

Deprem riski olan bölgelerde ulaşım güvenliği ve dirençliliği: Düzce kent merkezi örneği¹

*

Hicran Hamza Çelikyay², Ecrin Kar³

Öz

Son yıllarda kentler, özellikle depremler gibi yıkıcı afetlerle karşı karşıya kalma riskinin belirgin biçimde arttığı bir süreç yaşamaktadır. Bu nedenle afet riskine karşı dirençli kent ve toplum yapısının sağlanabilmesi için afet yönetimi kritik rol oynamaktadır. Afet öncesinde zayıf noktaların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması ise afet yönetiminin temel taşıdır. Gerekli önlemler alınmadığında kentsel alanlarda yıkıcı etkiler oluşturabilen deprem, ulaşım altyapısında aksamalara ve acil tahliye sırasında ciddi güvenlik risklerine yol açabilmektedir. Çalışmada; Düzce kent merkezinde, olası bir deprem esnasında AFAD tarafından belirlenmiş olan acil durum toplanma alanlarına güvenli, sağlıklı ve olabildiğince kısa sürede tahliyeyi sağlayan acil ulaşım rotalarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) Raporu'nda belirlenen parametreler doğrultusunda; ulaşım kademelenmesi, yol genişliği, kavşak ve düğüm noktaları, acil durum toplanma alanları, bina kat adedi, riskli yollar ve nüfus verileri kullanılarak ArcGIS programında Ağ (Network) analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda riskli bölgeler, güvenli bölgeler ve güvenli tahliye rotaları belirlenmiştir. Afetlere karşı dirençli kentsel ulaşım planlaması doğrultusunda öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Düzce, dirençli kentler, deprem, acil ulaşım yolları, ulaşım güvenliği.

Atıf/Cite

Çelikyay, H. H., & Kar, E. (2025). Deprem riski olan bölgelerde ulaşım güvenliği ve dirençliliği: Düzce kent merkezi örneği. *İdealkent*, 49, 8-41. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1628965>

¹ Bu çalışma, 20-22 Kasım 2024 tarihlerinde düzenlenen 9. Kent Araştırmaları Kongresi'nde "Afete Hazırlık ve Dirençli Ulaşım: Düzce Kent Merkezi İçin Acil Ulaşım Rotalarının Belirlenmesi" başlığı ile sözlü olarak sunulan bildirinin genişletilmiş ve düzenlenmiş halidir.

² Sorumlu yazar: Doç. Dr., Düzce Üniversitesi Akçakoca Bey Siyasal Bilgiler Fakültesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi, Düzce, Türkiye, ROR: <https://ror.org/04175wc52>,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4256-1397> E-mail: hicrancelikyay@duzce.edu.tr

³ Yüksek Şehir Plancısı, Düzce Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye,

ROR: <https://ror.org/04175wc52>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8420-3822>

E-mail: ecrinkar@hotmail.com

Transportation safety and resilience in earthquake-prone areas: The case of Düzce city centre⁴

*

Hicran Hamza Çelikyay⁵, Ecrin Kar⁶

Abstract

In recent years, the disasters and other pressures that cities have had to face have visibly increased. Consequently, disaster management assumes a pivotal role in ensuring a resilient urban and societal framework against disaster risks. Crucially, identifying vulnerabilities and implementing the necessary precautions prior to a disaster forms the very backbone of the entire management process. If proper precautions are not taken, earthquakes may result in major disasters in urban areas. This study aimed to determine emergency transportation routes that would provide safe, healthy, and rapid evacuation to the emergency assembly areas designated by AFAD in the event of a possible earthquake in Düzce. The parameters defined in the Japan International Cooperation Agency (JICA) report regarding vital emergency transportation routes were compiled, and factors such as transportation stratification, road width, intersections and junction points, accessibility of emergency gathering areas, building floor analysis, risky road analysis, and population data were used to conduct a Network Analysis in the ArcGIS program. As a result, risky areas, safe areas, and reliable evacuation routes were identified, and recommendations were made of urban transportation resilience against disasters.

Keywords: Düzce, resilient cities, earthquake, emergency transportation routes, transportation safety

⁴ This study is an expanded and revised version of the paper titled "Disaster Preparedness and Resilient Transportation: Determining Emergency Transportation Routes for Düzce" which was presented orally at the 9th Urban Studies Congress held on 20–22 November 2024.

⁵ *Corresponding Author:* Assoc. Prof. Dr., Düzce University, Akçakoca Bey Faculty of Political Science, Department of Political Science and Public Administration, Düzce, Türkiye, ROR: <https://ror.org/04175wc52>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4256-1397>
E-mail: hicrancelikyay@duzce.edu.tr

⁶ MSc., Department of Landscape Architecture, Düzce University, Düzce, Türkiye, ROR: <https://ror.org/04175wc52>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8420-3822>
E-mail: ecrinkar@hotmail.com

Giriş

Son yıllarda kentlerin yüzleşmek zorunda kaldığı afetler ve diğer baskılar gözle görülür bir şekilde artmıştır. Dirençli kentler ile dirençli toplum yapısının sağlanabilmesi için afet yönetiminin çerçevesi sadece afet sırasında ve sonrasında yapılan uygulamalarla sınırlı kalmayıp afet öncesinde alınan tedbirleri, geliştirilen strateji ve politikaları da kapsamıştır.

Afet yönetimi, kayıp ve zarar azaltma, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetleri anlamak gibi afet öncesi basamaklardan oluşmaktadır. Bu basamaklar risk yönetimi olarak tanımlanırken afet sonrası süreç ise kriz yönetimi olarak adlandırılır. Kriz yönetiminin başarısı risk yönetiminin doğru kurgulanması ile ilgilidir (Kadıoğlu ve Özdamar, 2008). Afet anı ile sonraki 72 saat içerisinde risk altındaki bölge sakinlerinin güvenli alanlara tahliye edilmesi hayati önem taşımıştır.

Acil ulaşım yolları; afet esnasındaki ve afet sonrasındaki süreçlerde kazandığı hayati rol üzerinden tanımlanabilmektedir. Mevcut yollar; kapasite, kademeleme, akış yönü, trafik yoğunluğu, genişlik, risk durumu ve en yakın güvenli alana uzaklık gibi ölçütlere göre değerlendirilerek, yerleşim alanlarından acil toplanma bölgelerine güvenli tahliye rotaları olarak kullanılmaktadır (Erdem, Erdin ve Özcan, 2017; Kadıoğlu ve Özdamar, 2008). Afet sonrası ulaşım ağları, kritik ilk 72 saatte nüfusun tahliyesi, trafik akışının yönetimi, lojistik desteğin sağlanması ve arama kurtarma kaynaklarının yönlendirilmesi süreçlerini kapsamaktadır (Lida, Kurauchi ve Shimada, 2000).

Afet öncesinde yol ağlarındaki zayıf noktalar, tahliye kapasitesindeki yetersizlikler, düğümler ve riskli alanlar belirlenerek bu bölgelerin güçlendirilmesi, kentler için daha dirençli bir tahliye sistemi oluşturulmasını sağlamaktadır (Pelling, 2003). Toplanma alanlarının güvenliği kadar, bu alanlara erişim için kullanılan yol ağının afetlere karşı dirençli ve sağlıklı bir şekilde tahliye olanağı sunması da önemlidir (Kim, Park, Kim ve Kim, 2021).

Afet sonrası tahliyede deprem olgusunun seçilmesinin nedeni; depremlerin ani gelişen, önceden öngörülemeyen ve doğrudan yapı stokuna zarar vererek ulaşım sistemlerinde ciddi kesintilere yol açabilen afet türü olmasıdır. Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunan ve yüksek deprem riski taşıyan bir kent olarak Düzce’de, deprem sonrası tahliye planlamasının kritik önemde olduğu düşünülmektedir (Gündoğdu, Işık ve Koç, 2012).

Çalışmanın çıkış noktasını, “olası deprem sonrasında Düzce kent merkezindeki acil toplanma alanlarına bölge sakinlerinin güvenli, sağlıklı ve hızlı bir şekilde tahliye edilmesi için, ulaşım sistemindeki hangi rotalar kullanılabilir?” sorusu oluşturmuştur.

Araştırma sorusundan hareketle, Düzce kent merkezinde hâlihazırda AFAD tarafından belirlenmiş olan acil durum toplanma alanlarına güvenli ve hızlı tahliye sağlayan acil ulaşım rotalarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın amacı, acil ulaşım rotalarının ulaşım planlamasına entegre edilmesinin gerekliliğini ve kentsel ulaşım sisteminin dirençli hale getirilmesinin önemini vurgulamaktır.

1. Literatüre Genel Bir Bakış

Acil durum tahliyesi, belirlenmiş güvenli alanlara veya barınaklara yol ağları aracılığıyla afetzedelerin ulaşmasını sağlamaktadır (Redzuan, Anuar, Zakaria, Animudin, Alias, Yuzir ve Alzahari, 2019).

Tahliye süreci, insanların afetten etkilenen bölgelerden hem toplanma alanları hem de uzun vadeli tahliye merkezleri dahil olmak üzere daha güvenli yerlere derhal taşınmasını içerir. Bu tahliye alanları, afetten etkilenen nüfusa konaklama, gıda ve su gibi temel insani ihtiyaçları sağlayan tesisler olarak hizmet vermekte; genellikle sorumlu yetkililer tarafından seçilen kamu tesislerinde bulunmaktadır (Edirisinghe, Pussella, ve Vidarshana, 2021).

Acil durum tahliyesi; güvenli alanların ve güzergâh seçiminin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir (Ganjehi ve Norouzi Khatiri, 2021). Acil durum tahliyesinin temelini ise ulaşım sistemi oluşturmaktadır. Ulaşım sistemi yaşanan afet, risk ve acil durumlardan etkilenen nüfusun güvenli bir şekilde tahliye edilmesini, ilgili tedariklerin afet mahalline ulaştırılmasını sağlayan *kritik hayat yolları* olarak işlev taşımaktadır (Konstantinidou, Kepaptsoglou ve Karlaftis, 2014; Erdem vd., 2017).

Afet sonrası tahliye planlamasında kritik arterlerin belirlenmesi ve güçlendirilmesi, nüfusun güvenli tahliyesi ile acil müdahale ekiplerinin hızlı erişimi açısından hayati öneme sahiptir. Ulaşım sistemi, seyahat süresi, maliyet ve risk olasılığı gibi parametreleri karşıladığında acil ulaşım yolu olarak değerlendirilebilir ve bu acil ulaşım planlamasının temelini oluşturur (Cai, Zhang, Du ve Cao, 2012; Xiong, Ma, Zhang ve Cai, 2024).

Son zamanlarda yaşanan afetler, ulaşım sisteminde meydana gelebilecek herhangi bir sorunun ciddi ve geri dönüşü olmayan sonuçlar meydana getirebileceğini göstermiştir (Kotani, Yokomatsu ve Ito, 2020).

Bir afetin ardından yollarda yaşanan erişim sorunları önemli demografik ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu açıdan dirençli yol ağlarının inşasını ve bakımını sağlamak için risk odaklı/ kentsel ulaşım planlaması afet yönetiminin merkezinde yer almaktadır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2024).

Afetlere karşısında kentsel ulaşım sistemlerinin dirençliliği, stratejik öneme sahip kentsel kullanımlara, meydanlara, açık-yeşil alanlara ve acil toplanma noktalarına sürekli ve güvenli bağlantılar sunmalıdır. Afetlerin yol açtığı aksaklıklar ya da yığılmalar karşısında güvenli erişim sağlayabilecek alternatif güzergahların varlığı ulaşım ağının dirençliliğini gösteren önemli bir ölçüttür (Çiriş, 2017).

Afetler, özellikle depremler dünya çapında sıklıkla meydana gelmekte ve toplumların fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplarla karşı karşıya kaldığı durumlar yaratmaktadır (Atmaca, Aktaş ve Öztürk, 2023). Deprem sonrası güvenli toplanma alanlarına tahliye, genellikle mevcut acil durum yönetim sistemlerinin kapasitesini aşan karmaşık zorluklar meydana getirmektedir. Bu zorlukların başında; yol ağlarının depremden zarar görmesi veya tıkanması, deprem sonrası çöken binalar nedeniyle tahliye yollarının kapanması; fiziksel erişilebilirliği kısıtlayan bu durumlar nedeniyle uzun mesafeli tahliye yollarının kullanılmak durumunda kalınması gelmektedir (Li, Zhang ve Wang, 2014). Bu durumlar tahliyenin etkinliğini azaltarak büyük can kayıplarına neden olabilmektedir (Chen, Zhai, Ren, Shi, ve Zhang, 2018).

Yaşanan depremler, deprem sonrası tahliye süreçlerinin etkin biçimde yönetilememesi sonucu planlama ile uygulama arasındaki boşluğun belirgin hale geldiğini göstermektedir. 2023 yılında yaşanan Kahramanmaraş depremlerinden sonra, belirlenen toplanma alanlarının afetzedeler tarafından kullanılamamasıyla kanıtlanmıştır (Yılmaz ve Sabuncu, 2023). 2016 yılında Japonya'da gerçekleşen Kumamoto depremlerinden sonra resmi tahliye merkezlerinin yetersiz kalması, bu alanlara erişilememesi nedenleriyle 36.000 afetzede güvenli buldukları gayriresmi alanlara yönelmiştir (Kotani vd., 2020; Nishigami, Yamazaki, Misawa, Sunaga, ve Yamamoto, 2017).

Bu zorluklar acil durum tahliyesinin etkili bir biçimde gerçekleştirilebilmesi için, mevcut güvenli toplanma alanları ile ulaşım sistemlerinin kapsamlı olarak değerlendirilmesini, iyileştirilmesini gerekli kılmakta; kentsel ulaşım sistemlerinin dirençliliğine olan ihtiyacı vurgulamaktadır (Tepe ve Eti, 2024).

Ulaşım sistemi; afet esnasındaki ve afet sonrasındaki süreçlerde hayati rol oynamakta bu nedenle ulaşım sisteminin de dirençli olması gerekmektedir. Bu gereklilik afetlere karşı *dirençli kent* ve *kentsel ulaşım sisteminin dirençliliği* kavramlarının gündeme gelmesinde etkili olmuştur (Nogal ve Honfi, 2019). Dirençli kent, kentsel sistemlerin tüm paydaşlarıyla birlikte afetlere, risklere, tehditlere karşı mücadele edebilme, uyum sağlayabilme, iyileştirebilme ve dönüştürme yeteneğini ifade etmektedir (OECD, 2021; OECDiLibrary, 2022; UN Habitat III, 2017).

Literatür incelendiğinde, ulaşım sisteminin dirençliliğini belirlemeye yönelik en yaygın yaklaşımların yol ağı tipolojisinin incelenmesi ve yapısal özelliklerinin değerlendirilmesi olduğu görülmektedir. Bu bağlamda; araç, toplu taşıma ve

yaya modları üzerinden ortalama en kısa yolun hesaplanması, karmaşık ağ analizleri yapılması ve yol hasar görülebilirlik simülasyonu gibi yöntemler kullanılmaktadır (Bešinović, 2020; Bešinović, Nassar ve Szymula, 2022).

OECD tarafından yayınlanan Taşıma Sistemi Dayanıklılığı (*Transport System Resilience*) raporuna göre, ulaşım sistemlerinin dirençliliği; afet sonrası gerekli hizmet ve operasyonların ne kadar sürede afet bölgesine ulaşabildiğiyle ölçülmektedir. Arama-kurtarma araçlarının veya temel tedariklerin bölgeye erişim süresi ile afetzedelerin tahliye edilme hızı, sistemin dirençliliğini göstermektedir (International Transport Forum, 2024).

Afet sonrası ilk 72 saatin kritik önemi, yol ağlarının; nüfusun güvenli tahliyesi, acil trafik yönetimi, temel lojistik dağıtımı ve arama-kurtarma faaliyetleri için yeterli donanım ve kapasiteye sahip olacak şekilde planlanmasını zorunlu kılmaktadır (E Costa, Oliviera ve Vieira, 2008; Yücel, Salman ve Arsik, 2018; Do ve Jung, 2018; Liu, Chen, Hong, Liu ve You, 2020).

Afet veya tehdit durumlarında ulaşım ağını aksatan sorunlar meydana geldiğinde, zarar görmemiş ana yolların ve gerekirse alternatif güzergahların önceden belirlenip acil eylem planlarına dahil edilmesi gerekmektedir (Sivil Savunma Derneği, 2021). Mevcut yollar; kapasitesi, kademesi, genişliği, risk durumu, en yakın güvenli alana olan mesafesi bakımından değerlendirilerek ve seçilerek yerleşim ünitelerinden acil toplanma alanlarına güvenli tahliyeyi sağlayan dirençli rotalar olarak işlevlendirilmelidir (Erdem vd., 2017; Kadioğlu ve Özdamar, 2008).

Afet müdahalesinin etkinliği, ulaşım sisteminin afet müdahale eylem planlarıyla uyumlu olarak; hızlı kurtarma, paramedikal uygulamalar ve kaynak transferleri gibi kritik faaliyetleri destekleyecek fonksiyonlara sahip olmasına bağlıdır (Lida vd., 2000; Choi, Chae ve Do, 2022).

Afet öncesinde; yol ağlarında yer alan zayıf noktaların, tahliye kapasitesindeki yetersizliklerin, düğümlerin ve risk durumlarının belirlenerek bu alanların güçlendirilmesi de kentlerde daha dirençli tahliye rotalarının oluşturulması açısından önemli bir adımdır (Pelling, 2003).

Rota optimizasyonu acil durum tahliyesinin başarısında önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalar, acil durum tahliye yollarından acil toplanma alanlarına kadar en etkili parametrelerin güvenlik, trafik ve yol uzunluğunu temsil ettiğini ve sırasıyla %62, %22 ve %16'lık bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Güvenlik parametrelerinde bina kırılganlığı, nüfus yoğunluğu, ulaşım yapıları ve tehlikeli arazi kullanımı yer alırken, trafikle ilgili faktörler tahliye yolları boyunca yol genişliği ve nüfus yoğunluğuna odaklanmaktadır (Ganjehi ve Norouzi Khatiri, 2021). Bu teknolojik yaklaşımlar tahliye planlamasını iyileştirmeyi ve afet sonrası müdahale çabalarının etkinliğini arttırmayı sağlayabilmektedir (Dingil ve Pribyl, 2024).

Gerçekleştirilen yazın incelemesi sonucunda, afet anında ve sonrasında ulaşım sisteminin erişilebilir ve kullanılabilir olmasının kentte yaşayanlar için hayati öneme sahip olduğu, ulaşım sisteminin dirençliliğini belirlemeye yönelik birçok çalışma yapıldığı ve en yaygın yaklaşımların yol ağı tipolojisinin incelenmesi ve yapısal özelliklerinin değerlendirilmesi olduğu görülmüştür. Geçmişte birçok yıkıcı deprem ile karşılaşan Düzce kenti için benzer bir analiz gerekliliği düşünüldükçe çalışma gerçekleştirilmiştir.

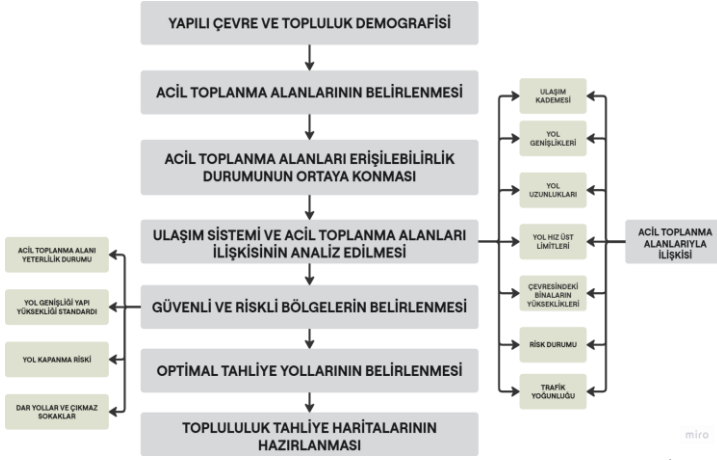
2. Yöntem

Bu çalışmada JICA Raporu'nda (2002) acil ulaşım yollarının belirlenmesine yönelik parametreler temel alınarak, Düzce kenti özelinde acil ulaşım ağının dirençlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ağ (network) analizi hazırlanırken belirli materyallerden yararlanılmıştır.

Düzce kent merkezindeki 84 adet acil toplanma alanları verisi Düzce İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü sitesinden temin edilmiştir (Düzce İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2022). 2024 yılına ait mahalle bazlı nüfus verisi Türkiye İstatistik Kurumu'ndan; yol genişliği, yol hız üst limitleri, ulaşım kademelenmesi, yol uzunlukları, yol katetme süreleri, trafik noktaları verileri Open Street Map API üzerinden; bina kat adedi verisi ile mahalle sınırları verisi Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü Kentsel Atlas uygulamasından elde edilmiştir.

Veriler ArcGIS Pro 2024 programına aktararak acil ulaşımında en güvenli ve en kısa sürede tahliyeyi sağlayan aksların belirlenmesi için Ağ (Network) Analizi yapılmıştır.

Network analizi, varış noktaları belirlenerek bu noktalar için araç güzergahı belirleme, en kısa yolu bulma, optimum rota bulma, belirli bir mesafe ve süre içerisinde erişilebilen alanları ulaşım sistemi üzerinden tespit etme gibi çözümlemelere olanak sağlayan bir analiz yöntemidir (Gerçek ve Güven, 2016; Curtin, 2007). Network analizine ilişkin literatür tarandığında optimal, dirençli ve en kısa mesafede tahliyeyi sağlayan rotaların belirlenebilmesi için farklı aşamaların bulunduğu görülmüştür. Literatüre göre, Network analiziyle dirençli tahliye rotaları; yapıli çevre ve topluluk demografisi, acil toplanma alanlarının belirlenmesi, acil toplanma alanları erişilebilirlik durumunun analiz edilmesi, güvenli ve riskli bölgelerin belirlenmesi, optimal tahliye yollarının belirlenmesi, topluluk tahliye haritalarının hazırlanması aşamaları izlenerek oluşturulmuştur. Literatürden yola çıkılarak Network analizi yapılırken izlenen aşamalar Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Ağ (Network) Analizi Yöntem Şeması (Kaynak: Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı-JICA, 2002).

Bu çalışmada Network Analizi yapılırken tahliye rotalarının varış noktaları AFAD tarafından belirlenmiş olan emniyetli acil toplanma alanları (84 adet) olarak tanımlanmıştır. Acil toplanma alanları için erişim mesafesi 100 m, yaya erişim mesafesi 5 dk/400 m, 10 dk/800 m mesafeler esas alınmıştır (Gerçek ve Güven, 2016).

Mevcut ulaşım ağı; ulaşım kademesi, yol genişlikleri, trafik yoğunluğu, yol hız üst limitleri, yol uzunlukları, yol katetme süreleri, yolların çevresindeki binaların yükseklikleri, risk durumu ve acil durum toplanma alanlarıyla ilişkisi (erişim mesafesi, hizmet alanı, erişilebilirliği) parametreleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Düzce kent merkezindeki 84 adet acil toplanma alanları ile ulaşım ağı ilişkilendirilmiştir.

Nüfus verisi kullanılarak acil toplanma alanlarının yeterliliği değerlendirilmiş; erişim mesafesi, yol genişlikleri, yol kapanma riski, dar yollar ve çıkmaz sokaklara ilişkin standartlar dikkate alınarak kentin güvenli ve riskli bölgeleri belirlenmiştir. Sonraki aşamalarda, yol kademelenmesi, yol genişliği, yola cephe alan bina kat adedi, mahalle nüfusu, verileri kullanılarak tahliye için uygun rotalar belirlenmiştir.

3. Çalışma Alanı

Düzce ili, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Kuzeyde Zonguldak, batıda Sakarya, doğuda ise Bolu illeriyle sınır komşusudur. Coğrafi olarak 31°05' - 31°50' doğu boylamları ile 40°37' - 41°07' kuzey enlemleri arasında konumlanmaktadır (Düzce Belediyesi, 2022).

Düzce, Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF) üzerinde bulunması nedeniyle yüksek deprem riskine sahip bir bölgededir. Bu fay hattı, doğu-batı yönünde uzanan ve Türkiye'nin en aktif fay hatlarından biridir. 1999 yılında meydana gelen iki büyük deprem (17 Ağustos İzmit ve 12 Kasım Düzce depremleri) bu riskin somut örneklerindendir. Özellikle 12 Kasım 1999'da Düzce'de yaşanan 7,2 büyüklüğündeki deprem, büyük hasara ve can kaybına neden olmuş ve şehirdeki yapıların önemli bir kısmı etkilenmiştir (Okuyan Akcan, Tekin, Yeşilyurt ve Zülfiyar, 2023).

Düzce, sadece jeolojik özellikleriyle değil, ulaşım açısından stratejik konumuyla da dikkat çekmektedir. Türkiye'nin önemli ulaşım arterlerinden olan TEM Otoyolu (E-80) ve D-100 Karayolu, Düzce il sınırlarından geçmekte; ayrıca D-655 Karayolu da Karadeniz'e bağlantı sağlamaktadır. Bu yollar, şehri hem Marmara hem de Karadeniz Bölgeleri ile bağlayarak ekonomik ve lojistik açıdan avantajlı bir noktaya taşımaktadır. İstanbul ile Düzce arası yaklaşık 215 km, Ankara ile ise 236 km mesafededir. Bu bağlamda, İstanbul-Ankara transit geçiş güzergâhı üzerinde yer alan Düzce, sıkça kullanılan bir durak noktası haline gelmiştir (MARKA, 2018).

Ancak bu avantajlı ulaşım altyapısı, şehrin deprem riski göz önüne alındığında birtakım zorluklar da içermektedir. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nun Düzce ve çevresinden geçen segmentleri, sivilaşma potansiyeli yüksek alüvyon zeminlerle birlikte yer almaktadır. Bu durum ulaşım sistemini olumsuz etkileyebilecek tehditler arasında yer almaktadır. Nitekim 1999 depremlerinde Düzce kent merkezindeki altyapı sistemlerinin neredeyse tamamı kullanılamaz duruma gelmiştir. İçme suyu şebekesi, kanalizasyon sistemleri, elektrik ve iletişim şebekeleri, şehir içi ve şehirlerarası ulaşım sistemleri etkisiz hale gelmiştir. Şehirlerarası ulaşım aksaklıklar yaşanmasına ve ekonomik kayıplara neden olmuştur. Metropoliten alanlar arasındaki geçiş bölgesinde yürütülen uzun süreli onarım çalışmaları sonucunda yol tekrar kullanıma açılabilmiştir.

Deprem nedeniyle Bolu Dağı Tüneli de hasar görmüş, tünelin tamamlanmasını yedi yıl geciktirmiştir. Projenin yenilenmesi hem maliyetleri arttırmış hem de ana ulaşım aksında yaşanan zorluklar, metropoliten kentleri de ekonomik açıdan olumsuz etkilemiştir (Güney vd., 2010; Özden vd., 2000; Işık ve Özben, 2007).

4. Bulgular

Ulaşım Kademelenmesi ve Acil Toplanma Alanları İlişkisinin Değerlendirilmesi

Düzce, karayolu ulaşımı açısından stratejik bir konumda yer almaktadır. Ankara ve İstanbul metropol alanlarına erişimi sağlayan ve uluslararası transit geçişin gerçekleştiği E80 Anadolu Otoyolu ile D100 Devlet Karayolu'nun güzergahında

yaklaşık olarak orta noktada bulunması nedeniyle, Düzce bölgesel ulaşım sisteminde önemli bir rol üstlenmektedir (Düzce Belediyesi, 2022).

Çalışma alanındaki ulaşım sistemi, anayollar, semt dağıtıcı yollar, toplayıcı yollar ve sokaklar olmak üzere dört kademede değerlendirilmektedir. Ana dağıtıcı yollar, yüksek hız limitleri ve katlı kavşak bağlantıları ile tanımlanan yollar olup, ABD’de “highway”, İngiltere’de “expressway” olarak bilinmekte ve üst düzey ana yol işlevine sahiptir. Türkiye’de Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından tanımlanan devlet yolları ve bölünmüş yollar da bu kademeye dahil edilmektedir. Ana dağıtıcı yollar, yüksek kapasiteli motorlu taşıt trafiğini taşımakla kalmayıp, bölgesel ve kentsel alanlara erişim sağlamak ve çevresine kontrollü erişim imkânı sunmaktadır (Sutcliffe, 2012).

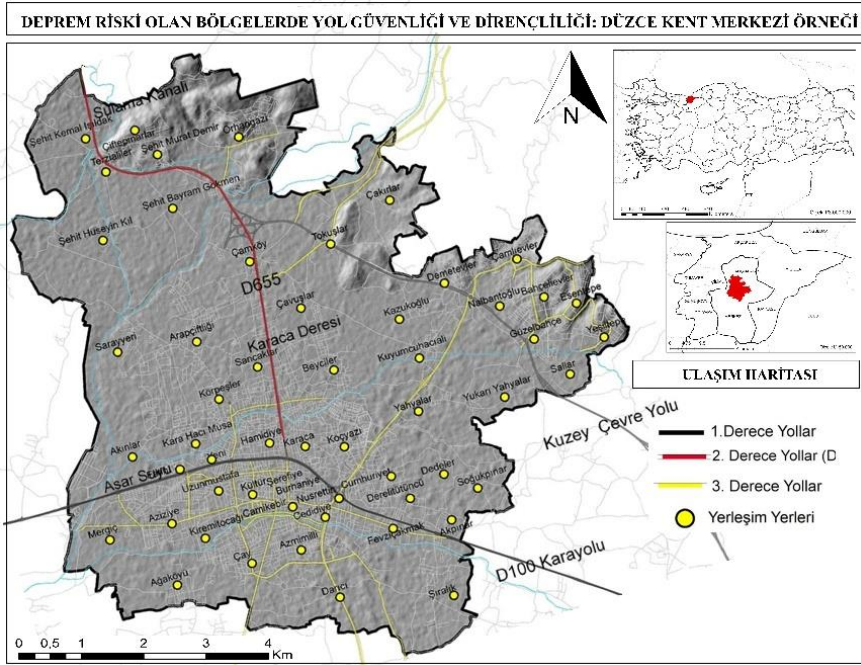
Çalışma alanındaki ana dağıtıcı yollar; Kuzey Çevre Yolu, D100 Devlet Karayolu ve D655 Düzce-Akçakoca Karayolu olup, toplam 0,86 km uzunluğa ve yol sisteminin %9,7’sine karşılık gelmektedir.

Semt dağıtıcı yollar veya anayollar, bulvar ve ana cadde işlevi görmekte, kent içerisinde hızlı taşıt trafiğini yönlendirmekte ve arazi kullanım yoğunluğu ile sınırlı etkileşim sağlamaktadır (Kılınçaslan, 2012; Sutcliffe, 2012). Toplam uzunluğu 1.120 km olan semt dağıtıcı yollar, tüm ulaşım sisteminin %12,6’sını oluşturmaktadır.

Toplayıcı yollar, yerleşim alanlarında trafiği yerel yollardan toplayarak ana yollara yönlendirerek konut, eğitim ve hizmet alanlarına erişimi sağlamaktadır. Çalışma alanındaki toplayıcı yollar, 1.155 km uzunluğa sahip olup, tüm ulaşım ağının %13’ünü oluşturmaktadır (Sutcliffe, 2012).

Sokaklar veya yerel yollar ise yaya ve araç trafiği ile bireysel mülklere, kamusal alanlara ve yapılarla erişim sağlamaktadır. Bu yollar üzerinde trafik yoğunluğu düşüktür; transit araç trafiği ise yalnızca ticaret veya sanayi bölgelerine hizmet veren yerel yollarda görülmektedir.

Çalışma alanındaki sokaklar toplam 5.784 km uzunluğunda olup, ulaşım ağının %64,8’ini kapsamaktadır (Sutcliffe, 2012). Çalışma alanının ulaşım kademelenmesi Harita 1’de sunulmuştur.



AFAD tarafından belirlenen acil toplanma alanları ile yol ağının kademelenmesi değerlendirildiğinde, 84 acil toplanma alanının 3'üne doğrudan ana dağıtıcı yollardan, 25'ine semt dağıtıcı yollardan, 19'una toplayıcı yollardan ve 37'sine yerel yollar (sokaklar) aracılığıyla erişim sağlanabildiği belirlenmiştir.

Yol Hız Üst Limitleri ile Acil Toplanma Alanları İlişkisinin Değerlendirilmesi

Nüfus yoğunluğu ve yaya hareketliliği, kent merkezinde ve yerleşim birimlerinin merkezi noktalarında yoğunlaşırken, kent merkezinden uzaklaştıkça hem nüfus hem de hareketlilik azalmaktadır. Trafik akışı ise; Rıhtım Sokak, Mimar Sinan Sokak, Atatürk Bulvarı, Kuyumcuzade Bulvarı, Rasim Betir Bulvarı, Nezih Tütüncüoğlu Bulvarı, Aydınpınar Caddesi, Bayrak Caddesi, Bolu Caddesi, İstanbul Caddesi, Necmi Hoşver Caddesi, Hilmi Sönmez Caddesi, Düzce Bulvarı, D-655 Akçakoca Yolu ve D-100 Karayolu gibi birinci ve ikinci derece yollarda yoğunlaşmaktadır. Tablo 1'de, ulaşım kademelenmesi ve yol hız üst limitleri dikkate alınarak acil toplanma alanlarıyla bu yollar arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Ulaşım kademesi, yol hız üst limitleri ve acil toplanma alanlarıyla ilişkisi

Ulaşım Kademesi	Yol Hız Üst Limitleri	Acil Toplanma Alanı Sayısı (adet)
Ana Dağıtıcı Yollar	110 km/sa	3
Semt Dağıtıcı Yollar	90 km/sa	25
Toplayıcı Yollar	70 km/sa	19
Sokak	50 km/sa ve 60 km/sa	37

(Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Analizler, 28 adet acil toplanma alanının 110 km/sa ve 90 km/sa hız üst limitlerine sahip olan ana dağıtıcı ve semt dağıtıcı yollardan doğrudan erişim aldığını göstermektedir. 70 km/sa hız üst limitine sahip olan yollardan erişim alan 16 adet acil toplanma alanı bulunurken; 50 km/sa ve 60 km/sa hız üst limitli yollardan erişim sağlanan acil toplanma alanı sayısı 37 olarak tespit edilmiştir.

Süre = Yol/Hız denklemi esas alınarak yapılan değerlendirmelerde, 28 acil toplanma alanının en kısa sürede ulaşım sağlanması açısından en yüksek erişilebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, acil toplanma alanlarının %44'üne (40 adet) yavaş akan trafiği taşıyan kent içi yollardan erişim sağlanabilmektedir.

Yol Genişlikleri ile Acil Toplanma Alanlarının Bağlantısına İlişkin Bulgular

Acil durum ve afet senaryolarında ulaşım yollarının genişliği kritik bir öneme sahiptir. De Chiara ve Koppelman (1975), yolların kademesine göre ideal yol ölçüleri veya yol mülkiyet genişliklerinin; ana dağıtıcı yollar için 34–54 m, ikincil yollar (semt dağıtıcı yollar) için 24 m, toplayıcı yollar için 18 m ve yerel yollar (sokaklar) için 15–18 m arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Yol genişliği, genellikle yola cephe alan yapıların yüksekliğine göre belirlenmektedir; çünkü olası bir depremde binaların yıkılması, yolların kapanmasına, kurtarma araçlarının geçişinin engellenmesine ve can kayıplarına yol açabilmektedir.

Acil durumlarda erişim ve tahliye için ideal yol genişlikleri çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir. Örneğin, Kobe Depremi sonrası yapılan çalışmalar, yol kenarındaki bir binanın yıkılması durumunda dahi araçların geçişini sağlamak için minimum 3 metrelik yol genişliğinin gerekli olduğunu; bu bağlamda yol genişliklerinin en az 11–12 metre olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Kent içi ulaşım ağında 4 metre genişliğe sahip yolların deprem sonrası tamamen trafiğe kapalı kalma olasılığı yüksek iken, 5–7 metre genişliğe sahip yollar araç geçişlerinde güçlük oluşturabilmektedir. 10–12 metre genişliğe sahip yollar, afet sonrası trafik yoğunluğuna bağlı sorunlara maruz kalsa da erişim sağlanabilir durumdadır.

Buna karşın 12 metreden geniş yollar, afet koşullarında işlevlerini tam kapasiteyle sürdürebilmektedir. Bu bulgular, yol genişliği standartlarının afet yönetimi-nde kritik bir parametre olduğunu ve kentsel ulaşım ağının dayanıklılığının artırılmasında dikkate alınması gereken temel bir unsur olduğunu göstermektedir (Tsukaguchi, Totani ve Nakatsuji, 1996).

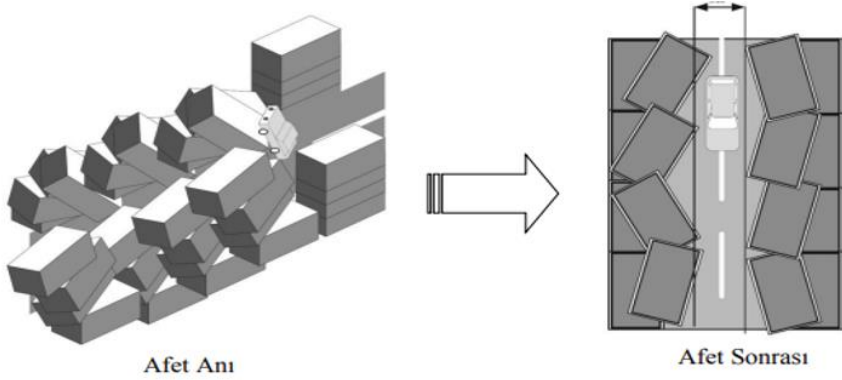
03.07.2017 tarihli ve 30113 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği Madde 9’da, yol genişliklerine göre bina kat adetleri belirlenmiş olup, ilgili yönetmeliğe göre hazırlanan çizelge Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Yol genişliklerine göre yapı kat adetleri

Yapı Kat ADEDİ	Uygun Yol Genişliği
En Çok 2 Katlı Yapı	7 m <
En Çok 3 Katlı Yapı	7 m- 10 m
En Çok 4 Katlı Yapı	10 m- 12 m
En Çok 5 Katlı Yapı	12 m – 15 m
En Çok 6 Katlı Yapı	15 m – 20 m
En Çok 8 Katlı Yapı	20 m – 25 m
En Çok 10 Katlı Yapı	25 m – 35 m
En Çok 14 Katlı Yapı	35 m – 50 m
En Çok 16 Katlı Yapı	50 m >

(Kaynak: Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017).

Çalışma alanındaki yol genişlikleri incelendiğinde, 2–6 m genişlik kategorisindeki yolların toplam uzunluğunun 71.443 km olduğu ve tüm yol ağı içerisindeki payının %8,3 olduğu belirlenmiştir. 7–15 m genişliğe sahip yolların toplam uzunluğu 670.059 km olup, yol ağının yaklaşık %78’ini kapsamaktadır. 16–30 m genişliklerindeki yollar ise 121.587 km uzunluğa sahip olup, ulaşım sisteminin %14’lük bölümünü oluşturmaktadır. Çalışma alanına ilişkin yol genişliklerinin dağılımı Harita 2’de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çöken binaların olumsuz etkileri ve önlem alındıktan sonraki durumları (Kaynak: JICA ve İBB, 2002)

2002 yılında hazırlanan JICA Raporu'nda, olası bir deprem durumunda yol genişliklerine bağlı yol kapanma riski belirlenmiştir. Raporda yalnızca yol genişlikleri temel alınarak ölçütler geliştirilmiş; 2–6 m genişliğindeki yollar için %98, 7–15 m genişliğindeki yollar için %11 ve 16 m'den geniş yollar için %0,3 yol kapanma riski belirlenmiştir (JICA, 2002). Tahliye açısından riskli yollar, çevresinde yüksek katlı ve dayanıksız yapılar bulunan (KAKS değeri yüksek), acil durum araçlarının geçişine imkân vermeyen, açık ve yeşil alanlarla ya da acil toplanma alanlarıyla bağlantısı bulunmayan, trafik yoğunluğu fazla olan ve önemli kamu kurumları ile merkezlerden uzak konumda bulunan yollar olarak tanımlanmıştır (JICA ve İBB, 2002).

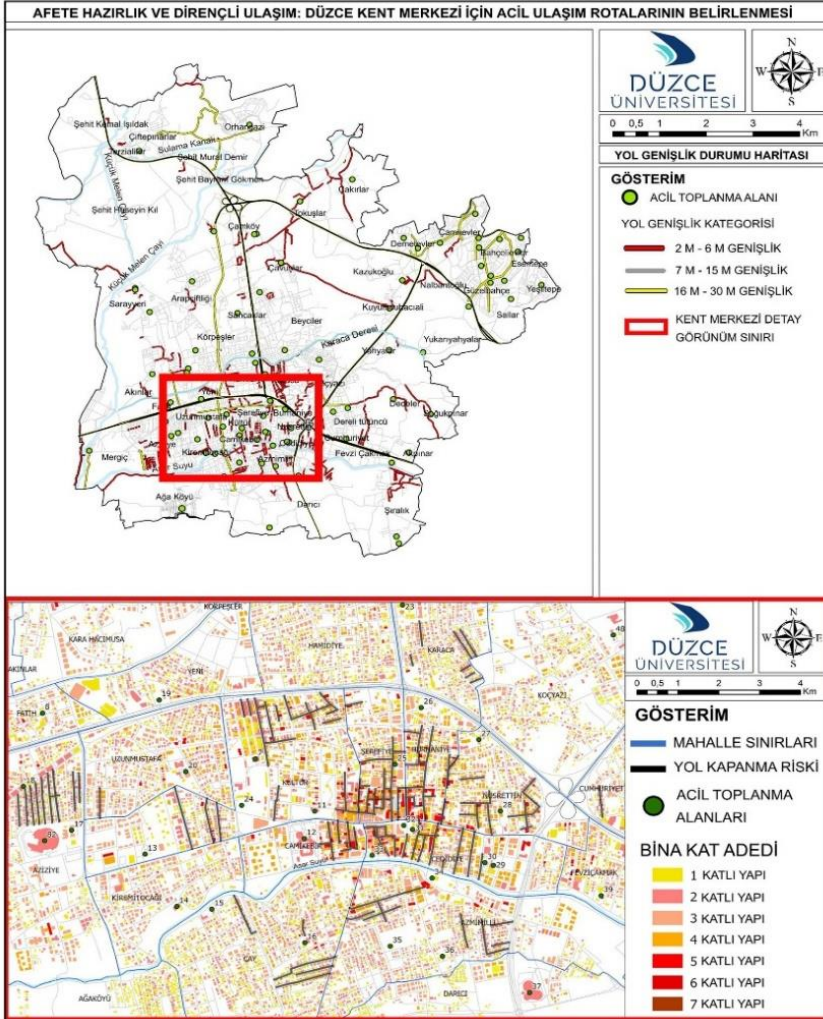
Binalar kat sayılarına göre değerlendirildiğinde, 1 katlı yapıların 1.949.098 m² alanı kapsadığı ve çalışma alanındaki binaların %36,4'ünü oluşturduğu; binaların %23'ünün 2 katlı, %28,8'inin 3 katlı, %8'inin 4 katlı, %2'sinin 5 katlı ve %0,028'inin 6 katlı olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki 7–16 katlı yapılar %0,01–%0,02 oranındadır.

Bina yükseklikleri ile yol genişlikleri dikkate alınarak yol kapanma riski değerlendirilmiştir. Mevzuat doğrultusunda, her bir binanın kat yüksekliği 3 m ve çatı katı yüksekliği 1,5 m olarak hesaplanmıştır. 2–6 m genişliğe sahip 168 yolun %41'inde (70 yol) yol kapanma riski bulunmazken, %59'u (98 yol) Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği Madde 9'da belirlenen “yol genişliklerine göre kat yükseklikleri şartını” sağlamamaktadır. Bu sokakların doğrudan 3, 4, 5 ve 6 katlı yapılarla cephe aldığı gözlemlenmiştir.

Kent merkezindeki 7–15 m genişliğe sahip yollardan cephe alan binaların kat sayısının mevzuat standartlarının üzerinde olması nedeniyle bu yollarda kapanma riski hesaplanmıştır. Öte yandan, 10–15 m ve 16–30 m genişliklerindeki yollarda yol genişliği ve yapı yüksekliği standartlarının sağlandığı belirlenmiştir.

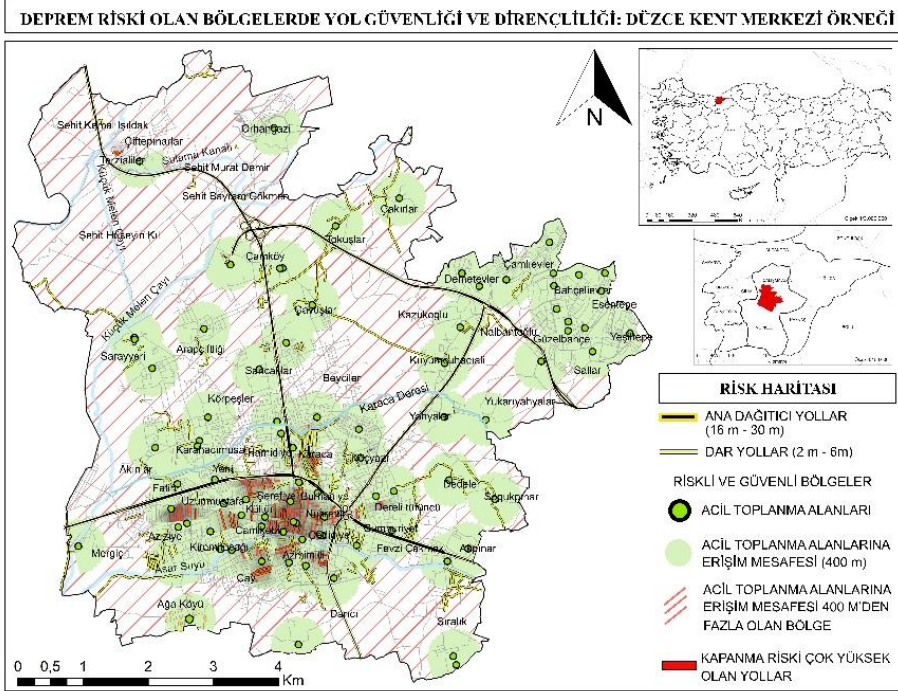
Yol kapanma riski, özellikle 2–6 m genişliğindeki dar yollar ile 7, 8 ve 9 m genişliğe sahip yollar odağında değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirme, JICA Raporunda belirtilen yol kapanma riski oranları ve Tsukaguchi vd. (1996) tarafından önerilen yol güvenliği (bina yüksekliği / yol genişliği) hesaplaması esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Harita 3'te, yol genişlik durumu ile kapanma riski yüksek yollar ve çevresindeki yapıların kat yükseklikleri gösterilmektedir.



Harita 3. Kapanma riski yüksek olan yollar ve çevresindeki yapıların kat yükseklikleri (Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Uzunmustafa, Kültür, Şerefiye, Burhaniye, Nusrettin, Camikebir, Çay ve Azimilli mahallelerindeki bazı yollarda, bina yüksekliği ile yol genişliği standartlarının karşılanmadığı ve bu nedenle yol kapanma riskinin yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Harita 4'te, kentsel ulaşım ağı temel alınarak, acil toplanma alanları odağında riskli ve güvenli bölgelere ilişkin analiz sunulmaktadır.



Harita 4. Risk Haritası (Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

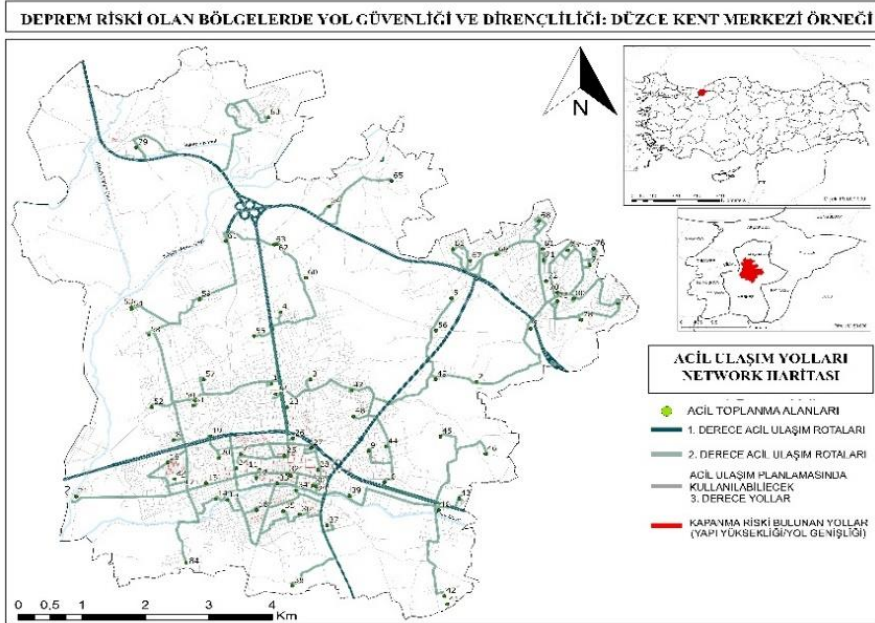
Risk haritasında, acil toplanma alanına 400 m erişim mesafesi dışında kalan, acil toplanma alanı bulunmayan veya mevcut alanlara erişimi sağlayan ancak uygun standartları karşılamayan, trafik yoğunluğu yüksek, hız limiti düşük ve erişim süresi uzun olan, ayrıca yapı yüksekliği ile yol genişliği kriterlerini sağlamayan ve yol kapanma riski taşıyan alanlar riskli bölgeler olarak tanımlanmıştır.

Buna karşılık, 400 m erişim mesafesi içinde acil toplanma alanı bulunan, alanlara erişimi sağlayan ve standartlara uygun olan, trafik yoğunluğu düşük, trafik akışı hızlı, hız limiti yüksek ve erişim süresi kısa olan, yapı yüksekliği ile yol genişliği kriterlerini karşılayan ve yol kapanma riskinin düşük veya bulunmadığı yollar ve alanlar ise güvenli bölgeler olarak belirlenmiştir.

Acil Ulaşım Rotalarının Dirençliliğinin Belirlenmesi (Ağ Network Analizi)

Acil ulaşım planlamasında birinci derece acil ulaşım yolları, belediye binaları, hastaneler, diğer önemli kamu kurum ve kuruluşları, afet yönetim merkezleri (AFAD), arama-kurtarma birimleri, geçici barınma alanları ve ana ulaşım noktalarına (terminaller) erişim sağlamalıdır. İkinci derece acil ulaşım yolları ise acil toplanma alanlarına, lojistik destek ve koordinasyon merkezlerine, ana ulaşım ağlarına ve acil müdahale birimlerine bağlanarak birincil yol ağına destek olmalıdır (Buldurur ve Kurucu, 2015).

Çalışma alanının mevcut ulaşım sisteminde, ana dağıtıcı yolların AFAD, Çağsu Hastanesi, diğer önemli kamu birimleri ve ana ulaşım noktalarıyla doğrudan bağlantı sağladığı gözlemlenmiştir. Semt dağıtıcı ve toplayıcı yollar ise belediye, valilik, hastaneler (Atatürk Devlet Hastanesi, Düzce Üniversitesi Hastanesi ve diğerleri), eğitim ve hizmet birimleri, itfaiye, emniyet gibi kurumlara, acil toplanma alanlarına, açık ve yeşil alanlara (kent ormanı, millet bahçesi, diğer kentsel yeşil alanlar) ve büyük spor tesislerine erişim sağlamaktadır. Bu nedenle, acil ulaşım sistemi perspektifinden değerlendirildiğinde, ana dağıtıcı yollar birincil yol ağını, semt dağıtıcı ve toplayıcı yollar ise ikincil yol ağını oluşturmaktadır.



Harita 5. Ağ (Network) Analizi ile Belirlenen Acil Ulaşım Rotaları (Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Çalışmada kentteki ulaşım ağı analiz edilerek, olası bir afet durumunda bölge sakinlerinin güvenli, sağlıklı ve mümkün olan en kısa sürede tahliye edilmesini sağlayan yollar tespit edilmiştir. Tahliye rotası belirlenirken, yol kapanma riski taşıyan, 2–9 m genişliğindeki yollar ve çıkmaz sokaklar dışlanmış; 10–30 m genişliğindeki ana dağıtıcı yollar, semt dağıtıcı yollar, bulvarlar ve acil toplanma alanlarını içeren veri seti üzerinden Ağ (Network) Analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde, yol uzunluğu, yol hız üst limiti, yol alma süresi (dakika) ve yol genişliği parametreleri kullanılarak belirlenen varış noktalarına, yani acil toplanma alanlarına erişimi sağlayan uygun rotalar ArcGIS Pro programı aracılığıyla oluşturulmuştur. Harita 5’te, Network Analizi ile belirlenen acil ulaşım rotaları gösterilmektedir.

Buna göre, birden fazla acil toplanma noktasına erişim sağlayan en kısa rota (35, 36 ve 37 numaralı acil toplanma alanlarını kapsayan) 1,7 km uzunluğunda olup, erişim süresi 1 dakika 40 saniye olarak hesaplanmıştır. En uzun rota ise 10 acil toplanma alanına (sırasıyla 55, 4, 60, 62, 63, 61, 59, 58, 53 ve 54 numaralı alanlar) erişim sağlayan 7,3 km uzunluğunda bir rota olup, ortalama 70 km/sa hız ile erişim süresi 6 dakika 20 saniye olarak belirlenmiştir. Tablo 3’te, acil ulaşım rotalarının kademe-leri ve kapsadıkları yollar detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 3. Acil Ulaşım Rotaları ve Yollar

Düzye	Yollar	Özellik
1.Derece Acil Erişim Yolları	D100 Karayolu, Kuzey Çevre Yolu, D655 Düzce-Akçakoca Yolu, Zahid Kevseri Bulvarı	Hızlı erişim, trafik yoğunluğu düşük ve trafik akışı hızlı, bina yıkılması nedeniyle yol kapanma riski bulunmamakta
2.Derece Acil Erişim Yolları	Eski Akçakoca Caddesi, Düzce Bulvarları (1., 3., 4., 6., 7., 8., 9.) 2423. Cadde, 1595. Cadde, İstanbul Caddesi, Bolu Caddesi, Atatürk Bulvarı, Kuyumcuzade Bulvarı, Servet Bucurgat Caddesi, Gazhane Caddesi, Ela Bahriye Oral Bulvarı, 571. Sokak, Ocak Sokak, Rıhtım Sokak, Mimar Sinan Caddesi, Sahil Sokak, Şehit Ramazan Gel Caddesi, 941. Sokak, 877. Ve 893. Sokaklar, Ruhi Kurnaz Bulvarı, 1363. Sokak, 2654. Sokak, 2890. Cadde, 2971. Cadde, Namık Kemal Sokak, Necatibey Sokak, Rasim Betir Paşa Bulvarı, Alparslan Türkeş Caddesi, İlim Sokak, Süleyman Kuyumcu Caddesi, Mansur Bayram Caddesi, Cevdet Komit Caddesi, Seyhan Caddesi, Aydınpınar Caddesi, Nezih Tütüncüoğlu Bulvarı, 1439. Cadde, Yiğilca Caddesi, Düzce-Yiğilca Yolu, Hilmi Sönmez Caddesi, 500. Cadde, 5500. Cadde, 5730. Cadde, 2400. Sokak, 5150. Sokak, 5154. Sokak, Bulut Sokak, Terzioğlu Sokak, 1561. Sokak, Cumhuriyet Caddesi, Necmi Hoşver Caddesi, Hilmi Sönmez Caddesi, Cumhuriyet Caddesi, Düzce Üniversitesi Caddesi.	Trafik akışı nispeten hızlı, 10 m - 18 m genişliğinde bulvar ve caddeler, yol yoğunluğu fazla ve diğer yollarla bağlantıları (connectivity) güçlü, yol kapanma riski düşük veya orta düzeyde, acil toplanma alanlarına erişimi sağlayan ve acil toplanma alanları arasında da bağlantı sağlayan, en kısa sürede erişimi sağlayan yollar olarak belirlenmiştir.

(Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

5. Tartışma

Bu çalışma, afet anında ve sonrasında acil toplanma alanlarına erişimin kritik önemde olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanında yol hiyerarşisi ve yol genişlikleri ile acil toplanma alanları arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, afet sonrası erişilebilirliğin yol tipleri ve özellikleriyle doğrudan bağlantılı olduğu görülmektedir. Bulgular, özellikle ana dağıtıcı ve semt dağıtıcı yolların yüksek hız limitleri sayesinde acil toplanma alanlarına erişimde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Ancak bu yolların toplam ağ içindeki sınırlı oranı, kentsel güvenlik açısından potansiyel bir zayıflık oluşturmaktadır.

Düzce kent içi yollarının ulaşım sisteminin %64,8'ini oluşturması günlük yaşamda erişim kolaylığı sağlarken, afet sonrası hızlı tahliye ve acil ulaşım için dezavantaj oluşturabilmektedir. Dar yol genişlikleri, özellikle deprem sonrası yıkılma riski bulunan yapıların çökmesi durumunda ulaşımı tamamen kesintiye uğratabilecek potansiyele sahiptir. Literatürde önerilen ideal yol genişlikleri ile karşılaştırıldığında (De Chiara ve Koppelman, 1975; Tsukaguchi vd., 1996), mevcut yol ağının önemli bir bölümünün afet anında işlevselliğini kaybedebileceği anlaşılmaktadır.

Mevcut bulgular, acil toplanma alanlarının yaklaşık yarısına düşük hız limitli ve dar yollar üzerinden erişilebilmesini, afet senaryolarında müdahale ve tahliye süreçlerini yavaşlatma potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Dar ve çevresinde yüksek katlı yapıların bulunduğu yolların yüksek yol kapanma riski taşıması, JICA (2002) raporu ve literatürde vurgulanan yol güvenliği standartları (Tsukaguchi vd., 1996; Kim ve Do, 2019) ile uyumludur. 2–6 m genişliğindeki yolların büyük kısmında bina yüksekliği–yol genişliği oranının mevzuat sınırlarını aşması, afet sonrası tahliye ve acil erişim süreçlerini riske atmaktadır.

Öte yandan, 10 m ve üzeri genişliğe sahip yolların büyük çoğunluğunda yol kapanma riski düşük bulunmuş, bu durum kentsel planlamada geniş yol doku sunun afet direnci açısından kritik bir avantaj sunduğunu göstermektedir. Ancak kent merkezinde 7–9 m genişliğindeki bazı yollar, çevrelerinde yüksek katlı yapıların bulunması nedeniyle risk altında olup, yol genişliğinin tek başına yeterli bir ölçüt olmadığını ortaya koymaktadır.

Risk haritası analizleri, acil toplanma alanlarının erişilebilirliğinin yalnızca mesafe kriteriyle değil, yol güvenliği, trafik yoğunluğu ve yapılaşma özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Güvenli bölgeler, afet anında hızlı ve güvenilir erişim sağlarken; riskli bölgeler mevcut haliyle ciddi müdahale ve iyileştirme ihtiyacı göstermektedir. Bu bağlamda, Düzce’de yeni ya-

pılaşma alanlarında veya kentsel dönüşüm projelerinde yol genişliği ile bina yüksekliği oranının gözetilmesi ve dar yolların alternatif güzergâhlarla desteklenmesi önemli bir ilke olarak öne çıkmaktadır.

Ağ analizi sonuçları, afet sonrası tahliye planlamasında yalnızca yol genişliği ve kapanma riski değil, yol uzunluğu, hız limitleri ve trafik yoğunluğunun da kritik belirleyiciler olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, dar yollar ve çıkmaz sokakların alternatif güzergâhlarla desteklenmesi, acil toplanma alanlarına erişim sağlayan yolların fiziksel ve yapısal standartlarının iyileştirilmesi ve tahliye planlarının düzenli olarak güncellenmesi önerilmektedir.

6. Sonuç ve Öneriler

Düzce 1. derece deprem bölgesinde yer alan bir kenttir. 1999 yılında meydana gelen depremlerde büyük yıkım ve kayıplar yaşamıştır. 2022 yılında gerçekleşen 6.0 büyüklüğündeki depremle sarsılmış, orta hasar almıştır (AFAD, 2022). Kentte yapı güçlendirme ve eski bina stokunu yenilemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Düzce Afet ve Acil Durum İl Müdürlüğü, 2022).

Düzce İl Afet Risk Azaltma Planı deprem odağında değerlendirildiğinde, sağlam zemine sahip alanlarda yapılaşmanın artırılması, afet lojistik alanlarının belirlenmesi, sismik deprem izolatörlü yapıların yaygınlaşması, yatay mimarinin yaygınlaştırılması ve imar planındaki yol genişliklerinin dikkate alınarak yeni yapılacak yolların geniş tutulması, acil toplanma alanlarının önceden belirlenmesi gibi önlemlere yer verildiği görülmektedir (AFAD, 2021). Buna karşın acil ulaşım yollarının belirlenmesi ve kademelenmesi konusunda yeterli çalışmaların bulunmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan analizlere göre;

- a) İdeal genişliğe ve yapısal çevreye sahip olan yol aksları (12 m – 30 m) %22 oranındadır.
- b) Yolu taşıma kapasitesini aşan yapılaşmaların yer aldığı dar yollar (2 m - 6 m) %8 oranındadır.
- c) Kent merkezindeki mahallelerde (Çay, Aziziye, Uzunmustafa, Fatih, Hamidiye, Karaca, Koçyazı, Kiremitocağı, Fevziçakmak, Çiftepınarlar) çıkmaz ve dar sokaklar bulunmaktadır.
- d) Çıkmaz sokaklar ve dar sokaklar erişilebilirlik potansiyelini olumsuz etkilemektedir. Bu yolların tahliye ve kurtarma gibi faaliyetlerin gerçekleştirilmesini sekteye uğratacağı öngörülmektedir.
- e) Kent merkezinde kompakt yerleşim geliştiği görülmüştür. Kırsal/Çeper bölgelerde (Şıralık, Darıcı, Yukarı Yahyalar, Soğukpınar, Derelitütüncü, Terzialiler ve Çiftepınarlar) seyrek yoğunluklu yapılaşmalar ve düşük yol yoğunluğu bulunmaktadır.

- f) Dış/Çeper mahallelerdeki 1. veya 2. derece yol bağlantıları sekteye uğradığında alternatif güzergah oluşturma olasılığının düşük olacağı öngörülmektedir.
- g) Kırsal yerleşimlerde yol genişliğinin 3 m - 6 m aralığında değiştiği, yolların dar olması sebebiyle acil durum araçlarının erişiminde aksaklıklar yaşanabileceği öngörülmüştür.
- h) Altı mahallede (Şehit Kemal Işıldak Mahallesi, Orhangazi Mahallesi, Şehit Bayram Gökmen Mahallesi, Şehit Murat Demir, Terzialiler Mahallesi) acil toplanma alanı bulunmamaktadır.
- i) 16 mahallede acil toplanma alanları mevcut nüfus için yeterli görülmemektedir.
- j) 56 mahalle için kent içi ulaşım ağlarının yol kademelenmesi, yol genişliği ve yollara atfedilen işlevlerin acil durum tahliyesine imkân sağlayabilmesi için plan tadilatlarıyla birlikte standartlara uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir.
- k) Dış/Çeper yerleşimlerde yol genişliğinin 3 m- 6 m aralığında değiştiği, bu alanlarda seyrek yapılaşmalar ve 1 ya da 2 katlı ayrık nizamda yapılar bulunması sebebiyle yol kapanması durumundan ziyade acil durum araçlarının erişiminde aksaklıklar yaşanabileceği öngörülmüştür.
Özellikle kent merkezindeki 2 m ve 6 m olan dar yollara cephesi bulunan binaların en çok 2 katlı olması öngörülmekteyken daha yüksek katlı binalar bulunması yol kapasitesini kısıtlamakta, olası deprem durumunda ise binaların yıkılması sebebiyle erişimin aksamaması, kapanan yol ile bağlantısı bulunan yollarda yığılmalar meydana gelmesi, ilgili bölgeyle bağlantının kesilmesi gibi ciddi ve hayati sorunlara sebep olabilmektedir (Sivil Savunma Derneği, 2021). Tablo 4'te kentsel ulaşım sisteminin dirençliliği için acil ulaşım yol önerileri yer almaktadır.

Tablo 4. Kentsel ulaşım sisteminin dirençliliği için acil ulaşım yol önerileri (Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur)

Ulaşım Sisteme Yönelik Düzenleme Önerileri	Yıkım ve hasar durumunun tüm kentsel sistem için tehlike oluşturmaması ya da sistemi sekteye uğratmaması için afet öncesi hazırlık çalışmalarının dirençlilik odağında yürütülmesi, Yol kapanmasını engellemek için yol genişliği ve yapı yüksekliği şartının sağlanması, 2 m- 6 m genişlikteki dar yolların genişletilmesi, çıkmaz sokakların plan tadilatlarıyla birlikte ulaşım sistemine entegre edilmesi, Caddelerdeki yol kenarı parklanmasının giderilmesi için otopark sayısı ve kapasitesinin artırılması, Yol yoğunluğu ve olası aksaklıklar için alternatif ulaşım bağlantılarının artırılması,
Yapılara İlişkin Düzenleme Önerileri	Yapı kat adedi ile yol genişliği standartlarının sağlanmadığı bölgelerde, kentsel dönüşüm projelerinin, plan tadilatlarının uygulanması, Konut yerleşimlerinde yapı çekme mesafesi bırakılmalı, çekme mesafesi bırakılmıyorsa kat alma suretiyle standartlara uygun hale getirilmesi,
Acil Toplanma Alanlarına İlişkin Düzenleme Önerileri	Acil toplanma alanlarının sayısı ve kapasitesinin artırılması, Yerleşim ünitelerinin merkezinde, yol bağlantılarının yoğun olduğu alanlarda, diğer acil toplanma alanlarıyla ve açık yeşil alanlarla bağlantılı olacak şekilde acil toplanma alanlarının planlanması, Acil toplanma alanlarının 15m-20m genişliğindeki bulvarlardan ya da ana dağıtıcı yollardan doğrudan erişilebilir olması, Acil toplanma alanlarının erişim aldığı sokakların en az 12 m genişlikte planlanması, Acil toplanma alanlarının lojistik depolarıyla, önemli kamu kurumlarıyla bağlantısının sağlanması,
Acil Ulaşım Sisteminin Dirençliliği İçin Öneriler	Ulaşım ağının ve altyapı sistemlerinin deprem ve diğer afetlere dayanıklı zeminde ve nitelikte inşa edilmesi, Ulaşım ağında acil ulaşım yolu/rotası olarak kullanılacak yolların önceden belirlenmesi; genişliklerine ve işlevlerine göre kademelendirilmesi, Acil ulaşım yollarının güvenli toplanma alanlarının tamamıyla, ilgili afet müdahale birimleriyle, kamu kurumlarıyla doğrudan bağlantısının sağlanması, Acil ulaşım yollarına ilişkin halkın bilinçlendirilmesi, Riskli yollara (kapanan yollara), güvenli erişimi sağlayan alternatif yolları, en yakın acil toplanma alanlarını vatandaşların bilgisine sunan mobil yazılım uygulamalarının geliştirilmesi, Riskli yolların nüfus kapasitesi dikkate alınarak genişletilmesi ve çevresindeki yapıların düzenlenmesi, Tüm yol kademelerinde yol genişliği yapı yüksekliği şartının aranması, Acil ulaşım yollarında meydana gelebilecek risklere karşı alternatif yolların bulunması, Geniş ve güvenli erişimi sağlayan yol yoğunluğunun artırılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, kent merkezindeki yol ağının gerek işlevsel özellikleri gerekse öznitelikleri bakımından olası afet durumunun sağlıklı ve güvenli bir şekilde yönetilebilmesi, afet etkilerinin kısa sürede bertaraf edilmesi, ikincil risklerin oluşmaması ve sekteye uğrayan bölümlerin hızla kurtarılabilmesi için yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, gelecekteki araştırmalarda sosyodemografik kırılma, altyapı dayanıklılığı ve afet sonrası insan hareketliliği gibi faktörlerin de dikkate alınması önerilmektedir.

Extended Abstract

Transportation safety and resilience in earthquake-prone areas: the case of Düzce city centre

*

In recent years, the disasters and other pressures that cities have had to face have increased significantly. Evacuating residents of at-risk areas to safe zones within the first 72 hours after a disaster is of vital importance.

As a city located on the North Anatolian Line and carrying a high risk of earthquakes, it is considered that post-earthquake evacuation planning is of critical importance in Düzce. The starting point of the study was the question, "Which routes in the transportation system can be used to safely, healthily, and quickly evacuate residents to emergency assembly areas in the city center of Düzce after a possible earthquake?" In this study, based on the parameters presented in the JICA Report for determining emergency transportation routes, a resilience analysis of the emergency transportation network was prepared specifically for the city of Düzce. The data was transferred to the ArcGIS program, and a Network Analysis was performed to determine the safest and fastest routes for evacuation in an emergency.

The main distributor roads in the study area are the Northern Ring Road, the D100 State Highway, and the D655 Düzce-Akçakoca highway. The main distributor roads have a total length of 0.86 km and account for 9.7% of the road system in the study area. The neighborhood distributor roads, with a total length of 1,120 km, account for 12.6% of the entire transportation system. Collector roads, with a road volume of 1,155 km, constitute 13% of the transportation network. Streets cover an area of 5,784 km and account for 64.8% of the entire transportation network.

When evaluating the emergency gathering areas designated by AFAD and the road network hierarchy, it was determined that 3 of the 84 emergency gathering areas are directly accessible from main distributor roads, 25 from neighborhood distributor roads, 19 from collector roads, and 37 from local roads.

Traffic flow on Rıhtım Street, Mimar Sinan Street, Atatürk Boulevard, Kuyumcuzade Boulevard, Rasim Betir Boulevard, Nezih Tütüncüoğlu Boulevard, Aydınpınar Avenue, Bayrak Avenue, Bolu Avenue, İstanbul Avenue, Necmi Hoşver Avenue, Hilmi Sönmez Avenue, Düzce Boulevard, D-655 Akçakoca Road, and D-100 Highway.

It has been determined that 28 emergency assembly areas have direct access from main distributor and neighborhood distributor roads with speed limits of 110 km/h and 90 km/h. There are 16 emergency assembly areas accessible from roads with a speed limit of 70 km/h, while 37 emergency assembly areas are accessible from roads with speed limits of 50 km/h and 60 km/h. 44% of emergency assembly areas are accessible via inner-city roads with slow-moving traffic.

In terms of road width, roads in the 2m–6m width category have a total length of 71,443 km, accounting for 8.3% of all roads. Roads with a width of 7m–15m have a length of 670,059 km and cover 78% of the total road network. Roads with widths between 16m–30m have a total length of 121,587 km and constitute 14% of the transportation system. When emergency assembly areas and road widths are evaluated together, 12 emergency assembly areas are accessible via roads with a width of 2m–6m, 62 emergency assembly areas are accessible via roads with a width of 7m–15m, and 9 emergency assembly areas are accessible via road connections with a width of 16m–30m.

When buildings are evaluated according to the number of floors; single-storey buildings cover an area of 1,949,098 m² and constitute 36.4% of the buildings in the study area. It has been calculated that 23% of the buildings are two-storey, 28.8% are three-storey, 8% are four-storey, 2% are five-storey, and 0.028% are six-storey. There are also 7-16-story buildings in the study area, but in percentage terms, they are less common (0.01%-0.02%) than buildings with other numbers of stories.

In the transportation system, it is seen that the main distributor roads provide direct connections to AFAD, hospitals, other important public units, and main transportation points. Neighborhood distributor and collector roads provide access to other important units such as the municipality, governor's office, hospitals (Atatürk State Hospital, Düzce University Hospital, etc.), education and service units, fire department, police, emergency assembly areas, open and green areas, and large sports facilities. Therefore, when classified according to the emergency transportation system, main distributor roads form the primary road network, while neighborhood distributor and collector roads form the secondary road network.

This study analyzed the functionality of transportation networks that enable safe evacuation during disasters. The findings revealed that the existing road network largely complies with the classifications envisaged in disaster management, particularly that the main distributor roads provide direct access to critical institutional and health units as the primary transportation network. However, roads with widths between 2-9 meters and dead-end streets were found to create sig-

nificant constraints in terms of evacuation planning. Compared to the road closure risks mentioned in the JICA (2002) report, it was determined that similar risks exist in the road network of the study area; the presence of high-rise buildings around narrow roads seriously threatens evacuation safety. The network analysis results show that not only road width and closure risk, but also road length, speed limits, and traffic density are critical determinants for rapid evacuation after a disaster.

According to the analyses:

- a) Road axes with ideal width and structural environment account for 22%.
- b) Narrow roads with structures exceeding the road's carrying capacity account for 8%.
- c) Dead-end and narrow streets in neighborhoods in the city center negatively affect accessibility potential.
- d) Compact settlement has developed in the city center. Rural/peripheral areas have sparse structures and low road density.
- e) When 1st-2nd degree road connections in outer/peripheral neighborhoods are disrupted, the possibility of creating alternative routes will be low.
- f) In rural settlements, road widths vary between 3m-6m, and due to the narrowness of the roads, there may be disruptions in the access of emergency vehicles.
- g) There are no emergency assembly areas in six neighborhoods, and the emergency assembly areas in 16 neighborhoods are not considered sufficient for the existing population.
- h) For 56 neighborhoods, the urban transportation networks need to be reorganized.
- i) There may be disruptions in the access of emergency vehicles in peripheral settlements.

Kaynakça/References

- AFAD. (2021). Düzcce İl Afet Risk Azaltma Planı Raporu. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://duzce.afad.gov.tr/kurumlar/duzce.afad/Irap-II-Planlari/Duzce-II-Afet-Risk-Azaltma-Plani.pdf> adresinden alındı.
- AFAD. (2022). Düzcce İli Halkın Toplanma Alanları. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://duzce.afad.gov.tr/toplanma-alanlari> adresinden alındı.
- AFAD. (2022). 23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Mw 5.9 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/23kasim2022GolyakaDuzceMW59.pdf> adresinden alındı.

- Atmaca, E., Aktaş, E., ve Öztürk, H. N. (2023). Evaluated post-disaster and emergency assembly areas using multi-criteria decision-making techniques: A case study of Turkey. *Sustainability*, 15(10), 8350. Doi: <https://doi.org/10.3390/su15108350>
- Buldurur, M. A., ve Kurucu, H. (2015). İstanbul'da Afet Yönetimi ve Acil Ulaşım Yollarının Değerlendirmesi. *Planlama Dergisi*, 25(1), 21-31. Doi: <https://doi.org/10.5505/planlama.2015.47965>
- Cai, K. Q., Zhang, J., Du, W. B., ve Cao, X. B. (2012). Analysis of the Chinese air route network as a complex network. *Chinese Physics B*, 21(2), 028903, 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1088/1674-1056/21/2/028903>
- Bešinović, N. (2020). Resilience in railway transport systems: a literature review and research agenda. *Transport Reviews*, 40(4), 457-478. Doi: <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1728419>
- Bešinović, N., Nassar, R. F., ve Szymula, C. (2022). Resilience assessment of railway networks: Combining infrastructure restoration and transport management. *Reliability Engineering ve System Safety*, 224, 108538, 2-15. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108538>
- Chen, W., Zhai, G., Ren, C., Shi, Y., ve Zhang, J. (2018). Urban resources selection and allocation for emergency shelters: In a multi-hazard environment. *International journal of environmental research and public health*, 15(6), 1261, 2-17. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph15061261>
- De Chiara J., ve Koppelman L., (1975). *Urban planning and design criteria* (3. Baskı). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Choi, S., Chae, J., ve Do, M. (2022). Emergency road network determination for Seoul metropolitan area. *Sustainability*, 14(9), 5422, 2-19. Doi: <https://doi.org/10.3390/su14095422>
- Curtin, K. (2007). Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections. *Cartography and Geographic Information Science*, 34(2), 103-111. Doi: <https://doi.org/10.1559/152304007781002163>
- Çiriş, S. (2017). (2017, Mayıs 24-26). Kentsel planlamada paradigma değişiminin bir ürünü: dirençli ulaştırma ve istanbul kenti üzerine inceleme. [Tam Metin]. 12. Ulaştırma Kongresi (Ulaştırma Politikaları) Bildiriler Kitabı, Adana, Türkiye. 5 Kasım 2025 tarihinde https://www.imo.org.tr/Ek-lenti/2259,180014129pdf.pdf?0&_tag1=074F1960587199F41334406FFE0448B78154938 adresinden alındı.
- Deniz, M. (2018). Uşak şehrinde aile sağlık merkezlerine erişilebilirliğin CBS ile analizi. *Turkish Studies Social Sciences*, 13(26), 476-491. Doi: <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14404>
- Dingil, A. E., ve Pribyl, O. (2024). Understanding state-of-the-art situation of transport planning strategies in earthquake-prone areas by using AI-supported literature review methodology. *Heliyon*, 10(13), 2-16. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33645>
- Do, M., ve Jung, H. (2018). Enhancing road network resilience by considering the performance loss and asset value. *Sustainability*, 10(11), 4188, 2-15. Doi: <https://doi.org/10.3390/su10114188>

- Düzce Belediyesi. (2022). Düzce İl 1/50.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı'na Yönelik Stratejik Çevresel Değerlendirme İşi Taslak Kapsam Belirleme Raporu. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://webdosya.csb.gov.tr/db/scd/icerikler/duzce-il-cdp-scd-taslak-kbr-20221020095936.pdf> adresinden alındı.
- Düzce İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. (2022). Düzce halkının toplanma alanları. T.C. Düzce Valiliği, İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://duzce.afad.gov.tr/duzce-ili-halkin-toplanma-alanlari> adresinden alındı.
- E Costa, C. A. B., Oliveira, C. S., ve Vieira, V. (2008). Prioritization of bridges and tunnels in earthquake risk mitigation using multicriteria decision analysis: Application to Lisbon. *Omega*, 36(3), 442-450. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.008>
- Efendioğlu, G., ve Cenani, Ş. (2021, Haziran 28-29). Deprem kaynaklı tsunami durumunda tahliye için karar destek sistemi önerisi: Kadıköy Caferağa ve Osmanağa Mahallelerinde vaka analizi [Tam Metin]. Mimarlıkta Sayısal Tasarım XV. Ulusal Sempozyumu, İstanbul, İTÜ, s. 268-279. <https://mstas2021.itu.edu.tr/sempozyum/bildiri-ki-tabi>
- Choi, S., Chae, J., ve Do, M. (2022). Emergency road network determination for Seoul metropolitan area. *Sustainability*, 14(9), 5422, 2-19. Doi: <https://doi.org/10.3390/su14095422>
- Erdem, U., Erdin, H. E., ve Özcan, N. S. (2017, Ekim 11-13). Afet ve acil durumlarda erişilebilirlik [Tam Metin]. 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir s. 1-10. <https://www.tdmd.org.tr/4UDMSK/pdf2017/3887.pdf>
- Erdin, H. E., Aydın, M. B. S., Partigöç, N. S., Çelik, H. Z., Palazca, A., ve Horoz, Ç. (2021). Kentiçi yol kademelenmesinin afet durumunda toplanma alanlarının erişilebilirliğine etkisi açısından irdelenmesi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 9(1), 103-111. Doi: <https://doi.org/10.21541/apjes.478601>
- Erdoğan, G., Simsar, S., Sakal, S. D., Kor, Ö., Kardoğan, G., Parlı, C., Kaya, Y. D., ve Gündoğdu, B. (2022). Dirençli şehirler tasarlamak: uygulama kılavuzu arayışı İzmir-Torbalı örneği. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1(2), 165-202. Doi: <http://dx.doi.org/10.0000/0000>
- Edirisinghe, E. A. K. R., Pussella, P. G. R. N. I., ve Vidarshana, W. D. M. (2021). GIS based approach for planning the evacuation process during flash floods: case study for gampaha divisional secretariat division, Sri Lanka. *Journal of Geospatial Surveying*, 1(1), 33-38. Doi: <https://doi.org/10.4038/jgs.v1i1.27>
- Ganjehi, S., ve Norouzi Khatiri, K. (2021). Determination of emergency roads to emergency accommodation using loss analysis results. *Geoenvironmental Disasters*, 8(1), 15, 2-25. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40677-021-00190-2>
- Georgiadou, P. S., Papazoglou, I. A., Kiranoudis, C. T., ve Markatos, N. C. (2007). Modeling emergency evacuation for major hazard industrial sites. *Reliability Engineering ve System Safety*, 92(10), 1388-1402. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.res.2006.09.009>
- Gerçek, D., ve Güven, İ. T. (2016). Kentsel dirençliliğin coğrafi bilgi sistemleri ile analizi: Deprem ve İzmit kenti. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 51-64. Doi: <https://doi.org/10.15659/hartek.16.04.298>
- Gündoğdu, O., Işık, Ö., ve Koç, S. (2012). Marmara ve çevresinde deprem tehlikesi. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 28(2), 71-81. Doi: <https://doi.org/10.5222/otd.supp2.2012.071>

- Güney, D., Acar, M., Özlüdemir, M. T., ve Celik, R. N. (2010). Investigation of post-earthquake displacements in viaducts using Geodetic and Finite Element Methods. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(12), 2579-2587. Doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-10-2579-2010>
- Heller, D. S. (2010). Evacuation planning in the aftermath of Katrina: Lessons learned. *Risk, Hazards ve Crisis in Public Policy*, 1(2), 131-174. Doi: <https://doi.org/10.2202/1944-4079.1016>
- International Transport Forum (ITF). (2024), Transport System Resilience: Summary and Conclusions, ITF Roundtable Reports, No. 194, OECD Publishing, Paris. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/transport-system-resilience.pdf> adresinden alındı.
- Işık, S., ve Özben, M., (2007, Ekim 16-20). 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Bolu Tüneline Deformasyon Etkisinin Ölçülmesi ve Sismik Projelendirme [Tam Metin]. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları s. 709-721. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://eski.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/2617.pdf> adresinden alındı.
- Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı- JICA. (2002). Türkiye Cumhuriyeti İstanbul ili sismik mikro-bölgeleme dahil afet önleme/azaltma temel planı çalışması. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. 5 Kasım 2025 tarihinde https://openjicare-port.jica.go.jp/pdf/11707858_01.pdf adresinden alındı.
- JICA ve İBB. (2002). *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması*. 5 Kasım 2025 tarihinde <http://www.ibb.gov.tr/trTR/SubSites/DepremSite/PublishingImages/JICA-TUR.pdf> adresinden alındı.
- Kadıoğlu, M., ve Özdamar, E. (2008). *Afet zararlarını azaltmanın temel ilkeleri*. JICA Türkiye Ofisi. 5 Kasım 2025 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/258108841_AFET_ZARARLARINI_AZALTMANIN_TEMEL_ILKELERI adresinden alındı.
- Kesik, O. A., Aydınoğlu, A. Ç., ve Taştan, B. (2015). Ağ analizi tekniklerini kullanarak afetlerle başa çıkabilmede erişebilirlik: İstanbul Fatih ilçesi örneği. *Doğu Coğrafya Der-gisi*, 21(36), 79-94. Doi: <http://dx.doi.org/10.0000/0000>
- Kılınçaslan, T. (2012). Ulaşım Sistemi ve Yol Ağları. Kılınçaslan, T. (Der.). *Kentsel ulaşım: Ulaşım sistemi-Toplu taşıma-Planlama-politikalar* içinde (ss. 49-92). İstanbul: Ninova
- Sutcliffe, E. B. (2012). Toplu Taşıma Sistemleri. Kılınçaslan, T. (Der.). *Kentsel ulaşım: Ulaşım sistemi-Toplu taşıma-Planlama-politikalar* içinde (ss. 127-141). İstanbul: Ninova
- Kim, J., ve Do, M., (2019). Risk and Resiliency Analysis for Selecting Emergency Road Network in the Event of a Disaster. *Int. J. Highw. Eng.* 21, 149-159. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18794>
- Konstantinidou, M., Kepaptsoglou, K., ve Karlaftis, M. (2014). Transportation network post-disaster planning and management: A review part I: Post-disaster transportation network performance. *International Journal of Transportation*, 2(3), 1-16. Doi: <https://doi.org/10.14257/ijt.2014.2.3.01>
- Kotani, H., Yokomatsu, M., ve Ito, H. (2020). Potential of a shopping street to serve as a food distribution center and an evacuation shelter during disasters: Case study of Kobe,

- Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44, 101286, 2-16. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101286>
- Li, G., Zhang, L., ve Wang, Z. (2014). Optimization and planning of emergency evacuation routes considering traffic control. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 164031, 2-15. Doi: <https://doi.org/10.1155/2014/164031>
- Lida, Y., Kurauchi, F., ve Shimada, H. (2000). Traffic management system against major earthquakes. *IATSS Research*, 24(2), 6-17. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60024-8](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60024-8)
- Liu, H., Chen, H., Hong, R., Liu, H., ve You, W. (2020). Mapping knowledge structure and research trends of emergency evacuation studies. *Safety Science*, 121, 348-361. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.020>
- Mohaymany, A. S., ve Nikoo, N. (2020). Designing large-scale disaster response routes network in mitigating earthquake risk using a multi-objective stochastic approach. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(10), 3050-3063. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1844-x>
- Naghdi, K., Mansuryan, A., Valadanzoej, M., ve Saadatseresth, M. (2008). Evacuation planning in earthquake disasters, using RS ve GIS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(4), 5 Kasım 2025 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/254243230_Evacuation_planning_in_earthquake_disasters_using_RS_GIS adresinden alındı.
- No, W., Choi, J., Park, S., ve Lee, D. (2020). Balancing hazard exposure and walking distance in evacuation route planning during earthquake disasters. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 432, 2-14. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijgi9070432>
- Nogal, M., ve Honfi, D. (2019). Assessment of road traffic resilience assuming stochastic user behaviour. *Reliability Engineering ve System Safety*, 185, 72-83. Doi: <http://dx.doi.org/10.0000/0000>
- Nishigami, A., Yamazaki, T., Misawa, S., Suenaga, Y., ve Yamamoto, A. (2017). Experience of evacuees in the 5 days after the 2016 Kumamoto earthquake. *Health Emergency and Disaster Nursing*, 4(1), 82-83. Doi: <https://doi.org/10.24298/hedn.2016-0011>
- OECD. (2021), "Building resilience: New strategies for strengthening infrastructure resilience and maintenance", OECD Public Governance Policy Papers, No. 05, OECD Publishing, Paris, Doi: <https://doi.org/10.1787/354aa2aa-en>.
- OECDiLibrary. (2022). Regional development working papers 2018/02. OECDiLibrary. 5 Kasım 2025 tarihinde https://www.oecdilibrary.org/development/indicators-for-resilient-cities_6f1f6065-en adresinden alındı.
- Okuyan Akcan, S., Tekin, S., Yeşilyurt, A., Zülfiyar, A. C. (2023). Güncel Avrupa Sismik Tehlike ve Risk Modeliyle 23 Kasım 2022 Düzce Depreminin Değerlendirilmesi. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(4), 1218-1233. Doi: <https://doi.org/10.35341/afet.1216572>
- Ölmez, İ., ve Geçen, R. (2018). Acil durumlarda ambulans erişebilirliği: Antakya (Hatay) örneği. *International Journal of Social Science*, 73, 361-375. Doi: <http://dx.doi.org/10.9761/IJSSS7912>
- Özden, S., Tatar, O., Mesci, B. L., Koçbulut, F., Tutkun, S. Z., Doğan, B., ve Tüvar, O. (2000). 12 Kasım 1999 Düzce depremi ve bölgesel tektonik anlamı. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 43(2), 61-69. Doi: <http://dx.doi.org/10.0000/0000>

- Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities: Natural disasters and social resilience*. London: Earthscan Publications, 41(10), 2077-2091, London. ISBN: 1 85383 830 6 paperback
- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği (2017, 3 Temmuz). Resmi Gazete (Sayı: 30113 (Mükerrer)) 5 Kasım 2025 tarihinde <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23722veMevzuatTur=7veMevzuatTertip=5> adresinden alındı.
- Redzuan, A. A., Anuar, A. N., Zakaria, R., Aminudin, E., Alias, N. E., Yuzir, M. A. M., ve Alzahari, M. R. (2019, October). A review: Adaptation of escape route for a framework of road disaster resilient. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 615(1), s. 2-9. IOP Publishing. Doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/615/1/012002>
- Shahparvari, S., ve Abbasi, B. (2017). Robust stochastic vehicle routing and scheduling for bushfire emergency evacuation: An Australian case study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 104, 32-49. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.036>
- Sivil Savunma Derneği (SİSAD), (2021). Afetler ve Şehir İçi Yol Ağları. Erişim Tarihi: 27.01.2025 <https://sisad.org.tr/faaliyetler/2021/03/21/afetler-ve-sehirici-yol-aglari/>
- Şenik, B., ve Uzun, O. (2021). An assessment on size and site selection of emergency assembly points and temporary shelter areas in Düzce. *Natural Hazards*, 105, 1587-1602. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04367-0>
- Tamima, U., ve Chouinard, L. (2012). Framework for earthquake evacuation planning: Case study for Montreal, Canada. *Leadership and Management in Engineering*, 12(4), 222-230. 5 Kasım 2025 tarihinde <https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000198> adresinden alındı.
- Tepe, S., ve Eti, S. (2024). Evaluation of Qualifications of Emergency Assembly Areas in Istanbul using the Spherical Fuzzy MAIRCA Process. *İDEALKENT*, 16(44), 1014-1036. Doi: <https://doi.org/10.31198/idealkent.1431280>
- Tsukaguchi, H., Totani, T., ve Nakatsuji, K. (1996). Areal Photo Analysis of Road Damage Immediately After Earthquake. In *Symposium on Hanshin Earthquake, Japan Society of Civil Engineering* (pp. 701-708).
- Türkiye İstatistik Kurumu, (2024). 2024 Yılı Nüfus İstatistikleri, Ankara, Türkiye.
- UN Habitat III, The New Urban Agenda, 5 Kasım 2025 tarihinde <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Turkish.pdf?v=2> adresinden alındı.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction-UNDRR, (2024). 5 Kasım 2025 tarihinde <https://www.undrr.org/media/91113/download?startDownload=20250128> adresinden alındı.
- Yılmaz, O. ve Sabuncu, A. (2023, Haziran). Kahramanmaraş Depremleri Sonrası Toplanma Alanlarının Uzaktan Algılama ile Yeterliliğinin Değerlendirilmesi. 2023'te 10. Uluslararası Hava ve Uzay Teknolojilerindeki Son Gelişmeler Konferansı (RAST), s. 1-5. IEEE.
- Yücel, E., Salman, F. S., ve Arsik, I. (2018). Improving post-disaster road network accessibility by strengthening links against failures. *European Journal of Operational Research*, 269(2), 406-422. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.015>
- Zou, Y., Zou, S., ve Niu, C. (2018). The optimization of emergency evacuation from nuclear accidents in China. *Sustainability*, 10(8), 2-7. Doi: <https://doi.org/10.3390/su10082737>

Xiong, W., Ma, X., Zhang, D., ve Cai, C. S. (2024). Resilience of Road Transportation Networks under Hydrological Hazards: A Review of Recent Studies. *Journal of Infrastructure Systems*, 30(4), 03124002. Doi: <https://doi.org/10.1061/JITSE4.ISENG-2336>

Hicran Hamza Çelikyay

Boğaziçi Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı bölümünden mezun oldu. 2010 yılında Bahçeşehir Üniversitesi'nde yüksek lisansını Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi programında yüksek onur derecesiyle tamamladı. Ardından Marmara Üniversitesi Yerel Yönetimler Ana Bilim Dalı Mahalli İdareler ve Yerinden Yönetim Bilim Dalı'nda doktora programını yüksek onur derecesiyle bitirdi. Düzce Üniversitesi Akçakoca Bey Siyasal Bilgiler Fakültesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü'nde öğretim üyesidir. 2022 yılında Yerel Yönetimler, Kent ve Çevre Politikaları Bilim alanında Doçent ünvanı almaya hak kazanmıştır. Çalışma alanları arasında Yerel Yönetimler, Kentleşme, Kent ve Çevre Politikaları, Kamu Politikaları, Metropoliten Kent Yönetimi, Kentsel Sistemler, Akıllı Şehirler, AB Bölgesel Politikaları ve Göç Politikaları bulunmaktadır.

She graduated from Computer Programming Department at Boğaziçi University. In 2010, she completed her master's degree in Urban Systems and Transportation Management at Bahçeşehir University with high honors. She completed her doctoral program at Marmara University's Department of Local Administration, Local Government and Decentralized Administration, with high honors. She is a faculty member at Düzce University's Akçakoca Bey Faculty of Political Sciences, Department of Political Science and Public Administration. From In 2022, she earned the title of Associate Professor in the field of Local Administration, Urban and Environmental Policies. Her areas of expertise include Local Governance, Urbanization, Urban and Environmental Policies, Public Policies, Metropolitan Urban Management, Urban Systems, Smart Cities, EU Regional Policies, and Migration Policies.

E-mail: hicrancelikyay@duzce.edu.tr

Ecrin Kar

2019 yılında Pamukkale Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nden mezun olmuştur. 2025 yılında Düzce Üniversitesi Peyzaj Planlama programında yüksek lisans derecesini tamamlamıştır. Araştırma alanları arasında kentsel dirençlilik, mekansal planlama ve afet riski azaltma stratejileri ile kentsel ekosistem hizmetleri ve afet dirençliliği ilişkisi yer almaktadır.

She graduated from the Department of Urban and Regional Planning at Pamukkale University in 2019. She completed her master's degree in the Landscape Planning program at Düzce University in 2025. Her research areas include urban resilience, spatial planning, and disaster risk reduction strategies, as well as the relationship between urban ecosystem services and disaster resilience.

E-mail: ecrinkar@hotmail.com

Yazar Katkıları/Author Contributions

Araştırmanın Tasarımı/ Conceptualization	Yazar-1 (%50) - Yazar-2 (%50)
Veri Toplanması/ Data Curation	Yazar-1 (%50) - Yazar-2 (%50)
Araştırma, Veri Analizi, Doğrulama/ Investigation, Analysis, Validation	Yazar-1 (%50) - Yazar-2 (%50)
Makalenin Yazımı/ Writing	Yazar-1 (%50) - Yazar-2 (%50)
Metnin Geliştirilmesi ve Tashihi/ Review & Editing	Yazar-1 (%50) - Yazar-2 (%50)

Fon Destek Bilgileri/Funding Information*: Bu çalışma herhangi bir fon veya destek almamıştır. / *This research received no external funding.*

Etik Beyan/Ethical Statement: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur / *It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited.*

Telif Hakkı ve Lisans/Copyright & License: Dergimizde yayımlanan çalışmaların telif hakları yazarlara ait olup, ticari kullanım hakkı dergimize aittir. Çalışmalar CC-BY-NC-ND lisansı ile açık erişim olarak yayımlanmaktadır. / *“Copyright for works published in our journal remains with the authors, while commercial usage rights belong to our journal. The works are published open access under the Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivatives (CC BY-NC-ND) license.*

Değerlendirme/Reviewers Two external reviewers: İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme/Double-blind.

Yapay Zeka Beyanı/AI Disclosure: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zeka tabanlı herhangi bir araç veya uygulama kullanılmamıştır. Çalışmanın tüm içeriği, yazar tarafından bilimsel araştırma yöntemleri ve akademik etik ilkelere uygun şekilde üretilmiştir. / *AI Disclosure No artificial intelligence-based tools or applications were used in the preparation of this study. All content of the study was produced by the authors in accordance with scientific research methods and academic ethical principles.*

Etik Bildirim/Complaints: bilgi@idealkentdergisi.com

Çıkar Çatışması/Conflicts of Interest: Yazarlar, bu çalışmada belirtilen konularla ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. / *“The authors declare that there are no conflicts of interest related to the topics presented in this study.”*