

KENTSEL ULAŞIMDA DİRENÇLİLİK: TEHDİTLER, FIRSATLAR VE YENİLİKÇİ STRATEJİLER

Resilience in Urban Transportation: Threats, Opportunities and Innovative Strategies

Sercan KURT¹ 

¹ Mersin Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye
| Mersin University, Department of City and Regional Planning, Mersin, Türkiye

Özet

Bu çalışma, doğal afetlerin kentsel ulaşım sistemleri üzerindeki yıkıcı etkilerini ele almakta ve bu altyapıların dirençliliğini artırmaya yönelik stratejileri incelemektedir. Makalede, doğal afetlerin toplumsal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumsuz etkileri vurgulanarak kentsel ulaşım altyapısının dayanıklılığı stratejik bir öncelik olarak değerlendirilmiştir. Ulaşım altyapısının fiziksel yıkımlar, ulaşım ağlarının devre dışı kalması ve afet sonrası toparlanma süreçlerinin sektöre uğraması gibi birçok kırılganlığa sahip olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda, iklim değişikliği, hızla artan kentleşme ve altyapı sistemlerinin karmaşıklığı gibi etkenlerin, ulaşım sistemlerini daha savunmasız hale getirdiği ifade edilmiştir. Ayrıca, afetlerin ulaşım sistemlerinde yarattığı kesintilerin, lojistik zincirleri ve acil sağlık hizmetleri gibi kritik süreçlerde zincirleme aksaklıklara neden olabileceği tartışılmıştır. Makalede, dirençlilik kavramı tarihsel olarak mühendislikten ekolojiye, psikolojiden kentsel çalışmalara kadar farklı disiplinlerde ele alınmış ve kentsel dirençlilik kavramına evrildiği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca dayanıklılığın ölçülmesi için ağ teorisi, grafik analizleri, trafik simülasyonları gibi yöntemler üzerinde durulmuş ve dayanıklılığı artırmak için çok modlu ulaşım ağlarının entegrasyonunun önemine dikkat çekilmiştir. Son olarak, akıllı ulaşım sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) gibi teknolojik çözümlerle ulaşım altyapısının dayanıklılığını artırmanın mümkün olduğu vurgulanmıştır. Bu yenilikçi teknolojilerin afetlere yönelik hızlı müdahale, risk analizi ve altyapı güçlendirme çalışmalarında kritik bir rol oynadığı ifade edilmiştir. Makale, dayanıklı ulaşım altyapılarının planlanması için sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları içeren çok disiplinli bir yaklaşımı önermektedir.

Anahtar Kelimeler: dayanıklılık, kentsel ulaşım, ulaşım dayanıklılığı, afet dayanıklılığı

Received | Gönderim:
25.03.2025
Revised | Düzeltme:
03.07.2025
Accepted | Kabul:
03.07.2025

Correspondence | İletişim:
cp.secankurt@gmail.com

DOI: [10.5281/zenodo.15805838](https://doi.org/10.5281/zenodo.15805838)

Copyright © 2025 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY) license.

Abstract

This study addresses the devastating impacts of natural disasters on urban transportation systems and examines strategies to enhance the resilience of these infrastructures. By emphasizing the adverse effects of natural disasters on social, economic, and environmental sustainability, the article considers the resilience of urban transportation infrastructure as a strategic priority. It highlights the vulnerabilities of transportation infrastructure, such as physical destruction, the disruption of transportation networks, and setbacks in post-disaster recovery processes. In this context, factors like climate change, rapid urbanization, and the complexity of infrastructure systems are identified as elements that increase the susceptibility of transportation systems. Additionally, the article discusses how disruptions in transportation systems caused by disasters can lead to cascading failures in critical processes, such as supply chains and emergency healthcare services. The concept of resilience is explored across multiple disciplines, ranging from engineering to ecology, psychology to urban studies, ultimately evolving into the notion of urban resilience. The study also focuses on methods for measuring resilience, including network theory, graph analyses, and traffic simulations, emphasizing the significance of integrating multimodal transportation networks to enhance resilience. Finally, the potential of technological solutions, such as Intelligent Transportation Systems (ITS) and Geographic Information Systems (GIS), to strengthen transportation infrastructure resilience is highlighted. These innovative technologies are presented as crucial for rapid disaster response, risk analysis, and infrastructure reinforcement. The article proposes a multidisciplinary approach that incorporates social, economic, and environmental dimensions for planning resilient transportation infrastructures.

Keywords: resilience, urban transportation, transportation resilience, disaster resilience

1. GİRİŞ

Doğal afetler, insanlık tarihinin her döneminde toplumsal yaşamı derinden etkileyen, ekolojik dengeleri bozan ve özellikle kritik altyapı sistemlerinin işleyişini kesintiye uğratan olaylar olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kentleşmenin hızla arttığı çağımızda, deprem, sel, toprak kayması gibi afetlerin oluşturduğu tehditler yalnızca fiziksel yıkımla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda insan yaşamını, ekonomik faaliyetleri ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden geniş kapsamlı etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, afetlere karşı dirençli kentler oluşturmak ve bu süreçte ulaşım altyapısının güvenliğini sağlamak, çağdaş şehircilik anlayışının temel önceliklerinden biri haline gelmiştir.

Kent içi ulaşım altyapısı, yalnızca bireylerin günlük yaşam içindeki hareketliliğini sağlamakla kalmaz; aynı zamanda bir afet durumunda tahliye, acil yardım ve yeniden yapılanma süreçlerinin etkinliğini doğrudan etkileyen yaşamsal bir sistem olarak işlev görür. Ancak ulaşım sistemleri, yoğun kentleşme, altyapılar arası bağımlılığın artması ve iklim değişikliğinin doğurduğu çevresel riskler gibi nedenlerle giderek daha kırılgan hale gelmektedir. Ulaşım ağlarında oluşabilecek kesintiler, yalnızca fiziksel erişimi değil; sağlık, güvenlik, lojistik ve enerji gibi diğer temel hizmetlerin sürdürülebilirliğini de olumsuz yönde etkileyerek zincirleme riskler yaratmaktadır. Bu

kapsamda, kent içi ulaşım altyapısının mevcut kırılganlıklarını tespit etmek ve bu kırılganlıkların neden olduğu etkileri anlamak, afetlere dirençli sistemler tasarlamak açısından kritik bir gerekliliktir.

Bu çalışmada şu temel sorulara yanıt aranacaktır:

1. Kent içi ulaşım altyapısının mevcut kırılganlıkları nelerdir ve bu kırılganlıklar nasıl giderilebilir?
2. Doğal afetler karşısında ulaşım sistemlerinin dayanıklılığını artırmak için hangi planlama ve yönetim stratejileri uygulanabilir?
3. Bu kapsamda, sürdürülebilir ve dirençli bir ulaşım altyapısının oluşturulması için hangi yenilikçi teknolojiler ve ekosistem tabanlı çözümler benimsenebilir?

Çalışmanın temel amacı, doğal afetler karşısında ulaşım altyapısının dayanıklılığını artırmaya yönelik sürdürülebilir stratejiler geliştirmektir. Bu doğrultuda, ulaşım sistemlerinin sadece fiziksel değil; toplumsal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla birlikte ele alınması hedeflenmektedir. Araştırma, ulaşım altyapısında var olan kırılganlıkların sistematik biçimde ortaya konulmasını, bu kırılganlıkların azaltılmasına yönelik önerilerin geliştirilmesini ve dirençli kent içi ulaşım sistemlerinin oluşturulması için bütüncül bir çerçeve sunulmasını amaçlamaktadır. Böylece, afet sonrası toparlanmayı destekleyecek, uzun vadede sürdürülebilirliği sağlayacak ve toplumsal dayanıklılığı artıracak ulaşım çözümlerinin tasarlanmasına katkı sunulacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Dirençlilik

Dirençlilik; bireylerin, toplulukların veya sistemlerin beklenmeyen değişimlere, krizlere ve şoklara uyum sağlama ve işlevselliğini sürdürebilme kapasitesini ifade eden çok boyutlu bir kavramdır. Disiplinler arası bir içeriğe sahip olan dirençlilik, zorluklarla başa çıkma, esneklik gösterme ve yeni koşullara uyum sağlama becerisiyle tanımlanır. Bu özelliğiyle hem insan davranışlarını anlamada hem de ekosistemlerin, şehirlerin ve altyapı sistemlerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmede önemli bir analitik çerçeve sunar (Folke, 2016; Martin-Breen ve Anderies, 2011).

Kavram, tarihsel olarak ilk kez mühendislik ve fizik alanlarında kullanılmış; bir malzemenin ya da sistemin dışsal bir zorlamadan sonra eski haline dönebilme kapasitesine işaret etmiştir (Taşan-Kok vd., 2013). 1970’lerden itibaren ekoloji disiplini içinde ele alınarak, ekosistemlerin bozucu etkilere karşı temel işlevlerini sürdürme ve yapısal bütünlüklerini koruma becerisi üzerinden “ekolojik dirençlilik” kavramı geliştirilmiştir (Holling, 1973). Bu yaklaşım, yalnızca “geri dönüş” değil, aynı zamanda sistemin değişimlere adapte olma ve yeni denge durumlarına geçiş yapabilme kapasitesini de içermektedir (Folke, 2016).

1980’li ve 1990’lı yıllarda psikoloji alanında bireylerin travmatik ya da stresli yaşam olaylarıyla başa çıkma biçimleri üzerinden incelenen bireysel dirençlilik, yalnızca kriz sonrası toparlanma değil, aynı zamanda bu deneyimlerden öğrenme ve gelişme kapasitesini de kapsamıştır (Rutter, 2012; Herrman vd., 2011).

1990’lardan itibaren kentsel çalışmalar literatürüne giren dirençlilik, şehirlerin çevresel, sosyal ve ekonomik şoklara karşı işlevselliğini sürdürebilme kapasitesine işaret eden “kentsel dirençlilik” kavramıyla daha da genişlemiştir (Taşan-Kok vd., 2013). Bu yaklaşım; kriz öncesi hazırlık, kriz anındaki müdahale kapasitesi ve kriz

sonrası iyileşme ve dönüşüm süreçlerini kapsayan bütüncül bir perspektif sunar (Folke, 2006). Bu bağlamda, esneklik, dayanıklılığın temel bileşenlerinden biri olarak öne çıkar. Esneklik; bir sistemin beklenmedik durumlar veya değişen koşullar karşısında işlevselliğini koruyarak alternatif çözümler üretebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Bu özellik, özellikle afet ve ulaşım sistemleri gibi karmaşık altyapı ağlarında kritik öneme sahiptir. Örneğin, ulaşım sistemlerinde esneklik; alternatif yollar, modlar ve stratejiler geliştirme yeteneğiyle somutlaşır. Doğal afetler gibi ani krizler sırasında, esnek ulaşım altyapıları trafik akışının devamını sağlayabilir. 1995 Kobe Depremi sırasında karayolu ve demiryolu altyapısında meydana gelen ciddi hasarlar, bölgedeki ekonomik faaliyetleri olumsuz etkilemiştir. Ancak hızlı şekilde devreye alınan alternatif ulaşım çözümleri sayesinde tedarik zincirindeki aksaklıklar kısmen giderilebilmiştir (Ishfaq, 2012).

Günümüzde dirençlilik kavramı, mühendislik, ekoloji, psikoloji, sosyoloji ve kentsel planlama gibi birçok disiplinin katkısıyla çok katmanlı ve bütüncül bir yapıya dönüşmüştür. Artık yalnızca direnç ve geri dönüş kapasitesi değil; uyum sağlama, öğrenme ve sistemsel dönüşüm yetisi de bu kavramın temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Esneklik, bu yapının hem dinamik hem de işlevsel yönünü tanımlayarak, karmaşık ve belirsiz kriz ortamlarında sistemlerin ayakta kalabilmesini mümkün kılar. Bu çok yönlü yaklaşım, bireylerden topluluklara, ekosistemlerden şehir ve altyapı sistemlerine kadar geniş bir uygulama alanı yaratmakta ve dirençliliği artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır.

2.2. Afet Dayanıklılığı

Afet dayanıklılığı, bir toplumun veya sistemin afetin etkilerini azaltma, bu etkilerle başa çıkma, hızlı bir şekilde toparlanma ve daha güçlü bir şekilde yeniden inşa etme kapasitesini ifade etmektedir. Bu kavram; fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları içeren çok yönlü bir yapıdadır (Cutter vd., 2010).

Dayanıklılığın ölçülmesi için geliştirilen yöntemler, sistemlerin farklı özelliklerini dikkate alarak çok boyutlu analizler yapılmasını mümkün kılar. Bu çerçevede, BRIC (*Baseline Resilience Indicators for Communities*) modeli öne çıkmaktadır. BRIC modeli, sosyal, ekonomik, altyapısal ve çevresel faktörleri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirerek toplulukların dirençlilik seviyelerini karşılaştırmalı olarak analiz eder. Bu analizler aracılığıyla toplulukların güçlü ve zayıf yönleri belirlenerek, müdahale öncelikleri ortaya konabilir (Cutter vd., 2014). Aynı zamanda BRIC modeli, coğrafi bölgeler arasında dirençlilik farklarını görselleştirmede etkili bir araç olarak kullanılmaktadır.

Dirençlilik düzeyleri, bölgeden bölgeye farklılık gösterebilir. Örneğin, bazı bölgeler güçlü ekonomik altyapıları sayesinde daha yüksek düzeyde dirençlilik sergilerken, diğer bölgeler sosyal bağların kuvvetli olmasıyla öne çıkabilir. Bu durum, dayanıklılığın yalnızca tek bir boyut üzerinden değerlendirilmesinin yetersiz olduğunu, farklı bağlamlar için özgün stratejilerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kentsel ve kırsal alanlarda dayanıklılığı belirleyen unsurlar da farklılık göstermektedir. Kentsel alanlarda ekonomik sermaye, dayanıklılığın temel belirleyicilerinden biridir. Gelişmiş altyapı, yüksek istihdam oranı ve kaynak çeşitliliği, kentsel dayanıklılığı artıran faktörlerdir. Ancak bu avantajlara rağmen, büyük nüfus yoğunluğu ve karmaşık sosyal yapı gibi etkenler afet sırasında kentsel bölgelerin kırılganlığını da artırabilir.

Kırsal alanlarda ise dayanıklılığı belirleyen en önemli unsur, sosyal bağlar ve topluluk dayanışmasıdır. Bireylerin birbirine olan güveni ve desteği, kriz anlarında hızlı müdahale ve kaynak paylaşımını kolaylaştırabilir. Ancak kırsal bölgelerdeki sınırlı ekonomik kaynaklar ve altyapı yetersizlikleri, bu dayanışmanın etkisini sınırlayabilir. Örneğin, bir afet durumunda kırsal bir bölgede ulaşım, enerji veya iletişim altyapısının zarar görmesi, toparlanma sürecini ciddi şekilde uzatabilir (Cutter vd., 2016).

Bu bulgular, dayanıklılığı artırmaya yönelik stratejilerin yerel koşullar ve bölgesel ihtiyaçlar doğrultusunda şekillendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kentsel alanlarda ekonomik kapasiteyi ve altyapıyı güçlendiren stratejiler ön plana çıkarken, kırsal alanlarda ise sosyal sermayeyi ve topluluk dayanışmasını artırmaya yönelik politikalar öncelikli hale gelmelidir. Bununla birlikte, bu iki yaklaşımın birlikte ele alınması, dayanıklılığı daha kapsamlı bir şekilde güçlendirebilir ve afet sonrası toparlanma sürecini hızlandırabilir.

Sonuç olarak, afet dayanıklılığı yalnızca teknik altyapının güçlendirilmesiyle sınırlı olmayan; sosyal dayanışma, ekonomik esneklik ve kurumsal dirençlilik gibi çok boyutlu unsurları içeren kapsamlı bir yaklaşımdır. Dayanıklılığı artırmaya yönelik geliştirilen modeller, yerel koşullara uyarlanabilir olmalı ve sürekli izleme süreçleriyle desteklenmelidir. Toplulukların afetlere karşı daha dirençli hale gelmesi için, sosyal sermaye, altyapı kapasitesi ve yönetim mekanizmaları arasında dengeli bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu şekilde, afetlere karşı daha hazırlıklı, dirençli ve sürdürülebilir topluluklar inşa edilebilir.

2.3. Ulaşım Dayanıklılığı

Doğal afetler, ulaşım sistemleri üzerinde kısa ve uzun vadede ciddi yıkıcı etkiler yaratmakta; yollar, köprüler, demiryolları ve limanlar gibi temel altyapıların fiziksel olarak hasar görmesi, toplumların hareketliliğini ve ekonomik işleyişi kesintiye uğratmaktadır. Ulaşım ağlarının işlevsiz hale gelmesi, tahliye, yardım ulaştırma ve kurtarma operasyonlarının zamanında ve etkin şekilde gerçekleştirilmesini engelleyerek afetin etkilerini derinleştirmektedir. Örneğin, 2008 Sichuan Depremi'nde 21 otoyol ile birlikte yapım aşamasındaki 5 otoyol ağır hasar görmüş; 5 ulusal ve 11 eyalet yolu işlevsiz kalmıştır (Zhou vd., 2019). Bu durum, bölgedeki müdahale ve tahliye süreçlerini ciddi biçimde sekteye uğratmıştır. Benzer şekilde, 2012'de Sandy Kasırgası New York'un metro sistemine yaklaşık 7,5 milyar ABD doları zarar vermiş ve ulaşım sistemi haftalarca çalışamaz hâle gelmiştir (Ganin vd., 2017). Haiti Depremi (2010) sırasında ulaşım altyapısının zayıflığı, yardım faaliyetlerini geciktirmiş ve insani krizleri derinleştirmiştir (Reggiani vd., 2015). Bu yıkıcı etkiler, ulaşım sistemlerinin sadece fiziksel değil aynı zamanda yapısal ve organizasyonel anlamda da dayanıklı olmasının önemini ortaya koymaktadır. Ulaşım dayanıklılığı, bir sistemin performansındaki bozulmaların süresini ve şiddetini en aza indirerek işlevselliğini koruma yeteneği olarak tanımlanır (Zhou vd., 2019). Bu kapsamda ağ teorisi, grafik analizleri ve trafik simülasyonları gibi araçlar, ulaşım ağlarının zayıf noktalarını belirlemek ve dayanıklılığı artırmak için kullanılmaktadır (Sun vd., 2018).

Ulaşım sistemlerinde yedeklilik (*redundancy*) kavramı, herhangi bir güzergâhın veya bileşenin devre dışı kalması durumunda sistemin çalışmaya devam edebilmesini sağlayan alternatif yol ve kaynaklara sahip olma durumudur. Yedeklilik, örneğin bir yolun kapanması hâlinde başka bir güzergâhın kullanılabilmesi veya farklı taşıma modları arasında geçiş yapılabilmesi anlamına gelir. Bu durum, sistemin sürekliliğini sağlar ve esneklik için gerekli altyapıyı oluşturur. Esneklik ise sistemin değişen koşullara adapte olma ve beklenmeyen durumlara karşı hızlıca alternatif

çözümler üretebilme yeteneğidir. Her iki özellik de dayanıklılığın alt bileşenleri olarak kabul edilir ve afet sonrası sistemin toparlanma hızını belirler.

Ağ bağlantılılığı, şehir içi noktalar arasında alternatif güzergâhların ve erişim yollarının varlığıyla tanımlanır. Daha yüksek bağlantılılık seviyeleri, sistemin kesintilere karşı daha dirençli olmasını sağlar (Reggiani vd., 2015). Örneğin, ortalama düğüm derecesi yüksek olan ağların dayanıklılığı artarken, en uzak iki nokta arasındaki mesafe arttıkça sistemin kırılabilirliği de artmaktadır (Zhang vd., 2015).

Buna ek olarak, farklı ulaşım modlarının – otomobil, raylı sistem, otobüs ve deniz taşımacılığı gibi – entegrasyonu, multimodal ulaşım ağları aracılığıyla esnekliği artırır (Baggag vd., 2018). Bu yapı, sistemdeki bir modun zarar görmesi durumunda diğer modlar aracılığıyla hizmetlerin sürdürülebilmesini sağlar.

Ulaşım ağlarının topolojisi de sistemin dayanıklılığında belirleyici bir rol oynar. Izgara tipi ağlar yüksek bağlantılılık sağlayarak alternatif rotalar sunarken, “hub-and-spoke” tipi ağlarda merkez düğümün çökmesi tüm sistemin işleyişini durdurabilir. Bu nedenle, topolojik çeşitlilik, bileşenlerin esnekliği ve yedek kapasite, ulaşım dayanıklılığını artıran önemli faktörlerdir. Ayrıca, çok merkezli kent yapısı, tek merkeze olan bağımlılığı azaltarak alternatif yönlelere kaçışı kolaylaştırır ve afet anında hizmet sürekliliğini destekler.

Yol altyapısının çevresel bağlamla ilişkisi de önemlidir. Yüksek yapı yoğunluğuna sahip alanlarda yol kapasitesi genellikle artırılamadığından, bu bölgelerde alternatif güzergâh geliştirmek güçleşir. Bu nedenle yapı-yol oranı, sistemin kriz sonrası toparlanma kapasitesini belirlemede mekânsal bir gösterge olarak dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, ulaşım sistemlerinin dayanıklılığı; fiziksel sağlamlık, organizasyonel esneklik, yedeklilik, çok modluluk, bağlantılılık ve teknolojik entegrasyon gibi çok boyutlu unsurların bir arada değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu unsurların planlama ve politika geliştirme süreçlerine entegre edilmesi, afetlerin yıkıcı etkilerinin azaltılmasında ve toplumların sürdürülebilirliğinin sağlanmasında stratejik bir öncelik olmalıdır.

2.4. Ulaşım Altyapısı Deneyimleri: Başarılar, Başarısızlıklar

Ulaşım altyapısı gerek acil durum müdahale süreçlerinde gerekse kriz sonrası toparlanma aşamalarında kritik bir rol üstlenmektedir. Altyapının dayanıklılığı, yalnızca fiziksel tasarım unsurlarıyla sınırlı kalmayıp, etkili kriz yönetimi, sürdürülebilir kaynak kullanımı ve sosyal eşitliği içeren çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Bu bağlamda, küresel ölçekteki başarılı ve başarısız uygulama örneklerinin incelenmesi, farklı yaklaşımların güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyarak gelecekte daha dirençli ulaşım altyapı sistemlerinin geliştirilmesine yönelik önemli dersler sunmaktadır.

1995 yılında meydana gelen Kobe Depremi sonrasında Japonya’da gerçekleştirilen mühendislik çözümleri, ulaşım altyapısının dayanıklılığı açısından dikkate değer bir başarı örneği sunmaktadır. Esnek köprüler, sismik izolasyon sistemleri ve tünel güçlendirmeleri gibi yapısal iyileştirmeler bu başarının temel bileşenleridir (JICA, 2002). Bununla birlikte, Japonya’nın bu örneği, yüksek maliyet gerekliliği ve kapsamlı koordinasyon ihtiyacı açısından eleştirilere de maruz kalmaktadır. Benzer şekilde, 2012 yılında New York’ta yaşanan Sandy Kasırgası, geniş çaplı hasara yol açmış olmasına rağmen, şehir yönetiminin kriz yanıt kapasitesi ve ulaşım altyapısının dayanıklılığı konusunda önemli bir başarı elde etmiştir. Su geçirmez bariyerlerin metro girişlerine yerleştirilmesi ve kritik altyapıların yükseltilmesi gibi önlemler, şehir içi ulaşım sistemlerinin hızlı bir şekilde işler hale gelmesini

sağlamıştır. Ancak, düşük gelirli mahallelerde bu tür önlemlerin sınırlı uygulanması, dirençlilik politikalarının sosyal eşitlik boyutunda eleştirilmesine neden olmuştur (Kaufman vd., 2012)

Diğer taraftan, 2010 Haiti Depremi, ulaşım altyapısındaki yetersizliklerin ve koordinasyon eksikliğinin yıkıcı etkilerini gözler önüne sermiştir. Yolların ve köprülerin çökmesi, insani yardım operasyonlarını büyük ölçüde aksatmış, lojistik süreçleri engellemiş ve toparlanma sürecini ciddi şekilde uzatmıştır (DesRoches vd., 2011). Benzer şekilde, Bangladeş'te sıkça yaşanan sel felaketleri, drenaj sistemlerinin yetersizliği nedeniyle tahliye ve lojistik süreçlerini olumsuz etkileyen bir diğer örnektir. Sel bölgelerinde yolların uzun süre kullanılamaz hale gelmesi, yalnızca insan hayatını değil, aynı zamanda ekonomik faaliyetleri de derinden etkilemiştir.

Ulaşım altyapısındaki dirençlilik örnekleri incelendiğinde, yalnızca fiziksel dayanıklılığın değil, aynı zamanda yönetimsel ve sosyal unsurların da belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Japonya ve New York gibi örnekler, teknolojik inovasyonların ve güçlü kurumsal yapıların dayanıklılığı artırabileceğini gösterirken; Haiti ve Bangladeş gibi vakalar, zayıf altyapı ve yetersiz kriz yönetiminin yıkıcı sonuçlarına dikkat çekmektedir.

Bu çerçevede, ele alınması gereken temel bir soru gündeme gelmektedir: Ulaşım altyapısının dayanıklılığı yalnızca teknik bir mesele midir, yoksa sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlar da eşit derecede önemli midir? Bu soruya verilecek yanıt, dirençlilik politikalarının nasıl şekillendirileceği konusunda önemli bir yol gösterici olacaktır. Sosyal eşitsizlikler ve ekonomik sınırlamalar, dirençlilik çabalarının önündeki en büyük engellerden biridir. Bu nedenle, gelecekteki dirençlilik projelerinin yalnızca teknik çözümleri değil, aynı zamanda kapsayıcı ve adil yaklaşımları da merkeze alması gerekmektedir.

3. TÜRKİYE’DE AFET YÖNETİMİ VE ULAŞIM DAYANIKLILIĞI

Türkiye, sismik açıdan aktif bir bölgede yer almakta olup, bu durum hem can kaybı hem de maddi zarar açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır. Son otuz yılda, Türkiye’de yedi şiddetli (1998 Ceyhan, 1999 Düzce, 2020 Elâzığ, 2020 Seferihisar, 2023 Samandağ) ve üç yıkıcı (1999 Gölcük, 2023 Pazarcık, 2023 Elbistan) deprem meydana gelmiştir. Bu depremler sırasında, yetersiz inşaat standartları ve kötü tasarım uygulamaları nedeniyle kentlerde büyük zarar meydana gelmiş, bu durum çok sayıda can kaybına ve yaralanmaya yol açmıştır. 1985-2022 yılları arasında 1. derece deprem kuşağında yaşayan nüfus, Türkiye’nin toplam nüfusunun %65’ini oluşturmuştur. Bu artan nüfus yoğunluğu, aynı zamanda bu bölgelerdeki altyapı ve hizmetler üzerinde önemli bir baskı yaratmıştır. Deprem riskinin bu denli yüksek olduğu bir coğrafyada, mevcut sosyo-ekonomik dinamiklerin analiz edilmesi ve risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. (Yoloğlu ve Zorlu, 2024).

Gölcük Depremi’nin (1999) ardından, Türkiye, afet yönetimi ve dirençlilik konularında daha kapsamlı ve etkili yaklaşımlar geliştirmeye başlamıştır. Marmara Depremi sonrası "dirençlilik" kavramı kamuoyunda sıkça dile getirilmiş ve depreme karşı daha duyarlı bir yaklaşım benimsenmeye çalışılmış olsa da yıllar içerisinde özellikle kırsal bölgelerde ve küçük şehirlerde altyapı dayanıklılığını artırmaya yönelik somut bir ilerleme kaydedilmemiştir. Bu durum, 6 Şubat 2023 depremlerinde ortaya çıkan ulaşım ve lojistik sorunlarıyla bir kez daha acı bir şekilde gözler önüne serilmiştir. 6 Şubat 2023’te Kahramanmaraş merkezli Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen iki büyük deprem, Türkiye’nin afet yönetimi ve ulaşım altyapısı konusundaki kırılganlıklarını açıkça ortaya koymuştur. Depremler öncesinde hazırlık seviyesinin yetersiz olması, özellikle ulaşım altyapılarında ciddi sorunlara yol açmıştır. Ana yollar ve köprülerin bir kısmı ya tamamen yıkılmış ya da ağır hasar görmüş, bu durum

arama-kurtarma ve yardım ekiplerinin bölgeye hızlı bir şekilde ulaşmasını engellemiştir. Demiryolu hatlarının zarar görmesi, afet sonrası lojistik faaliyetlerde ciddi aksamalara neden olmuş; bu da bölgedeki yardım dağıtımını ve temel ihtiyaçların karşılanmasını geciktirmiştir. Deprem sonrası, hasarlı yollar nedeniyle araç trafiği yoğunlaşmış ve alternatif güzergâhların yetersizliği kaos yaratmıştır. Ayrıca, havaalanlarının bir kısmında yaşanan altyapı sorunları, hava yolu ile yardım ulaştırılmasını kısıtlamış; bu durum, özellikle ilk saatlerde hayat kurtarıcı müdahalelerin etkinliğini düşürmüştür. Bu deneyim, ulaşım altyapısının afetlere karşı dayanıklılığının yalnızca tasarım değil, aynı zamanda afet öncesi hazırlık, risk değerlendirmesi ve kriz yönetimi açısından da geliştirilmesi gerektiğini bir kez daha göstermiştir.

4. TEKNOLOJİ ODAKLI ULAŞIM DAYANIKLILIĞI: AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE GIS

Gelişen teknolojik altyapı, modern ulaşım sistemlerinin daha etkin ve dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri (İng. *Intelligent Transportation Systems - ITS*), özellikle gerçek zamanlı veri analizi, dinamik trafik yönetimi ve afet anında hızlı müdahale imkânları ile modern ulaşım altyapısının kritik bir bileşeni haline gelmiştir. Bu teknolojilerin sunduğu olanaklar, ulaşım ağlarının afetlere karşı daha dirençli hale getirilmesinde stratejik bir rol oynamaktadır. Nesnelerin İnterneti (İng. *Internet of Things – IoT*) tabanlı sensör ağları, gerçek zamanlı uydu verileri ve ulaşım simülasyon uygulamaları gibi yenilikçi çözümler, kentsel ulaşım altyapısının daha esnek ve dayanıklı bir yapıya kavuşmasını mümkün kılmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemleri, afet öncesi hazırlık ve afet anındaki müdahale süreçlerinde kritik bir işlev görmektedir. Örneğin, trafik sinyalizasyon sensörleri ve kameralar gibi IoT tabanlı cihazlar, yoğunluk yaşanan bölgeleri tespit ederek tahliye için alternatif güzergâhlar sunabilir. Mobil uygulamalar, kullanıcıların gerçek zamanlı trafik bilgilerine kolayca erişmesini sağlayarak güvenli yolların belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu sistemlerin entegrasyonu, can kaybını ve ekonomik zararları en aza indirmek için etkili bir yol haritası sunmaktadır.

Simülasyon teknolojileri de afet senaryolarını modelleme ve değerlendirme süreçlerinde önemli bir rol üstlenmektedir. Olası afet senaryoları altında ulaşım ağlarının performansını değerlendirme kapasitesine sahip bu teknolojiler, risk analizi ve tahliye planlamasının geliştirilmesini mümkün kılar. Örneğin, trafik sıkışıklığı ve alternatif rotaların etkisini simüle ederek zayıf noktalar tespit edilebilir ve bu doğrultuda önlemler alınabilir. Bu teknolojilerin etkin kullanımı, afet yönetiminde karar alma süreçlerinin hızlandırılmasına ve planlamanın veriye dayalı bir şekilde yapılmasına olanak tanımaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (İng. *Geographical Information Systems - GIS*), afet yönetimi ve ulaşım altyapısının dayanıklılığını artırma süreçlerinde temel bir araç olarak kullanılmaktadır. GIS'in veri analizi ve görselleştirme kapasitesi, afet risklerinin değerlendirilmesi, altyapı güçlendirme çalışmaları ve afet sonrası iyileşme süreçlerinde etkin çözümler sunar. Örneğin, deprem, sel ve fırtına gibi doğal afetlere yönelik risk haritaları oluşturularak kritik ulaşım altyapısının hangi bölgelerde daha yüksek risk altında olduğu tespit edilebilir. Sel riski altındaki yollar veya fay hatlarına yakın köprüler gibi öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesi, karar alıcıların altyapı güçlendirme ve risk azaltma stratejilerini somut verilere dayandırmasına olanak tanır.

Bunun yanı sıra, GIS uzun vadeli risklerin değerlendirilmesi ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlara karşı dayanıklı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesinde de kullanılabilir. Örneğin, deniz seviyesinin yükselmesinin kıyı bölgelerdeki

yollar ve limanlar üzerindeki etkisi analiz edilerek sürdürülebilir çözümler üretilebilir. Bu bağlamda, GIS'in çok yönlü kullanımı hem kısa vadeli afet yönetimi hem de uzun vadeli dirençlilik planlamasında değerli bir araçtır.

Akıllı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu, yüksek maliyetler ve teknik uzmanlık gerektiren süreçlerdir. Özellikle IoT tabanlı sensör ağları ve uydu verisi gibi teknolojilerin uygulanması, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik kaynakların sınırlı olması nedeniyle zorluk yaratabilir. Bu tür projelerin başlangıç maliyetleri yüksek olmasının yanı sıra, uzun vadeli bakım ve güncelleme gereksinimleri de bütçeler üzerinde önemli bir yük oluşturabilir. Ayrıca, veri güvenliği ve gizliliği, bu sistemlerin uygulanmasında dikkate alınması gereken kritik unsurlardan biridir. Toplanan büyük miktarda verinin kötü niyetli erişimlere karşı korunması için güçlü şifreleme ve güvenlik protokollerinin uygulanması gerekmektedir.

Bu zorlukların aşılabilmesi için kamu-özel sektör iş birliğinin teşvik edilmesi ve yerel yönetimlerin bu teknolojilere erişimini artıracak politikaların geliştirilmesi gereklidir. Örneğin, altyapı yatırımlarının finansmanı için yenilikçi modellerin benimsenmesi, özel sektörle iş birliğinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Ayrıca, toplumsal farkındalığın artırılması ve kullanıcı eğitimine yatırım yapılması, bu teknolojilerin etkinliğini artırmak için vazgeçilmezdir.

Akıllı ulaşım sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi teknolojik çözümler, afet yönetiminde dayanıklılığı artırma potansiyeline sahiptir. Ancak bu çözümlerin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için altyapı yatırımlarının yanı sıra veri analitiği kapasitelerinin geliştirilmesi ve ulaşım modları arasındaki koordinasyonun sağlanması gereklidir. Ayrıca, toplumsal farkındalığın artırılması ve uzun vadeli sürdürülebilirlik modellerinin benimsenmesi, bu teknolojilerin başarılı bir şekilde uygulanmasına katkı sağlayacaktır. Teknolojinin entegre kullanımı hem insan hayatını koruma hem de ekonomik zararları en aza indirme açısından stratejik bir öneme sahiptir.

5. SONUÇ

Bu çalışma, kentsel ulaşım sistemlerinin doğal afetlere karşı dirençliliğini artırmaya yönelik bütüncül bir yaklaşımı ele almış, bu bağlamda ulaşım altyapılarının kırılganlıklarının belirlenmesi, dayanıklılığı artıracak stratejilerin geliştirilmesi ve yenilikçi teknolojilerin kullanımına odaklanmıştır. Kentsel ulaşım sistemleri, yalnızca fiziksel bir altyapı unsuru değil, aynı zamanda toplumların ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği için kritik bir yapı taşı olarak değerlendirilmiştir. Kentsel ulaşımında dirençlilik düzeyi çeşitli göstergelerle ölçülmektedir.

Literatürde dirençliliği ölçmek için en sık kullanılan gösterge olan bağlantılılık, kavşak sayısının toplam yol kesim sayısına oranı ile ölçülmektedir ve bir noktadan bir başka noktaya erişebilmek için güzergâh seçeneklerinin sayısını belirlemektedir. Ağ ne kadar bağlantılı (sıkı) ise erişim güzergâh sayısı, dolayısıyla dirençlilik yüksek olmaktadır. Bir yol kesiminde kesinti olması durumunda diğer güzergâh seçenekleri açık kalabilmektedir. Bağlantılılık sadece yol sistemi ile ilgili olmayıp raylı sistemler başta olmak üzere toplu taşıma için de temel göstergelerden biridir. Raylı sistemler yapısal olarak daha yüksek standartta tasarlandığından ve bir kısmı yeraltında inşa edildiğinden deprem ve yangın gibi olaylara karşı direnç göstererek çalışmaya devam edebilmektedir. Sistemin bağlantılılığı kentte erişimi arttıran, dolayısıyla dirençliliği sağlayan bir etkidir.

Literatürde kullanılan diğer göstergelerden biri ağ yoğunluğudur. Bu kavram, belirli bir alan içerisindeki yol miktarını ifade etmekte olup, genellikle toplam yol uzunluğu üzerinden değerlendirilir. Örneğin, kilometrekare

başına düşen yol uzunluğu, bu bağlamda kullanılan yaygın bir ölçüttür. Yoğunluk, birim alandaki yol miktarını belirlediği için erişilebilirlik düzeyini ve güzergâh seçeneklerinin çeşitliliğini ortaya koyar. Bu özellikler, aynı zamanda dirençlilik düzeyinin değerlendirilmesinde kritik bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Ağ yoğunluğu literatürde birim nüfus başına düşen yol uzunluğu ile de ölçülebilmektedir. Burada yolların farklı kademeleri dikkate alındığında yol genişliği eşiklerine göre yoğunluk analizleri de yapılmaktadır.

Literatürdeki diğer göstergelerden biri yapı/yol genişliği oranıdır. Buna göre örneğin depremde belirli yapıların yıkılması durumunda kullanıma açık kalabilecek yolların toplam ağdaki payı, güzergâh seçenekleri öngörülebilmektedir. Buna göre kentteki tüm yol ağında yapı yüksekliği/yol genişliği oranları hesaplanarak kapanma/açık kalma olasılıkları tahmin edilmekte ve yol sisteminin dirençlilik derecesi ölçülmektedir.

Literatürde az da olsa kullanılan göstergelerden biri yol alanının toplam kentsel alan içindeki payı, ya da nüfus başına toplam yol alanıdır. Buna göre toplam yol alanı (m²)/toplam kentsel alan veya kişi başına düşen yol alanı ne kadar yüksek ise yapılara erişim o kadar kolay olabilmekte ve dirençlilik yüksek olmaktadır. Burada yolların kademelenmesi, yol genişlikleri, yolların sıklığı ve birçok değişken dikkate alındığında bu gösterge tek başına anlamlı sonuçlar vermemektedir.

Literatürde ulaşım sisteminin dirençliliği sadece yol ağı ile değil, aynı zamanda çok türülülük derecesi ile de ölçülmektedir. Bir noktadan başka bir noktaya erişim için otomobil, otobüs, raylı sistem, deniz ulaşımı gibi seçenekler ne kadar fazla ise sistemin dirençliliği artmakta, seçenekler ne kadar kısıtlı ise dirençlilik derecesi aynı oranda düşmektedir.

Kentsel ulaşımında dirençliliğin çok önemli göstergelerinden biri ulaşım altyapısının fiziksel/yapısal dayanıklılığıdır. Yol altyapısında köprü, menfez, altgeçit, üstgeçit gibi sistemde, kırılma, aksama ve kesintiye neden olabilecek gibi kırılganlığı olan elemanların sıklığı, konumları kırılganlığı arttırabilmektedir. Ayrıca yolun yapı özellikleri ne kadar sağlam ise sistem dirençli, ne kadar zayıf ise sistem kırılgan olmaktadır. Bu sorun inşaat ve yol mühendisliği konusu olup planlama çalışmalarında temel girdilerden birini oluşturmaktadır.

Literatürdeki bazı çalışmalar ulaşımında sistem kapasitesini dirençliliğin önemli göstergelerinden biri olarak tanımlamaktadır. Sistem kapasitesi yollarda kesit başına geçebilecek maksimum araç sayısı ile ölçülmektedir. Toplu taşıma sistemlerinde ise otobüs/tren kapasitesi ile ölçülmektedir. Sistem kapasitesi ayrıca kesitte saatlik yolcu ve günlük toplam yolcu kapasitesi göstergeleri ile ölçülmektedir.

Bu çalışma, kentsel ulaşım sistemlerinin afetlere karşı daha dirençli hale gelmesi için yalnızca fiziksel altyapı değil, aynı zamanda sosyal, yönetsel ve teknolojik boyutların da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi teknolojiler, kriz anlarında hızlı müdahale kapasitesini artırırken, uzun vadede sürdürülebilir ulaşım planlaması için vazgeçilmez araçlar sunmaktadır. Bu bağlamda, ulaşım sistemlerinin dayanıklılığını artırmaya yönelik stratejilerin çok disiplinli bir perspektifle ele alınması; yerel bağlam, sosyal eşitlik ve teknolojik kapasite gibi faktörlerle bütünleştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, afetlere karşı dirençli ulaşım altyapıları ancak bütüncül, adil ve veri temelli yaklaşımlarla mümkün hale gelebilecektir.

KAYNAKÇA

- Baggag, A., Abbar, S., Zanouda, T. ve Srivastava, J. (2018). Resilience analytics: Coverage and robustness in multi-modal transportation networks. *EPJ Data Science*, 7(1), 14. DOI: [10.1140/epids/s13688-018-0139-7](https://doi.org/10.1140/epids/s13688-018-0139-7)
- Cutter, S. L., Burton, C. G. ve Emrich, C. T. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1). DOI: [10.2202/1547-7355.1732](https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732)
- Cutter, S. L., Ash, K. D. ve Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. *Global Environmental Change*, 29, 65-77. DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005)
- Cutter, S. L., Ash, K. D. ve Emrich, C. T. (2016). Urban–rural differences in disaster resilience. *Annals of the American Association of Geographers*, 106(6), 1236–1252. DOI: [10.1080/24694452.2016.1194740](https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1194740)
- DesRoches, R., Comerio, M., Eberhard, M., Mooney, W. ve Rix, G. J. (2011). Overview of the 2010 Haiti Earthquake. *Earthquake Spectra*, 27(1_suppl1), 1-21. DOI: [10.1193/1.3630129](https://doi.org/10.1193/1.3630129)
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253-267. DOI : [10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002)
- Folke, C. (2016). Resilience (Republished). *Ecology and Society*, 21(4), art44. DOI: [10.5751/ES-09088-210444](https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444)
- Ganin, A. A., Kitsak, M., Marchese, D., Keisler, J. M., Seager, T. ve Linkov, I. (2017). Resilience and efficiency in transportation networks. *Science Advances*, 3(12), e1701079. DOI: [10.1126/sciadv.1701079](https://doi.org/10.1126/sciadv.1701079)
- Herrman, H., Stewart, D. E., Diaz-Granados, N., DPhil, E. L. B., Jackson, B. ve Yuen, T. (2011). What is Resilience? *The Canadian Journal of Psychiatry*, 56(5), 258-265. DOI: [10.1177/070674371105600504](https://doi.org/10.1177/070674371105600504)
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. İçinde W. R. Burnside, S. Pulver, K. J. Fiorella, M. L. Avolio ve S. M. Alexander (der.), *Foundations of Socio-Environmental Research Legacy Readings with Commentaries* (ss. 460-482), Cambridge University Press. DOI: [10.1017/9781009177856.038](https://doi.org/10.1017/9781009177856.038)
- Ishfaq, R. (2012). Resilience through flexibility in transportation operations. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 15(4), 215-229. DOI: [10.1080/13675567.2012.709835](https://doi.org/10.1080/13675567.2012.709835)
- JICA. (2002). Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması. 22 Haziran 2025 tarihinde <https://depzemzemin.ibb.istanbul/tr/istanbul-ili-sismik-mikro-bolgeleme-dahil-afet-onlemeazaltma-temel-plani-calismasi-jica-2002> adresinden erişilmiştir.
- Kaufman, S., Qing, C., Levenson, N. ve Hanson, M. (2012). *Transportation During and After Hurricane Sandy*. 22 Haziran 2025 tarihinde <https://wagner.nyu.edu/files/rudincenter/sandytransportation.pdf> adresinden erişildi.
- Martin-Breen, P. ve Anderies, J. M. (2011). Resilience: A Literature Review. The Institute of Development Studies and Partner Organisations. Report. 22 Haziran 2025 tarihinde <https://hdl.handle.net/20.500.12413/3692> adresinden erişildi.
- Reggiani, A., Nijkamp, P. ve Lanzi, D. (2015). Transport resilience and vulnerability: The role of connectivity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 81, 4-15. DOI: [10.1016/j.tra.2014.12.012](https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.12.012)
- Rutter, M. (2012). Resilience as a dynamic concept. *Development and Psychopathology*, 24(2), 335-344. DOI: [10.1017/S0954579412000028](https://doi.org/10.1017/S0954579412000028)

- Sun, W., Bocchini, P. ve Davison, B. D. (2018). Resilience metrics and measurement methods for transportation infrastructure: The state of the art. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 5(3), 168-199. DOI: [10.1080/23789689.2018.1448663](https://doi.org/10.1080/23789689.2018.1448663)
- Taşan-Kok, T., Stead, D. ve Lu, P. (2013). Conceptual Overview of Resilience: History and Context. İçinde A. Eraydin ve T. Taşan-Kok (der.), *Resilience Thinking in Urban Planning* (C. 106, ss. 39-51). Springer Netherlands. DOI: [10.1007/978-94-007-5476-8_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5476-8_3)
- Yoloğlu, A. C. ve Zorlu, F. (2024). Türkiye’de Deprem Riski ile İlişkili Olarak Bölgesel Yığılma ve Eşitsizlikler. *Sketch: Journal of City and Regional Planning*, 06(01), 78-96. DOI: [10.5281/ZENODO.13828850](https://doi.org/10.5281/ZENODO.13828850)
- Zhang, X., Miller-Hooks, E. ve Denny, K. (2015). Assessing the role of network topology in transportation network resilience. *Journal of Transport Geography*, 46, 35-45. DOI: [10.1016/j.jtrangeo.2015.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.05.006)
- Zhou, Y., Wang, J. ve Yang, H. (2019). Resilience of Transportation Systems: Concepts and Comprehensive Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(12), 4262-4276. DOI: [10.1109/TITS.2018.2883766](https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2883766)

Conflict of Interest Statement | Çıkar Çatışması Beyanı

There is no conflict of interest for conducting the research and/or for the preparation of the article. | Araştırmanın yürütülmesi ve/veya makalenin hazırlanması hususunda herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Financial Statement | Finansman Beyanı

No financial support that has been received for conducting the research and/or for the preparation of the article. | Bu araştırmanın yürütülmesi ve/veya makalenin hazırlanması için herhangi bir mali destek alınmamıştır.

Ethical Statement | Etik Beyanı

All procedures followed were in accordance with the ethical standards. | Araştırma etik standartlara uygun olarak yapılmıştır.

Copyright Statement for Intellectual and Artistic Works | Fikir ve Sanat Eserleri Hakkında Telif Hakkı Beyanı

In the article, intellectual and artistic works (figures, photographs, graphics, etc.) that are subjected to copyright regulations were not used. | Makalede kullanılan telif hakları düzenlemelerine tabii fikir ve sanat eserleri (şekil, fotoğraf, grafik vb.) kullanılmamıştır.