Numaralı Karayolu Kesimi.....	24
4.2.2 D.010-06 Numaralı Karayolu Kesimi.....	26
4.2.3 D.750-01 Numaralı Karayolu Kesimi.....	27

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

4.2.4 D.030-11 Numaralı Karayolu Kesimi.....	28
4.3 TRAFİK KAZA VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ	31
4.4 TRAFİK KAZALARI İLE YOL GEOMETRİSİ VERİLERİNİN EŞLEŞTİRİLMESİ.....	43
4.4.1 Trafik Kazalarına Ait Yatay Hat Geometrik Verisinin Eşleştirilmesi	43
4.4.2 Trafik Kazalarına Ait Düşey Hat Geometrik Verisinin Eşleştirilmesi	47
BÖLÜM 5 VERİLERİN İSTATİSTİK DEĞERLENDİRİLMESİ	51
5.1 TRAFİK KAZASI VERİLERİNİN TEMEL TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ	51
5.2 GEOMETRİK VERİNİN TEMEL TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ.....	56
5.2.1 Yatay Hat Verisinin Değerlendirilmesi	57
5.2.2 Düşey Hat Verisinin Değerlendirilmesi.....	65
BÖLÜM 6 TRAFİK KAZALARI İLE KARAYOLU GEOMETRİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MODELLENMESİ.....	73
6.1 MODELLEMEDE KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMİ: Çoklu regresyon.....	73
6.1.1 Regresyon Analizinde Model Kurulması ve Yorumlanması	74
6.2 YOL GEOMETRİSİ BİLEŞENLERİNİN ÇOKLU BAĞLANTISININ KONTROL EDİLMESİ	77
6.3 MODELLEME İÇİN GRUPLARIN OLUŞTURULMASI	81
6.3.1 Yatay Dönemeç Ve Düşey Dönemecin Bir Arada Bulunduğu Eşleşme (G1).....	85
6.3.2 Yatay Dönemeç Ve Boyuna Eğimin Bir Arada Bulunduğu Eşleşme (G2)	97
6.3.3 Teğet Ve Düşey Dönemecin Birarada Bulunduğu Eşleşme (G3).....	107
6.3.4 Teğet Ve Boyuna Eğimin Birarada Bulunduğu Eşleşme (G4)	114
6.3.5 Aynı Bağımsız Değişkenlerin Farklı Gruplardaki Etkilerinin Karşılaştırılması....	119
6.3.5.1 Yatay dönemeç yarıçapı	119
6.3.5.2 Boyuna eğim	120
6.3.5.3 Teğet boyu.....	121

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 7 SONUÇLAR.....	123
KAYNAKLAR.....	131
EK AÇIKLAMALAR.....	135
ÖZGEÇMİŞ	139





ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Çalışmanın iş akış şeması.	5
Şekil 2.1 Ülkelerin gelir seviyesine göre küresel nüfusun, trafik kazasına bağlı ölümlerinin, kayıtlı motorlu taşıtların ve asfalt yolların oranları.....	8
Şekil 2.2 Ülkelerin gelir seviyesine göre karayolu trafik kazası ölümlerinin sayıları	8
Şekil 4.1 Zonguldak ili devlet ve il yolları.....	22
Şekil 4.2 Trafik kazaları ile ilgili yapılan elemelerin özeti.	36
Şekil 4.3 Çalışmada incelenen 941 trafik kazasının Zonguldak ili çevresindeki devlet karayollarındaki dağılımı.	37
Şekil 4.4. D.010-07 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 127 adet trafik kazasının dağılımı.	38
Şekil 4.5 D.010-06 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 308 adet trafik kazasının dağılımı.	39
Şekil 4.6 D.750-01 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 497 adet trafik kazasının dağılımı.	40
Şekil 4.7 D.030-11 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 9 adet trafik kazasının dağılımı.....	41
Şekil 4.8 Kesimlere ait YOGT değerlerinin yıllara göre değerleri.	43
Şekil 4.9 D.010-07 kesimine ait trafik kazaları ile yatay geometrik veri (dönemeçlerin başlangıç ve son noktaları) örneği.....	45
Şekil 5.1 Kaza sayısının yarıçapa göre değişimi.....	60
Şekil 5.2 Kaza sayısının yarıçapa göre değişimi (0-1.000 metre).....	61
Şekil 5.3 Kaza sayısının teğet boyuna göre değişimi.....	63
Şekil 5.4 Kaza sayısının tepe düşey dönemeç boyuna göre değişimi.	67
Şekil 5.5 Kaza sayısının dere düşey dönemeç boyuna göre değişimi.	69
Şekil 5.6 Kaza sayısının dere düşey dönemeç boyuna göre değişimi.	69
Şekil 5.7 Kaza sayısının iniş ya da çıkış rampası boyuna göre değişimi.	71
Şekil 5.8 Kaza sayısının boyuna eğime göre değişimi.....	72
Şekil 6.1 D.010-07 numaralı devlet yolunun örnek bir kesiminde analiz gruplarının temsili gösterimi.....	82
Şekil 6.2 G1'deki bağımsız değişkenler ve kilometre başına yıllık kaza sayıları.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.3 G1'deki aykırı değerler çıkartılmış bağımsız değişkenler ve kilometre başına yıllık kaza sayıları.	92
Şekil 6.4 Senaryo 1- YDY 100 metre için KBYKS'nın DDCF göre değişimi.	96
Şekil 6.5 Senaryo 2- DDCF %6 için KBYKS'nın YDY'ına göre değişimi.	97
Şekil 6.6 G2'deki bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	100
Şekil 6.7 G2'deki aykırı değerler çıkartılmış bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	103
Şekil 6.8 G3'teki bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	110
Şekil 6.9 G3'teki aykırı değerler çıkartılmış bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	112
Şekil 6.10 G4'teki bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	117
Şekil 6.11 Yatay dönemeç yarıçapının G1 ve G2'deki karşılaştırılması.	120
Şekil 6.12 Boyuna eğimin G2 ve G4'teki karşılaştırılması.	121
Şekil 6.13 Yatay teğet boyunun G3 ve G4'teki karşılaştırılması.	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Ülkelere ait milyon kişi başına düşen ölüm sayıları.	9
Çizelge 2.2 Türkiye’deki karayolu trafik kazalarına ait istatistikler	10
Çizelge 4.1 D.010-07 kesimi yatay hat örneği.	25
Çizelge 4.2 D.010-07 kesimi düşey hat örneği.	26
Çizelge 4.3 Tüm kesimlere ait yatay hat bilgileri.	29
Çizelge 4.4 Tüm kesimlere ait düşey hat bilgileri.	30
Çizelge 4.5 Çalışmada kullanılan trafik kazaları için oluşturulmuş veri.	32
Çizelge 4.6 Kazaların yol sınıfına göre dağılımı.	34
Çizelge 4.7 Kesimlere ait YOGT değerleri.	42
Çizelge 4.8 D.010-07 kesimi yatay hat elemanları ve kaza durumları veri örneği.	46
Çizelge 4.9 D.010-07 kesimi düşey hat elemanları ve kaza durumları veri örneği.	47
Çizelge 4.10 Trafik kazalarına ait yol D.010-07 kesimi geometrisini gösteren veri örneği. ...	49
Çizelge 5.1 İncelenen kesimdeki yıllık kaza sayıları.	52
Çizelge 5.2 İncelenen kesimdeki kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	52
Çizelge 5.3 Yatay hatta göre kaza sayıları.	53
Çizelge 5.4 Düşey hatta göre kaza sayıları.	53
Çizelge 5.5 Havanın aydınlanma durumuna göre kaza sayıları.	54
Çizelge 5.6 Hava durumuna göre kaza sayıları.	54
Çizelge 5.7 Yol yüzeyine göre kaza sayıları.	55
Çizelge 5.8 Oluş şekline göre kaza sayıları.	56
Çizelge 5.9 Yol geometrisi bileşenleri.	56
Çizelge 5.10 Yol geometrisi verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri.	57
Çizelge 5.11 Devlet yolu kesimlerinde yatay dönemeç ve teğet boyları.	58
Çizelge 5.12 Yatay dönemeç ve teğette kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı.	58
Çizelge 5.13 Yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı.	59
Çizelge 5.14 Teğet boyu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı.	62
Çizelge 5.15 Yatay dönemeç yönlerine göre teğet ve kaza sayıları.	64
Çizelge 5.16 Düşey dönemeç ve boyuna eğimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	65

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

No

Sayfa

Çizelge 5.17 Dere ve tepe düşey dönemeçlerde kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları. .	65
Çizelge 5.18 Tepe düşey dönemeç boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları..	66
Çizelge 5.19 Dere düşey dönemeç boyuna göre kilometre başına yıllık kaza sayıları.	68
Çizelge 5.20 Boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.	70
Çizelge 6.1 Korelasyon katsayısı ve ilişki dereceleri.....	78
Çizelge 6.2 Yol geometrisi elemanları arasındaki korelasyon analizi.	79
Çizelge 6.3 Yatay ve düşey geometrik elemanlar ile oluşturulan gruplar.	81
Çizelge 6.4 Oluşturulan gruplara ait genel bilgiler.	83
Çizelge 6.5 G1 grubu bağımlı ve bağımsız değişkenleri.	85
Çizelge 6.6 G1 grubu için yapılan VIF analizi sonuçları.	86
Çizelge 6.7 Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ve G1 grubunun bağımsız değişkenleri.	87
Çizelge 6.8 G1 grubu bağımsız değişkenleri için aykırı değerler.	90
Çizelge 6.9 Aykırı değerler çıkarılmış haliyle kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ve G1 grubunun bağımsız değişkenleri.....	91
Çizelge 6.10 G1 için çoklu regresyon analizi için varyans analizi sonuçları.....	94
Çizelge 6.11 G1 için çoklu regresyon analizi sonucu.	95
Çizelge 6.12 G2 grubu bağımlı ve bağımsız değişkenleri.	98
Çizelge 6.13 G2 grubu için VIF analizi sonuçları.....	98
Çizelge 6.14 Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ve G2 grubunun bağımsız değişkenleri.	99
Çizelge 6.15 G2 grubu bağımsız değişkenleri için aykırı değerler.	101
Çizelge 6.16 Aykırı değerlerin çıkarılmasından sonra kaza sayısı ve G2 grubundaki bağımsız değişkenler.....	102
Çizelge 6.17 G2 grubu için birinci çoklu regresyon varyans analizi sonuçları.....	105
Çizelge 6.18 G2 grubu için birinci çoklu regresyon özet çıktıları.	105
Çizelge 6.19 G2 grubu için ikinci çoklu regresyon varyans analizi sonuçları.	106
Çizelge 6.20 G2 grubu için ikinci çoklu regresyon analizi özet çıktıları.	106
Çizelge 6.21 G3 grubu için bağımlı ve bağımsız değişkenler.....	107
Çizelge 6.22 G3 grubu için yapılan VIF analizi sonuçları.	108
Çizelge 6.23 Kilometre başına yıllık kaza sayısı ve G3 grubunun bağımsız değişkenleri. ...	108

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.24 G3 grubu bağımsız değişkenleri için aykırı değerler.	109
Çizelge 6.25 Aykırı değerleri çıkarılmış haliyle kaza sayısı ve G3 grubundaki bağımsız değişkenler.	111
Çizelge 6.26 G3 grubu için varyans analizi sonuçları.	113
Çizelge 6.27 G3 grubu için çoklu regresyon analizi özet çıktıları.	114
Çizelge 6.28 G4 grubu için bağımlı ve bağımsız değişkenler.	115
Çizelge 6.29 G4 grubu için VIF analizi sonuçları.	115
Çizelge 6.30 Kilometre başına yıllık kaza sayısı ve G4'deki bağımsız değişkenler.	116
Çizelge 6.31 G4 grubu için varyans analizi sonuçları.	118
Çizelge 6.32 G4 grubu için çoklu regresyon analizi özet çıktıları.	118



EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

Sayfa

Ek A: Trafik Kazası Tespit Tutanağı Örneği.....	135
---	-----





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

y	: Bağımlı değişken
b	: Katsayı
x	: Bağımsız değişken
Q_1	: Alt çeyrek
Q_3	: Üst çeyrek
Δ	: Yatay dönemeç sapma açısı
t	: Yatay dönemeç teğet boyu
g	: Boyuna eğim
K	: Düşey dönemeç katsayısı
D	: Yatay dönemeç yay boyu
G	: Boyuna eğimlerin cebrik farkı
L	: Dönemeç boyu
R	: Yarıçap
S	: Some noktası

KISALTMALAR

ArcGIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı (Arc Geographic Information System)
ANOVA	: Varyans analizi (Analysis of variance)
FBE	: Fen Bilimleri Enstitüsü
D.010	: 10 numaralı Devlet Karayolu
DDT	: Düşey dönemeç tipi
DDY	: Düşey dönemeç yarıçapı
DDK	: Düşey dönemeç katsayısı
DDB	: Düşey dönemeç boyu
DDCF	: Düşey dönemeç cebrik fark

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü
G1	: Grup 1
G2	: Grup 2
G3	: Grup 3
G4	: Grup 4
IQR	: Çeyrekler açıklığı (Interquartile range)
Kaza ID	: Kaza numarası
Km	: Kilometre
KKNO	: Karayolu kesim numarası
KTEK	: Karayolu Tasarımı El Kitabı
m	: Metre
RB	: Rampa boyu
SPSS	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi (Statistical Package for the Social Sciences)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TB	: Teğet boyu
TO	: Dönemeç başlangıcı (Tangent Origine)
TF	: Dönemeç bitişi (Tangent Final)
VIF	: Varyans Artış Faktörü (Variance inflaction factor)
YDSA	: Yatay dönemeç sapma açısı
YDSAY	: Yatay dönemeç sapma açısı yönü
YDY	: Yatay dönemeç yarıçapı
YDTB	: Yatay dönemeç teğet boyu
YDYB	: Yatay dönemeç yay boyu
YOGT	: Yıllık ortalama günlük trafik
ZBEÜ	: Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Trafik kazaları, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde insani ve ekonomik kayıpların en önemli nedenlerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Bu kabul trafik kazalarını, karayolu güvenliğinin ana unsurlarından birisi haline getirmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2023 yılı verilerine göre her yıl yaklaşık 1,2 milyon insan trafik kazaları sonucu hayatını kaybetmektedir. Ayrıca 20 ila 50 milyon insan trafik kazaları nedeniyle ciddi şekilde yaralanmakta ya da sakat kalmaktadır (URL-1). Trafik kazaları yalnızca istatistikler ve raporlardan, ölen ya da yaralanan insanlar ise yalnızca birer sayıdan ibaret değildir. Her sayı, kaybedilen bir hayatı ve sonsuza kadar değişen gelecekleri gösterir. Bu kadar insani bir sorunun çözümüne yönelik yapılan çalışmalar, farklı alanlardaki araştırmacılar tarafından sürekli olarak güncellenmektedir. Fakat bu çabaya rağmen trafik kazalarını sonlandırmak için henüz ne teknoloji ne de yapılan çalışmalar yeterlidir. Yolların daha güvenli hale getirilmesi yalnızca yasalar ve düzenlemeler ile değil, aynı zamanda empati, sabır ve yolları paylaştığımız insanların hayatlarını gerçekten koruma özverişiyle gerçekleşebilir.

Trafik kazalarını etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. İnsan etmeni, kazaların gerçekleşmesindeki önemli nedenlerden biri olarak görünmektedir. Trafik ve yol geometrisi gibi yol ile ilgili etmenler de trafik kazalarının meydana gelmesindeki bir diğer önemli nedenlerdir. İdeal olarak yollar, tüm yol kullanıcılarının güvenliği göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Yol mühendisleri, uygun yol tasarımının yol güvenliği ile ilgili olduğuna inanırlar. Yolların tasarımını iyileştirmeye sürüşün daha güvenli hale getirilmesi sonucunda kaza sayısında ciddi azalmalar sağlanabilir. Araştırmacılar, karayolu tasarımını iyileştirmek ve daha güvenli bir sürüş ortamı sağlamak için trafik kazalarını etkileyen etmenleri belirlemekle ilgilenmektedirler. Bu etmenlerinin trafik kazaları üzerindeki etkilerinin belirlenmesi daha güvenli bir tasarımı sağlayacaktır. Ölümünün yanı sıra, kazalar sonucu oluşan yüksek maliyetler, karayolu güvenliğini iyileştirmeyi ulaştırma mühendisliğinin önemli bir hedefi haline getirmektedir.

Tez yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm girişe ayrılmış, konu, amaç ve yöntem belirtilmiştir. İkinci bölümde daha önce yapılan çalışmaların özetlerinin yer aldığı literatür kısmı sunulmuştur. Üçüncü bölümde Türkiye'deki trafik kazaları ile ilgili özet bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışma alanı incelenerek, Zonguldak iline ait yol geometrisi verileri ile trafik kazası verilerinin elde edilmesi ve bu verilerin eşleştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların ayrıntıları sunulmuştur. Beşinci bölümde trafik kazası ve yol geometrisi verilerinin tanımlayıcı istatistiklerine yer verilmiştir. Altıncı bölümde trafik kazaları ile yol geometrisi arasındaki ilişki modellenmiştir. Yedinci bölümde sonuçlar sunulmuştur.

1.1 KONU

Çalışma kapsamında Zonguldak ilinde 2016-2022 yılları arasında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası verileri ile şehri diğer illere bağlayan karayollarına ait geometrik verileri elde edilmiştir. Bu veriler arasındaki ilişki istatistik analizler ile belirlenmiş ve modeller geliştirilmiştir. Trafik kazalarına neden olan etmenlerden yol geometrisi elemanlarının incelenmesi ve bunların kazalar ile ilişkisini anlamlandırmak bu çalışmanın ana konusudur.

Karayolu geometrisi, bir yolun tasarım özelliklerini ifade eder ve bu özelliklerin trafik güvenliği üzerindeki etkisi, uzun yıllar yol mühendisliği ve yol güvenliği alanında önemli bir araştırma konusu olmuştur. Karayolu geometrisi, bir yol kesiminin yatay ve düşey unsurlarının bir araya gelmesiyle şekillenir ve bu eşleşmeler yolun tasarım ve güvenlik özelliklerini doğrudan etkiler (AASHTO 2018). Yatay dönemeç ile düşey dönemeç, yatay dönemeç ile boyuna eğim, yatay teğet ile düşey dönemeç ve yatay teğet ile boyuna eğim gibi dört temel geometrik eşleşme, karayolu tasarımının ana gruplarını oluşturur. Bu eşleşmeler sürücülerin görüş uzaklığı, hız kontrolü ve manevra yeteneklerini farklı şekillerde sınar. Her birinin kendine özgü karakteristikleri, yol performansı ve trafik güvenliği açısından önemli önem taşır.

Trafik kazaları genellikle, insan etmeni, taşıt özellikleri ve çevre koşullarının bir eşleşmesi sonucu meydana gelir. Karayolu güvenliği uzmanları, trafik kuralları, kanun uygulamaları ve eğitim programlarıyla ya da yerel trafik kontrol önlemleri ve yol geometrisindeki iyileştirmelerle kazaların etkisini azaltmaya çalışır. Bu bağlamda, karayolu güvenliğinin hem geçmiş kaza verilerine hem de belirli bir konumdaki kaza olasılıklarının değerlendirilmesine dayanması önemlidir. Ancak, yol geometrisinin trafik kazalarının oluşumundaki belirleyici rolü, farklı koşullar altında daha ayrıntılı şekilde incelenmelidir. Diğer yandan, sayısal

modelleme, trafik kazalarının sıklığını tahmin etmede yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın odak noktası ise, yol geometrisi özelliklerinin trafik kazalarının sıklığı üzerindeki etkisini incelemektir.

1.2 AMAÇ

Zonguldak il sınırları içerisindeki devlet karayollarında kırsal kesimde meydana gelen trafik kazalarının (bağımlı değişkenler), kaza noktalarındaki yol geometrisi özellikleri (bağımsız değişkenler) ile ilişkisini incelemek ve bu etkinin derecesini belirlemek, bu çalışmanın ana amacıdır. Bu amaç doğrultusunda, Yatay hat ve düşey hat özelinde trafik kazaları açısından riskli kesimleri belirlemek çalışmanın bir alt amacıdır.

Hem tasarım hem de güvenlik açısından yollar, kendine özgü zorluklar ve riskler barındırır. Bu bağlamda, bu çalışma, dört temel karayolu geometrik eşleşmesini detaylı bir şekilde analiz ederek, risk ve tasarım gerekliliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu farklı eşleşmeleri regresyon analizleri ile incelemek ve farklı modeller oluşturmak ise çalışmanın amacına yönelik sayısal sonuçlara ulaşılması bağlamında oldukça önemlidir.

Türkiye’de yapılan çalışmalar arasında, kapsamlı veriler ile büyük bir örneklem kullanılarak, birçok geometrik özelliğin aynı anda ilişkilendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca bölgesel bir veri kümesi üzerinden, kırsal kesimdeki yolların ne ölçüde kaza riski barındırdığı ve hangi geometrik özelliklerin kaza riskini artırdığını ortaya koyan ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, bahsedilen etkilerin sayısallaştırılmasına yönelik ilk çalışma olmuştur. Bu bağlamda, çalışmanın özgün değerinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, yol güvenliğinin artırılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesi ve yol geometrisi ile trafik kazası ilişkisini anlamaya yönelik önemli bir katkı sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmanın sonuçlarının yol tasarımcıları, karar vericiler ve trafik güvenliği ile ilgili diğer uzmanlar tarafından kullanılabilir olması açısından değerli olacağı düşünülmektedir. Bu yönleriyle çalışmanın, yerel yönetimlerin ve ilgili mühendislik birimlerinin, yol tasarımı ve güvenliği politikalarının geliştirilmesi çabalarına yardımcı olabilecek bulgular sunması hedeflenmiştir. Ayrıca akademik anlamda da çalışmanın yol geometrisinin kazaları nasıl etkilediği konusunda derinlemesine bir analiz sunduğu, literatürde bir boşluğu doldurduğu ve bir diğer çalışmalar için örnek olabileceği düşünülmektedir. Son olarak, çalışmada, kaza riskine dair geliştirilen modeller, yalnızca teorik değil, aynı zamanda

uygulama alanına yönelik bir nitelik taşımaktadır. Bu da çalışmanın, akademi dışındaki uygulamacılar tarafından da anlaşılması ve kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, tezin hem bilimsel hem de uygulamalı olarak değerli olduğu düşünülmektedir.

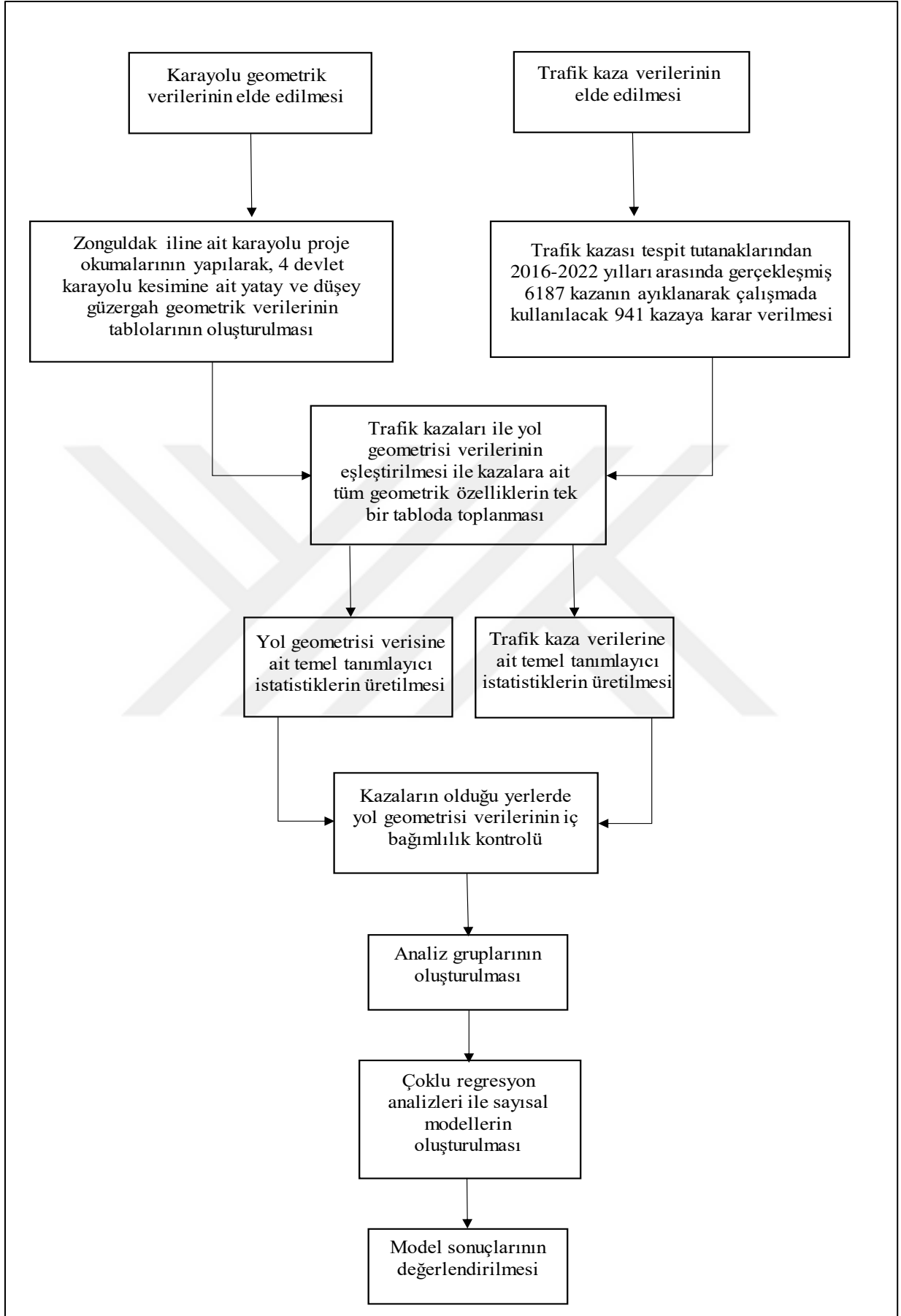
1.3 KAPSAM VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, Zonguldak Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü sorumluluğunda olan kırsal karayolu kesiminde, 2016-2022 yılları arasında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası verileri ile aynı yol kesimine ait karayolu geometrik verileri elde edilmiştir. Bu veriler arasındaki ilişki istatistikî analizler ile belirlenerek modeller geliştirilmiştir. Şekil 1.1’de çalışmanın iş akış şeması sunulmuştur.

Bu çalışmada, Emniyet Genel Müdürlüğü taşra örgütü tarafından tutulan trafik kazası tespit tutanaklarındaki trafik kazası verileri ile Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü’nden elde edilen karayolu projeleri kullanılmıştır. Zonguldak’ı çevre illere bağlayan karayoluna ait kırsal kesimdeki trafik kazası verileri, yol geometrisinin trafik kazaları üzerindeki etkilerinin daha ileri analizi için bir girdi olarak kabul edilmiştir. Zonguldak iline ait haritaların oluşturulması, karayolu trafik kazalarının yerlerinin tespit edilmesi (konumsal) ve verilerin mekâna dağılımının tespiti için ise ArcGIS kullanılmıştır. ArcGIS coğrafi verilerin toplanması, yönetilmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan bir coğrafi bilgi sistemleri platformudur.

Çalışmanın amacına ve yetkililerden toplanan verilerin türüne bağlı olarak analizler için değişkenler bağımlı ve bağımsız olarak ele alınmıştır. Buna göre, karayolu kazaları bağımlı değişken; yatay dönemeç yarıçapı, yatay dönemeç yay boyu, yatay teğet boyu, düşey dönemeç katsayısı, düşey dönemeç boyu, boyuna eğim değeri ve düşey teğet boyu ise bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir.

Çalışmada, yatay ve düşey hatlardaki elemanların karayolu trafik kazaları üzerindeki genel etkilerini belirlemek için bir dizi istatistik analiz yapılmıştır. Belirli bir veri kümesinin özelliklerini anlamamıza yardımcı olduğundan tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Kazaların hangi yol geometrisinde hangi oranda gerçekleştiği belirlenmiş, önemli yol kesimleri tespit edilmiş ve kazalara olan etki düzeyleri belirlenmiştir. Bu çalışmadaki verilerin yapısı gereği, karayolu trafik kazalarının belirleyici etmenlerini yol geometri verileriyle analiz etmek için çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 1.1 Çalışmanın iş akış şeması.



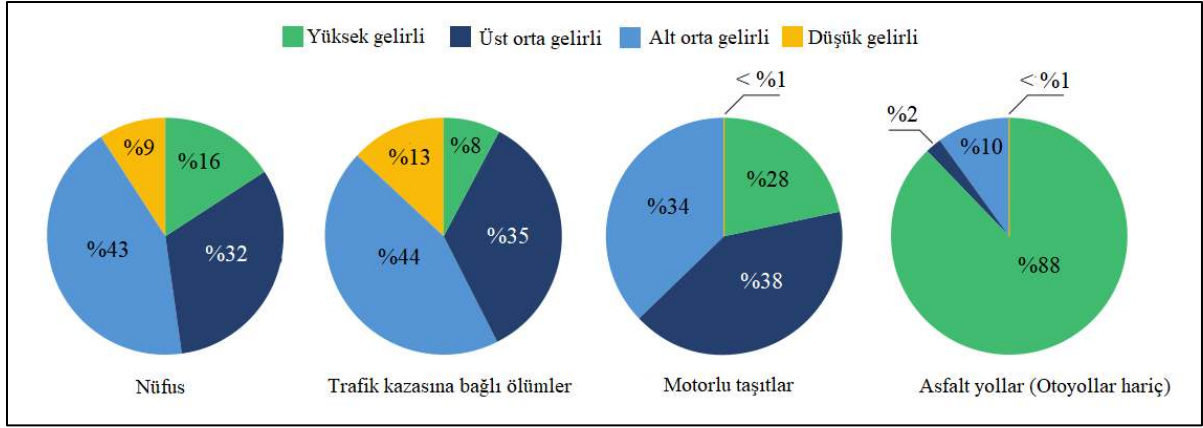
BÖLÜM 2

TRAFİK KAZALARINA GENEL BİR BAKIŞ

2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununa göre trafik kazası, karayolu üzerinde hareket halinde olan bir ya da birden fazla taşıtın karıştığı ölüm, yaralanma ve zararlı sonuçlanmış olaydır (KGM 1983). Trafik kazaları bir taşıtın başka bir taşıta, yayaya, hayvana, yol enkazına ya da ağaca, direğe, binaya çarpması sonucu meydana gelen küçük maddi hasarlardan, ciddi yaralanmalara ve ölümlere kadar çeşitli sonuçlar doğurabilir.

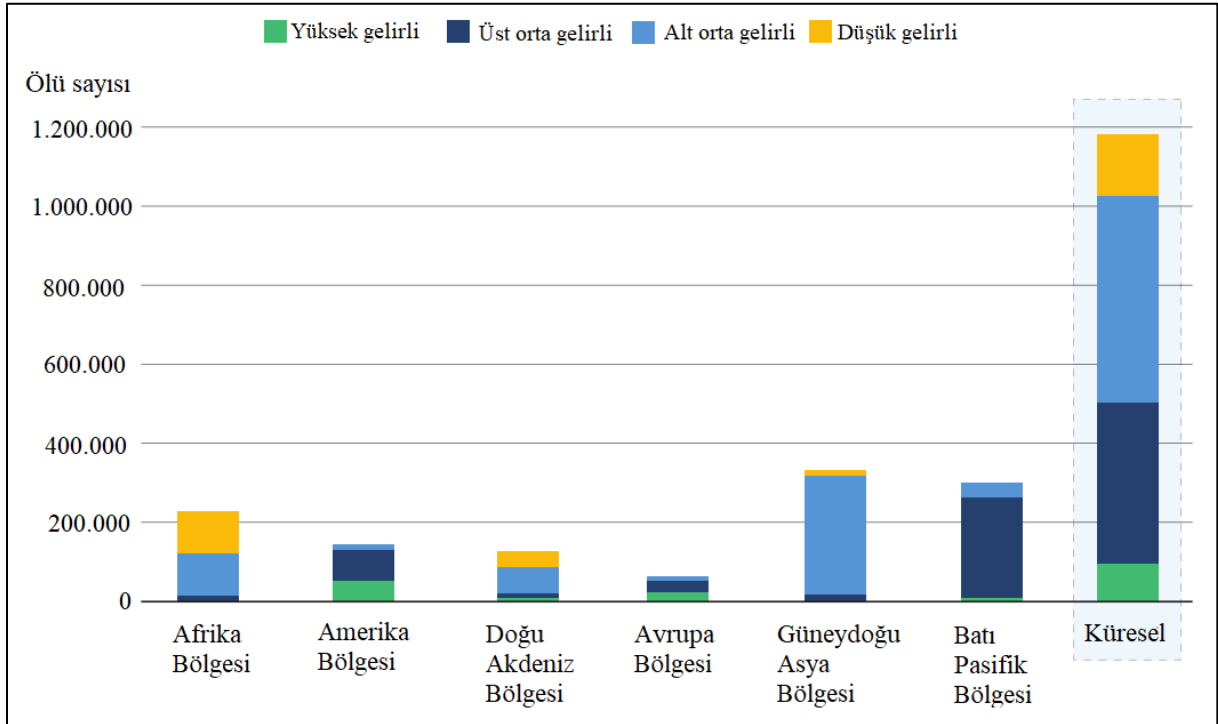
Kayıtlara geçen ilk trafik kazası, 1896 yılında Londra'da bir arabanın bir yayaya çarpmasıyla meydana gelmiş, bu kaza trafik kaynaklı ölümlerin bilinen ilk örneği olmuştur (Garrett 2014). Olayı inceleyen adli doktor "böyle bir şeyin bir daha asla yaşanmamasını" umduğunu ifade etmiştir (Radjou 2022). Bu olay, söylemin tam aksine, motorlu taşıtların yaygınlaşmaya başladığı o dönemden günümüze kadar artarak devam eden tehlikenin başlangıcı olmuştur.

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2023 yılı verilerine göre, her yıl yaklaşık 1,2 milyon insan trafik kazaları sonucu hayatını kaybetmektedir. Ayrıca 20 ila 50 milyon insan trafik kazaları nedeniyle ciddi şekilde yaralanmakta ya da sakat kalmaktadır. Trafik kazalarına bağlı yaralanmalar, 5-29 yaş arası çocuklar ve genç yetişkinler için önde gelen ölüm nedenidir. Trafik kazalarında hayatını kaybedenlerin yarısından fazlası, yayalar, bisikletliler ve motosikletliler gibi yol kullanıcılarıdır. Trafik kazaları cinsiyet özelinde değerlendirildiğinde, erkeklerin genellikle kadınlardan 3 kat daha fazla trafik kazalarında hayatını kaybetme riski taşıdığı belirtilmektedir (WHO 2023). Şekil 2.1'de ülke gelir seviyesine göre küresel nüfusun, trafik kazasına bağlı ölümlerin, motorlu taşıt sayılarının ve asfalt karayolu uzunluklarının oranlarına ait grafik sunulmuştur.



Şekil 2.1 Ülkelerin gelir seviyesine göre küresel nüfusun, trafik kazasına bağlı ölümlerinin, kayıtlı motorlu taşıtların ve asfalt yolların oranları (WHO 2023).

Trafik kazası ölümlerinin 10'da 9'u (%92) düşük ve orta gelirli ülkelerde gerçekleşmektedir. Bu ülkeler, taşıt sayılarının ve yol ağlarının büyüklüğüne kıyasla orantısız derecede yüksek ölüm oranları bildirmektedir. Düşük gelirli ülkelerde nüfus başına ölüm riski, yüksek gelirli ülkelere kıyasla üç kat daha fazladır. Üstelik Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, düşük gelirli ülkeler dünya genelindeki motorlu taşıtların yalnızca %1'ine sahiptir. Yüksek gelirli ülkelerde düşük sosyo-ekonomik geçmişe sahip kişiler trafik kazalarına daha fazla karışmaktadır. Şekil 2.2'de ülkelerin gelir seviyesine göre karayolu trafik kazası ölümlerinin sayıları sunulmuştur.



Şekil 2.2 Ülkelerin gelir seviyesine göre karayolu trafik kazası ölümlerinin sayıları (WHO 2023).

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi en fazla ölüm, küresel trafik kazası ölümlerinin %28’inin gerçekleştiği Güneydoğu Asya Bölgesi’nde meydana gelmektedir. Batı Pasifik Bölgesi %25, Afrika Bölgesi ise %19’luk bir paya sahiptir. Amerika Bölgesi %12, Doğu Akdeniz Bölgesi %11 ve Avrupa Bölgesi ise %5 oranında ölüm bildirmektedir. Ölüm oranları açısından değerlendirildiğinde, Afrika Bölgesi 100.000 kişi başına 19 ölüm ile en yüksek oranlara sahip olup, Avrupa Bölgesi 100.000 kişi başına 7 ölüm ile en düşük oranları göstermektedir. Böylece Afrika Bölgesi’ndeki ölüm oranları, Avrupa Bölgesi’ne kıyasla neredeyse üç kat daha fazladır. 1,19 milyon trafik kazası ölümünün üçte ikisi, çalışma çağındaki bireyler arasında meydana gelmekte ve bu durum toplumlarda büyük sağlık, sosyal ve ekonomik zararlara yol açmaktadır. Trafik kazaları, çoğu ülkede gayrisafi yurt içi hasılanın %3’üne mal olmaktadır. (WHO 2023).

Çizelge 2.1’de farklı bölgelerdeki ülkelere ait 2023 yılı trafik kazalarından kaynaklanan ölümler ve nüfus oranlarına ait bilgiler sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Ülkelere ait milyon kişi başına düşen ölüm sayıları.

Ülke	2023 Yılı Trafik Kazası Ölüm Sayıları	Nüfus (milyon)	Milyon kişi başına düşen trafik kazası ölümleri
İsveç	229	10,6	21,6
Danimarka	162	5,9	27,4
Almanya	2.839	83,2	34,1
Fransa	3.167	64,7	48,9
İtalya	3.039	58,8	51,6
Türkiye	6.548	85,3	76,7
Letonya	142	1,8	78,8
Bulgaristan	526	6,6	79,6

Çizelge 2.1’de sunulduğu şekliyle, Avrupa Birliği ülkelerinin 2023 yılı milyon kişi başına düşen trafik kazaları sayılarına bakılacak olursa, en düşük ölüm sayısı İsveç ve Danimarka gibi ülkelerdedir. Bu ülkeler trafik güvenliği açısından oldukça gelişmiş ülkelerdir. Letonya, Bulgaristan gibi ülkelere ise ölüm sayıları oldukça yüksektir. Türkiye ise bu ülkeler arasında ölüm oranı açısından yüksek sayılabilecek bir yere sahiptir. Çizelge 2.2’de Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) Türkiye’deki trafik kazalarına ait 2023 yılında açıkladığı istatistikler sunulmuştur.

Çizelge 2.2 Türkiye’deki karayolu trafik kazalarına ait istatistikler (TÜİK 2024).

Yıl	Trafığe Kayıtlı Taşıt Sayısı	Toplam Kaza Sayısı	Ölümlü/Yaralanmalı Kaza Sayısı	Maddi Hasarlı Kaza Sayısı	Ölü Sayısı			Yaralı Sayısı
					Toplam	Kaza Yerinde	Kaza Sonrası (1)	
2009	14.316.700	1.053.346	111.121	942.225	4.324	4.324	-	201.380
2010	15.095.603	1.106.201	116.804	989.397	4.045	4.045	-	211.496
2011	16.089.528	1.228.928	131.845	1.097.083	3.835	3.835	-	238.074
2012	17.033.413	1.296.634	153.552	1.143.082	3.750	3.750	-	268.079
2013	17.939.447	1.207.354	161.306	1.046.048	3.685	3.685	-	274.829
2014	18.828.721	1.199.010	168.512	1.030.498	3.524	3.524	-	285.059
2015	19.994.472	1.313.359	183.011	1.130.348	7.530	3.831	3.699	304.421
2016	21.090.424	1.182.491	185.128	997.363	7.300	3.493	3.807	303.812
2017	22.218.945	1.202.716	182.669	1.020.047	7.427	3.534	3.893	300.383
2018	22.865.921	1.229.364	186.532	1.042.832	6.675	3.368	3.307	307.071
2019	23.156.975	1.168.144	174.896	993.248	5.473	2.524	2.949	283.234
2020	24.144.857	983.808	150.275	833.533	4.866	2.197	2.669	226.266
2021	25.249.119	1.186.353	187.963	998.390	5.362	2.421	2.941	274.615
2022	26.482.847	1.232.957	197.261	1.035.696	5.229	2.282	2.947	288.696
2023	28.740.492	1.314.136	235.071	1.079.065	6.548	2.984	3.564	350.855

(1) Trafik kazasında yaralanıp sağlık kuruluşuna sevk edilenlerden kazanın neden ve tesiriyle 30 gün içinde ölenleri kapsamaktadır.

Çizelge 2.2'den görüldüğü gibi TÜİK verilerine göre, 2023 yılında Türkiye'de toplam 1 milyon 314 bin 136 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 1 milyon 79 bin 65 adedi maddi hasarlı, 235 bin 71 adedi ise ölümlü ya da yaralanmalı trafik kazasıdır. Yıl içerisinde meydana gelen ölümlü yaralanmalı trafik kazalarının %83,1'i yerleşim yeri içinde %16,9'u ise yerleşim yeri dışında meydana gelmiştir. Trafik kazalarında 6 bin 548 kişi hayatını kaybederken 350 bin 855 kişi yaralanmıştır.

Türkiye'de 2023 yılında meydana gelen 235 bin 71 adet ölümlü yaralanmalı trafik kazası sonucunda 2 bin 984 kişi kaza yerinde, 3 bin 564 kişi ise yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edildikten sonra kazanın neden ve tesiriyle 30 gün içinde hayatını kaybetmiştir. Karayolu trafik kazalarında 2023 yılında bir günde ortalama 644 ölümlü yaralanmalı kaza, 18 ölüm ve 961 yaralanma meydana gelmiştir. Trafik kazalarındaki toplam ölü sayısı bir önceki yıla göre %25,2 artmıştır.

2023'te, motorlu kara taşıtı sayısının %8,5 artmasına paralel olarak, toplam kaza sayısında %6,6, ölümlü ve yaralanmalı kaza sayısında %19,2 artış gözlemlenmiştir. Toplam ölü sayısı %25,2 ve yaralı sayısı %21,5 oranında artmıştır. Türkiye'de 1000 taşıt başına düşen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası oranı ise 8,2 olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de trafik kazalarına bağlı ölüm ve yaralanmalar, özellikle genç yaş gruplarını etkilemektedir. En fazla ölüm ve yaralanma oranı 25-64 yaş aralığındaki bireylerde görülmektedir. Ayrıca, çocuklar (0-14 yaş) yayalar arasında ölümlerin yüksek olduğu grubu oluşturmaktadır. Ülkemiz karayolu ağında 2023 yılında gerçekleşen trafik kazalarında ölen kişilerin yaklaşık %45'i sürücü, %32'si yolcu, %22'si ise yayadır. Trafik kazalarında ölenler ve yaralananlar cinsiyetlerine göre incelendiğinde ise ölenlerin %75,1'inin erkek, %24,9'unun kadın; yaralananların ise %68,7'sinin erkek, %31,3'ünün kadın olduğu görülmektedir. Trafik kazalarının ekonomiye maliyetinin Türkiye'de yıllık yaklaşık 20 milyar TL olduğu belirtilmektedir (TÜİK 2024).

Türkiye'de 2023 yılında ölümlü yaralanmalı trafik kazasına neden olan toplam 281.054 kusura bakıldığında kusurların %88,9'unun sürücü, %9,0'inin yaya, %1,1'inin taşıt, %0,6'sının yolcu ve %0,3'ünün yol kaynaklı olduğu görülmektedir (TÜİK 2024). Bu yüzden, trafik kazalarının oluşundaki ana etmenler,

- İnsan (sürücü, yaya, yolcu)
- Taşıt
- Yol ve çevre etmenleri olarak gruplandırılabilir.

Her bir etmenin trafik kazalarını etkileme derecesi trafik kazasının türüne bağlıdır. Trafik kazalarını etkileyen yol kaynaklı etmenler tasarımcılar tarafından kontrol edilebilir olduğundan, bu etmenlerle ilgili yapılan çalışmalar etkiyi biraz da olsa azaltabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Tüm bu veriler incelendiğinde, trafik kazası olgusunun aslında ne kadar karmaşık ve çok değişkenli olduğu açıkça görülmektedir. Nedenleri ve sonuçları aynı anda bu kadar geniş bir etki yelpazesine sahip bu olay ile ilgili çalışmalar ve sonuçlarının değerli olmasının ana sebebi budur. Trafik kazaları bireyler, aileler, topluluklar ve genel olarak toplum üzerinde geniş kapsamlı etkilere sahiptir. Bu etkilerin en başında insani etkiler gelmektedir. Ölümlerin ve yaralanmaların; kazadan kurtulanlar, tanıklar ve ölenlerin aileleri üzerinde travma sonrası stres bozukluğu, anksiyete, depresyon ve diğer ruh sağlığı sorunlarını oluşturduğu bilinmektedir. Bir diğer önemli etki ise ekonomiktir. Trafik kazalarından kaynaklanan yaralanmaların tedavisi oldukça maliyetli olabilir. Bu, acil bakım, cerrahi müdahaleler, rehabilitasyon ve uzun süreli bakım gibi harcamaları içerir. Yaralanmalar ve ölümler, üretken iş gücünün kaybına yol açarak ailelerin gelirini ve genel ekonomiyi olumsuz etkiler. Kazalar, taşıtlarda ve altyapıda önemli hasarlara yol açar ve onarım maliyetlerini artırır. Bir diğer önemli etki ise çevreyedir. Trafik kazaları yakıt ve kimyasal maddelerin dökülmesine ve çevrenin kirlenmesine yol açabilir. Kazalar önemli trafik gecikmelerine ve sıkışıklıklara neden olabilir. Hava kirliliğini artırır ve taşıtların yakıt tüketimini yükseltir.

Karayolu güvenliği küresel bir problem olmaya devam etmektedir. Yüksek gelirli ülkelerde gelişmiş altyapı ve taşıt güvenlik standartları sayesinde trafikle ilgili ölümlerde azalma görülse de düşük ve orta gelirli ülkeler hâlâ yüksek kaza oranlarıyla karşı karşıyadır. Trafik kazalarını azaltmaya yönelik çabalar arasında uluslararası yol güvenliği girişimleri, trafik kanunlarının daha sıkı uygulanması ve daha güvenli sürüş davranışlarının özendirilmesi yer almaktadır. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, 2030 yılına kadar trafik kazalarından kaynaklanan ölümlerin ve yaralanmaların sayısını yarıya indirme hedefini belirlemiştir (BM 2020).

BÖLÜM 3

LİTERATÜR TARAMASI

Karayolu geometrisinin trafik kazaları üzerindeki etkisini anlamaya ve sayısallaştırmayı amaçlayan çalışmaların çoğu, kaza verilerine ek olarak yol geometrisi verilerinin bir kısmını incelemiştir. Tüm geometrik verilerin bir arada ve farklı eşleşmelerle incelendiği ve kazalarla ilişkilendirildiği çalışma oldukça azdır. Literatürün çoğu, kaza oranını tahmin etmeyi ve bu oranı etkileyen çeşitli etmenlerin tanımlanmasını ele almaktadır. Kara noktaların belirlenmesi de diğer yapılan çalışmalardır. Tezin bu bölümünde, yol geometrisi elemanları ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Washington Eyaleti'ndeki 10.900 dönemece ait değişkenlerden oluşan birleştirilmiş bir veri seti analiz edilerek, dönemeçte gerçekleşen kazalar incelenmiştir. İstatistiksel model analizleri; keskin ve dar dönemeçlerin, birleştirme eğrisinin azlığının ve deverin yetersizliğinin önemli ölçüde daha yüksek dönemeç kazaları ile arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Diğer tüm faktörler sabit tutulduğunda, daha yüksek trafik hacmi ve daha uzun dönemeç boylarının da dönemeç kazalarını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Yatay dönemeç sapma açısının küçültülmesinin, merkezi açıya ve küçültme miktarına bağlı olarak kaza sıklığını %80'e kadar azaltabildiği belirtilmiştir. Yeni veya mevcut bir dönemece birleştirme eğrisi eklenmesinin de dönemeçte gerçekleşen kazaları yaklaşık %5 oranında azaltacağı belirtilmiştir. Çalışmada, dönemeç boyunun 4 kat artmasının da kaza oranını 3 kat artırabileceği sonucuna varılmıştır (Zegeer V et al. 1992).

Amerika Birleşik Devletleri Virginia'da yapılan bir araştırmada, kazaların temel nedenlerini belirlemek amacıyla 10.000'e yakın kaza ve 30'dan fazla değişken, farklı yol sınıflarına ve çarpışma türlerine göre gruplandırılmıştır. Çalışmada, 4 yıllık kaza verileriyle birlikte hız ve trafik hacmi bilgileri toplanmıştır. Araştırmacılar, kazaların altında yatan nedenleri ortaya çıkarmak için hata ağacı analizi ve genelleştirilmiş doğrusal modeller kullanmışlardır. Bu analizler sonucunda yoldan çıkma türünde gerçekleşen kazaların, tüm kazaların %70'ini oluşturduğunu ve yarıçap ile yıllık ortalama günlük trafiğin önemli iki değişken olduğu belirlenmiştir. Bu tip kazalarının yaygın olduğu kesimlerde yatay dönemeç yarıçaplarının,

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)'nın mevcut hız sınırları için belirlediği en küçük değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu tür kesimlerde dönemeç yarıçaplarının en küçük gereksinimlere uygun şekilde artırılması ve bu düzenlemeler tamamlanana kadar mevcut yarıçaplara uyumlu zorunlu hız sınırlarının uygulanması gerektiği önerilmiştir. Bu bulguların, yol geometrisi tasarımında yatay dönemeç yarıçapının önemli bir etmen olduğunu ve uygun iyileştirmelerin kazaları önemli ölçüde azaltabileceğini ortaya koyduğu belirtilmiştir (Garber and Kassebaum 2008).

New York, Washington ve Texas'ta toplam 563 dönemeç incelenerek kırsal karayollarında yatay dönemeçlerdeki kaza oranlarının, yatay dönemeç ve teğet boyu gibi değişkenlere dayalı olarak değerlendirilmesi ortaya konulmuştur. Yatay dönemeçlerde kaza oranının eğrilik ile bağlantılı olduğunu öne sürülmüştür. Özellikle yatay dönemeç öncesi uzun teğetlerin ve kısa görüş uzaklığının, daha kısa yarıçaplı dönemeçlerde kazaları olumsuz yönde etkileyebileceği belirtilmiştir. Yatay dönemeç öncesindeki uzun teğetlerin (>427 metre), kısa yarıçaplı dönemeçler (<107 metre) ve kısa görüş uzaklıklarının (<61 metre) bir araya geldiği durumların güvenlik açısından olumsuz etkiler yarattığını belirtilmiştir. Ayrıca, bu değişkenlerin etkilerinin daha açık bir şekilde tanımlanması için ek araştırmalara gereksinim duyulduğu belirtilmiştir (Fink and Krammes 1995).

Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmada tüm asfalt kaplama yolları kapsayan yatay dönemeç, boyuna eğim, kaplama pürüzlülüğü ve kayma direnci verilerini içeren bir çarpışma tahmin modeli geliştirilmiştir. Çalışma için trafik hacmi verileri ile çarpışma verileri 5 yıl boyunca derlenmiştir. Bu verilerin analizi sonucunda boyuna eğimli kesimlerin, eğimsiz kesimlere kıyasla yaklaşık %6 eğime kadar daha düşük (%12) çarpışma riskine neden olurken, boyuna eğimin %6'nın üzerinde olduğu eğimlerde daha büyük artışlara neden olduğu belirtilmiştir (Polus et al. 2005).

Kuzey İsrail'deki araştırmacılar, iki şeritli kırsal karayollarının altyapısının trafik kazaları üzerindeki etkisini değerlendirmek ve niceliksel olarak belirlemek için en küçük uzay analizi yöntemini kullanarak, rastgele seçilmiş 28 karayolunda veri toplamışlardır. İyi inşa edilmiş ve bakımı düzenli yapılan karayollarının, kötü altyapıya sahip yollara kıyasla %99 güven aralığında kaza oranlarını %44 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Polus, Pollatschek, and Farah 2007).

İsveç'in batı bölgelerindeki kaza ve yol bakım verilerini kapsayan çalışmada, 2000-2005 yılları arasında bölünmüş yollarda raporlanan 3.000'den fazla kaza kaydı ve yol geometrisi verileri ile yol yüzeyi verileri bir araya getirilerek analiz edilmiştir. İstatistiksel analizler sonucunda, 250 metreden daha küçük yarıçapa sahip sağ tarafa dönen yatay dönemeçlerde, yoldan çıkma şeklinde gerçekleşen kazaların oranının, sol tarafa dönen dönemeçlere göre daha yüksek olduğunu ortaya konmuştur. Sağa dönen yatay dönemeçlerde sırasıyla 700 metre ve 1.000 metre yarıçaplardaki kazaların, sola dönen yatay dönemeçlere göre iki kat ve üç kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Othman et al. 2010).

Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmada kırsal eyalet karayollarında yol geometrisi, yol yüzeyi durumu ve kaza verilerini birleştirerek trafik kazası tahmin modeli geliştirmek amaçlanmıştır. Yeni Zelanda'nın 22.000 kilometrelik devlet karayolu ağını kapsayan çalışmada anketler, 5 yıllık trafik hacmi verileriyle birlikte yol geometrisi verileri derlenmiş ve tanımlayıcı istatistikler ve regresyon analizleri yapılmıştır. Modeller değişkenlerin, 2. ve 3. dereceden polinom fonksiyonlarıyla doğrusal olmayan etkilerini dikkate alarak, yatay dönemeçlerin kaza oranları üzerinde etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Yatay dönemeç yarıçaplarının kısa (150 metreye kadar olan) olanlarında kaza oranlarının arttığı, kayma direncinin yetersiz olduğu yollarda kazaların daha sık yaşandığı belirtilmiştir (Cenek D et al. 2012).

Tektaş'ta yapılan araştırmada, bölünmüş yollardaki yatay dönemeçler için ölüm ya da ciddi yaralanma içeren kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Wisconsin Eyaletindeki 11.427 yatay dönemeç verileri kullanılarak 13'ten fazla değişken ve 4 farklı kaza veri türüyle modeller oluşturulmuştur. 1.000 metreden büyük yarıçaplı yatay dönemeçlerde daha düşük yarıçaplı dönemeçlere göre, daha fazla ölümlü kazanın meydana geldiği belirlenmiştir. Yaklaşık 750 metreye kadar olan yarıçaplarda, daha küçük yarıçaplara göre kaza sayısında belirgin bir artış olduğu bildirilmiştir. Çalışma, daha büyük yatay dönemeç yarıçaplarının kaza sayısını azalttığını ortaya koymuştur (Khan et al. 2013).

Avustralya'da yapılan bir çalışmada, 400 metreden daha küçük yarıçaplı dönemeçlerin, 400 metreden daha büyük yarıçaplı dönemeçlere göre daha yüksek kaza riski taşıdığı belirlenmiştir. Çalışmada, yoldan çıkma şeklinde gerçekleşen kazaları azaltmak için daha büyük yarıçaplı dönemeçler ve otokorkulukların kullanılması gibi tedbirlerin faydalı olabileceğinden bahsedilmektedir. Art arda gelen yatay dönemeçler arasında kısa teğetlerin (<150 m) olması,

özellikle görüş uzaklığı ve taşıt hâkimiyeti açısından kaza riskini arttıran bir durum olarak tespit edilmiştir (El-Basyouny et al. 2014).

Sırbistan'daki iki şeritli kırsal yolların incelendiği bir çalışmada, trafik kazaları ile etkileyen farklı etmenler arasındaki ilişkiyi araştırmak için modelleme yapılmıştır. Yatay dönemeç yarıçapının trafik kazası sayısı üzerindeki etkisini bulmak için yapılan regresyon analizi sonucunda, yatay dönemeç yarıçapının artmasının yılda kilometre başına düşen trafik kazası sayısını azalttığı belirtilmiştir. 0 ile 200 metre arasındaki yarıçaplarda gerçekleşmiş kazalarda, 200 metre yarıçaplara yaklaşıldıkça trafik kazası sayısında ani bir düşüşten bahsedilmektedir. Kaza sayısı, yarıçap boyutu yaklaşık 400-500 metre olana kadar düşmüş, 500 metreden büyük yarıçaplar için ise trafik kazası sayısında anlamlı bir azalma kaydedilmemiştir. Bu durum, özellikle 200 metreden kısa olan dönemeçlerin kaza riskini artırdığına ve dönemeç yarıçapının artmasıyla kazaların azaldığına işaret etmektedir (Milenković and Trpković 2016).

Avustralya'da araştırmacılar tarafından yol geometrisi özelliklerinin kaza riski üzerindeki etkileri üzerine bir çalışma yapılmıştır. Analizlerde geometrik özellikleri içeren veri, trafik hacmi ve 10 yıllık kaza verileriyle birlikte, düşük hacimli yollar için kaza riskleri belirlenmiştir. Küçük yarıçaplı dönemeçlerin (özellikle 400 metrenin altındakiler), daha büyük yarıçaplı dönemeçlere göre daha yüksek kaza risklerine sahip olduğu belirtilmiştir. Yüksek hızlarda sürücülerin görüş uzaklıklarının sınırlı olması nedeniyle daha fazla kaza yaşandığı gözlemlenmiştir. Sapma açısı 30 derece ya da daha yüksek olan yatay dönemeçlerde kazalar, sapma açısı 5 derecenin altındakilerle karşılaştırıldığında 10 kat daha fazladır. Bu bulguların yollar için kaza risklerini nicel olarak belirleyerek, gelecekteki güvenlik tedbirlerinin değerlendirilmesinde faydalı olacağı vurgulanmıştır (Ewan, Al-Kaisy, and Hossain 2016).

Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışma, kırsal karayollarındaki yatay dönemeçlerde kazaların geometrik değişkenlerle olan ilişkisini analiz etmek, bir kaza tahmin modeli geliştirmek ve değerlendirme ölçütü oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Yeni Zelanda'daki tüm asfalt yolları kapsamakta olup, beş yıllık trafik hacmi verisiyle birlikte tanımlayıcı istatistikler ve regresyon analizi kullanılmıştır. Araştırmada sapma açısı, görüş uzaklığı, yatay dönemeç boyu, yatay dönemeç yarıçapı, yol genişliği ve kayma direnci gibi geometrik parametrelerin kazalar üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur. Yol kesimlerindeki yatay dönemeçlerin değerlendirilmesi, düşük riskli, orta riskli ve yüksek riskli dönemeç sayısının belirlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, EPDO (eşdeğer maddi hasarlı

kaza) değeri 20 veya daha büyük olan dönemeçler yüksek riskli dönemeç olarak belirlenmiştir ve sayılarının çalışma bölgesinde oldukça fazla olduğu belirtilmiştir. Yüksek riskli dönemeçlerin belirlenmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılmasının, yolların güvenliğinin artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. (Mohan et al. 2020).

Endonezya'daki kırsal yollar üzerinde yapılan bir çalışmada, 16,8 kilometre uzunluğundaki Wringin Karayolu'nda taşıt hızının dönemeç yarıçapı, sapma açısı ve boyuna eğim ile ilişkisi modellenmiştir. Bu çalışmada regresyon analizi yöntemi kullanılarak taşıt hızı ile yolun geometrik özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada bağımlı değişken olarak taşıt hızı, bağımsız değişken olarak ise dönemeç yarıçapı, sapma açısı ve boyuna eğim kullanılmıştır. Analiz sonucunda, boyuna eğimin taşıt hızı üzerinde %93,3, dönemeç yarıçapının taşıt hızı üzerinde %99,3 oranında etkili olduğu tespit edilmiştir. Sapma açısının etkisi ise %0,7 ile %6,7 arasında sınırlı kalmıştır (Cahayani et al. 2020).

Yapılan bir çalışmada, yaklaşık 4.000 kilometre uzunluğunda, 3,6 metre şerit genişliğinde iki şeritli yolların kaza ve geometrik verileri dikkate alınarak negatif binom regresyon modeli oluşturulmuştur. Model boyuna eğimin kazalar üzerindeki etkisini, eğim yüzdesindeki her 1'lik artış için kazaların yaklaşık %1,6 artışı olarak tahmin etmiştir. Boyuna eğim artışının yılda kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu bulgunun, yol geometrisinin trafik güvenliği üzerindeki etkilerine dair önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir (Trentacoste 2000).

2017-2021 yılları arasında Budapeşte kent içindeki trafik kazası verilerini analiz edilerek yol geometrisinin kazalar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Teğet kesimlerinde trafik kazalarının sıkça meydana geldiği gözlemlenmiş; yatay dönemeçler ve üç şeritli yollarda ise kazaların daha yüksek şiddet seviyelerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Regresyon modeli kullanılarak, aydınlanma koşulları, çarpışma tipi, yol geometrisi ve hızın trafik kazaları üzerindeki etkisi değerlendirilmiş, özellikle yatay eğrilikli yol kesimlerinin ölümcül kazalarla doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Teğet kesimlerinde gerçekleşen trafik kazalarının, dönemeç kesimlerine göre %63,7 oranında daha fazla olduğu görülmüştür. Şiddet indeksi analizinde, en yüksek şiddet değeri yatay dönemeçlerde kaydedilmiş ve hafif yaralanmalardan ölümcül trafik kazalarına kadar anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Jima and Sipos 2022).

İncelenen tüm çalışmalarda araştırmacılar, kazaları geometrik özellikler olan bağımsız değişkenlerle ilişkilendirmek için farklı yaklaşımlar denemişlerdir. Çalışmalarda öne çıkan geometrik özellikler yatay dönemeç yarıçapı ile boyuna eğimdir. Yol geometrisi oluşumu ve bunun karayolu trafik kazaları üzerindeki etkisi üzerine farklı araştırmalar, farklı nitelikler ve bunların katkı düzeylerini göstermiştir. Çalışmaların çoğu, seçilen yol bölümleri, kırsal yol ağları, kavşaklar, belirli sayıda şerit, küçük yol ağları vb. gibi mikroskobik bir düzeye odaklanmıştır. Farklı yol geometrilerinin kazalara etkisini açıklamak için farklı analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bağımsız değişkenleri, değişkenin yapısına uygun birer analiz yöntemiyle açıklamak araştırmacıların sonuca ulaşmak için kullandıkları önemli bir araç olmuştur. Modeller, geçmiş kaza verilerine ve yol ağından seçilen deneysel bölümlerin özelliklerine dayanmaktadır.

Isparta-Antalya karayolu üzerinde 1996-1999 yılları arasında meydana gelen trafik kazaları, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz edilmiş ve kaza kara noktalarının belirlenmesi sağlanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, kazaların büyük bir kısmının yolun teğet kesimlerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, kazaların çoğunlukla gündüz saatlerinde ve açık hava koşullarında gerçekleştiği görülmüştür (Karaşahin and Terzi 2003).

1990-2002 yılları arasındaki trafik kazalarını ve bu kazalara etki eden faktörleri inceleyen bir çalışmada, kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. 12 bağımsız değişken kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucunda, modelde yol uzunluğu ile 0-2 yıl arasında sürücü belgesine sahip olan kişilerin kaza sayısının anlamlı değişkenler olduğu belirlenmiştir. Özellikle, ehliyeti 0-2 yıl arasında olan sürücülerin kaza yapma olasılığının daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur (Korkmaz 2005).

Aksaray ilinde 2000-2003 yılları arasında gerçekleşen toplam 1.480 trafik kazasının incelendiği bir çalışmada, kazaya karışan taşıtlar ölümlü/yaralanmalı ya da maddi hasarlı olarak bağımlı değişkenler şeklinde sınıflandırılmış ve lojistik regresyon analizi yapılmıştır. Çalışmada kazalara etki eden faktörler arasında mevsim, zaman dilimi, kaplama türü, yol yüzeyi durumu, sürücü yaşı ve sürücü deneyimi yer almıştır. Elde edilen bulgulara göre, maddi hasarlı kazaların gündüz saatlerinde geceye kıyasla 1,78 kat daha fazla meydana geldiği, ilkbaharda gerçekleşen maddi hasarlı kazaların kış aylarına göre 1,36 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 30 yaş altındaki sürücülerin maddi hasarlı kazalara karışma olasılığının 30 yaş üzerinelere göre

1,93 kat, sürücü deneyimi 5 yılın altında olanların ise 5 yılın üzerindeki sürücülere göre 2,08 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Bektaş and Hınıs 2008).

Mersin şehir merkezinde 2006-2009 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının sıklığı ve etkileyen faktörleri analiz eden bir çalışmada, en fazla kazanın gerçekleştiği bölgeler belirlenerek istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, kazaların en önemli nedeninin sürücü hataları olduğu tespit edilmiş; özellikle arkadan çarpma, kavşaklarda geçiş hakkına uymama ve doğrultu değiştirme kurallarına riayet etmeme gibi hataların ön planda olduğu görülmüştür. Kazaların büyük bir kısmının gündüz saatlerinde ve özellikle 12.00-17.00 saat aralığında meydana geldiği, en yaygın kaza türünün ise çarpışmalar olduğu belirlenmiştir (Bulak 2010).

Eskişehir’de 93 kavşakta 2005-2010 yılları arasındaki kaza verileri kullanılarak yapılan bir çalışmada, bağımlı değişken olarak ölümlü veya yaralanmalı kaza sayısı, açıklayıcı değişken olarak ise boyuna eğim, yol şekli ve şerit sayısı ele alınmıştır. Analizler sonucunda, yol şeklinin kaza sayısı ile ilişkili olduğu, özellikle teğet kesimlerin dönemeçlere kıyasla daha fazla kazaya sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yolun boyuna eğiminin artmasının kaza sayısında azalmaya neden olduğu görülmüştür (Kaygısız 2012).

Ankara’da gerçekleştirilen bir çalışmada, 2015 yılında meydana gelen tüm ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına ilişkin veriler toplanarak analiz edilmiştir. Çalışmada, yolun geometrik özellikleri, hava durumu, gün ışığı koşulları, trafik işaretleri, kazaya karışan kişi ve araç sayısı gibi faktörler ele alınmıştır. Bulgular, en fazla kazanın Mayıs ayında ve 18.00-19.00 saatleri arasında meydana geldiğini göstermiştir. Kazaların büyük ölçüde bölünmüş yollarda, açık hava koşullarında ve kuru yol yüzeylerinde gerçekleştiği, yol geometrisine bağlı olarak ise kavşaklarda ve deşerli kesimlerde kaza oranlarının arttığı belirlenmiştir (Uyurca and Atılğan 2018).

Eskişehir’de 2016-2017 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının iklim koşulları, zaman dilimi ve kaza lokasyonu arasındaki ilişkisini inceleyen bir araştırmada, trafik kazalarının yoğunluk analiz haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, olumsuz hava koşullarında trafik kazalarının azaldığı, ancak açık hava koşullarında kazaların arttığı gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca yedi farklı kaza kara noktası belirlenmiş ve trafik

kazalarının %40'ının 14.00-19.59 saatleri arasında meydana geldiği tespit edilmiştir (Zerenoglu 2020).

Türkiye genelinde trafik kazalarına etki eden yol faktörlerini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada, yıl, ton-km, toplam nüfus, toplam kaza sayısı, toplam yol uzunluğu ve toplam taşıt sayısı gibi değişkenler kullanılarak yapay sinir ağı yöntemiyle modelleme gerçekleştirilmiştir. Beş farklı model oluşturulmuş ve bunlar arasında 0,97 regresyon katsayısına sahip Model 4'ün en başarılı model olduğu belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre, Türkiye'de yol kusurlarının öncelikli olarak kaza sayısı, toplam yol uzunluğu, nüfus ve yıl değişkenleriyle ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (Özbek 2022).

Türkiye'de trafik kazaları üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle kazalara ait verilerin toplanarak istatistiksel analizler yoluyla çeşitli çıkarımlar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların önemli bir kısmı, trafik kazalarını etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla regresyon analizleri, lojistik regresyon modelleri ve yapay sinir ağları gibi farklı yöntemler kullanarak kazaların oluşumunu etkileyen değişkenleri ortaya koymaktadır. Sürücü özellikleri, yolun geometrik durumu, hava koşulları ve trafik işaretleri gibi etmenlerin kazalar üzerindeki etkisi sıkça araştırılan konular arasındadır. Bir diğer önemli çalışma grubu ise kaza kara noktalarının belirlenmesine yönelik araştırmalardır. Bu tür çalışmalarda, kazaların yoğunlaştığı yüksek riskli bölgeler tespit edilerek bu alanlara yönelik önleyici tedbirlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Özellikle coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılan analizler, belirli kesimlerde kazaların hangi nedenlerle yoğunlaştığını anlamak ve yol güvenliğini artırmaya yönelik öneriler geliştirmek açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.

BÖLÜM 4

ÇALIŞMA ALANI VE VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

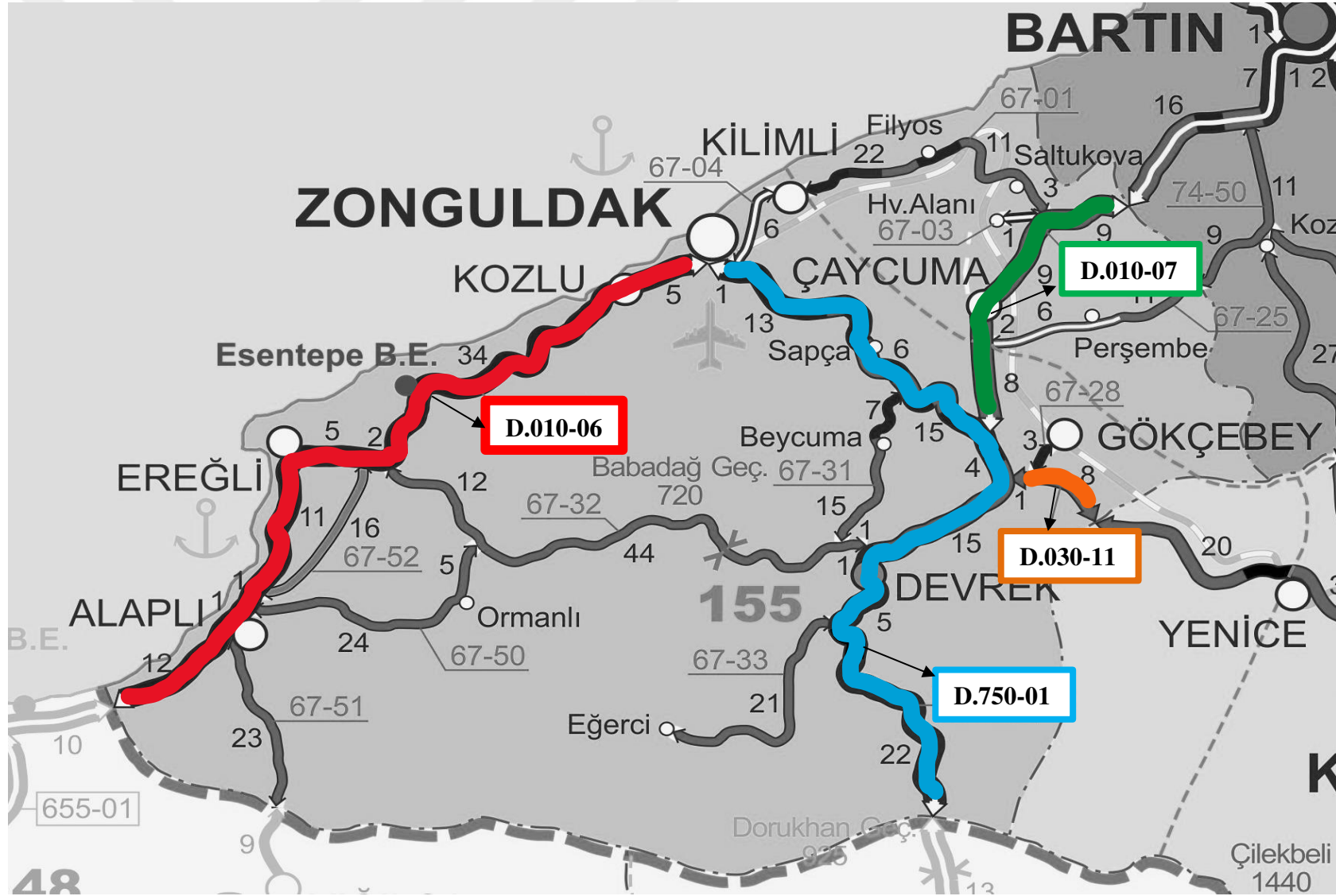
4.1 ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışmada, trafik kazaları ile yol geometrisi ilişkisinin belirlenmesi amacıyla bölgesel bir inceleme yapılması planlanmıştır. Çalışma kapsamında hem trafik kazası verilerinin hem de yol geometrisi verilerinin temin edilmesi gerektiğinden, Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Zonguldak ilindeki yol ağı gözden geçirilmiştir. Zonguldak'ta 231 kilometre uzunluğunda 11 adet il yolu ve 190 kilometre uzunluğunda 4 adet devlet yolu bulunmaktadır. Trafik kazası verileri yalnızca devlet yol ağındaki yollardan temin edilebildiğinden çalışmanın Zonguldak'ı çevre illere bağlayan 4 adet bölünmüş devlet yolundaki kazaları kapsaması gerektiğine karar verilmiştir. Bu yollara ait Karayolu Kesim Numaraları (KKNO) ve yerleri Şekil 4.1'de sunulmuştur.

Şekil 4.1'de gösterilen karayolları ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- D.010-06 adı ile anılan, Akçakoca (Düzce) sınırından başlayıp Alaplı ve Ereğli ilçelerini geçerek Zonguldak'ta sonlanan 71 kilometre uzunluğundaki kesim (kırmızı renkteki hat) çalışmanın birinci kesimidir.
- D.010-07 adı ile anılan, Çaycuma kavşağından başlayıp Bartın il sınırına kadar olan 28 kilometre uzunluğundaki kesim (yeşil renkteki hat) çalışmanın ikinci kesimidir.
- D.030-11 adı ile anılan, Devrek'ten başlayıp Karabük il sınırına kadar olan 9 kilometre uzunluğundaki kesim (turuncu renkteki hat) çalışmanın üçüncü kesimidir.
- D.750-01 adı ile anılan, Zonguldak'tan başlayıp Çaycuma kavşağı ve Devrek ilçesini geçerek Bolu il sınırına kadar olan 82 kilometre uzunluğundaki kesim (mavi renkteki hat) çalışmanın dördüncü kesimidir.

Zonguldak ilinde incelenmesine karar verilen bu 4 kesimde çalışmanın gerçekleştirilebilmesi adına ilk adım, bu kesimlere ait yol geometrisi verilerinin elde edilmesi olmuştur.



Şekil 4.1 Zonguldak ili devlet ve il yolları (URL-2).

4.2 KARAYOLU GEOMETRİK VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Çalışma kapsamında Zonguldak ili devlet yollarına ait geometrik verilerin elde edilmesi amacıyla ilgili kesimlere ait yol projelerinin temin edilmesi gerekmiştir. Çalışmada kullanılacak olan geometrik verilere ait sayısal değerlerin, yol projelerinden doğrudan okunarak ya da projedeki veriler kullanılıp hesaplanarak elde edilmesi düşünülmüştür.

İlk olarak, Zonguldak ilinin bağlı olduğu Karayolları Genel Müdürlüğü 15. Bölge Müdürlüğünden Zonguldak iline ait yol projeleri elde edilmiştir. Projelerin, ilgili yollara ait tüm bilgilere ulaşmak için en önemli kaynak olduğu düşünülmüştür. Zonguldak ili devlet yollarına ait (taşınabilir belge formatında, pdf) toplamda 186 adet proje elde edilmiştir. Her bir kesime ait yolun Yatay hat (plan), düşey hat (boykesit) ve kavşak projeleri mevcuttur. 190 kilometre uzunluğundaki devlet yollarına ait yatay hat, düşey hat ve kavşak projelerinin ilk olarak ayrıntılı okumaları yapılmıştır. Projelerin hesaplamalar, terimler ve kısaltmalarla birlikte tüm yazı ve açıklamaları incelenmiş, yıllar arasında hem yazım hem de gösterim şekillerinin bazılarında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Projelerde yapılan okumalar ile eksikler ya da taranma sırasında oluşmuş sorunlar tespit edilmiş ve ilgili kısımların tamamlanması için müdürlüğe tekrar talepte bulunulmuştur. Sonrasında Zonguldak ilindeki 4 adet devlet yoluna ait projeler tamamlanmış ve istenilen geometrik verinin elde edilebileceği şekle getirilmiştir. Tüm projeler (kesimlerine göre) yatay hat, düşey hat ve kavşakların kesim başlangıcından bitimine kadar sıralanacak şekilde gruplandırılmıştır. Böylece geometrik veriler için okuma kolaylığı sağlanmıştır.

Projelerin çoğu herhangi bir değişiklik yapılmadığı için ilk yıllarda yapılmış şekliyle elde edilmiştir. Eğer projeye ait bir değişiklik varsa, yeni şekli ve eski şekli olmak üzere her iki proje de tarafımıza gönderilmiştir. Kazalarla eşleştirilirken hangi bölgeye ait geometrik okuma yapılacaksa, kazanın olduğu tarih belirlenerek o tarihe ait projeler irdelenmiştir. Projelerde okunabilen ya da hesaplanabilen, çalışmada kullanılabileceği düşünülen yol geometrisi verileri belirlenmiştir. Yatay hat projelerinden aşağıdaki bilgiler edinilmiştir.

- Yatay dönemeç sapma açısı,
- Yatay dönemeç yönü,
- Yatay dönemeç yarıçapı,
- Yatay dönemeç teğet boyu

- Yatay dönemeç yay boyu,
- Teğet boyu (iki yatay dönemeç arasındaki uzunluk)

Düşey hat projelerinden aşağıdaki bilgiler edinilmiştir.

- Düşey dönemeç tipi
- Düşey dönemeç yarıçapı,
- Düşey dönemeç katsayısı,
- Düşey dönemeç boyu,
- Boyuna eğim,
- İniş ya da çıkış rampası uzunluğu (iki düşey dönemeç arasındaki uzunluk)

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında hangi yol geometrisi bileşenlerinin gerekeceğine karar vermek başlangıçta güç olduğundan, projelerden elde edilebilen tüm veriler her bir yol kesimi için tablolştırılmıştır.

4.2.1. D.010-07 Numaralı Karayolu Kesimi

Çalışma kapsamında incelenen ilk kesim D.010-07 numaralı kesimdir ve toplam 28 kilometre uzunluğundadır. Proje başlangıcından bitiş kilometresine kadar incelenen paftalarda öncelikle Yatay hat elemanlarından, dönemeçlere ait başlangıç ve bitiş kilometreleri (TO-TF) ile koordinatları (X-Y) okunmuştur. Sapma açıları projelerde grad olarak belirtilmiş olduğundan veri bu şekilde derlenmiştir. Yatay dönemeç yönü, yatay dönemeç yarıçapı (R), yatay dönemeç teğet boyu (T) ve yatay dönemeç yay boyu (L) ile teğet boyları belirlenmiştir. D.010-07 numaralı kesime ait Yatay hat bilgileri ile oluşturulan tablonun ilk 3 dönemeğine ait verileri Çizelge 4.1’de örnek olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.1 D.010-07 kesimi yatay hat örneği.

Eleman	Kilometre	Y	X	Sapma açısı yönü ve derecesi (Grad)	Uzunluklar (m)
Proje Başlangıcı	5+700,000	443734,735	4605161,648		
TO1	5+060,583	443685,642	4605794,364	SAĞ 31,3456	R=1.505,000
S1		443793,736	4605431,958		T=378,184
TF1	5+801,608	443717,673	4605061,502		L=741,024
Teğet					971,363
TO2	6+772,971	443522,306	4604109,989	SAĞ 27,5747	R=900,000
S2		443482,479	4603916,016		T=198,020
TF2	7+162,798	443364,915	4603756,673		L=558,573
Teğet					273,414
TO3	7+436,212	443202,589	4603536,661	SAĞ 29,6332	R=1.200,000
S3		443033,716	4603307,775		T=182,792
TF3	7+994,785	442780,075	4603179,040		L=363,011

Çizelge 4.1’de kısa örneği verilen veri bu kesim, toplam 40 yatay dönemeç barındırmaktadır. Bu dönemeçlere ait en küçük sapma açısı 5,20 grad, en büyük sapma açısı ise 160,89 graddir. Ayrıca 10 dönemeçte birleştirme eğrisi vardır. Dönemeçlere ait en küçük dönemeç yarıçapı 275 metre, en büyük dönemeç yarıçapı 3.500 metredir. En kısa yatay dönemeç teğet boyu 122,59 metre, en uzun yatay dönemeç teğet boyu ise 1.261,05 metredir. En kısa yay boyu 244,64 metre, en uzun yay boyu ise 1.142,67 metredir. En kısa teğet boyu 24 metre, en uzun teğet boyu ise 1.752 metredir.

Yatay hatta ait tüm geometrik verinin okunması ve tablolaştırılması tamamlandıktan sonra düşey hatta ait projelerin okunması yapılmıştır. Düşey hatta ait boyuna eğimler (g, %) ve iniş ya da çıkış rampası uzunlukları ile düşey dönemeç tipleri (dere, tepe), düşey dönemeç yarıçapları (R), düşey dönemeç katsayıları (K) ve düşey dönemeç boyları (L) tablolaştırılmış ve örnek birkaç dönemeç için Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 D.010-07 kesimi düşey hat örneği.

Kilometre	Boyuna Eğim (%)	Düşey Dönemeç Yarıçapı (m)	Dönemeç Katsayısı	Uzunluk (m)
5+700,000 (Proje Başlangıcı)				
5+650,000 5+750,000	0,10			100,000
5+750,000 5+890,000	Dere Düşey Dönemeç	3.756,59	37,566	140,000
5+890,000 5+940,000	3,83			50,000
5+940,000 6+300,000	Tepe Düşey Dönemeç	5.261,39	52,614	360,000
6+300,000 6+360,000	-3,02			60,000

D.010-07 numaralı kesimde 34 dere düşey dönemeç ve 27 tepe düşey dönemeç bulunmaktadır. En küçük düşey dönemeç yarıçapı 3.721,18 metre en büyük düşey dönemeç yarıçapı 706.401,59 metredir. En küçük düşey dönemeç katsayısı 37,21 en büyük düşey dönemeç katsayısı ise 7.064,01'dir. En kısa düşey dönemeç boyu 120 metre en uzun düşey dönemeç boyu ise 1.000 metredir. En küçük boyuna eğim (-) %6,85 en büyük boyuna eğim ise %6,85'dir. En kısa iki düşey dönemeç arasındaki uzunluk 50 metre en uzun ise 4320 metredir.

4.2.2. D.010-06 Numaralı Karayolu Kesimi

Çalışma kapsamında incelenen ikinci kesim D.010-06 numaralı kesimdir ve toplam 71 kilometre uzunluğundadır. Bu kesimde toplam 133 adet yatay dönemeç bulunmaktadır. Bu dönemeçlere ait en küçük sapma açısı 1,12 grad, en büyük sapma açısı ise 185,10 graddir. Ayrıca 42 dönemeçte birleştirme eğrisi vardır. Dönemeçlere ait en küçük dönemeç yarıçapı 80 metre, en büyük dönemeç yarıçapı 3.000 metredir. En kısa yatay dönemeç teğet boyu 4,25 metre, en uzun teğet boyu ise 965,62 metredir. Yay boyu ise, en kısa 33,60 metre, en uzun 700,27 metredir. En kısa teğet boyu 7,28 metre en uzun teğet boyu ise 434,93 metredir.

D.010-06 numaralı kesimde 162 düşey dönemeç vardır ve bunların 86'sı dere düşey dönemeç, 76'sı ise tepe düşey dönemeçtir. En küçük dere düşey dönemeç yarıçapı 1.886,00 metre en büyük dere düşey dönemeç yarıçapı 30.456,85 metredir. En küçük tepe düşey dönemeç yarıçapı 1.973,50 metre en büyük tepe düşey dönemeç yarıçapı 74.441,69 metredir. En küçük dere düşey dönemeç katsayısı 18,86 en büyük dere düşey dönemeç katsayısı ise 304,56'dir. En küçük tepe düşey dönemeç katsayısı 19,73 en büyük düşey dönemeç katsayısı ise 744,41'dir. En kısa dere düşey dönemeç boyu 60 metre en uzun dere düşey dönemeç boyu ise 320 metredir. En kısa tepe düşey dönemeç boyu 90 metre en uzun tepe düşey dönemeç boyu ise 400 metredir. En küçük boyuna eğim (-) %8,55 en büyük boyuna eğim ise %10,53'dür. En kısa iniş rampası boyu 30 metre en uzun iniş rampası boyu ise 2.430 metredir.

4.2.3. D.750-01 Numaralı Karayolu Kesimi

Çalışma kapsamında incelenen üçüncü kesim D.750-01 numaralı kesimdir ve toplam 82 kilometre uzunluğundadır. Bu kesimde toplam 122 yatay dönemeç bulunmaktadır. Bu dönemeçlere ait en küçük sapma açısı 0,24 grad, en büyük sapma açısı ise 121,79 graddir. Ayrıca 21 dönemeçte birleştirme eğrisi vardır. Dönemeçlere ait en küçük dönemeç yarıçapı 150,00 metre, en büyük dönemeç yarıçapı 10.000,00 metredir. En kısa yatay dönemeç teğet boyu 18,50 metre, en uzun teğet boyu ise 505,41 metredir. En kısa yay boyu 37,00 metre, en uzun yay boyu ise 1.001,42 metredir. En kısa teğet boyu 21,00 metre en uzun teğet boyu ise 2.253,24 metredir.

D.750-01 numaralı kesimde 264 adet düşey dönemeç vardır ve bunlardan 131'i dere düşey dönemeç, 133'i ise tepe düşey dönemeçtir. En küçük dere düşey dönemeç yarıçapı 1837,49 metre, en büyük dere düşey dönemeç yarıçapı 296.859,06 metredir. En küçük tepe düşey dönemeç yarıçapı 1.743,38 metre, en büyük tepe düşey dönemeç yarıçapı 120.602,70 metredir. En küçük dere düşey dönemeç katsayısı 18,37 en büyük dere düşey dönemeç katsayısı ise 2.968,59'dur. En küçük tepe düşey dönemeç katsayısı 17,43 en büyük tepe düşey dönemeç katsayısı ise 1.206,02'dir. En kısa dere düşey dönemeç boyu 80 metre, en uzun dere düşey dönemeç boyu ise 600 metredir. En kısa tepe düşey dönemeç boyu 80 metre, en uzun tepe düşey dönemeç boyu ise 1.000 metredir. En küçük boyuna eğim (-) %7,97 en büyük boyuna eğim ise %7,00'dür. En kısa iniş rampa boyu 15 metre en uzun çıkış rampa boyu ise 2.380 metredir.

4.2.4. D.030-11 Numaralı Karayolu Kesimi

Çalışma kapsamında incelenen dördüncü kesim D.030-11 numaralı kesimdir ve toplam 9 kilometre uzunluğundadır. Bu kesimde toplam 5 tane yatay dönemeç bulunmaktadır. Bu dönemeçlere ait en küçük sapma açısı 12,57 grad, en büyük sapma açısı ise 59,50 graddir. Hiçbir dönemeçte birleştirme eğrisi yoktur. Dönemeçlere ait en küçük dönemeç yarıçapı 200,00 metre, en büyük dönemeç yarıçapı 310,00 metredir. En kısa yatay dönemeç teğet boyu 30,72 metre, en uzun teğet boyu ise 100,91 metredir. En kısa yay boyu 61,23 metre, en uzun yay boyu 186,91 metredir. En kısa teğet boyu 52,41 metre en uzun teğet boyu ise 385,74 metredir.

D.030-11 numaralı kesimde 12 adet düşey dönemeç vardır ve bunlardan 1 tanesi dere düşey dönemeç, 11 tanesi ise tepe düşey dönemeçtir. Dere düşey dönemeç yarıçapı 32.585,25 metredir. En küçük tepe düşey dönemeç yarıçapı 5.137,25 metre en büyük tepe düşey dönemeç yarıçapı 12.586,11 metredir. Dere düşey dönemeç katsayısı 325,85'dir. En küçük tepe düşey dönemeç katsayısı 17,81 en büyük tepe düşey dönemeç katsayısı ise 51,37'dir. Dere düşey dönemeç boyu 500 metredir. En kısa tepe düşey dönemeç boyu 90 metre, en uzun tepe düşey dönemeç boyu ise 200 metredir. En küçük boyuna eğim %1,50 en büyük boyuna eğim ise %2,58'dir. En kısa iniş rampa boyu 150 metre, en uzun çıkış rampa boyu ise 620 metredir.

Tüm kesimler için detaylı olarak elde edilen verilerden yatay hatta ait olanlar Çizelge 4.3'te, düşey hatta ait olanlar ise Çizelge 4.4'te topluca sunulmuştur.

Çizelge 4.3 Tüm kesimlere ait yatay hat bilgileri.

Kesim	Kesim uzunluğu (km)	Yatay dönemeç sayısı			Sapma açısı (grad)		Yatay dönemeç yarıçapı (m)		Yatay dönemeç teğet boyu (m)		Yatay dönemeç yay boyu (m)		Teğet boyu (m)	
		Birleştirme eğrili	Dairesel	Toplam	En küçük	En büyük	En küçük	En büyük	En kısa	En uzun	En kısa	En uzun	En kısa	En uzun
D.010-07	28	10	30	40	5,20	160,89	275	3.500	122,59	1.261,05	244,64	1.142,67	24,00	1.752,00
D.010-06	71	42	91	133	1,12	185,10	80	3.000	4,25	965,62	33,60	700,27	7,28	434,93
D.750-01	82	21	101	122	0,24	121,79	150	10.000	18,50	505,41	37,00	1.001,42	21,00	2.253,24
D.030-11	9	0	5	5	12,57	59,50	200	310	30,72	100,91	61,23	186,91	54,21	385,74
Toplam	190	73	227	300										

Çizelge 4.4 Tüm kesimlere ait düşey hat bilgileri.

Kesim	Kesim uzunluğu (km)	Düşey dönemeç sayısı			Düşey dönemeç yarıçapı (m)		Düşey dönemeç katsayısı		Düşey dönemeç boyu (m)		Boyuna eğim (%)		Rampa boyu (m)	
		Dere	Tepe	Toplam	En küçük	En büyük	En küçük	En büyük	En kısa	En uzun	En küçük	En büyük	En kısa	En uzun
D.010-07	28	13	25	38	3.721,18	706.401,59	37,21	7.064,01	120	1.000	-6,85	6,85	50	4.320
D.010-06	71	38	31	69	1.886,00	74.441,69	18,86	744,41	60	400	-8,55	10,53	30	2.430
D.750-01	82	66	78	144	1.743,38	296.859,06	17,43	2.968,59	80	1.000	-7,97	7,00	15	2.380
D.030-11	9	3	2	5	5.137,25	32.585,25	17,81	325,85	90	500	1,50	2,58	150	620
Toplam	190	120	136	256										

4.3 TRAFİK KAZA VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, Zonguldak iline ait (tüm ilçelerle birlikte) trafik kaza verilerine ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan ön çalışmada; “Ölümlü/Yaralanmalı Trafik Kazası Tespit Tutanağı” içerisinde yer alan bilgilerin tez çalışması için uygun içerikte olduğu görülmüştür. Tutanağın düzenini gösteren bir örnek Ek-A’da sunulmuştur. Zonguldak Valiliği üzerinden Zonguldak İl Emniyet Müdürlüğü Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü’nden tutanaklar talep edilmiş ve olumlu dönüş alınmıştır. Fakat tutanakların tarafımıza fotokopi yoluyla iletilmesi, 2016-2022 tarihleri arasında ait 7 yıllık tutanağın fotokopi işlemi sırasında bazı eksikliklerinin oluşması, bu verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasındaki ciddi iş yükü ve kaza anında tutulan tutanaklardaki yanlışlıkla yapılan hatalar sebebiyle verilerin farklı şekilde temin edilmesi düşüncesi doğmuştur. T.C. İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı bünyesinde kaza tutanaklarının dijital olarak tutulduğu bilgisine ulaşılmış ve dilekçe ile tutanaklara ait veriler talep edilmiştir.

Kaza tespit tutanaklarının bilgisayar ortamında elde edilmesinin ardından ham veriye ait başlıklar bir araya getirilmiş ve Çizelge 4.5’teki verildiği gibi düzenlenmiştir. Her bir kaza için 66 farklı özelliğin olduğu bir veri elde edilmiştir.

Çizelge 4.5 Çalışmada kullanılan trafik kazaları için oluşturulmuş veri.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Kaza ID	X - E0	Y - E0	Yıl	Tarih	Saat/Dakika	İlçe	Yolun Tipi	Yolun Kaplama Cinsi	Yolun Sınıfı	Yolun Yasal Hız Limiti (km/s)	Kaza Yol adı	Kilometre	Metre
2	48725	3142937	4127416	2022	20221231	22:10	EREĞLİ-ZONGULDAK	3-İki Yönlü Yol	1-Asfalt	2-Sokak	50	YÜZBASİ İZZET DURAN SOKAK	NULL	0
3	166821	3142393	4127832	2022	20221231	17:45	EREĞLİ-ZONGULDAK	3-İki Yönlü Yol	1-Asfalt	1-Cadde	60	DEVİRİM BULVARI	NULL	0
4	174532	3153256	4131175	2022	20221231	11:15	EREĞLİ-ZONGULDAK	1-Bölünmüş Yol	1-Asfalt	4-Devlet Yolu	110	010-06	38	200
5	177160	3163069	4134427	2022	20221231	21:01	ZONGULDAK-MERKEZ	1-Bölünmüş Yol	1-Asfalt	4-Devlet Yolu	110	010-06	48	800
6	19	3186382	4148856	2022	20221230	09:25	KİLİMLİ	3-İki Yönlü Yol	1-Asfalt	1-Cadde	50	ÇATALAGZI YOLU	NULL	0
7	35280	3195442	4122011	2022	20221230	11:24	DEVREK	2-Tek Yönlü Yol	4-Parke	2-Sokak	50	ÇAKIRLAR SOKAK	0	0
8	85754	3164437	4135477	2022	20221230	07:06	ZONGULDAK-MERKEZ	1-Bölünmüş Yol	1-Asfalt	4-Devlet Yolu	110	010-06	51	100
9	116220	3195888	4122411	2022	20221230	19:10	DEVREK	1-Bölünmüş Yol	1-Asfalt	4-Devlet Yolu	50	750-01	54	500

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Yol Platform Genisliği	Yatay Güzergah	Düşey Güzergah	Kavşak Durumu	Geçit Durumu	Diğer Özellik	Gün Durumu	Hava Durumu	Yolun Yüzeyi	İlk Yardım Durumu	Oto Korkuluk	Yaya Yolu
2	900 cm	1-Düz yol	1-Eğimsiz	2-Üç Yönlü (Y)	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	2-Gece	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	2-Yok	Var
3	600 cm	1-Düz yol	1-Eğimsiz	1-Üç Yönlü (T)	4-Yaya Geçiti	8-Hiçbiri	1-Gündüz	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	2-Yok	Var
4	10 m ve üzeri	2-Viraj	1-Eğimsiz	8-Kavşak Yok	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	1-Gündüz	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	1-Var	Yok
5	10 m ve üzeri	1-Düz yol	1-Eğimsiz	8-Kavşak Yok	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	2-Gece	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	1-Var	Yok
6	800 cm	2-Viraj	2-Eğimli	1-Üç Yönlü (T)	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	1-Gündüz	1-Açık	2-İslak/Nemli	1-Sağlık Ekibi	2-Yok	Yok
7	10 m ve üzeri	1-Düz yol	1-Eğimsiz	8-Kavşak Yok	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	1-Gündüz	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	2-Yok	Var
8	10 m ve üzeri	2-Viraj	2-Eğimli	8-Kavşak Yok	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	2-Gece	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	1-Var	Yok
9	10 m ve üzeri	1-Düz yol	1-Eğimsiz	8-Kavşak Yok	5-Geçit Yok	8-Hiçbiri	2-Gece	1-Açık	1-Kuru	1-Sağlık Ekibi	2-Yok	Var

	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
1	Emniyet Şeriti/Banket	Yol Şerit Çizgisi	Trafik İşaret Levhası	Trafik Lambası	Aydınlatma	Trafik Görevlisi	Görüşe Engel Cisim	Kaza Sonrası Araç Haricinde Hasar Gören Diğer Unsurlar	Yolda Çalışma	Oluş Şekline Göre Kaza Türü
2	Yok	2-Yok	2-Yok	Var	Var	Yok	Yok	2-Yok	Yok	8-Engel/Cisim İle Çarpışma
3	Yok	2-Yok	2-Yok	Yok	Var	Yok	Yok	2-Yok	Yok	9-Yayaya Çarpma
4	Var	1-Var	1-Var	Yok	Yok	Yok	Yok	2-Yok	Yok	12-Yoldan Çıkma
5	Yok	1-Var	2-Yok	Var	Var	Yok	Yok	2-Yok	Yok	12-Yoldan Çıkma
6	Yok	2-Yok	1-Var	Yok	Yok	Yok	Yok	2-Yok	Yok	11-Devrilme/Savrulma/Takla
7	Yok	2-Yok	2-Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	2-Yok	Yok	9-Yayaya Çarpma
8	Var	1-Var	2-Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	2-Yok	Yok	12-Yoldan Çıkma
9	Yok	1-Var	2-Yok	Yok	Var	Yok	Yok	2-Yok	Yok	7-Çoklu Çarpışma

Çizelge 4.5 (devam ediyor)

	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS
1	Araç Sayısına Göre Kaza Türü	İlk Çarpışma Yeri	Kaza Yol Kusuru	Ölü Sürücü Sayısı	Ölü Yolcu Sayısı	Ölü Yaya Sayısı	Yaralı Sürücü Sayısı	Yaralı Yolcu Sayısı	Yaralı Yaya Sayısı
2	1-Tek Araçlı	Yol Üzerinde	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	0	0
3	1-Tek Araçlı	Yol Üzerinde	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	0	0
4	1-Tek Araçlı	Yol Kenarında (Banket Disi)	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	0	0
5	1-Tek Araçlı	Orta Refüjde	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	2	0
6	1-Tek Araçlı	Yol Üzerinde	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	0	0	1
7	1-Tek Araçlı	Yol Üzerinde	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	0	0
8	1-Tek Araçlı	Yol Kenarında (Banket Disi)	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	0	0
9	3-Çok Araçlı	Yol Üzerinde	8-Kazaya Etken Yol Sorunu Yok	0	0	0	1	0	0

	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC
1	Toplam Ölü Sayısı	Toplam Yaralı Sayısı	Araçın Cinsi	Kaza Öncesi Araç Hareketi	Araçın Darbeyi Aldığı İlk Bölüm	Araç Kusuru 1	Araç Kusuru 2	Araçın Hasar Derecesi	Sürücünün Yaşı	Sürücünün Cinsiyeti
2	0	1	5-Otomobil	8-Sola dönüyor	1-Ön	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	5-Agir Hasar	22	1-Erkek
3	0	1	5-Otomobil	1-Dogru istikamette gidiyo	1-Ön	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	1-Hasarsiz	56	1-Erkek
4	0	1	7-Kamyonet	1-Dogru istikamette gidiyo	6-Sag Ön Far	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	2-Hafif Hasar	23	1-Erkek
5	0	3	5-Otomobil	1-Dogru istikamette gidiyo	1-Ön	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	5-Agir Hasar	24	1-Erkek
6	0	1	8-Kamyon	1-Dogru istikamette gidiyo	1-Ön	1-Fren	0-Belirtilmemis	5-Agir Hasar	48	1-Erkek
7	0	1	7-Kamyonet	5-Geriye dogru gidiyor	7-Sol Arka Far	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	1-Hasarsiz	37	1-Erkek
8	0	1	5-Otomobil	1-Dogru istikamette gidiyo	6-Sag Ön Far	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	4-Hareket Edemez	44	1-Erkek
9	0	1	4-Motosiklet	2-Serit degistiriyor	1-Ön	0-Belirtilmemis	0-Belirtilmemis	2-Hafif Hasar	15	1-Erkek

	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL
1	Sürücü Belgesi Durumu	Sürücünün Öğrenim Durumu	Sürücünün Alkol Kontrol Durumu	Sürücünün Alkol Sonucu	Sürücünün Psiko Fiziksel Durumu	Sürücü Emniyet Kemer Durumu	Sürücü Kusuru 1	Sürücü Kusuru 2	Kaza Sonucu Sürücünün Durumu
2	1-Var	4-Lise	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	1.6-2.0 Pr	5-Tespit Edilemedi	7-Tespit Edilemedi	a ve trafığın gerektirdiği şa	Kusursuz	2-Yaralı
3	1-Var	3-İlkogretim	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	5-Tespit Edilemedi	7-Tespit Edilemedi	Kusursuz	Kusursuz	3-Sağlam
4	1-Var	5-Yüksek	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	5-Tespit Edilemedi	Emniyet Kemer Takili Değ	a ve trafığın gerektirdiği şa	Kusursuz	2-Yaralı
5	1-Var	6-Tespit Edilemedi	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	5-Tespit Edilemedi	7-Tespit Edilemedi	a ve trafığın gerektirdiği şa	Kusursuz	2-Yaralı
6	1-Var	2-Orta	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	5-Tespit Edilemedi	7-Tespit Edilemedi	a ve trafığın gerektirdiği şa	Kusursuz	2-Yaralı
7	1-Var	1-İlk	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	5-Tespit Edilemedi	7-Tespit Edilemedi	n düzenleyen genel şartlar:	Kusursuz	3-Sağlam
8	1-Var	2-Orta	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	1-Uykusuzluk	7-Tespit Edilemedi	a ve trafığın gerektirdiği şa	Kusursuz	3-Sağlam
9	2-Yok	4-Lise	1-Trafik Zabitasınca Kontrol Edildi	Alkolsüz	5-Tespit Edilemedi	7-Tespit Edilemedi	a ve trafığın gerektirdiği şa me ve değiştirme kural.uy		2-Yaralı

Çizelge 4.5'te bazı kazalar için örneği verilen ve 2016-2022 yılları arasında gerçekleşen toplam 6.187 trafik kaza verisi düzenlenmiştir. Bu kazaların hangilerinin çalışmada kullanılacağını belirlenmesi aşamasında, trafik kaza verilerinin elenme süreci başlamıştır. Veri eleme işlemi, çalışmanın amacına uygun olmayan verilerin çıkarılarak analiz için en uygun verinin oluşturulmasını sağlar. Bu süreçte, belirlenen kriterler doğrultusunda bazı kazalar veriden çıkarılmış ve sadece araştırma kapsamına giren kazalar değerlendirmeye alınmıştır. Böylece, çalışmanın odaklandığı konuyla doğrudan ilişkili ve anlamlı sonuçlar üretecek veriler kullanılmıştır. Bu bağlamda öncelikle kazaların yol sınıfına göre dağılımını incelemek için Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6 Kazaların yol sınıfına göre dağılımı.

Yol Sınıfı	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Toplam	%
Cadde	468	416	465	371	344	479	526	3.069	49,1
Sokak	73	77	76	83	59	91	108	567	9,2
Otoyol	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Devlet Yolu	303	346	333	322	205	275	276	2.060	33,3
İl Yolu	10	11	14	14	9	14	13	85	1,4
Köy Yolu	5	2	2	2	4	4	2	21	0,3
Orman Yolu	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0
Servis Yolu	5	4	1	1	1	1	2	15	0,2
Bağlantı Yolu	0	3	1	2	2	2	8	18	0,3
Park Alanı	2	0	0	0	3	1	9	15	0,2
Tesis Mülk Önü	4	3	2	3	3	5	6	26	0,4
Diğer	40	53	42	28	33	53	61	310	5,0
Toplam	910	915	936	826	663	926	1.011	6.187	100

Çizelge 4.6'da görüldüğü üzere Zonguldak il merkezi ve ilçelerinde 2016-2022 yılları arasında gerçekleşen toplam 6.187 kazadan %49,1'i caddelerde, %33,3'ü devlet yollarında, %9,2'si sokaklarda ve kalan kısmı da diğer yol sınıflarında gerçekleşmiştir.

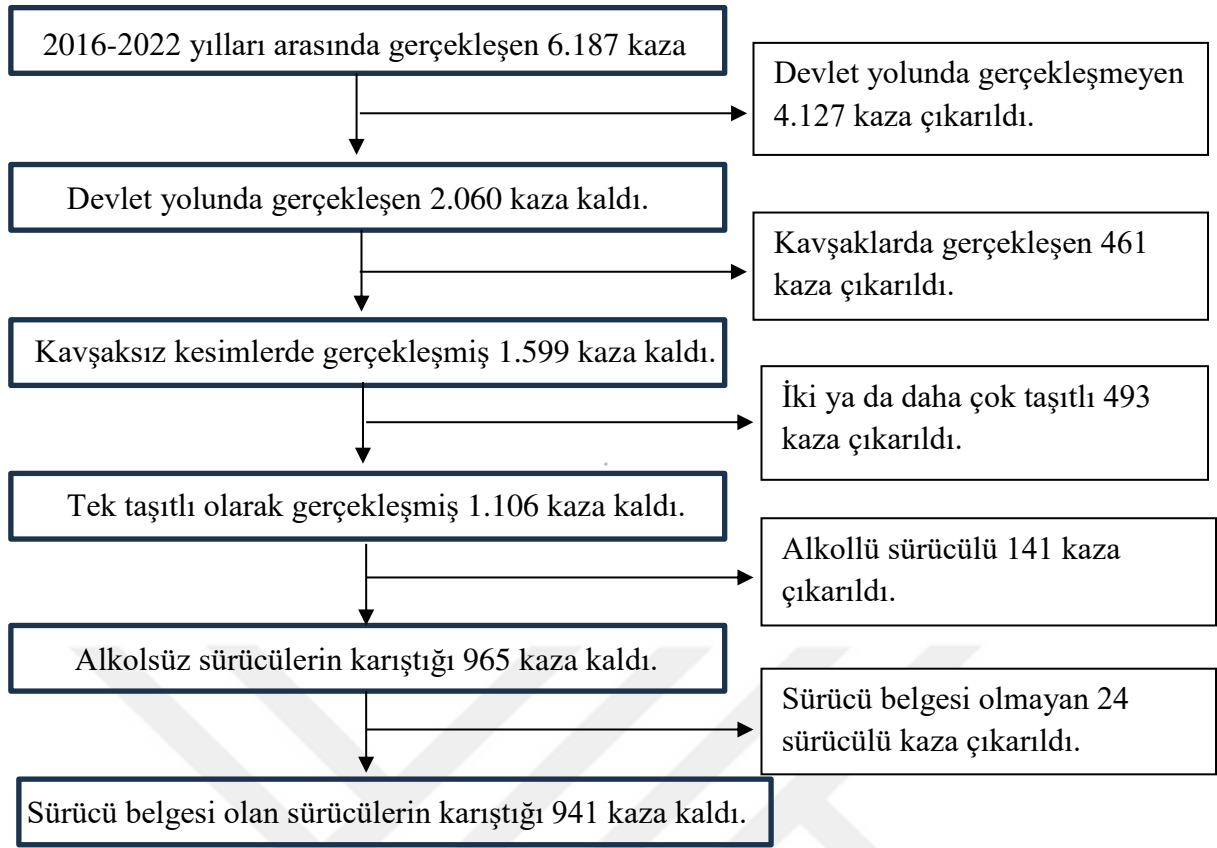
Çalışma kapsamında kırsal kesimde gerçekleşen kazalar inceleneceği için Devlet yolunda gerçekleşen kazalara ait verilerin kullanılmasına karar verilmiştir. Diğer yol sınıfına ait kaza verileri veriden çıkarılmıştır. İncelenen kesimlerdeki devlet yollarında toplam 2.060 kaza gerçekleşmiştir. Bu aşamada çalışmaya 2.060 kaza ile devam edilmiştir.

Kavşaklar, geometrileri itibariyle kavşaksız kesimlerden farklıdır. Dolayısıyla kazalar değerlendirilirken, kavşak kesimlerinde gerçekleşmiş kazalar ile kavşaksız kesimde gerçekleşmiş kazaların beraber değerlendirilmesi doğru değildir. Bu nedenle, kavşak kesimlerinde gerçekleşen kazaların da veriden çıkarılmasına karar verilmiştir. Kavşaklarda gerçekleşen toplam 461 kaza veriden çıkarılmış ve kavşak bölgeleri dışında gerçekleşmiş toplam 1.599 kaza belirlenmiştir. Bu aşamada kalan kaza sayısı 1.599 adettir.

Kaza türlerine taşıt sayısına göre bakıldığında kazaların; tek taşıtlı, iki taşıtlı ya da çok taşıtlı kaza şeklinde üç gruba ayrıldığı görülmektedir. İki ya da çok taşıtın karıştığı kazalarda yol geometrisinin etkisinden doğrudan söz etmek zor olmakla beraber, ilk aşamada tek taşıtın gerçekleştirdiği kazaların yol geometrisi ile ilişkilendirilmesinin daha sağlıklı olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle iki ya da çok taşıtlı 493 kaza verisi çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Tek taşıtların gerçekleştirdiği toplam 1.106 kaza tespit edilmiş ve bu kazalarla çalışmaya devam edilmiştir.

2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu 48. Maddesi 5. fıkrasında belirtildiği şekliyle ülkemizde ticari taşıt sürücüleri ve kamu hizmetinde çalışan sürücülerin alkollü olarak trafiğe çıkmaları tümüyle yasaklanmış; diğer sürücüler için de yasal sınır olarak bir litre kanda yarım gram alkole eşit olan (0,50 promil) sınır belirlenmiştir. Yapılan tespit sonucunda 0,50 promilin üzerinde alkollü olarak taşıt kullandığı tespit edilen sürücüler hakkında, idari para cezası verilir ve sürücü belgesi altı ay süreyle geri alınır (KGM 1983). Bu kanun göz önünde bulundurularak, yapılan çalışmada kaza yol geometrisi ilişkisinin sağlıklı kurulabilmesi için kaza verilerinden alkollü taşıt kullanan sürücülerin karıştığı toplam 141 kaza çıkarılmıştır. Alkol almamış sürücülerin kullandığı taşıtlardan oluşan toplam 965 kaza belirlenmiştir. Çalışmaya 965 kaza ile devam edilmiştir.

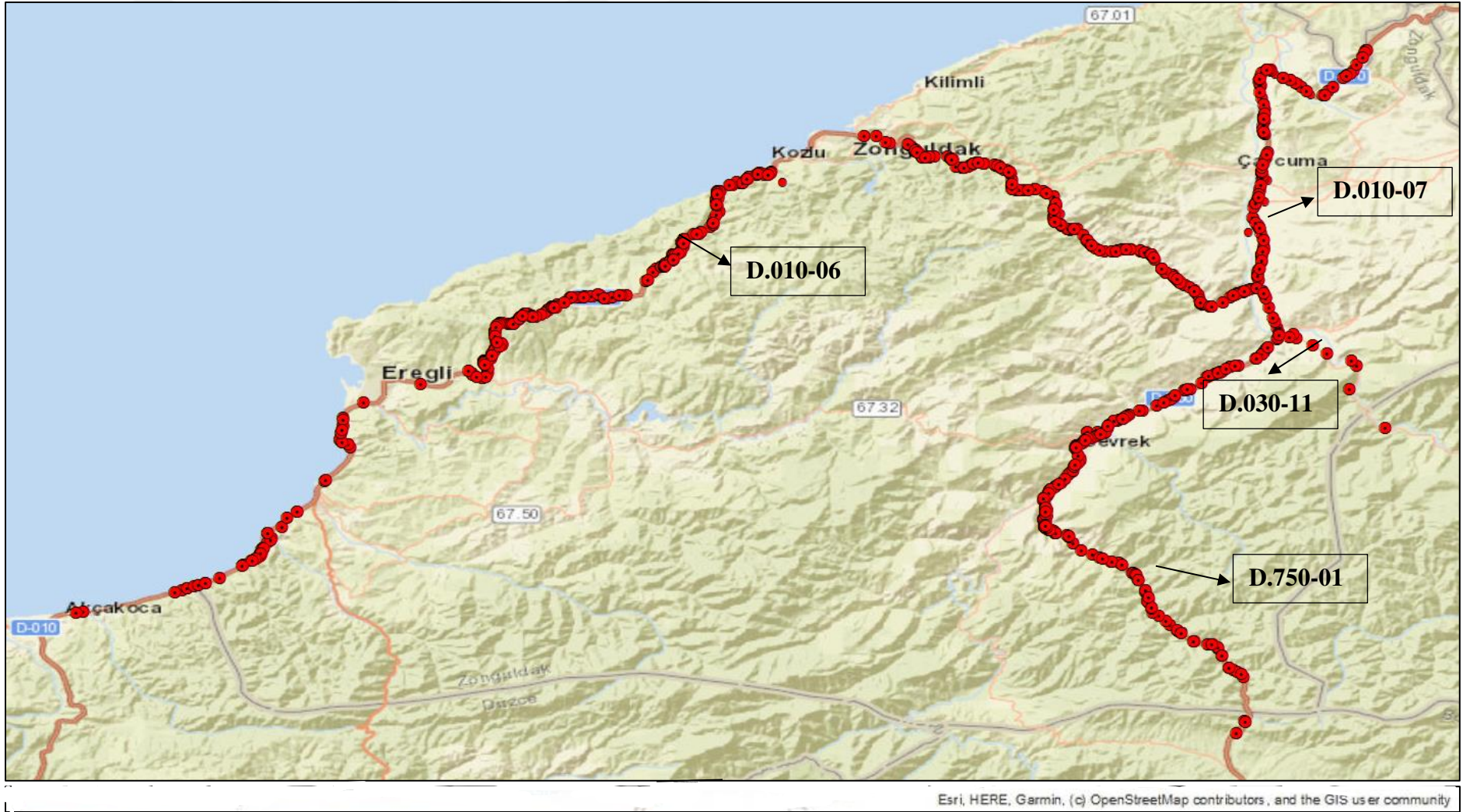
2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun 36. maddesinde motorlu taşıtların, sürücü belgesi sahibi olmayan kişiler tarafından karayollarında sürülmesi ve sürülmesine izin verilmesi yasaktır şeklinde bahsedilmektedir (KGM 1983). Bu madde göz önünde bulundurularak, yapılan çalışmada sürücü belgesi olmayan 24 sürücünün, sürüş kabiliyetinden yoksun olduğu düşünülmüş, karıştığı kazalar veri kapsamından çıkarılmıştır. Sürücü belgesi olan ve kazaya karışan 941 kaza belirlenmiştir. Böylece çalışmada 941 trafik kazasına ait verilerin kullanılmasına karar verilmiştir. Yapılan tüm bu elemelere ait sayılar ve eleme başlıkları Şekil 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.2 Trafik kazaları ile ilgili yapılan elemelerin özeti.

Tespit edilen 941 trafik kazasının çalışma bölgesindeki mekânsal dağılımlarını belirlemek amacıyla ArcGIS yazılımından yararlanılmıştır. Tüm kazalara ait koordinat bilgileri (X, Y) kullanılarak kazalara ait dağılım haritası oluşturulmuştur. Kazaların genel dağılımını görmek amacıyla, Zonguldak ili çevresindeki devlet karayollarında gerçekleşmiş kazalar arasından, yukarıdaki açıklamalara bağlı olarak seçilen 941 kazanın mekânsal dağılımı Şekil 4.3'te sunulmuştur.

Kazalar daha sonra karayolu kesim numaralarına göre gruplandırılmıştır. Kazaların, çalışma kapsamında seçilen hangi kesimlerde ve hangi yoğunlukta dağıldığını daha iyi görmek adına Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de kesimlere göre ayrılmış dağılımlar sunulmuştur. Şekil 4.4'te D.010-07 numaralı yol kesiminde gerçekleşen 127 kazanın dağılımı, Şekil 4.5'te D.010-06 numaralı yol kesiminde gerçekleşen 308 kazanın dağılımı, Şekil 4.6'da D.750-01 numaralı yol kesiminde gerçekleşen 497 kazanın dağılımı ve Şekil 4.7'de D.030-11 numaralı yol kesiminde gerçekleşen 9 kazanın dağılımı görülmektedir.



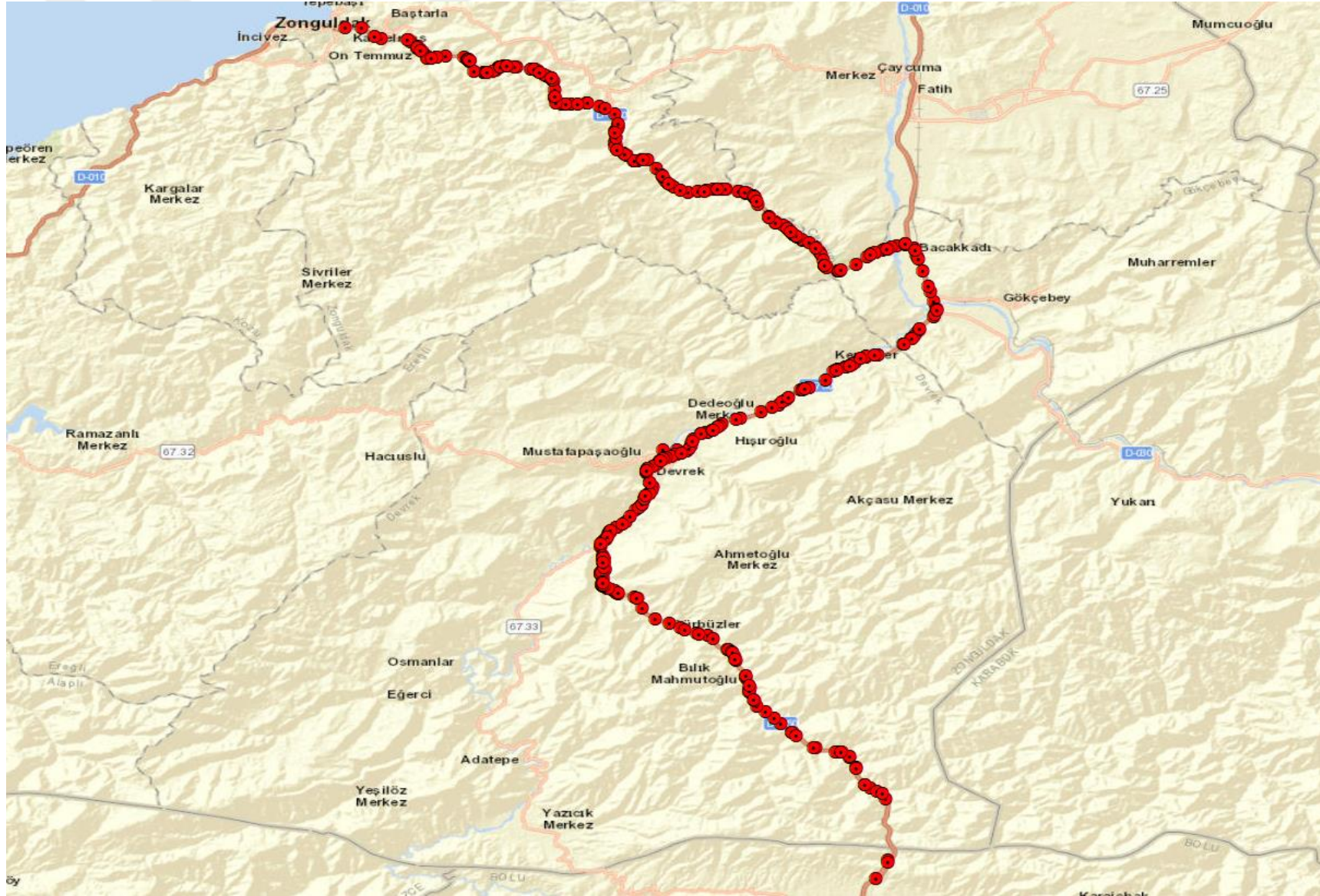
Şekil 4.3 Çalışmada incelenen 941 trafik kazasının Zonguldak ili çevresindeki devlet karayollarındaki dağılımı.



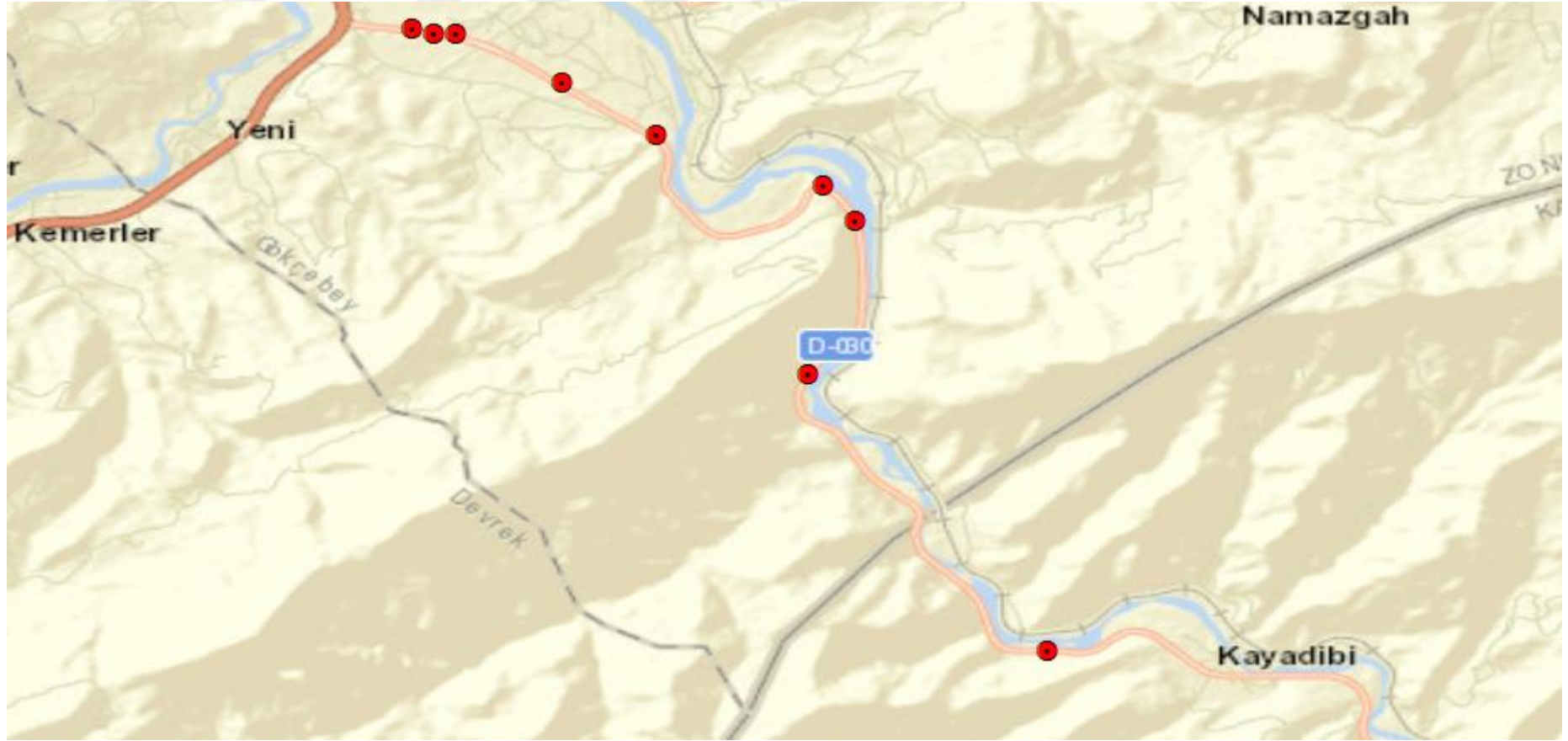
Şekil 4.4. D.010-07 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 127 adet trafik kazasının dağılımı.



Şekil 4.5 D.010-06 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 308 adet trafik kazasının dağılımı.



Şekil 4.6 D.750-01 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 497 adet trafik kazasının dağılımı.



Şekil 4.7 D.030-11 numaralı devlet karayolu kesiminde gerçekleşen 9 adet trafik kazasının dağılımı.

Özetle, Emniyet Genel Müdürlüğü’nden elde edilen trafik kaza tespit tutanaklarında Zonguldak iline ait toplam 6.187 trafik kazası verisi alınmıştır. Bu veriler çalışmanın içeriğine uygun olacak şekilde incelenmiş, elenmiş ve çalışmada kullanılmak üzere 941 trafik kazası verisi kalmıştır. Bu verilerin Zonguldak ilindeki genel dağılımı ve 4 farklı karayolu kesimine ait ayrıntılı dağılımları ArcGIS programı kullanılarak haritalandırılmıştır. Trafik kazası verilerine ait tüm bilgilerin olduğu veri, çalışmada kullanılmak üzere oluşturulmuştur.

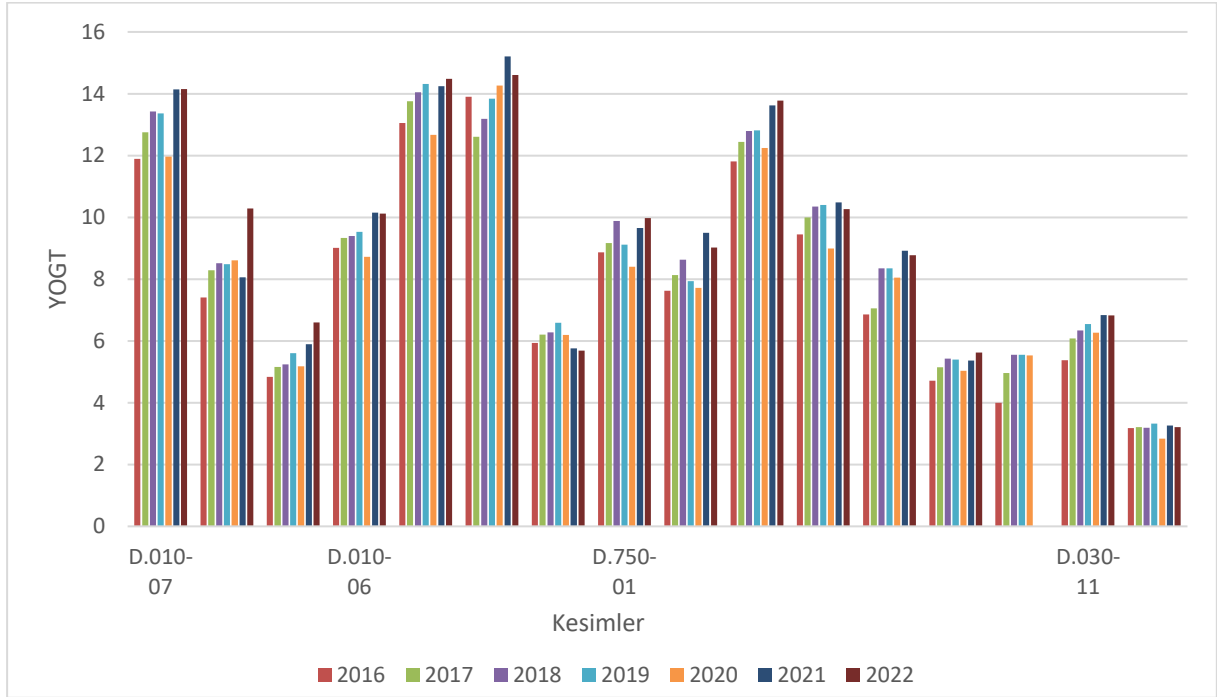
4 kesim için kaza dağılımları yapıldıktan sonra, yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) verileri belirlenmiştir. Yıllık Ortalama Günlük Trafik değeri, yıllık toplam trafik hacminin bir yıldaki gün sayısına bölünmesiyle elde edilir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan raporlardan 7 yıllık (2016-2022) YOGT değerleri alınmış Çizelge 4.7 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.7 Kesimlere ait YOGT değerleri.

Kesim	Kısım	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
D.010-07	1	11.890	12.748	13.421	13.361	11.966	14.140	14.152
	2	7.404	8.283	8.519	8.486	8.604	8.059	10.284
	3	4.839	5.157	5.239	5.603	5.177	5.891	6.599
D.010-06	1	9.016	9.331	9.394	9.525	8.719	10.149	10.117
	2	13.055	13.762	14.050	14.314	12.670	14.247	14.480
	3	13.904	12.610	13.188	13.837	14.266	15.210	14.611
	4	5.933	6.207	6.281	6.584	6.197	5.760	5.687
D.750-01	1	8.864	9.166	9.878	9.114	8.400	9.651	9.971
	2	7.627	8.134	8.630	7.937	7.722	9.495	9.022
	3	11.813	12.441	12.794	12.810	12.241	13.618	13.776
	4	9.451	9.994	10.352	10.402	8.992	10.485	10.267
	5	6.854	7.054	8.344	8.354	8.051	8.916	8.770
	6	4.716	5.150	5.425	5.400	5.037	5.365	5.621
	7	3.996	4.957	5.557	5.552	5.534	-	-
D.030-11	1	5.374	6.083	6.344	6.547	6.265	6.840	6.829
	2	3.177	3.207	3.192	3.325	2.838	3.261	3.213

Çizelge 4.7’de 4 kesime ait, sürekli ve taşınabilir taşıt sayım ve sınıflandırma istasyonu ile yapılan ayrıca tahmin edilen YOGT değerleri görülmektedir. Her bir kesimde birden fazla noktada ölçüm bilgisi bulunmaktadır örneğin, D.010-07 kesiminde 3 farklı noktada ölçüm yapılmıştır. Tüm ölçümler yıllara göre gruplandırılmıştır ve YOGT değerleri arasında yıllar

içerisinde çok büyük farklılıklar görülmemektedir. Şekil 4.8’de yıllara göre YOGT değerlerinin kesimlere göre dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4.8 Kesimlere ait YOGT değerlerinin yıllara göre değerleri.

Sonraki aşamada, ilgili yol kesimlerine ait geometrik veriler ile trafik kaza verileri eşleştirilmiş ve aralarındaki ilişkilerin tespitine geçilmiştir.

4.4 TRAFİK KAZALARI İLE YOL GEOMETRİSİ VERİLERİNİN EŞLEŞTİRİLMESİ

Trafik kaza verileri ile karayolu geometrisi arasında istatistik ilişkisi belirleyici modeli oluşturmak için verilerin özelliklerinin ve hangi analiz yönteminin çalışılan veri için uygun olacağının belirlenmesi gerekmiştir. İlk olarak kaza verileri ve geometrik verilerin bir araya getirilmesi düşünülmüştür.

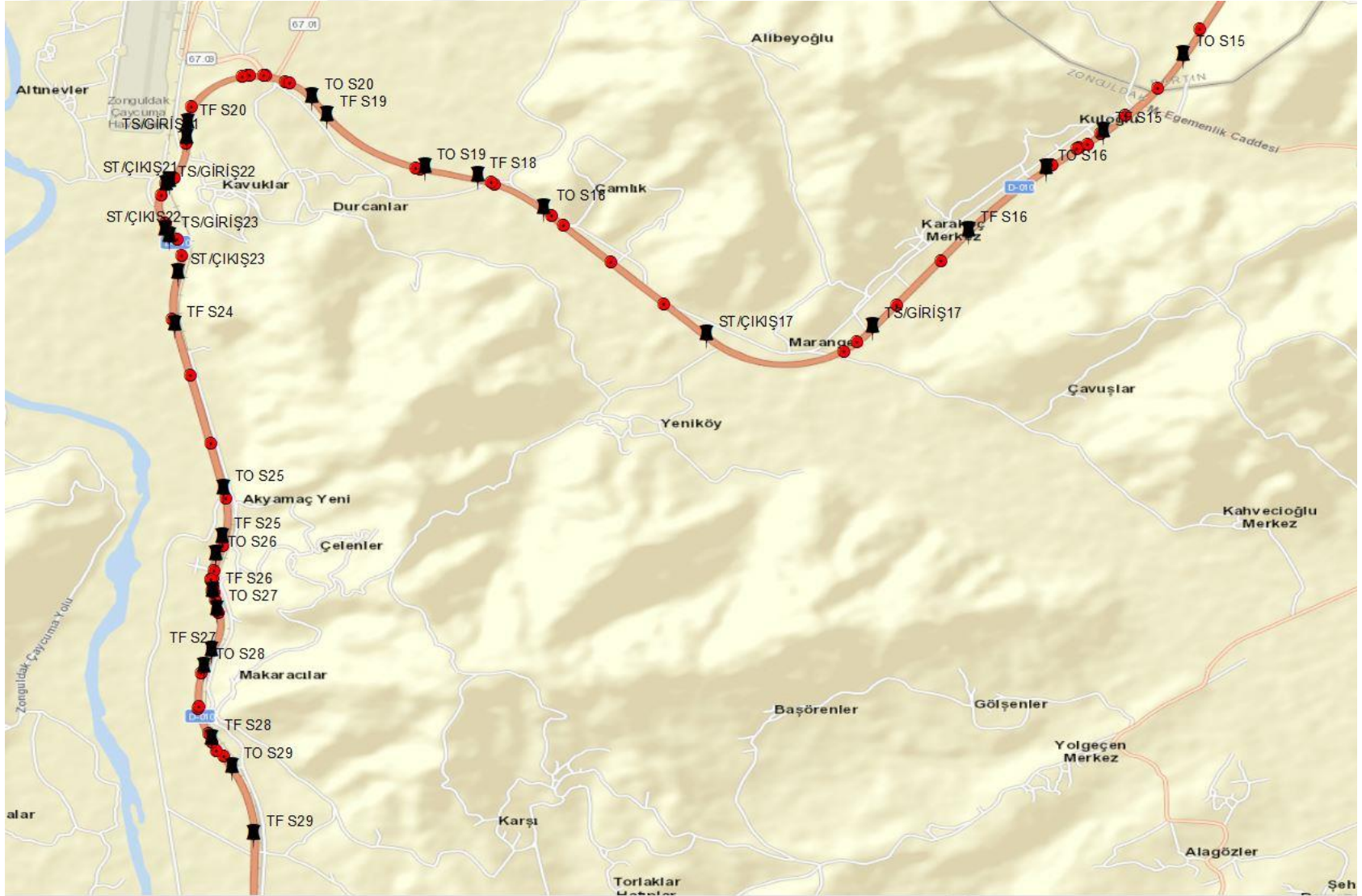
4.4.1. Trafik Kazalarına Ait Yatay Hat Geometrik Verisinin Eşleştirilmesi

Trafik kazaları ile geometri arasındaki ilişkiyi istatistik açıdan incelemek için yapılan ilk çalışma, yol kesimine ait yatay dönemeçlerin harita üzerine yerleştirilmesi olmuştur. Böylece gerçekleşmiş olan tüm kazaların, yatay dönemeçte mi yoksa teğette mi gerçekleştiği, yatay dönemeçte gerçekleştiyse hangi yatay dönemeçte gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu amaçla dönemeçlerin başlangıç ve bitiş noktalarına (TO-TF) ait koordinat bilgilerinin (X-Y), ArcGIS’e aktarılma işlemi yapılmıştır. Böylece mevcut tüm kazalar ve yatay hatta ait bilgilerin aynı harita

üzerinde görülmesi sağlanmıştır. Şekil 4.9'da D.010-07 kesiminin bir kısmına ait örnek kazalar ve geometrik veri birlikte sunulmuştur.

Şekil 4.9'daki gibi bir bilgi oluşturulurken kaza noktalarının yerlerini belirleme işlemi koordinatların üzerinden yapıldığı için, kazalara ait kilometre bilgisine ihtiyaç duyulmuştur. Kazalara ait kilometreler dönemeçlerin bilinen uzaklıklarına, ölçekli haritadan bulunan uzunlukların eklenmesi ya da çıkarılması ile elde edilmiştir. Böylece kazaların koordinatlarından kilometrelerine geçilerek, kazaların hangi dönemeçler ya da teğetlerde gerçekleştiği belirlenmiş ve tablolaştırılmıştır. D.010-07 kesimindeki kazaların ve geometrinin birkaç dönemece ait örneği, kazaların işlenme şeklinin görülebilmesi açısından Çizelge 4.8'de sunulmuştur.

Çizelge 4.8'deki örnekte görüldüğü gibi kazaların yerleri koordinatlar yardımıyla tespit edildikten sonra, kazalara ait numaralardan kaza sayıları belirlenmiştir. Böylece hangi dönemeçte ve teğette kaza olduğu, kaç kaza olduğu ve yatay hat eşleştirilmiştir. Böylelikle kazaların gerçekleştiği noktaya ait geometrik elemanların değerlerinin tespiti de mümkün olmuştur. Örneğin, 14 numaralı yatay dönemeç dairesel bir dönemeçtir ve bu dönemeçte 2 kaza gerçekleşmiştir. 17 numaralı yatay dönemeç ise birleştirme eğrili bir dönemeçtir ve bu dönemeçte de 2 kaza gerçekleşmiştir. 15 ve 16 numaralı yatay dönemeçlerin arasındaki 446,635 metrelik teğette ise 5 kaza gerçekleşmiştir. Çalışma kapsamında incelenen toplam 941 trafik kazasından 595'i (%63) yatay dönemeçlerde gerçekleşirken, 346'sı (%37) teğette gerçekleşmiştir.



Şekil 4.9 D.010-07 kesimine ait trafik kazaları ile yatay geometrik veri (dönemeçlerin başlangıç ve son noktaları) örneği.

Çizelge 4.8 D.010-07 kesimi yatay hat elemanları ve kaza durumları veri örneği.

Eleman	Kilometre	Y	X	Sapma açısı (Grad)	Yatay dönemeç elemanları	Bu kesimde gerçekleşmiş kaza numaraları	Kaza sayıları
Teğet L=470,926						110198 154910 21496 42987	4
TO S14	22+423,694	430488.252	4597797.944	SAĞ	R=3.500,000	35163 60736	2
S14		430427.234	4597643.463	6.0377	T=166,095		
TF S14	22+755,634	430351.861	4597495.455		L=331,940		
Teğet L=868,861						40643	1
TO S15	23+624,495	429957.577	4596721.208	SAĞ	R=1.900,000	3878 147198	2
S15		429780.504	4596373.492	25.7902	T=390,207		
TF S15	24+394,206	429480.721	4596123.709		L=769,711		
Teğet L=446,635						84703 85978 3039 181469 137709	5
TO S16	24+840,841	429137.587	4595837.805	SOL	R=3.000,000		0
S16		428879.759	4595622.98	14.1842	T=335,597		
TF S16	25+509,255	428675.773	4595356.494		L=668,414		
Teğet L=942,317						128207 116656	2
TS/GİRİŞ	26+451,571	428103.005	4594608.231	L=105,000	R=600,000	140478 16386	2
SC/ÇIKIŞ	26+556,571	428036.801	4594526.778	A=250,998			
MERKEZS,17		427594.054	4594931.716	spiral			
				SAĞ			
CS/GİRİŞ	27+489,238	427196.41	4594482.406	98,9589			
ST/ÇIKIŞ	27+594,238	427121.997	4594556.435	A=250,998	L=932,666		
Teğet L=1.375,831						24760 41921 9060 33686	4

4.4.2. Trafik Kazalarına Ait Düşey Hat Geometrik Verisinin Eşleştirilmesi

Kazaların gerçekleştiği kilometrelerin bilinmesi ile istenilen her türlü veriye ulaşılabilir. Sonraki aşamada, kilometreleri belirlenmiş kaza noktaları düşey hat haritaları üzerinde işaretlenmiştir. Böylece, kazaların düşey dönemeçlerde mi yoksa iniş ya da çıkış rampalarında mı gerçekleştikleri belirlenmiş ve yapılan okumalarla kaza yerlerinin düşey hat elemanları ile ilişkisini gösteren çizelgeler oluşturulmuştur. Oluşturulan çizelgelerde kaza olan bölgelere kaza sayıları eklenmiştir. Bu uygulama ile ilgili bir örnek Çizelge 4.9’da sunulmuştur.

Çizelge 4.9 D.010-07 kesimi düşey hat elemanları ve kaza durumları veri örneği.

Kilometre	Boyuna Eğim (g, %)	Düşey Dönemeç Yarıçapı (R)	Dönemeç Katsayısı (K)	Uzunluk (L)	Kaza Sayıları
20+540,000 22+320,000	-0,21			1.780	4
22+320,000 22+440,000	Dere Düşey Dönemeç	296.859,06	2.968,591	120	0
23+000,000 24+260,000	-0,17			1.820	5
24+260,000 24+380,000	Dere Düşey Dönemeç	206.774,89	2.067,749	120	0
24+380,000 25+420,000	-0,11			1.040	5
25+420,000 25+540,000	Tepe Düşey Dönemeç	52.162,06	521,621	120	0
25+540,000 26+080,000	-0,34			540	1
26+080,000 26+200,000	Dere Düşey Dönemeç	75.593,96	755,94	120	0
26+200,000 30+520,000	-0,18			4.320	11

Çizelge 4.9’da bir örneği sunulan tablolar sayesinde, boyuna eğimli düşey teğetler ile düşey dönemeçlerin üzerindeki kaza sayıları okunabilir hale gelmiştir. Çalışma kapsamında incelenen 941 kazadan 343’ünün (%36) düşey dönemeçlerde, 598’inin (%64) boyuna eğimin olduğu kesimlerdeki iniş ya da çıkış rampalarında gerçekleştiği belirlenmiştir.

İncelenen kazaların gerçekleştiği noktalara ait yatay hat elemanları ve düşey hat elemanları eşleştirilerek, kaza numaraları aracılığıyla tek bir kazaya ait tüm bilgiler bir araya toplanmış ve tablolaştırılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen 941 adet kazaya ait oluşturulan geometrik verilerin bir arada bulunduğu veri örneği Çizelge 4.10’da sunulmuştur.

Çizelge 4.10’da kazalara ait tüm veriler kaza numaraları ile birlikte derlenmiştir. Çizelgeden, trafik kazalarının gerçekleştiği yerlere ait verilerin yanı sıra, kaza gerçekleşmemiş bölgelere ait veriler de görülmektedir. Çalışma kapsamında yapılması düşünülen analizlerde yalnızca kaza olan bölgeler değil, kaza olmamış bölgelerin de bilgilerinin modelleme sırasında önemli olduğu düşünülmektedir. Çünkü yol geometrisi ve kaza ilişkisi yalnızca kazanın olması özelinde değil, kazanın olmaması üzerinden de incelenmesi gereken bir olgudur. Çalışmanın sonraki bölümünde modelleme için uygun yöntemin seçimi işlemi ve geometri-kaza ilişkisinin tespiti amacıyla istatistik analizler yapılmıştır.

Çizelge 4.10 Trafik kazalarına ait yol D.010-07 kesimi geometrisini gösteren veri örneği.

Kaza ID	Yatay Dönemeç Yönü	Birleştirme Eğrisi	Yatay Dönemeç Sapma Açısı (Grad)	Yatay Dönemeç Yarıçapı (R)	Yatay Dönemeç Teğeti (T)	Yatay Dönemeç Yay Boyu (L)	Teğet Boyu (L)	Boyuna Eğim (g, %)	Düşey Dönemeç tipi	Düşey Dönemeç Yarıçapı (R)	Düşey Dönemeç Katsayısı (K)	Düşey Dönemeç Boyu / İniş veya Çıkış Rampa Boyu (L)
0	SAĞ	0	25.79	1900.00	390.21	769.71			Dere	206774.89	2067.75	120
84703							446.64	-0.11				1040
85978							446.64	-0.11				1040
3039							446.64	-0.11				1040
181469							446.64	-0.11				1040
137709							446.64	-0.11				1040
0	SOL	0	14.18	3000.00	335.60	668.41		-0.11				1040
0	SOL	0	14.18	3000.00	335.60	668.41			Tepe	52162.06	521.62	120
116656							942.32	-0.34				540
0							942.32		Dere	75593.96	755.94	120
16386	SAĞ	1	98.96	600.00	757.01	1142.67		-0.18				4320
140478	SAĞ	1	98.96	600.00	757.01	1142.67		-0.18				4320
41921							1375.83	-0.18				4320
24760							1375.83	-0.18				4320
9060							1375.83	-0.18				4320
33686							1375.83	-0.18				4320
131938	SOL	0	137.58	925.00	263.82	513.99		-0.18				4320
48660	SOL	0	137.58	925.00	263.82	513.99		-0.18				4320
0							270.03	-0.18				4320
139050	SAĞ	0	47.63	967.50	379.80	723.83		-0.18				4320



BÖLÜM 5

VERİLERİN İSTATİSTİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, çalışma kapsamında toplanan trafik kazası verilerinin ve yol geometrisi verilerinin temel tanımlayıcı istatistikler ile genel değerlendirmesi yapılmıştır. Trafik kazaları ile ilgili bilgiler çizelgeler ile özetlenmiş ve geometrik veriler ile ilgili tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Yatay ve düşey hatta gerçekleşmiş kazalar ve yol geometrisinin ilişkisi incelenmiştir. İstatistik olarak yapılan değerlendirme ile riskli kesimler belirlenmiştir.

5.1 TRAFİK KAZASI VERİLERİNİN TEMEL TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ

Kaza verilerinin ayıklanması sonucunda çalışmada kullanılmasına karar verilen 941 kazanın trafik kazası tespit tutanaklarındaki bilgileri kullanılarak temel tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir. Bu aşamada, belirlenen 941 kazanın 2016-2022 yılları arasında yani toplam 7 yılda gerçekleştiği hatırlanmalıdır. Yani kazalar yıllara göre ayrılmamış, bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Fakat modelleme aşamasına geçilmeden önce kazaların yıllık olarak belirlenmesi gerekmektedir. Yani çalışmada kullanılacak kaza verisinin kilometre başına yıllık kaza sayısı olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu şekilde analizlerin sonuçları ve yorumlanması daha gerçekçi olacaktır.

Çalışma kapsamında incelenen 941 kazanın gerçekleşmesi sonucunda toplam 18 kişi olay yerinde hayatını kaybetmiş ve 1.697 kişi ise yaralanmıştır. Bu kazaların tümü bölünmüş karayolunda gerçekleşmiştir. Yolların %99,6'sı asfalt kaplama ve %0,4'ü sathi kaplamadır.

Her bir kesimde gerçekleşmiş yıllık kaza sayıları belirlenmiş, ortalamaları alınarak yıllık kaza sayıları (YOKS) hesaplanmış ve Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1 İncelenen kesimdeki yıllık kaza sayıları.

KKNO	Yıllara göre kaza sayıları								YOKS
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	7 yıllık toplam	
D.010-06	46	47	48	41	41	44	41	308	44
D.010-07	18	20	20	21	17	18	13	128	18
D.030-11	2	1	1	2	1	1	1	9	1
D.750-01	78	77	83	72	40	69	70	497	71
Toplam	145	146	153	137	101	133	126	941	134

Çizelge 5.1’de yıllara göre kesimlerdeki kaza sayılarının dağılımı, 7 yıllık toplam kaza sayıları ve bunlara bağlı hesaplanan yıllık ortalama kaza sayıları sunulmuştur. İncelenen kesimlerde gerçekleşen kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları (KBYKS) Çizelge 5.2’de sunulmuştur.

Çizelge 5.2 İncelenen kesimdeki kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

KKNO	Kesim uzunluğu (km)	YOKS	Toplamdaki payı (%)	KBYKS
D.010-06	71	44	32,8	0,62
D.010-07	28	18	13,5	0,65
D.030-11	9	1	0,8	0,14
D.750-01	82	71	52,9	0,87

Çizelge 5.2’de en yüksek yıllık ortalama kaza sayısının en uzun kesim olan D.750-01 numaralı kesimde gerçekleştiği görülmektedir. 82 kilometrelik bu kesimde yıllık ortalama 71 adet kaza gerçekleşmiştir ve oransal olarak kazaların %52,9’una karşılık gelmektedir. Kesimin aynı zamanda uzun olması başka bir ölçeye geçilmesini gerektirmiştir. Böylece kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,87 olarak hesaplanmıştır. Yıllık kilometre başına en fazla kaza üreten kesim D.750-01 kesimi olurken, en az kaza üreten kesim ise D.030-11 olmuştur.

Çizelge 5.3’te yatay hatta göre kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.3 Yatay hatta göre kaza sayıları.

Yatay geometri	Uzunluk (km)	YOKS	Toplamdaki payı (%)	KBYKS
Teğet	70,5	49	36,8	0,69
Yatay dönemeç	80,4	67	49,6	0,83
Tehlikeli dönemeç	5,1	18	13,6	3,53

Çizelge 5.3'te kazaların yüksek oranda yatay dönemeçlerde gerçekleştiği görülmektedir. Tehlikeli dönemeç olarak belirtilen dönemeç tipi, kaza tespit tutanaklarındaki yatay hatta ait üç gruptan birini göstermektedir. Tehlike uyarı işaretleri (T grubu) grubunda bulunan tehlikeli dönemeç işaret levhası, ilgili dönemecin başlangıcında bulunmaktadır ve kazanın gerçekleştiği alanda trafik zabıtası ilgili işareti gördüğü için yatay hatta göre bu seçeneği işaretlemektedir. Bu, yolun geometrisini yani sapma açısı ya da yarıçapı belirten bir işaret değil, platformdan çıkıldığındaki tehlikeyi gösteren bir işarettir. Tehlikeli dönemeç yön levhaları, her dönemeçte kullanılmamalı, bu işaretler yolun genel yapısına göre kıyaslandığında özellikle tehlikeli bulunan dönemeçlerde kullanılmalıdır (KGM 2015). Yatay dönemeçlerde meydana gelen kazaların kilometre başına yıllık kaza sayısı oranlarına bakılarak en riskli tehlikeli dönemeçlerin (3,53), yatay dönemeçlerin (0,83) ve son olarak teğetlerin (0,69) olduğu belirlenmiştir. Yatay dönemeçlerde aşırı hız, merkezkaç kuvvetinin artmasına ve taşıtların yoldan çıkmasına yol açabilir.

Çizelge 5.4'te düşey hatta göre kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.4 Düşey hatta göre kaza sayıları.

Düşey geometri	Uzunluk (km)	YOKS	Toplamdaki payı (%)	KBYKS
Düşey dönemeç	47,5	49	36,5	1,03
Boyuna eğimli	100,2	74	55,0	0,73
Tehlikeli eğimli	8,3	11	8,5	1,32

Çizelge 5.4'te kazaların büyük bir kısmının boyuna eğimli kesimlerde gerçekleştiği görülmektedir. Tehlikeli eğimli olarak adlandırılan yol kesimi ise, yatay dönemeçte de belirtildiği gibi kaza tespit tutanaklarındaki gruplandırmanın biri olan ve tehlike uyarı işaretleri (T-3b) ile belirtilen bir kesimdir. Bu işaret levhaları, tehlikeli olduğu düşünülen iniş ya da çıkış

eğimli yol kesimlerini gösterir ve özellikle kamyon gibi büyük taşıt sürücülerinin vites düşürmeleri gerektiğini bildirir. Uyarı levhası üzerinde belirtilen eğim derecesi, uyarıya konu olan yol kesiminin ortalama eğimi olmalıdır (KGM 2015). Kilometre başına yıllık kaza oranına bakıldığında tehlikeli eğimin (1,3) en riskli, düşey dönemecinde (1,03) boyuna eğime göre daha riskli olduğu görülmektedir. Sayılar genel olarak, düşey dönemeçli kesimlerde kaza olma riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.5'te havanın aydınlanma durumuna göre kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.5 Havanın aydınlanma durumuna göre kaza sayıları.

Aydınlanma durumu	Kaza sayısı	Toplamdaki payı (%)
Gündüz	680	72,3
Gece	220	23,4
Alacakaranlık	41	4,4

Çizelge 5.5'te kazaların %72,3'ünün gündüz saatlerinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu oran, trafik hacminin genellikle gündüz saatlerinde yoğun olmasından kaynaklanmış olabilir. Gece saatlerinde meydana gelen kazalar, toplam kazaların %23,4'ünü oluşturmaktadır. Gece kazaları, genellikle yetersiz aydınlatma ve düşük görüş mesafesi gibi sebeplerden kaynaklanmış olabilir. Alacakaranlıkta meydana gelen kazaların oranı %4,4 ile daha düşüktür. Ancak bu zaman dilimi, geçiş dönemi ışık koşulları nedeniyle hem gündüz hem de geceye özgü riskleri barındırmaktadır. Sürücüler ışık değişimlerine adapte olmakta zorlanabilir ve bu durum görsel algılama hatalarına neden olabilir.

Çizelge 5.6'da hava durumuna göre kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.6 Hava durumuna göre kaza sayıları.

Hava durumu	Kaza sayısı	Toplamdaki payı (%)
Gökyüzü açık	526	55,9
Sis ya da duman varlığı	18	1,9
Yağmur yağışlı	335	35,6
Kar yağışlı	26	2,8
Dolu yağışlı	1	0,1
Gökyüzü bulutlu	35	3,7

Çizelge 5.6’da kazaların yüksek oranda gökyüzü açıkken ve yağmur yağışlı havalarda gerçekleştiği görülmektedir. Açık hava koşullarında gerçekleşen kazaların yüksek oranı (%55,9), genellikle sürücüler için ideal şartların sağlandığı zaman diliminde dahi diğer etmenlerin etkili olabileceğini göstermektedir. Yağmurlu havalarda gerçekleşen kazaların oranı (%35,6), yağmurun yol yüzeyinde kayganlık oluşturmaları ve görüş mesafesinin azalması nedeniyle kaza riskini artırdığı düşünülebilir. Yağmurlu havalarda sürücüler, fren mesafelerinin uzaması, yolun kayganlaşması ve su birikintilerinin oluşması nedeniyle hızlarını kontrol etmekte zorluk yaşayabilirler. Bu koşullarda, araçların yol tutuşu ve sürüş stabilitesi de olumsuz yönde etkilenebilir.

Çizelge 5.7’de yol yüzeyine göre kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.7 Yol yüzeyine göre kaza sayıları.

Yol yüzeyi	Kaza sayısı	Toplamdaki payı (%)
Kuru	503	53,5
Islak ya da nemli	415	44,1
Karla kaplı	12	1,3
Buzla kaplı	7	0,7
Sel ya da su birikintisi	2	0,2
Kaygan yüzeyli (diğer)	2	0,2

Çizelge 5.7’de trafik kazalarının kuru yol yüzeyinde ıslak ya da nemli yol yüzeyine göre daha fazla gerçekleştiği görülmektedir fakat aradaki fark yüksek değildir. Çizelge 5.6 ve 5.7’deki iki çizelge için verilen hava ve yol koşullarının süresi (günü) bilinmediğinden oransal olarak bir karşılaştırma yapmak çok doğru değildir.

Çizelge 5.8’de oluş şekline göre kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.8 Oluş şekline göre kaza sayıları.

Oluş şekli	Kaza sayısı	Toplamdaki payı (%)
Engel ya da cisim ile çarpışma	131	13,9
Yayaya çarpma	43	4,6
Hayvana çarpma	11	1,2
Devrilme, savrulma ya da takla atma	232	24,7
Yoldan çıkma	524	55,7

Çizelge 5.8’de kazaların yüksek oranda yoldan çıkma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Sonrasında ise taşıtın devrilmesi, savrulması ya da takla atması şeklinde gerçekleşen kazaların sayısının yüksek olduğu görülmektedir. Yoldan çıkma şeklinde gerçekleşen kazaların %55,7 gibi yüksek bir oranda olması, yol geometrisinin, sürücü davranışlarının ve hız kontrolünün bu tür kazalardaki kritik etkisini gösterebilir. Yoldan çıkma kazaları, genellikle dönemeçlerde sürücülerin hız sınırını aşması, dikkatsizlik veya yolun kayganlık durumu gibi etmenlerden kaynaklanabilir.

5.2 GEOMETRİK VERİNİN TEMEL TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ

Çalışmada kullanılan yol geometrisi verileri ve sınır değerleri Çizelge 5.9’da sunulmuştur.

Çizelge 5.9 Yol geometrisi bileşenleri.

Değişken Adı	Kısaltma	Açıklama
Yatay hat geometrisi		
Yatay dönemeç sapma açısı (Δ)	YDSA	0,24 ile 185,10 grad arasında değişmekte
Yatay dönemeç sapma açısı yönü	YDSAY	Sağ ya da sol
Yatay dönemeç yarıçapı (R)	YDY	80 ile 10.000 metre arasında değişmekte
Yatay dönemeç teğet boyu (t)	YDTB	4,25 ile 1.261,05 metre arasında değişmekte
Yatay dönemeç yay boyu (D)	YDYB	33,60 ile 1.142,67 metre arasında değişmekte
Teğet boyu	TB	7,28 ile 2.253,24 metre arasında değişmekte
Düşey hat geometrisi		
Düşey dönemeç tipi	DDT	Dere ya da tepe
Düşey dönemeç yarıçapı (R)	DDY	1.743,38 ile 706.401,59 metre arasında
Düşey dönemeç katsayısı (K)	DDK	değişmekte
Düşey dönemeç boyu (L)	DDB	17,43 ile 7.064,02 arasında değişmekte
Düşey dönemeç cebrik fark (G, %)	DDCF	60 ile 1.000 metre arasında değişmekte
Boyuna eğim (g, %)	BE	-13,72 ile 15,87 arasında değişmekte
İniş ya da çıkış rampası boyu	RB	-8,55 ile 10,00 arasında değişmekte 15 ile 4.320 metre arasında değişmekte

Çizelge 5.9’da yolun yatay ve düşey geometrisi görülmektedir. Çizelge 5.9’daki büyüklüklere ait sayılar ise Çizelge 5.10’da sunulmuştur.

Çizelge 5.10 Yol geometrisi verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

	Ortalama	Standart sapma	Örnek sayısı
Yatay dönemeç sapma açısı	36,33	28,64	300
Yatay dönemeç yarıçapı (m)	774,22	1161,56	300
Yatay dönemeç teğet boyu (m)	147,03	138,15	300
Yatay dönemeç yay boyu (m)	285,10	207,01	300
Teğet boyu (m)	258,16	319,20	273
Düşey dönemeç yarıçapı (m)	23439,24	63598,12	253
Düşey dönemeç katsayısı	234,39	635,98	253
Düşey dönemeç boyu (m)	188,55	126,22	253
Düşey dönemeç cebrik fark	1,69	5,25	253
Boyuna eğim (%)	0,34	3,51	258
İniş ya da çıkış rampası boyu (m)	400,89	548,05	258

Çizelge 5.10’da merkezi eğilimin bir ölçüsü olan “ortalama” verilerin nerede yoğunlaştığını gösterirken, merkezi dağılımın bir ölçüsü olan “standart sapma” verilerin ortalamadan ne kadar uzaklaştığını göstermektedir. Ayrıca verilere ait kaç örnek üzerinden bu değerlerin hesaplandığı da görülmektedir. Küçük standart sapmalar veri grubunun daha homojen dağıldığını göstermektedir. Çizelge 5.10’da yatay ve düşey dönemeç yarıçaplarına ait standart sapmalarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, projelerden okunan yarıçap değerlerinin aykırı değerlere sahip olduğunun bir kanıtıdır. Yarıçap değerlerinin küçük ve büyük değerlerinin arasındaki farkların oldukça yüksek olduğu Çizelge 5.9’da gösterilmiştir. Bu ise verilerin homojen dağılmadığı anlamına gelir. Analizler sırasında aykırı değerler veriden çıkarılacaktır, bu uygulama sonuçlar için daha anlamlı olabilir.

5.2.1. Yatay Hat Verisinin Değerlendirilmesi

Çizelge 5.11’de, incelenen devlet yolu kesimlerine ait uzunlukların yatay dönemeç ve teğetteki uzunlukları sunulmuştur.

Çizelge 5.11 Devlet yolu kesimlerinde yatay dönemeç ve teğet boyları.

KKNO	Yatay dönemeç boyu (m)	Yatay teğet boyu (m)	Toplam (m)
D.010-06	25.125	11.441	36.566
D.010-07	20.011	21.636	41.647
D.030-11	686	1.026	1.712
D.750-01	39.706	36.375	76.081
Toplam	85.528	70.478	156.006

Toplam 156.006 metre uzunluğunda yol incelendiği Çizelge 5.11’de görülmektedir. Normalde bu kesimlere ait (bölünmüş yollar) toplam uzunluk 180 kilometredir. Çalışma kapsamında kavşakların veriden çıkarılmasına karar verilmiştir. Fiziki kavşak alanı, bir kavşağın geometrik olarak tanımlanan ve araçların yön değiştirdiği, birleştiği veya ayrıldığı bölgeyi ifade eder. Yatay hat projelerinden fiziki kavşak alanlarına ait uzunluklar belirlenmiş (23.994 m) ve toplam uzunluktan (180 km) çıkarılarak çalışmada incelenen (156.006 m) uzunluk elde edilmiştir. Toplamda 85.526 metre yatay dönemeç, 70.478 metre uzunluğunda yatay teğet incelenmiştir. İncelenen bu kesimler yalnızca kaza olan değil, toplam uzunluğu ifade etmektedir.

Çizelge 5.12’de yatay dönemeç ve teğetteki kazalara ait kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.12 Yatay dönemeç ve teğette kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı.

Yolun bölümü	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	Toplam uzunluk (m)	KBYKS (adet/km)
Yatay dönemeç	595	85	85.528	1,0
Teğet	346	49	70.478	0,7
Toplam	941	134	156.006	

Çizelge 5.12’de kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı yatay dönemeçler için 1,0 olarak hesaplanmıştır. Teğetlerde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ise 0,7 olarak hesaplanmıştır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarına bakıldığında, yatay dönemeçlerin teğetlere göre daha riskli olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.13'te yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.13 Yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı.

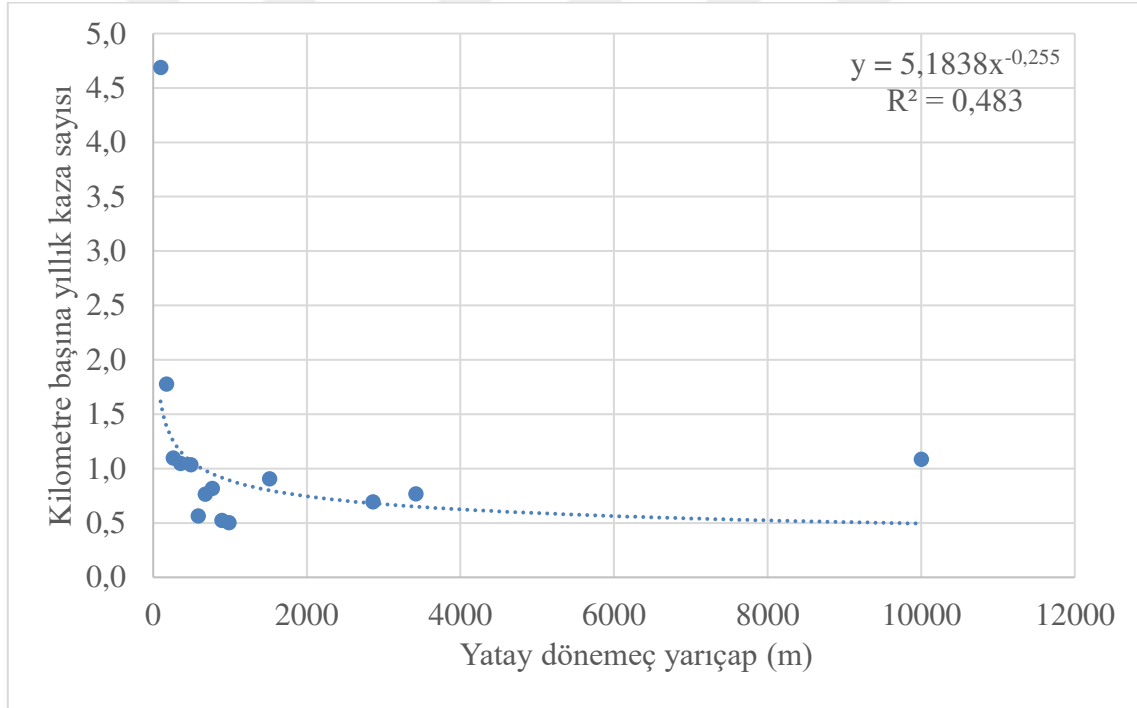
Yarıçap (m)	Yatay dönemeç sayısı	Ortalama yarıçap (m)	Toplam yay boyu (m)	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	KBYKS (adet/km)
80-100	5	96	579	19	2,71	4,69
101-200	56	172	10.930	136	19,43	1,78
201-300	35	261	7.696	59	8,43	1,10
301-400	54	355	12.968	95	13,57	1,05
401-500	34	491	9.390	68	9,71	1,03
501-600	17	584	4.046	16	2,29	0,56
601-700	10	678	2.622	14	2,00	0,76
701-800	12	770	4.377	25	3,57	0,82
801-900	6	892	2.727	10	1,43	0,52
901-1000	22	986	9.695	34	4,86	0,50
1.001-2.000	29	1.513	12.165	77	11,00	0,90
2.001-3.000	14	2.859	7.008	34	4,86	0,69
3.001-4.000	3	3.419	930	5	0,71	0,77
10.000	3	10.000	395	3	0,43	1,08

Çizelge 5.13'te 1.000 metreye kadar yatay dönemeç yarıçapları 100'er metre aralıklı şekilde, 1.000 metreden sonraki yarıçap değerleri ise bu değerlerdeki yarıçapların oldukça az olması sebebiyle 1.000'er metre aralıklı şekilde gruplandırılmıştır. Yatay dönemeçlere ait 300 farklı kesim bulunmaktadır ve bunlar Çizelge 5.13'te belirtilen yarıçap aralıklarında kaç adet olduğu belirtilmiştir. Ortalama yarıçap değerleri, aralıktaki tüm yarıçapların ortalamasıdır. Örneğin yarıçap değeri 0 ile 100 metre arasında değişen 5 farklı yatay dönemeç kesimi bulunmaktadır. Bu yatay dönemeçlere ait dönemeç yarıçaplarının ortalaması 96 metre olarak hesaplanmıştır. Bu yarıçaplar yalnızca kaza olan kesimlere ait olanlar değil, tüm incelenen kesimlere aittir. Bu kesimlerdeki dönemeçlere ait yay boyu toplamı 579 metredir. Dönemeçlerde ise 7 yılda toplam 19 kaza gerçekleşmiştir. Yıllık kaza sayısı ise 2,71 olarak hesaplanmıştır. O halde kilometre

başına düşen yıllık kaza sayısı ise 4,69 adet/km olarak hesaplanmıştır. Diğer yarıçap değerleri için de benzer hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı en yüksek olan yarıçap grubu 4,69 kaza ile 80 ile 100 metre arasındaki yarıçaplardır. 100-200 metre arasındaki yarıçaplarda da 136 kaza ile en çok kazanın gerçekleştiği görülmektedir fakat bu grubun kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0-100 metreye oranla daha azdır. Yarıçap arttıkça kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının 600 metreye kadar azaldığı, sonrasında durağan bir yapıda olduğu Çizelge 5.13'ten gözlemlenebilir.

Şekil 5.1'de yatay dönemeç yarıçapı ile kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi sunulmuştur. Şekildeki grafik, ilgili aralıktaki ortalama yarıçap değerleri esas alınarak oluşturulmuştur.

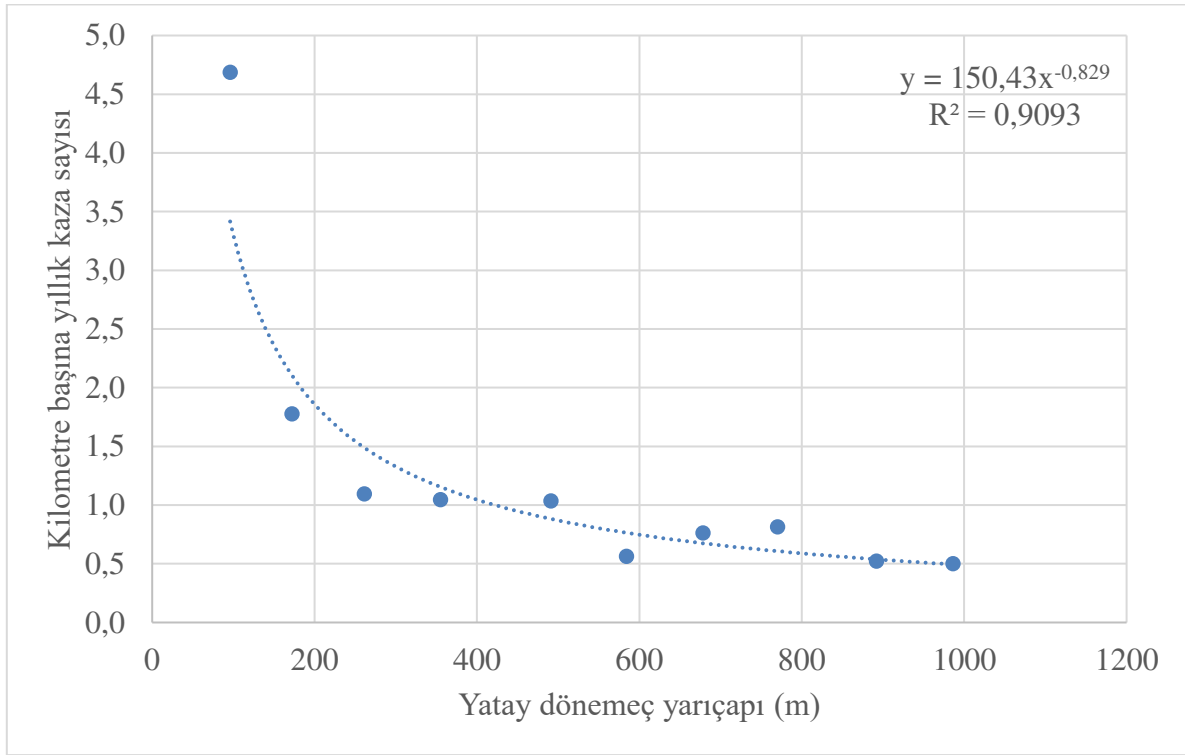


Şekil 5.1 Kaza sayısının yarıçapa göre değişimi.

İki değişken (x, y) için çizilen eğilim çizgisi, bu iki değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade eden bir denklem üretir. Bu denklem bağımsız değişken (x) ile bağımlı değişken (y) arasındaki ilişkiyi gösterir ve altıncı bölümde regresyon modeli denklemi olarak daha detaylı açıklanacaktır. Şekil 5.1'de kilometre başına yıllık kaza sayısı ile yatay dönemeç yarıçapı arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmek için kullanılabilecek denklem 5.1'de sunulmuştur.

$$KBYKS = a \times YDY^b \quad (5.1)$$

R^2 regresyon modelinin bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranını gösteren bir istatistiksel ölçüttür ve değeri 0,483 olarak hesaplanmıştır. Değerin bire yakın olması modelin veri ile uyumluluğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle bağımsız değişken bağımlı değişkeni o oranda açıklıyor demektir. Yarıçap değerlerinin en yüksek olanından (10.000 m) başlanarak veriden çıkarılmış ve R^2 değerleri kontrol edilmiştir. Sonra sırasıyla 4.000, 3.000, 2.000 metre yarıçaplar veriden çıkarılmış ve R^2 'nin en yüksek değerine ulaştığı görülmüştür. Aykırı değer olduğu belirlenen 1.000 metre ve üzerindeki yarıçaplar veriden çıkartılarak Şekil 5.2'de yeniden sunulmuştur.



Şekil 5.2 Kaza sayısının yarıçapa göre değişimi (0-1.000 metre).

Şekil 5.2'de R^2 değerinin 0,9093 olduğu görülmekte olup, model veriyi yaklaşık %90 oranında açıklamaktadır ve modelin açıklama gücü oldukça yüksek denilebilir. Ayrıca kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının yatay dönemeç yarıçapı arttıkça azaldığı da görülmektedir. Şekil 5.2'deki model denklemi Denklem 5.2'de sunulmuştur.

$$KBYKS = 150,43 \times YDY^{-0,829} \quad (5.2)$$

Denklem 5.2 kullanılarak 1.000 metreye kadar olan yatay dönemeç yarıçapları için kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplanabilir.

Çizelge 5.14'te teğet boyu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

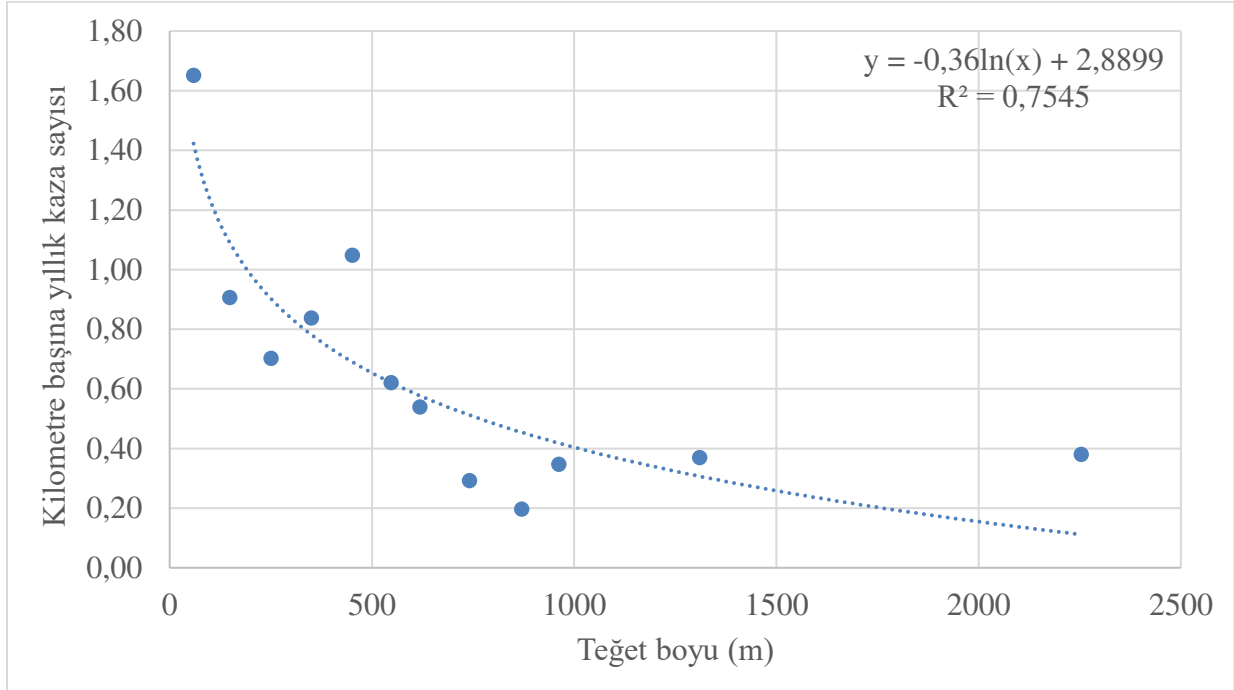
Çizelge 5.14 Teğet boyu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı.

Teğet boyu (m)	Kesim adedi	Ortalama teğet boyu (m)	Toplam teğet boyu (m)	7 yıllık kaza Sayısı	Yıllık kaza sayısı	KBDKS (adet/km)
7-100	99	59	5.796	67	9,57	1,65
101-200	73	148	10.875	69	9,86	0,91
201-300	35	250	8.751	43	6,14	0,70
301-400	19	350	6.652	39	5,57	0,84
401-500	12	451	5.451	40	5,71	1,05
501-600	8	547	4.373	19	2,71	0,62
601-700	3	618	1.854	7	1,00	0,54
701-800	4	741	2.935	6	0,86	0,29
801-900	5	870	4.348	6	0,86	0,20
901-1000	3	962	2.885	7	1,00	0,35
1001-2000	11	1.310	14.305	37	5,29	0,37
2001-2253	1	2.253	2.253	6	0,86	0,38

Çizelge 5.14'te 1.000 metreye kadar teğet boyları 100'er metre aralıklı şekilde gruplandırılmıştır. Ortalama teğet boyu, aralıktaki tüm teğet boylarının ortalamasıdır. Örneğin, teğet boyu değeri 7 ile 100 metre arasında değişen 99 farklı teğet kesimi bulunmaktadır. Bu teğetlere ait teğet boylarının ortalaması 59 metre olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama yalnızca kaza olan kesimlere ait olanlar değil, incelenen tüm kesimlere aittir. Bu kesimdeki teğetlere ait toplam teğet boyu 5.796 metredir. Teğetlerde toplamda 7 yılda 67 kaza, yılda ise 9,57 kaza gerçekleşmiştir. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 1,65 adet/km olarak bulunmuştur. Diğer teğet boyu değerleri için de benzer hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı en yüksek olan teğet boyu kesimi 1,65 kaza ile 7 ile 100 metre arasındaki teğet boylarıdır. Teğet boyu arttıkça kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının 300 metreye kadar azaldığı, sonrasında dalgalı bir seyir izlediği Çizelge 5.14'ten gözlemlenebilir.

Şekil 5.3'te teğet boyu ile kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi sunulmuştur. Bu ilişki, ortalama teğet boyu değerleri esas alınarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3 Kaza sayısının teğet boyuna göre değişimi.

Şekil 5.3'te R^2 değerinin 0,7545 olduğu görülmektedir. O halde, model veriyi yaklaşık %75 oranında açıklamaktadır. Ayrıca kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının teğet boyu arttıkça azaldığı da görülmektedir. Şekil 5.3'teki model denklemi Denklem 5.3'te sunulmuştur.

$$KBYKS = -0,36 \ln TB + 2,8899 \quad (5.3)$$

Denklem 5.3 kullanılarak 2.253 metreye kadar olan teğet boyları için kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplanabilir.

Çalışma kapsamında gerçekleşen kazalara ait yatay dönemeçlerin yönleri ile dönemeç öncesi ve sonrasındaki teğetler Çizelge 5.15'te sunulmuştur.

Çizelge 5.15 Yatay dönemeç yönlerine göre teğet ve kaza sayıları.

Teğet boyu	Kaza sayısı	Aynı yönlü ardışık dönemeçler için teğet sayısı (Sağ-sağ ya da Sol-sol)	Ters yönlü ardışık dönemeçler için teğet sayısı (Sağ-sol ya da Sol-sağ)	Teğet başına kaza sayısı (aynı yönlü)	Teğet başına kaza sayısı (ters yönlü)
7-100	67	29	38	2,3	1,8
101-200	69	33	36	2,1	1,9
201-300	43	16	27	2,7	1,6
301-400	39	18	21	1,9	2,2
401-500	40	19	21	1,9	2,1
501-600	19	3	16	1,2	6,3
601-700	7	3	4	1,8	2,3
701-800	6	0	6	1,0	0
801-900	6	6	0	0	1,0
901-1000	7	3	4	1,8	2,3
1.001-2.000	37	16	21	1,8	2,3
2.001-2.253	6	0	6	1,0	0

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Karayolu Tasarımı El Kitabının 46. sayfasında aşağıdaki ifade yer almaktadır (KTEK, 2022).

“Birbirini izleyen aynı yönde yatay dönemeç uygulamasından olabildiğince kaçınılmalıdır. Sürücülerin büyük çoğunluğu tarafından bir dönemeçten çıkıldığında takip eden ikinci dönemecin de aynı yönde olması beklenmediğinden kaza olasılığı artmaktadır.”

Bu tasarım ölçütü düşünülerek, yolda böyle bir durumun var olup olmadığı sorgulanmıştır. Örneğin 7-100 metre boyundaki teğetlerde bu aralığa düşen 99 teğet bulunmaktadır ve bunlar üzerinde toplam 67 kaza gerçekleşmiştir. Kaza gerçekleşen her bir teğet için öncesindeki ve sonrasındaki yatay dönemeç yönünü belirlemek amacıyla yatay hat projeleri yeniden incelenmiştir. Yatay dönemeç yönünün aynı olması, her ikisinin de sağa ya da sola dönmesi; ters olması birisi sağa dönerken diğerinin sola dönmesidir. Teğet başına kaza sayıları ise, teğet aralığında gerçekleşmiş kaza sayılarının teğet sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Örneğin, 100 metreye kadar olan teğetlerde toplamda 67 kaza gerçekleşmiştir. Bunlardan 38 tanesi aynı yönlü ardışık dönemeçlerdeki teğetlerde, 29 tanesi ise farklı yönlü ardışık dönemeçlerdeki

teğetlerde gerçekleşmiştir. Teğet başına kaza sayılarına bakıldığında ise, aynı yönlü ardışık dönemeçlerde 2,3 iken farklı yönlü ardışık dönemeçlerde 1,8 olarak hesaplanmıştır. Diğer teğet boyları için de benzer hesaplamalar yapılmıştır. 300 metre teğet boyuna kadar olan gruplarda aynı yönlü ardışık dönemece ait teğet başına düşen kaza sayıları yüksekken, 300 metreden sonraki teğet boylarında ters yönlü teğet başına düşen kaza sayıları daha yüksektir.

5.2.2. Düşey Hat Verisinin Değerlendirilmesi

Çizelge 5.16’da düşey dönemeç ve boyuna eğimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.16 Düşey dönemeç ve boyuna eğimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Yolun bölümü	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	Toplam uzunluk (m)	KBYKS (adet/km)
Düşey dönemeç	343	49	47.505	1,03
Boyuna eğim	598	85	108.501	0,79

Çizelge 5.16’da düşey dönemeçlerde toplam 47.505 metre uzunluğunda 7 yılda 343 trafik kazası gerçekleşirken, yılda 49 kaza gerçekleşmiştir. Böylece kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı düşey dönemeçler için 1,03 olarak hesaplanmıştır. Boyuna eğimde toplam 108.501 metrelik kesimde 7 yılda 598 trafik kazası gerçekleşirken, yılda 85 kaza gerçekleşmiştir. Böylece kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı boyuna eğim için 0,79 olarak hesaplanmıştır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarına bakıldığında düşey dönemeçlerin boyuna eğimli kesimlere göre daha riskli olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.17’de düşey dönemeç tiplerine göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.17 Dere ve tepe düşey dönemeçlerde kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Düşey dönemeç tipi	7 yıllık kaza Sayısı	Yıllık kaza sayısı	Dönemeç adedi	Toplam dönemeç boyu (m)	Dönemeç başına yıllık kaza sayısı	KBYKS (adet/km)
Dere düşey dönemeç	166	24	118	23.870	0,20	0,99
Tepe düşey dönemeç	177	25	135	23.635	0,19	1,07

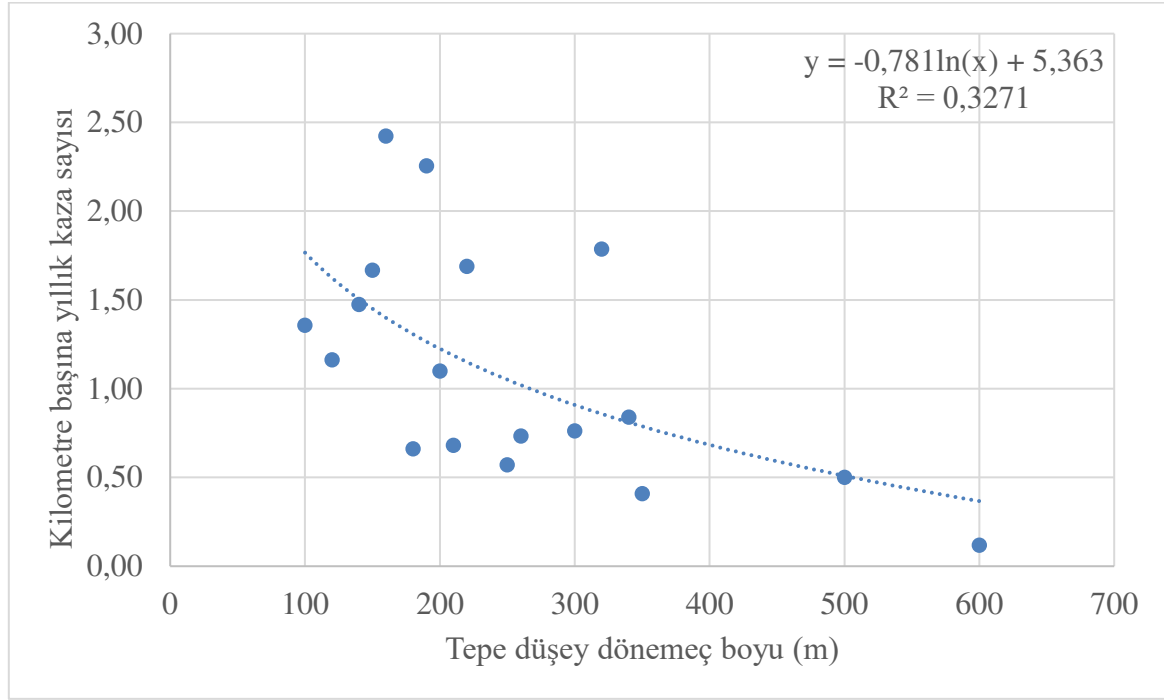
Çizelge 5.17’de görüldüğü gibi, 166 dere düşey dönemeç ve 177 tepe düşey dönemeç olmak üzere toplam 343 düşey dönemeç incelenmiştir. Dere düşey dönemeçlerde 23.870 metrelik kesimde 7 yılda 166, yılda ise ortalama 24 trafik kazası gerçekleşmiştir. Böylece kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı dere düşey dönemeçler için 0,99 olarak hesaplanmıştır. Tepe düşey dönemeçlerde 23.635 metrelik kesimde 7 yılda 177, yılda 25 trafik kazası gerçekleşmiştir. Böylece kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı tepe düşey dönemeç için 1,07 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra 118 dere düşey dönemeç incelenmiş ve dönemeç başına kaza sayısı 0,20 olarak belirlenmiştir. İncelenen 135 tepe düşey dönemeç için dönemeç başına kaza sayısı ise 0,19 olarak belirlenmiştir. Kilometre başına ve dönemeç başına düşen yıllık kaza sayılarına bakıldığında tepe düşey dönemeçler ile dere düşey dönemeçler arasında kazalar açısından çok belirgin bir farkın bulunmadığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.18’de tepe düşey dönemeç boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.18 Tepe düşey dönemeç boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Uzunluk (m)	Düşey dönemeç sayısı	Toplam uzunluk (m)	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	KBYKS (adet/km)
100	20	2.000	19	2,71	1,36
120	42	5.040	41	5,86	1,16
140	9	1.260	13	1,86	1,47
150	4	600	7	1,00	1,67
160	7	1.120	19	2,71	2,42
180	6	1.080	5	0,71	0,66
190	1	190	3	0,43	2,26
200	13	2.600	20	2,86	1,10
210	1	210	1	0,14	0,68
220	5	1.100	13	1,86	1,69
250	3	750	3	0,43	0,57
260	3	780	4	0,57	0,73
300	5	1.500	8	1,14	0,76
320	1	320	4	0,57	1,79
340	1	340	2	0,29	0,84
350	2	700	2	0,29	0,41
500	4	2.000	7	1,00	0,50
600	2	1.200	1	0,14	0,12

Çizelge 5.18’de aynı uzunluğa sahip tepe düşey dönemeç sayıları belirlenmiştir. Örneğin, boyu 100 metreye kadar olan 20 farklı tepe düşey dönemeç belirlenmiştir. Bunların toplam uzunluğu 2.000 metre, üzerinde gerçekleşen 7 yıllık kaza sayısı 19, yıllık kaza sayısı ise 2,71’dir. Böylece, kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 1,36 adet/km olarak hesaplanmıştır. Diğer uzunluk değerleri için de benzer hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 5.4’te tepe düşey dönemeç boyu ile kaza sayıları arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 5.4 Kaza sayısının tepe düşey dönemeç boyuna göre değişimi.

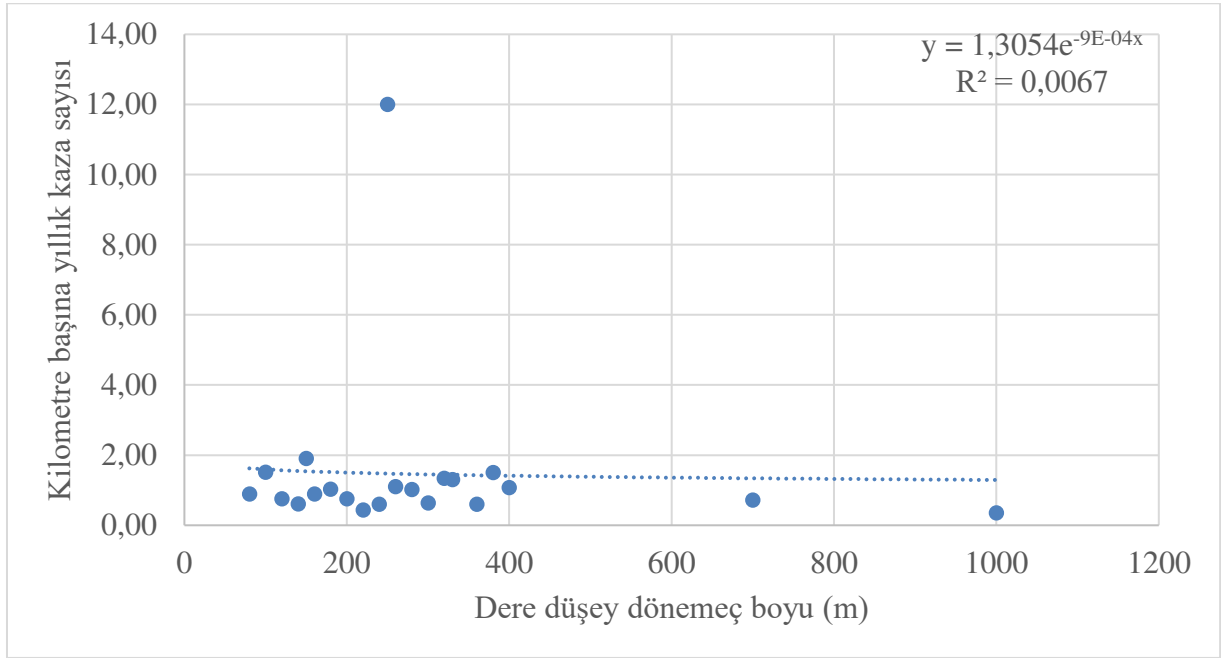
Şekil 5.4’te R^2 değerinin 0,3271 olduğu görülmektedir. Bu değer oldukça düşüktür. O halde model veriyi yaklaşık %32 oranında açıklamaktadır. Verinin açıklayıcılığını artırmak amacıyla daha önce yapıldığı gibi aykırı değerlerin çıkarılması düşünülmüştür fakat R^2 değerinin hiçbir durumda değişmediği görülmüştür. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının tepe düşey dönemeç boyu arttıkça azalma eğiliminde olduğu görülse de tepe düşey dönemeç boyu ile kaza sayısı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 5.19’da dere düşey dönemeç boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

Çizelge 5.19 Dere düşey dönemeç boyuna göre kilometre başına yıllık kaza sayıları.

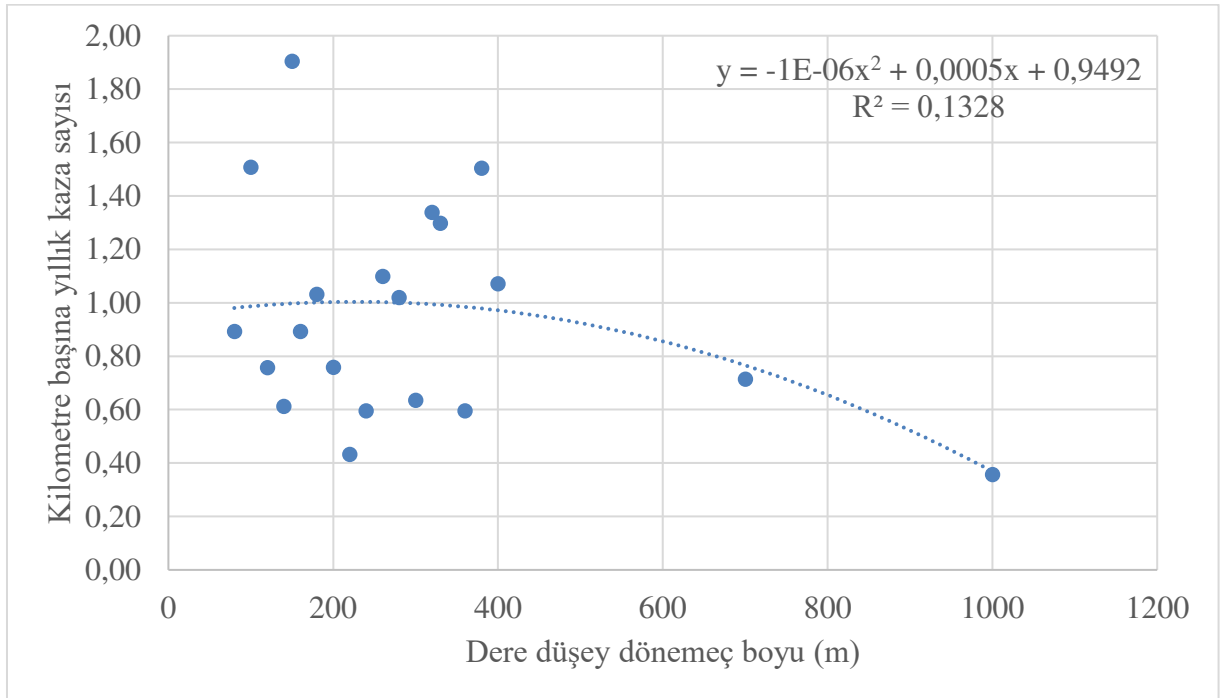
Uzunluk (m)	Düşey dönemeç sayısı	Toplam uzunluk (m)	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	KBYKS (adet/km)
80	2	160	1	0,14	0,89
100	18	1.800	19	2,71	1,51
120	22	2.640	14	2,00	0,76
140	10	1.400	6	0,86	0,61
150	3	450	6	0,86	1,90
160	6	960	6	0,86	0,89
180	10	1.800	13	1,86	1,03
200	16	3.200	17	2,43	0,76
220	3	660	2	0,29	0,43
240	1	240	1	0,14	0,60
250	1	250	21	3,00	12,00
260	1	840	2	0,29	1,10
280	3	1.800	6	0,86	1,02
300	6	320	8	1,14	0,63
320	1	1.320	3	0,43	1,34
330	4	720	12	1,71	1,30
360	2	760	3	0,43	0,60
380	2	800	8	1,14	1,50
400	2	1.400	6	0,86	1,07
700	2	2.000	7	1,00	0,71
1000	2	250	5	0,71	0,36

Çizelge 5.19’da dere düşey dönemeç boyu ile kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları arasındaki ilişkinin görülebilmesi için Şekil 5.5’de grafik sunulmuştur.



Şekil 5.5 Kaza sayısının dere düşey dönemeç boyuna göre değişimi.

Şekil 5.5’de R^2 değerinin 0,0067 olduğu görülmektedir. Bu değer çok düşüktür. O halde modelin veriyi açıklayamaz. Aykırı veri olduğu düşünülen kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 12 olan 250 metre uzunluğundaki dere düşey dönemeç veriden çıkarılmış ve yeni grafik Şekil 5.6’da sunulmuştur.



Şekil 5.6 Kaza sayısının dere düşey dönemeç boyuna göre değişimi.

Şekil 5.6’da görüldüğü gibi veriden aykırı değer olduğu düşünülen değerın çıkarılması sonucunda R^2 değeri 0,1328’e yükselmiştir. Fakat yine de modelin veriyi açıklayıcılığı çok düşüktür. Diğer dönemeç boyu değerlerinin de veriden çıkarılması durumunda açıklayıcılıkta herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ile dere düşey dönemeç boyu arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir.

Çizelge 5.20’de boyuna eğim ve iniş rampası ya da çıkış rampası boyu ile kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları sunulmuştur.

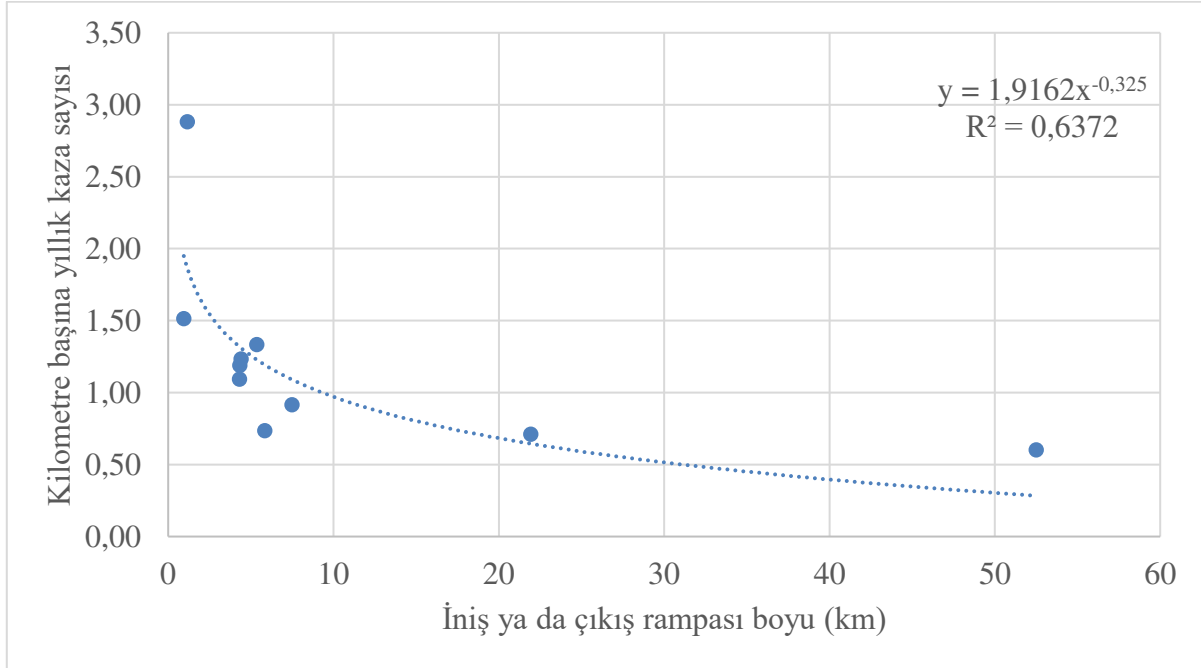
Çizelge 5.20 Boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Boyuna Eğim (%)	Ortalama boyuna eğim (%)	İniş ve çıkış rampası boyu (km)	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	KBYKS (adet/km)
(-) 8,55-8,01	-8,48	1.140	23	3,29	2,88
(-) 8-6,01	-7,06	5.356	50	7,14	1,33
(-) 6-4,01	-4,92	4.312	33	4,71	1,09
(-) 4-2,01	-2,93	5.835	30	4,29	0,73
(-) 2-0	-0,78	21.919	109	15,57	0,71
0-2	0,62	52.485	221	31,57	0,60
2,01-4	2,84	7.485	48	6,86	0,92
4,01-6	4,94	4.324	36	5,14	1,19
6,01-8	6,83	4.404	38	5,43	1,23
8,01-10	9,23	943	10	1,43	1,51

Çizelge 5.20’de boyuna eğim değerleri, -%8,5’ten başlayarak %2’lik aralıklarla gruplandırılmıştır. Örneğin boyuna eğimi -%8,5 ile -%8,01 arasında olan 2 kesimin iniş ya da çıkış rampası boyları toplamı 1.140 metredir. Bu kesimlerde 7 yılda toplam 23 kaza, yılda 3,29 kaza gerçekleşmiştir. Böylece kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 2,88 adet/km olarak hesaplanmıştır. Diğer tüm boyuna eğim değerleri için de benzer hesaplamalar yapılmıştır.

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı en yüksek olan boyuna eğim değerleri %8,5 ile %8,01 arasındaki eğimlerdir. Hem eksi hem de artı boyuna eğim kesimlerinde en yüksek risk bu

gruptadır denilebilir. Şekil 5.7’de iniş ya da çıkış rampası boyuna göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının değişimi sunulmuştur.



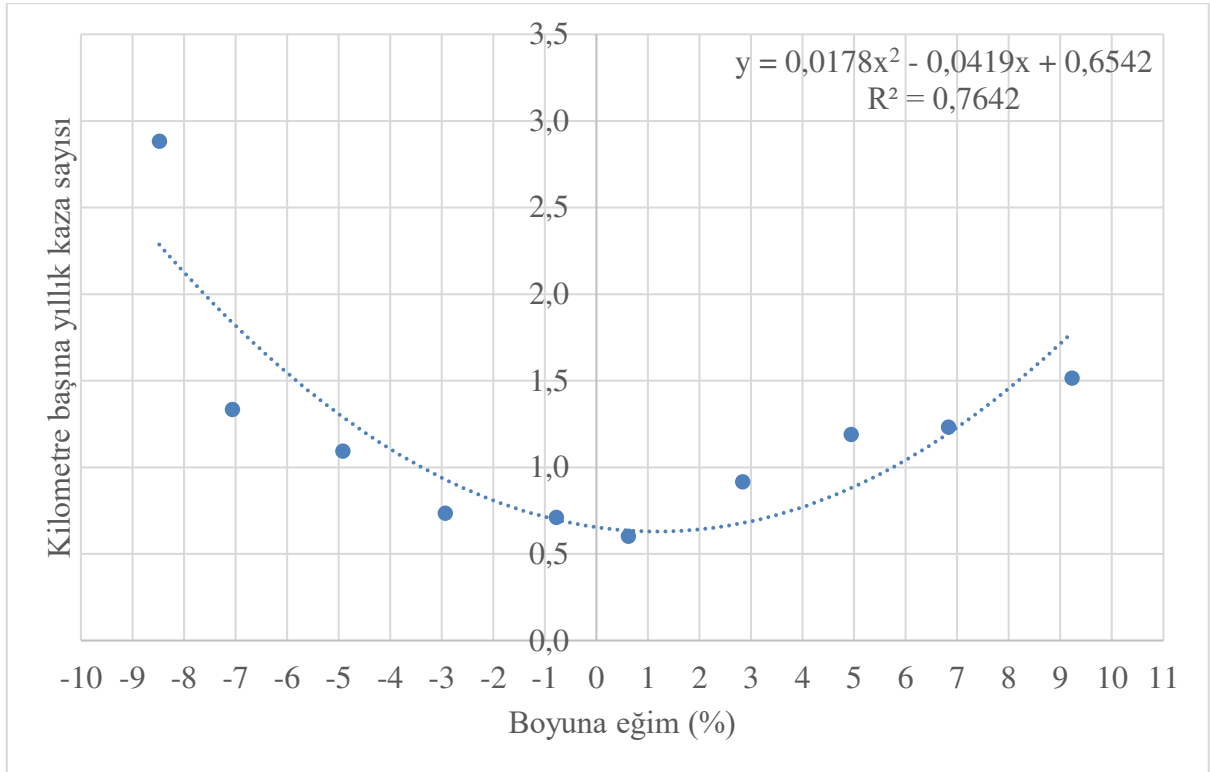
Şekil 5.7 Kaza sayısının iniş ya da çıkış rampası boyuna göre değişimi.

Şekil 5.7’de R^2 değerinin 0,6372 olduğu görülmektedir. O halde, modelin veriyi açıklama gücü yaklaşık %63 oranındadır. Ayrıca, kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının iniş ya da çıkış rampası boyu arttıkça azaldığı da görülmektedir. Şekil 5.8’deki modele ait Denklem 5.4’te sunulmuştur.

$$KBYKS = 1,9162RB^{-0,325} \quad (5.4)$$

Denklem 5.4 kullanılarak iniş ya da çıkış rampası boyları için kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplanabilir.

Şekil 5.8’de boyuna eğime göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının değişimi sunulmuştur.



Şekil 5.8 Kaza sayısının boyuna eğime göre değişimi.

Şekil 5.8’de R^2 değerinin 0,7642 olduğu görülmektedir. O halde model veriyi yaklaşık %76 oranında açıklamaktadır. Boyuna eğim arttıkça kaza sayısının bir değere kadar azaldığı, sonrasında ise arttığı görülmektedir. Şekil 5.9’daki model denklemi Denklem 5.5’te sunulmuştur.

$$KBYKS = 0,0178BE^2 - 0,0419BE + 0,6542 \quad (5.5)$$

Denklem 5.5 kullanılarak boyuna eğim değerine göre kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplanabilir.

Boyuna eğim değerlerinin artı ve eksi olma durumları, düşey hat projelerinden (kilometraj artış yönünde gidildiğinde) çıkış olanlar artı, iniş olanlar eksi alınarak belirlenmiştir. Ancak kaza tespit tutanaklarındaki taşıtın bulunduğu yer, kaza sonrasındaki taşıt durumunu ifade ettiğinden, kaza öncesinde taşıtların hangi yöne gittiği tam olarak bilinmemektedir. Bu sebeple çalışmada, boyuna eğim ile ilgili genel bir görüş bildirilmekle beraber, iniş veya çıkış için özel bir değerlendirmede bulunulamamıştır.

BÖLÜM 6

TRAFİK KAZALARI İLE KARAYOLU GEOMETRİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MODELLENMESİ

Bu bölümde, karayolu geometrisinin trafik kazalarına etki derecesinin belirlenmesi için model grupları oluşturularak çoklu regresyon analizleri yapılmış ve bulgular değerlendirilmiştir.

6.1 MODELLEMEDE KULLANILAN ANALİZ YÖNTEMİ: ÇOKLU REGRESYON

Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu analiz, değişkenler arasındaki doğrusal veya doğrusal olmayan ilişkileri modelleyerek tahminler yapmayı ve değişkenlerin etkilerini anlamayı sağlar (Ter Braak and Looman 1995). Doğrusal regresyon belirli bir bağımsız değişken kümesini kullanarak sürekli bağımlı bir değişkeni tahmin eder. Dolayısıyla doğrusal regresyon, bağımlı değişkenin gerçeğe yakın değerlerini tahmin edebilir (Maroof 2012).

Çoğu durumda, birden fazla bağımsız değişken bağımlı değişkenin değerini etkiler (Duquenne and Vlontzos 2012). Yani bağımsız değişkenlerin sayısı artarsa ve açıklanması istenilen bağımlı değişkeni etkileyen birden çok bağımsız değişken varsa çoklu regresyon modeli kullanılır. Bu model birden fazla bağımsız değişkenin aynı anda bağımlı değişken üzerindeki etkisini inceleyen modeldir (Sperandei 2014). Bağımsız değişkenlerin katsayıları ile bağımlı değişken üzerindeki etkileri yorumlanabilir (Montgomery, Peck, and Vining 2012).

Bağımlı değişken ile tek bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklayan regresyon modeli denklemi Denklem 6.1’de verilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 \times x_1 \quad (6.1)$$

y = Bağımlı değişken

β_0 = Regresyon doğrusunun kesişim değeri (Bağımlı değişkenin görünen sabiti)

β_1 = Regresyon doğrusunun eğimi

x = Bağımsız değişken

Regresyon modelinde katsayıların belirlenmesinde en küçük kareler yöntemi (ordinary least square) kullanılır (Douglas C. Montgomery, Runger, and Hubele 2001). Doğrusal regresyonda, tahmin edilen değerler ile gözlemlenen değerler arasındaki farkın kareleri alınarak toplanır ve bu toplamın en az olması sağlanır (Czepiel 2012). Çoklu regresyon analizinde; değişken seçimi, model geçerliliği ve varsayımların kontrol edilmesi, hata varsayımları, çoklu bağlantı sorunlarının incelenmesi konuları oldukça önemlidir (Kutner et al. 2004).

6.1.1. Regresyon Analizinde Model Kurulması ve Yorumlanması

Regresyon analizinde model kurulması, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri en doğru şekilde gösteren bir yapının oluşturulması sürecidir. Bu sürecin temel amacı, bağımlı değişken üzerinde etkisi olan bağımsız değişkenlerin katkısını değerlendirerek ilişkiyi en iyi ifade eden bir model geliştirmektir. Doğru model, var olan ilişkileri yeterince kapsamalı, gereksiz karmaşıklık eklememelidir.

Model kurma aşaması, varsayımların belirlenmesiyle başlar. Regresyon analizinde, değişkenlerin özellikleri hakkında yapılan her türlü varsayım, modelin yapı taşlarını oluşturur. Varsayımlar, analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği açısından büyük önem taşır. Model geliştirilirken bağımlı ve bağımsız değişkenlerin iyi tanımlanması, uygun fonksiyonun oluşturulması ve bu fonksiyonun ilişkiyi yeterli düzeyde açıklayabilmesi hedeflenir. Model kurarken dikkat edilmesi gerekenler maddeler halinde verilmiştir (Montgomery, Peck, and Vining 2012)

- Bağımsız değişkenlerin kendi aralarında yüksek derecede bir ilişkinin olmaması gerekir. Böyle bir ilişkinin varlığı, modelin geçerliliğini zedeler ve yanlış sonuçlar doğurur.
- Modeldeki bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler doğru bir şekilde tanımlanmalı ve modele uygun bir yapıda eklenmelidir. Örneğin, bazı değişkenlerin ilişkisi doğrusal değilse, doğrusal olmayan uygun terimlerin modele eklenmesi gerekebilir.
- Kategorilere ayrılmış verilerde kategoriler bağımsız olayları temsil etmelidir; yani her olay, yalnızca bir duruma ait olmalı ve diğer olaylardan etkilenmemelidir. Bu, analiz sonuçlarının geçerliliği açısından önemlidir.

- Verideki aykırı değerler modelin genel yapısını bozarak sonuçların güvenilirliğini azaltabilir. Bu nedenle, aykırı değerlerin tespiti ve veriden çıkarılması modelin doğruluğunu artırır.

Model kurma süreci, aynı zamanda modelin geçerliliği ve güvenilirliği açısından değerlendirilmelidir. Bu süreçte "En Küçük Kareler Yöntemi" gibi istatistik teknikler kullanılarak, modelin katsayıları en uygun hale getirilir. Ayrıca, belirlilik katsayısı (R^2) ve anlamlılık testleri gibi istatistik ölçütler kullanılarak modelin uygunluğu değerlendirilir. Tüm bu aşamalar, modelin hem akademik geçerliliğini sağlamaya hem de pratik olarak kullanışlı bir kestirim aracı olarak geliştirilmesine katkı sağlar.

Model kurulduktan sonra uygun kestirim yöntemleri kullanarak parametre katsayıları tahmin edilir ve her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi değerlendirilir. Her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini anlamak için tahmini katsayılar, uyum ölçüsü değerleri, anlamlılık değerleri, standart hataları ve bunların güven aralıklarını içeren tablolar oluşturulur ve yorumlanır.

Denklem 6.1’de verilen β katsayı değerleri bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki açıklama derecesini gösterir. Sabit terim β_0 , bağımsız değişkenlerin sıfır olduğu durum için bağımlı değişkenin aldığı sabit değeri gösterir ve basit doğrusal regresyonda hesaplanması için kullanılan denklem 6.2’de sunulmuştur (Montgomery, Peck, and Vining 2012).

$$\beta_1 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2} \quad (6.2)$$

X_i, Y_i = Gözlem değerleri

$\bar{X}, \bar{Y}$ = X ve Y ’nin ortalamalarıdır.

Çoklu regresyonda, β katsayıları matris formunda hesaplanır ve denklem 6.3’te sunulmuştur.

$$\beta = (X'X)^{-1}X'Y \quad (6.3)$$

X = Bağımsız değişkenler matrisi

Y = Bağımlı değişken vektörü

X' = X matrisinin transpozu

$(X'X)^{-1}$ = X ’in kovaryans matrisinin tersi

Bu formül, en küçük kareler yöntemiyle en iyi tahmin edilen β değerlerini verir. β , bağımsız değişkenin bir birimlik artışının (diğer değişkenler sabitken) bağımlı değişkende yarattığı değişim miktarını ifade eder. β 'nın işaretleri ilişkinin yönünü gösterir. Artı işaret, bağımsız değişken artarken bağımlı değişkenin arttığını, eksi işaretse bağımsız değişken artarken bağımlı değişkenin azaldığını gösterir.

Katsayılar hesaplanıp kestirim modeli oluşturulduktan sonra R^2 Denklem 6.4 ile hesaplanır.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{Hata}}{SS_{Toplam}} \quad (6.4)$$

SS_{Hata} = Hata kareler toplamı, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların kareleri toplamı

SS_{Toplam} = Toplam kareler toplamı, gerçek değerlerin ortalama etrafındaki varyansı

R^2 ile katsayıların anlamlılığı ve modelin uyumluluğu gözlemlenmektedir. R^2 , model denkleminin bağımlı değişkendeki değişiminin açıklama seviyesini gösterir. 0 ile 1 arasında değerler alabilir. Eğer hata sıfıra yakınsa R^2 değeri 1'e yaklaşır, 1 ise model bağımlı değişkeni mükemmel açıklar. Tam tersi durumda, model hiçbir açıklayıcılığa sahip olmaz ve R^2 0'a yaklaşır. R^2 çoklu modellerde genellikle yeterli değildir. Çünkü bağımsız değişken sayısı arttıkça R^2 yükselmektedir. Yani çoklu regresyon modelleri için denkleme yeni değişken eklenmesi durumunda R^2 genellikle artmaktadır. Bu yüzden model uygunluğunu değerlendirirken Denklem 6.5'te sunulan düzeltilmiş R^2 (adjusted R^2) kullanılmalıdır. Bu, modele fazla değişken eklemenin getirdiği yapay iyileşmeyi önler ve modelin açıklayıcılığını daha doğru bir şekilde yansıtır.

$$R^2 = 1 - \frac{(1-R^2)(n-1)}{n-k-1} \quad (6.5)$$

n = Gözlem sayısı

k = Bağımsız değişken sayısı

Anlamlılık düzeyi (Significance, p) istatistik bir araştırma hipotezini kabul etmek ya da reddetmek için kullanılır. Şansa bağlı sonuçların istatistik olarak anlamlı sonuçlardan ayrılmasına yardımcı olur. Bu değer genellikle 0,05 düzeyinde tutulur. Böylelikle kararlar %95 güven düzeyi ile (%5 oranda hata yapılma olasılığını kabul edilebilir olduğu) kabulü ile alınır.

Güven düzeyi araştırmacıların çalışma konusu ve örneklem büyüklüğüne göre değişebilir. Belirlenen güven düzeyine göre değerlendirilen p değerinin sonucu küçükse, hipotez reddedilir ve sonuçlar "istatistik olarak anlamlı" olarak kabul edilir. Ancak, p değeri büyükse hipotez reddedilmez ve sonuçlar "istatistik olarak anlamlı değil" olarak kabul edilir.

Standart hata, bir istatistik kestirimin toplumun gerçek parametresinden farkını gösterir. Tahminin güvenilirliğini belirlemeye yardımcı olan bir ölçüdür. Küçük standart hata, tahmin edilen katsayının güvenilir olduğunu gösterirken, büyük standart hata, tahminin daha az güvenilir olduğunu gösterir. Genellikle, standart hatalar, regresyon analizi sonuçlarına eşlik eden çıktılarda sunulur. Bu hatalar β katsayısının güvenilirliğinin değerlendirmelerine ve sonuçların istatistik olarak anlamlı olup olmadığını belirlemesine yardımcı olur.

6.2 YOL GEOMETRİSİ BİLEŞENLERİNİN ÇOKLU BAĞLANTISININ KONTROL EDİLMESİ

Çoklu regresyonda, bağımsız değişkenler arasındaki ilişki yüksek olduğunda ortaya çıkan soruna “çoklu bağlantı sorunu” denir. Çoklu bağlantı (multicollinearity) sorunu, regresyon analizinde bağımsız değişkenler arasında yüksek derecede ilişki bulunması durumudur. Bu durum, modelin bağımsız değişkenlerin etkisini doğru tahmin etmesini zorlaştırır ve β katsayılarının güvenilirliğini azaltır. Bu sorunun tespiti için korelasyon matrisi incelenebilir veya Varyans Artış Faktörü (VIF, Variance Inflation Factor) hesaplanabilir. Bağımsız değişkenler arasında korelasyon mevcut olduğunda, değişkenlerin katsayılarının standart hatası artacak ve sonuç olarak katsayıların varyansı artacaktır. VIF, varyansın ne kadar arttığını ölçmek için bir araçtır. VIF değerinin sınırı ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. VIF değerinin 4’ten büyük olmasının (Hair J et al. 2014), 5’ten büyük olmasının (Daoud 2018) ve 10’dan büyük olmasının (Douglas C. Montgomery, Runger, and Hubele 2001) çoklu bağlantı sorununa işaret ettiği farklı kaynaklarda bildirilmektedir.

Yol geometrisi bileşenlerinin çoklu bağlantı kontrolü ilk olarak korelasyon analizi ile yapılmıştır. Korelasyon, iki ya da daha çok sayıda değişken arasındaki ilişkiyi; korelasyon katsayısı, ilişki miktarını; korelasyon katsayısının işareti ise ilişkinin yönünü belirlenmektedir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer almaktadır. İki değişkenin her ikisi de aynı yönde değişim gösterirse aralarındaki ilişki doğru orantılı ve korelasyon katsayısının işareti (+) olmaktadır, değişkenlerden biri artarken diğeri azalıyorsa ilişki ters orantılıdır ve korelasyon katsayısı (-) işaretli olmaktadır (Ratner 2009).

İlişki derecelendirmesi için kullanılan korelasyon katsayısı aralıklarının istatistik literatüründe yaygın olarak kabul gören değerleri bulunmaktadır. Bu aralıklar, istatistik analizlerde sıkça kullanılan Pearson korelasyon katsayısı için tipik olarak önerilen yorumlara dayanmaktadır. Korelasyon katsayısı aralıkları, korelasyonun gücünü ve yönünü açıklamak amacıyla genel bir rehberdir. İlişkinin doğasını ve korelasyon katsayısının sınırlamalarını anlamak için, analizin yapıldığı veri dikkate alınmalıdır. Korelasyon katsayısı ve ilişki derecelerine ait değerler Çizelge 6.1’de sunulmuştur (Ratner 2009).

Çizelge 6.1 Korelasyon katsayısı ve ilişki dereceleri.

Korelasyon Katsayısı (r)	İlişki
0,00- 0,29	Çok zayıf
0,30- 0,49	Zayıf
0,50- 0,69	Orta
0,70- 0,89	Yüksek
0,90- 1,00	Çok yüksek

Çoklu bağlantı sorununun kontrolü için trafik kazalarını etkileyen yol geometrisi değişkenlerinin birbiri arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiştir. Yol geometrisi verilerinin çoklu bağlantı kontrolü amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 6.2’de sunulmuştur.

Çizelge 6.2’de, yol geometrisi verilerinin korelasyon analizinin sonuçlarına göre ilişki dereceleri değerlendirilmiş ve birbiriyle yüksek ilişkili olan değişkenler belirlenmiştir. Aralarındaki ilişki derecesi düşük olan değişkenlerin bağımsız oldukları kabul edilmiştir. Bağımsız olmaları, her birinin ayrı ayrı anlamlı olduğu ve birbirleriyle bir çoklu bağlantılarının olmadığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 6.2 Yol geometrisi elemanları arasındaki korelasyon analizi.

	Yatay dönemeç sapma açısı	Yatay dönemeç yarıçapı	Yatay dönemeç teğet boyu	Yatay dönemeç yay boyu	Teğet boyu	Düşey dönemeç yarıçapı	Düşey dönemeç katsayısı	Düşey dönemeç boyu	Cebrik fark	Boyuna eğim	İniş ya da çıkış rampası boyu	Kaza sayısı
Yatay dönemeç sapma açısı	1	-0,380	0,475	0,231	0,045	-0,025	-0,025	0,041	0,128	0,024	0,038	0,315
Yatay dönemeç yarıçapı		1	0,046	0,123	-0,042	-0,029	-0,029	0,124	-0,039	-0,148	0,085	-0,023
Yatay dönemeç teğet boyu			1	0,839*	-0,005	-0,092	-0,092	0,081	0,085	-0,282	0,164	-0,328
Yatay dönemeç yay boyu				1	-0,016	-0,101	-0,101	-0,001	0,001	-0,299	0,200	0,293
Teğet boyu					1	-0,072	-0,072	-0,061	0,062	-0,169	0,095	0,400
Düşey dönemeç yarıçapı						1	1,000*	-0,059	-0,270	-0,076	-0,023	-0,079
Düşey dönemeç katsayısı							1	-0,059	-0,270	-0,076	-0,024	-0,079
Düşey dönemeç boyu								1	0,576*	-0,005	0,000	0,507
Cebrik fark									1	0,014	-0,097	-0,080
Boyuna eğim										1	-0,242	-0,111
İniş ya da çıkış rampası boyu											1	-0,562
Kaza sayısı												1

- Yatay dönemeç teğet boyu ile yatay dönemeç yay boyu arasında 0,839 katsayısı ile ifade edilen yüksek dereceli bir ilişki bulunmaktadır. Yatay dönemeç teğet boyu Denklem 6.6, yay boyu ise Denklem 6.7’de sunulmuştur.

$$t = R \times \tan \frac{\Delta}{2} \quad (6.6)$$

$$D = 2\pi R \times \frac{\Delta}{360} \quad (6.7)$$

Hem teğet boyu hem de yay boyu doğrudan dönemeç yarıçapı (R) ve sapma açısı (Δ) ile ilişkilidir. Matematiksel olarak her ikisi de aynı değişkenlere bağlı olduğu için aralarında yüksek korelasyon olması doğaldır.

- Düşey dönemeç yarıçapı ile düşey dönemeç katsayısı arasında 1,000 katsayısı ile ifade edilen çok yüksek dereceli bir ilişki bulunmaktadır. Bu iki değişken arasındaki denklem 6.8’de sunulmaktadır.

$$R = K \times 100 \quad (6.8)$$

Bu nedenle, düşey dönemeç yarıçapı ile düşey dönemeç katsayısı arasındaki 1,000 korelasyon değeri, doğrudan formülün yapısından kaynaklanmaktadır denilebilir.

- Düşey dönemeç boyu ile düşey dönemeç cebrik farkı arasında 0,576 katsayısı ile ifade edilen orta dereceli bir ilişki bulunmaktadır. Düşey dönemeç boyu ile cebrik fark arasındaki orta düzeydeki ilişki, Denklem 6.9’da sunulan düşey eğri tasarımındaki temel formüllerden kaynaklanıyor olabilir.

$$L = K \times G \quad (6.9)$$

Burada düşey dönemeç katsayısı (K) sabit olsaydı, ilişki çok yüksek dereceli olurdu. Ancak, farklı yarıçaplar ve tasarım standartları nedeniyle katsayı değişkenlik gösterdiği için ilişkinin derecesi zayıflamıştır.

Bu bağımsız değişkenlerin analizlerde birlikte kullanılmaması uygun bulunmuştur. Böylece modelleme sırasında çoklu bağlantı sorunu olan bağımsız değişken çiftlerinden yalnızca birisi modele girebilmiştir.

6.3 MODELLEME İÇİN GRUPLARIN OLUŞTURULMASI

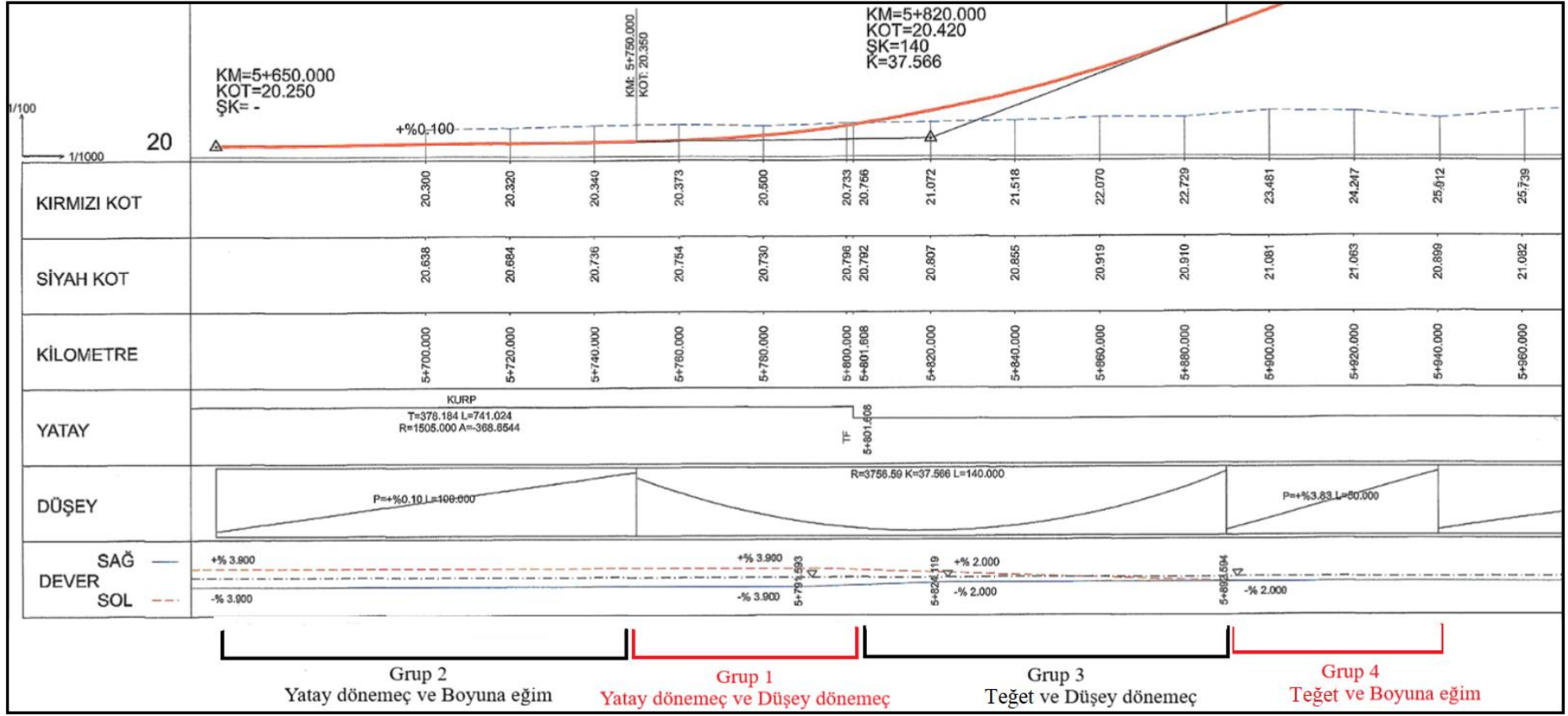
Karayolu geometrisi, bir yol kesiminin yatay ve düşey unsurlarının bir araya gelmesiyle şekillenir. Yatay ve düşey geometrik verinin ürettiği eşleşmeler yolun tasarım ve güvenlik özelliklerini doğrudan etkiler. Trafik kazaları ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda, modeller oluşturulurken yalnızca birer değişken kullanılmıştır (Cenek D, Davies B, and Henderson J 2012). Birçok bağımsız değişkenin bir arada kullanıldığı çalışmalar oldukça azdır. Basit değişkenlerin kullanılması ile değişkenlerin trafik kazaları üzerindeki bireysel etkileri belirlenebilmektedir. Oysa farklı değişkenler etkiyi arttırabilmekte ve model daha başarılı sonuçlar verebilmektedir.

Bir yol kesiminde, yatay ve düşey geometrik elemanların farklı eşleşmelerle bir araya geldiği dört temel durum ortaya çıkar. Bu durumları gösterecek dört farklı grup oluşturulmuş ve Çizelge 6.3'te sunulmuştur. Her bir durum, geometrik tasarım ilkeleri ve trafik güvenliği açısından kendine özgü özellikler ve zorluklar barındırır.

Çizelge 6.3 Yatay ve düşey geometrik elemanlar ile oluşturulan gruplar.

Grup adı	Grubu oluşturan elemanlar
Grup 1 (G1)	Yatay dönemeç + düşey dönemeç
Grup 2 (G2)	Yatay dönemeç + boyuna eğim
Grup 3 (G3)	Teğet + düşey dönemeç
Grup 4 (G4)	Teğet + boyuna eğim

Çizelge 6.3'te yatay dönemeç ile düşey dönemeç, yatay dönemeç ile boyuna eğim, teğet ile düşey dönemeç ve teğet ile boyuna eğimin bir arada olduğu eşleşmeler gruplara ayrılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen D.010-07 numaralı devlet yolu kesimine ait düşey hat haritasından (boy kesit) alınan ve 5+700.000 ile 5+980.000 kilometreleri arasında grupların temsilini gösteren örnek kesim Şekil 6.1'de sunulmuştur.



Şekil 6.1 D.010-07 numaralı devlet yolunun örnek bir kesiminde analiz gruplarının temsili gösterimi.

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi oluşturulan örnek gruplar, incelenen 4 devlet yolu kesimi için belirlenmiştir. Öncelikle her bir gruba ait kaç kesim olduğu, bu kesimlerde kaza olup olmadığı ve kaza olmuş ise kaç adet kaza olduğu belirlenmiştir. Daha sonra her bir gruptaki tüm kesimlerin uzunlukları ve gruplara ait toplam uzunluklar hesaplanmıştır. Son olarak kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplanarak en riskli grup belirlenmiştir. İlgili hesaplar Çizelge 6.4’te sunulmuştur.

Çizelge 6.4 Oluşturulan gruplara ait genel bilgiler.

Grup adı	Kesim Sayısı (adet)	Kaza olan kesim sayısı (adet)	Kaza olmayan kesim sayısı (adet)	7 yıllık kaza sayısı	Yıllık kaza sayısı	Toplam uzunluk (km)	KBYKS (adet/km)
G1	207	124	83	218	31,14	23,723	1,31
G2	240	167	73	378	54,00	58,710	0,92
G3	149	78	71	126	18,00	21,023	0,86
G4	225	116	109	219	31,29	52,550	0,60
Toplam	821	485	336	941	134,43	156,006	

Çizelge 6.4’te sunulduğu üzere, G1 olarak adlandırılmış (yatay dönemeç ve düşey dönemeçin bir arada bulunduğu) grupta 207 kesim belirlenmiştir. Bu kesimlerden 124 adedinde en az 1 adet olmak üzere kaza gerçekleşmişken, 83 kesimde hiç kaza gerçekleşmemiştir. Kazalı kesimlerde gerçekleşen 7 yıllık toplam kaza sayısı 218, yıllık kaza sayısı ise 31,14 olarak belirlenmiştir. 207 kesime ait her bir uzunluğun ayrı ayrı tespit edilmesi sonucunda toplam uzunluk ise 23,723 kilometre olarak belirlenmiştir. Son olarak kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 1,31 olarak belirlenmiştir.

G2 olarak adlandırılmış (yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu) grupta 240 kesim belirlenmiştir. Bu kesimlerden 167 adedinde en az 1 adet olmak üzere kaza gerçekleşmişken, 73 kesimde hiç kaza gerçekleşmemiştir. Kazalı kesimlerde gerçekleşen 7 yıllık toplam kaza sayısı 378, yıllık kaza sayısı ise 54,00 olarak belirlenmiştir. 167 kesime ait her bir uzunluğun ayrı ayrı tespit edilmesi sonucunda toplam uzunluk ise 58,710 kilometre olarak hesaplanmıştır. Son olarak kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,92 olarak belirlenmiştir.

G3 olarak adlandırılmış (yatay teğet ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu) grupta 149 kesim belirlenmiştir. Bu kesimlerden 78 adedinde en az 1 adet olmak üzere kaza gerçekleşmişken, 71 kesimde hiç kaza gerçekleşmemiştir. Kazalı kesimlerde gerçekleşen 7 yıllık toplam kaza sayısı 126, yıllık kaza sayısı ise 18,00 olarak belirlenmiştir. 149 kesime ait her bir uzunluğun ayrı ayrı tespit edilmesi sonucunda toplam uzunluk ise 21,023 kilometre olarak hesaplanmıştır. Son olarak kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,86 olarak belirlenmiştir.

G4 olarak adlandırılmış (yatay teğet ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu) grupta 225 kesim belirlenmiştir. Bu kesimlerden 116 adedinde en az 1 adet olmak üzere kaza gerçekleşmişken, 109 kesimde hiç kaza gerçekleşmemiştir. Kazalı kesimlerde gerçekleşen 7 yıllık toplam kaza sayısı 219, yıllık kaza sayısı ise 31,29 olarak belirlenmiştir. 225 kesime ait her bir uzunluğun ayrı ayrı tespit edilmesi sonucunda toplam uzunluk ise 52,550 kilometre olarak hesaplanmıştır. Son olarak kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,60 olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, 4 grup arasında kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının en yüksek olduğu ve sayının yüksekliği sebebiyle kazalar açısından en riskli olduğu düşünülen kesimin (1,31 adet/km) yatay dönemeç ve düşey dönemeç eşleşmesinin bulunduğu G1 olduğu belirlenmiştir. G1'den sonra risk sırasıyla G2 (0,92 kaza/km), G3 (0,86 kaza/km) ve G4 (0,60 kaza/km)'e doğru azalmaktadır ve en az risksiz grup G4 olarak belirlenmiştir.

Yatay dönemeç ve düşey dönemeç eşleşmesinin (G1) kilometre başına düşen yıllık en yüksek kaza sayısına sahip olması, bu kesimlerin karmaşık geometrik yapılarından kaynaklanıyor olabilir. Yatay dönemeçlerdeki eğrilik taşıtlar üzerindeki merkezkaç kuvvetini artırmakta, bu kuvvet düşey dönemeçle birleştiğinde sürücülerin eğrilikten kaynaklanan hem yatay hem de düşey kuvvetlere aynı anda tepki vermelerini gerektirmektedir. Tepe düşey dönemeçlerin yatay dönemeçle birleştiği kesimlerde, sürücüler için görüş uzaklığı kısıtlanmakta ve bu durum özellikle öngörülemeyen bir engelle karşılaşıldığında ani frenleme ve ani yön değiştirme ihtiyacını artırmaktadır. Buna ek olarak, eğim değişikliklerinin fazla olduğu düşey dönemeçlerde ağır taşıtların hız kontrolü zorlaşmakta ve bu durum yatay dönemeçlerdeki küçük dönüş yarıçapıyla birleştiğinde taşıtların yoldan çıkma riskini artırmaktadır. Bu etmenlerin bir araya gelmesi, G1 kesimlerinin kazalar açısından en riskli grup olması açıklayabilir.

İncelenen veri içerisinde en fazla sayıda (240 kesim) olan, en fazla kazanın (378 kaza) gerçekleştiği ve en fazla uzunluğa sahip (58,71 km) olan yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada olduğu ve G2 olarak adlandırılan gruptur.

Takip eden başlıkta her bir grup için yol geometrisi bileşenleri ve kazalar arasındaki ilişkiyi ortaya koyan regresyon modelleri oluşturulacaktır.

6.3.1. Yatay Dönemeç Ve Düşey Dönemecin Bir Arada Bulunduğu Eşleşme (G1)

Yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu durumlarda yol geometrisi bileşenlerinden yatay dönemeç yarıçapı, yatay dönemeç teğet boyu, yatay dönemeç yay boyu, düşey dönemeç yarıçapı, düşey dönemeç katsayısı, düşey dönemeç boyu ve düşey dönemeç cebrik farkın incelenmesi gerekmektedir.

Önceki bölümde yapılan çoklu bağlantı kontrolü ile kendi aralarında yüksek korelasyon olan yatay dönemeç teğet boyu ve yatay dönemeç yay boyunun analizlerde birlikte kullanılmaması gerektiği için yatay dönemeç yay boyunun kullanılmasına karar verilmiştir. Düşey dönemeç yarıçapı ile düşey dönemeç katsayısında da aynı durum söz konusu olduğu için düşey dönemeç katsayısının kullanılmasına karar verilmiştir. Düşey dönemeç boyu ile cebrik fark arasında da çoklu bağlantı söz konusu olduğu ve Bölüm 5'te düşey dönemeç boyunun kazalarla anlamlı bir ilişkisi olmadığı belirlendiği için cebrik farkın kullanılmasına karar verilmiştir. G1 grubuna yapılacak analizlerde kullanılmasına karar verilen bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait açıklamalar Çizelge 6.5'te sunulmuştur.

Çizelge 6.5 G1 grubu bağımlı ve bağımsız değişkenleri.

	Değişken Adı	Kısaltma
Bağımlı (sonuç) değişken	Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı	KBYKS
	Yatay dönemeç yarıçapı	YDY
Bağımsız (açıklayıcı) değişken	Yatay dönemeç yay boyu	YDYB
	Düşey dönemeç katsayısı	DDK
	Düşey dönemeç cebrik farkı	DDCF

Daha önce bağımsız değişkenler arasında korelasyon analizi ile çoklu bağlantı sorunu incelemesi yapılmıştı. Model oluşturulmadan önce, her bir grup için belirlenmiş olan yol geometrisi bileşenleri arasında son kez çoklu bağlantının kontrol edilmesi gerektiği

düşünülmüştür. G1 için SPSS kullanılarak yapılan test sonucunda VIF değerleri Çizelge 6.6’da sunulmuştur.

Çizelge 6.6 G1 grubu için yapılan VIF analizi sonuçları.

Değişken adı	VIF değeri
Yatay dönemeç yarıçapı	1,342
Yatay dönemeç yay boyu	1,298
Düşey dönemeç katsayısı	1,093
Düşey dönemeç cebrik farkı	1,366

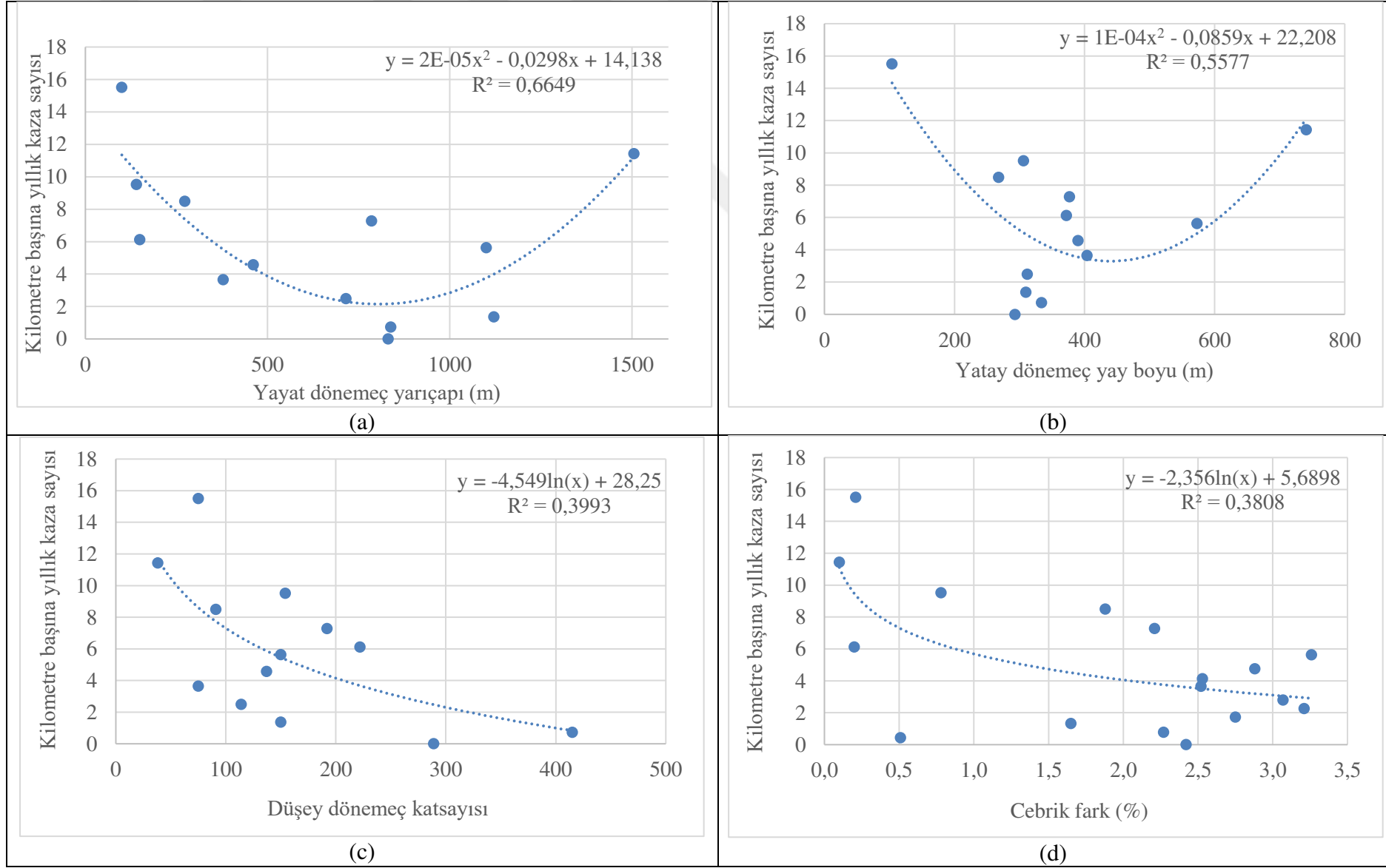
Çizelge 6.6’dan görüldüğü üzere, yatay ve düşey dönemeç geometrik elemanları ve kaza sayıları ile yapılan inceleme sonuçlarında VIF değeri üst sınır üzerinde kalan (>10) hiçbir bağımsız değişken yoktur. Dolayısıyla bağımsız değişkenler arasında herhangi bir çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır.

Yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu 207 kesim bulunmaktadır. Bu kesimlerden 82 tanesinde kaza gerçekleşmemişken, 125 tanesinde en az 1 adet kaza gerçekleşmiştir. Kaza gerçekleşen kesimlerdeki kaza sayıları bilinmektedir ve daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi bu kazalar 7 yıllık toplam kaza sayılarını ifade etmektedir. Yıllık kaza sayıları, ilgili kesimdeki toplam kaza sayısının 7’ye bölünmesi ile hesaplanmıştır. Yıllık kazaların toplam uzunluğa oranıyla ise kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplanmıştır. G1’de bulunan 207 kesim için her bir kesimdeki kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplandıktan sonra yaklaşık 1’er kaza aralıklı gruplandırılmış, bu aralığa düşen kaza sayılarına ve bağımsız değişkenlere ait ortalamalar alınarak Çizelge 6.7 oluşturulmuştur. Yapılan bir çalışmada araştırmacılar bağımsız değişkenlerin trafik kazaları üzerindeki etkisini incelerken değişkenlerin ortalaması ya da %75’lik değerlerini kullanmışlardır (Shankar, Mannering, and Barfield 1995). Bu çalışmada değişkenlerin ortalamalarının kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 6.7 Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ve G1 grubunun bağımsız değişkenleri.

KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	YDY ortalaması (m)	YDYB ortalaması (m)	DDK ortalaması	DDCF ortalaması (%)
0,00	0	831	293	289	2,42
0,01-1,00	0,73	838	334	415	0,07
1,01-2,00	1,37	1121	310	150	0,35
2,01-3,00	2,49	715	312	114	-0,63
3,01-4,00	3,65	378	404	75	0,60
4,01-5,00	4,57	461	390	137	1,02
5,01-6,00	5,63	1100	573	150	3,26
6,01-7,00	6,12	149	372	222	0,20
7,01-8,00	7,28	785	377	192	2,21
8,01-9,00	8,49	273	268	91	1,88
9,01-10,00	9,52	140	306	154	0,78
11,00-12,00	11,43	1505	741	38	0,10
15,00-16,00	15,51	100	104	75	0,21

Çizelge 6.7’de sunulduğu şekilde 207 kesimde gerçekleşmiş tüm kazalar için belirlenen kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının çizelgede belirtilen aralıklarda ortalamaları alınmıştır. Aynı şekilde bağımsız değişkenlere ait değerlerin de ortalamaları alınarak bu 4 bağımsız değişken için grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.2’de sunulmuştur.



Şekil 6.2 G1'deki bağımsız değişkenler ve kilometre başına yıllık kaza sayıları.

Şekil 6.2’de (a)’da yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve polinom denklemi ile R^2 değeri 0,6649 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.2 (b)’de yatay dönemeç yay boyu kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom ile R^2 değeri 0,5577 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.2 (c)’de ise düşey dönemeç katsayısı kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,3933 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.2 (d)’de ise cebrik fark kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,3808 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler göz önünde bulundurarak modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni yüksek oranda açıklayamadığı söylenebilir. Bunun, önceki bölümlerde de bahsedilen ve model kurulmadan önce yapılması gereken adımlardan birisi olan aykırı değerlerin veriden çıkarılmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. İstatistik olarak birçok farklı aykırı değer belirleme ve ayıklama yöntemi bulunmaktadır. Çalışmada bu yöntemlerden en yaygın olan çeyrekler açıklığı (Interquartile range, IQR) yöntemi kullanılmıştır. IQR, bir verideki merkezi dağılımı ölçmek için kullanılan istatistik bir ölçüttür. Verilerin küçükten büyüğe sıralandığı bir dağılımda, alt çeyrek (Q1) ile üst çeyrek (Q3) arasındaki farkı gösterir ve Denklem 6.10 ile hesaplanır.

$$IQR = Q3 - Q1 \quad (6.10)$$

Bu ölçü, verideki aykırı değerlerin etkisini en aza indirerek, verilerin büyük bir kısmının dağılımını belirlemek için kullanılır. (McClave and Sincich 2016). IQR değerlerinin %25’inci çeyrek değerinden (Q1) 1,5 kat azı (Denklem 6.11) alt sınır, %75’inci çeyrek değerinden (Q3) 1,5 kat fazlası (Denklem 6.12) üst sınırdır ve bu sınırların dışındaki değerler aykırı olarak belirlenip veriden çıkartılması gerekmektedir. Denklem 6.11 ve Denklem 6.12 aşağıda verilmiştir.

$$AS = Q1 - 1,5 \times IQR \quad (6.11)$$

$$ÜS = Q3 + 1,5 \times IQR \quad (6.12)$$

Bu hesaplamalar için Q1, Q3 ve IQR değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının aykırı değerlerini belirlemek için Q1 değeri birinci çeyrek olarak adlandırılır ve verilerin küçükten büyüğe sıralanmış hâlinde, alt %25’lik kısmını ayıran değerdir. Başka bir deyişle, verinin %25’i Q1’in altındadır, %75’i ise üstündedir. Bu değer, verinin alt çeyreği olarak da bilinir ve 0 olarak hesaplanmıştır. Q3 değeri verilerin küçükten

büyükçe sıralanmış hâlinde, alt %75'lik kısmını ayıran değerdir. Yani verinin %75'i Q3'ün altındadır, %25'i ise üstündedir. Bu değer, verinin üst çeyreği olarak da bilinir ve 2,38 olarak hesaplanmıştır.

IQR değeri Denklem 6.10 kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda 2,38 bulunmuştur. Denklem 6.11 ve Denklem 6.12 kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı verisinin aykırı değeri 5,95 olarak hesaplanmıştır. Bağımsız değişkenlerin her biri için Denklem 6.10, Denklem 6.11 ve Denklem 6.12 kullanılarak benzer işlemler gerçekleştirilmiş, hesaplamalar yapılmış, aykırı değerler tespit edilmiş Çizelge 6.8'de sunulmuştur.

Çizelge 6.8 G1 grubu bağımsız değişkenleri için aykırı değerler.

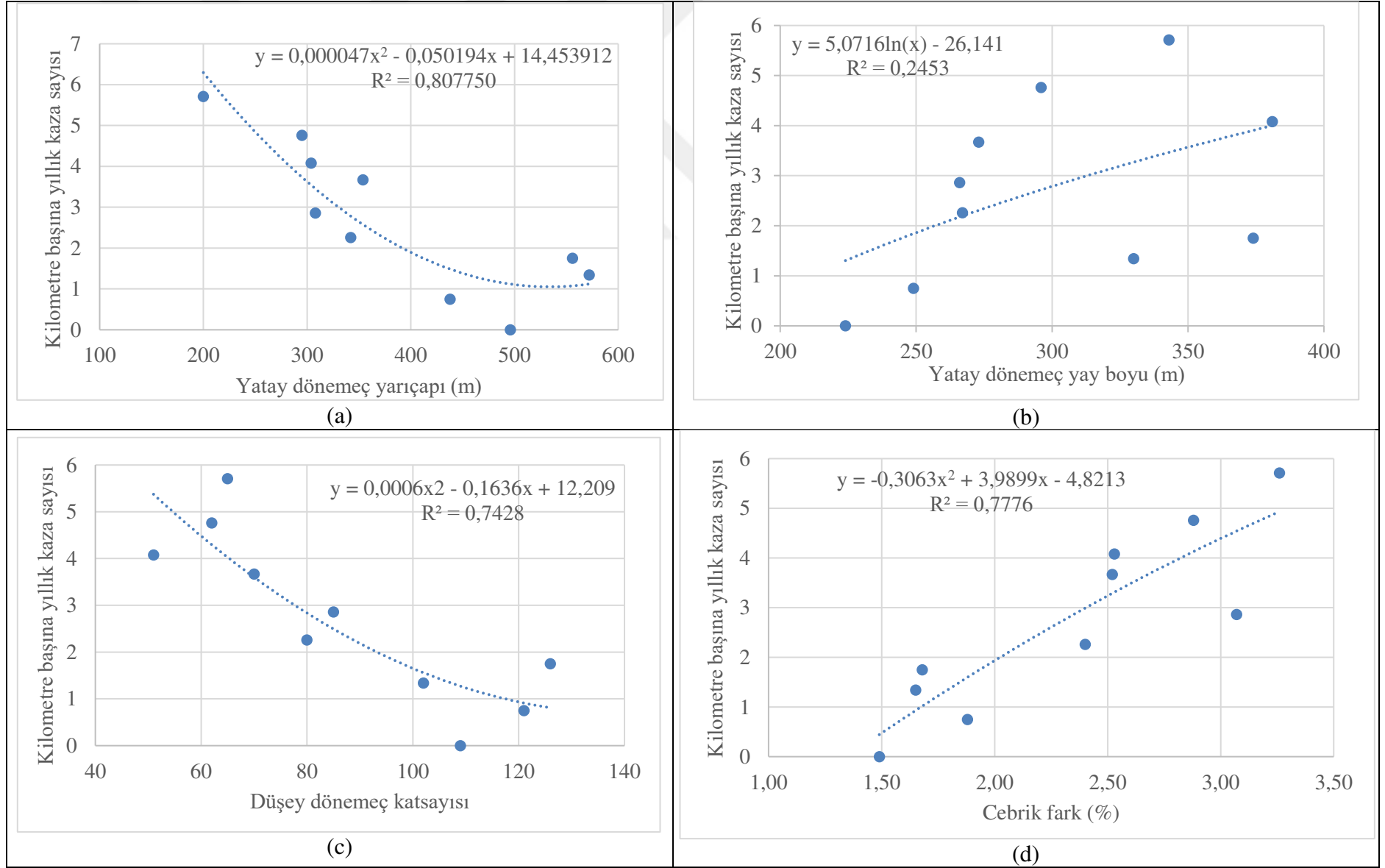
Değişken	Q1	Q3	IQR	AS	ÜS
KBYKS	0	2,38	2,38	0	5,95
YDY	225	900	675	0	1.913
YDYB	151	459	308	0	921
DDK	32	160	128	0	352
DDCF	0,54	3,21	2,67	-3,46	7,21

Çizelge 6.8'de gösterildiği şekilde hesaplanan bu aykırı değerler bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait veriden çıkartılmış ve yeni veri Çizelge 6.9'da sunulmuştur. Aykırı değerler çıkartıldığında 207 olan kesim sayısı 138'e düşmüştür.

Çizelge 6.9 Aykırı değerler çıkarılmış haliyle kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ve G1 grubunun bağımsız değişkenleri.

KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	YDY ortalaması (m)	YDYB ortalaması (m)	DDK ortalaması	DDCF ortalaması (%)
0	0	496	224	109	1,49
0,51-1,00	0,75	438	249	121	1,88
1,01-1,50	1,34	572	330	102	1,65
1,51-2,00	1,75	556	374	126	1,68
2,01-2,50	2,26	342	267	80	2,40
2,51-3,00	2,86	308	266	85	3,07
3,51-4,00	3,67	354	273	70	2,52
4,01-4,50	4,08	304	381	51	2,53
4,51-5,00	4,76	295	296	62	2,88
5,01-5,95	5,71	200	343	65	3,26

Aykırı değerler çıkarılmış haliyle değişkenlere ait değerlerin ortalamaları alınarak grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.3’de sunulmuştur.



Şekil 6.3 G1'deki aykırı değerler çıkartılmış bağımsız değişkenler ve kilometre başına yıllık kaza sayıları.

Şekil 6.3 (a)'da yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,8077 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.3 (b)'de ise yatay dönemeç yay boyu kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,2453 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.3 (c)'de ise düşey dönemeç katsayısı kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklem ile R^2 değeri 0,7428 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.3 (d)'de ise cebrik fark kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklem ile R^2 değeri 0,7776 olarak hesaplanmıştır. Grafikler incelendiğinde Şekil (a), (c) ve (d)'deki bağımsız değişkenler için R^2 değerleri yükselmiştir ve bu bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni açıklayabildiği söylenebilir.

Yapılacak olan regresyon analizinde hangi bağımsız değişkenlerin kullanılacağına karar verilirken hem R^2 değerlerinin yüksek olmasına hem de yatay ve düşey dönemece ait en az bir adet değişkenin olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle, yatay dönemeç yarıçapı ve cebrik farkın G1 için bağımlı değişken olan kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını açıklayacak bağımsız değişkenler olarak seçilmesine karar verilmiştir.

Şekil 6.3 (a)'da yatay dönemeç yarıçapı için oluşturulan polinom denkleminde bakıldığında, analizlerde kullanılmak üzere YDY^2 , aynı şekilde Şekil 6.3 (d)'de cebrik fark için de polinom denklemi olduğu için $DDCB^2$ değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yani yatay dönemeç yarıçapı ve cebrik fark yalnızca doğrusal bileşenleri ile değil, aynı zamanda eğrisel bileşenleri ile modele katılacaktır.

Modele eklenecek değişken ve biçimi konusundaki incelemelerin ardından, model denklemi Denklem 6.13'te sunulmuştur.

$$KBYKS = b_0 + b_1 \times YDY + b_2 \times YDY^2 + b_3 \times DDCB + b_4 \times DDCB^2 \quad (6.13)$$

Yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesimlerde bağımsız değişken olarak belirlenen yatay dönemeç yarıçapı ve cebrik farkın, kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıklayıp açıklamadığının belirlenmesi amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki varyans analizi (ANOVA) sonucu Çizelge 6.9'da regresyon analizi sonucu Çizelge 6.10'da sunulmuştur.

Çizelge 6.10 G1 için çoklu regresyon analizi için varyans analizi sonuçları.

Model	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F	Anlamlılık (p)
Regresyon	4	27,6416	6,9104	13,4553	0,0069
Hata	5	2,5679	0,5135		
Toplam	9	30,2095			

Çoklu regresyon analizinde varyans analizi (ANOVA) sonuç tablosu, modelin genel anlamlılığını test eder. Bu tablo, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanan kısmıyla açıklanamayan kısmı (hata) arasında bir karşılaştırma yapar. Serbestlik derecesi (df), regresyonda bağımsız değişken sayısıdır. Hatadaki bu değer, açıklanamayan varyansı gösterir. Toplam ise toplam varyansı açıklar. Kareler toplamı (Sum of Squares-SS) regresyonda, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanan varyansını ifade eder. Büyük bir değer, modelin bağımlı değişkeni iyi açıkladığını gösterebilir. Hata ise modelin açıklayamadığı varyans kısmını ifade eder. Küçük bir değer, modelin iyi uyum sağladığını gösterebilir. Toplam ise bağımlı değişkenin toplam varyansıdır ve Regresyon SS ve Hata SS'nin toplamıdır. Kareler ortalaması (Mean Square-MS) her bir bileşenin varyansını gösteren bir ortalama hesaplamasıdır ($MS=SS/df$). Regresyonda bağımsız değişkenlerin katkısını gösteren bir ortalama varyanstır. Hatadaki bu değer, modelin açıklayamadığı varyansın bir ortalamasıdır. F Değeri (F-Ratio) regresyon MS'nin hata MS'ye oranıdır. Bu, modelin bağımlı değişkeni açıklamada anlamlı bir katkı sağlayıp sağlamadığını test eder. Büyük bir F değeri, bağımsız değişkenlerin modelde anlamlı olduğunu gösterebilir. Anlamlılık Değeri (p değeri / Sig.) F değerinin şansa bağlı olarak mı yoksa gerçekten anlamlı bir etkiyi mi yansıttığını test eder. $p \leq 0,05$ ise modelin genel olarak anlamlı olduğunu gösterir. Yani, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. $p > 0,05$ ise modelin genel olarak anlamlı olmadığı anlamına gelir. Bu durumda, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi anlamlı değildir.

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucuna göre oluşturulan modelin anlamlı olup olmadığının tespiti için sonuçlar incelenmiştir. Anlamlılık düzeyi $p=0,0069 < 0,05$ ve $F=13,4553$ olarak belirlenmiş model için bağımsız değişkenler anlamlı bir şekilde bağımlı değişkeni tahmin edebiliyor denilir.

Çizelge 6.11 G1 için çoklu regresyon analizi sonucu.

Değişken	Katsayılar (<i>b</i>)	Standart hata	Anlamlılık, <i>p</i>	%95 Güven Düzeyindeki	
				Veri Aralığı	
				Alt	Üst
Sabit	0,3994	7,3732	0,9589	-18,5541	19,3529
YDY	-0,0667	0,0240	0,0392	-0,1285	-0,0048
DDCB	12,7664	5,3242	0,0418	-0,9200	26,4528
YDY ²	0,00007	0,000026	0,0361	0,00007	0,0001
DDCB ²	-2,4336	1,1231	0,0625	-0,00005	0,4535

Düzeltilmiş R² = 0,956

Oluşturulan modelin kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının ne kadarını açıkladığına dair bilgiyi düzeltilmiş R² (adjusted R²) değerinden anlaşılmaktadır. Burada oluşturulan modelin, toplam varyansın yaklaşık %95'ini açıkladığı belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı %95,6'dır. Yatay dönemeç yarıçapı ve cebrik fark ile kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının %95,6'sı tahmin edilebilir.

Yatay dönemeç yarıçapının ($p=0,0392<0,05$) ve cebrik farkın ($p=0,0418<0,05$) anlamlılık değerlerinin %95 güven düzeyinde ya da daha büyük olduğu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıkladığı belirlenmiştir. Analiz sonrasında oluşturulan model Denklem 6.14'te sunulmuştur.

$$KBYKS = 0,3994 - 0,0667 \times YDY + 0,00007 \times YDY^2 + 12,7664 \times DDCF - 2,4336 \times DDCF^2 \quad (6.14)$$

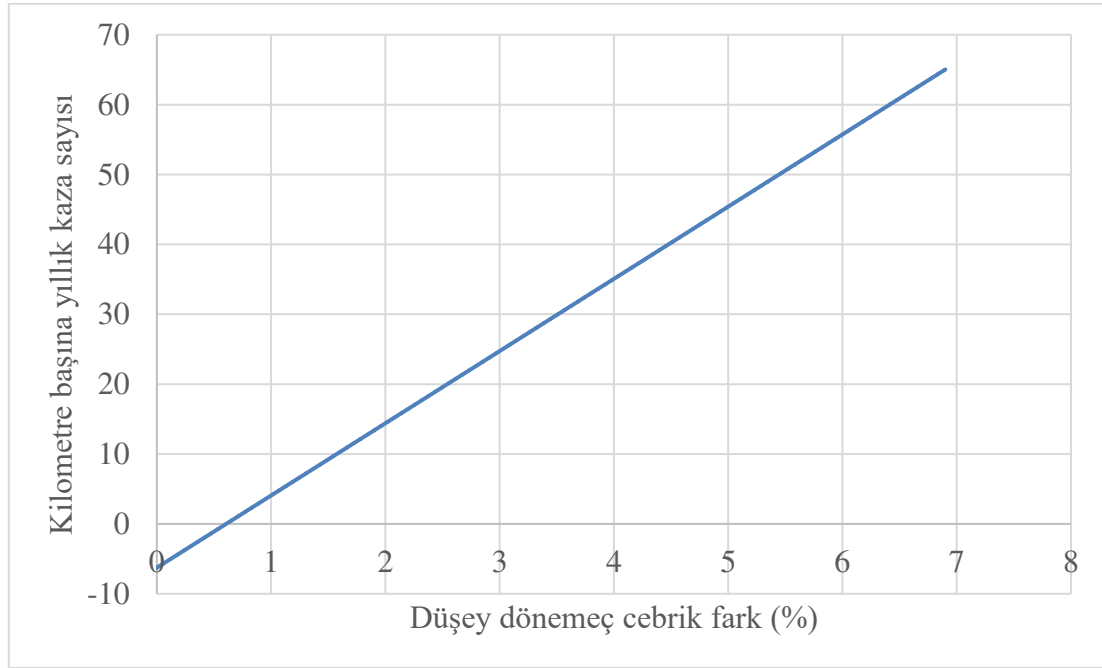
Denklem 6.14'te verilen regresyon modeli, yatay dönemeç yarıçapının 80 ile 1505 metre arasındaki, cebrik farkın ise %0,00 ile %6,90 arasında değerleri kullanılarak geliştirildiğinden, yatay dönemeç yarıçapı ve cebrik farkın yalnızca kullanılan bu aralık değerleri için kilometre başına yıllık kaza sayısının öngörülmesinde kullanılabilir. Başka bir deyişle regresyon modelinin sınır şartları yatay dönemeç için 80 ve 1505 metre, cebrik fark için %0,00 ile %6,90'dır.

Yatay dönemeç yarıçapı ve cebrik fark için oluşturulan modele bir de düşey dönemeç katsayısı değişkeni eklenmiş ve 3 bağımsız değişken ile oluşturulan yeni modelde düzeltilmiş R² değeri

0,888 olarak belirlenmiştir. Yani düşey dönemeç katsayısının eklenmesi ile modelin R^2 değeri düşmüştür. Dolayısıyla bu değişkenin modele eklenmesi anlamlı değildir.

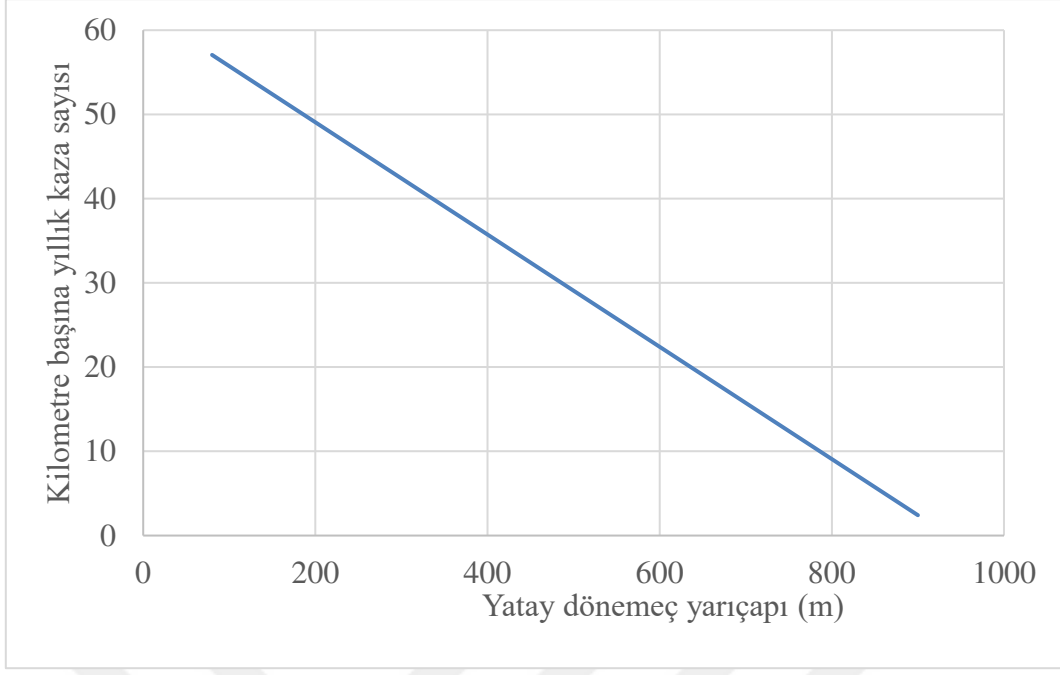
Oluşturulan model ile ilgili 2 farklı senaryonun oluşturulması, modeldeki değişkenlerin eğrisel bileşenlerinin eklenmiş olması sebebiyle gereklidir.

Birinci senaryoda yatay dönemeç yarıçapına sabit bir değer verilmiş, düşey dönemeç cebrik fark ise artırılarak kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplanmış ve ilgili grafik Şekil 6.4'te sunulmuştur.



Şekil 6.4 Senaryo 1- YDY 100 metre için KBYKS'nın DDCF göre değişimi.

Şekil 6.4'teki grafik, yatay dönemeç yarıçapına 100 metre sabit değer verilerek ve modele ait denklem kullanılarak oluşturulmuştur. Yatay dönemeç yarıçapı 100 metre olduğunda kilometre başına yıllık kaza sayısının düşey dönemeç cebrik farkına bağlı olarak arttığı görülmektedir. İkinci senaryo olarak ise düşey dönemeç cebrik farkına sabit bir değer verilerek kilometre başına yıllık kaza sayısının yarıçapa bağlı olarak değişimi hesaplanmış ve Şekil 6.5'te sunulmuştur.



Şekil 6.5 Senaryo 2- DDCF %6 için KBYKS'nın YDY'na göre değişimi.

Şekil 6.5'teki grafik, düşey dönemeç cebrik farkı %6 sabit değer verilerek ve modele ait denklem kullanılarak oluşturulmuştur. Cebrik farkı %6 olduğunda kilometre başına yıllık kaza sayısının yatay dönemeç yarıçapına bağlı olarak azaldığı görülmektedir.

6.3.2. Yatay Dönemeç Ve Boyuna Eğimin Bir Arada Bulunduğu Eşleşme (G2)

Yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu durumlarda yol geometrisi bileşenlerinden yatay dönemeç yarıçapı, yatay dönemeç teğet boyu, yatay dönemeç yay boyu, boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyunun incelenmesi gerekmektedir.

Önceki bölümde yapılan çoklu bağlantı kontrolü ile kendi aralarında yüksek korelasyon olan yatay dönemeç teğet boyu ve yatay dönemeç yay boyunun analizlerde beraber kullanılmaması gerektiği için yatay dönemeç yay boyunun kullanılmasına karar verilmiştir. G2 grubuna yapılacak analizlerde kullanılmasına karar verilen bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait açıklamalar Çizelge 6.12'de sunulmuştur.

Çizelge 6.12 G2 grubu bağımlı ve bağımsız değişkenleri.

Değişken Adı		Kısaltma
Bağımlı (sonuç) değişken	Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı	KBYKS
Bağımsız (açıklayıcı) değişken	Yatay dönemeç yarıçapı	YDY
	Yatay dönemeç yay boyu	YDYB
	Boyuna eğim	BE
	İniş ya da çıkış rampası boyu	RB

Bu aşamada bu 4 geometrik veri arasında analiz öncesinde son kez çoklu bağlantının kontrol edilmesi gerektiği düşünülmüştür. G2 grubuna yapılan test sonucunda VIF değerleri Çizelge 6.13’de sunulmuştur.

Çizelge 6.13 G2 grubu için VIF analizi sonuçları.

Değişken adı	VIF değeri
Yatay dönemeç yarıçapı	1,546
Yatay dönemeç yay boyu	1,412
Boyuna eğim	1,014
İniş ya da çıkış rampası boyu	1,153

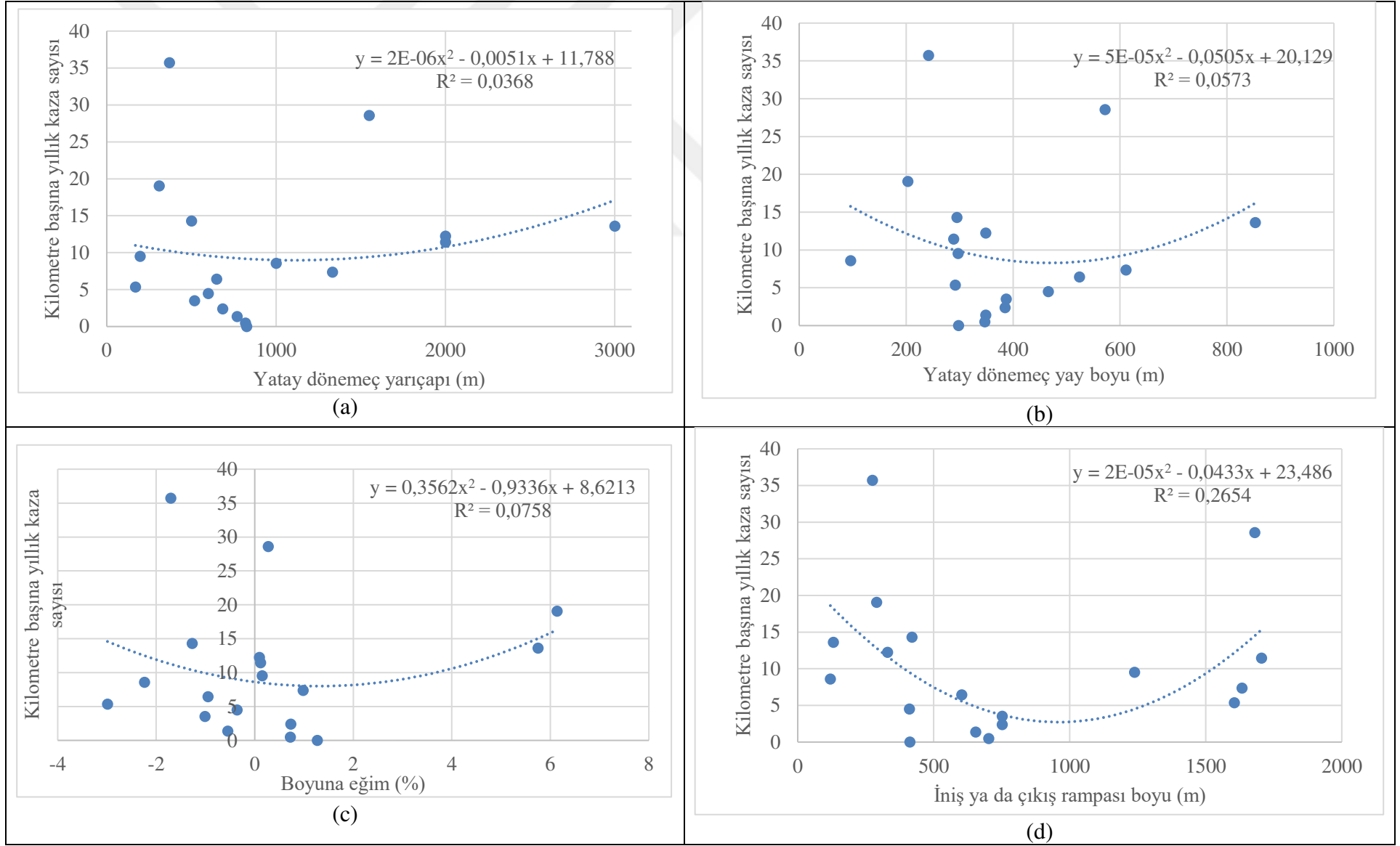
Çizelge 6.13’ten görüldüğü üzere, yatay dönemeç ve boyuna eğim geometrik elemanları ile kaza sayıları arasında yapılan inceleme sonuçlarında VIF değeri büyük olan hiçbir bağımsız değişken yoktur. Dolayısıyla bağımsız değişkenler arasında herhangi bir çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır.

Yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu durumlar için kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplanmıştır. G2’de bulunan tüm kesimler için kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplandıktan sonra gruplandırılmış ve bağımsız değişkenlere ait ortalamalar da alınarak Çizelge 6.14 oluşturulmuştur.

Çizelge 6.14 Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ve G2 grubunun bağımsız değişkenleri.

KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	YDY ortalaması (m)	YDYB ortalaması (m)	BE ortalaması (%)	RB ortalaması (m)
0,00	0	0,826	0,298	1,27	0,412
0,01-1,00	0,48	0,819	0,347	0,72	0,702
1,01-2,00	1,37	0,769	0,349	-0,55	0,654
2,01-3,00	2,38	0,684	0,385	0,73	0,752
3,01-4,00	3,5	0,518	0,387	-1,01	0,752
4,01-5,00	4,48	0,599	0,466	-0,36	0,411
5,01-6,00	5,34	0,169	0,292	-2,99	1,605
6,01-7,00	6,42	0,649	0,524	-0,95	0,603
7,01-8,00	7,36	1,333	0,611	0,98	1,633
8,01-9,00	8,57	1,000	0,096	-2,24	0,120
9,01-10,00	9,52	0,197	0,297	0,15	1,238
11,00-12,00	11,43	2,000	0,289	0,12	1,705
12,01-13,00	12,24	2,000	0,349	0,09	0,330
13,01-14,00	13,61	3,000	0,853	5,75	0,131
14,01-15,00	14,29	0,500	0,295	-1,27	0,420
19,00-20,00	19,05	0,310	0,203	6,14	0,290
28,00-29,00	28,57	1,550	0,572	0,27	1,680
35,00-36,00	35,71	0,370	0,242	-1,71	0,275

Çizelge 6.13'te sunulduğu şekilde 240 kesimde gerçekleşmiş tüm kazalar için belirlenen kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının çizelgede belirtilen aralıklarda ortalamaları alınmıştır. Aynı şekilde bağımsız değişkenlere ait değerlerin de ortalamaları alınarak bu 4 bağımsız değişken için grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.6'da sunulmuştur.



Şekil 6.6 G2'deki bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Şekil 6.6 (a)'da yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,0368 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.6 (b)'de ise yatay dönemeç yay boyu kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom ile R^2 değeri 0,0573 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.6 (c)'de boyuna eğim kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,0758 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.6 (d)'de iniş ya da çıkış rampası boyu kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,2654 olarak hesaplanmıştır. 4 bağımsız değişken için de ilgili R^2 değerleri çok düşüktür. Yani modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni açıklayamadığı söylenebilir.

Bağımsız değişkenlerin her biri için hesaplamalar yapılmış, aykırı değerler tespit edilmiş ve Çizelge 6.15'te sunulmuştur.

Çizelge 6.15 G2 grubu bağımsız değişkenleri için aykırı değerler.

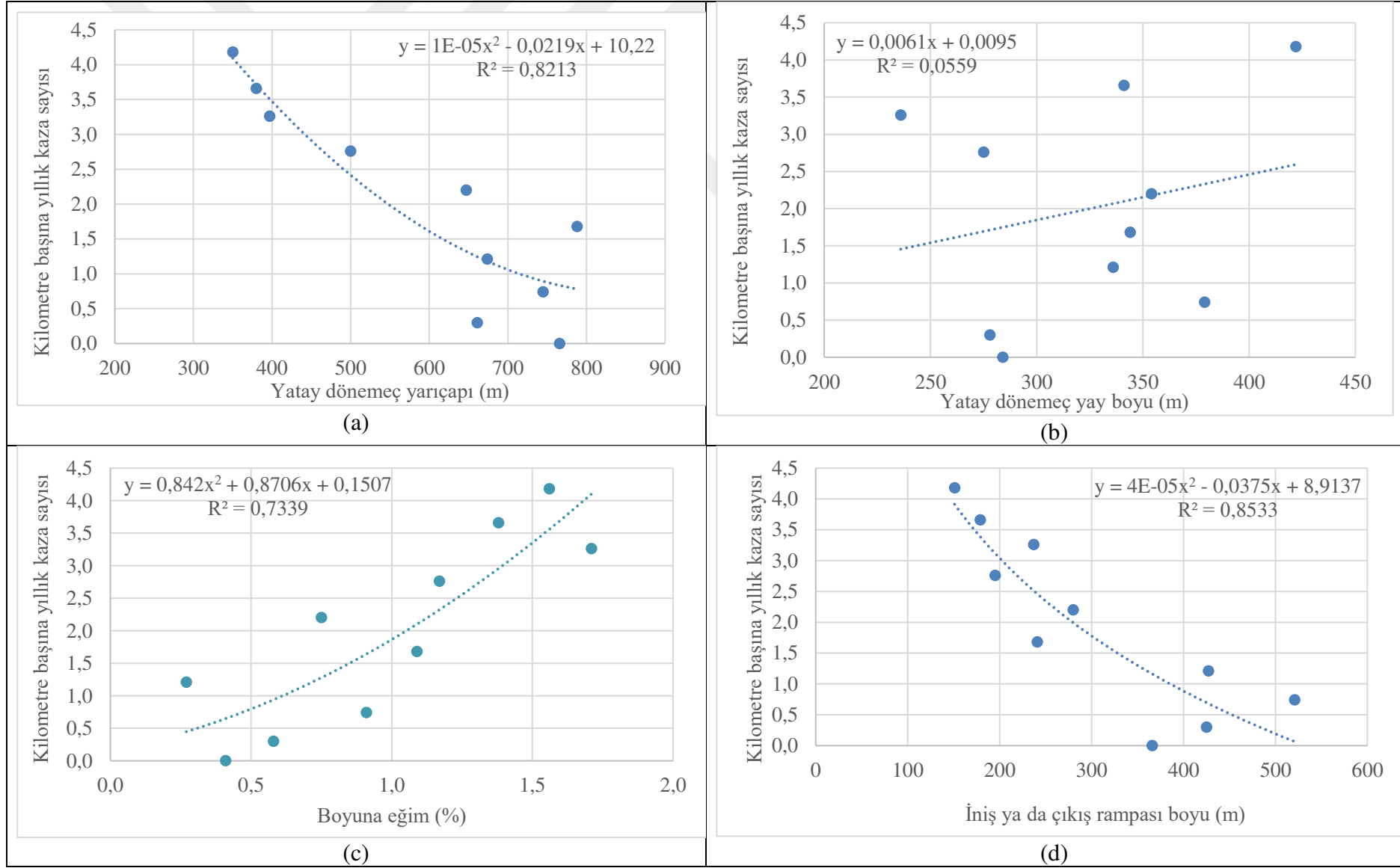
Değişken	Q1	Q3	IQR	AS	ÜS
KBYKS	0	1,87	1,87	0	4,59
YDY	300	1.000	700	0	2.050
YDYB	175	467	292	0	905
BE	-1,27	2,01	3,28	-6,07	6,815
RB	165	640	475	0	1.353

Çizelge 6.15'te gösterildiği şekilde hesaplanan bu aykırı değerler bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait veriden çıkartılmış ve yeni veri Çizelge 6.16'da sunulmuştur. Aykırı değerler çıkartıldığında 240 olan kesim sayısı 148'e düşmüştür.

Çizelge 6.16 Aykırı değerlerin çıkarılmasından sonra kaza sayısı ve G2 grubundaki bağımsız değişkenler.

KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	YDY ortalaması (m)	YDYB ortalaması (m)	BE ortalaması (%)	RB ortalaması (m)
0	0	766	284	0,41	366
0,01-0,50	0,30	661	278	0,58	425
0,51-1,00	0,74	745	379	0,91	521
1,01-1,50	1,21	674	336	0,27	427
1,51-2,00	1,68	788	344	1,09	241
2,01-2,50	2,20	647	354	0,75	280
2,51-3,00	2,76	500	275	1,17	195
3,01-3,50	3,26	397	236	1,71	237
3,51-4,00	3,66	380	341	1,38	179
4,01-4,50	4,18	350	422	1,56	151

Değişkenlere ait değerlerin ortalamaları alınarak bu 4 bağımsız değişken için grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.7’de sunulmuştur.



Şekil 6.7 G2'deki aykırı değerler çıkartılmış bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Şekil 6.7 (a)'da yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,8213 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.7 (b)'de ise yatay dönemeç yay boyu kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan doğrusal denklem ile R^2 değeri 0,0559 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.7 (c)'de ise boyuna eğim kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklem ile R^2 değeri 0,7339 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.7 (d)'de ise iniş ya da çıkış rampası boyu kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklem ile R^2 değeri 0,8533 olarak hesaplanmıştır. Grafikler incelendiğinde Şekil (a), (c) ve (d)'deki bağımsız değişkenler için R^2 değerleri yükselmiştir. Bu bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklayabildiği söylenebilir.

Yatay dönemeç yarıçapı, boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyunun G2 için bağımlı değişken olan kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını açıklayacak bağımsız değişkenler olarak seçilmesine karar verilmiştir. Şekil 6.7'de iki değişkenin polinom denklemi olduğu görülmektedir dolayısıyla analizlerde kullanılmak üzere YDY^2 , BE^2 ve RB^2 değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yani yatay dönemeç yarıçapı, boyuna eğim ve rampa boyu yalnızca doğrusal bileşenleri ile değil, aynı zamanda eğrisel bileşenleri ile de modele katılacaktır.

Çoklu regresyon analizi öncelikle yatay dönemeç yarıçapı ve boyuna eğim bağımsız değişkenleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonrasında iniş ya da çıkış rampası boyu da üçüncü bir değişken olarak analize eklenmiş ve modellerin açıklayıcılıkları karşılaştırılmıştır. Bazı durumlarda üçüncü bir değişkenin eklenmesiyle modelin açıklayıcılığı azalmaktadır. Dolayısıyla bu etkiyi görmek için adım adım analiz yöntemi gerçekleştirilmiştir. İlk analizde kullanılacak bağımsız değişkenlere ait değerler ve yeni hesaplamalar yapılmıştır.

Yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimlerde bağımsız değişken olarak belirlenen yatay dönemeç yarıçapı ve boyuna eğimin, kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıklayıp açıklamadığını belirlenmesi amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki varyans analizi sonucu Çizelge 6.17'de, regresyon analizi sonucu ise Çizelge 6.18'de sunulmuştur.

Çizelge 6.17 G2 grubu için birinci çoklu regresyon varyans analizi sonuçları.

Model	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F	Anlamlılık (p)
Regresyon	4	16,5936	4,1484	8,9265	0,0168
Hata	5	2,3236	0,4647		
Toplam	9	18,9172			

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucuna göre oluşturulan modelin anlamlı olup olmadığının tespiti için sonuçlar incelenmiştir. Anlamlılık düzeyi $p=0,0168<0,05$ ve $F=8,9265$ olarak belirlenmiş model için bağımsız değişkenler anlamlı bir şekilde bağımlı değişkeni tahmin edebiliyor denilir.

Çizelge 6.18 G2 grubu için birinci çoklu regresyon özet çıktıları.

	Katsayılar (b)	Standart hata	Anlamlılık, p	%95 Güven Düzeyindeki Veri Aralığı	
				Alt	Üst
Sabit	0,7127	7,6735	0,9296	-19,0127	20,4382
YDY	-8,6185	25,4396	0,7485	-56,7760	74,0130
BE	-0,3204	0,2730	0,2933	-1,0221	0,3813
YDY ²	-11,8767	21,0382	0,5968	-65,9571	42,2038
BE ²	0,6701	0,5504	0,2778	-0,7448	2,0850

Düzeltilmiş $R^2 = 0,778$

Oluşturulan modelin kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının ne kadarını açıkladığı düzeltilmiş R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Burada oluşturulan modelin toplam varyansın yaklaşık %77'sini açıkladığı belirlenmiştir. Yatay dönemeç yarıçapının ($p=0,7485>0,05$) ve cebrik farkın ($p=0,2933>0,05$) anlamlılık değerlerinin %95 güven düzeyinde olmadığı ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıklamadığı belirlenmiştir. Bu iki bağımsız değişkene bir diğer bağımsız değişken de eklenerek ikinci analiz gerçekleştirilecektir.

Yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimlerde, ikinci analiz için bağımsız değişken olarak belirlenen yatay dönemeç yarıçapı, boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyunun kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıklayıp açıklamadığını

belirlenmesi amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki varyans analizi sonucu Çizelge 6.19’da özet çıktıları ise Çizelge 6.20’de sunulmuştur.

Çizelge 6.19 G2 grubu için ikinci çoklu regresyon varyans analizi sonuçları.

Model	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F	Anlamlılık (p)
Regresyon	6	17,7380	2,9563	7,5207	0,0031
Hata	3	1,1792	0,3930		
Toplam	9	18,9172			

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucuna göre oluşturulan modelin anlamlı olup olmadığının tespiti için ANOVA sonuçları incelenmiştir. Anlamlılık düzeyi $p=0,0031$ ve $F=7,5207$ olarak belirlenmiş ve oluşturulan modelin anlamlı olduğunu belirlenmiştir.

Çizelge 6.20 G2 grubu için ikinci çoklu regresyon analizi özet çıktıları.

	Katsayılar (b)	Standart hata	Anlamlılık, p	%95 Güven Düzeyindeki Veri Aralığı	
				Alt	Üst
Sabit	3,5310	6,0960	0,7135	-15,8692	22,9313
YDY	-0,0196	0,0284	0,0511	-0,0707	0,1101
BE	2,1200	3,7025	0,0454	-13,9033	9,6631
RB	-0,0350	0,0269	0,0310	-0,1208	0,0507
YDY ²	-0,00002	0,00002	0,0590	-0,00009	0,00005
BE ²	1,4741	2,0189	0,0647	-4,9511	7,8993
RB ²	0,00004	0,00004	0,0124	-0,00007	0,0001

Düzeltilmiş $R^2 = 0,912$

Oluşturulan ikinci modelin toplam varyansın yaklaşık %91’ini açıkladığı belirlenmiştir. İlk modelde R^2 değeri daha düşüktür (%77). Modele eklenen iniş ya da çıkış rampası boyu bağımsız değişkeninin modelin açıklayıcılığını arttırdığı tespit edilmiştir dolayısıyla bu değişkenin modelde bulunmasının doğru olduğuna karar verilmiştir.

Yatay dönemeç yarıçapı ($p=0,0511 \cong 0,05$), boyuna eğim ($p=0,0454 < 0,05$) ve iniş ya da çıkış rampası boyu ($p=0,0310 < 0,05$) %95 güven düzeyinde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı

için anlamlıdır. Katsayılara bakıldığında ise her üç bağımsız değişken ile kaza sayıları arasında negatif bir ilişki vardır.

Analiz sonrasında oluşturulan modele ait denklem ise 6.15'te sunulmuştur.

$$y = 3,5310 - 0,0196 \times YDY - 0,00002 \times YDY^2 + 2,1200 \times BE + 1,4741 \times BE^2 - 0,0350 \times RB + 0,00004 \times RB^2 \quad (6.15)$$

Denklem 6.15'te verilen regresyon modeli, yatay dönemeç yarıçapı 120 ile 2.000 metre arasındaki değerler, boyuna eğimi %0,00 ile %6,77 arasındaki değerler ve iniş ya da çıkış rampası boyu 47 ile 1.350 metre arasındaki değerler kullanılarak geliştirildiğinden; yatay dönemeç yarıçapı, cebrik fark ve boyuna eğimin yalnızca kullanılan bu aralık değerleri için kilometre başına yıllık kaza sayısının öngörülmesinde kullanılabilir. Başka bir deyişle regresyon modelinin sınır şartları yatay dönemeç için 120 ve 2.000 metre, boyuna eğim için %0,00 ile %6,77 ve rampa boyu için de 47 ile 1.350 metredir.

6.3.3. Teğet Ve Düşey Dönemecin Birarada Bulunduğu Eşleşme (G3)

Teğet ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu durumlarda yol geometrisi bileşenlerinden yatay teğet boyu, düşey dönemeç yarıçapı, düşey dönemeç katsayısı, düşey dönemeç boyu ve düşey dönemeç cebrik farkın incelenmesi gerekmektedir.

Önceki bölümde yapılan çoklu bağlantının kontrolü ile kendi aralarında yüksek korelasyona sahip düşey dönemeç yarıçapı ile düşey dönemeç katsayısından, düşey dönemeç katsayısının kullanılmasına karar verilmiştir. Düşey dönemeç boyu ile cebrik fark arasında çoklu bağlantı söz konusu olduğundan düşey dönemeç boyunun kullanılmasına karar verilmiştir. G3 grubuna yapılacak analizlerde kullanılmasına karar verilen bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait açıklamalar Çizelge 6.21'de sunulmuştur.

Çizelge 6.21 G3 grubu için bağımlı ve bağımsız değişkenler.

	Değişken Adı	Kısaltma
Bağımlı (sonuç) değişken	Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı	KBYKS
	Teğet boyu	TB
Bağımsız (açıklayıcı) değişken	Düşey dönemeç katsayısı	DDK
	Düşey dönemeç boyu	DDB

Bu aşamada bu 3 geometrik veri arasında analiz öncesinde son kez çoklu bağlantının kontrol edilmesi gerektiği düşünülmüştür. G3 grubuna yapılan test sonucunda VIF değerleri Çizelge 6.22’de sunulmuştur.

Çizelge 6.22 G3 grubu için yapılan VIF analizi sonuçları.

Değişken adı	VIF değeri
Teğet boyu	1,100
Düşey dönemeç katsayısı	1,031
Düşey dönemeç boyu	1,039

Çizelge 6.20’den görüldüğü üzere, yatay ve düşey dönemeç geometrik elemanları ile kaza sayıları arasında yapılan araştırma sonuçlarında VIF değeri büyük olan hiçbir bağımsız değişken yoktur. Dolayısıyla bağımsız değişkenler arasında herhangi bir çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır.

Teğet ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu durumlar için kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplanmıştır. G3’te bulunan her bir kesimdeki kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplandıktan sonra gruplandırılmış ve bağımsız değişkenlere ait ortalamalar da alınarak Çizelge 6.23 oluşturulmuştur.

Çizelge 6.23 Kilometre başına yıllık kaza sayısı ve G3 grubunun bağımsız değişkenleri.

KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	TB ortalaması (m)	DDK ortalaması	DDB ortalaması (km)
0,00	0	386	218	219
0,01-1,00	0,71	490	260	271
1,01-2,00	1,39	352	231	176
2,01-3,00	2,45	502	151	200
3,01-4,00	3,69	167	108	134
4,01-5,00	4,29	364	57	100
5,01-6,00	5,32	68	85	195
7,00-8,00	7,49	47	38	210
8,01-9,00	8,74	49	20	140
11,00-12,00	11,89	24	90	240
21,00-22,00	21,28	54	155	250

Çizelge 6.23’de 149 kesimde gerçekleşmiş tüm kazalar için belirlenen kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının çizelgede belirtilen aralıklarda ortalamaları alınmıştır. Aynı şekilde bağımsız değişkenlere ait değerlerin de ortalamaları alınarak bu 3 bağımsız değişken için grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.8’de sunulmuştur.

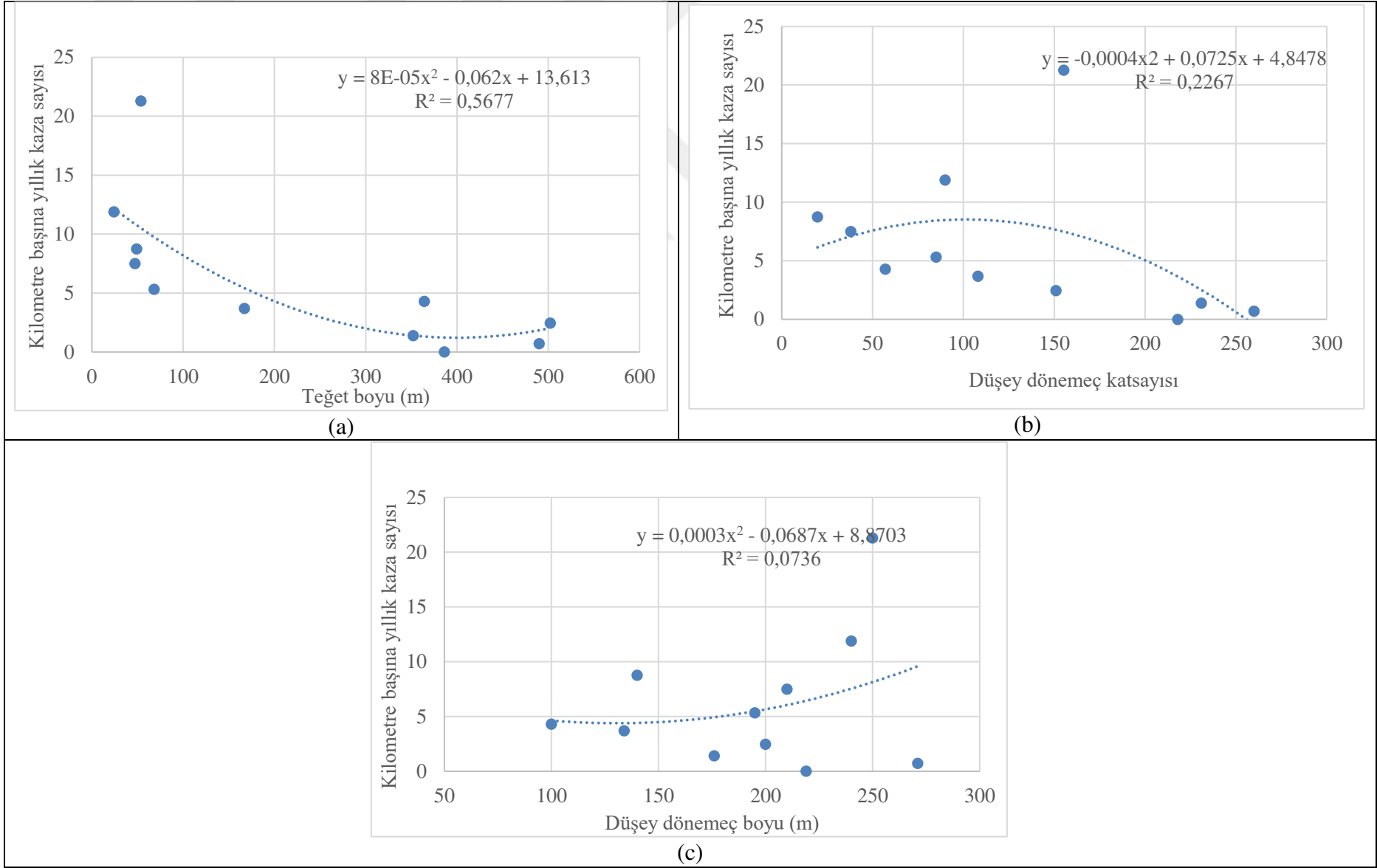
Şekil 6.6 (a)’da yatay teğet boyu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,5677 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.6 (b)’de ise düşey dönemeç katsayısı kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom ile R^2 değeri 0,2267 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.6 (c)’de ise düşey dönemeç boyu kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,0736 olarak hesaplanmıştır. 3 bağımsız değişken için de ilgili R^2 değerleri çok düşüktür. Yani modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni açıklayamadığı söylenebilir.

Bağımsız değişkenlerin her biri için hesaplamalar yapılmış, aykırı değerler tespit edilmiş ve Çizelge 6.24’te sunulmuştur.

Çizelge 6.24 G3 grubu bağımsız değişkenleri için aykırı değerler.

Değişken	Q1	Q3	IQR	AS	ÜS
KBYKS	0	1,43	1,43	0	3,58
TB	87	504	425	0	1.142
DDK	53	222	169	0	476
DDB	120	255	135	0	458

Çizelge 6.24’te gösterildiği şekilde hesaplanan bu aykırı değerler bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait veriden çıkartılmış ve yeni veri Çizelge 6.25’te sunulmuştur. Aykırı değerler çıkartıldığında 149 olan kesim sayısı 113’e düşmüştür.

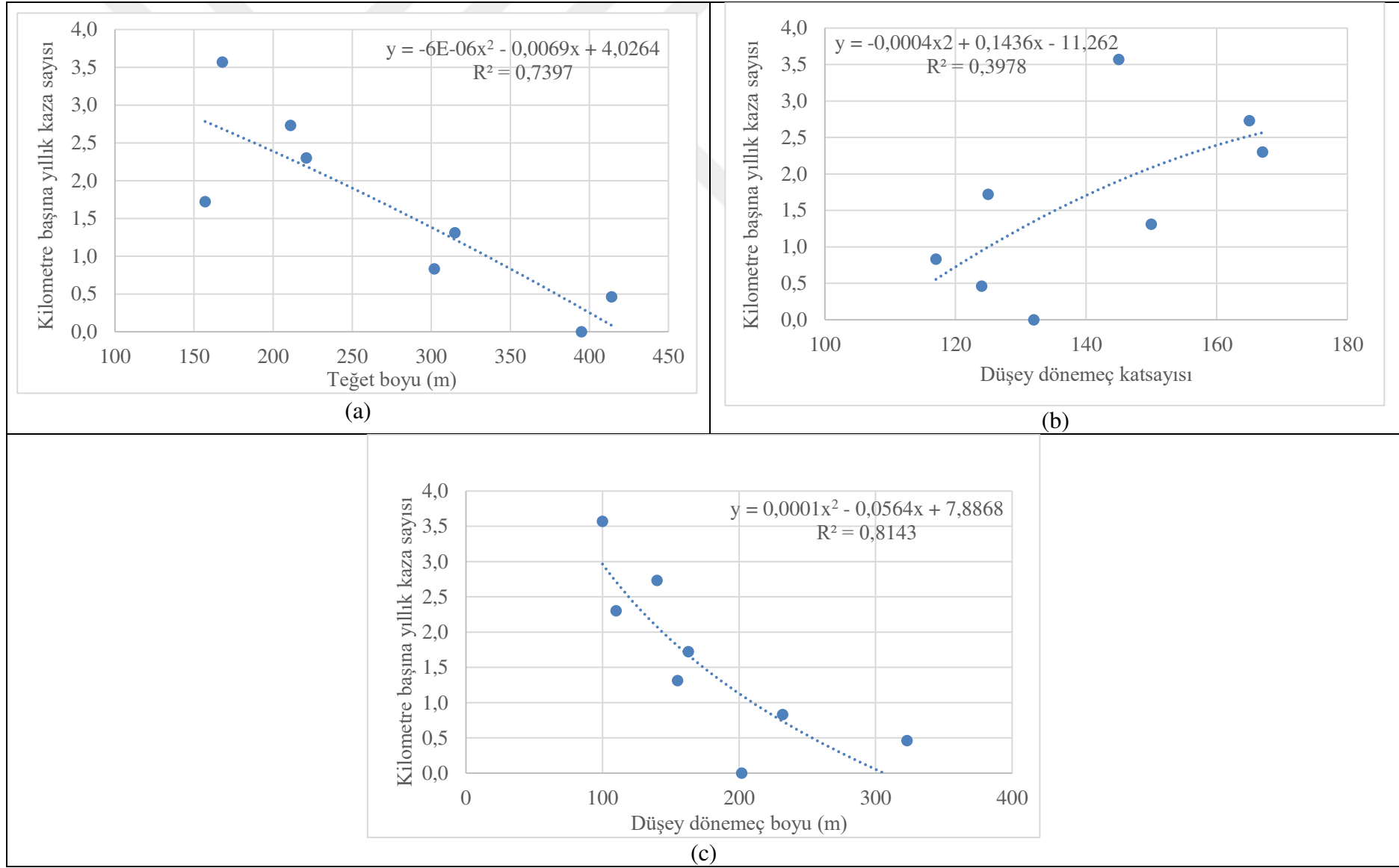


Şekil 6.8 G3'teki bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Çizelge 6.25 Aykırı değerleri çıkarılmış haliyle kaza sayısı ve G3 grubundaki bağımsız değişkenler.

KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	TB ortalaması (m)	DDK ortalaması	DDB ortalaması (m)
0	0	0,395	132	0,202
0-0,50	0,46	0,414	124	0,323
0,51-1,00	0,83	0,302	117	0,232
1,01-1,50	1,31	0,315	150	0,155
1,51-2,00	1,72	0,157	125	0,163
2,01-2,50	2,30	0,221	167	0,110
2,51-3,00	2,73	0,211	165	0,140
3,51-4,00	3,57	0,168	145	0,100

Değişkenlere ait değerlerin ortalamaları alınarak bu 3 bağımsız değişken için grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.9'da sunulmuştur.



Şekil 6.9 G3'teki aykırı değerler çıkartılmış bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Şekil 6.9 (a)'da yatay teğet boyu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,7397 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.9 (b)'de ise düşey dönemeç katsayısı kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,3978 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.9 (c)'de ise düşey dönemeç boyu kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklem ile R^2 değeri 0,8143 olarak hesaplanmıştır. Grafikler incelendiğinde a ve c bağımsız değişkenleri için R^2 değerleri yükselmiştir fakat düşey dönemeç katsayısı (b) için açıklayıcılık oldukça düşüktür. Bu bağımsız değişken hariç diğer 2 bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklayabildiği söylenebilir.

Teğet boyu ve düşey dönemeç boyunun G3 grubu için bağımlı değişken olan kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını açıklayacak bağımsız değişkenler olarak seçilmesine karar verilmiştir. Şekil 6.9'da teğet boyunun ve düşey dönemeç boyunun logaritmik olduğu görülmektedir dolayısıyla analizlerde kullanılmak üzere TB^2 ve DDB^2 değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yani teğet boyu ve düşey dönemeç boyunun yalnızca doğrusal değişkenleri değil, aynı zamanda eğrisel bileşenleri olan ve modeli daha iyi ifade eden kareleri de ayrı birer değişken olarak analize katılacaktır.

Teğet ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesimlerde bağımsız değişken olarak belirlenen teğet boyu ve düşey dönemeç boyunun kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıklayıp açıklamadığını belirlenmesi amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki varyans analizi sonucu Çizelge 6.26'da, özet çıktıları ise Çizelge 6.27'da sunulmuştur.

Çizelge 6.26 G3 grubu için varyans analizi sonuçları.

Model	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F	Anlamlılık (p)
Regresyon	4	9,4845	2,3711	9,9845	0,0442
Hata	3	0,7124	0,2374		
Toplam	7	10.1970			

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucuna göre oluşturulan modelin anlamlı olup olmadığının tespiti için ANOVA sonuçları incelenmiştir. Anlamlılık düzeyi $p=0,0442$ ve $F=9,9845$ olarak belirlenmiş ve oluşturulan modelin anlamlı olduğunu belirlenmiştir.

Çizelge 6.27 G3 grubu için çoklu regresyon analizi özet çıktıları.

	Katsayılar (b)	Standart hata	Anlamlılık, p	%95 Güven Düzeyindeki Veri Aralığı	
				Alt	Üst
Sabit	6,7447	2,3478	0,0639	-0,7269	14,2165
<i>TB</i>	-0,0048	0,0174	0,0170	-0,0508	0,0604
<i>DDB</i>	-0,0468	0,0165	0,0661	-0,0996	0,0058
<i>TB</i> ²	-0,00002	0,00003	0,5581	-0,0001	0,00008
<i>DDB</i> ²	0,0001	0,00004	0,0795	-0,0000	0,0002

Düzeltilmiş $R^2 = 0,9301$

Oluşturulan modelin kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının ne kadarını açıkladığına dair bilgi düzeltilmiş R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Burada oluşturulan modelin toplam varyansın yaklaşık %93'ünü açıkladığı belirlenmiştir.

Yatay teğet boyu ($p=0,0170<0,05$) %95 güven düzeyinde ve düşey dönemeç boyu ($p=0,0661<0,07$) 93 güven düzeyinde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı için anlamlıdır. Katsayılara bakıldığında ise her iki bağımsız değişken ile kaza sayıları arasında negatif bir ilişki vardır. Analiz sonrasında oluşturulan model Denklem 6.16'da sunulmuştur.

$$y = 6,7448 - 0,0048 \times TB - 0,00002 \times TB^2 - 0,0468 \times DDB + 0,0001 \times DDB^2 \quad (6.16)$$

Denklem 6.16'da verilen regresyon modeli, teğet boyunun 24 ile 1082 metre arasındaki, düşey dönemeç boyunun 60 ile 400 metre arasında değerleri kullanılarak geliştirildiğinden, teğet boyu ve düşey dönemeç boyunun yalnızca kullanılan bu aralık değerleri için kilometre başına yıllık kaza sayısının öngörülmesinde kullanılabilir. Başka bir deyişle regresyon modelinin sınır şartları teğet için 24 ve 1082 metre, düşey dönemeç boyu için 60 ile 400 metredir.

6.3.4. Teğet Ve Boyuna Eğimin Birarada Bulunduğu Eşleşme (G4)

Teğet ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu durumlarda yol geometrisi bileşenlerinden teğet boyu, boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyunun incelenmesi gerekmektedir.

Önceki bölümde yapılan çoklu bağlantının kontrolü ile kendi aralarında yüksek korelasyona sahip değişkenlerden bu grup için veriden çıkarılması gereken bir değişken yoktur. G4 için

yapılacak analizlerde kullanılmasına karar verilen bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait açıklamalar Çizelge 6.28’de sunulmuştur.

Çizelge 6.28 G4 grubu için bağımlı ve bağımsız değişkenler.

	Değişken Adı	Kısaltma
Bağımlı (sonuç) değişken	Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı	KBYKS
Bağımsız (açıklayıcı) değişken	Teğet boyu	TB
	Boyuna eğim	BE
	İniş ya da çıkış rampası boyu	RB

Bu aşamada bu 3 geometrik veri arasında analiz öncesinde son kez çoklu bağlantının kontrol edilmesi gerektiği düşünülmüştür. G4 grubu için yapılan test sonucunda VIF değerleri Çizelge 6.29’da sunulmuştur.

Çizelge 6.29 G4 grubu için VIF analizi sonuçları.

Değişken adı	VIF değeri
Teğet boyu	1,200
Boyuna eğim	1,821
İniş ya da çıkış rampası boyu	2,108

Çizelge 6.29’dan görüldüğü üzere, teğet ve boyuna eğim geometrik elemanları ve kaza sayıları ile yapılan analiz sonuçlarında VIF değeri büyük olan hiçbir bağımsız değişken yoktur. Dolayısıyla bağımsız değişkenler arasında herhangi bir çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır.

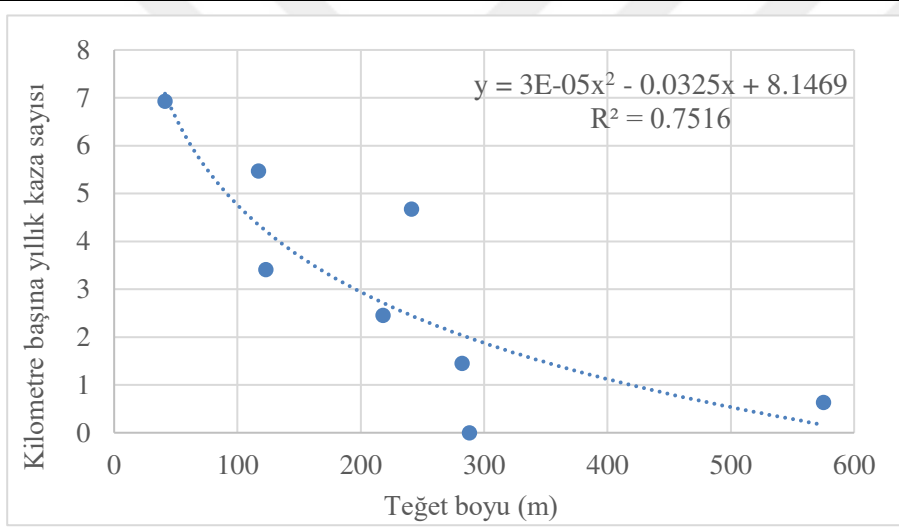
Teğet ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu durumlar için kilometre başına yıllık kaza sayıları hesaplanmıştır. G4’te bulunan her bir kesimdeki kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları hesaplandıktan sonra gruplandırılmış ve bağımsız değişkenlere ait ortalamalar da alınarak Çizelge 6.30 oluşturulmuştur.

Çizelge 6.30 Kilometre başına yıllık kaza sayısı ve G4'deki bağımsız değişkenler.

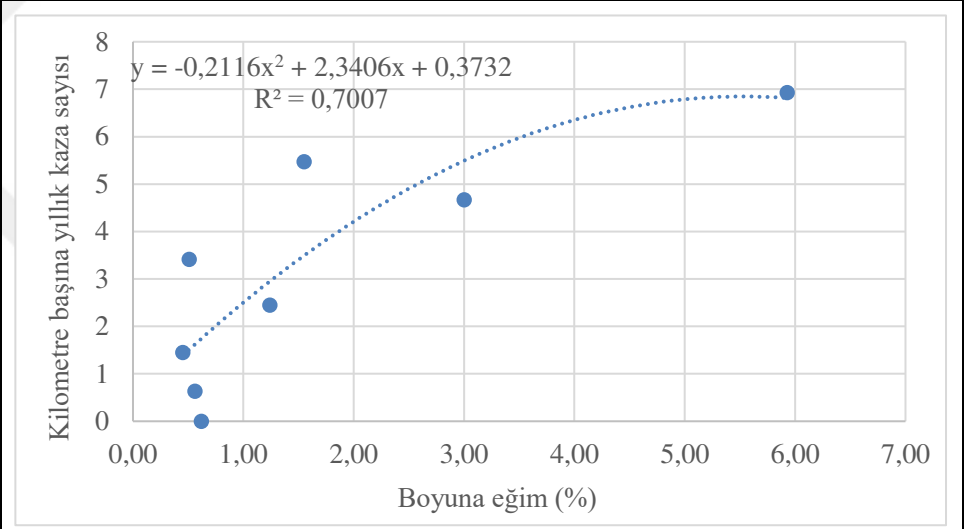
KBYKS aralığı	Kaza sayısının ortalaması	TB ortalaması (m)	BE ortalaması (%)	RB ortalaması (m)
0,00	0	288	0,62	456
0,01-1,00	0,63	575	0,56	960
1,01-2,00	1,45	282	0,45	570
2,01-3,00	2,45	218	1,24	586
3,01-4,00	3,41	123	0,51	432
4,01-5,00	4,67	241	3,00	124
5,01-6,00	5,47	117	1,55	282
6,01-7,00	6,92	41	5,93	975

Çizelge 6.27'de 228 kesimde gerçekleşmiş tüm kazalar için belirlenen kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının çizelgede belirtilen aralıklarda ortalamaları alınmıştır. Aynı şekilde bağımsız değişkenlere ait değerlerin de ortalamaları alınarak bu 3 bağımsız değişken için grafikler oluşturulmuş ve Şekil 6.10'da sunulmuştur.

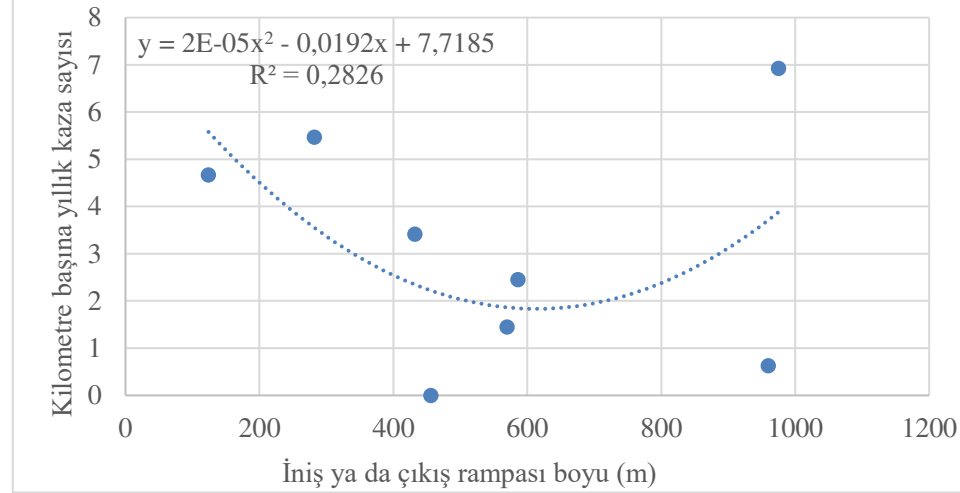
Şekil 6.10 (a)'da teğet boyu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı incelenmiş ve oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,7516 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.8 (b)'de ise boyuna eğim kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan logaritmik denklem ile R^2 değeri 0,6995 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.8 (c)'de ise iniş ya da çıkış rampası boyu kilometre başına yıllık kaza sayısı ilişkisi ile oluşturulan polinom denklemi ile R^2 değeri 0,2826 olarak hesaplanmıştır. Grafikler incelendiğinde Şekil 6.8 (a) ve (b)'deki bağımsız değişkenler için R^2 değerleri yüksektir fakat Şekil 6.8 (c) için açıklayıcılık oranı düşüktür. Analiz için R^2 değeri yüksek en az 2 bağımsız değişken olması gerektiği için teğet boyu ve boyuna eğimin G4 grubu için bağımlı değişken olan kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını açıklayacak bağımsız değişkenler olarak seçilmesine karar verilmiştir. Şekil 6.8'de bu 2 değişken için de polinom denklemi olduğu görülmektedir dolayısıyla analizlerde kullanılmak üzere TB^2 ve BE^2 değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yani teğet boyu ve boyuna eğim yalnızca doğrusal bileşenleri ile değil, aynı zamanda eğrisel bileşenleri ile modele katılacaktır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6.10 G4'teki bağımsız değişkenler ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayıları.

Teğet ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimlerde bağımsız değişken olarak belirlenen yatay teğet boyu ve boyuna eğimin kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıklayıp açıklaymadığını belirlenmesi amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki varyans analizi sonucu Çizelge 6.31’de, özet çıktıları ise Çizelge 6.32’de sunulmuştur.

Çizelge 6.31 G4 grubu için varyans analizi sonuçları.

Model	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F	Anlamlılık (p)
Regresyon	4	39,2221	9,8055	12,0805	0,0341
Artık	3	2,4350	0,8117		
Toplam	7	41,6571			

Yapılan çoklu regresyon analizi sonucuna göre oluşturulan modelin anlamlı olup olmadığının tespiti için ANOVA sonuçları incelenmiştir. Anlamlılık düzeyi $p=0,0341$ ve $F=12,0805$ olarak belirlenmiş ve oluşturulan modelin anlamlı olduğunu belirlenmiştir.

Çizelge 6.32 G4 grubu için çoklu regresyon analizi özet çıktıları.

	Katsayılar (b)	Standart hata	Anlamlılık, p	%95 Güven Düzeyindeki Veri Aralığı	
				Alt	Üst
Sabit	5,7465	1,3956	0,0259	1,3050	10,1880
TB	-0,0325	0,0091	0,0381	-0,0618	-0,0033
BE	2,3103	0,6226	0,0340	0,3286	4,2919
TB^2	0,00004	0,00001	0,0632	-0,000004	0,00007
BE^2	-0,2817	0,0880	0,0494	-0,5620	-0,0013

Düzeltilmiş $R^2 = 0,9038$

Oluşturulan modelin kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının ne kadarını açıkladığına dair bilgi ayarlanmış R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Burada oluşturulan modelin toplam varyansın yaklaşık %90’ını açıkladığı belirlenmiştir.

Teğet boyu ($p=0,0381>0,05$) ve boyuna eğim ($p=0,0340>0,05$) %95 güven düzeyinde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıkladığı belirlenmiştir. Katsayıları

bakıldığında ise teğet boyu ile kaza sayısı arasında negatif, boyuna eğim ile kaza sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Analiz sonrasında oluşturulan model Denklem 6.17’de sunulmuştur.

$$y = 5,7465 - 0,0325 \times TB + 0,00004 \times TB^2 + 2,3103 \times BE - 0,2817 \times BE^2 \quad (6.17)$$

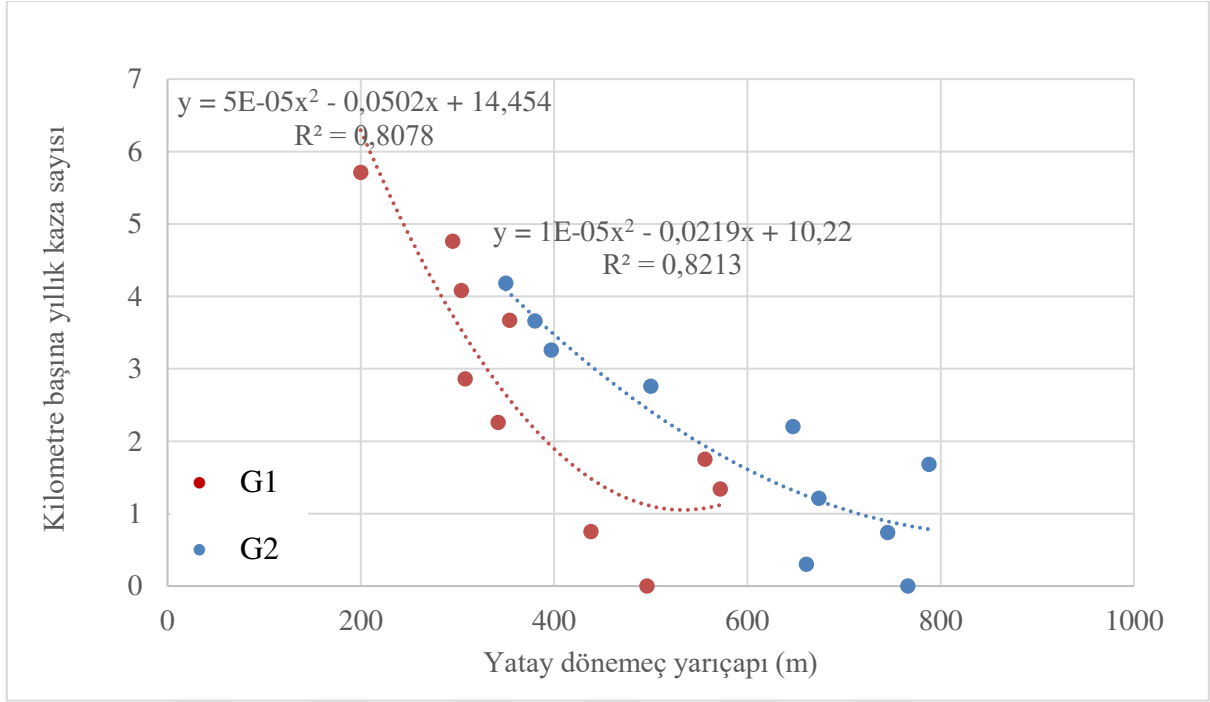
Denklem 6.15’te verilen regresyon modeli, teğet boyunun 7 ile 2253 metre arasındaki, boyuna eğimin %0,00 ile %10,53 arasındaki değerleri kullanılarak geliştirildiğinden, teğet boyu ve boyuna eğim yalnızca kullanılan bu aralık değerleri için kilometre başına yıllık kaza sayısının öngörülmesinde kullanılabilir. Başka bir deyişle regresyon modelinin sınır şartları teğet boyu için 7 ve 2253 metre, boyuna eğim için %0,00 ile %10,53’tür.

6.3.5. Aynı Bağımsız Değişkenlerin Farklı Gruplardaki Etkilerinin Karşılaştırılması

Yol geometrisi incelenirken oluşturulan ve bir arada bulunuşları ile eşleşmelerinin etkilerini anlamlandırmak adına gruplandırılan bağımsız değişkenlere ait gruptaki diğer değişkenlerin etki durumlarını gözlemlemek için farklı gruptaki aynı değişkenlerin incelenmesi düşünülmüştür. Oluşturulan 4 grupta da ortak olarak bulunan bağımsız değişkenler seçilmiş ve grafikler yardımıyla irdelenmiştir.

6.3.5.1. Yatay dönemeç yarıçapı

Yatay dönemeç yarıçapı hem G1 hem de G2’de bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Her iki grupta da açıklayıcılığı yüksek ve anlamlı değişken olarak hesaplamalarda görülmüştür. Bu iki gruptaki yatay dönemeç yarıçapını karşılaştırmak amacıyla Şekil 6.11 oluşturulmuştur.

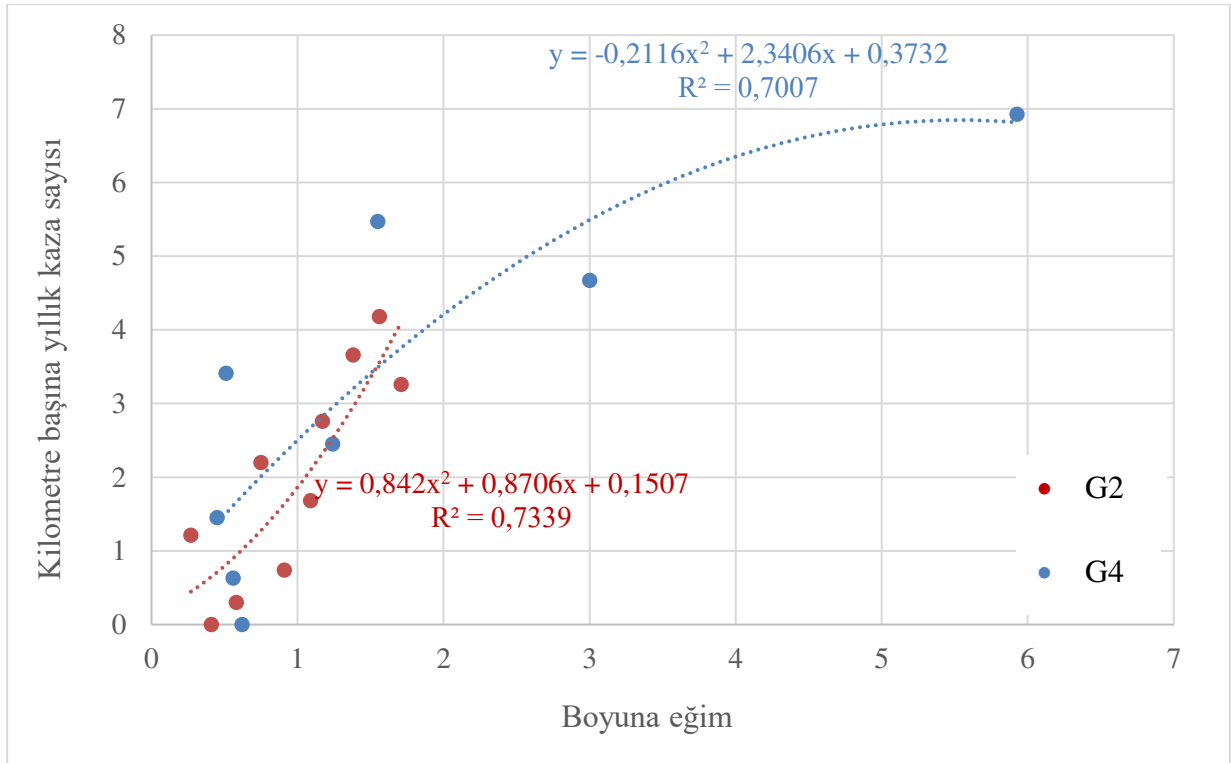


Şekil 6.11 Yatay dönemeç yarıçapının G1 ve G2'deki karşılaştırılması.

Şekil 6.11'de yatay dönemeç yarıçapı ve kilometre başına yıllık kaza sayısının değerlendirildiği grafikte kırmızı ile gösterilen eğilim çizgisi G1'e ait, mavi ile gösterilen ise G2'ye aittir. Her iki durumda da yatay dönemeç yarıçapı arttıkça kaza sayısı azalma eğilimindedir. Genel olarak her iki grup için de yatay dönemeç yarıçapı benzer davranış göstermektedir. İki eğri için alt ve üst değerler farklıdır. G1 için yatay dönemeç yarıçapları 200 ile 600 metre arasında yoğunlaşırken, G2 için yatay dönemeç yarıçapları 300 ile 800 metre arasındadır. Kısaca; yatay dönemeç ve cebrik farkın G1'deki birlikteliğinden görüldüğü üzere, yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada olması durumuna bağlı olarak yatay dönemecin etkisi düşmektedir. G2'de ise yatay dönemeç yarıçapı ile incelenen boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyu etkisi, yarıçapların daha yüksek değerlerde anlamlı olduğunu göstermektedir.

6.3.5.2. Boyuna eğim

Boyuna eğim hem G2 hem de G4'te bağımsız değişken olarak kullanılmıştır ve her iki grupta da açıklayıcılığı yüksektir. Bu 2 gruptaki boyuna eğimleri karşılaştırmak amacıyla Şekil 6.12 oluşturulmuştur. Bu grafik, Şekil 6.7(c) ve Şekil 6.10(b)'nin bir arada gösterimini içermektedir.

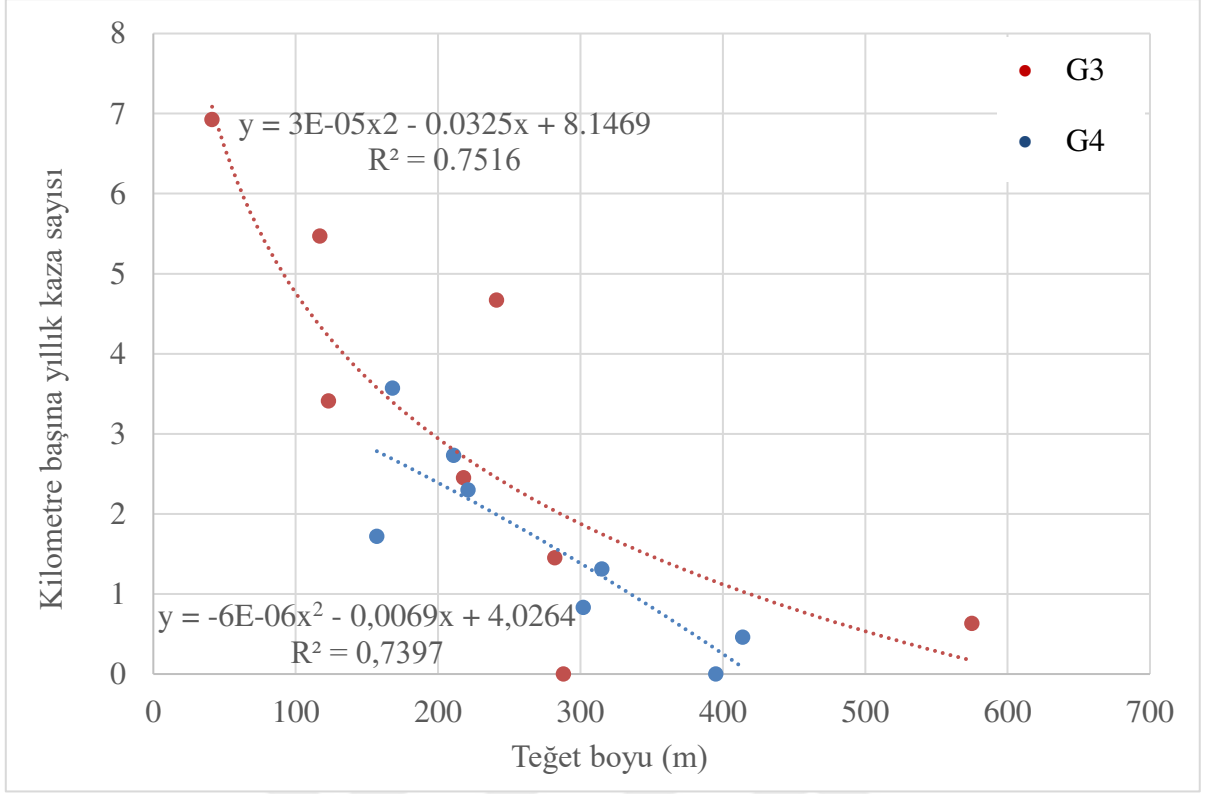


Şekil 6.12 Boyuna eğimin G2 ve G4'teki karşılaştırılması.

Şekil 6.12'de boyuna eğim ve kilometre başına yıllık kaza sayısının değerlendirildiği grafikte kırmızı ile gösterilen eğilim çizgisi G2'ye ait, mavi ile gösterilen ise G4'e aittir. Her iki durumda da boyuna eğim arttıkça kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı artmaktadır. Genel olarak her iki grup için boyuna eğimin benzer davranış gösterdiğinden bahsedilebilir. G2 için olan eğri veriyi daha iyi açıklarken, G4 için olan eğrinin açıklayıcılığı biraz daha düşüktür. G2 için boyuna eğim aralığı daha dar (%0, %2) iken G4'te boyuna eğim değerleri daha geniş (%0, %6) bir aralıktadır. G2'deki değişkenlerden olan yatay dönemeç varken, eğimin değişimi kaza sayısını daha fazla etkilemektedir. G4'teki diğer değişken olan teğet boyu, boyuna eğimin açıklayıcılığını tek başına çok fazla arttırmamaktadır.

6.3.5.3. Teğet boyu

Teğet boyu hem G3 hem de G4'te bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Her iki grupta için de anlamlı değişkendir. Bu 2 gruptaki teğet boyunu karşılaştırmak için Şekil 6.13 oluşturulmuştur.



Şekil 6.13 Yatay teğet boyunun G3 ve G4'teki karşılaştırılması.

Şekil 6.13'te teğet boyu ve kilometre başına yıllık kaza sayısının değerlendirildiği grafikte kırmızı ile gösterilen eğilim çizgisi G3'e ait, mavi ile gösterilen ise G4'e aittir. Her iki durumda da yatay teğet boyu arttıkça kaza sayısı azalma eğilimindedir. Genel olarak her iki grup için yatay teğet boyu benzer davranış göstermektedir. G3 için teğet boyları 0-600 metre arasında değişirken, G4 için 100-400 metre arasındadır. Yatay doğrultuda teğette olan yolda düşey dönemeç ya da boyuna eğimin olması kilometre başına yıllık kaza sayısı açısından önemli fark oluşturmamaktadır.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Zonguldak il sınırları içerisindeki devlet yollarında, kırsal kesimde 2016-2022 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının, kaza noktalarındaki yol geometrisi özellikleri ile ilişkisini incelemek ve ilişkinin derecesini belirlemek amacıyla 6.187 kaza verisi incelenmiş, bunların 941'inin çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir. Kavşakların geometrileri itibarıyla kavşaksız kesimlerden farklı olması sebebiyle, çalışmada kavşak kesimleri dışındaki kazalar kullanılmıştır. Ayrıca, iki ya da çok taşıtın karıştığı kazalarda yol geometrisinin kazaya etkisinin incelenmesindeki zorluk sebebiyle tek taşıtlı kazalar incelenmiştir. Ek olarak alkolü taşıt kullanan ve sürücü belgesi olmayan sürücülerin karıştığı kazalar da tespit edilerek veriden çıkartılmıştır.

941 kazanın trafik kazası tespit tutanaklarındaki bilgileri kullanılarak temel tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir. %99,6'sı asfalt kaplama ve tamamı bölünmüş yollarda gerçekleşen kazaların sonucunda toplam 18 kişi hayatını kaybetmiş ve 1.697 kişi ise yaralanmıştır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı D.750-01 kesimi için 0,87 adet hesaplanmış ve en fazla kaza üreten kesim olarak belirlenmiştir. Kilometre başına yıllık kaza sayıları D.010-07 numaralı kesim için 0,65 kaza, D.010-06 numaralı kesim için 0,62 kaza ve D.030-11 numaralı kesim için 0,14 kaza olarak hesaplanmıştır. Kazaların %49,6'sının yatay dönemeçlerde, %36,8'inin teğetlerde ve %13,6'sının tehlikeli dönemeçlerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Kazaların %55'i boyuna eğimli kısımlarda, %36,5'i düşey dönemeçlerde ve %8,5'i tehlikeli eğimli kısımlarda meydana gelmiştir. Kazaların %72,3 oranında gündüz saatlerinde, %55,9 oranında gökyüzü açıkken ve %53,5 oranında kuru yollarda gerçekleştiği belirlenmiştir. Kazalar oluş şekillerine göre incelendiğinde ise en yüksek oranın %55,7 ile yoldan çıkma şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Çalışma, 190 kilometre uzunluğundaki toplam devlet yolunun kavşak içermeyen 156 kilometrelik kesiminde yapılmıştır. 941 kazanın gerçekleştiği bu yol kesimindeki tüm geometrik veriler her bir kaza için kolayca incelenebilir olması açısından tablolastırılmıştır.

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı yatay dönemeçler için 1,0 teğetler içinse 0,7 olarak hesaplanmıştır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarına bakarak yatay dönemeçlerin, teğetlere göre daha riskli olduğu belirlenmiştir. Kilometre başına yıllık kaza sayısı en yüksek olan yatay dönemeç yarıçapı 100 metreye kadar olanlardır. Yatay dönemeç yarıçapı arttıkça kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarının genel olarak azaldığı belirlenmiştir. 80 ile 1.000 metre arasındaki yatay dönemeç yarıçapları için yarıçaptan, kaza sayısını tahmin eden üssel denklem, Denklem 7.1’de sunulmuştur.

$$KBYKS = 150,43 \times YDY^{-0,829} \quad (7.1)$$

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı en yüksek olan teğet boyu da 100 metreye kadar olanlardır. Teğet boyu arttıkça kilometre başına düşen kaza sayılarının genel olarak azaldığı belirlenmiştir. 7 ile 2.253 metre arasındaki teğet boyundan kaza sayısını tahmin eden üssel denklem Denklem 7.2’de sunulmuştur.

$$KBYKS = -0,36 \ln TB + 2,8899 \quad (7.2)$$

Sürücülerin bir dönemeçten çıktığında takip eden ikinci dönemecin de aynı yönde olması durumunda kaza olasılığının arttığı bilinmektedir. Çalışma kapsamında bu tasarım ölçütü için yapılan hesaplamalar sonucunda, 300 metre teğet boyuna kadar olan gruplarda aynı yönlü ardışık dönemece ait teğet başına düşen kaza sayıları yüksekken, 300 metreden sonraki teğet boylarında ters yönlü teğet başına düşen kaza sayıları daha yüksektir. Yani 0-300 metre arasındaki teğetlerden önceki ve sonraki yatay dönemeç yönünün, kazaların gerçekleşmesinde etkisi olduğu görülmektedir.

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı düşey dönemeçler için 1,03 adet, boyuna eğimli kesimlerde 0,79 adet olarak hesaplanmıştır. Kilometre başına düşen yıllık kaza sayılarına bakarak düşey dönemeçlerin boyuna eğimli kısımlara göre daha riskli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tepe düşey dönemeçler (1,07 adet) ile dere düşey dönemeçler (0,99 adet) arasında kazalar açısından belirgin bir fark olmadığı belirlenmiştir. Tepe düşey dönemeç boyu ve dere düşey dönemeç boyu ile kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı arasında da anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı en yüksek olan boyuna eğim değerleri -%8,55 ile -%8,01 arasındaki eğimlerdir. Hem iniş hem de çıkış rampası için en yüksek riskli boyuna eğim değerleri bu değerlerdir denilebilir. Ayrıca kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının, iniş ya da çıkış rampası boyu arttıkça azaldığı belirlenmiştir. İniş rampalarında boyuna eğim arttıkça kilometre başına düşen yıllık kaza sayısının azaldığı, çıkış rampalarında boyuna eğim arttıkça kaza sayısının arttığı belirlenmiştir. %-8,55 ile %10 arasındaki boyuna eğim değerleri için boyuna eğimden (x), kaza sayısını (y) tahmin eden polinom denklemi Denklem 7.2’de sunulmuştur.

$$KBYKS = 0,0178BE^2 - 0,0419BE + 0,6542 \quad (7.3)$$

Yol geometrisi verilerinin çoklu bağlantısının kontrolü ilk olarak korelasyon analizi ile yapılmıştır. Yatay dönemeç teğet boyu ile yatay dönemeç yay boyu; düşey dönemeç yarıçapı ile düşey dönemeç katsayısı; düşey dönemeç boyu ile düşey dönemeç cebrik farkı arasında güçlü ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Bu bağımsız değişken ikilileri modelleme sırasında çoklu bağlantı sorunu sebebiyle analizlerin sonuçlarını etkilememesi için birlikte kullanılmamıştır.

Karayolu geometrisi yol kesiminin yatay ve düşey unsurlarının bir araya gelmesiyle şekillenir. Yatay ve düşey geometrik eşleşmeler yolun tasarım ve güvenlik özelliklerini doğrudan etkiler. Bir yol kesiminde, yatay ve düşey geometrik elemanların farklı eşleşmelerle bir araya geldiği dört temel durum ortaya çıkar. Bu durumları temsil edebilecek 4 farklı grup oluşturulmuştur. G1 olarak adlandırılmış olan yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 1,31; G2 olarak adlandırılmış olan yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,92; G3 olarak adlandırılmış olan yatay teğet ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,86 ve G4 olarak adlandırılmış olan yatay teğet ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı 0,60 olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, 4 grup arasında kilometre başına yıllık kaza sayısı en yüksek olan en riskli kesimin yatay dönemeç ve düşey dönemeç eşleşmesinin bulunduğu G1 olduğu belirlenmiştir. Sonrasında G2, G3 ve G4 sıralamasında risk giderek azalmaktadır ve teğetle boyuna eğimin bir arada bulunduğu G4 en risksiz kesim olarak belirlenmiştir.

İncelenen 156 kilometrelik tüm yol kesimlerinde, yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu G2 kesiminin (240 kesim) en fazla olduğu, bu kesimlerde en çok kazanın (378 kaza) gerçekleştiği ve en uzun kesim boyunun (58,71 km) bu kesim olduğu belirlenmiştir.

Yatay dönemeç ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesimlerde, yatay dönemeç yarıçapının ve cebrik farkın kilometre başına düşen trafik kazalarında meydana gelen değişimi yaklaşık %95 oranında açıkladığı belirlenmiştir. Yatay dönemeç yarıçapının ($p=0,0392<0,05$) ve cebrik farkın ($p=0,0418<0,05$) anlamlılık değerlerinin %95 güven düzeyinde olduğu ve kilometre başına düşen yıllık kaza sayısını anlamlı şekilde açıkladığı belirlenmiştir. Aykırı değerlerin çıkarılmasının ardından G1 grubu için, yatay dönemeç yarıçapı 80 ile 1505 metre arasındaki değerler ile cebrik farkı %0,0 ile %6,9 arasındaki değerler için oluşturulmuş bağıntı Denklem 7.4'te sunulmuştur.

$$y = 0,3994 - 0,0667 \times YDY + 0,00007 \times YDY^2 + 12,7664 \times DDCF - 2,4336 \times DDCF^2 \quad (7.4)$$

Yatay dönemeç ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimlerde; yatay dönemeç yarıçapı, boyuna eğim ve iniş ya da çıkış rampası boyunun kilometre başına düşen trafik kazalarında meydana gelen değişimin yaklaşık %81'ini açıkladığı belirlenmiştir. Yatay dönemeç yarıçapı ($p=0,0511<0,05$), boyuna eğim ($p=0,0454<0,05$) ve iniş ya da çıkış rampası boyu ($p=0,0310<0,05$) %91 güven düzeyinde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı için anlamlıdır. G2 grubu için yapılan çalışmada, aykırı değerlerin dışarıda bırakılması ile elde edilen modele ait bağıntı yatay dönemeç yarıçapı 120 ile 2.000 metre arasındaki değerler, boyuna eğimi %0,0 ile %6,77 arasındaki değerler ve iniş ya da çıkış rampası boyu 47 ile 1350 metre arasındaki değerler için oluşturulmuş ve Denklem 7.5'te sunulmuştur.

$$y = 3,5310 - 0,0196 \times YDY - 0,00002 \times YDY^2 + 2,1200 \times BE + 1,4741 \times BE^2 - 0,0350 \times RB + 0,00004 \times RB^2 \quad (7.5)$$

Teğet ve düşey dönemecin bir arada bulunduğu kesimlerde, teğet boyu ve düşey dönemeç boyunun kilometre başına düşen trafik kazalarında meydana gelen değişimin yaklaşık %93'ünü açıkladığı belirlenmiştir. Teğet boyu ($p=0,0170<0,05$) ve düşey dönemeç boyu ($p=0,0661<0,05$) %93 güven düzeyinde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı için anlamlıdır. Katsayılar bakıldığında her iki bağımsız değişken ile kaza sayıları arasında negatif

bir ilişki vardır. G3 grubunu oluşturan verilerden aykırı olanların çıkarılması sonucunda ulaşılan modele ait bağıntı teğet boyu 24 ile 1082 metre arasındaki değerler ve düşey dönemeç boyu 60 ile 400 metre arasındaki değerler için oluşturulmuş ve Denklem 7.6'da sunulmuştur.

$$y = 6,7448 - 0,0048 \times TB - 0,00002 \times TB^2 - 0,0468 \times DDB + 0,0001 \times DDB^2 \quad (7.6)$$

Teğet ve boyuna eğimin bir arada bulunduğu kesimlerde, teğet boyu ve boyuna eğimin kilometre başına düşen trafik kazalarında meydana gelen değişimin yaklaşık %90'ını açıkladığı belirlenmiştir. Teğet boyu ($p=0,0381<0,05$) ve boyuna eğim ($p=0,0340<0,05$) %95 güven düzeyinde kilometre başına düşen yıllık kaza sayısı için anlamlıdır. Katsayılara bakıldığında ise teğet boyu ile kaza sayıları arasında negatif bir ilişki varken boyuna eğimle kaza sayıları arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Aykırı değerlerin G4 grubu için de çıkarılmasının ardından, kestirimi yapılan modele ait bağıntı teğet boyu 7 ile 2253 metre arasındaki değerler ve boyuna eğim %0,00 ile %10,53 arasındaki değerler için oluşturulmuş ve Denklem 7.7'de sunulmuştur.

$$y = 5,7465 - 0,0325 \times TB + 0,00004 \times TB^2 + 2,3103 \times BE - 0,2817 \times BE^2 \quad (7.7)$$

Yatay dönemeç yarıçapı hem G1 hem de G2'de bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Her iki grupta da açıklayıcılığı yüksek ve anlamlı değişken olarak hesaplamalarda görülmüştür. Her iki durumda da yatay dönemeç yarıçapı arttıkça kaza sayısı azalma eğilimindedir. Boyuna eğim hem G2 hem de G4'te bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Her iki durumda da boyuna eğimin arttıkça kilometre başına yıllık kaza sayısı artmaktadır. Teğet boyu hem G3 hem de G4'te bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Her iki durumda da teğet boyu arttıkça kaza sayısı azalma eğilimindedir.

Bu çalışmada, yalnızca devlet yollarında gerçekleşen tek taşıtlı kazalar ele alınmış; kavşak kesimlerinde meydana gelen, iki veya daha fazla taşıtın karıştığı ve devlet yolu dışında gerçekleşen kazalar yol geometrisi ile doğrudan ilişki kurmayı zorlaştıracı ek etmenler barındırdığı için kapsam dışında bırakılmıştır. Kavşak bölgeleri ve çok taşıtlı kazalar, sürücü davranışları, trafik yoğunluğu ve çevresel faktörlerin etkisi altında olduğundan, doğrudan yol geometrisi ile ilişkilendirilmesi daha karmaşık bir süreç gerektirmektedir. Bu nedenle, analiz sürecini sadeleştirerek yalnızca belirlenen değişkenlere odaklanmak ve modelin veriyi temsil etme yeteneğini artırmak amacıyla kapsam sınırlandırılmıştır. Ancak kapsam dışı bırakılan

kavşak bölgeleri ve çok taşıtlı kazalar ile gerçekleştirilecek başka çalışmalar da literatüre katkılar sağlayabilir. Bu bağlamda, mevcut çalışmada kullanılan yöntem, tek taşıtlı kazalar ve yol geometrisi ilişkisini inceleyen araştırmalar için bir temel sunmakla birlikte, farklı kaza türlerine uygulanabilirliği de değerlendirilmelidir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, çalışmanın kapsamının genişletilmesi ve farklı veri setlerinin modele entegre edilmesi, metodolojinin daha kapsamlı hale getirilmesine olanak tanıyacaktır. Dolayısıyla bu çalışma, belirli sınırlamalar çerçevesinde yol geometrisinin trafik kazaları üzerindeki etkisini ortaya koymakta, ancak daha kapsamlı analizler için yeni metodolojik yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Trafik kazalarının incelenmesinde kullanılan veri türü, analiz sonuçlarının doğruluğunu ve geçerliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, belirli değişkenler çerçevesinde bir model oluşturulmuş ve kazaların belirli özellikleri analiz edilmiştir. Ancak daha ayrıntılı bir inceleme için “disaggregated data” yaklaşımının benimsenmesi, her bir kazanın bireysel bir gözlem birimi olarak ele alınmasına olanak tanıyacaktır. Bu yöntem, değişkenler arasındaki ilişkileri daha hassas şekilde belirlemeyi mümkün kılar ve kazaların meydana geldiği koşulları daha ayrıntılı şekilde analiz etmeye yardımcı olur. Özellikle logit modeller, bireysel kaza verileriyle daha etkin çalışmakta olup, kazaların oluşum olasılıklarını daha yüksek doğrulukla tahmin edebilme potansiyeline sahiptir. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda, yol geometrisinin yanı sıra trafik hacmi, yol yüzey durumu ve çevresel faktörler gibi değişkenlerin modele eklenmesi, sonuçların daha kapsamlı hale gelmesini sağlayacaktır. Çalışmanın temel aldığı yöntem, genişletilmiş veri setleriyle desteklendiğinde, kaza tahmin modellerinin daha güçlü hale gelmesine ve daha etkili stratejiler geliştirilmesine katkı sunacaktır.

Bu çalışmada yalnızca yol geometrisinin trafik kazaları üzerindeki etkisi incelenmiş, sürücü kusurları gibi değişkenler ise model kapsamı dışında bırakılmıştır. Sürücü hatalarının trafik kazalarındaki rolü önemli olmakla birlikte, bu değişkenin doğrudan yol geometrisi ile ilişkilendirilmesi karmaşık bir yapıya sahiptir. Dikkat dağınıklığı, yorgunluk, sağlık durumu gibi birçok faktör sürücü kusurlarını belirleyen unsurlar arasında yer almakta olup, bunların yol geometrisinden bağımsız birçok değişkene bağlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada yolun geometrik özelliklerine odaklanılmış, sürücü faktörleri ise farklı bir araştırma konusu olarak değerlendirilmiştir. Ancak, yol geometrisi ve sürücü kusurlarının bir arada modellenmesi, kazaların oluşum sürecini daha bütüncül bir bakış açısıyla ele almak açısından önem taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda, bu iki faktörün etkileşimini inceleyen kapsamlı

modeller geliştirilerek, kaza riskinin daha doğru tahmin edilmesi sağlanabilir. Özellikle bireysel sürücü verilerinin elde edilmesi ve trafik güvenliği açısından sürücü davranışlarının nasıl değiştiğinin incelenmesi, yol tasarım süreçlerine doğrudan katkı sunabilecek bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

Çalışmada geliştirilen modeller, yalnızca akademik araştırmalara katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda yol güvenliği uygulamalarına da rehberlik etme potansiyeline sahiptir. Elde edilen bulgular, farklı yol geometrisi elemanlarının kaza riski üzerindeki etkisini ortaya koyarak, güvenli yol tasarımına yönelik somut veriler sunmaktadır. Modeller, belirli geometrik standartların kazalara etkisini sayısal olarak belirleyerek, yeni yol projelerinin daha güvenli bir yapıda planlanmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte çalışma bulguları, karayolu tasarım standartlarının güncellenmesi ve yönetmeliklerin geliştirilmesi süreçlerinde faydalı olacaktır. Yol güvenliğinin artırılması adına mühendislik uygulamalarında bilimsel verilere dayalı karar alma süreçlerinin benimsenmesi, kaza oranlarının azaltılmasına yönelik önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda, çalışmanın sunduğu metodoloji ve elde edilen sonuçlar hem akademik araştırmalar hem de uygulamaya yönelik mühendislik projeleri açısından bir kaynak olabilir.

Kaza tespit tutanaklarının Bölüm C altında yer alan “kaza yeri adresi” kısmının çoğu zaman boş bırakılması veya yeterince açık ifadeler içermemesi, kazaya karışan taşıtların hareket yönünün net bir şekilde belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu eksiklik, özellikle boyuna eğim verilerinin değerlendirilmesi sürecinde, taşıtların hangi yöne gittiğinin doğru bir şekilde belirlenmesini engellemiş ve verinin genel bir perspektifte ele alınmasını gerektirmiştir. Dolayısıyla, kaza tespit tutanaklarının bu bölümünün daha açık ve standart bir formatta doldurulması, gelecekte yapılacak çalışmaların doğruluğunu ve güvenilirliğini artıracaktır. Bunun yanı sıra, kaza tespit tutanaklarının el ile doldurulması, hem tutanağı düzenleyen polis memurları için ek iş yükü ve zaman kaybı yaratmakta hem de okunma problemlerine yol açmaktadır. El yazısıyla girilen bilgilerin okunamaması veya yanlış yorumlanması, veri doğruluğunu olumsuz etkileyerek analiz süreçlerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, tutanakların dijital ortamda doldurulmasını sağlayacak bir altyapının (tablet veya benzeri bir sistem) oluşturulması, sürecin hem hızlandırılması hem de veri kalitesinin artırılması açısından önemli bir gelişme sağlayacaktır. Yine tutanaklarda bulunmayan fakat çalışma sırasında ihtiyaç duyulan bir diğer bilgi ise hızdır. Hıza ait ölçülebilir ya da hesaplanabilir bir verinin tutanaklara eklenmesinin, yapılan çalışmalar için yararlı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan verilerin işlenmesi sırasında karşılaşılan bu sorunlar, gelecekteki

araştırmaların daha sağlıklı bir veri tabanı ile yürütülebilmesi için bu tür sistematik iyileştirmelere duyulan ihtiyaı ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada trafik kazaları ve yol geometrisi verileri kapsamlı olarak incelenmiştir. Trafik kazaları gibi çok değişkenli ve çok karmaşık olayları bu kadar karmaşık veri ile anlamlandırılmaya çalışmak oldukça zordur. Çalışma kapsamında incelenen ve elde edilen sonuçlar bu anlamda önem taşımaktadır ve bundan sonra yapılacak olan çalışmalara ışık tutması ve geliştirilerek tekrarlanması temenni edilmektedir.



KAYNAKLAR

- AASHTO** (2018) American Association of State Highway and Transportation Officials. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: The Green Book*. www.transportation.org.
- Bektaş S and Hınıs MA** (2008) Şehiriçi Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörlerin Lojistik Regresyon Modeli İle İncelenmesi:Aksaray Örneği. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 23(3): 25–34.
- BM** (2020) General Assembly A/RES/74/299. *Improving Global Road Safety*, 11345 UN.
- Ter Braak CJF and Looman CWN** (1995) Regression. *In Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Ed., Cambridge University Press, 1995. pp:29-77.
- Bulak H** (2010) Mersin İl Merkezinde 2006-2009 Yılları Arasında Meydana Gelen Trafik Kazalarının İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kazaların Demografisi ve Epidemiyolojisi Anabilim Dalı, Ankara, 111 s.
- Cahayani P, Kriswardhana W and Hasanuddin A** (2020) Modelling the Relationship between Vehicle Speed and Road Radius, Degree of Curved, and Grade in Wringin Highway Bondowoso. *AIP Conference Proceedings* 2278. 26 October 2020.
- Cenek PD, Davies RB and Henderson RJ** (2012) Crash Risk Relationships for Improved Road Safety Management. *NZ Transport Agency research report* 488, 45pp.
- Czepiel SA** (2012) Maximum Likelihood Estimation of Logistic Regression Models: Theory and Implementation. *Class Notes*: 1–23.
- Daoud JI** (2018) Multicollinearity and Regression Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 949(1).
- Montgomery DC, Runger GC and Hubele NF** (2001) Engineering Statistics. *United States of America: National Science Foundation John Wiley & Sons*. Arizona State University, Fifth Edition, 546pp.
- Duquenne MN and Vlontzos G** (2012) The Greek Olive Oil Market and the Factors Affecting It. *Economia Agro-Alimentare* 14(3): 101–23.
- El-Basyouny K Sudip B and Islam TM** (2014) Investigation of Time and Weather Effects on Crash Types Using Full Bayesian Multivariate Poisson Lognormal Models. *Accident Analysis and Prevention*, 73: 91–99.
- Levi E Al-Kaisy A and Hossain F** (2016) Safety Effects of Road Geometry and Roadside Features on Low-Volume Roads in Oregon. *Transportation Research Record*, 2580(1): 47-55.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Fink KL and Raymond A** (1995) Tangent Length and Sight Distance Effects on Accident Rates at Horizontal Curves on Rural Two-Lane Highways. *Transportation Research Record*, (1500): 162–68.
- Garber NJ and Kassebaum EA** (2008) Evaluation of Crash Rates and Casual Factors for High-Risk Locations on Rural and Urban Two-Lane Highways in Virginia. *VTRC 09-R1*, Virginia Transportation Research Council.
- Garrett M** (2013) Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners. *World Health Organization*, 132 pp.
- Hair J, Anderson R, Babin B, and Black W** (2014) Multivariate Data Analysis. *Australia* : Cengage, 7 edition, 758 pp.
- Harwood DW, Council FM, Hauer E, Hughes WE, and Vogt A** (2000) Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways. *US Department of Transportation*, FHWA-RD-99-207.
- Debela J and Sipos T** (2022) The Impact of Road Geometric Formation on Traffic Crash and Its Severity Level. *Sustainability (Switzerland)* 14(8475): 25.
- Karaşahin M and Terzi S** (2003) Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Isparta-Antalya-Burdur Karayolunun Kara Nokta Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3): 305–11.
- Kaygısız Ö** (2012) Kentsel Arazi Kullanımı Trafik Kazası İlişkisi: Eskişehir Örneği. *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Ankara, 159.
- KGM** (1983) 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu. *Karayolları Genel Müdürlüğü*, 1983.
- KGM** (2015) Trafik İşaretleri El Kitabı I. *Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, Trafik Güvenliği İşaretleme Şubesi Müdürlüğü*, 2015.
- Noyce K, Khan G, and Noyce DA** (2013) Safety Evaluation of Horizontal Curves on Rural Undivided Roads. *TRB 2013*, Annual Meeting Paper Revised from Original Submittal, (1): 1–25.
- Korkmaz Y** (2005) Türkiye Karayollarında Meydana Gelen Trafik Kazalarının Çoklu Regresyon Analizi İle Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, Kırıkkale, 76.
- Kutner MH, Nachtsheim CJ, Neter J and Li W** (2004) Applied Linear Statistical Models. *The McGraw-Hill Companies*, 1415.
- Maroof DA** (2012) Binary Logistic Regression. *Statistical Methods in Neuropsychology*: 67-75.
- McClave JT and Sincich TT** (2016) Statistics. *Pearson Education*, New York, NY: W. H. Freeman and Company, 19.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Milenković M and Trpković A** (2016) Evaluation of the Impact of the Road Characteristics on Traffic Safety, *Horizons*, 22 724: 217–25.
- Mohan SP, Akkara J and Jacob A** (2020) Accident Prediction Model for Evaluating Safety of Horizontal Curves on Two-Lane Rural Highways *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)* 2(1): 145–49.
- Montgomery DC, Peck EA and Vining GG** (2012) Introduction to Linear Regression Analysis. *John Wiley & Sons*, Hoboken, New Jersey.
- Othman S, Thomson R and Lannér G** (2010) Are Driving and Overtaking on Right Curves More Dangerous than on Left Curves?. *Annals of Advances in Automotive Medicine - 54th Annual Scientific Conference*: 253–64.
- Özbek R** (2022) Karayollarında Yol Faktörünün Trafik Kazalarına Etkisinin İncelenmesi ve Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 144.
- Polus A, Pollatschek MA and Farah H** (2007) Impact of Infrastructure Characteristics on Road Crashes on Two-Lane Highways. *Traffic Injury Prevention* 6(3): 240–47.
- Radjou AN, Uthrapathy M, Sevel S, Sriramulu G.** (2022) Pedestrian fatality: Price paid for zero individual travel carbon footprint!!. *Journal of Current Research in Scientific Medicine*, 8:1, 1-3.
- Ratner B** (2009) The Correlation Coefficient: Its Values Range between 1/1, or Do They. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing* 17(2): 139–42.
- Shankar V, Mannering F and Barfield W** (1995) Effect of Roadway Geometrics and Environmental Factors on Rural Freeway Accident Frequencies. *Accident Analysis and Prevention* 27(3): 371–89.
- Sperandei S** (2014) Understanding Logistic Regression Analysis. *Biochemia Medica* 24(1): 12–18.
- TÜİK** (2024) Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2023. *Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni*: 53479, 4.
- Uyurca Ö and İbrahim A** (2018) Ankara İlinde Meydana Gelen Trafik Kazalarının İncelenmesi. *Kent Akademisi* 11(4): 618–26.
- WHO** (2023) Global Status Report on Road Safety 2023. *World Health Organization, Geneva, Switzerland* 15(4): 286.
- Zegeer CV, Stewart JR, Council FM, Reinfurt DW and Hamilton E** (1992) Safety Effects of Geometric Improvements on Horizontal Curves. *Transportation Research Record* (1356): 11–19.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Zerenoğlu H (2020) Trafik Kazalarının Mekânsal Analizi: Eskişehir Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun, 91.

URL-1 < <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>>, Ziyaret tarihi: 29.12.2024.

URL-2 <<https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/15Bolge/iller/IlZonguldak.aspx>>, Ziyaret tarihi: 20.10.20



EK AÇIKLAMALAR

Ek A: Trafik Kazası Tespit Tutanağı Örneği

ÖLÜMLÜ/YARALANMALI TRAFİK KAZASI TESPİT TUTANAĞI				Sayfa 1/...	
A. TUTANAĞI DÜZENLEYEN		B. KONUM BİLGİSİ			
BİRİM ADI : ZONGULDAK BÖLGE TRAFİK DNT. ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ		Koordinat X - E			
TELEFON NO :		Koordinat Y - N			
C. KAZANIN YERİ VE ZAMANI		VERLEŞİM YERİ			
TARİH	KAZA SIRA NO:	1 İç 2 Dış			
HAFTANIN GÜNÜ	YOLUN TİPİ	KAZA YERİNDEKİ AZAMI HIZ LİMİTİ			
SAAT/DAKİKA	1 Bölünmüş yol 2 Tek yönlü yol 3 İki yönlü yol	4 Diğer (Kazanın Özeti Bölümüne açıklama yapınız)			
İL	YOLUN KAPLAMA CİNSİ	ŞERİT SAYISI - GENİŞLİĞİ			
İLÇE	1 Asfalt 4 Parke 2 Sathi Kaplama 5 Stabilize 3 Beton 6 Toprak	YOL PLATFORM GENİŞLİĞİ			
MAH./KÖY	YOLUN SINIFI	1 Caddesi / sokak 4 Devlet yolu 7 Orman yolu 10 Park alanı 13 Diğer (.....)			
KAZA YERİ ADRESİ	2 Sokak 5 İl yolu 8 Servis yolu 11 Tesis-mülk önü veya içi 3 Otoyol 6 Köy yolu 9 Bağlantı yolu 12 Su yolu taşıtı	YOL NO- KONTROL KESİM NO			
(caddesi / sokak) üzeri önü / yanı / arkası		Otoyol O			
(caddesi / sokak) ile (cad./sokak) kavşağında		Devlet Yolu D			
(ilinden ilçesinden/mahalleden/köy/den) (ili / ilçesi/mah./köyü) yönüne		İl Yolu			
..... km metrede		Uzaklık : km ml			
D. YOL GÜVENLİK EKİPMANLARI İLE ÇEVRE VE DİĞER ÖZELLİKLERİ		İŞİKLİ / SESLİ İŞARET			
1 Var 2 Yok 3 Uygun Değil		(Trafik Lambası) 1 Var 2 Var (Bozuk) 3 Yok			
OTO KORKULUK		AYDINLATMA			
YAYA YOLU (Kaldırım) cm		TRAFİK GÖREVLİSİ			
EMNİYET ŞERİDİ / BANKET cm		1 Var 2 Yok			
YOL ŞERİT ÇİZGİSİ		GÖRÜŞE ENGEL CİSİM			
TRAFİK İŞARET LEVHASI		Var ise adı:			
Levha Adı: Kazanın Özeti Bölümüne açıklama yapılmalı ve fotograflanmalıdır.		KAZA SONRASI ARAÇ HARİCİNDE HASAR GÖREN DİĞER UNSURLAR			
1) m 2) m 3) m		Var ise adı-1: Var ise adı-2:			
YOLDA ÇALIŞMA		YOLUN YÜZEYİ			
Var ise, İşaretleme Var Yok		1 Kuru 2 Islak, nemli 3 Karlı 4 Buzlu 5 Sel, su birikintili 6 Diğer kaygan			
Var ise, İşaretçi Personel Var Yok		İLK YARDIM DURUMU			
		1 Sağlık Ekibi 2 Trafik zabıtası 3 Vatandaş			
E. YOLUN GEOMETRİK ÖZELLİĞİ		F. KAZAYA AİT ÖZELLİKLER			
YATAY GÜZERGAH		OLUŞ ŞEKLİNE GÖRE KAZA TÜRÜ			
1 Düz yol 2 Viraj 3 Tehlikeli viraj		8 Engel/cisim ile çarpışma 9 Yayaya çarpma 10 Hayvana çarpma 11 Devriline, savrulma, takla 12 Yoldan çıkma 13 Araçtan insan düşmesi 14 Araçtan cisim düşmesi 15 Park etmiş araçla çarpma			
DÜŞEY GÜZERGAH		1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 16- 17- 18- 19- 20- 21- 22- 23- 24- 25- 26- 27- 28- 29- 30- 31- 32- 33- 34- 35- 36- 37- 38- 39- 40- 41- 42- 43- 44- 45- 46- 47- 48- 49- 50- 51- 52- 53- 54- 55- 56- 57- 58- 59- 60- 61- 62- 63- 64- 65- 66- 67- 68- 69- 70- 71- 72- 73- 74- 75- 76- 77- 78- 79- 80- 81- 82- 83- 84- 85- 86- 87- 88- 89- 90- 91- 92- 93- 94- 95- 96- 97- 98- 99- 100-		1 Yol üzerinde 2 Banket üzerinde 3 Orta refüjide 4 Yol kenarında (Banket Dışı) 5 Yaya kaldırımında 6 Durak 7 Hemzemin geçit 8 Yaya Geçidi	
KAVŞAK		ARAÇ SAYISINA GÖRE KAZA TÜRÜ			
1 Üç yönlü (T) 2 Üç yönlü (Y) 3 Dört yönlü 4 Dönel kavşak 5 Köprü kavşak 6 Diğer kav. Çeşidi 7 Hemzemin geçit 8 Kavşak yok		1 Tek araçlı 2 İki araçlı 3 Çok araçlı (Sayısı:)			
GEÇİT DURUMU		G. YOL SORUNU			
1 Kontrolü demiryolu 2 Kontrolsüz demiryolu 3 Okul geçidi 4 Yaya geçidi 5 Geçit yok		4 Düşük banket 5 Yol sahunda gevşek malzeme 6 Yolda münferit çukur 7 Diğer * 8 Kazaya etken yol sorunu yok			
DİĞER ÖZELLİK		*Diğer seçeneğinin işaretlenmesi durumunda parantez içinde açıklama belirtilecek ve Kazanın Özeti bölümüne tespit ilişkin gerekli açıklama yapılacaktır. Ayrıca yol sorununa ilişkin fotoğraflama yapılacaktır.			
1 Dar yol 2 Dar köprü 3 Köprü üstü 4 Köprü altı 5 Menfez üstü 6 Kası 7 Tünel içi 8 Hiçbiri		YOL SORUNUNA AİT UYARICI İŞARETLEME			
		1 Var 2 Yok			
YAYA GEÇİDİ ÖZELLİKLERİ		I. KAZAYA AİT FOTOĞRAF VE KAMERA KAYDI MEVCUT MU?			
1 Üst geçit 2 Alt geçit 3 Sinyalizasyonlu geçit 4 Sinyalizasyonsuz geçit 5 Diğer (.....) 6 Geçit yok		A- EVET B- HAYIR 1 Fotoğraf 2 Kamera 3 Her ikisi de Mevcut			
		Evet İse Açıklama Yazınız			

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

J. KAZAYA KARIŞAN ARAÇ BİLGİSİ

Sayfa 2/....

ARAÇ NO	1	2	3	ARAÇLARA AİT KOD TABLOLARI VE AÇIKLAMALAR
ARACIN KAZA SONRASI KONUMU				1 Kaza yerinde 2 Çarpıp Kaçma 3 Kaza yerinden zorunluluk halinde uzaklaşma * Durduğu yerin çarpışma nokta. uzaklığı.
PLAKA				1 Bisiklet 2 At arabası 3 Motorbisiklet 4 Motosiklet 5 Otomobil 6 Minibüs 7 Kamyonet 8 Kamyon 9 Çekici 10 Otobüs 11 Traktör 12 Arazi taşıtı 13 Otul amaçlı taşıt 14 İş Makinesi 15 Ambulans 16 Tanker 17 Tren 18 Tramvay 19 Diğer (*) 20 E-Skuter
MARKA				* Araç cinsi diğer işaretlenmiş ise kazanın özeti bölümünde açıklayınız
MODEL YILI/ YETKİ BELGE TÜRÜ				Yabancı ülkeye tescilli olan araçlar hangi ülkeye kayıtlı ise o ülke adı yazılacak ve kullanım amacı ise yabancı seçilecektir.
YABANCI TESCİLLİ İSE ÜLKE ADI				1 Hususi (Özel) 3 Emniyet 5 Diğer Kamu Kuruluşu 2 Ticari 4 Askeri 6 Zirai 7 Yabancı
ARACIN CİNSİ/ KULLANIM AMACI				Trafik kazasına karışan araç, veya araçlarda kazaya sisteminin bulunup bulunmadığı araştırılarak ilgili alana Vardır veya Yoktur, araç olay yerini terk etmiş ve tespit edilmeyor ise Tespit Edilmedi yazılacaktır.
ARAÇ İÇİ VEYA ÜZERİ KAMERA VAR MI?				1 Beşliye Otobüs 18 Tırar İki Teker 19 Bir Yaka Teker 20 Yaka Araç 21 Beşliye 2 Otul Halk Otobüs 11 İş Makinesi (Özel) 22 Otul Yaka Teker 23 Dişli Tekerli Park Araç 24 Emniyetli Beşliye 3 Sektörel Otobüs 22 Sektörel Otobüs 21 Diğer Teker 20 Otul Tekerli Araç 25 Atili Araçlar 4 Sektörel Halk Otobüs 23 İş Makinesi 22 Yaka Tekerli Araç 21 Beşliye Araç 20 Otul Halk Araç 5 Tırar Beşliye Otobüs 14 Tırar Teker 21 Yaka Teker 20 Yaka Araç 21 Beşliye Araç 20 Otul Halk Araç 6 Personel Servis 15 Taki Dolmuş 24 Tırar Araç 21 Beşliye Araç 20 Otul Halk Araç 7 Otul Servis (Özel) 16 Diğer Otobüs 21 İş Makinesi 14 Sektörel Araç 21 Beşliye Araç 8 Otul Servis (Ticari) 17 İş Makinesi 20 Tekerli Araç 21 Beşliye Araç 20 Otul Halk Araç 9 Minibüs 18 Atili Teker 21 Yaka Teker 20 Yaka Araç 21 Beşliye Araç 20 Otul Halk Araç
ARACIN KAZA ANINDAKİ KULLANIM ŞEKLİ				Kazaya karışan araçların cinsleri ile kullanım şekilleri doğru orantılı olarak kodlanacaktır. Araç veya araçlar olay yerini terk etmiş ise ve aracın cinsi/kullanım şekli tespit edilmemiş ise "45 Diğer Araç" kodlaması yapılacaktır. Bu alandaki bilgiler istatistik amaçlı olarak doldurulacaktır.
KAZA ÖNCESİ ARAÇ HAREKETİ				1 Doğru istikamette gidiyor 9 Sağa dönüyor 2 Şerit değiştiriyor 10 U-Dönüş yapıyor 3 Öndeki araçtan sokundan geçiyor 11 Park halinde 4 Öndeki araçtan sağından geçiyor 12 Durma/duraklama halinde 5 Geriye doğru gidiyor 13 Yavaşlıyor 6 Trafik şeridine katılıyor 14 Tek yönlü veya bölünmüş yolda ters yönde gidiyor 7 Trafik şeridinde ayrılıyor 15 Tespit edilemedi 8 Sola dönüyor Araçta kazaya öncelikli hız (km/saat) veya fren izi (metre) uzunluğu tespit edilmeyor ise bu bölümler boş bırakılacaktır.
ARACIN HIZI				İstiap Haddi (Yüksek hız için TON) Aşılması ise (Yüksek hız için KİŞİ)
FREN İZİ UZUNLUĞU				Araçta darbeyi aldığı bölge bilgisi, kaza yeri krokisi bölümünün altındaki araç figürlerine göre doldurulacaktır.
ARAÇ YÜKÜ İSE YÜKÜNÜN CİNSİ				Kazaya karışan araç yabancı ise sigorta türü (2-Yeşil kart belgesi) kontrol edilerek ilgili alana yazılacaktır.
İSTİAP HADDİ				Zorunlu mali sorumluluk sigorta bilgileri, sigorta poliçelerinden yazılarak eksiksiz olarak doldurulacaktır. Sigortası bulunmayan veya süresi dolan araçlar için, "Sigorta Şirketi Adı" bölümüne "YOK" yazılıp diğer bölümler boş bırakılacaktır.
ASILMA MİKTARI				Ülkemizde tescilli olan ve Polnet kayıtlı bulunan araçlara ait sigorta bilgileri mevcut belgeleri üzerinden, belgesi yok ise Polnet kayıtlılarından kontrol edilerek ilgili alana yazılacaktır.
ARACIN DARBESİ ALDIĞI İLK BÖLÜM				1 Fren 5 Kapı 9 Arka lambalar 13 Şanzıman-Vites 2 Rot 6 Aks 10 Dönüş sinyali 14 Cam sileceği 3 Makas 7 Direksiyon 11 Klakson 15 Aksın elaklığı 4 Şaft 8 Far 12 Lastik
SİGORTA TÜRÜ ADI				1 Hasarsız 4 Hareket edemeyen 1 Yanma yok 2 Hafif hasar 5 Ağır hasar 2 Kısımlar yanma 3 Fonksiyonel hasar 6 Tespit edilemedi 3 Tamamıyla yanma
SİGORTA ŞİRKETİ ADI				1 Benzin 4 Diesel-LPG 7 CNG 10 Benzin-Biyomutan 2 Diesel 5 Elektrik 8 Benzin-Elektrik 11 Motorlu 3 Benzin-LPG 6 LPG 9 Benzin-CNG 12 Diğer
SİGORTA ACENTE NO				Araç Lastikleri Mevsim Şartlarına 1 Uyum 2 Uyum Değil (Lastik türü yazılacak) 1 Uyum 2 Uyum Değil (Lastik türü yazılacak)
SİGORTA POLİÇE NO				Araç lastikleri mevsim şartlarına uygun değil ise lastik türü ile dış derinliği ilgili alana yazılacaktır.
SİGORTA BİTİŞ TARİHİ				Araç sahibinin adı-soyadı yazılacak, tüzel kişilik adına kayıtlı ise tüzel kişilik adı yazılacaktır. Araç veya araçlar olay yerini terk etmiş ve yapılan araştırmalar neticesi tespit edilememiş ise ilgili alanlara "Olay Yeri Terk" yazılacaktır.
KAZAYA ETKİ EDEN ARAÇ AKSAMLARI				Kazaya karışan aracın çalışmış olduğu firma adı açıkça yazılacaktır. (..... Turizm gibi)
FENNİ MUAYENE BİTİŞ TARİHİ				
ARACIN HASAR DEREJESİ /YANMA DURUMU				
ARACIN YAKIT CİNSİ				
ARAÇ LASTİK DURUMU				
LASTİK TÜRÜ/DİŞ DERİNLİĞİ				
ARAÇ SİBHİNİN ADI SOYADI (Şirket ise Unvanı)				
İŞLETEN ARAÇ SAHİBİ DEĞİLSE FİRMA ADI				

K. KAZAYA KARIŞAN SÜRÜCÜ BİLGİSİ

ARAÇ SIRA NO	T.C. KİMLİK NO (Yabancı ise Ülke Adı Ve Pasaport No)	DOĞUM YILI	SÜRÜCÜ KAZA SONUCU	SÜRÜCÜ BELGESİ	VERİLDİĞİ İL-İLÇE (Yabancı ise Ülke Adı)	BELGE NO	ADAY MI? (Evet/Hayır)	ALKOL KONTROL DURUMU	PSİKO-FİZİKSEL DURUM ŞÜPHESİ	İRTİBAT TELEFONU	SÜRÜCÜ KURAL İHLALI
	SÜRÜCÜNÜN ADI SOYADI	CHSİYET (E-NO)				BELGE SINIFI	ÖĞRENİM DURUMU	PROMİL MİKTARI YA DA DEREJESİ			
1											
2											
3											

SÜRÜCÜYE AİT KODLAR VE AÇIKLAMALARI			
SÜRÜCÜ KAZA SONUCU	SÜRÜCÜ BELGESİ	BELGE DURUMU	ÖĞRENİM DURUMU
1 Ölü 2 Yaralı 3 Sağlam 4 Sürücü Yok (Araç Park Halinde) 5 Olay Yeri Terk	1 Belgesi Var 2 Belgesi Yok 3 Tespit Edilemedi	1 Yeterli Belge 2 Yetersiz Belge 3 Zorunlu Değil 4 Geçici Olarak Geri Alınmış 5 Geçerlilik Süresi Dolmuş (5 yıl/10 yıl) 6 Tespit Edilemedi	1 İlkokul 2 Ortaokul 3 İlköğretim 4 Lise 5 Yüksek Okul 6 Tespit Edilemedi (Bölünmüyor)
PSİKO-FİZİKSEL DURUM ŞÜPHESİ	EMNİYET KEMERİ / KASK (Motosiklet ve M.Bisiklet için)	Sürücü kural ihlali bölümüne, sürücünün kazaya sebebiyet verdiği belirlenen Karayolları Trafik Kanunu maddesi yazılacaktır. Yönetmelik maddesi yazılmak istenildiğinde "Y" harfi ile başlanarak ilgili madde yazılacaktır.	
1 Uykusuzluk 2 Yorgunluk 3 Ani hastalık 4 Uyuşturucu/uyarıcı/ keyif verici madde kullanımı 5 Tespit edilemedi	1 Takılı 2 Takılı değil 3 Zorunlu değil 4 Kask takılı 5 Kask takılı değil 6 Kaskı yok 7 Emniyet Kemeri/ Kask durumu tespit edilemedi	Sürücülerin, sürücü belgesi temin edilemediği durumlarda, kimlik bilgilerine göre sistemden gerekli sorgulama yapılarak sürücü belge bilgileri ilgili bölümlere mutlaka yazılacaktır.	

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

[illegible]

Sayfa 3/.....

[illegible]

YOLCU VE YAYALAR İÇİN KODLAR

YOLCU VE YAYALAR İÇİN KONTROL					
YAYA KAZA ÖNCESİ HAREKETİ	YAYA GİYSİ ÖZELLİĞİ	YAYA ALKOL KONTROLÜ	YOLCULARIN BULUNDUĞU YER		
1 Karşıya Geçiyor 2 Duruyor	1 Ağız	1 Trafik Zabıta Kontrol	1 Ön Koltuk	4 Kasa İçi	1 Takılı 5 Kask Takılı
3 Yolda Yürüyor (Koşuyor)	2 Koyu	2 Sağlık Kur. Kontrol Edildi	2 Araç/Koridor	5 Araç Üstü	2 Takılı Değil 6 Kask Takılı Değil
4 Yaya Kaldırınmada veya Yolu Dışında Duruyor/Yürüyor	3 Reflektör Malzemesi	3 Kontrol Edilemedi	3 Arka Koltuk	6 Tespit Edilemedi	3 Zorunlu Değil 7 Kaskı Yok
5 Tespit Edilemedi	4 Tespit Edilemedi				4 Belirsiz (Emniyet kemeri ve kask için)

4 Tespit Edilemedi

YAYALAR İÇİN TRAFİK KANUNU VE YÖNETMELİK MADDESİ İLE DİĞER KURAL İHLAL BİLGİSİ

1- 68/1-a-1	2- 68/1-a-2	3- 68/1-a-3	4- 68/1-b-1	5- 68/1-b-2	7- 68/1-c	8- 69/1	9- 69/2	10- Yönet. Mad.138	11- Diğer (Kararın Özeti Bölümünde Belirlenecek)
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------	---------	---------	--------------------	--

YOLCULAR İÇİN TRAFİK KURAL İHLALİ BİLGİSİ

1 Taşıttan Sarkmak	4 Taştı Dışında (Çamurluk v.s.) Gayri Nizami Seyahat Etmek	7 Taşıtlarda Kask veya Emniyet Kemeri Kullanmamak
2 Habersiz Taşıta Binmek ya da Taşıttan İnmek	5 Hareket Halindeki Taşıtlardan Yere Atlamak	8 Diğer (Kazanın Özeti Bölümünde Belirtilecek)
3 Taştı İçinde Gayri Nizami Hareket Etmek	6 Açık Yük Üzerinde Gayri Nizami ve Tehlikeli Şekilde Seyahat Etmek	Özellikle T.C. Kimlik No (Yabancı ise Ülke Adı

3 Taahhüt İçinde Gayri Nizami Hareket Etmek 6 Akap Yük Üzerinde Gayri Nizami ve Tehlikeli Şekilde Seyahat Etmek

Not: Kazazedelere ait doldurulması gereken bölümler tam ve doğru şekilde kodlanarak veya yazılarak doldurulacaktır. Özellikle T.C. Kimlik No (Yabancı ise Ülke Adı ve Pasaport No) bilgisi eksiksiz yazılacaktır. İlgili bölüme tespit edilemedi ya da bilinmiyor şeklinde metin yazılmayacak ve bu bölüm boş bırakılmayacaktır. Yaya/Yolculara ait kimlik bilgisi/insanlığına ilişkin sevk edildikleri sağlık kuruluşu veya adli birimlerle irtibata geçilerek tespit edilecek ve ilgili bölüme yazılacaktır

M.KAZANIN ÖZETİ:

[illegible]

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

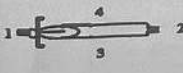
N. KAZA YERİ KROKİSİ

Sayfa 4/.....

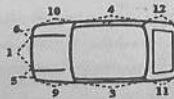
Not: Kaza Yeri Krokisi bölümünde; kazaya karışan unsurların kaza öncesi, kaza anı ve kaza sonrası konumları belirtilmelidir.

O. ARAC FIGURLERİ

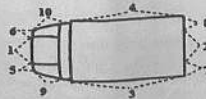
Arac Cinsi 1, 3, veya 4 ise



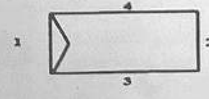
Arac Cinsi 5 veya 12 ise



Arac Cinsi 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15 veya 16 ise



Arac Cinsi 2, 13, 14, 17, 18 veya 19 ise



13 Aracın Üstü

14 Aracın altı

15 Görünür hasar yok

P. TUTANAK TANZİM VE ONAY BİLGİSİ

Bu tutanak Karayolları Trafik Kanunu uyarınca tanzim edilerek imzalanmıştır.

TANZİM TARİHİ / SAATİ:

TUTANAĞI TANZİM EDENLERİN

Adı Soyadı :

İmza

.....

İmza

Rütbesi :

.....

Sicil No :

.....

ONAY

ÖZGEÇMİŞ

Mine POLAT ALPAN, İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Ankara’da tamamladı. Lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde 2011 yılında tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2016 yılında mezun oldu. 2014 yılında girdiği Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitiminden 2018 yılında mezun oldu. 2014 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi’nde çalışmaktadır.