

DOI: 10.26650/JGEOG2024-1438461

COĞRAFYA DERGİSİ
JOURNAL OF GEOGRAPHY
2024, (48)

<https://iupress.istanbul.edu.tr/en/journal/jgeography/home>


Mekânsal ve Zamansal Perspektiften Ankara'daki Trafik Kazaları: Ölümlü ve Yaralanmalı Olayların Analizi

Traffic Accidents in Ankara (Turkey) from a Spatiotemporal Perspective: Analysis of Fatalities and Injuries

Seçkin FİDAN¹ , Mutlu YILMAZ² , Ersin ATEŞ³ , Merve ALTUNDAL ÖNCÜ² 

¹Ankara Üniversitesi, Ayaş Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, Türkiye

³Ankara Üniversitesi, Ayaş Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye

ORCID: S.F. 0000-0001-9970-0047; M.Y.0000-0001-8914-1165; E.A.0000-0002-1956-2017; M.A.Ö.0000-0003-2402-9134

ÖZ

Trafik kazaları, insan yaşamına yönelik önemli tehditlere ve sosyo-ekonomik etkilere yol açan yaygın bir küresel sorundur. Trafik kazaları, nüfus ve araç sayısındaki artış nedeniyle daha yaygın hale gelmekte ve bu nedenle insan hayatı için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu çalışma, 2013-2020 yılları arasında Ankara ilinde meydana gelen trafik kazalarının mekânsal ve zamansal niteliğini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, trafik kazalarının zamansal özelliklerini analiz etmek için kazaların yıllık, aylık, günlük ve saatlik dağılımı incelenmiştir. Ayrıca, mekânsal özellikleri analiz etmek için optimize edilmiş sıcak nokta analizi ve mekânsal-zamansal özellikleri ortaya koymak için gelişen sıcak nokta analizi kullanılmıştır. Sonuçlar, kaza sayılarının 2018'e kadar arttığını, ancak son iki yılda belirgin bir azalma gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle 2020'deki düşüşün, COVID-19 salgınıyla yakından ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, yaz aylarında, hafta sonlarında, gece ve sabah saatlerinde ölümlü kazaların sayısında bir artış görülmektedir. Trafik kazalarının ve yaralanmaların mekânsal olarak şehir merkezinde, ölümlü kazaların ise sadece şehir merkezinde değil, aynı zamanda çevre ilçe ve illerle ulaşımı sağlayan karayollarında da kümelendiği tespit edilmiştir. Mekânsal-zamansal dağılım ise bu bölgelerde farklı sıcak nokta desenleri ile artan eğilimleri göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, kazanın türüne ve trafik aktörlerine göre değişen zamansal ve mekânsal desenlerin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma, Ankara'daki trafik kazalarının azaltılmasına yönelik etkili yol güvenliği politikalarının belirlenmesinde yerel ve ulusal kurumlara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Trafik kazası, Mekânsal-zamansal dağılım, COVID-19, Ankara

ABSTRACT

Traffic accidents are a widespread global problem causing significant threats to human life and socioeconomic impacts. Traffic accidents are becoming more common due to the increase in population and the number of vehicles and therefore pose severe threats to human life. This study investigates the spatial and temporal characteristics of traffic accidents that occurred in Ankara between 2013 and 2020. In this context, the annual, monthly, daily, and hourly distribution of accidents were investigated to analyse the temporal characteristics of traffic accidents. In addition, Optimised Hot Spot Analysis was used to analyse the spatial characteristics, and Emerging Hot Spot Analysis was used to reveal spatiotemporal characteristics. The results reveal that the number of accidents increased until 2018 but showed a marked decrease in the last two years. It is emphasised that the decrease, especially in 2020, is closely related to the COVID-19 pandemic. In addition, there is an increase in the number of fatal accidents during the summer months, weekends, and night and morning hours. Traffic accidents and injuries are spatially clustered in the city centre, while fatal accidents are clustered not only in the city centre but also on the highways that provide access to the surrounding districts and provinces. The spatiotemporal distribution shows increasing trends with different hot spot patterns in these regions. The obtained results reveal that there are temporal and spatial patterns that vary according to the type of accident and traffic actors. This study guides local and national institutions in determining effective road safety policies to reduce traffic accidents in Ankara.

Keywords: Traffic accident, Spatio-temporal distribution, COVID-19, Ankara

Submitted/Başvuru: 16.02.2024 • **Revision Requested/Revizyon Talebi:** 10.05.2024 • **Last Revision Received/Son Revizyon:** 13.05.2024 •

Accepted/Kabul: 16.05.2024



Corresponding author/Sorumlu yazar: Seçkin FİDAN / seckinfidan@ankara.edu.tr

Citation/Atıf: Fidan, S., Yılmaz, M., Ateş, E., Altundal Öncü, M. (2024). Traffic accidents in ankara (turkey) from a spatiotemporal perspective: analysis of fatalities and injuries. *Coğrafya Dergisi*, 48, 193-211. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2024-1438461>



EXTENDED ABSTRACT

Traffic accidents are a major problem, causing the death and injury of thousands of people and significant economic costs. This research aims to examine the temporal and spatial distribution of fatal and injury-causing traffic accidents in Ankara, considering the traffic actors involved, to identify regions where accidents frequently occur and specific time intervals. In addition, it focuses on analysing accidents that occurred during the COVID-19 pandemic, aiming to understand potential changes during this period. The findings provide valuable insights to guide decision makers in improving traffic safety measures and reducing accidents.

For this purpose, traffic accident data from the Ankara province spanning the years 2013 to 2020 were utilised. Initially, temporal distribution analyses were conducted. In this context, the annual, monthly, weekly, daily, and hourly distribution of the number of accidents and fatalities and injuries of traffic actors (drivers, pedestrians, and passengers) were examined. In the second stage, Optimised Hot Spot Analysis was employed for spatial distribution analysis. In the final stage, Emerging Hot Spot Analysis, which considers both temporal and spatial distribution, was utilised.

The findings of the study indicate an increasing trend in traffic accidents until 2018, followed by a declining trend after 2018. In particular, the number of accidents in 2020 ($n: 8,738$) fell below the average ($n: 10,682$). A decreasing trend in traffic accidents has been observed globally and in Turkey recently. However, the association between the 2020 decrease and the COVID-19 pandemic is more robustly supported. The onset of the COVID-19 pandemic in 2020, marked by partial restrictions in March and subsequent lockdowns in April and May, led to a significant decrease in traffic accidents. This reduction was attributed to decreased public transportation usage and changes in drivers' travel habits, which directly contributed to the observed decline in accidents. The time series captures a notable decrease during the COVID-19 quarantine period. Accident numbers start decreasing in March, reaching a minimum in April and May. Starting in June, with the gradual lifting of restrictions, accidents begin to increase, eventually returning to pre-quarantine levels.

Between May and October, a significant increase in traffic accidents was observed, particularly with a rise in fatal accidents during the summer. Additionally, traffic accidents and fatalities occur more frequently on weekends. While the intensity of traffic accidents is generally highest in morning in evening, fatal accidents tend to increase during nighttime and peak in the early morning hours. Moreover, driver fatalities usually rise from nighttime in early morning, whereas passenger fatalities only increase in the early morning hours. These results highlight the temporal variations in both traffic accidents and fatalities.

Optimised Hot Spot Analysis reveals a spatial clustering of traffic accidents and injuries in the city centre at a confidence level of 99%. However, fatal traffic accidents exhibit a distinct spatial distribution. Fatal accidents not only cluster in the city centre but also form prominent hot spot patterns along the highways connecting the surrounding districts and provinces. Furthermore, the spatial distribution of fatalities among traffic actors varies, encompassing both the city centre and the highways outside the city. Emerging hot spot analysis revealed distinct spatial clustering patterns in both the city centre and the surrounding highways. Traffic accidents tend to concentrate on the city centre, with decreasing hot spots, particularly in the eastern region, and intensifying hot spots in the western region. Trend analysis indicates a rising trend, especially in the west of the city centre, surrounding districts, and highways. Irregular, consecutive, and novel hot spot patterns have been identified for traffic accidents resulting in fatalities, with irregular hot spots prevailing in both the city centre and surrounding highways.

The results emphasise that traffic accidents and fatalities do not exhibit a uniform distribution but rather display temporal and spatial variations based on the type of accident and the traffic actors involved. The findings of this study highlight the importance of understanding these temporal and spatial differences, guiding the development of effective safety policies aimed at addressing traffic accidents.

1. GİRİŞ

Trafik kazaları, her yıl binlerce insanın ölümüne ve yaralanmasına neden olan, aynı zamanda önemli maddi kayıplara yol açan ciddi bir küresel sorundur (Chand vd., 2021; WHO, 2023). Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, her yıl yaklaşık 1,2 milyon insan trafik kazası sonucu hayatını kaybetmekte ve yaklaşık 50 milyon kişi de ölümcül olmayan yaralanmalara maruz kalmaktadır. Trafik kazaları, gayrisafi yurtiçi hasılanın (GSYH) yaklaşık %3'üne mal olarak tüm ülke üzerinde önemli ekonomik etkilere neden olmaktadır (WHO, 2023).

Dünya genelinde trafik kazaları yaygın olmasına rağmen, ülkeler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Karayolu trafik kazalarına bağlı ölümlerin %79'u alt-orta gelirli ülkeler (%44) ile üst-orta gelirli ülkelerde (%35) meydana gelmektedir (WHO, 2023). Ayrıca, alt-orta gelirli ülkelerde, karayolu trafik kazası sonucu ölme riski, gelişmiş ülkelere kıyasla 2,7 kat daha fazladır (Williams, 2018). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre Avrupa kıtasında yer alan üst-orta gelirli bir ülke olan Türkiye'de her yıl binlerce kişi trafik kazalarında hayatını kaybetmekte ve yüz binlerce kişi de yaralanmaktadır. Türkiye genelinde yapılan ve farklı zaman dilimlerini kapsayan çalışmalar bu durumu ortaya koymaktadır (Akgüngör, 2007; Erdoğan, 2009; Erenler ve Gümüş, 2019; Puvanachandra vd., 2012; Suleiman vd., 2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) raporuna göre 2022 yılında Türkiye'de 1.232.957 adet trafik kazası meydana gelmiş ve bu kazalarda 5.229 kişi hayatını kaybederken, 288.696 kişi yaralanmıştır. Trafik kazalarının en yoğun olduğu iller ise sırasıyla İstanbul (%25,3), Ankara (%11,3) ve İzmir (%7,6) illeridir (TÜİK, 2023a).

Trafik kazalarını azaltmak ve yol güvenliğini artırmak için, trafik kazalarının nasıl, nerede ve ne zaman meydana geldiğini anlamak çok önemlidir. Bu sayede, trafik kazalarının mekânsal dağılımının daha iyi anlaşılması, kazaları ve ölümleri azaltma çabalarını daha etkili hale getirmektedir (Xie ve Yan, 2008). Bu bağlamda, trafik kazalarının mekânsal ve zamansal dağılımlarını ortaya koymak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi, trafik kazalarının zamansal ve mekânsal özelliklerinin analiz edilmesinde kullanılabilir. Önemli araçlardan biridir ve karayolu güvenliği araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Hazaymeh vd., 2022; Ma vd., 2021; Wang vd., 2021). Trafik kazaları çalışmalarında, kernel yoğunluk tahmini (Kernel Density Estimation) ile kaza noktalarının yoğunluk analizi (Hashimoto vd., 2016; Xie ve Yan, 2008), kazalarının mekânsal dağılımını en yakın komşu mesafesine göre yığılma, yayılma veya rastgele dağılımlar olarak belirleyebilen K-ortalama (K-means) kümelendirme

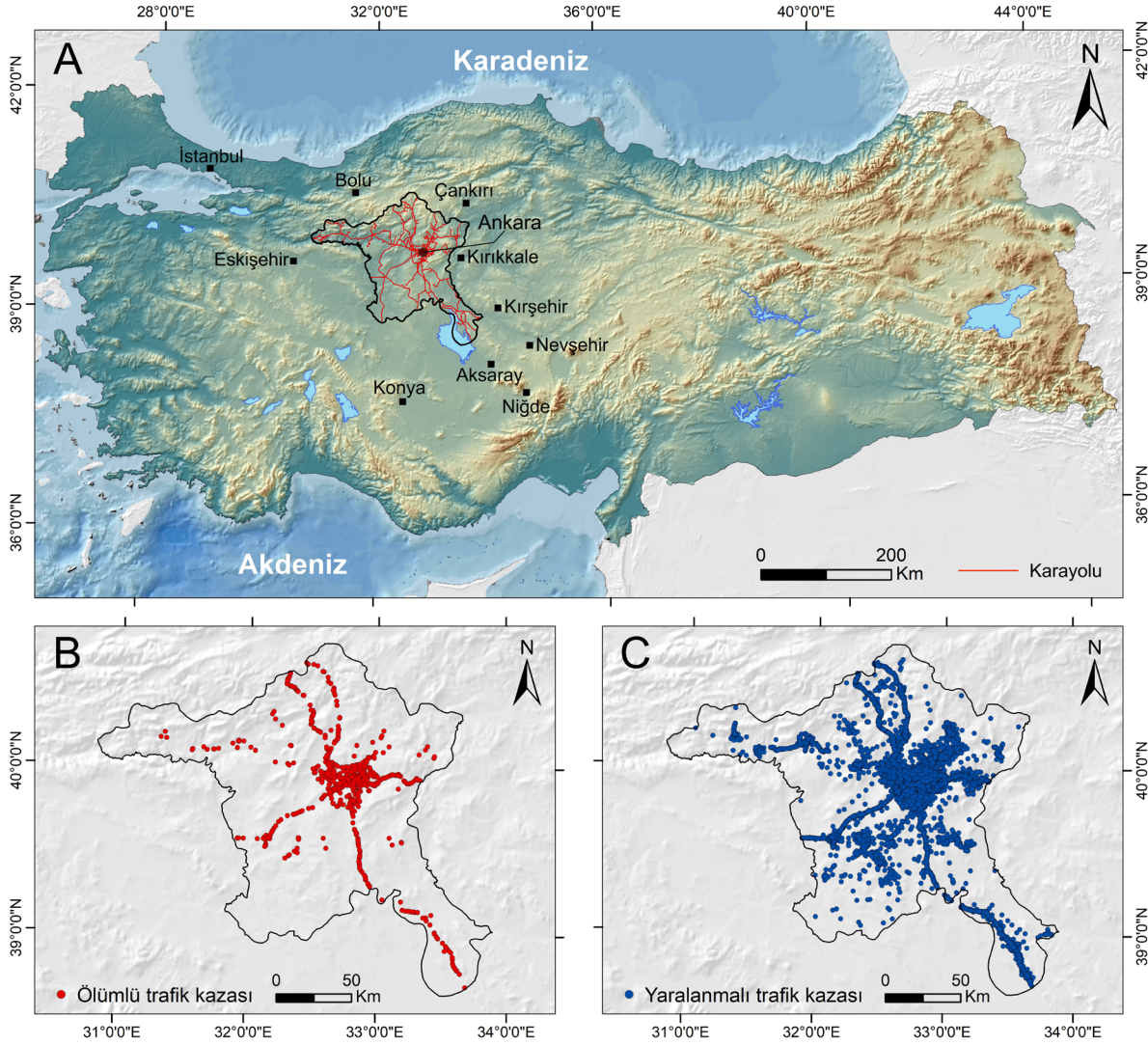
analizi (Anderson, 2009), trafik kazası sıcak noktalarının istatistiksel önemini gösteren optimize edilmiş sıcak nokta analizi (Optimized Hot Spot Analysis) ve gelişen sıcak nokta analizi (Emerging Hot Spot Analysis) yöntemleri (Kang vd., 2018; Mafi vd., 2019; Rahman vd., 2018) en yaygın kullanılan mekânsal istatistiksel yöntemlerdir.

Bu bağlamda, Türkiye'de trafik kazalarının il ölçeğinde inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda, Ankara (Kundakçı, 2014; Uyarca, ve Atılğan, 2018), İzmir (Haybat, ve Karakaş, 2020), Afyonkarahisar (Erdogan vd., 2008), Tekirdağ (Özşahin ve Yılmaz, 2023), Rize (Colak vd., 2018), Kahramanmaraş (Özcan ve Küçükönder, 2020), Konya (Diler vd., 2023; Gundogdu, 2010), Eskişehir (Özlü vd., 2021; Yıldırım vd., 2023) ve Bursa (Haybat vd., 2022) illerindeki trafik kazalarının zamansal ve mekânsal dağılımı incelenmiştir. Ancak, Türkiye'nin ikinci büyük şehri olan başkent Ankara'da trafik kazaları hakkında daha önce yapılan çalışmalar olmasına rağmen, il genelinde zamansal ve mekânsal dağılımı birlikte ele alan herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Bu araştırma, Ankara'da meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının zamansal ve mekânsal dağılımını trafik aktörleriyle (sürücüler, yayalar ve yolcular) birlikte detaylı bir şekilde inceleyerek, kazaların sıklıkla yaşandığı bölgeleri ve belirli zaman dilimlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, COVID-19 pandemisi döneminde gerçekleşen kazaları analiz ederek, salgın dönemindeki olası değişiklikleri anlamaya odaklanmaktadır. Elde edilen bulgular, trafik güvenliği önlemlerinin geliştirilmesi ve kazaların azaltılması konusunda karar alıcıları yönlendirmek adına değerli bilgiler sunmayı hedeflemektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde yer alan Ankara ilidir. Yaklaşık 5,8 milyon nüfusa sahip olan Ankara ili, İstanbul'dan sonra nüfus bakımından ikinci sırada gelmektedir (TÜİK, 2023b). Ankara, kuzeyinde İstanbul, kuzeydoğusunda Çankırı, güneyinde Konya, güneydoğusunda Aksaray ve Niğde, doğusunda Kırıkkale ve batısında Eskişehir otoyolları ile bu illeri birbirine bağlayan önemli karayollarının kavşak noktasıdır (Şekil 1-A). Ankara ilinde 198 km otoyol, 940 km devlet yolu, 692 km il yolu olmak üzere toplam 1.830 km yol ağı bulunmaktadır (KGM, 2023). Toplam 2.403.474 adet motorlu kara taşıtı (TÜİK, 2023c) bulunan Ankara, 2022 yılı istatistiklerine göre 139.530 trafik kazası ile İstanbul'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2023d). Şekil 1-B ölümlü



Şekil 1. A) Çalışma alanı ve çalışmada kaydedilen **B)** ölümlü trafik kazaları ve **C)** yaralanmalı trafik kazalarının mekânsal dağılımı.
Figure 1. A) Study area and spatial distribution of **B)** fatal traffic accidents and **C)** traffic accidents with injuries recorded in the study area.

trafik kazalarının, Şekil 1-C ise yaralanmalı trafik kazalarının dağılımını göstermektedir.

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1. Veri

Çalışma kapsamında, 2013-2020 yılları arasında Ankara ili genelinde gerçekleşen trafik kazası verileri kullanılmıştır. Trafik kazası verileri, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı tarafından kaydedilen kaza tutanaklarından oluşturulmuş veri tabanından elde edilmiştir. Söz konusu veri tabanı, trafik kazalarına ilişkin konum (x, y), tarih, ölü sayısı (sürücü, yolcu ve yaya), yaralı sayısı, yol tipi, hava durumu ve kaza oluş türü gibi bilgiler sağlamaktadır.

Ölümlü veya yaralanmalı trafik kazası verileri, kaza yerinde polis tarafından toplanmaktadır. Raporlar daha sonra yerel polis teşkilatı şubeleri tarafından dijital ortama aktarılmakta ve Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından tutulan trafik kazası veri tabanına gönderilmektedir. Bu süreçte koordinatların GPS'ten rapora veya rapordan veri tabanına aktarılması sırasında yapılan hatalı veri girişleri, CBS ortamında kazaların yanlış konumlandırılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, hatalı konuma sahip olduğu tespit edilen ve Ankara il sınırları içerisinde yer almayan trafik kazaları analiz dışı bırakılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışma kapsamında temin edilen trafik kazalarına ait öznitelik verileri, olayın meydana geldiği yerin enlem ve boylam bilgileri kullanılarak koordinatlandırılmış ve CBS verilerine



Şekil 2. Çalışmanın temel aşamalarını gösteren iş akış şeması.
Figure 2. Workflow chart showing the main stages of the study.

dönüştürülmüştür. Bu işlemin ardından, trafik kazalarının analizi için bir dizi yöntem kullanılmıştır. İlk olarak, zamansal dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, meydana gelen kazalarının sayısı ile ölen ve yaralanan trafik aktörlerinin (sürücü, yaya ve yolcu) yıllık, aylık, haftalık, günlük ve saatlik dağılımı incelenmiştir. İkinci aşamada, mekânsal dağılım analizi için optimize edilmiş sıcak nokta analizi (Optimized Hot Spot Analysis) kullanılmıştır. Son aşamada ise zamansal ve mekânsal dağılımın birlikte ele alındığı gelişen sıcak nokta analizi (Emerging Hot Spot Analysis) kullanılmıştır (Şekil 2). Her iki yöntem de trafik kazası çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Chance Scott vd., 2016; Haybat vd., 2022; Kang vd., 2018; Mohammed vd., 2023; Özcan ve Küçükönder, 2020; Rahman vd., 2018; Yıldırım vd., 2023).

3.2.1. Optimize Edilmiş Sıcak Nokta Analizi

Trafik kazalarının yoğun olduğu bölgelere ilişkin istatistiksel anlamlılığı göstermek için optimize edilmiş sıcak nokta analizi (Optimized Hot Spot Analysis) uygulanmıştır (ESRI, 2024a). Bu sıcak nokta analizi, yüksek değerlere sahip sıcak noktaları, düşük değerlere sahip soğuk noktaları analiz etmek ve hangi noktaların istatistiksel olarak anlamlı desenlere sahip olduğunu göstermek için kullanışlıdır.

Optimize edilmiş sıcak nokta analizinde, tüm noktalar bir sınır veya grid hücre birimlerinde toplanır ve buna göre analiz edilir. Çalışma kapsamında sıcak nokta analizi 1 kilometrelik altgenler temelinde gerçekleştirilmiştir. Sıcak nokta analizi için Getis-Ord G_i^* istatistiksel formülü aşağıdaki gibi kullanılmıştır (Getis ve Ord, 1992):

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}, S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Burada: $x_j = j$ için öznitelik değeri; $w_{i,j} = i$ ve j arasındaki mekânsal ağırlık; $n =$ toplam birim sayısına eşittir.

G_i^* değeri, istatistiksel olarak anlamlı sıcak noktaları (hot spots) ve soğuk noktaları (cold spots) temsil eden bir z-skorunu verir. Z-skoru, belirli güven düzeylerine göre istatistiksel anlamlılığı ifade eder. 2,58'den büyük z-skorları %99 güven düzeyinde sıcak noktaları; 1,96 ile 2,58 arasındaki z-skorları %95 güven düzeyinde sıcak noktaları; 1,65 ile 1,96 arasındaki z-skorları %90 güven düzeyinde sıcak noktaları temsil eder. Z-skorunun -1,65 ile +1,65 arasındaki değerleri önemli bir kümelenmeyi temsil etmemektedir. Buna karşılık, -2,58'den küçük z-skorları %99 güven düzeyinde soğuk noktaları; -2,58 ile -1,96 arasındaki z-skorları %95 güven düzeyinde soğuk noktaları; -1,96 ile -1,65 arasındaki z-skorları %90 güven düzeyinde soğuk noktaları temsil eder. Bu değerler, istatistiksel olarak anlamlı sıcak ve soğuk noktaların güven düzeyini belirlemek için kullanılır.

3.3.2. Gelişen Sıcak Nokta Analizi

Optimize edilmiş sıcak nokta analizi, trafik kazalarının mekânsal desenini zamandan bağımsız olarak sadece konumsal şekilde incelenmektedir. Buna ek olarak, trafik kazalarının zamansal ve mekânsal dağılımının birlikte analiz edilebilmesi için ESRI'nin ArcGIS Pro'daki mekân-zaman deseni madenciligi aracı olan gelişen sıcak nokta analizi (Emerging Hot Spot Analysis) uygulanmıştır (ESRI, 2024b).

Gelişen sıcak nokta analizi için mekân-zaman küpünün oluşturulması bir ön koşuldur. Mekân-zaman küpü analizi, mekânsal ve zamansal verileri bir küp içinde toplayan ve mekânsal-zamansal desenleri 2B veya 3B olarak tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bir küp, x ve y boyutlarının mekânı, t boyutunun ise zamanı temsil ettiği mekân-zaman kutularından (bins) oluşur. Her kutunun mekânda (x, y) ve zamanda (z) sabit bir konumu vardır. Sıcak nokta analizinde olduğu gibi burada da mekân (x, y) 1 km x 1km altıgenler şeklinde oluşturulmuştur. Ayrıca, her kutu bir değere sahiptir. Kutu değeri, bu çalışma için kaza sayısı ve ölü sayısıdır. Mekân-zaman küplerinin oluşturulabilmesi için en az 10 zaman dilimine

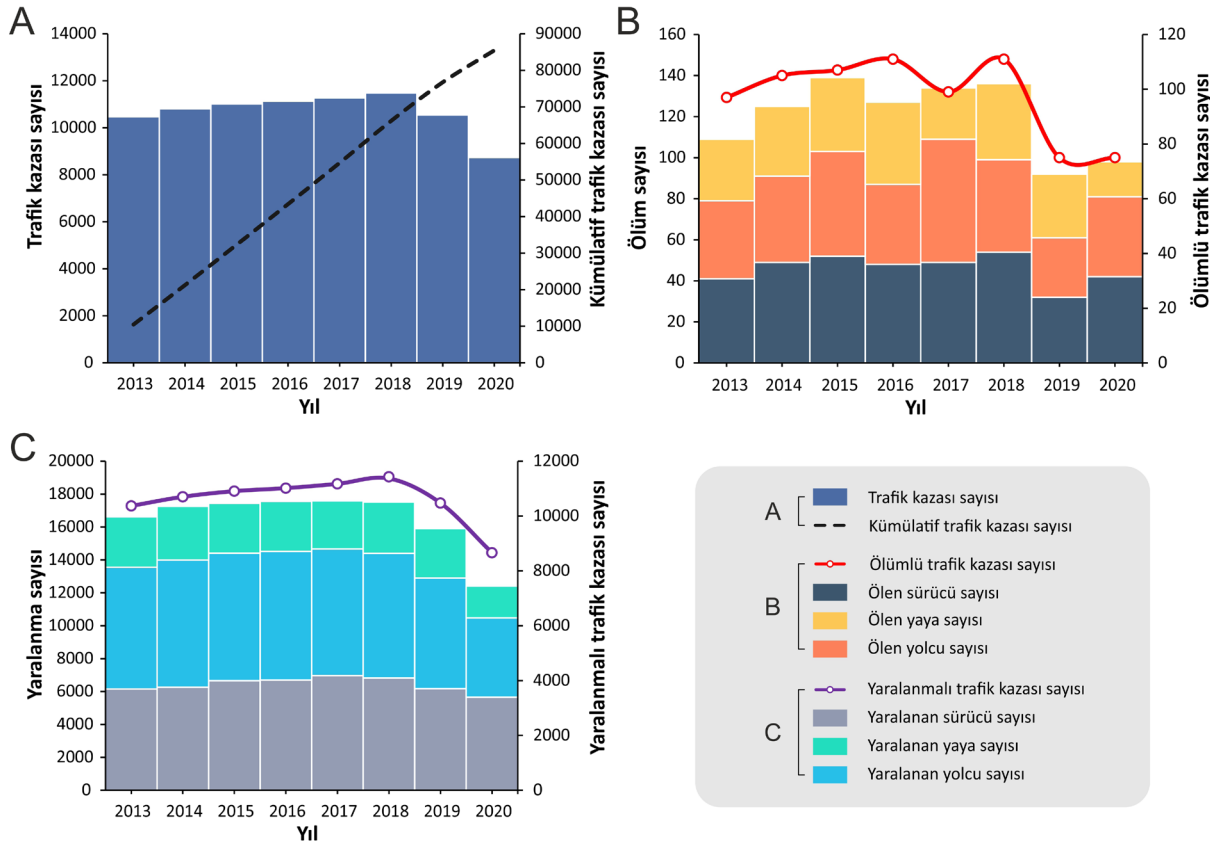
ihtiyaç vardır. Çalışma kapsamında kullanılan trafik kazası verileri 2013-2020 yıllarını kapsadığı için zaman dilimi yıllık olarak değil, aylık olarak belirlenmiştir.

Mekân-zaman küpü oluşturulduktan sonra gelişen sıcak nokta analizi, mekân-zaman küpündeki her bir kutu için bir Getis-Ord G_i^* istatistiği hesaplanarak gerçekleştirilir. Sonuç, her bir kutunun bir z-skoru, p-değeri ve kutu başına sıcak ve soğuk nokta sınıflandırmasıdır. Ayrıca, sıcak nokta ve soğuk nokta eğilimlerinin hesaplanmasında Mann-Kendall trend testi kullanılır. Sonuç olarak, 2B olarak görselleştirmesi tercih edilen mekân-zaman küplerinin eğilimi yeni, ardışık, yoğunlaşan, kalıcı, azalan, düzensiz, salınımlı ve tarihsel sıcak noktalar ve soğuk noktalar olmak üzere 17 farklı tipte kategorize edilir (ESRI, 2024c).

4. BULGULAR

4.1. Trafik Kazalarının Zamansal Dağılımı

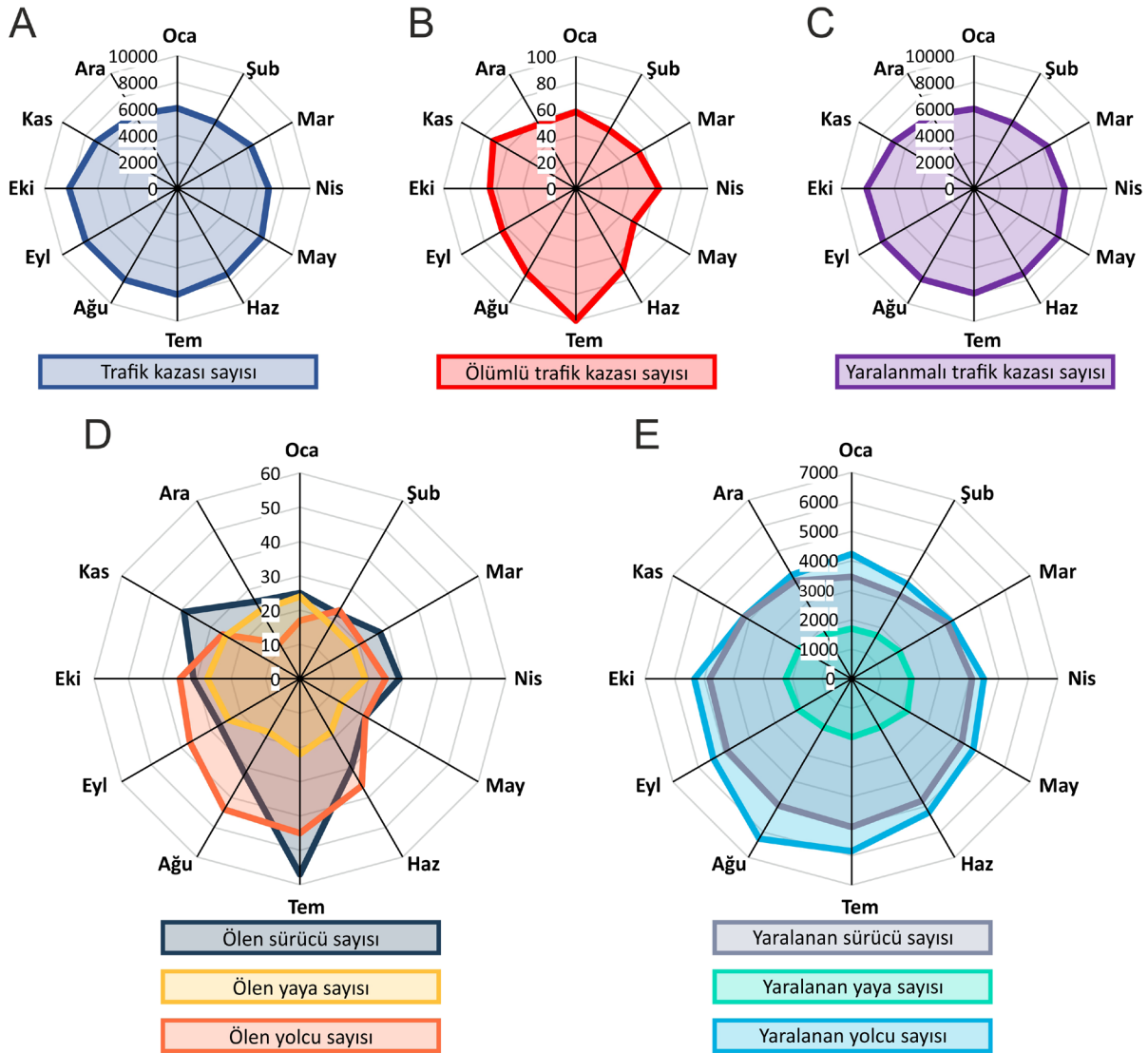
Ankara ilinde 2013-2020 yılları arasında toplam 85.462 trafik kazası kaydedilmiştir. Yılda ortalama 10.682 trafik kazasının gerçekleştiği ilde, kaza sayısının 2018 yılına kadar



Şekil 3. 2013-2020 yıllarında Ankara ilinde meydana gelen **A)** trafik kazaları, **B)** ölümler ve **C)** yaralanmaların zamansal dağılımı.
Figure 3. Temporal distribution of **A)** traffic accidents, **B)** fatalities, and **C)** injuries occurring in Ankara in 2013-2020.

Tablo 1: 2013-2020 yıllarında Ankara ilinde meydana gelen trafik kazalarına ait sayısal veriler.**Table 1:** Quantitative data on traffic accidents occurring in Ankara in 2013-2020.

Yıl	Kaza sayısı	Ölümlü kaza sayısı	Yaralanmalı kaza sayısı	Ölü sürücü	Ölü yolcu	Ölü yaya	Ölü toplam	Yaralı sürücü	Yaralı yolcu	Yaralı yaya	Yaralı toplam
2013	10467	97	10370	41	38	30	109	6155	7396	3072	16623
2014	10807	105	10702	49	42	34	125	6263	7727	3266	17256
2015	11015	107	10908	52	51	36	139	6664	7741	3034	17439
2016	11130	111	11019	48	39	40	127	6702	7811	3041	17554
2017	11274	99	11175	49	60	25	134	6967	7706	2915	17588
2018	11483	111	11372	54	45	37	136	6829	7565	3123	17517
2019	10548	75	10473	32	29	31	92	6177	6723	3002	15902
2020	8738	75	8663	42	39	17	98	5659	4820	1933	12412
Toplam	85462	780	84682	367	343	250	960	51416	57489	23386	132291
Ortalama	10682.8	97.5	10585.3	45.9	42.9	31.3	120.0	6427.0	7186.1	2923.3	16536.4

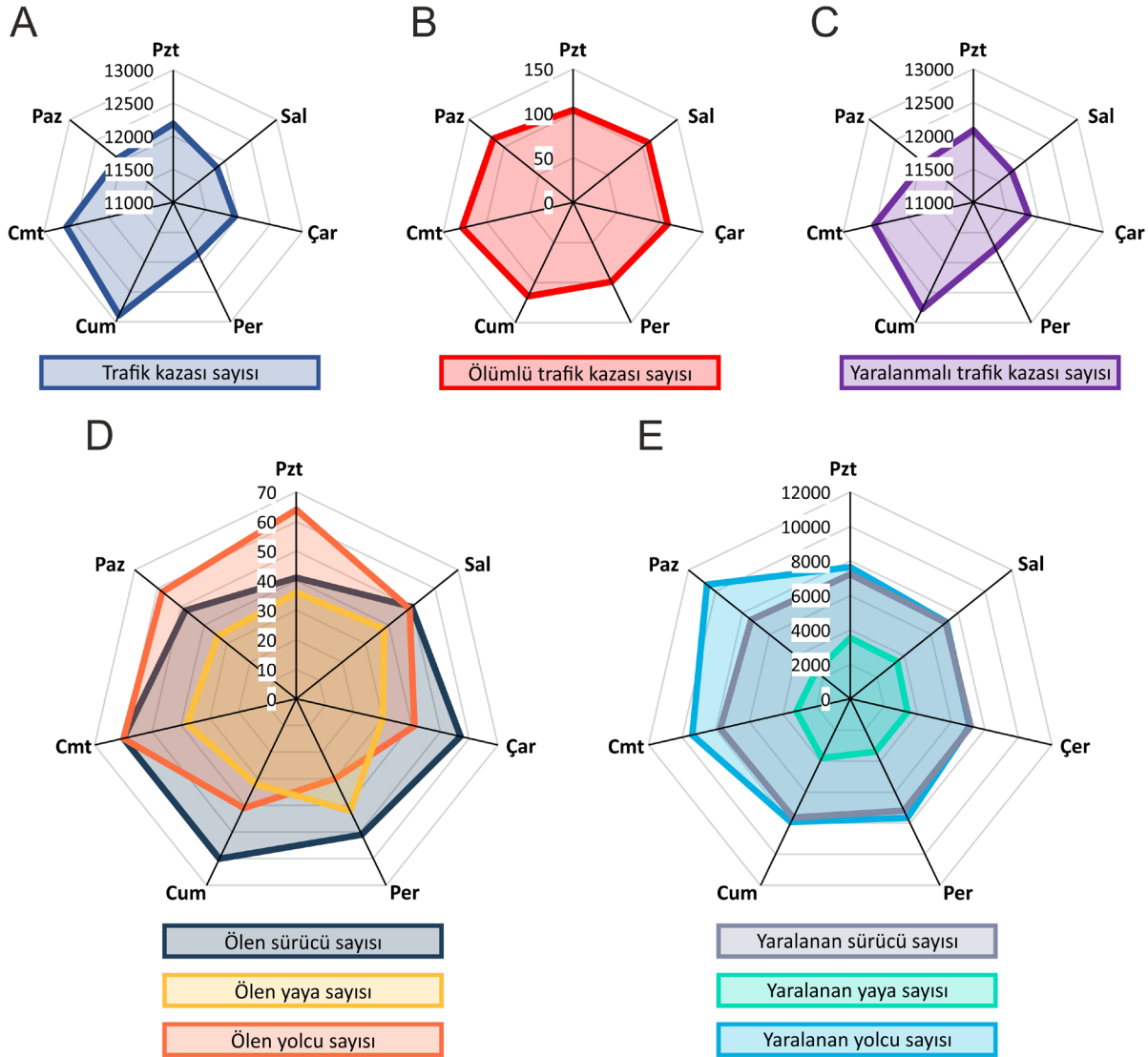
**Şekil 4:** A) toplam, B) ölümlü ve C) yaralanmalı trafik kazalarının aylara göre dağılımı. D) Ölüm ve E) yaralanma ile sonuçlanan trafik kazalarının sürücü, yaya ve yolculara göre aylık dağılımı.**Figure 4:** Monthly distribution of A) total, B) fatal, and C) injury traffic accidents. Monthly distribution of traffic accidents resulting in D) fatalities and E) injuries by drivers, pedestrians, and passengers.

artış eğiliminde olduğu, buna karşılık, son iki yılda ise azalma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3-A).

Sözü edilen dönemde il genelinde meydana gelen 780 ölümlü trafik kazasında toplam 960 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu ölümlerin 367'si sürücü, 343'ü yolcu ve 250'si ise yaya ölümlerdir. Yılda ortalama 120 kişi trafik kazası nedeniyle hayatını kaybederken (Tablo 1), 2018 yılından sonra ölümlerde azalma eğilimi söz konusudur (Şekil 3-B). Buna ek olarak, 84.682 yaralanmalı trafik kazası toplam 132.291 kişinin yaralanmasıyla sonuçlanmıştır. Yaralanmalı trafik kazalarının zamansal eğilime de ölümlere benzer şekilde 2018 yılını takip eden son iki yılda azalma eğilimi göstermektedir (Şekil 3-C). Trafik kazalarına ilişkin detaylı sayısal veriler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Ankara ilinde ayda ortalama 7.000 trafik kazası meydana gelmektedir. Trafik kazalarının yıl içinde aylara göre dağılımına bakıldığında, aylar arasında çok belirgin bir fark bulunmamaktadır. Ancak, mayıs ayından kasım ayına kadar olan dönemde göreceli bir artış gözlemlenmektedir (Şekil 4-A). Yaz aylarında, ölümlü trafik kazalarının daha sık meydana geldiği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, özellikle temmuz ayı, kaydedilen ölümlerin en yoğun yaşandığı ay olarak ön plana çıkmaktadır (Şekil 4-B). Yaralanmalı trafik kazalarının dağılımı ise toplam trafik kazalarının dağılımına benzer şekildedir (Şekil 4-C).

Sürücü ölümlerinin en yüksek seviyede olduğu dönemler, özellikle temmuz ve kasım aylarıdır. Yolcu ölümleri genellikle yaz aylarında artış göstermektedir. Bununla birlikte, yaya



Şekil 5: A) toplam, B) ölümlü ve C) yaralanmalı trafik kazalarının günlere göre dağılımı. D) Ölüm ve E) yaralanma ile sonuçlanan trafik kazalarının sürücü, yaya ve yolculara göre günlük dağılımı.

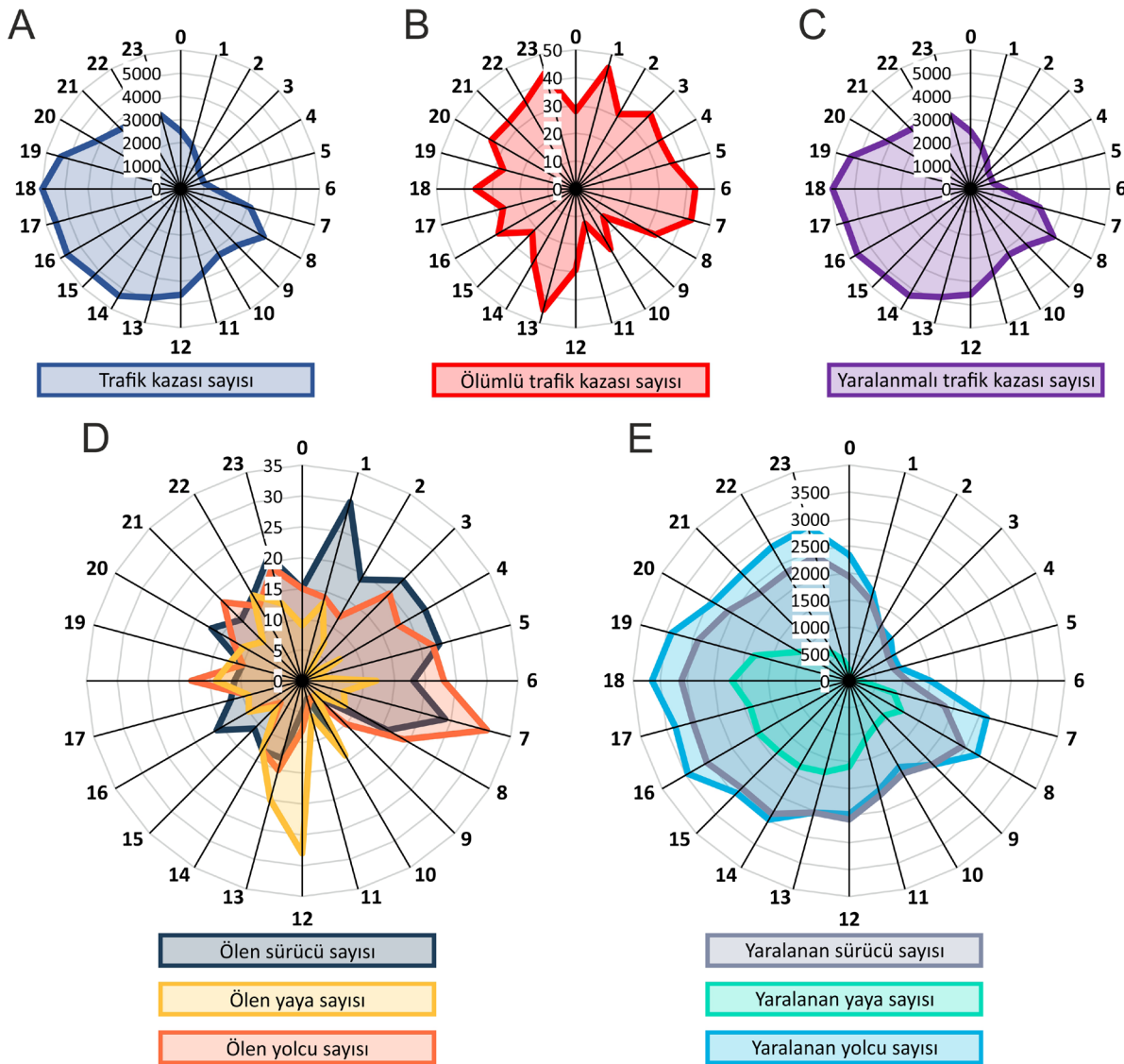
Figure 5: Distribution of A) total, B) fatal, and C) injury traffic accidents by day. Daily distribution of traffic accidents resulting in D) fatalities and E) injuries by drivers, pedestrians, and passengers.

ölümleri ise daha homojen bir dağılıma sahip olup, belirgin bir aylık değişkenlik göstermemektedir (Şekil 4-D). Mayıs ile ekim ayları arasında, yaralı sürücü ve yolcu sayılarında bir artış gözlemlenmektedir. Bu artış eğilimi, özellikle temmuz ve ağustos aylarında yaralı yolcu sayısının en yüksek değere ulaştığı yaz aylarında daha belirgindir. Diğer taraftan, homojen dağılıma sahip yaralı yayaların sayısında aylık değişkenlik görülmektedir (Şekil 4-E).

Trafik kazalarının günlük dağılım deseni incelendiğinde, özellikle cuma ve cumartesi günlerinde belirgin bir artışın olduğunu görür. Bu iki gün, diğer günlere kıyasla trafik kazalarının daha sık meydana geldiği günler olarak ön plana

çıkılmaktadır. Diğer günler ise benzer bir dağılım yansıtmaktadır (Şekil 5-A). Ölümlü trafik kazalarının günlük dağılımı incelendiğinde, hafta içinde genel olarak benzer bir dağılım deseni gözlemlenmekle birlikte cuma, cumartesi ve pazar günleri ölümlerin arttığı görülmektedir (Şekil 5-B). Yaralanmalı trafik kazaları ise genel olarak toplam trafik kazalarının dağılıma benzer bir desene sahiptir (Şekil 5-C). Günlük dağılım desenine ait bu sonuçlar, hafta içi ve hafta sonu arasında belirgin bir farkın olduğunu ortaya koymaktadır.

Trafik kazalarında hayatını kaybeden sürücülerin sayısı, özellikle çarşambadan cumartesiye kadar olan günlerde belirgin bir artış göstermektedir. Bununla birlikte, ölen yolcuların sayısı



Şekil 6: A) toplam, B) ölümlü ve C) yaralanmalı trafik kazalarının saatlik dağılımı. D) Ölüm ve E) yaralanma ile sonuçlanan trafik kazalarının sürücü, yaya ve yolculara göre saatlik dağılımı.

Figure 6: Hourly distribution of A) total, B) fatal, and C) injury traffic accidents. Hourly distribution of traffic accidents resulting in D) fatalities and E) injuries by drivers, pedestrians, and passengers.

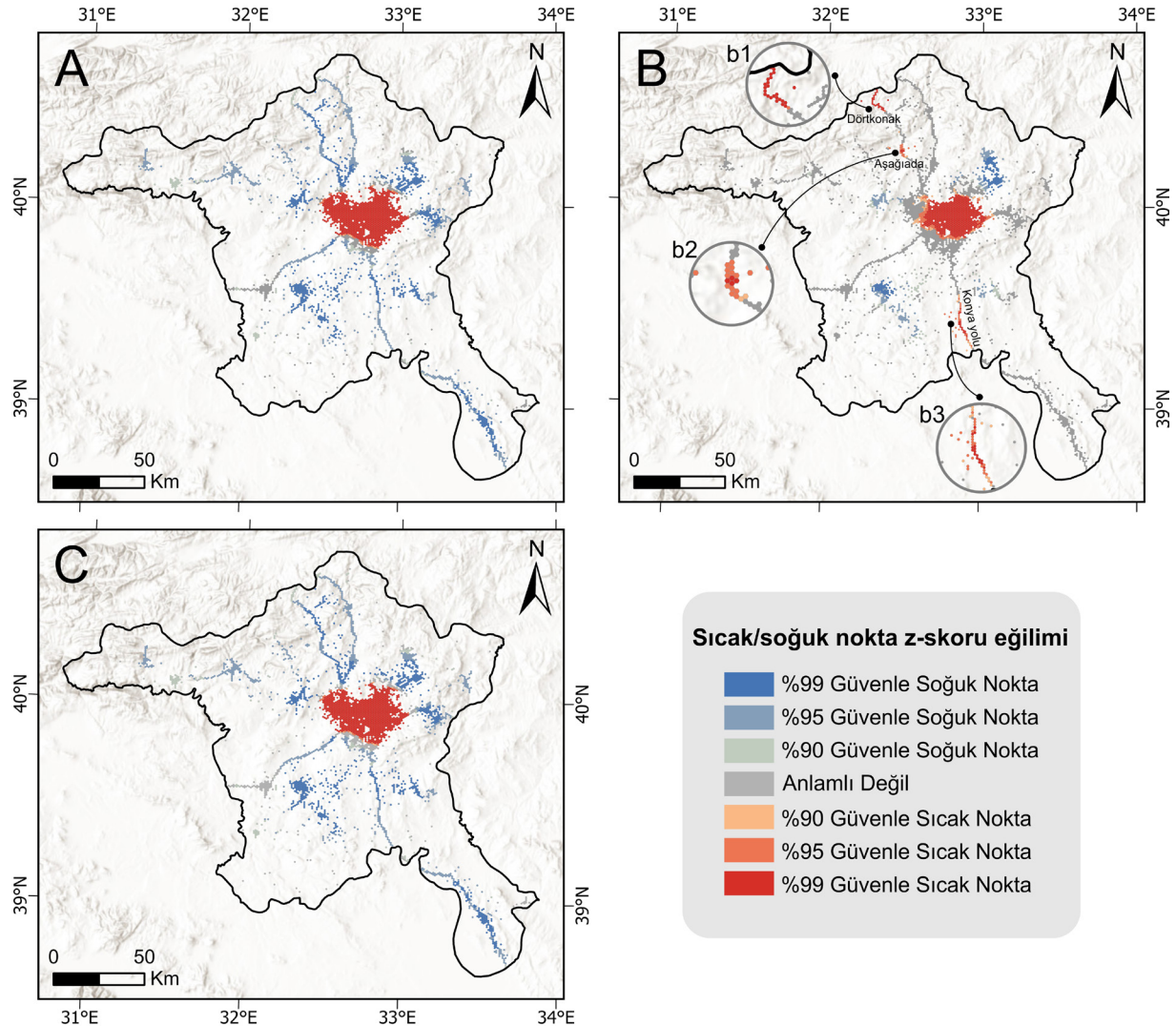
cumartesiye kadar olan günlerde en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Ölen yaya sayıları ise perşembe günü haricinde homojen bir dağılıma sahiptir (Şekil 5-D). Buna karşılık, sürücü ve yaya yaralanmalarında belirgin bir günlük desen belirlenemezken, yolcu yaralanmalarında ise hafta sonu arttığı görülmektedir (Şekil 5-E).

Trafik kazalarının sıklığı sabah 7-8 ve öğlen 12'den akşam 19'a kadar trafiğin yoğun olduğu saatlerde en yüksek değerlere ulaşırken, günün diğer saatlerinde belirgin şekilde düşmektedir (Şekil 6-A). Yararlanmalı trafik kazaları da benzer dağılım söz konusudur (Şekil 6 A). Buna karşılık, ölümlü trafik kazalarının saatlik dağılım deseni gün içinde farklı saatlerde yoğunluk göstermektedir. Bu bakımdan gece 1, sabah 6-7, öğlen 13 ve akşam 23 ölümlü trafik kazalarının daha sık meydana geldiği saatler olarak öne çıkmaktadır (Şekil 6-B).

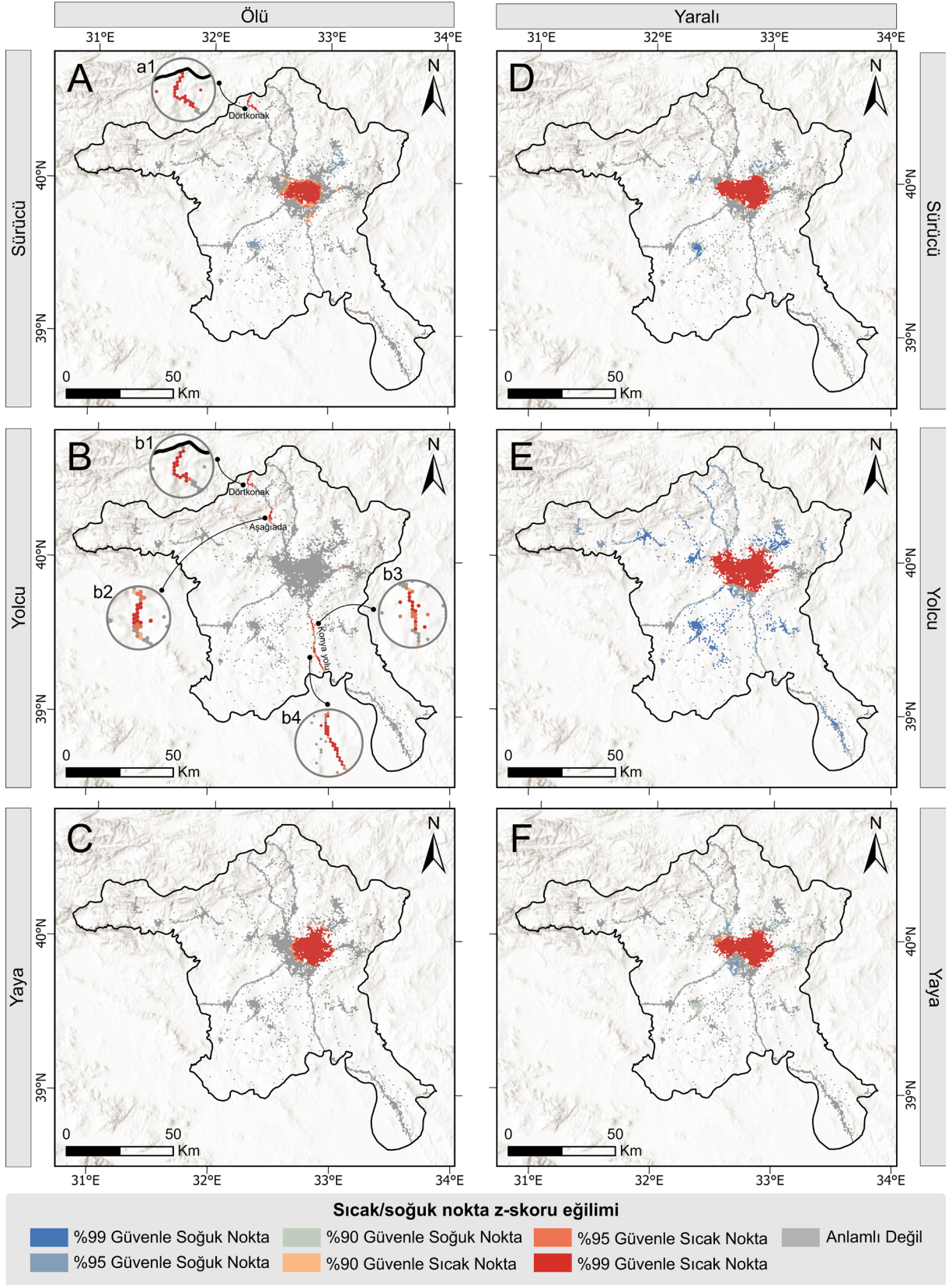
Trafik kazalarının neden olduğu ölümler, trafik aktörleri açısından farklı bir saatlik dağılım sergilemektedir. Gün boyunca, sürücü ölümleri gece saatlerinden sabah saatlerine (1-7 arası) kadar daha sık meydana gelirken, yolcu ölümleri sadece sabahın erken saatlerinde (6-7) daha sık meydana gelmektedir. Buna karşılık, yaralanmaların trafik aktörlerine göre dağılımı gün içerisinde benzer bir desen göstermektedir. Yaralanmalar tüm trafik aktörleri için genel olarak sabah 7-8 ile öğlen 1'den akşam 19'a kadar yoğunluk göstermektedir (Şekil 6-D). Yaya yaralanmalarından farklı olarak sürücü ve yolcu yaralanmalarının gece yarısına kadar sık olduğu görülmektedir (Şekil 6-E).

4.2. Trafik Kazalarının Mekânsal Dağılımı

Trafik kazalarının tamamı ve yaralanmalı trafik kazaları için yapılan optimize edilmiş sıcak nokta analizi sonuçları, şehir

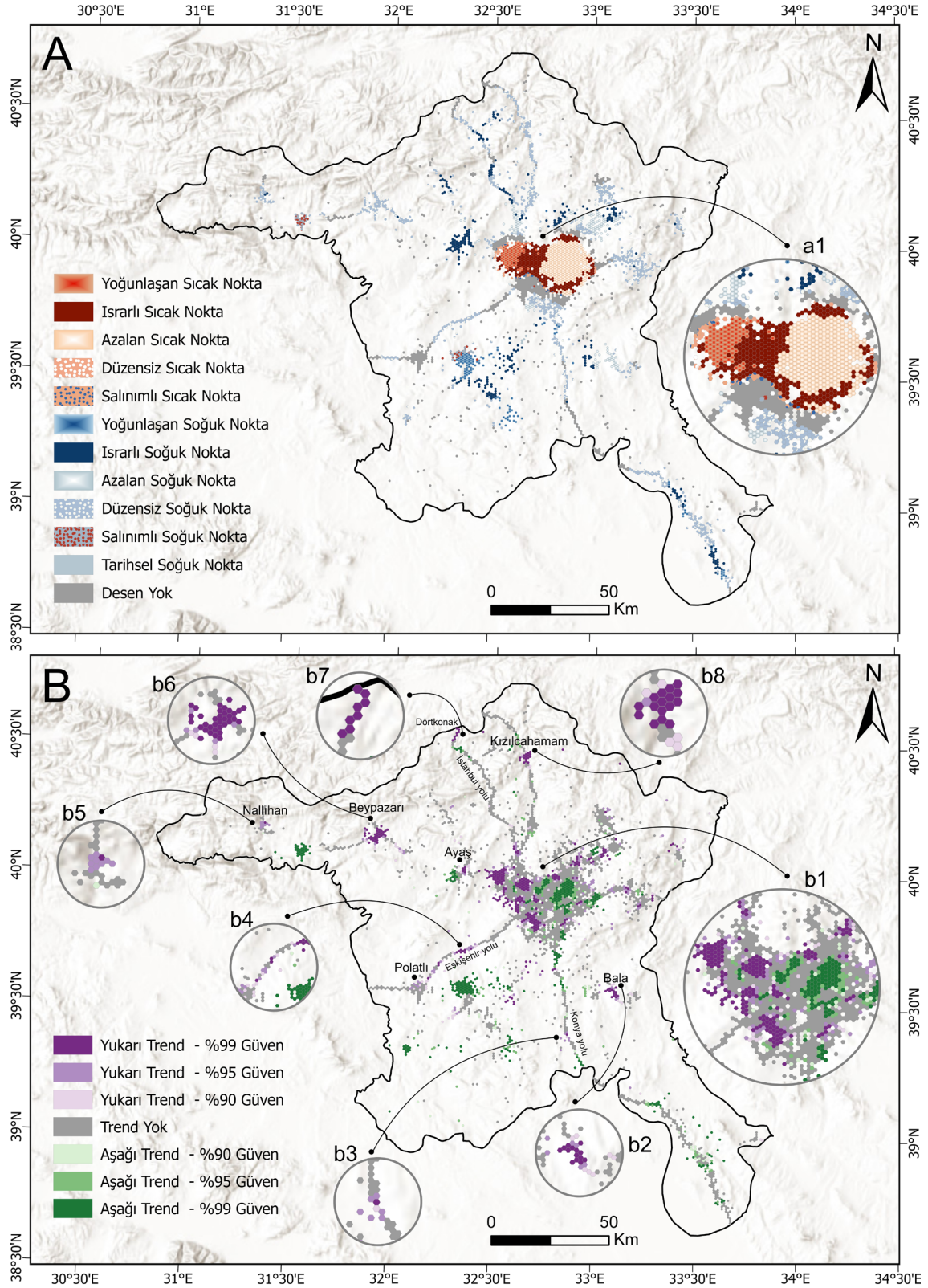


Şekil 7: Optimize edilmiş sıcak nokta analizi sonuçlarına göre **A)** toplam, **B)** ölümlü ve **C)** yaralanmalı trafik kazalarının yoğunlaştığı bölgeler.
Figure 7: Areas where **A)** total, **B)** fatal, and **C)** injury traffic accidents are concentrated according to the Optimized Hot Spot Analysis results.



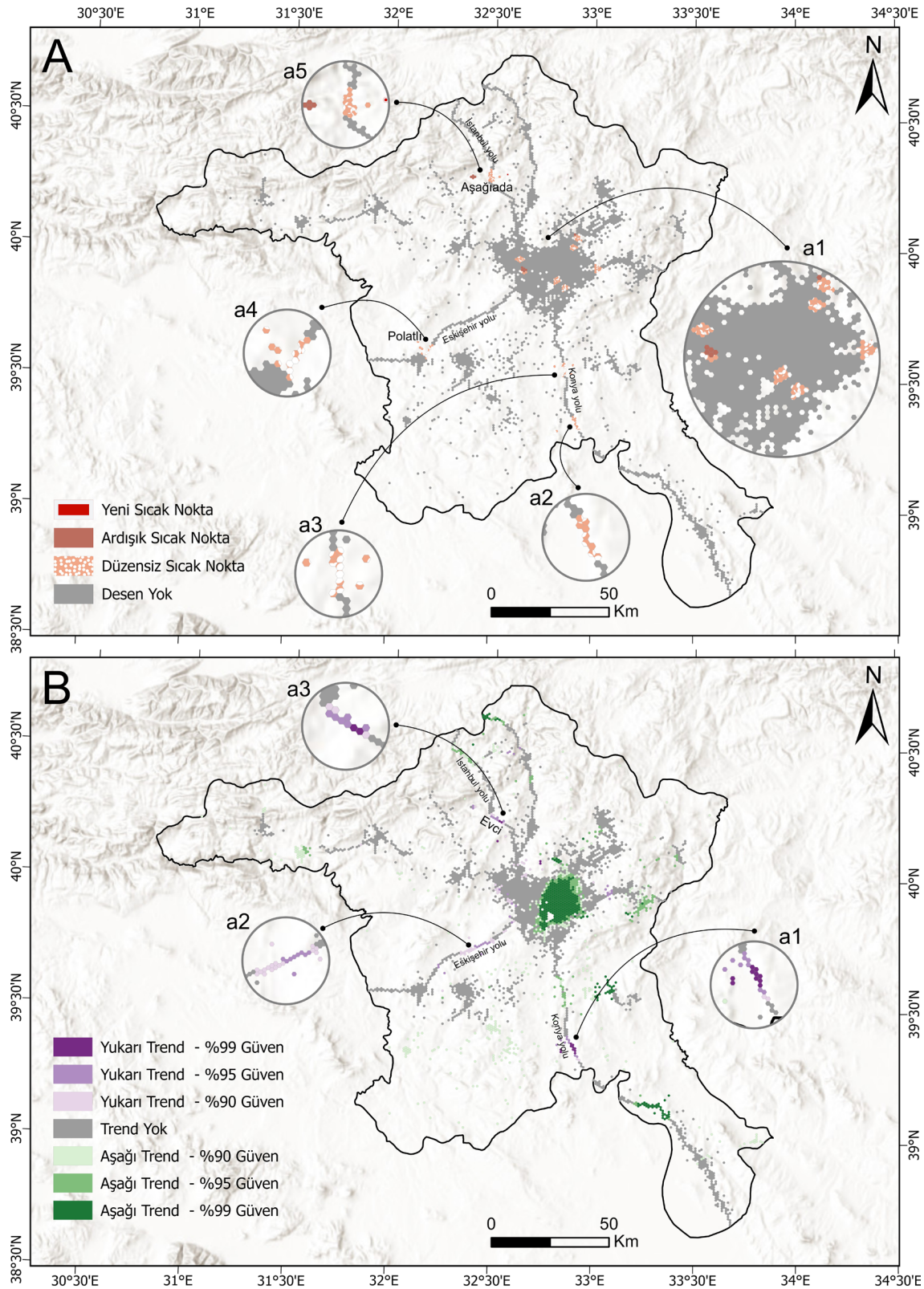
Şekil 8: Optimize edilmiş sıcak nokta analizi sonuçlarına göre **A)** sürücü, **B)** yolcu ve **C)** yaya ölümlü trafik kazalarının; **D)** sürücü, **E)** yolcu ve **F)** yaya yaralanmalı trafik kazalarının yoğunlaştığı bölgeler.

Figure 8: According to the results of the Optimized Hot Spot Analysis, **A)** driver, **B)** passenger, and **C)** pedestrian fatal traffic accidents; **D)** driver, **E)** passenger, and **F)** pedestrian injury traffic accidents are concentrated.



Şekil 9: Trafik kazalarının **A)** gelişen sıcak nokta konumlarının mekânsal-zamansal deseni ve **B)** eğilimi. Daireler, haritada yer alan sıcak noktaları ve eğilimleri yakınlaştırılmış olarak göstermektedir.

Figure 9: Spatio-temporal pattern of **A)** Emerging Hot Spot locations and **B)** trends of traffic accidents. Circles show zoomed-in hot spots and trends on the map.



Şekil 10: Trafik kazalarının neden olduğu ölümlerin **A)** gelişen sıcak nokta konumlarının mekânsal-zamansal deseni ve **B)** eğilimi. Daireler, haritada yer alan sıcak noktaları ve eğilimleri yakınlaştırılmış olarak göstermektedir.

Figure 10: Spatio-temporal pattern of **A)** Emerging Hot Spot locations and **B)** trend of fatalities caused by road traffic accidents. Circles show zoomed-in hot spots and trends on the map.

merkezinde %99 güven düzeyinde sıcak nokta karakterinde mekânsal kümelenme olduğunu göstermektedir. Çevre ilçe ve illerle ulaşımı sağlayan karayolları ile ilçe merkezleri soğuk noktalar ile temsil edilmektedir (Şekil 1-A ve C).

Buna karşılık, ölümlü trafik kazaları ise farklı bir mekânsal dağılıma sahiptir (Şekil 7-B). Ölümlü trafik kazaları sadece şehir merkezinde değil, aynı zamanda çevre ilçe ve illerle ulaşımı sağlayan karayollarında da sıcak nokta (z-skor: %90, %95 ve %99 güven aralığında) deseni sunmaktadır. Ölümlü trafik kazaları, kuzeyde Ankara-İstanbul bağlantısını sağlayan Anadolu otoyolunun iki farklı bölgesinde (Şekil 7-B, b1 ve b2) ve güneyde Ankara-Konya karayolu üzerinde (Şekil 7-B, b3) sıcak nokta karakterinde kümelenme göstermektedir.

Şekil 8, trafik aktörlerine göre ölümlü ve yaranmalı trafik kazalarının optimize edilmiş sıcak nokta analizinin z-skor dağılımından elde edilen yoğunluk bölgelerini göstermektedir.

Sürücü ölümleri, şehir merkezi (Şekil 8-A) ile birlikte Ankara-İstanbul bağlantısını sağlayan Anadolu otoyolunun Ankara çıkışında yoğunlaşmıştır (Şekil 8-A, a1). Yolcu ölümleri, aynı otoyolun kuzeyinde farklı iki bölgede (Şekil 8-B, b1 ve b2) gerçekleşmiştir. Burada a1 ve b1 aynı bölgeyi temsil etmektedir. Ayrıca, güneyde Ankara-Konya yolu üzerindeki iki farklı bölge (b3 ve b4) yaya ölümlerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Yaya ölümleri ise sadece şehir merkezinin doğu bölümünde sıcak nokta olarak kümelenmiştir (Şekil 8-C). Bununla birlikte, yaranmalı trafik kazaları genel olarak şehir merkezinde sıcak nokta eğilimindedir. Bu kazaların trafik aktörlerine göre sundukları farklı dağılım desenleri şehir içi ile sınırlıdır (Şekil 8-D, E ve D). Bu sonuçlar, özellikle ölümlü trafik kazalarının trafik aktörlerine göre farklı mekânsal dağılım desenine sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

4.3. Trafik Kazalarının Mekânsal ve Zamansal Dağılımı

Gelişen sıcak nokta analizi sonuçları, hem trafik kazaları (Şekil 9) hem de bu kazaların neden olduğu ölümler (Şekil 10) için sıcak nokta modelinin, mekânsal-zamansal deseninin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Herhangi bir sıcak nokta deseni tespit edilemeyen altıgenler göz ardı edildiğinde, trafik kazaları için sıcak noktalar şehir merkezinde yoğunlaşırken, çevre ilçe ve illere ulaşımı sağlayan karayolları ile yerleşim merkezlerinde soğuk noktalar yoğunluk göstermektedir. Şehir merkezinde kümelenen sıcak noktaların mekânsal-zamansal deseni, büyük ölçüde sırasıyla azalan sıcak nokta, ısrarlı sıcak nokta ve yoğunlaşan sıcak nokta karakterindedir.

Azalan sıcak noktaların, şehir merkezinin doğusunda kümelenmediği görülmektedir. Azalan sıcak noktalar, zaman adımı aralıklarının %90'ında istatistiksel olarak belirgin bir şekilde var olan sıcak noktalar ve her bir zaman adımında kümelenme yoğunluğu azalma eğilimindedir. Zaman adımı aralıklarının %90'ında anlamlı sıcak nokta olan ve zaman içinde kümelenme yoğunluğunda önemli bir değişiklik eğilimi göstermeyen ısrarlı sıcak noktalar, azalan sıcak noktaların çevresi ile birlikte özellikle batısında kümelenmektedir. Şehir merkezinin batısında ise zaman adımları boyunca kümelenme yoğunluğunun genel olarak artması ile karakterize olan, yoğunlaşan sıcak noktaların baskın olduğu görülmektedir (Şekil 9-A).

Trafik kazalarının eğilim analizi, özellikle şehir merkezinin batı bölümü (Şekil 9-B, b1) ile çevre ilçelerde ve bu ilçelere ulaşımı sağlayan karayollarında önemli bir artış eğilimi göstermektedir (Şekil 9-B, b2-b8). Şehir merkezinin doğu bölümünde ise düşüş eğilimine dönüşmüştür.

Trafik kazalarının neden olduğu ölümler için düzensiz sıcak nokta, ardışık sıcak nokta ve yeni sıcak nokta olmak üzere üç farklı desen tespit edilmiştir (Şekil 10-A). Tespit edilen sıcak nokta deseni genel anlamda dağınık bir karaktere sahiptir.

Ölümler için en baskın tip olan düzensiz sıcak noktalar, şehir merkezinde dağınık bir şekilde, kuzeyde Ankara-İstanbul bağlantısını sağlayan Anadolu otoyolunda, güneyde Ankara-Konya karayolunda ve batıda Ankara-Eskişehir karayolunda ortaya çıkmıştır (Şekil 10-A, a1-a5). Bu düzensiz sıcak noktaların, zaman adımı aralıklarının %90'ından azı istatistiksel olarak anlamlı sıcak noktalar olmuştur ve zaman adımı aralıklarının hiçbirisi istatistiksel olarak anlamlı soğuk noktalar olmamıştır. İkinci baskın tip olan ardışık sıcak noktalar, şehir merkezinin batısı (Şekil 10, a1) ile kuzeyde İstanbul yolu üzerinde ortaya çıkan sıcak noktaların batısında (Şekil 10-A, a5) görülmektedir. Ardışık sıcak noktalar, son zaman adımı aralıkları dışında daha önce hiçbir zaman istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak nokta olmamıştır ve zaman adımlarının %90'ından azı istatistiksel olarak anlamlı sıcak noktalar. En az baskın olan yeni sıcak nokta (daha önce hiç istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak nokta değilken, son zaman adımı için istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak nokta) tipinin sayısı oldukça sınırlıdır ve kuzeyde İstanbul yolunda yalnızca bir noktada ortaya çıkmıştır (Şekil 10-A, a5).

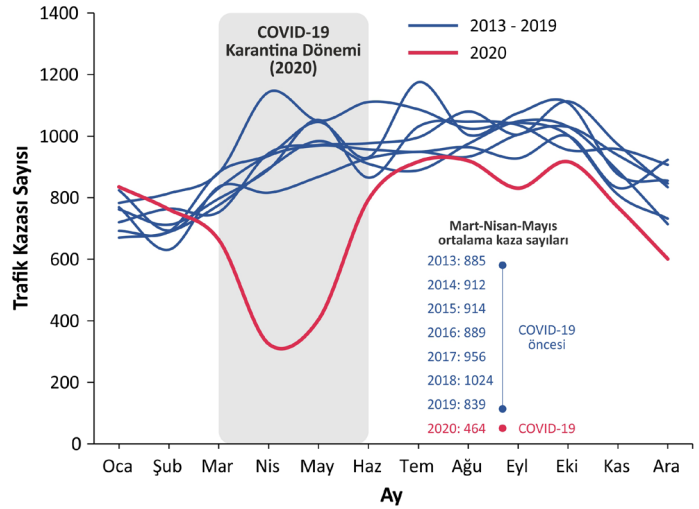
Trafik kazalarının eğilim analizi sonuçlarının aksine, ölümlerin eğilimi daha tek düze bir desene sahiptir. Bununla birlikte, trafik kazalarının eğilimine benzer şekilde şehir merkezinin doğusunda

ölümlerin de düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 10-B). Ölümlere ait istatistiksel anlamlı artış eğilimleri ise yine kuzeyde İstanbul yolu, güneyde Konya yolu ve batıda Eskişehir yolu üzerinde tespit edilmiştir (Şekil 10-B, a1-a3).

5. TARTIŞMA

Çalışma kapsamında ele alınan 2013-2020 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının yıllık dağılımı, 2018 yılına kadar devam eden yumuşak bir artış eğilimi gösterirken, 2018 sonrasında bir düşüş eğiliminin başladığını göstermektedir (Şekil 3-A). Özellikle 2020 yılındaki kaza sayısı (n: 8.738), ortalamanın (n: 10.682) altına düşmüştür. 2019 yılında gözlemlenen düşüşün rastlantısal mı yoksa doğal bir azalma mı olduğu konusunda belirsizlik söz konusudur. Ayrıca, dünya genelinde ve Türkiye’de son yıllarda trafik kazalarında bir düşüş eğilimi söz konusudur (WHO, 2023; TÜİK, 2023a). Ancak, 2020 yılındaki düşüşün COVID-19 salgını ile ilişkilendirilmesi daha sağlam bir temele dayanmaktadır (Gupta vd., 2021; J. Lee vd., 2023a; Oguzoglu, 2020; Patwary ve Khattak, 2023; Saladié vd., 2020). Nitekim, 2020 yılında başlayan COVID-19 salgını, mart ayında başlayan kısmi yasaklar ve ardından nisan ve mayıs aylarındaki sokağa çıkma yasakları gibi önlemler, toplu taşıma kullanımının azalması ve sürücülerin seyahat alışkanlıklarındaki değişiklikler nedeniyle trafik kazalarında belirgin bir azalmayı beraberinde getirmiştir. Bu durum, trafik kaza sayılarındaki azalma eğilimine doğrudan katkı sağlamıştır. Şekil 11, Ankara’daki trafik kazalarının yıllara göre aylık eğilimini göstermektedir. Zaman serisi COVID-19 karantina döneminde kayda değer azalmayı yakalamaktadır. Mart ayı itibariyle kaza sayıları düşmeye başlamış; nisan ve mayıs ayında ise minimuma ulaşmıştır. Haziran ayı itibariyle kısıtlamaların kademeli olarak kaldırılmasıyla birlikte kazalar artarken, değerler pandemi öncesi eğilimlere geri dönmüştür.

Zaman serisi analizi, aylık olarak başka bir değişimin varlığını da ortaya koymuştur. Yaz aylarında, trafik kazaları ve neden oldukları ölümler artış göstermektedir (Şekil 4). Bu sonuçlar, çeşitli faktörler nedeniyle trafik kazalarının yaz aylarında zirve yaptığını ve kış aylarında azaldığını gösteren çalışmalar ile uyumludur. Yaz aylarında, tatil nedeniyle artan yol aktivitesi (Erenler ve Gümüş, 2019; Infante vd., 2023; Karacasu vd., 2011; Wiratama vd., 2021), sürücü hatalarına ve mekanik sorunlara neden olan daha yüksek sıcaklıklar (Basagaña ve Peña-Ramirez, 2023), genç ve deneyimsiz sürücülerdeki artış (Lee vd., 2023b) ve daha fazla alkollü araç kullanımına yol açan yüksek alkol tüketimi (Foster vd., 2015; Kielminski vd., 2023) gibi faktörler trafik kazalarındaki artışa katkıda bulunur.



Şekil 11: Ankara'daki trafik kazalarının COVID-19 öncesi (2013-2019) ve sonrası (2020) aylık eğilimi.

Figure 11: Monthly trend of traffic accidents in Ankara before (2013-2019) and after (2020) COVID-19.

Haftalık dağılıma bakıldığında, trafik kazaları ve neden oldukları ölümler cuma günü dahil olmak üzere hafta sonu daha sık görülmektedir (Şekil 5). Bu farklılık, hafta içi ve hafta sonu seyahat edenler arasındaki sürücü davranışlarından kaynaklanabilir. Hafta sonları genellikle alkol tüketiminin daha yaygın olduğu sosyal etkinlikleri içerir. Bu durum, alkollü sürücülerin sayısının artmasına ve kaza riskinin yükselmesine neden olur (Foster vd., 2015; Se vd., 2022). Ayrıca, hafta sonu geceleri daha fazla insanın geç saatlere kadar dışarıda kalması, gece sürüşlerini artırması gibi ek zorlukları beraberinde getirerek kaza olasılığını artırabilir (Doherty vd., 1998).

Trafik kazaları, gün içerisinde trafik yoğunluğunun en fazla olduğu saatlere karşılık gelmektedir. Buna karşılık, ölümlerle sonuçlanan bu kazaları ise genellikle gece geç saatlerde ve sabahın erken saatlerinde zirve yapmaktadır (Şekil 6). Ölümlerin gece saatlerindeki artışı, görüş mesafesinin azalması (Ackaah vd., 2020), alkol tüketimine bağlı olarak daha yüksek alkollü araç kullanma vakaları (Doherty et al., 1998) ve bu saatlerde sürücü yorgunluğunun artması (Sungur vd., 2014; Williams, 2018) gibi çeşitli faktörler sonucu meydana gelmektedir.

Optimize edilmiş sıcak nokta analizi, şehir merkezi ve çevre ilçe/iller arasındaki karayolları üzerindeki çeşitli mekânsal kümelenme desenlerini ortaya koymaktadır. Trafik kazaları, %99 güven düzeyinde şehir merkezinde sıcak nokta karakterinde mekânsal kümelenme göstermektedir. Ancak, ölümlü trafik kazalarının mekânsal dağılımı incelendiğinde ise farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Şehir merkezinin yanı sıra çevre ilçe ve

illerle ulaşımı sağlayan karayollarında da sıcak nokta deseni ortaya çıkmaktadır. Ankara-İstanbul bağlantısını sağlayan Anadolu otoyolu (Şekil 7-B, b1 ve b2) ve Ankara-Konya karayolu (Şekil 7-B, b3) üzerinde belirgin sıcak nokta kümelenmeleri gözlemlenmektedir. Bu ölümlü kazalar trafik aktörlerine göre ele alındığında, sürücü ölümleri şehir merkezi ile İstanbul yolunun Ankara çıkışında yoğunlaşmaktadır (Şekil 8-A, a1). Yolcu ölümleri şehir merkezinde gözlenmezken, sadece İstanbul yolu ve Konya yolunda belirgin sıcak nokta deseni sergilemektedir (Şekil 8-B, b1-b3). Sürücü ölümlerinin şehir merkezi ve Anadolu otoyolunun Ankara çıkışında yoğunlaştığı gözlemlenirken (Şekil 8-B'de a1), yolcu ölümleri ve yaya ölümleri farklı bölgelerde meydana gelmektedir. Yaya ölümleri ise sadece şehir merkezinde kümelenmiştir (Şekil 8-C). Bu sonuçlar, trafik kazalarının ve ölümlerin yalnızca şehir merkeziyle sınırlı olmadığını, trafik aktörlerine göre mekânsal farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Gelişen sıcak nokta analiz sonuçlarına göre trafik kazaları için şehir merkezinin doğu bölümünde kümelenen azalan sıcak nokta karakteri, azalan eğilim ile örtüşmektedir. Şehir merkezinin batı bölümündeki artan ve ısrarlı sıcak noktalar ise artan eğilim ile desteklenmektedir. Buna karşılık, çevre ilçe ve iller arasındaki karayolları ile ilçe merkezleri soğuk nokta karakterinde olmasına rağmen, artan eğilime sahip olan bölgelerin varlığı dikkat çekmektedir (Şekil 9-A-B).

Şekil 7-B'de gösterilen ölümlü trafik kazalarının yoğunlaştığı bölgeler mekânsal olarak sıcak noktalar olsa da zaman boyutu eklendiğinde sıcak nokta deseni değişmiştir. Ölümlü trafik kazalarının gelişen sıcak nokta deseni, şehir merkezinde dağınık şekilde lokal olarak kümelenmektedir (Şekil 10-A, a1). Mekânsal olarak sıcak nokta karakterinde olan Şekil 7'deki b1, zaman boyutu dahil edildiğinde herhangi bir desen vermemiştir (Şekil 10-A). Çevre ilçe ve illerle ulaşımı sağlayan karayollarındaki diğer sıcak noktalar (Şekil 7, b2 ve b3), zaman boyutuyla birlikte önemini korurken (Şekil 10-A, a2, a3 ve a5), ek olarak yeni sıcak bölgeler ortaya çıkmıştır (Şekil 10-A, a4). Genel olarak ölümlü trafik kazalarının oluşturduğu sıcak nokta deseninin karakteri, artan eğilim analizi sonuçları ile mekânsal olarak örtüşmektedir (Şekil 10-B).

6. SONUÇ

Bu çalışma, Ankara ilinde 2013-2020 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının zamansal ve mekânsal analizini sunmaktadır. Toplam 85.462 trafik kazası kaydedilmiş olup, yılda ortalama 10.682 kaza gerçekleşmiştir. Kaza sayıları, 2018

yılına kadar artış eğiliminde olup, ancak son iki yılda belirgin bir azalma göstermektedir. Özellikle 2020'deki düşüş COVID-19 salgını ile yakından ilişkilidir.

Mayıs ile ekim ayları arasında trafik kazalarında belirgin bir artış görülürken, özellikle yaz aylarında ölümlü kazaların arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, hafta sonlarında da trafik kazalarının ve ölümlerinin daha sık meydana geldiği görülmüştür. Bununla birlikte, trafik kazalarının yoğunluğunun sabah saatlerinde ve öğlen saatlerinden akşama kadar en yüksek olduğu, ölümlü kazaların ise gece saatlerinde arttığı ve sabahın erken saatlerinde zirveye ulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, sürücü ölümlerinin genellikle gece saatlerinden sabah saatlerine kadar daha sık meydana geldiği, yolcu ölümlerinin sadece sabahın erken saatlerinde arttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, trafik kazalarının ve neden oldukları ölümlerin trafik aktörleriyle birlikte zamansal farklılıklara sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Optimize edilmiş sıcak nokta analizi, şehir merkezindeki trafik kazalarının ve yaralanmaların %99 güven düzeyinde mekânsal kümelenme gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak, ölümlü trafik kazaları farklı bir mekânsal dağılıma sahiptir. Ölümlü kazalar sadece şehir merkezinde değil, aynı zamanda çevre ilçe ve illerle ulaşımı sağlayan karayollarında da belirgin sıcak nokta desenleri oluşturmaktadır. Ayrıca, trafik aktörlerinin ölümleri de şehir merkezi ve şehir dışındaki karayollarını kapsayacak şekilde mekânsal farklılık göstermektedir.

Mekânsal ve zamansal dağılımı birlikte ele alan gelişen sıcak nokta analizi, şehir merkezi ve çevre ilçe ve iller arasındaki karayollarında farklı mekânsal kümelenme desenleri oluşturmuştur. Trafik kazaları incelendiğinde, şehir merkezinde sıcak noktaların yoğunlaştığı, özellikle doğu bölgesinde azalan sıcak noktaların belirgin olduğu ve batı bölgesinde ise yoğunlaşan ve ısrarlı sıcak noktaların bulunduğu görülmüştür. Eğilim analizi, özellikle şehir merkezinin batı bölümü ile çevre ilçelerde ve karayollarında artış eğilimi göstermektedir. Ölümlere neden olan trafik kazaları için düzensiz, ardışık ve yeni sıcak nokta desenleri belirlenmiştir. Baskın olan düzensiz sıcak noktalar, şehir merkezi ve çevre karayollarında görülmektedir.

Sonuçlar, trafik kazalarının ve ölümlerinin tekdüze bir dağılıma sahip olmadığını, kazanın türüne ve trafik aktörlerine göre zamansal ve mekânsal farklılıklar gösterdiğinin altını çizmektedir. Çalışmanın bulguları, zamansal ve mekânsal farklılıklara dikkat çekerek, trafik kazalarının anlaşılmasını ve buna yönelik etkili güvenlik politikalarının geliştirilmesine rehberlik etmesi bakımından önem taşımaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- S.F.; Veri Toplama- S.F.; Veri Analizi/Yorumlama- S.F., M.Y.; Yazı Taslağı- S.F., M.Y., E.A., M.A.Ö.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- S.F., M.Y., E.A., M.A.Ö.; Son Onay ve Sorumluluk- S.F., M.Y., E.A., M.A.Ö.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Teşekkür: Yazarlar, trafik kazası verilerinin temin edilmesinde Ankara Emniyet Müdürlüğü Trafik Şube Müdürlüğü'ne teşekkür eder. Seçkin Fidan, katkı ve önerileri için Prof. Dr. Tolga Görüm'e teşekkür eder.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of Study- S.F.; Data Acquisition- S.F.; Data Analysis/Interpretation- S.F., M.Y.; Drafting Manuscript- S.F., M.Y., E.A., M.A.Ö.; Critical Revision of Manuscript- S.F., M.Y., E.A., M.A.Ö.; Final Approval and Accountability- S.F., M.Y., E.A., M.A.Ö.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

Acknowledgements: The authors would like to thank Ankara General Directorate of Police Traffic Branch Directorate for providing the traffic accident data. Seçkin Fidan would like to thank Prof. Dr. Tolga Görüm for his contributions and suggestions.

KAYNAKÇA/ REFERENCES

Ackaaah, W., Apuseyine, B. A., & Afukaar, F. K. (2020). Road traffic crashes at night-time: characteristics and risk factors. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 27(3), 392–399. <https://doi.org/10.1080/17457300.2020.1785508>

Akgüngör, A. P. (2007). Road traffic accidents and safety programme in Turkey. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 14(2), 119–121. <https://doi.org/10.1080/17457300701371961>

Anderson, T. K. (2009). *Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots*. 41, 359–364. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.12.014>

Basagaña, X., & de la Peña-Ramirez, C. (2023). Ambient temperature and risk of motor vehicle crashes: A countrywide analysis in Spain. *Environmental Research*, 216(October 2022). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114599>

Chance Scott, M., Sen Roy, S., & Prasad, S. (2016). Spatial patterns of off-the-system traffic crashes in Miami–Dade County, Florida, during 2005–2010. *Traffic Injury Prevention*, 17(7), 729–735. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1144878>

Chand, A., Jayesh, S., & Bhasi, A. B. (2021). Road traffic accidents: An overview of data sources, analysis techniques and contributing factors. *Materials Today: Proceedings*, 47, 5135–5141. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.415>

Chen, S., Kuhn, M., Prettner, K., & Bloom, D. E. (2019). The global macroeconomic burden of road injuries: estimates and projections for 166 countries. *The Lancet Planetary Health*, 3(9), e390–e398. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30170-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30170-6)

Colak, H. E., Memisoglu, T., Erbas, Y. S., & Bediroglu, S. (2018). Hot spot analysis based on network spatial weights to determine spatial statistics of traffic accidents in Rize, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(7). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3492-8>

Diler, Z., Haybat, H., & Özlü, T. (2023). *Trafik Kazalarının Zamansal ve Mekânsal İncelenmesi: Konya Şehri Örneği*. 21, 248–276. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1257076>

Doherty, S. T., Andrey, J. C., & MacGregor, C. (1998). The situational risks of young drivers: The influence of passengers, time of day and day of week on accident rates. *Accident Analysis and Prevention*, 30(1), 45–52. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00060-2)

Erdogan, S. (2009). Explorative spatial analysis of traffic accident statistics and road mortality among the provinces of Turkey. *Journal of Safety Research*, 40(5), 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.07.006>

Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., & Gullu, M. (2008). *Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar*. 40, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.05.004>

Erenler, A. K., & Gümüş, B. (2019). Analysis of Road Traffic Accidents in Turkey between. *Medicina*, 55(10), 1–6. www.mdpi.com/journal/medicina

ESRI (2024a) ArcGIS Pro Resources, Optimized Hot Spot Analysis (Spatial Statistics).

ESRI (2024b) ArcGIS Pro Resources, How emerging hot spot analysis works.

ESRI (2024c). ArcGIS Pro Resources, Emerging Hot Spot Analysis (Space Time Pattern Mining).

Foster, S., Gmel, G., Estévez, N., Bähler, C., & Mohler-Kuo, M. (2015). Temporal patterns of alcohol consumption and alcohol-related road accidents in young swiss men: Seasonal, weekday and public holiday effects. *Alcohol and Alcoholism*, 50(5), 565–572. <https://doi.org/10.1093/alcal/agv037>

Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189–206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>

Gundogdu, I. B. (2010). Applying linear analysis methods to GIS-supported procedures for preventing traffic accidents : Case study of Konya. *Safety Science*, 48(6), 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.02.016>

Gupta, M., Pawar, N. M., & Velaga, N. R. (2021). Impact of lockdown and change in mobility patterns on road fatalities during COVID-19 pandemic. *Transportation Letters*, 13(5–6), 447–460. <https://doi.org/10.1080/19427867.2021.1892937>

Hashimoto, S., Yoshiki, S., Saeki, R., & Mimura, Y. (2016). ScienceDirect Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(3), 262–270. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.01.005>

Haybat, H., & Karakaş, E. (2020). İzmir şehrinde meydana gelen trafik kazalarının günlük aktivite alanları ile ilişkisi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 42, 429–454. <https://doi.org/https://doi.org/10.32003/igge.670506>

- Haybat, H., Zerenoglu, H., Özlü, T. (2022). Temporal And Spatial Analysis Of Traffic Accidents : The Case Of Bursa City. *International Journal of Geography and Geography Education*, 45, 404–423. <https://doi.org/https://doi.org/10.32003/igge.1016204>
- Hazaymeh, K., Almagbile, A., & Alomari, A. H. (2022). Spatiotemporal Analysis of Traffic Accidents Hotspots Based on Geospatial Techniques. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/ijgi11040260>
- Infante, P., Jacinto, G., Afonso, A., Rego, L., Nogueira, P., Silva, M., Nogueira, V., Saias, J., Quaresma, P., Santos, D., Góis, P., & Manuel, P. R. (2023). Factors That Influence the Type of Road Traffic Accidents: A Case Study in a District of Portugal. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su15032352>
- Kang, Y., Cho, N., & Son, S. (2018). Spatiotemporal characteristics of elderly population's traffic accidents in Seoul using space-time cube and space-time kernel density estimation. *PLoS ONE*, 13(5), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196845>
- Karacasu, M., Er, A., Bilgi, S., & Barut, H. B. (2011). Variations in traffic accidents on seasonal, monthly, daily and hourly basis: Eskisehir case. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 20, 767–775. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.08.085>
- KGM (2023). Devlet ve il yolları envanteri, 2023. <https://www.kgm.gov.tr>
- Kielminski, D., Atkinson, E., Peters, D., Willson, S., & Atkinson, T. (2023). Crash characteristics for classic/historic vehicles and comparisons to newer vehicles. *Journal of Safety Research*, 84, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.10.004>
- Kundakçı, E. (2014). In Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master Science in Geodetic and Geographic Information Technologies. *Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, January*.
- Lee, J. J., Kim, B. W., Kong, S. Y., Park, G. J., Chai, H. S., Kim, Y. M., Park, H. J., Kim, H., Lee, S. W., & Kim, S. C. (2023b). Age-specific characteristics of road traffic injuries among children and adolescents in South Korea. *Traffic Injury Prevention*, 24(6), 482–487. <https://doi.org/10.1080/15389588.2023.2212308>
- Lee, J., Liu, H., & Abdel-Aty, M. (2023a). Changes in traffic crash patterns: Before and after the outbreak of COVID-19 in Florida. *Accident Analysis and Prevention*, 190(June), 107187. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107187>
- Ma, Q., Huang, G., & Tang, X. (2021). GIS-based analysis of spatial-temporal correlations of urban traffic accidents. *European Transport Research Review*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00509-y>
- Mafi, S., Abdelrazig, Y., Amirinia, G., Kocatepe, A., Ulak, M. B., & Ozguven, E. E. (2019). Investigating exposure of the population to crash injury using a spatiotemporal analysis : A case study in Florida. *Applied Geography*, 104(December 2018), 42–55. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.02.001>
- Mohammed, S., Alkhereibi, A. H., Abulibdeh, A., Jawarneh, R. N., & Balakrishnan, P. (2023). GIS-based spatiotemporal analysis for road traffic crashes; in support of sustainable transportation Planning. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 20(April), 100836. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100836>
- Oguzoglu, U. (2020). COVID-19 lockdowns and decline in traffic related deaths and injuries. *IZA Discussion Paper*, 13278. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3608527>
- Özcan, M., & Küçükönder, M. (2020). Investigation of Spatiotemporal Changes in the Incidence of Traffic Accidents in Kahramanmaraş, Turkey, Using GIS-Based Density Analysis. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(7), 1045–1056. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01137-0>
- Özlü, T., Haybat, H., & Zerenoglu, H. (2021). Temporal and spatial analysis of traffic accidents: The case of Eskişehir City. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 43, 136–158.
- Özşahin, E., & Yılmaz, O. (2023). Tekirdağ İlinde Meydana Gelen Karayolu Trafik Kazalarının Zamansal ve Mekansal Analizi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 28(49), 52–62. <https://doi.org/10.5152/EGJ.2023.23056>
- Patwary, A. L., & Khattak, A. J. (2023). Crash harm before and during the COVID-19 pandemic: Evidence for spatial heterogeneity in Tennessee. *Accident Analysis and Prevention*, 183(September 2022), 106988. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.106988>
- Puvanachandra, P., Hoe, C., Özkan, T., & Lajunen, T. (2012). Burden of Road Traffic Injuries in Turkey. *Traffic Injury Prevention*, 13(SUPPL. 1), 64–75. <https://doi.org/10.1080/15389588.2011.633135>
- Rahman, M. K., Crawford, T., & Schmidlin, T. W. (2018). Spatio-temporal analysis of road traffic accident fatality in Bangladesh integrating newspaper accounts and gridded population data. *GeoJournal*, 83(4), 645–661. <https://doi.org/10.1007/s10708-017-9791-x>
- Saladié, Ö., Bustamante, E., & Gutiérrez, A. (2020). COVID-19 lockdown and reduction of traffic accidents in Tarragona province, Spain. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100218>
- Se, C., Champahom, T., Jomnonkwao, S., Kronprasert, N., & Ratanavaraha, V. (2022). The impact of weekday, weekend, and holiday crashes on motorcyclist injury severities: Accounting for temporal influence with unobserved effect and insights from out-of-sample prediction. *Analytic Methods in Accident Research*, 36, 100240. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2022.100240>
- Suleiman, G., Dahamsheh, A. M., & Ergun, M. (2020). Assessment of fatal road traffic crashes in Turkey. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 10(6), 733–737. <https://doi.org/10.18280/ijss.100602>
- Sungur, İ., Akdur, R., & Piyal, B. (2014). Türkiye'deki trafik kazalarının analizi. *Ankara Medical Journal*, 14(3), 114–124.
- TÜİK (2023a). Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 2022. www.tuik.gov.tr
- TÜİK (2023b). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2023. www.tuik.gov.tr

- TÜİK (2023c). İllere göre motorlu kara taşıtları sayısı, 2023. www.tuik.gov.tr
- TÜİK (2023d). İllere göre trafik kaza ölü ve yaralı sayısı, 2022. www.tuik.gov.tr
- Uyarca, Ö., & Atılgan, İ. (2018). Ankara İlinde Meydana Gelen Trafik Kazalarının İncelenmesi. *Kent Akademisi*, 11(4), 618–626.
- Wang, M., Yi, J., Chen, X., Zhang, W., & Qiang, T. (2021). Spatial and Temporal Distribution Analysis of Traffic Accidents Using GIS-Based Data in Harbin. *Journal of Advanced Transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9207500>
- Williams, S. B. (2018). *Exploring Driver Behaviour under Conditions of Darkness: Shedding light on the night time traffic death toll. December*. <https://scholar.sun.ac.za>
- Wiratama, B. S., Chen, P. L., Chen, L. H., Saleh, W., Chen, S. K., Chen, H. T., Lin, H. A., & Pai, C. W. (2021). Evaluating the effects of holidays on road crash injuries in the United Kingdom. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010280>
- World Health Organization (WHO). *Global Status Report on Road Safety 2023*; 2023.
- Xie, Z., & Yan, J. (2008). Kernel Density Estimation of traffic accidents in a network space. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(5), 396–406. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.05.001>
- Yıldırım, V., Yurdakul, E., Karaağaç, G. A., Koçer, M., & Uyguçgil, H. (2023). Eskişehir Kent Merkezindeki Trafik Kazalarının Zamana Bağlı. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 4(1), 17–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.48123/rsgis.1167844>

