



**TMMOB  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**

# **12. ULAŞTIRMA KONGRESİ**

## **ULAŞTIRMA POLİTİKALARI**



# **BİLDİRİLER KİTABI**

**24-26 Mayıs 2017**

Seyhan Belediyesi  
Yaşar Kemal Kültür Merkezi / ADANA



TMMOB  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI  
ADANA ŞUBESİ

TMMOB  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI  
İSTANBUL ŞUBESİ



**TMMOB**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**ADANA ŞUBESİ**

Reşatbey Mahallesi 62006 Sk. No:7 Seyhan -ADANA  
Telefon : 0322 459 84 00 Pbx Faks : 0322 458 90 12  
e-posta:imoadana@imo.org.tr

**ISBN NO : 978-605-01-1030-2**  
**ODA YAYIN NO : E/17/01**

Basım Tarihi: Mayıs 2017

**Baskı**

**Ufuk Ofset Matbaacılık**  
Ulucami Mah. 25021 Sk. No:8/A Seyhan /ADANA  
Tel : 0322 351 91 90  
Matbaa Sertifika No: 33347

## DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Güngör EVREN	Zekeriya TURANBAYBURT	Rezan BULUT
Prof. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU	Suphi CİVELEK	Funda KILINÇ SUVAKÇI
Doç. Dr. İsmail ŞAHİN	Yrd. Doç. Dr. Selim DÜNDAR	Gizem Cansu AĞLAGÜL
Nusret SUNA	Yrd. Doç. Dr. Volkan Emre UZ	
Halil Çağdaş KAYA	Ahmet UNCU	

## BİLİM ve DANIŞMA KURULU

Cemal GÖKÇE	Ela BABALIK	Kemal Selçuk ÖĞÜT
Şükrü ERDEM	Emine AĞAR	Kevser ÜSTÜNDAĞ
Cemal AKÇA	Ergin TARI	Mehmet TANYAŞ
Selim TULUMTAŞ	Ergun GEDİZLİOĞLU	Meriç GÖKDALAY
Abdullah BAKIR	Erhan ÖNCÜ	Mete ORER
Ahmet ALKAN	Esin ÇEVİK	Mustafa ÖZUYSAL
Ahmet ATALIK	Fusun ÜLENGİN	Mustafa Sinan YARDIM
Ahmet Cengiz YILDIZCI	Gökçe AYDIN	Nadir YAYLA
Ahmet Dursun ALKAN	Gülen ÇAĞDAŞ	Nevzat ERSELCAN
Ahmet TORTUM	Güngör EVREN	Nil GÜLER
Ali Osman ATAHAN	Hakan GÜLER	Olçay TÜNAY
Ali Payidar AKGÜNGÖR	Halim CEYLAN	Onur TEZCAN
Aslı Pelin GÜRGÜN	Halit ÖZEN	Özlem ÖZER
Atilla ALPÖGE	Haluk GERÇEK	Selim DÜNDAR
Ayşen ERGİN	Hande DEMİREL	Serhan TANYEL
Bekir BARTIN	Hediye TÜYDEŞ YAMAN	Soner HALDENBİLEN
Betül ŞENGEZER	Ilgın GÖKAŞAR	Süreyya Yücel ÖZDEN
Beyza ÜSTÜN	İlker ERKAN	Tansel TİMUR
Cem SORUŞBAY	İsmail Hakkı ACAR	Tülay KILINÇASLAN
Cumhur AYDIN	İsmail ŞAHİN	Volkan Emre UZ
Cüneyt ELKER	Kadir ALP	Yetiş Şazi MURAT
Doğan HASOL	Kadir DAYLIK	Zerrin BAYRAKTAR



**TMMOB**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**45. DÖNEM YÖNETİM KURULU**

CEMAL GÖKÇE-BAŞKAN  
ŞÜKRÜ ERDEM-II. BAŞKAN  
HÜSEYİN KAYA-SEKRETER ÜYE  
CEM OĞUZ-SAYMAN ÜYE  
CEMAL AKÇA-ÜYE  
CİHAT MAZMANOĞLU-ÜYE  
NECATİ ATICI-ÜYE

**TMMOB**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**

**ADANA ŞUBESİ**  
**21.DÖNEM YÖNETİM KURULU**

HALİL ÇAĞDAŞ KAYA-ŞUBE BAŞKANI  
ZEKERİYA TURANBAYBURT-SEKRETER ÜYE  
SUPHİ CİVELEK-SAYMAN ÜYE  
LEYLA TAN-ÜYE  
DUYGU ARGUNŞAH-ÜYE  
HIDİR ÇAK-ÜYE  
AHMET BERDAN DİNÇYÜREK-ÜYE

**İSTANBUL ŞUBESİ**  
**45. DÖNEM YÖNETİM KURULU**

NUSRET SUNA-ŞUBE BAŞKANI  
MURAT SERDAR KIRÇIL-SEKRETER ÜYE  
TEMEL PİRLİ-SAYMAN ÜYE  
İSMAİL UZUNOĞLU-ÜYE  
BAYKAL HANCIOĞLU-ÜYE  
GÜLSÜN YAŞIN ARSLANOĞLU-ÜYE  
CANER ZAFER-ÜYE

# İçindekiler

Önsöz .....	7
Halil Çağdaş KAYA	
Önsöz .....	9
Nusret SUNA	
Sunuş .....	11
Güngör EVREN	
Sinyalize Kavşaklarda Durma Gecikmesi Ve Kontrol Gecikmesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi .....	13
Yetiş Şazi MURAT, Ziya ÇAKICI	
Şehirçi Işıklı Ve Dönel Kavşak Uygulamalarının Performans Kriterlerine Etkisinin İncelenmesi .....	25
Duygu EROL,Özgür BAŞKAN	
Trafik Işıklarında Toplu Taşımaya Geçiş Önceliği Uygulamaları, Münih Şehri Örneği .....	35
Mustafa ERCİYAS	
Şehirçi Ulaşım Ağlarında En Kısa Rota Uzunlukları Kullanılarak Tek Yön Düzenlemelerinin Yapılması .....	49
Cenk OZAN,Özgür BAŞKAN	
Kentlerimizde Yol Kenarı Otopark Yönetim Stratejilerinin Trafik Dolaşımı Açısından Değerlendirilmesi: Süleymanpaşa İlçesi, Tekirdağ Örneği .....	59
Halim CEYLAN, Görkem GÜLHAN,Hüseyin CEYLAN, Soner HALDENBİLEN	
Sürücüsüz Taşıtların Katıldığı Trafik Akım Koşullarının Modellenmesi .....	71
Ecem ŞENTÜRK BERKTAŞ Serhan TANYEL	
Metro İstasyonlarında Perona Erişim Süreleri ve Yürüme Hızlarının İncelenmesi; İstanbul M2 Metroyu Örneği .....	81
S. Şeyma KUŞAKCI GÜNDOĞAR, Kemal Selçuk ÖĞÜT	
Küresel Yürünebilirlik İndeksinin Ölçülmesi: Halaskargazi Caddesi Örneği .....	91
Sevinç ÖZGÜN, Kemal Selçuk ÖĞÜT	
Kullanıcılarına Göre Bisiklet: Bir Ulaşım Aracı .....	103
Mustafa KARAŞAHİN, Volkan Emre UZ, İslam GÖKALP, Ebru DOĞRU	
Işık Kontrolsüz Hemzemin Yaya Geçitlerinde Yayaların Güvenli Aralık Algılarının İrdelenmesi .....	113
Eraycan DEMİRER, Hüseyin Onur TEZCAN	
Kentlerde Ulaşım Dönüşümü: Yeşil Ulaşım Altyapısı .....	123
Kevser COŞKUN, Nur ESİN	
Türkiye'de Bölgesel Ulaştırma Planlaması için Farklı Coğrafi Düzeylerdeki Ulaşım İlişkilerinin İncelenmesi .....	135
Mehmet KALAYCIOĞLU	
Kentsel Planlamada Paradigma Değişiminin Bir Ürünü: "Dirençli Ulaştırma" ve İstanbul Kenti Üzerine İnceleme .....	147
Seçkin ÇIRIŞ	

Ulaşım Planlaması Bağlamında Erişilebilirlik ve Talep Modelindeki Yeri .....	157
Mustafa ÖZUYSAL, Görkem GÜLHAN	
Mekanistik-Ampirik Kaplama Dizayn Metodu Uygulanmasının	
Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Önemi .....	171
Kemal ARMAĞAN, Şebnem S. KARAHANÇER, Ekinhan ERİŞKİN, Buket ÇAPALI, Fatma DEMİR, Serdal TERZİ, Mehmet SALTAN	
Ulaştırma Politikalarının Dönüşümü: Sera Gazı Azaltımının Planlaması .....	181
Selma ŞEKERCİOĞLU, Beyhan İNCEKARA	
İzmir Körfezi'nde Faaliyet Gösteren Vapurlarda Kapasite Kullanımının	
Sistem Dinamikleri Yaklaşımı İle İncelenmesi .....	191
Seçil GÜLMEZ, Renda ASLANTAŞ, A. Güldem CERİT	
Denizli İlinde Tarım Arazilerinde Ulaşım Kaynaklı Kirlenme .....	207
Ece ATİLLA, Soner HALDENBİLEN, Tamer KORALAY	
Metrobüs İşletmesi İle İlgili Olarak Meydana Gelen Kazaların Ve	
Etkileşimlerin İrdelenmesi .....	219
Kubilay AKBULUT, Aydın KICI, N. Özgür BEZGİN	
Kıyı Alanlarındaki Yatırım Kararlarına Bölge Halkının Katılımı:	
Karaburun Uygulaması .....	227
Onur AKDAŞ, Oğuzhan AYZ	
Okul Yollarının Trafik Güvenliğinin Belirlenmesi: Balıkesir Örneği .....	239
Ayşe TURABİ	
Lojistik Merkez Yer Seçimi- İşletme Modelleri ve Kıyaslama Çalışması .....	249
Çağlar TABAK, Kürşat YILDIZ	
Demiryollarında CBS Entegrasyonuna Yönelik Politikaların Geliştirilmesi .....	265
Yelda ADEMOĞLU GÜLKILIK, M. Tefik ÖZLÜDEMİR	
Yaşanabilir Erişilebilirlik / İstanbul .....	277
Özgün ARIN	
Poster Bildiriler .....	289
Türkiye'de Demiryolu Sektörü İçin Lojistik Zincir Analizi Ve Modellemesi –	
SCOR Yöntemi .....	291
Muhammet Türker AHİ, Kürşat YILDIZ	
Erzurum'da Kentiçi Toplu Taşımada Otobüs Hatlarının İncelenmesi .....	301
Ahmet ATALAY, Ömer Faruk BİRİCİK, Hümeysra BOLAKAR	
Sinyal Faz Diyagramının Kavşak Performansı Üzerindeki Etkisinin	
İncelenmesi: Antalya Örneği .....	309
Halit ÖZEN, Ezgi Nur ÜNLÜ	

## **ÖNSÖZ**

Ulaştırma insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır; toplumsal yaşamı, sağladığı imkanlar kadar yarattığı sorunlarla da etkilemektedir. Ulaştırma alanında ulaştığı seviye, bir toplumun aynı zamanda teknik, sosyal, kültürel anlamda ulaştığı seviyenin de göstergesi olmaktadır.

Bu önemiyle özellikle gelişmiş ülkelerde ulaştırma sistemleriyle ilgili önemli çalışmalar yapılmış ve uygulamalarda bu çalışmaların sonuçlarından faydalanılmıştır. Elbette ki bu çalışmalar süreklilik arz etmekte, gelişen imkanlara ve toplumların değişen ihtiyaçlarına uygun olarak yenilenmektedir. 12. Ulaştırma Kongresi de bu çalışmaların bir parçası olarak konuyla ilgili araştırmaların ve çağdaş yaklaşımların toplum yararına sunulmasına hizmet edecektir.

Ülkemizde ve dünyanın pek çok kentinde ulaştırma, toplum hayatını etkileyen önemli sorunlar yaratmaya devam etmektedir. Kentlerde giderek artan sayıda taşıt trafiği, bu trafiğin ihtiyaç duyduğu daha fazla altyapı, bunun neden olduğu kamu kaynaklarına yüklenen maliyet, toplum sağlığına ve çevreye olumsuz etkiler, karmaşıklaşan ve çirkinleşen şehir görüntüsü bu olumsuzlukların başlıcalarıdır.

Ulaştırmada süregelen olumsuzlukların birbirini tetikleyerek çoğaltan yapısını değiştirecek yeni politikaların oluşturulması ve hayata geçirilmesi günümüz toplumsal yaşamı için önemli bir gereksinimdir. Çözüm getirmediği gibi çözümü daha da zorlaştıran yanlış adımlar atılması ulaştırma sorununu kaygı verici boyutlara taşımaktadır. Bu nedenle öncelikle toplumun yapısına ve yararına uygun ulaştırma politikalarının oluşturulması önemlidir.

Bu önem ve bu ihtiyaç bizlerin 12. Ulaştırma Kongresinde ulaştırma politikaları konusunu öne çıkartmamıza neden olmuş ve 12. Kongre'nin ana teması "Ulaştırma Politikaları" olarak tespit edilmiştir. 12. Ulaştırma Kongresi; 12 oturum, 4 çağrılı konuşmacı, 24 sözel bildiri sunumu, 3 poster bildiri ile konuyla ilgili güncel bilgi ve araştırmaların paylaşılmasını sağlayacaktır.

Ulaştırma ile ilgili bu önemli Kongre'nin Adana'da yapılıyor olmasından duyduğumuz memnuniyeti özellikle belirtmek isterim. Adana'da ulaştırma konusundaki yeni bakış açılarının, uygulanabilir ulaştırma sistemlerinin uzmanlarımız tarafından sunulacak olmasının şehrimizde konuyla ilgili kurumların ve yetkililerin çalışmalarında olumlu etki yaratmasını umuyoruz. Ayrıca üç gün sürecek olan kongremizin son gününde, 26 Mayıs Cuma günü Adana sorunlarını tartışacağımız "Adana Kent İçi Ulaşım Sorunları" başlığıyla bir oturum yer alacaktır.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası tarafından planlanan, İnşaat Mühendisleri Odası Adana ve İstanbul Şubelerinin ortak çalışması ile yürütülen 12. Ulaştırma Kongresi'nin hazırlanma sürecinde pek çok kişi özveriyle çalışmıştır. Kongrenin hazırlanmasında emeği geçen Düzenleme Kurulu üyelerine, Bilim ve Danışma Kurulu üyelerine, bildirimleriyle bilimsel katkı sunan uzmanlarımıza, çağrılı konuşmacılarımıza ve katkıda bulunan herkese teşekkür ediyoruz.

### **Halil Çağdaş Kaya**

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası  
Adana Şubesi Başkanı





## ÖNSÖZ

Ulaşım tarihinin, milattan önce 3000'li yıllarda tekerleğin icadı ile başladığı kabul edilmektedir. O çağlarda sorun çözücü sonuç doğuran ulaşım, geçen zaman içerisinde ihtiyaçların farklılaşmasıyla da beraber çözülmesi gereken sorunlar listesinin ilk sıralarında kendisine yer açmıştır.

Sanayileşmenin sonucu olarak ortaya çıkan kentleşme, ekonomik hareketliliğin kentler ve ülkeler arasında ilişkiyi zorunlu kılması, kentsel nüfusun artışı gibi nedenler ulaşımı sorunlu bir alan haline getirmiştir. Ülkemizde ulaşım sorununa yaklaşımın özünü, bütünlüklü merkezi ve sürdürülebilir ulaşım planı olmaması, lokal sorunlara lokal çözümler üretilmesi oluşturmaktadır.

Ülkemizde başta kent içi ulaşım olmak üzere genel anlamda ulaşımı sorun mertebesine yükselten nedenlerin başında plansız kentleşme, toplu ulaşım kültürünün gelişmemiş olması, deniz ve demiryolu ulaşımı yerine karayolu odaklı ulaşımın tercih edilmesi gelmektedir. Ulaşımda karayolu, denizyolu, demiryolu yatırım oranları ne yazık ki gelişmiş, sanayileşmiş ülkeler ortalamasının gerisindedir.

İnşaat Mühendisleri Odası ilk Ulaşım Kongresini 1974 yılında toplamıştır. Elbette bunun sosyo-ekonomik dayanakları bulunmaktadır. Kaldı ki Odamız, kongre formatında ele alana kadar konu ile ilgili pek çok etkinlik düzenlemiş, değerli tartışmaların gerçekleşmesi için olanak yaratmış, ulaşım ile ilgili görüş ve önerilerini kamuoyuyla paylaşmıştır.

Özellikle 1960'lı yılların sonunda gündeme gelen, 1970'te yapımına başlanan ve 1973'te tamamlanan Birinci Boğaz Köprüsü ile ilgili tartışmalarda Odamız, o günkü siyasi iktidarı karşısına alma pahasına taraf olmuş, ulaşım mühendisliğinin temel kabulleri doğrultusunda geliştirdiği görüşler çerçevesinde Boğaz Köprüsü yapımına itiraz etmiş, alternatif ulaşım politikalarıyla kamuoyunun karşısına çıkmıştır.

Boğaza köprü yapılacağı açıklandığında Odamız itirazını, "toplu taşımacılık alt yapısının oluşturulmamasına dönük yatırım yapılmazsa yeni boğaz köprülerinin kaçınılmaz olacağı" noktasında temellendirmiş ve geçen zaman içerisinde de haklılığı ortaya çıkmıştır.

Sorun elbette haklı çıkıp çıkmamakta değildir. Sorun, ulaşım sorunlarının kentlerimizi yaşanılır olmaktan uzaklaştırması ve karayolu odaklı ulaşımın ekonomide yarattığı olumsuz sonuçlardır.

Ulaştırma Politikaları başlıklı 12. Ulaştırma Kongresi'ndeki tartışma başlıklarının çeşitliliği, kongrenin yürütücülüğü üstlenen İMO İstanbul ve Adana Şubelerinin sadece mesleki sorunlarla ilgili hâkimiyetini değil, aynı zamanda "ulaşımın amaç değil, araç olduğu" tezini dayanaklı kılacak bilimsel-mesleki zemini güçlendirme sorumluluğu ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir.

İki şubemizin sağladığı ortaklığın değerinin, Bildiriler Kitabında yer alan görüşlerin Kongre zeminine taşınacağı ve sağlıklı bir tartışma ortamı yaratılacağı için daha da artacağı kanaatindeyiz. Bu değerler ortaya çıkmasını sağlayanlara teşekkür etmek mesleki ve toplumsal sorumluluğun gereğidir.

Bu kapsamda, Düzenleme Kurulu Başkanımız Prof. Dr. Güngör EVREN başta olmak üzere Düzenleme Kurulu ile Bilim ve Danışma Kurulu üyelerimize emeklerinden dolayı teşekkür eder, kongremizin ülkemizin ulaştırma politikaları alanında yol göstermesini dileriz.

### **Nusret SUNA**

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası  
İstanbul Şubesi Başkanı



## SUNUŞ

12. Ulaştırma Kongresi TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi ile Adana Şubesi'nin işbirliği ile 24-26 Mayıs 2017 tarihlerinde Adana'da Seyhan Belediyesi Yaşar Kemal Kültür Merkezi'nde gerçekleştirilecektir.

Ülkemiz koşullarında bu tür bir bilimsel toplantının 12.sine büyük bir ilgi desteğiyle erişmek örneği fazla olamayan bir durumdur. Kongre'nin akademik çevrelerde ve uygulama alanında saygınlığının giderek artması geleceğe ilişkin çabaların itici gücü olmaktadır.

Kongrelerin genel kurgusunda, bir yandan sorunlara bilimsel yöntemlerin ışığında çözüm aranmış, öte yandan uygulamalarda görülen temel nitelikteki yanlışlıklara karşı kararlı bir tutum sergilenmiştir. Bugüne kadar, belirtilen anlamda, ulaştırmanın her alanında çalışmalara yer verilmiştir. Dünyadaki gelişmelerin, ülkemizde uygulanabilmeleri açısından değerlendirmeleri yapılmıştır. Ülkemizde yaşanan sorunlar ortaya konarak, geliştirilen çözümler açıklanmıştır. Uygulamada yaşanan yanlışlıklar ve özellikle plansız ve yeterli etütlere dayanmayan çalışmalar konusunda gerekli uyarı görevi yerine getirilmiş, önlenmelerine ilişkin öneriler sunulmuştur.

Yapılan çalışmaların ancak doğru ulaştırma politikaları sayesinde anlam ve değer kazanabilecekleri bir gerçektir. Bu nedenle, varılan bu aşamada ulaştırma politikaları açısından analiz ve değerlendirmelerin yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu gerekçe ışığında 12. Ulaştırma Kongresi'nin ana konusu : **“Ulaştırma Politikaları”** olarak belirlenmiştir. Kongre sonunda gerçekleştirilmesi gelenekselleşen forumun başlığının da : **“Toplumsal Fayda Odaklı Ulaştırma”** olması uygun görülmüştür.

12. Kongre'de 4'ü çağrılı olmak üzere 28 bildiri sunulacaktır. Kongre sonundaki forumun geçmişte incelenen birçok konuya anlam kazandıracaklarını ve gelecekteki çalışmalara ışık tutacağını umuyoruz.

Kongre çalışmalarının ve sonuçlarının yararlı olmasını diliyoruz.

Bildirileri sahiplerine, Bilim ve Danışma Kurulu üyelerine ve katılımları, görüş, öneri ve eleştirileriyle kongrenin değerini artıran katılımcılara da katkıları için içten teşekkürlerimizi sunuyoruz.

**Prof. Dr. Güngör EVREN**

Kongre Düzenleme Kurulu Başkanı



# Sinyalize Kavşaklarda Durma Gecikmesi ve Kontrol Gecikmesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

**Yetiş Şazi Murat, Ziya Çakıcı**

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü - Denizli

Tel: (0 258) 296 33 57, (0 258) 296 34 33

E-Posta: ysmurat@pau.edu.tr, zcakici@pau.edu.tr

## Öz

Gecikme, sinyalize kavşak yaklaşım kollarındaki taşıtların kavşağın geometrik özellikleri, kavşak yaklaşımındaki diğer taşıtlar ve kavşaktaki sinyalizasyon sistemleri nedeni ile kaybettiği zamandır. Bu parametre, kavşakların hizmet düzeylerinin ve işletim performanslarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Gecikme parametresi yavaşlama, durma ve hızlanma gecikmesi olarak isimlendirilen üç farklı bileşenden oluşmaktadır. Kavşaktaki ortalama gecikmenin tespit edilebilmesi için tüm yaklaşım kollarındaki taşıtlara ait bu üç bileşenin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu bileşenlere ait sayısal değerlerin belirlenmesi oldukça uzun zaman alan ve işgücü gerektiren bir işlemdir.

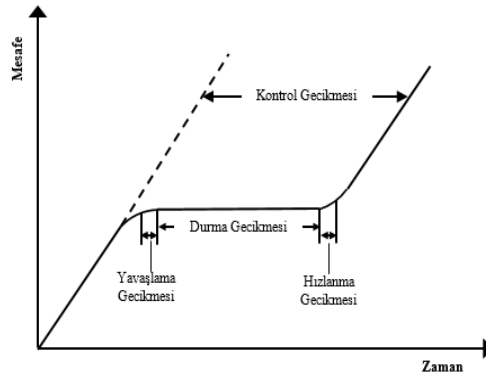
Bu çalışmada, durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve böylece gecikme ölçümü işlemi için zamandan ve işgücünden tasarruf edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, öncelikli olarak, Denizli - Pekdemir kavşağından 200 adet taşıta ait kontrol ve durma gecikmesi verileri alınmış ve bu veriler ışığında durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki ilişki matematiksel olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada, yine aynı kavşaktan 50 adet taşıta ait kontrol ve durma gecikmesi verisi toplanmış ve bunun sonucunda gözlem kontrol gecikmesi değerleri ile oluşturulan matematik model kullanılarak elde edilen kontrol gecikmesi değerleri birbirleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise, söz konusu kavşaktaki yaklaşım kollarından birisi 20 devre boyunca kamera ile gözlenmiş ve her bir devredeki ortalama taşıt gecikmeleri tespit edilmiştir. Daha sonra, aynı zaman periyodu için devre bazlı ortalama taşıt gecikmeleri matematiksel model yardımı ile hesaplanmıştır ve sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmıştır.

Yapılan istatistik değerlendirmelere göre, önerilen matematik model ile gözlem değerlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Önerilen modelin kullanılması durumunda, arazide gecikme ölçümü esnasında zamandan ve işgücünden önemli düzeyde tasarruf edilebileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Gecikme, Kontrol Gecikmesi, Durma Gecikmesi, Sinyalize Kavşak, Matematik Model

## Giriş

Karayollarındaki trafik artışı ile birlikte, kritik kesimler olan kavşaklarda güvenliğin tam anlamıyla sağlanabilmesi için, trafiğin sinyalizasyon sistemleri ile yönetilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Sinyalizasyonlu denetimler, güvenlik açısından oldukça yararlı olmasına rağmen, bu tür denetimlerin uygulandığı kavşaklarda, trafik akımlarının sürekli ve düzenli hareketleri engellenmekte ve böylece seyahat sürelerinde artışlar görülmektedir. Seyahat süresindeki bu artışın temelini oluşturan artık/fazlalık zaman dilimi, kontrol gecikmesi olarak adlandırılmaktadır. Kontrol gecikmesi yavaşlama, durma ve hızlanma gecikmesi olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır (Dion ve diğ., 2004). Yavaşlama gecikmesi, kavşaktaki sinyalizasyon sistemine yaklaşan taşıt sürücüsünün, hızını azaltmaya başladığı andan itibaren, sinyalizasyon sistemi nedeni ile durmaya başladığı ana kadar geçen zaman dilimi olarak tanımlanmaktadır. Durma gecikmesi, taşıtın kırmızı sinyal gösterimi boyunca statik olarak kaldığı zaman dilimi olarak tanımlanırken, hızlanma gecikmesi ise sinyal gösterimi kırmızıdan yeşile döndükten sonra taşıtın tekrar önceki seyir hızına ulaşabilmesi için gereken zaman periyodu olarak tanımlanmaktadır (Murat ve Çakıcı, 2015). Sinyalize kavşak yaklaşım kolundaki bir taşıtın yörünge diyagramı ve gecikme bileşenleri Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1 Sinyalize Kavşak Yaklaşım Kolundaki Taşıtın Yörünge Diyagramı.

Şekil 1 dikkatle incelendiğinde, sinyalize kavşak yaklaşım kollarındaki taşıtların kontrol ve durma gecikmeleri arasında doğrusal bir bağıntı olduğu açıkça görülmektedir. Bu çalışma, söz konusu bağıntının matematiksel olarak ifade edilmesi ile birlikte, arazideki gecikme ölçümleri için kolay, daha az işgücü ve zaman gerektiren yeni pratik bir yaklaşım da sunmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, gecikme ile alakalı yapılan çalışmalardan örnekler sunulmaktadır. İkinci bölümde, Denizli-Pekdemir kavşağından toplanan 200 adet gecikme verisi ışığında, durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki matematiksel bağıntı elde edilmiş ve söz konusu modelin geçerliliği aynı kavşaktan toplanan 50 adet gecikme verisi kullanılarak test edilmiştir. Üçüncü bölümde, aynı kavşaktaki yaklaşım kollarından birisi 20 devre boyunca kamera ile gözlenmiş ve her bir devredeki şerit bazlı ortalama taşıt gecikmeleri tespit edilmiştir. Daha sonra, aynı zaman periyodu için ortalama gecikmeler, oluşturulan matematiksel model yardımı ile hesaplanmıştır ve sonuçlar arasında kıyaslama yapılmıştır. Bu bölümde son olarak, önerilen yaklaşımın devre ve şerit bazlı gecikme ölçümünde kullanılıp kullanılmayacağı istatistiksel olarak test edilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

## Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Gecikme, sinyalize kavşakların performansının ve hizmet düzeyinin belirlenmesi için kullanılan en önemli parametrelerden birisidir. Bu parametre, arazi gözlemlerine dayalı olarak belirlenebildiği gibi analitik modeller yardımı ile de hesaplanabilmektedir. Webster, Akçelik, HCM gecikme bağıntıları, söz konusu analitik modellerden en çok kullanılanları ve en çok bilinenleridir. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, hem sinyalize kavşaklardaki gecikmenin hesaplanması hemde arazide gecikmenin ölçülmesi ile alakalı çalışma sayısının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Gecikme üzerine yapılan çalışmalardan bazıları şu şekilde özetlenebilir: Mousa (2002) yapmış olduğu çalışmada sinyalize kavşaklarda hızlanma ve yavaşlama gecikmelerini ölçmek için yeni bir metodoloji sunmuştur. Çalışmada, sinyalize kavşakta duran taşıtların ortalama hızlanma gecikmesi 11.4 sn, ortalama yavaşlama gecikmesi ise 7.2 sn olarak tespit edilmiştir. Dion ve diğ. (2004) doygun altı ve doygun üstü durumlarda kavşaktaki gecikmeleri tahmin etmek amacıyla INTEGRATION isimli bir model önermişlerdir. Sonuç olarak, modelin hem doygun altı hem de doygun üstü durumlarda gecikmenin tahmininde oldukça başarılı sonuçlar sağladığı görülmüştür. Darma ve diğ. (2005), sinyalize kavşakta kontrol gecikmesini etkileyen değişkenleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, kontrol gecikmesi üzerinde devre süresinin, yeşiller arası sürenin, faz sayısının ve şerit sayısının oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Murat ve Başkan (2006) yapay sinir ağları yaklaşımı kullanarak bir gecikme tahmin modeli geliştirmişlerdir. Sonuç olarak modelin, doygun üstü ve üniform olmayan durumlarda oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Murat (2006) yapmış olduğu çalışmada, taşıt gecikmesini bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi yeni yaklaşımlar kullanarak modellemiştir. Çalışma sonucunda, arazi gözlemleri ile bulanık mantık yaklaşımı modeli sonuçlarının hem doygun altı, hem de doygun üstü durumlar için, benzer olduğu belirtilmiştir. Ban ve diğ. (2009) ölçülen seyahat sürelerini kullanarak kavşak gecikme modellerini tahmin etmek için kullanılacak yöntemler üzerinde çalışmışlardır. Sekhar ve diğ. (2013), Ahmedabad şehrindeki sinyalize kavşaklarda taşıtların, duruş süreleri boyunca gecikmelerini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Akgüngör ve Korkmaz (2016), yapmış oldukları çalışmada, trafik hacmi, devre süresi ve yeşil süre oranı gibi parametrelerin durma ve kontrol gecikmeleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Martin ve diğ. (2016), iki şeritli yolların hizmet düzeyini belirlemek için, taşıt gecikmelerini bulanık mantık yöntemi ile modelleme konusu üzerinde çalışmışlardır.

Gecikme modellerinden ilki olan Webster modelinin 1958 yılında öne sürüldüğü göz önünde bulundurulduğunda, gecikme ile alakalı çalışmaların yaklaşık olarak 60 yıldır devam ettiği söylenebilir. Yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere, konu bugün hala geçerliliğini korumakta ve çalışılmaya devam etmektedir.

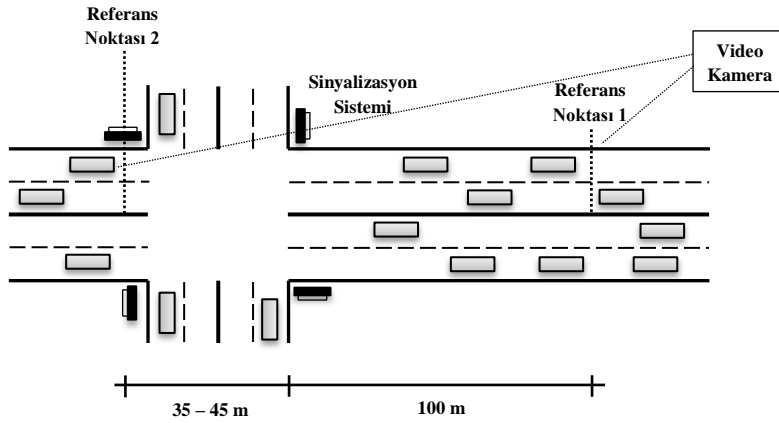
## Durma Gecikmesi ve Kontrol Gecikmesi Arasındaki İlişki

Durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu ilişkinin geçerliliğinin test edilmesi çalışmaları 3 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, arazi çalışmalarını kapsamaktadır. Bu aşamada, Denizli' de bulunan Pekdemir kavşağından, 250 adet taşıta ait kontrol gecikmesi ve durma gecikmesi verileri toplanmıştır. İkinci aşamada, toplanan gecikme verileri ofis ortamında düzenlenmiş ve rastgele seçilen 200

adet veri kullanılarak, durma gecikmesi ile kontrol gecikmesi arasındaki bağıntı matematiksel olarak elde edilmiştir. Son aşamada ise, modelin geçerliliği test edilmiştir.

### Arazi Çalışmaları

Çalışma kapsamında, gecikme gözlemleri şu şekilde yapılmıştır: Öncelikli olarak, yaklaşım kollarındaki taşıtların, kavşaktaki sinyalizasyon sisteminden dolayı seyir hızlarını azaltmaya başladıkları nokta (Referans noktası 1) belirlenmiştir. Önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu noktanın, sinyalizasyon sisteminin yaklaşık 100 metre öncesinde bulunan bir yerde alınması uygun görülmektedir (Murat, 2001). Daha sonra ise, sinyalizasyon sisteminden dolayı kavşakta bekleyen taşıtın yeşil sinyal gösterimi ile hızını tekrar sabit seyir hızına ulaştırdığı nokta (Referans noktası 2) tespit edilmiştir (Akgüngör ve Korkmaz, 2016). Son olarak, referans noktalarını aynı anda görebilen bir noktaya video kamera yerleştirilmiş ve veri toplama işlemleri Şekil 2’de gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

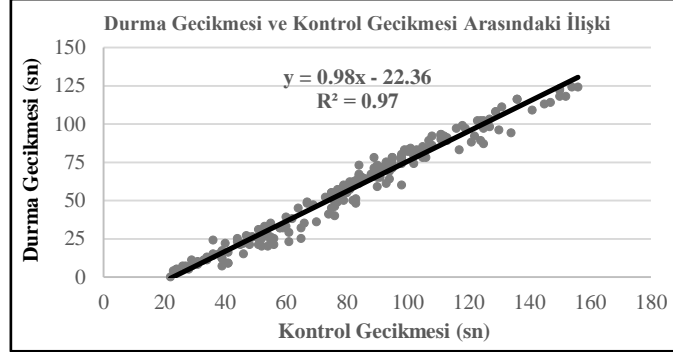


Şekil 2 Sinyalize Kavşakta Veri Toplama İşlemi.

### Ofis Çalışmaları ve Analizler

Bu aşamada öncelikli olarak, Pekdemir kavşağından toplanan veriler ofis ortamında analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı, durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki bağıntının matematiksel olarak belirlenmesi olduğu için, durma gecikmesinin söz konusu olmadığı gecikme verileri analizlerde dikkate alınmamıştır. Çalışmanın bu aşamasında, öncelikli olarak, rastgele seçilen 200 farklı taşıta ait kontrol ve durma gecikmeleri ayrı ayrı tespit edilmiştir. Daha sonra, basit doğrusal regresyon modeli kullanılarak, durma ve kontrol gecikmesi arasındaki ilişki belirlenmiştir. Şekil 3, söz konusu 200 farklı veri için, kontrol gecikmelerine karşılık gelen durma gecikmelerinin dağılımını göstermektedir.





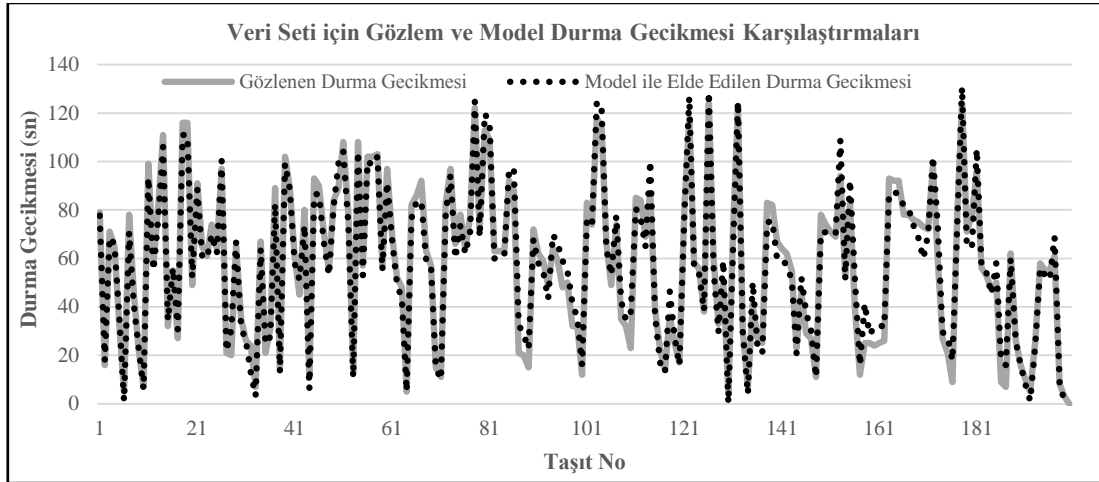
Şekil 3 Oluşturulan Veri Seti için Durma Gecikmesi – Kontrol Gecikmesi Dağılımları. Şekil 3’ den de görüldüğü üzere, durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasında doğrusal bir bağıntı olduğu açıktır. Yapılan basit doğrusal regresyon analizinde, bu iki değişken arasında Denklem 1’ deki gibi bir bağıntı elde edilmiştir.

$$G_d = 0.98 \times G_k - 22.36 \quad (1)$$

Burada;

$G_d$  : Durma gecikmesi (sn) ve  $G_k$  : Kontrol gecikmesi (sn)’ ni temsil etmektedir.

Denklem 1 için, belirleme katsayısı değeri ( $R^2 = 0.97$ ) mertebesinde elde edilmiş olup, bu değer 1’ e yakındır. Sonuç olarak, elde edilen denklemin temsiliyet düzeyinin oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki ilişkinin matematiksel olarak belirlenmesinin ardından, veri seti için, gözlenen durma gecikmeleri ve model ile elde edilen durma gecikmeleri Şekil 4’ de gösterildiği gibi birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4 dikkatle incelendiğinde, elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu ve modelin temsiliyet düzeyinin oldukça yüksek olduğu kolay bir şekilde görülebilir.



Şekil 4 Veri Seti için Gözlem ve Model Durma Gecikmesi Karşılaştırmaları.

### Model Geçerlilik Testi Çalışmaları

Geçerlilik testi çalışmaları, bir önceki aşamada analiz edilen ve modelleme çalışmaları için kullanılan veriler haricindeki 50 adet test verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu

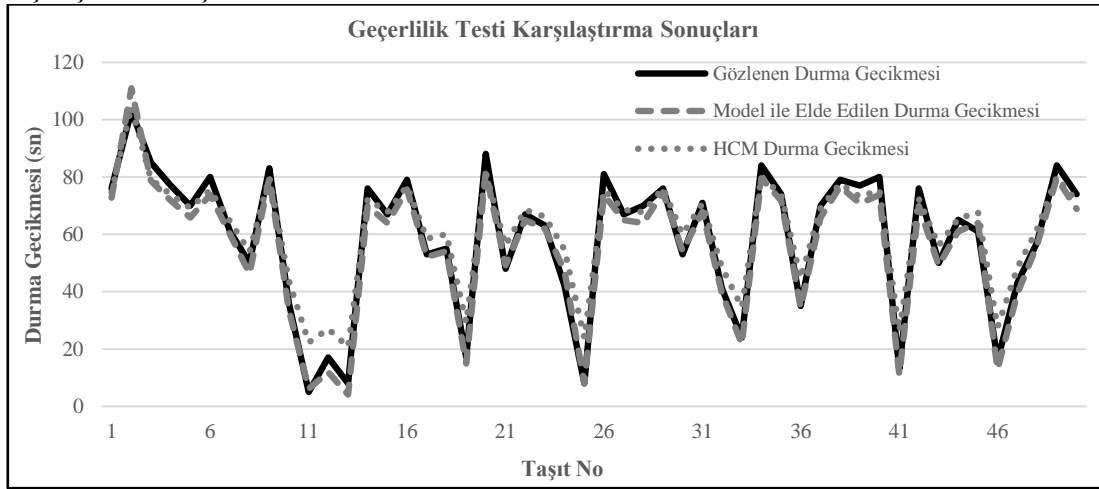
aşamada gözlenen durma gecikmesi verileri, hem model sonuçları ile hem de HCM 94 modeli ile karşılaştırılmıştır. HCM (TRB, 1994), durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki bağıntıyı Denklem 2' de gösterildiği şekilde belirtmektedir:

$$G_d = 0.76 \times G_k \quad (2)$$

Burada;

$G_d$  : Durma gecikmesi (sn) ve  $G_k$  : Kontrol gecikmesi (sn)' ni temsil etmektedir.

Karşılaştırma çalışmalarının yanı sıra, her iki model için, ortalama hata kareleri tespit edilerek, modellerin güvenilirliği ayrı ayrı incelenmiştir. Geçerlilik testi için yapılan karşılaştırmalar Şekil 5' de sunulmaktadır.



Şekil 5 Geçerlilik Testi Karşılaştırma Sonuçları.

Sonraki aşamada, hem önerilen model hem de HCM modeli için ayrı ayrı ortalama karesel hata değerleri hesaplanmıştır. Bu değer, önerilen model için 15.82 olarak elde edilirken, HCM modeli için 47.30 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında, önerilen modelin gerçek durumu temsiliyet düzeyinin yüksek olduğu söylenebilir.

## Gecikme Hesabı için Yeni bir Yaklaşım

Çalışmanın bu bölümü, iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda, geleneksel gecikme hesabı yaklaşımı ve önerilen yeni hesap yaklaşımı ile ilgili detaylardan bahsedilirken, ikinci kısımda önerilen yaklaşımın geçerliği istatistiksel testler ışığında araştırılmıştır.

### Gecikme Hesap Yaklaşımları

Bu kısımda, öncelikli olarak, Pekdemir/Denizli kavşağındaki yaklaşım kollarından birisine ait iki şerit, yaklaşık 20 devre boyunca video kamera kullanılarak gözlemlenmiş ve her iki şerit için ofis ortamında devre bazlı ortalama taşıt gecikmeleri hesaplanmıştır. Şerit ve devre bazlı ortalama taşıt gecikmeleri Denklem 3' de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$G_o = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{çıkış}_i} - t_{\text{giriş}_i}}{n} \quad (3)$$

Burada;

$G_o$  : Şerit ve devre bazlı ortalama taşıt gecikmesini (sn/ta);  $t_{\text{çıkış}_i}$  : i nolu taşıtın kavşağı terkettiği süreyi (sn);  $t_{\text{giriş}_i}$  : i nolu taşıtın yavaşlamaya başladığı süreyi (sn); n : Analiz edilen devre için şerit bazlı toplam taşıt sayısını belirtmektedir.

Çalışma kapsamında, Denklem 3 kullanılarak hesaplanan şerit ve devre bazlı ortalama taşıt gecikmeleri Tablo 1’ de sunulmaktadır.

Tablo 1 Analiz Edilen İki Şerit için Hesaplanan Ortalama Taşıt Gecikmeleri.

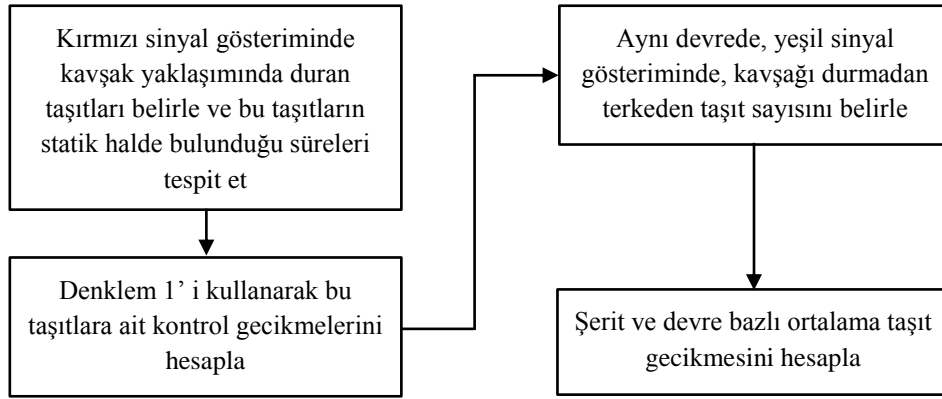
Şerit 1 Devre bazlı Ortalama Taşıt Gecikmeleri (sn/ta)				Şerit 2 Devre bazlı Ortalama Taşıt Gecikmeleri (sn/ta)			
Devre No	Ortalama Gecikme	Devre No	Ortalama Gecikme	Devre No	Ortalama Gecikme	Devre No	Ortalama Gecikme
1	19.18	11	24.56	1	21.80	11	40.75
2	16.36	12	15.53	2	23.20	12	31.60
3	18.31	13	31.58	3	15.58	13	39.29
4	18.44	14	20.41	4	20.70	14	32.90
5	29.41	15	20.71	5	22.00	15	17.80
6	15.46	16	26.06	6	19.22	16	32.10
7	23.75	17	18.54	7	21.75	17	30.30
8	28.86	18	14.08	8	30.28	18	28.60
9	17.58	19	29.48	9	22.64	19	48.85
10	26.33	20	26.82	10	20.00	20	23.94

Denklem 3’ den de görüldüğü üzere, geleneksel ortalama gecikme hesabı oldukça detaylı bir çalışma süreci gerektirmektedir. Çünkü bu yaklaşımda, her bir taşıt ayrı ayrı incelenmekte ve bu durum, çok fazla işgücü ve zaman kaybına yol açmaktadır. Bu yüzden, çalışmanın bu bölümünde, zaman ve işgücü kayıplarını azaltmak amacıyla, yeni bir gecikme hesap yaklaşımı önerilmiştir.

Önerilen yaklaşım ile, öncelikli olarak, kırmızı ışıkta duran taşıtların yalnızca statik halde buldukları süreler tespit edilmelidir. Ayrıca, durma gecikmesi görülmeyen taşıtlar için, kavşak yaklaşımında statik halde bulunma durumu söz konusu olmadığından, bu taşıtların ortalama gecikmelerinin bilinmesi gerekmektedir. Önerilen yeni yaklaşım zaman ve işgücü kaybını önlemek amaçlı olduğundan, durmayan taşıtların ayrı ayrı kontrol gecikmesi ölçümlerinin yapılması yerine, literatürdeki sayısal verilerden yararlanılması en doğru seçenek olacaktır. Mousa (2002), yapmış olduğu çalışmada, kavşak yaklaşımında durmaya maruz kalmayan taşıtların kontrol gecikmelerinin yaklaşık 15 sn’ ye kadar çıkabildiğini vurgulamıştır. Murat (2001), yapmış olduğu çalışmada, yeşil sinyal gösterimi durumunda kavşak yaklaşımındaki sinyalizasyon sistemine yaklaşan ve durmayan taşıtların hızlarının yaklaşık 35 – 40 km/sa olduğunu belirtmiştir. Çakıcı (2014), yapmış olduğu çalışmada, kavşakta durmayan taşıtların çeşitli nedenlerden (diğer taşıtlar, kavşak geometrisi vb.) dolayı 7 ila 20 sn arasında geciktiklerini tespit etmiştir. Taşıtların, yaklaşım kolunda oluşan

kuyruklanmaya takılmaması durumunda bu süre yaklaşık 7 sn iken, kuyruklanmaya takılması durumunda bu süre yaklaşık 21 sn' dir. Elde edilen bulgular, Quiroga ve Bullock tarafından 1999 yılında yapılan çalışma (Quiroga ve Bullock, 1999) sonuçlarını da tam anlamıyla desteklemektedir.

Şekil 2' de Referans noktası 2 ve Referans noktası 1 arasındaki mesafenin yaklaşık olarak 135-140 metrelik bir mesafe olduğu görülmektedir. Yeşil sinyal gösterimi durumunda bu kesimdeki ortalama hızın yaklaşık 40 km/sa (11.11 m/sn) olduğu kabul edildiği takdirde, taşıt söz konusu kesimi yaklaşık 12 sn' de katetmektedir. Bu yüzden, durmayan taşıtlar için alınacak 12 sn' lik kontrol gecikmesinin, literatür çalışmaları ile de kıyaslandığında, mantıklı bir değer olduğu söylenebilir. Bu verilerden yola çıkarak, şerit ve devre bazlı ortalama taşıt gecikmesinin bulunması işlemi daha kolay bir hale getirilmektedir. Şekil 6' da şerit ve devre bazlı ortalama taşıt gecikmesinin hesabı için önerilen yeni yaklaşımın hesap adımları sunulmaktadır.



Şekil 6 Şerit ve Devre bazlı Gecikme Hesabı için Önerilen Yaklaşım Hesap Adımları.

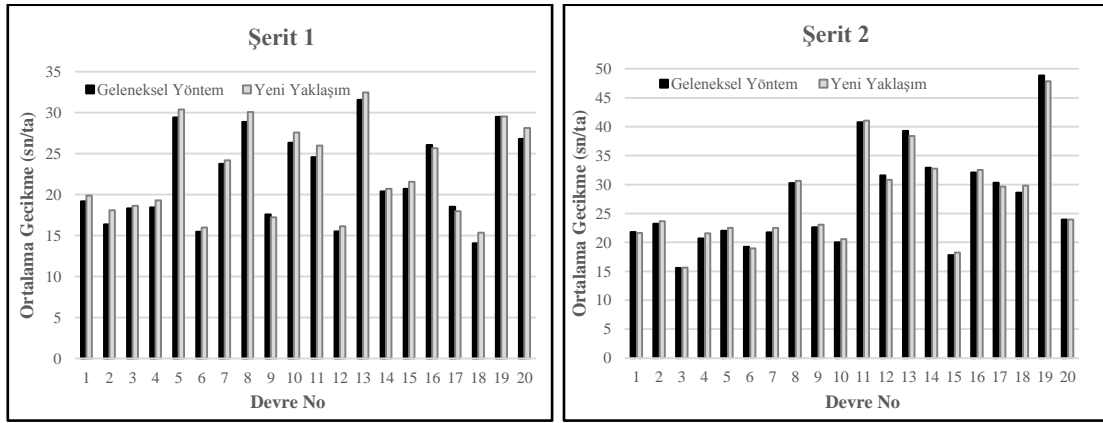
Şekil 6' dan da görülebildiği üzere, şerit ve devre bazlı gecikme ölçümü için önerilen yeni yaklaşım, Denklem 4' deki gibi formüle edilebilir:

$$G_o = \frac{\left( \sum_{i=1}^n \left( \frac{G_{d_i} + 22.36}{0.98} \right) \right) + (k \times 12)}{(n + k)} \quad (4)$$

Burada;

$G_o$  : Şerit ve devre bazlı ortalama taşıt gecikmesini (sn/ta);  $n$  : Sinyalizasyon sistemi nedeniyle, kırmızı sinyal gösteriminde durmaya maruz kalan taşıt sayısını;  $G_{d_i}$  : Kırmızı sinyal gösterimi nedeniyle duran  $i$ . taşıtın statik halde bulunduğu zaman periyodunu (sn);  $k$  : Sinyalizasyon sistemi nedeniyle durmaya maruz kalmayan, yeşil sinyal gösteriminde kavşağı girip yeşil sinyal gösteriminde kavşağı terkeden taşıt sayısını belirtmektedir.

Önerilen yeni yaklaşım, tüm taşıtların ayrı ayrı incelendiği diğer yaklaşıma kıyasla daha karmaşık görülmektedir. Fakat, yeni yaklaşımda genel itibariyle yalnızca kavşakta statik halde bulunan taşıtlar incelendiği için, hesaplama aşamasında gerekli olan işgücü ve zaman gereksinimi çok daha azdır. Bu durum, arazideki gecikmenin ölçülmesinde büyük bir kolaylığı beraberinde getirmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, Pekdemir/Denizli kavşağında 20 devre boyunca video kamera yardımı ile izlenen iki şerit için devre bazlı ortalama gecikmeler, önerilen yeni gecikme hesap yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Daha sonra, yeni yaklaşım kullanılarak elde edilen devre ve şerit bazlı ortalama gecikme değerleri, her bir taşıtın ayrı ayrı analiz edilmesi ile elde edilen ortalama gecikme değerleri (Tablo 1) ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Şekil 7’ de grafiksel olarak sunulmaktadır.



Şekil 7 Ortalama Gecikme için Geleneksel Yöntem ve Yeni Yaklaşım Karşılaştırması.

Şekil 7’ den görüldüğü üzere, Geleneksel yöntem ve önerilen yeni yaklaşım ile elde edilen devre ve şerit bazlı ortalama taşıt gecikmeleri birbirleriyle karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar her ne kadar benzerlik gösterse de, bu benzerliğin istatistiksel olarak da açıklanması gerekmektedir. Bu yüzden, çalışmanın bir sonraki bölümünde yeni yaklaşımın geçerliği istatistiksel olarak incelenmiştir.

### İstatistiksel Testler

Çalışmanın bu bölümünde, şerit ve devre bazlı gecikme ölçümünde, önerilen yeni yaklaşımın, geleneksel yaklaşımın yerine kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Bunun için öncelikli olarak, 20 devre boyunca hem geleneksel yöntem hem de yeni yaklaşım ile elde edilen ortalama taşıt gecikmelerinin normal dağılıma uyup uymadıkları SPSS programı vasıtası ile analiz edilmiştir.

Verilerin normal dağılıma uyup uymadığını belirlemek için kullanılan en önemli istatistiksel testlerden birisi de Shapiro-Wilk testidir. Shapiro-Wilk testi güçlü bir dağılım testidir ve Kolmogorov-Smirnov dağılım testine göre daha fazla tercih edilmektedir. Bu yüzden, verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığını tespit etmek

amacıyla Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Shapiro-Wilk dağılım testi sonuçları Tablo 2' de sunulmaktadır.

Tablo 2 Shapiro-Wilk Dağılım Testi Sonuçları.

Veri Seti	Çarpıklık Değeri	Basıklık Değeri	Anlamlılık Düzeyi
Geleneksel Yöntem	1.115	1.530	0.008
Yeni Yaklaşım	1.020	1.178	0.009

H<sub>0</sub> : Veriler normal dağılıma uygundur (Eğer anlamlılık düzeyi > 0.05)  
H<sub>a</sub> : Veriler normal dağılıma uygun değildir (Eğer anlamlılık düzeyi < 0.05)

Veri setleri için, anlamlılık düzeyleri 0.05' den küçük ise H<sub>0</sub> hipotezi reddedilmekte ve verilerin normal dağılıma uygun olarak dağılmadığı belirtilmektedir. Tablo 2 dikkatle incelendiğinde, her iki veri seti için de anlamlılık düzeylerinin 0.01 mertebesi civarında ve 0.05' den küçük olduğu açıkça görülmektedir. Buna göre, her iki veri setinin de normal dağılıma uygun bir dağılım göstermediği söylenebilmektedir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında geleneksel yöntem ile yeni yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığının bulunup bulunmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında incelenen veri setleri normal dağılıma uygun olmadığı için, bu aşamada, parametrik olmayan bir hipotez testi kullanılmalıdır. Mann-Whitney U testi, iki bağımsız grup arasındaki farklılıkların testi için kullanılmaktadır (Kalaycı, 2006). Bu yüzden, bu bölümde, geleneksel yöntem ile yeni yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığının tespit etmek amacıyla Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Test sonucunda elde edilen veriler Tablo 3' de verilmektedir.

Tablo 3 Mann-Whitney U Testi Sonuçları.

	Devre ve Şerit bazlı Ortalama Gecikme
Mann-Whitney U	767.000
Wilcoxon W	1587.000
Z	-.318
Varsayılan anlamlılık düzeyi (2-tailed)	.751

p anlamlılık düzeyini göstermek üzere;  
Eğer p<0.05 ise veri setleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır  
Eğer p>0.05 ise veri setleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur

Tablo 3 dikkatle incelendiğinde, analiz sonucunda elde edilen anlamlılık düzeyinin (p=.751), 0.05' den büyük olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, geleneksel yöntem ile önerilen yeni yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı söylenebilmektedir. Buna göre, devre şerit bazlı gecikme ölçümünde, önerilen yeni yaklaşımın, geleneksel yaklaşımın yerine kullanılabilceği açıkça görülmüştür.

## Sonuçlar

Bu çalışmada, öncelikli olarak, durma gecikmesi ve kontrol gecikmesi arasındaki bağıntı basit doğrusal regresyon modeli kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra, modelin geçerliliği, araziden toplanan 50 adet gecikme verisi ile test edilmiş ve sonuç olarak, ortalama karesel hata değerinin oldukça düşük olduğu (15.82) tespit edilmiştir.

Bunun yanı sıra, geçerlilik testi çalışmalarında, oluşturulan model sonuçları HCM model sonuçları (ortalama karesel hata değeri: 47.30) ile kıyaslanmış ve oluşturulan modelin daha başarılı sonuçlar sağladığı görülmüştür.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde, devre ve şerit bazlı ortalama gecikme hesabı için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım ile, kavşaklardaki gecikme ölçümünde, zaman ve işgücü bakımından önemli oranda kazanımlar sağlanılabileceği tespit edilmiştir. Geleneksel devre ve şerit bazlı ortalama gecikme hesabında her bir taşıt ayrı ayrı analiz edilirken, önerilen yeni yaklaşımda yalnızca sinyalizasyon sisteminden dolayı kavşak yaklaşımında duran taşıtlar analiz edilmektedir. 20 devre boyunca 2 şerit için yapılan test çalışmasında, yeni yaklaşım ile gecikme ölçümü ve analiz sürecinin yaklaşık %75 oranında azaltılabildiği görülmüştür. Bu bölümde, önerilen yaklaşımın geçerliliği istatistiksel testlerle de kanıtlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu, önerilen yaklaşımın, kavşağın yalnızca doygun altı durumda işlemesi durumunda etkin bir şekilde kullanılabileceğidir. Doygun üstü durum söz konusu olduğunda, kavşak yaklaşımlarında aşırı kuyruklanma görüleceği için, önerilen yaklaşım gerçek veya gerçeğe yakın sonuçlar sağlamayacaktır. Sonuç olarak, çalışmanın doygun altı durumdaki kavşaklarda gecikmenin ölçümü aşamasında araştırmacıya zaman, işgücü vb. açısından kolaylıklar sağlayacağı açıktır.

### **Kaynaklar**

Akgüngör, A. P., Korkmaz, E. (2016) Analysis and Modelling of the Relationship between Stopped and Control Delays by Differential Evolution Algorithm, The Open Civil Engineering Journal, 10, pp. 266-279.

Ban, X., Herring, R., Hao, P., Bayen, A. M. (2009) Delay Pattern Estimation for Signalized Intersections Using Sampled Travel Times, Journal of the Transportation Research Board, 2130-14, pp. 109-119.

Çakıcı, Z. (2014) Sinyalize Dönel (Yuvarlakada) Kavşakların Tasarım Esaslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Denizli.

Darma, Y., Karım, M. R., Mohamad, J., Abdullah, S. (2005) Control Delay Variability at Signalized Intersection based on HCM Method, Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5, pp. 945-958.

Dion, F., Rakha, H., Kang, Y. S. (2004) Comparison of Delay Estimates at Under-Saturated and Over-Saturated Pre-Timed Signalized Intersections, Transportation Research Part B: Methodological, 38 (2), pp. 99-122.

Highway Capacity Manual (1994) National Research Council, Washington, D.C.

Kalaycı, Ş. (2006) SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., II. Baskı.

Martin, S., Romana, M. G., Santos, M. (2016) Fuzzy Model of Vehicle Delay to Determine the Level of Service of Two-Lane Roads, Expert Systems With Applications, 54 (2016), pp. 48-60.

Mousa, R. M. (2002) Analysis and Modeling of Measured Delays at Isolated Signalized Intersections, Journal of Transportation Engineering, 128 (4), pp. 347-354.

Murat, Y. Ş. (2001) Sinyalize Kavşaklarda Bulanık Mantık Tekniği ile Trafik Uyumlu Sinyal Devre Modeli, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Murat, Y. S., Baskan, Ö. (2006) Modeling Vehicle Delays at Signalized Junctions: Artificial Neural Networks Approach, Journal of Scientific and Industrial Research (JSIR), 65, pp. 558-564.

Murat, Y. S. (2006) Comparison of Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks Approaches in Vehicle Delay Modeling, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 14 (5), pp. 316-334.

Murat Y. Ş., Çakıcı, Z. (2015) Sezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Taşıt Gecikmesi Problemi Üzerine Uygulaması, 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Trabzon-Türkiye, Kasım 13-14, pp. 615-625.

Quiroga, C. A., Bullock, D. (1999) Measuring Control Delay at Signalized Intersections, Journal of Transportation Engineering, 125 (4), pp. 271-280.

Sekhar, C. R., Raj, P., Parida, P., Gangopadhyay, S. (2013) Estimation of Delay and Fuel Loss during Idling of Vehicles at Signalized Intersection in Ahmedabad, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 104 (2013), pp. 1178-1187.



# Şehiriçi Işıklı ve Dönel Kavşak Uygulamalarının Performans Kriterlerine Etkisinin İncelenmesi

**Duygu EROL<sup>1</sup>, Özgür BAŞKAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Fen Bil. Enst., İnş. Müh. Anabilim Dalı, Denizli  
Tel: (258) 296 23 73

E-Posta: [edyguerol@gmail.com](mailto:edyguerol@gmail.com)

<sup>2</sup> Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Kınıklı, 20070, Denizli  
Tel: (258) 296 34 16

E-Posta: [obaskan@pau.edu.tr](mailto:obaskan@pau.edu.tr)

## Öz

Ülkemizde şehiriçi ulaşım ağlarında yaşanan trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak oluşan gecikmeler yoğun olarak kavşaklarda meydana gelmektedir. Farklı yönlerden gelen trafik akımlarının ortaklaşa kullanılmak zorunda oldukları yol alanları olarak tanımlanan kavşaklar, günümüzde çoğunlukla eşdüzey olarak hizmet vermektedirler. İstatistiklere göre şehiriçi yollarda meydana gelen gecikmelerin büyük bir bölümü bu tip kavşaklarda meydana gelmektedir. Bu nedenle şehiriçi ulaşımın etkin olarak sağlanabilmesi için eşdüzey kavşakların analiz edilmesi ve performanslarının artırılması amacıyla bir takım düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Eşdüzey kavşaklar kullanılan kontrol mekanizmalarına bağlı olarak sınıflandırılmakla birlikte, en çok kullanılan tipleri ışıklı kavşaklar ve özellikle son yıllarda ülkemizde kullanım alanı bulmaya başlayan dönel kavşaklardır.

Bu çalışmada Denizli ilinde bulunan ve ışıklı kavşak olarak hizmet veren Emniyet kavşağı çalışma alanı olarak seçilmiş ve VISSIM benzetim yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Söz konusu kavşağın mevcut durumu ortalama taşıt gecikmesi ve hız parametreleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın amaçlarından biri olan kavşak kontrol türünün değiştirilmesi durumunda kavşak performansının nasıl değişeceğinin araştırılması amacıyla söz konusu kavşak, dönel kavşak olarak tasarlanarak VISSIM yazılımında analizler yapılmıştır. Ayrıca trafik hacim, ağır taşıt ve sola dönüş oranları değerlerinin kademeli olarak artırılması senaryoları altında analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda uygun eşdüzey kavşak türünün seçilmesi konusunda yerel yönetimlere tavsiye niteliğinde değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Işıklı kavşak; Dönel kavşak; Taşıt gecikmesi; VISSIM

## Giriş

Şehir içi ulaşımda özel taşıt kullanım oranlarının günden güne artması neticesinde trafik akımlarının kesişme noktası olan eşdüzey kavşaklarda meydana gelen gecikmeler trafiği olumsuz olarak etkilemektedir. Şehir içi ulaşımda meydana gelen gecikmelerin büyük bir bölümü eşdüzey kavşaklarda gerçekleşmektedir. Bu nedenle kent içi ulaşımın etkin olarak sağlanabilmesi için kavşakların performanslarının artırılması amacıyla bir takım önlemler alınması ve gecikmelerin azaltılması gerekmektedir. Bu önlemlerin başında uzun vadede uygulanacak politikalarla toplu taşıma kullanım oranlarının artırılması ve buna bağlı olarak özel taşıt kullanım oranlarının azaltılması sayılabilir. Ancak bu çözüm yolu çoğu zaman uzun bir süreç gerektirmektedir. Bu nedenle kısa vadede şehir içi kavşak gecikmelerinin en aza indirilebilmesi ve kavşakların mümkün olan en etkin ve verimli şekilde işletilmesi için çözümler üretmek gerekmektedir. Bilindiği gibi şehir içi eşdüzey kavşaklar genel olarak kontrolsüz ve kontrollü olarak işletilmektedir. Genellikle trafik hacminin yoğun olduğu kesimlerde kullanılan kontrollü kavşaklar ise ışıklı ve dönel kavşaklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Işıklı kavşaklar meydana gelebilecek kazaları önlemek ve gecikmeleri azaltmak amacı ile kullanılmakla birlikte gerekli kriterlere uyulmadan işletilen ışıklı bir kavşak hem gecikmelerin hem de trafik kazalarının artmasına yol açabilmektedir. Bu yüzden her eşdüzey kontrollü kavşağı ışıklı olarak düzenlemek beklenen faydaların elde edilmesi anlamında yetersiz kalabilmektedir. Diğer taraftan ışıklı kavşakların ışık sürelerinin en uygun şekilde belirlenmesi ve özellikle uzun vadede değişen talebe bağlı olarak bu sürelerin güncellenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde ışıklı kavşaklar çoğu uygulamada ortalama taşıt gecikmelerini azaltmak yerine artırabilmektedir. Diğer bir eşdüzey kavşak kontrol türü olan dönel kavşaklar trafik akımının merkezde bulunan bir ada etrafında döndüğü kavşaklar olarak tanımlanmaktadır. Bu tür kavşaklarda geçiş önceliği kavşak içindeki araçlara ait olup yan yoldaki akımlar dönen akım içinde uygun boşluk bulmaları durumunda ana akıma katılabilmektedirler. Dönel kavşakların uygun geometrik tasarımlarının yapılması durumunda taşıtların hızlarının azalmasından dolayı trafik güvenliği artmakta ancak kapasite bir miktar azalabilmektedir. Bu nedenle dönel kavşakların yapımına karar verme aşamasında kavşak kapasitesi ile trafik güvenliği parametreleri birlikte gözönünde tutularak seçim yapılması gerekmektedir.

Literatürde gecikmelerin azaltılmasına yönelik çalışmalar genellikle ışıklı kavşak sürelerinin en iyilenmesi ve kavşak kontrol türünün değiştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Tanyel ve Varlıorpak (1998) yaptıkları çalışmada meydana gelen kaza sayısı ve kapasitelerine göre iki farklı kavşak belirlemişlerdir. Belirlenen bu kavşaklar üzerinde dönel ve ışıklı kavşak performansları incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda dönel kavşakların tasarımının uygun şekilde yapılması durumunda ışıklı kavşaklara göre daha yüksek kapasiteye sahip olabilecekleri belirlenmiştir. İngiltere'de ışıklı ile dönel kavşaklar arasında yapılan karşılaştırmalarda dönel kavşakların kazaların azaltılmasında önemli bir etken olduğu, ancak her iki kavşak tipinin de kendilerine özgü bir takım üstünlüklerinin bulunması sebebiyle tercihin, kavşağın bulunduğu bölge ve üzerinden geçen trafiğin özelliklerine göre belirlenebileceği sonucuna varılmıştır (Tanyel, 2001). Tanyel (2005) dönel kavşaklarda ana akım içindeki ağır taşıt yüzdesinin yan yol kapasitesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda ana akım içindeki ağır taşıt oranının artmasının yan yol kapasitesinin önemli oranda azalmasına yol açtığı belirlenmiştir. Diğer taraftan yan yoldaki ağır taşıt yüzdesi değişiminin yan yol kapasitesi üzerinde fazla etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Tanyel ve Yayla (2010) dönel kavşakların kapasitelerinin

belirlenmesi amacıyla farklı yöntemleri karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda dönel kavşakların kapasitelerinin analizinde regresyon analizi ile kritik aralık kabulü yöntemlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği ve hesaplamalarda kullanılabileceği belirlenmiştir. Ancak ülke koşullarına uygun kapasite hesap modellerinin geliştirilmesinin daha doğru sonuçlarına ulaşılması açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Wall ve diğ. (2005) yapmış oldukları çalışmada dönel kavşaklardaki kesişme noktası sayısının ışıklı kavşaklara göre oldukça az olduğunu vurgulamışlardır. Ancak yayaların geçiş güvenliği ve erişebilirliği anlamında dönel kavşakların birtakım dezavantajlarının olduğunu belirtmişler ve bu konuda ne tür stratejiler geliştirilebileceği konusunda çalışmalar yapmışlardır. Tanyel ve diğ. (2005) Karayolları Kapasite Rehberi'ni (HCM 2000) kullanarak ülkemizdeki dönel kavşakların kapasite ve performans analizleri üzerine değerlendirmeler yapmışlardır. Sonuçlar temel kapasite tahminleri ve performans değerlendirmelerinin yapılabilmesi için bu rehberin kullanılabileceğini ancak ülkemiz şartlarını daha iyi derecede temsil edecek analiz yöntemlerinin geliştirilebilmesi için ileri düzey çalışmaların yapılması gerektiğini ortaya koymuştur. Gross ve diğ. (2013) ışıklı kavşakların dönel kavşak şeklinde tasarımının yapılması durumunda kavşak güvenliğinde meydana gelecek olan değişiklikler üzerine çalışmışlardır. Çalışma kapsamında, Amerika Birleşik Devletleri'nde dönel kavşağa dönüştürülmüş olan 28 adet ışıklı kavşak tespit edilmiş ve bu kavşaklarda önce-sonra etütleri yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, ışıklı kavşakları dönel kavşağa çevirmenin kavşak güvenliği açısından olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çakıcı (2014) diğer bir kontrollü kavşak tipi olan ışıklı dönel kavşakların tasarım esasları üzerine çalışmış ve ışıklı dönel kavşakların depolama alanı gereklilikleri ve performansını etkileyen diğer faktörler üzerinde senaryolar altında değerlendirmeler yapmıştır. Diğer taraftan dönel ve ışıklı kavşakların yaratmış olduğu emisyonlar açısından karşılaştırma Salamati ve diğ. (2015) tarafından yapılmıştır. Sonuçlar düşük talep/kapasite oranlarında dönel kavşakların ışıklı kavşaklara oranla daha az emisyon salınımı gerçekleştirdiklerini göstermiştir. Ancak talep/kapasite oranının artması durumunda ışıklı kavşakların emisyon açısından performansının daha iyi olduğu vurgulanmıştır. Ren ve diğ. (2016) Avustralya'da 9 farklı dönel kavşak için farklı yöntemler kullanarak performans analizi yapmışlardır. Çalışma kapsamında geliştirilen yeni dönel kavşak kapasite modelinin diğer karşılaştırılan beş farklı yöntemden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Sun ve diğ. (2016) yapmış oldukları çalışmada dönel kavşaklar ile ışıklı dönel kavşakları karşılaştırmış ve özellikle ağır talep durumunda ışıklı dönel kavşakların modern dönel kavşaklara oranla daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir.

Literatür incelendiği zaman dönel ve ışıklı kavşakların kapasite ve performans analizleri açısından farklı yaklaşımlar altında birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise ortalama taşıt gecikme ve hız parametreleri dikkate alınarak dönel ve ışıklı kavşak performans analizleri VISSIM benzetim yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Farklı talep senaryoları altında kavşak tiplerinin performansı değerlendirilmiş ayrıca ağır taşıt ve sola dönüş oranları gibi parametrelerin kavşak performansına etkisi incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde çalışma alanı, sonraki bölümlerde performans analizleri ve senaryolar verilmiş, son bölümde ise çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar sunulmuştur.

## Çalışma Alanı

Denizli Türkiye'nin en önemli sanayi kentlerinden biri olup nüfusu almış olduğu göç neticesinde her geçen gün artmaktadır. Hızlı nüfus artışına bağlı olarak ulaşım talebi de hızla artmaktadır. Şehir içi ulaşım talebi büyük oranlarda özel taşıt ve toplu taşıma ile karşılanmaktadır. Kentin özellikle ana arterleri üzerinde özel taşıt ve toplu taşıma araçlarının oluşturduğu trafiğin yanında, yoğun bir ağır taşıt trafiği bulunmaktadır. Özellikle sanayi bölgelerinin bulunduğu bölgelerde ağır taşıt oranı etkisi trafik akışını göz ardı edilemez biçimde etkilemektedir. Denizli şehir içi ulaşım ağında sıklıkla kullanılan kavşak türü eşdüzey kavşaklardır. Bununla birlikte çevre yolu üzerinde özellikle transit trafiğin geçişini kolaylaştırmak ve gecikmeleri azaltmak amacıyla İzmir ve Ankara aksları üzerinde farklı düzeyli kavşaklar bulunmaktadır. 2016 yılı verilerine göre Denizli'de 1000 kişi başına otomobil sahipliği oranı 178 olup ülke genelinde yedinci sıradadır (TÜİK, 2016). Şehir nüfusunun % 44'ü ortalama 0-3 km değerleri arasındaki uzaklıkları yaya olarak katetmektedir. 3 km'nin üzerindeki uzaklıklar için özel araç ve toplu taşıma türleri baskın ulaşım türleri olarak karşımıza çıkmaktadır. 5-12.5 km arasındaki yolculukların % 67'si toplu taşıma ile yapılmaktadır (UAP, 2010). Kentte hizmet veren kavşaklar içinde çoğunlukla ışıklı kavşaklar ile karşılaşılmaktadır. Ancak son yıllarda kentteki yeni yerleşim bölgelerinde modern dönel kavşaklarda hizmet vermektedir. Çalışma kapsamında hem şehir içi trafiğe hem de transit trafiğe hizmet veren ve ışıklı kavşak olarak çalışan "Emniyet Kavşağı" çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Kavşağın mevcut durumu Şekil 1'de verilmiştir.



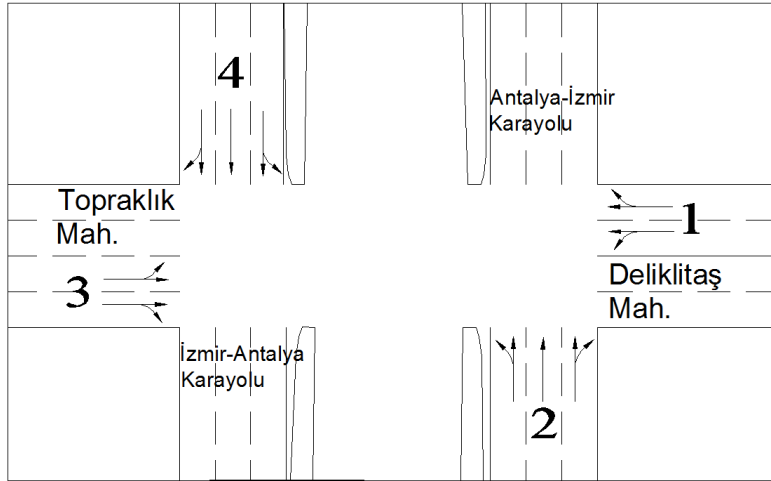
Şekil 1 Emniyet Kavşağı (Işıklı)

## Performans Analizleri

Kavşağın mevcut durumunun analizi için Denizli Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen zirve saat trafik hacim değerleri kullanılmıştır. Trafik hacim verilerinin yanında faz planı, devre diyagramı ve ışık süreleri ilgili kurumdan temin edilmiştir. Emniyet kavşağının analizi için VISSIM benzetim yazılımından faydalanılmıştır (PTV, 2016). Bu yazılım şehir içi ve şehirlerarası ulaşım ağlarında trafik akımlarının modellenmesi ve analizi için geliştirilmiş davranış tabanlı mikroskobik bir benzetim yazılımıdır. VISSIM

farklı türdeki taşıtların, ağır taşıtların, toplu taşıma türlerine ait taşıtların, bisikletlerin ve yayaların modellenebilmesine olanak sağlamaktadır. Herhangi bir kavşak tasarımı sahada uygulanmadan önce bu yazılım sayesinde tasarımın farklı senaryolar altında performansının değerlendirilmesi işlemi kolaylıkla yapılabilmekte ve gerçeğe oldukça yakın performans değerleri elde edilebilmektedir (Asamer ve diğ., 2011; Sun ve diğ., 2013; Tianzi ve diğ., 2013; Çakıcı ve Murat, 2016).

Çalışma kapsamında ele alınan Emniyet kavşağı Antalya-İzmir karayolu ile Deliktaş ve Topraklık mahallelerinin bağlantı noktasıdır. Kavşağın yaklaşım kollarının numaralandırılmış detaylı şekli Şekil 2’de verilmiş olup, ilgili yaklaşım kollarına ait trafik hacim değerleri Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2 Emniyet Kavşağı Yaklaşım Kolları

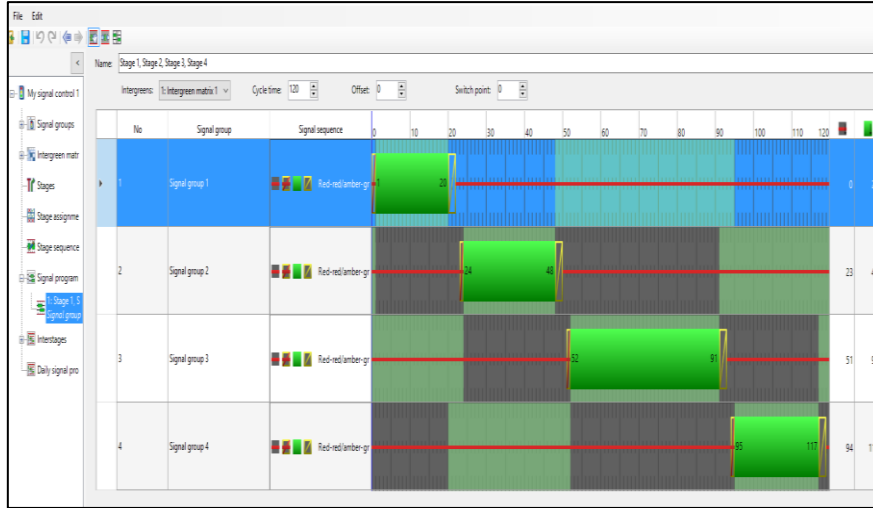
Tablo 1 Emniyet Kavşağı Trafik Hacim Değerleri

Yaklaşım Kolu Numarası	Otomobil (ta/sa)	Otobüs (ta/sa)	Minibüs (ta/sa)	Kamyonet (ta/sa)	Kamyon (ta/sa)
1	341	18	117	35	12
2	430	18	96	33	13
3	632	16	122	53	8
4	345	33	122	36	16

Emniyet Kavşağı dört kollu ışıklı bir kavşak olup dört faz olarak hizmet vermektedir. Kavşağın mevcut durumdaki devre süresi 120 saniye olup fazlara ait ışık süreleri Tablo 2’de verilmiştir. Kavşağın VISSIM programında oluşturulan devre diyagramı Şekil 3’de verilmiştir.

Tablo 2 Emniyet Kavşağı Işık Süreleri

Faz Numarası	Yeşil Süre(sn)	Yeşillerarası süre(sn)
1	20	3
2	25	3
3	40	3
4	23	3



Şekil 3 Emniyet Kavşağı Devre Diyagramı

Emniyet kavşağı mevcut durumu ve ilgili verilerine bağlı olarak VISSIM yazılımında modellenmiş ve analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda kavşağın performansının değerlendirilmesi için ortalama taşıt gecikmesi ve ortalama hız parametreleri seçilmiş ve bulunan değerler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3 Emniyet Kavşağı (Işıklı) Analiz Sonuçları

Performans Parametreleri	
Ortalama taşıt gecikmesi (sn/ta)	44.31
Ortalama hız (km/sa)	18.63

Çalışmanın ana amaçlarından biri olan kavşağın kontrol türünün değiştirilmesi durumunda performans parametrelerinin değişiminin belirlenmesi amacıyla Emniyet kavşağının dönel kavşak olarak tasarımı yapılmış ve VISSIM programında modellenmiştir. Dönel kavşak olarak modellenen Emniyet kavşağının VISSIM yazılımına ait görüntüsü Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4 Emniyet Kavşağı (Dönel)

Dönel kavşağın yarıçapı  $R=25$  metre ve dönen akım iki şeritli olarak tasarlanmıştır. Kavşağın dönel kavşak olarak hizmet vermesi durumunda elde edilen performans parametrelerinin değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

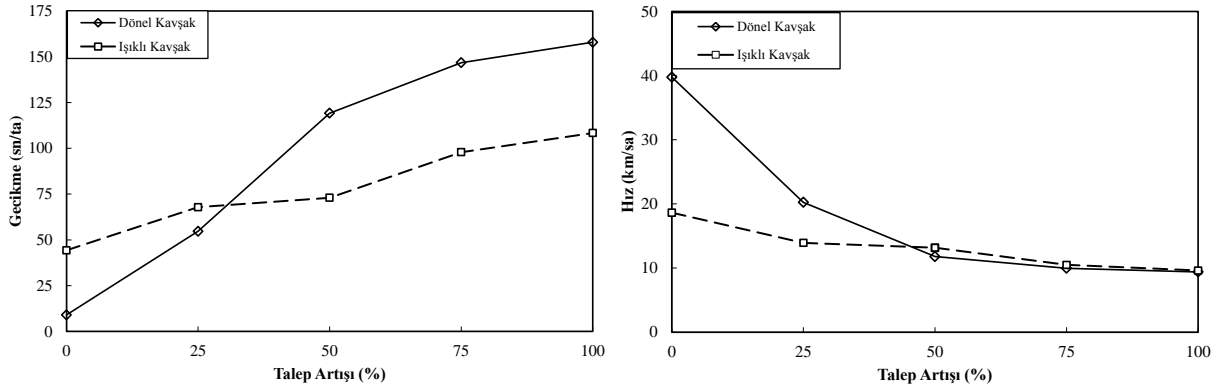
Tablo 4 Emniyet Kavşağı (Dönel) Analiz Sonuçları

Performans Parametreleri	
Ortalama taşıt gecikmesi (sn/ta)	9.02
Ortalama hız (km/sa)	39.76

Analiz sonuçları incelendiğinde ışıklı kavşağın dönel kavşak olarak hizmet vermesi durumunda ortalama taşıt gecikmesi ve ortalama hız değerlerinde gözle görülür bir iyileşme olduğu görülmektedir. Bu durum kavşak kontrol türünün kavşak performansı üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

## Senaryolar

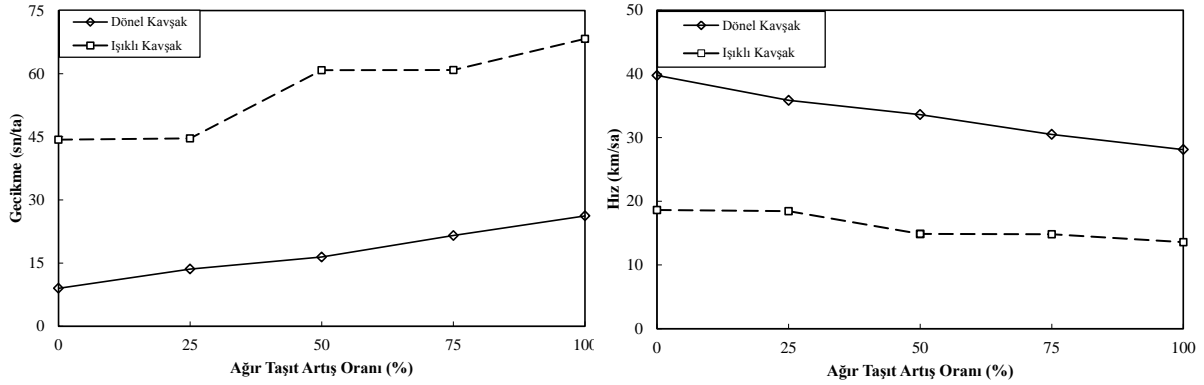
Çalışma kapsamında üç farklı senaryo oluşturularak dönel ve ışıklı kavşak performanslarının ne ölçüde etkilendiğinin belirlenmesi amacıyla analizler yapılmıştır. Senaryo 1’de kavşak kontrol türüne bağlı olarak talebin artırılması durumunda ortalama taşıt gecikmesi ve hız performans parametrelerinin değişimi incelenmiş ve Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5 Senaryo 1

İki farklı kontrol türü göz önüne alınarak VISSIM yazılımında modellenen Emniyet kavşağında talebin mevcut duruma göre % 25-100 oranında artırılması durumunda ortalama taşıt gecikmesi ve hız parametrelerindeki değişimler Şekil 5’de görülmektedir. Beklenildiği gibi hem ışıklı hem de dönel kavşak durumları göz önüne alındığında ortalama taşıt gecikmesi parametresinde artış görülmektedir. Talebin yaklaşık % 30 artması durumuna kadar ışıklı kavşakta ortalama taşıt gecikme değeri daha yüksek iken bu noktadan sonra dönel kavşaktaki gecikme değerinin daha fazla arttığı görülmektedir. Ortalama hız parametresinin değişimi açısından Senaryo 1 değerlendirildiği zaman talep artışına bağlı olarak hız değerinin her iki kontrol türünde de düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Özellikle talebin yaklaşık % 50 artırılması durumuna kadar dönel kavşak türündeki ortalama hız değeri ışıklı kavşağa oranla daha hızlı bir şekilde düşmektedir.

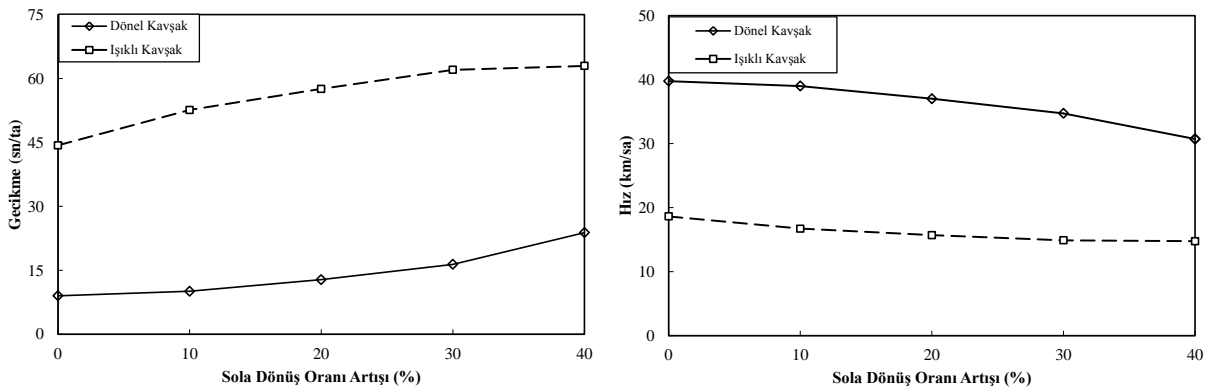
Ancak bu noktadan sonraki eğilimde dikkate değer bir farklılık görülmemektedir. Senaryo 2’de ise ağır taşıt oranındaki olası artışın farklı türdeki kavşak performansları üzerine etkisi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6 Senaryo 2

Şekilden görülebileceği gibi ağır taşıt oranı % 25-100 oranında artırılmıştır. Işıklı kavşakta mevcut durumda yaklaşık 44 sn olan ortalama taşıt gecikmesi ağır taşıt sayısının iki katına çıkarılması durumunda yaklaşık 68 sn olmuş ve % 54’lük artış görülmüştür. Buna karşılık dönel kavşakta ağır taşıt sayısının % 100 artırılması durumunda ortalama taşıt gecikmesi değerinin yaklaşık üç kat arttığı görülmüştür. Bu sonuç dönel kavşak performansının ağır taşıt sayısının artışından ışıklı kavşağa oranla çok daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Ortalama hız değerindeki değişim incelendiği zaman ışıklı kavşakta mevcut durumda yaklaşık 19 km/sa olan hız değeri ağır taşıt oranındaki % 100 artış sonucunda yaklaşık 14 km/sa olarak elde edilmiş ve % 26’lık bir azalma olmuştur. Dönel kavşaktaki ortalama hız değerinde ise aynı senaryo için %30’luk bir azalma görülmüştür. Sonuç olarak ağır taşıt oranının artışının dönel kavşak performansını ışıklı kavşağa oranla daha fazla olumsuz etkilediği görülmektedir.

Senaryo 3 mevcut durumda sadece sola dönüş oranlarının değiştirilmesi durumunu temsil etmektedir. Bunun için kavşaktaki her bir yaklaşım kolundaki sola dönüş oranları % 10-40 oranında artırılmıştır. Senaryo 3’ün uygulanması sonucunda elde edilen analiz sonuçları Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7 Senaryo 3



Şekilden görüldüğü gibi sola dönüş oranlarının kademeli olarak artırılması durumunda dönel kavşakta meydana gelen ortalama taşıt gecikmesi değerinin ışıklı kavşağa oranla kayda değer bir biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Her iki kavşak kontrol türünde de sola dönüş oranlarının artırılması ile birlikte ortalama hız değerlerinde azalma görülmüştür.

## Sonuçlar

Ülkemizde şehiriçi ulaşım ağlarında yaşanan gecikmelerin büyük bir bölümü eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Gecikmelere bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzlukların en aza indirilebilmesi için kavşak performanslarının artırılması veya trafik koşullarına bağlı olarak farklı kontrol türündeki kavşakların uygulanabilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında Denizli şehiriçi trafiğinde gecikmelerin yoğun olarak gözlemlendiği Emniyet kavşağı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Mevcut durumda ışıklı kavşak olarak hizmet veren Emniyet kavşağına ait analizler VISSIM yazılımında yapılmış ve performans parametreleri değerlendirilmiştir. Sonrasında mevcut kavşağın kontrol türü dönel kavşak olarak değiştirilmiş ve analizler tekrarlanmıştır. Emniyet kavşağının her iki kontrol türü göz önüne alınarak elde edilmiş performans parametrelerine göre yapılan karşılaştırmada dönel kavşaktaki ortalama taşıt gecikmelerinin ışıklı kavşağa kıyasla önemli oranda azaldığı ve ortalama hızlarda yaklaşık iki kat artış olduğu belirlenmiştir. Dönel ve ışıklı kavşak performanslarının talep, ağır taşıt ve sola dönüş oranları parametrelerine bağlı olarak değişiminin analiz edilmesi için üç adet senaryo oluşturulmuştur. Talep, ağır taşıt ve sola dönüş oranlarının kademeli olarak artırılması durumunda dönel kavşak performansının ışıklı kavşağa oranla daha fazla olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

## Kaynaklar

Asamer, J., Zuylen, H. J., and Heilmann, B. (2011) Calibrating VISSIM to Adverse Weather Conditions. 2nd International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems, 22-24 June, Leuven, Belgium.

Çakıcı, Z. (2014) Sinyalize Dönel (Yuvarlakada) Kavşakların Tasarım Esaslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çakıcı, Z. , ve Murat, Y. Ş. (2016) Sinyalize Dönel Kavşaklar için Hesap Yöntemi Önerisi ve Performans Analizi. İMO Teknik Dergi, 7569-7592.

Gross, F., Lyonb, C., Persaud, B., and Srinivasan, R. (2013) Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. Accident Analysis and Prevention, 50, 234–241.

Highway Capacity Manual (2000) Transportation Research Board (TRB) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

PTV AG. (2016). VISSIM 9- User Manual, Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG.

Ren, L., Qu, X., Guan, H., Easa, S., and Oh, E. (2016) Evaluation of Roundabout Capacity Models: An Empirical Case Study. Journal of Transportation Engineering, 142(12).

Salamati, K., Roupail, N. M., Frey, H. C., Liu, B., and Schroeder, B. J. (2015) Simplified Method for Comparing Emissions in Roundabouts and at Signalized Intersections. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2517, 48–60.

Sun, X., Ma, W., and Huang, W. (2016) Comparative Study on The Capacity of a Signalised Roundabout. IET Intelligent Transport Systems, 10(3), pp.175-185.

Sun, D., Zhang, L., and Chen, F. (2013) Comparative Study on Simulation Performances of CORSIM and VISSIM for Urban Street Network. Simulation Modelling Practice and Theory, 37, 18-29.

Tanyel, S. (2001) Türkiye’ deki Dönel Kavşaklar için Kapasite Hesap Yöntemi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tanyel, S. (2005). Yuvarlak Ada Kavşaklarda Anaakımdaki Ağır Araç Yüzdesinin Yanyol Kapasitesi Üzerindeki Etkisi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 19-30.

Tanyel, S. ve Varlıorpak, Ç. (1998) Yeni Tip Dönel Kavşak Uygulama Örnekleri. 4. Ulaştırma Kongresi, 135-147, 3-5 Haziran, Denizli.

Tanyel, S. ve Yayla, N. (2010) Yuvarlakada Kavşakların Kapasiteleri Üzerine Bir Tartışma. İMO Teknik Dergi, 4935-4958.

Tanyel, S., Baran, T, and Özuysal, M. (2005) Determining the Capacity of Single-Lane Roundabouts in Izmir. Journal of Transportation Engineering, 131(12), 953-956.

Tianzi, C., Shaochen, J., and Hongxu, Y. (2013) Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 96, 2004-2010.

TÜİK (2016) Türkiye İstatistik Kurumu, Ulaştırma İstatistikleri, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), Ankara.

UAP (2010) Denizli Kentiçi ve Yakın Çevre Ulaşım Ana Planı ve Süreç Yönetimi, 1. Aşama Final Raporu, Aralık, Denizli

Wall, R., Long, R., Guth, D., Ashmead, D., and Ponchillia, P. (2005) Roundabouts: Problems of and strategies for access, International Congress Series, 1282, 1085-1088.

# Trafik Işıklarında Toplu Taşımaya Geçiş Önceliği Uygulamaları, Münih Şehri Örneği

**Mustafa Erciyas**

Münih Alman Silahlı Kuvvetler Üniversitesi  
( Universität der Bundeswehr München )  
Institut für Verkehrswesen und Raumplanung  
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg  
Tel: +49 1578 7031191  
E-Posta: yozgi@hotmail.com, mustafa.erciyas@unibw.de

## Öz

Bu çalışmada Münih Şehri örneğinde modern bir şehirde toplu taşıma hatlarının nasıl hızlandırıldığı detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Hat hızlandırılmasının üç aşaması; etüd, projelendirme ve kalite kontrol aşamaları detaylı olarak ele alınmıştır. Özellikle trafik ışıklarında (sinyalize kavşaklarında) toplu taşımaya geçiş önceliği verilmesi yolculuk sırasındaki en büyük zaman kaybını azaltmaktadır. Trafik ışıklarında toplu taşımaya geçiş önceliği uygulamaları, Türkiye’de büyük şehirlerdeki tramvay ve otobüs hatlarının hızlandırılması projelerine yeni bir bakış açısı getirecektir.

**Anahtar sözcükler:** toplu taşıma geçiş önceliği, trafik ışıkları, sinyalize kavşaklar, akıllı kavşaklar, yol ortası otobüs durakları, yoplu taşıma kalite güvencesi

## 1. Giriş

Günümüzde trafik sorunu, özellikle kontrolsüz büyüyen şehirlerde yaşam kalitesini olumsuz etkileyen önemli bir faktördür. 1960’lı yıllarda özel araçları önceleyen şehir planları uygulanmışken, artık ulaşım ihtiyacının sadece özel araçlarla çözülemeyeceği anlaşılmıştır. Şehirlerin yüksek oranda göç almasıyla artan trafik yükü, ancak çevre dostu trafik katılımcılarını (toplu taşıma araçları, yayaları, bisikletleri ve ortak arabaları) önceleyen ve destekleyen sürdürülebilir ulaştırma politikalarının uygulanmasıyla çözülebilecektir. Özellikle şehir içi yolların kısıtlı olması ve genişletme imkanının olmaması, artan nüfusun ulaşım ihtiyacının karşılanmasında yeni arayışları beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla şehirlerin mevcut ulaşım altyapısında, ulaştırma türleri arasındaki önceliklerin yeniden belirlenmesi zorunlu hale gelmektedir. Öncelik, ağırlıklı olarak toplu taşıma ve yayaların ardından özellikle bisikletlere verilmeli, özel araçlar önem sırasınca daha gerilerde kalmalıdır.

Toplu taşıma araçlarının hızlandırılması projeleriyle mevcut kavşak kapasitesinin daha etkin kullanımı sağlanarak toplamda ulaştırma altyapısının kapasite artırımına gidilebilmektedir. Bu yüzden toplu taşımaya, trafik ışıklarında geçiş önceliğinin sağlanması, yol ağındaki toplam kapasite artışının sağlanmasında büyük önem arz etmektedir.

Toplu taşımayı hızlandırmanın işletmeci ve yolcular açısından çeşitli faydaları vardır.

Toplu taşımayı hızlandırmanın işletmeci açısından faydaları;

- Verimsiz zamanların azaltılması = Süre kazanımı
- Araç ve şoför tasarrufu veya sefer sıklığının artırılması
- Yolcu sayısının artışı
- İşletme maliyetinin ( giderlerinin ) düşmesi
- Hareket planına uyumun artması

Toplu taşımayı hızlandırmanın yolcu açısından faydaları;

- Seyahat süresinin kısılması
- Sefer dakikliğinin artması
- Aktarmalı seyahatlerde aktarma güvenliğinin ( dakikliğinin ) sağlanması
- Yolculuk konforunun artması
- Akıllı kavşaklar sayesinde tüm trafik katılımcıları için trafik akışının hızlanması

## **2. Münih Şehri Toplu Taşıma Organizasyonu ve Toplu Taşıma Hızlandırma Projeleri**

Münih, 1,54 milyon nüfusuyla Almanya'nın üçüncü en büyük şehridir ve Münih Metropolitan bölgesinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Ayrıca Bavyera eyaletinin başkenti olması sebebiyle önemli bir sanayi ve ticaret merkezidir. Dolayısıyla günlük yolculuk talebi yüksek düzeydedir. Münih Metropolitan bölgesindeki yolculuk talebi ile toplu taşıma hizmetlerinin koordinasyonunu sağlamak için Münih Toplu Taşımacılık Kooperatifi ( Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH – MVV ) çatı oluşumu kurulmuştur. Tamamen ( %100 ) Münih Belediyesine ait olan MVG ( Münchner Verkehrsgesellschaft GmbH – Münih Toplu Taşıma Firması ) Münih şehrinin toplu taşıma işletim görevini yapmaktadır ( Arslan, 2011 ).

Münih'te ulaşım sorununun çözümü için 90'lı yıllardan itibaren toplu taşımanın desteklenmesine başlanmıştır. Toplu taşımanın desteklenmesinin yanında bütün şehir merkezini kapsayacak bir park yönetimi organizasyonuna gidilmiştir. Böylece şehir merkezine özel araçlarla girilmesine çeşitli kısıtlamalar, park yasakları, yüksek park ücreti uygulaması veya belli bölgelerde sadece orada yaşayanlara özel park etme izinlerinin verilmesi şeklinde farklı kısıtlamalar getirilmiştir. Bu vesileyle özel araçlardan toplu taşımaya bir yönlendirme yapılmıştır. Özel araçları kısıtlayan, özel araç kullanma maliyetini artıran önlemlere ek olarak toplu taşımayı teşvik eden önlemler de alınmaya başlanmıştır. Alınan önlemlerin başında toplu taşıma hatlarının, özellikle tramvay ve otobüs hatlarının hızlandırılması projelerine öncelik verilerek, toplu taşımanın cazibesi artırılmıştır ( MVG Hızlandırma Programı ).<sup>1</sup>

Toplu taşıma aracı olarak metroların en büyük avantajı yolculuk süresinin kısa olması, dakikliği ve sadece duraklarda durmasıdır. Benzer avantajın tramvay ve otobüslerde de uygulanması için öncelikli olarak toplu taşıma araçlarının hızlandırılmasına 1992

<sup>1</sup> Hızlandırma Programı MVG

<https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bus/beschleunigungsprogramm.html#intro>

yılında fayda/maliyet oranı en yüksek tramvaylarla başlanmıştır. Tablo 1’de Münihdeki toplu taşıma araçlarının (tramvay ve otobüs) trafik ışıklarının kullanım oranları gösterilmiştir. 1

**Tablo 1: Münihdeki toplu taşıma araçlarının sinyalize kavşakları kullanım oranları<sup>2</sup>**

Toplam sinyalize kavşak sayısı	<b>1100</b>		
	MVG'nin kullandığı trafik ışığı sayısı	Tramvayların kullandığı trafik ışığı sayısı	Otobüslerin kullandığı trafik ışığı sayısı
	<b>905 (%82)</b>	<b>222 (%20)</b>	<b>784 (%71)</b>
Hızlandırılmış sinyal. kavşak sayısı	579 (%64)	579 (%100)	448 (%57)
Hızlandırılmamış trafik ışığı sayısı	326 (%36)	0 (%0)	336 (%43)
Sadece gece hatlarının kullandığı trafik ışığı sayısı	25 (%3)	-	25 (%3)

## 2.1 Kurumlar Arası Koordinasyon Çalışma Grubu ( IAG )

1990’lı yılların ortalarında tramvay hatlarının hızlandırılmasını gerçekleştirmek ve siyasi partilerle ve belediye kurumlarıyla koordineyi sağlamak için kurumlar arası koordinasyon çalışma grubu ( Interfraktionelle Arbeitsgruppe - IAG ) kurulmuştur. Bu çalışma grubunda belediye meclisindeki siyasi parti grup temsilcileri, MVG'nin bağlı olduğu İş ve Ekonomi Müdürlüğü, İdari İşler Müdürlüğü ( Kreisverwaltungsreferat - KVR ), Fen İşleri Müdürlüğü ( Baureferat - BR ), Bütçe Müdürlüğü ve Planlama Müdürlüğü ( Referat für Stadtplanung und Bauordnung ) temsil edilmektedirler. Belediye Meclisinin toplu taşımanın hızlandırılması kararı olmasına rağmen, her hat ayrı ayrı hazırlanarak belediye meclisinin onayından sonra hayata geçirilmektedir ( König & Heipp & Seifert 2016 ).

## 2.2 Hızlandırma projelerinin faydaları

Tramvay hatlarının tamamı 1994 – 2004 yılları arasında adım adım ( hat ve hat ) hızlandırılmıştır. MVG şuanda toplam 113 adet tramvayla hizmet vermektedir. Yapılan hızlandırma faaliyetiyle 16 adet tramvay tasarruf edilmiştir. Mevcut tramvay hattında aynı hareket planı ve tramvay sıklığındaki hizmet kalitesini 16 daha az tramvayla sunabilmektedir. Böylece sadece tramvay aracından tasarruf yapılmamış, aynı zamanda daha az şoför ve işletme gideri tasarrufuyla işletme maliyetleri düşürülmüştür. Hatların hızlandırılması sayesinde hızlı, dakik ve özellikle trafik ışıklarındaki frenleme ve hızlanma manevralarının azalmasından dolayı daha konforlu bir toplu taşıma imkanı sunulabilmektedir. Bütün bu etkenlerin yanında sunulan hizmetteki hareket sıklığının artırılması toplu taşımayı daha cazip hale getirmiştir. Hızlandırmanın cazip bir toplu

<sup>2</sup> Werner, Thomas, September 2016, Basiswissen zur ÖPNV-Beschleunigung Strategische Planungsprojekte, MVG

taşıma sistemine katkısı aynı zamanda şehir içindeki araç trafiğinin ve çevreye zararlı gaz salınımının azalmasına katkı sağlamaktadır ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).

Tramvay hatlarının hızlandırılmasında elde edilen başarıyı otobüs hatlarında da gerçekleştirmek için Münih belediye meclisi, 2005 yılında otobüs hatlarının da hızlandırılmasını kararlaştırmıştır. Bu karardan sonra her yıl en az yeni bir hattın hızlandırılması projelendirilmiştir. Hızlandırma projeleri belediye bünyesinde bulunan farklı müdürlüklerin sıkı işbirliğiyle hayata geçirilmektedir. Hızlandırma projelerinde özellikle Toplu Taşıma Firması ( MVG ), İdari İşler Müdürlüğü ( KVR ), Fen İşleri Müdürlüğü'nün ( BR ) koordineli çalışması hayati önem taşımaktadır.

KVR burada kavşak kontrol cihazlarının yazılımından ( programlanmasından ) ve trafik kanununa göre düzenlenmesinden sorumludur. KVR kavşak kontrol cihazlarında kullanılacak yazılımı, mevcut çalışanlarının kapasitesine göre kendi bünyesinde planlayarak veya mühendislik bürolarına ihale ederek gerçekleştirmektedir. Özellikle mühendislik bürolarının teslim ettiği işlerin kontrolü için, KVR'ın kendi bünyesinde, kullanılan yazılıma hakim mühendislerin bulunmasına dikkat edilmektedir. Yani ihale edilen işlerin kalitesini kontrol edebilecek durumda yetkin teknik elemanların bulunması, yapılan işin kalitesinde kontrol devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

Fen İşleri Müdürlüğü yapım / inşaat işlerinden ve kavşak kontrol cihazlarının temininden / donanımından sorumludur. Fen İşleri Müdürlüğü yol ve duraklardaki bütün işlemlerin ( ayırık otobüs yollarının uzatılması, yatay ve dikey yol işaretleri, otobüs durağı ceplerinin yapılması ve yol kenarı durakların değiştirilmesi gibi ) uygulanmasından sorumludur. MVG tarafından tasarruf edilmesi planlanan hattın potansiyelini araştırmak üzere hat hızlandırma etüd projesi dışardan bağımsız bir mühendislik kurumuna ihale edilmektedir. Yapılan bu etüdün sonucuna göre Belediye meclisine hattın hızlandırılmasına karar verebilmesi için öneride bulunmaktadır.

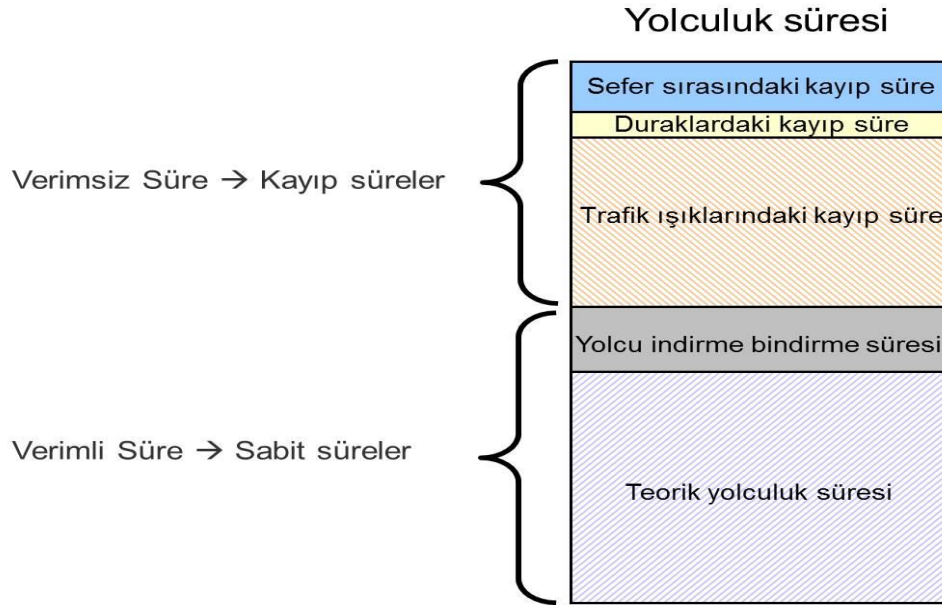
### **3. Toplu Taşıma Hızlandırma**

#### **3.1 Hat Hızlandırma Etüd Aşaması ve Potansiyel Kayıp Süreler**

Etüd aşamasında öncelikle potansiyel olarak hızlandırılması düşünülen hat üzerinde genellikle bağımsız bir mühendislik bürosu tarafından, güzergah üzerinde yapılan yolculuk süresi ölçümleriyle hattın zaman tasarruf potansiyeli tespit edilir. Hat güzergahı, Cep Bilgisayarı ( Personal Data Assistant - PDA ) yardımıyla yapılan yolculuk süresi ölçümleri ile güzergahtaki duraklara ve trafik ışıklarına kadar olan süreler ve nerde, ne kadar zaman kaybının tespit edildiğinin durum analizi yapılır.

Hızlandırılması düşünülen hattaki kritik noktalarda ( toplu taşıma aracının ilk durakta harekete başladıktan sonra, trafik ışığının ne zaman yeşil olduğu ve dur çizgisine ulaşmaya kadar geçen süre, dur çizgisinden sonra sağa veya sola dönüşlerdeki kayıp süreler, duraklardaki yolcu indirme-bindirme süreleri; güzergah üzerindeki toplam kayıp süreler tespit edilir. Bu ölçümler PDA yardımıyla yapılarak bir zaman çizelgesi hazırlanır. Toplam yolculuk süresi verimli sabit sürelerden ve kayıp sürelerinden oluşmak üzere ikiye ayrılır. Verimli süreler teorik yolculuk süresi ve yolcu indirme bindirme süresinin toplamıdır ve bu süreler sabittir değişmezler. Teorik yolculuk süresi güzergah üzerinde hiç bir engel olmadığında ve toplu taşıma aracı izin verilen azami

hızla hareket edildiğinde duraklar arasındaki mesafeyi katetmek için gerekli olan süreyi ifade eder. Kayıp süreler hareket halinde iken güzergah üstündeki kayıp süreler, durak ceplerine yanaşırken ve ceplerden akan trafiğin geçiş önceliğini beklerken oluşan kayıp süreler ve trafik ışıklarındaki kayıp sürelerden oluşmaktadır. Şekil 1’de yolculuk süresindeki verimli ve verimsiz süreler gösterilmiştir.



**Şekil 1: Yolculuk süresindeki verimli ve verimsiz süreler**

Duraklar ve trafik ışıkları arasında ölçümlerle tespit edilen yolculuk süreleri ile teorik yolculuk süreleri kıyaslanarak her trafik ışığı ve durak için ayrı ayrı kayıp süreler tespit edilir. Böylece her trafik ışığındaki ve duraktaki kayıp sürelerinin nedenleri ve bu kayıpların önüne geçmek için her bir durak ve trafik ışığı için alınacak önlemler belirlenir. Bu önlemlerle elde edilebilecek zaman kazançları toplanarak toplam tasarruf potansiyeli tespit edilmiş olur. Bu raporu hazırlayan mühendislik bürosu, MVG - Toplu Taşıma Firması, KVR - İdari İşler Müdürlüğü, BR - Fen İşleri Müdürlüğü çalışanları ile birlikte ortak yapılan güzergah yürüyüşü sırasında önerilen önlemler, yeniden yerinde kontrol edilerek alınacak önlemlere son şekli verilmiş olur.

Hızlandırılacak hatlara karar verme kriterleri;

- Hattın sefer sıklığı ve yolcu sayısı
- Yolculuk süresi tasarruf potansiyeli ( en az %10 )
- Tasarruf potansiyeli ( 1 araç tasarruf şartı )
- Uzun hatlardaki hareket planının stabilitesinin artması

Etüd çalışmasının sonucunda tasarruf potansiyeline göre Münih belediye meclisi bu hattın hızlandırılmasına karar verir.

### 3.2 Projelendirme Aşaması

Projelendirme aşamasında hızlandırma etüdünde belirtilen önlemler paketi hayata geçirilmektedir. Toplu taşımayı hızlandırmak için genel olarak üç yöntem vardır.

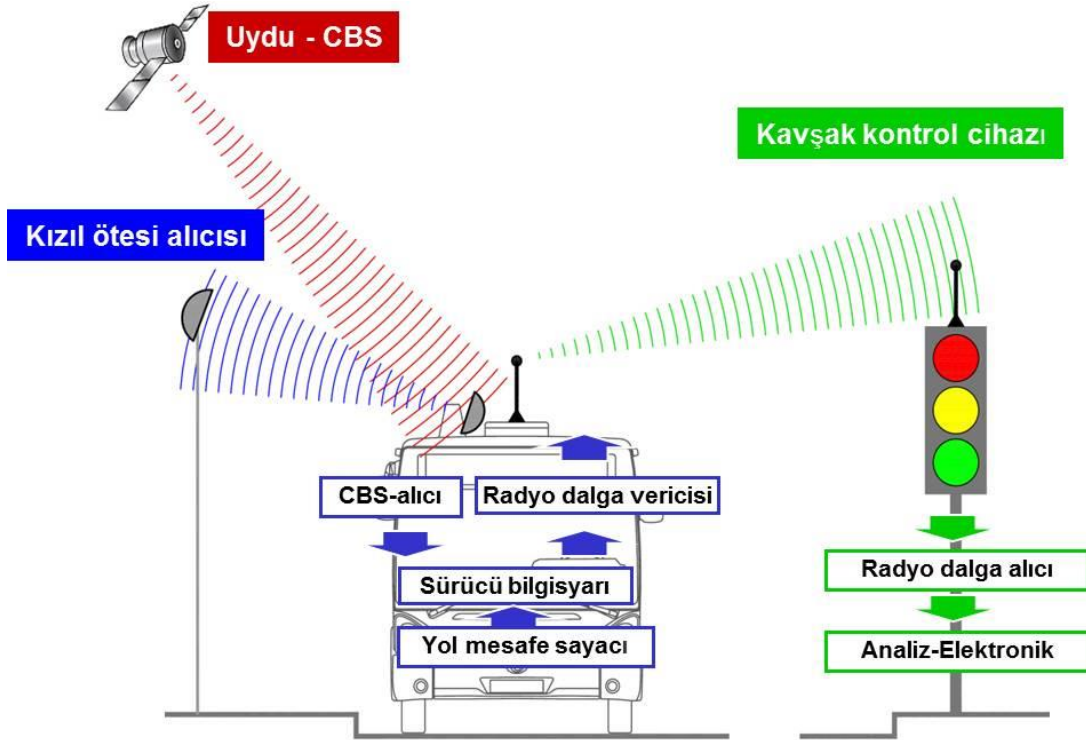
- Trafik ışıklarında toplu taşımaya geçiş önceliği

- Özel ayırık otobüs yollarının veya tramvay şeridinin oluşturulması
- Durak ceplerinin kaldırılması ve durakların yeniden yapılandırılması

### 3.2.1 Trafik Işıklarında Toplu Taşımaya Geçiş Önceliği

Halen Münih'te 1100 trafik ışığı mevcut olup bunların 808 tanesi toplu taşıma araçları tarafından kullanılmaktadır. Tramvay hatlarının tamamı, otobüs hatlarının ise 472 tanesi yani %58'i trafik ışıklarında geçiş önceliğine sahiptir. Trafik ışıklarındaki zaman kaybı, toplu taşıma araçlarının toplam zaman kaybı içerisindeki en büyük kısmı oluşturmaktadır. Bu yüzden trafik ışıklarında zaman kaybının en aza indirilmesi hızlandırma projelerinin en etkili bölümünü oluşturmaktadır (MVG Hızlandırma Programı ).<sup>3</sup>

Toplu taşımayı hızlandırmanın temeli, toplu taşımaya trafik ışıklarında geçiş önceliği vermekten geçmektedir. Trafik ışıklarında geçiş hızlandırmanın sağlanabilmesi için öncelikle toplu taşıma aracında ve yol altyapısında bazı teknik donanımların olması gerekmektedir. Araç donanımı olarak öncelikle araç ile kavşak kontrol cihazı arasındaki iletişimi sağlayacak sürücü bilgisayarı, yol mesafe sayacı, radyo dalga vericisi ve Coğrafi Bilgi Sistem ( CBS ) alıcısının olması gereklidir. Aynı zamanda yol alt yapısında kavşak kontrol cihazı, kavşak kontrol cihazına entegre olmuş radyo dalga alıcısı ve bu alınan sinyali, kavşak kontrol cihazının işleyebileceği sinyale çevirici analiz elektroniği gibi gerekli donanımların bulunması zorunludur. Toplu taşıma aracı ve yol altyapısı arasındaki bilgi alış verişi şeması, gerekli teknik donanımları içerir mahiyette Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Toplu taşıma aracı ve yol altyapısı arasındaki bilgi alış verişi şeması

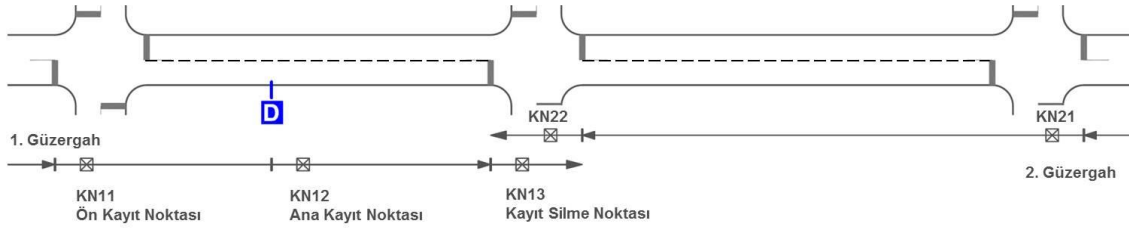
<sup>3</sup> Hızlandırma Programı MVG

<https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bus/beschleunigungsprogramm.html#intro>



Geçiş önceliği kavşağa yaklaşan toplu taşıma aracı belli mesafede iken kavşak kontrol cihazına radyo dalgası aracılığıyla kayıt olmaktadır. Böylece gerekli ise faz değişiklikleri de yapılarak toplu taşıma aracının kavşaktan yeşilde geçmesi sağlanmaktadır. Toplu taşıma aracı kavşağı terk edip kayıt silme noktasından geçtikten sonra araç kaydı otomatik olarak kavşak kontrol cihazından silinmektedir ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).

Toplu taşıma araçlarının güzergahı üzerindeki belirli konumlar kayıt noktası ( ön kayıt noktası, ana kayıt noktası, kayıt silme noktası ) olarak tanımlanmaktadır. Bu kayıt noktaları toplu taşıma aracı güzergah üzerinde hareket ederken otomatik olarak sürücü bilgisayarı tarafından kavşak kontrol cihazına gönderilmektedir. Şekil 3’de örnek bir toplu taşıma aracının güzergah kayıt noktası planı gösterilmiştir. Genel olarak bir güzergah üzerindeki güzergah kayıt noktası planı ön kayıt noktası, ana kayıt noktası ve kayıt silme noktasından oluşan üç tür kayıt noktasından meydana gelmektedir. Kayıt noktalarının yerleri tespit edilirken özellikle trafik ışıklarından hemen sonra veya duraklardan hemen öncesinde yahut sonrasında konumlandırılmaktadır.



**Şekil 3: Güzergah Kayıt Noktası Planı**

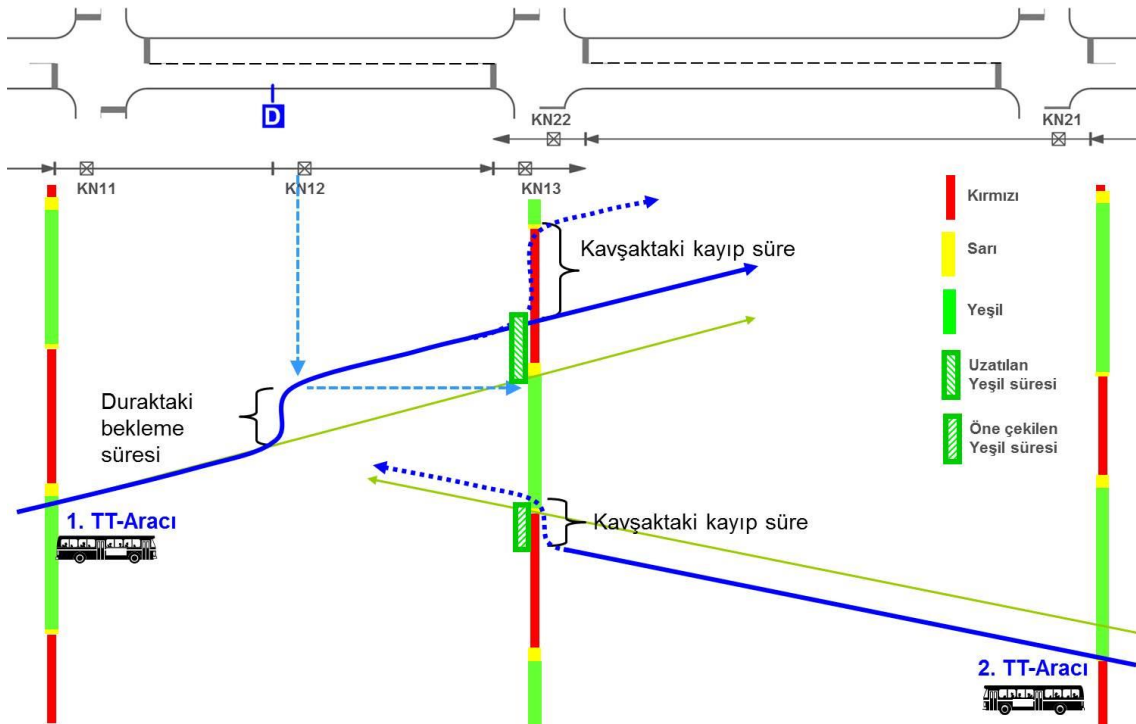
Böylece aracın hızlandırılan trafik ışığına gelmesi sırasında oluşabilecek gecikmelerin sistemi gereksiz yere etkilemesinin önüne geçilmiş olunmaktadır. Tecrübelerden yola çıkarak kayıt noktaları genel olarak güzergah üzerinde trafik ışığından 5 metre ve duraklardan 10 metre öncesinde veya sonrasında konumlandırılmaktadır. Ön kayıt noktasının yeri, genel olarak bir önceki trafik ışığının konumuna bağlı olarak ortalama 400-500 metre önceden, ana kayıt noktası ise ortalama 150-200 metre önceden tespit edilmektedir. Toplu taşıma araçlarının kapıları sadece duraklardayken açılmaktadır. Bu yüzden duraklar dışında yolcu indirme bindirme yapılmamaktadır. Her durağın sistemdeki CBS konumu sürücü bilgisayarında kayıtlıdır. Sürücü bilgisayarındaki yol mesafe sayacı iki durak arasındaki mesafeyi ölçmektedir ve ikinci durağa gelindiğinde bu sayaç otomatik olarak sıfırlanmaktadır. Ön ve ana kayıt noktalarının konumları yol mesafe sayacında belirlenmiştir. Bu noktalara ulaştığında toplu taşıma aracı otomatik olarak ön ve ana kayıt noktalarını radyo dalgası sinyaliyle trafik ışıklarına bildirmektedir.

Ön veya ana kayıt noktasından sinyal gönderildikten sonra trafik ışığına kadar en hızlı ve en yavaş gelmesi durumunda ne kadarlık bir süre geçeceği teorik olarak hesaplanmaktadır. Kavşak kontrol cihazına ön veya ana kayıt noktalarından sinyal gönderildikten sonra kavşak kontrol cihazında, önceden belirtilen bu süreler göre aracın tahmini kavşağa varış zamanı hesaplanır. Eğer bu varış zamanı toplu taşıma aracına gösterilen yeşil süresinin uzatılmasını gerektiriyorsa süre uzatımına giderek, veya faz değişimi yapması gerekiyorsa gerekli faz değişikliğini önceden programlanmış olan mantık devreleri sayesinde trafik ışıklarını toplu taşıma aracı trafik ışığına

varmadan 8-10 saniye öncesinden yeşil gösterecek şekilde ayarlanmaktadır. Böylece toplu taşıma aracının gereksiz yere frenleme yapmasının ve akabinde hızlanma ivmelenmesinin önüne geçilmektedir. Gereksiz frenleme ve hızlanma manevralarının önüne geçerek daha yüksek bir yolculuk konforu sağlanmaktadır.

### 3.2.2 Trafik Işıklarında Yeşil Süresini Uzatma veya Öne Çekme

Şekil 4’de toplu taşımaya trafik ışığındaki geçiş önceliği şeması gösterilmiştir. Bu şemadan da görüleceği gibi, kavşağa yaklaşan 1. toplu taşıma aracı duraktan çıktıktan sonra KN12 kayıt noktası vesilesiyle kavşak kontrol cihazına sinyal göndermekte, cihaz aracın ne kadar süre sonra kavşakta olacağını hesaplamakta, buna göre yeşil süresi uzatılarak süre kaybının önüne geçilmektedir. Aynı şekilde 2. toplu taşıma aracı, kavşağa yaklaşırken KN21 kayıt noktasından geçtikten sonra göndermiş olduğu sinyalle birlikte ne zaman kavşakta olacağına göre yeşil süresini öne çekerek kırmızı ışığa yakalanmamasını sağlamış olmaktadır.

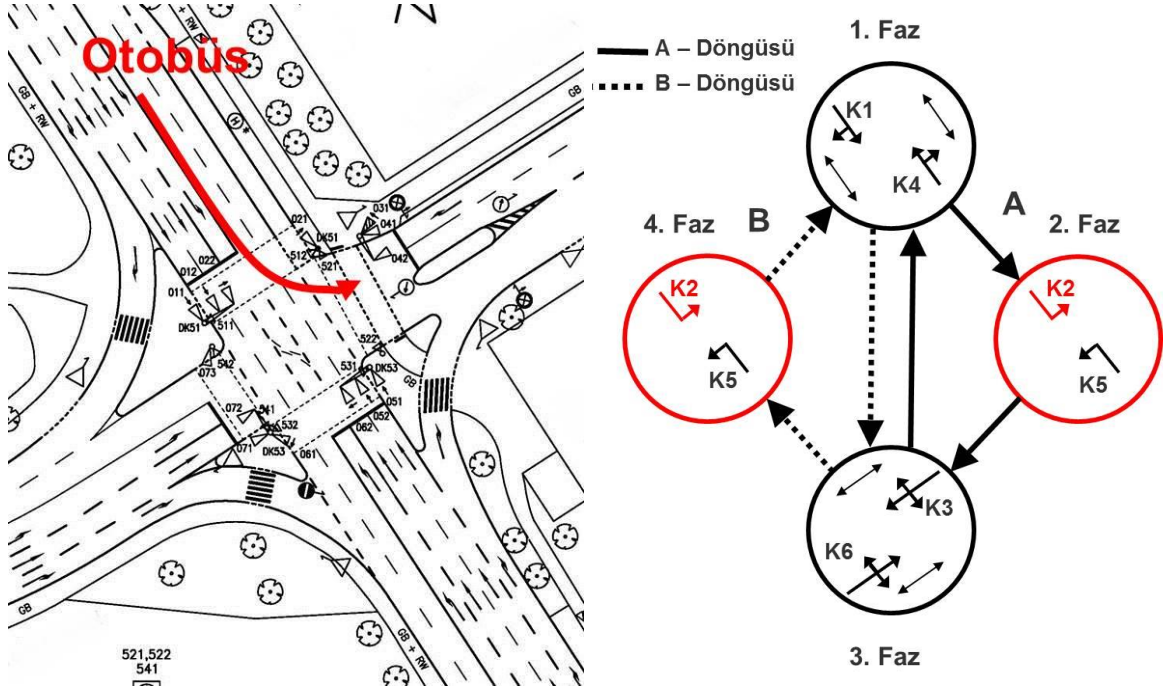


Şekil 4: Toplu taşımaya trafik ışığındaki geçiş önceliği şeması

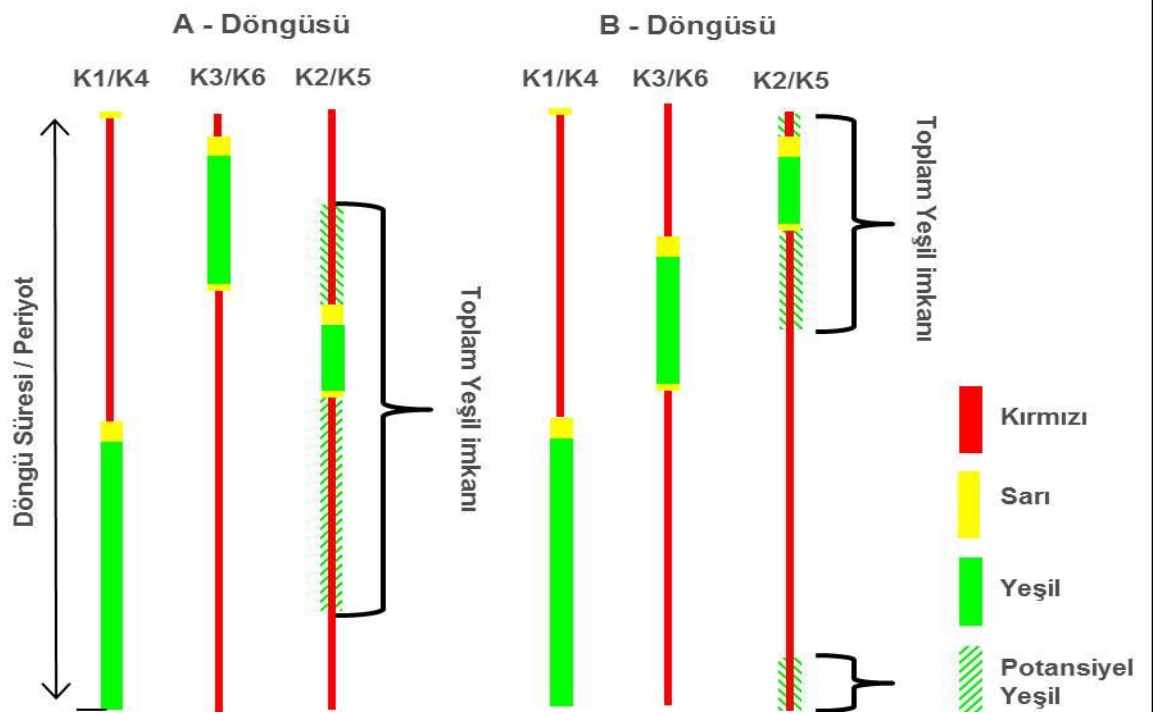
### 3.2.3 Trafik Işıklarında Faz Değişimi

Şekil 5’de dört kollu bir kavşağın geometrik planını ve faz sırası planını gösterilmiştir. Faz sırası planında 2. ve 4. fazlar aynı fazları göstermektedir. Normal şartlarda toplu taşıma aracı sistemde kayıtlı değilken A- döngüsü ( 1.Faz → 2.Faz → 3.Faz → 1.Faz ) şeklinde gerçekleşmektedir. Fakat toplu taşıma aracının ihtiyacı olması durumunda faz sırası değiştirilerek yani B-döngüsü ( 1.Faz → 3.Faz → 4.Faz → 1.Faz ) ile toplu taşımanın hızlandırılması gerçekleştirilmektedir. Şekil 6’da A ve B Faz döngüleri için sinyal planları ve K2/K5 sinyal grupları için potansiyel yeşil süreleri gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi faz değişimi sayesinde toplu taşıma aracına büyük bir

esneklikle döngü süresinin (periyot) her saniyesinde yeşil gösterilebilmektedir. Toplu taşıma aracı kavşağa yaklaşırken bir kayıt noktasında kaydolduktan sonra toplu taşıma aracına yeşil gösterildiği fazı yeşil dalgayı bozmamak için 15 saniyeden daha uzun yeşil gösterilememektedir.



Şekil 5: Sinyalize kavşak geometrik planı ve faz sırası planı



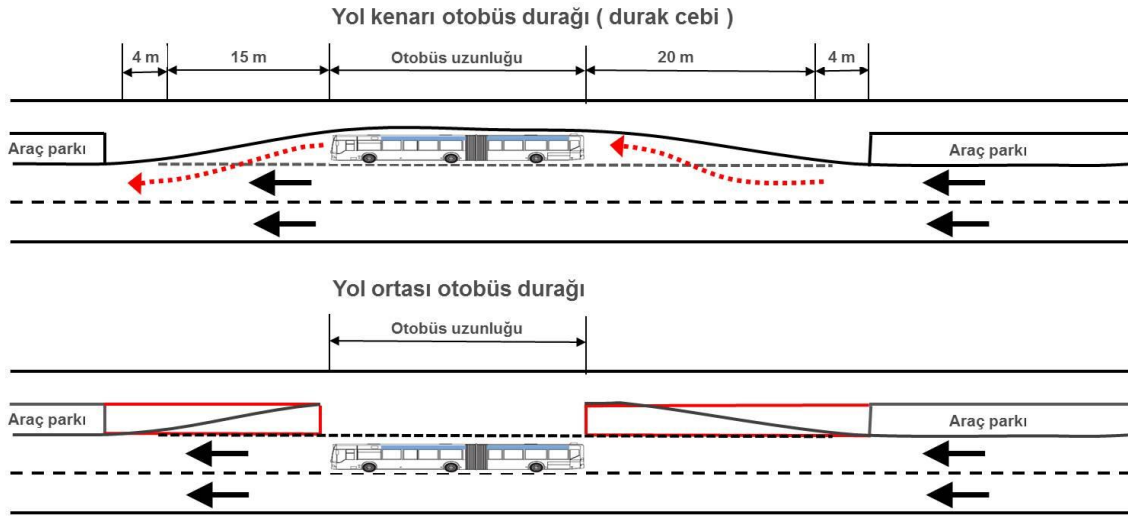
Şekil 6: A ve B Faz döngüleri için sinyal planı

### 3.2.3 Özel Otobüs Yollarının veya Tramvay Şeridinin Oluşturulması

Sinyalizasyon tekniği ile alınacak önlemlerin yeterli olmadığı durumlarda ayırık otobüs yollarının yapılması önem arz etmektedir. Şuan Münih şehrinde yaklaşık 23 km ayırık otobüs yolu mevcuttur. Eğer ayırık otobüs yolunun yapılması fiziki olarak müsait değilse aynı işlevi görecektir sinyalizasyon önlemleri alınabilmektedir. Bu önlemlerin başında, yolun sadece belli zaman aralığında otobüslere ayrılması gerekmektedir. Yada sıkışan trafikte belli akımların otobüs hattının aynı yolu kullanmasından önce kısmi olarak daraltılması ve yeşil süresinin azaltılması, o bölgede oluşacak sıkışıklığı ve zaman kaybını azaltmaktadır ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).

### 3.2.4 Durak Ceplerinin Kaldırılması ve Durakların Yeniden Yapılandırılması

Duraklardaki zaman kaybının en az olması için otobüslerin duraklara hızlı bir şekilde yanaşması ve duraklardan ayrılması önemlidir. Bu yüzden Münihdeki toplu taşımının hızlandırılması projelerinde duraklar otobüsler ve yolcular için yeniden düzenlenmektedir. Otobüs durak ceplerinin yol ortası otobüs duraklarına çevrilmesiyle birlikte otobüsler sorunsuz şekilde herhangi bir durak cebine giriş-çıkış manevrası yapmadan yanaşabilmektedirler. Böylece otobüsün ön ve arka tarafının durak kenarına savrulmasıyla yanaşmasının önüne geçilmiş olmaktadır. Ayrıca durak cebinden akan trafiğe karışmak için trafiğin sakinleşmesini beklemek gerekmektedir. Bu yüzden yol ortası otobüs duraklarının yapılması aynı zamanda otobüs şoförleri için de büyük kolaylık sağlamaktadır. Şekil 7’de yol kenarı duraklar ( durak cepleri ) ile yol ortası duraklar karşılaştırılmıştır ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).



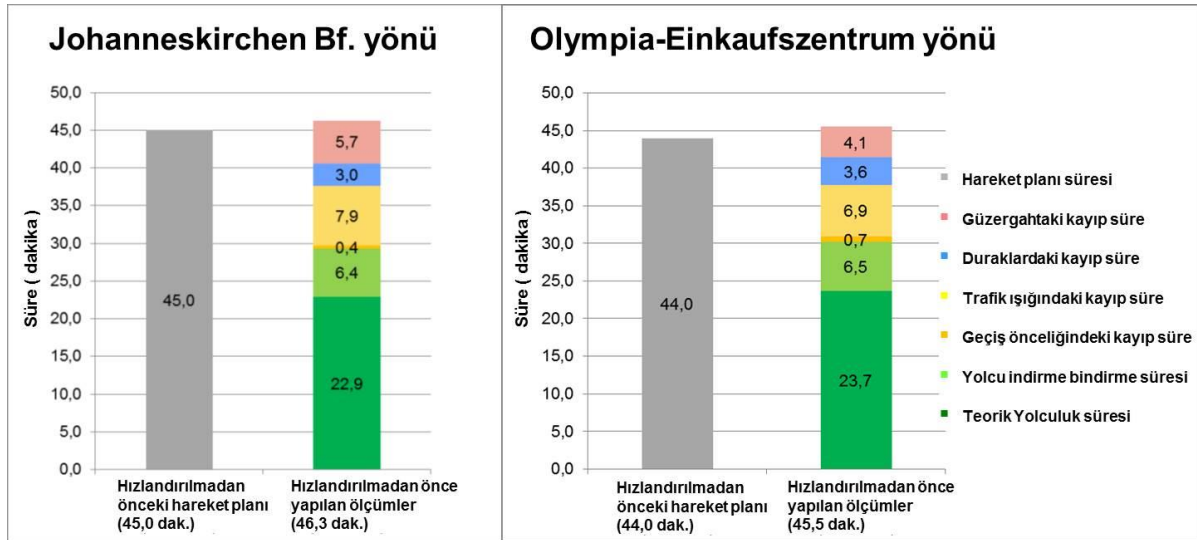
Şekil 7: Yol kenarı ve yol ortası otobüs durakları<sup>4</sup>

### 3.2.5 Örnek çalışma: 50 ve 60 numaralı otobüs hatlarının hızlandırılması

60 numaralı otobüs hattı Münih'in kuzeyinde Johanneskirchen Bahnhof ile Olympiaeinkaufzentrum durakları arasında hareket etmektedir. Bu hat Münih'in kuzeyini doğu-batı aksında teğetsel olarak birbirine bağlamaktadır.

<sup>4</sup> Otobüs durakları

<http://www.nahverkehr-info.de/busabmessung.php>



Şekil 8: 60 numaralı otobüs hattının hızlandırma öncesi kayıp süreleri<sup>5</sup>

Hızlandırma projesine Kasım 2014 yılında başlandı, ön çalışmalar ve taslak planları Ekim 2015'te tamamlandı. Münih belediye meclisi Ekim 2015'te 60 numaralı hattın hızlandırılmasına onay vermiştir. Hızlandırma öncesi güzergah üzerinde yapılan yolculuk süresi ön etüd çalışması Şekil 8'de gösterilmiştir. Johanneskirchen Bahnhof yönüne doğru hareket planında 45 dakika olarak öngörülen yolculuk süresi yapılan ölçümlerde 46,3 dakika olarak tespit edilmiştir. Olympia-Einkaufszentrum yönünde ise hareket planında 44 dakika olan hareket süresi 45,5 dakika olarak belirlenmiştir.

Tablo 2: Hızlandırma sonrası kazanılan yolculuk süresi ve yolculuk hızı artışı<sup>6</sup>

		Johanneskirchen Bf. yönü	Olympia-Einkaufszentrum yönü	Toplam
Ölçülen yolculuk süresi	<b>Hızlandırma öncesi ölçülen yolculuk süresi</b>	46,3 dak.	45,5 dak.	91,8 dak.
	<b>Kısaltılan yolculuk süresi</b>	4,5 dak. -% 10	4,2 dak. -% 9	8,7 dak. -% 9
	<b>Yolculuk hızı</b>	16,8 km/sa => 18,6 km/sa +% 11	17,2 km/sa => 19,0 km/sa +% 10	17,0 km/sa => 18,8 km/sa +% 10

Uygulama ve detay projelerinin hazırlanmasından sonra Nisan – Mayıs 2016'da çalışmalara başlanarak Aralık 2016'da hat hızlandırması tamamlanmıştır. Hızlandırma sonrası kazanılan yolculuk süresi ve yolculuk hızı artışı Tablo 2'de gösterilmiştir. Yapılan ölçümlerde yolculuk süresi Johanneskirchen Bahnhof yönünde 4,5 dakika

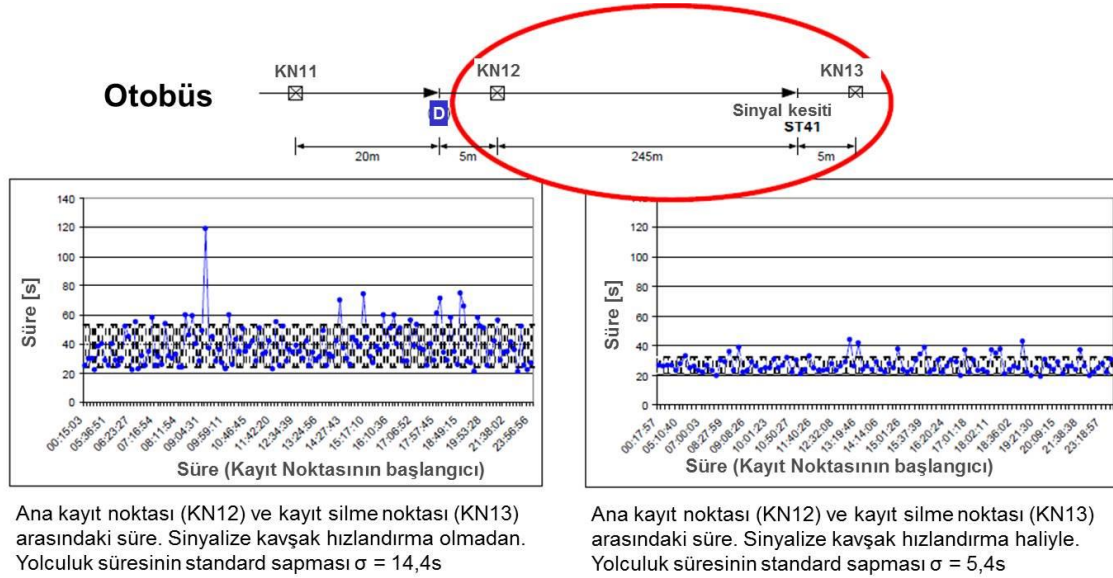
<sup>5</sup> Werner, Thomas, "Beschleunigung der Buslinien 50 und 60", Strategische Planungsprojekte, Projektstartgespräch extern am 04.11.2014

<sup>6</sup> Werner, Thomas, "Beschleunigung der Buslinien 50 und 60", Strategische Planungsprojekte, Projektstartgespräch extern am 04.11.2014

(-%10) kısaltılarak, yolculuk hızı 16,8 km/sa'den 18,6 km/sa'ye yükseltilerek +% 11 artış sağlanmıştır. Olympia-Einkaufszentrum yönünde ise yolculuk süresi 4,2 dakika (-%9) azalarak, yolculuk hızı +% 10 artışla 17,2 km/sa'den 19,0 km/sa'ye yükselmiştir.

### 3.3 Kalite Kontrol Aşaması

Hızlandırma etüdündeki tahmini yolculuk süreleri ile sahadaki sürelerin karşılaştırılması yapılmaktadır. Yolculuk sürelerinin ve kavşaklardaki aksaklıkların anlık kontrolü ve düzeltilmesi, hızlandırma kalitesinin belli bir seviyede kalması için hayati önem taşımaktadır. Bu kadar çok farklı elemanın bir araya gelmesiyle geliştirilen bir sistemden devam ettirilebilir bir verim alınabilmesi için kalite güvence sistemi geliştirilmiştir. MVG firması bünyesinde kurduğu DM-Portal – Veri Yönetimi sistemiyle bütün toplu taşıma kayıt noktaları otomatik olarak gözetim altında tutulmaktadır. Trafik ışıklarında toplu taşıma geçiş önceliğinin olmadığı bir zamanda ana kayıt noktası ve kayıt silme noktası arasındaki geçen süre grafik halinde şekil 9'da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Burada trafik ışığında geçiş önceliği olmadığındaki standard sapma  $\sigma = 14,4s$ , geçiş önceliği olduğu bir durumda  $\sigma = 5,4s$  olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 9: Ana kayıt noktası ve kayıt silme noktası arasındaki süre değişimi

Bu sistemin temelinde toplu taşıma araçlarının trafik ışıklarının öncesinde ve sonrasında yaptıkları bekleme süreleri her kavşak için ayrı ayrı otomatik olarak hesaplanıp analiz edilebilmektedirler. Bu hesaplama temel olarak kavşak kontrol cihazındaki geçmişe dönük veriler ve her dakika güncellenen konum verilerinin mevcut sistemdeki toplu taşıma aracının bekleme sürelerinin uygunluğu ile otomatik olarak karşılaştırılmaktadır. Bu sistem, öğrenilebilir özelliktedir ve trafiğin mevcut durumuna göre kendini yenileyebilmektedir. Böylece mevcut 568 trafik ışığındaki toplu taşıma hızlandırması mercek altına alınabilmektedir. Sistem MVG'nin veri yönetim portalına entegre edilmiştir ve toplu taşıma hızlandırmasının izlenmesi için önemli bir araç haline gelmiştir ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).

### 3. Sonuç

Hızlı şehirleşmenin getirmiş olduğu trafik sorununu çözmek için toplu taşıma hatlarının hızlandırılması ulaşım altyapı kapasitesinin yükseltmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Toplu taşımanın daha cazip hale getirilmesiyle trafik sorunu rahatlatılabilecektir. Trafik ışıklarında toplu taşıma araçlarına geçiş önceliği verilmesi toplu taşıma hatlarındaki zaman kaybının önemli bir bölümünü azaltmaktadır. Ayrıca yol kenarı durakların, yol ortası duraklara değiştirilmesiyle birlikte yolculuk süresindeki kaybın önüne geçilebilmekte ve yolculuk konforu artmaktadır.

Hızlandırılan hatlarda toplu taşıma işletmecisi yolculuk sırasındaki kayıp zamanların azaltılmasıyla birlikte araç tasarrufu yapabilmektedir. Böylece işletme maliyetlerinin azaltılması ve yolculuk süresinin kısılmasıyla birlikte hat verimliliği artırılmaktadır. Yolcu açısından ise özellikle kısa yolculuk süresi, dakikliğin artması ve yolculuk konforunun yükselmesiyle daha cazip bir toplu taşıma hizmeti alınmış olmaktadır.

Özellikle büyük şehirlerdeki otobüs ve tramvay hatlarının hızlandırılması toplu taşımanın cazibesini ciddi bir şekilde artıracak ve trafik sorununun hafiflemesine katkı sağlayacaktır. Ülkemizde trafik ışıkları genel olarak sabit döngü süreli olarak planlanmaktadır. Bu yüzden toplu taşıma hatlarına trafik ışıklarında geçiş önceliği projeleri aynı zamanda mevcut kavşakların da akıllı kavşak olarak yeniden planlanmasını gerektirmektedir. Bu makalede, Münih şehrindeki ilgili çözüm uygulamalarının incelenmesi ile, trafik sorununa çözüm arayışı içindeki şehirler için bir seçenek sunulmuştur.

**Teşekkür:** Bu çalışmaya verdikleri destek için Münih Toplu Taşıma Firması MVG'ye teşekkür ederim.

### 4. Kaynaklar

1. Arslan, Oytun ( 2011 ) Kaliteli bir toplu taşıma sistemi nasıl olmalıdır, Münih örneği, 9. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul şubesi, Bildiriler Kitabı, s. 219 – 231
2. König, Herbet & Heipp, Gunnar & Seifert, Valentin ( 2016 ) “Beschleunigung auf ganzer Linie” Der Nahverkehr September 2016, s. 44 – 50”
3. Werner, Thomas ( 2014 )”Beschleunigung der Buslinien 50 und 60” , Strategische Planungsprojekte, Projektstartgespräch(Proje başlangıç sunumu) extern am 04.11.2014
4. Werner, Thomas ( 2016 )” Basiswissen zur ÖPNV-Beschleunigung” , Strategische Planungsprojekte, Toplu Taşıma Hızlandırması Temel Bilgiler sunumu, September .2016





# Şehiriçi Ulaşım Ağlarında En Kısa Rota Uzunlukları Kullanılarak Tek Yön Düzenlemelerinin Yapılması

**Cenk Ozan<sup>1</sup>, Özgür Başkan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Adnan Menderes Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Efeler 09010, Aydın  
Tel: (256) 213 75 03-3726

E-Posta: [cenk.ozan@adu.edu.tr](mailto:cenk.ozan@adu.edu.tr)

<sup>2</sup> Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Kınıklı 20070, Denizli  
Tel: (258) 296 34 16

E-Posta: [obaskan@pau.edu.tr](mailto:obaskan@pau.edu.tr)

## Öz

Şehiriçi ulaşım ağlarında gün geçtikçe artan özel taşıt kullanımı neticesinde kullanıcılar trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan birçok olumsuz etki ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu olumsuz etkilerin en aza indirilebilmesi için şehiriçi ulaşım ağlarının etkin biçimde planlanması ve işletilmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi şehiriçi ulaşım ağlarının performansının artırılması amacıyla yeni yolların yapılması, mevcut yolların kapasitesinin artırılması, sinyal sürelerinin düzenlenmesi, şerit yönlendirme ve tek yön uygulamaları gibi çözümler hem teorik hem de pratik olarak uygulanma olanağı bulabilmektedir. Bu yaklaşımların içinde uygulama kolaylığı açısından tek yön uygulamaları birçok kentte yerel yöneticiler tarafından tercih edilmektedir. Ancak problemin çözümünün karmaşıklığı ve literatürdeki çalışmaların sınırlı olmasından dolayı tek yön uygulamalarının hayata geçirilmesinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada deterministik trafik atama sonucu ortaya çıkan rota seyahat sürelerine bağlı olarak elde edilen en kısa rota uzunluklarını ve başlangıç-varış taleplerini dikkate alan bir amaç fonksiyonu önerilmiştir. Çözümde her bir farklı tek yön uygulaması için kullanıcıların tepkisini dikkate alabilmek için iki seviyeli sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmada Armoni Araştırması Optimizasyon metodu kullanılmış ve VISUM trafik yazılımı ile birleştirilmiştir. Dğümler arasındaki bağların kullanılma durumu 0-1 kesikli değişkenleri ile temsil edilmiş ve problem doğrusal olmayan tamsayı programlama olarak ifade edilmiştir. Bağların kullanılma durumuna bağlı olarak her bir farklı ulaşım ağı VISUM yazılımına aktararak deterministik trafik atama problemi çözülmüş, en kısa rota uzunlukları belirlenmiş ve amaç fonksiyonu değerleri probleme özgü kısıtlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Geliştirilen algoritma literatürde sıklıkla kullanılan Sioux Falls ulaşım ağına uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar geliştirilen algoritmanın tek yön sistemlerinin planlanmasında kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar sözcükler:** Tek yön uygulaması, en kısa yol, trafik atama, iki seviyeli programlama.

## Giriş

Şehir içi ulaşım ağlarında artan özel taşıt kullanımı neticesinde kullanıcılar trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Kentlerde trafik sıkışıklığına bağlı olarak oluşan problemlerin en aza indirilebilmesi için yerel yönetimlerin önünde farklı seçenekler bulunmaktadır. Bu seçeneklerin en başında kapasitenin artırılması, ışıklı kavşakların performansının iyileştirilmesi, şerit yönlendirme ve tek yön uygulamaları sıralanabilir. Tek yön uygulamasının yapıldığı bir şehir içi ulaşım ağında tek yön olarak hizmet veren bağlardaki ulaşım hızının artacağı ve ağdaki toplam seyahat süresinde azalma olacağı araştırmacılar tarafından birçok çalışmada belirtilmiştir (Drezner ve Salhi, 1998; Drezner ve Salhi, 2002; Drezner ve Wesolowsky, 2003; Poorzahedy ve Shirazi, 2013). Bu uygulama belirtilen önlemlerin içinde en az maliyetli ve en kolay uygulanabilen seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu tür önlemler kolay uygulanabilir olmasına rağmen başarı şansı da bir o kadar düşüktür. Bunun nedeni, tek yön olarak hizmet verecek uygun bağların belirlenmesi probleminin karmaşık bir optimizasyon problemi olmasıdır. Aslında bu noktada esas problem uygun amaç fonksiyonu ve kısıtlarının belirlenmesidir. Literatürde bu konuda fazla çalışma olmaması aslında problemin içerdiği zorlukların bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak son yıllarda bazı araştırmacılar probleme farklı açılardan yaklaşarak bu konuda çalışmışlardır. Drezner ve Wesolowsky (1997) tek yönlü ve çift yönlü bağların ulaşım ağları içindeki en uygun konfigürasyonunun belirlenmesi için farklı algoritmaları karşılaştırmışlardır. Amaç fonksiyonu olarak akım ağırlıklı toplam seyahat süresinin en küçüklenmesi seçilmiştir. Sayısal uygulamalar farklı ulaşım ağları üzerinde yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Drezner ve Salhi (1998) tek yönlü bağların belirlenmesi için tabu arama sezgisel metodunu kullanmışlar, küçük ve orta ölçekli ulaşım ağlarında geliştirdikleri algoritmayı test etmişlerdir. Drezner ve Salhi (2002) büyük ölçekli ulaşım ağlarında problemin çözümü için genetik algoritma ve tavlama benzetimi algoritmalarını kullanmışlar ve sonuç olarak genetik algoritmanın daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Zargari ve Taromi (2006) gerçek bir ulaşım ağında toplam seyahat süresini en küçükleyerek tek yön uygulaması probleminin çözümünde genetik algoritma metodunu kullanmışlar ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Benzer şekilde Miandoabchi ve diğ. (2012) tek yön uygulaması problemini kesikli ulaşım ağ tasarımı kapsamında modellemişler ve çözümde parçacık sürü optimizasyonu yöntemini kullanmışlardır. Salcedo-Sanz ve diğ. (2013) kullanıcıların hareketliliğini sağlayan alternatif rotalar oluşturmak için tek yön uygulaması problemi üzerine çalışmışlardır. Problemin çözümü için Armoni Araştırması Optimizasyon yöntemini kullanmışlardır. Afandizadeh ve diğ. (2013) acil kaçış durumunun dikkate alındığı tek yön uygulaması probleminin çözümü için tavlama benzetimi metodu tabanlı bir algoritma geliştirmişlerdir. Literatürden görülebileceği gibi tek yön uygulaması probleminin çözümü için çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bunun sebebi olarak problemin çözümünde kullanılacak uygun amaç fonksiyonu ve kısıtlarının oluşturulmasındaki zorluklar söylenebilir. Yapılan çalışmalarda ise genellikle toplam seyahat süresinin en küçüklenmesine dayalı sezgisel algoritmalar geliştirilmiş ve farklı ulaşım ağları üzerinde test edilmiştir.

Bu çalışmada problemin çözümünde kullanıcıların tepkisini dikkate alabilmek için iki seviyeli sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir. Alt seviyede VISUM yazılımı ile deterministik trafik atama problemi her bir farklı tek yön uygulaması için çözülmüş ve rota seyahat süreleri elde edilmiştir. Literatürden farklı olarak bulunan rota seyahat sürelerine göre elde edilen en kısa rota uzunluklarını ve Başlangıç-Variş (B-V)

taleplerini dikkate alan bir amaç fonksiyonu önerilmiş ve üst seviyede en küçüklenmeye çalışılmıştır. Döğümler arasındaki bağların kullanılma durumu (0-1) kesikli değişkenleri ile temsil edilmiş ve problem doğrusal olmayan tamsayı programlama olarak ifade edilmiştir. Amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi için son yıllarda birçok alanda uygulama alanı bulan Armoni Araştırması Tekniği (AAT) kullanılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen algoritma örnek bir ulaşım ağına uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bildirinin ikinci bölümünde problem formülasyonu, üçüncü bölümde ise iki-seviyeli sezgisel çözüm algoritmasının adımları verilmiştir. Sonraki bölümde sayısal uygulamalar, son bölümde ise sonuçlar ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar sunulmuştur.

## Problem Formülasyonu

Şehiriçi ulaşım ağlarında yeni yolların yapılması, yeni şeritlerin eklenmesi, şerit yönlendirme veya tek yön sistemi gibi uygulamalar literatürde Kesikli Ulaşım Ağ Tasarım (KUAT) problemi çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bunun nedeni çözümden kesikli değişkenlerin (0-1) kullanılmasıdır. Bu tür problemlerde “1” değişkeni herhangi bir yatırımın veya uygulamanın yapılacağını, “0” değişkeni ise yapılmayacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle çözüm kümesi (0-1) değişkenlerinden oluşmaktadır. Problem bu nedenle doğrusal olmayan tamsayı programlama olarak ifade edilmiştir. Bu tür problemler NP-zor olarak nitelendirilirler ve dal-sınır metodu vb. kesin çözüm sağlayan algoritmalar küçük boyutlu problemlerin çözümünde kullanılabilir iken problemin boyutu büyüdükçe bu tür algoritmalarla çözüme ulaşabilmek oldukça zor ve maliyetli olabilmektedir. Bu nedenle bu tür problemlerin çözümünde son yıllarda meta-sezgisel algoritmalar tercih edilmektedir. Bu algoritmalar her ne kadar matematiksel altyapısı oldukça az olan ve içinde büyük ölçülerde rastgelelik içeren algoritmalar olsada NP-zor problemlerin çözümünde kabul edilebilir seviyelerde ve sürelerde çözüme ulaşma imkânı sağlayabilmektedirler.

Diğer taraftan ağ tasarım problemlerinin çoğunda olduğu gibi tek yön uygulamaları da lider ve takipçi problemi olarak ifade edilebilmektedir (Fisk, 1984). Bu yaklaşımda lider (yerel yöneticiler) ulaşım ağında döğümler arasındaki bazı bağları tek yön olarak düzenlemekte ve takipçinin (kullanıcılar) bu değişime nasıl tepki vereceğini gözlemlemektedirler. Bu etki-tepki ilişkisinin değerlendirilebilmesi için çalışmada iki seviyeli programlama yaklaşımından faydalanılmış ve sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir (Başkan, 2013a; Başkan, 2013b; Başkan, 2014a; Başkan, 2014b; Başkan ve Ozan, 2015a; Başkan ve Ozan, 2015b). İki seviyeli programlamada, üst seviyede en kısa rota uzunluklarını ve B-V taleplerini dikkate alan bir amaç fonksiyonu önerilmiş ve en küçüklenmeye çalışılmıştır. Çalışmada tek yönlü olarak hizmet vermesi önerilen bağlardaki işletme hızının artışı temsil edebilmek için bu bağların uzunluğu  $\alpha$  parametresi dikkate alınarak belli bir oranda kısaltılmıştır. Diğer bir deyişle tek yönlü bağlardaki işletme hızı  $1/\alpha$  oranında artırılmış olmaktadır. Alt seviyede ise üst seviyede belirlenen tek yön konfigürasyonuna bağlı olarak deterministik trafik atama problemi algoritmaya dâhil edilen VISUM yazılımı ile çözülmüştür. Algoritmada kullanılan üst seviye amaç fonksiyonu Denklem (1)'de verilmiştir.

$$\min F(\mathbf{z}) = \sum_{(r,s) \in D} d_{rs} s_{rs}(\mathbf{z}) \quad (1)$$

$$\mathbf{z} = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_a, \dots) \quad \forall a = 1, 2, \dots, A \quad (2)$$

$$z_a = 0 \text{ veya } 1; \quad \forall a = 1, 2, \dots, A \quad (3)$$

$$n_{giriş} \geq 1 \quad \forall n \quad (4)$$

$$n_{çıkış} \geq 1 \quad \forall n \quad (5)$$

$$K_{rs} \geq 1 \quad \forall r, s \quad (6)$$

Burada  $d_{rs}$  B-V çifti  $r$ - $s$  arasındaki talep,  $s_{rs}(\mathbf{z})$  ise  $\mathbf{z}$  tek yön konfigürasyonuna bağlı olarak trafik atama probleminin çözümü sonucunda elde edilmiş B-V çifti  $r$ - $s$  arasındaki en kısa rota uzunluğunu temsil etmektedir. Üst seviye amaç fonksiyonu tek yön uygulaması sonucunda B-V çiftleri arasındaki talebi ve en kısa rota uzunluklarını kullanarak toplam taşıt-km'yi en küçükmektedir. Denklem (2) ve (3) her bir bağın kullanılma durumunu temsil eden (0-1) kesikli değişkenlerini ifade etmektedir. Eğer  $n$  düğümünden  $n+1$  düğümüne giden bir bağ  $\mathbf{z}$  vektörünün değişkenlerine bağlı olarak kapatılması durumunda  $n+1$  düğümünden  $n$  düğümüne giden bağ tek yön olarak hizmet verecek anlamına gelmektedir. Tek yön uygulaması yapılması durumunda düğümler arasındaki rotaların oluşturulabilmesi diğer bir deyişle tüm düğümler arasındaki bağlantının sağlanabilmesi için Denklem (4) ve (5)'deki kısıtlar kullanılmıştır. Denklem (4) her bir düğüme en az bir giriş yapılması gerektiğini, Denklem (5) ise her bir düğümünden en az bir çıkış olması gerektiğini ifade etmektedir. Denklem (6) ise her B-V çifti  $r$ - $s$  arasında en az bir rota olması gerekliliğini göstermektedir.

Alt seviyede ise deterministik trafik atama problemi VISUM yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Üst seviyede belirlenen her bir tek yön konfigürasyonuna göre fiziki yapısı şekillenen ulaşım ağına ait trafik atama problemi alt seviyede çözülmekte ve en kısa rota uzunlukları ile B-V talepleri kullanılarak üst seviye amaç fonksiyonunun değeri belirlenmektedir. Deterministik trafik atama problemi Wardrop (1952) tarafından öne sürülen herhangi bir B-V çifti arasındaki tüm kullanılan rotaların seyahat maliyetleri kullanılmayan rotaların seyahat maliyetine eşit veya daha az olması ilkesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımda tüm sürücülerin rotalar hakkında mükemmel bilgiye sahip olduğu ve en az maliyetli rotaları seçtiği kabulü yapılmaktadır. Her ne kadar söz konusu ifade gerçeği tam olarak yansıtmasa da, bu yaklaşım altında trafik atama probleminin dışbükey olması nedeniyle literatürde sıklıkla tercih edilmektedir. Deterministik trafik atama probleminin matematiksel ifadesi Denklem (7)'de verilmiştir (Beckmann ve diğ., 1956).

$$\min f(\mathbf{x}) = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (7)$$

$$\sum_{k \in K} f_k^{rs} = D_{rs} \quad \forall r \in R, s \in S, k \in K_{rs} \quad (8)$$

$$x_a = \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} \delta_{a,k}^{rs} \quad \forall r \in R, s \in S, a \in A, k \in K_{rs} \quad (9)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall r \in R, s \in S, k \in K_{rs} \quad (10)$$

Burada; Denklem (8) herhangi bir B-V çifti  $r$ - $s$  arasında bulunan rotalardaki toplam trafik hacminin talebe eşit olması gerektiğini ifade etmekte; Denklem (9) herhangi bir bağdaki trafik hacminin bu bağı kullanan rotalardaki trafik hacminin toplamına eşit olması durumunu göstermektedir. Ayrıca tüm rota trafik hacimlerinin pozitiflik kısıtı Denklem (10)'da verilmektedir. Herhangi bir  $a$  bağının seyahat maliyeti ( $t_a$ ), Amerikan Karayolları Bürosu (BPR, 1964) tarafından önerildiği şekliyle Denklem (11)'de verilmiştir.

$$t_a(x_a) = \tau_a + \sigma_a \left( \frac{x_a}{\theta_a} \right)^4 \quad (11)$$

Burada;  $\tau_a$  ve  $\sigma_a$  bağ parametreleri olup  $x_a$  ve  $\theta_a$  sırasıyla  $a$  bağının hacmini ve kapasitesini ifade etmektedir.

## İki Seviyeli Sezgisel Çözüm Algoritması

Çalışmada tek yön uygulaması probleminin çözümü amacıyla iki seviyeli sezgisel bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Visual Basic (VBA) programlama dilinde kodlanan algoritmada ulaşım ağlarındaki bağların kullanılma durumunu temsil eden (0-1) değişkenleri üst seviyede Armoni Araştırması Tekniği (AAT) ile belirlenmiştir. Alt seviyede ise deterministik trafik atama problemi VISUM yazılımı ile çözülmüştür. Trafik atama probleminin çözümü sonucu elde edilen en kısa rota uzunlukları ile B-V taleplerini içeren amaç fonksiyonu önerilen algoritmada AAT ile en küçüklenmeye çalışılmıştır. Geem ve diğ. (2001) tarafından önerilen AAT, bir orkestradaki müzisyenlerin çaldıkları notalar ile en iyi melodinin elde edilmesi prensibinin optimizasyon problemlerine uyarlanması ile geliştirilmiştir. Bir orkestradaki müzisyenlerin melodiyi en kusursuz şekilde çalmaları için nasıl sürekli prova yapmaları gerekiyor ise bir optimizasyon problemindeki en iyi çözümün bulunabilmesi için amaç fonksiyonu değerinin sürekli iyileştirilerek global optimuma yaklaştırılması gerekmektedir. Amaç fonksiyonu değerinin iterasyonlar boyunca iyileştirilebilmesi için AAT'de Armoni Belleğini Dikkate Alma Oranı (HMCR), Ton Ayarlama Oranı (PAR) olarak tanımlanan iki temel parametre kullanılmaktadır (Dell'Orco ve diğ., 2013).

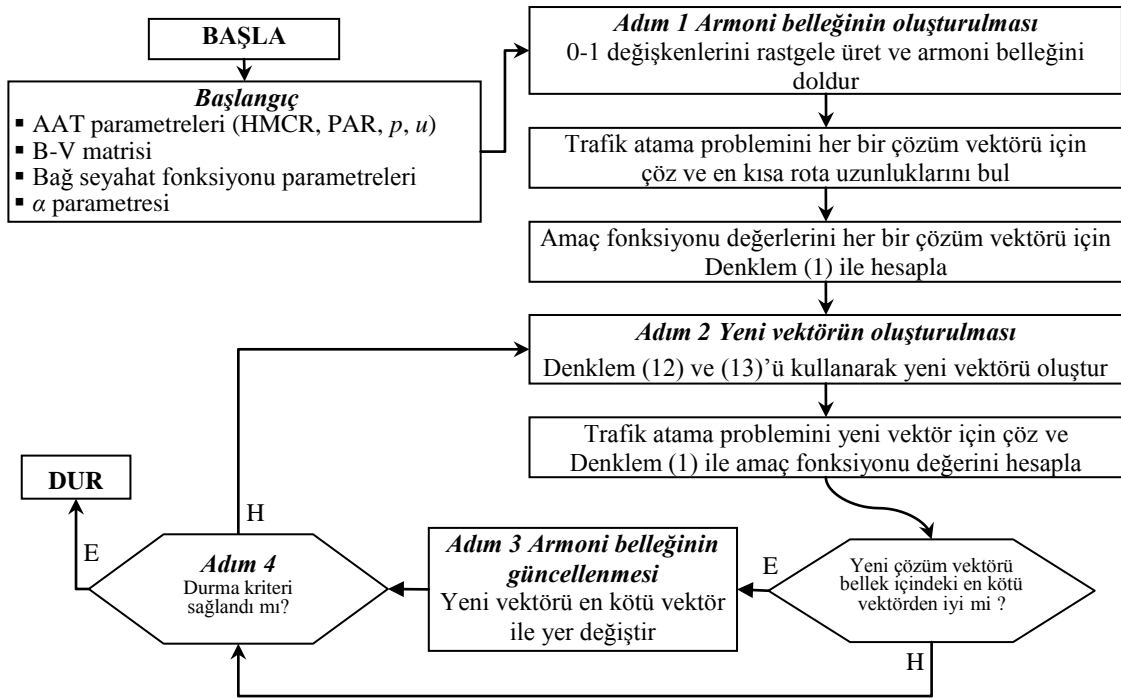
Çalışmada çözümü amaçlanan tek yön uygulaması probleminde armoni belleği ilk olarak (0-1) değişkenleriyle rastgele oluşturulmaktadır (Adım 1). Armoni belleği içindeki her bir çözüm vektörüne karşılık amaç fonksiyonu değerleri Denklem (1)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır. Başlangıçta rastgele oluşturulan armoni belleği içindeki vektörlerin en iyi çözüme yaklaştırılabilmesi için AAT'de ilk olarak yeni vektörün oluşturulması işlemi yapılır (Adım 2). Bu amaçla ilk olarak armoni belleğine girmesi aday yeni vektör  $\mathbf{z}_i^{p+1}$ ,  $i=(1,2,\dots,A)$  belli bir olasılık dahilinde mevcut bellek içinden seçilmekte yada çözüm kümesi içinden seçilmektedir. Bu seçim HMCR parametresi ile yapılmakta olup Denklem (12)'de verilmiştir.

$$z_i^{p+1} = \begin{cases} z_i^{p+1} \in \{z_i^1, z_i^2, \dots, z_i^p\} & \text{eğer } rastgele(0,1) \leq HMCR \\ z_i^{p+1} \in \{0,1\} & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (12)$$

İkinci olarak ton ayarlama işleminin gerekli olup olmadığının belirlenmesi için her karar değişkeninin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Karar değişkenleri için bu işlem PAR olarak ifade edilen parametre ile aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

$$z_i^{p+1} = \begin{cases} z_i^{p+1} \pm rastgele(0,1) * b_g & rastgele(0,1) \leq PAR \\ z_i^{p+1} & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (13)$$

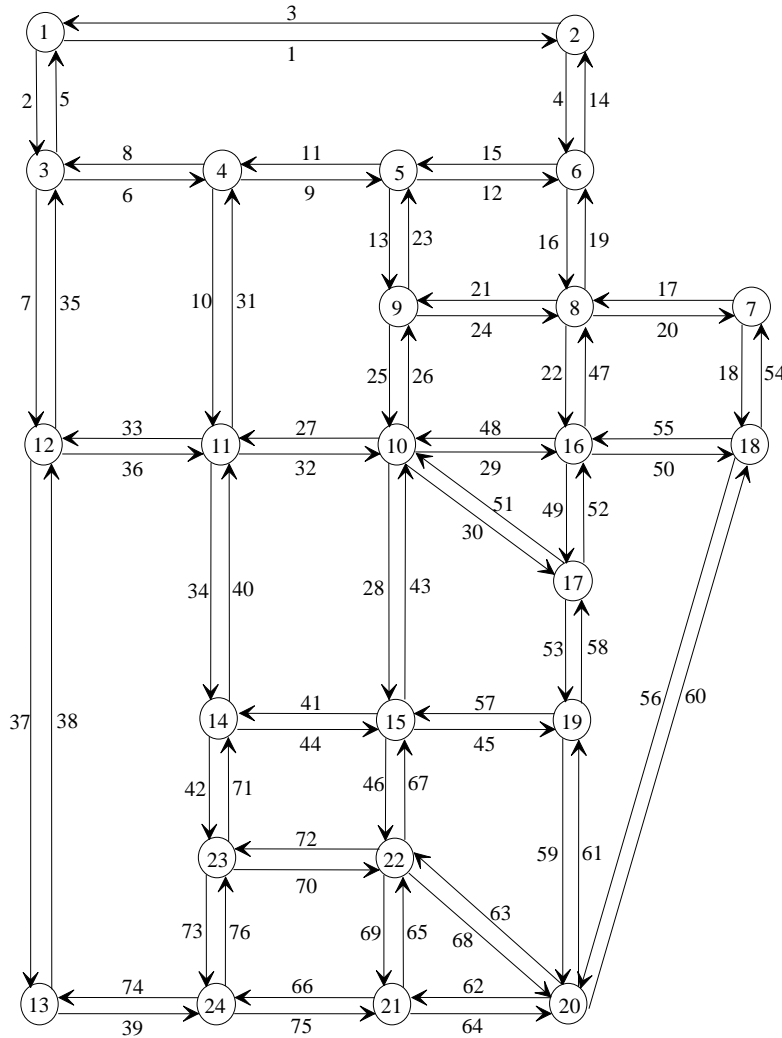
Burada; *rastgele* (0,1) olarak verilen ifade 0 ile 1 arasında üretilen rastgele sayıyı temsil etmekte,  $b_g$  ise kullanıcıya özel bant genişliği olarak kullanılmaktadır. Yeni vektör üretildikten sonra amaç fonksiyonu Denklem (1)'de verildiği gibi belirlenmekte ve eğer yeni vektör bellek içindeki en kötü vektörden daha iyi bir amaç fonksiyonu değeri veriyorsa belleğe dahil edilmekte ve en kötü vektör bellekten çıkarılmaktadır (Adım 3). Son olarak algoritmanın durma koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir (Adım 4). Koşulun sağlanmaması durumunda, Adım 2 ile 4 arasındaki işlemler istenen koşul sağlanıncaya veya verilen maksimum iterasyon sayısına ulaşıncaya kadar tekrar edilmektedir. İki seviyeli sezgisel algoritmanın akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 İki Seviyeli Sezgisel Algoritma Akış Şeması.

## Sayısal Uygulama

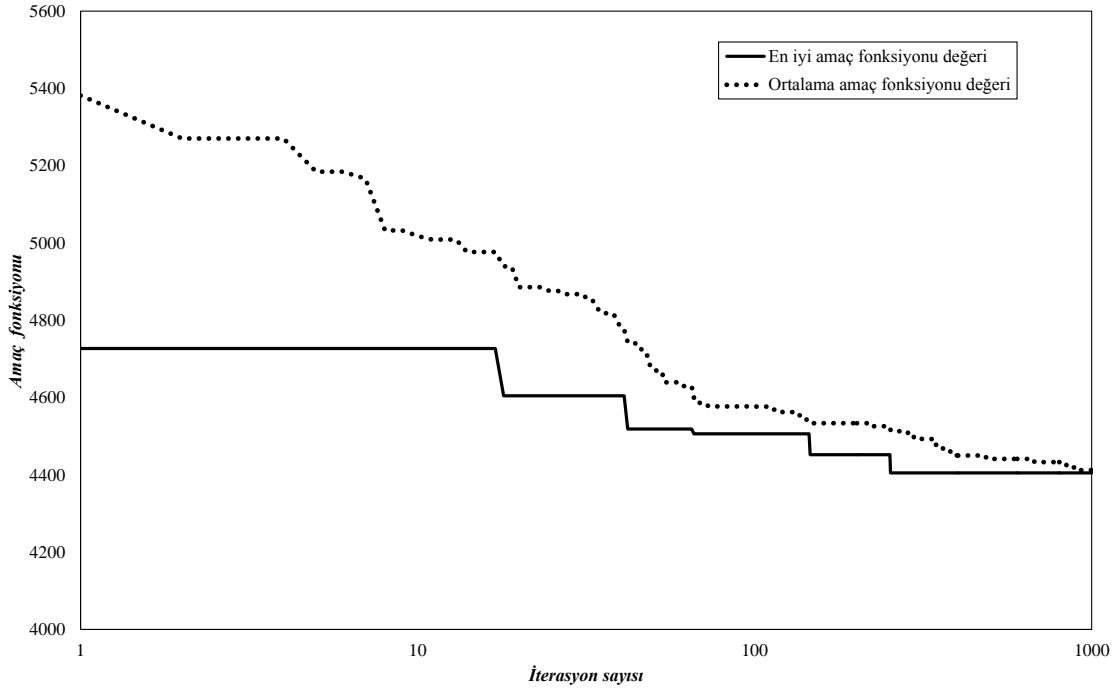
Geliştirilen iki seviyeli sezgisel çözüm algoritmasının test edilmesi amacıyla 24 düğüm, 76 bağ ve 552 B-V çifti olan Sioux Falls ulaşım ağı seçilmiş ve Şekil 2’de verilmiştir. Bağ parametreleri, bağ kapasiteleri ve B-V matrisi Başkan (2014a)’dan alınmıştır. Ulaşım ağındaki her bir bağın iki şeritli olduğu kabul edilmiştir. Şekilden görülebileceği gibi her bir düğüm arasındaki bağların kullanılma durumuna göre (0 veya 1) ağın fiziksel yapısı değişmektedir. Örnek olarak düğüm 1 ile 2 arasındaki 1 numaralı bağın herhangi bir çözüm vektörü içinde 0 olarak temsil edilmesi bu bağın ulaşım ağından kaldırılması ve düğüm 2 ile 1 arasındaki 3 numaralı bağın tek yön olarak hizmet vereceği anlamına gelmektedir. Aynı zamanda tek yönlü bağların hızının artırılmasını temsil edebilmek için önerilen algoritmada bu tür bağların uzunluğu  $\alpha$  parametresi kullanılarak kısaltılmaktadır. Çalışmada  $\alpha$  parametresi 0.5 olarak seçilmiştir.



Şekil 2 Sioux Falls ulaşım ağı.

Durma kriteri olarak armoni belleği içindeki en iyi amaç fonksiyonu değeri ile ortalama değer arasındaki göreceli hatanın 0.002’den küçük olması durumu seçilmiştir. HMCR, PAR,  $p$  ve  $u$  parametreleri sırasıyla 0.90, 0.40, 10 ve 1000 olarak belirlenmiştir. Önerilen algoritmanın Sioux Falls ulaşım ağına uygulanması neticesinde elde edilen yakınsama grafiği Şekil 3’de verilmiştir. Algoritmanın çalıştırılması neticesinde verilen

durma kriteri 908. iterasyonda sağlanmış ve algoritma sonlanmıştır. Çözüm sırasında başlangıç armoni belleğinin oluşturulmasından hemen sonra elde edilen en iyi ve ortalama amaç fonksiyonu değerleri yaklaşık 4700 ve 5400 iken özellikle ilk 100 iterasyon sonunda bu değerlerde önemli bir iyileşme sağlanmıştır. Çözüm sonunda en iyi amaç fonksiyonu değeri yaklaşık 4405 olarak elde edilmiş ve ulaşım ağındaki tüm bağların açık olması durumuna göre yaklaşık % 10 iyileşme elde edilmiştir. Sonuç olarak 23, 21 ve 63 numaralı bağların kapatılarak 13, 24 ve 68 numaralı bağların tek yön olarak hizmet vereceği belirlenmiştir.



Şekil 3 Algoritma yakınsama grafiği.

## Sonuçlar

Bu çalışmada şehiriçi ulaşım ağlarının performansının iyileştirilmesinde son yıllarda yerel yöneticiler tarafından sıklıkla tercih edilen tek yön uygulaması problemini çözmek amacıyla iki seviyeli sezgisel algoritma önerilmiştir. En kısa rota uzunlukları ile B-V taleplerini dikkate alan bir amaç fonksiyonu önerilmiş ve üst seviyede Armoni Araştırması Tekniği ile en küçüklenmeye çalışılmıştır. Alt seviyede ise en kısa rota uzunlukları üst seviyede belirlenen tek yön konfigürasyonuna bağlı olarak çözülen deterministik trafik atama sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bilindiği gibi ulaşım ağlarında tek yönlü bağlarda işletme hızı çift yönlü bağlara göre daha yüksek olabilmektedir. Algoritmada tek yönlü bağlardaki hız artışını temsil edebilmek amacıyla bu bağların uzunlukları belli bir oranda azaltılmıştır. Önerilen algoritma Sioux Falls ulaşım ağına uygulanmış ve amaç fonksiyonu değerinde tüm bağların açık olması durumuna göre yaklaşık % 10 iyileşme sağlandığı görülmüştür. Sonuç olarak geliştirilen algoritmanın tek yön uygulaması probleminin çözümünde alternatif olarak yerel yöneticiler tarafından değerlendirilebileceği düşünülmektedir.



## Ek: Notasyon

$A$	Bağlar kümesi
$N$	Düğüm kümesi
$K_{rs}$	B-V çifti $rs \forall r \in R, s \in S$ arasındaki rotalar kümesi
$R$	Başlangıç kümesi
$S$	Variş kümesi
$\mathbf{D}$	B-V talepleri vektörü, $\mathbf{D} = [D_{rs}] \forall r \in R, s \in S$
$\mathbf{f}$	Rota akımları vektörü, $\mathbf{f} = [f_k^{rs}] \forall r \in R, s \in S, k \in K_{rs}$
$\mathbf{t}$	Bağ seyahat süreleri vektörü, $\mathbf{t} = [t_a(x_a)] \forall a \in A$
$\mathbf{x}$	Denge bağ akımları vektörü, $\mathbf{x} = [x_a] \forall a \in A$
$\delta_{a,k}^{rs}$	Bağ-rota belirleme matrisi değişkeni, $\forall r \in R, s \in S, k \in K_{rs}, a \in A$
$p$	Armoni belleği büyüklüğü
$u$	Maksimum iterasyon sayısı

## Kaynaklar

Afandizadeh, S., Jahangiri, A. and Kalantari, N. (2013) Identifying the Optimal Configuration of One-Way and Two-Way Streets for Contraflow Operation during an Emergency Evacuation. Natural Hazards, 69, 1315-1334.

Baskan, O. (2013a) Determining Optimal Link Capacity Expansions in Road Networks Using Cuckoo Search Algorithm with Levy Flights. Journal of Applied Mathematics, 2013, Article ID: 718015.

Başkan, Ö. (2013b) Birleştirilmiş Ulaşım Ağ Tasarım Probleminin Diferansiyel Gelişim Algoritması ile Çözümü. 10. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Bildiriler Kitabı, s. 301-311, 25-27 Eylül, İzmir.

Baskan, O. (2014a) Harmony Search Algorithm for Continuous Network Design Problem with Link Capacity Expansions. KSCE Journal of Civil Engineering, 18 (1), 273-283.

Baskan O. (2014b) An evaluation of heuristic methods for determining optimal link capacity expansions on road networks. International Journal of Transportation, 2(1), 77-94.

Başkan, Ö. ve Ozan, C. (2015a) Sinyalize Yol Ağlarında Bağ Kapasite Artırımı ve Sinyal Optimizasyonu Problemlerinin Eşzamanlı Çözümü. 11. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Bildiriler Kitabı, s. 117-127, 27-29 Mayıs, İstanbul.

Baskan O. and Ozan C. (2015b) Combined solution of capacity expansion and signal setting problems for signalized road networks. Transportation Research Procedia, 10, 61-70.

Beckmann, M. J., McGuire, C. B. and Winsten, C. B. (1956) Studies in Economics of Transportation, Yale University Press, New Haven.

BPR (1964) Traffic Assignment Manual: Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.

Dell'Orco, M., Baskan, O. and Marinelli, M. (2013) A harmony search algorithm approach for optimizing traffic signal timings. Promet Traffic & Transportation, 25(4), pp. 349-358.

Drezner, Z. and Weselowsky, G. O. (1997). Selecting an Optimum Configuration of One-Way and Two-Way Routes. Transportation Science, 31, 386-394.

Drezner, Z. and Salhi, S (1998). Selecting an Optimum Configuration of One-Way and Two-Way Routes Using Tabu Search. KURENAI (Kyoto University Research Information Repository), 1068, 203-215.

Drezner, Z. and Salhi, S (2002). Using Hybrid Metaheuristics for the One-Way and Two-Way Network Design Problem. Naval Research Logistics, 49 (5), 449-463.

Drezner, Z. and Weselowsky G. O. (2003). Network Design: Selection and Design of Links and Facility Location. Transportation Research Part A, 37, 241-256.

Fisk, C. (1984). Optimal Signal Controls on Congested Networks. Proceedings of 9th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, VNU Science Press, 197-216.

Geem, Z. W., Kim, J-H. and Loganathan, G. V. (2001) A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. Simulation, 76(2), pp. 60-68.

Miandoabchi, E. and Farahani, R. Z. (2012) Bi-objective bimodal urban road network design using hybrid metaheuristics. Central European Journal of Operations Research, 20, 583-621.

Poorzahedy, H. and Shirazi, D. M. (2013) A simulated annealing approach to solve the network design of one-way streets: case of Shiraz network. Computational Methods in Civil Engineering, 4(1), 83-101.

Salcedo-Sanz, S., Manjarres, D., Pastor-Sanchez, A., Del Ser, J., Portilla-Figureas, J. A. and Gil-Lopez, S. (2013). One-way Urban Traffic Reconfiguration using a Multi-Objective Harmony Search Approach. Expert System with Applications, 40 (9), 3341-3350.

Wardrop, J. G. (1952). Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Part II, 1, 325-378.

Zargari S. A. and Taromi, R. (2006). Selecting an Optimum Configuration of Urban One-Way and Two-Way Streets Using Genetic Algorithms. International Journal of Civil Engineering, 4 (3), 244-259.

# Kentlerimizde Yol Kenarı Otopark Yönetim Stratejilerinin Trafik Dolaşımı Açısından Değerlendirilmesi: Süleymanpaşa İlçesi, Tekirdağ Örneği

**Halim Ceylan<sup>1</sup>, Görkem Gülhan<sup>2</sup>, Hüseyin Ceylan<sup>3</sup>, Soner Haldenbilen<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ulaştırma Anabilim Dalı, Kınıklı Kampüsü, Denizli

E-Posta: [halimceylan1968@gmail.com](mailto:halimceylan1968@gmail.com), [hceylan@pau.edu.tr](mailto:hceylan@pau.edu.tr), [shaldenbilen@pau.edu.tr](mailto:shaldenbilen@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi,  
Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kınıklı Kampüsü, Denizli

E-Posta: [ggulhan@pau.edu.tr](mailto:ggulhan@pau.edu.tr)

## Öz

Bu çalışmada, otopark yönetim stratejileri açıklanıp, ilgili kanun, yönetmelikler ve standartlar esas alınarak örnek bir otopark yönetim çalışması Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi için verilmiştir. Otopark ücretlendirme sistemlerinin yol kenarı otoparklarında, adil ve eşit kullanım sağladığı, kapasite artışına neden olduğu ve yol geometrisinin uygun olduğu yollarda trafik dolaşımını etkilemediği ortaya konulmuştur. Bunun yanında, ülkemiz belediyelerinin çoğunluğunun son yıllarda herhangi bir teknik çalışma ve planlama yapmaksızın yol kenarı otopark ücretlendirme sistemine geçtikleri ve bunun sonucunda mahkeme iptalleri ile karşı karşıya kaldıkları görülmektedir. Ayrıca, yol geometrisinin uygun olması durumunda bile belli kesimlerde yol kenarına park yapılmaması gereken cadde ve sokakların da olduğu bulunmuştur. Çalışmada, otopark etütlerinden başlanılarak mahalle bazlı otopark ihtiyacı belirlenmiştir. Örnek çalışma alanı olan Süleymanpaşa ilçesinde en az 6000 taşıt/gün'lük otopark ihtiyacı bulunmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Otopark etütleri, Otopark stratejileri, Trafik dolaşımı, Yol kenarı otopark talebi, Süleymanpaşa.

## Giriş

Ülkemizde, çarpık kentleşmeye bağlı kent içi ulaşım ağı problemleri hızla artan sorunların başında gelmektedir. Artan araç sahipliği ve nüfus, yeterli boş alan eksikliği problemi, geçmişte yaşanan plansız büyüme, imar planları ile hali hazır kentleşmenin uyumsuzluğu, uygulamada kent merkezlerindeki fiili durumlar, ekonomik sorunlar ve toplumsal alışkanlıklar gibi nedenlerden dolayı ulaşım hizmetleri verimli olarak sürdürülememektedir. Ayrıca ülkemizdeki kent içi alanlarda otomobil trafiğini tetikleyen politikaların varlığı, kent merkezlerinde otoparklanma problemlerini ortaya çıkarmaktadır.

Otopark yönetimi, arazi kullanımındaki erişilebilirlik ve merkezlerin ekonomisi üzerinde anahtar rolü oynayan bir ulaştırma konusudur. Her geçen gün artan seyahat talebi ve çekim gücü yüksek arazi kullanım türleri, özellikle ulaşımın üzerine taşınması güç bir yük getirmektedir. Yeni ulaşım hatları ve yeni tesislerin açılması bu yükü taşımak için bir çözüm oluştursa da merkezi yerlerdeki park sorunlarının çözümü açısından yetersiz kalmaktadır. Bu tarz yerlerde, yeni tesisler veya alanlar oluşturabilmek maliyet ve mekan problemleri açısından artık pek mümkün değildir. Bu yüzden kentiçi yollarda otopark problemi yaşanan yerlerde Park Yönetimi (PY) çerçevesinde stratejilerin geliştirilmesi konusunda çalışmaların yapılması gerekliliği ortadadır.

Taşıtların, özellikle kent içi alanlarda, dilediği gibi park yapabilmesine olanak sağlayan sistemler kuşkusuz en tercih edilen sistemlerdir. PY, günümüz planlama anlayışının yerine alternatif çözümler üreten bir sistem olarak karşımıza çıkmakta ve karşılaşılan sorunları çözmeye yönelik geliştirilen politika, program ve stratejiler olarak tanımlanmaktadır (Litman, 2008). Tüketici seçimleri, kullanıcı bilgilendirmesi, tesis paylaşımı, esneklik, öncelik, ücretlendirme, tesis kalitesi, zirve saat yönetimi ve fayda maliyet analizi gibi stratejiler geliştirilerek mevcut sisteme bütüncül bir planlama anlayışı ile yeni bir işlerlik kazandırmak PY'nin kapsamı alanındadır.

Kentlilerin yol kenarında yer alan park alanlarını kullanımı düzensiz değil, kontrollü ve adaletli olmalıdır. Bu konuda, başka bir ilçeden gelerek, kullanma ihtiyacı olmadığı aracını günlerce yol kenarında bırakan araç sahiplerinin gereken bedelleri ödemesi veya yol kenarı park ücretlendirmesi yaparken kentlinin evinin önündeki park alanını kullanabilmesine yönelik komşuluk hakkının korunması örnek olarak gösterilebilir. Bu durumda, yerel yönetim sorumluları kentin merkezi bölgelerinde parklanma denetimini sağlamak ve adil bir kullanım dengesi oluşturmak için yol kenarı park ücretlendirmesi, park cezası ve PY stratejilerinden yararlanmalıdır. Yol kenarı otoparklarına uygun olan ve Merkezi İş Alanı (MİA) çevresindeki alanlar, ücretlendirilerek elde edilen gelirler ile park alanı imkanları geliştirilmelidir.

Kentlerde park etme analizine, mevcut otopark imkanlarının ya da bu gibi yerlerin hangi yasal koşullarda çalıştığıнын envanterinin belirlenmesi ile başlanılmalıdır. Bu envanter oldukça detaylı ve geniş kapsamda olmalıdır. Örneğin; yol kenarı otoparklar, yol dışı otoparklar, resmi ve resmi olmayan otoparklar, garajlar gibi pek çok türü içermelidir. Burada en önemli husus bir baz harita hazırlanarak, envanter çalışmalarının baz harita üzerinde gösterilmesidir. Kullanılacak olan haritanın ölçeğinin 1/1000 olması çalışmalarda fayda sağlamaktadır. Aynı zamanda yardımcı haritalar ve hava fotoğraflarından da yararlanma yoluna gidilmelidir. Yol kenarı envanteri çalışmaları ile birlikte trafik işaretlerinin durumu tespit edilmeli ve trafik dolaşımının durumu ölçülmelidir. Aynı şekilde yönetmeliklerle belirtilmiş standartlara uymayan otoparklar, kanunsuz olarak değiştirilmiş işaretler ve levhalar da gözden geçirilmelidir.

Yukarıda açıklandığının aksine, ülkemiz belediyelerinin çoğunluğu herhangi bir teknik çalışma ve planlama yapmaksızın, yol kenarı otopark ücretlendirme sistemine geçmişlerdir. Otopark ücretlendirme sistemi için alınan İl Trafik Komisyonu (İTK) ve/veya Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) kararları mahkemeye intikal etmiş ve birçok İdare Mahkemesi'nce iptal edilmiştir. Mahkeme iptal gerekçelerinin başında iki sebep ön plana çıkmaktadır. Bunlar;

- Otopark ücretlendirmesine esas teknik çalışmaların ve planlamaların yapılmaması,
- Otopark ücretlendirmesine esas yol kenarı alanların imar planlarına işlenmemesidir.

Bu çalışmada, otoparklanma ve mahkeme sorunlarının çözümlenebilmesi sürecinde otopark etütlerinden başlanılarak, teknik çalışmaların nasıl yapıldığı, otopark stratejilerinin nasıl olması gerektiği, hangi kanun ve standartlara uygun bir otopark ücretlendirme sisteminin geliştirilmesinin uygun olacağı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak, Tekirdağ ilinin Süleymanpaşa ilçesi seçilmiş ve ilçe merkezindeki yol kenarı ücretlendirmenin nasıl olması gerektiğinin üzerinde durulmuştur. Süleymanpaşa ilçesinin seçilme sebeplerinin başında, ilçenin coğrafi konumun yanında, kent merkezinde bölgenin en büyük Alışveriş Merkezinin (AVM) bulunması gelmektedir.

## Yol Kenarı Otoparklar ve Otopark Etütleri

Taşıtlar için park etme sorunları ele alındığında genellikle iki kavram ile karşı karşıya kalınır: “**Kullanım**” ve “**Talep**”. Ancak, bu iki kavram arasında karmaşık bir ilişki görülmektedir. Eğer, her bireyin (sürücünün) istediği yere park edebilme imkanı bulunabilseydi bu iki kavram birbirlerine eş değer olurdu. Ancak park etme imkanı kısıtlı olduğundan kullanım, talebin doğrudan bir göstergesi olmamakta ve ancak mevcut olanakların göreceli kullanım eğilimini göstermektedir.

Otopark talebinin belirlenmesi üzerine elde edilen bilgilerin yeterli olmadığı düşünülürse, “**kullanım**” otopark gereksiniminin belirli bir ölçüsü olmaktadır. Otopark olanaklarının kullanımının, belirli zaman periyotlarında kontrol edilmesi gerekmektedir. Çünkü kritik alanın büyüme yönü ancak o zaman görülebilir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus da, otopark kullanım oranlarının tespitinin önemidir. Otopark çalışmaları ile beraber kordon sayımlarının kullanılması durumunda, tüm araçların gelişleri, ayrılışları ve bunların birikimleri görülebilir. Böylece mukayese yapma imkanı elde edilebilir. Saat başına hareket eden taşıtlar ile MİA’ya park eden taşıtların sayı ve oranlarının belirlenmesi bu mukayeseye örnek olarak gösterilebilir.

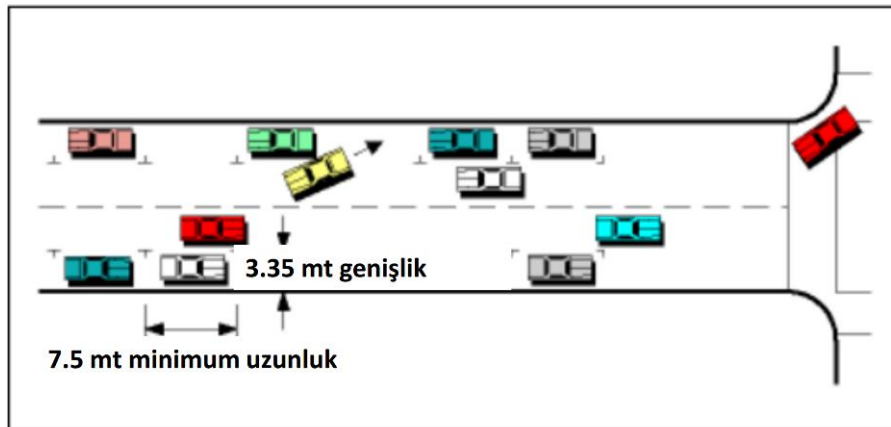
Gün içerisinde, yeterli sayıda otopark bulunmaması ve mevcut otoparkların kapasite azlığı sebebi ile ihtiyaca cevap verememesi gibi nedenlerle, seyir halinde olmayan taşıtların yolları lüzumsuz işgali söz konusudur. Ayrıca park yeri ihtiyacının yeterince belirlenemediği elverişsiz durumlarda, taşıt sürücüleri zamanlarının önemli bir kısmını taşıtlarını bırakacakları yerleri arayarak geçirmektedirler. Sürücülerin kaybolan zamanlarının yanında, oluşturdukları bu “arama trafiği”, kentin genel trafiği üzerinde önemli bir yük oluşturmakta, bu da kent merkezindeki trafik problemini daha da büyük boyutlara taşımaktadır (Yardımcı ve Okubay, 2009; Shoup, 2006).

Bu noktadan hareketle, otopark problemi; **“taşıt sürücülerinin, kent içi ulaşım sisteminde, park yeri ihtiyacının karşılanamaması sonucu ortaya çıkan trafik dolaşım (TD) problemi ve doğurduğu olumsuz etkiler”** olarak tanımlanabilir (Yardımcı ve Okubay, 2009).

Günümüzde otopark problemleri genelde ek tesis oluşturularak çözülmekte ya da park yönetimi stratejileri ile kapasite artırılarak çözülmeye çalışılmaktadır. Genelde gelişmekte olan ve çarpık kentleşmenin yaşandığı ülkelerde ek tesis yapımı öncelikli tercih edilen yoldur. Park yönetim stratejileri ise daha modern ve daha yenilikçi adımlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yol kenarı otoparklanma stratejileri ve ücretlendirme sistemi trafik planlama, dolaşım ve trafik atama çalışmalarını doğrudan etkileyen bir kapsama sahip olup, otopark etütlerinin tekniğine uygun olarak yapılmasını gerektirmektedir. Otoparkların çeşitlere ayrılması ve kullanım oranları ile birlikte tespit edilmesi, kent trafiği ve alışkanlıklar hakkında önemli ipuçları içermektedir. Otopark etütlerinde parametre olarak kullanılan faktörler aşağıda verilmiştir:

- *Otopark tesislerinin envanteri:* Otopark tesislerinin tipi, otopark çalışma saatleri ve varsa limiti, otopark sahipliği (kamu, özel), otopark ücreti ve toplama yöntemi, kullanım kısıtları (belli kişiler, kurum, kuruluş), diğer kısıtlar (otobüs durakları, yükleme ve boşaltma bölgeleri, v.b.) ve geçici veya kalıcı olma özellikleri çıkarılmalıdır.
- *Otoparklarda, araçların park süreleri, sayıları ve devir sayıları:* Araçların otoparkta toplanmaları, haftanın belli gün ve saatlerinde yapılmaktadır. Saatlik veya 2 saatlik esasa göre 06.00 ile 24.00 arasında yapılır. Ölçüm süresi park süresine bağlıdır. Park süresi 1 saat ise her 20 dakikada bir, 2 saat ise 30 dakikada bir yapılır. Devir süresi farklı plakaya sahip araçların sayısının, otopark kapasitesine bölümü ile ölçülür. Elektronik veriler kullanılarak da bunlar elde edilebilir.
- *Otopark gereksinimini ortaya koyan faktörler:* Taşıt sahipliği oranı, kentin arazi kullanım yapısı, alışveriş merkezleri, aktarma istasyonları, iş merkezleri, okullar ve hastaneler gibi alanlar otopark gereksinimini ortaya çıkaran faktörler olarak sıralanabilir.

Çalışmanın konusu olan *yol kenarı parkı*, aracın yol içinde, kaldırımlar kenarında park etmesi olarak tanımlanabilir. Şekil 1’de verilen park durumuna “kaldırım kenarı parkı” da denilmektedir (Karaşahin, 2015).



Şekil 1. Yol kenarı otopark durumu

***Yol kenarı parklanmanın minimum ölçüleri:*** Otopark genişliği bordürden itibaren minimum 1,7 metre olarak alınır. İster yatay, ister dikey isterse açılı park şekli uygulansın, bir araç için uzunluk ortalama 4,5 m alınarak park eden araçtan sonraki net yol genişliği (Özdirim, 1994):

- Ana caddelerde Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) 500 araç/gün ise, 6-7 m,
- YOGT 2000-500 araç/gün ise, 5-6 m,
- YOGT 500-2000 araç-gün ise, 4,5-5 m, ölçütleri kullanılarak bulunur.

***Yol kenarı parklanmaya ait kanun, yönetmelik ve standart:*** 3194 sayılı İmar Kanunu hükümlerine dayanılarak hazırlanan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'nin 4. maddesinde “Bu yönetmelik esaslarına göre yapılacak bütün yapılarda, plan, fen, sağlık ve çevre şartları ile ilgili diğer kanun, tüzük ve yönetmelik hükümlerine ve Türk Standartları Enstitüsü 10551 tarafından belirlenmiş standartlara uyulması zorunludur” denilmektedir.

3194 Sayılı İmar Kanunu, Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'nin 4. maddesi ve TS 10551'e göre, yol kenarı otoparkı, yoldaki trafik dolaşımını bozmayacak şekilde, iki yönlü trafikte en az 3 şeritli yolda ve bir kenarda, büyük şehirlerdeki merkezi iş alanlarında bir yönde en az yine 3 şeridi olan geniş yol kesimlerinde yapılabilir.

## **Yol Kenarı Otopark Fiyatlandırma ve Politikası**

Stratejik olarak, kent merkezlerine uzak yerlerdeki otoparklarda uzun süreli ve daha düşük ücretli parka izin verilebilirken, merkeze yakın yerlerdeki yol kenarı parklarda ve park etmenin “trafik dolaşımını” etkilemediği yerlerde kısa süreli park edenler için talebi azaltmak ve park yeri devir sayısını artırmak amacıyla otopark ücretleri pahalı tutulmalıdır. Böylece park yerinin uzun süre bir kişi için dolu kalması önlenmeye çalışılmalı ve otoparkların daha fazla kişiye hizmet etmesi sağlanmalıdır. Otopark fiyat politikasının belirlenip uygulanması ile merkeze gelen araçların bu bölgedeki yolların kapasitesini aşmamaları deneme-yanılma metotları ile sağlanmalıdır. Gerekğinde de fiyatlar azaltılıp çoğaltılmalıdır.

Otoparkların kontrolü için üç yöntem kullanılabilir;

1. Park süresini aşanlara ceza uygulaması,
2. Aracı çekirme. Bu yöntem hem zor hem de idare yönünden pahalıdır.
3. Birçok ülkenin uyguladığı, ucuz ve etkili yöntem olan aracı kilitleme.

Kentlerin sıkışık merkezlerine kalabalık saatlerde gelen araçların mümkün olduğunca sayılarını kısıtlamak için, içinde birden fazla yolcusu olanlara merkez yakınındaki otoparklarda özel yer ayrılması, işyerleri sahipleri için normal yürüme mesafesindeki yerlerde ucuz fiyatlarla park etmelerine imkan verecek kapasiteler yaratılması, boş park yerlerinin hangi garajlarda olduğunun bildirilmesi için sistemler geliştirilmiştir. Böylece sürücülerin park yeri bulma amacı ile dolaşım trafiği sıkıştırmaları önlenmiş olmaktadır. Bundan başka, park yerlerinin çok iyi işaretlenip sürücülerin buralara yönlendirilmesi gereklidir (Haldenbilen ve diğ, 1999). Ayrıca, kent merkezi dışından gelenlerin merkez bölgeyi doldurmalarını önlemek için merkeze gelişlerin hızlı, ekonomik ve rahat toplu taşımayla yapılmasının özendirilmesi esas amaç olmalıdır.

Yukarıda belirtildiği üzere, bölgesel özellikler göz önüne alınarak hazırlanan park politikalarının ve stratejilerinin başarıya ulaşabilmesi için etkin bir planlama ve kontrol mekanizmasının, ayrıca eğitimin gerekliliği tartışılmaz bir konudur. Ayrıca, trafiği

olumsuz yönde etkileyen taşıtlar için park politikalarının hazırlanması genel ulaşım planı içinde önemli yer tutmaktadır. Özellikle araç sahipliğinin fazla olduğu kentlerde park politikaları, yeterli örneklemeler üzerinde yapılan etütler doğrultusunda dikkatlice hazırlanmalı ve tavizsiz uygulanmalıdır.

İster yerel, ister bölgesel otopark plan ve çalışmalarının yapılabilmesi için, çalışma bölgesinde bulunan ve/veya tahmin edilen araçlara bağlı olarak otopark talebinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, en küçük bölgesel idari birim mahalle sınırları olduğu için bu çalışmada, mahalle bazlı otopark talebi belirlemiş ve buna bağlı stratejiler oluşturulmuştur.

Otopark talebi Denklem (1) yardımıyla mahalle bazlı hesaplanabilir.

$$P = \frac{E}{k.D} \quad (1)$$

Burada,  $P$  mahalle bazındaki otopark talebini,  $E$ , mahalle nüfusunu,  $D$ , bir araca kaç nüfus düştüğünü ve  $k$  yöresel katsayıyı ifade etmektedir.  $k$  yöresel katsayı için Almanya ölçütlerine göre, kentteki her 5-8 otomobile karşı kent merkezinde bir otopark yeri düşünülmektedir (Özdirim, 1994). Ancak günümüzde bu rakamları kullanırken ihtiyat payı bırakılmalıdır.

## Süleymanpaşa İlçesi Otopark Durumu ve Analizi

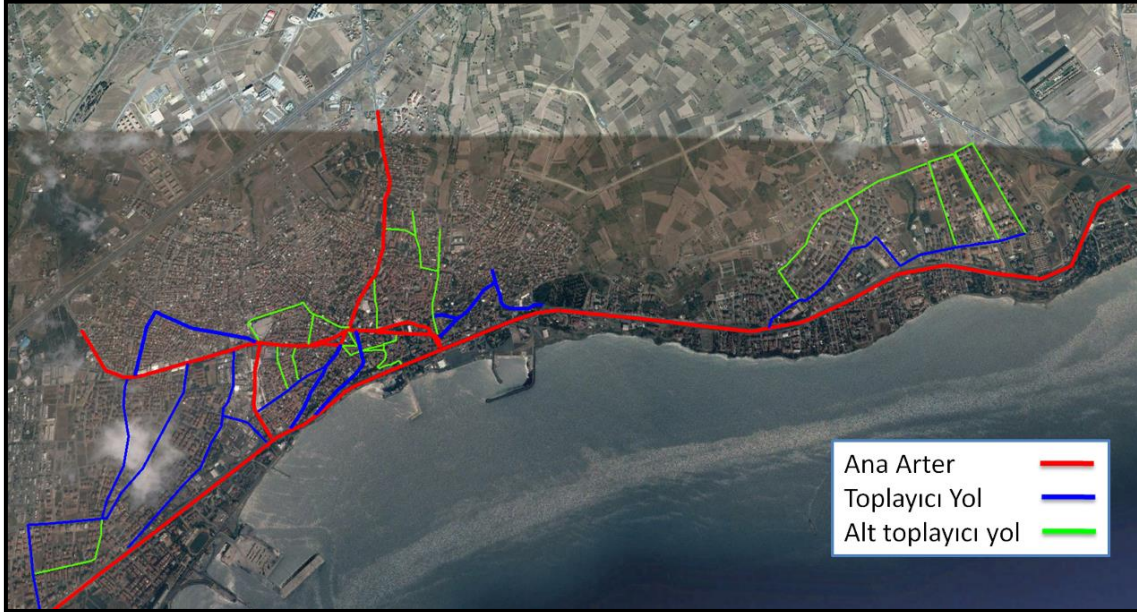
Tekirdağ'ın 11 ilçesinden biri olan Süleymanpaşa İlçesi sahil kenarında olması, pek çok yerinde eski kent dokusunun yaşaması, nedeniyle, ulaşım problemlerine dayalı otopark sorunları bu noktalarda yoğun olarak yaşanmaktadır. Kentin Hükümet Caddesi etrafında ve Tekira AVM gibi hem sosyal merkez hem de iş merkezleri barındıran bölgelerinde artık çözümler tükenme noktasına gelmiştir. Parklanma süresinin uzun ve yol kenarı paklanmalarının yüksek oranda olduğu bu tarz merkezlerde yeraltı otoparkları gibi kullanışların sahile yakınlığı sebebiyle uygulanabilirlikleri zor olmaktadır. Diğer yandan yapılan tesisler park talebini belli bir süre karşılamakta ve sonra talebin rahatlamasıyla tekrar artışa girmesi sonucu aynı sıkıntılar yeniden yaşanmaya başlamaktadır.

Artan otopark talebi ile birlikte Süleymanpaşa'nın yapılaşmasını tamamlamış bölgelerinde belediyelerin düzenleme yapmaları zorlaşmakta; özellikle park ve rekreasyon alanları gibi yeşil alanların üzerlerinde istenmeyen baskılar oluşmaktadır. Bu durum bile başlı başına büyük bir sorun olup, yol kenarı parkına sebebiyet vermekte ve kent içi trafik akışını önemli ölçüde yavaşlatmaktadır. Özellikle zirve saatlerde merkez trafiği hızla artmakta ve çevre ilçelerin hem kendi merkezlerine kendi içerisinden trafik akışı hem de çevre ilçelerden kent merkezlerine trafik akışı başlamaktadır. Şekil 2'de Süleymanpaşa İlçesi Otopark Etütleri çalışmasının altlık paftası verilmiştir.

Süleymanpaşa ilçesinin iş alanlarının yoğun olduğu alt merkezlerinde ve bu bölgelerin ana arterlerinde yol kenarı parkları engellenmek istendiği halde; otopark sorunu en yüksek seviyededir (TDS Projesi, 2015). Bölgenin ara sokaklarında yoğun olarak görülen yol kenarı parkları trafiği yavaşlatmaktadır. Yol kenarı parklarının çok yüksek olması yol dışı parklarının ve tesis parklarının talebi tam olarak karşılayamadığının



göstergesidir. Bunun yanında otopark kullanım alışkanlığı da trafiği yavaşlatan etkenlerin başında gelmektedir.

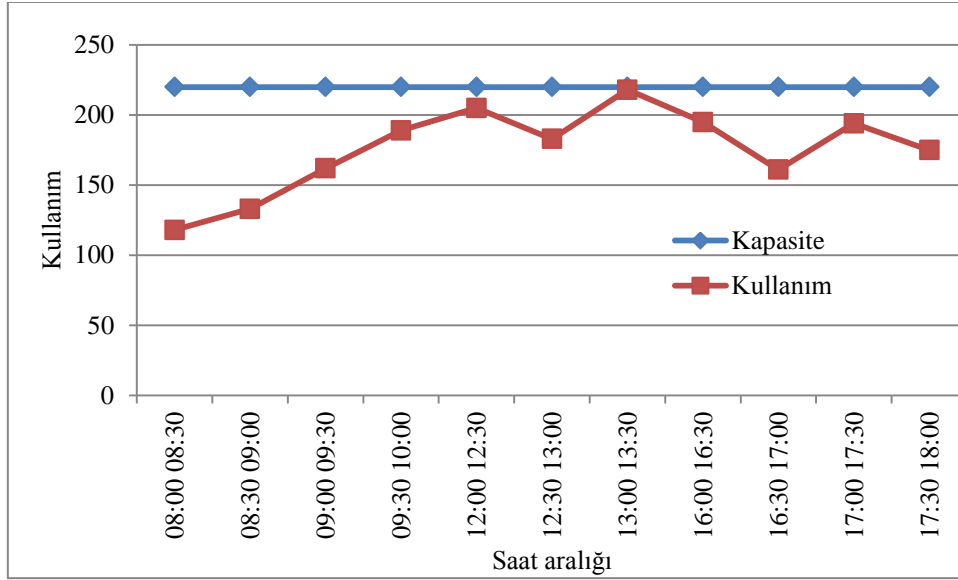


Şekil 2.Süleymanpaşa ilçesi otopark sayım alanları

Şekil 2’de yol kenarı parkları sarı renkte ve vektörel olarak gösterilmiştir. Kırmızı park simgesi kamu kurumlarının bahçelerinde veya kullanım alanlarındaki park alanlarını, mavi park simgesi özel otopark alanlarını, mor park simgesi toplu konutların veya komşuluk birimlerinin ortak veya özel kullanımında olan parsel içi park alanlarını ve yeşil park simgesi ise işletmelere ait olarak kullanılan park alanlarını temsil etmektedir. Şekil 2’de aynı zamanda Süleymanpaşa İlçesi sınırları içerisinde yapılan çalışmanın genel gösterimi verilmiştir.

Şekil 3’te Süleymanpaşa ilçesinin en yoğun caddesi olan Hükümet Caddesi’ndeki yol kenarı otopark kapasitesi ve kullanım durumu verilmiştir. Sayım yapılan, yol kenarlarında, otopark kapasitesi belirlenirken, TS 10551’de verilen minimum standartlar kullanılmıştır. Bu caddede kapasite kullanım oranı %100’ün altındadır. Tablo 1’de ise bu cadde etrafındaki yol kenarı otoparklanma durumu verilmiştir. Tablo 1’den görülebileceği üzere, Hükümet ve bağlayan caddelerinde otopark kullanım oranı ortalama olarak %90’ları aşmaktadır. Ayrıca, bazı caddelerde belirli saatlerde, otopark kullanım oranı %100’ü aşmakta olup bunun nedeni kısaca illegal ve çift sıra park olarak açıklanabilir.

**Otopark talebi** genelde kentin imar durumuna göre tek evler, sıra evler, dükkanlar, idari binalar, hastaneler, toplantı yerleri ve tiyatrolara göre belirlenir. Almanya ölçülerine göre kentteki her 5-8 otomobile karşı kent merkezinde bir otopark yeri düşünülür. Kent merkezinde yeni yapılacak otoparklarda gelecekteki talebin de tahmini yapılır. Bu konudaki Batı Almanya kriterleri 30-35 senelik bir projeksiyonu öngörmekte olup bu projeksiyon aralığı Türkiye’deki plan hedefleri ve projeksiyonları ile benzerlik taşımaktadır. Aynı zamanda Almanya’nın nüfus büyüklüğü açısından Türkiye ile en yakın olan Avrupa ülkelerinden birisi olması ve Süleymanpaşa’nın demografik özellikleri bakımından Türkiye’nin Avrupa ile benzeşen bölgelerinde yer alması nedeniyle bu dağıtım oranının Türkiye’nin batı illeri için kullanılabilirliği kabul edilebilir.

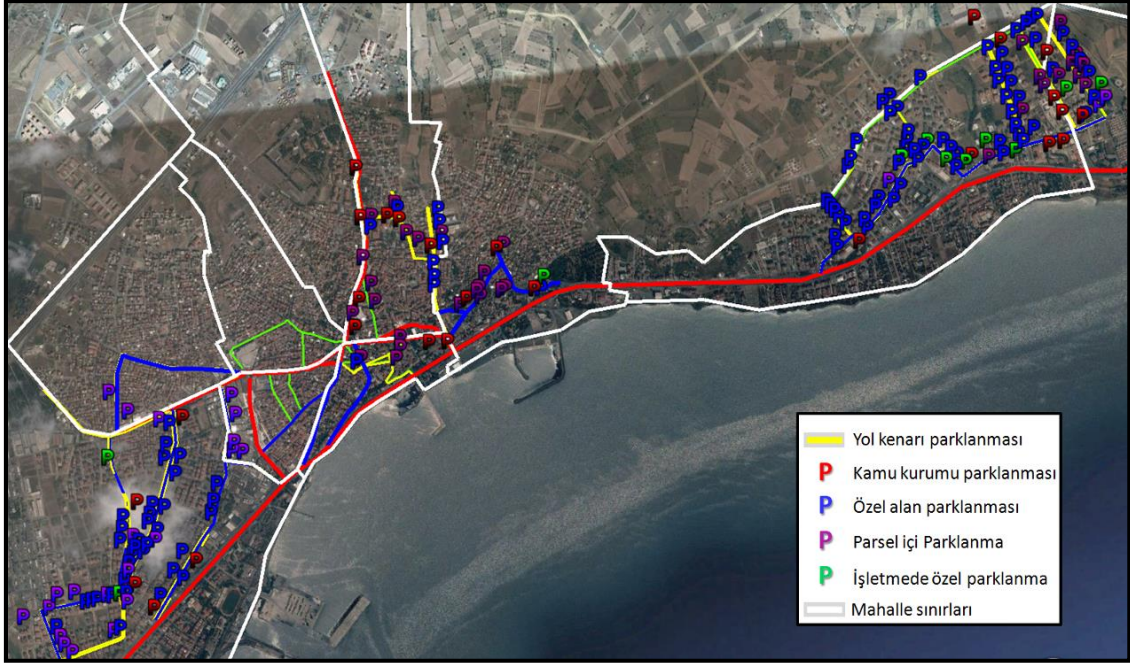


Şekil 3. Kentin en yoğun caddesindeki yol kenarı otopark kullanımı

Tablo 1. Hükümet Caddesi etrafındaki cadde ve sokaklardaki yol kenarı otopark durumu

Saat Dilimi	Sayım yapılan cadde ve sokak ismi	Yol kenarı		Kapasite kullanım Oranları (%)
		Kapasite	Kullanım	
08:30-09:00	Demir Sk.	13	8	62
	Peştemalci Cd.	10	5	50
	Mimar Sinan Cd.	45	25	56
09:30-10:00	Demir Sk.	13	12	92
	Peştemalci Cd.	10	7	70
	Mimar Sinan Cd.	45	40	89
12:30-13:00	Demir Sk.	13	13	100
	Peştemalci Cd.	10	10	100
	Mimar Sinan Cd.	45	50	111
16:30-17:00	Demir Sk.	13	12	92
	Peştemalci Cd.	7	8	114
	Mimar Sinan Cd.	45	52	116
17:30-18:00	Demir Sk.	13	15	115
	Peştemalci Cd.	10	12	120
	Mimar Sinan Cd.	45	35	78

Almanya ölçütlerine göre hesaplanan toplam otopark talebi kent merkezi mahalleleri (zon) arasında ağırlıklandırılarak dağıtılabılır. Bu dağıtımla birlikte Süleymanpaşa ilçesinin önemli mahallelerinin toplam park talebi nüfusa göre hesaplanarak, mahallelerin merkezi bölgelerindeki park yeri talebi belirlenmiştir. Mahallelerin merkezi bölgelerinde yapılan otopark sayımları, hesaplanan otopark talebi ile karşılaştırılarak zon bazında park ihtiyacı tespit edilmiştir. Tablo 2’de mahalle bazında ortalama otopark talebi verilmiştir.



Şekil 3. Süleymanpaşa parklanma sayım alanları ve türleri için genel harita

Tablo 2. Mahalle bazında ortalama otopark talepleri ve ihtiyaçları (araç/gün)

Mahalle	Nüfus (kişi)	Merkezdeki Park Talebi (8 araç için)	Sayımla belirlenen otopark kapasitesi (araç)	İhtiyaç (araç)
Hürriyet Mahallesi	21476	2685	3625	940
100.yıl Mahallesi	29525	3691	2667	-1024
Yavuz Mahallesi	8562	1070	836	-234
Gündoğdu Turgut Mahallesi	17386	2173	700	-1473
Eskicami-Ortami Mahallesi	13436	1680	807	-873
Ertuğrul Mahallesi	3508	439	765	326
Aydoğdu Mahallesi	12122	1515	210	-1305
Çınarlı Mahallesi	21684	2711	200	-2511
<b>TOPLAM</b>	<b>127699</b>	<b>15962</b>	<b>9810</b>	<b>-6152</b>

Tablo 2’den görülebileceği üzere, Hürriyet ve Ertuğrul mahalleleri hariç 6 mahallede hesaplanan otopark talebi ile sayımla belirlenen otopark kapasitesi arasında önemli fark olduğundan, ek otopark kapasitesine ihtiyaç olduğu bulunmuştur. Tablo 2’nin son sütununda bulunan negatif değerler araç cinsinden otopark ihtiyacını belirtmektedir. Kentin merkezi caddelerinde yapılan sayımlarda, yol kenarı otopark kullanım oranının %90’ın üzerinde olduğu bulunmuş olduğundan, otopark fiyatlandırma stratejilerinin uygulanması gerekliliği ortadadır. Bu kapsamda, 3194 Sayılı İmar Kanunu ile TS 10551 sayılı otopark standartları dikkate alındığında örnek olarak hazırlanan yol kenarı otoparklanma stratejileri aşağıda verilmiştir.

Yol kenarı parklarının uygunluğunun belirlenmesinde yol genişliği sadece tek kısıt olarak değerlendirilmemeli, yolun geniş olduğu çeşitli durumlarda yol güvenliği, trafik hızı ve parkların “trafik dolaşımı”na olan etkileri de göz önüne alınarak değerlendirme yapılmalıdır. Bu kapsamda yapılan çalışmada, Tablo 3’te yol genişliği açısından uygun olmasına rağmen, trafik özellikleri açısından yol kenarı parkına uygun olmayan caddelere ait örnek verilmiştir.

Tablo 3. Yol genişliği açısından uygun olup trafik güvenliği ve dolaşımı açısından uygun olmayan caddeler

Cadde	Yol Kenarı		Parklanmaya uygunluk		Yol genişliği (m)
	Kapasite	Kullanım	Uygun	Uygun Değil	
Ekrem Tanti Cd.	246	96		X	12m
Mumcu Çeşme Cd.	109	53		X	8m
Adnan Kahveci Sk.	85	42		X	9m
Yıldırım Sk.	40	10		X	12m
Sanayi Cd.	40	16		X	12m

Hem yol genişliği hem de sayımlar sonucu yol kenarı parkının trafik dolaşımına etkisi olmayan örnek bir çalışma Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Yol genişliği, trafik güvenliği ve trafik dolaşımı açısından yol kenarı parkına uygun olan caddeler

Cadde	Yol Kenarı		Parklanmaya Uygunluk		Yol genişliği (m)
	Kapasite	Kullanım	Uygun	Uygun Değil	
Lise Cd.	65	46	X (tek taraflı otopark)		9m
Ruşen Güneş Sk.	60	41	X (çift taraflı otopark)		12m
Soysal Sk.	86	87	X (çift taraflı otopark)		15m
Evliya Çelebi Cd.	88	57	X (tek taraflı otopark)		9m
Fethiye Sk.	25	23	X (tek taraflı otopark)		9m
Hükümet Cd.	220	189	X (tek taraflı otopark)		9m
Mimar Sinan Cd.	45	40	X (tek taraflı otopark)		8m

## Sonuçlar

Bu çalışmada, kentiçi problemlerin başında gelen parklanmalar ile ilgili olarak park yönetim stratejilerinden ücretlendirme üzerinde durulmuş ve örnek bir otopark etüdü yapılmıştır. Çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Araç sahipliğinin mevcut ve gelecekteki durumu dikkate alınarak otopark gereksiniminin düzenli olarak belirlenmesi gerekmektedir.
- Otopark etütleri talebin belirlenmesi ve düzenli otopark alanlarının gereksinimlere göre zamanla artırılması gerekmektedir.
- Düzenli otoparkların mevcut şekliyle kullanım oranlarının artırılması için bir takım teşviklerle ücretlendirme stratejilerinin geliştirilmesi (Örneğin; saate bağlı ücretlendirme vb.) gerekmektedir.
- Park yeri ve saatlerini belirleyen açıklayıcı düzenlemeler yapılmak suretiyle, belirgin bölgelerde (zorunlu bölgeler) yol kenarı otoparklarının oluşturulması gerekmektedir.
- Cezai yaptırımlarla kaldırım üstü otopark kullanımının kesinlikle yasaklanması gerekmektedir.
- Alışveriş merkezlerinde farklı ölçekli (örneğin kullanım alan büyüklüğüne bağlı) otopark zorunluluğunun mutlaka getirilmesi gerekmektedir.

- Otopark ücretlendirme sistemi için alınan İTK ve/veya UKOME kararlarının bu bildiriye sunulduğu üzere teknik çalışmalar yapılmadan ve imar planlarına işlenmeden alınmaması gerekmektedir.
- Otopark ücretlendirme sistemlerinin yol kenarı parklarında, adil ve eşit kullanım sağladığı, kapasite artışına neden olduğu, yol geometrisinin uygun olduğu yollarda trafik dolaşımını etkilemediği bulunmuştur. Ayrıca, yol geometrisinin uygun olması durumunda bile yol kenarı park yapılmaması gereken cadde ve sokakların da olduğu belirlenmiştir.
- Süleymanpaşa ilçe merkezinde 6000 taşıt/günlük bir otopark ihtiyacı olduğu, konu ile ilgili olarak yer seçimlerinin yapılması gerekliliği ortaya konmuştur.

## Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler; Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi ile Pamukkale Üniversitesi arasında “**Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi Genelinde Trafik Düzenleme ve Sirkülasyon Projeleri İle Yol Ve Kavşak Ön Projelerinin Hazırlanması**” başlıklı Ortak Hizmet Projesi İş kapsamında yapılan çalışmadan alınmıştır. Bu kapsamda Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi’ne teşekkür ederiz.

## Kaynakça

Haldenbilen S., Murat Y. Ş., Baykan N., ve Meriç N. (1999) Kentlerde Otopark Sorunu: Denizli Örneği, Mühendislik Bilimleri Dergisi 5 (2-3), pp.1099-1108.

Litman T., (2008) Parking Management Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute, [http://www.vtpi.org/park\\_man.pdf](http://www.vtpi.org/park_man.pdf).

Karavaşin, M, (2015) Parking Surveys, <http://muhendislik.istanbul.edu.tr/insaat/wp-content/uploads/2015/11/Hafta-4-Parking-surveys.pdf>

Özdirim, M, (1994) Trafik Mühendisliği Cilt-2, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Shoup, D.C. (2006) *Cruising for Parking*. Transport Policy 13, pp. 479–486.

TS 10551 (1992) Türk Standardı, Aralık 1992.

TDS, (2015) Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi Genelinde Trafik Düzenleme Ve Sirkülasyon Projeleri İle Yol ve Kavşak Ön Projelerinin Hazırlanması” Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi, Tekirdağ.

Yardım M.S., Okubay M., (2009) *Bölgesel Otopark Yönetimi ve Eminönü Bölgesi İçin Bir Öneri*.8.Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Bildiriler Kitabı, s:333-345, 30 Eylül/1-2 Ekim.



# Sürücüsüz Taşıtların Katıldığı Trafik Akım Koşullarının Modellenmesi

## **Ecem Şentürk Berktaş**

Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, Tınaztepe Kampüsü, 35160  
Buca/İZMİR  
Tel: (543) 936 20 70  
E-Posta: ecem.senturk@gmail.com

## **Serhan Tanyel**

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca/İZMİR  
Tel: (232) 301 70 18  
E-Posta: serhan.tanyel@deu.edu.tr

## **Öz**

Bu çalışmada, insan sürücüler ve otonom araçlardan oluşan karma bir sistemde trafik akım karakteristiklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bu alandaki teknolojik ve altyapısal yatırımların uygulanabilirliğinin zaman alacağı öngörülürse, tamamen otonom araçlardan oluşan bir sistem yerine otonom araçların ve insan sürücülerin kullandığı araçların birlikte ele alındığı bir sistemin incelenmesinin araştırmayı daha gerçekçi sonuçlara ulaştıracağı düşünülmüştür. Çalışmada otonom araçların buldukları ortamda hem araçlar arası iletişimin (V2V: Vehicle to vehicle) hem de araçların çevreyle ve altyapıyla iletişimlerinin (V2I: Vehicle to intersection) olmadığı kabul edilmiştir. İnsan sürücülerin davranış karakteristikleri (tepkime süresi, hızlanma ve yavaşlama ivmeleri, vb.) arazi çalışmalarıyla toplanan verilerden edilmiş, diğer yandan otonom araçların karakteristikleri yapılan bazı kabullere dayanarak belirlenmiştir. Elde edilen tüm bu veriler kullanılarak aaSIDRA programında otonom araçların bulunduğu trafik koşulları modellenmiştir. aaSIDRA programında, farklı sürücü profillerinin davranışları ile otonom taşıtların aynı koşullardaki hareketleri, çevresel etkileri karşılaştırılmış; farklı senaryolar üretilerek otonom taşıtlar için bir eş değer otomobil birimi (EOB) katsayısı önerilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Otonom araçlar, Trafik akım karakteristikleri.

## **Giriş**

Günümüzde dünyanın bütün ülkelerinde nüfustaki ve otomobil sayılarındaki artışa bağlı olarak trafik sıkışıklığı problemiyle karşı karşıya gelinmektedir. Bu durum önemli miktarda zaman ve enerji kaybına neden olmakla birlikte, ölümlü ve kalıcı sakatlıkla sonuçlanan kaza oranlarının da giderek arttığı gözlemlenmektedir. Sürücü davranış hatalarının trafik kazalarına neden olan en büyük unsur olduğu bilinmektedir. Teknolojideki gelişmeler sayesinde, trafik kazalarında insan hatalarını azaltmak amacıyla, araç asistanı, sürüş destek sistemleri gibi yeniliklerle otomobil sektörü geliştirilmektedir. Yakın gelecekte sürücüsüz araçların insan sürücülerle birlikte trafikte kendilerine yer edinmeleri beklenmektedir.

Otonom araç, insan sürücü müdahalesi ve uzaktan kumanda olmaksızın, aracı bir noktadan diğer bir noktaya ulaştırabilen taşıt olarak tanımlanabilir. Otonom araçların

trafikteki kimi tehlikeli durumları insanlara oranla daha hızlı fark edebilecekleri ve daha hızlı tepkime gösterebilecekleri düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak otoyol ve kavşak kapasitelerinin artması, kaza sayılarının azalması, zaman, yakıt ve enerji verimliliğinin artması vb. kazanımların elde edilmesi beklenmektedir (Noor ve Beiker, 2013).

Society of Automotive Engineers (SAE) 2016 yılında araçların otomasyon seviyelerini 0'dan 5'e kadar sınıflandıran bir standart yayınlamıştır (Li ve diğ., 2014). Bu standart otonom araçlar konusunda yapılmış veya yapılması planlanan yasaları, politikaları ve şartnameleri düzenlemede yararlı bir çerçeve oluşturmaktadır. Burada seviye 0; aracın hiçbir otonom özellik göstermediği, seviye 5 ise; aracın hiç insan müdahalesine gerek duymadan yolculuk yapabildiği durumu tanımlamaktadır.

Daha önce otonom araçların trafik akımına etkisi üzerine yapılmış olan çalışmalar; otoyol üzerindeki trafik akımının incelendiği (Kanaris ve diğ., 1997; Vander Werf ve diğ., 2002; Van Arem ve diğ., 2006; Kesting ve diğ., 2008) ve kavşak üzerindeki trafik akımının incelendiği (Dresner ve Stone, 2008; Li ve diğ., 2013; Le Vine ve diğ., 2015) çalışmalar olarak iki ana grupta toplanabilir.

İkinci gruptaki araştırmaların bir bölümü geleneksel sinyal kontrol sistemleri ile kavşak başarımı üzerine (Le Vine ve diğ., 2015), diğer bir bölümü ise sanal trafik ışıklarıyla beraber araçlar arası iletişimli V2V (Ferreira ve d'Orey, 2012; Sinha ve diğ., 2013) veya araç-altyapı arası iletişimli V2I (Li ve diğ., 2013; Dresner ve Stone, 2008) ortamlardaki kavşak başarımı üzerine çalışmışlardır. Bunların yanında kapasiteyi artırıp arttırmadığını görmek için otonom araçlarla yapılan çalışmalar (Kanaris ve diğ., 1997; Vander Werf ve diğ., 2002; Milakis ve diğ., 2015) veya ışıklı olmayan kavşaklarda otonom araçların hızlarının ve kavşaktan geçiş sürelerinin optimizasyonu üzerine yapılmış çalışmalar (Dresner ve Stone, 2004) da vardır.

Bu çalışmada, insan sürücüler ve otonom araçlardan oluşan, karma bir sistemde trafik akım karakteristiklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Arazi çalışmalarından toplanan verilerden elde edilmiş insan sürücülerin davranış karakteristikleri ile bazı kabullere dayanarak belirlenmiş olan otonom araçların davranış karakteristiklerini karşılaştırmak amacıyla aaSIDRA programında oluşturulan senaryolar yardımıyla bazı modellemeler yapılmıştır.

## **İzmir'de Sürücü Davranışı Özellikleri**

Dünyada yapılan çalışmalar, sürücü karakteristiklerinin (yaş, cinsiyet, öğrenim durumu v.b.) kavşak ve yol kapasitesi üzerinde büyük önem taşıdığını göstermektedir. Bir sinyalizasyon sisteminin başarısı tamamen sistemi kullanan sürücü ve yayaların davranış özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanması, buna bağlı olarak trafik yönetim ve kavşak tasarım ilkelerinin belirlenmesi ve bu ilkeler doğrultusunda sürücü/yayaların bilgilendirilmesine ve sistemin bu bilgiler ışığında doğru kullanılmasına bağlıdır.

Çalışmada, İzmir kentinde araç kullanan 23-66 yaş aralığında, kendi aracı olan ya da kendisi adına tahsis edilmiş bir aracı kullanan, en az bir yıl boyunca haftada en az iki kere kendi aracı ile yolculuk yapmış ve en az 5000 km araç kullanmış, dördü kadın 15 (on beş) gönüllü sürücü ile görüşülmüş; sürücülerin araçlarına JANUS araç içi kamera



yerleştirilerek kendi araçları içinde ve sürekli kullandıkları güzergahlar üzerindeki hareketleri kaydedilmiştir. Gönüllü sürücülere ait bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1** Gönüllü Sürücülere Ait Bilgiler

Gönüllü Sürücü No	Yaş	Eğitim Durumu	Meslek	Gelir (TL)	Cinsiyet
1	39	Üniversite	Memur	4001 ve üstü	Erkek
2	40	Üniversite	Diğer	4001 ve üstü	Erkek
3	23	Üniversite	Öğrenci	4001 ve üstü	Kadın
4	29	Üniversite	Memur	2001-3000	Erkek
5	47	Üniversite	Memur	4001 ve üstü	Erkek
6	55	Üniversite	Diğer	4001 ve üstü	Erkek
7	46	Lise	Diğer	4001 ve üstü	Erkek
8	35	Üniversite	Memur	4001 ve üstü	Erkek
9	27	Ortaokul	İşçi	1001-2000	Erkek
10	33	Üniversite	Memur	3001-4000	Erkek
11	44	Üniversite	Diğer	4001 ve üstü	Kadın
12	36	Üniversite	Memur	3001-4000	Kadın
13	43	Üniversite	Ev Hanımı	3001-4000	Kadın
14	66	Üniversite	Memur	4001 ve üstü	Erkek
15	34	Üniversite	Memur	4001 ve üstü	Erkek

Yapılan çalışmalar, genellikle sürücülerin yavaşlama ivme değerlerinin, hızlanma ivme değerlerinden yüksek olduğunu göstermiştir. Tablo 2’de yavaşlama, Tablo 3’te ise hızlanma ivmeleri üzerine yapılmış olan çalışmalardan örnekler verilmiştir (Kamalanathsharma, 2013).

**Tablo 2** Yavaşlama İvmesi Değerleri

Yazar	ITE (Trafik Mühendisliği El Kitabı)	Gazis v.d.	Williams	Parsonson ve Santiago	Wortman ve Matthias	Chang v.d.	Ihab v.d.
Yıl	2009	1960	1977	1980	1983	1985	2007
Değer	3 m/sn <sup>2</sup>	4,9 m/sn <sup>2</sup>	2,95 m/sn <sup>2</sup>	3 m/sn <sup>2</sup>	2,1-4,2 m/sn <sup>2</sup>	2,9 m/sn <sup>2</sup>	3,27 m/sn <sup>2</sup>

**Tablo 3** Hızlanma İvmesi Değerleri

Yazar	ITE (Trafik Mühendisleri El Kitabı)	Loutzehheizer	NCHRP Report 383	Long	Bham ve Benekohal
Yıl	2009	1937	1996	2000	2001
Değer	1,48 m/sn <sup>2</sup>	Maks. 1,74 m/sn <sup>2</sup>	1,5 m/sn <sup>2</sup>	1,45 m/sn <sup>2</sup>	1,43-0,83 m/sn <sup>2</sup>

Sürücüler farklı trafik koşulları altında farklı hızlanma ve yavaşlama ivmelerine sahip olabilirler. Ancak davranış özellikleri, bu hızlanma ve yavaşlama ivmelerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Akçelik (2011), SIDRA Trip 1.1 programında 5 (beş) farklı sürücü tipi ve bu 5 sürücü için de Tablo 4’teki kalibrasyon parametrelerini önermiştir.

**Tablo 4** Hızlanma ve Yavaşlama İvmesi Kalibrasyon Parametreleri

Sürücü Tipi	Çok				Çok
	Yavaş	Yavaş	Normal	Saldırgan	Saldırgan
<b>Hızlanma İvmesi Kalibrasyon Parametresi</b>	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
<b>Yavaşlama İvmesi Kalibrasyon Parametresi</b>	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20

Akçelik ve Besley (2001)'in önerdiği 1 ve 2 bağıntıları yardımıyla, sürücülerin yolculuklarından elde edilmiş olan hızlanma ve yavaşlama ivmeleri kullanılarak yolculuklara ait "f<sub>a</sub> ve f<sub>d</sub>" değerleri hesaplanmıştır. Burada, a<sub>hızlanma</sub>, hızlanma ivmesini (m/sn<sup>2</sup>), a<sub>yavaşlama</sub>, yavaşlama ivmesini (m/sn<sup>2</sup>), V<sub>f</sub>, aracın son hızını (km/saat), V<sub>i</sub>, aracın ilk hızını (km/saat), f<sub>a</sub>, hızlanma ivmesi kalibrasyon parametresini, f<sub>d</sub>, yavaşlama ivmesi kalibrasyon parametresini ifade etmektedir. p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, ve p<sub>3</sub> bağıntı katsayıları olup, aldıkları değerler Tablo 5' te gösterilmiştir. f<sub>a</sub> ve f<sub>d</sub> değerlerinin ayrı ayrı ortalamaları alınarak, sürücülere ait kalibrasyon parametreleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen sürücülere ait kalibrasyon parametreleri Tablo 6' da sunulmuştur.

$$a_{hızlanma} = f_a [p_1 + p_2 (V_f + V_i)^{1/2} - p_3 V_i] / 3,6 \quad (1)$$

$$a_{yavaşlama} = f_d [p_1 + p_2 (V_i + V_f)^{1/2} - p_3 V_f] / 3,6 \quad (2)$$

**Tablo 5** p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub> Bağıntı Katsayıları

	p1	p2	p3
<b>Hızlanma İvmesi</b>	2,08	0,127	0,005
<b>Yavaşlama İvmesi</b>	1,71	0,236	0,003

**Tablo 6** Gönüllü Sürücülere Ait Kalibrasyon Parametreleri

Gönüllü Sürücü No	Kalibrasyon Katsayıları	
	Hızlanma (f <sub>a</sub> )	Yavaşlama (f <sub>d</sub> )
1	2,38	2,07
2	2,80	2,48
3	2,15	2,52
4	2,87	2,90
5	2,44	1,91
6	2,13	2,06
7	1,89	1,21
8	1,80	1,28
9	1,85	1,57
10	2,10	1,34
11	2,11	2,06
12	1,31	0,98
13	1,72	1,34
14	1,73	2,31
15	2,10	2,37

Tablo incelendiğinde dikkati çeken en önemli husus, sürücülerin genelinin hızlanma kalibrasyon parametrelerinin, yavaşlama kalibrasyon parametrelerinden daha yüksek olduğudur. Sürücülerin hızlanma ivmeleri açısından %60'ının, yavaşlama ivmeleri

açısından %53'ünün SIDRA Trip parametrelerine göre “Saldırgan” ve “Çok Saldırgan” sürücü sınıfına girdikleri belirlenmiştir.

## Otonom Araçların Karakteristikleri

1984 yılında Carnegie Mellon Üniversitesi'nde yürütülen Navlab ve ALV projeleri ve 1987'de Mercedes-Benz ve Bundeswehr Üniversitesi'nin Münih'teki Eureka Prometheus Projesi ile gerçekten otonom olan ilk araçlar ortaya çıkmaya başlamışlardır (Yetim, 2016). O zamandan beri bazı büyük şirketler ve araştırmacılar otonom araçlarla ilgili birçok çalışma yapmış ve örnekler geliştirmişlerdir.

Abraham, (2015) çalışmasında insan sürücülerin ve otonom araçların birlikte bulunduğu bir benzetim ortamı yaratılmıştır. Çalışmada insan sürücüler ile otonom araçlar arasındaki tek karakteristik farkın tepkime süresi olduğu düşünülmüş, insan sürücüler için tepkime süresi 0,8 saniye alınırken, otonom araçlar için tepkime süresi 0 (sıfır) kabul edilmiştir.

Le Vine ve diğ. (2015) araçların birbirleriyle iletişimlerinin olduğu (V2V) bir ortamda otonom araçların ışıklı kavşaklardaki kuyruk boşaltma işlemlerinin etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada tüm araçlar otonom olarak kabul edilmiş, araçların takip mesafesi 1,83m, maksimum ivmelenme değeri 1,50 m/sn<sup>2</sup>, maksimum hızları ise 13,9 m/s alınmıştır.

Li ve diğ. (2014) ışıklı bir kavşak üzerinde bütün araçların tamamen otonom olduğu, sinyal denetleyicisi ve araçlar arasında iki yönlü bir iletişime izin verilen (V2I) ortam için bir optimizasyon algoritması önermişlerdir. Çalışmada araç ve kavşak karakteristiklerine ait Tablo 7'deki değerler kabul edilmiştir.

**Tablo 7** Li ve diğ. Tarafından Kabul Edilen Araç ve Kavşak Parametreleri

Parametreler	Kabul Edilen Değerler
Maksimum Seyahat Hızı (km/saat)	56
Maksimum Hızlanma İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	1,37
Minimum Hızlanma İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	0,76
Maksimum Yavaşlama İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	3,35
Minimum Yavaşlama İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	1,83
Minimum Yeşil Süre (saniye)	4
Maksimum Yeşil Süre (saniye)	25

Çalışmada otonom araçlara ait EOB değerlerini belirleyebilmek için insan sürücülerin ve Akçelik (2000) tarafından önerilmiş olan “normal” sürücü için kabul edilmiş hızlanma ve yavaşlama kalibrasyon parametrelerinden ve hesaplanan hızlanma ve yavaşlama ivme değerlerinden yararlanılmıştır. Otonom sürücülerin hızlanma ve yavaşlama ivmeleri için Tablo 8'deki alt ve üst sınır değerleri kabulleri kabul edilmiştir. Akçelik (2011) tarafından önerilmiş olan normal sürücü kalibrasyon parametresi “1,80” için ve otonom araçlara ait üst ve alt eşik değerleri için hızlanma ve yavaşlama süreleri de hesaplanmıştır. Otonom araçlara ait sürelerin, gönüllü sürücülerin ortalama ivmelenme süreleri ile Akçelik tarafından tanımlanmış olan “normal” sürücüyeye ait sürelerle oranlanması ile EOB değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 8** Kabul Edilen Hızlanma ve Yavaşlama İvmeleri

Parametreler	Kabul Edilen Değerler
Maksimum Hızlanma İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	1,37
Minimum Hızlanma İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	0,76
Maksimum Yavaşlama İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	3,35
Minimum Yavaşlama İvmesi (m/sn <sup>2</sup> )	1,83

### Otonom Araçlara Ait Eşdeğer Otomobil Birim Değerinin İncelenmesi

Otonom araçlarla, sürücüler tarafından kullanılan araçların karma olarak kullandıkları trafik akım koşullarında genel beklenti, otonom araçların trafik güvenliğinin yanı sıra, kavşak kapasitesini de arttırıcı bir etkiye sahip oldukları yönündedir. Bu durum özellikle birbiriyle iletişimli ortam olarak ele alınan sistemde sadece araçların birbirleriyle iletişimde olduğu ve araçların çevreyle ve altyapıyla iletişiminin olduğu koşullar için geçerli olabilir. Özellikle otonom araçların tepkime sürelerinin “0” saniye olarak kabul edilmesi durumunda, ışıklı kavşak kapasitelerinin önemli oranda yükseleceği beklenebilir. Çalışkanelli v.d. (2013) tarafından yapılmış olan çalışmada, ışıklı bir kavşakta ilk sırada bekleyen sürücünün tepkime süresinin “1 saniye” olması durumunda, doymuş akım değerinin 2118 araç/saat değerine erişebileceğini göstermiştir. Özellikle ışıkta ilk sırada bekleyen aracın otonom olduğu ve başlangıç tepki süresinin “0” saniye olduğu düşünüldüğünde, doymuş akım değerinin çok büyük değerlere çıkabileceği ve kavşak kapasitesini arttırabileceği açıktır.

Ancak bu koşul, otonom araçların trafik sinyalizasyon altyapısı ve/veya diğer araçlarla haberleşebildiği ortamlar için geçerlidir. Le Vine v.d. (2015) yaptıkları çalışmada, otonom araçlarla altyapı sistemi ve diğer araçlar arasında herhangi bir haberleşme olmaması durumunda bir trafik içinde hareket eden otonom araçlar ile kavşak kapasitesinde %4~%53 arasında bir düşüş olabileceğini bulmuşlardır.

Çalışmada, otonom araçların hızlanma ivmeleri için üst eşiğin (sınırın) 1,37 m/sn<sup>2</sup>; alt eşiğin 0,76 m/sn<sup>2</sup>; yavaşlama ivmesi için ise üst eşiğin 3,35 m/sn<sup>2</sup> ve alt eşiğin, 1,83 m/sn<sup>2</sup> olduğu kabul edilmiştir. Bu kabulün detayları önceki bölümde açıklanmıştır. Bu değerlerden yararlanarak, otonom araçlar için eşdeğer otomobil birim değeri önerilmeye çalışılmıştır.

Daha önce belirtildiği gibi, çalışmada İzmir kentindeki 15 sürücüye ait hızlanma ve yavaşlama ivmeleri ile, hızlanma ve yavaşlama sürücü kalibrasyon değerleri elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak, iki ayrı senaryo önerilmiştir: İlk senaryoda, sürücülerin ışıklı bir kavşakta, durma halinden (0 km/saat’lik bir hızdan), 35~60 km/saat’lik bir hıza eriştikleri, ikinci senaryoda ise sürücülerin 35~60 km/saat’lik bir hızla hareket ederken frene basarak durdukları kabul edilmiştir.

Her iki senaryo için, Akçelik (2011) tarafından önerilmiş olan normal sürücü kalibrasyon parametresi “1,80” için ve otonom araçlara ait üst ve alt eşik değerleri için hızlanma ve yavaşlama ivmeleri ile hızlanma ve yavaşlama süreleri hesaplanmıştır. Otonom araçlara ait üst ve alt eşik değerleri kullanılarak hesaplanan süreler, gönüllü sürücülerin ortalama ivmelenme süreleri ile Akçelik tarafından tanımlanmış olan

“normal” sürücüye ait süreler oranlanarak EOB değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, Tablo 9 ile Tablo 10’da görülmektedir.

**Tablo 9** Hızlanma Sürelerine Göre EOB Değerleri

Son erişilen hız (km/saat)		Hızlanma süresi (saniye)				EOB Otonom üst	EOB Otonom alt	EOB Ortalama
		Hızlanma ivmesi (m/sn <sup>2</sup> )	Sürücülü Taşıtlar için	Otonom taşıtlar için (a=1.37 m/sn <sup>2</sup> )	Otonom taşıtlar için (a=0.76 m/sn <sup>2</sup> )			
35	Sürücü ort.	1,68	20,83	25,55	46,05	1,23	2,21	1,72
	SIDRA	1,45	24,14	25,55	46,05	1,06	1,91	1,48
40	Sürücü ort.	1,71	23,39	29,20	52,63	1,25	2,25	1,75
	SIDRA	1,48	27,03	29,20	52,63	1,08	1,95	1,51
45	Sürücü ort.	1,74	25,86	32,85	59,21	1,27	2,29	1,78
	SIDRA	1,50	30,00	32,85	59,21	1,09	1,97	1,53
50	Sürücü ort.	1,77	28,25	36,50	65,79	1,29	2,33	1,81
	SIDRA	1,52	32,89	36,50	65,79	1,11	2,00	1,55
55	Sürücü ort.	1,79	30,73	40,15	72,37	1,31	2,36	1,83
	SIDRA	1,55	35,48	40,15	72,37	1,13	2,04	1,59
60	Sürücü ort.	1,82	32,97	43,80	78,95	1,33	2,39	1,86
	SIDRA	1,57	38,22	43,80	78,95	1,15	2,07	1,61
<b>Ortalama EOB değerleri</b>							<b>Sürücü ort.</b>	<b>1,79</b>
							<b>SIDRA</b>	<b>1,55</b>

**Tablo 10** Yavaşlama Sürelerine Göre EOB Değerleri

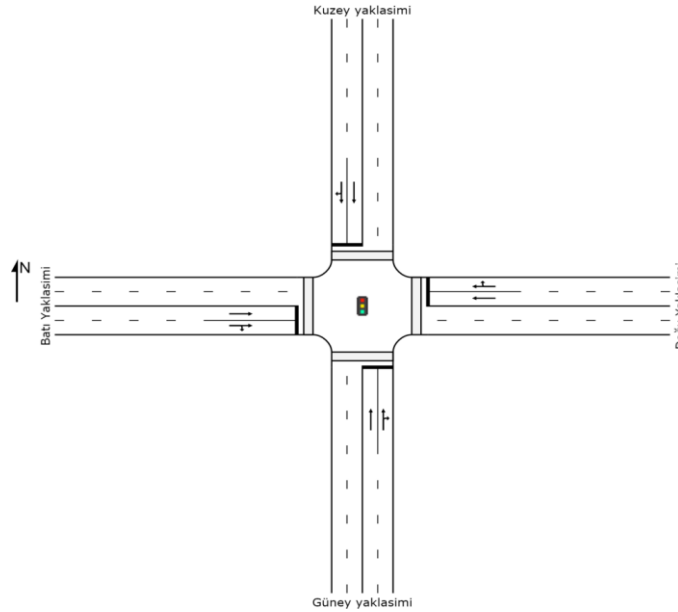
Son erişilen hız (km/saat)		Yavaşlama süresi (saniye)				EOB Otonom üst	EOB Otonom alt	EOB Ortalama
		Yavaşlama ivmesi (m/sn <sup>2</sup> )	Sürücülü Taşıtlar için	Otonom taşıtlar için (a=3.35 m/sn <sup>2</sup> )	Otonom taşıtlar için (a=1.83 m/sn <sup>2</sup> )			
35	Sürücü ort.	1,63	21,47	10,45	19,13	0,49	0,89	0,69
	SIDRA	1,55	22,58	10,45	19,13	0,46	0,85	0,65
40	Sürücü ort.	1,68	23,81	11,94	21,86	0,50	0,92	0,71
	SIDRA	1,60	25,00	11,94	21,86	0,48	0,87	0,68
45	Sürücü ort.	1,73	26,01	13,43	24,59	0,52	0,95	0,73
	SIDRA	1,65	27,27	13,43	24,59	0,49	0,90	0,70
50	Sürücü ort.	1,78	28,09	14,93	27,32	0,53	0,97	0,75
	SIDRA	1,69	29,59	14,93	27,32	0,50	0,92	0,71
55	Sürücü ort.	1,81	30,39	16,42	30,05	0,54	0,99	0,76
	SIDRA	1,73	31,79	16,42	30,05	0,52	0,95	0,73
60	Sürücü ort.	1,86	32,26	17,91	32,79	0,56	1,02	0,79
	SIDRA	1,77	33,90	17,91	32,79	0,53	0,97	0,75
<b>Ortalama EOB değerleri</b>							<b>Sürücü ort.</b>	<b>0,74</b>
							<b>SIDRA</b>	<b>0,70</b>

Tablolardan da görülebileceği üzere taşıtların hızlanma ve yavaşlama özelliklerine bağlı olarak EOB değerleri önemli oranda değişmektedir. Otonom taşıtların, yavaşlama ivmelerinin sürücülere göre daha yüksek olmasının ana sebebi, özellikle çarpışma olasılığı ortaya çıktığında herhangi bir kaza olmadan durabilmesini sağlamaktır. Diğer yandan, bir kavşağın kapasitesinin belirlenmesinde özellikle hızlanma ivmesi önem taşımaktadır. Taşıtlar ne kadar hızla hareket ederek sinyalden ayrılırlarsa, kavşağın kapasitesinin de o oranda yüksek olabileceği söylenebilir.

Tablo 9'dan, otonom araçların, diğer araç ve altyapı sistemi ile haberleşmemesi durumunda EOB değerlerinin 1,48~1,86 arasında değişebileceği anlaşılmaktadır. Bu durum, özellikle ışıklı kavşak kapasitesinde önemli bir azalmaya yol açabilecektir.

Çalışmada, aaSIDRA programı kullanılarak otonom araçların ışıklı kavşaklardaki etkisi irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Şekil 1'de görülen dört kollu bir ışıklı kavşak modeli oluşturulmuştur. Tablo 11'de trafik hacimleri gösterilmiştir. Kavşağın Kuzey-Güney aksına ait yeşil sürenin 50 saniye, doğu-batı aksına ait yeşil sürenin 35 saniye olduğu ve toplam devre süresinin ise 85 saniye olduğu kabul edilmiştir.

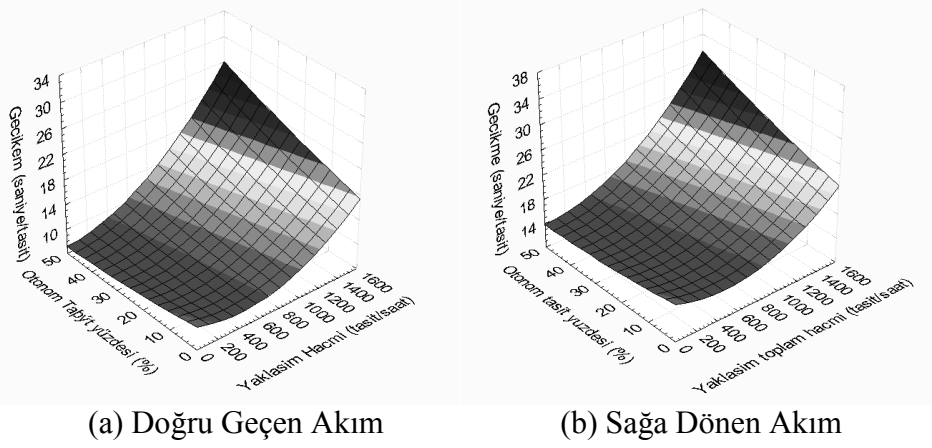
aaSIDRA programında otonom araçlar, ayrı bir araç sınıfı olarak kabul edilmiştir. Otonom araçlara ait EOB değeri Akçelik (2011) tarafından tanımlanmış normal sürücü için hesaplanmış ve "1,55" alınmıştır. Çalışmada, otonom araçlar dışında trafiğin tamamen otomobillerden oluştuğu düşünülmüştür. Otonom araçların kavşağa sadece güney yaklaşımından geldiği öngörülerek, farklı otonom araç yüzdeleri için güney yaklaşımına ait gecikme değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, Şekil 2'de görülmektedir.



**Şekil 1** Dört Kollu Işıklı Kavşak Modeli

**Tablo 11** Örnek Kavşağa Ait Trafik Hacimleri

Yaklaşım Kolu	Hacim (otomobil/saat)	
	Doğru Geçen	Sağa Dönen
Güney	1~1200	1~500
Kuzey	500	200
Doğu	250	100
Batı	250	100



**Şekil 2** Farklı Otonom Araç Yüzdeleri İçin Güney Yaklaşımına Ait Gecikme Değerleri

Şekil 2 incelendiğinde, otonom araçların yüzdesi arttıkça, güney yaklaşım koluna ait gecikme değerlerinin de önemli oranda arttığı görülmektedir. Bu sonuçlar değerlendirilirken, otonom araçlara ait EOB değerinin sabit alındığı unutulmamalıdır.

## Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, önümüzdeki on yıl içerisinde tüm dünyada önemli bir paya sahip olması beklenen otonom araçların, ülkemizde trafiğe katılmaları durumunda karma trafik koşullarında ışıklı kavşak başarımına nasıl etki edebilecekleri üzerine bir tartışma yapılması hedeflenmiştir. Analizler sonucunda, otonom araçların diğer araçlarla ve altyapı sistemleriyle haberleşmemeleri durumunda kavşak başarımında önemli bir düşüşe yol açabilecekleri anlaşılmıştır. Bu sonuç, Le Vine v.d. (2015) tarafından bulunmuş olan sonuçla da örtüşmektedir.

İlerideki çalışmalarda, ülkemiz trafik akım koşullarını tanımlayan benzetim modelleri oluşturularak, farklı otonom araç ortamları için analizler yapılabilir. Bu sayede, otonom araçların ve uygun altyapı sistemlerinin ülkemiz açısından getirecekleri faydalardan en etkin şekilde yararlanılabilmesi mümkün olacaktır.

## Kaynaklar

Abraham, Z., (2015) Identifying the Optimal Highway Driving Conditions for the Integration of Manned and Autonomous Vehicles. Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, ABD.

Akçelik, R., Besley, M., (2001) Acceleration and Deceleration Models. In: 23rd Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR). University of South Australia, Adelaide, Australia.

Akçelik, R., (2011) SIDRA TRIP User Guide, Akçelik & Associates Pty. Ltd.

Dresner, K., Stone, P., (2008) A Multiagent Approach to Autonomous Intersection Management. *Journal of Artificial Intelligence Research* 31, pp. 591–656.

Ferreira, M., d'Orey, P.M., (2011) On the Impact of Virtual Traffic Lights on Carbon Emissions Mitigation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 13 (1), pp. 284–295.

Kanaris, A., Ioannou, P., Ho, F.S., (1997) Spacing and Capacity Evaluations for Different AHS Concepts. *Automated Highway Systems*, Ioannou, P. (Ed.), Springer US, pp. 125-171.

Kesting, A., Treiber, M., Schonhof, M., Helbing, D., (2008) Adaptive Cruise Control Design for Active Congestion Avoidance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 16 (6), pp. 668-683.

Le Vine, S., Zolfaghari, A., Polak, J., (2015) Autonomous Cars: The Tension Between Occupant-Experience and Intersection Capacity. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 52, pp. 1–14.

Le Vine, Liu, X., Zhenh, F., Polak, J., (2015) Automated Cars: Queue Discharge at Signalized Intersections with ‘Assured-Clear-Distance-Ahead’ Driving Strategies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 62, pp. 35-54.

Li, Z., Chitturi, M., Zheng, D., Bill, A., Noyce, D., (2013) Modeling Reservation-Based Autonomous Intersection Control in VISSIM. *Transportation Research Record*, 2381, pp. 81–90.

Li, Z., Elefteriadou, L., Ranka, S., (2014) Signal Control Optimization for Automated Vehicles at Signalized Intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 49, pp. 1-18.

Noor, A.,K., Beiker, S. A., (2013) İletişim Kurabilen Otomatik Araçlar. *Mühendis ve Makina*, 54 (642), pp. 18-23.

Sinha, R., Roop, P.S., Ranjitkar, P., (2013) Virtual Traffic Lights in a Robust, Practical, and Functionally Safe Intelligent Transportation System. *Transportation Research Record*, 2381, pp. 73–80.

Van Arem, B., van Driel, C.J.G., Visser, R., (2006) The Impact of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic-Flow Characteristics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7 (4), pp. 429–436.

Vander Werf, J., Shladover, S.E., Miller, M., Kourjanskaia, N., (2002) Effects of Adaptive Cruise Control Systems on Highway Traffic Flow Capacity. *Transportation Research Record*, 1800, pp. 78-84.

Yetim, S., (2016) Sürücüsüz Araçlar ve Getirdiği/Getireceği Hukuki Sorunlar. *Ankara Barosu Dergisi*, 2016 (1), pp. 125-184.



# Metro İstasyonlarında Perona Erişim Süreleri ve Yürüme Hızlarının İncelenmesi; İstanbul M2 Metrosu Örneği

**Arş. Gör. Sümeyye Şeyma Kuşakcı Gündoğar**

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, İstanbul

Tel: (212) 3835186

E-Posta: [skusakci@yildiz.edu.tr](mailto:skusakci@yildiz.edu.tr)

**Doç. Dr. Kemal Selçuk Öğüt**

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Ayazağa, İstanbul

Tel: (543) 795 43 10

E-Posta: [oguts@itu.edu.tr](mailto:oguts@itu.edu.tr)

## Öz

Ülkemizde ulaşım ağının karayolu ağırlıklı olarak gelişmesi zamanla trafik tıkanıklıklarını beraberinde getirmiş, büyüyen bu tıkanıklıklar neticesinde artan gecikmeler karar vericilerin farklı ulaştırma sistemlerine yönelmesine sebep olmuştur. Kentsel raylı sistemler, hızlı, güvenli ve güvenilir bir ulaşım sağlaması açısından şehir içi trafiği rahatlatması için tercih edilmiş ve son zamanlarda ülkemizde yaygınlaştırılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin kapasite açısından en büyüğü olan metrolarda taşıt içi yolculuk süresinin kısalığına karşılık özellikle derin yeraltı metrolarında perona erişim süreleri büyük değerlere çıkabilmekte, bu durum kullanıcıların tür tercihini etkilemektedir.

Bu çalışmada amaç, derin metro özelliğinde olan İstanbul M2 Yenikapı-Hacıosman Metrosu'nda istasyon girişlerinden perona kadar olan erişim sürelerinin belirlenmesidir. Çalışma metronun Taksim, Osmanbey, Levent ve 4. Levent istasyonlarında gerçekleştirilmiş; yolcuların yaş ve cinsiyetlerine göre istasyon girişinden başlayarak perona kadar olan geliş ve gidiş süreleri zirve içi ve zirve dışı zamanlarda ayrı ayrı ölçülmüştür. Çalışmada ayrıca yolcuların, yürüyen bant ve merdiveni kullanmayıp yalnızca yürüdükleri bir kesim dikkate alınarak metroda yürüme hızları belirlenmiştir. 288 yolcunun istasyon girişi ile peron arasında ortalama erişim sürelerinin 4:19-1:36 dk, ortalama yürüme hızlarının 1,72-1,02 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen tüm veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş, bunun sonucu olarak yolcuların yürüme hızlarının hangi etkenlere bağlı olduğu incelenmiştir.

Bu çalışma, derin metroların uygulanacağı yerlerde toplam yolculuk sürelerinin daha gerçekçi hesaplamasına yardımcı olacaktır.

**Anahtar sözcükler:** Derin metro, perona erişim süresi, yolculuk süresi.

## Giriş

Günümüzde araç sahipliği ve kullanımı, teknolojinin de katkısıyla yüksek boyutlara ulaşmış olup özellikle İstanbul gibi büyük ölçekli kentlerde trafik, kontrol edilemez boyutlara ulaşmıştır. Kentsel raylı sistemler bu trafik tıkanıklığında yolcularına konforlu, hızlı ve güvenli yolculuk sunan bir sistem olarak öne çıkmaktadır. Kentsel raylı sistemlerin bu özellikleri trafik tıkanıklıklarının yaşandığı büyük şehirlerde daha çok tercih edilmesine ve giderek daha çok yolcuya hizmet vermesine olanak sağlamaktadır. Bu sistemlerin yolcularına sunduğu bir başka üstünlük ise trafik gibi

dışsal değişkenlerden etkilenmeyerek yolcularına güvenilir yolculuk süresi değerleri verebilmesidir. Fakat bu üstünlük yolcu sayısının artmasıyla birlikte istasyonların bu talebi karşılayamaması ve özellikle istasyonlara erişim sürelerinde öngörülemez değişikliklerin oluşması ile ortadan kalkabilmektedir. Yolcuların istasyona erişim süreleri, peronu boşaltma süreleri ve metro içerisindeki hızları gibi kullanıcıların özelliklerine göre değişebilecek değişkenlerin doğru öngörülmesi ile bu gibi problemlerin önüne geçilmesi mümkün olabilmektedir. Raylı sistemlerin kapasite açısından en büyüğü olan metrolarda taşıt içerisindeki yolculuk süreleri kadar yolcunun perona erişim süreleri de önemli bir yer tutmaktadır. Doğru tasarımlar uygulanmaması durumunda yoğunluktan çok fazla etkilenebilecek olan bu sistem için erişim sürelerinin ve ona etki eden değişkenlerin doğru belirlenmesi fazlasıyla önem taşımaktadır.

Bu çalışmada yolcuların tür tercihlerine etki eden önemli bileşenlerden biri olan erişim süreleri ve metro içindeki yürüyüş hızları incelenmiştir. İstanbul'un en eski metro hatlarından olan M2 Metro hattında 4 istasyonda (Taksim, Osmanbey, Levent, 4 Levent) zirve içi ve zirve dışı zamanlarda 3 farklı yaş grubundan 288 yolcunun perona erişim süreleri ve yürüme hızları incelenmiştir.

## Literatür Çalışması

Yolcuların taşıt kullanmadan gerçekleştirdikleri hareketler yaya hareketleri olarak isimlendirilmektedir. Yaya hareketlerinin özellikleri yolculuk amacı, arazi kullanımı gibi değişkenlerden etkilenmektedir. Yaya akımı analizi ise genel olarak yaya gruplarının ortalama yürüme hızına dayanmaktadır. İş amaçlı yolculuklar her gün düzenli yapıldıkları için daha hızlıken alışveriş amaçlı yolculuklar daha yavaştır. Yolcunun yaşı da yolculuk amacın gibi hızı etkileyen bir değişkendir (Top, 1990). Yürüme hızını etkileyen bir başka değişken ise yoğunluktur. Yaya yoğunluğu hızın, hız da yaya yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak karşılıklı etkileşim içerisinde. Yürüme hızını etkileyen diğer değişkenler, gün içindeki zaman, cinsiyet, yalnız veya grupla yürüme, dış giysi, hava durumu olarak sıralanabilir (Çağdaş, 1986). Grup içinde yürüyenlerin ortalama hızı, yalnız yürüyen insanların ortalama hızından daha düşüktür. (Pektaş, 1997).

Yaya hareketlerinin temel özelliklerinden olan yolcuların erişim süreleri ve yürüme hızları ile ilgili birçok çalışma yapılmış, etkileyen değişkenler ve standartlar belirlenmiştir. Cheung tarafından 1998 yılında Hong Kong Kentsel Raylı Sistemleri için yapılan çalışmada yürüyen merdiven, asansör ve yürünen kesimler için ayrı ayrı akımın serbest olduğu durum ve tıkanıklık durumunda yolcu hızları belirlenmiştir. Yolcuların yürüdüğü kısım için hız değerleri yolcu yoğunluğu olmadığı zaman dilimi için 1,15 m/sn, yoğun zaman dilimi için 0,42 m/sn olarak belirlenmiştir. Hong Kong 1095 km<sup>2</sup> de 6,3 milyon insanın yaşadığı dünyanın en kalabalık şehridir. Bu kalabalık özellikle herkesin yolculuk yaptığı zirve saatlerde ulaştırma ağı üzerinde büyük bir yoğunluğa sebep olmaktadır. Yoğun zaman metro istasyonlarının her kesiminde yoğun bir yolcu baskısı görüldüğünden Hong Kong için yoğun saatlerde hızların yoğun olmayan zaman dilimine kıyasla çok fazla düştüğü gözlemlenmektedir.

2009 yılında Jiang ve diğ. tarafından Çin'in iki büyük metro hattının birbiri ile bağlandığı aktarma istasyonunda sabah zirve saatte yolcu yoğunluk ve hız verileri

irdelenmiş, bir bilgisayar programı yardımıyla benzetim modeli oluşturulmuştur. Tıkanıklık anındaki hızlarının 0,59-1,01 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir.

Zhao ve Liang (2016) tarafından Çin'in Guangzhou metrosunda yapılan çalışmada cinsiyet ve yaşa bağlı farklı hız değerlerin belirlenmiş, akşam zirve saat için 0,92-1,03 m/sn arasında hız değerleri elde edilmiştir.

İstanbul M2 metro hattı için erişim sürelerinin ve yürüme hızlarının belirlendiği bir çalışma Erdaloğlu (2009) tarafından yapılmıştır. Çalışmada 6 istasyon için erişim süreleri ve yürüme hızları belirlenmiştir. Akşam zirve saat için belirlenen hız değerleri;1,00-1,59 m/sn arasında, perona erişim süreleri ise 1:54 dk ile 5:08 dk arasında değişmektedir.

Türkiye'de istasyon içindeki yürüme hızları TS12127 "Şehirçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri" ile belirlenmiş olup farklı yaş ve cinsiyete göre 1,80-1,30 m/sn arasında değişmektedir. 1,8 m/sn hız değeri 6,5 km/sa'te karşılık gelmekte olup 6 km/sa'ten sonra insanın yürümeden yavaş koşmaya geçmesi gerektiği düşünüldüğünde bu hızın son derece yüksek olduğu görülmektedir.

## Saha Çalışması

### Çalışma Alanları

Çalışma alanı olarak İstanbul'da gerçek anlamda ilk metro hattı olan M2 metro hattı tercih edilmiştir. Yenikapı-Hacıosman arasında hizmet vermekte olan M2 metro hattı, Taksim-Levent kesiminin 2000 yılında tamamlanması ile kullanıma açılmış ve yıllar içerisinde yeni istasyonların eklenmesi ile daha çok yolcuya hizmet verebilecek düzeye ulaşmıştır. 2014 yılında Yenikapı ve Vezneçiler istasyonlarının eklenmesi ile bugünkü haline ulaşmış olan hat 2001 yılında günlük 56.000 kullanıcıya hizmet verirken 2016 sonunda günlük 480.000 kullanıcı sayısına ulaşmıştır (Metro İstanbul, 2017). Çalışma için gerekli ölçümler M2 metro hattının Taksim, Osmanbey, Levent ve 4. Levent istasyonlarında yapılmıştır. İstasyonlar belirlenirken zirve içi ve zirve dışı saatlerde yolcu hareketliliğinin olduğu yoğun istasyonlar tercih edilmiştir. M2 hattının ve hat üzerinde ölçüm yapılan istasyonların konumları Şekil 1'de, istasyonların genel özellikleri ise Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: M2 Metro Hattı ve Ölçüm Yapılan İstasyon Konumları.

Tablo 1: Ölçüm Yapılan İstasyonların Genel Özellikleri (Erdaloğlu,2009).

İstasyon Adı	Giriş/Çıkış	İstasyon Derinliği (m)	İstasyon Büyüklüğü (m <sup>2</sup> )	Peron Uzunluğu (m)
Taksim	Taksim Meydan Talihane Gezi Parkı İETT durakları	35	11.000	235
Osmanbey	Dolapdere Harbiye Nişantaşı Bomonti	23	6.200	231
Levent	Levent Çarşı Gültepe Zincirlikuyu Plazalar Özdilek-Kanyon M6 aktarma	27	15.500	240
4. Levent	Çeliktepe 4. Levent Çarşı Emniyet Evler Yeni Levent Sapphire AVM	20	6.600	235

### Erişim Süreleri ve Yürüme Hızlarının Ölçülmesi

Çalışma kapsamında metroyu kullanan yolcuların perondan metro girişine ve metro girişinden perona erişim süreleri ölçülmüş; ayrıca yürüyen bant ve merdivenin kullanılmadığı bir kesimde yolcuların yürüme süreleri yardımıyla yolcu yürüme hızları belirlenmiştir.

Her bir istasyondaki giriş/çıkışlar için perona erişim sırasında ne kadar uzunlukta yürüdüğü, kaç basamak inildiği/çıkıldığı, ne kadarlık yürüyen bant kullanıldığı bilgileri sayfa sınırlaması nedeniyle bildiri metninde yer alamamıştır.

Perona erişim süresini ölçen gözlemci, metroya giren rastgele bir yolcuyu seçerek yolcu özelliklerini (cinsiyet ve tahmini yaş) kaydedip, kronometre yardımıyla perona gelene kadarki süre ölçülmüştür. Bu ölçüm sırasında yolcunun yalnızca yürüdüğü turnike bölgesi yakınlarındaki bir kesimde ikinci bir süre ölçümü yapmış ve bu süre yardımıyla yolcu yürüme hızı hesaplanmıştır. Gözlemci aynı işlemi, perondan yukarı çıkan rastgele seçilen bir yolcu için yinelemiştir. Ölçümler, hafta içi zirve içi (16:00-19:00) ve zirve dışı (13:00-16:00) olarak iki farklı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma konusu metro istasyonlarında toplam 288 yolcu için erişim süresi ve yürüme hızı ölçülmüştür. Ölçümler; genç (<20), yetişkin (20-60) ve yaşlı (>60) olmak üzere üç farklı yaş grubu için belirlenmiştir. Gözlenen yolcuların yarısı kadın yarısı erkek olarak tercih edilmiş, her yaş grubundan eşit sayıda örneklem alınmıştır. Çalışmada, yanında

yürüme hızını etkileyecek büyüklükte yük taşıyan yolcular son derece az olduğundan bu grup çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

### Gözlenen Erişim Süreleri ve Yürüme Hızları

Çalışma kapsamında istasyonlarda ortalama erişim süreleri ölçülürken metrodan çıkan rastgele bir yolcu seçilerek onun tercih ettiği giriş/çıkıştan çıkmıştır. Daha sonra bu giriş/çıkıştan rastgele seçilen bir yolcunun metroya iniş süresi ölçülmüştür. Bu sayede yoğun kullanılan giriş/çıkışlar için daha çok gözlem yapılması, az kullanılan giriş/çıkışlar için daha az gözlem yapılması sağlanmıştır. Ölçülen erişim süreleri Tablo 2’de görülmektedir. En uzun erişim süresi olan 4:19, en derin metro istasyonu olan Taksim istasyonunda elde edilmiştir. En kısa erişim süresi olan 1:36 ise Levent istasyonunda bir başka metro hattına (M6-Levent Hisarüstü) aktarma yapılan girişte elde edilmiştir.

Yürüyen bant veya merdivenin bulunmadığı kesintisiz bir kesim için belirlenen ortalama yürüme hızları ise Tablo 3’de görülmektedir. Farklı yaş grupları ve cinsiyetler için ortalama yürüme hızlarının 1,72-1,02 m/sn arasında değiştiği hesaplanmıştır. Yürüme hızları hesaplanırken grup halinde yürüyen yolcular için ayrı bir grup oluşturulmamış, grup halinde yürümenin yürüme hızına olan etkisi göz ardı edilmiştir.

Tablo 2: Ölçüm Yapılan İstasyonların Ortalama Erişim Süreleri.

İstasyon	Giriş/Çıkış	Gözlem Sayısı	Ortalama Erişim Süresi (dk)
Taksim	Taksim Meydan	50	4:19
	Talimhane	10	3:48
	İETT durakları	12	2:40
Osmanbey	Dolapdere	2	2:22
	Harbiye	23	2:23
	Nişantaşı	41	3:24
	Bomonti	6	3:38
Levent	Levent Çarşı	22	3:16
	Zincirlikuyu	15	3:05
	Plazalar	2	3:32
	Özdilek-Kanyon	23	1:50
	M6 aktarma	10	1:36
4. Levent	Çeliktepe	12	2:26
	4.Levent Çarşı	4	2:35
	Emniyet Evler	35	1:58
	Yeni Levent	16	2:21
	Sapphire AVM	5	2:17

Farklı yaş grupları ve cinsiyetin perona erişim süresi üzerindeki etki incelenmek istendiğinden ortaya çıkan en önemli sorun, istasyonlarda farklı giriş/çıkışların kullanılıyor olmasıdır. Her bir giriş/çıkışın perona uzaklığı farklı olduğundan, erişim süreleri de farklılık göstermektedir. Bu durumda her durakta 72 yolcunun gözlenmesi ile gerçekleştirilen saha çalışması yeterli olamamıştır. Bazı istasyonların bazı giriş/çıkışlarını kullanan her yaş grubu ve cinsiyetten yolcu gözlenememiştir. Bu durumda yaş grubu ve cinsiyetin etkisi yalnızca yürüme hızları için irdelenebilmiştir.

Tablo 3: Ölçüm Yapılan İstasyonlarında yolcuların Ortalama Hızları.

İstasyon	Yaş	Ortalama Yürüme Hızı (m/sn)			
		Zirve İçi		Zirve Dışı	
		Kadın	Erkek	Kadın	Erkek
Taksim	Genç	1,26	1,43	1,50	1,50
	Yetişkin	1,29	1,38	1,48	1,53
	Yaşlı	1,10	1,20	1,13	1,24
Osmanbey	Genç	1,47	1,47	1,48	1,41
	Yetişkin	1,31	1,48	1,32	1,53
	Yaşlı	1,02	1,14	1,13	1,29
Levent	Genç	1,33	1,39	1,37	1,57
	Yetişkin	1,36	1,41	1,33	1,29
	Yaşlı	1,13	1,26	1,15	1,19
4 Levent	Genç	1,33	1,27	1,31	1,56
	Yetişkin	1,33	1,39	1,49	1,46
	Yaşlı	1,02	1,09	1,09	1,31
Tamamı	Genç	1,35	1,39	1,40	1,51
	Yetişkin	1,32	1,42	1,41	1,45
	Yaşlı	1,07	1,17	1,13	1,26

### Yürüme Hızını Etkileyen Değişkenlerin İncelenmesi

Yolculuk zamanı (zirve saat içi, zirve saat dışı), istasyon konumu, yolcu yaşı ve cinsiyetin yürüme hızı üzerindeki etkilerinin istatistiksel değerlendirilmesi için t ve Anova testleri kullanılmıştır.

#### *Yolculuk Zamanının Yürüme Hızına Etkisi*

Yürüme hızlarının zirve içi ve zirve dışı zamanlarda farklılık göstereceği düşünülerek saha çalışması iki farklı dilimde de gerçekleştirilmiştir. İki farklı zaman diliminde yürüme hızları arasında istatistiksel bir farkın olup olmadığını belirlemek için yapılan t testinin sonuçları Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4: Zirve İçi ve Zirve Dışı Zamanlarda Yürüme Hızı t Testi Sonuçları.

	Zirve Dışı	Zirve İçi
Ortalama	1,36	1,29
Varyans	0,06	0,07
Gözlem	144	144
t <sub>İst</sub>	2,60	
t <sub>Kri</sub> (iki-uçlu)	1,97	

t istatistiği, %5 anlamlılık düzeyinde iki kollu kritik t değerinden büyük çıktığından istatistiksel olarak zaman diliminin yürüme hızını etkilediği belirlenmiştir. Öte yandan, yolcu hızlarının ölçülmesine yönelik gözlemler, turnike bölgesinde yapılmış olup özellikle peron bölgesinde yürüyüş hızlarımızın zirve saatte çok daha fazla etkilenmiş olduğu gözlemlenmiştir.

#### *İstasyonun Yürüme Hızına Etkisi*

Farklı metro istasyonlarında ölçülen yürüme hızları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını belirlemek için yapılan Anova testleri sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Test, yürüme hızları zirve içi ve zirve dışında değiştiğinden, 2 farklı zaman dilimi için yapılmıştır.

Tablo 5: İstasyonlarda Zirve İçi ve Zirve Dışında Yürüme Hızı Anova Testi Sonuçları.

Gruplar	Zirve İçi			Zirve Dışı		
	Gözlem	Ortalama	Varyans	Gözlem	Ortalama	Varyans
4. Levent	36	1,24	0,05	36	1,37	0,08
Levent	36	1,31	0,09	36	1,32	0,06
Osmanbey	36	1,32	0,09	36	1,36	0,05
Taksim	36	1,28	0,03	36	1,40	0,04
F <sub>İst</sub>	0,68			0,69		
F <sub>Kri</sub>	2,67					

%5 anlamlılık düzeyindeki zirve içi ve zirve dışı zamanlarda, istasyonlarda yürüme hızlarının aynı toplumdaki geldiği arasındaki farklılığın rastlantısal olduğu belirlenmiştir. İlerleyen aşamalarda istasyonlardaki yürüme hızları birleştirilerek kullanılacaktır.

#### *Cinsiyetin Yürüme Hızına Etkisi*

Cinsiyetin yürüme hızını istatistiksel olarak etkileyip etkilemediğinin belirlenmesi için, zirve içi ve zirve dışı zamanlarda yapılan t testleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Cinsiyetin Zirve İçi ve Zirve Dışında Yürüme Hızı t Testi Sonuçları.

	Zirve İçi		Zirve Dışı	
	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın
Ortalama	1,32	1,25	1,41	1,31
Varyans	0,07	0,06	0,05	0,05
Gözlem	72	72	72	72
t <sub>İst</sub>	1,79		2,59	
t <sub>Kri</sub> (iki-uçlu)	1,98		1,98	

Zirve içi gözlem verileri için hesaplanan t<sub>İst</sub> %5 anlamlılık düzeyinde iki kollu kritik t değeri olan 1,98’den küçük çıktığından istatistiksel olarak zirve saat içinde cinsiyetin yürüme hızını etkilemediği belirlenmiştir. Zirve dışı gözlem verileri için hesaplanan t<sub>İst</sub>, t<sub>Kri</sub> değerinden büyük çıktığından istatistiksel olarak zirve saat dışında cinsiyetin yürüme hızını etkilediği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni zirve saatte kalabalıktan dolayı yolcuların yürümek istedikleri hıza erişememeleri ve toplu halde hareket ediyor olmalarıdır.

### Yaşın Yürüme Hızına Etkisi

Farklı yaş grupları için ölçülen yürüme hızları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını belirlemek için de Anova testi yapılmıştır. Zirve içi ve zirve dışı işlem ayrı ayrı yapılan test sonuçları Tablo 7’de görülmektedir.

Tablo 7: Farklı Yaş Gruplarında Zirve İçi ve Zirve Dışında Yürüme Hızı Anova Testi Sonuçları.

Gruplar	Zirve İçi			Zirve Dışı		
	Gözlem	Ortalama	Varyans	Gözlem	Ortalama	Varyans
Genç	48	1,36	0,05	48	1,47	0,06
Yetişkin	48	1,37	0,04	48	1,42	0,03
Yaşlı	48	1,12	0,07	48	1,19	0,04
F <sub>ist</sub>	18,42			24,82		
F <sub>Kri</sub>	3,06					

%5 anlamlılık düzeyinde hem zirve içinde hem de zirve dışında istatistiksel olarak tüm yaş gruplarının aynı toplumdaki gelmedikleri hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra iki yaş grubu için yürüme hızlarının aynı toplumdaki gelip gelmediği t testi ile sınanmıştır. Hem zirve içi hem de zirve dışı dilimlerde genç ve yetişkinlerin yürüme hızlarının aynı toplumdaki geldiği öte yandan yaşlıların yürüme hızlarının bu iki gruptan da farklı olduğu belirlenmiştir (Genç ve yetişkin yaş grupları için yapılan t testlerinde,  $t_{ist}$ , zirve içi zirve dışı dilimler için sırasıyla 0,13 ve 0,07 olarak hesaplanmış olup bu iki değer de %5 anlamlılık düzeyinde 1,99 olan  $t_{kri}$  değerinden küçüktür.)

### Sonuçlar

Bu çalışmada İstanbul’daki 4 farklı metro istasyonunda toplam 288 yolcu için metroya erişim süreleri ve yürüme hızları gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonucu elde edilen bilgiler ile ortalama erişim süresi 4:19-1:36 dk, ortalama yürüme hızları 1,72-1,02 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Her istasyon için perona erişim süreleri incelenmiş; bu süreler yaş gruplarına göre ayrı ayrı belirlenmiş ve genel olarak yaş arttıkça erişim süresinin de arttığı görülmüştür. En uzun erişim süresi 6:23 dk ile Taksim istasyonunda görülmüştür. Taksim istasyonunda bu sürenin diğer istasyonlardan uzun olması, giriş/çıkıştan perona kadar olan geçkinin diğer istasyonlara göre daha uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Erişim süresindeki artış metro istasyonlarındaki yolcu sayısının artışı ile açıklanabilmektedir. Çalışma kapsamında ölçülen en kısa erişim süresi ise 0:37 dk ile Levent istasyonundan Hisarüstü metro istasyonuna geçişte görülmüştür.

Zirve saatte yürüme hızı, zirve dışı saatlere göre daha düşük çıkmıştır. Bu durum, kalabalıklığın yürüme hızı üzerindeki etkisini göstermektedir. Kalabalıklığın yürüme hızı üzerindeki etkisi yaklaşık 0,1 m/sn kadardır.



Çalışmada, erkek yolcuların ortalama yürüme hızı 1,37 m/sn, kadın yolcuların ortalama yürüme hızı 1,28 m/sn bulunmuştur. İncelenen 4 istasyon bir arada değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak (%5 anlamlılık düzeyinde) yürüme hızının cinsiyet ile değiştiği belirlenmiştir. Ancak zirve içi ve zirve dışı zamanların ayrı ayrı değerlendirilmesi durumunda cinsiyetin zirve dışında yürüme hızını etkilerken zirve içinde etkilemediği görülmüştür. Yolcu yoğunluğunun yaya hızına etkisi araştırıldığında ise yoğun saatlerde yolcu yürüme hızının daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Yaşın yürüme hızına etkisi incelendiğinde, yetişkinler ile (gençler dahil) yaşlılar arasında bir fark olduğu, yaşlıların yaklaşık 0,25 m/sn daha yavaş yürüdükleri belirlenmiştir.

TS12127’de belirtilen yürüme hızı değerleri ve bu çalışma kapsamında İstanbul- M2 hattı için hesaplanan değerler Tablo 8’te karşılaştırılmıştır.

Tablo 8: TS ve Yapılan Çalışmada Yer Alan Yaya Hızları (m/sn).

	TS12127*	Hesaplanan			
		Zirve içi		Zirve dışı	
	Değer	Değer	%Fark	Değer	%Fark
Genç Erkek	1,80	1,39	-22,8	1,51	-16,1
Yetişkin Erkek	1,70	1,42	-16,5	1,45	-14,7
Yaşlı Erkek	1,60	1,17	-26,9	1,26	-21,3
Genç Kadın	1,80	1,35	-25,0	1,40	-22,2
Yetişkin Kadın	1,40	1,32	-5,7	1,38	-1,4
Yaşlı Kadın	1,30	1,07	-17,7	1,13	-13,1

\* TS12127 (1997)

Yapılan çalışmadan hesaplanan tüm yürüme hızları TS12127’den düşüktür. Zirve içi ve zirve dışı hız değerlerinin farklı olması yolcu yoğunluğundan kaynaklanmakta olup TS standardının gözden geçirilmesi, ileride yapılacak raylı sistemlerde yolculuk sürelerinin gerçeğe yakın olarak öngörülmesinde yararlı olacaktır.

Çalışma bütün yaş grupları ve cinsiyetlerden eşit oranda gözlem yapılarak gerçekleştirilmiştir. İstasyon için bir erişim süresi ve yolcu yürüme hızı belirlenmek istendiğinde, istasyonu kullanan yolcu yüzdeleri yardımıyla ağırlıklı bir ortalama hesaplamak gerekmektedir. Bu çalışmada böylesi bir hesaplama, gün boyunca istasyonlardaki yolcuların yaş ve cinsiyet dağılımları olmadığından, gerçekleştirilememiştir.

Örneğin tarafsız alınması durumunda örnek büyüklüğü sonuçların doğruluğu üzerinde etkili olmayıp yalnızca ortalamanın sapması (hata aralığı) üzerinde etkili olduğundan örnek sayısı 288 olarak alınmıştır. İleriki çalışmalarda grup halinde yürümenin erişim süresi ve yaya hızına etkisinin incelenmesi, ayrıca hafta sonu kullanıcılarında bu süre ve hızların nasıl değiştiğinin hesaplanması ile faydalı bilgilere ulaşılabilecektir.

İstasyonlardaki yolcu dağılımlarına göre belirlenen ortalama erişim süreleri, yolculuk süresi öngörülerinin daha gerçekçi yapılması, aktarma noktalarında eşzamanlılığın sağlanması gibi açılardan önem taşımaktadır. Ortalama yürüme hızları ise istasyon

tasarımlarında kullanılan temel bilgilerden biri olması sebebiyle metronun yapıldığı coğrafyaya özgün değerlerin belirlenmesi oldukça önemlidir.

### **Kaynaklar**

Cheung, C. (1998). Pedestrian flow characteristics in the Hong Kong Mass Transit Railway stations. Hong Kong. Master Thesis, Hong Kong Polytechnic University.

Çağdaş, G. (1986) Binalarda Boşalma Sürecinin Analizi ve Benzetimi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erdaloğlu, N. (2009) Metro İstasyonlarında Yolcu Hareketlerinin İncelenmesi, İstanbul Metrosu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Metro İstanbul, M2 Yenikapı- Hacıosman Metro Hattı,  
<http://www.metro.istanbul/rayl%C4%B1-sistemler/m2-yenikap%C4%B1-%E2%80%93-hac%C4%B1osman.aspx>, (Erişim Tarihi: 2 Mart 2017)

Jiang, C.S., Deng, Y.F., Hu, C., Ding H., Chow W.K. (2009) Crowding in platform staircases of a subway station in China during rush hours. Safety Science, No:47, pp. 931-938.

Pektaş, A.G. (1997) Metro İstasyonlarında Yolcu Sirkülasyonunun Değerlendirilmesi İçin Bir Uzman Sistem Önerisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Top, N. (1990) Bir Ulaşım Türü Olarak Yaya ve Yaya Mekanları Üzerine Düşünceler. Planlama Dergisi, No:90/1-2, s. 52-55.

TSI12127 (1997) Şehir içi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 1:Yer altı İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Zhao, Z. And Liang, L. (2016) Pedestrian Flow Characteristic of Metro Station along with the Mall. Procedia Engineering, No:135, pp.602 – 606.

# Küresel Yürünebilirlik İndeksinin Ölçülmesi: Halaskargazi Caddesi Örneği

## Sevinç Özgün

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul  
Tel: (0507) 390 08 16 E-posta: [sevinc.ozgun@gmail.com](mailto:sevinc.ozgun@gmail.com)

## Kemal Selçuk Öğüt

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul  
Tel: (0543) 795 43 10 E-posta: [oguts@itu.edu.tr](mailto:oguts@itu.edu.tr)

## Özet

Özellikle gelişmekte olan ülke kentlerinde hızla artan taşıt sahipliği ve kullanımı, çarpık kentleşme ile birleşince ortaya önemli trafik sorunları çıkmıştır. 20. Yüzyılın sonlarında, yol altyapısında yapılan iyileştirmelerin bu sorunun üstesinden gelme konusunda daha büyük çözümsüzlüklere yol açtığı görülmüştür. Bu bağlamda yürüme, sürdürülebilir ulaşım türlerini etkin kılmamanın tek çözüm olacağı anlaşılmıştır. Bu bağlamda yürüme, sürdürülebilirliği en yüksek ulaşım türü olarak karşımıza çıkmakta, kentlerde yürüme için gerekli altyapının iyileştirilmesi son derece önem taşımaktadır. Öte yandan bu iyileştirmenin, yalnızca kaldırım genişliklerinin belli bir değere çıkartmak ile olmayacağı görülmüş ve bu konuda sayısal bir değerlendirme yapılması gerekliliği, yürünebilirlik indeksi kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada amaç, İstanbul'da yaya hareketlerinin son derece yoğun olduğu Halaskargazi Caddesi'nde küresel yürünebilirlik indeksinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında, ilk aşamada dokuz soruluk bir anket çalışması sahada yapılmış, ikinci aşamada yaya sayımları gerçekleştirilmiş, son aşamada ise uzman görüşleri alınarak anket soruları ağırlıklandırılmış ve küresel yürünebilirlik indeksi hesaplanmıştır.

Yürüme konusunda yapılacak bu sayısal değerlendirme, gerek farklı bölgelerin yürünebilirlik açısından karşılaştırılması, gerekse bir bölgede zaman içinde yapılan iyileştirmelerin bir bütünlük içinde değerlendirilmesi açısından yararlı olacaktır.

Anahtar sözcükler: Yaya ulaşımı, küresel yürünebilirlik indeksi.

## Giriş

Yaya ulaşımı, ulaşım türleri içinde vazgeçilmez bir yere sahiptir çünkü her yolculuk bir yürüyüşle başlar ve biter. Varılmak istenen noktaya yaya olarak gidilmeyecek olsa da özel otomobil, toplu taşıma veya farklı bir ulaşım türünü kullanabilmek için insanlar yürümek zorundadırlar (Krambeck, 2006).

Yaya ulaşımı zorunlu bir ulaşım türü olmakla birlikte sürdürülebilir, çevreci, hava kirliliği yaratmayan, insan sağlığına faydalı ve toplu taşımayı geliştiren bir ulaşım türüdür. Bu özellikleri nedeniyle gelişmiş ülke kentlerinde yürümeye gereken önem verilmekte, ulaşımın hızlı ve güvenli olması için çalışmalar yapılmaktadır.

Ulaşımın hızlı ve güvenli olmasını sağlayan ise yalnızca yayalara ayrılmış özel yollar ve kaldırımlardır. Bu alanlar, tuvalet, telefon, oturma birimleri vs. gibi yayaların olası gereksinimlerini karşılayabilecek altyapı hizmetleriyle donatılmalıdır. Bu alanların tasarlanırken dikkat edilmesi gereken diğer unsurlar ise, yayaların hızının düşmemesi için yol üzerinde bir engel bulunmaması, taşıt yoluyla kesişiminin olabildiğince az ve genişliğin yeterli olmasıdır.

Ülkemizde, yaya alanlarına ve yaya ulaşımına gereken önem verilmemekte ve genellikle yatırımlar taşıt hızlarının iyileştirilmesi için yapılmaktadır. Taşıt akışını hızlandırmak için taşıt yolları genişletilirken kaldırımlar daraltılmakta, ya da yaya geçitleri kaldırılmaktadır. Yeni yollar inşa edilirken bile yayalar göz ardı edilebilmektedir. Bu durum genellikle gelişmekte olan ülkelerde yapılan yanlışlardan birisidir. Önemli trafik sorunlarının çözümü yol altyapısında yapılan iyileştirmelerle aranmakta ancak yolların iyileştirilmesiyle birlikte taşıt sayısı da artmakta, otopark ihtiyacı daha da fazlalaşmakta ve trafik sorunu varlığını sürdürmektedir. Toplu taşıma, bisiklet ve yaya ulaşımının bütünleşik şekilde kullanımının tek çözüm olduğu gelişmiş ülkelerde anlaşılmasına karşın gelişmekte olan ülkelerde yalnızca toplu taşımaya önem veren yaklaşım sürdürülmektedir.

Gelişmekte olan kentlerde yapılan tüm yolculuklar içerisinde yayaların payı çok yüksektir. Örneğin, Hindistan'ın büyük kentlerindeki yolculukların %25 ile 50'si, Afrika'nın gelişmiş kentlerindeki yolculukların da %50'si yürüyerek yapılmakta, orta ve küçük ölçekli kentlerde ise bu oran daha da fazladır. Öte yandan bu kentlerde yaya altyapısı ve sosyal hizmetler, belediye planlamasında ve bütçesinde yer almamaktadır (Gwilliam, 2002). Bu tip hizmetlerin sağlanmaması ise trafik güvenliği sorunlarına neden olmaktadır. Türkiye'de 2015 yılında gerçekleşen trafik kazalarının %23'ü yayaya çarpmaktan kaynaklanmış olup bu oran tüm kaza oluş türleri içinde 2. sırada yer almaktadır. Bu kazalarda 1810 yaya hayatını kaybetmiştir. (KGM, 2016).

Yaya ulaşımının tüm olumlu yanlarına karşın ülkemizdeki altyapı ve işletme yetersizliği, insanları yürümekten uzaklaştırmakta, yaya alanlarının sayısal olarak değerlendirilerek yetersizliklerin akılcı bir şekilde görülebilmesi için geliştirilen Küresel Yürünebilirlik İndeksi (KYİ)'nin İstanbul'da bir caddede uygulanması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

## Küresel Yürünebilirlik İndeksi

Yürünebilirlik kavramı, yürüyüşün ne kadar kolay ve hoş olduğuyla ilgili olmanın yanında insanların yürümeye ne kadar özendirildiğinin bir göstergesi ve bir bölge için kalite göstergesidir. Cadde ve sokakların birbiriyle yeterli sayıda bağlantısının olması, taşıt trafiğinden bağımsız yaya kaldırımlarının olması ve bu kaldırımlar tasarlanırken yaya gereksinimlerinin göz önüne alınıp fiziksel gerekliliklerin tasarıma eklenmesi, yaya kaldırımlarıyla hızlı akan bir trafiğin kesişmiyor olması ve yollar üzerinde yeterli yeşil alan bulunması, yürünebilirliği etkileyen unsurlardır.

Yürünebilirlik seviyesinin ölçülmesi için geliştirilen indeksler iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlardan ilki Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde (CBS) saptanan yerleşik ortam değişenlerinin çözümlenmesine (Mantri, 2008), (Cubukcu, 2013), (Taleai ve Amiri, 2017), (Url-1), ikincisi ise yaya kaldırımlarını ve yolları kullanan yayalardan anketler yardımıyla alınan bilgilerin çözümlenmesine dayanmaktadır (Saelens ve diğ., 2003), (Cerin ve diğ., 2006), (Krambeck, 2006), (Ewing ve Clementine, 2013). İndekslerin çoğunluğu genellikle CBS kullanmadan tasarlanmış ve anket temellidir (Praveen ve Cara, 2011).

Bu çalışmanın tek bir caddede gerçekleştirilecek olması, ülkemizde özellikle de İstanbul'da iş yerlerine vs. yakınlıkta neredeyse tüm bölgelerin yüksek bir puan alabilecek olması, yürünebilirliğin yaya kaldırımlarının fiziki durumu ve güvenliği üzerinden ölçülmesi istendiğinden uygun bir indeks bulmak için çeşitli indeksler incelenmiştir. Sonuç olarak ölçütlerimize uyması, tüm dünyada geçerli ve en yaygın indeks olması sebebiyle Holly Krambeck tarafından tasarlanan küresel yürünebilirlik indeksi seçilmiştir.

Dünya Bankası tarafından desteklenen KYİ, 2006 yılında Krambeck tarafından geliştirilmiştir. Krambeck bu indeksi oluştururken, gelişmekte olan kentlerde yürümenin öneminin anlaşılmasını, yetkililerinin kentin yürünebilir olması için çözülmesi gereken sorunları kolaylıkla belirleyebilmelerini ve kent planlamacılarının yerel yaya koşullarının diğer kentlere göre seviyesini anlayabilmelerini hedeflemiştir. İndeksin 3 bileşeni vardır;

- 1) Güvenlik: Yayaların yürürken can güvenliğinin olup olmadığını ve yürürken kazaya uğrama olasılıklarını ölçer.
- 2) Uygunluk ve çekicilik: Yayaları yürürken hava koşullarından koruyacak unsurlar var mı, yol geçici veya kalıcı engeller tarafından kesiliyor mu, taşıt trafiğiyle kesişmeden sürüyor mu gibi sorularla yaya yollarının uygunluk ve çekiciliğini ölçer.
- 3) Kamusal destek: Yaya ulaşımının devlet tarafından desteklenip desteklenmediğini, bütçede yer alıp almadığını ve yaya yolu ağının kent ana ulaşım planında yer alıp almadığını ölçer (Krambeck, 2006).

KYİ'nin hesaplanmasındaki yaklaşım, üç bileşen doğrultusunda yapılan çalışmaların yayalar tarafından nasıl algılandığının belirlenmesidir. Bu algının belirlenebilmesi için 9 sorudan oluşan bir anket çalışmasının yapılması KYİ'nin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Anketteki 9 soru güvenlik, uygunluk ve çekicilik bileşenlerine göre hazırlanmış olup aşağıdadır;

- 1) Kaldırımların sürekliliğinden memnun musunuz? Başka bir deyişle kaldırımlardan araç yoluna inmeden yürüyebildiğiniz uzaklığı nasıl buluyorsunuz?
- 2) Yaya yolu boyunca suça karşı kendinizi ne kadar güvende hissediyorsunuz?
- 3) Karşıdan karşıya geçerken kendinizi ne kadar güvende hissediyorsunuz?
- 4) Trafikteki sürücülerin davranışlarını (dikkatli araç kullanımı ve trafik kurallarına uyma) nasıl buluyorsunuz?
- 5) Yayalara sağlanan olanakların (ışıklandırma, bank, tuvalet vs.) yeterliğinden ne kadar memnunsunuz?
- 6) Engelliler için kaldırım düzenlemelerinden ve genişliğinden ne kadar memnunsunuz?
- 7) Kaldırımların bakım ve temizliğinden ne kadar memnunsunuz?
- 8) Kaldırımlarda kalıcı (direkler) veya geçici (çöp kutuları, su birikintileri, buzlanma park edilmiş araç) engellerle karşılaşmadan yürüme konforunuzdan ne kadar memnunsunuz?
- 9) Karşıdan karşıya geçişlerde yaya geçitlerinin arasındaki uzaklığı nasıl buluyorsunuz, yaya geçitlerinin sıklığından ne kadar memnunsunuz?

Anket sorularınının 1-5 arasında (5: Çok iyi, 4: İyi, 3: Normal, 2: Kötü, 1: Çok kötü) tam sayı kullanılarak puanlanması istenmektedir.

KYİ, bir alan (mahalle, ilçe, il) için ya da bir (yol, cadde, bulvar) için belirlenebilir. Çalışmada bir alanın incelenmesi durumunda:

- Farklı sokak tipleri listelendikten sonra her bir farklı cadde türünden n tanesinin seçilmesi;
- “Düşük”, “orta ve yüksek” gelirli yerleşim alanlarının, iş merkezlerinin ve endüstriyel bölgelerin bulunduğu 4 bölge belirlenerek her bölge için n tane caddenin seçilmesi;
- Önceden belirlenmiş bir yarıçapa sahip rastgele bir bölge seçilerek bu bölge içerisine giren tüm sokakların seçilmesi

gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Çalışmada bir yolun incelenmesi durumunda ise yolun farklı özellikteki belirli kesimlere ayrılması istenmektedir. Yol üzerindeki belirli merkezi yerler sınır noktalar olarak belirlenip aralıklar oluşturulur. Daha sonra her kesim için anket uygulaması ve yaya sayımları yapılarak veri toplanır.

KYİ'nin belirlenmesi için yapılacak anket çalışmasının zamanı önemlidir. Sabah saatlerinde anket yapılırsa genellikle o saatte yaya yolunu kullananlar, yolda güvenlik sorunlarının olmadığını düşünebilir; aynı şekilde akşam saatlerinde anketin yapılması durumunda yayalar yolun gerçekte olduğundan daha güvensiz olduğunu söyleyebilirler.

Bu yüzden anket zirve saat ve zirve dışındaki farklı bir saatte gerçekleştirilmelidir (Krambeck, 2006).

### **İndeks Hesaplama Yöntemi**

KYİ, i kadar sorunun, j kadar kesime ayrılmış bir yolda, k kadar katılımcıya sorularak puanlandırılması; daha sonra bu puanların kesim uzunlukları ve kesimi kullanan yaya sayılarına göre ağırlıklandırılması ve eğer istenirse de son olarak sorulara da bir ağırlık verilmesi temeline dayanmaktadır. KYİ'nin hesaplanması 4 adımdan oluşmaktadır.

#### Birinci Adım

i sorusunun j kesimindeki ortalama puanının hesaplanması:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{\sum_{k=1}^{\gamma} x_{ijk}}{\gamma} \quad (1)$$

$x_{ijk}$  : i sorusuna j kesiminde k katılımcısının verdiği puan

$\overline{x_{ij}}$  : i sorusunun j kesimindeki ortalama puanı

i : Soru sırası,  $i=1, \dots, \alpha$

j : Kesim sırası,  $j=1, \dots, \beta$

k : Katılımcı sırası  $k=1, \dots, \gamma$

#### İkinci Adım

i sorusunun yol boyunca ortalama puanının hesaplanması:

$$\overline{x_i} = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} \overline{x_{ij}} * y_j * z_j}{\sum_{j=1}^{\beta} y_j * z_j} \quad (2)$$

$\overline{x_i}$  : i sorusunun yol boyunca ortalama puanı

$y_j$  : j kesimindeki yaya sayısı

$z_j$  : j kesiminin uzunluğu

#### Üçüncü Adım

i sorusunun ağırlığının hesaplanması:

$$\overline{W_i} = \frac{\sum_{l=1}^{\delta} W_{il}}{\delta} \quad (3)$$

$\overline{W_i}$  : i sorusunun ağırlığı

$W_{il}$  : i sorusuna l uzmanının verdiği ağırlık puanı

l : Uzman sırası  $l=1, \dots, \delta$

#### Dördüncü Adım

KYİ'nin hesaplanması (soru ağırlıklandırması olmadan):

$$KYİ = \frac{\sum_{i=1}^{\alpha} \overline{x_i}}{\alpha} \quad (4)$$

KYİ'nin hesaplanması (soru ağırlıklandırması yapılarak):

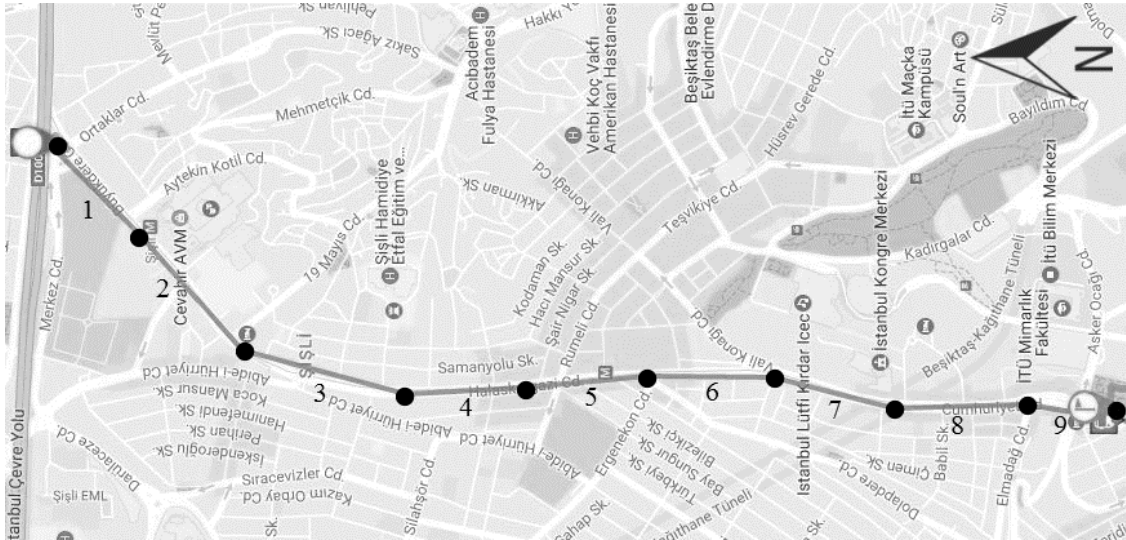
$$KYİ = \frac{\sum_{i=1}^{\alpha} \overline{x_i} * \overline{W_i}}{\sum_{i=1}^{\alpha} \overline{W_i}} \quad (5)$$

## Saha Çalışması

Bu çalışmada İstanbul'da yaya hareketlerinin en yoğun olduğu yollardan biri olan Mecidiyeköy-Taksim arasındaki Büyükdere Caddesi, Halaskargazi Caddesi ve Cumhuriyet Caddesi'nde (Şekil 1) küresel yürünebilirlik indeksi araştırılmıştır.

Çalışma sahası üzerinde bulunan 10 adet İETT durağı sınır noktası olarak seçilerek, 9 kesime bölünmüştür. Bu kesimler;

1. Mecidiyeköy – Şişli Merkez (M – ŞM)
2. Şişli Merkez – Şişli Cami (ŞM – ŞC)
3. Şişli Cami – Şişli Etfal (ŞC – ŞE)
4. Şişli Etfal – Pangaltı (ŞE – P)
5. Pangaltı – Osmanbey (P – O)
6. Osmanbey – Harbiye (O – H)
7. Harbiye – TRT İstanbul (H – TRT)
8. TRT İstanbul – Elmadağ (TRT – E)
9. Elmadağ – Taksim (E – T)



Şekil 1: Çalışmanın gerçekleştirildiği Taksim-Mecidiyeköy arasındaki yol.

Çalışmada ilk olarak 9 sorudan oluşan anket yapılmıştır. Anketler kolaylık bakımından İETT duraklarında yapılmış, katılımcılardan buldukları durak ile bir önceki durak arasındaki kesimi dikkate alarak soruları yanıtlamaları istenmiştir. Ankete katılan insanların demografisinin çeşitli olması adına anket, hafta içi 17:00-19:00 ve hafta sonu 12:00-14:00 saatleri arasında hafta içi 90, hafta sonu 90 olmak üzere toplam 180 kişiyle yüz yüze soru yanıt şeklinde yapılmıştır.

Yapılan anket çalışmasında her bir kesimde her bir soru için elde edilen puanlar (Denklem 1 kullanılarak) Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.



Tablo 1: Hafta içi yapılan anketler sonrasında elde edilen, her kesim için soru puanları.

Soru	M-ŞM	ŞM-ŞC	ŞC-ŞE	ŞE-P	P-O	O-H	H-TRT	TRT-E	E-T	Σ
1	2,5	2,6	3,5	3,2	3,9	2,9	3,6	4,5	3,3	30
2	1,2	2,9	3,1	2,9	2,5	1,9	1,8	2,6	2	20,9
3	2,6	1,7	2,9	2,8	2,8	2,5	2,8	2,9	2,4	23,4
4	2,6	2,3	1,9	2,3	2,3	2,1	1,9	2,1	1,9	19,4
5	2,3	2,7	3,1	3	2,8	2,1	2,3	3,1	1,7	23,1
6	1,3	1,3	1,9	2,2	1,3	1,6	1,9	2,7	1,5	15,7
7	3,3	3,6	3,5	2,7	3	3,2	3,5	4,5	2,9	30,2
8	2	2,3	2,7	2,3	3,1	2,3	2,7	3,6	2,8	23,8
9	1,9	2,1	2,5	2,4	2,7	2,5	2,7	2,5	2,3	21,6
Σ	19,7	21,5	25,1	23,8	24,4	21,1	23,2	28,5	20,8	

Tablo 2: Hafta sonu yapılan anketler sonrasında elde edilen, her kesim için soru puanları

Soru	M-ŞM	ŞM-ŞC	ŞC-ŞE	ŞE-P	P-O	O-H	H-TRT	TRT-E	ED-T	Σ
1	2,1	2,9	2,9	3,5	3,2	3,5	3,5	4,3	3,1	29,0
2	2,2	2,0	2,2	2,2	2,1	2,2	2,4	2,7	2,1	20,1
3	1,8	2,4	2,7	2,5	2,5	3,3	2,4	3,1	2,4	23,1
4	2,0	2,4	2,1	1,9	2,0	1,8	1,9	2,3	2,0	18,4
5	2,2	2,6	2,5	2,5	2,9	2,6	2,7	3,2	2,1	23,3
6	1,3	1,2	1,5	1,7	1,6	1,3	1,6	2,3	1,9	14,4
7	2,6	3,0	3,4	3,0	2,9	3,6	3,7	4,3	2,8	29,3
8	2,0	2,8	1,8	2,4	2,6	2,9	2,4	3,0	2,8	22,7
9	1,9	2,5	2,6	2,7	3,1	2,5	2,7	2,2	2,3	22,5
Σ	18,1	21,8	21,7	22,4	22,9	23,7	23,3	27,4	21,5	

Hafta içi ve hafta sonu yapılan anket sonuçları incelendiğinde, en düşük puan toplamını 6. sorunun aldığı görülmektedir. Engellilerle ilgili kaldırım düzenlemelerinin yeterliliğini sorgulayan bu sorunun puanının düşük çıkması, çalışma sahası boyunca düzenlemelerin yetersiz olduğunu göstermektedir. Bölgesel olarak bakıldığında ise en düşük puanı Mecidiyeköy-Şişli Cami kesimi almış olup bunun nedeni, sürmekte olan metro çalışmaları ve kaldırım genişliğinin mevcut yaya akışı için yetersiz olmasıdır. En yüksek puan alan soru ise TRT İstanbul ve Elmadağ durakları arasında kalan kesimde, “Kaldırımların sürekliliğinden memnun musunuz? Başka bir deyişle kaldırımlardan araç yoluna inmeden yürüebildiğiniz uzaklığı nasıl buluyorsunuz? sorusudur. Bu kesimde kaldırım, diğer kesimlere göre taşıt yolu tarafından daha az bölünerek devam etmekte ve çevre düzenlemeleri yapıldığından, yürünebilirlik indeksinin uygunluk ve çekicilik bileşenine uymaktadır.

Hafta içi ve hafta sonu anket sonuçlarında, kaldırımın sürekliliği, karşıdan karşıya geçerken yayaların güvenliği, yayalara sağlanan olanaklar, kaldırımın bakım ve temizliği, kaldırım üzerindeki yürüme aksatacak engellerin durumu ve yaya geçitleri

arasındaki uzaklıkla ilgili olan sorular kesimler arasında farklı puanlar almıştır. Örneğin kaldırımların sürekliliği Mecidiyeköy-Şişli Merkez kesiminde kötü olarak değerlendirilirken Şişli Etfal durağından sonra 3,5 ve üzeri puan alarak iyiye geçmiştir. En düşük puanı alan ilk 3 soru için ise durum farklıdır. Yaya yolu boyunca yayaların suça karşı tedirginlikleri, trafikteki taşıt sürücülerinin davranışlarından rahatsızlık ve engelliler için düzenlemelerin yetersiz bulunması, kesim fark etmeksizin çalışma sahası boyunca devam etmektedir.

Her kesim için hafta içi 17:00-19:00, hafta sonu 12:00-14:00 saatleri arasında, kaldırımın bir tarafında durularak, karşı kaldırım ve bulunulan kaldırım her iki yönde kullanan yayaların 10'ar dakikalık sayımlar yapılmış ve saatliğe çevrilmiştir. Gözlem yapılan kesimlerin uzunluklarla, saatlik yaya akışı verileri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Hafta içi ve hafta sonu yaya sayıları ve kesimler arası uzunluklar

		M-ŞM	ŞM-ŞC	ŞC-ŞE	ŞE-P	P-O	O-H	H-TRT	TRT-E	E-T
Saatlik Yaya Sayısı	Hafta içi	14082	5258	4434	5588	2756	8610	2156	2692	4476
	Hafta sonu	11528	5886	4866	4426	1972	8316	2108	1754	3850
Uzaklık (Km)		0,358	0,443	0,481	0,319	0,35	0,47	0,232	0,376	0,394

Hafta içi ve hafta sonu yapılan anketler, ayrı ayrı ve bir arada değerlendirilerek tüm soruların yol boyunca olan ortalama puanları (Denklem 2 kullanılarak) Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Soruların yol boyunca ortalama puanları.

Soru	Hafta İçi	Hafta Sonu	Toplam
1	3,04	2,99	3,02
2	2,13	2,18	2,16
3	2,54	2,54	2,54
4	2,24	2,03	2,13
5	2,47	2,48	2,47
6	1,62	1,45	1,53
7	3,30	3,14	3,22
8	2,43	2,46	2,44
9	2,29	2,39	2,34

Yol boyunca olan soruların uzaklık ve yaya sayısına göre hesaplanmış ortalama puanlarında, en yüksek alan 1 ve 7. sorudur. 1. Soru kaldırımların sürekliliğiyle, 7. Soru ise kaldırımların bakım ve temizliğiyle alakalıdır. En kötü ortalama puanı alanlar ise yayaların suça karşı güvenliklerini, taşıt kullanıcılarının davranışlarını ve engelliler için olan kaldırım düzenlemelerinin durumunu sorgulayan sırasıyla 2,4 ve 6. sorulardır. Hafta içi ve hafta sonu sorulara verilen puanlar benzeşmektedir bu da anketin tutarlı ve yayaların bilinçli yanıt verdiklerini göstermektedir.

Anket sonucu değerlendirilirken önemli konuların ön plana çıkarılabilmesi için sonucun her sorudan eşit derecede etkilenmemesi gerekmektedir. Bu sorunun çözümü için

akademisyenlerden oluşan uzmanlardan soruları önemlerine göre ağırlıklandırmaları istenmiştir. Bu ağırlıklandırmalar 10 puan üzerinden 5 uzman tarafından yapılmış ve görüşlere göre sorulara verilen ağırlık puanlarının ortalamaları (Denklem 3 kullanılarak) Tablo 5’te verilmiştir. Görüşler, değişkenlik katsayılarına göre değerlendirildiğinde bazı sorularda uzmanların görüş ayrılığına düştüğü görülmüştür.

Tablo 5: Uzmanlarca sorulara verilen ağırlık puanları

Soru	Ortalama	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı
1	7,0	3,74	0,53
2	6,8	1,92	0,28
3	8,4	2,60	0,31
4	8,0	0,70	0,09
5	6,0	1,58	0,26
6	8,0	1,00	0,13
7	5,4	1,14	0,21
8	5,8	2,38	0,41
9	6,0	2,00	0,33

Son olarak Denklem 4 ve 5 kullanılarak Taksim-Mecidiyeköy arasında KYİ hesaplanmış olup Tablo 6’da görülmektedir.

Tablo 6: Hesaplanan KYİ’ler

Soru	Hafta İçi	Hafta Sonu	Toplam
Ağırlıklandırılmamış	2,45	2,41	2,43
Ağırlıklandırılmış	2,41	2,37	2,39

Uzmanların verdiği ağırlık puanlarıyla hesaplanmış KYİ’nin ağırlıklandırılmamış KYİ’den düşük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı uzmanlar düşük puan alan soruların önem derecesini yükselterek ankete daha fazla etki etmesine, yüksek alan bazı soruların da ağırlığını azaltarak daha az etki etmesine sebep olmuşlardır.

## Sonuçlar

Mecidiyeköy Taksim arasındaki Büyükdere, Halaskargazi ve Cumhuriyet Caddelerinde yapılan araştırmanın sonucunda, küresel yürünebilirlik indeksi hesaplanmış ve değeri 5 üzerinden 2,39 bulunmuştur. Bu değer, normal durumu gösteren “3”ün altında olduğundan, araştırmanın yapıldığı yoldaki yürünebilirliğinin kötü olduğunu göstermektedir.

Anket sorularına tek tek baktığımızda yayaların en çok yakındıkları ilk konu kendilerini yürürken güvende hissetmemeleri ve bu yaya yolu üzerinde engelliler için yapılması gereken düzenlemelerin eksikliğidir. Yaya yolu üzerinde görme engelli insanlar için herhangi bir hissedilebilir uyarı veya kılavuz iz olmamakla birlikte kaldırım

rampalarında da eksiklik vardır. Bir diğer konu ise taşıt sürücülerinin davranışlarıdır, yayalar sürücülerin yaya geçitlerinde bile yavaşlamadan, olması gerekenden hızlı araç kullandıklarını belirtmişlerdir. Anket sorularında olmamasına karşın yayaların dile getirdiği bir diğer konu ise, cadde üzerindeki inşaatlardan caddeye çok fazla toz ve pisliğin gelmesi ve belediyenin bu sorunun çözünü için bir eylemde bulunmamasıdır.

Kesimleri tek tek incelediğimizde ise Mecidiyeköy-Şişli Merkez durakları arasının en düşük puana sahip olduğu görülmüştür. Sürmekte olan metro inşaatından dolayı, meydan düzenlemesi yapılamamış bu da yayaları, karşıdan karşıya geçmek için uzaktaki bir yaya geçidini kullanmak zorunda bırakmıştır. Uzaktaki geçide yürümek istemeyen yayalar ise trafik ve kendi can güvenliklerini tehlikeye atmaktadırlar. Bir üçüncü sebep ise mevcut insan kalabalığına yetecek kaldırım genişliğinin olmaması ve insanların rahat yürüyememeleridir. Diğer kesimlere göre en yüksek puanı alan TRT İstanbul-Elmadag İETT durakları arasında, kaldırım genişliği yaya akışına göre yeterlidir. Yayalar için rahatlık ve güvenliğin önemi de böylece anlaşılmaktadır.

Çalışma sahasındaki eksiklikler bu anket çalışmasıyla saptanabilmiştir. Bunlardan en öne çıkan engellilerle ilgili kaldırım düzenlemelerinin eksikliği giderilmeli, gereken engelli rampaları, uyarıcılar yola eklenmelidir. Bir diğer eksik olan suça karşı yayaların güven düzeyinin düşüklüğünün giderilmesi için de yoldaki aydınlatma düzeyi artırılabilir ve güvenlik ekiplerinden bölgeye ek devriye vs. konulması için bu konuda yardım istenebilir. En kötü kesim olan Mecidiyeköy-Şişli Merkez arasında ise ilk olarak kaldırım genişliği konusunda düzenlemeler yapılması gerekmektedir.

## Kaynaklar

Ewing R. and Clemente, O. (2013) *Measuring Urban Design: Metrics for Livable Places*. Washington, DC: Island Press

Gwilliam, K. (2002) *Cities on the Move*. Washington, D.C.: World Bank.

Cerin E., Saelens B., Sallis J.F. and Frank L.F. (2006) Neighborhood Environment Walkability Scale: Validity and development of a short form. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38 (9): 1682-1691.

Cubukcu, E. (2013) "Walking for Sustainable Living. *Procedia, Social and Behavioral Sciences* 85: 33-42.

Karayolları Genel Müdürlüğü (2016) *Trafik Kazaları Özeti 2015*.

Krambeck, Holly V. (2006) *The Global Walkability Index*, Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology.

Praveen, K. M. and Cara J. C. (2011) Walkability: A Review of Existing Pedestrian Indices, *URISA Journal*, Vol. 23, No. 2

Saelens, B. E., J. F. Sallis, J. B. Black, and D. Chen. (2003) Neighborhood-based differences in physical activity: An environment scale evaluation. *American Journal of Public Health* 93(9): 1552-58.

Taleai M., Taheri Amiri E., (2017) Multi-Criteria Evaluation of Walkability Potential in Urban Areas. Journal of Geomatics Science And Technology; 6 (3) :75-88

Url-1, [www.walkscore.com](http://www.walkscore.com), Erişim tarihi: 10.04.2017



# Kullanıcılarına Göre Bisiklet: Bir Ulaşım Aracı

## Mustafa Karasahin

İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü-Avcılar Kampüsü

Tel: (212) 4737070 / 17936

E-Posta: [mkarasahin@gmail.com](mailto:mkarasahin@gmail.com)

## Volkan Emre Uz, İslam Gökalp, Ebru Doğru

Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Tel: (322) 455 00 00

E-Posta: [vemreuz@adanabtu.edu.tr](mailto:vemreuz@adanabtu.edu.tr); [igokalp@adanabtu.edu.tr](mailto:igokalp@adanabtu.edu.tr); [ebrudogru5@gmail.com](mailto:ebrudogru5@gmail.com)

## Öz

Genel olarak kentlerde bisiklet kullanımına etki eden faktörlerin kentin iklim ve topoğrafya gibi coğrafi özellikleri ve kat edilen mesafeler ve ekonomik yapı gibi kentin gelişmişlik parametreleri olduğu söylenebilir. Çevreye zarar vermeyen yapısı, kullanım alanı ihtiyacının motorlu taşıtlara göre çok daha az olması, toplumun çoğu kesimi tarafından satın alınabilecek derecede ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, hem kullanıcılarına, hem kente, hem de ülke ekonomisine sağladığı yararlar nedeni ile bisiklet kullanımı bir “kent içi ulaşım türü” olarak şehirlerimizde yaygınlaştırılmalıdır.

Isparta ilinde bisiklet kullanıcılarına uygulanan anket ile yaş, meslek, eğitim durumu gibi bisiklet kullanıcılarına ait özellikler ile bisiklet kullanıcılarının, yolculuklarının amacı, kullanım sıklığı, mevsim koşullarının kullanıma etkisi, yolculuklarının mesafesi gibi yolculuk özelliklerini belirlemek hedeflenmiştir. Ayrıca ankette sorulan sorular ile kullanıcıların Isparta’da bisiklet kullanımında yaşadıkları sorunlar ve bu sorunlar ile ilgili çözüm önerileri belirlenmeye çalışılmıştır. İşe gitmek, okula gitmek, alış-veriş ve iş takibi amaçlı seyahatlerde bisiklet bir ulaşım aracı olarak kullanıldığı düşünülürse bu tür seyahatlerin toplam bisiklet seyahatleri içindeki oranı %74,3 olduğu görülmektedir. Sosyal faaliyet ve spor yapma amaçlı seyahatler de eğlence amaçlı seyahatler olarak adlandırılırsa, bu amaçlı seyahatlerin oranının %25,7 olduğu görülmektedir. Bu oranlar da bize göstermektedir ki bisiklet, kullanıcıları tarafından genellikle ulaşım amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Isparta ilinde bisiklet kullanıcılarına uygulanan anket çalışmasından elde edilen bulgular paylaşılacak ve şehirlerimizde ulaşım aracı olarak bisiklet kullanımını yaygınlaştırabilmek için bazı öneriler sunulacaktır.

**Anahtar sözcükler:** Şehir içi Ulaşım, Bisiklet, Bisiklet ulaşım sorunları.

## 1. Dünya’da Bisiklet Kullanımı

Dünyada bisiklet kullanım oranlarının ülkeden ülkeye farklılaştığı, bunun yanında bisikletin tercih edilme sebeplerinin de değiştiği görülmektedir. Bisiklet kullanımında Hindistan, Endonezya, Bangladeş gibi ülkelerde ekonomik parametreler öne çıkarken, Hollanda, Almanya, Danimarka gibi Avrupa kentlerinde arazi kullanımı, çevre ve trafik gibi siyasi ve

bilinçli bir tercihin öne çıktığı görülmektedir. Amerika ve Avustralya’da ise bisiklet daha çok spor ve sosyal amaçlı seyahatlerde tercih edilmektedir (Mert ve Öcalir 2010).

Tablo 1 Bazı Ülkelerde Ulaşımın Türel Dağılımı (Mert ve Öcalir 2010).

Bölge	Kent	Özel Araç	Toplutaşım	Bisiklet ve Yaya
Kuzey Amerika	San Francisco	80	14,5	5,5
	Los Angeles	89,3	6,7	4
	Boston	77,9	14,7	7,4
	Chicago	80,6	14,9	4,5
	New York	66,7	26,6	6,7
Avustralya	Canberra	84	10	6
	Perth	86,2	9,7	4,1
	Melbourne	79,4	15,9	4,7
	Sydney	69,3	25,2	5,5
Avrupa	Frankfurt	49,4	42,1	8,5
	Brüksel	45,6	35,3	19,1
	Hamburg	49,4	38,1	12,5
	Zurih	36	39,8	24,2
	Viyana	44,2	43,9	11,9
	Paris	48,9	36,2	14,9
	Amsterdam	39,1	25,9	35
	Londra	46	40	14
Asya	Singapur	21,8	56	22,2
	Tokyo	29,4	48,9	21,7
	Manila	28	54,2	17,8
	Hong Kong	9,1	74	16,9

Avrupa ülkelerinde bisiklet yolculuklarının yarıya yakını işe ve okula gitmek gibi düzenli faaliyetler için yapılırken, ABD’de sosyal ve eğlence amaçlı bisiklet seyahatleri toplam bisiklet kullanımının %70’ini oluşturmaktadır (Lorasokkay ve Ağırdir 2011, Bozkurt 2016). Özellikle Hindistan, Sri Lanka, Nepal, Bangladeş ve Çin’in bazı kentlerinde bisiklet kullanımı çok yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Pekin’de iş yolculuklarının %50’si, Tiyenşan’da %70’i, Şanghay’da %40’ı bisiklet ile gerçekleştirilmektedir. Japonya’nın bazı kentlerinde iş ve okul seyahatlerinin %20’sinin bisiklet ile yapıldığı belirtilmektedir (Elbeyli 2013). Toronto’da yapılan bisiklet seyahatlerinin %65 işe gitmek, %3’ü spor yapmak ve %16’sı alışveriş ve sosyal faaliyetler için yapılan seyahatlerdir. Kullanıcıların %58’i kış aylarında bisiklet sürmeyi tercih etmemektedir. Kullanıcıların %18’i bisikletlerini motorlu taşıt trafiğinden tamamen ayrılmış ve bisikletliler için düzenlenmiş yollarda kullanmak isterken, %23’ü bisikletler için bir düzenleme yapılmış olsa dahi kendisini motorlu taşıt yollarında güvende hissetmediğini ifade etmektedir. Yol ağının %12’sinin bisikletliler için düzenlendiği Toronto şehrinde ve bu oranın hızla artırılması için çalışmalar yapılmaktadır (Aydın 2015, Sarı 2005).

Hollanda’da tüm ülkeyi kapsayan bir “Ulusal Bisiklet Master Planı” hazırlanmış ve özel otomobillere uygulanacak kısıtlama ve toplu taşıma ve raylı sistemlerle bisiklet arasındaki bütünlüğün artırılması ile 2010 yılına kadar bisiklet kullanımında %30 düzeyinde bir artışın sağlanması hedeflenmiştir. Hollanda’da günlük 150 bin demiryolu yolcusunun yaklaşık yarısı istasyonlara bisikletleri ile gelmekte ve ülke genelindeki 351 istasyonda güvenli bisiklet parkları (ort. %70 doluluk oranı) bulunmaktadır (Şekil 1). Hollanda’daki bisiklet sayısı



otomobil sayısının üç katıdır ve şehir içlerindeki araçlı trafiğin %48'ini oluşturmaktadır. Hollanda kişi başına günlük ortalama 3 km bisiklet yolculuk mesafesi ile Avrupa ülkeleri içerisinde birinci sıradadır ve 100 milyon kilometre başına 1,6 ölümlü bisiklet kazası ile en düşük kaza oranlarından birine sahiptir. Güvenli ve iyi işletilen bir bisiklet yol ağına sahip olmalarının yanı sıra bisikletin toplumun her kesimi tarafından bir ulaşım aracı olarak tanımlanmış olması bu başarıda kilit rol oynamaktadır. Zira İtalya Avrupa'da en düşük bisiklet kullanım oranına sahip ülkelerden birisi iken en yüksek ölümlü kaza oranına sahip ülkeler arasındadır (Li, Muresan vd. 2017). Danimarka'da bisiklet yolculuklarının tüm ulaşım modları içerisinde payı %16'dır ve 5 km'den daha kısa seyahatlerde bu oran %25'e çıkmaktadır.



Şekil 1 Amsterdam'da bisiklet parkları (Anonim 2013).

Bisiklet ulaşımının önceliklendirildiği veya politikalar ile desteklendiği bazı Avrupa şehirlerinde bisiklet kullanımının oldukça yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Kopenhag şehrinde iş ve okul seyahatlerinin %50'si bisiklet ile yapılmaktadır. Her on kişiden 9'unun bisiklet sahibi (bisiklet sayısı 650000) olduğu şehirde otomobil sahipliğinde bu sayı 5,5'tir. Kopenhag'da hafta içi bir günde ortalama 1,27 Mkm bisiklet sürülmekte ve bunun %36'sı işe veya okula gitmek için kat edilmektedir. Bu yüksek kullanım oranının tersine 4,2 Mkm'de (dünyanın çevresinin 100 katı) 1 ciddi bir yaralanma veya can kaybı ile kaza oranı oldukça düşüktür. Kopenhag'da kendini trafikte güvende hisseden bisiklet sürücülerin oranı %76'dır. Amsterdam'daki bisiklet yol ağı uzunluğu 500 km'dir ve buna bisikletlerin önceliklendirildiği ve motorlu taşıt hızının 30km/sa olarak düzenlendiği yolları da ekleyince yol uzunluğu 900 km'ye çıkmaktadır. Şehrin farklı bölgelerine yayılmış ve toplu taşımayla bütünleşik yaklaşık 260.000 kapasiteli bisiklet park istasyonları bulunmaktadır. Amsterdam ve Kopenhag gibi şehirlerde bisiklet ulaşımı araçlı yolculuklar içerisinde en büyük paya (%40) sahip olan türdür (Anonim 2016). Hollanda'nın 150.000 nüfuslu Groningen kentinde günlük yolculukların yaklaşık yarısı (%48), Delft'te %43'ü bisiklet ile yapılmaktadır. İsveç'in Vasteras, İtalya'nın Ferrera kentlerinde bisiklet kullanım oranları %30'lar düzeyindedir. Almanya'nın Erlangen, Danimarka'nın Ödense, Avusturya'nın Salzburg, Belçika'nın Bruges, İngiltere'nin Cambridge kentleri %20 ve üzerinde bisiklet kullanım orana sahip şehirlerdir (Elbeyli 2013).

## 2. Türkiye'de Bisiklet Kullanımı

Bir önceki bölümde verilen Avrupa ve dünya örneklerine göre topoğrafya ve iklim açısından çok daha avantajlı olan şehirlerimizde, hem kente hem de kentliye çok büyük avantajlar sağlayan, bisiklet kullanımının halen yaygınlaşmamış olmasının temel nedeni bu ulaşım türünün yerel yönetimler tarafından yeteri kadar desteklenmemesi ve bir ulaşım aracı olarak

kabul görmemesidir. Türkiye’de istatistiklerle göre bisiklet kullanımı geçmiş yıllara nazaran 3 kat arttığı belirtilse de bisiklet kullanım oranı halen %5’ler civarındadır (Lorasokkay ve Ağırdir, 2011). Çalışmanın bu bölümünde ülkemizde bisiklet kullanımı ve bisiklet ulaşım altyapısına dair yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Bilecik’te gün içinde yapılan tüm yolculukların %3’ü bisikletle yapıldığı ve araçlı yolculuklar içinde bisikletin payının %6 düzeyinde olduğu belirtilmiştir. Bisiklet yolculuklarının amaçlarına göre dağılımında en büyük payı %50’lik oran ile sportif amaçlı yolculuklar almaktadır. Bisiklet yolculuklarının ortalama mesafesi 3-5 km olduğu ve 10 km ve daha uzun yolculuklarda bisikletin fazla tercih edilmediği bildirilmiştir. Bisiklet kullanıcılarının yarısından fazlası (% 54) 15-35 yaş grubundadır (Bozkurt 2016).

Konya’da bisiklet kullanıcılarının %30’u bisikletini işe, %13’ü ise okula gidip gelmek için kullandığı ve bisiklet kullanıcılarının %75’inin motorlu araç sahibi olmadığı belirtilmiştir. Konya’daki bisiklet yol ağı uzunluğunun diğer şehirlerle nazaran daha uzun olduğu gözlenirse de bisiklet yolu şebeke bütünlüğünün sağlanamadığı belirtilmektedir (İmamoğlu, Ghameslou vd. 2014). Konya ilinde 250 bisiklet kullanıcıya yapılan ankette bisiklet kullanıcılarının %49’unun 16-24, %38’inin ise 25-40 yaş grubunda olduğu görülmüştür. Bisiklet kullanıcılarının %43’ü öğrenci, %25’i işçi ve %8’i esnaftır. Seyahatler içerisinde işe gidiş (%36) ve okul (%25) yolculuklarının ağırlık kazandığı görülmektedir. Bisiklet kullanıcılarının %44’ü kötü hava koşullarında yolculuklarını daha seyrek yapmakta, %15’i hava ve mevsim koşullarından etkilenmediğini ve yolculuk biçimlerini değiştirmediklerini beyan etmiştir. Bisiklet kullanıcılarının %45’i taşıt sürücülerinin davranışlarından, %16’sı kentteki bisiklet park yerlerinin yetersizliğinden şikâyet etmiştir. Kullanıcılardan %43’ü daha fazla bisiklet yolu, %29’u park yeri düzenlemeleri yapılmasını önermişlerdir (Lorasokkay ve Ağırdir 2011). Konya ile ilgili yapılan bir başka çalışmada gün içinde yapılan tüm yolculukların %3,4’ünün bisikletle yapıldığı ve araçlı yolculuklar içinde bisikletin payının % 5,2 düzeyinde olduğu belirtilmiştir. Bisiklet yolculuklarının amaçlarına göre dağılımında en büyük payı %55 ile işe gidiş-dönüş yolculuklarının aldığı ve yolculuk mesafesinin ortalama 3-7 km olduğu saptanmıştır. Bisiklet kullananların yarısından fazlasının (%54) 15-35 yaş grubunda ve kullanıcılarının % 74’sinin çalışan ve %16’ünün öğrenci olduğu ifade edilmiştir (Mert ve Öcalir 2010, Elbeyli 2013).

Kastamonu’da bisiklet kullanıcılarına uygulanan anket ile 15-25 yaş arasındaki kullanıcıların %41 ile en büyük paya sahip olduğu ve %37’sinin üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir. Katılımcıların %61’i çalışan %26’sı ise öğrenci olduğu belirtilmiştir. Bisiklet kullanım amaçları içerisinde %17’lik oran ile spor ve sağlık amaçlı kullanım ilk sırada yer almıştır. Katılımcılar, bisiklet kullanımını sınırlayan etkenler arasında diğer araç sürücülerinin olumsuz davranışlarını (%47) ve karayolundan ayrı güvenli bisiklet yolu olmamasını (%46) göstermişlerdir (Kalaycı, Bulan vd. 2015).

Sakarya’da 636, Eskişehir’de 706 ve Antalya’da 167 bisiklet kullanıcısıyla anket yapılmıştır. Bisiklet kullanım amaçlarının işe gitme (%50, %32, %38) olduğu görülmüştür. Kullanıcılara bisikleti hangi sıklıkla kullandıkları sorulduğunda, her gün (%73, %47, %41) kullananların oranının hayli yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuç, kullanıcıların büyük çoğunluğunun bisikleti temel bir ulaşım aracı olarak kullandığını göstermektedir. Tüm şehirlerdeki bisiklet kullanıcılarının ortak önceliği bisiklet yollarının ve gerekli işaretlemelerin yapılması olurken kavşak ve park yeri gibi ulaşım altyapısının bisiklet kullanıcılarına göre düzenlenmesinin gerekliliği de vurgulanmıştır. Sakarya’da yapılan çalışmada şehrin, bisiklet kullanımı açısından düz bir topografyaya sahip olması güçlü yönü olarak, toplum bilincinin eksikliği ve gerekli altyapının bulunmaması da zayıf yönleri olarak belirlenmiştir. Kullanıcıların yerel yönetimden beklentisi kapsamlı bir ulaşım politikası hazırlanarak bir bütün oluşturacak şekilde bisiklet yol ağının oluşturulmasıdır (Elbeyli 2013).

### 3. Bisiklet Kullanıcısı Isparta Anket Çalışması

Anket, Isparta’da kent içi ulaşımda bisiklet ulaşımının durumunu değerlendirmek amacı ile yapılmıştır. Bisiklet kullanıcılarına uygulanan anket ile yaş, meslek, eğitim durumu gibi bisiklet kullanıcılarına ait özellikler ile bisiklet kullanıcılarının, yolculuklarının amacı, kullanım sıklığı, mevsim koşullarının kullanıma etkisi, yolculuklarının mesafesi gibi yolculuk özelliklerini belirlemek hedeflenmiştir. Ayrıca ankette yer verilen sorular ile kullanıcıların Isparta’da bisiklet kullanımında yaşadıkları sorunlar ve bu sorunlar ile ilgili çözüm önerileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ankette bisiklet kullanıcılarına sorulan ‘en sık kullandığımız güzergahı belirtir misiniz?’ sorusuyla Isparta için bir gereklilik olduğu düşünülen bisiklet yolu şebekesinin güzergah çalışmalarına ışık tutmak amaçlanmıştır.

Bisiklet kullanıcılarına uygulanacak anket sayısını belirlemek için aşağıdaki bağıntıdan yararlanılmıştır.

$$n = \frac{t^2 \times p \times q}{D^2}$$

Burada;

n: örnekleme alınacak birey sayısı

p: incelenen olayın görülüş sıklığı (Şehrin trafiğin yoğun olduğu bölgelerinde yapılan trafik sayımlarında bisiklet yolculuklarının toplam araçlı yolculuklar içinde %12,8’lik paya sahip olduğu görülmüş ve kent içinde yapılan araçlı yolculukların %10’ unun bisiklet ile yapıldığı kabul edilmiştir).

q: incelenen olayın görülmeyiş sıklığı (%90)

D: olayın görülüş sıklığına göre kabul edilen  $\pm$  örnekleme hatası (%95 güvenirlilik oranına göre  $D= 0.05$ )

t: belirli bir anlamlılık düzeyinde, t tablosuna göre bulunan teorik değer (güvenirlilik %95,  $\alpha=0.05$   $t=1.96$ ).

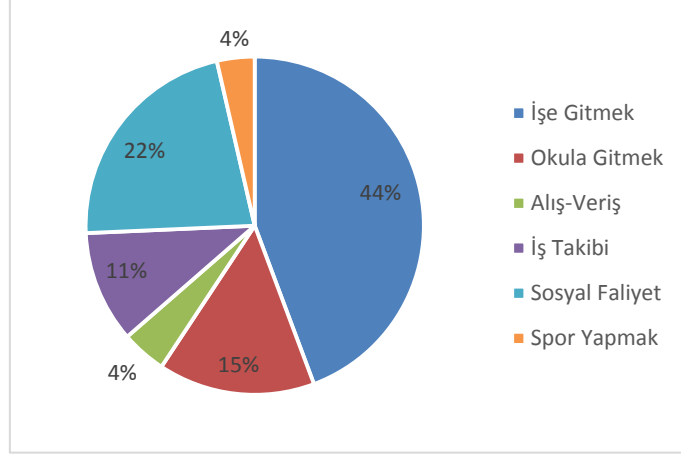
Değerler yerine konduğunda örneklem büyüklüğü 139 kişi olarak bulunmuş ve 140 kişiye anket uygulanmasına karar verilmiştir (Baş 2001). Anketler iki gün boyunca şehrin bisiklet kullanımının yoğun olduğu 5 farklı merkezde yüz yüze görüşme yöntemi ile uygulanmıştır.

#### 3.1. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bisiklet kullanıcılarının yaş gruplarına göre dağılımına bakıldığında 16-19 arası kullanıcıların %30’luk oranla en büyük payı aldığını ve bu grubu %23’lük oranla 25-34 yaş arasındaki kullanıcıların izlediği görülmektedir. 16-34 yaşları arasındaki kullanıcıları genç, 7-15 yaşları arasındakileri çocuk ve 35-64 yaşları arasındaki kullanıcıları da orta yaş ve üzeri kullanıcılar olarak nitelendirirsek, genç kullanıcıların oranının %62, çocuk ve orta yaş ve üzeri kullanıcılarının oranının %19 olduğu görülür.

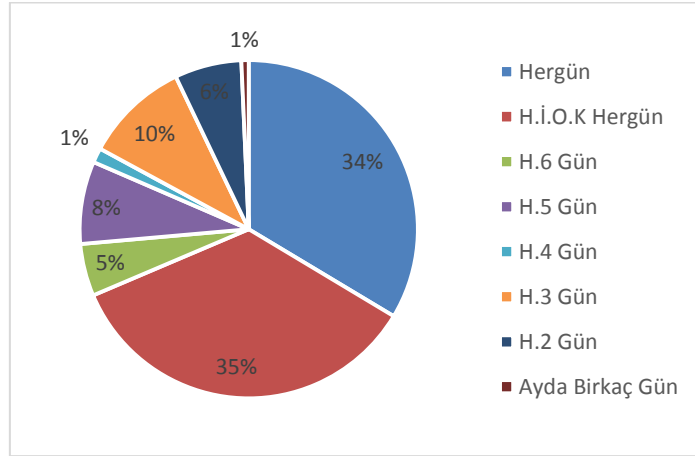
Bisiklet kullanıcıları mesleklerine göre sıralandığında en fazla bisiklet kullanan grubun %40’lık oranla öğrenciler olduğu görülmektedir. Öğrencileri, %30’luk kullanım oranıyla işçiler, %23’lük oranla serbest meslek ve %4’lük oranla kamu çalışanları izlemiştir.

Bisiklet kullanıcılarının bisiklet kullanım amaçlarına göre dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir. İşe gitmek, okula gitmek, alış-veriş ve iş takibi amaçlı seyahatlerde bisiklet bir ulaşım aracı olarak kullanıldığı düşünülürse bu tür seyahatlerin toplam bisiklet seyahatleri içindeki oranı %74,3 olduğu görülmektedir. Sosyal faaliyet ve spor yapma amaçlı seyahatler de eğlence amaçlı seyahatler olarak adlandırılırsa, bu amaçlı seyahatlerin oranının %25,7 olduğu görülmektedir. Bu oranlar da bisikletin, kullanıcıları tarafından genellikle ulaşım amaçlı olarak kullanıldığını göstermektedir.

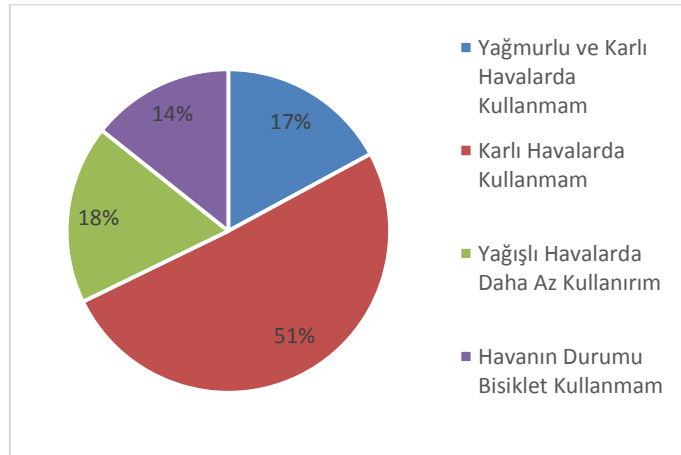


Şekil 2 Bisiklet kullanımı – amaç ilişkisi.

Anket uygulanan bisiklet kullanıcılarının %67'si bisikletlerini her gün kullandıklarını belirtmiştir. Haftada 5 veya daha fazla bisiklet kullanan kişilerin oranı ise %80'dir (Şekil 3). Şekil 4'ten de görülebileceği gibi bisiklet kullanıcılarının %14'ü hava koşullarının bisiklet kullarımlarını etkilemediğini ve yolculuk biçimlerini değiştirmediklerini, %18'i ise bisiklet kullanım sıklıklarını azalttığını ifade etmişlerdir. Kullanıcıların %68'i yağışlı havalarda bisiklet kullanmayı tercih etmemektedir.

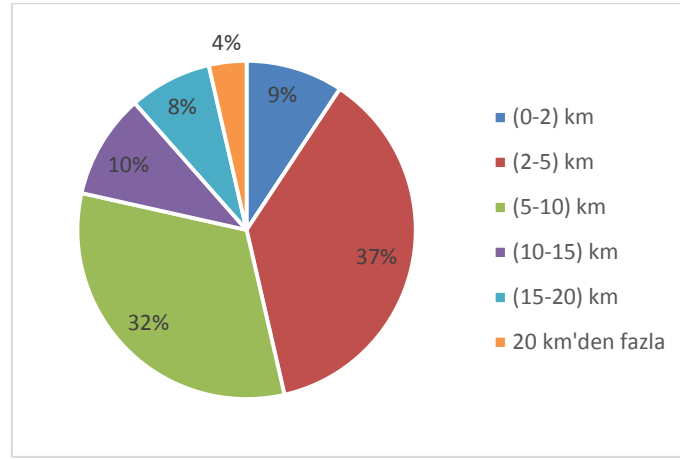


Şekil 3 Bisiklet kullanım sıklığı.



Şekil 4. Hava koşulları – bisiklet kullanım ilişkisi

Bisiklet yolculuklarının mesafesinin 2 ila 10 kilometre arasında kümelendiği, 10 kilometreyi geçen mesafelerde bisiklet kullanımının giderek azaldığı görülmektedir. 2-10 kilometre arasında değişen yolculukların, toplam yolculuklar içindeki oranı %70'tir (Şekil 5).



Şekil 5. Bisiklet kullanım mesafeleri

Bisiklet kullanıcılarının meslek - yolculuk amaç ilişkisine bakıldığında işe gitme amaçlı bisiklet seyahatlerinin %56'sı işçiler, %34'ü serbest çalışanlar ve %10'u kamu çalışanları tarafından yapılmaktadır. İş takibi amaçlı bisiklet kullananların %60'ı serbest meslekle uğraşanlar, %40'ı ise işçilerdir. Sosyal amaçlı bisiklet kullananların %94'ü öğrencilerdir. Bisiklet kullanan öğrencilerin %38'i bisikletlerini okullarına gitmek için %52'si ise sosyal amaçlı kullanmaktadır. Yolculuk amaç - hava koşulları ilişkisi incelendiğinde işe gitme gibi düzenli yolculuklar hava koşullarından daha az etkilenirken, düzensiz yolculuklar hava koşullarından daha fazla etkilenmektedir. Bisiklet kullanıcılarının %68'i yağışlı havalarda bisikletlerini kullanmamayı tercih etmektedirler. Tablo 3'de verilen yolculuk amaç - kullanım sıklığı ilişkisi incelendiğinde haftada 5 gün ve daha fazla bisiklet kullanan kişilerin %70'i bisikleti işe ve okula gitmek gibi düzenli seyahatlerde kullanırken, %18'i ise sosyal faaliyet ve spor amaçlı kullanmaktadır. Hava iyi olduğu koşulda yapılan bisiklet kullanımının %45'i iş amaçlı, %27'si ise sosyal faaliyet amaçlı olduğu görülmektedir. Haftada iki-üç gün sıklıkla gerçekleştirilen bisiklet seyahatlerinin %61'i sosyal amaçlı yolculuklardır.

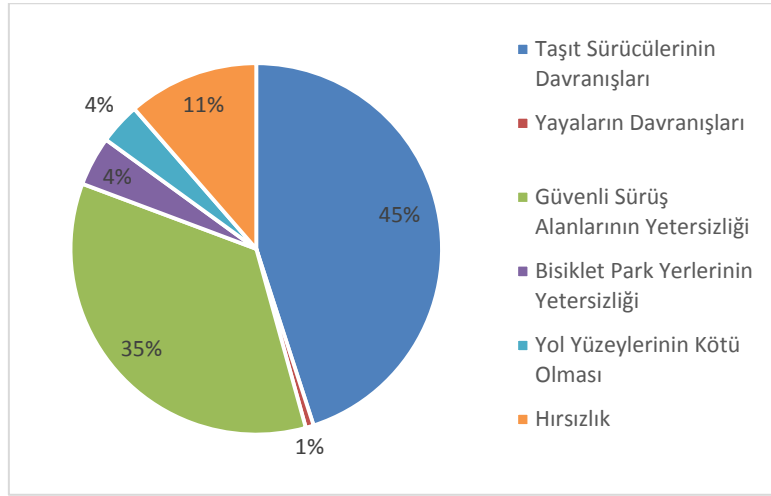
Tablo 3 Yolculuk Amacı-Kullanım Sıklığı İlişkisi.

Kullanım Amacı	Hergün	Hava İyi	H.6	H.5	H.4	H.3	H.2	H.1	Ayda	Toplam
		Ol.Koş.								
		Hergün	Gün	Gün	Gün	Gün	Gün	Gün	Birkaç	
İşe Gitmek	30	22	6	2	—	1	—	—	1	62
Okula Gitmek	5	8	—	7	—	1	—	—	—	21
Alış-Veriş	1	—	—	—	—	2	3	—	—	6
İş Takibi	5	4	1	2	1	1	1	—	—	15
Sosyal Faal.	5	13	—	—	1	7	5	—	—	31
Spor Yapmak	1	2	—	—	—	2	—	—	—	5
<b>Toplam</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>—</b>	<b>1</b>	<b>140</b>

### 3.2. Bisiklet Kullanımındaki Sorunlar ve Kullanıcı Önerileri

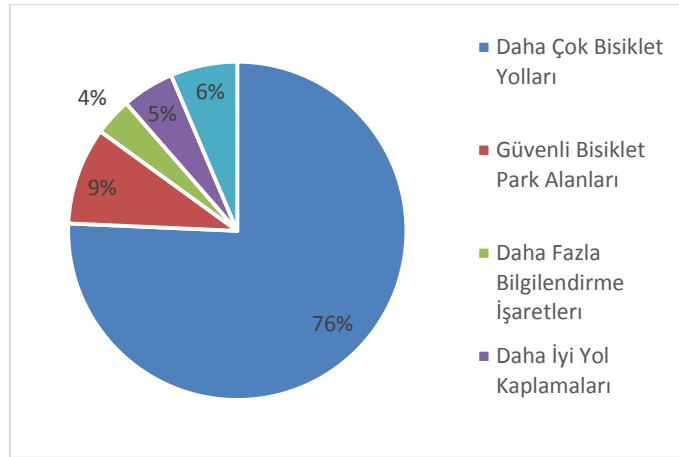
Anket uygulanan kullanıcıların hepsi Isparta'da bisiklet kullanımından bir şekilde şikayetçi olmuştur (Şekil 7). Kullanıcıların %45'i motorlu taşıt sürücülerinin davranışından, %35'i güvenli sürüş alanlarının yetersizliğinden şikayet etmiştir. Bisiklet park alanlarının

yetersizliğinden ve hırsızlıktan şikayetçi olan kullanıcıların oranı %16'dır. Anket sonuçlarından Isparta'nın iyi tasarlanmış bir bisiklet yolu şebekesine ve güvenli bisiklet park alanlarına ihtiyaç duyduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 7 Isparta'da bisiklet kullanıcılarının şikayetleri

Anket uygulanan bisiklet kullanıcılarının %76'sı bisiklet yollarının yaygınlaştırılmasını, %10'u kavşak düzenlemesi ve bilgilendirme işaretleri gibi bisiklete öncelik sağlayan uygulamaların getirilmesini, %9'u güvenli bisiklet park alanlarının inşa edilmesini ve %5'i yol kaplamalarının iyileştirilmesini istemiştir (Şekil 8).



Şekil 8 Isparta'da bisiklet kullanıcılarının önerileri

#### 4. SONUÇ

Şehirlerimizde bisiklet ulaşımının yaygınlaştırılabilmesi için öncelikle mevcut ulaşım yapısı içinde bisiklet kullanımının yeri ve özellikleri konusunda sayım, anket ve gözlemlerle dayanan sayısal verilerin elde edilebilmesi gerekmektedir. Bu veriler ışığında şehir için bir bisiklet ulaşım vizyonu ortaya konmalı ve ulaşılmak istenen hedefler ve bu hedeflere ulaşmada kullanılacak stratejiler belirlenmelidir.

Bu çalışmada, Isparta için vizyon; "Bisikletle ulaşımı daha güvenli ve konforlu bir hale getirerek kullanımını artırmak ve Isparta'yı -bisiklet dostu bir kente- dönüştürmek" olarak belirlenmiştir. Isparta bisiklet şebekesi ile ulaşılmak istenen hedefler ise;

- Hem motorlu taşıtlar hem de bisikletler için güvenli bir trafik ortamı oluşturulması ve bisikletlerin karıştığı veya sebep olduğu kazaların azaltılması,
- Bisikletin kent içi ulaşımında kullanımının yaygınlaştırılması,
- Bisiklet yolculuklarının konforunun artırılarak taşıt trafiği içinde bisiklet sürüş stresinin azaltılması,
- Bisiklet kullanımının, otomobil sahipleri, öğrenciler, yaşlılar gibi toplumun tüm kesimleri arasında yaygınlaştırılması olarak belirlenmiştir.

Yukarıda sıralanan hedeflere ulaşmak için stratejiler;

- Taşıt ve bisiklet trafiğinin yoğun olduğu koridorlarda bisikletler için taşıt trafiğinden ayrılmış şeritler ve yollar yapılması,
- Bisikletliler için şerit veya yol ayrılmasının mümkün olmadığı durumlarda, taşıt trafiği yüksek olmayan alternatif koridorlar bulunarak bisikletlilerin bu alternatif koridorlara yönlendirilmesi,
- Genel trafiğin kullandığı ulaşım altyapı tesislerinin yeniden düzenlenerek bisiklet kullanımına uygun hale getirilmesi,
- Bisiklet şebekesinin sürekliliğinin sağlanarak, bisiklet yolculuklarının yoğunlaştığı başlangıç ve hedef noktaları arasında kesintisiz bir şebeke oluşturulması olarak tanımlanmıştır.

Çevreye zarar vermeyen yapısı, kullanım alanı ihtiyacının motorlu taşıtlara göre çok daha az olması, toplumun çoğu kesimi tarafından satın alınabilecek derecede ilk yatırım ve işletme maliyetleri sayesinde, hem kullanıcıya, hem kente, hem de ülke ekonomisine sağladığı yararlar nedeni ile bisiklet kullanımı "kent içi ulaşım türü" olarak yaygınlaştırılmalıdır.

Kentlerde trafik yönetimi taşıtların değil insanın ve faydalı yükün hareketliliğini esas almalı ve insanların hareket özgürlüğünü ortadan kaldırmamalıdır. Bisiklet kullanımının yaygınlaştırılabilmesi için ulaştırma ve şehir plancıları tarafından bisiklet yollarının önemi ve tasarımı doğru bir şekilde anlaşılmalı ve uygulanmalıdır. Bu çalışmada, yapılan bisiklet kullanıcı anketi ile Isparta ulaşım altyapısının bisiklet kullanıma elverişli olmadığı ve bisikletliler için yeni düzenlemelerin yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu sonuç yukarıda özetlenen ve ülkemizde yapılan diğer çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir ve Türkiye'deki bisiklet kullanıcılarının en büyük talebi bisiklete yönelik daha fazla altyapının yapılmasıdır. Bisikletliler için yollar ve park alanları oluşturulmalı, güvenli ve konforlu bisiklet ulaşım imkanı sağlanmalıdır. Ülkemiz genelinde ulaşım altyapısında yapılacak maliyeti düşük düzenlemelerle kent içi ulaşım sistemi, bisiklet kullanımına uygun hale getirilebilir ve kent ulaşım kültürü açısından zenginleştirilebilir.

## Kaynaklar

Anonim (2013). "Why is cycling so popular in the Netherlands?"  
<http://www.bbc.com/news/magazine-23587916>.

Anonim (2016). "Cycling facts and figures." from <http://www.iamsterdam.com/en/media-centre/city-hall/dossier-cycling/cycling-facts-and-figures>.

Aydın, M. (2015). "Bisiklet kullanımının ortaya çıkardığı pozitif dışsallıklar." Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 17(3): 273-290.

Baş, T. (2001). Anket nasıl hazırlanır, nasıl uygulanır, nasıl değerlendirilir. Ankara, Seçkin Yayınevi, Türkiye

Bozkurt, H. (2016). "Bisiklet Ulaşımı Planlaması Bilecik Örneği." Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 4(2): 625-633.

Elbeyli, Ş. (2013). Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Konumu ve Şehirler İçin Bisiklet Ulaşımı Planlaması: Sakarya Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

İmamoğlu, C. T., K. Ghameslou ve Ş. Başaran (2014). Bisiklet yollarında yol güvenliği incelenmesi: Konya örneği. 5. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi, İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü, s. 173-197, ISBN:978-605-4123-34-621-23 Mayıs 2014, Ankara,

Kalaycı, M., Ö. Bulan ve E. Ayan (2015). "Kent içi yolların bisiklet kullanımına yönelik ergonomik uygunluğunun kullanıcılar bakış açısına göre değerlendirilmesi: Kastamonu Kuzeykent örneği." Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3(3): 181-187.

Li, S. (2017). Cycling in Toronto: Route Choice Behavior and Implications to Infrastructure Planning. Yüksek Lisans Tezi, University of Waterloo, Applied Science in Civil Engineering, Ontario

Lorasokkay, M. A. ve M. L. Ağırdır (2011). "Konya kentiçi ulaşımında bisiklet " e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences 1A0202 / 6:4: 870-881.

Mert, K. ve E. V. Öcalir (2010). "Konya'da bisiklet ulaşımı: planlama ve uygulama süreçlerinin karşılaştırılması." METU Journal of the Faculty of Architecture 27(1): 223-240.

Sarı, C. ( 2005). Antalya'Da Kentiçi Ulaşımının Çeşitlendirilmesine Bir Öneri: Bisiklet Kullanımı. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Bildiriler Kitabı, s. 497-51122-24 Eylül Antalya, İnşaat Mühendisleri Odası,

Uz, V. E. (2003). Bisiklet Yollarının Geometrik Planlama Esasları ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta



# Işık Kontrolsüz Hemzemin Yaya Geçitlerinde Yayaların Güvenli Aralık Algılarının İrdelenmesi

**Eraycan Demirer**

İstanbul Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
34469 Maslak/İstanbul  
Tel: 212-2853665

E-posta: demirer.eraycan@gmail.com

**Hüseyin Onur Tezcan**

İstanbul Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
34469 Maslak/İstanbul  
Tel: 212-2853665

E-posta: tezcanhu@itu.edu.tr

## Öz

Yayaların taşıtlarla kesişme yaşayarak karşıdan karşıya geçiş hareketlerini meydana getirdikleri hemzemin yaya geçitleri, yaya güvenliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Hemzemin yaya geçitleri; ışık kontrollü ve ışık kontrolsüz olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir. Işık kontrollü geçitler, ışıklı trafik işareti ile yayalara güvenli geçiş olanağı sağlayan geçitlerdir. Işık kontrolsüz geçitlerde ise herhangi bir trafik ışığı bulunmaması nedeniyle yayalar, karşıdan karşıya geçerken yaklaşan taşıtların hızlarına ve uzaklıklarına göre kendilerine bir güvenli aralık seçmektedirler. Bu çalışmada, yayaların güvenli aralık algılarının, yaya geçidine yaklaşan taşıtların hızları ve uzaklıkları dışında başka unsurlardan etkilenip etkilenmediğini incelenmiş ve belirlenen tüm ilişkili unsurları içeren, farklı şerit sayılarına göre toplam beş regresyon modeli tahmin edilmiştir. Çalışma verisi, İstanbul'da seçilen dört ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçidinden toplanmıştır. Bu dört yaya geçidinden biri iki şeritli, diğer üçü ise üç şeritli yollarda yer almaktadır. Toplanan veriler arasında; yayanın yaş aralığı, cinsiyeti, yanında karşıdan karşıya geçen başka yayaların varlığı gibi yaya karakteristiklerinin yanı sıra, şerit sayısı, şerit genişliği, trafik hacmi gibi yol geometrisi ve trafik akımıyla ilgili çeşitli unsurlar da yer almaktadır. Çalışmada toplanan veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve regresyon modeli sonuçları yorumlanmıştır. Elde edilen çıktılar, benzer özellikler taşıyan yollarda, ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçidi seçimi konusunda yararlı katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Işık kontrolsüz hemzemin yaya geçidi, Yaya güvenliği, Yaya davranışı, Güvenli aralık, Regresyon analizi

## Giriş

Yayalar, trafik içinde yer alan en hassas kullanıcı gruplarından biridir. Trafikte yayalar ile motorlu/motorsuz taşıtların hareketlerinin kesiştiği durumlar, özellikle yaya güvenliği açısından önem arz etmektedir. Söz konusu kesişmeler yayaların karşıdan karşıya geçiş hareketlerini gerçekleştirdikleri zamanlarda ortaya çıkmakta ve yayaların dâhil olduğu kazalar genellikle bu zamanlarda meydana gelmektedir. Bu bağlamda, yaya ve taşıtların aynı seviyede kesiştiği hemzemin yaya geçitlerinin konumları ve tasarımlarının kritik öneme sahip olduğu açıktır. Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) şehir içi yollarda kaldırım ve yaya geçitlerinde ulaşılabilirlik ile ilgili yapısal önlemler ve tasarım kurallarını düzenleyen TS 12576 numaralı standardında, hemzemin geçitlerin, geçide yaklaşan sürücülerin yayaları yeterli ve güvenli uzaklıktan görebilecekleri yerlere yerleştirilmeleri gerektiği ifade edilmiştir (TSE, 2012).

Yayaların herhangi bir yolda karşıdan karşıya geçebilecekleri hemzemin yaya geçitleri, ışık kontrollü veya ışık kontrolsüz olarak yol boyunca veya kavşaklarda tasarlanabilmektedir. Işık kontrollü hemzemin yaya geçitleri, otomatik veya yaya kumandası ile çalışan ışıklı trafik işareti ile yaya ve araca değişik zaman aralıklarında güvenle geçme izni verilen hemzemin yaya geçididir (TSE, 2012). Buna bağlı olarak, ışıklı kontrollü hemzemin yaya geçitlerinin, kontrolsüz geçitlere göre göreceli olarak daha güvenli olduğu söylenebilir. Özellikle kavşaklarda yer almayan ışık kontrolsüz geçitlerde ise, neredeyse hiçbir zaman taşıt/taşıtların çatışmasına rastlanmaması sürücülerin daha yüksek hızlarda seyretmesine olanak tanımakta ve bu durum yaya güvenliğini önemli oranda azaltmaktadır. Siddiqui ve diğ. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, kavşaklarda yer almayan hemzemin yaya geçitlerindeki kazalarda ölüm meydana gelme olasılığının kavşaklarda meydana gelenlere göre daha fazla olduğu ifade edilmiştir.

Işık kontrolsüz yaya geçitlerinde, yaya güvenliğini arttırmak için alınabilecek çeşitli önlemler bulunmaktadır. TS 12576'da bu önlemler arasında yaya geçidinden en az 20 m önce sürücülere yönelik yaya geçidi işareti konulması, yaya geçidinin yeterli uzaklıktan görülebilmesi ve iyi aydınlatılmış olması, kaplama işaretlemelerinin bulunması ve hatta hem araçlara hem de yayalara yanıp sönen flaşlı sarı ışık bulunması gibi uygulamalar yer almaktadır. Ancak tüm bu önlemlere rağmen, ışık kontrolsüz yaya geçitlerinde sürücü davranışlarının ışık kontrollü yaya geçitlerdekinden farklı olması ve yaya güvenliğinin ancak sürücülerin davranışlarına bağlı olarak sağlanabiliyor olması önemli bir sorun yaratmaktadır. Özellikle kaplama işaretlerinin ele alındığı çeşitli çalışmalarda sürücülerin kaplama işaretlerine yeterli duyarlılık ve dikkat göstermedikleri, bu durumun yaya güvenliğini daha fazla tehlikeye attığı ifade edilmiş (Zeeger ve diğ., 2005) ve kavşaklarda yer almayan ışık kontrolsüz yaya geçitlerinin tamamen kaldırılmasının uygun olabileceği dahi ifade edilmiştir (Gitelman ve diğ., 2016).

Şehir içi yollarda hangi tip yaya geçidi kullanılacağına seçiminde, TSE'nin TS 7635 numaralı standardında verilen esaslar kullanılmaktadır. Bu standart incelendiğinde, başlıca ölçütlerin sayımlar sonucu elde edilen taşıt ve yaya sayıları olduğu görülmektedir (TSE, 1989). Standartta ayrıca, yol genişliğinin 10 m'yi aşması durumunda trafik adası kullanılması gerekliliğinin ifade edilmiş ve yol kenarı arazi kullanımı durumuna göre (ticaret merkezi, hastane, okul vb.) sayımlardan bağımsız olarak yaya geçidi konulması kararı alabileceği belirtilmiştir (TSE, 1989).

Işık kontrolsüz hemzemin yaya geçitlerinde, TS 7635’de verilen seçim ölçütleri arasında yer almayan ancak yaya davranışı açısından önem arz eden bir unsur da güvenli geçiş aralığı veya kabul aralığı olarak isimlendirilen süredir. Bu süre, yaya karşıdan karşıya geçmeden önce geçen son taşıt ile geçtikten sonra gelen ilk taşıt arasındaki zaman aralığına eşittir. Yaya geçidine gelen her yaya, karşıya geçebilmek için trafik akımında kabul edilebilir bir boşluk arar. Bu süreç sırasında, kabul edilen boşlukların yanı sıra kabul edilmeyen boşluklar da yer alabilir (Hamed, 2001). Herhangi bir yayanın kabul ettiği boşluk yaya güvenli geçiş aralığını göstermekte ve bu aralık yaya ve taşıt özelliklerine bağlı olabileceği gibi incelenen yolun şerit sayısına göre de değişkenlik gösterebilmektedir (Kadali ve Vedagiri, 2013).

Yayaların güvenli geçiş aralığı tercihlerinin irdelenmesi saha çalışması veya anket yapılarak gerçekleştirilebilmektedir. Anketler sonucunda yalnızca yaya davranışı ile ilgili sonuçlar elde edilebilirken, saha çalışması yardımıyla yayaların güvenli aralık değerlerinin sayısal olarak belirlenebilmesi mümkündür.

Bu çalışmada, ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçitlerinde yayaların güvenli aralık algılarının, yaya geçidinin bulunduğu yolun şerit sayısı, taşıt hacmi gibi etkenlerin yanı sıra yayanın cinsiyeti, yaşı ve geçitte beklediği veya karşıya geçtiği anlarda yanında başka bir yayanın varlığı gibi etkenler açısından durumu regresyon modelleri yardımıyla incelenmiştir.

## **Saha Çalışması**

Yaya verilerini toplamak amacıyla yapılan saha çalışmasında, İstanbul’da yer alan dört ışık kontrolsüz kavşaklar arasında yaya geçidi seçilmiştir. Seçilen yaya geçitlerinden bir tanesi tek yönlü ve iki şeritli bir yolda yer almakta iken diğer üç geçit, üç şeritli bölünmüş yollar üzerinde yer almaktadır. Çalışmada bölünmüş yollarda yer alan geçitler için incelemeler yalnızca yolun bir yönü için yapılmıştır.

Standart bir ulaşım ağında, kavşaklarda yer almayan yaya geçitleri ışık kontrollü veya ışık kontrolsüz kavşaklar arasındaki bölgelerde yer almaktadır. Bu bölgelerde, kavşaklar arasındaki uzaklığa bağlı olarak kuyruklar veya tıkanıklıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu durumlarda, yayaların karşıdan karşıya geçebilmeleri için fiziksel olarak bir boşluk bulmaları zorlaşacağından, seçtikleri güvenli aralık süreleri uzayabileceği gibi azalan hızlardan dolayı seçilen güvenli aralık sürelerinin kısalabilmesi de söz konusudur. Kuyrukların yaya geçidine kadar uzanması durumunda ise, yayaların duran taşıtlar arasından geçecek olmalarından dolayı yayaların herhangi bir güvenli aralık aramalarına gerek kalmayacaktır. Saha çalışması sırasında bu gibi durumlardan kaçınmak için, çalışmada yer alan yaya geçitleri kavşaklardan yeterince uzakta konumlanmış şekilde seçilmiştir.

Saha çalışması kapsamında, geçit başına iki saat olmak üzere toplam sekiz saatlik video kaydı yapılmış ve bu kayıtlar incelenerek yaya ve taşıt verileri toplanmıştır. Yaya verileri kapsamında; yayanın yaş aralığı ve cinsiyetine ek olarak, yayanın geçide geldiği, karşıya geçmeye başladığı ve karşıya geçişini tamamladığı anlar belirlenmiştir. Bu üç ana ait ölçümler kullanılarak, yayanın yol kenarında bekleme süresi ve karşıdan karşıya geçme süresinin yanı sıra yayayla beraber bekleyen ve/veya karşıdan karşıya geçen diğer yayaların sayısı hesaplanabilmektedir. Taşıtların verileri kapsamında ise; şerit

başına dakikalık trafik hacmi, yaya karşıdan karşıya geçmeye başlamadan önce yaya geçidini terk eden son taşıtın geçme anı ve yaya geçişini tamamladıktan sonra geçide ulaşan ilk taşıtın varış anı, incelenen yoldaki her şerit için ayrı ayrı olmak üzere belirlenmiştir. Bu iki ana ait ölçümler ise yayanın kabul ettiği güvenli geçiş aralığı değerini vermektedir. Tablo 1’de incelenen yaya geçitlerinin özet bilgileri sunulmuştur.

Tablo 1 İncelenen Yaya Geçitlerinin Özet Bilgileri.

YAYA GEÇİDİ	KONUM	ŞERİT SAYISI	GEÇİT UZUNLUĞU (m)	GÖZLEM SAYISI
1	Aytar Caddesi, Beşiktaş Belediyesi önü, Etiler yönü	2	8	618
2	Barbaros Bulvarı, Yahya Kemal Parkı önü, Zincirlikuyu yönü	3	11	201
3	Barbaros Bulvarı, Yahya Kemal Parkı önü, Beşiktaş yönü	3	11	145
4	Nispetiye Caddesi, Petrol Sitesi önü, Etiler yönü	3	11	105

İncelenen veri toplamda 1069 yaya içermektedir. Tablo 1’den de görülebileceği gibi bunların 618 (%57,8) tanesi iki şeritli yolda yer alırken, 451 (%42,2) tanesi üç şeritli yolda yer almaktadır. Tablo 2’de gözlem yapılan yaya geçitlerinde ölçülen dakikalık taşıt ve yaya hacimleri yer almaktadır.

Tablo 2 İncelenen Yaya Geçitlerinin Dakikalık Taşıt ve Yaya Hacimleri.

YAYA GEÇİDİ	TAŞIT HACMİ (taşıt/dk)				YAYA HACMİ (yaya/dk)		
	1. ŞERİT	2. ŞERİT	3. ŞERİT	TOPLAM	SAĞDAN <sup>a</sup>	SOLDAN <sup>a</sup>	TOPLAM
1	15,1	17,1	---	32,2	2,1	2,8	4,9
2	6,5	12,1	11,4	30,0	0,5	1,1	1,6
3	10,3	13,9	13,0	37,2	0,9	0,3	1,2
4	2,1	11,0	11,0	24,1	0,5	0,3	0,8

<sup>a</sup> Sağ ve sol yönlerden yaya hareketi taşıt trafiği yönüne göre verilmiştir.

Tablo 2’de verilen dakikalık hacimlere göre yaya hacmi açısından en yoğun olduğu görülen 1 numaralı yaya geçidi için, geçit çevresinde yer alan alışveriş merkezi kamu hizmet binası gibi çeşitli çekim noktalarının varlığının etkili olduğunu söylemek mümkündür. Ek olarak, bu geçidin bulunduğu yerde taşıt hacminin de yüksek olduğu (özellikle diğer gözlem noktalarının üç şeritli yollarda olduğu dikkate alındığında) tablodan görülebilmektedir.

Bu çalışmanın odağını oluşturan güvenli geçiş aralığının ortalama değeri; iki şeritli yolda gözlenen toplam 618 yaya için birinci şeritte 6,22 sn, ikinci şeritte 6,65 sn; üç şeritli yollarda gözlenen toplam 451 yaya için ise birinci şeritte 27,00 sn, ikinci şeritte 15,72 sn ve üçüncü şeritte 22,20 sn olarak hesaplanmıştır. Gözlenen yayaların farklı sınıflandırmaları ile yolun iki veya üç şeritli olması durumuna göre hesaplanan ortalama güvenli geçiş aralığı değerleri Tablo 3’te sunulmuştur. İlgili değerlendirmelerin yapılması amacıyla, üç şeritli yollardaki yaya geçitlerindeki gözlemler bir arada değerlendirilmiştir. Tabloya göre, gözlem yapılan yayaların 620’si (%57,9) erkek ve 565’i (%52,9) 40 yaşından küçüktür. Ayrıca, gözlenen yayaların 816’sı (%76,3) kaldırımında tek başına beklerken, 724’ü (%67,7) karşıdan karşıya tek başına geçmiştir.

Tablo 3’te verilen ortalama değerler incelendiğinde ilk dikkat çeken nokta iki şeritli ve üç şeritli yollarda yer alan ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçitlerinde yayaların kabul ettikleri güvenli geçiş aralıkları arasındaki farklılıktır. Buna göre, yayalar iki şeritli

yollarda genellikle daha kısa aralıklarda karşıya geçmeyi tercih ederken üç şeritli yollarda daha uzun aralıklar aramaktadırlar. Bunun yanı sıra, güvenli aralıklar şeritlere göre incelendiğinde ise iki şeritli yollarda şeritler arasında önemli bir fark bulunmaz iken, üç şeritli yollarda şeritler arasında önemli farklar olduğu görülmektedir. Ortalama olarak bakıldığında; erkeklerin kadınlara göre, 40 yaşından büyüklerin ise 40 yaşından küçüklere göre genellikle daha kısa güvenli aralıklar tercih ettikleri görülebilmektedir. Öte yandan, yol kenarında birlikte bekleyen yayalar ile karşıdan karşıya birlikte geçen yayaların diğer gruplara göre daha uzun aralıklar tercih ettikleri görülmektedir

Tablo 3 Farklı Yaya Sınıflarına Göre ve Şerit Başına Ortalama Güvenli Geçiş Aralıkları.

KATEGORİ	ŞERİT SAYISI	GÖZLEM SAYISI	TOPLAM	ORTALAMA GÜVENLİ GEÇİŞ ARALIĞI (sn)			
				1. ŞERİT	2. ŞERİT	3. ŞERİT	
CİNSİYET	Erkek	2	359	620	6,16	6,65	---
		3	261		27,00	15,15	21,17
	Kadın	2	259	449	6,31	6,64	---
		3	190		27,00	16,50	23,60
YAŞ	< 40	2	279	565	6,31	6,71	---
		3	286		27,00	15,61	22,86
	> 40	2	339	504	6,15	6,60	---
		3	165		27,00	15,93	21,00
GEÇİTTE BİRLİKTE BEKLEYEN	Yok	2	434	816	6,15	6,76	---
		3	382		27,90	15,50	21,82
	Var	2	184	253	6,38	6,39	---
		3	69		22,00	17,00	24,31
KARŞIYA BİRLİKTE GEÇEN	Yok	2	375	724	6,15	6,50	---
		3	349		28,00	14,91	21,34
	Var	2	243	345	6,34	6,87	---
		3	102		23,38	18,49	25,12

### Yayaların Güvenli Geçiş Aralığı Algularının İrdelenmesi

Bu çalışmada, yayaların kabul ettikleri güvenli aralık değerlerinin irdelenmesi amacıyla regresyon analizinden faydalanılmıştır. Regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin matematik bir bağıntıyla ifade edilmesine yarayan ve pek çok farklı disiplinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Elde edilen matematik bağıntıda bağımsız değişkenler, bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin ağırlığını ve yönünü (azaltma veya arttırma olarak) temsil eden katsayılarla yer almaktadır. Bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal veya doğrusal olmayan şekilde ifade edilebildiği regresyon analizinde, elde edilen matematik bağıntının var olan ilişkiyi ne derece iyi açıkladığını belirlemek için belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) adı verilen bir büyüklük kullanılmaktadır.  $R^2$  değeri 1'e yaklaştıkça regresyon modelinin gerçek durumu daha iyi yansıttığını söylemek mümkündür. Regresyon analizi sonucunda tahmin edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduklarını, diğer bir deyişle, istatistiksel olarak sıfırdan farklı olduklarını belirlemek için ise t-istatistiği değerlerinden faydalanılmaktadır. Bu değerlerin, seçilen anlamlılık düzeyinde, t-istatistiği tablosundan okunan kritik değeri mutlak değerce aşması durumunda, tahmin edilen katsayının anlamlı olduğu kabul edilir.

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçidinin iki şeritli veya üç şeritli yolda olması durumlarına ait toplam beş farklı regresyon

modeli tahmin edilmiştir. Tüm regresyon modellerinde bağımlı değişken, saniye cinsinden yayaların kabul ettikleri güvenli geçiş aralığıdır. Modeller her farklı şerit sayısına ait yolun, her farklı şeridi için oluşturulmuştur. Bu amaçla, öncelikle, yayaların güvenli aralık algısına etkisi olabilecek etkenlerin neler olduğu araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda seçilen etkenler ile ilgili bir açıklama Tablo 4’de sunulmuştur. Tabloda verilen (+) işareti ile verilen etkenler tahmin edilen regresyon modellerinde değişken olarak kullanılmıştır.

Tablo 4 Şerit Sayısına Göre Şerit Başına Güvenli Geçiş Aralığı Değeri Üzerinde Etkisi Olan Etkenler.

ETKENLER	İKİ ŞERİTLİ		ÜÇ ŞERİTLİ		
	1. ŞERİT	2. ŞERİT	1. ŞERİT	2. ŞERİT	3. ŞERİT
Cinsiyet	+	+	+	+	+
Yaş	+	+	+	+	+
Geçitte birlikte bekleyen	+	+	+	+	+
Karşıya birlikte geçen	+	+	+	+	+
Yaya kaldırımında durduğu anda 1. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)	+	+	+	+	+
Yaya karşıdan karşıya geçmeye başladığı anda 2. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)		+		+	+
Yaya karşıdan karşıya geçmeye başladığı anda 3. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)					+
Karşıya geçiş yönü			+	+	+

Tablo 4’te verilen etkenlerden sayısal değer içermeyenleri kukla değişkenler kullanılarak gösterilmiştir. Sayısal olmayan etkenlerin kukla değerleri Tablo 5’te görülebilmektedir.

Tablo 5 Kukla Değerler.

ETKEN		KUKLA DEĞER
Cinsiyet	Erkek	1
	Kadın	0
Yaş	< 40	1
	> 40	0
Geçitte birlikte bekleyen	Yok	1
	Var	0
Karşıya birlikte geçen	Yok	1
	Var	0
Karşıya geçiş yönü	Sağdan	1
	Soldan	0

Tablo 6’da iki şeritli yaya geçidinde yapılan 618 gözlem, Tablo 7’de ise üç şeritli yaya geçitlerinde yapılan 451 gözlem kullanılarak tahmin edilen regresyon modellerine ait sonuçlar verilmiştir.

Her iki tabloda verilen, modellerin  $R^2$  değerleri incelendiğinde, bunların kabul edilebilir düzeyde olduğunu söylemek mümkündür. Katsayıların durumu, tahminlerin t-istatistiği değerleri açısından incelendiğinde ise, ortak değişkenlere ait katsayıların istatistik olarak bazı modellerde anlamlı, bazılarında ise anlamsız olarak belirlendiği görülmektedir. Tablolarda verilen katsayı tahminleri ile ilgili değerlendirmeler, ağırlıklı olarak, anlamlı tahmin edilen katsayılar açısından yapılmıştır.

Tablo 6 İki Şeritli Yaya Geçidine Ait Regresyon Modellerinin Sonuçları.

DEĞİŞKEN	1. ŞERİT		2. ŞERİT	
	KATSAYI	T-İST.	KATSAYI	T-İST.
Erkek	0,566	1,399	0,527	1,331
Yaş < 40	<b>0,764</b>	<b>1,919</b>	0,550	1,425
Geçitte birlikte bekleyen var	0,789	1,279	<b>2,058</b>	<b>3,449</b>
Karşıya birlikte geçen var	-0,131	-0,219	<b>-1,609</b>	<b>-2,797</b>
Yaya kaldırımında durduğu anda 1. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)	<b>0,295</b>	<b>10,914</b>	<b>0,095</b>	<b>2,276</b>
Yaya karşıdan karşıya geçmeye başladığı anda 2. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)	---	---	<b>0,253</b>	<b>5,573</b>
R <sup>2</sup>	0,597		0,654	

Not: Tahmin edilen katsayılar içerisinde istatistiksel olarak, %90 düzeyinde anlamlı olanlar koyu gösterilmiştir.

Tablo 7 Üç Şeritli Yaya Geçitlerine Ait Regresyon Modellerinin Sonuçları.

DEĞİŞKEN	1. ŞERİT		2. ŞERİT		3. ŞERİT	
	KATSAYI	T-İST.	KATSAYI	T-İST.	KATSAYI	T-İST.
Erkek	<b>6,003</b>	<b>3,219</b>	<b>2,387</b>	<b>1,967</b>	<b>3,154</b>	<b>2,188</b>
Yaş < 40	<b>8,233</b>	<b>4,270</b>	<b>3,315</b>	<b>2,653</b>	<b>6,394</b>	<b>4,318</b>
Geçitte birlikte bekleyen var	<b>19,067</b>	<b>6,336</b>	<b>9,078</b>	<b>4,640</b>	<b>10,750</b>	<b>4,636</b>
Karşıya birlikte geçen var	<b>4,948</b>	<b>1,733</b>	-1,687	-0,920	-0,073	-0,034
Yaya kaldırımında durduğu anda 1. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)	<b>-0,618</b>	<b>-4,174</b>	<b>0,267</b>	<b>2,118</b>	0,016	0,106
Yaya karşıdan karşıya geçmeye başladığı anda 2. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)	---	---	0,103	0,715	<b>1,302</b>	<b>6,701</b>
Yaya karşıdan karşıya geçmeye başladığı anda 3. şeritteki taşıt hacmi (taşıt/dk)	---	---	---	---	<b>-1,977</b>	<b>-9,102</b>
Karşıya geçiş yönü	2,846	1,483	1,539	1,162	11,655	6,054
R <sup>2</sup>	0,632		0,565		0,672	

Not: Tahmin edilen katsayılar içerisinde istatistiksel olarak, %90 düzeyinde anlamlı olanlar koyu gösterilmiştir.

Tablo 6 ve 7’de verilen katsayı tahminleri beraber değerlendirildiğinde çeşitli sonuçlara ulaşılmaktadır. Tahmin edilen beş modelin dördünde, yayanın yaşının 40’dan küçük olmasının kabul aralığını arttırdığı görülmektedir. Burada, yaşın etkisinin bulunmadığı tek durum iki şeritli yolda, ikinci şerit ile ilgilidir. Yaşın etkisi değerlendirildiğinde, modeldeki bulgunun aksine, daha genç yayaların daha kısa geçiş aralıklarını kabul edebileceklerini beklemek mümkündür. Bu çalışmada seçilen yaş sınırının 40 olması ve yaşların ancak aralık olarak belirlenebilmesinin bu beklentinin tersine bir sonuç çıkardığı düşünülmektedir. Cinsiyet açısından kabul aralıklarına bakıldığında ise iki şeritli yolda cinsiyetin etkisinin olmadığı, üç şeritli yollarda ise üç şeridin her birinde farklı miktarda olmak üzere erkeklerin daha uzun kabul aralıkları olduğu görülmektedir. Tablolardaki katsayı tahminlerine göre, geçitte yaya ile birlikte bekleyen diğer yayaların varlığının da kabul aralığını artırıcı etkisi bulunmaktadır. Beş modelin dördünde istatistiksel olarak anlamlı katsayılar ile ortaya çıkan bu sonucun (katsayı tahmini yalnızca iki şeritli yolda, birinci şeritte anlamsızdır), yayaların uygun geçiş aralığı bulamaması nedeniyle yol kenarında birikmesi olarak açıklanabilmesi mümkündür. Yayaların ortak davranışı açısından modelde dikkate alınan bir başka durum ise birden fazla yayanın beraber karşıdan karşıya geçmeleridir. İstatistiksel olarak anlamlı olan iki katsayıdan, üç şeritli yollarda birinci şerit için olanı pozitif işaretlidir ve bu sonuç, uygun geçiş koşulları bulamayan ve yol kenarında biriken yayalardan bazılarının veya tamamının beraber karşıya geçmesi olarak açıklanabilir. Öte yandan, aynı katsayı iki

şeritli yolda ikinci şerit için negatif işaretli olarak bulunmuştur ve bu durum ise beraber geçen yayaların daha küçük bir kabul aralığında geçiş yaptıklarını göstermektedir.

Tablo 6 ve 7’de taşıt trafiği ile ilgili değişkenlerden ilki, yaya kaldırımında durduğu anda birinci şeritteki dakikalık taşıt hacmidir. Bu değişken için beklenen sonuç, taşıt hacmi arttıkça yayaların uygun bir boşluk bulamaması ve kabul aralığının artması ve buna bağlı olarak da katsayıların pozitif işaretli çıkmasıdır. İki şeritli yol için tahmin edilen katsayılar, hem birinci hem de ikinci şeritteki kabul aralıklarının, artan taşıt hacmi ile beraber arttığını ortaya koymaktadır. Ancak üç şeritli yolun birinci şeridi için negatif işaretli bir katsayı tahmin edildiği görülmektedir. Bu sonucun temel nedeninin, üç şeritli yolların görece daha düşük hacimli olması ve hacim artışlarının yaya kabul aralığını görece az olarak etkilemesi olduğu düşünülmektedir. Gerçekten de Tablo 6 ve 7’de bu değişken için tahmin edilen katsayıların mutlak değer olarak en büyük değeri 0,618 sn ile oldukça küçük bir zaman farkını ifade etmektedir.

İkinci ve üçüncü şeritteki kabul aralığına taşıt trafiğinin etkisinin araştırılması için yayanın kaldırımında durduğu andaki dakikalık hacim yerine, karşıdan karşıya geçmeye başladığı andaki dakikalık hacimlerin değişken olarak kullanılması tercih edilmiştir. Bu değişkenlerin işaretlerinin, üç şeritli yollarda üçüncü şerit için olan hariç tamamının pozitif işaretli olduğu ve hacim artışı ile kabul aralığında da artışın temsil edildiği görülmektedir. Üç şeritli yolda üçüncü şerit için olan katsayının işaretinin negatif olmasında ise yine düşük hacmin etkisi olduğu düşünülmektedir.

## Sonuçlar

Bu çalışmada, ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçitlerinde yayaların güvenli geçiş aralığı algılarının irdelenmesi amacıyla İstanbul’da seçilen dört adet yaya geçidi incelenmiştir. Bu yaya geçitlerinden biri tek yönlü ve iki şeritli bir yolda, diğer üçü ise üç şeritli bölünmüş yollar üzerinde yer almaktadır. Yapılan saha çalışmaları sonucunda, her bir geçit için yaya ve trafik akımı verileri toplanmıştır. Toplanan veriler kullanılarak, iki ve üç şeritli yollarda yer alan yaya geçitlerinin her bir şeridi için, yayaların kabul ettikleri güvenli geçiş aralıklarının bağımlı değişken olduğu toplam beş regresyon bağıntısı tahmin edilmiştir.

Yapılan incelemeler, yaya geçidinin konumlandırıldığı yolun şerit sayısının, yayaların güvenli aralık tercihleri üzerinde büyük öneme sahip olduğu göstermiştir. Şerit başına ortalama güvenli geçiş aralığı değerleri incelendiğinde; üç şeritli yollar üzerindeki yaya geçitlerindeki güvenli aralıkların, iki şerit yola göre üç-dört kat daha büyük olduğu görülmektedir. Bu fark içerisinde, üç şeritli yolların daha yüksek hızlara olanak tanıyan geometrik standartlara sahip olmasının da etkisi olduğu unutulmamalıdır. Regresyon bağıntılarında yer alan bağımsız değişkenlerin katsayıları dikkate alındığında ise; cinsiyet, yaş, geçitte birlikte bekleme ve karşıya birlikte geçme gibi etkenlerin, yayaların güvenli aralık tercihleri üzerinde az da olsa bir etkiye sahip oldukları görülmektedir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, yayaların güvenli geçiş aralığı algılarının hangi etkenlere bağlı olup olmadıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak, güvenli aralık algısını yalnızca bu çalışmada araştırılan etkenlere bağlı olarak belirlemek yetersiz kalabilir. Bu nedenle, daha çok etkenin etkisini göz önünde bulundurarak, daha ileri



seviyede analiz yöntemleri yardımıyla daha detaylı çıktılar elde etmek mümkündür. Ayrıca, yayalar kadar taşıtlar için de belirlenebilen güvenli aralık, yaya veya taşıtların kabul ettiği aralıklar kadar reddettiği aralıkların da dikkate alınması ve araştırılması ile daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Bu çalışmanın veya bu konu hakkında yapılacak daha detaylı bir çalışmanın, kurulacak yeni yaya geçitlerinin konularının seçiminde, yayaların kendilerine güvenli aralıklar bulma durumlarının araştırılmasına yönelik referans olacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Gitelman, V., Carmel, R., Pesahov, F. ve Hakkert, S (2016) An Examination of the Influence of Crosswalk Marking Removal on Pedestrian Safety as Reflected in Road User Behaviours. Transportation Research Part F, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.03.007>.

Hamed, M. M. (2001) Analysis of Pedestrians' Behavior at Pedestrian Crossings, Safety Science, 38(1), 63-82.

Kadali, B. R., ve Vedagiri, P. (2013) Effect of vehicular lanes on pedestrian gap acceptance behavior, 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), Procedia-Social and Behavioral Sciences, 104, 678-687, 12-15 Aralık, Agra, Hindistan.

Siddiqui, N. A., Chu X. ve Guttenplan M. (2006) Crossing Locations, Light Conditions, and Pedestrian Injury Severity. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1982, pp. 141-149.

TSE (2012) TS 12576: Şehir İçi Yollar - Kaldırım ve Yaya Geçitlerinde Ulaşılabilirlik için Yapısal Önlemler ve İşaretlemelerin Tasarım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1989) TS 7635: Şehir İçi Yollar - Yaya Geçitleri Seçim Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. H., Lagerwey, P. A., Feaganes, J. ve Campbell, B. J. (2005) Safety Effects of Marked versus Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations: Final Report and Recommended Guidelines. Report No. FHWA-HRT-04-100, FHWA, U.S. Department of Transportation.



# Kentlerde Ulaşım Dönüşümü: Yeşil Ulaşım Altyapısı

**Kevser Coşkun, Yrd. Doç. Dr.**  
**Nur Esin, Prof. Dr.**

Okan Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü  
Akfirat Yerleşkesi, Tuzla/İstanbul  
Tel: (0216) 6771630  
E-Posta: kevsercoskun@yahoo.com, kevser.coskun@okan.edu.tr  
E-Posta: nur.esin@gmail.com, nur.esin@okan.edu.tr

## Öz

İstanbul Kenti ve ardından diğer kentlerimiz yepyeni trafik olgusu ile karşı karşıya kalacaklar. Gelecek, bildiğimiz ulaşım kalıplarından çok farklı kalıpları getirecek olan yepyeni bir gelecek. Bu yakın geleceğin belirleyicisi, eskiden olduğu gibi enerji kaynaklarındaki değişim ve onun tetiklediği yeni tasarımlar olacaktır. Bu tartışmasız bir öngörüdür. Çünkü bilindiği gibi var olan teknoloji bu araçları üretmiş, prototiplerini denemiş; hatta pazarlamış ve toplu üretimin arifesindedir. Toplum çeşitli -çevre, yeşil, ekoloji ve sürdürülebilirlik-söylemleri ile bu değişime hazır hale getirilmiştir. Bu tür araçların kullanacağı yol ağları, enerji dağıtım noktalarının ağları, bu noktalara enerji dağıtacak enerji altyapıları hazır mıdır? Kısaca uygulamacılar bizi bekleyen yakın gelecek için hazırlıklı mıdır? Asıl soru budur. Öte yandan bu sorun artık sadece ulaştırma disiplininin konu çerçevesinde olmaktan çıkmıştır. Enerji, ulaştırma, kentsel tasarım ve işlevlerin bölgenmesi; büyük ölçekli, çok işlevli (konut-ofis-AVM) karma geliştirme binalar, kentsel estetik, kentler arası bağlantılar vb her türden mühendislik, mimarlık, kent mimarlığı, peyzaj mimarlığı, sanat ve tasarım bilimsel alanlarının katkı koymasıyla oluşabilecek kapsamlı planlamalar gerektirmektedir. Halen kent büyük ölçekli binaların birbiri ardına yükseldiği, kentsel sürdürülebilirliği göz ardı eden, hızlı bir dönüşümün içindedir. Doğal alan - yapılı alan dengesi bozulmuştur. Yeryüzü ve atmosfer arasındaki hidrolik döngü, plansız ya da bütüncül olarak düşünülmemiş tekil yerleşimlerle kırılmaktadır. Dahası içinde yaya bulunmayan, bağlantısız bu dönüşüm uygulamalarında yeni ulaştırma teknolojileri ve araçları nasıl yer bulacaktır? Yaya ulaşımı nerede duracaktır? Çalışmada değişen teknolojilerin getirdiklerine, kurulması beklenen ekolojik ve sürdürülebilir dengelere, yeşil altyapı - yeşil ulaşım bağlantısına, değinilerek ulaşım dönüşümünün boyutları, dünyada uygulanan yepyeni tasarımlar ve uygulamalar ışığında tartışmaya açılmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Dönüşüm, Bütüncül Planlama, Çok Disiplinli Planlama, Yeşil Altyapı, Yeşil Ulaşım.

## Kente Dair Planlamalara Bütüncül Bakış Gereği

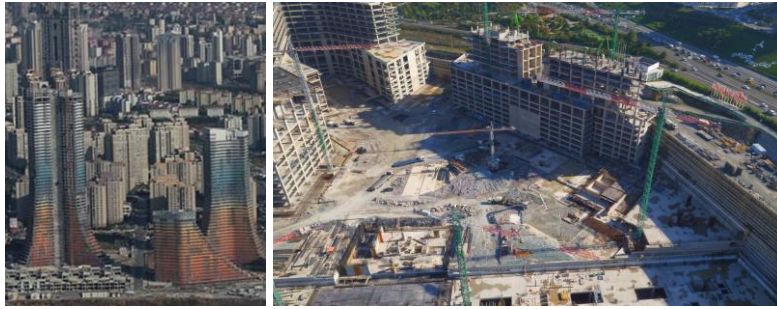
Kentlerimizin planlanması, değişim çok hızlı gerçekleştiğinden, günümüzde devamlılık gerektiren bir sürece dönüşmüştür. Tüm kentlerin planlama tarihi aynıdır aslında. Ancak gelişmekte olan ve nüfusu artan bizim kentlerimizde planlamacılar neredeyse gelişmenin önünde değil arkasında kalırlar. Planlama, kentün giderek karmaşıklaşan sorunlarına ancak disiplinlerarası, bütüncül bir yaklaşım politikası ve uygulamalarıyla çözüm sunabilir.

Bütüncül planlamanın kaçınılmaz ölçütü ve önceliği, yaşamın her boyutuyla ve her ölçekte sürdürülebilirliği, toplumun her bireyinin hizmete erişilebilirliğidir. Bu öncelik, disiplinlerin ayrı ayrı değil birlikte karar ve uygulama aşamalarına katılımıyla sağlanabilecektir. Kentlerin dünya toprak alanının %2'sini kaplamasına rağmen kaynakların %75'ini tükettiği ifade edilmektedir (Grant, 2006). Günümüz kentleri, %80'lik enerji tüketmekte; %80'lik sera gazı üretmektedir. 2050 yılında kentsel nüfusun yaklaşık %70'e ulaşacağı, kırsal nüfusun ise %30'da kalacağı tahmin edilmektedir (ARUP, 2014). Bu açıdan, kentlerin planlama ve tasarım kalitesi küresel koruma açısından kilit faktördür. Enerji, ulaştırma, kentsel tasarım ve işlevlerin bölgenmesi; büyük ölçekli, çok işlevli (konut-ofis-AVM) karma geliştirme binalar, kentsel estetik, kentler arası bağlantılar vb her türden mühendislik, mimarlık, kent mimarlığı, peyzaj mimarlığı, sanat ve tasarım bilimsel alanlarının katkı koymasıyla oluşabilecek kapsamlı planlamalar gerektirmektedir. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre bu katılım ve beklenti oranı artar.

Bu bildirinin konusu doğrudan İstanbul'u ve görünür sorunlarını tartışmak olmadığı halde kentsel dönüşüm dinamikleriyle hızlı değişim, bazı tartışmalar için İstanbul'u bir laboratuvar haline getirmiştir. Tüm kent sorunları içinde ulaşım konusunu ve ulaşım planlamalarını doğrudan ya da dolaylı etkileyen planlama çözümlerini irdeleyebilmek için İstanbul örneğinden hareket edilebilir.

Dünya kenti İstanbul'un tarihi; kentsel büyümenin, değişimin, depremlerin, büyük yangınların, nüfus artışının, göç olgusunun da tarihidir. İstanbul mega kenti, bir planlamalar zincirinin üst üste konmuş katmanlarının bir yansımasıdır. Geçmişte kent planlarının sorumluluğunda yapılan çalışmalar, karmaşıklaşan sorunlar, çok disiplinli mühendislik, mimarlık, kent hukuku, ekonomi, sanat vb. danışmanlarını ve problem çözümleri gerektirir hale gelmiştir. İstanbul'da planlama çalışmaları içinde bütüncül planlamaya yaklaşan 1970'lerde Dünya Bankası destekli Büyük İstanbul Nazım Plan Bürosu tarafından hazırlanan Arazi Kullanımı-Ulaşım Planlaması çalışması, 2005'de yılında İstanbul Metropoliten Planlama Bürosu tarafından hazırlanan 1:100.000'lik Çevre Düzeni Planı bütüncül bir bakışla ele alınan çalışmalardır. Ancak plan kararlarını ve ayrıntılı yayınları okuyunca, planlama sürecine katılan disiplinlerin kendilerince doğru buldukları biçimde düşünmeye devam ettiklerini, birbirlerini anlamaya çalışmadıklarını açıkça görebilmekteyiz. Örneğin, incelediğimiz maden ve agrega alanları raporu ile, yerleşimler ve yeşil alan irdeleme raporları aynı çalışma içinde çelişik çıkarımlarda bulunabilmektedir. Bir kent kendine yetmelidir, yani taşını, toprağını çöpünü kendi sınırları içinde sağlamalı, işlemelidir. Bu açıdan bakıldığında tüm yapı hizmetleri için gereken malzemenin ve kaynakların değerlendirilmesinden sonra hızlı bir doğa rehabilitasyonu ile bölgelerin yerleşime açılması gerekir.

Bir dünya kenti olan İstanbul'da da artan nüfus baskısı nedeniyle yeni binalarda üç yönde eğilim ortaya çıkmıştır: Birincisi, kentin kaderi gibi görünen büyüme ve kent çeperlerine doğru yayılma, ikincisi de kent toprağının sınırlı olması nedeniyle yukarı doğru bir kat artışı/yükselme eğilimidir. Her iki eğilim de önemli bir ulaşım altyapısı gerektirmiştir. Bu ulaşım altyapısı geleneksel çözümlerle sağlandığından, yeşil altyapı ilkelerinin önerdiği ayrıntıda çözümleri sunamamıştır. Yayılan ve yükselen yapılaşma, kent toprağının doğal ve yapay çevre dengesini bozmuş, ekolojik eşik aşılmış ve başta altyapı olmak üzere çeşitli düzeylerde sorunları kente eklemiştir. Üçüncü belirgin eğilim, bugünün dönüşüm yaklaşımında egemen olan çok büyük ölçekli binaların -mega binaların- kent içinde yaygın olarak inşaa edilmesidir. Hem toprak altında hem de toprak üstünde giderek büyüyen bina ölçekleri ile yeşilden binlerce m<sup>2</sup> çalınmakta ve üstelik yaya kullanıcı tüm bu yapılaşmalar içinde kendi ölçeğini yitirmekte; yaya aktivitelerinin süreklileşeceği yerleri bulamamaktadır (Şekil1).



Şekil 1. Yüksek binalar ve büyük ölçekli binalar, Ataşehir, İstanbul.

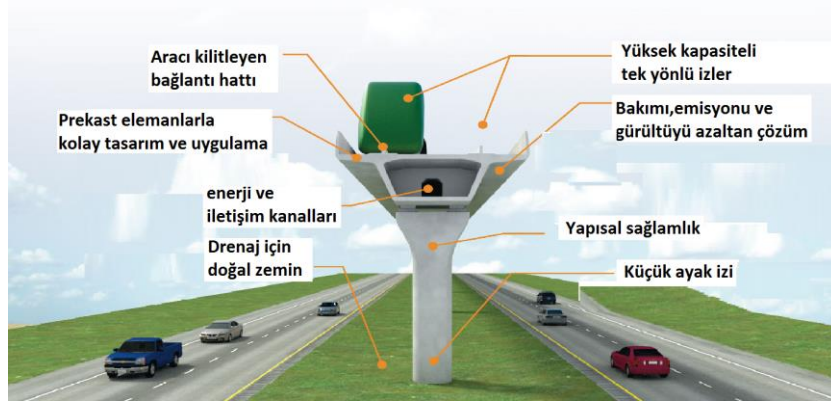
Altyapının geliştirilmesi binaların inşasından daha uzun erimli ve vizyoner projeler gerektirmektedir. Eş zamanlı çözümler mümkün olamamaktadır. Bu gök çizgisi, İstanbul'un doğal topoğrafyasını ve doğal iklimi de değiştirmektedir. Rüzgâr hareketine ve güneş erişimine izin vermeyecek mesafede konumlanan yüksek binalar ile ısı adaları oluşmakta, toprağın hidrolik su döngüsü bozulmaktadır. Artık yağışlar yağmaması gereken zamanda, yağmaması gereken miktarlarda ani sağanaklar şeklinde gerçekleşmektedir. Bu da kent altyapısının kaldıramayacağı bir yük oluşturarak taşkınlarla su baskınlarına ve sellere neden olmaktadır. Zaten zor koşullarda olan ulaşım sorunu da kesintilere uğramaktadır.

Ulaşımın bir diğer boyutu da trafiğin her türünde ve özellikle de toplu taşıma araçlarında insani konfor ve güvenlidir. Ulaşımın ideal sürede ve konforlu koşullar altında gerçekleştirilmesi; diğer bir deyişle kentlerde erişilebilirlik, İstanbul gibi ulaşım sürelerinin çok uzun olduğu mega kentlerde büyük önem kazanır. Günlük yaşam akışı içinde ulaşımda geçen zaman ve bu zamanın bireyler üzerinde oluşturduğu sosyal, psikolojik etkiler giderek olumsuz bir hal almaktadır. Halen ulaşım modellerimiz oldukça çeşitlenmiş; kentliye seçenekli çözümler sunmaya başlamıştır. Ancak ulaşım biçimlerinin hâlâ insani boyutlarda ele alındığı söylenemez. Herkes için tasarım ilkesi taşıma araçları ve sistemleri için de geçerlidir. Toplu taşıma çözümleri, bireyin mahremiyet ve bireyselleşme gereksinimine yanıt sunamamaktadır.

Ulaşım güvenliğini sağlayacak sistemler üzerinde dünyada çeşitli öneriler geliştirilmektedir. Bunlar araçların birbiriyle haberleşmesi (Şekil 2), araçların belirli rotalar üzerinde zorunlu hareketleri gibi bazı önerilerdir ve sınırlı uygulamalarla denemektedir. Dünya ülkeleri de ulaşımda bir enerji dönüşümünün içindedir. Ulaştırma çözümlerinin yeşil altyapı anlayışıyla da uzlaştırıldığını görüyoruz (Şekil 3).



Şekil 2. Birbiriyle haberleşen araçlar yoluyla trafik akışının sağlanması (Url-1).



Şekil 3. Yük taşımacılığı için 21.YY. çözümü olarak Texas için önerilen çözüm (Texas A&M Transportation Institute - Texas A&M University, Url-2).

## Geleceğe Hazırlanmak

Bir kentin geleceğe hazırlanması, kuşkusuz, çok farklı zaman aralıkları bağlamında ele alınabilir. Geleceğin neler getirmekte olduğunu kavrayabilmek, geleceğe hazır olma stratejilerini geliştirebilmek, var olan sorunları giderebilmenin artan yükü altında çözümler arayan kurumların ikincil önemdeki işi gibi görünür. Öneriler geliştirecek, gündemi ve gelişmeleri düzenli izleyen planlama ünitelerimiz yoktur. ABD’de yeşil ulaşım planlamasının eyaletler bazında uygulandığı ve belirli ölçütler çerçevesinde özetlendiği çalışmalar gösteriyor ki sadece işlevsel değil, yaratıcı, estetik çözüm önerileri beklenmekte, planlanmakta ve uygulanmaktadır. (Örneğin ABD Boulder Şehri Planı için bakınız: Url-3).

İstanbul için ulaşım sistemlerinin bugününü ve geleceği dört aşamalı düşünebiliriz:

1.Aşamada acil çözüm bekleyen sorunlar: Kent içi ulaşımın rahatlatılması için etki alanı daha dar olan çözümlerdir; gününbirlik diyebileceğimiz bir hızla gerçekleştirilmektedir. Değişkenlik gösteren bu çözümlerde, büyük planlama ile tutarlılık aranmamaktadır. Yangın önleme değil, yangın söndürme amaçlı çözümlerdir. İstanbul başta olmak üzere ülkemiz diğer kentlerinde de halen ulaşım araçlarında zamana bağlı bir planlama yoktur. Hangi araç kaçta kalkar?, kaçta hedefe ulaşır?, taşıma kapasitesi yeterli midir?, hangi rotayı izler? Alternatif ulaşım olanakları nelerdir? Bu gibi bilgiler gün içinde, deneme yanılma ile öğrenilmektedir. Hangi ulaşım arterinin kaza nedeniyle kapanacağı, bakım onarım nedeniyle periyodik kullanım dışı kalmalar, VIP geçişleri nedeniyle şerit daraltmalar, iklimsel etkilerle ulaşım aksamaları gibi günlük kullanımımızı etkileyen

değişiklikleri “Radyo Trafik” sayesinde izliyoruz. Yani gönüllü sürücülerin katkısı ile gerçekleşen bir yayın aracılığıyla.

2.Aşama planlamalar: Örneğin alt geçit, tünel, viyadük, köprü, otopark vb ulaşım sistemlerinin koordine planlanması bu aşamanın konularındandır. Kentsel dönüşüm dinamiği içinde önemli değişimler gözlenmektedir. Avrasya tüneli ve bağlantıları, 3. Köprü ve bağlantıları sadece yeni kazanılan ulaşım sistemleri olmayıp yanısıra çok sayıda problemi beraberinde getiren; çok büyük ölçekli, etki alanı geniş planlamalardır. Yeni planlamaların önceden öngörülemeyen problemler yarattığı; trafik yüklerini onları taşıyamayacak ara yollara yüklediği örneklere sıkça rastlıyoruz. 3. Köprü ve Kanal İstanbul projeleri gibi devasa projelerde kente bağlanma-bağlanamama, ulaşım planlaması, nüfus planlaması, arazi kullanımı planlaması, tarım alanları, rekreasyon alanları ve orman alanları girişimleri gibi üst düzey planlama konuları vardır. Bu planlamaların, kentin ulaşım çözümü dengelerini değiştirmekte olduğu görülmektedir.

3.Aşama planlamalar: Geleceğe geçiş için uyumlandırma çalışmalarıdır. Ulaşım sistemlerinde enerji dönüşümü gibi önemli değişimlere hazırlanmayı içerir. Bu konuda henüz planlı bir hazırlık bulunmamaktadır. Yeni kurulacak kentler için çok daha kolay verilerek uygulanacak kararlar dizisi ile, yaşayan, eski kentler için dönüşümün planlanması aynı değildir. Eski kent dokularında daha karmaşık ilişkiler sürmektedir.

4.Aşama planlamalar: Daha uzak bir geleceği hedefleyerek, ülkenin genel politikalarını da dönüştürecek çözümler üretmektir. Ulaşım sistemlerinin dönüşeceği yönü öngörmek ve bu öngörülere bağlı olarak aşamalı biçimde değişimi planlamak gerekecektir. Yararlanılacak enerji kaynakları, enerji dağıtım ağları, enerji altyapısı, kentteki konumlandırılmaları, trafiğe çıkması muhtemel elektrikli araç sayısı, benzinli araçların aşamalı azaltılması, öncelikli arterler ve ulaşım hiyerarşik yol modeli, ulaştırma araçları saklama, depolama, bakım noktaları, ulaştırma altyapısı eğitimleri, teknik destek birimleri ağı gibi çok sayıda birbirini etkileyecek planlama kararının verilmesi gerekecektir. Böyle kapsamlı bir planlamada, imar planlarındaki kararların da çevresel/ekolojik sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak yeniden kurgulanması gerekecektir. Yerleşmelerde öngörülecek yaya ve araç ulaşım tipleri, çeşitliliği gibi kararlar, korunan toprak alanı, su geçirimsizliği, su kullanımı ve saklanması, enerji üretimi gibi yan konularla zenginleşecektir. Unutulmamalıdır ki kent her sistemiyle yaşayan bir organizmadır ve organlarının uyum içinde çalışması gözetilmelidir. Bu tür toplantılarla ileriye dönük politikalara yön verilebilir. Bağımsız düşünce kuruluşları bu gündemleri daha fazla konu etmeli ve gündemde tutmalıdır. Erişilebilirlik, yeşil ulaşım ve daha büyük ölçekte yeşil altyapı kavramları gelecek planlamalarında yol gösterici olacaktır.

## **Yeşil Ulaşım Altyapısı**

Yeşil ulaşım, yeşil altyapının bir parçasıdır. Doğaya verilen zararı en aza indirerek insanların ideal sürelerde ve konforlu koşullarda erişimini hedefler. Yeşil ulaşım, “yeşil” kelimesinden dolayı sadece iklim-çevre boyutunda düşünülmemelidir. Aynı zamanda sürdürülebilir ulaşımdır. Bilindiği gibi sürdürülebilirlik üç ayaklı bir yapıdır. Çevresel/ekolojik, ekonomik ve sosyal. Çevresel olarak sürdürülebilir ulaşım en az emisyon yaratan, yaygın, otomobil kullanımının azaltıldığı, dağınık kentsel gelişmeyi önleyebilen, kontrollü gelişme sağlayan bir ulaşım sistemidir. EPA’nın tanımıyla

çevresel faydalar: karbon emisyonunu azaltmak, hava kalitesini artırmak, ek rekreasyon alanları oluşturmak, verimli arazi kullanımı, insan sağlığını iyileştirmek, taşkınlardan koruma, içme suyu kaynaklarını koruma, yeraltı sularını yenilemek, havzanın sağlığını iyileştirmek, vahşi yaşam alanlarını korumak veya onarmak, kanalizasyon taşması olaylarını azaltmak, bozulmuş suları geri kazandırmak için düzenleyici şartları yerine getirmek olarak tanımlanır. Ekonomik açıdan sürdürülebilir ulaşım, yakıt kullanımını azaltan, enerji verimliliğini artıran, altyapı yatırımlarının ve kullanımının verimli ve etkin olduğu, kaza ve kaybedilen zaman maliyetlerinin, trafik sıkışıklığının azaltıldığı bir ulaşım sistemidir. Yine EPA'nın tanımında ekonomik faydalar: sabit altyapı inşaat maliyetlerini azaltmak, yaşlanan altyapıyı korumak, arazi değerlerini artırmak, ekonomik kalkınmayı teşvik etmek, enerji tüketimini ve maliyetleri azaltmak, yaşam döngüsü maliyet tasarruflarını artırmak olarak sıralanır. Sosyal açıdan sürdürülebilir ulaşım ise maliyetinin herkes tarafından ödenebilir düzeyde olduğu, herkese erişebilirlik sağlayan bir ulaşım sistemidir (Sutcliffe, 2012). EPA sosyal faydaları kentsel yeşil alanlar kurmak, yaya ve bisiklet erişimini sağlamak, yaşanabilirliği ve kentsel yeşil alanı artıran cazip sokak manzaraları ve çatılar yaratmak, halkı yağmur suyu yönetimi, kentsel ısıyla ısı adalarını azaltma konusundaki rolleri hakkında eğitmek olarak sıralar (EPA, 2010, Url-4).

Sosyal açıdan değerlendirildiğinde, erişebilirlikte iki önemli unsur vardır: Birincisi ulaşımın ve arazi kullanımının birlikteliği ile aktivitelere erişimin kolay kılınması, ikincisi de ulaşımın servis kalitesinin geliştirmesiyle birlikte, ideal seyahat süresi ve konforu (Beyazıt, 2012).

Çok doğaldır ki yeşil ulaşım yaklaşımı, kentin yeşil altyapı çalışmalarından ayrı düşünülemez. Yeşil ulaştırma altyapısı kentlerin doğal yaklaşımların bütünleştirilmesiyle ulaşmaya çalıştığı sürdürülebilirlik hedefleriyle sıkı ilişkilidir. Doğal su döngüsünü gözetilen ulaşım ağlarının tasarımı ve hiyerarşisi; kullanılan malzemelerin özellikleri, su filtrasyonu ve taşkın kontrolü gibi ekosistem hizmetlerini de kapsamaktadır. Şehirlerdeki ve çevresinde park alanları, ormanlar, sulak alanlar, yeşil kuşaklar veya taşkın alanlarıyla yaşam kalitesini artıran bir yaklaşımdır. Ulaştırmadan söz edildiğinde, kentlerin sınırlarının bile belirgin olmadığı bir ağdan söz ediyoruz. Bu nedenle anlayış sürekliliğinin kent dışındaki ulaştırma altyapısında da sürdürülmesi gerekir. AB komisyonu yeşil altyapı projelerinin amacını, ekosistem sağlığını ve direncini arttırmak, biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunmak ve su düzenlenmesi gibi ekosistem hizmetlerini geliştirmek olarak tanımlamaktadır (Naumann vd., 2011). İstanbul ve çevresinde ise yoğun yapılanmanın etkisi altında ekosistem sağlığından söz etmekten çok uzaktayız. Kuzey ormanlarımızın varlığı ile şehrin istilasını uzlaştıran bir savaş içindedir. İstanbul için planlama politikalarımızda yeşil devamlılığı, hava akımı ve su döngüsü konularını önemle ele almamız gerekecektir.

Yeşil ulaşım altyapısı çok geniş uygulama alanına sahiptir. Bunlar yağmur suyunun filtrelenmesini ve depolanmasını sağlayan geçirgen yüzey kaplamaları, yeşil sokaklar, yeşil kaldırımlar, yaya yolları, yeşil otoparklar, drenaj kanalları, yeşil çatılar, yeşil duvarlar, parklar, göletler olarak sıralanabilir. Ülke ölçeğinden sokak ölçeğine kadar inilir. Bu ölçekler içindeki kuruluş ve organizasyonlar arasında işbirliği gerektirir (Elam vd., 2012).



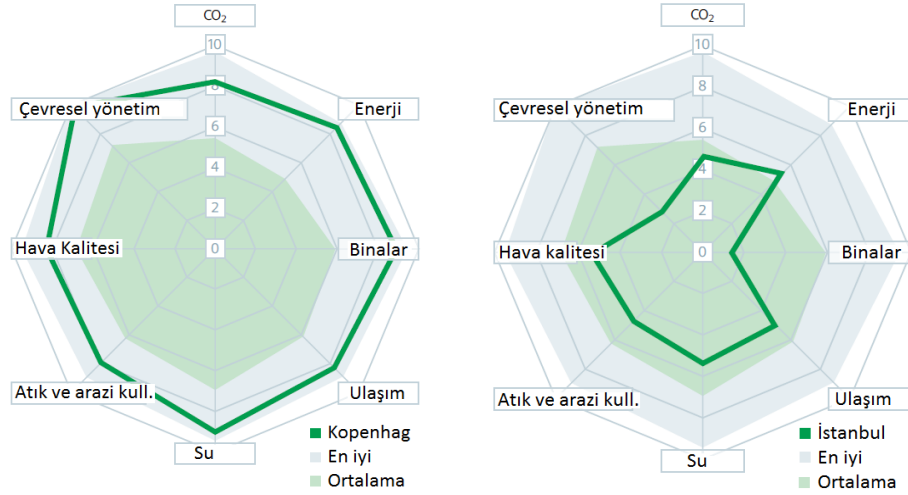
Ulaşım unsurları, yeşil ulaşımın yakınlık derecesine göre yaya, bisiklet, toplu taşıma, taksi-nakil aracı, birden fazla kişinin bindiği otomobil, tek kişilik otomobil ve uçak olarak yeşil ulaşım piramidinde ifade edilmektedir. Yaya olmak en yeşil, diğer bir deyişle en önceliklidir. En düşük öncelikli olan tek kişilik araçların trafikteki kullanımınıdır. Daha sağlıklı olması, daha az gürültü ve kirlilik yaratması ve daha fazla topluluk duygusu için bisiklet kullanımına ve yaya ulaşımına toplumda ihtiyaç vardır. Bugün her zamankinden daha fazla uçaktan yararlanıyoruz, az yürüyoruz ve bisiklet kullanımımızı desteklemeyen bir topografyaya sahip olan şehrimizde çok azımız bu olanağı kullanmaktayız. Ulaşımın belkemiğini özel araçlarımız oluşturmaktadır. Bu nedenle önceliklerimizi şu şekilde sıralayabiliriz:

- Mevcut araçların karbon emisyonunu azaltmak, elektrikli araçları desteklemek.
- Özel araç sahipliğinden toplu taşımaya geçilmesi teşvik edici, yolcu konforunu dikkate alan çözümler geliştirmek.
- İstanbul'un topografyasını dikkate alan, eğimi dikkate alan yeni yaya ve toplu ulaşım sistemleri geliştirmek. Toplu taşıma sistemlerinin birbirleriyle ve aynı zamanda motorsuz ulaşım olan bisiklet ve yaya yolu kullanımı ile bütünleştirilmesi sağlanmaya çalışmak.
- Yolculuk talebinin yüksek olduğu hatlarda raylı sistemi yaygınlaştırılmak. Diğer ulaşım sistemleri ile bütünleşmesini sağlamak. Kent genelindeki ulaşım politikaları ve kentsel planlama politikalarıyla desteklenmelidir. San Francisco ve İstanbul/Kadıköy-Moda örneğinde olduğu gibi raylı sistemlerin kent kimliğine katkısı göz ardı edilmemelidir. Arazinin topografyası ve konumu önemlidir. Arazinin eğiminden faydalanarak halatlarla çekilen Taksim-Kabataş funiküler hattı İstanbul'daki diğer raylı sistem ve aynı zamanda tek örnek uygulamadır.
- Her yanı sularla çevrili İstanbul kentinin bu özelliğini ulaşım için kullanmak, Deniz ulaşımını yaygınlaştırmak ve kent ulaşım sistemleriyle bütünleştirmek.
- Yeşil ulaşım teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygın uygulanması amacıyla yönetim ve kullanım ayağındaki tüm paydaşlar arasında işbirliği sağlanmalıdır.

## **İstanbul'un Yeşil Ulaşım Altyapısı Bakımından Avrupa ve Dünya Kentleriyle Karşılaştırılması**

Yeşil ulaşım ve yeşil altyapı sürdürülebilir kentleri tanımlayan kategoriler içinde önemle ele alınmaktadır. Avrupa Yeşil Şehir Endeksi (The European Green City Index) ile nüfusu 1 Milyondan fazla ve 3 Milyondan az 30 Avrupa kentinin çevresel sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Toplam 30 göstergeden oluşan ana 8 kategoride kentler karşılaştırılmıştır: karbon dioksit, enerji, ulaşım, su, çevresel denetim, atık ve arazi kullanımı, hava kalitesi ve binalar. 2009 verilerine göre tüm kategorilerin toplu değerlendirilmesi sonucunda Kopenhag 1. sırada yer alırken İstanbul 25. sırada yer almıştır. Kopenhag ile İstanbul'un yukarıda sıralanan kategorilere göre kıyaslanması Şekil 4'de yer almaktadır.

Ulaşım ana kategorisi özel araç dışı kullanım, ulaşım ağı uzunluğu, yeşil ulaşım çabası ve tıkanıklık azaltma politikaları göstergelerinden oluşmakta ve her göstergenin %'lik dilim içinde ağırlık oranları yer almaktadır (Tablo 1).



Şekil 4. Kopenhag ve İstanbul şehirlerinin 8 kategori altında kıyaslanması.

Tablo 1: Ulaşım kategorisinin göstergeleri

gösterge	ağırlık	tanım
özel araç dışı kullanım	%29	Çalışan nüfusun toplu taşıma, bisiklet kullanımı ve yaya olması
ulaşım ağı uzunluğu	%14	Toplu taşıma ağı ve bisiklet yollarının uzunluğu
yeşil ulaşım çabası	%29	Temiz ulaştırma kullanımını artırma çabalarının değerlendirilmesi
tıkanıklık azaltma politikaları	%29	Şehir içi araç trafiğini azaltma çabalarının değerlendirilmesi

Diğer bir çalışma, yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen 31 ülkeden 50 kenti, her kentin sürdürülebilirliğini tahmin etmek için bir dizi gösterge üzerinde sıralamaya koyan Sürdürülebilir Kentler Endeksi (Sustainable Cities Index)'dir. Bu araştırma, her biri kentsel performansın tek yönünü ölçen birçok diğer girdi endeksinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş sürdürülebilirlik bileşik endeksi geliştirmiştir. 3 temel başlık altında değerlendirme yapmaktadır: insan, gezegen ve fayda. Her biri sürdürülebilirliğin üç temel boyutuna karşılık gelmektedir: sosyal sürdürülebilirlik, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik sürdürülebilirlik. 2015 verilerine göre sürdürülebilir şehirler Frankfurt, Londra, Kopenhag, Amsterdam, sıralamasıyla devam etmektedir. İstanbul 37. sırada yer bulmuştur. Mumbai, Wuhan, Yeni Delhi, Nairobi ise son sıraları almıştır. Sürdürülebilir Şehirler Endeksi 2016 (Sustainable Cities Index 2016) ise 100 şehir arasında yapılmıştır. Zürih, Singapur, Stokholm, Viyana...olarak devam eden sıralamada İstanbul 77. sırada yer almakta, Yeni Delhi, Nairobi, Kahire ve Kalküta ile liste sonlanmaktadır. Zürih kentindeki toplu taşıma diğer şehirler için sürdürülebilir bir model olarak kabul edilmektedir. Tramvaylar, trenler, hafif raylı sistemler olup, hareketliliği basit, hızlı ve uygun maliyetlidir. 2016 çalışmasında ulaşım altyapısı; trafik yoğunluğu, raylı sistem altyapısı ve hava ulaşımı yeterliliği göstergeleri ile "fayda=ekonomik" sürdürülebilirliğin içinde yer almıştır.

Dünya kentlerinde yapılan yeşil ulaşım uygulama örneklerinden bazıları sonuçları alınmaya başlamış öncü örneklerdir. Örneğin Boston'da mevcut otoparkın yer altına alınıp yeşil park olarak yeniden yapımı, mülkiyet sorunlarına girmeden uygulaması en kolay örnek olarak belirmektedir (Şekil 5). Yeşil alanın, toprak değerini % 22 oranında artırdığı belirlenmiştir. 1992'de, Boston'un finans bölgesinin merkezinde yer alan 500.000 m<sup>2</sup>'lik bir otopark, yerine park ve yeraltı otoparkının yerini alacak ortak bir özel girişimle yıkılmıştır. 2009 yılı itibarıyla, otoparktan elde edilen gelir, parkın bakım

masraflarını karşılamakta ve kamu harcamaları için yaklaşık 2 milyon doların üzerinde bir miktara ulaşmaktadır. Buna ek olarak, bölgedeki emlak fiyatları % 10 civarında artmıştır. Alanın çok amaçlı kullanımının çekici, kullanışlı ve karlı hale getirilmesi, GI'ye yatırım yapma potansiyelinin güzel bir örneğidir (ARUP, 2014).



Şekil 5. Otopark alanının eski ve yeni durumu, Boston (ARUP, 2014).

Sunulan ikinci yeşil ulaşım uygulama örneği, sıfır karbon emisyonu ile temiz araç olarak da adlandırılan elektrikli araçların kullanılmasıdır. Kaliforniya eyaletinde 2025 yılına kadar 1.5 milyon adet sıfır emisyonlu taşıtın devlete kayıtlı 250.000 adet taşıtın altı katı kadar yol katetmesini hedeflenmiştir. Eyaletteki en büyük elektrik şirketi olan Kuzey California'daki Pasifik Gaz & Elektrik, 14.000 otomobil ve kamyon filosunun dörtte birini elektrik veya doğalgaz ile çalışan araçlarla değiştirmiştir. San Ramon şehrinde 90 araçlık elektrikli sarj istasyon alanı mevcuttur (Url-5). Bu elektrik enerjisinin nereden elde edileceği, bu çözümün yararı ayrı bir tartışma konusudur.

Bir diğer yeşil ulaşım uygulama örneği bisiklet yolları ve bisiklet kullanımınıdır. Copenhagane Index 2015'e göre dünya metropollerinde bisikletli yeşil ulaşımında Kopenhag şehri ilk sırada, Amsterdam 2.sırada, Barselona 12. sırada, Viyana 16. sırada, Paris 17.sırada ve Montreal 20.sırada yer almaktadır (Url-6).

Burada tartışılacak olan son yeşil uygulama örneği ise Curitiba kentidir. Brezilya'nın Parana eyaletinin başkenti olan Curitiba, 2010 yılında dünyanın en yeşil kenti seçilmiş, "Sürdürülebilir Kent Ödülü"nü almış ve sürdürülebilir kent modeli olarak sunulmuştur (Şekil 6). Sürdürülebilirlik altı kategoride incelenmiştir: kent planlaması, etkili toplu taşıma sistemi, bölgesel çevreci bilinçlendirme, yaya ve halkın kent içinde öncelikli olması, sosyal adalet ve bölgesel atık yönetimi sistemlerinin kurulmuş olması (Url-7).



Şekil 6. Curitiba kenti yeşil uygulama örnekleri, Brezilya.

Kent merkezindeki çoğu yollar trafiğe yarı kapalı hale getirilmiş ve yaya yolları yeniden düzenlenmiştir. Sadece ulaşım yolları üzerinde yüksek katlı konut binalarının kullanımına izin verilmektedir. Bir bölgenin kat yüksekliği limiti o bölgenin ulaşım olanaklarına bağlı olarak düzenlenmektedir. Curitiba'nın gelişiminde otobüslerle

sağlanan halka açık ulaşım sisteminin önemli etkisi olmuştur. Düşük maliyeti ve üretiminin kolaylığı ile ulaşımda otobüs kullanılmaktadır. 1974'ten 1982'ye kadar olan 8 yıllık dönemde otobüs sistemi iki şeritten beş anayola çıkartılmış ve bu yolların hepsi kentin etrafında yıldız formu oluşturmuştur. Otobüs sistemi üç çeşit otobüs için üç renkle kurulmuştur: hızlı otobüsler için kırmızı, bölgeler arası otobüsler için yeşil ve geleneksel otobüsler için sarı. 1980'de RIT'in (Rede Integrada de Transporte: Bütünleşmiş Ulaşım Ağı) kurulması sayesinde kentin herhangi iki noktası arasında sadece bir ücret ödeyerek ulaşım sağlanabilmektedir. Yolcuların otobüs biletleri için duraklarda ödeme yapması ile kolay ve hızlı ulaşım sağlanmaktadır. Bu sistem Curitiba nüfusunun %85'i tarafından kullanılmaktadır. Nüfus 1974'ten beri iki katına çıkmış olsa da trafik %30 azalmıştır. Sistem aynı zamanda yakıt kullanımı ve hava kirliliğini azaltırken, kent ulaşımında çevresel kayıpları da engellemektedir. Trafik yüklerinin yoğunluğu, binaların kullanım amacı ve kullanım yoğunluğuna göre planlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Curitiba kenti ulaşım koridorları ve yoğunluk zonlaması (Url-7).

## Sonuç

Kentler, sayısı hergün katlanarak artan nüfus ile birlikte önemli değişimler göstermektedir. Kullanıcıların, tasarımcıların, uygulayıcıların ve yöneticilerin işbirliği içinde ve çok disiplinli bir planlama anlayışına sahip olmayan kentler, yaşam kalitesi düşük mekanlara dönüşmektedir. Nüfus artış hızına ayak uyduramayan altyapılar kentlerin yaşanabilir olmaları önündeki en büyük engellerdir. İstanbul, altyapı problemlerini yoğun olarak yaşayan bir dünya başkentidir. Düşeyde yükselen ve yatayda büyüyen; birbirlerine giderek yaklaşan mega binalardan oluşan yerleşmeler beraberinde önemli bir ulaşım yoğunluğunu ve altyapı problemlerini getirmektedir. Yeşil ulaşım çözümleri çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği garanti altına alarak doğanın döngüsüne katkıda bulunacak ve kentlinin yaşam kalitesini artıracaktır. Çağdaş, uygar yeşil ulaşım modellerinin uygulanabilirliğinin araştırılması, dünya örneklerinin irdelenmesi gerekmektedir. Çok disiplinli planlama yaklaşımları, "bağımsız düşünce kuruluşları" yoluyla üretilecek geleceği planlama çalışmalarının vazgeçilmezi olmalıdır. Bağımsız düşünce kuruluşları halkı bilinçlendirme işlevini başarılı bir biçimde yönlendirebilirler ve kamusal düşüncüyü oluşturabilirler. Ancak çok disiplinli olmak da yetmez öncelikle birbirini dinlemeyi bilmek gerekir. Bu bir kültür sorunudur.

## Kaynaklar

ARUP, Cities Alive - Rethinking Green Infrastructure, (2014), [file:///C:/Documents %20and%20Settings/Administrator/Belgelerim/Downloads/Arup\\_Cities\\_Alive.pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrator/Belgelerim/Downloads/Arup_Cities_Alive.pdf)

Beyazıt, E., (2012), Ulaşım Yatırımlarının Sosyo-Ekonomik Faydaları, 3. Yeşil Ekonomi Konferansı, Yeşil Ulaşım, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği, pp.39-48, 23-24 Haziran 2012, İstanbul.

Elam, J., Giltz, L., Spagnola, R., (2012). Green Infrastructure and Transportation Planning to Improve Environmental Outcomes (PPT Presentation), Volpe National Transportation Systems Center, USA, [https://www.environment.fhwa.dot.gov/ecological/webinars/webinar\\_07242012.pdf](https://www.environment.fhwa.dot.gov/ecological/webinars/webinar_07242012.pdf)

EPA, Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure, (2010), USA. <http://www.epa.gov/greeninfrastructure>

European Green City Index (2009), Assessing the environmental impact of Europe's major cities, Siemens AG, Munich, Germany.

Grant, G., (2006), Green Roofs and Façades, HIS BRE Press, UK.

Naumann, S., McKenna, D., Kaphengst, T. et al. (2011). Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. Final report. Brussels: European Commission.

Sustainable Cities Index (2015), Balancing the economic, social and environmental needs of the world's leading cities, ARCADIS, [https://www.arcadis.com/media/E/F/B/%7BEFB74BBB-D788-42EF-A761-4807D69B6F70%7D9185R\\_Arcadis\\_whitepaper\\_2015.pdf](https://www.arcadis.com/media/E/F/B/%7BEFB74BBB-D788-42EF-A761-4807D69B6F70%7D9185R_Arcadis_whitepaper_2015.pdf)

Sustainable Cities Index (2016), Putting people at the herth of the city sustainability, ARCADIS, <https://www.arcadis.com/media/0/6/6/%7B06687980-3179-47AD-89FD-F6AFA76EBB73%7DSustainable%20Cities%20Index%202016%20Global%20Web.pdf>

Sutcliffe, E. B., (2012), Raylı Sistemlerin Kentiçi Ulaşımdaki Rolü, 3. Yeşil Ekonomi Konferansı, Yeşil Ulaşım, Heinrich Böll Stiftung Derneği Türkiye Temsilciliği, pp.23-31, 23-24 Haziran 2012, İstanbul.

Url-1<<http://futuristicnews.com/the-biggest-ever-real-world-test-of-connected-vehicle-communication-technology/>, <https://tr.pinterest.com/explore/intelligent-transportation-system/>>

Url-2<<https://tti.tamu.edu/freight-shuttle/>>

Url-3<[www.nevadadot.com/BoulderCityBypass/Landscape and Aesthetic Plan.aspx](http://www.nevadadot.com/BoulderCityBypass/Landscape%20and%20Aesthetic%20Plan.aspx)>

Url-4<<http://www.epa.gov/greeninfrastructure>>

Url-5 <<http://www.capradio.org/articles/2016/12/14/california-utilities-want-to-charge-your-electric-car,-boost-stagnant-power-demand/>>

Url-6< <http://www.urban-hub.com/ideas/reinventing-the-wheel-or-the-future-of-urban-biking/>>

Url-7 <<http://www.ekoyapidergisi.org/632-surdurulebilir-sehirler-icin-bir-model-curitiba.html>>



# Türkiye’de Bölgesel Ulaştırma Planlaması için Farklı Coğrafi Düzeylerdeki Ulaşım İlişkilerinin İncelenmesi

**Mehmet Kalaycıoğlu**

Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara

Tel: (0312) 210 20 90

E-Posta: mehmet.kalaycioglu@udhb.gov.tr

## Öz

Ulaştırma ve iletişim teknolojilerindeki gelişim artık kentleri birbirine daha yakın hale getirirken, ülkelerde küresel ölçekte birbirine yaklaşmaktadır. Artan ulaşım talebiyle, geçmiş duruma göre daha kompleks bir yapıya dönüşümün gerçekleştiği yeni koşullarda, ulaşım temelli ilişki ağlarının ortaya çıkarılması, insanlar ve ürünlerin uygun erişim sağlayabilmesine yönelik ulaşım sisteminin oluşturulması için bir ön koşul niteliğindedir. Özellikle kent içi ulaşım altyapısı dışında kalan bölgesel ulaşım yatırımlarının planlaması konusu, farklı coğrafi düzeylerdeki ilişkilerin ve önceliklerin oluşturduğu bir talep kümesine yönelik bütüncül bir ulaşım sistemi geliştirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Söz konusu ihtiyaca yönelik olarak, öncelikle bu taleplerin kategorize edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; Türkiye örneğinden yola çıkılarak, farklı düzeylerdeki ulaşım ilişkileri tanımlanmış, ülke bütünü ele alan bir ulaşım planlaması yapılabilmesi için bu ilişkilerin ölçekleri belirlenmiştir. Söz konusu ölçeklendirme; metropoliten alan, coğrafi yakın bölge, ülke coğrafyası, sınır aşan coğrafi bölge ve küresel düzey şeklinde bir sınıflandırmayı içermektedir. Bu sınıflandırma içerisinde coğrafi ölçeğin yanısıra, farklı ulaşım modları ve bu modların bir araya gelişleri ile yük ve yolcu taşımacılığı arasındaki farklarda dikkate alınmaktadır. Sonuç olarak, ulaşım yatırımlarının farklı coğrafi düzeylerdeki etkilerine göre, bütüncül bir politika içinde ülke ihtiyaçlarına göre stratejik olarak önceliklendirilmesi ihtiyacı bulunduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** ulaşım ilişkileri, ulaşım talebi, bölgesel ulaşım planlaması, ulaşım modları, yük ve yolcu taşımacılığı

## Giriş

Ulaşım; sosyal, ekonomik veya siyasi ilişkilerin ortaya koyduğu sonuç olan bir eylemdir. Bunun yanısıra, sunulan ulaşım hizmetleri ve altyapısı mevcut ilişkileri güçlendirebileceği gibi yeni ilişkilerde oluşturabilir. Ulaşım planlaması konusu kent ölçeğinde gelişmiş olmakla beraber, bölge düzeyindeki planlamalara ilişkin bir yöntem arayışı oldukça sınırlıdır. Türkiye’de bölgesel ölçekteki ulaşım kararları bölgesel arazi kullanım planlarında çoğunlukla, önemli çekim merkezi olan kentlerle kırsal alanlar ve banliyölerin fiziki bağlantısını sağlamak üzere kurgulanmaktadır. Diğer bir yaklaşım ise, altyapı yetersizliği görülen noktalarda veya koridorlarda yapılan ulaşım

yatırımlardır. Buna ek olarak, Dünya'daki gelişmelere benzer şekilde, Türkiye'de de ulaşım alanında önemli değişimler yaşanmaktadır. Öncelikle, ulaştırma ve iletişim teknolojilerindeki gelişim artık kentleri birbirine daha yakın hale getirirken, ülkelerde küresel ölçekte birbirine yaklaşmaktadır. Mal ve insan akımlarının artışı, yeni çağın hızına uygun güçlü ulaştırma altyapılarının ortaya konulmasını zorunlu hale getirmektedir. Yeni koşullarda büyük ulaştırma yatırımlarının yapımına hız verilmiştir. Ancak, bu yatırımların oluşturacağı ağı, yük ve yolcuların ulusal ve uluslararası düzeyde erişilebilirliğine olan katkısı yeni bir tartışma alanı oluşturmaktadır.

Ortaya çıkan tartışma alanındaki sorunların çözümü, bölgesel düzeyde yeni bir ulaşım planlaması çalışma yönteminin ortaya koyulabilmesine bağlıdır. Ulaşım planlaması da aynı kent planlaması gibi fiziki plan kararlarını içermekte ve mekânsal coğrafyaya etki etmektedir. Yeni oluşturulacak çalışma yönteminin belirlenebilmesi öncelikle, ulaşım ağının mekânsal olarak tanımlanabilmesine bağlıdır. Bu noktada, ulaşım ağının yapısının analiz edilmesi gerekecektir. Sorunsalın diğer bölümünü ise, farklı coğrafi düzeylerdeki ilişkilerin ulaşım ağına yansıyan taleplerini belirlemek oluşturmaktadır. Halihazırda, büyük çaplı ulaştırma yatırımları ile birbirine yakın hale gelen kentler, kimi zaman ulus-devletlerinde sınırlarını aşarak birbiriyle ilişki ağları kurmaktadır. Bu durumda birbirine fiziki yakınlığı bulunmayan veya idari sınırlara göre komşuluk ilişkisi olmayan iki kent karşılıklı bilgi, mal ve insan akımlarının yüksekliğiyle aslında birbiriyle önemli bir etkileşim içinde bulunabilmektedir. Kimi araştırmacılar tarafından kompleks bir sistem olarak algılanan bu ilişki ağlarının ortaya çıkarılması, insanlar ve ürünlerin uygun bir erişim sağlayabilmesine yönelik bir ulaştırma sisteminin oluşturulması için bir ön koşul niteliğindedir.

Bölgesel anlamda bir ulaşım planlaması metodolojisinin doğru olarak kurgulanması için, ilk koşul farklı düzeylerdeki ulaşım ilişkilerinin belirlenmesi olmalıdır. Bu çalışma, ilgili düzeylerin belirlenmesi ve bu düzeylerin ulaşım ilişkilerinin niteliklerinin tanımlanmasını amaçlamaktadır. Söz konusu düzeylere geçilmeden önce bu ilişkilerin ortaya koyduğu altyapının gelişimi sürecine ve ilişkilerinin belirlenmesi için kullanılabilecek kaynaklara değinmek gereklidir.

## **Tarihsel Süreçteki Gelişim**

Tekeli ve İlkin'in (2010) belirttiği üzere, Türkiye'de Sanayi Devrimi sonrası değişen sistemin etkileri ilk olarak Osmanlı dönemindeki ulaşım planlaması üzerinde görülmektedir. Anadolu toprakları ve yakın çevresindeki bölgede bir modernite süreci başladıktan sonra, kapitalist ekonomiye eklenilebilmek adına yurtiçinde oluşan talebin yurtdışından gelen kaynak ve bilgi ile sağlanması yolu izlenmiştir. Buna göre; 1882 yılında ilk Umur-u Nâfia Programı sunulmuş, ardından 1908 yılında bir program daha yapılmıştır. Bu programlar, ulaştırma ve bayındırlık alanında bir yatırım programı olarak ilk üst ölçekli ulaştırma planları olarak kabul edilebilir. Programlar incelendiğinde, iç bölgelerin demiryollarıyla limanlara bağlanması, önemli demiryolu duraklarında ise karayolunun kısa mesafe için kullanılması ön plandadır. Ancak, aynı dönemde Osmanlı coğrafyasında ortaya çıkan savaşlar ile 1. Dünya Savaşı'ndan dolayı özellikle demiryolu planlamalarının birçoğu gerçekleştirilememiştir. Karayolları teknolojisindeki gelişim ise çok yeni olduğundan karayolu düşünülen yollarda geçmişten kalan kervan yollarının kullanımı sürdürülmüştür. Buna ilave olarak, yeni



ortaya çıkan ulus-devletlerin sınırları eski coğrafyanın ilişkilerini değiştirmeye başlamıştır. Cumhuriyet Döneminde Osmanlı Döneminden farklı olarak devletçilik ilkesi doğrultusunda kendi ulaştırma yatırımlarını yapma şeklinde gerçekleşen yatırımlarda 1950'lere kadar demiryolu yapımı önemini sürdürmüştür. Sonraki dönemlerde araba teknolojisinin gelişmesi ile karayolu yapımı ön plan çıkmış ve havayolu da kullanılmaya başlanmıştır.

1980'lere gelindiğinde ise, gelişen ulaştırma sektörü ve ekonomik ihtiyaçlar doğrultusunda ülke ölçeğinde bir planlama arayışı doğmuştur. Bu kapsamda, Devlet Planlama Teşkilatı (Kalkınma Bakanlığı) önderliğinde bir Ulusal Ulaştırma Ana Planı (1983-1993) hazırlanmış, ancak uygulamaya geçememiştir.

Hazırlanan Plan'ın giriş ve yöntem bölümlerinde özetle; ulaşım talebinin yer ve büyüklük olarak ortaya çıkarılması sonucunda, ulaştırma sisteminin özellikleri ve ulaştırma politikaları göz önünde bulundurularak bu talebi karşılama yaklaşımıyla hareket edildiği ifade edilmiştir. Plan çalışması içerisinde ulaştırma alanındaki planlayıcı, yapımçı ve işletici kuruluşların kendi çalışmaları doğrultusundaki talep-kapasite analizlerini ortaya koyması ilk aşamadır. İkinci aşama ise, farklı sektörlerdeki kuruluşların ulaşım ile bağlantılı taleplerinin ve büyüme tahminlerinin elde edilmesidir. Plan içerisinde üretim/çekim, dağıtım ve türel seçim kullanılarak, belirlenen ana ulaşım koridorlarında, yolcu ve farklı yük gruplarının taşınması alanında 1993 yılına dönük tahminler yapılmıştır. Tahminler dikkate alınarak, ulaşım alanındaki kurum ve kuruluşların; personel, teçhizat ve yaptıkları / işlettikleri ulaştırma altyapıları için gerekli kapasiteler planlanmıştır (Devlet Planlama Teşkilatı, 1982).

Tarihsel süreçte; Osmanlı'nın son dönemi ve Cumhuriyetin ilk yıllarındaki Nâfia programlarına konu olan bölgesel ölçekteki ulaştırma yatırımları;

- Yük taşımacılığı için, limanların demiryolu temelli güçlü hinterland bağlantılarına sahip olması,
- Yük ve yolcu taşımacılığı için ise, önemli bölge merkezi olan kentlere yakın çevrelerinden güçlü bir karayolu ulaşımının sağlanması

üzerine odaklanmaktadır.

Cumhuriyet sonrasında bugüne kadar olan tarihsel süreçte, tarım ve maden alanlarının üretiminin demiryolları ile limanlara taşınması ve önemli kentlerin bağlantılarının sağlanması dışında yeni ortaya çıkan ilişkilerde vardır. Bunların en önemlileri; İstanbul'un ülke içinde ve uluslararası alanda tarihten gelen merkezi konumunu yeni işlevler olarak sürdürmesi, Cumhuriyet döneminde Başkent olan Ankara'nın ülke içinde önemli bir çekim merkezi haline gelmesi ve sanayileşen Türkiye'de, önemli ticaret, sanayi ve üretim alanlarının yer seçiminin ortaya koyduğu ulaşım ilişkileridir. Bu gelişmelere son dönemde nüfusları artarak metropolleşme eğilimi gösteren büyükşehirlerin yakın çevresiyle olan ilişkileri ve turizm ile üniversite kentleri de ilave olmuştur. Diğer önemli bir gelişme ise, artan küresel ticaret, yolcu hareketliliği ve gelişen ulaşım teknolojisinin sonucu olarak; Asya, Avrupa ve Afrika arasındaki coğrafi konumu gereği Türkiye'nin; hava, kara ve deniz alanlarındaki uluslararası transit ulaşım talebinin artmasıdır.

## Ulaşım İlişkilerinin Tespiti ve Düzeylerin Belirlenmesi

Türkiye’de bölgesel düzeydeki ulaşım ilişkileri, Devlet Planlama Teşkilatı (Kalkınma Bakanlığı) tarafından 1982 yılında hazırlanan “Türkiye’de Yerleşme Merkezlerinin Kademelenmesi” Raporu benzeri çalışmaların güncel şekilde bulunması durumunda önemli bir oranda tahmin edilebilecektir. Çalışma ile, yapılan anketlere göre il, ilçe, köy düzeyindeki yerleşim merkezlerinin birbiriyle sanayi, ticaret, ulaşım, sağlık ve eğitim gibi konularda olan ilişkileri ve merkezlerin hiyerarşisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, mevcut idari sınırların ötesine geçilerek, yerleşim yerleri arasındaki gerçek etkileşimlerin çoğu ortaya konulmuştur.

Merkezilik kavramı, Christaller’in “Merkezi Yerler Teorisi” kapsamında kentlerin hiyerarşik mekansal sistemine yönelik nüfus büyüklüğü ve mesafe üzerinden belirli kabulleri içerebilmektedir (Johnston, 1984). Janelle (1968) ise, yaptığı çalışmada, iki yerleşim arasındaki ilişki durumunun bu iki yerin arasındaki mesafeye bağlı değil, erişim süresi ile bağlantılı olduğu fikrini ortaya atmıştır. Merkezilik anlamındaki yeni çalışmalara örnek olarak; Beaverstock ve diğ. (2000) yaptığı çalışmalarında, Castells’in “Ağ Toplumu (*Network Society*)” kavramını küresel kentlerin kıyaslamasında kullanarak, uluslararası şirketlerin ofislerinin yer seçtiği şehirler ve bu şehirlerin havayolu ulaşımı ile bilgi teknolojilerini kullanımlarına göre merkeziliklerini ve ilişkilerini belirlemiştir. Ulaşım sisteminde merkezi yerler belirlenirken, nüfus veya yük üretimi temelli bir “merkezilik (*centrality*)” kullanılabilceği gibi, “aradalık (*intermediacy*)” anlamında önemli nüfus veya üretim-tüketim merkezlerinin arasındaki bir düğüm noktası da seçilebilir (Neal, 2012; Fleming ve Hayuth, 1994).

Bölgesel ulaşım ilişkilerinin belirlenebilmesi için, merkezler kademelenmesi dışında kullanılabilcek bir başka yaklaşım ise ulaşım planlaması için toplanan verilerin bu bakış açısıyla değerlendirilmesi olabilecektir. Yapılan detaylı ulaşım anketlerinden, yolculuk kalkış-varış noktaları ile yolculuk amaçlarının bölgesel ölçekte belirlenmesi mümkündür. Bu anketler genellikle, kent içi planlamalarda yaygın olarak kullanılan dört aşamalı ulaşım talep tahmin modellemesi için gerçekleştirilmektedir (Ortuzar ve Willumsen, 2011). Dört aşamalı ulaşım talep modellemesi, kentlere yönelik geliştirilmiş olmakla beraber, belirlenen “trafik analiz zonu” yapısına göre farklı ölçeklerde de kullanılabilir. Bölgesel bir ulaşım planı için, bu zonlar il ve ilçe düzeyinde olabilecektir. Coğrafi bilgi teknolojilerinin gelişimi ile ulaşım modelleme yazılımları ulaşım ağında ortaya çıkan talebi modelledikten sonra ilgili ulaşım ağı üzerindeki her bağlantıya taşıt ataması yapabilmektedir.

Yapılacak anket çalışması çıktılarına göre, bölgesel ölçekteki yolculuk amaçlarının kentsel ölçekten farklı olarak gözlenmesi muhtemeldir. Netice itibarıyla, bölgesel ulaşım planlaması; kent içi aktivitelerin ötesindeki ilişkilerin, çok-modlu bir ulaşım sistemi içinde, yük ve yolcu hareketlerine göre kurgulanmasıdır. Sözü geçen ağ ilişkileri coğrafi düzeylere göre sınıflandırılırken, iki temel konudaki alt başlıklar, sınıflandırma açısından ön plana çıkmaktadır;

- Farklı modların altyapılarına göre sınıflandırma,
- Yük ve yolcu hareketlerine göre sınıflandırma.

Ulaşım ağının gelişiminin tarihsel süreci ve yapılan üst ölçekli planlamalardaki ihtiyaçlar dikkate alındığında; özellikle kent içi ulaştırma altyapısı dışında kalan ulaştırma yatırımlarının planlanması konusu, farklı coğrafi düzeylerdeki ilişkilerin ve önceliklerin oluşturduğu bir talep kümesine yönelik bütüncül bir ulaştırma sisteminin geliştirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Yukarıda da ifade edildiği gibi bu ihtiyaca yönelik olarak, öncelikle sözü geçen taleplerin kategorize edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma içerisinde farklı düzeylerdeki ulaşım ilişkilerine yönelik ölçeklendirme; metropoliten alan, coğrafi yakın bölge, ülke coğrafyası, sınır aşan coğrafi bölge ve küresel düzey şeklinde belirlenmiştir. Bu sınıflandırma aynı zamanda farklı ulaşım modları ve bu modların bir araya gelişleri ile yük ve yolcu ulaşımı arasındaki farkları da dikkate almaktadır. Seçilen ölçekler aşağıdaki bölümlerde detaylandırılmıştır.

## Farklı Ölçeklerdeki Ulaşım İlişkileri

### Metropoliten Düzey

Şehirleri bina ve insan yığılımı olan alanlar gibi ifadelerle tanımlamak ve belirli idari sınırlar koyarak açıklamak şeklindeki yaklaşımlar özellikle sosyal bilimciler tarafından sıkça eleştirilmektedir. Günümüzde kent tanımlarının birçoğu, ekonomik ve sosyal etkileşimin gerçekleştiği alanlara vurgu yapmaktadır (Storper, 2013).

Benzer şekilde, “metropol alanlar” veya Türkiye’deki adlandırmasıyla “büyükşehir” olarak tanımlanan bölgelerde bu ilişkileri tespit etmek daha fazla önem kazanmaktadır. Bölgesel ölçeğin alt seviyesi olarak kabul edilebilecek olan metropol alan kavramını mekânsal olarak belirlemek, kentin makroformu ile paralel olan mekânsal sınırlarını belirlemekten çok daha güçtür. Metropoliten alanın sınır tespitini idari sınırların ötesindeki gerçek ilişkilere göre yapabilmek için erişilebilirlik kavramının kent düzeyindeki tanımlarından yola çıkmak gerekmektedir.

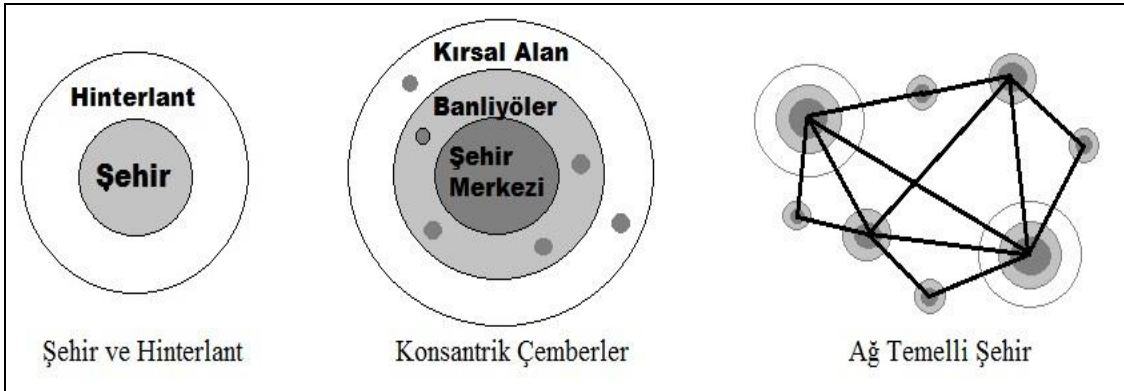
Kentsel ulaşım içerisinde yer alan erişilebilirlik kavramı, ulaştırma sisteminin yapısı ve kapasitesine bağlı olarak incelenmektedir. Erişilebilirlik artışı, hareketliliğin para veya zaman bakımından maliyetinin düşmesinin bir sonucudur. Erişilebilirlik arttıkça, yerler arasındaki etkileşim eğilimi ve arazi fiyatları da artar. Bu durum, arazi kullanımındaki bir konut alanının ticari kullanıma dönüşmesi gibi değişimleri tetikleyebilir. Kent içi trafikte artan erişilebilirlik sonucu ortaya çıkan cazibe alanları ve ulaşım ilişkileri ise ulaştırma sisteminde oluşturdukları trafik ile kapasite yetersizliği ortaya koyduğundan, ulaştırma sisteminde sürekli yeniden iyileştirme ve erişim artırma talebi oluşmaktadır (Taaffe ve diğ., 1996).

Erişim artışı, ulaşım teknolojisindeki önemli değişimlerle de gerçekleşebilir. Değişimlerin en önemlisi otomobil teknolojisindeki gelişim ile olmuş ve bunun sonucunda, farklı kentsel örüntü şemaları ortaya atılmıştır. İlk dönem şemalarda ulaşım konusu baskın olurken, sonrasında yapılan tanımlarda, kentsel forma etki eden başka faktörlerin pozitif ve negatif dışsallıklarına değinilmiştir. Bu dışsallıklara; sosyal yapı ve yığılma ekonomileri örnek verilebilir (Taaffe ve diğ., 1996).

Günümüzde gelişen ulaşım ilişkileri ve farklı fonksiyonlarla büyüyen kentlerde yeni merkezler oluşarak metropolleşme gerçekleşmektedir. Yeni durumda, merkezi iş alanı

(MİA) ve banliyöler arasındaki günlük iş gidiş-gelişi (*commuter trip*) olgusuna, yakın yerleşimlerin büyüyerek merkezileştiği bir yapıda oluşan ulaşım ilişkileri de eklenmiştir.

Kentsel form oluşumunun ötesinde metropol alanın fonksiyonel tanımlarına bakacak olursak; Von Thünen'in “şehir-hinterland modeli”, Burgess ve Alonso'nun “konsantrik çemberler modeli” ve son olarak “ağ temelli şehir modeli” temel yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar Şekil 1’de bir arada gösterilmektedir. Ağ temelli metropol yaklaşımında her şehir kendi hinterlandı dışında bazı komşu şehirler ile günlük iş gidiş-gelişi yapan çalışan ilişkilerine de sahiptir (Neal, 2012). Bu duruma ilave olarak, özellikle hızlı trenler vb. teknolojilerle gelişen ulaştırma sisteminde, günlük eğitim amaçlı gidiş gelişlerde söz konusu olabilmektedir.



Şekil 1 Metropol Alanın Fonksiyonel Şemaları.

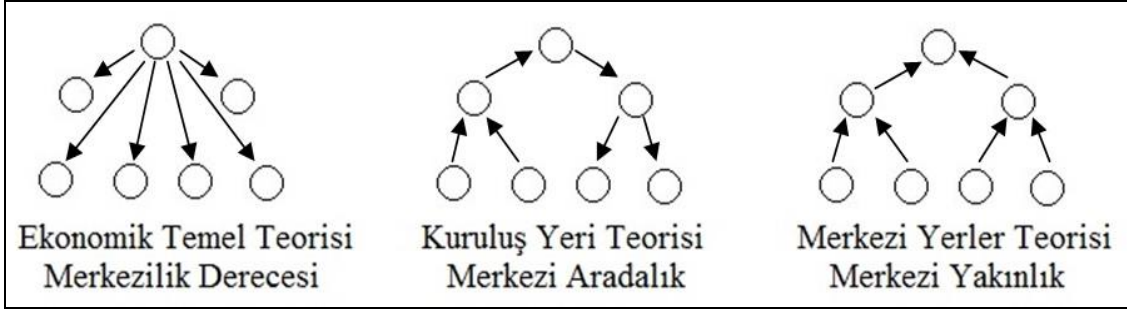
Bu düzeydeki ulaşım ilişkilerinin tespiti için, kullanılacak veriler arasında bulunan ulaşım anketlerinden “günlük işe gidiş geliş” amaçlı seyahatlerin tespiti yapılabileceği gibi, karayolları alanında çalışan uzmanların görüşlerine başvurularak yol yoğunluğu ve araç tipi üzerinden günlük işe gidiş geliş için kalkış ve varış yerlerinin tahmini yapılarak, metropoliten düzey ulaşım ilişkileri kentler bazında belirlenebilir.

### Coğrafi Yakın Bölge Düzeyi

Ulaşım ilişkilerinin bu düzey ve üstündeki incelemesinde, metropol düzeyinden farklı olarak yük taşımacılığı konusu da devreye girmektedir. Bu düzeyde, ulaşımın ekonomik özellikleri bölge planlaması kapsamında ele alınabilecektir. Kentlerin bölgesel ulaşım ilişkileri çoğunlukla; “mukayeseli üstünlük” ve “bölgesel uzmanlaşma” gibi ekonomik coğrafyada geçen kavramlarla ilintilidir (Taaffe ve diğ., 1996).

Coğrafi yakın bölge düzeyindeki ilişkileri açıklamak için üç farklı merkezilik teorisinden faydalanılabilecektir. Bunlar aşağıda sıralanmış ve Şekil 2’de gösterilmiştir (Neal, 2012):

- Ekonomik temel teorisi: Belirli bir sektörde uzmanlaşan kentin diğer kentlere bu ürünü veya hizmeti ihraç edebilmesi (girdi-çıkıtı analizi veya yoğunlaşma katsayısı (LQ) ile hesaplanabilir),
- Kuruluş yeri teorisi: Bir yerin diğer yerlere ürün ulaştırılması açısından bir geçit noktası olması veya aradalık anlamındaki bir konuma sahip olması,
- Merkezi yerler teorisi: Kentlerin nüfus büyüklüğü ile orantılı gelişen hizmetler bakımından diğer yerler ile oluşturduğu çekim hiyerarşisidir.



Şekil 2 Bölge İçindeki Merkezilik.

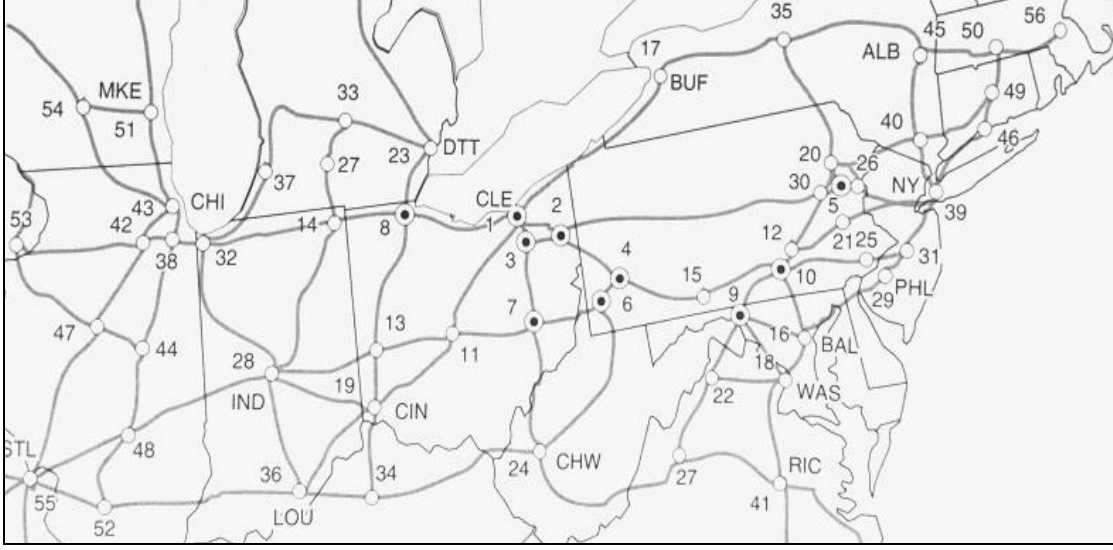
Yukarıda ifade edilen teoriler, aslında tek merkezli bir yapıya bağlıdır. Buna karşın bölgesel mekânsal hiyerarşi artık çok merkezli bir yapıya dönüşmektedir. Bu yapı belirli büyüklükteki kentlerin morfolojik yakınlığı ile bağlantılı değil, fonksiyonel olarak birbirini tamamlayıcı bir ilişki ağında olmalarına bağlıdır (Neal, 2012).

### Ulusal Düzey ile Sınır Aşan Coğrafi Bölge ve Küresel Düzey

Ülkesel bazda bakıldığında kentler idari sınırları ile tanımlanmakta olduğundan, ulusal bir ulaşım planlaması yapılabilmesi için kentsel sistemlerin ortaya konulması gerekecektir. Ancak, ulusal ulaşım maliyetlerinin mekansal örüntüsü kent ve metropol ölçeği gibi olmayacaktır. Bu noktada, metropol alan gibi bir sınır arayışı değil, ulaşım ilişkilerinin oluşturduğu grupları bularak kentlerin konumunu belirlemek ön plana çıkmaktadır. Literatürde ulusal ölçekteki incelemelerde; finansal ilişkiler (para transferleri) ve haberleşme ilişkilerinin incelendiği çalışmalarda olmakla beraber, bu konular ulaştırma odaklı çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

Bu düzeylerdeki ulaşım ilişkilerinin tanımlanması için öncelikle ulaşım ağındaki temel tanımlardan faydalanmak gerekmektedir. Bir ulaşım ağı yapısı temel olarak aşağıdaki öğeleri ve tanımlarını içermektedir (Rodrigue ve diğ., 2006; Taaffe ve diğ., 1996; Roso ve diğ., 2009):

- **Düğüm:** Ulaşım ağı üzerindeki bir terminal veya kesişim noktasıdır. Yapılan soyutlama düzeyine göre bir şehir, yol kesişimi veya ulaşım terminalinin (istasyon, otogar, liman, havalimanı) yerini gösterebilir. Bu noktaların bazıları, özellikle limanlar ve havalimanları, merkezi bir dağıtım noktası (*hub*) özelliği veya farklı modlar ile coğrafyalara geçit noktası (*gateway*) özelliği gösterebilir.
- **Kenar / Bağlantı:** Kenar iki düğüm noktası arasındaki bağlantıdır. Bir başlangıç ucundan ikincil bir uca kadardır. Bağlantılar, düğümler arasındaki hareketlerin gerçekleşmesini sağlayan ulaştırma altyapısının soyutlanmış halidir. Bağlantılar tek yönlü veya iki yönlü olabilir. Bağlantılardaki her değişim, bir düğümün ağdaki erişilebilirliğini etkiler.
- **Akım:** Düğümler ve bağlantılardan oluşan bir ağ üzerindeki trafiğin miktarıdır (araç sayısı, yolcu sayısı veya yük miktarı). Ağdaki ulaşım talebi ve bağlantıların kapasitesinin bir fonksiyonudur. Akımlar çoğunlukla mesafeye göre oluşan bir sürtünmeden etkilenirler.
- **Graf Teorisi (Çizge Kuramı):** Euler tarafından 1736'da ortaya konan teoriye göre graf; düğümler ve bu düğümleri birbirine bağlayan kenarlardan oluşan bir tür ağ yapısıdır. Bu kuramın ulaşım ağı üzerinde bir örneği Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3 Çizge Kuramına Göre Ulaşım Ağları.

Ulusal düzey, sınır aşan coğrafi bölge ve küresel düzeylerin ulaşım ilişkilerinin incelenmesinde; akımların sayısı ve bir düğümün diğer birçok düğüm ile bağlanması, ilişki gruplandırmasında kullanılan temel veriler olabilecektir. Ulusal düzeyde düğümler kentler olarak düşünülmelidir. Ancak, sınır bölgelerinde sınır aşan bölgesel coğrafyaların etkisi ve ülke genelinde ithalat, ihracat ve turizm alanlarında gelişmiş kentlerde ise uluslararası düzeyin etkileri, kentler arasındaki ulaştırma sistemindeki trafik yoğunluklarını etkilemektedir. Bu durumda, ulaşım ağı üzerinde geçmişten bugüne devam eden ülke içi taleplerle, dış ekonomiye eklenmek adına ortaya çıkan ulaşım ilişkilerinin ulusal ölçekte bir arada ele alınması önemlidir. Diğer önemli bir faktör ise, küresel düzeyin ülke üzerine yüklediği transit taleplere konu olan ulaşım koridorları ve terminallerdir.

Kentlerin ulaşım ilişkileri gruplandırılırken, Newtoncu bir çekim modelinin sonuçları kullanılabilir. Çekim modelinin ulusal ağı tanımlamada eksik kalması ise çok olasıdır. Bu olasılıklar Ullman'ın kentsel ilişkilere yönelik üçlü kurgusunda örneklendirilmektedir. Ullman'ın üçlü kurgusu şu şekildedir (Neal, 2012);

- “Transfer edilebilirlik”.
- “Yerine geçebilirlik”,
- “Araya giren fırsatlar”.

Bu kurguya göre, transfer edilebilirlik ilkesi gereği bir kent nüfus kütlesi ve aradaki mesafenin çekimine uygun düşmese bile farklı bir şehirden işgücü ve göç alabilmektedir. Yerine geçebilirlik ilkesi gereği bir kent kendinde olmayan bir turizm şekli için başka bir kent ile ilişki kurabilecektir. Fırsatlar açısından baktığımızda ise, bir kentin ilişki kurabileceği aynı sektörel özelliklere sahip birden çok kent olması ve engeller açısından baktığımızda da doğal yapı veya ülke sınırı gibi eşiklerden dolayı bir kentin daha uzaktaki kentler ile ilişki kurmak zorunda kalması gibi durumlar söz konusu olabilir (Neal, 2012).

Ulusal düzeyde kentler, nüfusa göre “sıra-büyükölük kuralı (*rank-size rule*) – Zipf Yasası” ile sıralanabilmektedir. Kurala göre, bir ülkedeki en çok nüfusa sahip şehir

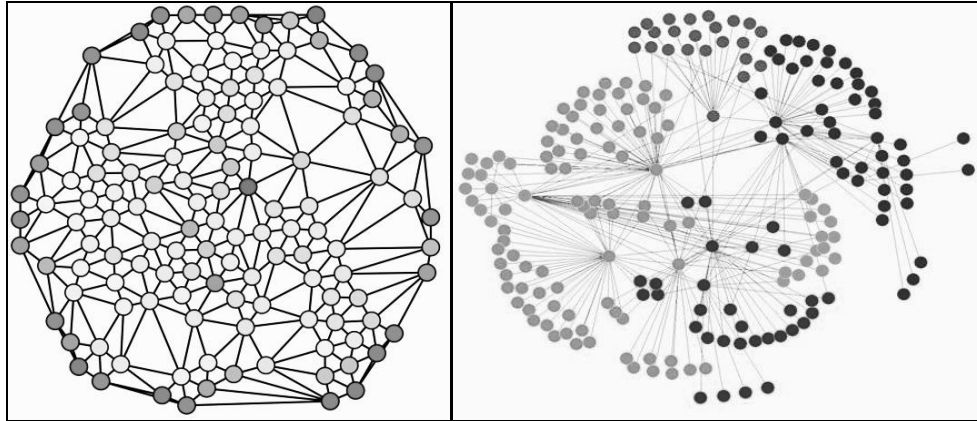
genellikle bir sonrakinin iki katı kadardır. Ancak bu kentsel sıralamayı, kentlerin ulaşım ilişkilerine göre oluşan hiyerarşide; uluslararası merkez, ülkesel merkez ve bölge merkezi şeklinde yapmak ve kentleri derecelendirmek daha uygun düşecektir. Neticede bir kentin tek önemli özelliği nüfusu değildir.

Kentlerin ulaşım ilişkilerine göre kademelenmesi, birbirleri ile karşılıklı akımlarına dayanan kalkış-varış sayıları üzerinden yapılacak bir ağ yapısı analizi olan “tek bağlantı (*single linkage*) analizi” ile en önemli (çok akım olan) bağlantı tutularak belirlenebilir. Bu analize seyahat nedenleri de eklenebilecektir.

Ortaya çıkan analiz sonuçlarında çekim modeli mantığı dışında gerçekleşen sapmalar Ullman’ın kentsel ilişkilerdeki üçlemesine ilave olarak, bir kentin uzak kentler ve uluslararası ilişkilerinin (sınır aşan coğrafya ve küresel düzey) yoğun çıkmasından kaynaklanabilir. Bu durum bahse konu kentin dışsallığının çok olduğunu gösterir. Konuyu netleştirmek için; kentlerin dış ticaret verileri analiz edilebilecektir.

Çekim dışında kalan ancak ulaşım ilişkilerinde öne çıkan bir diğer husus ise, ulaşım ağı yapısı veya coğrafi konumu gereği “arada” olan kentlerdir (Neal, 2012). Limanlara hinterlant üzerinden erişilebilirlik, havaalanlarının “*hub*” özelliği, karayolu ve demiryolu ağı yoğunlaşması, kesişimleri ile bağlantı sayısı gibi ulaşım ağının yapısal özellikleri ulusal ve uluslararası düzeydeki “merkezilik – aradalık” ilişkilerin açıklanması için kullanılabilir. Şekil 4’te farklı ağ ilişkilerinin şematik örnekleri vardır.

Nüfus çekimi dışında ulaşım ilişkileri oluşturan kentleri belirlemenin bir diğer yolu ise, kentlerdeki şehirlerarası trafik ile nüfusun arasındaki olası korelasyona uymayan kentlerin tespiti ile mümkün olabilecektir. Bu kentlerin, üretim ve turizm alanındaki uzmanlaşma gibi faktörlerden kaynaklı çekim özellikleri bulunması olasıdır.



Şekil 4 Tüm Ağ İlişkileri ve Hiyerarşik Ağ İlişkileri.

## Sonuç

Ulaştırma yatırımlarının bütünsel olarak planlamasına yönelik yöntemler daha çok kent ölçeği için geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlere göre ulaşım talep tahmin modellemesi arazi kullanımı kararları ile etkileşimli olarak yapılmaktadır. Buna karşın, bölgesel ve uluslararası ilişkilerin arttığı günümüzde, daha geniş coğrafi alanların ulaşım taleplerine

yönelik yeni bir planlama metodolojisinin kavramsallaştırılması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu kapsamda, ülkenin mekansal gelişim stratejisi ve yerleşim yerleri kademelenmesi, ulusal ölçekteki ulaştırma planlaması için başlangıç noktası olabilecektir. İlave olarak, bölgesel ölçekli ulaştırma planlarında arazi kullanım kararlarıyla birlikte farklı sektörlerin bölgesel istatistikleri kullanılabilir. Türkiye’de ve diğer ülkelerde gerçekleştirilen Ulusal Ulaştırma Ana Planı çalışmaları, politika alanında bütüncül bir yaklaşım ortaya koymak için, ulaşımı etkileyen diğer sektörlerin politikalarını dikkate almaktadırlar. Bu yaklaşım, ulaşım sektörünün diğer sektörler için tamamlayıcılık özelliğine uygundur.

Türkiye’de ulusal düzeydeki ulaştırma yatırımlarına son dönemde hız verilmiştir. Geleneksel noktada, bu yatırımların farklı modları da bir arada içerecek şekilde planlanması ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Çok modlu ulaşım planlaması yaklaşımında, talep tahminleri sonucu ortaya çıkan darboğazlara yönelik farklı modlardaki ulaştırma yatırımları belirlenirken “Çok Ölçütlü Değerlendirme” yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntem içerisinde ekonomi, çevre, emniyet gibi etmenler bir arada değerlendirilerek yatırım önceliklendirmesi yapılabilmektedir. Buna karşın, kent içi ulaşım planlamasında bulunmayan farklı düzey ulaşım ilişkilerinin, bölgesel ve ulusal planlamalarda bu değerlendirme içinde erişilebilirlik temelli olarak yer alması halinde, üst ölçekteki ulaştırma yatırımların önceliklendirilmesi için önemli bir fayda sağlanabilecektir.

Kent ölçeğindeki planlamaların aksine, her düzeyin ulusal ulaşım ağına yük ve yolcu taşımacılığı ile transit geçişler açısından farklı etkileri bulunması, bölgesel ulaşım planlamasını güçleştirmektedir. Bu kapsamda yapılacak ölçeklendirme; metropoliten alan, coğrafi yakın bölge, ülke coğrafyası, sınır aşan coğrafi bölge ve küresel düzey şeklinde bir sınıflandırmayı içermelidir. Bu düzeylerin kendilerine has özellikleri mevcuttur. Metropol düzeyde her şehir, kent makroformu dışında kalan ancak hinterland alanındaki yerleşimler veya yakın komşu şehirler ile günlük iş veya eğitim amaçlı gidiş gelişlerden kaynaklı bir trafik üretimi ortaya koyabilmektedir. Coğrafi yakın bölge ise, yük taşımacılığını içeren daha çok bölgesel ekonomi temelli ilişkilerin ortaya çıktığı bir düzeydir. Bu iki düzeyin üstündeki ulaşım ilişkileri ise, graf teorisi temelinde bir ağı tanımlamasını zaruri hale getirmektedir. Ulusal düzeyde kentlerin nüfusları ve farklı sektörlerdeki uzmanlaşmaları ağdaki yük ve yolcu trafiğine etki ederken, sınır bölgelerindeki geçiş noktalarında ise yakın coğrafya ile gerçekleşen ekonomik ve sosyal ilişkilerin etkisiyle trafik artabilmektedir. Uluslararası düzey ise özellikle ticaret ve sanayi anlamındaki üretim ve tüketim olarak küresel sisteme eklenen bölgelerde yük trafiği, turizm bölgelerinde ise yolcu trafiği olarak ulaşım ağına yansımaktadır. Bazı ulaşım koridorları ve terminalleri ise Türkiye’nin transit konumu gereği küresel düzeyden ilave bir trafik daha çekmektedir.

Tüm düzeylerin özelliklerinin tanımlandığı bu şekilde bir çözümleme ile, çok-modlu ulaşım ağı üzerindeki tüm ilişkiler tespit edilebilecektir. Karayolu açısından örnek verilecek olursa, belirli bir yol bağlantısı üzerindeki yük ve yolcu araçlarından kaynaklı toplam trafik değerinin farklı düzeylerden gelen taleplere göre gruplandırılması mümkün olacaktır. Bu gruplandırmanın, planlama sürecinde belirlenen politika öncelikleri, senaryolar ve değerlendirme ölçütleriyle ilişkilendirilmesi durumunda, altyapı gelişimi için ekonomik kaynakların belirli bir çerçevede kullanımına imkân sağlanabilecektir.



## Kaynaklar

- Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (1982) 1983-1993 Ulaştırma Ana Planı, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara
- Beaverstock, J.V, Smith R.G. ve Taylor, P.J (2000) World-City Network: A New Metageography?, Annals of the Association of American Geographers 90 (1)
- Fleming, D.K. ve Hayuth, Y. (1994) Spatial characteristics of transportation hubs: centrality and intermediacy, Journal of Transport Geography, 2 (1)
- Janelle, D.G (1968) Central Place Development In a Time-Space Framework, Wiley
- Johnston, R.J. (1984) City and Society: An Outline For Urban Geography, Hutchinson, Londra
- Neal, Z.P. (2012) The Connected City – How Networks Are Shaping the Modern Metropolis, Routledge, New York
- Ortuzar, J.D. ve Willumsen, L.G. (2011) Modelling Transport, John Wiley & Sons, West Sussex, İngiltere
- Rodrigue, J.P., Comtois C. ve Slack, B. (2006) The Geography of Transport Systems, Routledge, New York
- Roso, V., Woxenius, J. ve Lumsden, K. (2009) The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland, Journal of Transport Geography 17 (5)
- Storper, M. (2013) Keys to the City: How Economics, Institutions, Social Interaction, and Politics Shape Development, Princeton University Press, ABD
- Taaffe, E.J., Gauthier, H.L. ve O’Kelly, M.E. (1996) Geography of Transportation, Prentice Hall, New Jersey
- Tekeli, İ. ve İlkin, S. (2010) Cumhuriyetin Harcı – Modernitenin Altyapısı Oluşurken, Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul



# Kentsel Planlamada Paradigma Değişiminin Bir Ürünü: "Dirençli Ulaştırma" ve İstanbul Kenti Üzerine İnceleme

Seçkin ÇİRİŞ

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul  
e-Posta: seckin.ciris@gmail.com

## Öz

Kentsel planlama, tarih boyunca içinde bulunduğu dönemin ekonomik, siyasal, beşeri sosyal, çevresel özelliklerin ve tüm bunların barındırdığı toplum üzerinde yarattığı etkilerin ışığında çeşitli değişim ve gelişmeler yaşamıştır. Bu gelişmelerin gündemde olanı, 1990'lı yılların başında kentlerin yaşadığı olumsuz durumlara "sürdürülebilir planlama" çerçevesinde kapsamlı ve çok yönlü bir çözüm arayışı görüşünün ortaya çıkması örnek olarak gösterilebilir. Karşılaşılan olumsuz koşullarda kentlerimizin nasıl bir reaksiyon vereceği tartışma konusu haline gelmiştir. İşte bu tartışmanın odak noktasında kentlerin ve içinde yaşayan bireylerin ani değişiklik, tehdit ve tehlikelerle mücadele etmesi yatıyor. Bu çerçevede, son yıllarda terminolojiye "resilient " adı altında katılan, dilimizde "esnek" veya "dirençli" olarak karşılık bulan bir kavram ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı kentsel ulaşım konusunun, dirençli kent konsepti ile entegrasyonun sağlanması için gerekenlerin belirlenmesi ve bu entegrasyonun ne yollarla olacağını detaylı biçimde işlenmesinden oluşur. Çalışmanın kapsamına dahil olan en önemli konulardan biri ise dirençli ve esnek ulaştırma konseptinin kentsel ulaşım sistemleri ile koordineli bir şekilde çalışması, bunun bir bütün olarak kente yansıtılması ve uygulanabilmesi için gereken politikalar ve senaryoların belirlenmesi ve okuyucuya sunulmasıdır. Bunun yanı sıra oluşturulacak politikaların farklı disiplinlerle(sosyal bilimler, iktisadi bilimler vs.) entegre şekilde çalışma prensiplerinin belirlenmesi, makro ve mikro ölçekte kentsel planlamaya dahil edilmesi de detaylandırılacak konular arasındadır. Son olarak ise; İstanbul kenti üzerinde, kentsel ulaşım kapsamında mevcutta var olan potansiyellerin, olanakların analiz edilmesi ve "resilient" başlığı altında yeniden kurgulanabilecek duruma getirilmesi; politikaların, senaryoların ve çözüm alternatiflerinin oluşturulmasına yer verilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Urban Resilience, Risk Yönetimi, Sürdürülebilir Kalkınma,

## Giriş

Üzerinde yaşadığımız dünyanın geleceği konusunda yürütülen araştırma sonuçların olumlu olmadığı genel çerçevede çoğumuz tarafından bilinmektedir. Son yıllarda bu konu hakkında politikalar oluşturulmakta, senaryolar üretilmekte ve kapsamlı bir çözüm arayışına gidilmektedir. Bu noktada en çok üzerinde durulması gereken unsurlardan birisi kentlerdir. Dünya Bankası'nın verilerine göre günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamakta, kentsel alanlar her geçen gün büyümekte ve gelişmektedir. Bu durumun en önemli sebeplerinden birisi kentlerin içinde barındırdığı ve topluma sunduğu imkânların kırsal yerleşimlere göre çok daha fazla olmasıdır. Nüfusun kentsel alanlarda yoğunlaşması, kentlerin olası küresel tehditlere ve ani değişimlere karşı mücadele gücünün azalmasına ve daha savunmasız bir hale gelmesine ortam hazırlamaktadır.

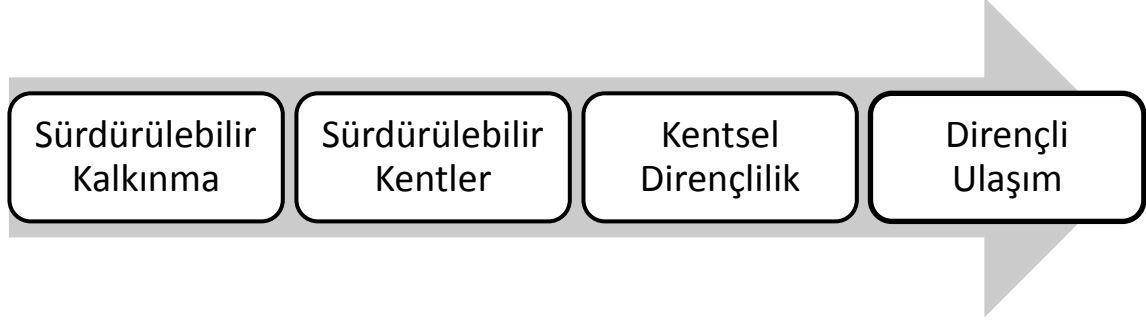
Bu duruma örnek olarak 1800'lü yılların ilk yarısında İngiltere'de Sanayi İnkılabı'nın etkisinde oluşmaya ve örgütlenmeye başlayan sanayi kentleri gösterilebilir. Üretim araçlarının el değiştirmesi ile birlikte, insan gücüne duyulan ihtiyacın azalması, üretimin makineler aracılığıyla ve seri olarak yapılması kırsal yerleşmelerde yaşayan nüfusu kentlere doğru yönlentmiştir. Kentsel planlama çerçevesinde bir "paradigma değişimi" olarak kabul edilen bu durum, nüfusun kentlere doğru başka bir deyişle üretim alanlarına doğru yönelmesine ve kentlerde nüfusun yığılmasına neden olmuştur. Bu gelişme sonucunda sanayi kentlerinde salgın hastalıklar, hava kirliliği ve düzensiz yerleşme gibi kitlesel tehditlerle karşı karşıya gelmiştir.

Bu tarihten itibaren günümüze kadar olan süreçte kent nüfusu hızla artmaya, gerek kent içerisinde gerekse kent çeperlerinde yerleşme alanları oluşmaya ve yayılmaya başlamıştır. Kentlerdeki hızlı nüfus artışının olumsuz etkisi, küresel alanda ortaya çıkan tehditlerle ( küresel ısınma, doğal afetler, ekonomik kriz vs.) birlikte düşünüldüğünde kent üzerinde yürütülen çalışmalar ve politikalarda önemli yenilemeler ve gelişmeler yapılması gerektiğini gündeme getirmiştir. 1900'lü yılların ikinci yarısında yeni bir paradigma değişimi olarak kabul gören "sürdürülebilir gelişme" adı altında ekonomik, çevresel ve sosyal çerçevede eşgüdümün sağlanarak sürekli ve dengeli bir gelişmeyi amaçlayan bir anlayış ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir gelişme ile ilgili temel tartışma ise mekân çerçevesinde gelişmektedir. Çevresel taşıma kapasitesi, çevre sermayesi, çevresel ve sosyal maliyet vb. gibi kavramlar belli bir kültüre sahip olan mekânla ilgili oldukları zaman daha da anlam kazanmaktadır (Karakurt Tosun,2009). Sürdürülebilir gelişmenin ve kalkınmanın sağlanabilmesi için en önemli odak nokta kenttir. Çünkü kentler gelişmenin ve ilerlemenin sağlanabilmesi için gerekli birçok dinamikleri içinde barındırır. Bu dinamiklerin uzun vadede etkin bir şekilde değerlendirilebilmesi için dirençli bir sistemin oluşturulmasıyla mümkündür. Oluşturulacak bu sistemin bütününe kentsel dirençlilik; sistemin uygulandığı kentlere ise dirençli kentler denir.

Tanım olarak ise dirençli kent; fiziksel, çevresel, sosyal ve ekonomik çerçevede kentlerin karşılaşılabileceği her türlü tehlike, tehdit ve olumsuz durumlarla(doğal afetler, yüksek enflasyon vs.) kenti oluşturan birçok dinamiklerin, aktörlerin koordineli ve kapsamlı bir şekilde mücadele etmesinin sağlanmasıdır.

## Dirençli Ulaştırma Kavramı ve Temel Prensipleri

Dirençli ulaştırma, giriş bölümünde anlatıldığı gibi 1990'lı yıllarda kentsel planlamada değişen paradigmanın bir ürünü olarak ortaya çıkmış bir kavramdır. Tanım olarak ise özetle kentlerin, yaşanabilecek her türlü olumsuz durumlara karşı savunma mekanizmasının oluşturulabilmesi ve adapte olabilmesi(esneklik) amacıyla ulaştırma planlaması çerçevesinde yapılacak kapsamlı mekânsal, fiziki, ekonomik ve sosyal çalışmalar bütünüdür.



Şekil 1 Dirençli Ulaştırma Kavramının Ortaya Çıkış Süreci.

Dirençli ulaştırma kavramının temel prensipleri 4 temel başlık altında incelenebilir:

- **Politika ve ekonomi alanında paydaşların görev ve sorumluluklarının küresel platformda belirlenmesi**

Dayanıklı ulaştırma planlaması çerçevesinde yapılacak her türlü bölgesel ve kentsel ölçekteki yatırımların ve afet durumlarına karşı alınacak önlemlerin kaynak temini, bu kaynakların verimli kullanımı ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için yerel ve uluslararası platformda koordinasyonun sağlanması gerekir. Zarar azaltma amacına hizmet eden devlet kurumlarının ve yerel yönetimlerin gerek öz kaynakları, gerekse Dünya Bankası gibi uluslararası destek kaynakları ile afet ve acil durumlara hazırlık yaptıkları ve kentsel alanlarda riskleri azaltmaya yönelik çalışmalar yaptıkları görülmektedir (İPKB,2014)

- **Kentin makro ve mikro ölçekte yapılan stratejik, mekânsal ve ulaşım ana planlarına entegrasyonunun sağlanması**

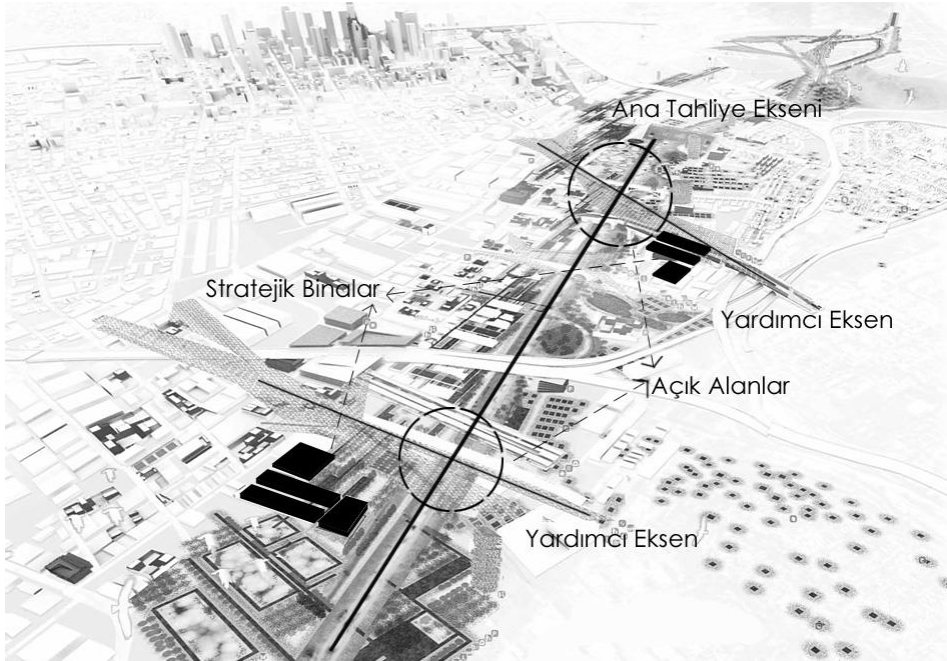
Kentsel alanların mekânsal planları hazırlanmadan önce, bu alanları kapsayan makro ölçekte stratejik kalkınma planlarının hazırlanması, bu alana ilişkin üst ölçekte temel kararların, politikaların ve müdahale biçimlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Giriş bölümünde anlatılan, değişen paradigmanın bir ürünü olarak kabul edilen "sürdürülebilir gelişme" beraberinde sürdürülebilir kent konseptini getirmiştir. Bu konseptin temel prensiplerinden olan dirençlilik, kentsel alanların planlanmasında göz önünde bulundurulması gereken yeni bir parametre olarak kabul görmeye başlamıştır. Dirençlilik esası göz önünde bulundurulduğunda kentsel elemanlar içerisinde 3 unsur önemli hale gelmiştir:

- Stratejik öneme sahip kentsel yapı ve kullanımlar
- Açık alanlar
- Erişim ağı

Yukarıda belirtilen bu 3 unsur kendi içerisinde ayrı bir önem arz etmekte iken erişilebilirlik diğerlerinden farklı bir öneme sahiptir. Kentsel kullanımlar ve açık alanların birbirleriyle koordineli ve bir bütün içerisinde çalışması sağlanmalıdır. Bu koordinasyonu sağlamak için de birbirleri arasında kapsamlı bir erişim ağı oluşturulması gerekir. Bu durumda bu 3 unsur arasında bir sistem kurulmuş olacak ve bu elemanların birlikte çalışması sağlanacaktır.

Ayrıca erişim ağının kentsel fonksiyonların birlikte çalışmasını sağlamasının yanında, afet anında toplanma alanı görevinde olan alanları kentin yerleşimden ve riskten uzak bölgelerine kolay ve güvenli bir şekilde tahliyesini sağlamalıdır. Bunun sağlanması için kentin planlanan arazi kullanımı üzerinden önemli tahliye eksenleri belirlenmelidir. Bu noktada kentin ulaşım ana planı hazırlanırken ana omurgayı belirleyici unsur olarak tahliye eksenleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu koridorların belirlenmesi çeşitli deneyler ve düzenlemeler vasıtasıyla önceden tanımlanmış yol ağı üzerinden yapılmalıdır. Yalnızca talep odaklı ya da yolun yapısal özelliklerine (genişlik, yapı kalitesi vs.) bağlı kalınmamalıdır. Eksenler birbiri içerisinde belirli bir hiyerarşiye uygun olarak düzenlenmeli ve kent bütününde sürekliliği sağlanmalıdır. Ana tahliye koridorları taşıma kapasitesi yüksek olduğundan ana toplanma alanlarını birbirine bağlamalıdır ve yardımcı eksenlerle belirli noktalarda beslenmelidir. Bu sistemin sağlanması kent bütününe etkin bir şekilde hizmet alması açısından önemlidir.



Şekil 2 Dirençli Ulaştırma Kavramı Çerçevesinde Kentsel Elemanlar.

Bunun yanı sıra belirlenen eksenlerin tasarımı, afet anında tehdit oluşturabilecek unsurlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Örneğin yapı yaklaşma sınırının artırılması, elektrik doğalgaz ve su hatlarının bu eksenlerden daha uzak alanlardan geçirilmesi, eğer taşıt yoluna elverişli bir koridora altyapı şartlarının güçlendirilmesi, eksen üzerinde enkaz tehdidi oluşturabilecek sanat yapılarının denetlenmesi gibi düzenlemeler yapılmalıdır. Aynı zamanda güçlü bir erişim ağının kurulması yalnızca insanların kolay tahliyesi açısından değil afet durumunda hayati öneme sahip gıda maddelerinin, sağlık malzemelerinin stratejik alanlara taşınması açısından da önemlidir.

- **Kurumsal anlamda işbirliğinin sağlanarak toplumun bu konuda bilinçlendirilmesi, farkındalık yaratılması ve katılımcılığın sağlanması**

Afete karşı hazırlıklı olmak, sadece afet anında yapılması gerekenleri kapsamaz. Toplumun olası bir afet riskine karşı önceden, her anlamda hazırlıklı olması gerekmektedir. Bu noktada devlet ve sivil toplum örgütleri, afete karşı hazırlıklı olunması konusunda toplumun bilinçlendirilmesinde büyük bir role sahiptir. Öncelikle afet riskinin tanımlanması konusunda toplumun her kesimi bilgilendirilmelidir. Okullarda, kamu kurumlarında ve halka açık alanlarda düzenlenen etkinlikler, tatbikatlar sayesinde toplum üzerinde farkındalık sağlanması gerekmektedir. Ayrıca bu etkinlikler sayesinde katılımcılığın sağlanması vatandaş ile sivil toplum örgütleri arasındaki organizasyon ve koordinasyonu güçlendirmektedir. Bu sayede afet durumuna karşı teknik kapasitenin yanı sıra kurumsal kapasitenin artırılması sağlanmaktadır.

Bunun yanı sıra farklı meslek gruplarında çalışanlarına afet ve katılımcı planlama konularında eğitimler verilmesi de kurumsal alanda işbirliğinin sağlanması açısından önemlidir. Birlikte fikir üretme yaklaşımı ile farklı meslek gruplarından bir araya gelmiş kişiler, ortak bir noktada ve ortak bir faydada buluşturulması hedeflenebilir.

- **Çağdaş ve teknolojik yöntemleri içeren, esnek, dirençli ve dayanıklı bir fiziksel altyapının sağlanması**

Fiziksel altyapının sağlanması için kullanılacak yöntemler kentin geçmişte maruz kaldığı ve gelecekte karşılaşılabilecek olası tehditlere, kentin iklim şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak ortak platformda ulaşım alanında yapılacak altyapı yatırımları, kentin mevcut altyapısına etkin bir şekilde entegre edilmeli ve olası risklerin olumsuz etkilerini minimize edecek düzeyde olmalıdır. Bu noktada altyapı düzenlemelerinde teknolojik yöntemlerin kullanılması uzun vadede ekonomik açıdan daha verimli, fiziki açıdan ise daha dayanıklı olması anlamı taşır. Aynı zamanda kaynakların verimli kullanılması da orta ve uzun vadede daha çok fayda elde edilmesi açısından önemlidir (Cities, 1. R.,2016). Dünya üzerinde yapılan altyapı çalışmaları büyük çoğunlukla yüksek yağış oranı, sel riski ve deniz seviyesindeki artışın neden olduğu senaryolar üzerinde yoğunlaşmaktadır (Ebinger;Vandycke,2015) Düzenlemelere örnek olarak;

- Kaçak yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerdeki bağlantı yollarına, sel riskine ve diğer güvenlik önlemlerine özen göstererek bölgeyi iyileştirilmesi,
- Doğal önlemlerin yetersiz kaldığı alanlarda dere ıslah çalışmalarının, güçlendirilmiş altyapı uygulamalarının, heyelan önleme bentlerinin yapılması (İPKB,2014)
- Tahliye ekseni olarak belirlenen alanlarda karayolu ve yaya yolu düzenlemelerinin yapılması ve iyileştirilmesi,
- Özellikle sel riski olan alanlarda drenaj sistemlerinin kapasitelerinin artırılması,

## **İstanbul Kentinin Dirençli Ulaştırma Çerçevesinde İncelenmesi**

İstanbul, Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan, kuzeyinde Karadeniz, güneyinde ise Marmara Denizi ile çevrelenmiş; ekonomik ve sosyo-kültürel açıdan en gelişmiş ve Türkiye'nin en kalabalık şehridir. Bu jeopolitik konumu itibarıyla de önemli fay hatlarının üzerinde bulunmaktadır. Kentin tanımında verilen bilgiler ile (denizlerle çevrelenmesi, nüfusun yüksek olması), deprem ve sel riskinin bulunma durumu birlikte

düşünüldüğünde İstanbul için risk faktörlerinin sayısı diğer illerle kıyaslandığında daha fazladır. Buna bağlı olarak da stratejilerin belirlenmesi, müdahale yöntemlerinin oluşturulması ve uygulanması kapsamlı bir çerçevede ve koordineli bir şekilde yürütülmelidir. Çalışmanın bu bölümünde Türkiye'de en çok deprem riskine sahip illerden birisi olan İstanbul, afet yönetimi ve dirençli ulaştırmanın afet yönetimi sürecine entegre edilmesi çerçevesinde bazı yöntem ve ilkeler belirlenip genel hatlarıyla incelenecektir.

## **Araştırmanın Yöntem ve İlkeleri**

### *Risk Faktörlerinin ve Problemlerin Belirlenmesi*

Risk unsurlarının belirlenmesinden önce, risk unsuru oluşmasına neden olan durumların tanımlanması gerekmektedir. Bu durumlardan bazıları;

- Kenti iki yakaya bölen bir boğazın varlığı bu iki yaka arasında erişimin sağlanması amacıyla önemli ulaşım projeleri yapılması ihtiyacını doğurmaktadır.
- Kentin makro formu büyük ölçüde doğu-batı ekseninde bir gelişme gösterdiği için kitlesel taşımacılıkta raylı sistemlere bağlılık oluşturmaktadır.
- Özellikle kentin merkez alanlarında tarihi bir kent dokusunun bulunması ve buna bağlı olarak altyapının yetersizliği kentsel ulaşım hizmetlerinin sağlanmasında eksikliklere neden olmaktadır.

Bu 3 temel durumlardan yola çıkarak, bu durumların neden olduğu risk faktörleri belirlenebilir. Bu risk faktörleri altyapı kapsamında karayolu, demiryolu ve metro hatları; liman ve iskeleler; köprü, viyadük ve tüp geçitler; olarak sıralanabilir. Kentsel planlama kapsamında ise fazla nüfusun ve kentleşmenin bir etkisi olarak açık alanların yetersizliği; önemli ulaşım projelerinin özel araç kullanımı teşvik edici bir etkide bulunması ve bu durumun hem mekana hem de çevreye olan etkisi; kent merkezinde dar sokakların bulunması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan erişim problemi olarak sıralanabilir.

### *Potansiyellerin Tespiti ve Ulaşım Altyapısının Geliştirilmesine Yönelik İlkeler*

Kentin potansiyellerine, ana ulaşım eksenlerinin (TEM Otoyolu, D-100) olası afet durumunda önemli taşıyıcı eksen olarak değerlendirilmesi; alternatif ulaşım modu olarak kent içi deniz ulaşımının yaygın olması, meslek odalarının yürütmekte olduğu çalışmalar ve etkinliklerin varlığı, farklı ulaşım modları arasında geçişe olanak sağlayan transfer noktalarının varlığı (Zincirlikuyu, Beşiktaş, Yenikapı), metrobüs hattının risk durumlarında alternatif olarak değerlendirilmesi gibi örnekler verilebilir. Kent içi büyük yeşil alanların (parklar, korular, ormanlar) varlığı afet anında birincil toplanma bölgesi görevindedir. Bunun yanı sıra kıyı alanları, limanlar ve havaalanları kent için önemli geniş alanlardır.

Yukarıda bahsi geçen potansiyellerin verimli bir şekilde değerlendirilmesi için bazı altyapı düzenlemelerinin yapılması gerekmektedir. Bu düzenlemelere örnek olarak;

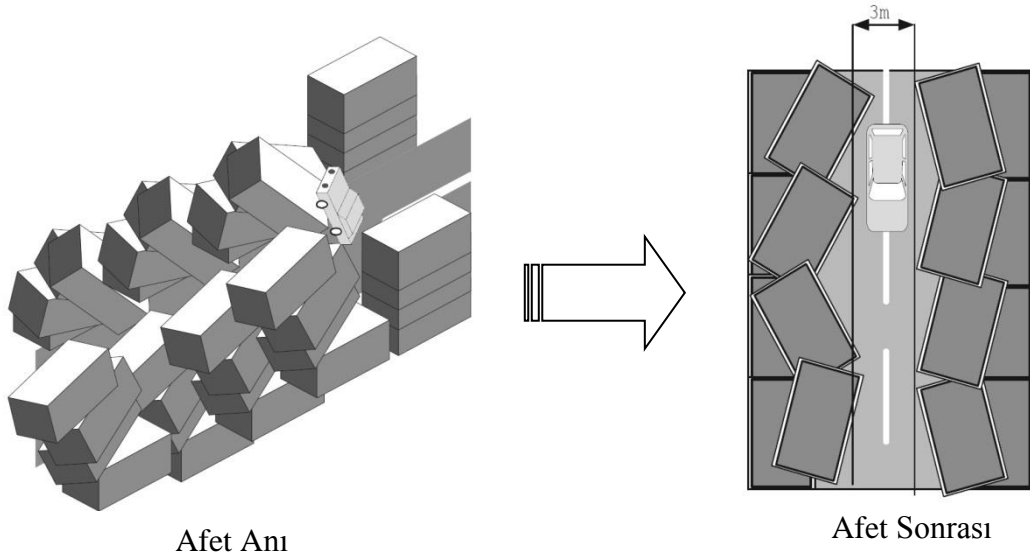
- Ana ve yardımcı eksenler arasında belirlenecek acil durum yol ağına etki edecek tehlike unsurları ortadan kaldırılmalıdır. Acil durum yol ağı, acil tıbbi hizmetlerin ulaşımına, kurtarma faaliyetlerine ve yardım malzemelerinin belirlenen önemli alanlara (hastane, yönetim merkezi) ulaştırılmasına hizmet edeceğinden öncelikli bir yol ağıdır (İUAP, 2011).



- Afet anında ve sonrası için trafik akımının planlanması yapılmalıdır. Bu planlamanın kapsamında acil durumda ambulans, itfaiye gibi araçların güzergah planlaması, yardımcı eksenlerden ana kaçış koridorlarına olan bağlantıların düzenlenmesi bulunmaktadır.
- Demir yolu, liman ve havaalanlarının afet anından sonra da hizmet verebilmeleri için bu alanlara özel stratejik planlar geliştirilmelidir. Deprem felaketinden sonra, bu alanlar deniz aşırı ülkelerden rahatça yardım malzemelerinin kabulü ve bu malzemelerin felaketten etkilenen bölgelere ulaştırılması konusunda ve yardım malzemelerinin, enkaz veya atıkların geçici olarak depolanması konusunda önemli rol oynarlar (İUAP,2011).

### *Çökme Sebebiyle Olumsuz Etkilenecek Yolların Belirlenmesi ve Çözüm Üretilmesi*

Yol ağının afet durumundan sonra da işlevini yerine getirmesi gereklidir. Bu durum hem otobüs, metrobüs gibi karayolu altyapısını kullanan toplu taşıma araçları için hem de özel araçlar için geçerlidir. Buna ek olarak acil durum araçlarının afet anında ve sonrasında işlevlerini yerine getirebilmesi için yol ağının çeşitli nedenlerden dolayı kapanmasının önlenmesi gereklidir. Bu nedenle, acil durumlarda yolların işlevinin hangi dereceye kadar güvenceye alınabileceğini detaylı olarak hesaplamak ve hesaplamaların sonucuna göre yolların ve kentsel alanların gelecekteki düzenlemeleri için bir plan yapılması arzu edilir (JCA;İBB,2002). Öncelikle yapılması gereken; çalışma alanlarının belirlenip, bu alanlardaki mevcut karayolu ağı şemasının yolun fiziksel özelliklerine göre kademelendirilmiş bir şekilde ortaya çıkarılmasıdır. Sonrasında ise bu yollar üzerinde bulunan ve en önemli tehdit unsuru olan binaların yapısı ve yıkılma olasılıkları değerlendirilmelidir. Gerekli düzenlemeler öncelikle mevcut yapılaşmış konut alanlarında sonrasında yeni yapılaşmaya açılmış alanlarda yapılmalıdır.

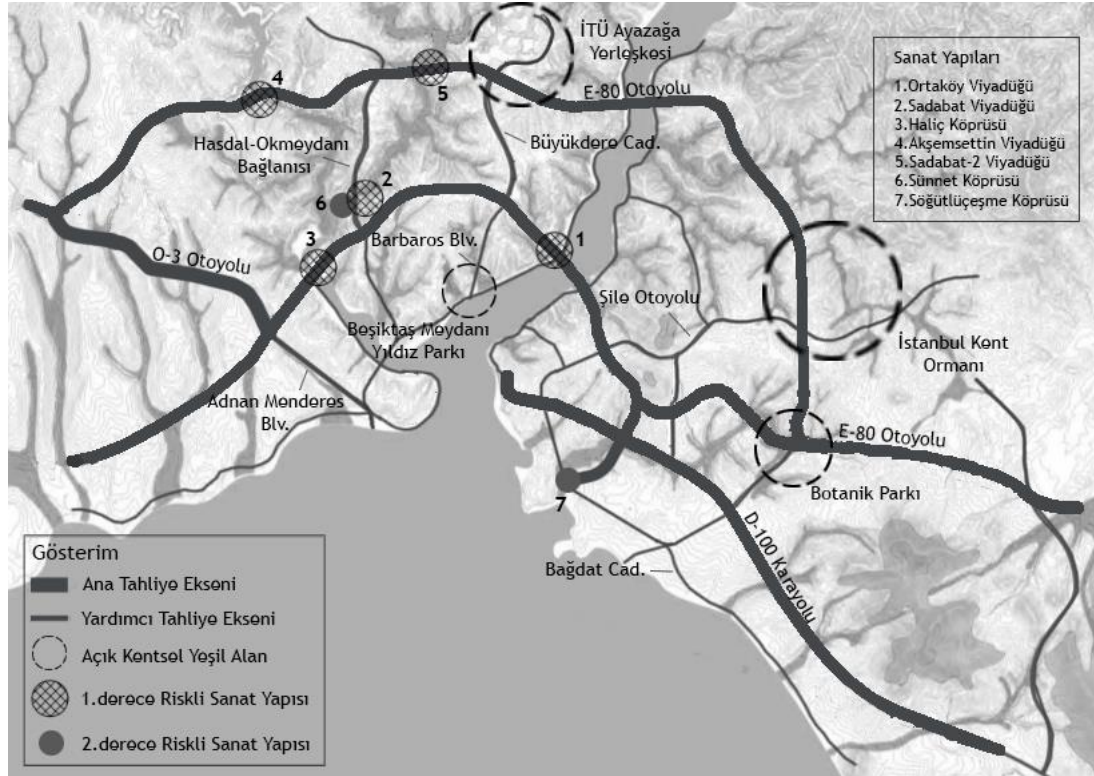


Şekil 3 Çöken Yapıların Olumsuz Etkisi ve Önlem Alındıktan Sonraki Durum .

(Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışması'ndan alınmıştır)

### Köprü ve Viyadükler Üzerindeki Etkinin İncelenmesi

İstanbul kenti gerek mevcut ulaşım altyapısının getirdiği özelliklerden gerekse topoğrafik özelliklerinden ötürü çeşitli sanat yapılarına ihtiyaç duyar. Afet dirençliliği çerçevesinde değerlendirildiğinde bu yapıların en önemlileri köprü ve viyadüklerdir. Bu yapılar ulaşım ağının önemli elemanlarıdır. Bu durumun altında yatan en önemli sebep ise stratejik noktaları birbirine bağlayan ana eksenler üzerinde bulunmalarıdır. Ana eksenler, afet anında ve sonrasında insanların afet bölgesinden tahliyesinin sağlanması, acil kurtarma araçlarının akışının sağlanması ve her türlü kentsel faaliyetlerin devamlılığı konusunda büyük öneme sahiptir. Bu ana eksenlerin bir elemanı olan köprü ve viyadüklerle ilgili özel koruma ve iyileştirme çalışmaları yapılması gerekmektedir. Çünkü köprü ve viyadüklerin depremde zarar görme olasılıkları yüksektir. Köprü yapısındaki tahribat ulaştırma sistemi içerisinde kendi başına bir nokta gibi görünse de sistemin fonksiyonunu sürdürmemesi sonucunu doğurabilir (JCA;İBB,2002). İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Japon Uluslararası İşbirliği Ofisi'nin hazırladığı afet önleme çalışma raporunda risk altında olan köprü ve viyadükler 1.ve 2.derece riskli yapı olarak sınıflandırılmıştır. Bu yapıların bazıları Şekil 4'te belirtilmiştir.



Şekil 4 Yol Ağı Kademelenmesi, Açık Yeşil Alanlar ve Riskli Sanat Yapıları .

### Ulaşım Ağının Kademelenmesi ve Açık Alanlarla Entegrasyonunun Sağlanması

Bu başlık altında geliştirilecek stratejiler belirli bir alana hitap etmesinin yanı sıra kentin bütününe de kapsayabilir. Önemli olan nokta ise bir önceki evrede belirlenen potansiyellerin etkili bir şekilde değerlendirilip, risk faktörlerini mümkün olduğunca en aza indirmek ve problemlere çözüm olma amacı taşınmalıdır. İstanbul kenti özelinde düşünülürse, stratejik yapıların geliştirilmesi, açık alanların kalitesinin ve sayısının

artırılması, etkili bir erişim ağının kurulması belirlenecek çözüm senaryolu için başlangıç noktası niteliğindedir. Çünkü bu 3 elamanın hem kendi içerisinde hem de kendi aralarında koordinasyonun sağlanması bir sonraki evrede yapılacak olan müdahalelerin daha sağlıklı, daha etkili ve daha dirençli yani uzun vadeli olmasına ortam sağlar. Bu senaryolara örnek olarak;

- Kentin ulaşım ana planı hazırlanırken belirlenecek ya da mevcutta var olan ana ulaşım eksenlerinin(D-100, TEM Otoyolu, Avrupa Otoyolu) afet durumunda etkili bir şekilde hizmet verebilecek şekilde düzenlenmesi(bkz. Şekil.4).
- Ana ulaşım eksenlerine önemli ve belirli noktalarda entegre olan yardımcı ve toplayıcı eksen niteliğindeki ulaşım koridorları belirlenmelidir.(Barbaros Bulvarı, Büyükdere Caddesi, Şile Otoyolu, Bağdat Caddesi gibi)
- Açık alanlar kapsamına dahil olan meydanlar, parklar, üniversite yerleşkeleri, askeri alanlar ve koruların kendi içerisinde hiyerarşik bir sisteminin sağlanması ve bunların kurulacak olan erişim ağı ile bütünleşik bir şekilde çalışmasını ve etkili bir hizmet almasının sağlanması.(Haliç ve Kağıthane Deresi üzerindeki yeşil alanlar, İTÜ Ayazağa yerleşkesi, İstanbul Kent Ormanı, Otağtepe, Beşiktaş Meydanı gibi)
- Özellikli tarihi kent dokusunun içerisinde erişim ağının güçlendirilmesi için çalışmaların yapılması ( Eminönü, Fatih, Balat, Beyazıt gibi)

## Sonuç

Geçmişten bu yana kentler içinde bulunduğu coğrafyanın ve o coğrafyanın barındırdığı insan topluluklarının belirli bir amaç için bir araya gelmesiyle oluşmuş; zaman içerisinde insanların ihtiyaçlarına ve sahip oldukları ekonomik, sosyal, fiziksel koşullara göre şekillenmiştir. Bu noktada göz ardı edilmemesi gereken, bütün bunların bir süreç içerisinde, birbirini tamamlayan olaylar örgüsünde ve nedensellik çerçevesinde geliştiğidir. Bu gelişim yüzyıllar boyunca sürmüş ve yaşanan önemli olaylar sonucunda farklı bakış açıları geliştirilerek bu gelişime bir başka deyişle kentsel planlama sürecine yeni boyutlar, kavramlar ve elemanlar kazandırmıştır. Günümüzde bu sürecin bir ürünü olarak ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma yeni kavramları da beraberinde getirmiştir. Bu kavramların arasından kentlerimizi en çok ilgilendirenlerden birisi kentsel dirençliliktir. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması kentleri oluşturan dinamiklerle mümkündür. Bu dinamiklerin uzun vadede etkili olarak değerlendirilmesi için de kentsel dirençlilik esastır. "Dirençli ve esnek ulaştırma" da bu noktada kentsel dirençliliğin bir gereği ve bir elemanı olarak ortaya çıkmıştır.

Bu kavram özetle dirençli kent prensiplerinin kentsel ulaşım perspektifinde değerlendirilmesi ve uygulanmasıdır. Kentsel ulaşım politikalarının dirençlilik esasına göre yorumlanması ve düzenlenmesi, farklı ölçeklerde gerek kentin bir bölümünü gerekse kent bütününe kapsamı, katılımcı bir planlama anlayışını barındırması, kentin dinamikleriyle etkileşimli bir şekilde çalışması bu kavramın en önemli özelliklerindedir.

Geçmişte deprem, sel gibi doğal afetlere maruz kalmış, günümüzde ve gelecekte tehdit altında olan ülkemiz dirençli kent konseptinin benimsenmesi için önemli adımlar atmalıdır. 1999 depreminden günümüze kadar olan süreçte özellikle İstanbul kentinde afet yönetimi kapsamında yapı ve alan ölçeğinde toplanma noktalarının, konteynir alanlarının belirlenmesi gibi çeşitli arayışlara ve denemelere başlanmıştır. Bu arayışlar,

sadece mekân özelinde değil ulaşım, altyapı, sosyal ve yönetsel alanlarda denetim ve uygulama mekanizmasının sağlanmasıyla bir bütün haline gelmiş olacaktır. Örneğin, belirlenen acil toplanma noktalarının çalışmada anlatılan ana ve yardımcı tahliye eksenleri, kaçış koridorları gibi elemanlarla entegre bir şekilde çalışması sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra vatandaşlara, bu düzenlemeler hakkında gerekli bilgilendirmenin yapılması da düzenlemelerin bir bütün halinde işleyişini sağlayacaktır.

Bu çalışma, bahsi geçen farklı disiplinler arası koordinasyonun sağlanması konusunda yapılabilecek çalışmaları bir öneri niteliğinde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Konu, İstanbul kenti özelinde değerlendirildiğinde çıkarılacak en önemli sonuç ise kentin, savunma mekanizması oluşturulmasında önemli potansiyelleri içinde barındırmaktadır. Ancak afet riski, nüfus fazlalığı, tarihi dokunun yapılacak olası müdahaleleri kısıtlaması, özel araç kullanımının yüksek olması gibi unsurlar potansiyellerin verimli ve etkili bir şekilde kullanımını zorlaştırır niteliktedir.

## Kaynaklar

- Cities, 1. R. (2016). *Resilience in Action: Early Insights Into How Cities Are Institutionalizing Resilience* .
- Deniz Gerçek, i. T. (2016). Kentsel Dirençliliğin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analizi: Deprem ve İzmit Kenti. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 51-64.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2011). *İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı*. İstanbul
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi(İBB), Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı(JCA).(2002). *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması*.
- İstanbul Proje Koordinasyon Birimi. (2014). *Afete Dirençli Şehir Planlama ve Yapılaşma*. İstanbul.
- Jane Olga Ebinger, N. V. (2015). Moving Toward Climate-Resilient Transport : The World Bank's Experience from Building Adaptation into Programs. *World Bank Group*.
- Tosun, E. K. (2009). Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkisi. *Paradoks*.

# Ulaşım Planlaması Bağlamında Erişilebilirlik ve Talep Modelindeki Yeri

**Mustafa Özuysal, Görkem Gülhan**

Yrd.Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir  
Tel.: (0232) 301 70 76  
E-Posta: mustafa.ozuysal@deu.edu.tr

Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi,  
Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kınıklı Kampüsü, Denizli  
Tel.: (0258) 296 34 36  
E-Posta: ggulhan@pau.edu.tr

## Öz

Bu çalışmada, ulaşım sistemi performans ölçütü olarak erişilebilirlik yaklaşımının tanım ve misyonu, diğer yaklaşımlara göre sağladığı avantajlar ortaya konmuş; erişilebilirliğe etki eden faktörler ve bunlara dayalı bir planlama politikasının ülkemizde uygulanabilirliği irdelenmiştir. Sonuç olarak, erişilebilirlik yönetimi esaslı bir ulaşım planlama politikasının, Türkiye'nin büyük kentlerinin 21. yüzyıla taşınmasındaki önemi görülmüştür. Temeli kapasite ve hareketlilik artırımına dayanan mevcut ulaşım planlama politikasının, günümüz şartlarında kalıcı ve ekonomik çözümler getirmeye elverişli olmadığı kanısına varılmıştır. Bu çalışma neticesinde varılan noktada, erişilebilirliğin bir planlama ölçütü olarak genel kabulünün sağlanması için, erişilebilirlik tespit ve geliştirme yöntemlerinin, ulaşım plancıları ve diğer ilgili birimler tarafından ortak bir bakış açısı haline getirilmesi gereği ortaya çıkmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Erişilebilirlik, Ulaşım Planlaması, Toplu Taşıma, Arazi Kullanım

## Giriş

Tüm pozitif bilimlerde olduğu gibi, ulaştırma biliminde de boyutları tespit edilemeyen bir problemin yorumlanıp çözülmesi mümkün değildir. Bu açıdan, ulaşım sisteminin performansının doğru şekilde ölçülmesi, ulaşım sorunlarının çözümü için takip edilmesi gereken politikanın belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Bir problemin boyutlarının ölçülmesinde, ele alınan kıyaslama kriterinin ne olduğu, bunun nasıl ölçüldüğü ve elde edilen verilerin ne gibi bir işleme tabi tutulduğu, problemin tanımlanmasını ve seçilecek çözüm yolunu etkilemektedir. Özellikle ulaşım gibi insan ve çevre koşullarının büyük rol oynadığı sorunlarda özel bir çözüm, bir bakış açısı için en iyi çözüm olarak görülebileceği gibi, farklı bir performans ölçütünü ele alan başka bir bakış açısı için anlamsız bir çözüm olarak da değerlendirilebilir.

Birçok değişkenin etkisiyle ortaya çıkan ulaşım sorunları analiz edilirken, çoğu zaman tek bir performans ölçütü yeterli olmamakta; bir yaklaşım biçimi oluşturan ölçütler topluluğuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada; çeşitli bakış açıları üzerinde durulmuş; özellikle erişilebilirlik yönetimi ve uygulamaları incelenmeye çalışılmıştır.

## **Ulaşım Sistemi Performans Ölçütleri**

Ulaşım sistemi performans ölçütleri teker teker ele alındığında, sistemin geneli hakkında sağlıklı bir fikir elde edilmesi mümkün değildir. Trafik sayımları, hizmet seviyesi, yolcu başına düşen seyahat istatistikleri, genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri, gecikmeler, kaza istatistikleri ve benzeri birçok ulaşım sistemi performans ölçütünü üç temel bakış açısı altında gruplandırılabilir (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003a):

- Trafik bakış açısı
- Hareketlilik bakış açısı
- Erişilebilirlik bakış açısı

### **Trafik Bakış Açısına Göre Ulaşım Sistemi Performansı**

Trafik bakış açısına göre ulaşım faaliyetlerinin temelini araçların hareketi oluşturmaktadır. Bu yaklaşıma göre ulaşım sisteminin idealizasyonu, araç başına seyahat miktarının ve hızın artması ile mümkündür. Bu yaklaşımda, ulaşım sistemi kullanıcısı öncelikli olarak motorlu araç sürücüleridir. Ayrıca ticari iletim kapsamına giren yolcular da kullanıcı olarak öngörülür. Sürücü olmayan yolcular, yayalar ve ulaşım ağı çevresinde ikamet eden fakat otomobil kullanıcısı olmayan elemanlar, ulaşım sistemi kullanıcısı olarak ilk planda dikkate alınmazlar (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003a). Ulaşım türü olarak otomobil seyahatleri ön plandadır. Yaya hareketleri daha çok, otomobil kullanıcılarının park etme olanaklarına ulaşım için kullandıkları ikincil bir tür olarak değerlendirilir.

Bu açığa göre arazi kullanımı, bir karayoluna ve/veya park etme olanaklarına yakınlık ile derecelendirilir. Şehir merkezi olan bölgeler trafik tıkanıklığı ve pahalı park olanakları sebebiyle arazi kullanımı açısından uygun yerler olarak nitelendirilmez (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003a). Bu yaklaşımda ulaşım problemleri; özellikle otomobil sürücülerine yansıyan maliyetler, sınırlamalar ve riskler çerçevesinde tanımlanır. Ulaşım problemlerine çözüm getirme yaklaşımı olarak; yol ve park kapasitelerinin artırılması, trafik hızının yükseltilmesi, sürücü olanaklarının geliştirilmesi ve otomobil sahipliğinin yaygınlaştırılması ön plandadır. Performans ölçütü olarak trafik sayımları ve istatistikleri ön plandadır. Trafik hacimleri, ortalama seyahat hızları, hizmet seviyeleri, tıkanıklıklardan kaynaklanan gecikmeler, park istatistikleri, araç sahibi olma ve işletme maliyetleri ile kaza istatistikleri bu yaklaşımda en çok başvurulan rakamsal ölçütlerdir.

### **Hareketlilik Bakış Açısına Göre Ulaşım Sistemi Performansı**

Hareketlilik yaklaşımına göre ulaşım faaliyetlerinin esası insanların ve eşyanın hareketi olarak tanımlanmaktadır. Yolculuk, yolcu-kilometre veya ton-kilometre olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşım için birim başına düşen seyahat miktarının yükselmesi esas faydadır. Bu açığa göre de, trafik bakış açısındakine benzer şekilde, ulaşım sistemi

kullanıcısı olarak motorlu araç sürücüleri ön plandadır. Çünkü seyahat olarak tanımlanan yolcu-km ve ton-km unsurlarının büyük bir kısmı motorlu araçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Fakat bu yaklaşımda kullanıcı tanımı için esas olan, seyahati oluşturan türlerin kullanım yoğunluğudur. Benzer bir örnek vermek gerekirse, yaya ve bisikletli hareketleri de, kampus, tatil yöresi gibi bölgelerde önemli ulaşım türleri; ve bu türleri kullanan bireyler de ulaşım sistemi kullanıcıları olarak dikkate alınabilmektedir.

Bu yaklaşımda, yük taşımacılığı (ton-km) yolculuk faaliyetini oluşturan önemli bir unsur olduğundan, otomobil türü dışındaki tür ve kullanıcılar, trafik bakış açısının tersine, her durumda dikkate alınmak zorundadır. Bu yaklaşım için arazi kullanımı açısından en önemli değerlendirme unsurları karayolu erişimine elverişlilik ve park olanaklarının gelişmişliğinin yanında, kitle taşımacılığına müsait olan yerleşim bölgeleri için yüksek nüfus yoğunluğudur. Hareketlilik bakış açısı, ulaşım problemlerini fiziksel bir hareket çerçevesi içinde değerlendirdiğinden, motorlu araç hız ve kapasitelerinin yükseltilmesi, yol kapasitelerinin ve yol ağının geliştirilmesi, toplu taşıma olanaklarının artırılması, hızlı tren ve hava ulaşımı gibi yüksek kapasiteli ve hızlı ulaşım türlerinin sisteme dahil edilmesi ve türler arasında etkin bağlantılar kurulması bu yaklaşımla önerilebilecek çözüm alternatifleri olarak özetlenebilir. Yaya ve bisikletli hareketi, motorlu taşıt türlerine erişimi etkileyen bir unsur olmadığı sürece, bu açı için bir problem elemanı olarak değerlendirilmemektedir (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003a).

Hareketlilik, rakamsal ölçüt olarak, yolcu-km, ton-km ve seyahat hızı ile ifade edilebilmektedir. Bu sayısal değerlerin performans tespiti için standart bazı değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir ki bunlar hizmet seviyelerinden elde edilir. Bu konuda birçok ülkede, henüz geniş uygulama alanı bulamamakla beraber, yaya, bisiklet ve toplu taşıma ulaşımına ait hizmet seviyelerinin tespiti için standardizasyon çalışmaları yürütülmektedir.

### **Erişilebilirlik Bakış Açısına Göre Ulaşım Sistemi Performansı**

Erişilebilirlik, insanların ve ticari faaliyetlerin istenilen mallara, tesislere ve etkinliklere ulaşabilme kolaylığı olarak tanımlanmaktadır (Bhat ve diğ., 2000). Erişim; bazı spor etkinlikleri, binicilik ve gezi turları haricindeki insan ve eşya hareketini içeren tüm ulaşım faaliyetleri için temel hedeftir. Bu açı, gelişen erişim olanaklarını toplumun genel faydası olarak görür ve hareketliliğin gelişimi bu hedefe ulaşmak için bir yöntemdir. Trafik bakış açısı, bu yaklaşıma göre hareketlilik yaklaşımının bir alt kümesidir ve hareketlilik bakış açısı da erişilebilirliğin bir alt kümesidir. Dolayısıyla erişilebilirlik yaklaşımı, diğer yaklaşımları kapsar (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003a).

Erişilebilirlik bakış açısına göre ulaşım sistemi kullanıcısı, herhangi bir mal, hizmet ya da etkinliklere ulaşmak isteyen bütün bireyler ile ticari faaliyetlerdir ve insanların büyük bir kısmının, ulaşım sistemindeki erişim seçeneklerinin bir kombinasyonunu kullandığı düşünülür. Bu açı, erişim seçeneği olarak potansiyel önemi olan, toplu taşıma, türler arası ulaşım, motorsuz araçla ulaşım gibi tüm türleri ulaşım türü olarak dikkate alır. Ayrıca iletişim ve gönderi servisleri gibi hareketlilik alt türleri de, bu açıya göre, ulaşım sistemi türleridir (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003).

Bu yaklaşımda, ulaşım ve arazi kullanımı karakterlerinin bütünleşik bir etkileşimi desteklenmektedir. Ulaşım türleri, kullanıcıları ihtiyaçlarına etkin bir nitelikte ulaştırabilme yeteneklerine göre değerlendirilir. Bu yüzden, daha uzun mesafe kat edilmesini gerektiren ve daha hızlı ulaşım alternatifleri yerine, yavaş olmasına rağmen daha kısa mesafeli alternatifler, erişim açısından daha etkin olarak değerlendirilir. Bu yaklaşım, hareketlilik ve arazi kullanımı yönetimi stratejilerinin erişilebilirliği yükseltici yönde kullanımını içeren ve ulaşım imkanlarının en geniş şekliyle kullanımını esas alan bakış açısıdır. Ulaşılması istenen hedeflerin arazi üzerindeki dağılımı, arazi kullanımı kompozisyonu, ulaşım ağının bağlantı durumu ve yaya hareketi olanakları, ulaşım sistemi performansını tümüyle etkilemektedir (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003b). Erişilebilirlik, istenen hedeflere ulaşılması için ihtiyaç duyulan zaman, para (genelleştirilmiş maliyetler), konfor ve risk ölçütlerine göre değerlendirilmektedir. Erişilebilirlik, diğer ölçütlere göre ölçülmesi zor bir performans ölçütüdür. Çünkü ulaşım sistemi karakteri, ekonomi ve coğrafi faktörlerin tümünden etkilenen kriterlerin analizini gerektirir. Bu yüzden sayısal olarak ifadesi, diğer performans analizi yaklaşımlarına göre daha güçtür. Örneğin, bir iş yerine ulaşım, orada çalışan bireylerin fiziksel ve ekonomik imkanlarına, yolculuk alternatiflerinin maliyet ve kalitesine ve de iş yerinin coğrafi konumuna bağlıdır.

Erişim konusu, coğrafya ve şehir planlama ekonomisi disiplinleri için iyi tanımlanmış bir konsept olmasına karşın, birçok ulaşım planlaması uygulaması için yeni bir kavramdır. Son yıllarda, "Bureau of Transportation Statistics" Yıllık Raporu' 2001 başta olmak üzere, birçok profesyonel ulaşım planlaması etüdünde, ulaşım planlamasının, trafik ve hareketlilik performans kriterlerinden ziyade erişilebilirlik kriterine dayandırılmasına ilişkin çalışmalara başlanılmıştır. Ayrıca, erişilebilirlik indeksinin genel kabul görür karakterlere sahip sayısal bir veri olarak ifade edilmesinin standardizasyonu da, ulaşım planlamasına yönelik başta gelen araştırma konularındandır.

## **Ulaşım Sistemi Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması**

Yukarıda açıklanan üç farklı performans yaklaşımının genel özellikleri, karşılaştırma kolaylığı açısından Tablo 1'deki gibi özetlenebilir. Tablodan da anlaşılacağı üzere, diğer yaklaşımları da bünyesinde içermesi, ulaşım planlama stratejilerine uygun oluşu, tüm ulaşım türlerini dikkate alması, çağımızın şehir tipi olan metropollerde arazi kullanımı açısından uygulanabilir oluşu, seyahat talep yönetimini büyük ölçüde desteklemesi gibi birçok yönden erişilebilirlik bakış açısı daha avantajlıdır.

Ulaşım sistemi performans ölçütlerini basit bir örnek ile karşılaştırmak da mümkündür. Trafik bakış açısına göre bir okul için en uygun yerleşim yeri, bir karayolu ana arterine yakın, yollar çevresinde dallanmış bir şehir yerleşimine hizmet eden ve park etme olanakları yeterli bir arazidir. Bu tarz bir yerleşim, sadece, çalışanların ve öğrenci velilerinin okula otomobille ulaşması mümkündür. Hareketlilik bakış açısına göre ise en uygun yerleşim, yeterli park etme olanakları bulunan bir ana cadde çevresinde ve toplu taşıma araçlarının sıklıkla kullandığı bir güzergah üzerindedir. Bu şekilde okula ulaşım için, toplu taşıma ve özel otomobil türlerinin her ikisi de desteklenmektedir. Erişilebilirlik yaklaşımında ise bir okul için yer seçimi, motorlu taşıt ulaşımına müsait olmasa bile evsel yerleşimin yoğun olduğu bir bölgedir. Çünkü önemli olan hızlı ve uzun mesafeli seyahatler yerine, öğrenci ve çalışanlara en ekonomik ve problemsiz



ulaşım turleri olan yaya ve/veya bisiklet turleri kullanımı ile erişimi sağlamaktır. Bu yonuyile erişilebilirlik bakış açısı, ulaşım sorunlarının odaklandığı Şehir merkezleri için diğer yaklaşımlara kıyasla en ideal cozumu sunmaktadır (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003b).

Tablo 1 Ulaşım Sistemi Performans Olutlerinin Karşılaştırılması (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003a).

<b>Özellik</b>	<b>Trafik Bakış Açısı</b>	<b>Hareketlilik Bakış Açısı</b>	<b>Erişilebilirlik Bakış Açısı</b>
<i>Ulaştırmanın Tanımı</i>	Otomobil seyahatleri	İnsanların ve eşyanın hareketi	Malların, hizmetlerin ve etkinliklerin elde edilebilme kolaylığı
<i>Ulaşım Ölçü Birimi</i>	Araç-km ve araç-seyahat	Yolcu-km, yolcu-seyahat ve ton-km	Hedeflerin erişim kolaylığı
<i>Dikkate Alınan Ulaşım Turleri</i>	Otomobil	Otomobil, kamyon ve toplu taşıma	Telekomünikasyon gibi hareketlilik alt turlerini de içeren tüm turler
<i>Genel Performans Ölçütleri</i>	Trafik hacmi ve hızı, hizmet seviyeleri, araç-km başına dūřen maliyetler, park etme olanakları ve maliyetleri	Yolcu-seyahat hacimleri ve hızları, yol ve toplu taşıma hizmet seviyeleri, yolcu-seyahat başına maliyetler, seyahat edebilme olanakları	Turler arası hizmet seviyeleri, arazi kullanımı karakteri, etkinliklere cęeřitli alternatiflerle ulaşımın genelleştirilmiş maliyetleri
<i>Kullanıcı Açısından Fayda Kabulleri</i>	Maksimum otomobil-km ve hız, yeterli park etme olanakları, dūřük araç maliyetleri	Maksimum kişisel seyahat ve maksimum eşya hareketi	Maksimum ulaşım alternatifi, etkin arazi kullanımı, kabul edilebilir genel maliyetler
<i>Arazi Kullanımı Anlayışı</i>	Dūřük yoęunluk, karayolu cęevresinde dallanmıř Őehirsel yerleřim	Toplu taşıma için elverişli, obeklenmiş arazi kullanımı	Öbeklenmiş ve entegre arazi kullanımı, etkin ulaşım ağı bağlantıları
<i>Ulaşım Sistemini Geliştirme Anlayışı</i>	Yol ve park kapasitelerinin gelişmesi, yüksek hız ve erişim kontrolü	Yükselen ulařım sistem kapasitesi, yüksek hız ve gūvenlik	Ulaşım sistemi ve arazi kullanımının geliştirilmesine yonelik dengeli ilerleme
<i>Stratejileri</i>			Etkinlik ve gūvenlik, alternatiflerin arttırılması
<i>Seyahat Talep Yönetimi Açısından Uygulanabilirliği</i>	Tıkanıklığın cok yüksek olduğu bölgeler dışında, motorlu taşıt ulaşımının azaltılması istenilmez.	Yük ve yolcu hareketliliğini geliştirmeye yonelik seyahat talep yönetimi stratejilerini destekler.	Kaynakların etkin kullanımı birinci planda geldiği sürece, seyahat talep yönetimi stratejilerini destekler.

Genel bir ifadeyle ulaşım, iki temel amaca hizmet etmektedir; erişim ve hareketlilik (Bhat ve diğ., 2000). Ulaşım amacı olarak hareketlilik, insanların ve eşyanın bir yerden başka bir yere engelsiz ve etkin bir tarzda taşınmasını ifade ederken; erişim, yolculuğun gerçekleştiği başlangıç ve hedef merkezlerinin minimum efor ve yatırım sarfiyatıyla ulaşılabilir olmasıdır. Prensipler olarak, bir ulaşım sistemi elemanı her iki ihtiyaa da karşılık vermelidir. Ancak, ulaşım sistemi elemanlarının konum ve fonksiyonu, bu iki ihtiyaı dengeli olarak karşılamaya izin vermemektedir. Örneğin iki Şehri birbirine bağlayan bir otoyol, uzun mesafeler boyunca kesintisiz ve hızlı iletimi sağlaması

yönünden hareketlilik ihtiyacını büyük ölçüde karşılarken; bu iki şehir arasındaki ikincil merkezlere ulaşımın, yol boyunca nadir bulunan kavşaklar ile sınırlı kalması yönünden erişim ihtiyacına yanıt vermemektedir. Benzer şekilde; evsel yerleşim içinde yer alan bir cadde, tüm bitişik sosyal merkezlere kolay ve etkili erişimi sağlarken; bu tür bir ulaşım sistemi elemanında hızlı ve uzun mesafeli bir seyahat gerçekleştirme imkanı yoktur. Ana ulaşım sorunlarının kaynağı olan şehir merkezindeki ulaşım sistemi elemanları, şehirler arası yollar ve evsel yerleşim çevresindeki yollar arasında bir fonksiyon gördüğünden, hareketlilik ve erişim ihtiyaçlarından herhangi birisinin ikinci plana atılması mümkün değildir (ABD Ulaştırma Departmanı, 1997). Bu yüzden erişilebilirlik yönetimi gibi, her iki ihtiyacı da karşılayabilecek çözümleri barındıran bir performans yönetim açısına ihtiyaç vardır. Anılan açıların çeşitliliği farklı erişilebilirlik temellerinin farklı seviyelerde varyasyonlar oluşturmasıyla oluşmaktadır. Her bakış açısı kendine özgü bir kuram, uygulama olanağı, yorumlanabilirlik, aktarım gücü ve kullanım kolaylığı içermektedir. Bu nedenle planlanan mekan ve kapsamın kullanılacak erişilebilirlik bakış açısı ile aynı düşünsel temellere oturması, teorik altyapının güçlenmesi açısından önemlidir.

## **Erişilebilirlik Temelleri**

### **Kuramsal Temel**

Bir erişilebilirlik ölçütü ideal olarak bütün bileşenleri ve bu bileşenlerin içindeki elemanları hesaba katmaktadır. Böylece, bir erişilebilirlik ölçütü ilk olarak ulaşım sistemindeki değişimlere karşı duyarlıdır. Örnek olarak bireyin başlangıç ve hedef arasındaki belli bir türe olan seyahatinin faydasını keşfetmesi, aynı zamanda toplam zaman maliyet ve eforu da keşfetmesi verilebilir. Aynı zamanda erişilebilirlik, arazi kullanımında olan değişimlere karşı duyarlı olup arz edilmiş fırsatların miktarı, kalitesi, bunlara karşı oluşan talebin mekânsal dağılımı ve rekabet etkisini yaratan arz ile talebin karşılaştırılması gibi değişimlere karşı duyarlıdır. Shen (1998) rekabeti dikkate almayan bir erişilebilirlik ölçümünün hatalı olacağını belirtmiştir.

### **Uygulamaya Koyabilirlik**

Bir ölçütün pratikte kullanılabilme kolaylığıdır. Örnek olarak bilginin, modellerin, tekniklerin, zaman ve bütçenin olup olmadığını sorgulamak uygulama kolaylığını gösterir.

### **Yorumlanabilirlik ve İletişebilirlik**

Araştırmacılar, plancılar, siyaset üreticiler ve politikacılar erişilebilirlik türünü anlar ve yorumlayabilir. Diğer türlü sonuçların arazi kullanım ve ulaşım hesaplamalarında kullanılması güç olmakta, böylece politika oluşturma sürecine etkisi olmamaktadır. Fakat Pirie (1981) erişilebilirlik araştırmalarından, politika araştırmalarına garantili ve kolay bir geçiş olmadığını belirtmektedir. Erişilebilirlik üzerindeki toplum politikasının ancak erişilebilirlik politikası oluşturulmuşsa olabileceğini ileri sürmektedir.

### **Sosyal ve Ekonomik Hesaplarda Kullanılabilirlik**

Genelde bireyler ve sosyal gruplar için arazi kullanım ve ulaşım değişimlerinin yatırımlardan dolayı sosyal etkileri çok çeşitli olabilmektedir. Görsel kalitede değişim, sağlık etkileri, sosyal uyum gibi özellikler değerlendirilmesi gereken özelliklerdir. Bu etkiler çeşitli metot ve tekniklerle çalıştırılabilmektedirler (Frockenbrock ve Weisbrod, 2001). Ekonomi literatürüne bakıldığında bu faydaları ölçmek için iki temel yaklaşım görülmektedir. Bunlar;

- Doğrudan ekonomik etkileri tespit etmek için mikro ekonomik modeller
- Daha geniş kapsamlı etkileri tespit etmek için makro ekonomik modellerdir.

Erişilebilirlik modelleri bahsedilen bileşen ve ölçütler ile ulaşım planlaması içerisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde ise erişilebilirlik kavramı ile ilişkilendirilerek çalışma konusu yapılan en önemli alanlardan birisi de kentsel toplu taşımacılıktır. Kentsel toplu taşımacılık özellikle günümüz dünyasında erişilebilirliği arttıran en önemli alanlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

## **Toplu Taşıma ve Erişilebilirlik İlişkisi**

Mavoa et al. (2012) erişilebilirlik ölçütlerini duraklara olan ulaşım, yolculuk süresi ve hedeflere olan erişim olarak 3 başlıkta sınıflandırmıştır. Pek çok çalışma toplu taşıma erişilebilirliğini duraklara olan fiziksel yakınlık olarak kabul etmektedir (Hsiao ve diğ., 1997; Lovett ve diğ., 2002; Zhao ve diğ., 2003; Furth ve diğ., 2007; Kimpel ve diğ., 2007; Gutierrez ve Garcia-Palomares, 2008; Biba ve diğ., 2010; Currie, 2010). Toplu taşımada durak ve hizmet aralıkları pek çok ölçme tekniğiyle belirlenebilmektedir (Zhao ve diğ., 2003). Bir durağa ulaşmak toplu taşıma hizmetine ulaşmanın en önemli adımıdır ve bu adım durağa erişim, bekleme zamanı, araç içi zaman, transfer zamanı ve ağıdan çıkış zamanı olarak belirlenen sürecin başlangıcıdır.

Diğer yandan insanların toplu taşıma hizmetiyle ulaşabilecekleri yerleri, başlangıç varış özelliklerini ve gereken seyahat sürelerini bilmeleri önemlidir (Lei ve Church, 2010). Toplam seyahat süresi geleneksel olarak erişilebilirlik ölçütü olarak kullanılmaktayken seyahat uzaklığı ve seyahat süresi çeşitli çalışmalarda erişilebilirlik ölçütü olarak kullanılmıştır (Mavoa ve diğ., 2012). Sadece seyahat süresi ve erişim zamanını değerlendirmek hizmet kalitesinin göz ardı edilmesine yol açmaktadır.

## **Erişilebilirliğin Toplu Taşıma Planlamasında Verimlilik Göstergesi Olarak Kullanılması**

Toplu taşıma ve erişilebilirliğe dair çalışmalar erişilebilirliği verimlilik göstergesi yerine çoğunlukla metot ve bakış açısı olarak değerlendirmişlerdir (Pitot ve diğ., 2006; Benenson ve diğ., 2010; Curtis, 2011; Mavoa ve diğ., 2012). Toplu taşıma planlamasında ulaşım planları tarafından üretilen toplu taşıma senaryolarının değerlendirilmesi geleneksel göstergelerle yapılmaktadır. Uzaklık, işletme maliyetleri, seyahat süresi ve duraklara erişim kolaylığı gibi verimlilik göstergeleri hangi senaryonun seçileceğinde belirleyici olmaktadır. Geleneksel göstergelerle belirlenen senaryolar sonucunda kullanıcı bakış açısı, arazi kullanım durumu ve kentsel nüfus yoğunluğu gibi etkenler değerlendirme dışında bırakılabilmektedir. Bu nedenle erişilebilirlik arazi kullanım durumunun da sürece dahil edilmesi açısından toplu taşıma

planlamasında dikkate alınması gereken bir ölçüttür. Gulhan, G. ve diğ., (2013) Potansiyel ve Fayda Esaslı Erişilebilirlik unsurlarını kullanarak senaryoların seçiminde erişilebilirliğin önemini vurgulamışlardır. Gulhan, G., ve diğ., (2017) yaptıkları çalışmada toplu taşıma ağı tasarımında erişilebilirliği, ağı belirleyici amaç fonksiyonlarında kullanarak bu alanda da fark yaratacağını vurgulamışlardır.

İncelenen çalışmalar neticesinde ulaşım ve arazi kullanım ile ilgili planlama çalışmalarının geçmiş yıllarda sıklıkla irdelenmiş ve üzerinde çalışılmış konular olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte erişebilirlik ve erişebilirliğin toplu taşıma ile ilişkisinin henüz tam anlamıyla gelişim sürecini tamamlamayan ve çalışılmaya ihtiyacı olan kavramlar oldukları anlaşılmaktadır. Arazi kullanım ve ulaşımın erişebilirlik kavramı ile doğrudan ilişkili olduğu ve bu ilişkinin her yönüyle açık bir biçimde ortaya konulamamış olduğu, bu alanda yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Erişebilirlik kavramının ulaşım ile ilişkisinde toplu taşıma kavramının önemli bir yeri olduğu ve toplu taşıma planlamasında erişebilirlik ölçütlerinden yararlanılması gerektiği görülmektedir. Toplu taşıma planlaması aşamalarında erişebilirlik ölçütleri veya bileşenlerinin kullanımına dair teknik ve yöntemlerin gelişmeye açık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Toplu taşıma planlamasında erişilebilirliğin bir verimlilik ölçütü olarak kullanılması ve buna dair oluşturulması muhtemel yöntem ve tekniklerin erişebilirlik kavramına ve uygulamalarına yeni bir bakış açısı getireceği kanısına varılmıştır.

Toplu taşıma planlaması içerisinde ağ tasarımına yönelik çalışmalarda erişebilirlik ölçütlerinin kullanımına dair çalışmaların yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Zonların ve senaryoların etkilerini çeşitli amaç fonksiyonları ile ölçümleyen ağ tasarım yöntemleri genel olarak işletme açısından ve yolcular açısından değerlendirme yapan yöntemlerdir. Bu değerlendirmelerde toplumsal fayda ve kamu yararı erişilebilirlik bakış açısını temsil etmektedir. Bu açıdan erişebilirlik ölçütlerinin toplu taşıma ağı tasarım yöntemleri ile birlikte kullanılmasının bu alanda var olan bir eksikliği tamamlayacağı kanısına varılmıştır. Ulaşım ve toplu taşıma planlamasında karar verici organların karar vermelerini sağlayan klasik göstergelere ek olarak erişebilirlik ölçütlerinin kullanabileceği tespit edilmiştir.

## **Tür Seçimi ve Erişilebilirlik İlişkisi**

Ulaşım türü seçiminin modellenmesi, talep modelinin en kritik aşamalarından birini oluşturmakta ve günümüzde tür seçiminden elde edilecek faydanın kişiye özel olduğu gerçeğinden hareketle, yeni nesil bireysel seçim modelleri daha çok tercih edilmektedir. Ancak bireysel model oluşturmak için yüksek maliyetli ve işlenmesi yoğun işgücü ve uzun süre gerektiren ulaşım hane halkı anket verilerinin teminini gerektirmektedir. Ayrıca elde edilen bireysel model sonuçlarının trafik atama aşamasına yansıtılması da bireysel seçimlerin analiz bölgesi ölçeğine taşınması zorunluluğu doğurmaktadır. Bu genelleştirme, veri kaybının yanı sıra, çoğunluğu “1” ve “0” dan ibaret kukla değişkenlerden oluşan bireysel verilerin analiz bölgelerine aktarılırken bölge ortalamalarına dönüştürülmesi ile gerçek fayda fonksiyonunun doğasından farklı bir konuma çekilmekte, dolayısıyla bireysel davranışta başarılı sonuç veren bir model, genelleştirilmiş seçim oranları için aynı başarıyı veremeyebilmektedir. Bu yüzden analiz bölgelerinden yaratılan ve çekilen yolculukların tür seçimlerini, anket verisi kullanma zorunluluğu olmaksızın tahminleyebilmek, uygulayıcılar için oldukça yararlı olacaktır.

Diğer yandan, ulaşım faaliyeti ile kazanılacak olanakları sayısal bir ölçüt haline getiren erişilebilirlik yaklaşımı da, bireysel tür seçim modelleri gibi, yolculuğun bireysel ve toplulaştırılmış faydasına odaklıdır. Özellikle, fayda esaslı erişilebilirlik (FEE) ölçütü, erişilebilirliği bir grup ulaşım alternatifinin çıktısı olarak kestirme temeline dayanmaktadır. Fayda teorisi, temel olarak aynı ihtiyacın karşılanmasına hizmet eden potansiyel alternatifler içinden bir tanesinin seçilmesiyle ilgili karar mekanizmasını tanımlamaya yönelik bir yaklaşım olup yolculuk davranışlarının ve aynı ulaşım sisteminin farklı kullanıcılara sağladığı faydaların modellenmesinde kullanılmaktadır (Greene ve Liu, 1988). Fayda esaslı erişilebilirlik yaklaşımı, erişilebilirliğin bireysel derecede ele alınması, ulaşım türü ve yol ağı bağlantılarının yanında, kullanıcı karakteristiklerinin de ele alınması zorunluluğunu getirmektedir (Banister, 2000).

Fayda esaslı erişilebilirlik, kolay hesaplanabilirliği, arazi kullanışı ve yolculuk geliştirilmiş maliyetini aynı indeks değerinde dikkate alışı, seçim davranışlarının modellenmesinde sıkça kullanılan fayda teorisine dayanıyor olması gibi birçok yönüyle, ulaşım planlamasının talep modellerinde kayda değer bir uygulanabilirliğe sahiptir. Özuysal (2010) tarafından yapılan çalışma sonucunda fayda esaslı erişilebilirliğin toplulaştırılmış tür seçimi oranları üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu kanısına varılmıştır. Özellikle konut, imalat ve sosyal-kültürel kullanışın erişilebilirliklerinin tür seçimi ile doğrusal ilişkiye sahip olduğu, ancak bu ilişkilerin tür seçimi oranlarını tahminleyebilecek boyutta olmadığı görülmüştür.

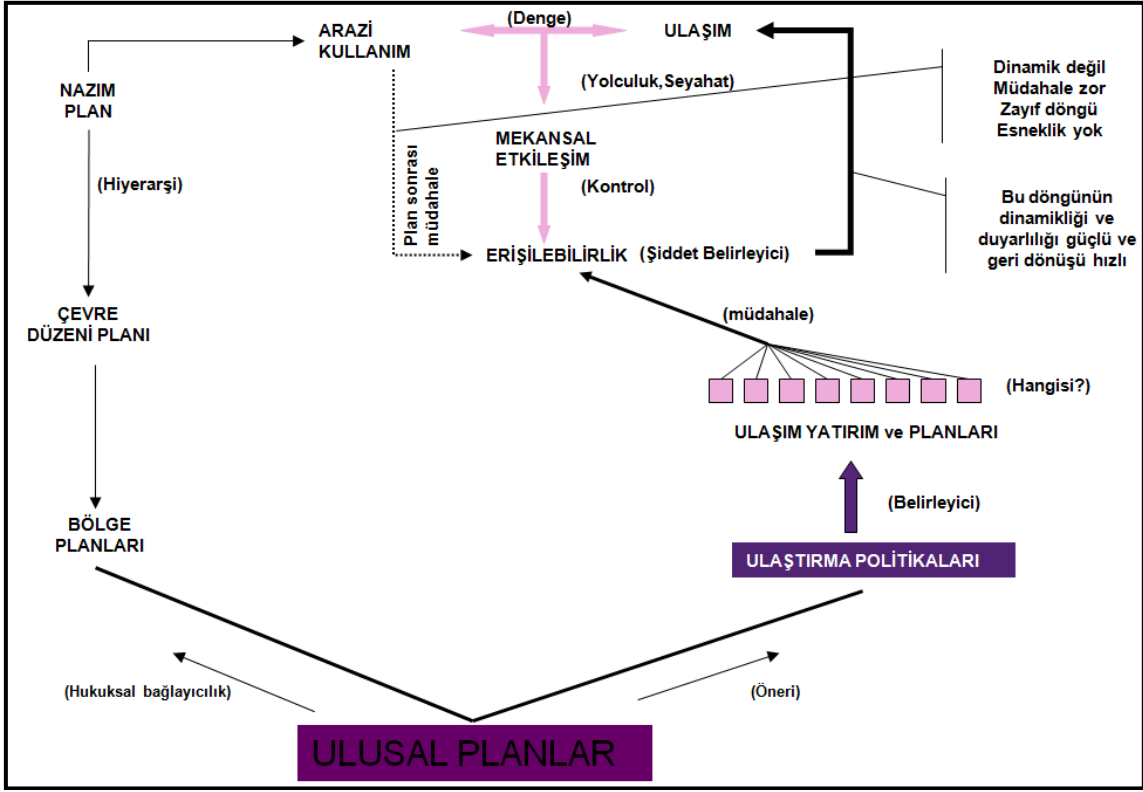
Çalışmada, doğrusal olmayan, yapay zeka temelli bir yaklaşım olan yapay sinir ağları (YSA) modellerinin uygulanması ile, tür seçim oranlarının erişilebilirlik ölçütleri kullanılarak kestirilmesinin mümkün olabileceği görülmüştür. Ancak YSA modellerinin genelleme yeteneği geliştirildiğinde, özel taşıt seçimlerinin tahmin başarımı önemli ölçüde değişmezken, toplu ulaşım seçim modellerinin tahmin başarımı büyük ölçüde azalmıştır. Toplu ulaşım seçimlerinin erişilebilirlik ile yeterli düzeyde tahmin edilememesinin ana sebepleri, ekonomik açıdan aynı düzeydeki kullanıcılara güçlü bir alternatif sunabilecek kadar gelişmiş toplu ulaşım altyapısının olmayışı, ayrı bir araştırma alanı olabilecek kadar geniş bir konu olan zamanın değerinin geliştirilmiş maliyetlerdeki etkisinin bu çalışmada sınırları içinde çeşitli alternatiflerle denenememiş olması ve toplu ulaşım zorunlu kullanıcı olarak tanımlanan ve arazi kullanışı gibi ikincil faktörlerden seçim açısından etkilenmeyen kesimin ağırlığı olarak akla gelmektedir. Bu yüzden YSA yaklaşımının sadece özel taşıt seçimini tahminlemede etkin sonuçlar vereceği sonucuna varılmıştır. Ancak taşıt sahibi olan ulaşım alternatifi yüksek kullanıcıların, seçim davranışının tahminlenebiliyor olması ve bu yolculukların genellikle okul ve iş gibi zorunlu olmayan kesimi içeriyor olması, çalışmanın önemli bir noktada hizmet edebileceği görüşünü uyandırmaktadır.

## **Erişilebilirlik Yönetimi Stratejileri ve Türkiye’de Uygulanabilirliği**

### **Planlama Boyutu**

Yukarıda irdelenen erişilebilirliğe ilişkin araştırmalar dikkate alındığında, erişilebilirlik yönetiminin planlama politikası olarak ele alınmasında ne gibi bir felsefeyle hareket edilmesi gerektirdiği büyük ölçüde ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde özellikle arazi kullanım kararlarının geri dönülmez etkileri erişilebilirlik kavramına sadece ulaşım yoluyla müdahale edebilmemizi sağlamaktadır. Bu müdahale sürecinde özellikle ulaşım yatırımları ve planlaması, erişilebilirliğe en etkin müdahale yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu süreç Şekil 2.1'de verilmiştir. Erişilebilirliğin hangi bileşenler, temeller ve ölçütler ile kullanıldığı arazi kullanıma olan etki derecesinin şiddetini belirlemektedir.



Şekil 1. Arazi kullanım ve erişilebilirlik arasındaki ilişkinin şematik gösterimi.

### Özel Araç ve Trafik Boyutu

Araç seyahatleri üzerine odaklanan erişilebilirlik yönetimi stratejileri olarak, araç trafik akışı yönetimi, kaza risklerinin azaltılması, araç donanımına bağlı performans ve güvenliğin geliştirilmesi, araç kullanıcılarının ekonomik ve kanunsal sorumluluklarının azaltılması sıralanabilir (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003c). Bu stratejiler, araç performanslarının artırılması ve sürücülerin kanunsal sorumluluklarının azaltılması yönleri haricinde Türkiye ulaşım şartlarına uygun görünmektedir. Araç performanslarının yükseltilmesi, erişilebilirlik açısından olumlu bir etken olmasına karşın, yüksek hızlara ve dolayısıyla kaza riskinin artmasına sebep olacağından, trafik kazalarının her yıl yüzlerce can kaybına ve milyarlarca Türk Lirası maddi kayba yol açtığı ülkemiz koşullarında uygulanmasının getireceği fayda tartışma konusudur. Ayrıca, yine aynı sebeple ülkemizde, araç kullanıcıları üzerindeki kanunsal yükümlülük ve yaptırımların azaltılması yerine, bu caydırıcı unsurların artırılması gerektiği de bir gerçektir. Araç seyahatleri için arazi kullanımı yönünden üzerinde durulacak strateji ise; genel kullanımı olan ulaşım hedeflerinin ana karayollarına erişimi kolay bölgelere ve yeterli park etme olanaklarına yakın yerlere konumlandırılmasıdır. Bu da ülkemiz şartları açısından uygulanabilir bir stratejidir.

Erişilebilirlik yönetimi açısından bir genel strateji de, seyahat ve araç paylaşımıdır (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003c). Bu strateji, birbirine yakın genel ulaşım hedeflerine düzenli olarak seyahat eden kullanıcıların, özel araç imkanlarını ortaklaşa kullanmasını amaçlamaktadır. Prensip olarak, bir özel aracın yalnızca sürücünün ulaşımı için değil, birçok insan tarafından kapasitesi ölçütünde kullanılması ve böylece, özel araçlarla seyahat etmeyi tercih eden veya buna zorunlu olan kullanıcıların trafikte daha az sayıda araçla yer işgal etmeleri istenmektedir. Bir özel araçla eşanlı olarak aynı güzergahın birçok yolcu tarafından kat edilmesi seyahat paylaşımını; aynı aracın günün farklı zamanları için farklı yolcular tarafından ve farklı seyahatler için kullanılması da araç paylaşımını ifade etmektedir. Temelde, oldukça iyi niyetli ve uygulanabilir olarak görünen bu erişilebilirlik yönetimi unsuru, ülkemiz şartlarında sadece, ticari firmalara ait özel araçlar veya sosyal açıdan birbirine çok yakın olan iş arkadaşlarına ait araçlar için uygulanabilir görülmektedir. Çünkü bu strateji, özel araçların saatlik ödünç verme usulüyle kullandırıldığı özel fonksiyonlu otoparkları da gerektirmektedir ki, bu uygulama için güvenilirliği yüksek ve araç sigorta sistemi gelişmiş düzenleyici kurumlara ihtiyaç vardır. Ülkemiz şartlarında bu kurumların kanunsallaştırılması ve insanların özel araçlarını kullanmadığı saatlerde bu kurumlara gönül rahatlığıyla teslim edebilmesi, maalesef mümkün görünmemektedir.

### **Toplu Taşıma Boyutu**

Erişilebilirlik yönetiminin, toplu taşımayı geliştirmeye yönelik bir strateji takip etmesi vazgeçilmezdir. Bunun için servis sayılarının ve güzergah alternatiflerinin artırılması, özel toplu taşıma şirketlerinin yaygınlaştırılması, fiyatlandırmanın ve seyahat konforunun uygun seviyelerde olması, istasyonların ve bekleme alanlarının ergonomisinin ve konforunun yükseltilmesi, kullanıcı bilgilendirme sistemlerinin geliştirilmesi, servislerdeki gecikme ve aksaklıkların minimize edilmesi, “park&ride” olarak adlandırılan, toplu taşıma istasyonuna kadar özel araçla erişimin mümkün hale getirilmesi gibi uygulamalar, bu konuda ilk akla gelenlerdir (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003c). Bunların büyük bir çoğunluğu, ülkemizde de uygulanabilir çalışmalar olmakla beraber, özellikle halk otobüsleri için konfor ve dakiklik konuları, pik saatlerdeki tıkanıklıklar dikkate alındığında, bir miktar düşündürücüdür. “Park&Ride” uygulaması da, toplu taşıma araçlarını kullanan tüm bireyler için yeterli boyutlarda ve güvenilir otoparklar oluşturulmasını gerektirir ki bunu özellikle şehir merkezlerinde gerçekleştirmek Türkiye şartlarında kolay görünmemektedir. Bu uygulamalar için, arazi kullanımı karakteri, ana transit istasyonları ve servis koridorları boyunca yoğun ve buralardan istasyonlara ulaşımın yaya olarak (yaklaşık 0,5 km mesafede) erişilebilir nitelikte düzenlenmesi gerekmektedir.

### **İletişim Boyutu**

Erişilebilirlik yönetimine göre, fiziksel ulaşımın alternatifi olduğu sürece, bu alternatifler üzerinde durulmalıdır. Strateji olarak, telekomünikasyon servislerinin yaygınlaşması ve gönderi hizmetlerinin mümkün olan maksimum kitleye hizmet edebilmesi esastır (Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü, 2003c). Arazi kullanımı açısından, yeterli teknoloji donanımının götürülebildiği ve buradaki insanların bunları kullanabilecek refah düzeyi ve eğitim seviyesine sahip olduğu kesimler, telekomünikasyon hizmetlerinin geliştirilebilmesine elverişlidir. Etkin gönderi servisleri için ise, kümelenmiş bir arazi kullanımına yön verilmelidir.

## Sonuç ve Öneriler

Kentiçi ulaşımının büyük oranda karayoluna bağımlı olarak yapılması, kısa vadede ulaşımda bir rahatlama sağlasa da, sonunda trafikteki yoğunluğun artmasına ve gecikmelerin, dolayısıyla seyahat sürelerinin uzamasına yol açmaktadır. Zaman kavramının mühendislik ve planlama biliminde, özellikle ulaşım mühendisliği ve planlamasında, parasal bir değer taşıdığı göz önüne alındığında, gecikmelerden kaynaklanan zaman kayıplarının büyük bir ekonomik yük getirdiği açıktır.

Bu çalışmada erişilebilirliğin yansıtılabileceği temel boyutlar, ulaşım planlaması, modelleme ve uygulama olarak üç boyutta özetlenebilir. Toplu taşıma planlamasında, özellikle ulaşım ana planı çalışmalarında çeşitli senaryolar test edilirken erişilebilirliğin klasik ölçütlere alternatif bir karşılaştırma kriteri olarak dikkate alınması gerekmektedir. Arazi kullanım ve ulaşım talebinin beraber değerlendirilmesi daha isabetli ve kalıcı kararlar alınmasını sağlayacaktır. Ulaştırma planları ve nazım imar planları süreçlerinde de erişilebilirlik ölçütlerinin kullanımı ulaşım ve arazi kullanım bütünlüğünü sağlayıcı bir unsur olacaktır.

Ulaşım türü seçiminde erişilebilirliğin bir fayda fonksiyonu bileşeni olarak model kurgusuna dahil edilmesinin, model gerçekçiliğini artırma ve diğer detaylı bireysel verilerin toplanma ve işleme gerekliliğini azaltma bakımından yararlı olacağı açıktır. Uygulamada ise özellikle, özel taşıt kullanımını engellemeyen ancak etkin hale getiren “park et devam et”, paylaşılan sürüş vb. uygulamaların erişilebilirlik bakış açısıyla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ulaşım sorununun çözülmesi ancak tüm ulaşım türlerinin bir bütün olarak ele alınmasının yanı sıra, arazi kullanım karakteristiklerinin göz önünde bulundurulduğu; telekomünikasyon ve gönderi servisleri gibi gelecekte günlük yaşantımızda daha da büyük önem taşıması beklenen teknolojilerin de etkin olarak kullanıldığı bir ulaşım politikası anlayışının benimsenmesiyle mümkün olacağı düşünülmektedir. Bu amaçla, toplumun her kesiminin bilinçlendirilerek, ulaşım sorununun çözümünde görev alması sağlanmalıdır.

## Kaynaklar

ABD Ulaştırma Departmanı (1997) “Ulaştırma, Hareketlilik ve Erişilebilirlik: Bir Giriş”, Ulaştırma İstatistikleri Yıllık Raporu, (İngilizce).

Banister, D., Berechman, J. Transport investment and economic development. University College London Press, London, 2000.

Benenson, I., Martens, K., Rofe, Y., & Kwartler, A. (2010). Public transport versus private car GIS-based estimation of accessibility applied to the Tel Aviv metropolitan area. The Annals of Regional Science, 47, 499–515.

Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H. (2000), “Bir Şehir Erişilebilirlik İndeksinin Geliştirilmesi: Literatür Araştırması”, Teksas Ulaştırma Departmanı Araştırma Projesi (İngilizce)



- Biba, S., Curtin, K. M., & Manca, G. (2010). A new method for determining the population with walking access to transit. *International Journal of Geographical Information Science*, 24, 347–364.
- Currie, G. (2010). Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs. *Journal of Transport Geography*, 18, 31–41.
- Curtis, C. (2011). Integrating land use with public transport: The use of a discursive accessibility tool to inform metropolitan spatial planning in Perth. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 31(2), 179–197.
- Forckenbrock, D.J., Weisbrod, G.E. (2001). Guidebook for assessing the social and economic effects of transportation projects. National Cooperative. Highway Research Program. University of Iowa, Iowa City.
- Furth, P. G., Mekuria, M. C., & San Clemente, J. L. (2007). Parcel-level modeling to analyze transit stop location changes. *Journal of Public Transport*, 10, 73–92.
- Greene, D. L., Liu J. T. (1988) Automotive fuel economy improvements and consumer's surplus. *Transportation Research Part A*, 22(3), 218-228.
- Gulhan, G., Ceylan, H., Ozuysal, M. ve diğ. (2013) Impact of Utility-Based Accessibility Measures On Urban Public Transportation Planning: a case study of Denizli, Turkey. *Cities*, 10.1016/j.cities.2013.04.001
- Gulhan, G., Ceylan, H., Ceylan, H. (2017) Using Accesibility Measures in Transit Network Design, *Transport*, (Article in Press) .
- Gutierrez, J., & Garcia-Palomares, J. C. (2008). Distance-measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS. *Environment and Planning B*, 35, 480–503.
- Hsiao, S., Lu, J., Sterling, J., & Weatherford, M. (1997). Use of geographic information system for analysis of transit pedestrian access. *Transportation Research Record*, 1604, 50–59.
- Kimpel, T. J., Duecker, K. J., & El-Geneidy, A. M. (2007). Using GIS to measure the effects of service area and frequency on passenger boardings at bus stops. *URISA Journal*, 19, 5–11.
- Lei, T. L. ve Church, R. L. (2010). Mapping transit-based access: Integrating GIS, routes and schedules. *International Journal of Geographical Information Science*, 24, 283–304.
- Lovett, A., Haynes, R., Sunnenberg, G., & Gale, S. (2002). Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: A study using patient registers and GIS. *Social Science and Medicine*, 55, 97–111.
- Mavoa, S., Witten, K., McCreanor, T., & O'Sullivan, D. (2012). GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, 20, 15–22.

Özuysal, M. (2010). Şehirsel Yerleşimlerde Erişilebilirlik Ölçütünün Modellenmesi ve Kullanımı: Ulaşım Türü Seçimi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi. İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Pirie, G.H. (1981). The possibility and potential of public policy on accessibility. *Transportation Research A* 15 (5), 377–381.

Pitot, M., Yigitcanlar, Tan, Sipe, Neil, Evans, R. (2006). Land use and public transport accessibility index (LUPTAI) tool: The development and pilot application of LUPTAI for the Gold Coast. *Social Research in Transport (SORT) Clearinghouse* 123, 1–18.

Shen, Q. (1998). Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-wage workers. *Environment and Planning B*, 25 (3), 345–365.

Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü (2003a), “Ulaştırmanın Ölçülmesi: Trafik, Mobilite ve Erişilebilirlik”, Seyahat Talep Yönetimi Ansiklopedisi (İngilizce)

Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü (2003b), “Akılcı Büyüme: Daha Etkili Arazi Kullanımı Yönetimi”, Seyahat Talep Yönetimi Ansiklopedisi (İngilizce)

Victoria Ulaşım Politikaları Enstitüsü (2003c), “Erişilebilirlik: Tanımlanması, Değerlendirilmesi ve Geliştirilmesi”, Seyahat Talep Yönetimi Ansiklopedisi (İngilizce)

Zhao, F., Chow, L., Li, M., Ubaka, I., ve Gan, A. (2003). Forecasting transit walk accessibility: Regression model alternative to buffer method. *Transportation Research Record*, 1835, 34–41.

# Mekanistik-Ampirik Kaplama Dizayn Metodu Uygulanmasının Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Önemi

**Kemal ARMAĞAN<sup>1</sup>, Şebnem S. KARAHANÇER<sup>2</sup>, Ekinhan ERİŞKİN<sup>2</sup>,  
Buket ÇAPALI<sup>2</sup>, Fatma DEMİR<sup>2</sup>, Serdal TERZİ<sup>2</sup>, Mehmet SALTAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh.Bölümü, Eskişehir

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh.Bölümü, Isparta

## Özet

Dünyada artan karayolu ulaşım ağı ve trafikteki taşıt sayısına bağlı olarak, karayolu üstyapısında kullanılan esnek üstyapıların performansının artırılarak sürdürülebilir hale getirilmesi önem kazanmıştır. Karayolu taşımacılığının ülkemizde çok yaygın olarak kullanılması, karayolu inşasının maliyetli olması ve düzenli bakım-onarım çalışmalarına ihtiyaç duyması, mevcut karayolu ağının bakım-onarım maliyetlerini düşürmeyi, yeni yapılacak yolların ömürlerinin uzun, bakım onarım maliyetlerinin ise düşük olmasını zorunlu hale getirmiştir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) bu problemi mekanistik ve ampirik metotlarını birleştirip 1993 yılında mekanistik-ampirik yöntemleri kullanmaya başlayarak çözmüştür. 2004 yılında yayınlanan kılavuzla mevcut dizayn verileri yerlerini (Mekanistik Ampirik Kaplama Dizayn Metodu)MAKDK ile kalibre edilen ulusal veriler almıştır. ABD’de 2011 yılında Darwin-ME adında sonlu elemanlar metodu kullanarak analiz yapabilen bir yazılım geliştirilmiş ve karayolu üstyapı analizleri bu yazılımla yapılmaya başlanmıştır. Günümüzde ABD’deki bazı eyaletler, bu yazılımla ulusal verileri kendi eyaletlerinin verilerine kalibre ederek eyaletsel karayolu üstyapısı dizayn kriterlerini belirlemişlerdir. Bu kalibrasyonu uygulayan ABD’deki eyaletler karayolu yıllık bakım onarım faaliyetlerinde %1'lere varan kazançlar elde etmiştir. Bu oran az gibi görünmekle beraber BSK(Bitümlü Sıcak Karışım) kaplama ömrünün 20 yıl olduğu düşünüldüğünde toplamda %20'lere varan kazançlar elde edilebilmektedir. Ülkemizde 2015 verilerine göre otoyolların bakım çalışmaları için 168.428.556 TL harcanmış, devlet yolları içinse yol bakım onarım ve kar mücadelesi için 488.905.047 TL harcama yapılmıştır. Yeni yapılacak yollarda bu metodun kullanımının yol performansını artırmasına bağlı olarak bakım onarım süreleri ve maliyetlerindeki azalma ile yıllık toplam bakım onarım faaliyetlerine ayırdığımız bütçeyi göz önüne aldığımızda, Mekanistik Ampirik Kaplama Dizayn Metodu (MAKDM) kullanımının karayolu kaplamalarında performans sürekliliği, ülke kaynaklarının verimli kullanımı ve sürdürülebilir kalkınma açısından önemi ortaya çıkmaktadır.

**Anahtar kelime:** Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir ulaşım, mekanistik ampirik dizayn metodu...

**Giriş:** Yarının dünyasında sadece daha fazla insan olmayacak, daha yüksek hayat standardı isteyen daha fazla insan olacaktır. Yüksek hayat standardı beklentisi ile kentlerin nüfusu arttıkça ekonomik, sosyal ve çevresel refah gittikçe azalacaktır (Sevginer ve diğ., 2011). Çin'deki bazı şehirlerde olduğu gibi kontrolsüz gelişme, endüstriyel ve ulaşım kaynaklı zararlı emisyon salınımları nedeniyle toplumsal yaşamı tehdit eder boyutlara gelebilmektedir. Gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak ve ekonomik gelişmeyi hedeflerken kaynakların verimli kullanımını sağlamak sürdürülebilir bir gelecek için büyük önem arz etmektedir. Dünyada ve ülkemizde karayolu ulaşımı kullanımındaki artış, artan taşıt sayısı, karayolu ulaşımının pahalı bir ulaşım türü olması ve diğer ulaşım türlerine göre daha fazla çevresel zararının olması nedenleriyle karayolu yatırımlarının yapımı ve bakım-onarım çalışmaları titizlikle ele alınması gereken konulardan biri olmaktadır. Karayolu yatırımları ile ilgili ülkemizde karayolu üstyapısı dizaynında Bitümlü Sıcak Karışım(BSK) kullanımının artmakta olması, bu karışımda kullanılan bağlayıcının büyük çoğunluğunun ithal ve pahalı olması, karayolu yapımı sırasında açığa çıkan zararlı emisyonlar, karayolunun performansındaki düşüşten kaynaklı çevresel etkilerdeki artışlar ile bakım-onarım maliyetlerinin getirdiği hem ekonomik hem de çevresel etkiler nedeniyle bu yatırımların daha planlama aşamasındayken fayda-maliyet analizleri ile ömür döngüsü analizlerinin yapılmasının sürdürülebilirlik açısından önemi ortaya çıkmaktadır. ABD özellikle karayolu maliyetlerini kontrol altına alma ve performansını iyileştirme konularında ciddi çalışmalar yapmış ve bunun için AASHTO tarafından MAKDM geliştirilmiştir. Bu metot sayesinde karayollarının daha planlama aşamasındayken hangi bozulma türlerine maruz kalabileceği hesaplanabilirken aynı zamanda karayolu üstyapısının hangi zaman diliminde performansının ne duruma geleceği önceden belirlenerek bakım-onarım sürelerine daha planlama aşamasında karar verilebilmektedir. Bu sayede sürdürülebilir bir ulaştırma yatırım planlaması yapabilmektedirler.

## **1.Sürdürülebilirlik ve Türkiye'nin Sürdürülebilirlik Hedefi**

Sürdürülebilirlik daimi olma yeteneği olarak adlandırılabilir. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılı tanımına göre: "İnsanlık, gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçlarını temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılama yeteneğine sahiptir." Sürdürülebilir kalkınma ise ekonomik büyüme ve refah seviyesini yükseltme çabalarını, çevreyi ve yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini koruyarak gerçekleştirme yöntemidir(Yüksel).

Kalkınma Bakanlığı tarafından sürdürülebilir kalkınmayı merkeze alan bir yaklaşımla hazırlanan ve 2014-2018 yıllarını kapsayan 10.Kalkınma Planı'nın hedef ve politikaları dört ana başlıkta toplanmıştır.

"*Nitelikli insan, güçlü toplum*" başlığı altında birey ve toplum için kalkınma yaklaşımının uygulanması ve gelişmişliğin toplumun farklı kesimlerinde yaygınlaştırılması,

"*Yaşanabilir mekanlar, sürdürülebilir çevre*" başlığı altında çevreye duyarlı yaklaşımların sosyoekonomik faydalarının artırılarak şehir ve kırsal alanlarda yaşam kalitesinin sürdürülebilir bir şekilde yükseltilmesi ile bölgesel gelişmişlik farklarının azaltılması,

“Yenilikçi üretim, istikrarlı yüksek büyüme” başlığı altında üretimde yapısal dönüşüme ve refahın artışı,

“Kalkınma için uluslararası işbirliği” başlığı altında ise kalkınmada uluslararası dinamiklerinin güçlendirilmesi, bilgi ve birikiminin ihtiyacı olan ülkelerle paylaşılması ve uluslararası işbirliğinde ekonomik, sosyal ve kültürel ilişkilerin sürdürülebilir ve güçlü bir zemine kavuşturulabilmesi için ulusal idari ve beşeri kapasitenin daha üst seviyelere çıkarılması temel amaçlar olarak belirlenmiştir (Sağlık, 2014; T.C.Kalkınma Bakanlığı, 2011).

Bu amaçlara paralel olarak çeşitli devlet kurumlarımızın birçok ulusal ve uluslararası projede yer alması sürdürülebilirlik hedeflerimize ulaşmak açısından umut verici gelişmeler olarak değerlendirilmektedir. KGM ve çeşitli üniversitelerimizde gerçekleştirilmiş olan ve devam eden ulaştırma projelerinin de sürdürülebilir kalkınmada ülkemize ciddi kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir.

## **2.Ulaştırmanın Sürdürülebilir Kalkınmadaki Yeri ve Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri**

Sürdürülebilir ulaşım, çevreye kendisini yenileyebilme kapasitesinin ötesinde zarar vermeyen, ekonomik olarak tutarlı, sosyal olarak hakça ve siyasi olarak sorumlu ve hesap verebilir olması gereklidir. Ayrıca, yeni yatırımlara geçilmeden önce eldeki ulaştırma altyapısının en fazla ve en iyi kullanımını temin edilmesine dayanır (Çelik, 2009).

Sürdürülebilir kalkınma, “insanların temel gereksinmelerine duyarlı, eşitlikçi bir toplumda herkes için güvenli ve tatmin edici bir maddi gelecek sağlamaktır.” şeklinde tanımlanabilir. Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik verimliliği, eşitliği ve çevresel güvenliği arttırmak için ulaştırma sistemimizde önemli değişikliklerin yapılmasını gerektirir (Gerçek, 2005).

Sürdürülebilir ulaşım sistemi;

- nesiller arasındaki dengeyi koruyarak, hem insan hem de çevre sağlığını gözetip bireylerin ve toplumun temel erişim ihtiyaçlarını güvenli bir şekilde karşılar;
- ucuzdur, etkin çalışır, farklı seçenekler sunar ve canlı bir ekonomiyi destekler;
- emisyonları ve atıkları gezegenin dengeleyebileceği düzeyde tutar, yenilenemez kaynakların tüketimini azaltır;
- yenilenebilir kaynakların tüketimini sürdürülebilir seviyede tutacak şekilde kısıtlar, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü ön planda tutar;
- arazi kullanımını ve ses oluşumunu kısıtlar (Sevginer ve diğ., 2011).

Ulaştırmanın sürdürülebilirlik üzerine etkileri en geniş anlamda Tablo 1’deki gibi üç ana başlık altında toplanabilmektedir (Gerçek, 2005).

Tablo 1 Ulaştırmanın Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri (Gerçek, 2005).

EKONOMİK	SOSYAL	ÇEVRESEL
Tıkanıklık	Eşitsizlik	Hava ve su kirliliği
Hareketlilik kısıtları	Hareketlilik dezavantajları	Doğal yaşam alanlarının kaybı
Kaza hasarları	Sağlığa etkileri	Hidrolojik etkiler
Altyapı maliyetleri	Toplumsal etkileşim	Yenilenemez doğal kaynakların tüketilmesi
Tüketici maliyetleri	Toplumsal yaşanabilirlik	
Yenilenemez doğal kaynakların tüketilmesi	Estetik	

Dünyada sürdürülebilir ulaşırma için yapılan birçok örnek uygulama vardır. Amsterdam'daki Solaroad Bisiklet Yolu ile Kore İleri Teknoloji Araştırma Enstitüsü tarafından üretilen karayolundaki araçları seyir halindeyken de şarj edebilen elektrikli otomobil yolu bu alanda ciddi tasarruf sağlanabilecek ve CO<sub>2</sub> salınımını ciddi oranlarda azaltabilecek uygulamalardandır (Karaşahin, 2014).

Bir karayolu için karbon ayak izi gömülü (yapım malzemeleri ve faaliyetleri) ve operasyonel (proje ömrü boyunca bir karayolunda oluşan emisyon) olmak üzere iki sınıfa ayrılabilmektedir. Bir karayolu projesinin karbon ayak izi ise, yapı malzemelerinin üretimi için hammadde kazısı, malzemeleri araziye taşınması, plant ekipmanları, elektrik ve yakıt tüketimi, atık yönetimi kaynaklı toplam CO<sub>2</sub> emisyonudur (Karaşahin, 2014).

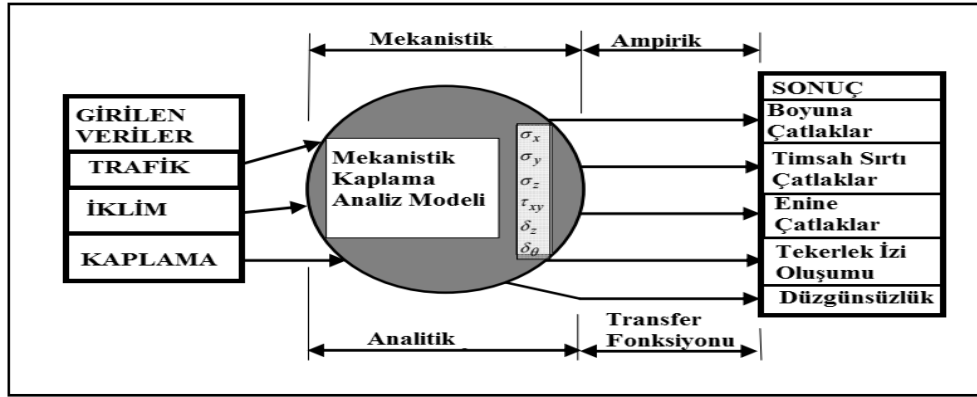
Sera gazlarının salınımı konusunda Cancun ve Kyoto protokollerinden sonra 2016 yılında Kyoto protokolünde imzası olmayan ABD de dahil olmak üzere 175 ülkenin katılımıyla Paris anlaşması kabul edilmiştir. Bu anlaşma ile yüzyılın sonunda küresel ısınma değerini 2 derecenin altına indirmek hedeflenmiştir. Türkiye, fosil yakıt tüketimine bağlı karbon salınımı konusunda 1990 yılında 127 milyon ton CO<sub>2</sub> salınımı yaparken yılda % 3.9 artışla 2014 yılında bu değer 307 mt CO<sub>2</sub> olmuş, Paris anlaşması çerçevesinde de 2030 yılı için öngörülen 1.175 mt CO<sub>2</sub> salınımı yerine %21 azaltarak yılda % 4.2 artışla 929 mt CO<sub>2</sub> salınımını sağlayacağını taahhüt etmiştir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2016; Kozakoğlu, 2015).

### 3.Mekanistik Ampirik Kaplama Dizayn Metodu

Amerika'da AASHTO tarafından 1960 yılının sonlarına doğru başlatılıp 1970 yılı başlarında tamamlanan AASHTO yol deneyleri sonunda, AASHTO proje komitesi tarafından 'AASHTO Rijit ve Esnek Üstyapıların Projelendirilmesi Geçici Rehberi' çıkarılmıştır ve daha sonra 1972, 1981 ve 1986 yıllarında revize edilmiştir. Bu çalışmalar 1993'e kadar AASHTO'nun yol tasarım rehberinde ampirik (deneysel) yöntemler olarak yer almış; fakat 1993'ten sonra AASHTO mekanistik ampirik yöntemlere yönelik çalışmalar yapıp yine bu yönde araştırmaları desteklenmiştir. Sadece ampirik (deneysel) yöntemler yol tasarımı açısından yetersiz kalmaktadır. Çünkü arazi koşullarının laboratuvar

ortamında oluşturulması mümkün değildir. Yolun performansına etki eden birçok faktör mevcuttur (Trafik yükü, çevresel faktörler, malzeme, vb.). Bundan dolayı yol tasarımı ve analizi karmaşık hale gelmektedir. Ampirik yöntemlerin yanında mekanistik olarak yol tasarımı ve dizaynının desteklenmesiyle daha sağlıklı sonuçların alınabileceği tahmin edilmektedir. Özellikle son on yıldır bu yönde çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Mekanistik tasarım için literatürde kabul gören; sayısal yöntemler, sonlu elemanlar yöntemidir. Çünkü yol dizaynını etkileyen birçok parametre mevcuttur. Bütün bu karmaşık parametrelerin çözümü, bunları kolaylıkla modelleyebilen sonlu elemanlarla mümkün olabilmektedir. Bu yöntemle yaklaşık çözümler elde edilmesine rağmen, herhangi bir elemanı tanımlamak ve özelliklerini doğru şekilde tayin etmek sonlu elemanlar yöntemiyle mümkün olabilmektedir (T.C.Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2008; Özcanan ve diğ., 2014; Özgan ve diğ., 2010).

Ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğüne ait ilk üstyapı projelendirme rehberi 1969 yılında yayımlanan, karayolları esnek üstyapı projelendirmesine ait fenni şartnamedir. KGM tarafından 1971 de ‘ Karayolu Esnek Üstyapılarını Projelendirme Kuralları’ adlı teknik bültenle AASHTO metodu kullanılmaya başlanmış, 1984 yılında Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi’nin basımı ile bu metot resmiyet kazanmış ve ülkemizde AASHTO metodu uygulanmaya başlamıştır. 1984-2002 yılları arasındaki dönemlerde ise takviye projelendirmesindeki eksiklikler, uygulamadan kaynaklanan aksaklıklar ve taşıt eşdeğerlik faktörleri revize edilmiştir. Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi 2008 de ise AASHTO 93 projelendirme kriterleri esas alınmış ve Mekanistik-Ampirik Dizayn Metoduna geçiş için ön hazırlıklar yapılmıştır (T.C.Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2008; Özcanan ve diğ., 2014; Özgan ve diğ., 2010).



Şekil 2 Mekanistik Ampirik Kaplama Dizayn Metodu (Coree ve diğ., 2005)

Mekanistik Ampirik Kaplama Dizayn Metodu (MEPDM), karayolu üstyapısının ömrünü kısaltacak, servis kabiliyetini azaltacak bozulmaların tasarım aşamasında görülmesini sağlamaktadır. Üstyapıda bozulmaya neden olabilecek çevresel şartlar ve iklim verilerinin dikkate alındığı, malzeme karakteristiklerinin ve kaplama kalınlıklarının modellenerek

üstyapı ömrü boyunca oluşabilecek bozulmaların Şekil 2'deki gibi daha tasarım aşamasında modellenmesine olanak sağlayan bu metodun ülkemizde uygulanmaya başlanmasıyla ülke ekonomisine ciddi katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

#### **4.Mekanistik Ampirik Kaplama Dizayn Metodunun Sürdürülebilir Ulaşımındaki Önemi**

Sürdürülebilir bir üstyapı, özel mühendislik hedefleri sınırlandırılmamış ölçekte, temel insan ihtiyaçlarını karşılayan, kaynakları etkin kullanan ve çevresel eko sistemi koruyan bir üstyapı anlamına gelmektedir. Sürdürülebilirlik bugünün teknolojisiyle ekonomik ve sosyal faydaları artırırken çevresel etkileri minimize etmek için fırsatlar bulmak anlamına gelmektedir. Hali hazırda yaşam döngü maliyet analizi (Life cycle cost analysis – LCCA) üstyapı dizayn ömrü boyunca mevcut ve gelecekte beklenen ekonomik etkileri göz önünde bulunduran bir sistemdir. Buna ek olarak üstyapının sürdürülebilirliğini değerlendiren birçok yaklaşım ortaya çıkmaktadır ve çok kısa zamanda uygulama için de mevcut olacaktır (FHWA, 2011).

Kaplama yönetimi(pavement managment), sürdürülebilirliği etkileyen çevresel etkilerden en önemli ikisi olan küresel ısınma(ve ilgili enerji kullanımını) ile kaynak kullanımını (toplam, asfalt, çimento, kireç, çelik ve diğer kaynakları daha az derecede etkilemektedir) konusunda kesin bir etkiye sahip olabilir. Petrol kaynaklı yakıtların nakliye sektöründeki kullanımının azaltılmasından kaynaklanan küresel ısınmaya bağlı azalmalar, fotokimyasal duman, karasal toksisite, su zehirliliği, insan sağlığı ve kaynak tükenmesi üzerinde de olumlu etkilere sahip olacaktır. Ayrıca etanol bazlı yakıt kullanımındaki düşüşler, arazi kullanımı, su kullanımı ve gıda fiyatlarındaki artışlar yoluyla insan sağlığı gibi diğer kategorilerde de olumlu etkilere sahip olacaktır (Jarvey ve diğ., 2014)

Geçmişte üstyapının yalnızca performansı ve maliyeti değerlendirilmekte, üstyapı seçiminde çevresel etkiler geniş kapsamda incelenmeye başlanmış durumdaydı. Üstyapıların Yaşam Döngü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment - LCA) LCCA'da olduğu gibi maliyetlerin hesaplanmasına benzer şekilde, sera gazı emisyonu, enerji kirliliği, su kullanımı gibi çevresel etkileri hesaplayan bir prosedürdür. Ancak maliyetlerin minimize edilmesi yerine, LCA'nın temeli çevresel etkileri minimize etmeye ve üstyapıyı daha sürdürülebilir hale getirmeye dayanmaktadır. Ancak, muhtemelen LCA'da da oluşacak olan, LCCA'daki problem, farklı üstyapı alternatiflerinin performansının tahmininde basit ve güvenilir bir prosedürün bulunmamasıdır. Bunun yerine, firmalar geçmişe dayalı standart rehabilitasyon yöntemlerine ve LCA ve LCCA'daki programlarına bağlı tasarım yapmaktadır. Bu da üstyapı dizaynının gerçek performansını yeterince yansıtmamaktadır (FHWA, 2011).

Üstyapının gerçek davranışını modelleyebilmek için MAKDM kullanılırken elde edilen sonuçlar Greenroads gibi Sürdürülebilirlik derecelendirme sistemi yada PaLATE gibi kaplamanın çevresel ve ekonomik etkilerinin değerlendirilebildiği yazılımlarda veri olarak kullanılmaktadır.



### *Greenroads Derecelendirme Sistemi*

Bu derecelendirme sistemi University of Washington tarafından, yol tasarım ve yapım projelerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilebilmesi için aşağıdaki ölçütlere göre puanlanmasını içermektedir. Bu sistem;

- Proje gereksinimleri—zorunlu;  
Çevre ve su, yapılabirlik ve özkaynak, yapım uygulamaları, malzeme çeşidi ve kaynakları, kaplama teknolojileri ile
- İdari gereksinimler olarak ölçüt ve puanlamaya ayrılmıştır.

Buna göre 37 zorunlu alt ölçüt 5 ana ölçütte toplanmış, ilaveten isteğe bağlı kullanılabilir 10 kredi puanı tanımlanmıştır. Burada başta malzeme çeşidi ve kaynakları kısmı olmak üzere proje gereksinimleri kısmında LCA sonuçları kullanılmaktadır. Bu sistemi kullanarak yapılan bazı araştırmalardan ağır taşıt trafiği için MAKDM programı kaplama dizaynı konusundaki genel geçer kabul ve güvenilirlik özelliğinden dolayı tercih edilmiştir (Huang ve diğ., 2014; Mukherjee, 2014)

### *PALATE – Çevresel ve Ekonomik Etki Değerlendirme Aracı*

Çevresel ve Ekonomik Etkiler için Kaplama Ömür Döngü Değerlendirme Aracı (Pavement Life-cycle Assessment Tool for Environmental and Economic Effects - PaLATE) yol yapımında ömür döngü maliyetleri ve çevresel etkiler için değerlendirme ve karar verme aracı olarak kullanılmaktadır.

MAKDM ve AASHTO Pavement – ME Dizayn yazılımının ortaya çıkmasıyla birlikte farklı üstyapı alternatifleri için performans tahmini mümkün olmuştur. Bu şu anlama gelmektedir: geçmişte mühendislerin farklı tasarım özelliklerinden dolayı performans değişimini tahmin etmek için yalnızca karar verme yöntemini kullanmalarına karşın, günümüzde üstyapı mühendisleri geniş bir analiz periyodunda (örn. 50 yıl) performans tahmini için Pavement-ME ile bir çok farklı üstyapıyı modelleyebilmekte ve o üstyapıdaki gelişmelere göre bozulmaları tahmin edebilmekle birlikte her bir dizayn için gereken rehabilitasyon yöntemini eşleştirebilmektedir. Daha sonra, bu bilgi ile tasarımcı hangi üstyapı dizaynının en iyi performans, düşük maliyet ve daha az çevresel etkiye sahip olduğunu belirlemek için, başlangıç ve rehabilitasyon maliyetlerini ve farklı üstyapı dizaynlarının sürdürülebilirlik etkilerini (küresel ısınma potansiyeli, asitleştirme potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli gibi) hesaplayabilmektedir (Mack, 2012).

MAKDM kullanımı üstyapının performansını sürekli olarak istenen seviye üzerinde tutulmasını sağlamaktadır. Üstyapının performansının iyi olması sürdürülebilirlik açısından da işletme maliyeti, yakıt tüketimi, lastik aşınma maliyeti, araç bakım-onarım maliyetleri gibi birçok kazanımı beraberinde getirmektedir.

MAKDM kullanılarak inşa edilen karayolu kaplamaları proje ömürleri boyunca maruz kalacağı etkiler önceden dikkate alındığı için proje ömürlerince ihtiyaç duyulacak bakım

onarım maliyetlerinde ciddi kazanımlar elde edilmektedir. ABD’de Iowa eyaleti için yapılan bir çalışma da MAKDM ’ne göre kalibrasyon çalışması yapılması halinde bakım onarım maliyetlerinde %1 oranında yıllık kazançlar elde edilebileceği gösterilmiştir. Bu oran düşük gibi görünse de proje ömrü 20 yıl olan bir BSK kaplamada toplamda %20’lik bir kazanç anlamına gelmektedir (Ceylan ve diğ., 2014)

Üstyapı performansının belirlenmesinde kullanılan değerlerden biri de düzgünsüzlüktür (IRI). 1 km’lik yoldaki toplam ondülasyon miktarının metre(m) cinsinden değeri olarak tanımlanabilecek bu değerın yol yapım şartnamelerinde belirli sınırlar içerisinde olması istenmektedir.

Aracın yakıt tüketiminde azalma, yol iyileştirmelerinin teknik ve ekonomik değerlendirmelerinde göz önüne alınması gereken ana faydalardan biridir. Yapılan bir araştırmada kaplama düzgünsüzlüğünde (IRI) 1 m / km azalmanın binek otomobillerin yakıt tüketiminde %3'lük bir düşüşe neden olacağını göstermiştir. Yakıt tüketimindeki bu azalma, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 255 milyon araç tarafından her yıl tüketilen 200 milyar galonun yılda yaklaşık 6 milyar galonunun tasarrufu anlamına gelmektedir. 2013'te ortalama ABD yakıt fiyatı yaklaşık 4 \$ / galon olduğu düşünüldüğünde, bu yaklaşık 24 milyar dolar tasarruf anlamına gelmektedir (Chatti ve Zaabar, 2014).

Chatti ve Zaabar (2014) kaplama düzgünsüzlüğünde 1 m / km (63.4 in / mil) azalmanın binek otomobiller için lastik aşınmasında yaklaşık yüzde 1'lik bir düşüşe neden olacağını göstermiştir. Yaptıkları araştırmaya göre binek otomobilin yıllık ortalama yolculuğunun 24.000 km (15.000 mil) ve lastik ortalama fiyatı 100 \$ olduğu varsayılarak 255 milyon araç için lastik maliyeti yılda yaklaşık 32.1 milyar dolara mal olmakta bu nedenle, IRI'de 1 m / km'lik bir azalma yılda 321 milyon dolar tasarruf sağlamaktadır.

Chatti ve Zaabar (2014) tarafından yol yüzey özelliklerinin araç bakım ve onarım maliyetlerine etkisini belirlemek için yapılan bir araştırmada, kaplama düzgünsüzlüğünün 3m/km 'ye kadar etkisinin olmadığı belirlenmiştir. IRI değerinin 4m/km olması durumunda otomobil ve ağır taşıtların bakım-onarım maliyetleri %10 oranında, 5m/km olması durumunda ise otomobil bakım-onarım maliyeti %40 oranında etkilenirken ağır taşıtlarda bu oran %50'lere ulaşabildiği belirlenmiştir.

## **5.Sonuç**

Yapılan araştırmalardan görüleceği üzere yol performansının sürdürülebilirlik üzerine ciddi etkileri olmaktadır. Dünya da çevresel ve ekonomik zararların azaltılabileceği uygulamaların önemi her geçen gün artmaktadır. Ulaştırma tipi olarak ülkemizde karayolunun ağırlıklı olarak kullanılıyor olması, karayolu üstyapısında BSK kaplamaların ülkemizde yaygınlaşmaya başlamış olması ve bu kaplamada kullanılan bağlayıcı olan bitümün büyük çoğunluğunu ithal ediyor olmamız...vb. nedenleri ile bu kaplamaların bakımı büyük önem arz etmektedir. BSK kaplamaların bakım onarım çalışmaları ile

performans ve ömürleri iyileştirilebilmektedir. MAKDM, BSK kaplamalarda meydana gelebilecek bozulma türü ve performans değerlerinde meydana gelebilecek düşüşleri daha yapım aşamasında belirleyebiliyor oluşu gerekli tedbirlerin daha yapım aşamasında alınabilmesine olanak sağlamaktadır. Mevcut yolların bu metotla analizi sonucunda mevcut yolların o anki ve gelecekteki performanslarına dair veriler elde edilebilmesi mevcut yolların bakım onarım etkinliğini de ciddi oranlarda arttırabilmekte ve kaplama ömrünü uzatabilmektedir. Karayolu kaplamaları söz konusu olduğunda kaplamada oluşan bozulmaların ne kadar kısa sürede bakım onarımı yapılırsa, bakım onarım maliyetleride o oranda düşük olmaktadır. Bu durumda MAKDM sayesinde bozulmanın türü, yeri, miktarı gibi bilgilerin önceden bilinmesi bakım onarım maliyetlerinde büyük kazançlar sağladığı gibi kaplamaların performansının düşmesini önlemeye yardımcı olması ve üstyapının ömrünü uzatması da ciddi faydalarındandır. Ayrıca sürdürülebilirlik analizleri yapabilmek için kullanılan puanlama sistemleri, yazılımlar ve analiz yöntemlerinin kaplama ömrü boyunca kaplamada oluşabilecek performans değişikliklerine ait doğru ve güvenilir verilere ihtiyaç duyması MAKDM'nin önemini daha belirgin olarak ortaya koymaktadır. Bu durum sadece kaplama bakım-onarım maliyetlerinden değil, CO<sub>2</sub> salınımı, yakıt tüketimi, lastik aşınma maliyeti, araç bakım-onarım maliyetleri...vb. maliyetlerden de kazançlar sağlamaktadır. Bu nedenle gelecek nesillere daha yaşanabilir bir ülke bırakmanın yanı sıra ülke ekonomik kaynaklarımızın da daha verimli kullanımı açısından bakıldığında sürdürülebilir uygulamalar daha fazla önem kazanmaktadır. Bu araştırma ile Paris Anlaşması'ndaki 2030 hedeflerimize ulaşabilmemiz ve sürdürülebilir bir gelecek için, MAKDM'nin ülkemizde kullanımı ile karayolu kaplamalarımızın daha verimli kullanımı ve sürdürülebilirlik bakımından ciddi kazanımlar sağlanacağı ortaya konmuştur.

## **6.Referanslar**

Sevginer C., Bilge E., Demir Ö., Gezer U. Y. (2011) Sürdürülebilir Ulaşım İçin Çözüm Önerisi: Taksiye Yönelik Araç Platformu, 9.Ulaştırma Kongresi, İstanbul.

Yüksel H., Sürdürülebilirlik Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Sağlık A. (2014) Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları, 3.Karayolu Ulusal Kongresi, Ankara.

T.C.Kalkınma Bakanlığı (2013) 10.Kalkınma Planı, Ankara.

Çelik H. M. (2009) Sürdürülebilir Ulaşım ve Türkiye Kentleri Ulaştırma Sorunları, 1.TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, İzmir.

Gerçek H. (2005) Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul'da Ulaştırmanın Bugünü ve Geleceği, 6. Ulaştırma Kongresi, İstanbul.

Karavaşin M.(2014) Sürdürülebilir Karayolu Projeleri.<<Yeşil Yollar>>, 3.Karayolu Ulusal Kongresi, Ankara.

Uluslararası Enerji Ajansı (2016) CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion Highlights (2016 edition), 2016 istatistikleri.

Kozakoğlu C. (2015) 10 grafikte BM İklim Değişikliği Konferansı ve Türkiye, BBC Türkçe Ekonomi.

T.C.Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (2008) Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi.

Özcanan S., Akpınar M.V. (2014) Esnek Üstyapılarda Kritik Tekerlek ve Aks Konfigürasyonların Mekanistik Analizlere Göre Tespit Edilmesi, İMO Teknik Dergi, 6625-6654, Yazı 413.

Özgan E., Serin S., Ertürk S., Hastürk C., Metin E. (2010) Karayolu Esnek Üstyapısının Projelendirilmesi, MYO-OS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, Düzce.

Coree B., Ceylan H., Harrington D. (2005) Implementing the Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: Implementation Plan, IOWA State Üniversitesi, ABD.

Federal Highway Administration (FHWA) (2011) Life- Cycle Cost Analysis Software, Website of the FHWA Office of Asset Management, Washington, ABD.

Harvey J., Wang T., Lea J. (2014) Application of LCA Results to Network-Level Highway Pavement Management, Chapter 2, Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements, Springer.

Huang Y., Parry T. (2014) Pavement Life Cycle Assessment, Chapter 1, Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements, Springer.

Mukherjee A., Cass D. (2014) The Product Process Service Life Cycle Assessment Framework to Estimate GHG Emissions for Highways, Chapter 3, Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements, Springer.

Mack J., Ulm F.J., Gregory J., Kirchain R., Akbarian M., Swei O., Wildnauer M., (2012) Designing Sustainable Concrete Pavements using the Pavement-ME Mechanistic Empirical Pavement Design and Life Cycle Analysis, International Conference on Long-Life Concrete Pavement, Seattle, Washington, ABD.

Ceylan H., Kim S., Gopalakrishnan K., Kaya O. (2014) Local Calibration of AASHTO Pavement ME Design, The 2014 Mid-Continent Transportation Research Symposium, Madison, WI, ABD.

Chatti K., Zaabar I. (2014) Effect of Pavement Surface Conditions on Sustainable Transport, Chapter 6, Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements, Springer.

# Ulaştırma Politikalarının Dönüşümü: Sera Gazı Azaltımının Planlaması

Selma ŞEKERCİOĞLU<sup>1</sup>, Beyhan İNCEKARA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Nişantaşı Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, <sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Nişantaşı Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

## Öz

Türkiye’de ulaştırma sektörü kaynaklı yapısal sorunlar uygulanmakta olan ulaştırma politikalarında eksikliklere neden olmaktadır. Türkiye’de ulaştırma politikalarının genel özelliklerine bakıldığında; ulaştırma modlarının dengeli dağılmaması ve sürdürülebilir ulaşım türlerinin altyapı olarak yetersizliği, benzer şekilde kentsel anlamda sürdürülebilir ulaşım türlerinin hayata geçirilmemesi ve bu kapsamda çevreyi en az olumsuz etkileyecek olan toplu taşıma ve bisiklet ulaşımına yönelik olarak yerel yönetimlerce yeterli uygulamanın yapılmaması başlıca sorunlar arasında değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ulaştırmada enerji verimliliği yönetmeliğinin kapsamlı bir düzenlemeye sahip olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla mevcut ulaştırma politikalarının oluşturulmasında orta vadeli planlamanın yapılması sektörün sürdürülebilirliği ve iklim değişikliği ile mücadele alanında gelişmelerin sağlanması açısından önem arz etmektedir. Daha uzun vadeli planlama kapsamında ulaştırma sektöründe sera gazı azaltımına ilişkin daha net hedeflerin bulunmaması, bu kapsamda kentsel ulaşım açısından sera gazı emisyonuna ilişkin veri toplama, izleme sistemlerinin yetersizliği ve kurumsal yapıdaki eksiklikler olduğu görülmektedir. Bu eksikliklerin giderilmesi için de sera gazı emisyonlarını azaltacak teşvik politikalarının uygulamaya geçilmesi ve vergilendirme ile fiyatlandırma sistemlerinde yeniden düzenlemenin gerekli olduğu görülmektedir. Bu noktada sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında sera gazı emisyonlarının azaltımı ile ulaştırma planlaması konusundaki gelişmelerin paralel bir seyir izlemesinin gerekli olduğunu belirtmek gerekir. Bu konuda geliştirilecek kapsamlı planlamanın uzun vadeli olarak sadece ulaşım sektöründe değil, Türkiye’nin sera gazı azaltım hedeflerine ulaşmada da büyük katkı sağlayacağını belirtmek gerekir. Netice olarak sera gazı azaltım politikaları ile ulaşım politikalarının entegre şekilde planlamasının esas olduğu ve yapısal sıkıntıları sonlandırabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda bu çalışmanın temel amacı özellikle karar alma, planlama aşamalarındaki bilgi, bilinç ve farkındalık düzeylerindeki farklılıklara odaklanarak mevcut ulaşım planlamasının yapısal sorunlarını tespit etmek ve bu kapsamda teşvik mekanizmaları ile emisyon azaltımının geliştirilmesinin sağlanabileceğini vurgulamaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Ulaştırma politikaları, sera gazı azaltımı, iklim değişikliği

<sup>1</sup> Selma Şekercioğlu. Tel. 0212 210 10 10 Email adresi: [selma.sekercioglu@nisantasi.edu.tr](mailto:selma.sekercioglu@nisantasi.edu.tr)

<sup>2</sup> Beyhan İncekara. Tel. 0212 210 10 10 Email adresi: [beyhan.incekara@nisantasi.edu.tr](mailto:beyhan.incekara@nisantasi.edu.tr)

## Giriş

Ulaştırma sektörü, son dönemde en hızlı gelişen sektörlerden biridir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ulaştırma altyapısı yatırımları bütçeden en çok pay alan yatırımlar olarak görülmektedir. Dolayısıyla çevre üzerinde yarattığı baskıda da bir artış görülmektedir. Özellikle emisyonlardan kaynaklı iklim değişikliği planlamalarında ulaştırma sektörü ön plana çıkmaktadır. Bu çerçevede yapılan bu çalışma ilk olarak ulaştırma politikaları ve modlarının dağılımına odaklanacak, ardından iklim değişikliği ve sera gazı emisyonları konularına sürdürülebilirlik perspektifinden değinecektir.

### 1. Ulaştırma Politikaları

#### 1.1.Ulaştırma Tanımı ve Ulaştırma Modları

Ekonomik anlamda ulaştırma, üretim mallarının üretildiği lokasyondan tüketileceği yere ulaştırılması faaliyetine işaret etmektedir. Dolayısıyla bu eylem içerisinde hammadeler, üretim faktörleri (teçhizat, insan, enerji vs.) ve ürünler yer almaktadır. (Basık, 1983).

Ekonominin diğer dallarıyla sıkı bir ilişki içerisinde olan ulaştırma sektörünün, ekonomiye hem doğrudan hem de dolaylı etkileri mevcuttur. Tüketici pozisyonu ile ulaştırma sektörü; taşıma araçlarını üreten sektörler açısından doğrudan bir ekonomik sonuç üreticisi olmakla birlikte, sanayi, endüstri ve üretim yapılarının oluşmasında da belirleyicilik rolüne sahiptir (Kuyucuklu, 1993). Gerek ticari hayat gerekse toplumsal yaşam açısından ulaştırma hizmetleri ve altyapısı öncelikli gereklilikler arasında yer almakta, endüstriyel ve sanayi bölgelerinin oluşumunda da ulaştırma fonksiyonunun işlevselliği büyük önem arz etmekle birlikte bu bölgelerin oluşturulmasında ulaşım imkanları dikkate alınmak suretiyle planlama yapılmaktadır.

Netice itibariyle ulaştırma, toplumsal ihtiyaçların karşılanması noktasında ulaşım araç ve kaynaklarının tahsisini ifade eden ve makroekonomik yönü itibariyle bir ülkenin ekonomik kaynaklarının belirli bir dilimini oluştururken mikro-ekonomik ölçekte de ulaştırma hizmeti sunan işletmelerle nihai tüketici arasındaki ilişkiden oluşan finansal değerleri ifade etmektedir (Saatçioğlu, 2011).

Ulaştırmaya ulaştırma modları açısından genel olarak bakacak olursak; Karayollarında hız, genel olarak yolun kesitteki durumu, meyilleri, virajları, kavşakları, şerit sayısı, platform genişliği gibi trafik akım koşullarına göre değişmekte olup hem altyapı diğer sistemlere göre daha ucuz ve kısa sürede realize edilebilmekte hem de taşıma araçları açısından diğer sistemlere oranla daha az sabit yatırım gerektirmektedir (İncekara, 2016).

Demiryolu ulaşımı ise; kişilere ve eşyalara yer ve zaman faydası sağlamak amacıyla gerçekleştirilen ulaştırma işleminin raylar üzerinde lokomotifler ile yapılması olarak tanımlanabilir. Demiryollarının diğer ulaştırma modları ile rekabetini sağlayan en önemli unsur mesafe ve zamandır (Holloway,1998).

Günümüzde yaşanan enerji sorunuyla birlikte ulaştırma, enerji tüketimi açısından özel bir önem taşımaktadır. Demiryolları enerji tüketimi bakımından iki yarar sağlamaktadır. Bunlardan birincisi öteki ulaştırma türlerine göre daha az enerji tüketmesidir. İkincisi ise elektrik enerjisinin kullanılabilir olmasıdır.

Denizyolu ulaştırması ise; denizyolu taşımacılığı ile büyük miktarlardaki yükün diğer sistemlere oranla çok daha düşük maliyetle uzun mesafelere, ülkeler ve kıtalararası taşınmasını mümkün kılmakta ve bu özelliği dolayısıyla ülkelerin dış ticaretinde önemli rol oynamaktadır.

Havayolu ulaştırmasında, taşımacılık işleminin hava yolu ile gerçekleştirilmesini sağlayan havayolu taşımacılığı son yıllarda önemi giderek artan bir taşıma sistemidir. Havayolu ulaşımı, hızla değişen teknolojik gelişmelerin ulaştırma sektörüne uygulanabildiği bir alandır. Ölçek ekonomisiyle genişleyen kapasiteler sonucu düşen bilet fiyatları, yakıt tasarrufu sağlayan, düşük gürültü ve emisyon seviyelerine sahip uçakların geliştirilmesinin; hava yolu şirketlerinin, hizmet kalitesi üzerinde önemli etkileri vardır (Tübitak, 2003).

## 1.2 Ulaştırma Politikaları

Ulaştırma politikaları, genel olarak makro ekonomide üretim artışının yanı sıra taşıma maliyetlerinin azaltılmasını, bu şekilde sektörlerin ve genel ekonominin verimliliğinin artmasını ve uluslararası ticaretin ve rekabetin artmasını sağlamaktadır (zen ve diğer., 2016).

Cumhuriyetin kuruluşundan günümüze kadarki ulaştırma sektörüne yönelik planlar incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlar oldukça önemlidir. Elmas ve diğer (1999)'e göre, 1950'li yıllardan sonra ulaşımda karayollarına önem verilmektedir. Cumhuriyet döneminde demiryolu ulaşımı önem kazanmış ve o dönemdeki maddi yetersizliklere rağmen 3 360 km. yeni demiryolu yapılmıştır. 1997 yılında karayollarının ulaştırma sistemleri içinde yolcu taşımacılığında % 94.8, yük taşımacılığında ise % 92.6 gibi bir pay aldığı görülmektedir.

**Tablo 1: Beş yıllık kalkınma planlarında ulaştırma türlerinin yatırım ve gerçekleşme payları (%)**

	Karayolu		Demiryolu		Diğer	
	Planlanan	Gerçekleşen	Planlanan	Gerçekleşen	Planlanan	Gerçekleşen
I. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967)	71,2	71,2	17,5	17,5	11,3	11,3
II. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968-1972)	72,7	72,7	18,8	18,8	8,5	8,5
III. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973-1978)	52,0	74,6	22,4	13,9	25,6	11,4
IV. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1984)	60,7	74,6	24,6	10,6	14,7	14,8
V. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1985-1989)	49,2	43,3	21,9	16,0	28,9	40,7
VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1994)	78,9	82,7	8,5	7,2	12,6	10,1

**Kaynak:** I-VI'ncı Beş Yıllık Kalkınma Planlarından Derlenmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi; ilk planda ve ikinci planda tüm ulaştırma modlarında hedefler tutturulmuştur. nc planda ise karayolunda hedeflenen yatırımın üzerinde bir yatırım gerçekleşmiştir. Fakat demiryolu ve diğer modlardaki yatırım türlerinde aynı durum söz konusu değildir. Bunlarda hedeflenen oranın altında kalınmıştır. 1985-1989 döneminin kapsayan beşinci planda şaşırtıcı bir sonuç oluşmuştur ve karayolu ulaştırma modu da dahil

olmak üzere oranlar şaşmıştır. Fakat diğer denilen denizyolu ve havayolu gibi ulaştırma yatırımlar artış göstermiş hedefin üzerine çıkmıştır. 6. planda ise yine hedefler tutmamıştır.

VI. ve VII. plan dönemlerinde yaklaşık % 18'den % 7,5 düzeyine düşmüştür. VIII. Plan döneminde 170 km otoyol ve bağlantı yolunun yapımı tamamlanmış, İstanbul Büyükşehir Belediyesine devredilen 117 km'lik yol ile birlikte toplam otoyol ağı 1.944 km'ye 28 ulaşmıştır. Yeni bölünmüş yolların büyük çoğunluğu sathi kaplamalı olarak inşaa edilmiş olup BSK'ya çevirme çalışmalarına başlanmıştır (9.Kalkınma Planı, 2016).

Dünyada ticaretin giderek ve küresel ve bölgesel ölçekte çok modlu ulaştırmanın ağırlık kazanmasıyla yüklerin sorunsuz taşınabilme mesafelerinin uzaması, hız unsurunu öne çıkarmıştır. Türkiye'de ulaştırma modu sistemlerine bakıldığında; demiryolu ve denizyolu altyapısının yeterince geliştirilememesi en uygun ulaştırma türünün karayolu taşımacılığı olması, yük ve yolcu taşımalarının ağırlıklı olarak karayolu ile yapılmasına yol açmıştır. Bu durum taşıma türleri arasında dengesizlik oluşmuştur. Başarılı bir ulaştırma planlamasında ulaştırma modlarının dengeli ve birbiriyle koordineli bir şekilde organize edilmesi gerekmektedir. Buna ilave olarak ulaştırma açısından son dönemde öne çıkan en önemli hususlardan biri de çevre olmuştur. Çalışmanın ikinci bölümünde belirtileceği gibi, yüksek derecede karbon emisyonundan dolayı oluşan hava kirlilikleri ve meydana gelen iklim değişiklikleri birçok ülkeyi ulaştırma konusunda doğaya daha duyarlı ve az yakıt tüketen sistemler geliştirmeye itmiştir.

OECD (2008) Raporuna göre, motorlu taşıtların yol açtığı kirliliği azaltmak amacıyla 2003 yılının Temmuz ayında kabul edilen bir yasa ile eski arabaların kullanılmaması için mali teşvik önerilmiştir ve bir araç olarak kullanılmıştır. Yine bu rapora göre programın sona erdiği 2004 yılında, teşvik olarak 732 milyon USD'lik vergi indiriminin sunulmasıyla birçok araç trafikten çekilmiştir.

## **2. İklim Değişikliği ve Ulaştırma Politikaları**

### **2.1. İklim Değişikliği ve Ulaştırma Politikaları İlişkisi**

İklim değişikliği en genel tanımlama ile iklimde yaşanan değişimi ifade etmekle birlikte bu süreç doğal olabileceği gibi insan faaliyetlerinden de etkilenmektedir. İklim değişikliğine yüklenen negatif anlam bu kapsamda insan faaliyetleri ile iklimin doğal döngüsünün bozularak küresel sıcaklık düzeylerinin artışı ile birlikte iklim döngüsünün hızlı değişimini ifade etmektedir (UN, 1992). Öncelikle sanayileşme ve beraberinde gelen yaşam tarzı değişiklikleri, fosil yakıtlarının kullanımının artışı beraberinde getirmiştir.

Fosil yakıtların kullanımı hem karbondioksit, metan gibi gazların atmosferdeki yoğunluğunu arttırmakta hem de çevre üzerinde çoğunlukla geri döndürülemez etkilere neden olmaktadır. Sera gazı etkisi olarak adlandırılan ve Dünyanın ısınmasını sağlayan bu gaz yoğunluğu artışı kümülatif olarak etkisini göstermeye devam edecektir. Dolayısıyla bu gazların atmosferdeki yoğunluğunu belirli bir seviyede sabitleyerek daha büyük tahribat yaratmasının önüne geçmek gerekmektedir. Ancak sera gazı emisyonlarının azaltılması ve gerekli önlemlerin alınması sürecine ek olarak iklim değişikliğinin küresel sıcaklık artışından kaynaklanan olumsuz etkilerinin bir süre daha devam edeceği bilinmektedir (Chapman, 2007).

İklim değişikliğine sebep olan en önemli insan faaliyetlerinden birisi de ulaştırmadır. Özellikle ulaştırma için artan şekilde kullanılan fosil yakıtların hem çevre üzerinde



yarattığı baskı hem de uzun vadeli olarak tükenebilir bir niteliğe sahip olmaları ulaştırma politikalarında dönüşümün gerçekleşmesini gerekli kılmaktadır.

Peng ve diğ. (2010)'e göre ulaşım sektörünün iklim değişikliği ile iki ayrı şekilde bağı bulunmaktadır. Bunları, ulaşım için kullanılan altyapı ile ulaşımdan kaynaklanan etkiler olarak sınıflandırmak mümkündür. Yani hem ulaşım sektörünün gelişimi için kullanılan hammadde ve süreçler hem de sektörün gelişmesinden kaynaklanan mobilizasyonun artışı iklim üzerinde baskı yaratmaktadır. Özellikle karayolu ulaşımı olmak üzere bütün ulaşım türlerinde fosil yakıtların kullanım oranı çok yüksektir. Dolayısıyla üretimin ilk aşamalarından ulaşım planlamalarına ve nihai olarak ulaşım araçlarının kullanımına kadar geçen süreç sera gazı emisyonu açısından birincil önemdedir (Chapman, 2007).

1971-2014 yılları arasında yakıt tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları Dünya genelinde %57.9 oranında artış göstermiştir (IEA, 2016). OECD ülkeleri içerisinde ise 2014 yılı verilerine göre CO<sub>2</sub> emisyonlarının sektörlere göre dağılımında ulaşımın payı %29 iken, IEA istatistiklerine göre dünyada yakıt tüketimi kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının payı %23'tür (OECD, 2016; IEA, 2016). Bir diğer deyişle gelişmiş ülkelerde sera gazı emisyon oranlarında ulaşım sektörünün payı daha yüksek gözükmektedir.

Ulaşımın sektörleri açısından bakıldığında ise 2014 yılı içerisinde ulaşımdan kaynaklanan emisyonların dörtte üçü karayolu ulaşımından kaynaklanmaktadır. Çünkü karayolu ulaştırması en büyük paya sahip olan ulaştırma modu olarak görünmektedir. 1990-2014 yılları arasındaki verilere bakıldığında toplamda ulaşım sektörünün emisyonlarında %71'lik bir artış görülmekte iken denizyolu taşımacılığında %69, havayolu taşımacılığında %95 oranında artış olmuştur (IEA, 2016). Havayolu ulaştırmasındaki bu yüksek oranın nedeni; düşük maliyetli taşıyıcılar ile uçak biletleri fiyatlarının ucuzlaması ve hız faktörünün bu ulaşım modu açısından avantajlı olması olarak gösterilmektedir. Ulaştırma sektöründe en fazla sera gazı emisyonuna yol açan iki alt sektör karayolu ve havayolu taşımacılığıdır. Demiryolu ise taşımacılık etkinliği yüksek olan ve bu nedenle en az sera gazı emisyonuna yol açan ulaştırma türüdür.

## **2.2. Sürdürülebilir Ulaşım Planlaması**

Ulaşım çevre üzerinde küresel, kentsel ve yerel olmak üzere üç farklı etki düzeyine sahiptir. Küresel etkiler daha çok sera gazı emisyonu ile ilişkilendirilirken, kentsel ve yerel düzeylerde karayolu ulaşım alanlarının genişlemesine bağlı olarak ortaya çıkan sorunlara değinilmektedir (Akı, 2015). Dolayısıyla sera gazı emisyonu konusundaki düzenlemeler bir bütün olarak küresel düzlemde ele alınmalı ulusal olarak üretilen politikalar da yerele kadar çok katmanlı etkiye sahip olmalıdır.

Sürdürülebilir kalkınma, gelecek kuşakları düşünerek günümüz ihtiyaçlarını giderecek şekilde kalkınmak olarak adlandırılmaktadır (World Commission on Environment and Development, 1987). Kavram, geçtiğimiz 30 yıllık süre içerisinde gelişim göstermiştir. Bu kapsamda sürdürülebilir ulaşım planlaması, ulaşımın sürdürülebilir olarak yeniden planlanması anlamına gelmektedir. Buna göre altyapı yatırımlarından ulaşım araçları ve yakıt konusunda yapılan ARGE faaliyetlerine geniş bir yelpazede planlamanın gerçekleşmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda ulaşım konusunda alınabilecek önlemler yedi başlık altında toplanabilir. Alternatif yakıtların kullanımı, benzin tasarrufu yapan araçların teşviki, araç kullanımının azaltılması, ulaştırma için kullanılan alanların azaltılması, akıllı taşımacılık sistemlerinin

geliştirilmesi, entegre taşımacılık sistemleri ve nihayetinde seyahatlerin azaltılması (Peng v.d., 2010). Bunlara ek olarak sera gazı emisyon fiyatlandırması (emission fee) yapılması da ulaşım davranışlarının değişmesine sebep olabilmektedir. Boarnet (2010)'e göre talep esnekliğinin yüksek olması durumunda emisyonlardan kaynaklanan dışsallıklarda da azalma olacaktır. Aynı şekilde alan kullanımı ve altyapı çalışmaları ile birlikte araba kullanımının fiyata olan duyarlılığı artacağından fiyatlandırma ile alan kullanımı planlamasının bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Yani fiyattaki artışların ve azalışların, alan kullanımı ile birlikte değerlendirilip tamamlayıcılık özelliğine sahip olması gerekmektedir.

Daha sürdürülebilir bir ulaşım politikası geliştirmek ve adaylık perspektifi dolayısıyla AB politikaları da Türkiye'nin politika dönüşümü açısından önem arz etmektedir. Ulaştırma alanındaki çevre ile ilgili sorunlar ulaşımdan kaynaklı çevresel maliyetlerin tarifelenmesi ve vergilendirilmesi; karayolu, demiryolu, denizyolu ve havayolu taşımacılığı konularında söz konusu ihlallerin cezalandırılması ve emisyonlara ilişkin çevresel normların iyileştirilmesi ile çevresel kirliliklerin azaltılması yoluyla bu taşımacılık türlerinden kaynaklanan problemlerin çözümü şeklinde sıralanmaktadır. Bu noktada ortak ulaşım politikası kapsamında karayolu araçları için emisyon standardının uygulanması, yakıt kalitesinin iyileştirilmesi ile yenilenebilir yakıt kullanımının teşviki, gemi taşımacılığı emisyonlarının azaltımı, sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi çalışmaları ön plana çıkmaktadır (Goral, 2007):

### 3. Türkiye'de Ulaştırma Politikaları Dönüşümü

Ulaştırma politikaları genel olarak; stratejik ulaşım ekonomisi politikaları ve uygulamalı ulaşım ekonomisi politikaları olarak ayrılmaktadır. Stratejik Ulaştırma Politikaları ekonomiyi makro açıdan ele almaktadır. Yapılan büyük ulaşım yatırımları ve yenilemeleri bu politikalara girmektedir. Uygulamalı Ulaştırma Ekonomisi politikaları ise daha mikro düzeyde yani yerel yönetimler düzeyinde ulaşım politikaları üretmektedir. Son dönemlerde ulaşım sektörüne yapılan harcamalar artmış, ulaşım sektörü diğer harcama kalemleri arasında en yüksek paya sahip olmuştur. Toplam Kamu Harcamaları içinde Ulaştırma Bakanlığı'nın ulaşım yatırımları payı 2003 yılında %17 iken 2015 yılında yaklaşık %45'lere çıkmıştır. 10. Kalkınma Planı'na göre, 2014-2018 yılları arasında kamu sabit sermaye yatırımlarının yüzde 34'ü ulaşım sektörüne ayrılması planlanmaktadır.

**Tablo 2. Plan Dönemi Kamu Harcamaları**

	9. Plan Dönemi Gerçekleşme (milyon lira)	9. Plan Dönemi Gerçekleşme (pay yüzde)	10. Plan Dönemi (milyon lira)	10. Plan Dönemi (pay yüzde)
<b>Tarım</b>	39.947	10,2	50.087	12
<b>Madencilik</b>	8.483	2,2	12.522	3
<b>İmalat</b>	3.809	1	3.757	0,9
<b>Enerji</b>	28.655	7,3	15.026	3,6
<b>Ulaştırma</b>	146.123	37,4	141.914	34
<b>Turizm</b>	2.087	0,5	2.504	0,6
<b>Konut</b>	6.409	1,6	4.174	1
<b>Eğitim</b>	47.886	12,3	66.783	16
<b>Sağlık</b>	21.887	5,6	21.287	5,1
<b>Adalet</b>	5.072	1,3	6.261	1,5
<b>Güvenlik</b>	3.894	1	4.591	1,1

<b>İçme Suyu</b>	25.847	6,6	29.218	7
<b>Kanalizasyon</b>	21.746	5,6	24.209	5,8
<b>Teknolojik Araştırma</b>	6.889	1,8	10.435	2,5
<b>Diğer</b>	21.951	5,6	24.626	5,9
<b>TOPLAM</b>	390.684	100	417.393	100

**Kaynak:** 9. Kalkınma Planından derlenmiştir.

Türkiye’de ulaştırma sektöründe yaşanan değişim bu sektörün Türkiye’nin toplam emisyonları içindeki payının da artışına sebep olmuştur. TUIK verilerine göre 2014 yılında ulaşım sektörü, emisyonların %15,8’inden sorumlu iken, 1990 sonrası dönemde emisyonların %172 arttığı görülmektedir. TÜSİAD’ın hazırladığı raporda bu oranlar verilerek hem İklim Değişikliği hem de Ulaştırma konularında hazırlanan Strateji belgelerinde Türkiye’nin sera gazı emisyonları konusunda ulaştırma hedeflerine yeterince vurgu yapılmadığı belirtilmektedir (TÜSİAD, 2016).

Bu konuda Türkiye açısından atılabilecek en somut adım ulaşım planlamalarında sera gazı emisyonunun da planlamalara dahil edilerek daha entegre bir ulaşım politikasının oluşturulmasından geçmektedir. Türkiye’nin hazırlamış olduğu İklim Değişikliği Eylem Planı içerisinde ulaştırma sektörü planlamalara dahil edilen alan olmakla birlikte Ulaştırma Bakanlığı’nın hazırlamış olduğu Strateji belgesinde sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik vurgu yapılırken somut hedefler belirlenmemiş olarak görülmektedir (Ulaştırma Bakanlığı, 2011)

İklim Değişikliği Eylem Planının ulaştırma kısmı özellikle yük ve yolcu taşımacılığı alanlarında demiryolu ile denizyolunun paylarının artırılmasına vurgu yaparken karayolunun bu alanlardaki payının azaltılmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Ancak, bu konuda alınacak tedbirlere ilişkin hazırlanması beklenen planlar için son tarih olarak 2023 yılını göstermektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011). Strateji belgesi niteliği itibarıyla çerçeve nitelik taşıdığından detaylı bir planlama içermese de detaylı planların yapılması için süre verilmiş olması hedeflerin gerçekçi bir perspektiften uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

Türkiye’nin ulaştırma sektöründen kaynaklanmakta olan sera gazı emisyonlarının %91’i karayolları kaynaklı iken en düşük emisyon oranının ise %0,8 ile demiryollarında olduğu görülmektedir (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015). Buradaki istatistiklere paralel olarak Ulaştırma Bakanlığı’nın hazırlamış olduğu strateji belgesinde demiryollarının gelişiminin önemi vurgulanırken karayollarında yalnızca sera gazı emisyonları için algılama ve izleme sistemlerinin entegre edilmesinin planlandığı belirtilmektedir (Ulaştırma Bakanlığı, 2011).

Türkiye’nin İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında sunmuş olduğu İklim Değişikliği 6. bildirim hazırlanmış en kapsamlı belgedir. Buna göre iklim değişikliği ile ilgisi bulunan bütün politikalar merkezi yönetim tarafın yapılmaktadır. Belgede diğer belgelere nazaran en somut gelişmeler özetlenmiş olup karayollarının emisyonlardaki payına dikkat çekilmiştir. Ulaştırma Bakanlığı tarafından hazırlanan 49, 53, 56, 57, 62, 63 ve 66 no’lu tebliğler ile bazı motorlu taşıtların trafikten çekilmesi ile teknolojik gelişmelerin emisyonları azaltma eğilimi yarattığı da vurgulanmıştır. Ayrıca diğer strateji belgeleri ile eşgüdümü çalışıldığı belirtilmiş ve genel olarak bütün strateji belgelerinde belirtilen hedefler özetlenmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016).

Yeni hazırlanacak olan planlarda ulaşım araçlarını kullanacak kitlenin de bu konuda farkındalığı artırılarak kullanım alışkanlıklarının değişimi de teşvik edilebilir. Türkiye açısından kısa vadede yapılabilecek en önemli adım sera gazı emisyonları dikkate alınarak hem kent içi hem de kentler arası ulaştırma planlamalarının yapılmasıdır. Kentsel sürdürülebilir ulaşım planlamaları kapsamında kişilerin günlük araç kullanım alışkanlıklarının değiştirilerek toplu taşımaya ağırlık verilmesi ve bu planlamalar yapılırken sadece ekonomik amaçların değil çevresel ve kültürel varlıkların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Buna ilaveten yük taşımacılığı konusunda da daha etkin bir planlama gereklidir.

Bu anlamda planlamaların daha kapsamlı olarak ülke genelinde yapılmaya devam etmesi ve diğer politika alanları ile bütünleşik olacak şekilde planlanması gerekmektedir. Sadece Ulaştırma Bakanlığı değil aynı zamanda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı gibi diğer paydaşların da dahil olduğu, birbiri ile ilişkili bütün alanların dahil edildiği ve en önemlisi çevresel etkilerin en aza indirildiği bir planlamanın gerekli olduğunun belirtilmesi gerekir. Üstelik ulaştırma yatırımların sürekli olarak artış eğiliminde olduğu düşünülürse bu yatırımların önceden belirlenen iklim değişikliği ile uyumlu planlar çerçevesinde gerçekleştirilmesinin önemi açığa çıkmaktadır.

Bu kapsamda Türkiye'deki ulaştırma sektörünün daha etkin ve verimli hale getirilmesi için şu önerilerde bulunulabilir:

- Karayolu ulaşımına talebin çok olmasıyla oluşan sorunların azaltılması için enerji tüketim verimliliğinin artırılması
- Yeni araç teknolojilerinin gelişmesinin teşvik edilmesi
- Tüm ulaştırma modlarındaki yakıt verimliliğinin artırılması ve alternatif yakıt tüketimlerinin bulunarak yaygınlaştırılması
- Enerji tüketimi yüksek olan 20 yaş ve üstü araçlar trafikten çıkarılması
- Yük ve yolcu taşımacılığında verimliliğin artırılması
- Toplu taşımacılıkta demiryolu ve denizyolunun payının artırılması
- Kent içi kullanım alışkanlıklarının dönüşümünün sağlanması
- Sera gazı emisyonu izleme sistemlerinin geliştirilmesi
- Teşvik ve vergilendirme sistemlerinin geliştirilmesi

## Sonuç

Planlamanın üç aşamalı olarak gerçekleştirilmesi işlevselliği açısından önem arz etmektedir. Bu noktada ilk aşamada kısa vadeli olarak kentsel ve ulusal düzeylerde ilgili kurumların toplu taşıma gibi araç kullanım düzeyini azaltacak olan araçları geliştirmeleri beklenmektedir. Orta vadeli olarak bütünleşik politika üretmenin ilk aşaması olarak ilgili kurumların geliştirdikleri strateji belgelerinin birbiri ile uyumlu olarak hazırlanmasına dikkat edilmelidir. Burada özellikle uluslararası anlaşmalardan doğan yükümlülüklerin yerine getirilmesi aşamasında kurumlar arası koordinasyonun gelişmesi ile birlikte özellikle akıllı sistemlerin teşviki gerçekleştirilebilir. Uygulama konusunda yaşanabilecek sıkıntıların gözlemlenmesi daha sağlıklı uzun vadeli politikalar üretilmesinin de ön koşulu olarak görülebilir.

Ulaştırma politikalarının planlanması sırasında ulaşımın modlarına ayrı bir önem verilmesi ve demiryolu taşımacılığı başta olmak üzere daha az emisyon üreten ulaşım türlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda kent içi ulaşımında metro kullanımının teşviki ve yeni metro hatlarının yapılması için planlamalar, bisiklet yolları ve mevcut yollarda

bisiklet kullananlar için şeritler ayrılması gibi önlemlerin alınması gerekir. Hem kentler arası hem uluslararası taşımacılığın gelişmesi için multi-modal ulaştırma yöntemi kullanılarak bu sektörün daha etkin olması sağlanır.

Ulaştırma politikalarının hazırlanması sırasında gerekli olan verilerin temini de en az politikayı oluşturmak kadar önemlidir. Bu noktada sera gazı emisyonlarına dair verilerin toplanması, daha teknolojik bir altyapının geliştirilmesi önemlidir. Özellikle Türkiye'nin sera gazı azaltım hedefleri kapsamında sadece ulaştırmadan doğan değil aynı zamanda sanayi, enerji gibi farklı üretim alanlarından doğan sera gazının incelenmesi için de takip mekanizmasını güçlendirmesi gerekir. Bu konuda yapılacak teknolojik altyapı daha sağlıklı ulaşım sektörü verilerinin elde edilmesini sağlayacağından stratejilerin daha gerçekçi hazırlanması sonucunu doğuracaktır.

Planlamaların gerçekleştirilmesi aşamasında devletin aldığı önlemlere bağlı olarak uygun teşvik ve vergilendirme mekanizmasını oluşturması beklenir. Bu konuda Türkiye'de oluşturulmaya çalışılan Karbon Piyasaları kapsamına uzun vadeli olarak ulaştırma sektörünün dahil edilmesi sürecin içerisinde teşvik, vergilendirme gibi mekanizmaların işletilmesini de zorunlu kılacaktır. Dolayısıyla bireylerden başlamak üzere kurumlara kadar bir zihniyet dönüşümü gereklidir. Bu konuda uzman personelin istihdam edilerek hem devlet kurumları hem de özel sektörde bu dönüşümün daha sağlıklı olması sağlanmaya çalışılmalıdır.

## Kaynaklar

Akı, B. (2015). Sürdürülebilir Ulaşım Planlamaları ve Çevre Üzerindeki Olumsuz Etkileri. 2nd International Sustainable Buildings Symposium. 28-30 Mayıs 2015.

Basık, F.O. (1983). Ulaştırma İşletmelerinde Maliyet Muhasebesi, No:7, Eko-Bil Yayını, İstanbul.

Boarnet, M. G. (2010). Planning, climate change, and transportation: Thoughts on policy analysis. *Transportation Research Part A*, 44, 587-595.

Chapman, L. (2007). Transport and climate change: a review. *Journal of Transport Geography*. 15, 354-367.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2011). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023. 15.04.2017. <https://www.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf>.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi. 14.04.2017. [https://www.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Turkiye\\_Iklim\\_Degisikligi\\_Altinci\\_Ulusal\\_Bildirimi.pdf](https://www.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Turkiye_Iklim_Degisikligi_Altinci_Ulusal_Bildirimi.pdf).

Elmas, G. ve Yıldızhan B. (1999). Türkiye'de Ulaşım Politikaları Ve Trafik Kazalarının Ekonomik Analizi, II. Ulaşım ve Trafik Kongresi, 08.02.2017, <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/11174.pdf>

Goral, C. (2007). Ulaştırmacılara Ağır Şartlar, 09.02.2017 <http://www.kaptanhaber.com/haber/8617/ulastirmacilara-agir-cevre-standartlari.html>.

Holloway, J. C. (1998). *The Business of Tourism*, 5'th Edition, New York: Longman Publishing.

IEA. (2016). CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. 14.02.2017, [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion\\_Highlights\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion_Highlights_2016.pdf).

İncekara, B. (2016). Ulaştırma Harcamaları – İktisadi Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Ekonometrik Bir Uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

Kuyucuklu, N. (1993) Türkiye İktisadı, Filiz Kitabevi, İstanbul.

OECD. (2016). Recent trends in the OECD: energy and CO<sub>2</sub> emissions. 10.02.2017, [https://www.iea.org/media/statistics/Recent Trends in the OECD.pdf](https://www.iea.org/media/statistics/Recent_Trends_in_the_OECD.pdf).

OECD. (2008). OECD Çevresel Performans İncelemeleri 08.02.2017, <https://www.oecd.org/env/country-reviews/42198785.pdf>.

Özen S. Ve Koldemir B. (2016). Ulaştırma Genel Politikaları Ve Planları Sorunu ve çözüm Yaklaşımları 08.02.2017, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3185.pdf>.

Peng, Z., Shen S., Lu, Q., Perch, S. (2010). Climate Change and Transportation. M. Kutz (Eds.) *Handbook of Transportaion Engineering Volume II*. İçinde (35.1-35.24). New York: McGraw Hill.

Saatçioğlu, C. (2011). Ulaştırma Ekonomisi, Teori ve Politika, Gazi Kitabevi, Ankara.

TBMM. (2006). Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013). 20.01.2017. s.27-28, <https://pbk.tbmm.gov.tr/dokumanlar/kalkinma-plani-9-genel-kurul.pdf>.

TÜBİTAK (2003) Vizyon 2023 Ulaştırma ve Turizm Paneli, Ulaştırma Birinci Aşama Raporu, Ankara.

TÜSİAD. (2016). Ekonomi Politikaları Perspektifinden İklim Değişikliğiyle Mücadele. TÜSİAD-T/2016 T/2016, 12-583. ISBN 978-605-165-019-7. İstanbul.

Ulaştırma Bakanlığı. (2011). Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023. 14.04.2017. [http://www.sp.gov.tr/upload/xSPTemelBelge/files/93C5Y+Turkiye\\_Ulasim\\_veIletisim\\_Stratejisi.pdf](http://www.sp.gov.tr/upload/xSPTemelBelge/files/93C5Y+Turkiye_Ulasim_veIletisim_Stratejisi.pdf).

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2015). İstatistiklerle Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme 2003-2015. 14.04.2017. <http://www.udhb.gov.tr/images/istatistik/0c3de9b9fe1505c.pdf>.

UN. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. 10.02.2017, [http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf).

World Commission on Environment and Development. (1987). Our Common Future. 13.02.2017, <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

# İzmir Körfezi'nde Faaliyet Gösteren Vapurlarda Kapasite Kullanımının Sistem Dinamikleri Yaklaşımı İle İncelenmesi

Seçil Gülmez<sup>1</sup>, Renda Aslantaş<sup>2</sup>, A. Güldem Cerit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Meydan Mah. 31200, İskenderun, Hatay, Tel: (326) 613 56 00

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Tınaztepe Yerleşkesi, 35390, Buca, İzmir, Tel: (232) 453 8197

E-Posta: gulmezz.secil@gmail.com, rendaaslantas@gmail.com, gcerit@deu.edu.tr

## Öz

Kent içi ulaşım sistemleri; toplumsal kalkınma, kentsel tasarım ve yerleşim ile doğrudan ilişkilidir. Bu kapsamda kent içi ulaşım hizmetini sağlayacak birimlerin oluşturacağı ulaşım politikaları, büyüyen şehir nüfusunun ulaşım ihtiyaçlarını karşılayacak niteliklere sahip olarak; hızlı, rahat, ucuz, güvenilir ve sürdürülebilir yolcu taşımacılığına olanak sağlamalıdır. Trafik sıkışıklığı, çevre kirliliği, trafik kazaları, belirli saatlerde yoğunluğun artması, toplu taşımacılığın yoğun saatler dışındaki yetersizliği ve kapasite planlaması konuları, kent içi ulaşımın yaygın problemleridir. Bu problemlere çözüm üretmek için bölgenin coğrafi özelliklerine uygun farklı ulaşım modları kullanılabilir. Ayrıca yolcuların ulaşım modları arasındaki tercihleri, her bir ulaşım modu için kapasite planlamasının önemini arttırmaktadır.

Bu çalışmada İzmir Körfezi'nde çalışan vapurlara ait kapasite kullanımı, sistem dinamikleri yaklaşımıyla incelenmiştir. Kent içi ulaşım hizmetini sağlayacak birimlerin sunmuş olduğu kapasite ile yolcuların kullanmış olduğu kapasite verileri ve bunları etkileyen değişkenler dikkate alınarak, özgün dinamik bir model ortaya çıkarılmıştır. Gerekli veriler, ikincil veri kaynakları kullanılarak ve denizyolu ulaşım hizmetini sunan işletme yetkilileri ile gerçekleştirilen görüşmeler ile elde edilmiştir. Dinamik modelin oluşturulmasında, sistem dinamikleri yöntemi uygulanarak, Vensim® PLE yazılımı kullanılmıştır. Bu model ile vapurların kapasite kullanımını etkileyen değişkenler, bu değişkenlerin hangi bileşenlerden oluştuğu, yine bu değişkenlerin birbiri üzerindeki etkileri ve bu etkilerin ne yönde olduğu, değişkenlere ait verilerin değişmesi durumunda genel kapasite kullanımına nasıl etki ettiği açıklanmıştır. Özgün modelin, sunulacak kapasite ile talep planlamalarına bir tavsiye niteliği taşıması sebebiyle sürdürülebilir ulaşım politikalarının oluşturulmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Kent içi ulaşım, denizyolu yolcu taşımacılığı, kapasite kullanımı, sistem dinamikleri, Vensim® PLE,

## Giriş

Günümüzde sürdürülebilir kalkınma, geniş bir çerçevede yaşam standardını ve yaşam kalitesini geliştiren bir kalkınma olarak değerlendirilmekte; ekonomik ve sosyal kalkınmanın çevresel koruma ve geliştirme ile entegrasyonu olarak görülmektedir (Deakin, 2001; İZKA, 2013). Bu kapsamda kentlerde ulaşım ihtiyacının ekonomik ve çevreye duyarlı bir temelde karşılanması amacıyla, sürdürülebilir kent içi ulaşım ile ilgili politikalar geliştirilmektedir (Cirit, 2014).

Avrupa Komisyonu Beyaz Kitap'ta öncelikli politika alanları, kentsel arazi kullanım planlanması, kent içi ulaşımın modernizasyonu ve karbon salımlarının azaltılmasıdır (Avrupa Komisyonu, 2001). Türkiye'de sürdürülebilir kamusal ulaşım sistemlerini geliştirecek projelerin hazırlanması, Avrupa Birliği (AB) ile uyum konusunda

oluşturulan politikalar kapsamındadır (TOBB, 2014). AB'ye uyumlu olarak ülkemizde, kent içi ulaşım alanında sürdürülebilirlik ön plandadır. Ulaşım planları geliştirmek, ulaştırma modları arasında entegrasyonu ve uyumu sağlamak, kentsel bağlantı noktalarını geliştirmek, toplu taşıma ve yaya ağırlıklı altyapının kurulmasını ve geliştirmek, çevreye duyarlı, verimli, akıllı ve maliyet etkin uygulamaları yaygınlaştırmak, gerekli altyapının kurulmasını sağlamak benimsenen politikalardandır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013). Sürdürülebilirliğin kent içi ulaşım alanında da gerçekleştirilebilmesi; ulaştırmaya olan talebin karşılanması ve ulaştırma sistemlerinin optimize edilmesini gerektirmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001). Kapasite planlaması ise operasyonel olarak, talep ile bu talebin karşılanabilmesi arasında kurulacak dengenin sağlanmasıdır (Aarabi ve Hasanian, 2014). Çünkü arz ve talep arasındaki dengesizlik, kapasite kullanımında kayıplara sebep olurken, trafik sıkışıklıklarına sebep olarak ulaşımda sürdürülebilirliği azaltmaktadır (Styhre ve Lumsden, 2007; Jacquillant, 2015).

Kent içi ulaşım, kentlerde yaşayan insanların, günlük ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik aktivitelerinin bir sonucu olarak dinamik bir sistem olarak tanımlanabilmektedir (Cirit, 2014). Çalışmada, kent içi ulaşımın dinamik bir sistem olarak değerlendirilmesi göz önünde bulundurularak, İzmir Körfezi'nde faaliyet gösteren vapurlara ilişkin kapasite kullanımı, sistem dinamikleri yaklaşımıyla incelenmiş ve Vensim® PLE yazılımı ile simülasyonu yapılmıştır. Sistem dinamikleri yaklaşımı, birden fazla değişkenin ve parametrenin göz önünde bulundurularak etkileşimlerini anlamada faydalı olmuştur (Maheshwari ve diğ. 2016). Bu yaklaşım; sürdürülebilir ulaştırma (Ercan ve diğ. 2016; Sayyadi ve Awasthi, 2017), kent içi ulaşım (Cao ve Menendez, 2015; Chao ve Zishan, 2013; Haghshenas ve diğ. 2015; Li ve diğ. 2013; Phil, 2015) ve ulaştırma alanında kapasite planlamalarında (Sinha, 2011; Cui ve Kuang, 2014; Lewe, 2014; Suryani ve diğ. 2010; Vlachos ve diğ. 2007; Soares ve Neto, 2016; Elbert ve Walter, 2014) kullanılan bir yöntemdir.

Çalışmanın kapsamı aşağıdaki başlıklar altında düzenlenmiştir: Sürdürülebilir kentsel ulaşım politikaları ve kapasite planlaması, amaç, yöntem, sistem dinamikleri yaklaşımı, örneklem, veri toplama süreci, verilerin sistem dinamikleri yaklaşımına göre hazırlanması, sonuçlar, kısıtlar, kabuller ve gelecek çalışmalar için önerilerdir.

## **Sürdürülebilir Kentsel Ulaştırma Politikaları ve Kapasite Planlaması**

Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden, günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir (SDC, 2017). Çevre kalitesi, sosyal eşitlik, ekonomik canlılık ve iklim değişikliği konuları ise sürdürülebilir büyüme kavramına olan ilginin artmasının temel nedenlerdendir (Deakin, 2001).

Ulaşımın ekonomik kalkınma ve yoksullukla mücadele konusunda güçlü araç olmasına karşın ulaşım sorunları, trafik yoğunluğu, trafik kazaları, küresel ısınmayı artıracak sera gazı salımları, çevre ve gürültü kirliliği, maddi kayıplar gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır (Akbulut, 2016; Sayeg ve Starkey, 2013; Avrupa Komisyonu, 2001; TOBB, 2014). Karbon bazlı yakıtlardan kaynaklanan yüklü miktarlarda CO<sub>2</sub> salımları insan sağlığına, hayvanlara, bitkilere ve çevresel hasara sebep olarak küresel ısınmayı tetiklemekte (Banister, 2003; Eboli ve Mazzulla, 2012) ve bu alanda politikaların oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım, ulaştırma politikalarının oluşturulmasında önemli bir etkiye sahip olması ile birlikte gerçekleştirilmesi oldukça güçtür (Banister, 2003). Dünyada, ana çevresel sorunlardan biri olan CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazları salımlarının (nitroz oksit, metan, hidro karbonlar) azaltılması ihtiyacı kabul



görmektedir (Banister, 2003; Rienstra ve diğ. 1995). İklim değişikliğine sebep olan ve kent içi ulaşım problemleri arasında oldukça önemli bir paya sahip olan sera gazı salımlarının azaltılması, temel amaçlar arasında değerlendirilmektedir (Babalık-Sutcliffe, 2010; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011).

AB, ulaşım konusundaki çalışmalarını rekabetçi, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir kapsamda gerçekleştirmektedir (Özer ve Kişi, 2011). AB, çevre kirliliği ve trafik sıkışıklığı gibi problemleri çözebilmek için sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesine yönelmektedir. Kent içi yolcu ulaşımının ve yük taşımacılığının karayolundan diğer ulaşım modlarına aktarımını sağlamak ve ulaşım modları arasında dağılımı dengelemek, entegre bir sistem oluşturmak ve küreselleşen ulaşımın etkilerinin yönetilmesi hedeflenmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001; TOBB, 2014). Ulaşım sistemleri, teknolojik gelişmelerin de etkisi ile Türkiye’de oldukça karmaşık bir yapıda bulunmaktadır (Akgüngör ve Demirel, 2004; Saatçioğlu ve Yaşarlar, 2012). Kentlere olan göçün hız kazanması ile kent içinde ulaşım dair problemlerin artması (DPT, 2006) bu konuda önlemlerin alınması ihtiyacını doğurmuştur. Ulaşım ile ilgili politikalar T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan Kalkınma Planı’nda bahsedilmektedir. Kalkınma Planları Türkiye’de ulaşım sektörüne ait politikaların kapsamını belirleyen belgeler olmakla birlikte; ulaşım sektörünü karayolu, demiryolu, havayolu, denizyolu, ve kent içi ulaşım olarak 5 başlık altında ele almaktadır (Babalık-Sutcliffe, 2010; İZKA, 2013). Plan, mevzuat, altyapı ve kurumsallaşma problemlerine eğililerek kent içi ulaşımının yönetilmesi ve güçlendirilmesi hususlarında politikalar üretilmektedir (Cirit, 2014). 2007-2013 yıllarını kapsayan Dokuzuncu Kalkınma Planı ile 2014-2018 yıllarını kapsayan Onuncu Kalkınma Planı’nda sürdürülebilir kent içi ulaşım dikkat çekilmiş; trafik sıkışıklıklarını azaltan, konforlu, güvenli, çevreye duyarlı, maliyet etkin, yakıt verimliliği yüksek, erişilebilirliği artıracak sürdürülebilir ulaşım altyapılarının oluşturulması hedeflenmiştir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013). Yine İklim Değişikliği Eylem Planı’nda da toplu taşıma sistemlerinin ulaşım modları ile entegre edilmesi ve sürdürülebilirlik temeli doğrultusunda kent içi ulaşımın yeniden yapılandırılması hedeflenmiş (DPT, 2006; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012). AB ile Tek Ulaşım Alanı oluşturabilmek adına ulaşım ile ilgili tüm konularda uyumun sağlanması, Türkiye ve AB’nin ulaşımda birbirine bağlanması konusunda politikalar üretilmektedir (TOBB, 2014).

Türkiye’de, AB kentsel hareketlilik eylem planı ile uyumlu olarak, kent içi ulaşımında entegrasyonu destekleyen politikaların oluşturulması ve düzenlenmesi ve alternatif ulaşım modlarının tanıtılması hususunda çalışmalar bulunmaktadır (TOBB, 2014). Karayolundan demiryoluna geçiş anlamında hafif raylı sistemler, metro ve sokak tramvayları, İzmir, İstanbul, Ankara, Bursa Antalya, Eskişehir, Konya, Kayseri gibi illerde hizmete açılmıştır. Diğer illerde ise bu alanlarda yatırım yapılması için çalışmalar devam etmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011). AB uyum sürecinde İzmir’de, sürdürülebilir bir kent içi ulaşım sistemi oluşturulması amacıyla yayalara, bisiklet taşımacılığına ve toplu taşıma araçlarına öncelik verilmesi gündemdedir (İZKA, 2013). Onuncu Kalkınma Planı’nda Üçyol-Fahrettin Altay metro, Konak-Karşıyaka tramvay, trafik yönetim sistemi ve deniz ulaşımı geliştirme hedeflerinden bahsedilmiştir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013). Bu projelerden Üçyol-Fahrettin Altay 26 Temmuz 2014 hizmete açılmıştır (İzmir Metro, 2014). Konak-Karşıyaka tramvay projesinde Mavişehir-Bostanlı test sürüşlerine başlamıştır (İzmir Metro, 2017). Oluşturulan politikalarda temel öncelik, kent içi ulaşımında karayolundan ziyade demiryolu ve denizyolu ulaşımının geliştirilmesidir. Kent içi ulaşımında ciddi bir potansiyele sahip olunan denizyolu yolcu taşımacılığının diğer modlar arasında payını

artırarak daha cazip hale getirmek ve diğer kent içi ulaşım modları ile entegrasyonunu güçlendirmek diğer hedeflerdendir (İZKA, 2013).

Ulaştırma sektörü, hizmet sektörü olması ve hizmetin depolanamamasından dolayı diğer sektörlerle (endüstri, tarım vb.) aynı şekilde değerlendirilememekte, doğru yerde ve miktarlarda sunulması ülke ekonomisi için ciddi kazanç teşkil etmektedir (Akgüngör ve Demirel, 2004). Ulaştırma alanındaki yatırımların yüksek kapasiteli ve maliyetlidir ve maliyetin karşılanabilmesi amacıyla yüksek doluluk oranlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Rienster ve diğ. 1995). Yüksek kapasiteli araçlar, düşük kapasiteli araçlara oranla yolcu başına kilometre olarak daha fazla yakıt tasarrufu sağlamakta olup daha fazla yolcu taşıyabilme oranlarına sahiptir (Ostojic ve diğ. 2013). Kent içi toplu taşıma araçlarında doluluk oranlarının azalması, yolcu başına düşen birim maliyeti arttırmaktadır. İnsan hareketinin seyrek olduğu saatlerde yüksek kapasiteli kent içi toplu taşıma araçlarının hizmete sunulması verimliliği düşürmektedir (Akbulut, 2016). Yoğun saatlerde talebin artması ve bu saatler dışında kalan sürelerde kapasite fazlalığının oluşması ise kazanç getirmemektedir (Rienstra ve diğ. 1995). Araç kapasitelerinin yalnızca yoğunluk durumunda talebi karşılayabilmek üzere planlanması, diğer zamanlarda talep uyumsuzluğuna ve kapasite kullanımında kayıplara neden olmaktadır (Styhre ve Lumsden, 2007). Artan talebin ihtiyacı karşılayamayacak kapasite kısıtlamaları trafik sıkışıklıklarına neden olmaktadır (Jacquillant, 2015). Bu sebeple arz ve talebin doğru tanımlanması ulaştırmada verimi artıracak önemli bir unsur olarak görülebilir (Styhre ve Lumsden, 2007). Kapasite planlaması için karar verme sistemlerinin geliştirilmesi, müşteri hizmet maksimizasyonu ve kapasite kullanımının maksimizasyonu arasındaki dengenin, dikkatli bir şekilde dengelenmesi gerekmektedir (Georgiadis ve diğ. 2005). Sürdürülebilir ulaşım politikalarını destekleyecek stratejiler; talep yönetimi, operasyon yönetimi, fiyat politikaları temiz yakıtlar, entegre arazi kullanımı, ulaşım planlaması, bilgi teknolojilerinin etkin kullanılması konularını kapsamaktadır (Deakin, 2001; DPT, 2006; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011). AB ülkelerinde ise sürdürülebilirlik kapsamında ulaşım sorunlarına kapasite arttırmakla çözüm bulmak yerine trafik, talep yönetimi ve bilgi teknolojilerinin daha etkin ve yaygın kullanılması ön plana çıkmaktadır (DPT, 2006).

## **Amaç**

Bu çalışmanın amacı, kent içi ulaşımında denizyolu yolcu araçlarında kapasite kullanımının sistem dinamikleri yaklaşımı ile incelenmesidir. Kapasite kullanımını etkileyen değişkenlerin saptanarak bu değişkenlerin birbiri üzerinde etkilerinin ve bu etkilerin yönünün, oluşturulan dinamik model ile gösterilmesi amaçlanmıştır.

## **Yöntem**

Kent içi ulaşımında denizyolu yolcu araçlarında kapasite kullanımının araştırılması ve değişkenlerin belirlenebilmesi açısından keşifsel bir nitelik taşımaktadır. Keşifsel çalışmalar yeni bir araştırma için, neler olduğunu öğrenmeyi, yeni bilgiler araştırmayı, probleme dair bilinirliği artırmayı, yeni bakış açıları, yeni fikirler ve hipotezler oluşturmayı kapsamaktadır (Robson, 2002; Runeson ve Höst, 2009; Kothari, 2004). Çalışmada nitel araştırma, mülakat tekniği ile yapılmıştır. Mülakat sıklıkla uygulanan kalitatif bir yöntem olmakla birlikte araştırmacı ve katılımcı arasındaki çeşitli görüşme türlerine dayalı veri toplama tekniğidir (Crouch ve McKenzie, 2006; Briggs, 1986). Çalışmaya ait bazı veriler, ikincil veri kaynakları kullanılarak edinilmiş, değişkenlere ait frekanslar belirlenmiş ve mülakat aracılığı ile teyit edilmiştir. İkinci el veriler, eldeki sorunun dışında başka amaçlarla toplanan verilerdir (Malhotra ve Birks, 2007). İnternet

verileri ise ikincil veriler açısından zengin bir kaynak olarak görülmektedir (Benfield ve Szlemko, 2006). Çalışmada, nicel araştırma yöntemlerinden sistem dinamikleri yaklaşımı uygulanmıştır. Dinamik model, Vensim® PLE programı ile oluşturulmuştur. Program, gerçek sistemlerin performansını artırmak için hazırlanmış bir simülasyon yazılımı olmakla birlikte, dinamik geri bildirim modellerinin geliştirilmesi ve analiz edilmesi için kullanılmaktadır (Ventana Systems Inc, 2017).

### **Sistem Dinamikleri Yaklaşımı**

Kent içi ulaşım sistemleri çok değişkenli doğrusal olmayan geri besleme döngülerine sahip; sosyal, ekonomik ve çevresel unsurlardan etkilenen karmaşık bir sistem olmakla birlikte birçok paydaş ve temsilciyi kapsamaktadır (Li ve diğ. 2013; Shepher ve Emerger, 2010). Ulaştırma sistemlerinde kapasite planlaması, birçok olasılığın göz önünde bulundurulmasını gerektirdiğinden, karmaşık bir konudur (Vlachos ve diğ. 2007). Sistem dinamikleri ise karmaşık sistemlerin yapısını, dinamiklerini anlamamızı sağlayan bir perspektif ve kavramsal araçlar kümesidir. Karmaşık sistemlerin bilgisayar simülasyonunun yapılmasına, bunları daha etkili politikalar ve organizasyonlar tasarlamak için kullanılmasına olanak tanıyan bir modelleme yöntemidir (Sterman, 2000; SDS, 2017). Bilgisayar simülasyonu, zihinsel olarak depolanan bilgileri alarak ve dinamik sonuçlarını görüntüleyerek zihinsel modellerle eşleştirmektedir (Forrester, 2009). Yaklaşım, sistemi bir bütün ile ele alarak, bileşenlerine ait davranışları ve zaman içinde gerçekleşecek farklı senaryoları tüm sistem açısından analiz etmektedir (Sayyadi ve Awasthi, 2017). Senaryolardan elde edilen bilgiler, geleceğe yönelik faaliyetleri potansiyel olarak etkileyebilecek şekilde, başlangıç noktasına dönen bir geri bildirim döngüsü oluşturur (SDS, 2017). Ulaşım planlamalarında sistem dinamikleri modelleri yalnızca bütün bir sisteme ait farklı perspektifleri sunmamakta, geri bildirimlerin politika belirleyiciler için önemini ortaya koymaktadır (Shepher ve Emberger, 2010).

### **Örneklem**

İzmir'in kent nüfusunda son yıllarda meydana gelen artış ile birlikte sürdürülebilir gelişme politikaları öne çıkmaktadır. İzmir'in mevcut kaynaklarının kullanımında sorumluluk ve sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak, kaynak kullanımının bilinirliğini, sorumluluğunu ve verimliliğini artırmaya yönelik politikalar geliştirilmektedir (İZKA, 2013). TÜİK verilerine göre İzmir kent nüfusunda 2013-2014 yıllarında %12,7 ve 2014-2015 yılları arasında %13,4 oranında artış bulunmaktadır (TÜİK, 2017). Nüfus artışına paralel olarak İzmir'de taşımaya olan talep de yıllara göre artış göstermektedir. Nitekim bir önceki yılda Eshot, İzulaş, İzban, İzmir Metro ve İzdeniz'e ait yolcu verileri toplamda günlük 1.418.662 kişi iken 2012 yılında günlük 1.505.546 kişiye ulaşmıştır (Eshot, 2017). Bu noktada kent içi ulaşım arzı, artan talebin de ihtiyacını karşılayacak kapasite ile sürdürülebilir kalkınma ve ulaşım katkı sağlayacak bir temelde planlanmalıdır. Bu çalışmada kent içi ulaşım modlarından denizyolu seçilmiştir. Araştırmada İzmir Körfezi'nde faaliyet gösteren vapurların kapasite kullanımı uygulama alanı olarak sistem dinamikleri yaklaşımıyla incelenmiştir. İzmir Körfezi'nde denizyolu ulaşım hizmetini sağlayan birimlerin sunmuş olduğu kapasiteyle, yolcuların kullanmış olduğu kapasite verileri ve bunları etkileyen değişkenler dikkate alınarak dinamik bir model oluşturulmuştur.

### **Veri Toplama Süreci**

Çalışmaya ait ikincil veriler, 26.01.2017 tarihinde internet aracılığı ile araştırılmaya başlanmıştır. İkincil veri araştırması ile ulaşılamayan veriler belirlenerek ve İzdeniz A.Ş. yetkilileri ile görüşme talep edilmiştir. İzdeniz A.Ş. yetkilileri ile 06.02.2017

tarihinde İzdeniz Genel Müdürlüğü'nde 45 dakika süren bir görüşme gerçekleşmiştir. Bu süre boyunca, sistem dinamikleri modeli açıklanmış, değişkenlere ait gerekli veriler yetkililerden alınmış ve ikincil veriler de yetkililere teyit ettirilmiştir. Değişkenler, veriler ve kaynaklar kentin artan kullanım ihtiyaçlarına, zamana ve koşullara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Çalışmada hafif yolcu gemileri, yolcu motorları ve feribotlar, ayrıca belirtilmediği sürece vapur olarak değerlendirilmiştir. Hafif yolcu gemileri ahşap olmayan, denizde hızlı yol alabilen ve yolcu taşımacılığı için kullanılan deniz aracıdır (Mevzuat Bilgi Sistemi, 2002). Yolcu motoru “Tam boyları kırk iki metreden az olan ve liman sefer bölgesi içinde veya merkez iskelesinden yirmi beş milden uzaklaşmadan gününbirlik yolcu taşıyan ticaret gemisi” olarak tanımlanmaktadır (Resmi Gazete, 2010). Feribot “Asıl amacı kısa ve orta mesafeli hatlarda yolcu taşımak olan, ancak bunun yanında araba ve kuru yük taşıyacak şekilde inşa edilmiş veya uyarlanmış ve bu amaçla kullanılan ticaret gemisini” ifade etmektedir (Resmi Gazete, 2010).

Toplu taşıma modları, mülakat sonucu ve ikincil veriler aracılığı ile elde edilen verilerin güvenilirliği açısından, akıllı kart kullanımının olduğu denizyolu, karayolu, demiryolu (İzban, İzmir Metro, Eshot, İzdeniz) ulaştırma modları dikkate alınmıştır.

### **Verilerin Sistem Dinamikleri Yaklaşımına Göre Hazırlanması**

Sistem dinamikleri modelleri, stoklar, akışlar ve değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler kapsamında oluşturulmaktadır (Lewe ve diğ. 2014). Ayrıca sistemin iç ögeleri arasındaki ilişkiyi göstermek için diyagramlara dayanır (Chao ve Zishan, 2013). Chao ve Zishan (2013)'a göre kent içi ulaşım sistemleri, nedensel ilişkilerle uygun olarak, sosyal bir sistemdir. Sosyal bir sistem olarak İzmir Körfezi'nde faaliyet gösteren vapurların kapasite kullanımlarına ilişkin modelde, nedensel ilişkileri gösteren değişkenler, veri toplama sürecinde saptandığı şekilde belirlenmiştir.

**Tercih edilen hız** vapur tercih oranına pozitif bir etkiye sahiptir. Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü Madde13'te belirtildiği üzere “*Gemilerin İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndan geçiş hızı karaya göre saatte 10 deniz milidir* (Mevzuat Bilgi Sistemi, 1998). İzmir Körfezi için yerel trafik düzeninde maksimum hız belirtilmemiştir. İşletme tarafından aksi belirtilmedikçe ve seyir emniyetini korumak adına hız yükseltilmedikçe, normal koşullarda 10-12 knot arasında bir hızın tercih edildiği fakat madde 13 ile uygun bir şekilde 10 knot olarak uygulandığı mülakatla teyit edilmiştir.

**Manevra yapılabilecek en kötü hava ve deniz durumunu** belirleyen en önemli etmen rüzgar hızı olarak değerlendirilmiştir. Bu değişkenin artması, vapurlarda seyahat edecek yolcu sayısını da azaltacağından, vapur tercih oranına negatif bir etkisi olacağı düşünülmüştür. Vapurların aero dinamik yapısı ve dizaynları sebebiyle, rüzgar alanları çok geniş ve su çekimleri az olmaktadır. Bu sebeple hava koşullarından diğer gemilere nazaran daha çok etkilenmektedirler. İzmir Körfezi'nde bulunan iskelelerin, dalgakıran gibi özelliklerinin bulunmaması sebebiyle gemilerin manevra kabiliyetleri hava şartları ile birlikte değişmektedir. Taşınan yükün yolcu olması, emniyet hususunu özellikli kılmaktadır ve temel amaç, alınacak riskleri minimum seviyede tutmaktır. Pratikte deniz durumu gibi diğer etkenler de göz önünde bulundurularak yaklaşık 35 knot rüzgarda seferden çıkıldığı bilgisi kurum tarafından bildirilmiştir. Bu hız manevra yapılabilecek zirve değer olarak değerlendirilmiştir.

**Hakim hava ve deniz durumu:** Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait internet sitesinden rüzgar hızı 15 mph (13knot) olarak elde edilmiştir (MGM, 2017).Hakim rüzgar, kuzey-

kuzeybatılıdır ve denize etkisi İzmir Körfezi'nin coğrafi yapısından dolayı düşüktür. Kuzeyli ve güneyli rüzgarlarda, rüzgarın gittiği yönde bulunan iskelelerde denizin yükseldiği gözlemlenmiştir ancak manevraya etkisi sefer iptaline neden olacak bir değerde değildir. Değişkene ait veri zirve nokta olarak düşünülmüştür. Bu noktadan sonra meydana gelebilecek artış, vapurların manevra yapılabilecek en kötü hava ve deniz durumu değişkeninde olduğu gibi, vapurla seyahat etmek isteyen yolcu sayısına negatif bir etkisi olacağı düşünülmüştür.

**Maksimum hız:** Bu değer ise bu hizmeti sunan firmaya ait internet sitesinde 23 mph (20 deniz mili) olarak belirtilmiştir (İzdeniz,2017a). Fakat Vensim® PLE programında hafif yolcu gemileri, feribotlar ve yolcu motorlarına ait yolcu taşıma kapasitelerinin birlikte hesaplanması ve kurum tarafından verilmiş olan feribotların maksimum hızının 12,6mph (11 knot) olması sebebiyle, yolcu motorları, hafif yolcu gemileri ve feribotlar arasında en düşük maksimum hız olan 12,6mph hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu değişkende maksimum hız değeri zirve nokta olarak dikkate alınmış, bu değişkene ait verinin artması halinde hızın artması ile vapurda meydana gelen sallantı gibi sebeplerle vapuru tercih edecek yolcu sayısında azalma meydana geleceği öngörülmüştür.

**Aktarmalı yolculuklarda denizyolu kullanım oranı:** Bu değişken, karayolu ve demiryolu ulaşım türlerini kullanarak denizyolu ulaşımına aktarma yapanlar ile denizyolu ulaşımını kullanarak, karayolu ve demiryolu ulaşımına aktarma yapanları kapsamaktadır. İzmir'de ortalama günlük aktarma yapan yolcu sayısı 537.558'dir (UPİ 2030, 2015). Karayolundan 3.075 kişi ve demiryolundan 7.700 kişi olmak üzere bu ulaşım modlarını kullanarak denizyoluna aktarma yapan kişi sayısı günlük ortalama toplam 10.775 kişidir. Denizyolu ulaşımını kullanarak, karayolu ve demiryoluna aktarma yapan kişi sayısı ise 1.500 kişi demiryoluna ve 7.700 kişi karayoluna aktarma yapmak üzere günlük ortalama toplam 9.200 kişidir. Karayolundan/demiryolundan denizyolu ulaşımına ve denizyolundan karayolu/demiryolu ulaşımına aktarma yapan kişi sayısı toplam 19.975 kişidir. Bu şekilde; *Aktarmalı yolculuklarda denizyolu kullanım oranı*= *aktarmalı yolculuklarda vapur kullanımı/toplu taşımada aktarma*=  $19.975/537.558=0,037$ 'dir.

Formül dahilinde, aktarmalı yolculuklarda vapur kullanımında meydana gelecek artışın aktarmalı yolculuklarda vapur kullanımı oranını artıracığı görülmektedir. Fakat toplu taşımada aktarma ise bu değişkeni azaltıcı bir etkiye sahiptir.

**Vapur tercih oranı:** Bu orana etkisi olan bazı değişkenler yukarıda belirtilmiştir. Aşağıdaki formülde belirtilen "hakim hava ve deniz durumu"na ve "Manevra yapılabilecek en kötü hava ve deniz durumu"na ait verilerin zirve noktalar olduğu belirtilmiştir. Bu değişkenlerin belirlenen değerlerin üzerine çıkması vapur tercih oranına negatif etki etmektedir. Dolayısı ile bu iki verinin oranı aslında vapurun tercih edilmemesine sebep olacak bir orandır ve "1"den çıkarılmasıyla, vapur tercih oranına pozitif katkı sağlayacak olan orana ulaşılmaktadır.

İzmir'de toplu taşıma kullanan yolcu sayısı 674.548.338'dir (UPİ 2030, 2015; İzdeniz, 2017c). Vapurla seyahat eden yolcu sayısı ise 14.433.063'dir (İzdeniz, 2017c). Bu veriler ışığında, toplu taşıma kullanan toplam yolcu sayısı ile vapurla seyahat eden yolcu sayısının oranlanması ile de vapur tercih oranına ulaşılabilmektedir; *Vapur Tercih Oranı*= *Vapurla seyahat eden yolcu sayısı/Toplu taşıma kullanan toplam yolcu sayısı*=  $14.433.063/674.548.338= 0,0213$ 'tür.

Çalışma kapsamında vapur tercih oranı formülünün var olan değişkenlerle hesaplanabilmesinde kısıtlar oluşmuştur. Vapur tercih oranına etki edecek tüm

değişkenlerin tespit edilebilmesi güç olmakla birlikte, modelde asıl olarak; vapur tercih oranına etki eden bazı değişkenlerin, toplam vapur kullanımına nasıl bir etkisi olacağı ve bu etkinin ne yönde olacağı gösterilmek istenmiştir. Vapur tercih oranının hesaplanabilmesinde ampirik bir formül kullanılmıştır. Vapur tercih oranını artıracak değişkenlerle doğru orantı, vapur tercih oranını azaltacak değişkenlerle de ters orantı kurularak hesaplama yapılmıştır. Hakim hava ve deniz durumu (15 mph), manevra yapılabilecek en kötü hava ve deniz durumu (40 mph), tercih edilen hız (11,5 mph), maksimum hız (12,6) ve aktarmalı yolculuklarda denizyolu kullanım oranı (0,037) bilgileri doğrultusunda; Vapur Tercih Oranı=  $(1-15/40)*0,037*(11,5/12,6)=0,0211$ 'dir.

İşlem sonucunda 0,0211 oranı elde edilmiştir. Bu oran vapurla seyahat eden yolcu sayısının, toplu taşıma kullanan toplam yolcu sayısına oranlanması sonucu elde edilen veriye yakındır. Fakat vapur tercih oranına etki eden diğer değişkenler hesaplandığında daha yakın bir oran elde edilebilir. Modelde, belirlenen bazı değişkenlerle bir yaklaşım oluşturulmuştur. Bu sebeple doğru sonuca ulaşabilmek amacıyla 0,0213/ 0,0211 işlemi yapılarak 1,009 katsayısı elde edilmiş,0,0213 oranına ulaşabilmek için düzeltme katsayısı olarak eklenmiştir. 1,009 katsayısı içerisinde bulunan değişkenler çalışma kapsamında belirlenememiş, bu durum çalışmada kısıt oluşturmuştur. Bu şekilde; *Vapur tercih oranı*=  $1,009*(1-15/40)*0,037*(11,5/12,6)=0,0213$ 'tür.

***Toplu taşıma kullanan toplam yolcu sayısı:*** UPİ 2030 (2015) raporuna göre kent içi toplu taşıma araçlarını (demiryolu ve karayolu) kullanan (akıllı kart kullanımı olan ) kişi sayısı günlük 1.808.535 (UPİ 2030, 2015) ve İzdeniz'in deniz ulaşımı için 2016 yılı verilerine göre yıllık 14.433.063 kişidir (İzdeniz, 2017c). 2016 yılında akıllı kart kullanılan toplu taşıma araçlarına ait toplam verilere ulaşamaması sebebiyle hesaplamalar için 2015 yılına ait veriler kullanılmıştır. Kent içi toplu taşıma araçlarını kullanan kişi sayısı yıllık olarak hesaplanmış ve İzdeniz'e ait yolcu sayısı bu sayıya eklenerek toplu taşıma kullanan toplam yolcu sayısı elde edilmiştir. Kent içi karayolu ve demiryolu toplu taşıma araçlarının günlük kullanımı (1.808.535 kişi) ve yıllık vapur kullanımı (14.433.063) olmak üzere; $(1.808.535*365)+(14.433.063)=674.548.338$  kişi yıllık olarak toplu taşıma araçlarını kullanmaktadır.

***Vapurla seyahat etmek isteyen yolcu sayısı,*** bu değişken vapurların kullanım kapasitesini doğrudan temsil eden değişkendir ve meydana gelebilecek herhangi bir artış kullanılan kapasiteyi de doğrudan artırması sebebiyle kullanılan kapasiteye pozitif bir etki oluşturmaktadır. *Vapurla Seyahat etmek isteyen yolcu sayısı*=*Toplu taşıma kullanan toplam yolcu sayısı*\**vapur tercih oranı* işlemi ile hesaplanmıştır. *Vapurla Seyahat etmek isteyen yolcu sayısı*= $674.548.338*0,0213=14.433.063$ 'tür.

***Feribotların yıllık toplam sefer sayısı,*** İzmir Körfezi'nde feribotlara olan yolcu talebine göre işletme tarafından planlanmış olan yıllık toplam sefer sayısını temsil etmektedir. 2016 yılı içerisinde körfezde faaliyet gösteren feribotların planlanan toplam sefer sayısı 10.394'tür.Bu sayı işletme tarafından sunulmuş sefer sayısına eşit olduğu gibi yılsonunda çıkmış olan arıza ve hava muhalefeti sebebiyle iptal edilmiş seferleri de kapsamaktadır. Feribotların yıllık toplam sefer sayısında meydana gelecek artışının, işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesini artıracığı görülmektedir.

***Yolcu vapurlarının yıllık toplam sefer sayısı,*** İzmir Körfezi'nde bulunan hafif yolcu gemilerinin ve yolcu motorlarının talebine göre kurum tarafından planlanmış olan yıllık toplam sefer sayısını temsil etmektedir. İzmir Körfezi'nde 2016 yılı içerisinde hafif yolcu gemilerinin ve yolcu motorlarına ait planlanan yıllık toplam sefer sayısı 34806,5 olarak yetkililerden alınmıştır. Bu sayı yılsonunda çıkmış olan arıza ve hava muhalefeti

sebebiyle iptal edilmiş seferleri de kapsamaktadır. Sefer sayılarında meydana gelecek artış, işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesini artıracak bir etkiye sahiptir.

**Bir vapurun yolcu taşıma kapasitesi:** Veri, 426 kişi olarak ilgili işletmeden sağlanmıştır ve sabit bir değer olarak alınmıştır. Bu kapasitenin işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesi üzerine pozitif bir etkiye sahip olmasından dolayı artışı ile birlikte toplam yolcu taşıma kapasitesini arttırıcı bir etki gösterecektir.

**Bir feribotun yolcu taşıma kapasitesi:** Ulaşım hizmetini sunan ilgili kurumdan 309 olarak elde edilmiştir. Bu değişkenin, işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesine pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Yani kapasitenin artırılması durumunda işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesini arttıracaktır.

**İşletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesi,** denizyolu ulaşım hizmetini sağlayan kurumun yıl içerisinde toplamda kaç yolculuk kapasite sunabileceğini göstermektedir. Vapur tercih oranının yönetsel olarak işletmenin kararına etkisi olmasından dolayı formüle dahil edilmemiştir. İşletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesinde meydana gelebilecek artışlar sunulan kapasiteyi pozitif olarak etkilemektedir. İşletme kararı ile sunulan vapur kapasitesi=(( Bir feribotun yolcu taşıma kapasitesi\*Feribotları yıllık toplam sefer sayısı)+(Bir vapurun yolcu taşıma kapasitesi\*yolcu vapurları yıllık toplam sefer sayısı)).

“Bir feribotun yolcu taşıma kapasitesi (309)\*feribotların yıllık toplam sefer sayısı (10.394)”; feribotlara ait sunulan kapasiteyi belirtmekte, aynı şekilde “Bir vapurun yolcu taşıma kapasitesi (426)\* yolcu vapurları yıllık toplam sefer sayısı (34.806,5)” ile de yolcu vapurlarına ait sunulan kapasiteyi belirlemektedir. İki farklı işlemin toplanması ile işletme kararı ile sunulan toplam yolcu kapasitesine ait veriye ulaşılabilmektedir.  $İşletme\ kararı\ ile\ sunulan\ toplam\ yolcu\ taşıma\ kapasitesi = ((309*10.394)+(426*34.806,5))=18.039.315$  kişidir.

**Vapurun çalıştığı gün sayısı** 365 gün olarak alınmıştır. Gün sayısında meydana gelebilecek artış veya azalış, işletmenin sunacağı gerçek kapasiteyi artıracak veya azaltacaktır.

**Yolcu vapuru sayısı,** toplam teslimlerin yapılması ile birlikte 15 hafif yolcu gemisi, 11 tane yolcu motoruna ulaşılabilecektir. 15 hafif yolcu gemisi içerisinde 2 adet hafif yolcu gemisi siparişi verilmiş ve teslim alınması planlanmaktadır. Bu sebeple kurumun aslında sahip olduğu gerçek kapasitenin hesaplanabilmesi için teslim edilmesi beklenen vapurlar da toplam yolcu vapuru sayısına dahil edilmiştir.

**Feribot sayısı,** Körfezde faaliyet gösteren toplam 4 adet feribot bulunmaktadır. Bu sayının artması, gerçek kapasiteyi de arttıracaktır. Aralarında doğru orantılı bir ilişki bulunması sebebiyle, gerçek kapasiteyi pozitif yönlü olarak etkilemektedir.

**Günlük ortalama sefer sayısı** günlük ortalama sefer sayısını etkileyen değişkenler sefer süresi (alt değişkenler olarak tercih edilen hız ve mesafe), ortalama yolcu indirme ve bindirme süresi (alt değişkenler olarak yolcu indirme/bindirme süresi ve iskele uygunluğu), bir vapurun günlük çalışma saati olarak belirlenmiştir. Günlük ortalama sefer sayısında olabilecek artışlar, gerçek kapasiteyi de arttıracaktır.

**Sefer süresi** tercih edilen hız değişkeni daha önce de belirtildiği üzere 11,5 mph (10 knot) olarak dikkate alınmıştır. Hız arttıkça sefer süresi azalacağından aralarında negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Çalışma kapsamındaki mesafe ise en uzun sefer hattı

olan Üçkuyular-Karşıyaka vapur iskelesi olarak 3.83 mil belirlenmiştir. Mesafede meydana gelecek artış sefer süresini arttıracığından sefer süresini pozitif olarak etkilemektedir. *Sefer süresi=Mesafe/Tercih edilen hız* formülü ile hesaplanmıştır. Böylece; *Sefer Süresi= 3,83/ 11,5= 0,33* saattir.

**Ortalama yolcu indirme ve bindirme süresini** etkileyen alt değişkenler; yolcu indirme/bindirme süresi ve iskele uygunluğudur. Yolcu indirme/bindirme süresi işletme ile yapılan görüşme sonucunda 0,25 saat olarak alınmıştır. İskele uygunluğunun yolcuların inmeleri ve binmeleri esnasında geçen süreye etkisi negatiftir. İskele, yolcu indirmeye ve bindirmeye elverişli ve yeterli ise, ortalama yolcu indirme bindirme süresi de düşecektir. Çalışmada iskelelerin kurumdan alına veriler doğrultusunda uygun olduğunu gösteren 1 değeri kabul edilmiştir. *Ortalama yolcu indirme ve bindirme süresi=((Yolcu indirme/bindirme süresi)/(İskele uygunluğu))=0,25 x 1= 0,25* saattir.

**Bir vapurun günlük çalışma saati**, 07.20-23.10 saatleri arası çalışma süresi dikkate alınmıştır (İzdeniz, 2017d) ve 16 saat olarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Vapurların gün içerisinde çalışma sürelerinin artması, günlük ortalama sefer sayısını da arttıracaktır. Bu durumda; *Günlük ortalama sefer sayısı=Bir vapurun günlük çalışma saati/(Sefer süresi+ Ortalama yolcu indirme ve bindirme süresi)* formülü ile hesaplanmıştır. Günlük ortalama sefer sayısını artıracak değerler doğru orantı ile ve bu sayıyı azaltacak değerler ters orantı ile ilişkilendirilmiştir. Bu şekilde; *Günlük ortalama sefer sayısı=16/(0,33+0,25)= 27,44*'tür.

**Gerçek kapasite**, denizyolu ulaşım hizmetini sağlayan kurumun aslında sahip oldukları toplam kapasiteyi göstermektedir. İşletmenin teslim alınacak 2 adet hafif yolcu gemisini de kapsayan potansiyel yolcu kapasitesini ifade etmektedir. Gerçek kapasitenin, kullanılmayan kapasitenin artmasına pozitif olarak bir etkisi bulunmaktadır. *Gerçek Kapasite=Günlük ortalama sefer sayısı\*vapurun çalıştığı gün sayısı\*((Bir feribotun yolcu taşıma kapasitesi)\*feribot sayısı)+(yolcu vapuru sayısı\*Bir vapurun yolcu taşıma kapasitesi)* formülü ile hesaplanmıştır. Dolayısıyla; *Gerçek Kapasite = 27,44\*365\*((309\*4)+(26\*426))= 123.312.067* kişidir.

**Sunulan Kapasite**, işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesine eşittir ve 18.039.315 kişidir.

**Kullanılan kapasite**, denizyolu toplu taşıma ulaşımını talep eden tarafların kullanmış olduğu kapasite miktarına ifade etmektedir ve vapurla seyahat eden yolcu sayısına eşittir ve 14.433.063 kişidir.

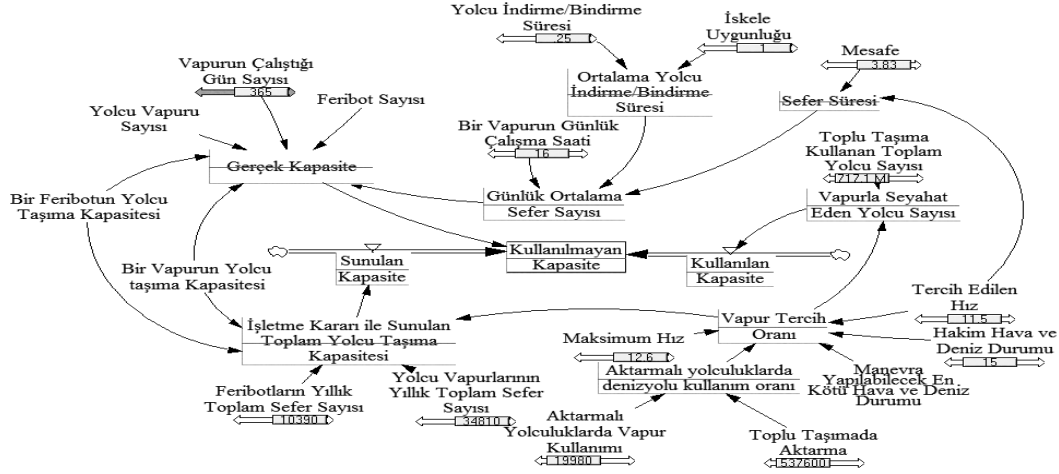
**Kullanılmayan kapasite**, gerçek kapasite içerisinde bulunan ve kurumun kendi kullanımından artan kapasite ile kurumun sunduğu ve yolcular tarafından kullanılan kapasiteden artan miktarın toplamını ifade etmektedir. *Kullanılmayan kapasite=Gerçek kapasite-sunulan kapasite+(sunulan kapasite-kullanılan kapasite)* formülü ile hesaplanmıştır. Bu şekilde;

$$\text{Kullanılmayan kapasite} = \underbrace{123.312.067}_{\text{Gerçek kapasitede,}} - \underbrace{18.039.315}_{\text{Kurumun sunduğu kapasite kullanımı}} + \underbrace{(18.039.315 - 14.433.063)}_{\text{Kurumun sunmuş olduğu kapasitede yolcu kullanımı}} = 10.889.004 \text{ kişidir.}$$

## Verilerin Analizi ve Sistem Dinamikleri Modelinin Oluşturulması

Hesaplamalar ışığında **Şekil 1**'de oluşturulan nedensellik ilişkisinin ve hesaplamalarının açıklandığı sistem dinamikleri modeline ait simülasyon gösterilmektedir.





**Şekil 2.** İzmir Körfezi'nde faaliyet gösteren vapurlara ait kapasite kullanımının sistem dinamikleri modeli.

**Kaynak:** Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Modelde belirtildiği üzere, değişkenlerde meydana gelebilecek herhangi bir değişim kullanılan kapasiteyi dolaylı olarak etkilemektedir. Örneğin feribotların ve yolcu vapurlarının yıllık toplam sefer sayıları ile bir feribot ve bir vapurun yolcu taşıma kapasitelerinde meydana gelecek artış, işletme kararı ile sunulan toplam yolcu taşıma kapasitesini artırarak sunulan kapasiteye etki edecektir. Modele göre bu durum, kullanılan kapasiteyi pozitif yönde etkilemeyeceği için kullanılan kapasiteyi de artıracaktır. Yolcu indirme bindirme süresinin azaltılması ile ortalama yolcu indirme ve bindirme süresi kısalmak, günlük ortalama sefer sayısı artacaktır. Gerçek kapasitenin artması, kullanılan kapasite stoğunu artırmış olacaktır. Feribot ve vapur sayılarında meydana gelecek artış, gerçek kapasite miktarını artıracaktır. Yine vapur tercih oranının, kent içi ulaştırma modları içerisindeki payının artması, kullanılan kapasite miktarını artıracaktır. Bu durum işletmenin sunmuş olduğu kapasite miktarı içerisindeki kullanımı azaltarak kullanılan kapasite miktarını düşürecektir.

## Sonuçlar

Bu çalışmada İzmir Körfezi'nde yolcu ulaşımında faaliyet gösteren vapurlara ait kapasite kullanımı, kapasite kullanımına etki eden değişkenler, bu değişkenlerin hangi bileşenlerden oluştuğu, değişkenlerin arasındaki ilişkiler ve birbirlerine olan etkileri ve bu etkilerin ne yönde olduğu sistem dinamikleri yaklaşımıyla incelenmiştir. Hizmeti sağlayacak birimlere, ulaşım planlamalarında tavsiye niteliği taşıyacak özgün ve dinamik bir model oluşturulmuştur. Modele ait tüm formüller ve hesaplamalar denizyolu ulaştırma hizmetini sunan İzdeniz yetkilileri ile görüşülerek ve ikincil veri kaynakları kullanılarak oluşturulmuştur.

Denizyolu ulaşım araçlarının yolcu kapasitelerinin yüksek olması durumunda yoğun olmayan saatlerde de hizmet vermeleri zorunlu olduğundan kapasite fazlalığı doğurmaktadır. Kamu hizmeti kapsamında kent içi ulaşımın yoğun olmayan saatlerde de gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yoğun saatlerde doluluk oranının fazla olması ve yoğun olmayan saatlerde de yolcu sayısının az olması göz önünde bulundurulduğunda, işletme tarafından sunulan kapasitenin, kullanılan kapasiteye yakın olduğu görülmektedir. Elde edilen gerçek kapasite büyüklüğünde, denizyolu ulaşım hizmetini sunan kurumun sahip olduğu potansiyel kapasiteye ulaşılmıştır. Kapasite içerisine

teslimi yapılmamış vapurların dahil edilmesi sebebiyle, kullanılmayan kapasite büyüklüğünde artış bulunmaktadır. Bu kapasite ile gelecek yıllarda oluşacak talep artışlarının karşılanabileceği bir planlamanın yapılmakta olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kıyı kentlerinde kent içi toplu ulaşımda, denizyolu ulaşımına ait payın artırılması, dikkate alınması gereken bir politika alanıdır. İzmir’de denizyolu ulaşımının, diğer akıllı kart kullanılan toplu ulaşım modları arasındaki payı 0,02’dir. Coğrafi yapının denizyolu ulaşımına uygun olması dikkate alındığında bu oranın oldukça düşük olduğu söylenebilir. Bu nedenle toplu ulaşım içerisinde denizyolu ulaşımına ait payın artırılması için politikalar üretilmektedir. Onuncu ve Dokuzuncu Kalkınma Planları’nda AB ile uyum kapsamında İzmir’de kent içi ulaşımda denizyolunun payının artırılması gerekliliğine yönelik politikalar belirlenmiştir. Sürdürülebilir ve entegre kent içi ulaşımın sağlanması amacıyla çalışmalara devam edilmekte, artan ulaşım talebinin karşılanabilmesi, ulaştırma modları arasında entegrasyonun sağlanabilmesi ve karbon salımlarının azaltılması için çevreci kent içi ulaşım yatırımlarına devam edilmektedir.

### **Kısıtlar, Kabuller ve Gelecek Çalışmalar için Öneriler**

Bu çalışmada, ulaşım hizmeti sağlayan yerel yönetimler, kent içi ulaşım modları arasında (denizyolu, karayolu, demiryolu) dağılımı, ulaşım politikaları kapsamında yapabilmektedirler. Çalışmada modlar arası rekabet göz ardı edilmiştir. Toplu taşıma ulaştırma modları arasından, denizyolu ulaştırması belirlenmiştir ve denizyolu ulaştırmasının diğer ulaştırma modları ile ilgisi ölçülmemiştir. Vapur tercih oranını etkileyen farklı değişkenler sistem dinamikleri modeli oluştururken göz ardı edilmiştir. Bu değişkenlerin çalışma kapsamında belirlenememesi bir kısıt oluşturmaktadır. Akıllı kart kullanımına tabi olan toplu taşıma araçlarının geçmiş yıllara ait yolcu verilerine ulaşamaması sebebiyle bazı değişkenlerde 2015 yılına ait verilerin kullanılmıştır. Dolayısıyla akıllı kart kullanımına tabi olan toplu taşıma araçlarının 2016 yılı yolcu verilerine ulaşamaması çalışmaya ait diğer kısıttır. Gelecek çalışmalarda, alınacak güncel verilerle hesaplamalar yapılabilir. Vapur tercih oranını etkileyen çeşitli değişkenler anket ve mülakat gibi yöntemlerle belirlenerek, modele eklenebilir. Model, iskele/terminal kapasite ve durumlarının dahil edilmesiyle ve bu değişkenlerin toplam kapasite kullanımına etkisinin ölçülmesiyle geliştirilebilir. İzmir’de kent içi ulaşım, birden fazla ulaştırma modunda aktarma yapılarak gerçekleştirilmektedir. Gelecek çalışmalarda, kullanılan tüm ulaştırma modlarının ve bu modlara ait etkilerin dahil edildiği bir dinamik modelleme geliştirilebilir.

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan ve değerli bilgilerini bizlerle paylaşan İzmir Büyükşehir Belediyesi yetkililerine, İzdeniz A.Ş. yetkililerine teşekkürlerimizi sunarız.

### **Referanslar**

Akbulut, F. (2016) Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri, Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı.11, s. 336-355.

Akgüngör, A.P. ve Demirel, A. (2004) Türkiye’de Ulaştırma Sistemlerinin Analizi ve Ulaştırma Politikaları, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,10(3), s.423-430.

- Aarabi, M. ve Hasanian, S. (2014) Capacity Planning and Control: A Review. International Journal of Scientific&Engineering Research.5(8), S. 975-984.
- Avrupa Komisyonu (2001). White Paper European Transport Policy for 2010: Time to Decide. Brussels.
- Babalık-Sutcliffe, E. (2010) Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu.
- Banister, D. (2003) Sustainable Transport and Public Policy. Transportation Engineering and Planning. Encyclopaedia of Life Support Systems (EOLSS), Sayı. II.
- Benfield, J.A. ve Szlemko, W.J. (2006) Internet Based Data Collection: Promises and Realities. Journal of Research Practice. 2(2), s. 1-15.
- Briggs, C. H. (1986) Learning How to Ask Sociolinguistic Appraisal of the Role of the Interview in Social Science, Cambridge University Press, UK.
- Cao, J. Ve Menendez, M. (2015) System Dynamics of Urban Traffic Based on Its Parking-Related-States, Transportation Research Part B, 81, s. 718-736.
- Chao, Y. Ve Zishan, M. (2013). System Dynamics Model of Shanghai Passenger Transportation Structure Evolution, 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013), 96, s.1110-1118.
- Cirit, F. (2014). Sürdürülebilir Kentiçi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No: 2891, Ağustos, 2014
- Cui, Q. ve Kuang, H-B. (2014) Important Influencing Factors Analysis of Airport Sustainable Development Capacity: The Case of China, Journal of Airline and Airport Management, 3(1), s.31-47.
- Crouch, M. ve McKenzie, H. (2006) The Logic of Small Samples in Interview-Based Qualitative Research, Social Science Information, 45(4), s.483-499
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2011) T.C. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2020, Erişim Tarihi: 21.01.2017, <http://iklim.tarim.gov.tr/dosya/idep.pdf>
- Deakin, E. (2001) Sustainable Development and Sustainable Transportation: Strategies for Economic Prosperity, Environmental Quality and Equity. University of California
- Eboli, L. ve Mazzulla, G. (2011) A Methodology for Evaluating Transit Service Quality Based on Subjective and Objective Measures from the Passenger's Point of View. Transport Policy. 18(1), s:172-181
- Eboli, L. ve Mazzulla, G. (2012) Performance Indicators for an Objective Measure of Public Transport Service Quality, European Transport, sayı.51, s.1-21.
- Elbert, R. ve Walter, F. (2014) Information Flow Along The Maritime Transport Chain –A Simulation Based Approach to Determine Impacts of Estimated Time of Arrial Messages on the Capacity Utilization, Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, A. Tolk, S. Y. Diallo, I. O. Ryzhov, L. Yilmaz, S. Buckley, and J. A. Miller, eds.

Ercan, T., Onat, N.C. ve Tatari, O. (2016) Investigating Carbon Footprint Reduction Potential of Public Transportation in United States: A System Dynamics Approach, Journal of Cleaner Production, 133,s.1260-1276.

ESHOT, Toplu Ulaşımında Tarihi Rekor, Erişim Tarihi: 26.01.2017.  
<http://www.eshot.gov.tr/tr/Haberler/1063/91?AspxAutoDetectCookieSupport=1>

Forrester, J.W. (2009) Some Basic Concepts in System Dynamics, January 29 Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology.

Georgiadis, P. ve Vlachos, D. Iakovou, E. (2005) A System Dynamics Modeling Framework for Strategic Supply Chain Management of Food Chains, Journal of Food Engineering, 70, s. 351-364.

Haghshenas, H., Vaziri, M. ve Gholamialam, A. (2015) Evaluation of Sustainable Policy in Urban Transportation Using System Dynamics and World Cities Data: A Case Study in Isfahan. Cities, 45, s.104-115.

İZDENİZ,2017a, Gemiler ve İskeleler, Erişim Tarihi: 26.01.2017,  
<http://www.izdeniz.com.tr/Sayfalar/Bagimsiz.aspx?id=48>

İzdeniz,2017b, Vapur Saatleri, Erişim Tarihi: 26.01.2017,<http://www.izdeniz.com.tr/>

İzdeniz, 2017c, Yıllar ve Yolcu Sayıları, Erişim Tarihi:31.01.2017,  
<http://www.izdeniz.com.tr/Sayfalar/Bagimsiz.aspx?id=50>

İzdeniz, 2017d Erişim Tarihi:04.02.2017,  
<http://www.izdeniz.com.tr/Sayfalar/Hareketsaatleri.aspx?k=7&v=3&g=1&id=1>

İZKA (İzmir Kalkınma Ajansı), (2013) İzmir Regional Plan 2014-2023, Erişim Tarihi: 26.01.2017.[http://www.investinizmir.com/upload/Node/27742/xfiles/2014-2023\\_ingilizce.pdf](http://www.investinizmir.com/upload/Node/27742/xfiles/2014-2023_ingilizce.pdf)

İzmir Büyükşehir Belediyesi (2014) Stratejik Plan 2015-2019, Erişim Tarihi: 26.01.2017.[http://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/file/MALI\\_HIZMETLER/20152019StratejikPlani.html](http://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/file/MALI_HIZMETLER/20152019StratejikPlani.html)

İzmir Metro, Erişim Tarihi: 24.01.2017, “Hoşgeldin Tramvay”, 28 Aralık Çarşamba,  
<http://www.izmirmetro.com.tr/Haberler/1646>

İzmir Metro, Erişim Tarihi: 24.01.2017, “Ve Metro F. Altay’da”, 17 Temmuz 2014 Perşembe. <http://www.izmirmetro.com.tr/Sayfa/13/1/tarihce>

Jacquillat, A. (2015) Integrated Allocation and Utilization of Airport Capacity to Mitigate Air Traffic Congestion, Degree of Doctor of Philosophy, Massachusetts Institute of Technology. June, 2015.

Kothari, C.R. (2004) Research Methodology: Methods and Techniques, New Age International Limited, Publishers, New Delhi.

Lewe, J-H.,Hivin, L-F. ve Mavris, D.N. (2014) A Multi-Paradigm Approach to System Dynamics Modeling of Intercity Transportation, Transportation Research Part E, 71, s.188-202.

Li, K.,Zhou, S. Ve Yang, X. (2013) A System Dynamics Approach for Evaluating Policies on Prioritizing Public Transportation. Applied Mechanics and Materials, 391, s.628-632.

Maheshwari, P., Khaddar, R., Kachroo, P. ve Paz, A. (2016) Dynamic Modeling of Performance Indices for Planning of Sustainable Transportation Systems, Netw. Spat. Econ. 16, s.371-393.

Malhotra, N.K. ve Birks, D.F. (2007) Marketing Research: An Applied Approach. 3rd Edition. Pearson Education. England.

Mevzuat Bilgi Sistemi, (2002) Gemi Adamları Yönetmeliği. Erişim Tarihi. 13.02.2017. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.5668&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>

Mevzuat Bilgi Sistemi, (1998) Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü. Erişim Tarihi: 02.02.2017 <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/2.5.9811860.pdf>

MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) (2017), İllerimize Ait İstatistik Verileri. Erişim Tarihi: 02.02.2017. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR>

Ostojic, D.R., Bose, R.K., Krambeck, H., Lim, J. ve Zhang, Y. (2013). Energizing Green Cities in Southeast Asia: Applying Sustainable Urban Energy and Emissions Planning, Directions in Development Environment and Sustainable Development. World Bank, Washington D.C.

Özer D. ve Kişi, H. (2011) Avrupa Birliği Ortak Ulaştırma Politikası ve Türkiye, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi. 3 (2), s. 79-98.

Phil, M. (2015) System Dynamics Modeling of the Impact of Internet-of-Things on Intelligent Urban Transportation, 2015 Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS), Los Angeles, CA, 25-28 October, 2015.

Resmi Gazete, (2010) Deniz Yolu ile Yapılacak Düzenli Seferlere Dair Yönetmelik. 25 Kasım 2010 Perşembe. Erişim Tarihi (12.02.2017). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/11/20101125-7.htm>

Rienstra, S.A., Vleugel, J.M. ve Kamp, P.N. (1995) Options for Sustainable Passenger Transport: An Assessment of Policy Choices. Vrije Universiteit Amsterdam Serie Research Memoranda/Vrije Universiteit Amsterdam, FP(24)ulteit der Economische Wetenschappen en Econometrie, Amsterdam.

Runeson, P. ve Höst, M. (2009), Guidelines for Conducting and Reporting Case Study Research in Software Engineering, Empir. Software Eng. 14, S.131-164.

Saatçioğlu, C. ve Yaşarlar, Y. (2012). Kentiçi Toplu Taşımacılık Sistemleri İstanbul Örneği, Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(3), s.117-144.

Sayeg, P., Starkey, P. ve Huizenga, C. (2013) Sustainable Development Goal for Sustainable Transport and Associated Results Framework, Partnership on Sustainable Low Carbon Transport (SloCat). Erişim Tarihi: 24.01.2017. <https://sustainabledevelopment.un.org/getWSDoc.php?id=2278>

Sayyadi, R., Awasthi, A. (2017) A System Dynamics Based Simulation Model to Evaluate Regulatory Policies for Sustainable Transportation Planning. International Journal of Modelling and Simulation. 37(1), s. 25-35.

SDS (System Dynamics Society). Erişim Tarihi: 01.02.2017. <http://www.systemdynamics.org/what-is-s/>

Shepher, S. ve Emberger, G. (2010) Introduction to the Special Issue: System Dynamics and Transportation, System Dynamics Review, 26(3) s.193-194.

Sinha, D. (2011) Container Yard Capacity Planning: A Causal Approach Working Paper No. LD-11-04, IndianInstitute of ForeignTrade.

Soares, C.J., Nero, H.X.R. (2016) A Model for Predictable Capacity of a Container Terminal State: A System Dynamics Approach, Journal of Traffic and Transportation Engineering, 4(1), s. 41-154.

Sterman, J.D. (2000) Business Dynamics: SystemThinking and Modeling for a Complex World, The McGraw-HillCompanies Inc, USA.

Styhre, L. ve Lumsden, K. (2007)Vessel Capacity Utilisation in Ferry Services and the Bridge Substitute Dilemma, Journal of Maritime Research, 4(3),s.55-66.

Suryani, E., Chou, S-Y. ve Chen, C-H. (2010) Air Passenger Demand Forecasting and Passenger Terminal Capacity Expansion: A System Dynamics Framework, Expert Systems with Applications, 37, s.2324-2339.

SDC (Sustainable Development Commission) (2017) Erişim Tarihi: 24.01.2017. <http://www.sd-commission.org.uk/pages/what-is-sustainable-development.html>

DPT (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı) (2006) Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013. <https://pbk.tbmm.gov.tr/dokumanlar/kalkinma-plani-9-genel-kurul.pdf>

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012), İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2023, Ankara.

T.C. Kalkınma Bakanlığı (2013) Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018. Erişim Tarihi. 23.01.2017.[http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Kalkinma%20Planlar/AttP\(24\)hments/12/Onuncu%20Kalk%20C4%B1nma%20Plan%C4%B1.pdf](http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Kalkinma%20Planlar/AttP(24)hments/12/Onuncu%20Kalk%20C4%B1nma%20Plan%C4%B1.pdf)

T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (UDH) (2014). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi 2016-2023 ve Eki Eylem Planı (2014-2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) İllere Göre İl-İlçe Merkezi, Belde-Köy Nüfusu ve Yıllık Nüfus Artış Hızı 2014-2015. Erişim Tarihi: 25.02.2017. <http://www.tuik.gov.tr/HbGetirHTML.do?id=21507>

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) (2014). Türkiye Ulaştırma Lojistik Meclisi Sektör Raporu. Ankara.

UPİ 2030 (Ulaşım Planı İzmir), (2015) İzmir Ulaşım Ana Planı. Bilgi Notu (2). Erişim Tarihi:(03.02.2017).[https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/file/HIZMETREHBER/Iidari/Upi\\_SahaArastirma.pdf](https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/file/HIZMETREHBER/Iidari/Upi_SahaArastirma.pdf)

Ventana Systems Inc. Erişim Tarihi: 06.04.2017. <http://vensim.com/vensim-software/#ple>

Vlachos, D., Georgiadis, P. ve Iakovou, E. (2007) A System Dynamics Model for Dynamic Capacity Planning of Remanufacturing in Closed-Loop Supply Chains, Computers and Operations Research, 34, s.367-394.

# Denizli İlinde Tarım Arazilerinde Ulaşım Kaynaklı Kirlenme

**Ece Atilla, Soner Haldenbilen**

Denizli İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Pamukkale Üniversitesi  
0258 296 3310, 0258 212 5480  
ece.atilla@tarim.gov.tr, shaldenbilen@pau.edu.tr

**Tamer Koralay**

0258 296 3374  
Pamukkale Üniversitesi  
tkoralay@pau.edu.tr

## Öz

Bu çalışmanın amacı Denizli ilini komşu illere bağlayan karayolu (6 kesit) kenarlarında bulunan tarım arazilerindeki ulaşım kaynaklı krom (Cr), nikel (Ni), cıva (Hg), kurşun (Pb) ve uranyum (U) elementlerinin sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutlarını incelemek ve yol ana ekseninden mesafeye bağlı olarak metallerin yoğunluklarının değişimini belirleyebilmektir. Bu amaçla her bağlantı yolu için, şehir merkezinden sonra tarım arazilerinin arttığı gözlemlenen yol ana eksenindeki 3'er noktadan sağ ve sol taraflarda 0-50, 50-100, 100-150 m uzaklıklarda olmak koşulu ile 6' şar noktada toplam 108 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak numuneleri XRF cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak toprakların ağır metal içeriklerinin Cr için 186.4-854.1 ppm, Ni için 134.4-700.1 ppm, Hg için 0.9-1.7 ppm, Pb için 7.6-23 ppm ve U için 2.1-3.3 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Analiz sonuçları topraktaki ağır metallerin sınır değerleri ile karşılaştırılmış, Pb ve U element değerlerinin izin verilen sınır değerlerin altında, diğerlerinin ise üzerinde olduğu görülmüştür. Karayolu ana ekseninden gidiş ve dönüş yönünde yol ekseninden uzaklaşıldıkça Cr ve Ni değerlerinin arttığı, Hg ve Pb değerlerinin azaldığı saptanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Toprak kirliliği, Ağır metal, Litoloji, Trafik kirliliğe etkisi

## Giriş

Denizli ili 369 bin ha tarım arazisine sahiptir ve bunlar topografik yapı gereği yol kenarında, yapılaşmalardan uzakta ve ovalarda daha fazladır (GTHB, 2015; TOİK, 2014). Günümüzde teknolojik gelişmeler ve toplumsal ihtiyaçlara bağlı olarak giderek artan motorlu taşıtlar önemli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. 2011 yılı itibarıyla çalışma bölgemiz olan ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) 2. Bölgesi'nde kalan devlet yollarında kilometre başına düşen toplam motorlu taşıt sayısı 7.865.118 iken, 2015 yılı sonunda 9.961.317'ye yükselmiştir.

Toprak-bitki sistemi jeosfer ve biyosferin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Ağır metaller kayaçların ve dolayısıyla toprakların doğal bileşenleridir ve topraklar bileşimlerine bağlı olarak farklı oranlarda ve formlarda ağır metal içerirler. (Aydeniz,

1985; Vural, Şahin, 2012; Sezgin ve diğ. 2003) Bununla birlikte antropojenik kökenli ağır metallerin yol açtığı toprak kirliliği tüm dünyanın dikkatini çeken bir konu olmuştur (Kocaer, 2003; Temelci, 2000; Atabey, 2010). Ağır metaller, yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup>'ten daha yüksek olan ve düşük derişimlerde bile toksik veya zehirleyici olan metal olarak tarif edilmektedir. Ağır metaller içerisinde arsenik, berilyum, kadmiyum, kurşun, krom, mangan, demir, bakır, nikel, cıva, çinko ve bunların metaloidleri girmektedir. Bu elementler yer kürede genellikle karbonat, silikat ve sülfür bileşikleri veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar (Düzgören Aydın, 2005; Kahvecioğlu ve diğ., 2007; Atabey, 2010). Belirli oranlarda alınması durumunda canlı organizmalar için önemli yararları olan ağır metaller, önerilen sınır değerlerin aşılması durumunda ise canlı organizmanın yaşamsal faaliyetlerini kısıtlamakta, hatta ölümüne sebebiyet verebilmektedir.(Göl ve diğ., 2007; Akgül, 1992; Yalçınlar, 1963) Literatürde ağır metaller içinde en şiddetli zehir etkisi olanların kadmiyum, kurşun ve cıva olduğu ifade edilmektedir (Kartal ve diğ., 2007; Özkul, 2008). Ağır metaller katı, sıvı ve gaz hallerde bulunabilen en önemli zararlı maddeler arasında yer almaktadır. Bunun sonucunda ağır metaller toprak, su ve hava gibi doğal yaşam kaynaklarını kirleterek yaşam kalitesini belli oranlarda düşürmektedir. Örneğin ağır metallere ikincil derecede ölümcül etkiye sahip cıva elementinin 55 mg'ı 51 kg bir insanın vücut hareketlerini kontrol sistemi yani motor kontrol sisteminin sinirsel bozukluklar göstererek yetisini kaybetmesine neden olabilmektedir (Fergusson, 1990; Yaman, 1994). Bu çalışmada kullanılan Cr, Ni, Hg, Pb ve U elementlerinin potansiyel kirlenici kaynakları Tablo 1' de verilmiştir. Tablo 1'de de görüldüğü gibi çalışma kapsamında incelenen elementler gerek motorlu kara taşıtlarının yapımında gerekse de işletilmesinde (yakıt) kullanılan malzemelerin içeriklerinde önemli miktarlarda yer almaktadır.

Tablo 1 Bu çalışmada kullanılan bazı ağır metallerin önemli kirlenici kaynakları ve insan sağlığına olan etkileri

Ağır Metal Türü	Önemli Kirlenici Kaynaklar	İnsan Sağlığına Etkileri
<b>Krom (Cr)</b>	Çelik ürünleri, fosil yakıt tüketimi, döküm ürünleri, küller, motorlu taşıtlar, fosfatlı gübre, lağım sınırları	Deride iritasyon ve Ülser, Böbrek ve Karaciğer hasarı
<b>Nikel (Ni)</b>	Madencilik faaliyetleri, çelik ürünleri, küller, fosil yakıt tüketimi, motorlu taşıtlar, petrol türevli ürünler, döküm ürünleri	Akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri, Astım ve kronik bronşit, Kalp rahatsızlıkları
<b>Cıva (Hg)</b>	Fosil yakıt tüketimi, döküm ürünleri, küller, lağım sınırları	Sinir sistemi rahatsızlıkları, Kalp krizi, Deride kızarıklık ve yaralar
<b>Kurşun (Pb)</b>	Akü ve balans parçaları, uçucu küller, fosil yakıt tüketimi, motorlu taşıtlar, fosfatlı gübre, döküm ürünleri	Böbrek hasarı, Beyin fonksiyonlarında hasar, Çocuklarda IQ düşüklüğü
<b>Uranyum (U)</b>	Fosil yakıt tüketimi, fosfatlı gübre	Böbrek ve Karaciğer hasarı

Denizli bağlantı yollarında, her geçen gün artan trafik yoğunluğuna bağlı olarak yol ana ekseninden Denizli'den gidiş ve dönüş yönleri dikkate alınarak belli aralıklarla alınan toprak örneklerinde saptanan Cr, Ni, Hg, Pb ve U ağır metallerinin yol kenarında bulunan ve halen tarım yapılabilen arazilerin kirliliğine olan etkileri incelenmiştir. Toprak numunelerinin analiz sonuçlarından elde edilen değerlerin ölçü birimi mg/kg (ppm) olarak belirlenmiştir. Bu bağlantı yolları Denizli ile Aydın, Ankara, Uşak, Manisa, Muğla ve Antalya illeri arasındaki devlet yolları olarak tercih edilmiş olup tali yollarla bağlantılar çalışma konusu dışında bırakılmıştır.





Şekil 1 Denizli İli Bağlantı Yolları

Bağlantı yolları Şekil 1 de gösterilmektedir. İncelenen Cr, Ni, Hg, Pb ve U ağır metalleri den örnek olarak, kurşun elementi ile ilgili yapılan araştırmalarda, yol kenarından ve taşıt yoğunluğundan uzaklaştıkça bu elementin değerlerinin yükseldiği, aksine yol kenarına ve kavşaklara yaklaştıkça egzoz gazından etkilenerek kurşun değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Türkan, 1982; Haktanır, 1995).

## Çalışma Bölgesi ve Yöntem

### Trafik Bilgileri ve Çalışma Alanı

Denizli ilindeki trafik yoğunluğu her yıl hızla artış göstermektedir. Bu da alternatif yol arayışlarını ve yeni yol yapım gereksinimlerini artırmaktadır. Çalışmada incelenen yollar devlet yollarıdır ve Karayolları Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü yetki alanında kalmaktadır. Yol kesitlerine ait YOGT değerleri Tablo 2’ de verilmiştir. Veriler KGM’nin taşıt ve yol envanterleri ile trafik yoğunluk haritalarından elde edilmiştir.

Tablo 2 Yıllara Göre Trafik Artışı ve Oranları (KGM, 2016)

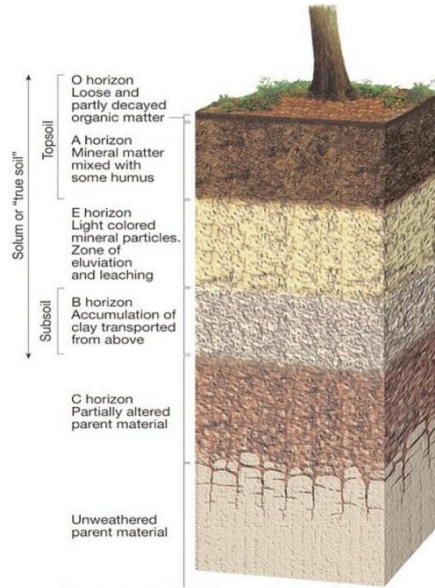
Yıl	Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT)						Artış Oranı (%)					
	Muğla	Antalya	Ankara	Uşak	Manisa	Aydın	Muğla	Antalya	Ankara	Uşak	Manisa	Aydın
2011	4635	5211	13730	3536	2740	12781	-	-	-	-	-	-
2012	5009	5610	13902	3654	2870	11915	8,07	7,66	1,25	3,34	4,74	-6,78
2013	6074	5891	14954	4485	6375	11566	21,26	5,01	7,57	22,74	122,13	-2,93
2014	6598	6330	16487	4454	6943	12452	8,63	7,45	10,25	-0,69	8,91	7,66
2015	7706	7190	18863	5388	7863	14264	16,79	13,59	14,41	20,97	13,25	14,55

YOGT değerleri incelendiğinde trafiğin yıldan yıla arttığı gözlenmektedir. İncelenen karayolu akslarında 2015 yılı için YOGT değerleri 7000-18000 taşıt/gün düzeyinde

olup 2011 yılına göre ortalama artış oranı %65 seviyelerindedir. Tabloda görüldüğü gibi son beş yılda taşıt yoğunluğu artmıştır. Sadece Aydın ve Uşak bağlantılarında bazı yıllarda kirliliğe etkileri göz ardı edilebilecek şekilde bir azalma gözlenmiştir. Denizli-Ankara ile Denizli-Aydın bağlantılarındaki trafik yoğunluğu diğerlerinden daha fazladır. Bunun sebebi yolların hizmet kalitesinin diğer bağlantı yollarına göre yüksek olması ve ticari transit geçiş noktaları olmasıdır. (Yomralıoğlu, 2005)

## Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında Şekil 1’ de verilen bağlantı yollarında, yol eksenindeki ara mesafelerin yol uzunluğuna ve tarım arazilerine bağlı olarak seçilmesiyle, yerleşim yerlerinden uzak arazilerden, belli aralıklarla 3 noktada, yol ana ekseninden sağ ve sol taraflarda 6’şar farklı noktada, yoldan 0-50, 50-100, 100-150 metre uzaklıklardan her bağlantıda 18’er adet toplamda 108 adet numune alınmıştır. Toprak tabakasından örnek alınırken, ana kayacın ayrışması sonucu oluşmuş toprak tabakasının belirli derinliklerinden özel burgular yardımı ile 50 gr kadar örnek alınarak etiketli torbalara konular, isimleme veya kodlaması yapılmaktadır. Örnek alma derinliği genellikle 20-30 cm arasındadır. Jeokimyasal prospeksiyon ve kirlilik çalışmalarında toprak örnekleriyle çalışma en uygun olanıdır. Toprakta O, A, E, B, C ve R tabakaları olarak adlandırılan ana horizonlar bulunmaktadır (Şekil 2). Normal koşullarda bu tabakalar farklı renklere sahiptir ve numune alınırken topraktaki renk değişimi gözle ayırt edilebilmektedir.



Şekil 2 İdeal bir toprak profilinde görülen horizonlar

İncelenen bağlantı yollarındaki toprak profilleri, üzerinde bitkilerin bulunduğu organik madde ve mineraller bakımından toprağın en zengin kısmı olan O ile A tabakası denilen horizonlardan oluşmaktadır. (Baillie, 2001; Aksoy, 1995; Mulligan ve diğ. 1999) Analiz edilen toprak örnekleri O ve A horizonlarının geçiş zonundan, 10-50 cm arasında değişen derinliklerden alınmıştır. Ağır metallerin toprak ve/veya kaya parçacıklarının üzerinde ikincil olarak zenginleşmiş olabileceği (trafik kaynaklı kirlilik) düşünüldüğü için toprak örnekleri üzerinde herhangi bir ön eleme işlemi yapılmamıştır. Benzer şekilde toprak numuneleri içinden bitki kökü, yaprak, antropojenik kaynaklı çöp ve benzeri yabancı maddeler elle ayrılarak poşetlenmiştir. Araziden alınan toprak

örneklerinin kimyasal analizleri Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü XRF Laboratuvarı'nda Spectro XEPOS-III PEDXRF cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizler USGS'in sedimanter kayaçlar (kumtaşı, kireçtaşı) için oluşturduğu standartlar kullanılarak kalibre edilmiştir. XRF analizleri için, toprak örnekleri halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar öğütülmüştür. Elde edilen örnek tozları 1100 °C'lik fırında 2 saat kalsine edilerek, örnek ağırlığının yüzde azalımı olarak hesaplanan kızdırma kaybı miktarları belirlenmiştir. Daha sonra her bir kayaç tozundan 6.25 gr alınarak, 1.40 gr bağlayıcı wax ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karışım halindeki örnek tozu 15-20 N/m basınç altında, 40 mm çapında bir tablet şeklinde sıkıştırılmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Bir elementin bir bölgedeki ortalama derişimi, o elementin temel değeri olarak bilinir. Ancak değişik jeolojik ve jeokimyasal olaylar sonucunda, herhangi bir elementin bir bölgedeki derişimi, ortalama derişimine oranla değişebilir (artabilir veya azalabilir). Bu durum, daha çok cevher oluşumları ve antropojenik kirlilik olaylarının görüldüğü ortamlarda gerçekleşir. Herhangi bir cevherleşme içermeyen kayaçta aranılan elementin ortalama derişimine temel değer denilir. Temel değerlerde görülen değişimlerin en üst sınırına **eşik değer** ve/veya **sınır değer** adı verilir. Sınır değer üzerindeki değerler anomali, altındaki değerler ise temel değerlerdir. Jeokimyasal prospeksiyon ve kirlilik araştırmalarında en önemli noktalardan biri eşik değer belirlenmesidir. Tablo 3'de Cr, Ni, Hg, Pb ve U elementlerine ait sınır değerler verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması bulgular kısmında yer almaktadır.

Tablo 3 Topraktaki incelenen ağır metal sınır değerleri (Reimann and Caritat,1998)

Elementler (ppm)		Cr	Ni	Hg	Pb	U
Sınır Değerler (ppm olarak)	Minimum	<5	<2	0.005	<5	0.2
	Maksimum	86	60.1	0.13	43.2	18
	Ortalama	19.1	8.11	0.04	7.45	2.2

## Bulgular ve Tartışma

### Çalışma Alanındaki Çevresel Etkiler ve Toprak Özellikleri

Çalışma alanında karasal iklim hüküm sürmektedir. Yağışı az, bitki örtüsü zayıf olan yerlerde rüzgar etkisi fazladır. Rüzgarların yeryüzünü aşındırabilmeleri için düz bir topografyanın bulunması ve hızlarının 60-100 km/sa' dan yüksek olması gerekir. Denizli ili için rüzgar ve rüzgar aşınımları, eğimli arazi yapısından ve mevsim rüzgarlarının hızının yüksek olmamasından dolayı zayıf bir etmendir. Depolanmış tümseklerin yükseklikleri belirleyici olmakla birlikte bu yüksekliğin 90-120 cm'yi geçmesi halinde belirlenecek arazi tipine dahil edilmesi uygundur. Çalışma bölgesinde böyle bir etkiden söz edilemez. Akarsu ve göllerin etkisi sonucu, delta oluşumları fazla olduğundan kum, kil, silt gibi ince materyallerin alüvyal toprak yapısının içine taşınarak yığılmasına sebep olmaktadır. Menderes Nehri'nin akıntı hızı ile çakıl ve taş gibi parçacıklarda sürüklenmektedir. Bu bölgedeki ağır metal emisyonlarını etkileyecek başka kaynakların bulunmamasına dikkat edilmiştir. Bu yüzden numuneler şehir merkezlerinden, fabrikalardan ve çeşitli kimyasal atıklar bırakan işletmelere uzak tarım arazilerinden alınmıştır. (Aydın ve diğ. 2010; Aydın ve diğ. 2011; Akça ve diğ. 2015)

Çalışma konusunu oluşturan yol kesitleri ve bu yol kesitlerinin içerisinde geçtiği kaya/toprak birimleri Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanmış 1/100000 ölçekli jeoloji haritası yardımıyla belirlenmiştir. Buna göre il genelinde alüvyon çökelleri dikkat çektiği için her yerde bu büyük toprak grubundan mevcuttur. Antalya ve Muğla bağlantılarında ormanların ve dik yamaçların bulunmasından dolayı kolüvyal toprak grubu öne çıkarılabilir. Batı kısmında ise Menderes Nehrinden dolayı killi yapı dikkat çekmekte olup bu kısımda alüvyonlu topraklara ilaveten kum ve çakıl bileşenleri ön planda tutulabilir. Alınan toprak numunelerinde Denizli ilinin doğu ve batı kısımlarında sadece alüvyonlu topraklar yer almakta olup bu sulanabilir tarımsal alanların kısıtlı olması ve karasal iklimin hüküm sürmesinin sonucu olarak açıklanabilir. Kuzey kısmında yine batıda belirlenen toprak çeşidi ile eşdeğer özellikler görülmekte olup buna ilaveten topraklarda bulunan kireç oranının artışının Uşak iline yaklaştıkça daha da belirginleştiği saptanmıştır ve bu durum numune alımı sırasında toprak renginin koyu kahverengiden griye dönüşmesinin ile gözle görülür bir şekilde ayırt edilebilmektedir.

### Çalışma Alanının Ağır Metal Değerleri

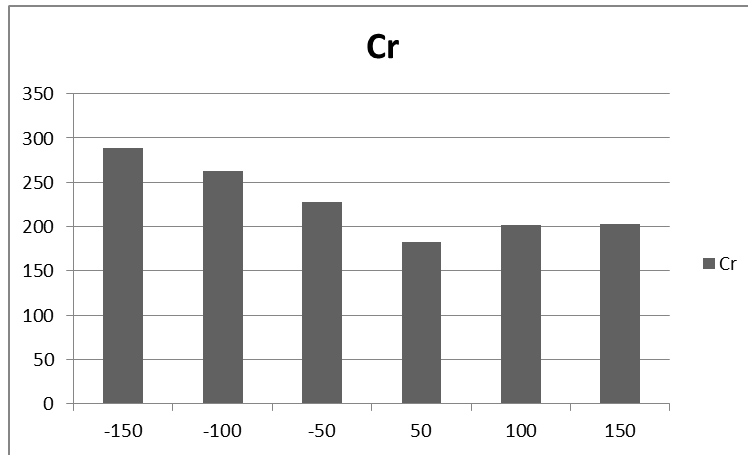
108 adet toprak örneğinin bağlantı yollarındaki ortalama Cr, Ni, Hg, Pb ve U içerikleri Tablo 4’de verilmiştir. Analiz sonuçlarını gidiş-dönüş yönlerinde incelediğimizde, sonuçların birbirine benzer özellik gösterdiği, genel olarak aynı bağlantılarda yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Fakat yoldan uzaklaştıkça elementlerin değerlerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Cr, Ni, Hg, Pb ve U ağır metalleri için her bağlantıdaki tüm numunelerin ortalaması alınarak elde edilen Tablo 4’deki değerlerden 1,0’dan küçük olanların ortalamalara etkisi yoktur.

Tablo 4 İncelenen toprak örneklerinin bazı ağır metal içerikleri (ppm)

Elementler		Cr	Ni	Hg	Pb	U
Bağlantı Yolları Ortalama Değerleri (ppm olarak)	Aydın	227.7	168.1	0.9	12	2.1
	Ankara	189.2	189.9	< 1.0	7.6	3.1
	Uşak	854.1	666.7	1.1	10.8	< 1.0
	Manisa	186.4	134.4	1.5	16.7	2.4
	Muğla	782.5	700.1	1.7	23	< 1.0
	Antalya	476.2	401.5	1.3	19.7	3.3
	<b>Ortalama</b>	<b>452.7</b>	<b>376.8</b>	<b>1.3</b>	<b>15</b>	<b>2.7</b>

Cr elementi incelendiğinde, literatürde sınır değerinin 86.0 ppm, analiz sonuçlarında ise 452.7 ppm olduğu Tablo 3 ve Tablo 4 de gösterilmektedir. Denizli-Uşak bağlantısında ise 854.1 ppm değeri elde edilmiştir. Bunun sonucunda, hem maksimum hem de analiz ortalama değeri aşıldığı için Uşak bağlantısında yüksek Cr kirliliği vardır. Ni elementinin değerleri maksimum 60.1 ppm, analiz ortalamamızda ise 376.8 ppm belirlenmiş olup Denizli-Muğla bağlantısında 700.1 ppm en yüksek değer olarak tablolarda görülmektedir ve Cr elementi gibi hem maksimum hem de ortalama değeri aşıldığı için Muğla bağlantısında yüksek Ni kirliliği mevcuttur. Hg elementine ait sonuçlar incelendiğinde maksimum 0.13 ppm ve analiz ortalaması olarak 1.3 ppm olan değerler Denizli-Muğla bağlantısındaki 1.7 ppm değeri ile aşılmıştır ve bu bağlantıda en yüksek Hg kirliliği tespit edilmiştir. Pb incelendiğinde, literatürde maksimum 43.2 ppm

olan değer analiz sonuçlarında ise ortalama 15 ppm ve Denizli-Muğla bağlantısında 23 ppm olarak ölçülmüştür. Burada maksimum değer aşılmadığı için yüksek miktarda Pb kirliliğinden söz edilemez fakat Manisa, Muğla ve Antalya bağlantılarında analiz ortalama değer aşıldığı için Pb kirliliği vardır. U elementi incelendiğinde, literatürde maksimum 18.0 ppm değeri görölmektedir. Analiz sonuçlarında ortalama değer 2.7 ppm olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek değer ise 3.3 ppm değeri ile Denizli-Antalya bağlantısında görölmüş olup kirlenmeden söz edilebilir. Ni, Hg ve Pb elementlerinin Muğla, Cr'nin Uşak ve U'nun ise Antalya bağlantısında en yüksek değere ulaştığı Tablo 4 de görölmektedir. Tablo 2 deki trafik yoğunluk ve artış değerleri incelendiğinde Ankara bağlantısı en yoğun karayolu olarak görölmektedir. Muğla, Uşak, Antalya ise en az yoğunluğa sahip üç bağlantıdır. Burada trafikte az yoğunluğa sahip bağlantılarda ağır metal ortalama değerleri daha yüksek belirlenmiştir. Elementlerin en düşük yoğunluklarını bağlantı yollarına göre incelediğimizde, Cr ve Ni için en düşük değerler 186.4 ve 134.4 ppm ile Denizli-Manisa, Hg ve U için en düşük değerler 0.9 ve 2.1 ppm ile Denizli-Aydın, son olarak Pb için en düşük değer Denizli-Ankara bağlantısıdır. Ankara, Aydın ve Manisa da en fazla trafik yoğunluğuna sahip bağlantılardır. Şekil 3'de Cr elementinin incelenen bağlantılardan belirlenen ortalama değer ile literatürdeki eşik değerinin karşılaştırıldığı grafik gösterilmektedir. Benzer şekilde diğer elementlerde incelenmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4'de görüleceği üzere Cr, Ni, Hg, Pb ve U elementleri için alınan numunelerin analiz sonuçlarından elde edilen değerler, ortalama değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Cr ve Ni elementlerinin analiz ortalamaları maksimum değerlerini dahi aşmıştır. Bu da Cr ve Ni elementlerinin yüksek oranda Denizli ile bağlantı yollarında toprak kirliliğine sebep olduğunu gösterir. Hg, Pb elementlerinin analiz değerlerinde Denizli-Muğla, U'nun değerlerinde ise Denizli-Antalya bağlantısı en yüksek değerlere sahiptir. Burada elementlere göre bağlantı yollarında bulunma değerlerinin değişimi belirlenmiştir. Cr'nin Uşak bağlantısında, Ni, Hg ve Pb'nin Muğla bağlantısında, U'nun ise Antalya bağlantısında en yüksek; Cr ve Ni'nin Manisa bağlantısında, Hg ve U'nun Aydın bağlantısında, Pb'nin ise Ankara bağlantısında en düşük değerlere ulaştığını göstermektedir.



Şekil 3 Krom Ortalama Eşik Değerlerini Bağlantı Yollarına Göre Karşılaştırma Grafiği.

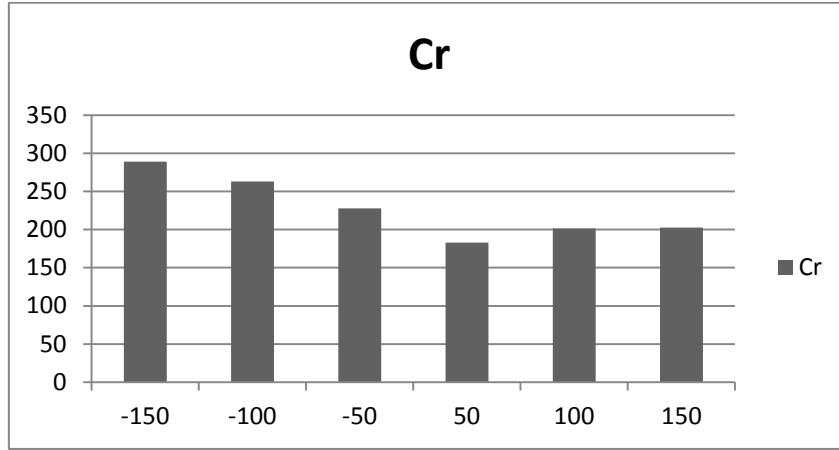
Burada dikkati çeken diğer önemli konu, toprak numunelerini aldığımız yerlerdeki jeolojik birimlerdir. Litolojik açıdan numune alınan yerlere denk gelen toprak formları;

- Aydın bağlantısı, Q-21-k (kuvaterner), pl-18-k (pliyosen), Q-24-k (kuvaterner)
- Ankara bağlantısı, sadece Q-21-k
- Uşak bağlantısı, Q-21-k, pl-20-k (pliyosen), pl-18-k

- Manisa bağlantısı, Q-21-k, pl-18-k
- Muğla bağlantısı, Q-21-k, Q-24-k, ol-18-k (oligosen)
- Antalya bağlantısı, Q-23-k (kuvaterner), Q-21-k, Q-24-k şeklindedir.

Çalışmada gidiş-dönüş yönünde ve karayolu ana ekseninden sağa ve sola uzaklaştıkça alınan numunelerin element değerlerindeki düzensiz artma ve azalmaların toprağın kum, çakıl, çamur, kireç, moloz, taş, kayaç vb. parçacıkların toprakta bulunma özelliklerinden etkilenebileceğini düşündürmektedir. Aynı zamanda litolojik açıdan ele alınması ve aralarındaki benzerlik ya da farkların daha detaylı bir çalışmada incelenmesi gerekmektedir.

Şekil 4’de Cr elementi için Aydın bağlantısındaki sağa ve sola 0-50, 50-100 ve 100-150 m’lerindeki analiz ortalama değerleri verilmiştir. Bu şekilde bütün elementler için karşılaştırma grafikleri oluşturulmuştur.



Şekil 4 Cr’nin Aydın bağlantısı için yol ekseninden sağa ve sola yoğunluk değerleri

Cr için en yüksek kirliliğin olduğu Denizli-Uşak bağlantısı, gidiş ve dönüş yönlerinde incelendiğinde Cr miktarının gidiş yönünde yol ekseninden uzaklaştıkça önce azalır sonra arttığı, dönüş yönünde uzaklaştıkça önce artıp sonra azaldığı görülmektedir. Dönüş yönündeki Cr miktarı gidiştekinden azdır. Bu şekilde Cr için en düşük kirliliğinin olduğu Manisa bağlantısında ise gidiş yönünde eksenden uzaklaştıkça değerlerin arttığı, dönüşte ise önce azalır sonra arttığı gözlemlenmiştir. Her iki bağlantıda da dönüş yönündeki Cr kirlilik oranı gidişten fazladır. Ni için en yüksek kirliliğin olduğu Denizli-Muğla bağlantısı incelendiğinde Ni miktarının gidiş ve dönüş yönünde yol ekseninden uzaklaştıkça arttığı görülmektedir. En düşük Ni kirliliğinin olduğu Denizli-Manisa bağlantısı incelendiğinde, gidiş yönünde eksenden uzaklaştıkça değerlerin önce artıp sonra azaldığı, dönüşte ise önce azaldığı gözlemlenmiştir. Muğla bağlantısı için dönüş yönündeki, Manisa bağlantısında ise gidişteki Ni kirlilik oranı fazladır. Hg için en yüksek kirliliğin olduğu Denizli-Muğla bağlantısı incelendiğinde, gidiş yönünde eksenden uzaklaştıkça önce azalır sonra artan kirlilikten söz edilirken, dönüşte azalan kirlilik söz konusudur. Hg’nin en düşük kirlilik oranına sahip Denizli-Aydın bağlantısında ise gidişte artan, dönüşte ise önce azalır sonra artan kirlilik mevcuttur. Her iki bağlantıda da gidiş yönündeki Hg kirlilik oranı dönüş yönünden fazladır. Pb için en yüksek kirliliğin olduğu Denizli-Muğla bağlantısı incelendiğinde, gidiş yönünde eksenden uzaklaştıkça önce artıp sonra azalan kirlilikten söz edilirken,

dönüşte azalan kirlenme söz konusudur. Hg'nin en düşük kirlilik oranına sahip Denizli-Ankara bağlantısında ise gidişte önce azalıp sonra artan, dönüşte ise artan kirlilik mevcuttur. Her iki bağlantıda da dönüş yönündeki Hg kirlilik oranı gidiş yönünden fazladır. U için en yüksek kirliliğin olduğu Denizli-Antalya bağlantısı incelendiğinde, gidiş yönünde sadece 50-100 m' de bir değer elde edilmiş, dönüş yönünde ise herhangi bir değer belirlenmemiştir. En düşük U kirlilik oranına sahip Denizli-Aydın bağlantısında gidiş yönünde önce artan sonra azalan, dönüş yönünde ise önce azalan sonra artan kirlilik görülmektedir. Burada gidiş yönündeki kirlilik dönüşten fazladır. Genel olarak bakıldığında incelediğimiz altı adet bağlantı yolunda tüm elementler için dönüş yönündeki toplam kirlilik oranlarının gidiş yönünden fazla olduğu belirlenmiştir. Sadece Manisa bağlantısında gidiş yönündeki kirlenme daha fazladır, Ankara'da ise gidiş-dönüş oranı aynıdır. Bu durumda taşıt yoğunluğunun etkisi kısmi olarak görülmektedir. Denizli bağlantı yollarında, verilerdeki düzensiz dalgalanmaların iklim geçişinden etkilenebilir olması ve gidiş-dönüş yönündeki trafik yoğunluğunun farklı olabileceği düşünülmekte olup bu konunun başka çalışmalarda incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma alanında belirlenen ağır metal yoğunluklarına bakıldığında, bugün için çalışma alanında Cr ve Ni hariç diğer ağır metaller için kirlilik düzeyinin aşırı olmadığı ancak literatürdeki maksimum eşik değeri aşmayan bir kirlenmenin gözlemlendiği belirlenmiştir. Cr, Ni, Hg ve Pb elementlerinin yol ekseninden sağa ve sola uzaklaştıkça belirlenen değerleri artmaktadır. Trafik yoğunluğu ile eksenden belirlenen mesafelerin birbiri ile her hangi bir bağlantısı analiz sonuçlarına göre yoktur. Fakat trafiğin yoğun olduğu bağlantılarda elementlerin kirlilik oranları düşüktür yani trafik yoğunluğu element yoğunlukları ile ters orantılıdır. U elementi için de aynı sonuçlar elde edilirken, sadece analiz sonuçları U kirliliğinin daha farklı etmenlere bağlı olabileceğini ve bunun daha detaylı bir çalışmada incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu durumda Denizli ili için tarım arazilerinde ulaşım kaynaklı toprak kirliliğinden söz edemeyiz. Bu sonuçlar doğrultusunda;

- Trafiğin en yoğun olduğu Denizli-Ankara bağlantısında, Hg için bir bulgu elde edilememiş olup, Cr, Ni ve U için gidiş yönünde yol ekseninden uzaklığa bağlı artan bir kirlilik, dönüş yönünde ise azalan bir kirlilik saptanmıştır.
- Denizli- Aydın yolunda Cr, Ni, Hg ve Pb için hem gidiş hem dönüş yönünde karayolu ekseninden uzaklaştıkça artış tespit edilmiştir. Dönüşte ise Cr ve Ni elementlerinde artış varken, diğer elementlerde önce azalıp sonra artma gözlemlenmiştir.
- Denizli-Manisa bağlantısında ise tüm elementlerde gidiş ve dönüş yönünde sabit bir artma azalma belirlenmemiştir. Genel anlamda Ni hariç gidiş yönünde diğer elementlerde eksenden uzaklaşma artmaya sebep olurken, dönüşte Cr ve Ni hariç önce artıp sonra azalan kirlilik mevcuttur.
- Denizli-Muğla bağlantısı incelendiğinde, U elementine dair bir bulgu elde edilememiş olup, gidiş yönünde Cr azalan, Ni artan, Hg ve Pb ise birbiri ters bir azalma-artma oranı göstermektedir. Kirliliği artan, dönüş yönünde ise Cr ve Ni kirliliği artan, Hg ve Pb azalan değerlerdedir.
- Denizli-Antalya bağlantısında gidiş yönünde Cr, Ni ve Hg için artan, Cr, Hg ve Pb değerlerinde eksenden uzaklık ile dönüş yönünde azalan kirlenme belirlenmiştir.

- Denizli-Uşak bağlantısında U elementine dair bir bulgu elde edilememiştir. Cr ve Ni için azalarak artan, Hg ve Pb için gidiş yönünde azalan değerler elde edilmiştir. Dönüşte ise Cr, Ni ve Pb için artarak azalan kirlilik mevcuttur. Hg ise artan değerlerdedir.

Sonuç olarak, Denizli ilindeki Uşak bağlantısı hariç diğer tüm bağlantı yollarında, gidiş yönünde trafik yoğunluğuna bağlı olmaksızın Cr, Ni, Hg, Pb ve U elementlerinin değerleri yol ekseninden uzaklaştıkça artan bir ağır metal kirliliğini göstermektedir. Denizli-Uşak en az trafik yoğunluğuna sahip bağlantıdır ve buradaki değerler Cr hariç, gidiş yönünde hep azalmaktadır. Bağlantılardaki dönüş yönlerinde ise artma ve azalma oranları değişim gösterirken her hangi bir benzerlik göstermemektedir. En yoğun trafiğe sahip Denizli-Ankara ve bölgedeki üçüncü trafik yoğunluğuna sahip Denizli-Manisa bağlantılarında Cr, Ni, Hg, Pb ve U elementlerinin değerleri karayolundan uzaklaştıkça azalırken, ikinci trafik yoğunluğuna sahip Denizli-Aydın yolunda artmaktadır. Değerler irdelendiğinde, kirliliğin trafik yoğunluğu ve yol eksenine olan uzaklık ile olan ilişkisi net olarak ortaya konulamamaktadır. Kirlenme şeklinin diğer faktörlerle olan ilişkilerinin incelenmesi gelecek çalışmalar kapsamında değerlendirilmiştir.

Çalışmada trafik yoğunluğunun ve yol ekseninden uzaklığın ağır metal yoğunluğuna etkisi araştırılmış ve Denizli bağlantı yollarında incelenen Cr, Ni, Hg, Pb ve U ağır metallerinin toprakta bulunan değerlerinin trafik kaynaklı olmadığı saptanmıştır. Bu durumda mevcut kirliliğin aslında örnek alınan lokasyonlardaki bulgular kısmında anlatılan toprak formları ve baskın kaya birimleri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar, metal yoğunluğu ile trafik yoğunluğu arasında doğru orantılı artış göstermemektedir. Aksine bu beş elementin yoğunlukları genel anlamda trafikle ters orantıya sahip olsa da her bağlantıda ağır metal kirliliği vardır. Bağlantılarda tespit edilen ağır metal kirliliği önemli bir sorun teşkil etmekle birlikte, eğer önlem alınmazsa her geçen gün tarım topraklarında olumsuz sonuçlara sebep olmaya devam edecektir. Bu durumda, uygun toprak arıtım metodu, bölge karakteristikleri, giderilecek kirleticinin tipi, yoğunluğu ve kirlenmiş arazinin sonraki kullanımı gibi pek çok değişik faktörün incelenmesi ile bulunabilir. Sonuçlar, il genelinde incelenen ağır metal kirliliğinin mevcut olduğunu ve bunun uygun alternatif araç kullanımı ya da gerekli toprak koruma metotların uygulanması ile daha az seviyelere çekilebileceğini göstermektedir. Ayrıca kirlenme şekillerinin sadece trafik değil iklim ve topografya gibi diğer faktörlerle de ilişkilendirilmesinin gerekliliğini göstermektedir. Böylelikle kirlenme mekanizması daha net açıklanabilecek ve daha etkin önleme ve temizleme yöntemleri uygulanabilecektir.

**Teşekkür:** *Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 2014FBE065 nolu BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.*

## Kaynaklar

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı (2015) Denizli İli Tarımsal Yatırım Rehberi, 34 sayfa, Ankara.

Tarım Özel İhtisas Komisyonu (2014) “Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı Çalışma Grubu Raporu”, Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018), 79 sayfa, Ankara.



Aydeniz A, (1985) “Toprak Amenajmanı”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 928, Ders Kitabı No: 263, Ankara.

Vural A. ve Şahin E. (2012) “Gümüşhane şehir merkezinden geçen karayolunda ağır metal kirliliğine ait ilk bulgular”, Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute 2 (1), 21-35, Gümüşhane.

Sezgin N., Ozcan H.K, Demir G., (2003) Nemlioğlu S. ve Bayat C. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in İstanbul E-5 Highway, Environment International, 29, 973-985, İstanbul.

Kocaer, F.O. and Başkaya, H.S., (2003) “Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler”, Uludağ Ü., Mühendislik-Mimarlık Fak. Dergisi, 8 (1), 121-131, Bursa.

Temelci F. E. (2000) “Taşıtlarda Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, İstanbul, 60 sayfa, İstanbul.

Atabey, E. (2010) “Türkiye’ de İnsan Kaynaklı (Antropojenik) Unsurlar ve Çevresel Etkileri”, MTA Yer Bilimleri ve Kültür Serisi-7, 286 sayfa, Ankara.

Düzgören Aydın, N.S. (2005) “Kurşun İzotopları ve Ağır Metallerin Kaynakları ve Dağılımları: Örnek Çalışma-Şehir Çevre Kirliliği ve İnsan Sağlığı”, 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı, JMO yayını, 95, 65-73, Ankara.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., (2007) “Metallerin Çevresel Etkileri –I”, İTÜ, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, (erişim adresi: [www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf), erişim tarihi: 13.05.2007).

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., (2007) “Metallerin Çevresel Etkileri –I”, İTÜ, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, (erişim adresi: [www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf), erişim tarihi: 13.05.2007).

Göl, C., Dengiz, O., Ören, N. (2007) Çankırı- Ovacıkıyla Havzası Orman Topraklarının Temel Özellikleri Ve Sınıflandırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(1), Isparta.

Akgül, M., (1992) Daphan Ovası Topraklarının Sınıflandırılması ve Haritalandırılması, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Yalçınlar, İ. (1963) Türkiye’de Görülen Bazı Eski Aşınım Satırları, İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Dergisi, 7(13), İstanbul.

Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S., (2007) “Metallerin Çevresel Etkileri–II[online]”,(erişim adresi: [www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf), erişim tarihi: 13.05.2007).

Özkul, C. (2008) “İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi”, Uygulamalı Yerbilimleri 2, 1-9.

Fergusson, J.E., (1990) "The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects", 614 pages, Oxford, England, Pergamon Press, Oxford.

Yaman S. (1994) Karayolu kenar topraklarında kurşun kirlenmesi (Ceyhan-Adana), Tr. Journal of Engineering and Environmental Science, 19, 303-306.

Türkan, İ. (1982) "İzmir İli Şehir Merkezi ve Çevre Karayolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun Kirlenmesinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, 18-32, İzmir.

Haktanır K., Arcak S., ve Erpul G. (1995) "Yol kenarındaki topraklarda trafikten kaynaklanan ağır metal birikimi", Engineering and Science, 19, 423-431.

Yomralıoğlu, T. ve Çete, M. (2005) "Türkiye İçin Sürdürülebilir Bir Arazi Politikası İhtiyacı", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı (28 Mart-1 Nisan 2005), Ankara.

Baillie, I.C., Inciong, N.B., Evangelista, P.M., (2001) Soils and Land Use on Lithologically Alluvia on Coastal Plain of Palawan, Philippines, Singapore Journal of Tropical Geography, 22(1), pp:1-14, Singapore.

Aksoy, E., (1995) Amanos Dağları'nda Toprak Yapan Faktörler İle Toprak Genesisi Arasındaki İlişkinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Mulligan, C.N., Yong, R.N. and Gibbs, B.F.,(1999) " On the use of biosurfactans for the removal of heavy metals from oil-contaminated soil", Environmental Progress, 18(1), 50-54.

Aydın, G., Dinç, U., Şenol, S., Atatanır, L., Öztekin, E., Dingil, M., Yorulmaz, A., Öztürk, S. (2010) Denizli İli Topraklarının Detaylı Temel Toprak Etüd ve Potansiyel Arazi Kullanım Haritalarının Hazırlanması Projesi- II. Kısım: Tavas Ovası, Cilt1: 231 sayfa, Denizli.

Aydın, G., Dinç, U., Şenol, S., Atatanır, L., Öztekin, E., Dingil, M., Yorulmaz, A., Öztürk, S. (2011) Denizli İli Topraklarının Detaylı Temel Toprak Etüd ve Potansiyel Arazi Kullanım Haritalarının Hazırlanması Projesi- II. Kısım: Acıpayam Ovası, Cilt 1:311 sayfa, Denizli.

Akça, E., Aydın, G., Bayramin, İ., Dengiz, O., Dingil, M., Ekinci, H., Gündoğan, R., Kapur, S., Kılıç, Ş., Kurucu, Y., Sarı, M., Şenol, S., Özcan, H., Öztekin, M.E., Demirel, B.Ç. (2015) Toprak Etüd Haritalama El Kitabı, GTHB Tarım Reformu Genel Md., Tarım Arazileri Değerlendirme Başkanlığı, Ankara.

Reimann, C. and Caritat, P., (1998) Chemical Elements in the Environment, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 397 pages, New York.

Siegel, F.R., (2002) Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 193 pages, New York.

# **Metrobüs İşletmesi İle İlgili Olarak Meydana Gelen Kazaların ve Etkileşimlerin İrdelenmesi**

**Yük. Müh. Kubilay Akbulut, Arş. Gör. Aydın Kıcı**

İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 34320, Avcılar/İSTANBUL  
Tel: (0533) 051 8584

[kubilayakbulut@outlook.com](mailto:kubilayakbulut@outlook.com)

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Çünüt/Merkez/Isparta

Tel: (0246) 211 1222

Tel: (0554) 926 8731

[aydinkici@gmail.com](mailto:aydinkici@gmail.com)

**Yrd. Doç. Dr. N. Özgür Bezin**

İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 34320, Avcılar/İSTANBUL  
Tel: (0533) 663 9755

[ozgur.bezin@istanbul.edu.tr](mailto:ozgur.bezin@istanbul.edu.tr)

## **Öz**

Hızlı otobüs hatları, gelişen ve nüfusu hızla artan büyükşehirlerde işlevsel ve ekonomik bir ulaşırma sistemi olarak yerini almıştır. Ülkemizde, İstanbul'da Metrobüs ismi ile uygulanan hızlı otobüsler İngilizce'de "Bus Rapid Transit" olarak anılmaktadır. Hızlı otobüslerin performanslarının ve yararlarının irdelenmesi önemlidir, zira bu sistemin, ulaşım ihtiyacına uygunluğu irdelenebilir ve en uygun halde geliştirilebilir. Bu çalışmada hızlı otobüs hatları, İstanbul Metrobüs Hat'tı üzerinde yoğunlaşarak, irdelenmiştir. Bu irdeleme; Metrobüs hattının tanımı, dünya üzerindeki örneklerinin kıyaslanması ve nihayetinde İstanbul Metrobüs Hat'tında 2007 ve 2016 yılları arasında meydana gelen kazaların tür ve sayılarının tespitiyle tamamlanmıştır. Gerçekleşen olayların tespitinde 2007 ve 2016 yılları arasında etkin gazete arşivleri incelenmiş ve gerçekleşen olaylar türlerine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrası, gerçekleşen olayların yerleri, olaylar sonucu ortaya çıkan durumlar, ölü/yaralı sayısı gibi veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler sonucunda İstanbul Metrobüs Hattı'nın performansı, aşırı yoğunluk ve karayolu ile olumsuz etkileşimler bağlamında irdelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Metrobüs, İstanbul, Kaza, Hızlı Otobüs, Bariyer

## **Giriş**

Metrobüs hatları, 2000'li yılların başından itibaren yaygın şekilde tercih edilmeye başlanmıştır. Nüfus artışına bağlı olarak ulaşım ihtiyacının artması sonucu Hızlı Otobüs Hat'ları pratik bir çözüm sunmaktadır. Bunun yanı sıra trafikteki araç sayısının artmasına bağlı olarak gaz salınımlarının yükselmesi sonucu Hızlı Otobüs Hat'ları yeşil ulaşım sistemleri olarak kendini göstermektedir. Araç sayısının artması, gaz

salınımlarının yanı sıra, trafik yoğunluğunu artırmaktadır. Hızlı Otobüs Hat'ları araç trafiğinden ayrı hareket ettiği için trafikten etkilenmemektedir. Bu koşullar Hızlı Otobüs Hat'larının çokça tercih sebebi olmasında etkilidir (LIU ve diğerleri, 2013). Bu yaygınlaşmanın sonucu olarak da hizmet performansları, güvenlik performansları, güvenilirlikleri ve konfor koşulları açısından incelenmeleri gerekmektedir. Bu çalışma İstanbul Metrobüs Hattı üzerinde meydana gelen kazalar üzerinde yoğunlaşmıştır.

## Metrobüs Tanımı ve Örnekleri

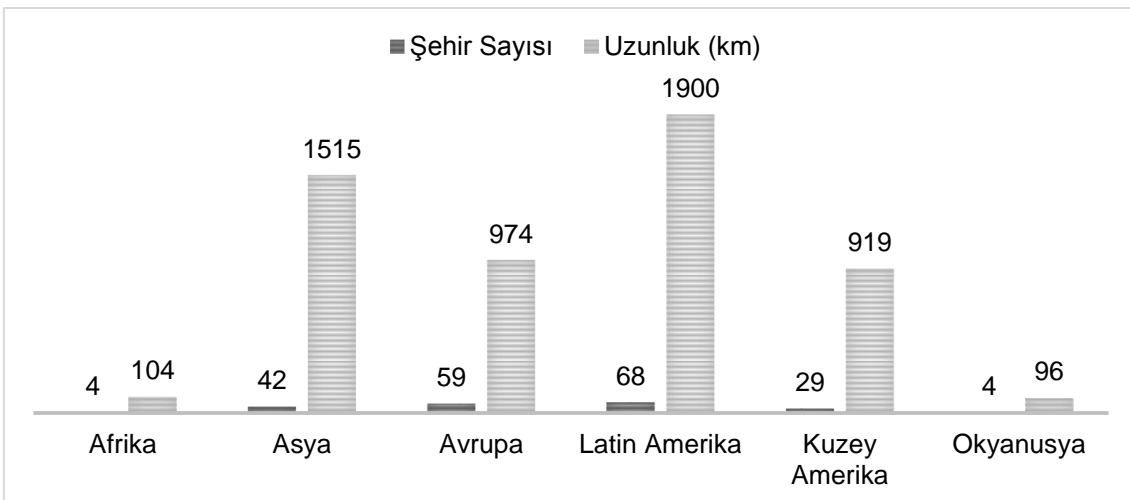
Metrobüs karayolu trafiğinden ayrılmış yol üzerinde hareket eden, hat genelinde kontrollü giriş-çıkış ile oluşan duraklarla hizmet veren ve hat boyunca anlık bilgi akışına müsaade eden, lastik tekerlekli akıllı ulaşım sistemidir (Carrigan, 2013).

Metrobüs hatları ilk yatırım maliyeti olarak raylı sistemlere göre daha düşüktür. Hızlı Metrobüs Hat'ları ortalama 6,36 milyon \$/km'ye (1990 yılı Amerikan doları) inşa edilmektedir. Bu değer Hafif Raylı Sistem'in (16,40 milyon \$/km) yarısından daha az ve Ağır Raylı Sistem'lerinin (79,66 milyon \$/km) onda birine denk gelmektedir. (Zhang,2009)

Metrobüs hatlarının en büyük yararı yolculuk sürelerinin kısılmasıdır. Johannesburg (Güney Afrika) Metrobüs Hat'tı hizmet vermeye başladıktan sonra yolculuk süreleri 13 dakika (%10), Guangzhou'da ise yolculuk süresi %29 kısalmıştır (Carrigan, 2013). Bu durum İstanbul Metrobüs hattında 52 dakika ile kendini göstermektedir (Söyler, 2013). Ayrı karayolu şeridi üzerinden, Metrobüs araçlarının ortalama hızları, karma trafik taşıyan komşu şeritlerden yüksek olabilmektedir. Metrobüs hattı üzerinde ortalama hareket hızı 40 km/saat mertebesinde olup, 80 km/saat mertebesine çıkabilmektedir.

## Dünyadaki Metrobüs Örnekleri

Hızlı Otobüs Hatları, ülkemizde 2007 yılında kullanıma açılmıştır. Dünya genelinde metrobüs hatlarda toplamda 206 şehirde hizmet vermekte ve günde ortalama 34 milyon kişi taşımaktadır. Dünya genelinde toplamda 5.508 km uzunluğunda metrobüs hattı bulunmaktadır.

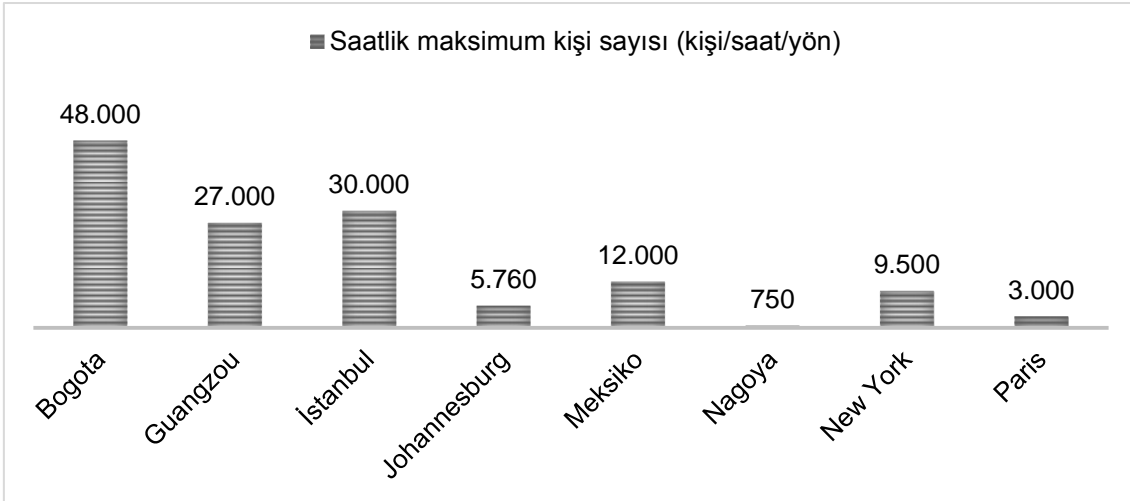


Şekil 1: Toplam uzunluk ve metrobüs hattı bulunan şehir sayılarının kıtalara göre değişimi.

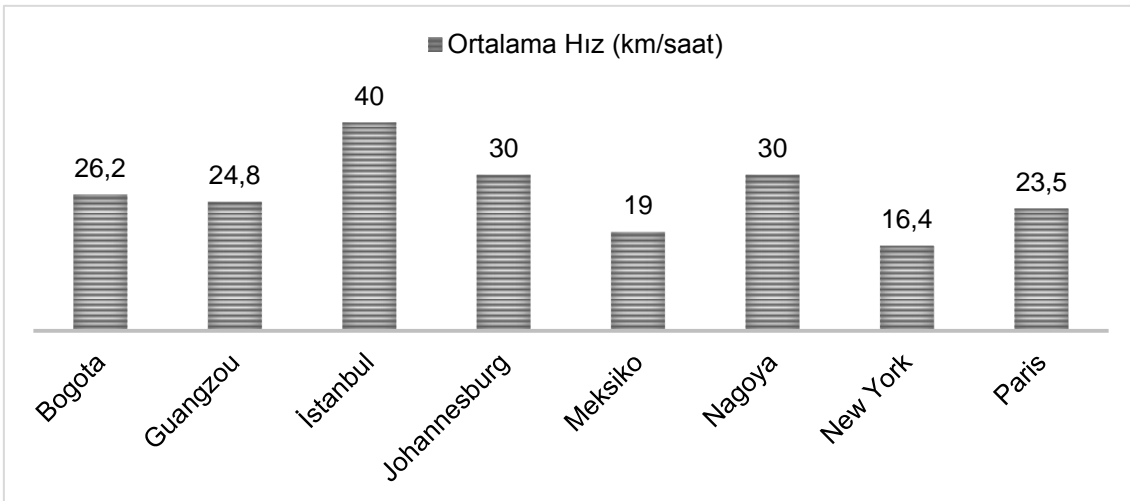
Bu çalışmada İstanbul Metrobüs Hattının yanı sıra Bogota (Kolombiya), Guangzou (Çin), İstanbul (Türkiye), Johannesburg (Güney Afrika Cumhuriyeti), Meksiko (Meksika), Nagoya (Japonya), New York (Amerika Birleşik Devletleri, Brooklyn) ve Paris (Fransa) örnekleri incelenmiştir.



Şekil 2: Günlük ortalama kişi sayısından örnek metrobüs hatlarının kıyaslanması.



Şekil 3: En yoğun saatlerde taşınan kişi sayısının kıyaslanması.



Şekil 4: Ortalama seyahat hızı açısından örneklerin kıyaslanması

Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’da işletme özellikleri açısından yukarıdaki örnekler kıyaslanmaktadır.

## İstanbul Metrobüs Hattı

İstanbul Metrobüs Hattı, Edirne-İstanbul-Ankara hattını birbirine bağlayan D-100 karayolu üzerinde, ortadaki iki şeridin bariyerler ile ayrılmasıyla oluşturulmuş 52 km uzunluğunda bir hattır. Hat, normal koşullarda 6 şerit (3 gidiş, 3 geliş) olan D-100 karayolunun emniyet şeritlerinin daraltılması ve araç şeritlerinin daraltılması ile 2 şerit oluşturulmuştur. Bu durum güvenlik zafiyetleri doğurmakta ve sonraki bölümlerde incelenmektedir. Hat uçtan uca Beylikdüzü - Söğütlüçeşme durakları arasındadır ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü (Boğaziçi Köprüsü) üzerinden geçmektedir. Köprü geçişinde ayrı bir şeride sahip olmayan metrobüs hattı, diğer araçlarla karışarak, en sağ şeridi kullanmak koşuluyla, köprü geçişini tamamlamaktadır. Hat toplamda 4 faz olarak faaliyete geçirilmiştir. (Yurdagül,2012)

Hat üzerinde hareket sağ şerit yerine sol şeritten ilerlemektedir. Bu durum araçların farkında olarak/olmayarak metrobüslerle yarışa girmelerini engellemektedir. Bunun yanı sıra araçların metrobüs hareket hızından görece olarak etkilenmesini engellemektedir. Örneğin yoğun saatlerde araç trafiği 20 km/saat hızda akarken, metrobüsler daha yüksek hızlarda hareket etmektedir. Metrobüs hareketi araç trafiğine paralel (sağdan) ilerlediği takdirde, araç sürücüleri hızlarını istem dışı olarak metrobüslere göre ayarlayabilirler. Bu durum gerçekleşirse, ölümcül olmasa dahi, araç trafiğini aksatacak kazalara sebebiyet verebilir. Metrobüs hattı, günlük 750.000 kişi taşımaktadır. İş çıkışı ve sabah saatleri gibi yoğun saatlerde 25 saniyede bir otobüs gelmekte ve bu sayede yoğun saatlerde bir yönde 30.000 kişiye hizmet vermektedir. (İlcalı, 2013)

## İstanbul Metrobüs Hattında Meydana Gelen Kazalar ve Olaylar

Bu çalışmada metrobüs hattının hizmet vermeye başlamasından sonra metrobüs hattında meydana gelen veya araç/yaya trafiği sonucu metrobüs hattını etkileyen kazalar dikkate alınmıştır.

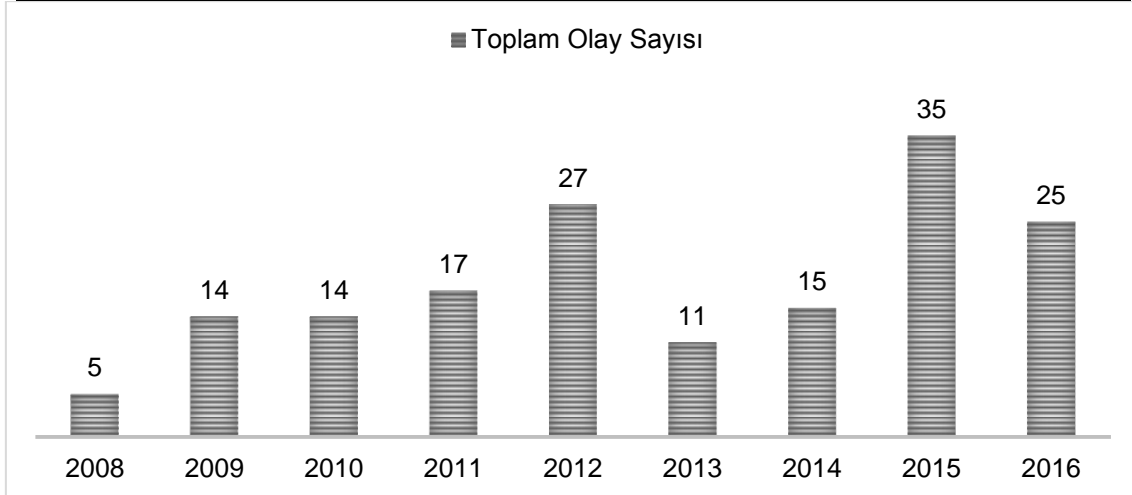
Kentlerimizde kaza haberlerini düzenli bir şekilde toplayan ve özellikle toplu taşıma unsurlarının performanslarını yakından takip etmeye yönelik habercilik yapana ana akım gazetelerinin internet arşivlerinde yapılan araştırmalar sonucu 2008 yılından 2016 yılsonuna kadar toplamda 164 adet münferit kaza/aksaklık gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu olaylarda toplamda 142 olay sonrası seferlerde aksama olmuş, toplamda 208 kişi yaralanmış ve 22 kişi hayatını kaybetmiştir. Tablo 1’de tespit edilen kaza türleri ve sayıları kümelendirilmiştir.

Şekil 5’da ise tespit edilen olayların yıllara göre değişimi irdelenmektedir.

Tablo 1: Olayların Sınıflandırılması.

Olay Tipi	Olay Kodu	Açıklama
Aşırı Yoğunluk	1	Duraklarda yaşanan aşırı yoğunluklardan dolayı gazetelerde yer alan haberler

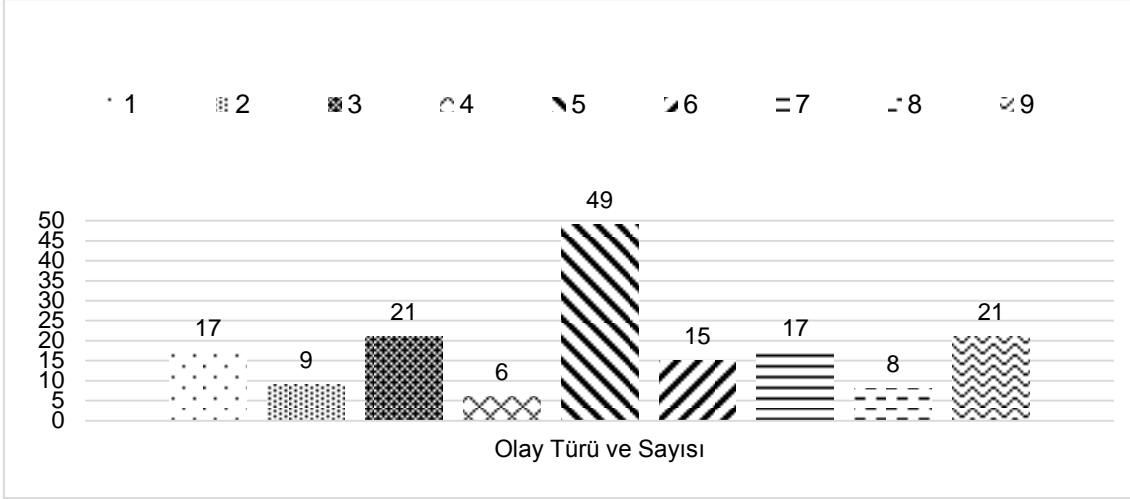
İş Kazası ve Dış etmenler	2	İş Kazaları ve yürüyüş yollarında ki aksaklıklar ve hatta insan dışı canlıların girmesi
Teknik Arıza	3	Teknik arıza yaşayan metrobüslerin yolda kalması
Lastik-Teker Arızası	4	Lastik arızası yaşayan metrobüslerin yolda kalması
Metrobüs Yoluna Giren Araç	5	D-100 Karayolunda metrobüs hattına giren araçların oluşturduğu kazalar
Metrobüsün Yolcuya Çarpması	6	Yolcu hatalarından dolayı (Karşıdan karşıya geçme gibi) gerçekleşen kazalar
Metrobüslerin Çarpışması ve Kazası	7	Metrobüslerin şoför hatası vb. etkenlerle yaptığı birbirlerine çarparak veya münferit kazaları
Hava Şartları Aksama- Kaza (Kar)	8	Hava şartlarından dolayı gerçekleşen sıkıntıların yarattığı beklemler
Taciz-Güvenlik Eksiği-Kavga	9	Hatta yaşanan kavga, taciz, cinayet gibi güvenlik eksigi kaynaklı olaylar



Şekil 5: Tespit edilen olayların yıllara göre dağılımı.

Tablo 1’de gösterilen olay gruplarına göre gerçekleşen olaylar gruplandırıldığında, en çok olay “Metrobüs Yoluna Araç Girmesi” grubunda meydana gelmiştir (49 olay). Bunu takiben “Teknik Arıza” ve “Taciz-Güvenlik Eksiği-Kavga” gruplarında 21 olay tespit edilmiştir (Şekil 6).

Tablo 2’de görüldüğü üzere, “Aşırı Yoğunluk” grubunda en çok olay Şirinevler’de yaşanmıştır. “Teknik Arıza” grubunda en çok olayın Çağlayan bölgesinde yaşanması eğimle ilişkilendirilebilir. “Taciz-Güvenlik Eksiği-Kavga” grubunda ise en çok olayın Zincirlikuyu durağında yaşanması yine yoğunlukla ilişkilidir.



Şekil 6: İstanbul Metrobüs Hat'tında tespit edilen olayların gruplandırılması.

Tablo 2: Olay gruplamalarının en sık yaşandığı duraklar.

Olay Kodu	Olay Tipi	Durak
1	Aşırı Yoğunluk	Şirinevler
2	İş Kazası ve Dış etmenler	Avcılar
3	Teknik Arıza	Çağlayan
4	Lastik-Teker Arızası	Genel
5	Metrobüs Yoluna Giren Araç	Merter
6	Metrobüsün Yolcuya Çarpması	Cevizlibağ
7	Metrobüslerin Çarpışması ve Kazası	Edirnekapı
8	Hava Şartları Aksama- Kaza (Kar)	Hat
9	Taciz-Güvenlik Eksikliği-Kavga	Zincirlikuyu

Aşırı Yoğunluk grubunda olaylar hem durak içi hem de metrobüs içi durumu kapsamaktadır. Hat'taki durakların hatta paralel şekilde uzun yerleşmesi, durak içi yaya sirkülasyonunu etkilemektedir. Zira hem metrobüse binmek için bekleyen yolcuların olması hem de duraktan çıkmak veya durağa girmek için yolcuların hareketi sonucu hareketi engelleyecek direnç meydana gelmektedir. Durakların ortalama genişliğinin 3,5 metre mertebesinde olduğu düşünüldüğünde durakların yetersiz kalacağı aşikârdır. Yoğunluk, Taciz-Güvenlik Eksikliği- Kavga grubunu da direkt olarak etkilemektedir.

İş Kazası ve Dış Etmenler, Hava Şartları ve Aksama ve Metrobüslerin Yayaya Çarpması gruplarındaki olaylar, hattın dış etmenlerden çok çabuk şekilde etkilendiğini göstermektedir. Hattın günde ortalama 750.000 kişi taşıdığı düşünüldüğü takdirde, aksamalar önem arz etmektedir. Teknik Arıza grubunda meydana gelen olaylar, özellikle hat ilk hizmet vermeye başladığı zaman kendini göstermiştir. Bu durum süreç içerisinde deneyim (Deneme-Yanıma) odaklı olarak azaltılmıştır.

Metrobüs Yoluna Giren Araç grubundaki olaylar, güvenliği en çok tehdit eden unsurlardır. Zira araçların dâhil olduğu kazalarda ölü/yaralı olması, diğer gruplara göre, daha yüksek ihtimaldir. Bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi, hat hizmete açılırken emniyet şeritleri ve araç şeritleri daraltılmıştır. Bu durum olası araç kazalarında araçların direkt olarak metrobüs yoluna/bariyerlerine çarpmasına sebebiyet vermektedir.



Metrobüslerin Çarpışması ve Kazası, araçların insan (şöfor) sayesinde kılavuzlanması ile ilişkilendirilebilir. Buna karşın olarak raylı sistemler kılavuzlanma raylar vasıtası ile olduğu için, insan hatası ihtimali indirgenmektedir.

## **Sonuçlar**

İstanbul Metrobüs Hat'tı günlük ortalama 750.000 kişi taşınması ve saatlik maksimum kişi sayısının 30.000 kişi olması kapasitesinin sınırında olduğunu göstermektedir (Söyler,2013). TÜBİTAK tarafından 2013 yılında yapılan çalışmada da bu durum dile getirilmiştir.

Hızlı Otobüs Hat'larının önemi kent büyüklüğüne göre değişmelidir. Orta ölçek nüfus yoğunluğuna sahip illerde toplu taşıma büyük rol oynaması gerekir. Buna karşın yüksek nüfuslu şehirlerde ise metro hattının bir alternatifi olarak ele alınmalıdır (Liu ve diğerleri, 2013). Aşırı yoğunluk nedeniyle, tespit edilen 30 adet olayda 1 kişi hayatını kaybetmiştir. Aşırı yoğunluğa çözüm olarak her ne kadar sefer sayılarının artırılması çözüm olarak görünse de, mevcut duruma uygun değildir. Zira halihazırda yoğun saatlerde 25 saniyede bir metrobüs gelmektedir. Daha sık metrobüs seferi yapılması, hem işletme prensipleri (yolcuların inme-binme süreleri) hem de güvenlik açısından (hat içinde metrobüslerin birbirine yakın seyretmesi) uygun değildir. Bu nedenle, asıl önlem metrobüs hattının İstanbul ana ulaşım hattından ayrılarak, raylı sistemlere yardımcı bir hat konumuna getirilmelidir.

Kazalar bölümünde irdelendiği gibi metrobüs yoluna araç girmesi olay grubunda tespit edilen 49 olayda, 9 kişi hayatını kaybetmiş ve 32 kişi yaralanmıştır. Özellikle araçların metrobüs hattına girmesi olaylarının sıklıkla yaşandığı bölgelerde (Sefaköy Durağı ve Merter durağı çevresi) esnek halatlı bariyerler yerine beton bariyerler kullanılabilir. Ancak beton bariyerlerin kesit ölçüleri yüksek olduğundan (taban genişliği 60 ile 75 cm), boyut açısından daha avantajlı 3 Kirişli Çelik Bariyer Sistemlerinin veya Kutu Kiriş Çelik Bariyer Sistemlerinin kullanılması araçların bariyerleri aşmasını engelleyecektir (Sheikh,2009)

## **Kaynaklar**

Carrigan, A. ve diğerleri (2013), Metrobüs Sistemlerinin Sosyal, Çevresel ve Ekonomik Etkileri,Embarq, İstanbul.

Söyler, H. ve Tamgacı E.S. (2013), Toplu Taşıma Sistemleri ve Yeni Nesil Trambüs, 6. Ulaşım Sempozyumu ve Fuarı,TRANSİST 6. Ulaşım Sempozyumu ve Fuarı - ICC 2013 Bildiri Kitabı, s. 75-88, 25-26 Aralık, İstanbul.

Ilıcalı, M., ve diğerleri (2013), İstanbul Ulaştırma Sisteminde Modlar Arası Entegrasyon ve Dengeli Modal Dağılımı, 6. Ulaşım Sempozyumu ve Fuarı,TRANSİST 6. Ulaşım Sempozyumu ve Fuarı - ICC 2013 Bildiri Kitabı, s. 140-146, 25-26 Aralık, İstanbul.

Yurdağül, E., (2012), İstanbul Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs Sisteminin Bileşenlerinin Değerlendirilmesi ve Dünyadaki Metrobüs Sistemleri İle

Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Liu , Z. C., ve diğerleri, (2013), Lessons of Bus Rapid Transit From Nine Cities in China, Transportation Research Board 2013 Annual Meeting, Washington, Amerika Birleşik Devletleri, 2013

Zhang, M., (2009), Meta-Analysis of Cost Characteristics, Carrying Capacities, and Land Use Impacts, Transportation Research Board, Washington, Amerika Birleşik Devletleri, 2009

Sheikh, N., M., ve diğerleri, (2009), Analysis of Roadside Safety Devices for Use on Very High Speed Roadways, Texas Department of Transportation Research and Technology Implementation Office, P.O. Box 5080, Austin, Texas 78763-5080

<http://www.brtdata.org>, Cities, İstanbul, 2016

<http://metrobus.iett.istanbul/tr/metrobus/pages/metrobus-tarihce/222>, Tarihçe,2016

# Kıyı Alanlarındaki Yatırım Kararlarına Bölge Halkının Katılımı: Karaburun Uygulaması

**Araş. Gör. Onur AKDAŞ**

Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Tınaztepe Yerleşkesi, Buca, İzmir  
onur.akdas@deu.edu.tr  
0232 301 88 20

**Oğuzhan AYZ**

## Öz

Kıyı alanları, barındırdıkları ekolojik ve ekonomik değerler göz önünde bulundurularak uluslararası literatürde doğal bir kaynak olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde de kıyılar, anayasal güvence altına alınarak kıyıların kullanımında öncelikle kamu yararının gözetilmesi hüküm altına alınmıştır. Kıyı alanlarında planlanan yatırımlara ilişkin kararlarda halkın görüşüne başvurulması ülkemizde son yıllarda özellikle yerel yönetimlerin başvurduğu bir yöntemdir.

Bu çalışmanın amacı, kıyılarda gerçekleştirilecek yatırımlarda bölge halkının kararlara katılımını sağlayacak yöntemleri ortaya koyarak bu yöntemleri karar vericilerin kullanımı açısından tartışmaktır.

Çalışmada halkın yatırım kararlarına katılım yöntemleri ortaya konmaktadır. Ardından “Refah Ekonomisi Teorisine” dayalı olarak verilen bu yöntemlerden seçilen “Koşullu Değerleme Yöntemi” daha ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Son olarak da koşullu değerlendirme yöntemi ile Karaburun Yat Limanı Projesi’nin değerlendirilmesi yapılarak sonuçları paylaşılmıştır.

Karaburun’un yerleşik halkı ve potansiyel ziyaretçileri kapsamındaki bir örnekleme uygulanan koşullu değerlendirme anketinin verilerinin Stata yazılımı kullanılarak analiz edilmesiyle çalışmanın sonuçlarına ulaşılmıştır. Buna göre, yat limanı projesinin yapılacağı alanın sosyal değeri ortaya çıkarılmış ve farklı profil özelliklerine sahip kişilerin yat limanı projesine bakış açıları arasındaki anlamlı farklılıklar ortaya konmuştur.

Çalışma, ülkemizdeki deniz turizmi ve deniz ulaştırması yatırım kararlarına halkın katılımını akademik olarak ele alması yönünden ilk olma özelliğine sahiptir. Sonuçların, tüm yerel ve merkezi yönetim karar vericilerine destek niteliğinde olması da çalışmanın hedeflenen çıktılardan biridir.

**Anahtar Sözcükler:** Halkın Kararlara Katılımı, Koşullu Değerleme Yöntemi, Kıyı Alanları, Yat Limanı, Deniz Ulaştırması

## Giriş

Doğanın ve onun sunduğu kaynakların ekonomik değerini ve insanlığa faydalarını anlayabilmek ve ölçümleyebilmek gün geçtikçe daha çok önem arz etmektedir. Kıyı alanları, yeryüzünün yüzölçümü açısından %20'sini kaplamakta ise de, dünya nüfusunun yaklaşık %45'ini barındırmakta ve anakentlerin %75'ine ev sahipliği yapmaktadır. Bir doğal kaynak olarak değerlendirildiğinde, kıyı alanlarından elde edilen faydalar, bugün ve gelecekte insanlığın kullanımına açık olan ve yaşamsal ihtiyaçlarının karşılanmasına kaynaklık eden; yerleşim alanlarını, ormanları, su kaynaklarını ve sulak alanları, tuzlaları, hidrokarbon bileşenleri ve canlı organizmaları başlıkları altında toplanabilir.

Bu ölçüde yaşamsal bir öneme sahip olan kıyı alanları, sanayileşmenin ve hızla artan şehirleşmenin baskısını en yoğun hisseden yeryüzü parçaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğası gereği kıyı alanlarını ve / veya bu kıyı alanlarının kaynaklarını kullanarak hizmet üreten denizcilik endüstrisinin faaliyet kollarında yer alan işletmeler, bu baskının en yoğun unsurları olarak değerlendirilmektedir. Bu işletmeler doğal olarak, yapacakları yatırımların kıyı alanına ve dahi kıyının diğer kullanıcılarına katacağı değeri ölçümlemek yerine, işletmenin kar amacı güden bir organizma olmasından hareketle, yatırımın finansal olarak yapılabilirliğine ve fayda-maliyet analizleri kapsamında hesaplanacak olan geri ödeme süresine, iç getiri oranına ve net bugünkü değerine odaklanmaktadır.

Ancak, hem paydaşların kıyı alanına verdiği değer, hem de işletmenin yatırımı ile oluşacak yeni değer (değer değişiminin) parasal olarak hesaplanabilmesi (ifade edilebilmesi); o yatırımın daha akılcı (rasyonel, feasible) bir temelde yükselebilmesi ve kıyı alanının sosyal sorumluluk payesi gözetilerek değerlendirilmesi açısından oldukça yaşamsaldır.

Araştırmaya bu çerçeveden bakıldığında, kıyı alanına yapılacak yatırımın o alana katacağı veya oradan eksilteceği değer sosyal sorumluluk yönlü bir yaklaşım ile ve ortaya parasal bir "değer" koyularak ifade edilebilmesi, araştırmanın ana gerekçesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Denizcilik yatırımlarının, toplumun tamamının kullanımına açık olan ve diğer alanlara kıyasla "değerli" olarak nitelendirilebilecek kıyı alanlarının üzerinde gerçekleşmesinin ortaya çıkardığı sosyal sorunsal; analitik ve matematiksel olarak ortaya konan, üstelik de sosyal paydaşların görüşlerinden yola çıkılarak hesaplanan bir değer ile ifade edilebildiğinde ortadan kaldırılabilir niteliktedir. Bu nitelik, ancak ve ancak akademik bir bakış açısı ve kabul görmüş bir bilimsel araştırma yönteminin kullanılabilmesi ile mümkün olabilecektir.

Denizcilik endüstrisinin faaliyet kollarının tesisleri olarak; limanlar (tüm alt ve üst yapı bileşenleri ile), terminaller, yanaşma iskeleleri, yat limanları, kruvaziyer turizme hizmet veren yolcu limanları, deniz turizmi tesisleri, tersaneler, gemi söküm alanları kıyı alanlarında yer alırlar ve bu alanların "ortak" kullanım alanı olma özelliğini "kamu yararı" başlığı altında birleştirirler. Ortada bulunan kamu yararı ise bu alanların kullanımından doğan "ekonomik fayda"dır.

Yaratılan ekonomik faydanın "ortak" olma özelliği, daha karmaşık süreçlerin analizi neticesinde oluşabilecektir. Tesisten elde edilen karın vergilendirmesi, yarattığı doğrudan ve dolaylı istihdamın ölçülmesi, ulusal ekonomiye katkısının belirlenmesi gibi unsurların açığa

çıkarılması durumunda yaratılan ekonomik faydanın ortaklığı sorgulanabilecek bir nitelik kazanabilecektir.

Ancak, sosyal paydaş (yerel halkın, potansiyel ziyaretçilerin, tesisin mevcut veya potansiyel kullanıcılarının) görüşlerinin, yatırımın üzerinde yer aldığı kıyı alanına kattığı ya da ondan eksilttiği değer hesaplanmasında göz önüne alınması ve odak konumunda tutulması ile kıyı alanının ortak alan olma payesi perçinlenecektir. Yatırımın yukarıda sayılan ekonomik faydalarının ölçülmesinin yanında, parasal olarak ifade edilen sosyal değerinin belirlenmesinin, hem sosyal paydaşları hem de potansiyel yatırımcıları kıyı alanının ortaklığı noktasında hemfikir olmada birleştireceği açıktır.

## Halkın Kararlara Katılımı

Kent merkezlerinin ortak kullanım alanlarını kapsayacak şekilde hazırlanmış yatırım projelerinin ve bunları etkileyebilecek nitelikteki kararların halk oylamasına sunulması ülkemizde özellikle son yıllarda sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntemin her ne kadar iyi niyetle uygulanıyor olduğu konusu apaçık ortada ise de, değerlendirmelerin ve halka soruş şeklinin akademik bir bakış açısından uzak olduğu gerçeği yadsınamaz. Çoklu tercih belirtme, açık uçlu soru, katılıyorum veya katılmıyorum şeklinde uygulanan bu yöntemin datalarının akademik bir üslupla değerlendirilmesi gereklidir.

Tablo 1, 2009-2016 yılları arasında Türkiye’de yerel yönetimlerce gerçekleştirilmiş halk oylamalarını göstermektedir.

**Tablo 1. 2009-2016 Yılları arasında Türkiye’de Yerel Yönetimlerce Gerçekleştirilmiş Referandumlar**

Halk Oylamasını Yapan Kurum	Konu olan Proje	Yapıldığı Tarih	Yöntem (Açık uçlu / Evet – Hayır / Alternatifli)	Sonuç (Red / Kabul Yüzdesi – Tesis Türü)
Antalya Büyükşehir Bld.	Raylı Sistem 2’nci Etap Projesi	31.08.2014	Evet – Hayır	% 98.34 Kabul % 1.66 Ret
Antalya Büyükşehir Bld.	Şarmpol Projesi	18.10.2015	Evet – Hayır	%90.18 Kabul %9.82 Hayır
Antalya Büyükşehir Bld.	Çallı Üst Geçit Projesi	06.12.2015	Evet – Hayır	%95.61 Kabul %4.39 Ret
Antalya Büyükşehir Bld.	Doğu Garajı Projesi	30.07.2016	Evet – Hayır	% 93.7 Kabul % 6.3 Ret
Antalya Büyükşehir Bld.	Atatürk Anıtı’nın taşınması	06.12.2015	Yer Alternatifli Seçim	-
Çukurova Belediyesi	Pazar Yeri Taşınması	16.05.2015	Evet – Hayır	%68 Kabul %32 Ret
Çukurova Belediyesi	Emekli Dinlenme Evi Yapımı	20.12.2015	Evet – Hayır	%81 Kabul %19 Ret
Çukurova Belediyesi	Spor Kompleksi Projesi	07.02.2016	Evet – Hayır	%86.5 Kabul %13.5 Ret

Bakırköy Belediyesi	Yat Limanı Projesi	06.11.2016	Evet – Hayır	%57 Kabul %43 Ret
Burdur Bucak Belediyesi	İmar planı Değişikliği	05.11.2015	Evet-hayır	%77 Kabul %23 Ret
Aydın Büyükşehir Belediyesi	Aydın Tekstil’den alınan alanın revizyonu	21.04.2016	Açık uçlu	%99 Yeşil Alan
Aydın Büyükşehir Belediyesi	Tariş’ten devralınan kıyı alanının revizyonu	15.04.2016	Açık Uçlu	%92 Yeşil Alan
Fethiye Belediyesi	Köy İsmi Değişikliği	20.09.2015	Evet –Hayır	%5 Kabul %95 Ret
Kepez Belediyesi	Kentsel Dönüşüm İmar Planı	18.10.2015	Evet –Hayır	%90 Kabul %5 Ret
Muratpaşa Belediyesi	Meltem Çarşısı Revizyonu	24.08.2014	Alternatifli	%40 Balıkçı Pazarı % 60 Sosyo-kültürel Tesis
Canik Belediyesi	Düvecik Köyü’nün Mahalleye Dönüşümü	27.12.2009	Evet-Hayır	%89 Kabul %11 Ret
Canik Belediyesi	Gazi Köyü’nün Mahalleye Dönüşümü	04.07.2010	Evet-Hayır	%80 Kabul %20 Ret
Canik Belediyesi	Teknepinar Köyü’nün Mahalleye Dönüşümü	09.05.2010	Evet-Hayır	%93 Kabul %7 Ret
Edirne Belediyesi	Altyapı Yatırım Projesi	10.01.2016	Evet-Hayır	%99 Kabul %1 Ret

**Kaynak:** Yazılı ve görsel basın taramasından derlenmiştir.

## Amaç

Bu çalışmanın amacı, yapılması planlanan Karaburun Yat Limanı’nın bölge halkı tarafından değerlendirilmesini sağlamaktır. Bu değerlendirme her ne kadar parasal bir nitelik taşısa da ortaya çıkan toplam kıyı alanı değeri aynı zamanda o alanın sosyal değerini de yansıtmaktadır. Karaburun Yat Limanı Projesinin, üzerinde bulunduğu kıyı alanına kattığı değeri ortaya çıkarmak, yore halkının bu projeden beklentilerini ve bu projeye bakış açılarını ortaya koymak çalışmanın digger amaçları olarak sıralanabilir.

## Metodoloji ve Örneklem

Bu araştırmada koşullu değerlendirme yöntemi kullanılmış olup, veriler anket formları yardımı ile toplanmıştır. Buna göre, belirlenen olan kıyı alanındaki tesisin ya da tesislerin üzerinde bulunduğu kıyı alanının yerleşik halkı, kıyı alanının turistik / rekreasyonel açıdan değerlendirildiğinde potansiyel ziyaretçileri ve çevresel örgütler (çevre dernekleri, birincil amacı çevreyi korumak olan sivil toplum kuruluşları) çalışmanın popülasyonunu oluşturmaktadır. Uygulanan WTP (Willingness to pay-Ödemeye İsteklilik) anketinin örnekleminde yer alan katılımcılar, aynı popülasyondan rassal olarak seçilmiştir. Seçilen örneklemden elde edilen bulguların tanımlanan bir popülasyon için geçerli bir şekilde genelleştirilebilmesi için örneklemin popülasyonun genel yapısını yansıtır olmasına dikkat edilmiştir. Aynı yöntemi kullanan uluslararası çalışmalar incelendiğinde bölge nüfusunun 5/1000’i örneklem için seçilmişken, Karaburun nüfusunun yaklaşık 12/1000’i örneklem büyüklüğü olarak belirlenmiş ve 120 kişilik bir örneklem grubuna ulaşılmıştır. 120 kişilik örneklem grubunun 36’si Karaburun’da yerleşik halkın arasından seçilmiştir, Kalan örneklem ise Karaburun’a yakın Narlıdere, Urla, Balçova ve Karaburun’a uzak, Karşıyaka, Buca ve Konak ilçelerinden nüfuslarıyla orantılı olarak seçilmiştir.

WTP anket ölçeği için, Nagasaki Üniversitesi'nin 1999 yılında Isahaya Wetland için uyguladığı ankette yararlanılmıştır (Ahmed ve Gotoh, 2006).

Buna göre, 120 kişilik örneklem grubuna yüzyüze görüşme yöntemiyle WTP anketi uygulanmıştır. Cevaplar üzerinden kıyı alanının değeri hesaplanmış ve halkın kıyı alanına verdiği değerin çeşitli bağımsız değişkenlere göre gösterdiği farklılıklar ortaya konulmuştur.

## **Koşullu Değerleme Yöntemi ve Kavramsal Altyapısı**

Bazı doğal ve kültürel alanlar ve kaynaklar gibi parasal değerinin hesaplanmasına gerek olmayan varlıklara ekonomik değer biçmek üzere bazı yöntemler geliştirilmiş bulunmaktadır (Akpınar vd., 2008). Bu yöntemler, doğrudan ve dolaylı yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Dolaylı yöntemler, ekonomik göstergelerin seyrini izleyerek bunların değişik çevresel unsurlar bakımından ifade ettiği değeri belirleme esasına dayanmaktadır. Doğrudan yöntemler ise, potansiyel bir pazar varsayımından kaçınmakta ve karşılıklı görüşme ve anket yoluyla bireylerin çevresel kaynaklara yönelik tercihlerini ifade etmelerini sağlamaktadır. Doğrudan yöntemlerden en yaygın kullanılanı Koşullu Değerlendirme Yöntemi, dolaylı yöntemlerden en yaygın kullanılanları ise Seyahat Maliyeti Yöntemi ve Hedonik Fiyatlandırma Yöntemidir (Ortaçesme vd., 1999).

Koşullu Değerlendirme Yöntemi (KDY), piyasada alınıp-satılmayan varlıkların bir çoğu için ekonomik değerler tahmin edilmesine imkân sağlamaktadır (Bishop, 1987 ve Kula, 1994). Bu yöntem, ilk olarak 1963 yılında Davis tarafından ortaya atılmış olup, 1970 ve 1980'li yıllarda, özellikle Amerika Birleşik Devletlerinde hem teoride hem de uygulamada meydana gelen gelişmelerden sonra, doğal kaynak iktisatçıları tarafından geniş oranda rağbet görmektedir (Hanley ve Barbier, 2009).

Koşullu Değerlendirme Yöntemi, esas olarak insanlara belirli bir fayda için ne kadar ödeyebileceklerinin (Willingness To Pay-WTP-ÖDE) veya belirli bir masrafa katılma yoluyla ne kadarlık bir miktarı ödemeyi kabul edebileceklerinin (Willingness To Accept-WTA) sorulması ile ilgilidir (Holvad, 2006). Doğal kaynakların değerinin biçilmesinde kullanılan bu yöntemde tüketicilere anket uygulanarak çevresel kalite ya da bozulmanın giderilmesi için ne kadar ödemeye istekli oldukları (WTP) veya kabul edebilecekleri ödeme miktarlarının ne olduğu (WTA) sorulmakta ve böylece amaç için gerekli olan veriler sağlanmaktadır (Holvad, 2006). Genel olarak, Koşullu Değerlendirme Yöntemi araştırmalarında oluşturulan WTP eğrisinin fonksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir (Pak vd., 2004). Formülde, bireyin ödeme eğilimleri (WTP); Yapılan gezi sayısı (Q), Bireyin gelir durumu (Y), Diğer sosyal değişkenleri (Eğitim, vb.) (S), Diğer sosyo-ekonomik değişkenleri (X) olarak sembolize edilmiştir.

$$WTP = f(Q,Y,S,X,)$$

Dünyada 1970'li yıllardan önce çevre, iktisatçılarınca, insan ihtiyaçlarına rahatça cevap verebilecek nitelikte olması ve kullanılmasının herhangi bir fedakarlık gerektirmemesi nedeniyle bir çeşit serbest mal olarak değerlendirilmiştir (Turner vd., 1994). Ancak son yıllarda yatırımların getirdiği faydalar ve bu yatırımları yapmak için yapılan harcamalar karşılaştırılırken, çevreye verilen zararların da dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Buna göre çevresel kaynakların tüketiciler tarafından kullanılarak bir fayda sağlanmaları karşılığı olarak belli bir değerinin olması gerekmektedir. Doğal kaynakların beraberinde getirdiği faydaların ve çevre kalitesindeki değişimin değerinin para ile ölçülmesinin iki

önemli nedeni bulunmaktadır. Birinci neden, ekonomik büyüme ve kalkınmayı hedefleyen projelerin oluşturduğu sosyal faydanın ölçülmesi ile ilgilidir. Kalkınma projelerinin sosyal fayda-maliyet analizi yapılırken, proje ile sağlanan sosyal fayda, ödenen sosyal maliyet ile karşılaştırılır. Sosyal maliyet kavramı da, yatırımın çevre ve doğal kaynak varlığına yapacağı olası zararın da hesaba katılması ile hesaplanabilir. İkinci neden olarak da, doğal kaynakların sağladığı faydaların, ülkelerin büyüme hızının bir ölçüsü olan milli gelir hesaplarında yansıtılması gösterilebilir. Milli gelir hesapları, ülkelerin ekonomik büyümeleri hakkında karar alıcılara yaşamsal bilgiler sağlamaktadır. Birçok ülke, milli gelir hesaplarında çevre ve doğal kaynakların sunduğu faydaların parasal değerini yansıtılmamaktadır. Ülkelerin doğal kaynak varlıkları ile sağlanan ekonomik katma değer arasındaki bağ göz önüne alınmadan yapılan milli gelir hesaplamaları, ekonomik büyüme ile ilgili yanlış göstergeler oluşturabilmektedir. Oysa kalkınmada sürdürülebilirliğin sağlanması ve ekonomik büyümenin doğru olarak belirlenmesi için çevre ve doğal kaynak varlığından sağlanan fayda akımının parasal değerinin milli gelir hesaplarında göz önünde bulundurulmasının gerekli olduğu düşünülmektedir (Pak vd., 2005).

Kuriyama (1998), Kushiro Sulak Alanı'nın korunması için kullanıcıların ödeme eğilimlerini tespit etmiştir. Çalışmada koşullu değerlendirme yöntemiyle yapılan değerlendirmede ortalama ödeme eğiliminin 16,414 yen/yıl/birey olduğu belirlenmiştir.

Tyrväinen, vd. (1998), Koşullu Değerlendirme Yönteminin kentsel orman alanının değerinin belirlenmesindeki etkinliğini tespit etmeye çalışmıştır. Uygulama alanı olarak Finlandiya'da Kuzey Carelia'nın başkenti Joensuu seçilmiştir. Çalışmada; ağaçlandırılmış rekreasyon alanlarının kullanım değeri ve çevresel kalitenin oluşturulmasında küçük orman parklarına halkın ödeme eğilimi belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar birçok katılımcının ağaçlandırılmış rekreasyon alanlarının kullanımı için ödeme eğiliminde olduklarını göstermiştir. Hörnsten vd. (2000), rekreasyonel ormanların konutlara uzaklığına göre katılımcıların ödeme eğilimlerini belirlemeye çalışmıştır. Çalışmaya katılan katılımcıların %40'ının evlerinin ormana yürüme mesafesinde olmasını tercih ettikleri belirlenmiştir. Ödeme eğilimindeki artışın konut-orman alanı arasındaki mesafenin uzamasından kaçınmakla artacağı belirlenmiştir.

Gürlük (2002) tarafından gerçekleştirilen araştırma; Bursa yakınındaki doğal güzelliklere ve rekreasyon alanlarına sahip Misi Yerleşimi için hazırlanan kırsal kalkınma projesinin çevresel etkilerini ortaya koymak ve yerel yönetimlere ışık tutmak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada ekonomik değerlendirme yöntemlerinden Koşullu Değerlendirme Yöntemi kullanılarak çevresel değerlendirme yapılmıştır.

Pak vd. (2004), Koşullu Değerlendirme Yöntemi yardımıyla Kahramanmaraş Milli Parklar ve Av-Yaban Hayatı Başmühendisliği denetimi altındaki Kapıçam Orman İçi Dinlenme Yeri örneğini ele aldığı çalışmada, orman kaynağından rekreasyon amaçlı yararlanmanın ekonomik değeri tahmin etmiştir.

## **Verilerin Analizi**

120 katılımcıdan toplanan WTP anketleri SPSS yazılımı ile elektronik ortama aktarılmış ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Tablo 2 katılımcıların demografik yapılarını göstermektedir.



**Tablo 2. Katılımcıların Demografik Yapısı**

Özellik	Frekans	Yüzde (%)
<b>• Cinsiyet</b>		
✓ Erkek	79	65,8
✓ Kadın	41	34,2
<b>Toplam</b>	<b>120</b>	<b>100,0</b>
<b>• Yaş</b>		
	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde (%)</b>
✓ 20 Yaş ve altı	6	5,0
✓ 21-30	22	18,3
✓ 31-40	38	31,7
✓ 41-50	25	20,8
✓ 51-60	20	16,7
✓ 61-70	9	7,5
<b>Toplam</b>	<b>120</b>	<b>100,0</b>
<b>• Meslek</b>		
	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde (%)</b>
✓ Tarım	4	3,3
✓ Ormançılık	1	,8
✓ Balıkçılık	3	2,5
✓ Turizm	4	3,3
✓ Hizmet	2	1,7
✓ Ulaştırma	7	5,8
✓ Toptan/Perakende	11	9,2
✓ Devlet Görevlisi	8	6,7
✓ İşsiz	8	6,7
✓ Ev hanımı	19	15,8
✓ Öğretmen	2	1,7
✓ Öğrenci	12	10,0
✓ Diğer	39	32,5
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>100,0</b>
<b>• Yıllık Hane Halkı Geliri</b>		
	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde (%)</b>
✓ 10000 TL ve altı	2	1,7
✓ 10001TL - 19999TL	23	19,2
✓ 20000TL - 29999TL	63	52,5
✓ 30000TL - 39999TL	24	20,0
✓ 40000TL - 49999TL	7	5,8
✓ 50000TL ve üstü	1	,8
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>100,0</b>

Katılımcılara Karaburun ile olan ilişkileri ve burayı ziyaret etme sıklıkları sorulmuş ve cevaplar toplanmıştır. Tablo 3 ve 4, katılımcıların Karaburun ile olan ilişkilerini ve ziyaret sıklıklarını ortaya koymaktadır.

**Tablo 3. Karaburun ile Olan İlişki**

İlişki Türü	Frekans	Yüzde
Hiç Gitmem	27	22,5
Doğa Yürüyüşü için giderim	10	8,3
Kıyı Balıkçılığı için giderim	19	15,8
Dalış için giderim	6	5,0

Tatil ve Turizm için giderim	7	5,8
Ticari olarak giderim	15	12,5
Karaburun'da yaşıyorum	36	30,0
<b>Toplam</b>	<b>120</b>	<b>100</b>

**Tablo 4. Katılımcıların Karaburun'u Ziyaret Etme Sıklıkları.**

Seçenekler	Frekans	Yüzde
Karaburun'da yaşıyorum	36	30,0
Son bir yılda ikiden çok kez gittim	12	10,0
Son bir yılda bir veya iki kere gittim	40	33,3
Son bir yılda hiç gitmedim	27	22,5
Adını bile duymadım	5	4,2
<b>Toplam</b>	<b>120</b>	<b>100</b>

Alıntılanan ölçüğe göre, katılımcılara bazı terimlere olan aşinalığı sorulmuş ve cevaplar toplanmıştır. Tablo 5, bu terimlere katılımcıların aşinalığını göstermektedir.

**Tablo 5. Bazı Terim ve İsimlerin Halk Tarafından Bilinme Oranları**

Terimler / İsimler	Bilinme Frekansı	Bilinme Yüzdesi	Bilinmeme Frekansı	Bilinmeme Yüzdesi
Karaburun	111	92,5	9	17,5
Marina	109	90,8	11	9,2
Yatçılık	96	80,0	24	20,0
Deniz Turizmi	74	61,7	46	38,3

Katılımcılara Karaburun Yat Limanı Projesi'nin Karaburun'a olan bağlarını nasıl etkileyeceği sorulmuş ve cevaplar toplanmıştır. Buna göre Tablo 6 katılımcıların Karaburun Yat Limanı'nın tamamlanmasının ardından Karaburun'a olan bağlılıklarının nasıl değişeceğini göstermektedir. Tablo 7 ise, katılımcıların projeden bekledikleri etkileri içermektedir.

**Tablo 6. Projenin Tamamlanmasının Ardından Bağlılık Değişimi**

Seçenekler	Frekans	Yüzde
Daha fazla giderim	5	4,2
Etkilenmem	65	54,2
Karaburun'u terk ederim	20	16,7
Fikrim Yok	30	25
<b>Toplam</b>	<b>120</b>	<b>100,0</b>

**Tablo 7. Projeden Beklenen Etkiler**

Etki	Frekans	Yüzde
Karaburunluların Geliri Düşer	2	1,7
Karaburunluların Geliri Yükselir	50	41,7
Tarım Olumsuz Etkilenir	11	9,2
Dinlenme Alanları Azalır	23	19,2

Çevreye Zarar Verir	20	16,7
Hiçbir Etki Yapmaz	14	11,7
<b>Toplam</b>	<b>120</b>	<b>100,0</b>

Katılımcılara ayrıca Karaburun Yat Limanı Projesi hakkında görüşleri sorulmuş ve cevaplar toplanmıştır. Tablo 8, katılımcıların sorulara verdikleri cevapların dağılımını göstermektedir.

**Tablo 8. Proje Hakkındaki Genel Değerlendirmeler**

Proje,.....	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
Tarımsal Arazi Islahı İçin Gereklidir	0,0	8,3	29,2	44,2	18,3
Selden Korunmak İçin Gereklidir	0,0	8,3	50,0	35,8	5,8
Bölgesel Kalkınma İçin Gereklidir	15,0	52,5	13,3	15,8	3,3
Bahççılığın olumsuz etkiler	7,5	43,3	30,0	19,2	0,0
Ekosistemi olumsuz etkiler	18,3	53,3	15,0	13,3	0,0
Karaburunun görünüşünü etkiler	23,3	30,8	35,0	10,8	0,0

### **Karaburun Yat Limanı Projesi'nin Yapılacağı Kıyı Alanının Değerlemesi**

Katılımcılara iki aşamalı ödemeye isteklilik anket soruları yöneltilmiştir. İlk aşamada katılımcıya Karaburun ve çevresindeki değer biçilmesi mümkün olmayan ekosistemde birçok canlı yaşamakta olduğu, bunun yanında balık ve deniz kabuğu gibi deniz kaynakları açısından zengin olduğu, eğer proje hayata geçirilirse, bölgenin ekosistemi ve deniz kaynaklarının bundan kötü etkilenme tehlikesi altında kalacağı, ekolojik açıdan oluşacak negatif etkinin bölgeye vereceği zararın yanı sıra İzmir Körfezi'ni ve Ege Denizi'nin bir kısmını da etkileyebileceği anımsatılmıştır.

Katılımcıdan, marina projesine başlamadan önce muhtemel negatif etkileri engellemek ve ekolojik çevreye zarar gelmemesi için bir girişimde bulunulacağı varsayılarak bunun maliyetine katlanmaya yönelik oluşturulacak fona katkı sağlaması istenmiştir. İlk olarak 600 TL katkı yapıp yapamayacağı sorulmuştur. Eğer katılımcı bunu kabul ederse 1000 TL'lik ikinci bir soru sorulmuştur. Eğer katılımcı ilk tutarı ödemeyi reddederse bu sefer 400 TL teklif edilmiştir. Eğer katılımcı bunu da kabul etmezse hiç ödeme yapmayacağı varsayılmış ve katkısı 0 (sıfır) olarak alınmıştır.

Özetle, katılımcılardan toplanan cevapların aritmetik ortalamaları alınmış ve Karaburun'un nüfusu ile çarpılarak Karaburun Yat Limanı'nın üstünde bulunduğu kıyı alanının toplam değeri hesaplanmıştır. Ödemeye isteklilik değerleri üzerinden hesaplanan toplam değer formula aşağıdaki gibidir;

$$f(\text{WTP}) = \frac{\sum nv}{\sum n} \times P$$

Burada “WTP” ödemeye isteklilik (Willingness to Pay), “n” katılımcı sayısı, “v” katılımcıların ödemeyi kabul ettiği değer, “P” ise Karaburun’un nüfusudur. Tablo 9, sorulan değerlendirme sorularına halkın verdiği cevapları özetlemektedir.

**Tablo 9. Önerilen Değerlere Verilen Cevaplar**

Cevaplar	Evet/Evet (1000+)	Evet/Hayır (600-1,000)	Hayır/Evet (600-400)	Hayır/hayır (400-0)
Frekans	12	33	15	60
%	10,0	27,5	12,5	50,0

Sorulan sorulara verilen cevapların dağılımını gösteren tabloya göre hesaplanan ortalama değer ve bunun Karaburun Yat Limanı Projesi’nin bulunduğu kıyı alanına indirgenmesi ile kıyı alanının değeri ortaya koyulmuştur. Tablo 10 bu bilgileri derlemektedir.

**Tablo 10. Karaburun Yat Limanının Üzerinde Bulunduğu Kıyı Alanının Değerinin Hesaplanması**

Katılımcı Sayısı (n)	Ödemeye olan İsteklilik (WTP) (TL)	Katılımcı Sayısı x WTP (TL)
60	0	0
15	400	6000
33	600	19800
12	1000	12000
<b>120</b>		<b>47800</b>
	<b>Ortalama WTP</b>	<b>37800/ 120 = 315 TL</b>

$$f(\text{WTP}) = \frac{\sum nv}{\sum n} \times P$$

$$f(\text{WTP}) = \frac{37800}{120} \times 9575 = 3.016.125 \text{ TL}$$

Buna göre, 3.016.125 TL, projenin üzerinde bulunan kıyı alanının sosyal olarak algılanan değeridir.

### Hipotez Testleri

Çalışma için geliştirilen hipotezler SPSS yazılımının hipotez testlerini ölçüm araçları ile test edilmiştir.

Buna göre geliştirilen üç hipotez aşağıdaki gibidir.

**H1:** Karaburun Yat Limanı Projesi’nin etkileri hakkındaki görüşlerde, Karaburun’da yaşayıp yaşamama durumuna göre anlamlı bir farklılık yoktur .

**H2:** Karaburun'da yaşayanlar ve yaşamayanların, Karaburun Yat Limanı Projesi'nin bölgesel kalkınma için gerekli olduğu konusundaki görüşlerinde anlamlı bir farklılık yoktur.

**H3:** Karaburun'da yaşayanlar ve yaşamayanların ödemeye olan isteklilikleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Geliştirilen üç hipotezin ret veya kabul durumları Tablo 11'de gösterilmiştir. Buna göre üç hipotezin üçü de reddedilmiştir.

**Tablo 11. Hipotezlerin Kabul-Red Durumları**

Hipotez No	Kabul-Red
1	Ret
2	Ret
3	Ret

Hipotez testlerinin her bir hipotez özelindeki değerlendirmesi aşağıdaki gibidir.

Birinci Hipotez reddedilmiştir. Buna göre Karaburun'da yaşayanlar projenin çevreye zarar vereceğini düşünürken Karaburun'a hiç gitmemiş veya belirli bir sıklıkla gidenlerin aynı hassasiyeti göstermedikleri belirlenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan bu farklılığın analizi için ANOVA testi kullanılmış ve Significant değeri 0.95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

İkinci hipotez reddedilmiştir. Buna göre Karaburun'da yaşayanlar projenin bölgesel kalınma için gerekli olmadığını düşünürken, senede birkaç kez gidenler projenin bölgesel kalınma için gerekli olduğunu düşünmektedirler. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan bu farklılığın analizi için ANOVA testi kullanılmış ve Significant değeri 0.95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Üçüncü hipotez reddedilmiştir. Karaburun'da yaşayanlar projenin çevreye vereceği zararları yok etmeye yönelik oluşturulan fona katkı vermeyi kabul ederlerken, Karaburun'a hiç gitmemiş grup önerilen fona katkı yapmayı reddetmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan bu farklılığın analizi için ANOVA testi kullanılmış ve Significant değeri 0.95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

## **Sonuçlar, Kısıtlar ve Öneriler**

İlk bakışta, Karaburun Yat Limanı Projesi'nin bölgesel kalkınma için faydalı bir proje olması beklenmektedir. Bu proje, bölgeye bazı yararlar sağlayabilecek bir proje olmasına rağmen, aynı zamanda Karaburun'un doğası için doğrudan zararlı etkiler bırakma ihtimalini de barındırmaktadır. Karaburun'un yerleşik halkının ve potansiyel ziyaretçilerinin yat limanı projesine biçtikleri sosyal değerlerin ortaya çıkarılması için gerçekleştirilen bu çalışmada Koşullu Değerleme Yöntemi kullanılmıştır.

Buna göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Projenin üzerinde yapılması planlanan yaklaşık 3000 metrekarelik kıyı alanının sosyal değeri, güncel piyasa bedelinin yaklaşık 1,5 katı olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, literatürdeki oranlarla uyumluluk göstermektedir.
- Karaburun'un yerleşik halkı ve potansiyel ziyaretçileri bir kıyı alanına piyasa değerinden daha yüksek bir değer addederek o alana verdikleri değeri ifade etmişlerdir. Karaburunlular ve

Karaburun'un potansiyel ziyaretçileri için, bir kıyı alanının korunması, tüm diğer değişkenlerden daha önce gelmektedir.

- Karaburun'da yaşayan 60 yaş üstü halk, genç nüfusa göre doğayı korumaya daha fazla isteklidir. Genç nüfusun istihdam yaratılması yönündeki talepleri bu algıyı yaratmıştır.
  - Yerleşik halk, potansiyel ziyaretçilerden çok daha fazla bir oranla çevrenin bozulması kaygısı gütmektedir.
  - "Deniz Turizmi" terimi en az aşına olunan terim olarak karşımıza çıkmaktadır. Karaburun'a yapılacak tesisin bir deniz turizmi tesisi olmasından hareketle yerleşik halkın ve potansiyel ziyaretçilerin yeteri kadar bilinçlendirilmediği ortaya çıkmaktadır.
- Çalışma için daha fazla hipotez üretip daha fazla hipotez testi devreye sokularak daha nokta atışı analizler yapılabilir. Elde bulunan datalar bu analizleri yapmaya uygundur.

## KAYNAKLAR

Ahmet ve Gotoh. (2006). Cost Benefit Analysis of Environmental Goods by Applying the Contingent Valuation Method. Elsevier. Japan.

Akpınar, N., Talay İ., Atan M., Ak, K., Yılmaz, T. (2008). Göreme Tarihi Milli Parkı'nın Rekreatyonel ve Turizm Amaçlı Kullanımının Ekonomik Değerinin Tespiti, TÜBİTAK Proje No: 106Y012 Raporu, Ankara.

Bishop R C (1987) Economic Values Defined Valuing Wildlife: Economic and Social Perspectives. Westview Press, 424 pp.

Gürlük, S., (2002). "The Misi Rural Development Project and Area's Recreational Value Based on Contingent Valuation Method", Doğuş Üniversitesi Dergisi, 2002/6,51-60.

HANLEY, N., BARBIER, E.B., 2009, Pricing Nature: Cost Benefit Analysis and Environmental Policy, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK.

Holvad, T., (2006). Contingent Valuation Methods: Possibilities and Problems, Transport Research and Consultancy, London

KULA, E., 1994, Economics of Natural Resources, The Environment and Policies, Second Edition, Chapman & Hall Press, UK, p.377.

Kuriyama, K., (1998). Measuring the Value of the Ecosystem in the Kushiro Wetland: An Empirical Study of Choice Experiments, Forest Economics and Policy Working Paper#9802, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

Ortaçşme, V., Özkan, B. ve Karagüzel, O. (1999). Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkının Ekonomik Değerinin Saptanması, TÜBİTAK Proje No:25 Raporu, Antalya.

Pak,M., Türker,M., (2004). "Orman Kaynağından Rekreatyonel Amaçlı Yararlanmanın Ekonomik Değerinin Koşullu Değerlendirme Yöntemi Yardımıyla Tahmin Edilmesi (Kapıçam Orman İçi Dinlenme Yeri Örneği)", KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 7(1).

Pak, M., Türker, F. (2005). Orman Kaynaklarının Rekreatyon Amaçlı Yönetiminde ve Yararlanılmasında Ekonomik Değer Tahmini

Turner R.K., Pearce D., Bateman I. (1994). Environmental economics: An elementary introduction, Harvester Wheatsheaf, New York

Tyrväinen, L., Väänänen, H., (1998). "The Economic Value of Urban Forest Amenities: An Application of Contingent Valuation Method", Landscape and Urban Planning 43, 105-118.

# Okul Yollarının Trafik Güvenliğinin Belirlenmesi: Balıkesir Örneği

**Ayşe Turabi**

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

BALIKESİR

Tel: 266 612 11 94

[aturabi@balikesir.edu.tr](mailto:aturabi@balikesir.edu.tr)

## Öz

Trafik kazası sonucunda ölen ya da yaralanan bireylerin önemli bir oranını 14 yaşın altındaki çocuklar oluşturmaktadır. Çocuklar yolda herhangi bir araç kullanmasalar da trafikte yaya olarak yaralanma riskleri oldukça fazladır. Çocukların okula gitme ve okuldan dönme zamanlarında kaza sayısında artış vardır. Çocuklar % 15 - % 24 oranında yaya olarak, okula gidiş ve eve dönüş sırasında kazalarla karşılaşmaktadırlar (Şimşek ve diğ., 2009). Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı verilerine göre, 2012 yılında meydana gelen trafik kazalarında hayatını kaybedenlerin yüzde 7, yaralananların ise yüzde 11,8'ini 0–14 yaş aralığındaki çocuklar oluşturmuştur.

Çalışmada, Balıkesir ilinde ilkokul, ortaokul ve lise düzeyinde seçilen onbir okulun konumlarının trafik açısından güvenlik riski araştırılmıştır. Her okul için okul giriş veya çıkış saatinde akan ve duran trafikteki araç sayımları yapılmıştır. Seçilen okulların konumlarının trafik ile etkileşimi belirlenerek puanlama yapılmıştır. Her okul için elde edilen puanlara göre de okulların konumun trafik açısından güvenlik riski belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Trafik, kaza, okul, risk, çocuk güvenliği

## Giriş

Artan nüfus, taşıt sahipliği ve mobilite nedeniyle trafik konusu gün geçtikçe büyüyen bir problem alanı olarak ortaya çıkmaktadır. 2003–2011 yılları arasından karayollarımızda taşıt trafiği %63, yük taşımaları %33,5, yolcu taşımaları ise % 47,4 oranında artış göstermiştir. Buna paralel olarak da trafik kazaları ve kayıpları (ölüm, yaralanma, maddi hasar) her geçen yıl artış göstermekte, kaza sonucu ortaya çıkan sosyo-ekonomik maliyetler bir kalkınma problemi olarak kendini göstermektedir. Trafik kazalarında tüm dünyada ölenlerin sayısı yılda 1,2 milyon olup bir kısmı sakatlıkla

sonuçlanan 15 milyon dolayında yaralanma meydana gelmektedir. OECD ülkelerinde ölüm, yaralanma ve mal hasarı olarak trafik kazalarının maliyeti bu ülkelerin gayri safi milli hasıllarının %1 ila %2'si arasında değişmektedir. Ülkemizde ise trafik kazalarının sosyo-ekonomik maliyetinin yıllık yaklaşık 30 milyar TL civarında olduğu tahmin edilmektedir ( UDHB, 2013).

Ülkemiz genelinde yapılan yolcu ve yük taşımacılığının, ulaştırma alt sistemleri arasındaki dağılımında, büyük dengesizlikler mevcuttur. Dağılımın büyük oranlarda, karayolu taşımacılığına kayması, bu sistemin, çevre ve insan üzerine olan olumsuz etkilerinin de rahatsız edici boyutlara ulaşmasına neden olmuştur. Bu olumsuzlukların en önemlisi ise, her geçen gün artan boyutlarda, toplumumuzu etkileyen trafik kazalarıdır. ( Güleç, 2005).

## Ülkemizde Trafik Kazaları

Türkiye'deki trafik kazaları verilerine bakıldığında; Ülkemizde 2015 yılı kaza istatistiklerinde karayolu ağında toplam 1 313 359 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 1 130 348 adedi maddi hasarlı 183 011 adedi ise ölümlü yaralanmalı trafik kazasıdır. Yıl içerisinde meydana gelen ölümlü yaralanmalı trafik kazalarının %75'i yerleşim yeri içinde %25'i ise yerleşim yeri dışında meydana gelmiştir. Türkiye'de 2015 yılında meydana gelen 183 011 adet ölümlü yaralanmalı trafik kazası sonucunda 3 831 kişi kaza yerinde 3699 kişi kaza sonrası olmak üzere toplam 7530 kişi hayatını kaybederken 304 421 kişi ise yaralanmıştır (KGM, 2015).

Yaş grubu ve cinsiyete göre trafik kazasında ölen ve yaralanan sürücü, yolcu ve yayalar yerleşim yeri verilerine bakıldığında ise ülkemizde 0-14 yaş arası trafik kazalarında ölen çocuk sayısı toplam trafik kazalarında ölenlerin %11,4 ünü, 0-14 yaş arası yaya olarak ölen çocuk sayısı toplam trafik kazalarında yaya ölümlerinin %23,4 ünü oluşturmaktadır (TUİK, 2013).

### Çocukların Karıştığı Trafik Kazaları

Trafik kazalarında dünyada yaklaşık olarak yılda bir milyon kişi hayatını kaybetmekte ve on milyon kişi yaralanmaktadır. Trafik kazası sonucunda ölen ya da yaralanan bireylerin önemli bir oranını 14 yaşın altındaki çocuklar oluşturmaktadır. Ülkemizde 0 -11 yaş grubu kaza bilgilerine bakıldığında, bu yaş grubu içerisinde kazaya karışan çocukların %2'sinin ölüp, %98'inin yaralandığı, en fazla ağustos ayında, gündüz ve açık havada kazaya karıştığı, %5'inin yaya geçidinin etki alanındaki bir noktada kaza geçirdiği dikkati çekmektedir. 12-17 yaş grubu kaza bilgilerine bakıldığında, bu yaş grubu kazaya karışan yayalarında %2' sinin ölüp, %98'inin yaralandığı, en fazla kasım ayında, gündüz ve açık havada kazaya karıştığı %11'inin yaya geçidinin etki alanındaki bir noktada kaza geçirdiği dikkati çekmektedir (Bay ve diğ., 2009).

Çocuklar % 15 - % 24 oranında yaya olarak, okula gidiş ve eve dönüş sırasında kazalarla karşılaşmaktadırlar. Çocukların geçirdikleri kazaların % 65'i eve yakın bir bölgelerde, % 9'u ise okulun yakın çevresinde meydana gelmektedir. Çocuklar yaya olarak yürürken veya oynarken, taşıtlar tarafından yetişkinlere göre daha fazla



yaralanma ya da ölüm riski altındadır (Bay ve diğ., 2009). Çocukların trafikte güvenli hareket etmesi ve olası durumlar karşısında sorumlu olmaları beklenmektedir. Ancak, çocuklar sadece bilgi ve beceri eksikliğinden değil, başka nedenlerle de kazalara karşılaşmaktadırlar. Örneğin küçük oldukları için sürücünün çocuğu fark etmesi zor olmaktadır. Çocuklar genellikle hareket eden taşıtla kendi arasındaki mesafeyi ayarlamakta ve yolun karşısına geçmek için yeterli zamana karar vermekte güçlük yaşamaktadırlar (Şimşek ve diğ., 2009). Yetişkinlerle karşılaştırıldığında çocuk için yol genişliği oldukça fazladır, bu nedenle karşıya geçmek çocuk için daha güç olmaktadır. Aynı zamanda çocukların araç ile kendi arasındaki mesafeyi ve aracın hızını algılama, kendi hızını ayarlayabilme gibi, görsel motor becerilerde eksiklikleri bulunmaktadır. Çocuğun trafikteki güvenliğini etkileyen başka bir unsur da çocuklar için güvenliğin öncelikli olmamasıdır. Çocukla ilgili bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda okullar ve toplumdaki diğer bütün bireyler çocuğun trafik güvenliği ile ilgili sorumluluğunu paylaşmalıdır. Çocukların karıştığı trafik kazası sayısının her geçen gün artması, trafikteki güvenlik kurallarının öğrenilmesini de zorunlu hale getirmektedir. (Şimşek ve diğ., 2009). Trafik güvenliği konusunda bilinçlenmek, güvenliği artırıcı yönde davranmak, çocuklarımıza bu konuda doğru davranış modelleri sunmak ve onların güvenliğini bugün doğrudan, yarınlarda ise öğrettiğimiz doğru davranışlarla dolaylı olarak sağlamak görevlerimiz arasındadır. Yaşanılan çevrenin niteliklerinin geliştirilmesi ve yol şartlarının ıslah edilmesi de bir başka önlem olarak söylenebilir. Okul önü, çocuk parkı, hastane önü gibi yerlerde, yaya yoğunlukları ve yaya profilinin farklılığı tespit edilmeli ve yaya geçitlerinin tipleri belirlenirken, elde edilen bulgular göz önünde tutulmalıdır. Özellikle bu bölgelerde düşük hız limitlerinin tercih edilmesi ve bu hız limitlerine uyulması sağlanmalıdır (Bay ve diğ., 2009).

Türkiye de trafik sorunu her gün biraz daha artmakta, karmaşıklaşmakta, büyük maddi ve manevi kayıplara neden olmaktadır. Kentsel ulaşım planlamalarında çocuklar, yaşlılar ve engelliler unutulmakta ve kaldırımlardaki yaya trafiği caddeye taşmaktadır (Tuncel ve Memiş, 2015). Karayolunda çocuklar için güvenli ve emin bir ortam oluşturmak için çocuk ölüm ve yaralanma sayısını azaltmaya yönelik programlar hazırlarken öncelikle hedef yaş grubunun maruz kaldığı riskler analiz edilmelidir. Karayolu güvenliği konusundaki tüm çalışma ve aktivitelerde çocuk faktörü gözden geçirilmeli, özellikle de çocukların fiziksel kırılganlığı, tecrübesizlikleri gibi etmenler göz önünde bulundurulmalıdır ( Gezici ve diğ., 2014).

## **Okul Yollarında Trafik Güvenliğinin Belirlenmesi:**

### **Balıkesir Örneği**

Balıkesir ilinde okulların bulunduğu konumların trafik güvenliğinin değerlendirilmesi Bucak ve Çetinkaya'nın Çankaya örneği çalışmasında kullandıkları puanlama sistemine göre yapılmıştır (Bucak ve Çetinkaya, 2008). Seçilen okulların bulunduğu konumlarla ilgili veriler yerinde yapılan gözlem ve ölçümlere göre ağırlıklı olarak puanlandırılmıştır.

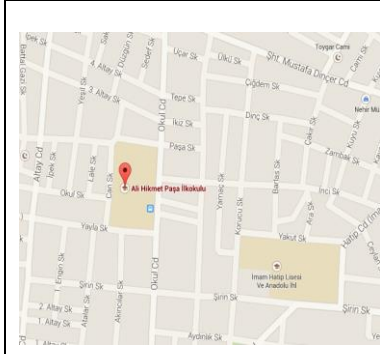
Buna göre çalışmada trafik güvenliğinin belirlenmesi aşağıdaki puanlama ile yapılmıştır.

Okulun bulunduğu sokaktan okulun giriş-çıkış saatlerinde 5 dakika da geçen araç sayısı,	Okul civarında trafik işaret levhası olup olmadığı,
0-19 arası (2 puan)	Var (0 puan)
20-29 arası (3 puan)	Yok (8 puan)
30-39 arası (4 puan)	Okul civarındaki araçların gayri nizami park durumu,
40-49 arası (5 puan)	Var (6 puan)
50-59 arası (6 puan)	Yok (0 puan)
60-69 arası (7 puan)	Okul çevresinde iş yeri,
70-79 arası (8 puan)	Var (4 puan)
80-89 arası (9 puan)	Yok (0 puan)
90-100 arası (10 puan)	Okul çevresinde resmi kurum,
	Var (3 puan)
	Yok (0 puan)

Bu puanlama sonunda okulların farklı puanları oluşmuştur. Puanı en yüksek okul trafik güvenliği en düşük, puanı en düşük okulda trafik güvenliği en yüksek olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada Balıkesir'in farklı bölgelerinde ilkökul, ortaokul ve lise düzeyinde rastgele seçilen 11 okulda saha çalışmaları 10.02.2015-21.04.2015 tarihleri arasında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 8 kişilik öğrenci grubu tarafından yapılmıştır (Yavuz ve diğ., 2015). Seçilen okullar; Ali Hikmet Paşa İlkokulu, 23 Nisan İlkokulu, Atatürk İlkokulu, Ece Amca İlkokulu, Sevinç Kurşun İlkokulu, Altıeylül Ortaokulu, Mehmetçik Ortaokulu, Gazi İmam Hatip Ortaokulu, Atatürk Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi, Muharrem Hasbi Anadolu Lisesi, Mimar Sinan Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi

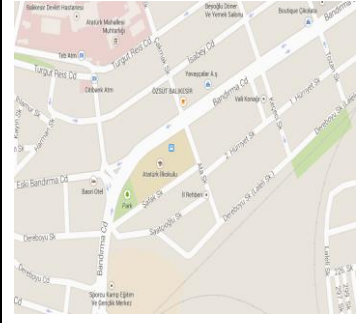
Seçilen okulların trafik güvenliği durumunun belirlenmesi için okul bilgileri okulların resmi internet sitesinden alınmıştır. Trafik yoğunluğu okulların giriş çıkış saatlerinden 15 dakika önce ve 15 dakika sonra okulun öğrenci giriş- çıkış kapısı önünde 5'er dakikalık taşıt sayımı yapılarak belirlenmiştir. Sayımların yanı sıra okula gelen; özel araç sayısı, servis sayısı, araç park durumu, servis kullanan öğrenci sayısı, servis araçları bekleme noktası, okul girişi kaldırım durumu, okul çevresinde iş yeri, okul çevresinde resmi kurum, okul kaldırım korkuluğu, okul kaldırım yüksekliği, okul girişi sayısı, yaya geçidi, trafik lambası ve okul çevresi alt veya üst geçit var-yok okul çevresi durumu bilgileri ise gözlem yapılarak belirlenmiştir. Şekil 1 seçilen okulların bölge krokisi ve çevre özelliklerini göstermektedir.



Ali Hikmet Paşa İlkokulu



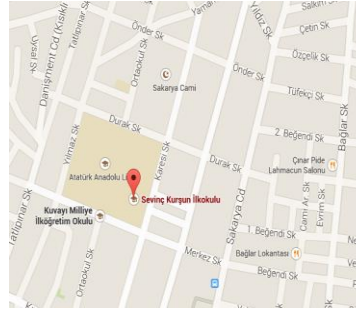
23 Nisan İlkokulu



Atatürk İlkokulu



Ece Amca İlkokulu



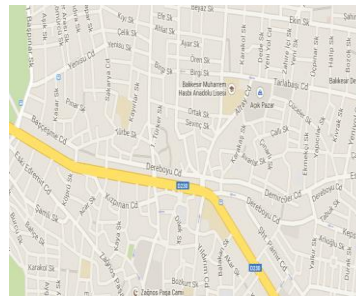
Sevinç Kurşun İlkokulu



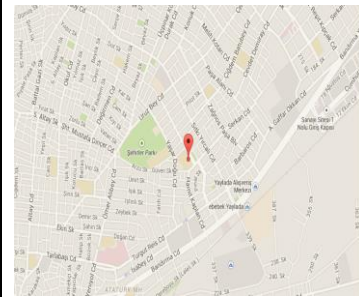
Altı Eylül Orta Okulu



Mehmetçik Ortaokulu



Gazi İmam Hatip Ortaokulu



Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi



Muharrem Hasbi Anadolu Lisesi



Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi

Şekil 1 Seçilen okulların bölge krokisi ve çevre özellikleri.

Okulların trafik açısından risk durumunun belirlenmesi amacıyla buldukları bölgedeki konumları ile ilgili veriler puanlanarak parametrik veriler haline getirilmiştir. Okulların tümünde aynı puanlama kullanılarak elde edilen sonuçlara göre okulun konumunun trafik açısından riski belirlenmeye çalışılmıştır (Tablo 1, 2).

Tablo 1 İlk Öğretim Okullarının Okul ve Konum Bilgileri.

		İlköğretim Okulları							
		Alihikmet Paşa İlkokulu	23 Nisan İlkokulu.	Atatürk İlkokulu.	Ece Amca İlkokulu.	Sevinç Kurşun İlkokulu.	Altı Eylül Ortaokulu.	Mehmetçik Ortaokulu.	Gazi İmam Hatip Ortaokulu.
Okul Bilgileri	Okul Alanı (m <sup>2</sup> )	6000	5000	8412	2000	1173	2310	5600	5000
	Derslik Sayısı	23	20	24	11	50<	17	25	16
	Öğrenci Sayısı	1067	500	1230	223	900	992	1833	289
	Ort. Öğr. Sayısı/Derslik	45	25	13	21	18	29	35	18
Öğrenci Taşıma Bilgileri	Araç Park Durumu	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
	Servis Aracı Sayısı	7	10	20	3	Yok	11	28	8
	Servis Kullanan Öğrenci Sayısı	140	180	720	35	0	420	504	144
	Servis. Kullanmayan Öğrenci Sayısı	927	320	510	193	900	572	1329	145
	Servis Araçları Bekleme Noktası	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
	Okul Girişi Kaldırım Durumu	Var	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var
	Okula Gelen Özel Araç Sayısı ( 5 dak.)	8	5	38	18	12	53	2	0
Okul Çevresi Durumu	Okul Çevresinde İş Yeri	Var	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var
	Okul Çevresinde Resmi Bina	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok
	Okul Kaldırım Korkuluğu	Var	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Yok
	Okul Kaldırım Yüksekliği (cm)	15	15	20	7	15	10	15	20
	Okul Girişi Sayısı	1	2	3	1	2	3	2	1
	Yaya Geçidi	Var	Yok	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var
	Trafik İşareti	Var	Yok	Var	Var	Var	Yok	Var	Var
	Okul Civarı Alt Ve Üst Geçit	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Yok

Tablo 2 Ortaöğretim Okullarının Okul ve Konum Bilgileri.

		Ortaöğretim Okulları		
		Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi.	Muharrem Hasbi Anadolu Lisesi	Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
Okul Bilgileri	Okul Alanı (m <sup>2</sup> )	3450	3000	3000
	Derslik Sayısı	18	17	26
	Öğrenci Sayısı	697	573	1433
	Öğrenci Sayısı / Derslik	38	30	29
Öğrenci Taşıma Bilgileri	Araç Park Durumu	Var	Var	Yok
	Servis Aracı Sayısı	12	6	15
	Servis Kullanan Öğrenci Sayısı	432	108	300
	Servis Kullanmayan Öğrenci Sayısı	265	465	1133
	Servis Araçları Bekleme Noktası	Yok	Var	Yok
	Okul Girişi Kaldırım Durumu	Var	Var	Var
	Okula Gelen Özel Araç Sayısı (5 dak.)	12	13	28
Okul Çevresi Durumu	Okul Çevresinde İş Yeri	Var	Var	Var
	Okul Çevresinde Resmi Bina	Yok	Yok	Yok
	Okul Kaldırım Korkuluğu	Var	Yok	Var
	Okul Kaldırım Yüksekliği (cm)	8	15	14
	Okul Girişi Sayısı	2	2	2
	Yaya Geçidi	Yok	Var	Var
	Trafik İşareti	Yok	Var	Var
	Okul Civarı Alt Ve Üstgeçit	Yok	Yok	Yok

Balıkesir ilinde seçilen İlköğretim ve Ortaöğretim okullarının konumlarının trafikte risk durumunun belirlenmesi amacıyla yapılan puanlama Tablo 3 te verilmiştir. Bu puanlama sonunda okulların farklı puanları oluşmuştur. Puanı en yüksek okul trafik güvenliği en düşük, puanı en düşük okulda trafik güvenliği en yüksek olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3 Balıkesir İlinde İlköğretim ve Ortaöğretim Okullarında Risk Durumu.

OKULLAR	Okulun Giriş-Çıkış Saatlerinde 5 Dakikada Geçen Araç Sayısı	Okul Civarında Trafik İşaret Levhası Olup Olmadığı	Okul Civarında Gayri Nizamî Park Durumu	Okul Çevresinde İşyeri	Okul Çevresinde Resmî Bina	Toplam
Altıeylül Ortaokulu	9	8	6	4	0	27
23 Nisan İlkokulu	4	8	6	4	0	22
Atatürk Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi	3	8	6	4	0	21
Mehmetçik Ortaokulu	9	0	6	4	0	19
Atatürk İlkokulu	10	0	6	0	0	16
Ece Amca İlkokulu	2	0	6	4	3	15
Muharrem Hasbi A.Lisesi	4	0	6	4	0	14
Ali Hikmet Paşa İlkokulu	3	0	6	4	0	13
Mimar Sinan Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi	3	0	6	4	0	13
Sevinç Kurşun İlkokulu	3	0	6	4	0	13
Gazi İmam Hatip Ortaokulu	2	0	6	4	0	12

Altıeylül Ortaokulu en yüksek puanı, Gazi İmam Hatip Ortaokulu en düşük puanı almıştır. Altıeylül Ortaokulunun bulunduğu konum açısından en riskli okul olduğu, Gazi İmam Hatip Ortaokulunun ise en az riske sahip okul olduğu görülmektedir.

## Sonuçlar

Yapılan çalışmada, okul çevrelerinde trafik levhası ve işaretlemelerinde yetersizlikler görülmüş, okul bahçelerinde yeterli oto park alanı bulunmadığından okul servislerinin çevrede bulunan sokak ve boş alanlara park ettiği gözlenmiştir. Bu durum trafik sıkışıklığı yarattığı gibi yaya güvenliğini de azaltmaktadır.

Okul servis araçları trafiğin yoğun olduğu saatlerde okul önlerinde indirme bindirme yapmakta bu durum okul önlerinde trafiğin sıkışmasına yol açmaktadır.

Okula özel araçları ile çocuklarını bırakan veliler araçlarını uygun park etmediğinden trafik sıkışmakta ve yavaşlamaktadır.

Okul bölgelerinde trafik yoğunluğunu azaltmak için okul alanlarında yeterli öğrenci servisi oto park alanı, indirme bindirme yerleri, misafir araç oto park alanları bulunmalıdır.

Okul çevresinde bulunan resmi kurum ve işyerlerinin trafik yoğunluğunu olumsuz etkilememesi açısından konumları incelenmelidir.

Ayrıca risk düzeyi yüksek çıkan okullar için; alt veya üst geçit, trafik polisi, okul kaldırımının düzenlenmesi, okul yolu üzerine hız kesici engeller, trafik lambası yerleştirilerek okulların trafik riski güvenliğinin artırılmasına çalışılmalıdır. Okul önü, yaya yoğunluklarına göre yaya geçitlerinin tipleri belirlenmeli, okul bölgelerinde hız limitlerine uyulması sağlanmalıdır.

## Kaynaklar

Bay, N., Akduman , G., G., Alisinanoğlu, F. (2009) Trafik Kazalarının Çocuklar Üzerindeki Etkisi, Ulaşım ve Trafik Güvenliği Dergisi, 3 (1): 16-24.

Bucak, M., Çetinkaya, S. (2008) Trafik Açısından Okulların Risk Potansiyelinin Belirlenmesi: Çankaya Örneği, Polis Bilimleri Dergisi, Cilt:10 (1).

Gezici, Ç., Vursavaş, F., Semiz E. (2014) Ve Çocuklar İçin Karayolu Trafik Güvenliği, 5. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu / Seçilmiş Bildiriler – 2.

Güleç, O., O. (2005) Trafik kazalarının Etüdünde coğrafi Bilgi Sistemleri ve GPS'in Kullanım Olanaklarının Araştırılması, BAÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Güven, G., Akduman , G., G., Alisinanoğlu, F. ( 2009) Çocuklar Ve Trafik Kazaları , Ulaşım ve Trafik Güvenliği Dergisi, 3 (1): 25-29.

Karayolları Genel Müdürlüğü (2015) Trafik Kazaları Özeti 2015, Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, Temmuz.

Şimşek, Ö., Akduman , G., G., Alisinanoğlu, F. (2009) Çocuklarda Trafik Güvenliği Eğitiminin Önemi, Ulaşım ve Trafik Güvenliği Dergisi, 3 (1): 5-15.

Tuncel, V., Memiş, İ. (2015) Çocukların Trafikte Güvenliği Eğitimi'nin Analizi ve Lokal bir Proje Uygulaması, 6. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu / Seçilmiş Bildiriler –1.

TUİK (2013) Trafik Kaza İstatistikleri, Karayolu.

T.C.Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı (2013) 11' İnci Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Şurası, Karayolu Çalışma Gurubu Raporu, Ankara.

Yavuz, O., Daşkaya, F., Oğultarhan, B., Karakaş, K., Tayganer, A., Evke H., Çiçek, A., Yazıcı, E. (2015) Okul Yollarında Trafik Güvenliğinin Belirlenmesi : Balıkesir Örneği, Balıkesir Ün., Ulaştırma ABD. Bitirme çalışması.





# Lojistik Merkez Yer Seçimi - İşletme Modelleri Ve Kıyaslama Çalışması

**Çağlar TABAK, Kürşat YILDIZ**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 06500  
Teknikokullar/Ankara,  
Tel: (0312) 203 20 00/3806-(0542) 518 34 68, (0505) 319 20 20  
caglar.tabak@udhb.gov.tr, kursaty@gazi.edu.tr

## Öz

Türkiye'nin bölgesindeki ekonomik istikrarsızlıklar, petrol ürünlerinin fiyatları, kurlardaki dalgalanmalar göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'de ulaştırma maliyetlerinin azaltılması ve yatırımların planlı ve daha ergonomik yapılmasının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Bu hususta ulaştırma altyapılarının her birinin etkin bir şekilde kullanılması gerektiği gibi özellikle yük taşımacılığında kombine taşımacılığın geliştirilmesi gerekmektedir.

Kombine taşımacılığın geliştirilmesi ise mevzuat, yasal yapılanma ve ulaştırma altyapılarının entegrasyonu ile mümkün olabilmektedir. Ülkelerin ekonomisine, ulaştırma sektörünün katkısının yadsınamaz olduğu düşünüldüğünde, lojistik merkezler ve intermodal terminallerin geliştirilerek, ulaştırma modlarının her birinin etkin bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır. Türkiye'de son yıllarda lojistik sektörüne çok önem vererek bazı yasal ve yapısal adımları atmıştır. İlk kez Kalkınma Planında dönüşüm programları yer alarak, "Taşımacılıktan Lojistiğe Dönüşüm Programı" yer almıştır. Ayrıca, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları İşletmesi, lojistik merkez projeleri başlatmıştır. Aynı zamanda bölgesel bazlı olarak da birçok belediye ve kalkınma ajansı da lojistik plan çalışmaları yapmıştır.

Bu çalışmada ise dünyada çeşitli ülkelerdeki lojistik merkezlerin işletme modelleri ve ulaştırma altyapıları incelenerek, Türkiye'de planlanan lojistik merkezler ile karşılaştırılması yapılarak, planlanan lojistik merkezlerin işletme modelleri ve yer seçimleri ile ilgili öneri ve tavsiyeler getirilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Lojistik, lojistik yapı, lojistik alanlar, intermodal terminaller.

## Giriş

Lojistik merkezler, ulaştırma sektöründe oldukça kilit bir öneme sahip olmuş ve ulaştırma modlarını birbirine entegre ederek yüklerin elleçlendiği, depolandığı alanlardır (Goetschalckxa ve diğ, 2002). Bir ürünün üretim noktasından nihai tüketim noktasına kadar geçen her aşamada ulaştırmanın etkisinin olduğu düşünüldüğünde; lojistik merkezlerin doğru bir şekilde yer seçimlerinin yapılması ulaştırma maliyetlerini oldukça azaltacağını söylemek içten bile değildir. Bu çalışmada da ilk olarak Türkiye'de yapılan lojistik merkezler, yer seçim kriterleri ve Dünya Bankası tarafından yayımlanan Lojistik Performans Endeksinde üst sıralarda yer alan Singapur, Hindistan ve Yeni Zelanda lojistik merkezlerinden örnekler verilerek öneri ve tavsiyeler getirilecektir

# Lojistik Merkezlerin Yer Seçimi ve İşletilmesi

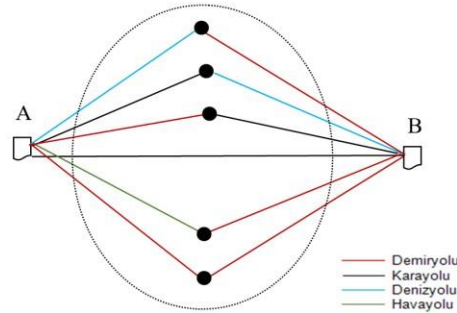
## Lojistik Alanların Yer Seçimi

Türkiye de lojistik faaliyetlerin eksiksiz yapılabilmesi için lojistik faaliyet alanlarının da optimal seviyede planlanması gerekmektedir. Türkiye’de ve diğer ülkelerde birçok akademik çalışma bulunmaktadır. Fakat Türkiye’de yapılan çalışmaların pratikte uygulanması tam olarak gerçekleşmemiştir (Tabak ve Yıldız, 2015)

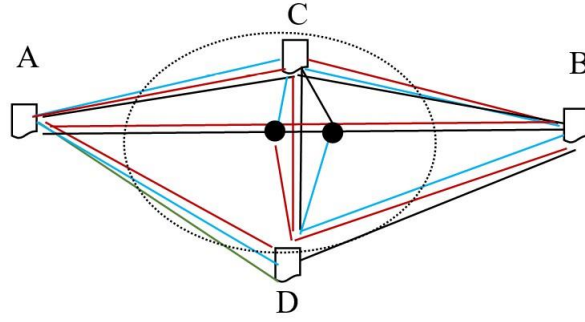
Lojistik faaliyet alanlarının yer seçimleri yapılırken aynı zamanda lojistik merkez, köy, üs, elleçleme sahaları, uluslararası lojistik alanlar vs. olarak terminolojik tanımlarının da yapılması ve gerekli yeter şartların belirlenmesin de fayda görülmektedir. Zira her yük elleçleme alanlarını lojistik merkez denilmesi ya da lojistik faaliyet alanı olarak nitelendirilmesi Türkiye’nin bu alanda atıl yatırımlarının önünü açacaktır ve plansız yatırımlar artacaktır (Tabak ve Yıldız, 2015).

Lojistik faaliyet alanları seçilirken birçok parametre devreye girmektedir. Yukarıdaki bölümde bahsettiğimiz gibi dört aşamalı ulaştırma modelinin yanı sıra lojistik modellerinde oluşturulması gerekmektedir. Bunun için matematiksel ve sezgisel modeller kullanılabilir. Ülkemiz için yeni modellerin oluşturulması da oldukça büyük bir öneme sahiptir (Tabak ve Yıldız, 2015).

Lojistik sektörü ile ilgili yapılan akademik çalışmalar da incelendiğinde Türkiye için yapılacak strateji ve eylem planlarında ilk olarak model kendi içerisinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerden oluşan bir model kullanılması uygun olacaktır. Bu değişkenler içerisine yukarıdaki yük modellemesi ile ilgili yapılan çalışmalar mutlaka katılmalıdır. Örneğin Şekil 1’deki iki şehir (iki nokta) arasında sadece mod değişimi yapılarak yük taşımacılığı daha avantajlı hale gelirken, Şekil 2’de şehirlerarası arz talep, altyapı maliyeti, arazi koşulları vs. de devreye girmektedir (Tabak ve Yıldız, 2015)



Şekil 1. Lojistik Alan Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Ulaştırma Ağı Optimizasyonu



Şekil 2. Lojistik Alan Seçiminde Parametrelerin Artması

İki şekilde de görüldüğü gibi lojistik faaliyet alanların seçiminde birçok etken yer almaktadır. Lojistik faaliyet alanların seçiminde kullanılan  $f(x)$  fonksiyonu olduğunu düşünürsek bu fonksiyonun bağımlı bağımsız değişkenleri aşağıdaki gibi olmalıdır (Tabak ve Yıldız, 2015).

- t: zaman,
- y: ulaştırma yatırıma maliyeti,
- x: ulaştırma modlarının entegrasyonu,
- m: maliyet,
- a: arazi koşulları,
- at: arz-talep dengesi,
- n: nüfus ve demografik bilgiler,
- e: eğilim senaryoları
- u: ulaştırma yük modelleme parametreleri

Bu değişkenler kendi aralarında ilişkilendirilip, önem derecesi atanmalıdır ve sonuç olarak optimal bir çözüme ulaşılmasını sağlayacak ve lojistik maliyetleri düşürecek bir lojistik faaliyet alanı oluşturulması sağlanmalıdır (Tabak ve Yıldız, 2015).

Çin’de Güney Merkez Üniversitesi, Trafik-Ulaştırma Mühendisliğinde, Fenling Feng, Feiran Li and Qingya Zhang, Çin demiryolu ulaştırmasında lojistik merkez yer seçimi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Çalışma, DEA-Bi-level modeli temel alınarak oluşturulmuştur. Modelde temel amaç, lojistik merkez seçiminde alt kriterler belirlenmiş ve bu kriterler formüle edilerek yer tespit çalışmaları yapılmaya çalışılmıştır. Lojistik merkez yer seçimi 4 ana başlık kriteri olarak belirlenmiş ve her biri alt kriterlere ayrılmıştır. Bu 4 ana kıstas; bölgesel değerlendirme, arazi-ulaşım koşulları, yük istasyon koşulları, çevre koşulları şeklindedir (Feng ve diğ., 2012).

Marc Goetschalckxa, Carlos J. Vidalb, Koray Doganc “Küresel Lojistik Sistemlerin Tasarım ve Modellenmesi” isimli çalışmalarında iki tür model geliştirmişlerdir. İlk modelde doğrusal bir programlama aracılığı ile yük akışları ve fiyatlandırılmasının sezgisel metotlarda kullanılarak, optimizasyonu yapılmıştır. Oluşturulan sezgisel algoritmalar için performans sınır değerleri ele alınmıştır (Goetschalckxa ve diğ., 2002).

İkinci modelde ise müşterilerin mevsimsel taleplerini üretim ve dağıtımının karşılanması üzerine oluşturulmuştur (Goetschalckxa ve diğ., 2002).

Yang ve diğ. (2007) “Logistics Distribution Centers Location Problem and Algorithm Under Fuzzy Environment” isimli çalışmalarında Tabu Arama, Genetik ve Bulanık Simülasyon algoritmalarını yaklaşık en iyi çözümü bulmak amacıyla entegre ederek sayısal bir uygulama üzerinde göstermişlerdir.

Wang ve Liu (2007) “The Evaluation Study on Location Selection of Logistics Based on Fuzzy AHP and TOPSIS” isimli çalışmalarında lojistik merkezlerin yer seçim problemlerinde bulanık üçgensel sayıları (fuzzy triangular numbers) gösterge olarak kullanarak bulanık AHP ve TOPSIS’in kombinasyonuna dayalı bir model oluşturmuşlardır. Bu modeli bir lojistik şirketinin Jinan bölgesinde lojistik merkez kurma problemine uygulamışlardır. Ancak bu bir organize lojistik bölgesi yer seçimi uygulamasına yönelik bir çalışma değildir. Bu çalışmada kullanılan yer seçimi kriterleri doğal kaynaklar, ekonomik faydası, sosyal faydası, taşımacılık ve gelişme potansiyeli olarak belirlenmiştir.

Fenling Feng, Feiran Li and Qingya Zhang (2012) “Location Selection of Chinese Modern Railway Logistics Center Based on DEA-Bi-level Programming Model” isimli çalışmasıyla “Data Envelopment Analysis (DEA)” (Veri Zarflama Analizi) kullanılarak, demiryolu lojistik merkezlerinde, ulaşım ağlarının bağlantısı, geri beslemeleri, desteklenmeleri, yük operasyonları gibi bir çok özellik göz önüne alınarak bu model geliştirilmiştir.

Ernest Benedito and Albert Corominas (2012) “Optimal Manufacturing Policy In A Reverse Logistic System With Dependent Stochastic Returns And Limited Capacities” isimli çalışmada, sayısal bir örnekleme yöntemi ile Markov karar verme modeli tanımlanmış olup, bu modelle optimal bir politika geliştirilerek, optimal model ile tahminlere dayalı oluşturulan model karşılaştırılmıştır.

Dale S. Rogers, Benjamin Melamed and Ronald S. Lembke (2012) “Modeling and Analysis of Reverse Logistics” isimli çalışmalarıyla tersine lojistik için modelleme ve analiz yapmışlardır. Çalışmada model teknikleriyle tersine lojistik yönetiminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, model sayısal model teknikleri kullanılarak, tersine lojistikte yeni fırsatların geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bartolacci, Michael R. LeBlanc, Larry J. Kayikci, Yasanur Grossman, Thomas A. (2012) “Optimization Modeling for Logistics: Options and Implementations” isimli çalışmada lojistik modelleme optimizasyonu yapmışlardır. Bu modellemede amacı opsiyonlar ve uygulamaya yöneliktir. Yapılan bu çalışmada bilgisayar yazılımlarının lojistik şirketlerin lojistik faaliyetlerinde maksimum fayda için optimizasyona nasıl gideceklerine dair kullanıma yönelik bir öneridir. Kısacası lojistik optimizasyonda bilgisayar yazılımlarının öneminden bahsedilmektedir.

Liedtke, Gernot; Friedrich, Hanno (2012), “Generation of Logistics Networks in Freight Transportation Models” isimli makale çalışmasında, lojistik ağının yük ulaştırması modellemesindeki davranışı incelenmiş olup, lojistik ağ planının, fiyatlandırma, ekonomik etkiler vs. üzerinde durularak incelemeleri yapılmış, daha sonra çalışmanın metodolojisine göre network haritası çıkarılmıştır.

Tüm bu çalışmalar ve öneriler göz önünde bulundurulduğunda Türkiye’de gerek liman seçimleri gerekse de lojistik alanların seçimleri ile ilgili olarak yeterli çalışmaların

yapılmadığı gözlemlenmektedir. Dolayısıyla yer seçim kriterlerinin teorik ve pratikte eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi gerektiği açık bir şekilde görülmektedir.

## **Lojistik Merkezlerin İşletme Modelleri**

Lojistik merkezlerin yer seçimleri kadar, işletilmesi ile ilgili hususlarda oldukça önemlidir. Zira iyi işletilemeyen bir lojistik alan yatırım olarak uygun olsa da işletme maliyetleri vb. hususlardan dolayı karlı bir yatırım olmaktan çıkabilmektedir.

Türkiye’de lojistik merkez, hatta limanların tam anlamıyla oturmuş bir şekilde yönetim modelleri bulunmamaktadır. TCDD tarafından yapılan lojistik alanların yer seçimleri ile birlikte işletme modelleri de hala muallaktır. Bu hususta, lojistik performans endeksinde üst sıralarda yer alan Singapur, Hindistan ve Yeni Zelanda’dan örnekler verilecektir.

### *Singapur Lojistik Alanı*

Singapur Limanı, deniz taşımacılığı işlemlerini yapan ve Singapur'un deniz taşımacılığını yürüten ortak tesis ve terminallerin olduğu bir limandır (Building a Future Ready Maritime Singapore, Annual Report, 2015). Singapur Limanı, Tanjong Pagar, Keppel, Brani, Pasir Panjang, Sembawang ve Jurong'da bulunan terminalleri içerir. Konteyner gemileri, dökme yük gemileri, ro-ro gemileri, kargo yük gemileri olmak üzere her türlü gemiyi barındırabilirler. Konteyner, konvansiyonel ve dökme yüklerin yanı sıra farklı şekillerde taşınan çok çeşitli yükleri idare eden bir dizi terminali içermektedir (Building a Future Ready Maritime Singapore, Annual Report, 2015).

Singapur, deniz ve hava taşımacılığı için dünyanın en iyi ulaşım merkezlerinden biridir. Singapur'un konteyner limanları dünyadaki en yoğun limanlardır. Ayrıca tonaj taşımacılığı açısından da dünyadaki en yoğun limanlardandır. Singapur limanı katma değeri yüksek, etkin deniz hizmetleri ve tesisleri sunan dünyanın en önde gelen limanlarından biridir (Building a Future Ready Maritime Singapore, Annual Report, 2015).

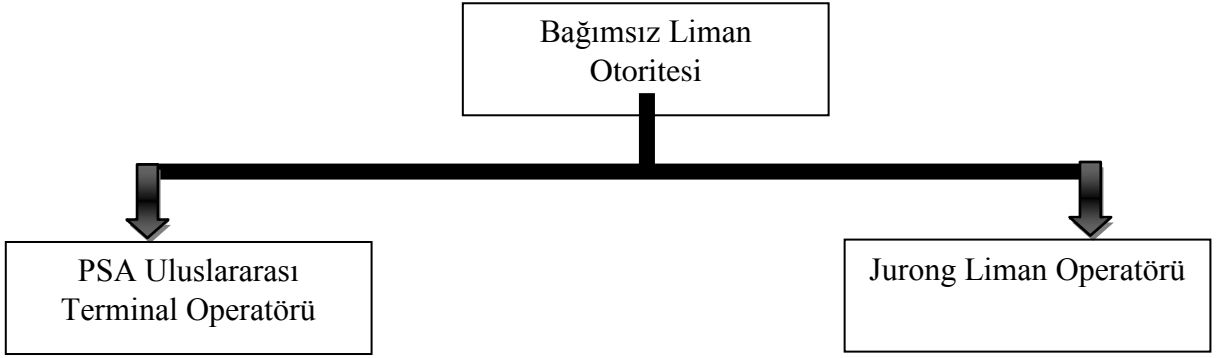
- Singapur limanına yılda 140.000'den fazla gemi gelmektedir.
- Herhangi bir zamanda, Singapur limanında yaklaşık 1.000 gemi vardır.
- Her 3 dakikada bir gemi Singapur'a varır veya ayrılır.
- Singapur limanı, 600 liman ve 120 ülkeye mükemmel erişilebilirlik ve bağlantı sağlamaktadır. Liman bağlantısı altı kıtaya yayılmaktadır (Building a Future Ready Maritime Singapore, Annual Report, 2015).

Singapur Limanı, sadece lojistik alan değil aynı zamanda ekonomik bir zorunluluktur. Çünkü Singapur ülkesi kara sahanlığı az ve doğal kaynaklardan yoksundur. Liman doğal kaynakları ithal etmek için kritik öneme sahiptir. Ürünler rafine edildikten ve/veya şekillendirildikten sonra gelir elde etmek için tekrar ihraç edilir ([https://www.searates.com/port/singapore\\_sg.htm](https://www.searates.com/port/singapore_sg.htm), 24\02\2017).

Singapur Limanı Deniz ve Liman Otoritesi tarafından yönetilir ve limana yaklaşacak maksimum gemi boyutu 500 metrenin üzerindedir ([https://www.searates.com/port/singapore\\_sg.htm](https://www.searates.com/port/singapore_sg.htm), 24\02\2017).

Liman, PSA Uluslararası ve Jurong Port terminal operatörleri tarafından işletilmektedir. Dolayısıyla liman yönetim şeklini Tablo 1'deki gibi özetleyebiliriz.

Tablo 1 Singapur Limanı Yönetim Şekli

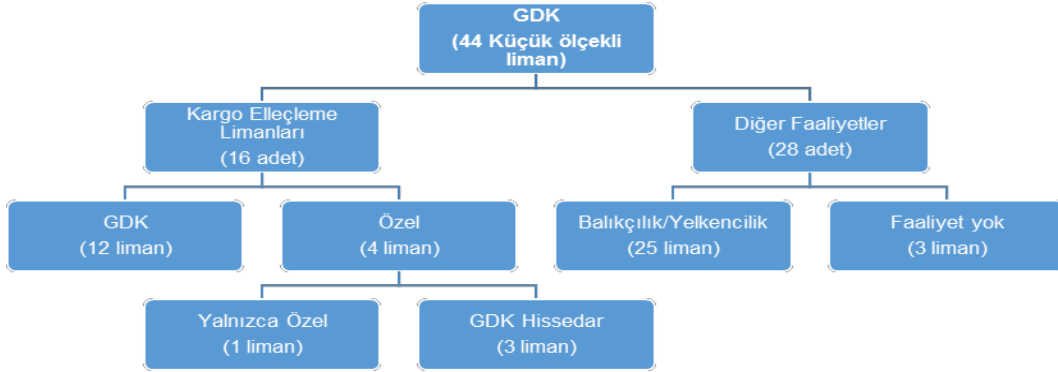


Singapur limanı iki büyük operatör tarafından işletilirken, bağımsız bir yapı tarafından da denetlenmektedir. Şehrin en büyük gelir kaynağı olan limanın, altyapı, genişleme ihtiyacı vb. her türlü hizmeti bağımsız liman otoritesi tarafından verilmektedir.

*Hindistan Gujarat Denizcilik Kurulu (GDK) Tarafından Yönetilen Limanlar*

Hindistan'da GDK etkili denetim ve idare sağlamak adına, Eyaletteki 44 küçük ölçekli limanı 10 Liman Ofisi (Bedi, Bhavnagar, Dahej, Jafrabad, Magdalla, Mandvi, Navlakhi, Okha, Porbandar, Veraval) altında gruplandırmıştır. Söz konusu 44 küçük ölçekli limandaki tüm gümrük vergisi ve ücretleri GDK bu liman ofisleri aracılığıyla tahsil etmektedir. GDK 44 küçük ölçekli limanını, faaliyetleri temelinde aşağıdaki gibi gruplandırmıştır (Tablo 2) (Gujarat Denizcilik Kurulu, 2016).

Tablo 2 Hindistan Limanlar Yönetimi

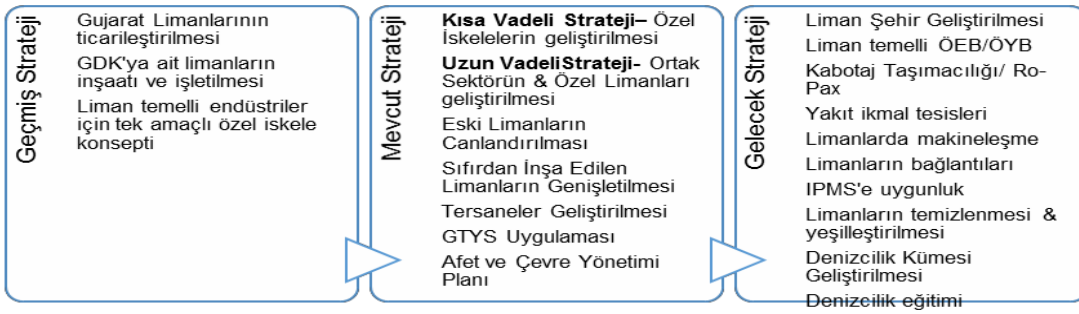


Tablo 3 Hindistan Liman Yönetimleri (Gujarat Denizcilik Kurulu, 2016).

GDK Limanları	Yalnızca Limanlar	Özel	GDK'nın Olduğu Limanlar	Hissedarı
Bedi, Bhavnagar, Jakhau, Magdalla, Mandvi, Mul-Dwaraka, Navlakhi, Okha, Pipavav (Victor), Porbandar, Sikka, Veraval	Hazira limanı		Dahej, Mundra (Old Mundra Limanı ve Gujarat Adani Limanı Limited) ve Pipavav.	

Liman sektörünün bütüncül bir biçimde gelişmesi için GDK halihazırda Özel Yatırım Bölgesi ve Liman Şehirlerini kapsayan entegre bir liman geliştirme modeli izlemektedir. GDK'nın 1995'te hazırladığı liman politikası ve ardından gelen Yap-Sahiplen-İşlet-Devret (YSİD) Politikası GDK'nın iş modelini dönüştürmesi için zemin hazırlamıştır (Gujarat Denizcilik Kurulu, 2016). GDK, liman gelişimine hizmet etme rolünden çıkmış liman gelişimine ev sahipliği yapmaya başlamıştır. Bu model, diğer Eyaletler için temel bir ölçüt oluşturmuştur. Buna ek olarak temel odak noktası, genel dökme yük elleçleme limanlarından belli bir alanda uzmanlaşmış kargo elleçleme limanlarına geçiş olmuştur. Aşağıdaki Tablo 4, GDK'nın geçmiş stratejisinden gelecek stratejisine doğru dönüşümü göstermektedir (Gujarat Denizcilik Kurulu, 2016).

Tablo 4 Hindistan Limanlarının Stratejisi



GDK, IPMS'e uyulması, Gujarat Denizcilik Üniversitesi, Limanlarda Makineleşme, Liman temelli ÖEB/ÖYB'ler ve son olarak Liman Şehir Geliştirilmesi gibi birçok gelecek stratejisi üzerinde çalışmaya başlamıştır. Ayrıca GDK kısa süre önce 2030'a yönelik Liman Politikasını hazırlamaya başladığını duyurmuştur. GDK'nın 2017'de yeni liman politikasını oluşturması beklenmektedir. GDK limanları için öngörülen gelişim planlarından bazıları şunlardır (Gujarat Denizcilik Kurulu, 2016).

Tablo 5 Gujarat'ta Limanlara Yönelik Politika Çerçevesi

Gujarat'ta Limanlara Yönelik Politika Çerçevesi		
<p>1982 Gujarat Denizcilik Kurulunun (GDK) Kurulması</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gujarat'taki tüm limanlar (Ana Liman hariç) GDK'nın yetki alanına girer</li> </ul>	<p>1987 Tek Amaçlı Özel İskeleler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Özel firmaların GDK limanlarında kendi iskelelerini işletmesi için izin verir</li> </ul>	<p>1995 Liman Politikası</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gujarat Limanlarında kamu özel ortaklıklarına izin verir</li> </ul>
<p>1997 YSİD Politikası</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gümrük vergisi muafiyeti ile işletimsel esneklik ve düşük kordon lisans ücreti sağlar</li> </ul>	<p>1999 Gujarat Altyapı Geliştirme Kanunu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kamu-özel ortaklıklarına yönelik yasal çerçeve ve yol haritası sunar</li> </ul>	<p>2004 ÖEB Kanunu (Gujarat)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gujarat'taki Özel Ekonomik Bölgelere küçük limanların ve ilgili hizmetlerin temini için zemin hazırlar – Gümrük vergilerinin belirlenmesi ve tahsiline yardımcı olur</li> </ul>
<p>2008 Tek Amaçlı Özel İskelelerin Genişletilmesi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mevcut tek amaçlı özel iskelelerin genişletilmesi için zemin hazırlar</li> </ul>	<p>2010 Gemi Yapımı Politikası</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Özel şirketlerin gemi yapımı parkları inşa etmesine izin verir</li> </ul>	<p>2012 LNG Terminal Politikası</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gujarat'ta sıfırdan inşa edilen LNG Terminalleri ve Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Ünitelerinin (FSRU) kurulmasını kolaylaştırır</li> </ul>

## *Yeni Zelanda, Tauranga Limanı Kurumsal Yapı*

Yeni Zelanda'nın en büyük lojistik alanı olan Tauranga Limanı, 1985 yılında kurulmuştur. Tauranga limanının şu anki kurumsal yapısına bakıldığında: limanın %54'ünün Bay of Plenty Bölge Konseyi'ne ait olduğunu %46'sının ise kamuya ait olduğu görülmektedir. Ayrıca Tauranga Limanı 6 adet şirketle de çeşitli yapıda stratejik ortaklıklara sahiptir. Bay of Plenty Bölge Konseyi ise 1989 yılının başlarında Yeni Zelanda Hükümeti tarafından 25 Ayrı organizasyonun birleştirilmesiyle oluşturulan bir bölgesel komitedir (Port of Tauranga, 2017)

Yönetim Ekibi Yapılanması; Liman yönetimi profesyonel bir ekip tarafından yapılmakta olup, Ülkemizdeki anonim şirket yapılanmasına benzer bir kurumsal çatı vardır. Bir CEO, Finansal Müdür, Müşteri İlişkileri Yöneticisi, Halkla İlişkiler Yöneticisi ve Altyapı İşleri Yöneticisinden oluşmaktadır.

Ayrıca Yönetim Kurulu'nda 5 adet bağımsız yönetici, Bay of Plenty Bölge Konseyi Başkanı ve Quayside Şirketler Grubu Başkanı bulunmaktadır (Port of the Future, Location and Transport Links, 2016).

Yönetim Yaklaşımı; Port of Tauranga Limited'in Yönetim Kurulu ve Üst Düzey Yönetim Ekibi, iyi bir kurumsal yönetişimin önemini kabul edip bunun hissedar değerinin yaratılması, korunması ve geliştirilmesini sağlamak için ana esas olduğunu düşünür. Birlikte, şirketin, iyi yönetişim ve en yüksek etik standartların hissedarların ve tüm menfaat sahiplerinin çıkarlarını korumak için sürdürülmesini sağlayan uygulamaları ve ilkeleri uyguladıklarını taahhüt eder (Port of the Future, Location and Transport Links, 2016).

Benimsenen, mağduriyeti önleyen yönetim ilkeleri aşağıda şekilde tanımlanmıştır:

- Yönetim için sağlam temeller kurmak ve yönetim kurulu gözetimi,
- Katma değer için yönetim kurulunu yapılandırma,
- Etik ve sorumlu karar vermeyi destekleme,
- Finansal raporlamanın bütünlüğünü koruma,
- Zaman ayrıntılı ve dengelenmiş açıklamalar,
- Pay sahiplerinin haklarını saygı,
- Riski kabul etme ve yönetme,
- Haklarını adil ve sorumlulukla ödeme'dir (Port of the Future, Location and Transport Links, 2016).

## **Türkiye'de Lojistik Alanlar ile ilgili Çalışmalar**

Gelişmiş ülkelerin taşımacılıktan lojistiğe hızla dönmeye başlaması, Türkiye'nin bölgesindeki rekabeti de gittikçe artırmıştır. Türkiye'nin bölgesel lojistik üs olabilmesi ve konumunu avantaja çevirebilmesi için son yıllardan kamu kurumları ile birlikte özel sektör ve yerel yönetimler tarafından lojistik çalışmalara hız verilmiştir.

Lojistik maliyetlerin azaltılması için iyi bir ulaştırma hizmetinin verilmesi ve ideal lojistik sahaların oluşturulması gerekmektedir. Bu hususta ulaştırma ve lojistik alan maliyetleri tüm lojistik maliyetlerin en büyük kısmını oluşturmaktadır (Tabak ve Yıldız, 2015). Türkiye hem Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde ulaştırma altyapılarını yenilemekte hem de Doğu-Batı, Kuzey-Güney aksı için uluslararası koridor olma çabası içerisinde.

Avrupa Birliği ülkeleri etkin bir ulaştırma politikası izlemek için Beyaz Kitap yayımlamışlardır. Bu kitabın temel amacı, Avrupa Birliği (AB) içerisinde deniz



taşımacılığı, endüstri, sahil bölgeleri, açık deniz enerji, balıkçılık bölgeleri, deniz çevresi, sosyo-ekonomik uyum ve diğer benzeri alanlar için üretilen politikalar birbirinden bağımsız olarak geliştirilmek ve bu politikaların birbirine destek olacak şekilde nasıl bir araya getirileceği konusunu incelemektir. Bütün bu unsurları göz önünde bulundurarak, AB için yeni bir yön haritası belirlenmiştir (White Piper, 2010).

Türkiye'nin de tüm ulaştırma altyapısını iyi bir şekilde planlayıp politikalarla hedeflerine en etkili şekilde ulaşması gerekmektedir. Özellikle gerek bakım-onarım masrafları olsun gerekse kullanılan araçların yakıtında dışa bağımlılığından dolayı ilk önce karayolu taşımacılığından diğer taşıma modlarına yük taşımacılığının hızlı bir şekilde kaydırılması gerekmektedir (White Piper, 2010). Bu durumu Türkiye'deki karayolu uzunluğu kadar demiryolu ya da liman yaparak değil, ulaştırma modları arasında en ideal aktarma merkezlerini oluşturarak gerçekleştirmek gerekmektedir. Dolayısıyla lojistik alanların yer seçimlerinin önemi dahası yer seçimi yapılan ve işletmeye açılan bir lojistik merkezin yönetilmesi oldukça önemlidir.

“Modern Lojistik Yönetimi: Organize Lojistik Bölgeler için Bir Yer Seçimi Modeli” başlıklı doktora tezinde, Bamyacı; Organize Lojistik Bölgesi yer seçimi karmaşık bir problem olduğu, bunun yanı sıra, sağlıklı kantitatif veriler bulmak da zor ve maliyetli olmasından kaynaklı kantitatif ve kantitatif unsurların bir arada değerlendirildiği çok amaçlı/kriterli programlama yöntemlerinin kullanılmasının gerektiğinden bahsetmiştir. Çalışmada, kentsel lojistik problemlerinin çözümünde modern bir yaklaşım olan “Organize Lojistik Bölgeleri” için yer seçimine ilişkin ekonomik, kolay anlaşılabilir, hızlı, duyarlılık analizine elverişli, kantitatif ve kantitatif değerlerin birlikte kullanıldığı, esnek ve evrensel bir modelin oluşturması hedeflenmiştir. Bu hususta öneriler getirilmiştir (Bamyacı, 2008).

“Lojistik Köy Yerlerinin Belirlenmesi İçin Bir Tam Sayılı Programlama Modeli: TCDD için Bir Uygulama” isimli çalışmada Aksoy; TCDD'nin lojistik merkezler için karar vermesine yardımcı olabilecek bir model önerisi sunmuştur. Bu çalışmada TCDD yük taşımacılığının lojistikteki yeri ve önemi açısından lojistik köylerin kurulup kurulmaması kararı üzerinde durulmuştur. Bu amaçla TCDD yük taşımacılığının mevcut durumu, yük profili, dağıtım ağı ve Türkiye'nin 7 bölgesinde kurulması planlanan 12 farklı lojistik merkeze yapılan taşımalar incelenmiştir. Lojistik köylerin hangilerinin veya kaç tanesinin açılacağına belirlenmesi için 0-1 tam sayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Oluşturulan matematiksel model LINDO Software Solver kullanılarak çözülmüş ve çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir (Aksoy, 2012). Kullanılan modelde yükün cinsine bakılmaksızın ton-km cinsinden hesaplamalar yapılmış ve bu hesaplar dikkate alınmıştır. Çalışma sadece ton-km cinsinden girdiler kullanılarak yapılması, çalışma alanını kısıtlamıştır. Lojistik merkezlerin yer seçimlerinde sadece giren yüklerin değil ulaştırma bağlantılarının, arz-talep dengesinin, uluslararası koridorların konumu gümrükleme işlemleri vs. olarak çok çeşitli olarak ele alınması gerekmektedir

“Genetik Algoritma Yaklaşımı ile Türkiye için Sürdürülebilir Ulaştırma Göstergelerinin Analizi Yapılması” isimli çalışmada Haldenbilen sürdürülebilir ulaştırma parametreleri olarak belirlediği, ulaşım talebi, trafik kazaları, enerji tüketimi ve hava kirliliğinin gelecekte ulaşacağı konusunda tahminlerde bulunmuştur. Çalışmada nüfustan, araç sahipliğine, yolcu taşımacılığından, yük taşımacılığına kadar birçok parametreyi inceleyerek bir yaklaşım modeli oluşturulmuştur (Haldenbilen, 2003).

“Enerji Politikalarının Ulaştırma Sistemlerinin Optimizasyonu İle Geliştirilmesi Ve

Uygulamadan Elde Edilen Getirilerin Ortaya Konması” isimli çalışmasında, ilk olarak 1988-2005 yılları arasında enerji analizi yapılarak yük ve yolcu taşımacılığında türlere göre enerji yoğunluk değerlerini belirlemiştir. Daha sonra bu sonuçlar esas alınarak 1970-1987 ve 2006-2020 arasındaki dönemlerdeki enerji tüketim tahminlerini yaparak, Türkiye’nin 1970-2020 yılları arasında ulaştırma sektöründeki enerji tüketiminin halihazır durumunun değişimi ve gelişimi ortaya koymaya çalışmıştır. Yük ve yolcu taşımacılığında geçmişe ait altışar farklı senaryo geliştirerek, 1970-2005 yılları arası enerji verimliliği açısından incelenmeler yapmıştır (Cansız, 2007).

Lojistik Yapılanma Modelleri olarak yaptığı çalışmada, Samsun ve Mersin İlleri İçin Optimum Lojistik Yapılanma Modeli Önerileri isimli çalışmada Akbulut, lojistik sektörünün gelişimi ve dünya genelinde lojistik sektörün gelişimine paralel ortaya çıkan lojistik yapılanmaları ele almıştır. Türkiye’nin lojistik potansiyeli çerçevesinde özellikle, Samsun ve Mersin illeri mercek altına alınarak bu bölgeler için kurgulanabilecek lojistik yapılanma model önerileri hazırlanmıştır. Samsun ve Mersin İllerinin lojistik potansiyelleri, analizler ve belirli kriterler göz önüne alınarak incelenmiştir. Karadeniz ve Akdeniz’de öncelikle kurulması muhtemel lojistik yapılanmaların Samsun ve Mersin olması gerektiği ve yapılanma modellerinin incelenmesi sonucunda, Samsun ve Mersin illeri için uygulanabilecek lojistik yapılanma model önerileri getirilmiştir (Akbulut, 2012).

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD) ilk defa ülkeye lojistik merkez kavramı getirmiş ve lojistik merkezlerin inşasını başlatmıştır (<http://www.tcdd.gov.tr/>). Lojistik merkezlerin planlanıp, merkezlerin işleme açılması halinde, lojistik sektörüne yıllık yaklaşık 40 milyar \$ katkı sağlaması, ilave 26 milyon ton taşıma üretmesi, 8 milyon m<sup>2</sup> konteyner stok ve elleçleme sahası kazandırması beklenmektedir (Ulaşan ve Erişen Türkiye, 2014).

TCDD Genel Müdürlüğü tarafından yapılan Türkiye’nin çeşitli bölgelerinde çalışmalar devam etmektedir (Ulaşan ve Erişen Türkiye, 2014) (Şekil 3).



Şekil 3 TCDD Tarafından Yapılan Lojistik Merkezler (Ulaşan ve Erişen Türkiye, 2014)

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (UDHB) tarafından ise İzmir Kemal Paşa Lojistik Merkezi’nin inşaat çalışmaları devam etmektedir (UDHB, Raylı Sistemler

Dairesi Başkanlığı, 2014).

Kocaeli Büyükşehir Belediye'si Kocaeli Bölgesinde bölgesel Lojistik Master plan yapmıştır. Çalışmada;

1. Veri Toplama Çalışmaları,
2. Toplanan Verilerin Değerlendirilmesi,
3. Kocaeli Ağır Vasıta Ulaşım Modeli Kurulması,
4. 2025 Hedef Yılı Tahminlerinin Yapılması,
5. Lojistik Plan Önerilerinin Oluşturulması (Kocaeli Lojistik Etüdü ve Stratejik Planlama Çalışması, 2012)

hedeflenmiştir.

Kocaeli Belediyesi tarafından yapılan master planın çalışma prensibi Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmada ilk olarak saha çalışmaları (veri toplama), toplanan verilerin değerlendirilmesi, yük taşımacılığı için modellerin kurulması, 2025 yılı için hedeflerinin belirlenmesi, lojistik master plan önerilerinin oluşturulması hedeflenmiştir (Kocaeli Lojistik Etüdü ve Stratejik Planlama Çalışması, 2012).

Planlama Kocaeli Ulaşım Planı ile uyumlu olarak yapılmış geliştirilen stratejiler birbirine paralel olmuştur. Aynı zamanda PTV yazılımı ile mevcut ulaşım türlerinin kapasite analizleri yapılarak, yapılacak yatırımların kaynaklarının etkin kullanılması ve yatırımların maksimum verimde olması hedeflenmiştir (Kocaeli Lojistik Etüdü ve Stratejik Planlama Çalışması, 2012)

Çalışmada 4 aşamalı ulaştırma modeli kullanılmış ve Belediye için lojistik stratejiler geliştirilmiştir. Ancak yapılan çalışma bölgesel ve sadece Kocaeli bölgesini dikkate aldığı için Türkiye genelinde yapılacak bir çalışmada, çerçeveye genel olarak bakılması durumunda önerilerin örtüşmesi konusunda bazı şüpheler bulunmaktadır. Dolayısıyla belediyelerin lojistik master plan yapmasından ziyade bölgesel lojistik master planlar ya da Türkiye Geneli bir planın yapılması çok daha etkili olacağı kaçınılmazdır (Kocaeli Lojistik Etüdü ve Stratejik Planlama Çalışması, 2012).

Hatay Büyükşehir Belediyesi Lojistik Planı ile Hatay ve Osmaniye illeri ve İskenderun'da uluslararası taşıma koridorlarında bir üs olabilecek altyapının planlanması amaçlanmıştır. Çalışmada çok yer seçimi ile ilgili olarak model önerisi geliştirilmemiş olup çalışma daha çok tavsiye ve öneriler getirilmiştir. (İskenderun Lojistik Köyü ile Antakya ve Osmaniye Lojistik Destek Merkezleri Master Planı, 2010).

Samsun'da yapılan Samsun Lojistik Merkez Master Planı ise bölgedeki lojistik alt ve üstyapının gereksinmelerini ve inşaa yöntemlerini içermektedir. Planlı bir şekilde fizibilitelerine ve yatırım planına uygun olarak Samsun Bölgesini uluslararası taşıma koridorlarında bir üs olabilecek hazırlığı sağlamaktır (TR 83 Bölgesi Lojistik Master Planı, 2010).

Diyarbakır Lojistik Merkez Master Planı ile Proje kapsamında lojistik merkez için istatistiksel ve ekonomik analizlere paralel olarak alan araştırması yapılmıştır. Lojistik merkezlerin yer seçimi kurulacak bölgenin işlevselliği, ekonomik sürdürülebilirliği, doluluk oranının yüksek olması gibi kriterler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığında daha somut önerilerin getirildiği proje gelecek projeksiyonların

çizilmesi içinde büyük öneme sahip olduğu görülmektedir (Diyarbakır Lojistik Merkez Raporu, Karacadağ Kalkınma Ajansı).

Bursa İli İçin Lojistik Merkez Raporu ile Bursa ilinde lojistik sektörünün gelişerek bölgenin ve komşu illerin ekonomik gelişmesine destek olması, bölgeden geçecek yerel ve bölgesel yüklerin karma taşıma fırsatına kavuşması amacıyla yapılacak çalışmaları kapsamaktadır. Raporda, Bursa'da inşa edilmesi önerilen "Bursa Lojistik Merkezi"nin ulusal ve uluslararası örnekleri incelenerek, proje planının fayda-maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Kurulması öngörülen Bursa Lojistik Merkezi, Bursa ve bölge sanayisinin kullanabileceği bölgesel-yerel bir merkez olma özelliği yanında bölgesel konumu, denizyolu ve karayolu bağlantısı, planlanan demiryolu projeleri ve yük potansiyeliyle uluslararası ve ulusal lojistik hizmeti verebilecek büyüklük ve alt yapıya sahip olacağı belirtilmiştir (Bursa Lojistik Merkezi Ön Fizibilite Raporu, 2013).

Trakya Bölgesi Lojistik Master Planında, Bölgesel yapılmış bir master plan olmasıyla birlikte, 9 Stratejik amaç belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla; karayolu, denizyolu, havayolu, demiryolu ve kombine taşımacılık, tehlikeli madde taşımacılığı, lojistik merkezlerin kurulması ve gümrük hizmetlerin ulusal ve uluslararası olarak geliştirilmesi ile ilgili yöntemlerin geliştirilmesi ile ilgilidir. (TR21 Trakya Bölgesi Lojistik Master Planı, 2013).

Şanlıurfa Lojistik Master Planı ile Şanlıurfa bölgesinde ulusal ve yerel düzeyde hedefler belirlenmiştir. Çalışmada yine yol gösterici nitelikte olmuştur (Şubat 2011 Şanlıurfa Sanayisinin Yeniden Yapılandırılması için Teknik Destek Projesi).

Yerel yönetimler, Kalkınma Ajansları ve özel sektör lojistik ile ilgili birçok çalışma yapmış/yapmaktadır. Bunun yanı sıra lojistik merkezlerin yer seçimleri ile ilgili olarak birçok akademik çalışma da yapılmıştır. Türkiye'de yapılan akademik çalışmaların bir kaçını incelendiğinde, çalışmaların birçoğunun pratikte uygulamasının gerçekleşmediği gözlemlenmektedir.

Diğer yandan, Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından Türkiye Lojistik Master Planı ve Ulusal Ulaştırma Ana Planı çalışmaları eş zamanlı olarak yürütülmektedir. Türkiye Lojistik Master Planının amacı, Türkiye'deki lojistik alanların yer seçimlerinin doğru yapılabilmesi için her türlü stratejileri geliştirmek ve bunların işletilmesinde öneri ve tavsiyeler getirmektir. Ulusal Ulaştırma Ana Planının amacı ise Türkiye'deki ulaştırma altyapılarının yolcu ve yük değerleri göz önünde bulundurularak, gelecek projeksiyonlarda göz önünde tutularak, en ideal şekilde planlamasını sağlamaktır diyebiliriz. Bu iki çalışmanın birbirinden ayrı olarak yapılması dez avantaj gibi görünse de aynı kurum tarafından yapılması avantajdır.

### **Türkiye'de Lojistik Yapılanma**

Türkiye'de Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Avrupa Birliği Bakanlığı, Ekonomi Bakanlığı ve Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nın kuruluş kanunlarında lojistik ile ilgili benzer görevler bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye İhracatçılar Meclisi tarafından Lojistik Konseyi oluşturulmuştur. TİM Lojistik Konseyi ilk defa Türkiye Geneli için bir strateji belgesi hazırlamıştır. Bu belgede ulaştırma türleri ile ilgili etki analizi yapılmıştır. Çalışmada en ucuz taşıma modunda optimum taşıma kilometreler analizi yapılmış, lojistik kurumsal yapının ilgili Bakanlıkların müsteşarları seviyesinde olması gerektiği savunulmuştur. Türkiye'de ilk olarak etkili bir planlama ve yapılanma süreci

11. Kalkınma Planı çalışmalarıyla birlikte başlamıştır (Tanyaş ve diğ, 2011).

Aynı zamanda Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan 10. Kalkınma Planı'nın da Lojistik Koordinasyon Kurulu'nun kurulması amaçlanmış ve Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı başkanlığında, TİM, TOBB, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ekonomi Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı, Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Kalkınma Bakanlığının daimi üyeliği ile oluşturulmuştur (Genelge, 2016).

Yukarıda yerel yönetimler, üniversiteler ve Bakanlıklar tarafından yapılan çalışmalara bakıldığında, kurumlar arası eşgüdümün çok zor olacağı anlaşılmaktadır. Kurumlar arası eş güdümü sağlamak amacı ile Lojistik Koordinasyon Kurulu kurulsun da kurulun çok üyeli olması ve herhangi bir yasal yaptırım gücünün olmaması çalışmaların sağlıklı ve zamanında yürütülebilmesi açısından bazı şüpheler doğurmaktadır. Dolayısıyla lojistik görevler ile ilgili olarak yasal bir yapılanmanın gözden geçirilmesi gerekmektedir. Oldukça büyük yatırım bütçelerine sahip olan lojistik alanların yer seçimlerinin de doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. TCDD tarafından yapılan lojistik merkezler incelendiğinde yer seçimleri ile ilgili olarak net bir kriterin olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda Ankara Kazan'da yapılan ve Türkiye'de ilk defa kuru liman tabiri kullanılan lojistik üssün ise yine aynı şekilde demiryolu bağlantısının olmaması ve işletmelerin tercih etmemesinden dolayı düşük kapasite ile çalışmaktadır. Lojistik alandan ziyade bir depo alanı gibi işlev görmektedir.

### **Sonuç ve Öneriler**

Türkiye'de Akademik çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların genellikle tek bir ürün üzerinde olduğu ya da bir metot üzerinde durulduğu görülmektedir. Örneğin, Yang; lojistik faaliyetlerin geliştirilmesi için Tabu Arama, Genetik ve Bulanık Simülasyon algoritmalarını yaklaşık en iyi çözümü bulmak amacıyla entegre ederek sayısal bir uygulama üzerinde göstermiştir fakat Aksoy LİNDÖ ile modelleme yaparken, Bamyacı Kantitatif ve Kanılatif gerçekleri gözler önüne sermeye çalışmıştır. Türkiye'deki lojistik alan ihtiyaçlarını gözler önüne sermek için sadece tek bir model çalışması ya da ürün bazlı çalışmanın farklı metotlarla desteklenmesi gerekmektedir. Öncelikle yüklerin en seri ve ekonomik açıdan taşınabilmesi için lojistik alanların yer seçim kriterlerinin net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Bu kriterlerin ise sadece ürün bazlı ya da çok kriterli metotlarla karar verme ile değil ulaştırma modellemesi ve karar verme metotları ile birlikte yapılması gerekmektedir. Ülkemizde veri toplama ile ilgili olarak ciddi sıkıntılar olduğu da düşünüldüğünde, lojistik sektörü ile ilgili çalışmaların istatistik, ulaştırma ve sezgisel yöntemler ile birleştirilerek çözüm ve önerilerin getirilmesi önem arz etmektedir.

Kamu kurum ve kuruluşları tarafından planlanan ve yapılan lojistik alanlar mutlaka ve mutlaka belli kriterler çerçevesinde planlanmalıdır. Alanlar, bölgenin arz-taleplerine ve gelecek projeksiyonlarına uygun olarak planlanmalıdır ve planlanma kriterleri gerekirse yasal mevzuata dönüştürülmelidir. Yatırımların uygun olabilmesi amacıyla kurumlar arası eş güdümün sağlanacağı yasal bir mevzuatın çıkarılmasında da fayda olacaktır. Diğer yandan Ulaştırma Ana Planı, Lojistik Master Planı gibi planların aynı kurum tarafından yapılarak kurumlar arasındaki görev karmaşıklığının da giderilmesi gerekmektedir. Böylece yapılan planlar hem tek elden yönetilmiş olur hem de istenilen sonuca daha hızlı ulaşmayı sağlar.

Diğer yandan yatırımlar her ne kadar güçlü olursa olsun, işletim sistemi oturmamışsa yine istenilen verim elde edilmeyecektir. Bu çok iyi donanıma sahip bilgisayarın, kullanıcı tarafından kullanılmaması gibi bir durumdur. Yeni Zelanda, Hindistan, Singapur örneklerine kısaca göz attığımız çalışmada, en göze çarpıcı olayın bağımsız bir liman otoritesinin olduğudur. Türkiye’de ise bağımsız bir liman otoritesi olmamakla birlikte kuru limanların yer seçim modeli ve yönetim modelleri de bulunmamaktadır. Altyapı yapmakla işletmecilik çok farklı olgu olduğundan dolayı, yapılan altyapı yatırımlarının mutlaka ve mutlaka bağımsız bir denetim kontrol mekanizması tarafından denetlenmesi ve 3. Şahısların kontrolünde işletmelerin yapılmasında fayda olacaktır.

Unutulmamalıdır ki artık günümüzde bir ülkenin ekonomisi güçlü bir ulaştırma planlaması ve bu planlanmanın arkasındaki güçlü bir lojistik sisteminden geçmektedir.

## **Kaynaklar:**

Aksoy, O. (2012) “Lojistik Köy Yerlerinin Belirlenmesi İçin Bir Tam Sayılı Programlama Modeli: TCDD İçin Bir Uygulama” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Bamyacı, M. (2008). “Modern Lojistik Yönetimi: “Organize Lojistik Bölgeler için Bir Yer Seçim Modeli” Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

Bursa Lojistik Merkezi Ön Fizibilite Raporu, 2013, Türkiye

Building a Future Ready Maritime Singapore, Annual Report, 2015, Singapore

Cansız, Ö. F. (2007) “Enerji Politikalarının Ulaştırma Sistemlerinin Optimizasyonu İle Geliştirilmesi Ve Uygulamadan Elde Edilen Getirilerin Ortaya Konması” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Diyarbakır Lojistik Merkez Raporu, Karacadağ Kalkınma Ajansı, Diyarbakır, Türkiye

Europe’s Logistics Hub 21 Crossroad Accelerating your Business, 2010 Germany

Feng, F., Li, F., Zhang, Q. “Location Selection of Chinese Modern Railway Logistics Center Based on DEA-Bi-level Programming Model” School of Traffic and Transportation Engineering, Central South University, Submitted: September 17, 2012 Accepted: November 13, 2012 Published: June 25, 2013 Changsha, 410075, China

Getting Technical Support for Enhancement of Institutional Structure in DGRR TR2010/0314.03-01

Goetschalckxa, M., Vidalb C. J., Doganc, K. “Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms”, European Journal of Operational Research, 2012 Volume 143, Issue 1, Pages 1-18

Gujarat Denizcilik Kurulu, 2016, Hindistan

Haldenbilen, S. (2003) “Genetik Algoritma Yaklaşımı ile Türkiye için Sürdürülebilir Ulaştırma Göstergelerinin Analizi Yapılması” Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye

İskenderun Lojistik Köyü ile Antakya ve Osmaniye Lojistik Destek Merkezleri Master Planı, 2010, Türkiye

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (2012) “Kocaeli Lojistik Etüdü ve Stratejik Planlama Çalışması” Kocaeli, Türkiye

Lojistik Koordinasyon Kurulu Genelgesi, 2016

Port of the Future, Location and Transport Links, 2016

Port of Tauranga, 2017, Yeni Zelanda

Richtlinie (Verwaltungsvorschrift) zur Förderung von Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs nichtbundeseigener Unternehmen, 2011

Şanlıurfa Sanayisinin Yeniden Yapılandırılması için Teknik Destek Projesi, 2011, Şanlıurfa, Türkiye

Tabak, Ç., Yıldız, K. (2015) “Türkiye’de Lojistiğin Kurumsal Yapılanması” 11. Ulaştırma Kongresi, 27-29 Mayıs, İstanbul, Türkiye

Tabak, Ç., Yıldız, K. (2015) “Türkiye’de Lojistik, Lojistik Eğitimi Ve Ulaştırma - Lojistik Modellemesi” II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS 2015), 28-30 Mayıs 2015, Ankara, Türkiye

Tanyaş, M., Erdal, M., Zorlu, F., Gürlesel, C. F., Filik, F. (2011) “Türkiye Lojistik Master Planı için Strateji Belgesi”, Türkiye

Tokay S. H., Deran, A., Arslan, S. (2010) “Lojistik Maliyet Yönetiminde İzlenebilecek Stratejiler ve Muhasebe Eğitiminden Beklentiler” 29. Türkiye Muhasebe Sempozyumu, Antalya, ss.271

TR21 Trakya Bölgesi Lojistik Master Planı, 2013, Türkiye

TR 83 Bölgesi Lojistik Master Planı, 2010, Samsun, Türkiye

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü Kurumsal Kapasitesini Geliştirme Projesi Çalıştayı, 2014)

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Raylı Sistemler Daire Başkanlığı, 2014

Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, “Ulaşan ve Erişen Türkiye, 2014

White Paper European transport policy for 2010, Europe

1 Kasım 2011 Tarih ve 655 Sayılı Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, 2011

10. Kalkınma Planı, Taşımacılıktan Lojistiğe Dönüşüm Programı Eylem Planları, 2014

[https://www.searates.com/port/singapore\\_sg.htm](https://www.searates.com/port/singapore_sg.htm), 24\02\2017



# Demiryollarında CBS Entegrasyonuna Yönelik Politikaların Gerçekleştirilmesi

**Yelda Ademoğlu Gülkılık<sup>(1,2)</sup>, M. Tefik Özlüdemir<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> İTÜ Geomatik Mühendisliği, <sup>(2)</sup> TCDD

Tel: (216) 3488020

E-Posta: yeldaademoglu@tcdd.gov.tr

## Öz

Türkiye’de yük ve yolcu demiryolu hatlarının iyileştirilmesi ve yeni hat yatırımları ulaştırma politikaları açısından öncelikli bir başlıktır. Bu öncelik kalkınma planları, ulusal strateji planları vb. bir dizi resmi belgede vurgulanmakta, mesleki bilimsel ve teknik platformlarda konuya dikkat çekilmektedir. Anılan plan ve stratejilerde Avrupa ile kesintisiz ve uyumlu demiryolu ulaşımının sağlanması ve Asya-Avrupa-Afrika kıtaları arasında önemli bir demiryolu koridoru haline gelmesi hedefi yer almaktadır. Bu hedefler ekseninde yapılan durum analizlerinde, kamu kurum ve kuruluşları arasında yeterli işbirliği ve koordinasyonun sağlanamamasının kamusal kaynakların verimsiz kullanımına neden olduğu belirtilerek kamu yatırım projelerinin planlanması, uygulanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi süreçlerinde kamu kurum ve kuruluşlarının kapasitelerinin geliştirilmesi gerektiği bir kamu yatırım politikası olarak benimsenmektedir.

Halen devam etmekte olan Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) çalışmaları, e-Dönüşüm Türkiye Projesi ile birlikte bir devlet politikası halini almıştır. 2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi 65 numaralı eylemi, Türkiye coğrafi bilgi stratejisi ve eylem planının hazırlanması şeklindedir. 65 numaralı eylem, kamu yatırım projelerinde koordinasyon eksikliğinin giderilmesi ve mükerrer yatırımların önlenmesi için coğrafi verinin üretimi, paylaşımı ve karar alma süreçlerinde kullanımına ilişkin politikaların belirlenmesi, bu politikalarla uyumlu eylem planının hazırlanması ve ihtiyaç duyulan yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesi politikası ile ilişkilidir.

Ulaştırma politikalarının ve hedeflerinin hayata geçmesinde TUCBS çalışmalarına kaçınılmaz bir gereksinim vardır. Ancak neredeyse yarım asırdır ulaştırma planlaması, politikaları ve veri ile ilişkili çalışmaların varlığına, değerli bir veri ve bilgi birikimi olmasına karşın ulaştırma politikalarının biçimlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yeterince etkin olarak yararlanılabildiğini söylemek olası değildir. Yeniden yapılandırılan ve yakın bir zamanda özel işletmeciliğe açılması planlanan TCDD’nin, mevcut şebekelere ait sayısal konum verilerine, konumsal veri standartlarına ve geleceğe dönük Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) entegrasyonunu da içeren bir veri politikasının varlığına ilişkin önemli eksiklikleri söz konusudur. Ulaştırma yatırımlarının teknik, iktisadi, çevresel ve toplumsal parametreler ile birlikte değerlendirilerek planlanmasına ve projelendirilmesine olanak sağlayan mekansal çok ölçütlü karar destek sistemleri gibi ileri düzey çalışmaların hayata geçebilmesi için bütünlüklü bir ulaştırma veri politikasının geliştirilmesi zorunludur.

Bu çalışmada, genelde ulaştırma alanında, özelde ise demiryollarında ulaştırma veri politikaları ülkemiz özelinde ele alınmakta ve CBS entegrasyonu üzerinde durulmaktadır.

**Anahtar sözcükler:** TUCBS, Ulaştırma Veri gereksinimi, Demiryolları, TCDD.

## **Ulaştırma Planlama ve Yönetimi konusundaki Veri Gereksinimi**

Erel vd. (1995) ülkemiz ulaştırma planlaması ve yönetimi konusunda 1975 yılında Ömer Saatçioğlu tarafından Ulaştırma Bakanlığı Ulaştırma İstatistikleri Sempozyumu için hazırlanmış bir öneri mahiyetindeki ‘Ulaşım Yönetimi Bilgi Sistemi’ adlı bildiriye atıfta bulunarak veri gereksinimi sorununun 1975 yılında tanımlanmış olması ve çözüm yollarının altının çizilmesine karşın çözüme kavuşturulamadığını vurgulayarak bu alana yönelik değerlendirme ve önerilerini paylaşmışlardır. Bu değerlendirmelerin üzerinden de yirmi yılı aşkın bir süre geçmiştir. Ancak veri temini ve kullanımı konularında bilişim ve yönetim alanlarındaki gelişmelere koşut olarak yaşanan önemli ilerlemelere karşın ulaştırma planlaması ve yönetimi için veri altyapısı ile ilgili çalışmalar henüz tamamlanamamıştır. Ayrıca ülkemizde ulaştırma alanı ile ilişkili farklı kurumların veri altyapısı ile ilgili yürüttükleri çalışmaların düzeyleri arasında da ciddi farklılıklar vardır.

Ulaştırma başlığı ve demiryolları alt başlığı altında yapılan ulusal coğrafi veri altyapısı çalışmalarının TCDD’nin doğrudan içinde yer almadığı kurullarca yürütüldüğü gözlenmektedir. TCDD’nin Bakanlıklar ve Genel Müdürlükler düzeyinde yürütülen bu çalışmalara dâhil olması nitelikli politikaların yaşama geçirilmesi açısından önemli ve öncelikli bir konudur. Demiryolu yatırımlarının ulaştırma yatırımları arasında önemli bir paya sahip olması ve ayrıca bu yatırımların kalkınma planları ve ulusal strateji planlarında öncelikli alanlar arasında tanımlanmaları bu konunun önemini dışa vurmaktadır. Anılan planların yanı sıra ulusal politikalara yer verilen bir dizi resmi belgede ve mesleki bilimsel ve teknik platformlarda ulaştırma politikaları açısından ülkemizde yük ve yolcu demiryolu hatlarının iyileştirilmesi ve yeni hat yatırımlarının gerekliliği üzerinde sıkça durulmaktadır. TCDD bu yatırımların planlama ve yapım safhalarında doğrudan ya da son kullanıcı olarak içerisinde olduğu ve ulaştırma planlanması ve yönetimi için oluşturulacak veri altyapısında hem veri üreticisi hem de veri kullanıcısı olarak önemli bir yere sahip olacaktır. Ancak ne yazık ki demiryolları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü’nce oluşturulan coğrafi veri paylaşım ortamı ATLAS portalında (URL 1) yer verilen ulaşım veri katmanları içinde bile henüz tanımlı değildir.

Erel ve Yardım (2003) TMMOB Türkiye Ulaştırma Politikaları Kongresi’nde veri temini konusunda yaşanan sorunların tespiti amacıyla yaptıkları anket çalışmalarının sonuçlarını sunmuş ve bu çalışmaları ile ulaştırma sistemi için veri gereksinimini bir kez daha gündeme getirmiştir. Yapılan çalışma kapsamında Türkiye ulaştırma sistemi veritabanı anketi 200 kuruma gönderilmiştir. Anketlere %10 gibi düşük düzeyde bir katılım sağlanmış olsa da, çalışma sonucunda yapılan değerlendirmeler, ulaştırma alanında nasıl bir veri anlayışının oluşturulması gerektiği konusunda ön açıcı nitelik taşımaktadır. Söz konusu çalışma sonucunda yapılan önerilerden biri de gelişmiş veri toplama ve saklama sistemlerine odaklanılması gerektiği, özellikle elektronik veri toplama sistemleri ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımının vakit kaybetmeden uygulamaya geçmesinin gerekliliğidir. Yürürlükteki e-devlet projesinin içinin bu

gereksinimleri karşılayacak şekilde bilinçli bir şekilde doldurulması kaydıyla olumlu bir yaklaşım olduğu değerlendirilmeleri yapılmıştır.

## **Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Demiryollarında Kullanım Olanakları**

CBS, verilerin görselleştirilmesi, sorgulanması, analizi ve yorumlanması yoluyla ilişkileri, kalıpları ve eğilimleri anlamamızı kolaylaştırarak her boyutta ve neredeyse her endüstride kurum ve kuruluşlara fayda sağlamaktadır (URL 2). Coğrafi bilgi teknolojileri ve uygulamalarının uluslararası ölçekte ekonomi içerisindeki payı da yıldan yıla artış göstermektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri doğası gereği genelde ulaştırma alanında, özeldede demiryollarında planlama ve fizibilite çalışmalarından yapım ve bakım çalışmalarına kadar her alanda kendine uygulama alanı bulabilmektedir.

Güler ve Kaçmaz (2003) demiryollarında işletme, bakım, değer yönetimi ve karar destek sistemleri ile ilgili bilgilerin yönetilmesinde CBS'nin geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu belirtmişler ve demiryolları ile ilgili olarak CBS'nin başarılı bir şekilde kullanıldığı alanları değer yönetimi, tesis yönetimi (hat, enerji, iletişim ve sinyalizasyon), değerlendirmelerin takibi, mal akış analizi, acil durum yönetimi, çevre ve inşaatların yönetimi, birimler arası yönetim, yolcu bilgileri, kapasite planlaması, pazarlama, tedarik zinciri yönetimi, yer seçimi ve risk yönetimi olarak sıralamışlardır. İçinde konum ile ilişkili bir problem tanımlanabilen her alanda coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılabilir. Ancak CBS'nin en temel özelliği bir karar destek sistemi olmasıdır. Bu özelliğiyle de Ulaştırma Planlamasında ve daha özeldede ise birbiri ile rekabet eden bir çok parametrenin belirleyici olduğu proje güzergahlarının belirlenmesi konusunda rahatlıkla karar destek sistemi olarak değerlendirilebilir. Güzergah tasarımında CBS tabanlı karar destek sistemlerinin kullanımı, belirlenen güzergah alternatiflerinin ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerinin karşılaştırılması olabildiği gibi güzergahın belirlenmesinde etkili tüm parametrelerin veritabanında ağırlıklandırılmasıyla oluşan maliyet yüzeyinden tanımlanacak fonksiyonlara göre en az maliyetli koridorun belirlenmesi şeklinde de olabilmektedir. Yıldırım (2009) şeritvari nitelikteki mühendislik yapılarının (karayolu, demiryolu, boru hattı, kanallar ve güç iletim hatları) güzergâh tespiti çalışmalarında çoğunlukla 1/25000 ölçekli haritalarının ve ayrıca arazi çalışmalarına dayalı olarak elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile güzergâh etütlerinin elle yapılmakta olduğu, çalışmaların otomatikleştirilmesine gereksinim duyulduğu ve bu konuyla ilgili olarak mevzuat eksikliklerinin bulunduğu saptamalarını yapmıştır. Halen TCDD için bu durumun değişmediği gözlenmektedir. Örneğin yakın zamanda ihalesi gerçekleştirilmiş önemli mühendislik yatırımlarına ait fizibilite ve etüt teknik şartnameleri incelendiğinde veri ve bilgi gereksinimleri için geleneksel yöntemlere yer verildiği görülmektedir. Toplanan veriler bilgisayar ortamında değerlendirilip üretilen alternatifler yine bilgisayar ortamında karşılaştırılıyor olsa dahi hatların güzergâhlarının belirlenmesinde ekonomik etkilerin yanı sıra sosyal ve özellikle çevresel etkilerin de değerlendirilebileceği CBS tabanlı dinamik modellerden ve karar destek sistemlerinden yeterince yararlanılabildiğini söylemek olası değildir.

Oysa sağlıklı kararların verilebilmesinin önünü açacak ve katılımı artıracak olan planlama ve fizibilite faaliyetlerinde konumla ilişkili kararların oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı karar destek sistemleri bir an önce kullanılmaya başlamalıdır. Üretilen coğrafi bilgi sistemi tabanlı karar destek sistemlerinin

sürdürülebilir olmasında ise coğrafi bilgi sisteminin temel bileşeni olan veri ile ilgili kurum ve hatta ülke politikası kritik önem taşımaktadır. Genelde ulaştırma planlanması ve yönetimi için özeldemiryolu ulaşımı planlaması için oluşturulacak veri altyapısı ve veri politikası üzerine çalışmalara hızla devam edilmesi gerekmektedir.

## **Ulusal CBS altyapısı oluşturulmasına yönelik başlıca çalışmalar**

Avrupa Birliği bünyesinde 19-20 Haziran 2000 tarihinde, Avrupa'nın dünyadaki en rekabetçi ve dinamik bilgi tabanlı ekonomisi haline gelmesi stratejisi çerçevesinde *e-Avrupa 2002 Girişimi* adı altında bir çalışma başlatılmıştır. Daha sonra girişim aday ülkelere genişletilerek çalışma *e-Avrupa+* adlı çalışmaya evrilmiş ve Türkiye de bu girişim altında tanımlanan e-dönüşüm sürecine dâhil olmuştur (URL 3).

Türkiye *e-Avrupa+* girişimine dâhil olmasının da etkisiyle, bilgi toplumu hedefi çerçevesinde yürüttüğü çalışmaları hızlandırmıştır. Bu bağlamda 58. Hükümet tarafından hazırlanan Acil Eylem Planında *e-Dönüşüm Türkiye Projesi*'ne yer verilmiştir. 27 Şubat 2003 tarihli 2003/12 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile projenin yaşama geçirilmesi için o dönemde Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), günümüzde ise Kalkınma Bakanlığı bünyesinde bulunan Bilgi Toplumu Dairesi Başkanlığı görevlendirilmiştir ve e-Dönüşüm Türkiye Projesi'nin amaçları, kurumsal yapısı ve uygulama esasları belirlenmiştir (URL 3).

e-Dönüşüm Türkiye Projesi'nin başlıca hedefi; vatandaşlara daha nitelikli ve hızlı kamu hizmeti sunulması için katılımcı, şeffaf, etkin ve basit iş süreçlerine sahip olmayı ilke edinmiş bir devlet yapısına olanak sağlayacak koşulların hazırlanması olarak belirtilmiştir (URL 3). Bundan sonraki süreç e-Dönüşüm Türkiye Projesinin hayata geçirilmesi için ulusal stratejiler ve politikaların belirlenmesi şeklinde ifade edilmiştir.

### **Eylem 47**

e-Dönüşüm Türkiye Projesi belgesinde yer alan 47 numaralı eylem planı ile Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin (TUCBS) oluşturulması için bir ön çalışma raporunun hazırlanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda bir ön rapor hazırlanması sorumluluğu Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'ne (TKGM) verilmiştir (URL 3).

Bu kapsamda, TUCBS'nin oluşturulabilmesi sürecinde öncelikle mevcut durumun ortaya konması gereksinimi doğmuştur. Bu amaçla kurum/kuruluşlardaki coğrafi bilgi ve verinin mevcudiyeti ve yönetimi, bu coğrafi veri/bilgilere uygulanan teknoloji ve araçlar, kurumsal düzeydeki coğrafi bilgi/verilerin kullanımı, dağıtımı ve satışı için kullanılan kurumsal normlar ve düzenlemelere ilişkin olarak, mevcut durum, karşılaşılan sorunlar ve beklentilerin neler olduğunu ortaya çıkarmak amacıyla anket uygulanmıştır. Anketlerin değerlendirme raporu ise Ocak 2005'te tamamlanmıştır (URL 4).

*e-dönüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planı* (KDEP) 4 Aralık 2003 tarih ve 2003/48 sayılı Başbakanlık Genelgesi'yle uygulamaya konmuştur (URL 3).

KDEP'nin hazırlanması sürecinde önceki bilgi birikimlerinden azami düzeyde faydalanılmaya çalışılmış ve katılımcı bir üretim süreci benimsenmiş olmasına karşın

TCDD'nin çalışmalarına katılmadığı görülmektedir. Yapılan anket, TCDD dışında kalan ulaştırma ile ilgili temel kamu kurumları olan TC Karayolları Genel Müdürlüğü (TCK) ve Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DHMI) dahil olmak üzere toplam 43 kuruma gönderilmiştir. TCDD'nin söz konusu çalışmalara katılımı gerek anket temelinde, gerekse diğer süreçlerde gözlenmemiştir. Bunun nedeni hazırlık sürecinde Ulaştırma Bakanlığı ve Üniversiteler düzeyinde bir katılımın sağlanmasının yeterli görülmüş olması şeklinde değerlendirilmektedir.

### **Eylem 36**

Devlet Planlama Teşkilatı'nın koordinasyonunda hazırlanmış olan ve 2005 yılında uygulanması öngörülen Eylem Planı 24.03.2005 tarihli ve 2005/5 sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı ve eki *e- Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 Eylem Planı* 1 Nisan 2005 tarih ve 25773 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (TKGM, 2006).

2005 Eylem Planında yer alan 36 numaralı eylemin kapsamı TUCBS altyapısı hazırlık çalışmalarının yapılmasıdır. Eylemden sorumlu Kuruluş Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, ilgili kuruluşlar Devlet Planlama Teşkilatı, Harita Genel Komutanlığı, günümüzdeki adı TÜİK olan DİE, TÜBİTAK, İller Bankası Genel Müdürlüğü, ilgili diğer kamu kurum ve kuruluşları ile sivil toplum kuruluşlarıdır (TKGM, 2006).

36'ncı eylem planı ile TUCBS politika/strateji dokümanının hazırlanması ve yasal düzenleme ihtiyaçlarının tespit edilmesi hedeflenmiş ve sonuçta "*TUCBS Politika ve Strateji Dokümanı*" hazırlanarak eylem tamamlanmıştır (URL 4).

TUCBS Politika ve Strateji Dokümanı ile TUCBS vizyonu, misyonu, politikaları, TUCBS içeriği, TUCBS stratejisi konularında öneriler sunulmaktadır. "TUCBS Stratejisi" olarak sunulan altı aşamalı yol haritası (uygulama plânı) aşağıdaki gibidir:

- TUCBS politikaları ve TUCBS içeriği ile TUCBS verilerinin sorumlularını tanımlayan yasal düzenlemenin yapılması,
- TKGM ulusal veri dönüşüm formatı biçiminin, TUCBS Politika ve Strateji Dokümanına uygun olarak, ISO coğrafi bilgi standartlarına uyarlanması çalışmasının yapılması,
- Kurumların, sorumlu oldukları TUCBS verilerine ilişkin envanterlerini çıkarmaları, metaverileri hazırlamaları ve kurumsal CBS portallarına sunmaları,
- TUCBS için kullanılacak ortak coğrafi veri standartlarının, TUCBS Politika ve Strateji Dokümanına uygun olarak TUCBS İdari Altyapısı bünyesinde tanımlanması,
- Kurumların, sorumlu oldukları TUCBS verilerini metaverileri ile birlikte, tanımlanan TUCBS coğrafi veri standartlarına uygun olarak hazırlamaları,
- Kurumların, hazırladıkları TUCBS verilerini, birinci aşamada yapılan TUCBS yasal düzenlemesine uygun olarak, kurumsal CBS portallarında sunmaları.

### **Eylem 75**

Coğrafi verilere ilişkin içerik ve değişim standartlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar, *2006-2010 Dönemi Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı*'nda, 75 numaralı "CBS Altyapısı Kurulumu" eylemiyle devam etmiş ve eylem kapsamında 10

temel veri teması belirlenmiş ve bunlara ilişkin uygulama şemaları geliştirilmiştir (URL 4).

Projeden sorumlu kuruluş TKGM olup, Bilgi Toplumu Stratejisi ve ekindeki Eylem Planı 11 Temmuz 2006 tarihli ve 2006/38 sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı'yla onaylanmış ve 28 Temmuz 2006 tarihli ve 26242 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Yalçın vd., 2010).

TKGM koordinasyonunda yürütülen fizibilite etüdünün hazırlanmasına yönelik çalışmalar dokuz ay sürmüş ve sonucunda “Fizibilite Etüdü Raporu ve Ekleri” yayınlanmıştır. Yalçın vd. (2010) bundan sonraki aşamayı CBS-A yapım işine geçilmesi, tüm kurumların verilerini portalden sunulabilecek şekilde ortak standarda dönüştürmeleri, taslak olarak hazırlanmış olan taslak teknik şartnameden ve taslak yasa tasarılarından yararlanılması, hem kurumların kendi içinde hem de merkezi organizasyon ve yönetim anlamında önerilen idari modellerin dikkate alınması, her temanın ve alt temanın üretim–koordinasyon sorumluluğunun tanımlanan kurumlarca yürütülmesi olarak öngörülmüştür.

*E-Devlet Coğrafi Bilgi Kapısı-Ulaştırma Bakanlığı Uygulaması CBS-A Fizibilite Etüdü Hizmet Alımı* projesine altlık ve başlangıç teşkil etmek üzere “*e-Devlet Coğrafi Bilgi Kapısı-Ulaştırma Bakanlığı Uygulaması*” projesi Türksat Globe tarafından PTT, KGM, TCDD, Denizcilik Müsteşarlığı, DHMİ ile birlikte gerçekleştirilmiş bir proje de mevcuttur. Türksat Globe İnternet sayfasında yer verilen söz konusu proje ile demiryolları (çizgi) ve Demiryolu İstasyonları (nokta) katmanlarının kuruma kurulan RackSunucu üzerinde çalışan açık kaynak Coğrafi Web Sunucusu üzerinden İnternet Harita Servisi (WMS) olarak yayına açıldığından bahsedilmektedir.

## **Eylem 65**

65 numaralı eylem ‘2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı’ raporunda hedeflenen temel politikalardan biridir. 65 numaralı eylem ‘coğrafi verinin üretimi, paylaşımı ve karar alma süreçlerinde kullanımına ilişkin politikaların belirlenmesi, bu politikalarla uyumlu eylem planının hazırlanması ve ihtiyaç duyulan yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesiyle CBS’ye ilişkin kamu yatırım projelerinde koordinasyon eksikliğinin giderilmesi ve mükerrer yatırımların önlenmesi’ politikasıyla ilişkilidir (URL 4).

Eylemin uygulanmasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sorumlu kurum ve işbirliği yapılacak kuruluşlar Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Ekonomi Bakanlığı, Maliye Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Kalkınma Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, HGK, TÜİK, TKGM, TÜBİTAK, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İLBANK AŞ, TÜRSAT, Yerel Yönetimler, Üniversiteler, STK’lar olarak tanımlanmıştır (URL 4).

65’inci eylemin gerekçesi olarak değinilen temel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Veri tanımlama dokümanları, uygulama şemaları, detay katalogları ve GML dokümanları hazırlanmış ancak adres teması haricindeki temel temaların sorumlu kuruluşlar ile çalışılması ihtiyacı;
- TUCBS Projesinin devamı niteliğinde ve 10 temel veri teması dışında kalan ülke gereksinimleri ve INSPIRE eklerinde yayımlanan veri temalarının da çalışılması;
- TUCBS'nin INSPIRE'ye uyumlu ve ilgili kamu kurumlarıyla koordineli olarak geliştirilmesi,
- Farklı kamu kurumları tarafından yürütülen CBS projelerinde mükerrerliklerin önlenerek koordinasyonun sağlanması,
- Mekânsal veri üretimi ve paylaşımına yönelik politika ve standartların belirlenmesi,
- CBS alanında yerli yazılım sanayiine dönük tedbirlerinin alınmasının gereklilikleri; bu gerekliliklerin sağlanabilmesi için Türkiye Coğrafi Bilgi Stratejisinin geliştirilmesi,
- Stratejiyi destekleyecek nitelikte eylem planının oluşturulması, eylem planı uygulama ve izleme adımlarının belirlenmesi ve gerçekleştirme ölçütlerinin tanımlanması

ihtiyaçlarıdır. Başlangıç ve bitiş yılı 2015 olarak belirlenen 65 numaralı eylem planının uygulama adımları coğrafi bilgi stratejisine ilişkin ortak politikaların belirlenmesi, belirlenen politikalara yönelik eylem planının oluşturulması olarak önerilmiştir (URL 4).

Oluşturulacak strateji ve eylem planında, ihtiyaç duyulan veri temalarının üretilmesine yönelik planlama ve önceliklendirmenin yapılması, coğrafi verinin üretim ve kullanımına yönelik kalite standartlarının belirlenmesi, CBS'ye dayalı yazılım ve uygulamalarının desteklenerek yerli yazılım sanayiinin geliştirilmesi, belirlenen politikalarla uyumlu mevzuat düzenlemesi yapılması, başta açık kaynak kodlu CBS yazılımları olmak üzere yerli CBS yazılımlarını destekleyecek teşvik mekanizmaları oluşturulması hususlarının kapsamı öngörülmüştür (URL 4).

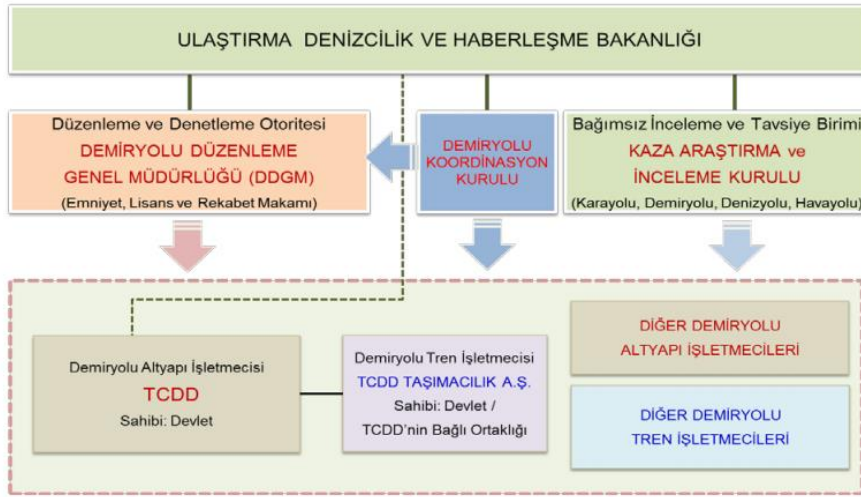
### **Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelik**

'*Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelik*' 29 Aralık 2014 tarih ve 2014/7179 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile 20 Mart 2015 tarih ve 29301 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulması ve yönetilmesi amacıyla hazırlanan ve coğrafi veri temaları kapsamındaki coğrafi verilerin veri tanımlamasının yapılması ve coğrafi verilerin sorumlu kurumlarca bu tanımlara uygun olarak üretilmesi; coğrafi verilerin, coğrafi veri setlerinin, coğrafi veri servislerinin ve bunlara ait metaverilerin paylaşılması; coğrafi verilerle ilgili iş ve işlemler için kurumlararası koordinasyonun gerçekleştirilmesi konularını kapsamaktadır (URL 5).

Yönetmelikte ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulmasının ve yönetilmesinin sağlanması için 3 organ tanımlanmıştır. Bunlar 14 Bakanlığın müsteşarlarından oluşan *koordinasyon kurulu*, sorumlu kurumların genel müdürleri, başkan ve/veya yetkili temsilcileri ile Kalkınma Bakanlığının ilgili genel müdüründen oluşan *teknik komite* ve çalışma konusuna göre sorumlu kurum temsilcilerinden oluşan *çalışma grupları* olarak belirlenmiştir.

## TCDD ve CBS çalışmaları

Uzun zamandır planlanmakta olan demiryolu sektörünün yeniden yapılandırılması ve serbestleştirme sürecinin tamamlanmasının önce yasal zemini hazırlanarak özel sektörün demiryolu işletmeciliği yapabilmesini olanaklı kılan ve böylece demiryolu sektörünü daha etkin ve verimli bir sektör haline dönüştüreceği umulan süreç tamamlanmıştır. 6461 sayılı Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun'un 1 Mayıs 2013 tarihli Resmi Gazetede yayınlanması ile birlikte başlanan yeniden yapılandırmanın son etabında da Tren Taşımacılık AŞ'nin kurulması, şebeke bildiriminin yayınlanması ve TCDD birimlerinin yeni görev talimatları ile yeniden yapılandırılması ile sona gelmiştir. TCDD'nin yeniden yapılandırılmasıyla demiryolu altyapısı ile demiryolu işletmeciliği birbirinden ayrılmıştır. Şekil 1'de Türkiye'de demiryolu sektörünün yapısı sunulmaktadır.



Şekil 1: Türkiye'de demiryolu sektörünün yapısı (URL 6)

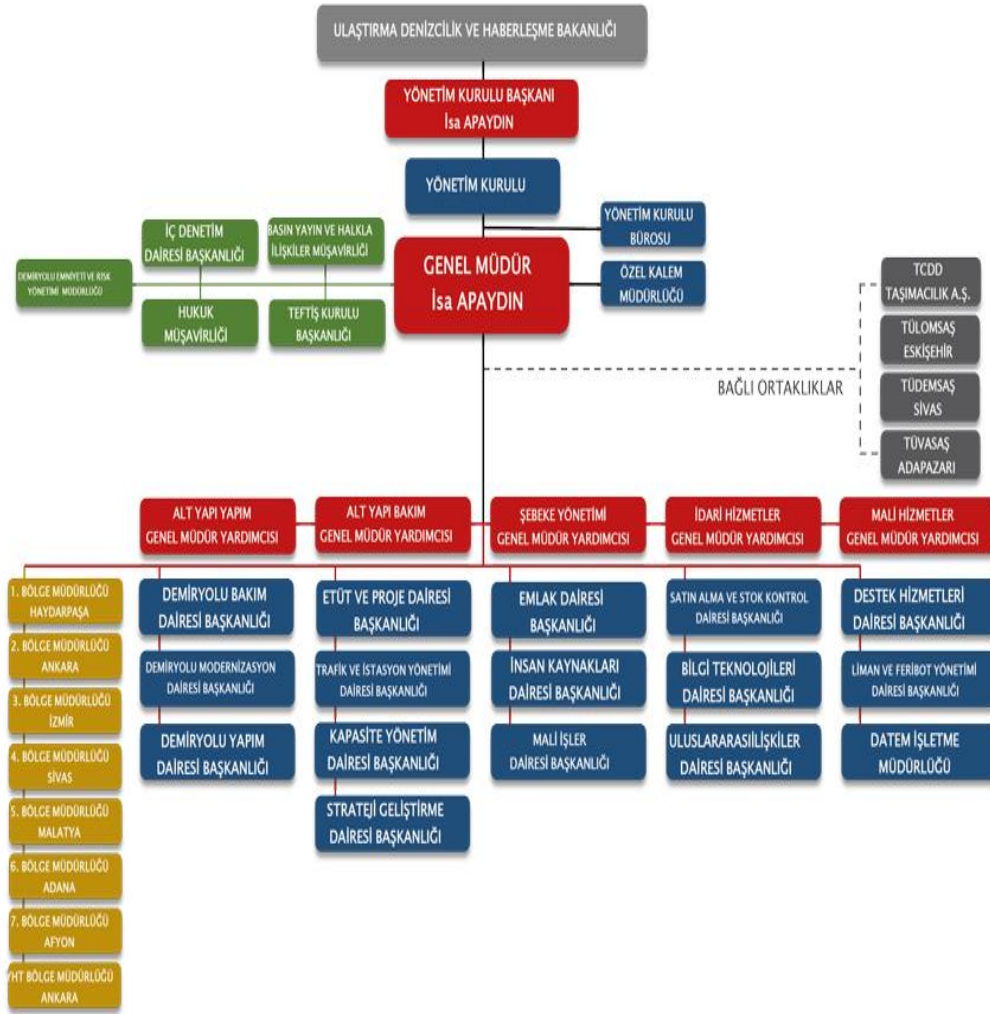
TCDD görev talimatları kitabında teşekkülün paydaş olduğu e-Devlet projelerinde, diğer kurum ve kuruluşlarla koordinasyon dâhilinde yapılması gereken kurumsal, ulusal ve uluslararası çalışmalarda görev almak, bilgi sistemleri ve teknolojilerine ilişkin mevzuatı hazırlamak, geliştirmek ve değişikliklerin duyurulmasını sağlamak, Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı'nın görevleri arasında tanımlanmıştır. Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı Altyapı ve İşletme Şube Müdürlüğü kurularak şube müdürlüğüne diğer görevlerinin yanı sıra görev tanımı içerisinde bulunan bilgi sistemleri ile beraber coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili görevler tanımlanmıştır (TCDD, 2016). Yeniden yapılandırılan TCDD'nin güncel organizasyon şeması Şekil 2'de gösterilmektedir.

## Sonuç ve Öneriler

Demiryollarının planlanması projelendirilmesi ve yapımı çalışmaları gerçekleştirmekte olan devlet demiryolları bir yandan demiryolları ile ilgili veri üreticisi iken bir yandan da özellikle planlama ve projelendirme faaliyetleri göz önüne alındığında diğer kamu kurumlarının sorumluluğunda bulunan verilerin kullanıcısı konumdadır. Ancak devlet demiryolları gerçekleştirilmekte olan TUCBS çalışmalarında konumlandırılmaya çalışıldığında veri kullanan ya da üreten bir kurum olarak aktif bir katılım sergilediği



gözlenememektedir. Büyük oranda tamamlanmış olan ATLAS Geoportalında demiryollarının ilgili bir katman olarak dahi olmaması, günümüzde altyapı işletmeciliğinin ayrılmasıyla üçüncü şahısların kullanımına açılan şebeke bildirimini ya da kurumsal web sayfası üzerinden şebekenin sayısal haritasının paylaşılabilmesi ve kurumun hala konvansiyonel hatlarına ait sayısal konum bilgilerini envanterine dahil edememiş olması demiryollarının TUCBS çalışmalarına ya da kurum içinde veri yönetimi çalışmalarına oldukça uzak kalmış olduğunun bir göstergesidir.



Şekil 2: TCDD Organizasyon Şeması (URL 7)

TCDD'nin şimdiye kadar yürütülmüş olan TUCBS faaliyetlerinde doğrudan yer almamış olmasının nedenleri arasında, öncelikle kurumun temel sorumluluğu olan hat bakım işlerini yürütmek için yeterli gördüğü şematik planlarla işlerin yönetimini yeterli gören ve bilgi paylaşımını hedeflemeyen veri politikasının varlığı, yol yapımı çalışmalarının çoğunlukla bugün Ulaştırma Bakanlığı altında Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü olarak çalışmalarına devam etmekte olan DHMİ tarafından yapılmakta olması ve yüksek hızlı tren, hızlı tren, ikinci hat, elektrifikasyon, sinyalizasyon ve telekomünikasyon sistemleri yapım çalışmalarına TCDD'nin ancak 2002 yılından sonra yapımçı olarak dâhil olması örnek olarak verilebilir.

Ancak demiryolu yatırımları gerek Ulaştırma Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü gerekse DHMİ tarafından yapılacak olmasından bağımsız olarak altyapının sahibi olarak tanımlanan devlet demiryolları tarafından koordine edilmeli ve demiryolları sorumlu kurumu TCDD olarak belirlenmelidir.

*Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelik*, sorumlu kurumların, temel veri temaları kapsamında kalan ve bu yönetmeliğin yürürlük tarihinden önce üretilmiş olan coğrafi verilerin, coğrafi veri setlerinin ve bunlara ait metaverilerin üç yıl içerisinde, tematik veri temaları kapsamında kalan ve bu yönetmeliğin yürürlük tarihinden önce üretilmiş olan coğrafi verilerin, coğrafi veri setlerinin ve bunlara ait metaverilerin dört yıl içerisinde bu yönetmelik hükümlerine uygun olarak uyumlulaştırmasını zorunlu kılmaktadır. Sorumlu kurum olarak tanımlanmasa da ulaşım temel veri temasının üreticisi konumunda bulunan TCDD'nin bu sürece belli bir aşamada dâhil olacağı öngörülebilmektedir. Yapım çalışmalarının tüm ülkede aktif olarak devam ettiği ve sürekli veri üretilmekte olduğu göz önünde bulundurulursa TCDD'nin bir an önce coğrafi veri çalışmalarına dahil olması ve üreticisi olduğu coğrafi verilerin, coğrafi veri setlerinin ve coğrafi veri servislerinin meta verisinin tam, güncel ve doğru olmasını sağlaması gerekmektedir.

*Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmeliği'nde*, Bakanlıkça yapılacak veri tanımlaması çalışmalarının ilgili kurum ve kuruluşlarla uyum içinde yapılmasını sağlamak üzere tüm coğrafi veri temaları için başkanlığı o temanın koordinatör sorumlu kurumu olmak üzere bir tema çalışma grubu Bakanlıkça oluşturulur denilmektedir. Ulaşım veri altyapısı içerisinde demiryolları veri çalışmasının devlet demiryollarınca yapılması başlangıçta iş yükü olarak görülse bile kurumun faaliyetlerinin ve şebekenin daha verimli yönetilmesinde önem taşımaktadır.

Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı Altyapı ve İşletme Şube Müdürlüğü görevleri içinde tanımlanan coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları Kurum'un hedefleri arasında yer almalıdır. Ancak üreticisi olduğu konum verilerinin üretimi ve paylaşımı gibi konularda diğer kurumlarla karşılaştırıldığında görece geride kalmış bulunduğu göz önünde bulundurularak kurum politikası olarak belirlenmesinin yanı sıra, sürecin sağlıklı yürüyen bir sistem elde edilinceye kadar açıkça tanımlanmış görev talimatı ile birimler arasında kurulacak bir kurul ve diğer kurumlarla ilişkileri yürütecek bir kurul vasıtasıyla, mümkün olduğunca katılımcı bir şekilde yürütülmesi, gereksiz yatırımlardan kaçınılması ve ihtiyaçların doğru tespit edilmesiyle en uygun sistemin geliştirilmesi önemlidir. Kısa Dönem Eylem Planının hazırlanmasında izlenen yola benzer şekilde TCDD bünyesinde oluşturulacak CBS çalışmaları için günümüze kadar yapılan çalışmalardan, bilgi birikiminden ve oluşumlardan yararlanma yaklaşımı benimsenmelidir. Bu amaçla kurum içinde ve kurumlar arası olmak üzere bir Danışma Kurulunun oluşturulması yararlı olacaktır.

2003 yılı itibariyle e-devlet projesi ile kurumlar üstü düzeyde gerçekleştirdikleri ve kamu ve özel kurumların ve üniversitelerin kendi olanakları ile yaptıkları çalışmalar göz önüne alındığında sektörde yeterli düzeyde bilgi birikiminin var olduğu söylenebilir. Devlet demiryolları önüne CBS ile ilgili hedeflerini koyarken bu bilgi birikiminden yararlanmayı hedeflemelidir. Öncelikle kurum içi üretilen ve kullanılan veriler ve TUCBS çalışmaları ile olan ilişkilerine dair bir değerlendirme yapılmalıdır.

Kurulacak CBS sistemi hem büyük ölçekli olarak nitelendirilecek detaylı bilgilerin olduğu sistemlerin kurulması için altlık oluşturmaları hem de e-dönüşüm projesi kapsamında üstlenilen sorumlulukların yerine getirilmesi amacıyla hizmet etmelidir. Burada ulaştırma politikası açısından amaç başta ulaşım gelmek üzere kamu yatırım planlanması için yeterli bilginin paylaşımının sağlanabilmesi olmalıdır. Bu çerçevede karşılaşılabilecek temel çalışma alanlarından biri de birlikte çalışabilirlik olacaktır.

Yasal çerçevesi belirlenmiş sınırlar içerisinde, arka planda kurumlar arası etkileşimin sağlandığı ve vatandaşa dönük yüzünde tek bir organizasyonmuş gibi davranabilen modern ve bütünleşik e-devlet yapısı, birbiriyle uyumlu, birlikte çalışabilir, etkileşimli, izlenebilir, güvenli, güvenilir ve denetlenebilir bilgi sistemlerine ihtiyaç duyar. Bilginin kurumlar arasında ve bilgi sistemlerinde kullanılabilirlik ve transfer edilebilirlik yeteneği olarak açıklanabilecek birlikte çalışabilirliğin en geniş kapsamdaki tanımı, etkin bilgi paylaşımıdır (BTD, 2012).

*Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelikte* birlikte çalışabilirlik farklı işlevsel birimler arasında, bu birimlerin benzersiz karakteristiği hakkında bilgi sahibi olmadan ya da en az bilgiyle iletişim kurabilme program yürütebilme ve veri gönderebilme ve alabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Birlikte çalışabilirliğin sağlanması amacıyla yapılması gerekli görülen birlikte çalışabilirliğe ilişkin uygulama esaslarının, kullanıcı gereksinimlerinin, mevcut uygulamaların, uluslararası standartlar ile ulusal düzeyde birlikte çalışabilirliğe yönelik kabul görmüş esasların ve bu esasların uygulanabilirliğinin belirlenmesinde güncellenmesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sorumludur. Bakanlık tarafından belirlenen birlikte çalışabilirlik esaslarının, sorumlu oldukları coğrafi veri temaları arasında birlikte çalışabilirliğin ve uyumluluğun sağlanabilmesi için coğrafi veri, coğrafi veri seti ve coğrafi veri servisleri için uygulanmasına ilişkin sorumluluk ilgili kurum ve kuruluşlara aittir (URL 5).

Birlikte çalışabilirlik daha çok kurumlar arası bir kavram olsa da, tek bir kurumun içindeki birimler arasında da geçerli bir kavram olarak değerlendirilebilir. Birimler arasındaki etkileşimin de çoğu kez eksik ya da yetersiz olduğu göz önüne alınırsa, birimler arasında da birlikte çalışabilirlik ile eşgüdümün sağlanmasının önemi açıktır.

CBS konusunda yapılacak geleceğe dönük planlar mutlaka bir ulaştırma planlama ve yönetimi bilgi sistemine hizmet edecek şekilde tasarlanmalı; bu süreç sisteme giden yolun yapıtaşı olarak görülmelidir. Bu şekilde daha detaylı, konumsal analizlere de olanak sağlayacak ve karar destek sistemlerinde kullanılacak özel coğrafi bilgi sistemlerinin önü açılmış olacaktır.

Veri, özellikle ulaştırma planlaması için önemli bir konudur. Verinin yönetiminin tek başına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ya da Kalkınma Bakanlığı sorumluluğuna bırakılmayacağı göz önünde bulundurularak kurumların kendi veri politikalarını TUCBS çalışmalarına uyumlu olarak oluşturmaları ve kurum içi eğitimlerle bu politikaların benimsenmesine yönelik çaba harcamaları yerinde olacaktır.

Güney (2016) tarafından da belirtildiği gibi bilgi sektörünün ve Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin Mekansal Bilişim Sektörünü stratejik sektör olarak tanımlaması ve ölçülebilir hedeflerini belirlemesi gerekmektedir. Bu hedeflere ulaşmada tüm disiplinler,

demokratik meslek kitle örgütleri, üniversiteler, özel sektör, kamu kurum ve kuruluşları eşgüdüm ve işbirliği içerisinde çalışmalıdır.

Yapılacak tüm çalışmalarda Avrupa Komisyonu'nun mekânsal veri altyapısını oluşturmayı amaçlayan INSPIRE direktifi de göz önünde bulundurulmalı ve bu süreçte uyum ve eşgüdüm sağlanmalıdır.

## Kaynaklar

- BTD - TC Kalkınma Bakanlığı Bilgi Toplumu Dairesi. (2012). *e-Dönüşüm Türkiye Projesi Birlikte Çalışılabilirlik Rehberi Sürüm 2.1*. Ankara.
- Erel, A., & Yardım, M. S. (2003). Türkiye Ulaştırma Sistemi için Veri Gereksinimi. *TMMOB Türkiye Ulaştırma Politikaları Kongresi*, (s. 171-181).
- Erel, A., Yardım, M., & Gürsoy, M. (1995). Ülkemiz Ulaştırma Planlama ve Yönetimi Konusundaki Veri Gereksinimi ve Bir Öneri. *TMMOB 3. Ulaştırma Kongresi* (s. 107-125). Maya Basın.  
<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11445.pdf> adresinden alındı
- Güler, H., & Kaçmaz, S. E. (2003). Demiryollarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması. *TMMOB Ulaştırma Kongresi*, (s. 183-191).
- Güney, C. (2016). Yeni Nesil Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Yapay Zeka. A. Bilişim (Dü.). <http://ab.org.tr/ab16/bildiri/224.pdf>, 1 Mart 2017.
- TKGM. (2006). *Eylem 36 TUCBS Oluşturulmasına Yönelik Altyapı Hazırlık Çalışmaları Raporu TUCBS Politika ve Strateji Dökümanı*. Ankara.
- TCDD. (2016). Yeniden Yapılanma Komisyonu - Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı Görev Talimatı. *TC Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü Görev Talimatları Kitabı*. Ankara.
- URL 1. [www.atlas.gov.tr](http://www.atlas.gov.tr), ATLAS portalı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 1 Mart 2017.
- URL 2. [www.esri.com/what-is-gis](http://www.esri.com/what-is-gis), What-is-GIS, ESRI, 1 Mart 2017.
- URL 3. [www.bilgitoplumu.gov.tr/wp-content/uploads/2015/02/050100\\_Eylem47.pdf](http://www.bilgitoplumu.gov.tr/wp-content/uploads/2015/02/050100_Eylem47.pdf), Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulabilmesi İçin Ön Çalışma Raporu Eylem 47 – 2005, 1 Mart 2017.
- URL 4. [www.bilgitoplumustratejisi.org/download/docfile/8a9481984680deca014bea4232490005](http://www.bilgitoplumustratejisi.org/download/docfile/8a9481984680deca014bea4232490005), 2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı, 1 Mart 2017.
- URL 5. [www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150320-11.htm](http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150320-11.htm), Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, 1 Mart 2017.
- URL 6. [www.tcdd.gov.tr/files/sebekebildirimi/2017sebekebildirimi.pdf](http://www.tcdd.gov.tr/files/sebekebildirimi/2017sebekebildirimi.pdf), TCDD, 1 Mart 2017.
- URL 7. [www.tcdd.gov.tr/organizasyon-semasi+m75](http://www.tcdd.gov.tr/organizasyon-semasi+m75), TCDD, 1 Mart 2017.
- Yalçın, G., Oral, S., Erkek, B., & Bakıcı, S. (2010). Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün Eylem Planı Doğrultusunda Çalışmaları. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*. Kocaeli.
- Yıldırım, V. (2009, Temmuz). Doğalgaz İletim Hatlarının Belirlenmesi İçin Coğrafi Bilgi . *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*. Trabzon. [http://web.itu.edu.tr/tahsin/tahsin/Yaynlar\\_Tezler\\_files/PhD.pdf](http://web.itu.edu.tr/tahsin/tahsin/Yaynlar_Tezler_files/PhD.pdf) adresinden alındı

# Yaşanabilir Erişilebilirlik / İstanbul

## Özgün Arın

Okan Üniversitesi, Tuzla Kampüsü  
Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34959, Akfırat-Tuzla/İST.  
Tel: 0216 677 16 30  
E-Mail: ozgun.arin@okan.edu.tr

## Öz

"Tasarım" kavramının içerdiği çok yönlü bakış açısı, toplumların farklı dönemlerinde benimsenen düşüncelerle her daim değişime uğramıştır. Bu değişim süreçleri kentsel ve kırsal alanlarda uygulanan planlama politikaları ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilişkili olabilmektedir. Planlama aşamasını takiben geliştirilen uygulama çalışmalarının 'sürekliliği' kentsel planlama açısından ele alındığında kent yaşamı için oldukça önemli bir yere sahiptir. Planlamanın alt ölçeği olarak tasarım çalışmaları ise, kentli yaşamında kaliteli çevre oluşturmada farklı disiplinlerin katılımıyla başarılı olunabilecek bir süreçtir.

Çalışmada, kentsel dokuyu oluşturan mimari yapılar, ulaşım sistemleri, açık alanlar, yeşil alanlar ve diğer öğelerin bir bütün olarak kabul edilmesiyle ortaya çıkan 'kentsel tasarım' kavramı özelinde İstanbul kentinin "kentsel peyzaj-yol" ilişkisine odaklanılmaktadır. Kentsel alanlarda bina ve ulaşım sistemleri dışında kalan açık alanların bitkisel elemanlar ile örtülmesi ile oluşan 'yeşil alanlar', kentsel dokuyu görsel (estetik), işlevsel (mekan kullanımı, yönlendirme, vb.) ve sosyal (insan ilişkileri) açıdan tamamlayan kentsel peyzajın önemli bir parçasıdır. Kent içi mekanlar arasında konforlu erişimin sağlanması için yapılan yol planlamaları ise, kentsel yaşam alanları arasında sürekliliğin sağlanması için ihtiyaç duyulan sirkülasyon elemanlarıdır. Yaya yolları haricinde, günümüzde araç trafiğinin artışıyla bağlı olarak gözlemlenen yoğun gürültü, kirlilik ve estetik olmayan görüntüler kentlerde olumsuz yönde görülen çevresel sonuçlardır. Bu olumsuz sonuçların bertaraf edilmesinde kent içinde bir nevi nefes alma alanlarının yaratıldığı kentsel yeşil alanlar özellikle son yıllarda yetersiz kalmaktadır. İstanbul'da artan yoğun yapılaşma ve gelişen yol sistemlerinin beraberinde getirdiği yeşil alan miktarındaki azalma, ancak yeni bitkilendirme çalışmaları ile kazanılabilecektir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, günümüz İstanbul'unda uygulanan kentsel peyzaj çalışmalarını "kent içi yol ağaçlandırması" detayında inceleyerek genel bir değerlendirme ortaya konulmasıdır. Çalışmada, bitkilendirme çalışmalarının kentsel ortamda üstlendiği "işlevsel", "görsel" (estetik) ve "sosyal" etkenler üzerinden kentin Anadolu ve Avrupa Yakaları'ndan seçilen caddelerinde uygulanan bitkilendirme çalışmaları incelenecektir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, dünyada ve ülkemizde ele alınan kentsel tasarım ölçütleri ile bağlantılı olarak ulaşım alanında uygulanan çalışmalar kapsamında alternatif tasarım-kullanım önerileri geliştirilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Kentsel tasarım, Kamusal alan, Kent peyzajı, Bitkilendirme, Yol ağaçlandırması

## Giriş

Yaşam alanlarının toplumların belirli dönemlerinde farklı açılardan geçirdiği değişimlere bağlı olarak kabuk değiştirmesi süreklilik içindeki kaçınılmaz bir döngüdür. "Kır-banliyö-kent" üçgeninde gün geçtikçe değişen, dönüşen, kimlik değiştiren alanlar kullanıcılarına giderek tanımlı hale bürünen ya da tanımsızlaşan ortamlar sunabilmektedir. Bu noktada, yaşam alanları için oluşturulan planlama politikaları ve detay ölçekte geliştirilen tasarım çalışmaları belirleyici olmaktadır. Çalışmada odaklanılan kentsel doku özelinde, mimari yapılar, ulaşım sistemleri, açık alanlar, yeşil alanlar ve diğer öğelerin bir bütün olarak oluşturduğu "kentsel tasarım" kavramından yola çıkılarak "kentsel peyzaj-yol" ilişkisine odaklanılmaktadır. Kent içi alanlar arasında konforlu erişimin sağlanabilmesi ancak sağlıklı bir şekilde yürütülen yol planlaması çalışmaları ile mümkün kılınabilir. Bu nedenle, yol planlaması alanında geliştirilen çalışmalar ve yürütülen politikalar kentliler için daha kaliteli yaşam ortamları sunma amacını taşımaktadır. Özellikle son yıllarda "araç-yaya" ilişkisi göz önüne alınarak geliştirilen kentsel tasarım rehberlerinde daha kaliteli ve sürdürülebilir kentler yaratma amacıyla yeni düzenlemeler ele alınmaktadır. Yönetimsel anlamda yerel yönetimler başta olmak üzere kentsel tasarım politikalarının doğru biçimde uygulanmasına yönelik geliştirilen yol haritalarında disiplinler arası işbirliğinin sağlanmasına ayrıca önem verilmektedir. Çalışmada, kentsel tasarım ilkelerini oluşturan temel ölçütler doğrultusunda kent içi yol ağaştırması çalışmaları odağında dünyada yapılan çalışmalara kısaca değinilmektedir. Bu doğrultuda, çalışmanın amacı günümüz İstanbul'unda uygulanan kentsel peyzaj çalışmalarının "kent içi yol ağaştırması" detayında incelenerek yapılan bitkilendirmelerin "işlevsel", "görsel" (estetik) ve "sosyal" açıdan kentin Anadolu ve Avrupa Yakaları'ndan seçilen iki caddesi üzerinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Seçilen iki caddenin ortak noktası, kent tarihinde belirli dönemlerde önemli değişimlere tanıklık etmiş olmaları ve günümüze değin izlerini koruyarak halen işler durumda olmalarıdır. Bunun yanı sıra, söz konusu caddelerin 19. yy ortasından itibaren kent genelinde idari, sosyal ve fiziksel anlamda yaşanan değişimlerden etkilenerek yakın çevrelerindeki mimari dokunun farklılaşmasıyla eşzamanlı olarak değişim geçirmeleri de bir diğer önemli ortak niteliktir. Bu değişimin sonucunda caddeler, kent içinde uzandıkları yollar boyunca her iki tarafında ticaret ve konut kullanımlarının hakim olduğu prestij mekanlarını barındıran akslar olarak şekillenmiştir. Yapılan incelemelerin sonucunda, dünyada ve ülkemizde ele alınan kentsel tasarım ilkeleri ile bağlantılı olarak, yol ağaştırması çalışmaları konusunda yürütülebilecek alternatif süreç yönetimi-tasarım önerileri üzerinde durulmaktadır.

## Kent(sel) Tasarım / Peyzaj

Kentlerin yaşayanlarına sosyal ve fiziksel açılardan sunabildiği olanakların gün geçtikçe değişmesiyle bağlantılı olarak yeni planlama anlayışları ortaya çıkmıştır. Kentsel bir ortamda en az düzeyde olumsuz yaşam koşullarının oluşması için gerekli yönetim sistemi ve planlı bir kent düzeninin sağlanabilmesi için alınan kararlar ülkelere göre farklılık gösterebilmektedir. 1960'lı yıllardan itibaren benimsenerek geliştirilen kentsel tasarım kavramı da bu akımın bir parçası olarak günümüzün kent planlama anlayışının önemli bir bileşeni olmuştur. Planlama ya da tasarım odaklı geliştirilen farklı bakış açılarına rağmen, kentsel tasarım kavramı kentin bütününde farklı disiplinlerin işbirliğiyle daha sağlıklı ve yaşanabilir çevreler oluşturmak amacı taşımaktadır.

"Binaların dışında kalan boşlukları kayıp mekanlar olmaktan çıkartarak, yararlı ve kentlinin yaşamına katkı yapan, anlamlı mekanlar haline getirmek" (Şener ve Yıldız, 1999, Aktaran: Aydoğan, 2001) şeklinde tanımlanabilen kentsel tasarım, kentsel çevrenin form ve karakterinin yerel ölçekte yeniden düzenlenmesi ve değiştirilmesini sağlayan yaratıcı bir eylem olarak da görülebilmektedir (Samur, 2007). Üst ölçekli çalışmaların yanı sıra, daha detay ölçekteki çalışmalara da odaklanılan bu çalışma disiplininde yerel ölçekte sokak döşemelerinde yapılan çalışmalar, evlerin önündeki saçakların biçimleri, yol boyunca ve çevresinde yapılan ağaçlandırma çalışmaları, yönlendirme amaçlı yerleştirilen işaret tabelaları, kent mobilyaları kullanımı vb. konular üzerinde de çalışılmaktadır (Altaban, 2013).

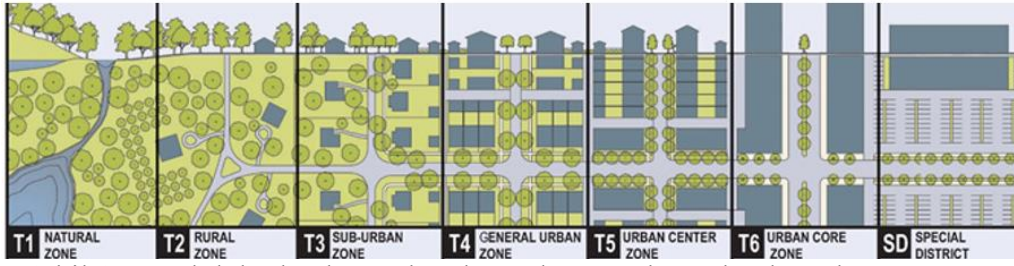
Yönetsel açıdan bakıldığında, bir kentsel tasarım ürününün oluşturulabilmesi için öncelikle tasarım politikalarının belirlenmesi gerekir. Her kentsel tasarım projesinin temelinde bir veya birden çok kentsel tasarım politikası yatar ve tasarım rehberleri oluşturulurken bu politikalar esas alınarak projenin kendine ait bir kimliğinin oluşması sağlanır (Şala, 2008). Kentsel tasarım çalışmalarının belirli bir programda yürütülebilmesi amacıyla kendi içinde çoklu alt konular içeren kentsel tasarım rehberleri bulunmaktadır. Tasarım rehberleri, projelerin bir dizi kuramsal tasarım ilke ve amaçlarını sağlamaya yönelik o yere, zamana ve projeye özgü özel yazılı ve çizili yönlendirici ifadelerdir (Karaman, 2008). Bu çalışma disiplininin tarihsel gelişimiyle bağlantılı olarak farklı ülkelerin geliştirdiği rehberlerden bazıları; Harlow Tasarım Rehberi (1947) İngiltere Essex Konut Alanları Tasarım Rehberi (1973), Suffolk Tasarım Rehberi (1993), Seattle Tasarım Rehberi (1993), ve Sandy Spring, Maryland Kentsel Tasarım Rehberi gibi örneklerdir. Bir kentin yalnızca belli bir özelliğine yönelik tasarım rehberleri oluşturulmasında ise; sokakların düzenlenmesi, aydınlatma elemanlarının ele alınması veya sadece cadde üzerindeki ağaçlandırmanın dikkate alınması gibi kentsel alana değil tek bir özel konuya odaklanılır (Altaban, 2013). Bu çalışmada odaklanılan kent içi yollar kapsamında incelenen caddeler ise, binalar, açık alanlar, yeşil alanlar ve diğer kentsel mekanlar arasında erişilebilirliği sağlayan kent içi dolaşım hatlarıdır. Bu hatlar, yeri geldiği zaman kentsel kamusal mekanların bir parçası olarak doğrusal bir aks boyunca yürüyüş, dinlenme, toplanma gibi kamusal aktivitelere olanak tanıyabilmektedir. Rapoport (1990)'a göre, caddeler kanallar olarak ifade edilir ve temelde dolaşım için kullanılan ve bazen de farklı aktivitelerle desteklenen, yerleşim alanlarında binalarla çevrelenen, dar veya geniş doğrusal bir eleman olarak tanımlanmaktadır (Aktaran: Pekşen, 2015).

Caddeler, özellikle 20. yy'ın ikinci yarısından günümüze değin barındırdıkları iletişim imkânları ve sosyal hayatla öne çıkmaya başlamıştır. Otobanlar, servis yolları veya herhangi bir bağlantı yolundan farklı olarak insanlara sosyalleşme imkanı veren, onları bir araya getiren mekanlar olarak günümüzde daha da önemli bir yere sahiptirler (Yazıcıoğlu Halu, 2010). Bu noktada, kentsel tasarım kararlarının mekansal ölçekteki konularından birini oluşturan kent içi yol ağaçlandırmaları ile başta kent ekolojisine olumlu yönde katkı sağlanarak, kentliler için algıyı/yürünebilirliği yönlendirici ve görsel açıdan hoş manzaraların oluştuğu ortamlar sağlanabilmektedir. Kentin ulaşım ağı, yapıları, açık ve yeşil alanları ile birlikte bütüncül bir ilişki sergileyen kent peyzajının omurgalarından biri olan caddeler ve bu aksların daha tanımlı hale bürünmesini sağlayan ağaçlandırma çalışmaları, uzun vadede kentsel kimliğin sürekliliğinin sağlanmasında etken olan önemli bir süreçtir.

Bitkilendirme çalışmaları kapsamında, kent içi yol ağaçlandırma çalışmaları ise bitkilerin mekansal boyutta yarattıkları etkiler açısından önem taşımaktadır. Bitkilerin mekan oluşturma bakımından sahip oldukları 'çevreleme/kuşatma ve gölge sağlama' işlevleri içindeki kuşatma etkisi "ana ulaşım aksının dışında veya kenarında sessiz alanlar veya ceple meydana getirilen küçük alanların ayrılması" olarak tanımlanmakta olup, bitkiler bu tür alanların oluşturulmasında dinlenme, rahatlama, gölge ve mekân yaratma işlevlerini sağlamak için kullanılırlar (Yıldızcı, 1988).

### Kentlerde Yol Ağaçlaması

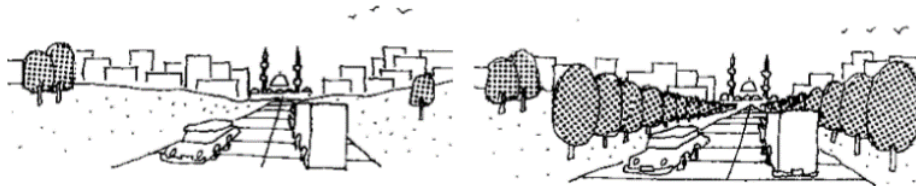
Ağaçların kırsal alandan kentsel alana doğru uzayan süreçte, doğal alanlardaki dağınık formdan kentsel alanda biçimsel bir düzene doğru şekillendiği görülür. Kent peyzajının önemli bir bölümünü oluşturan ağaçlı yolların, kentsel ölçekte planlama boyutundan detay ölçekte sokakları birbirine bağlayıcı işlevine kadar geniş bir perspektifte yer alması kentsel düzenin önemli bir parçasıdır (Şekil 1).



Şekil 1 Kırsal dokudan kentsel mekana doğru yol ağaçlandırmaları (URL-1).

Jacobs (1996) ve APA (1997)'nin belirlediği kentsel tasarım mekan karakteristikleri ile ilgili sınıflandırmalarda görülen ortak nokta, kentlerde cadde ağaçlandırması yapılmasına önem verilmesidir. Dünyada yapılan yol ağaçlandırması çalışmalarına bakıldığında, günümüzdeki birçok önemli caddenin, bulunduğu yerleşimin tarihsel geçmişine bağlı olarak ortaya çıktığı ve korunarak günümüze kadar varlığını devam ettirebildiği görülmektedir. Bu caddelere örnek olarak; İspanya'da Las Ramblas Caddesi (Barselona), Fransa'da Champ's Elyseés Caddesi (Paris), İngiltere'de Oxford ve Regent Caddeleri (Londra) ve Amerika'da Fifth Avenue (New York) verilebilir.

Ağaçlandırma konusu kent ölçeğinde ele alındığında, kent içi yollarda yapılan ağaçlandırma çalışmalarının işlevsel, görsel ve sosyal açıdan çeşitli etkiler taşıdığı üzerinde durulmalıdır. Özellikle, ağaçların yol boyunca tepe taçlarıyla yarattıkları bütüncülük/belirli orandaki kapatıcılık hissi bir anlamda insanlar için ikinci ve üçüncü boyutta mekan hissinin oluşmasını sağlayarak yol ve yakın çevresini daha tanımlı hale getirir (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2 Yol ağaçlandırması binalar arasında bütünlük yaratarak alanları tanımlı hale getirir (Aslanboğa, 1986).





Şekil 3 Yol boyunca ağaçların yarattığı kapalılık ve süreklilik etkisi (URL-2).

Kent içi yol ağaçlandırmalarının farklı konular kapsamında sahip olduğu özellikler, Tablo 1’de "işlevsel", "görsel" ve "sosyal" olmak üzere üç temel başlık altında toplanmıştır.

Tablo 1 Yol Ağaçlandırmasının Temel Özellikleri (Aslanboğa, 1986 ve Ateş, 1998’den derlenmiştir).

<b>İşlevsel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kent iklimini iyileştirme (kent içi kirli havanın temizlenmesi, hava nemi ve sıcaklığını ayarlama, kentsel ısı adası etkisini azaltma)</li> <li>• Toprak stabilizasyonunu sağlama</li> <li>• Gürültüyü azaltıcı etkide bulunma (ses perdesi)</li> <li>• Gölge oluşturma</li> <li>• Yönlendirme (yaya/araç)</li> <li>• Belirli noktaların vurgulanması</li> <li>• Sürücü dikkatini sınırlandırma</li> <li>• Yaya güvenliği (yol ve yaya kaldırımı arasında tampon görevi yapmak)</li> </ul>
<b>Görsel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yol boyunca mekan dizisi oluşturma</li> <li>• Mekanları fiziksel ve görsel açıdan bağlama/ayırma</li> <li>• Kentsel-Kırsal alanlar arasında bağlantı kurma</li> <li>• Görüş alanı dışında bırakılmak istenen objeleri gizleme</li> </ul>
<b>Sosyal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bina ve yollar arasındaki alanları tanımlı hale getirme</li> <li>• Geniş tepe tacı ile oluşturulan ağaç dizisinin yarattığı tavan etkisi sayesinde yaya kaldırımları üzerinde sosyal mekanlar yaratılmasına olanak tanıma</li> </ul>

#### *Bağdat Caddesi / Halaskargazi Caddesi*

Çalışma kapsamında, İstanbul İli’nin Anadolu ve Avrupa Yakaları’ndan iki cadde örneği ele alınmaktadır. Bunlardan ilki, Anadolu Yakası’nda Kadıköy İlçesi’ne bağlı olan Bostancı-Kadıköy arasındaki Bağdat Caddesi’dir. Tarihi Bizans’a kadar dayanan caddenin esas kimliği Osmanlı Dönemi’nde "Bağdat Yolu" adı ile bilinen ve bu dönemde, Tarihi Yarımada’dan Üsküdar’a geçen kervanların ve ordunun Şam ya da Bağdat yönüne giderken kullandıkları bir yol olarak şekillenmiştir. Bu kullanım amacının etkisiyle yol üzerinde günümüzde de az da olsa halen varlığını koruyan çeşitli dönemlerde yapılmış köprü, menzil çeşmeleri ve namazgâhlar bulunmaktadır (Akyavaş, 2008). 19. yy’ın ikinci yarısından sonra İstanbul genelinde ulaşım alanında yaşanan gelişmeler (Şirket-i Hayriye’nin faaliyete geçmesi, Haydarpaşa-İzmit Demiryolu Hattı’nın açılması gibi) ile birlikte bu durumdan etkilenen Kadıköy’de yerleşim alanları hızla artmıştır. Bu süreçte Bağdat Caddesi fiziksel doğrusallığını koruyarak yakın

çevresindeki yeni yerleşim alanları ile daha bütünleşik bir yapıda varlığını sürdürmüştür (Şekil 4). Ulaşım ve yerleşim tarihi açısından bakıldığında, 1930'lu yıllara kadar ancak iki arabanın yan yana geçebileceği, tozlu ve kışın çamurlu toprak bir yol olan Bağdat Caddesi 1930'dan sonra Bostancı yönünden Fenerbahçe yolu kavşağına kadar asfalt kaplanmıştır (Eyice, 1994).



Şekil 4 Bağdat Caddesi'nin genel konumu (URL-3)

1930'lu yıllarda caddede iki taraflı bir tramvay hattı yapılarak iki tarafındaki arazilere iki katlı küçük villalar inşa edilmiştir (URL-5). 1940'larda ise caddenin genişletilmesiyle tramvay hattı yol ile aynı kota getirilmiş, mevcut ahşap köşkler yıkılarak yerine bahçeli betonarme villalar yapılmıştır. 1958 yılında tramvay hattı kaldırılarak cadde yeniden genişletilmiştir. 1960'larda cadde için yapılan çalışmalar devam etmiş, trafik yolu arasında iki sıra çınar ağaçları dikilmiştir. 1970'lerde ise cadde boyunca apartmanlaşmalar başlamış ve 1980'lerin ortalarında cadde çift yönlü bir yol iken, Bostancı-Kadıköy hattında tek yönlü bir yol haline getirilmiştir. Son dönemde yapılan çalışmalar, araç yolunun daraltılarak yaya kaldırımlarının genişletilmesi yönünde olmuştur (Yazıcıoğlu Halu, 2010) (Şekil 5).



Şekil 5 Soldan sağa doğru 1960'larda Şaşkınbakkal (URL-5) ve günümüzde Bağdat Caddesi'nin genel görünümü (URL-6)

Caddenin günümüzde sahip olduğu ziyaretçi potansiyeli, özellikle 1990'lı yıllardan itibaren aks boyunca sıralanan apartmanların zemin kat kullanımlarında yaygınlaşan mağaza, kafe, restoran ve kitabevi gibi ticari kullanımların etkisiyle var olmuştur.

Çalışmanın odağında ele alınan üç temel ölçüt çerçevesinde bakıldığında, caddede hakim olan ağaç dokusu işlevsel açıdan yaya ve araç trafiğini kuvvetli yönlendirici etkisi ile dikkat çekmektedir. Araç yolunun her iki yanında uzun bir yürüyüş aksına sahip yol boyunca sıralanan ağaçların yoğun biçimde çok yıllık yapraklı ağaçlardan oluşması, bu aksın günün büyük bölümünde gölgeli kalmasını sağlamaktadır. Caddenin iki yanında sıralanan binalar için de özellikle yaz mevsiminde gölge etkisi yaratan yoğun ağaç dokusu yayalar için de alternatif açık alan kullanımları yaratmaktadır. Görsel açıdan; caddenin uzandığı aks boyunca yer alan binalar ve bina arası boşluklar yol ağaçları ile bütüncül bir görünümdeydir. Sosyal açıdan yapılan gözlemler neticesinde ise; kaldırımların genişletilerek araçtan ziyade yaya odaklı bir tasarım anlayışının benimsenmesi, bölgenin özellikle haftasonlarında yoğun kullanımını sağlamaktadır. Aynı zamanda, ağaç sırasının yarattığı tavan etkisi caddenin iki yanında sıralanan bitişik nizam binaların çoğunda hakim olan zemin kat ticari kullanımlarla birlikte yayaların rağbet ettiği hareketli bir yol aksı oluşturmaktadır (Şekil 6).



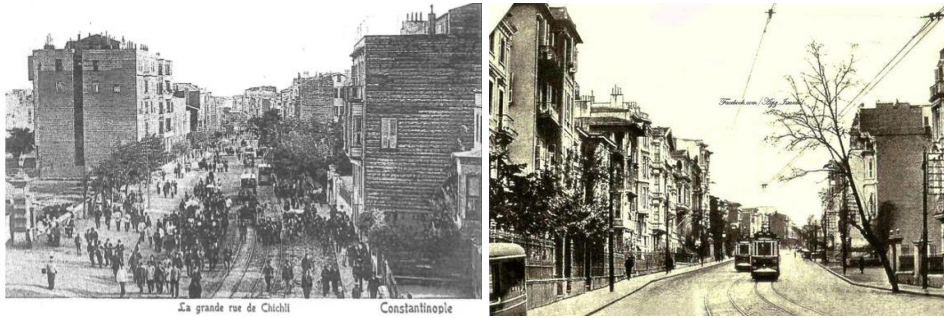
Şekil 6 Cadde-yaya yolu-zemin kat kullanımı ilişkisi (URL-7)

Çalışmada incelenen diğer cadde, Avrupa Yakası'nın Şişli İlçesi'nde yer alan Halaskargazi Caddesi'dir. Harbiye (Vali Konağı Caddesi ayrımı) ile Şişli arasındaki 1,3 km uzunluğundaki cadde Şişli'nin ana yollarından birini oluşturmaktadır. Tarihsel yönüyle, 17. yy'da Taksim'den Pangaltı'ya doğru uzanan yolun iki yanında mezarlıkların olduğu, 18. yy'da ise Şişli ve Mecidiyeköy bölgelerinin bağlık ve bostanlıklarla çevrili olduğu bilinmektedir (URL-8). 19. yy ortalarından itibaren hakim olmaya başlayan Batılılaşma hareketlerinin etkisiyle kente yayılan yerleşim alanları Şişli bölgesinde de etkin olmaya başlamış, 20. yy başında başlayan apartmanlaşma eğilimi bölgeye hakim olmuştur. 1930-40'lı yıllarda, eski ulaşım yollarının çevresinde oluşmaya başlayan bitişik nizam yapılaşma, kentin ana omurgasını oluşturacak ana caddelerin ortaya çıkışını beraberinde getirmiştir. Halaskargazi Caddesi de bu caddelerden biridir. 1950'li yıllarda yaşanan göçlerin de etkisiyle caddenin yakın çevresinde artan nüfus ve bitişik nizam binaların zemin katlarında mağaza ve pasajlarla hareketlenen caddede, 1980'lerde artan talep sonucunda zemin kattaki ticari kullanımlar (butik, işyeri, banka, çarşı, vb.) binaların üst katlarına yayılarak caddenin İstanbul'un gözde alışveriş yerlerinden biri haline gelmesini sağlamıştır. Şişli İlçesi'nin gelişim süreci incelendiğinde, Halaskargazi Caddesi'nin lüks bir yerleşim bölgesinden ilçenin bir kısmının dönüştüğü sanayi alanı kimliği ile birlikte son olarak alışveriş merkezlerinin yarattığı rekabet ortamı içinde sadece bir ana geçiş yolu olarak faaliyet göstermeye devam ettiği sonucu çıkarılabilir (Üzmez, 2009; URL-8) (Şekil 7).



Şekil 7 Halaskargazi Caddesi'nin genel konumu (URL-3)

Ulaşım açısından, caddenin bulunduğu Şişli'ye 1881 yılından itibaren atlı tramvayın ulaşması ve 1913'te elektrikli tramvayın faaliyete geçmesi ile birlikte ilçe Beyoğlu'ndan sonra İstanbul'un elektrik ve havagazı almaya başlayan ikinci semti olmuştur (URL-8) (Şekil 8). 1980 öncesi dört şeritli bir cadde olan Halaskargazi Caddesi daha sonra genişletilerek kaldırımlarında kullanılabilir alanlar azaltılmıştır. Günümüzde ise, caddenin çevresindeki yerleşim alanları ve ticaret merkezlerinin yoğun olması araç ve yaya akışı yoğunluğuna neden olmaktadır. 1999 yılındaki düzenlemede, Halaskargazi Caddesi'nin orta refüjünün sert zemin olarak yapıldığı ve 2005 yılında orta refüjde ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı bilinmektedir. Cadde aksı üzerinde yer almayan fakat caddenin bitkisel dokusuna önemli katkıda bulunan yerlerden biri Bulgar Kilisesi Vakfı'nın bahçesidir. Cadde üzerinde yer alan Şişli Meydanı da mekânsal olarak bir odak noktası özelliği gösterir (Yılmaz, 2007).



Şekil 8 Elektrikli tramvay hattı (19. yy sonu) (Üzmez, 2009; URL -6)

Caddenin, yaya kaldırımları dahil olmak üzere toplam genişliği yaklaşık olarak 27-30 m arasında olup, araç yolu genişliği ise 13-16,5 m arasındadır. Bitkilendirme açısından, kaldırımların üzerinde ve orta refüjde çeşitli türde ağaçlar bulunmaktadır. Bu ağaç dokusunun büyük bir bölümü yapraklı bir tür olan *Platanus orientalis* (Doğu Çınarı), *Tilia argentea* (Gümüşi İhlamur) ve yaprak dökmeyen türlerden *Magnolia grandiflora* (Herdemyeşil Manolya) oluşturur. Yol boyunca boylu ağaçların haricinde çim alanlar ya da mevsimlik çiçek tarhları bulunmamaktadır (Yılmaz, 2007) (Şekil 9).



Şekil 9 (Soldan sağa) Caddenin günümüzdeki durumu (URL-9) ve Bulgar Kilisesi Vakfı Bahçesi (URL-2)

Halaskargazi Caddesi'nin yol ağaçlandırması bakımından işlevsel özellikleri incelendiğinde; 1900'lü yılların başından itibaren bir yerleşim yeri karakteri kazanan Şişli semtinin ana yollarından biri olan caddede Taksim istikametine doğru süreklilik gösteren bir ağaç dokusu bütünlüğünden bahsedilebilmektedir. Orta refüj varlığının hatırı sayılır genişlikteki cadde aksı boyunca ağaçlandırmalar ile belirgin hale getirilmesi ve canlı tutulması önemlidir. Ancak, yapılan araştırmalardan elde edilen izlenimler doğrultusunda teknik açıdan orta refüjlerde yapılan ağaç dikimlerinin kullanılan türlerin geniş tepeli olmasından dolayı mevcut trafik akışı ile zaman zaman çeliştiği ve ağaçların zarar gördüğü belirtilmektedir. Görsel açıdan; cadde ağaçlandırması aks boyu sıralanan sokak kafeleri, dükkanlar ve pasajları bir anlamda birbirine bağlayan bir etki göstermektedir ancak yol boyunca sıralanan ağaçlar arasındaki mesafenin fazla oluşu bu etkiyi azaltmaktadır. Sosyal açıdan ise; caddenin iki tarafında aktif durumdaki mekanlar ve yayalar için yeterli sayılamayacak genişlikteki kaldırımların belirli yerlerinde (kafelerin kaldırıma taşan kısımları, dükkan önlerinde) oluşan toplanma noktaları ağaç dokusu altında ve bazı çalı düzenlemeleriyle tanımlı hale gelebilmektedir.

*Sonuç* Kent içi ağaçlandırma konusu detayında yol ağaçlandırmalarının İstanbul kenti örneğinde incelendiği çalışmada, kentin iki farklı yerleşim dokusunda ana ulaşım arterleri içinde kabul edilen Bağdat Caddesi ve Halaskargazi Caddeleri incelenmiştir. Her iki caddenin tarihi değer taşıması ve kentin gelişimiyle eşzamanlı olarak "cadde" kavramı altında gelişim göstermeleri çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır.

Yol ağaçlandırmaları işlevsel, görsel (estetik) ve sosyal açıdan irdelendiğinde, caddelerin birçoğunun yakın çevrelerindeki bina grupları ve ticari alanlarla birlikte kamusal alan karakteri kazandığı görülür. Bu kamusal alan karakteri, kent peyzajının parçası olan ağaçlandırma çalışmaları ile daha doğal ve estetik görünümde kentlilerin ziyaretine sunulmaktadır. "Bina-kaldırım-yol" üçlemesinin oluşturduğu kesitte fiziksel ve görsel bağlantının sağlanabilmesi doğal yolla ancak bitkilendirme çalışmaları ile mümkün olabilmektedir. Günümüzde binaların zemin kat kullanımlarının birçoğunun ticari işleve dönüştürülmesiyle kazanılan ilgi çekicilik kaçınılmazdır. Yayaların cadde kenarlarında tasarlanan bu yarı kamusal alanlarda vakit geçirebilmeleri için gerekli olan güvenlik ve araç yolu ile oluşturulması gereken görsel mahremiyet, çalı grupları, mevsimlik bitki tarhları ve üçüncü boyutta daha etkili olan boylu ya da orta boylu ağaç sıraları ile yaratılabilir.

Çalışma alanları hakkında yapılan araştırma sonucunda bir karşılaştırma analizi yapılmıştır. Buna göre, her iki caddenin yol ağaçlandırması işlevsel açıdan değerlendirildiğinde; Bağdat Caddesi'nin tarihsel geçmişine bakıldığında, Halaskargazi Caddesi'ne nazaran daha yakın bir geçmişte cadde kimliği kazandığı görülmektedir. Bitkilendirme yönüyle, Bağdat Caddesi'nde 1960'larda yapılan ağaçlandırma çalışmaları günümüzde bulvar etkisi yaratabilecek boyutta bütünleşik bir ağaç dokusunun oluşmasını sağlamıştır. Caddenin iki tarafındaki yaya kaldırımlarının genişletilmesi ile ağaçların oluşturduğu gölge etkisi hissedilebilmektedir. Aynı durumun, Halaskargazi Caddesi için geçerli olduğu yorumu yapılamamaktadır. Caddede zamanla yapılan yol genişletme çalışmaları sonucunda kaldırımların daralması yoğun yaya akışına karşı yeterli olmamaktadır. Buna karşın, Bağdat Caddesi'nde var olmayan orta refüj yapısı ve burada yapılan ağaçlandırmalar caddenin aksiyal özelliğini kuvvetlendirmektedir.

Görsel açıdan; her iki cadde boyunca sıralanan binaların oluşturduğu süreklilik Halaskargazi Caddesi'nde tarihi miras açısından farklılaşmaktadır. Caddelerde konut öncelikli başlayan yapılaşma süreci, Halaskargazi Caddesi'nde daha erken dönemde şekillenerek hızla konut ve ticaret kullanımına dönüşmüş ve günümüzde alışveriş mekanı-prestij merkezi karakterini az da olsa sürdürebilmektedir. Buna karşın, Bağdat Caddesi'ndeki ticaret ağırlıklı ve prestijli yapılanma nispeten varlığını daha kuvvetli biçimde devam ettirmektedir. Caddeleri hareketli kılan zemin kat kullanımlarının (sokak kafeleri, restoranlar, dükkanlar, alışveriş merkezleri, pasajlar, vb.) araç yolu ile ilişkisi Bağdat Caddesi'nde yol kenarındaki kısa/orta boylu bitkilendirme, mevsimlik çiçeklerle oluşturulan kompozisyonlar ve cep otoparkları ile daha kısıtlı ve güvenli iken, Halaskargazi Caddesi'nde daha açıktır. Halaskargazi Caddesi'nde yolun iki tarafındaki yaya hareketi ile birlikte yol üzerindeki kafe vb. alanların cadde ile ilişkisi, Bağdat Caddesi'ndeki örnekleri ile karşılaştırıldığında daha korunaksız kalabilmektedir.

Sosyal açıdan bakıldığında; kullanıcı profili bakımından her iki caddenin yakın ve uzak çevresindeki yerleşim alanlarının özellikleri ile bağlantılı olarak sahip oldukları profil değişiklik göstermektedir. Yol kenarında yayaların hareketine olanak tanıyan açık alan düzenlemeleri açısından bakıldığında ise; Bağdat Caddesi'nde yol ile bina arasındaki açık alanlarda yer alan banklar yayalar için alternatif dinlenme ve bir araya gelerek sosyalleşme imkanı sunarken, bu durum Halaskargazi Caddesi'nde kaldırım genişliğine bağlı olarak daha yetersiz kalmaktadır. Genel kapsamda, yaya kaldırımlarında kendiliğinden oluşan toplanma mekanları ile ilişkili ağaçlandırma ve diğer bitkilendirme çalışmaları bu ara mekanları daha tanımlı kılarken, mekanları bölücü etkisiyle yol ile sosyal mekanlar arasında güvenlik hissi yaratmalıdır.

Dünya üzerindeki çeşitli cadde örneklerinin birçoğunda, yol ile bina arasında kamusal mekanların oluştuğu görülür. Kentsel planlama süreci içerisinde önemli bir yer tutan kentsel tasarım çalışmalarında "yaşanabilirlik" fikrinin daha çok benimsendiği sağlıklı ve kaliteli çevreler oluşturulması gerekmektedir. Bu gerekliliğin sadece bir bölümünü oluşturan fakat toplum sağlığı ve doğal dengenin korunması için oldukça önemli olan ağaçlandırma çalışmaları ile kent içi mekanları birbirine bir ağ gibi bağlayan yollar ilişkilendirildiğinde, kentleşmeye bağlı araç yoğunluğunun yarattığı çevresel kirliliğe karşı ekolojik nitelikli bir önlem, doğal ve hoş görünümle kentliler için psikolojik ve sosyal açıdan olumlu ortamlar yaratılmalıdır.

Bu bağlamda, yürütülecek kentsel tasarım çalışmalarının planlama ve tasarım aşamalarında bizzat kentsel alan kullanıcılarının fikirlerine yer verilen "kullanıcı katılımı" sürecinin benimsenmesi önemlidir. Yaşanabilir kentsel alanların varlığı yaya-araç kullanımı dengesini gözeterek, bitkilendirme aşamasında alana uygun türlerin seçimi, uygulaması ve sürekliliğinin sağlanması için bakım süreçlerini kontrol edecek donanımlı bir idare mekanizması-bilinçli kullanıcı kitlesi ilişkisi ile mümkün kılabilir.

## Kaynaklar

Akyavaş, R. (2000) Geçmiş Zamanlarda Asitane I, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, Ankara.

Altaban, Ö. (2013) Kent Planlama'dan Kentsel Tasarıma Geçişte Düşünülecek Boyutlar. ICONARP International Journal of Architecture and Planning, Volume 1, Issue 1, pp:2-21. ISSN: 2147-9380.

Aslanboğa, İ. (1986) Kentlerde Yol Ağaçlaması. TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.

Ateş, A. (1998) Yol Peyzajına Etki Eden Planlama Elemanı Olarak Yol Ağaçlandırmaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aydoğan, M. (2001) Kent Kimliğinin Ortaya Çıkarılması Amacıyla Kentsel Tasarım Rehberlerinin Kullanımı: Kemeraltı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Eyice, S. (1994) "Bağdat Caddesi". İstanbul Ansiklopedisi, Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, T.C. Kültür Bakanlığı, s:528-531.

Jacobs, A. B. (1996) Great Streets. The MIT Press, London, U.K.

Karaman, A. (2008) Kentsel Tasarım: Kuramlar, İlkeler , Roller. Mimarist Dergisi, Sayı: 29.

Pekşen, C. (2015) Kamusal Bir Alan Olarak Cadde: Bağdat Caddesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Rapoport, A. (1990) History and Precedent in Environmental Design, Plenum Press, New York.

Samur, İ. Z. (2007) Eminönü-Sirkeci'de Kentsel Tasarım Rehberi Hazırlanması. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Steiner, F. R. ve Butler, K. (2007) APA (American Planning Association) Planning and Urban Design Standards, Wiley Graphic Standards Series, Wiley, New Jersey.

Şala, D. (2008) Kentsel Kimlik Bağlamında Kentsel Tasarım Rehberlerinin İrdelenmesi (İzmir-Kemeraltı Tarihi Kent Merkezi Örneği). Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

URL-1 [https://www.cnu.org/sites/default/files/trees\\_in\\_urban\\_design.pdf](https://www.cnu.org/sites/default/files/trees_in_urban_design.pdf)  
erişim tarihi: 10.02.2017

URL-2 <http://www.panoramio.com>, erişim tarihi: 10.02.2017

URL-3 <https://www.googleearth.com>, erişim tarihi: 13.02.2017

URL-4 <http://www.arkitera.com>, erişim tarihi: 13.02.2017

URL-5 <https://www.pinterest.com>, erişim tarihi: 16.02.2017

URL-6 <http://www.businessht.com.tr>, erişim tarihi: 16.02.2017

URL-7 <http://www.skyscrapercity.com>, erişim tarihi: 18.02.2017

URL-8 <http://www.sisli.bel.tr>, erişim tarihi: 18.02.2017

URL-9 <http://www.google.com>, erişim tarihi: 18.02.2017

Üzmez, E. (2009) Büyük Caddelerin Gelişimi ve Çağdaş Tasarım Kriterlerince Değerlendirilmesi İstanbul Şişli Cumhuriyet ve Halaskargazi Caddeleri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yazıcıoğlu Halu, Zeynep. (2010) Kentsel Mekan Olarak Caddelerin Mekansal Karakterinin Yürünebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi Bağdat Caddesi Örneği. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldızcı, A.C. (1988). Bitkisel Tasarım, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Atlas Ofset, İstanbul.

Yılmaz, F. (2007) Cumhuriyet Caddesi, Halaskargazi Caddesi ve Büyükdere Caddesi Örneğinde Kent İçi Yol Bitkilendirmesinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.





**TMMOB  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**

# **12. ULAŞTIRMA KONGRESİ**

**ULAŞTIRMA POLİTİKALARI**

## **Poster Bildiriler**



# Türkiye’de Demiryolu Sektörü İçin Lojistik Zincir Analizi Ve Modellemesi – SCOR Yöntemi

**Muhammet Türker Ahi**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Teknikokullar/Ankara

Tel: 0312 440 9243

[t.ahi@railistics.de](mailto:t.ahi@railistics.de)

**Kürşat Yıldız**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Teknikokullar/Ankara,

Tel: 0505 3192020

[kursaty@gazi.edu.tr](mailto:kursaty@gazi.edu.tr)

## Öz

Lojistik sektörü, Türkiye’de en hızlı büyüyen gelişimini sürdürmektedir. Dünya’da lojistik performansı, Dünya Bankası tarafından her yıl yayınlanan LPI (Logistics Performance Index) ‘ye göre belirlenmekte olup 2016’da 1.ülke Almanya’dır. Türkiye ise 34.sıradadır. Türkiye’nin dünya lojistik pazarında etkin bir konuma sahip olabilmesi için, özellikle demiryolu ulaştırma modunun düşük enerji tüketimli, çevreci ve güvenli taşıma imkanlarından faydalanılması öne çıkmaktadır. Ulaştırma’da 2023’e dek planlanan 40 milyar dolarlık yatırımın doğru projelere ve yerli tedarikçilere yapılması, Avrupa Ulaştırma Stratejisinin yayınlandığı Beyaz Kitap’ta belirlenmiş olan 2030 hedeflerinin de dikkate alınarak sürdürülebilir bir ulaştırma ağının oluşturulması acil ihtiyaçtır.

SCOR Modeli” (Supply Chain Operations Reference Model), Amerikan Tedarik Zinciri Konseyine üye kurumların ortaklaşa çalışmaları sonucu ilk defa 1996’da geliştirilmiştir. Tedarik Zinciri Konseyi 1996 yılında Pittiglio Rabin Todd & McGrath (PRTM) ve AMR Research firmaları ile başlangıçta 69 gönüllü firmanın desteğiyle kurulmuştur. Konsey, dünyanın en büyük üreticilerinin %70’inden fazlasını temsil eden, tedarik zinciri profesyonellerinin katıldığı geniş tabanlı bir organizasyondur. AMR, üretim ve tedarik zinciri yazılım paketleri üzerinde çalışan bir araştırma kurumu, PRTM ise, bundan 20 yıl önce kurulmuş bir küresel yönetim danışmanlığı firmasıdır. Endüstride daha kolay ve etkin uygulanabilmesi amacıyla sık sık güncellenerek ve detaylandırılarak 2015 yılında 10. sürümü yayınlanmıştır. Bu model tedarik zinciri yönetimi için endüstriler arası standart olarak kabul edilmiş dünyadaki ilk ve tek referans model olma özelliği taşımaktadır.

Demiryolu sektörü lojistik zincirindeki eksikliklerin tespit edilerek gerek Karayolu gerekse de Avrupa’daki demiryolu sektörü ile rekabet edebilmek adına Türkiye’deki sektörel tedarik zinciri analizi üzerine bilimsel bir metot olan SCOR modeliyle lojistik zincir analizi ve modelleme çalışması yapılmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Lojistik, Demiryolu, Boşluk Analizi, Rekabet, Tedarik Zinciri, SCOR.

## Giriş

Türkiye Cumhuriyeti Devleti 2023 milli hedefleri arasında olan hem Ulaştırma hem de Ekonomi Bakanlığı'nın ortaya koymuş olduğu ve bu kapsamda yatırımlar yaptığı “ulaştırma lojistiğinin” doğru şekilde yapılanmasını ve en verimli şekilde tedarik zincirinin kurulması için sektörlerin analizine ihtiyaç vardır (<http://www.tcdd.gov.tr/raporlar+m163>). 2023'te ihracat için Ekonomi Bakanlığı 500 milyar dolar hedef koymuş ve ekonomiye alt yapı sağlayacak lojistik ve ulaşım alt yapısına 110 milyar dolar yatırım yapılacağını, ama öncelikle Türkiye'nin lojistik altyapıda yatırımlara acil ihtiyacı olduğunu ortaya koymuştur(<http://www.tim.org.tr/files/downloads/2023/tim%202023%20ihracat%20strajisi%20raporu.pdf>).

## Literatür Taraması

“SCOR Modeli” (Supply Chain Operations Reference Model), Amerikan Tedarik Zinciri Konseyine (Supply Chain Council) üye kurumların ortaklaşa çalışmaları sonucu ilk defa 1996'da geliştirilmiştir. Bu model tedarik zinciri yönetimi için endüstriler arası standart olarak kabul edilmiş dünyadaki ilk ve tek referans model olma özelliği taşımaktadır. Türkçe anlamı “Tedarik Zinciri Çalışma - Operasyonları - Referans Modeli” olarak tanımlanan SCOR modeli, sektörlerden bağımsız olarak tüm tedarik zinciri yapılarını “planlama”, “tedarik”, “üretim”, “dağıtım” ve “iade” olmak üzere beş temel süreç ile tanımlamaktadır. Planlama süreci, tedarik, üretim ve teslimat gereksinimlerinin karşılanabilmesi için toplam talep ile arzın dengelenmesini amaçlar (Balstorff, Rosenbaum, 2003).

Diğer süreçler ise ana hatlarıyla aşağıdaki maddeleri kapsamaktadır:

- Tedarik zincir yönetimi süreç ve faaliyetlerinin standart tanımları
- süreçlerin performanslarının takibi için kullanılacak standart ölçütler
- süreçlerin oluşturulmasında kullanılacak ortak yöntem ve terminoloji
- değişik sektörlerdeki en başarılı uygulama örnekleri
- faaliyetlerin etkinliğini arttırmak üzere uygun destek araçları ve yazılımlar
- sınıfında en iyi performansı elde etmek için olası ülkelerden iyileştirme çalışma örnekleri (Francis, 2010).

SCOR modeline Türkiye’de son yıllarda ilgi gösterilmiş fakat gereği kadar araştırması ve sektörlere uygulama modellemesi yapılmamıştır (Agahanov, 2007).

Dünya’da lojistik performansı, Dünya Bankası tarafından her yıl yayınlanan LPI (Logistics Performance Index) ‘ye göre 2016’da 1.ülke Almanya’dır. Türkiye ise 34.sıradadır (<http://lpi.worldbank.org/>). Türkiye’de şimdiye dek lojistik veya tedarik zincirinin yapısı ve parametreleri ortaya konmamış ve bilimsel bir metot ile nerelerde gelişime açık olduğu belirtilmemiş olduğundan boşluklar tespit edilerek iyileştirilmelidir. Bu şekilde hem dışa bağımlılık azalacak, hem yüksek maliyetlerden ötürü ihracatta rekabetçilik engellerimiz kaldırılacak, hem de lojistik performansımız diğer ülkelerle rekabet edebilir düzeye çıkarılacaktır (Cerit, Kasapoğlu, 2010).

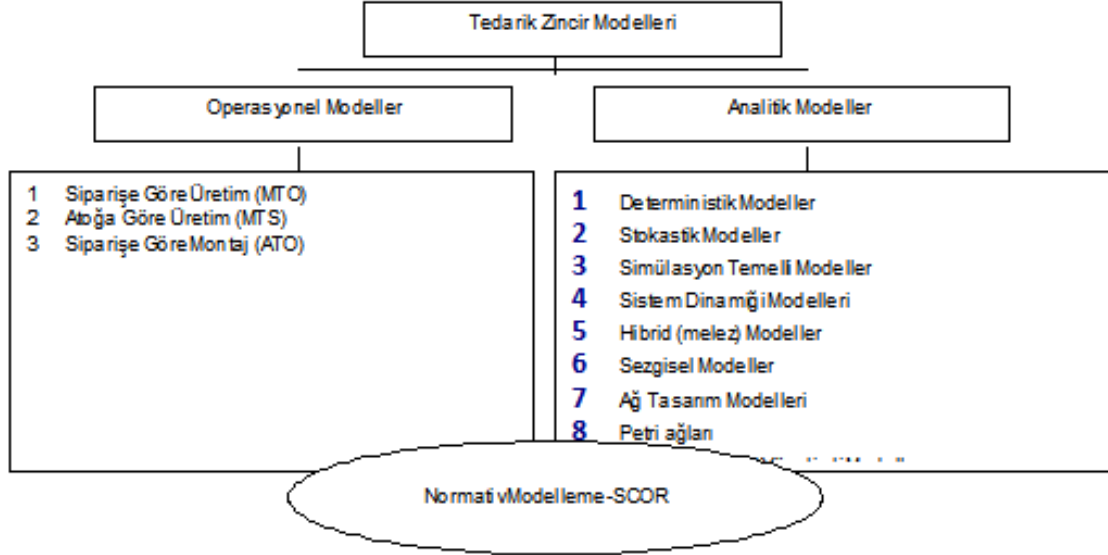
Lojistik, ürün ve hizmetlerin ihtiyaç duyulduğu zaman, istenilen yerde olması ile ilgili bir kavramdır. Terim olarak özel veya kamu sektörüne özgü olmamakla birlikte, lojistiğin temel kavramları özel ve kamu kuruluşlarının faaliyetlerinde uygulanabilmektedir (Chatfield ve diğ., 2006). Türkiye, geçmişten günümüze birçok önemli rotanın kesişiminde yer almış ve almaktadır. Bu sebeple Türkiye, küresel ulaştırma ağında çok önemli bir konumdadır. Türkiye, demiryolu taşımacılığının gerekliliklerine cevap vermeyi amaçlamaktadır ve demiryolu ulaştırma sistemi ulusal 2023 hedefleri ile, verimli bir demiryolu taşımacılığı süreci açısından yeniden yapılanma süreci içindedir (<http://www.tcdd.gov.tr/raporlar+m163>). Günümüzde doğru lojistik maliyetleri ve bunların müşteriye, ürüne veya tedarik zincirlerine göre katkı payı analizlerinin firmalar için önemi çok artmıştır. Lojistik maliyetlerinin ve hizmetlerinin kaydı ve değerlendirilmesi, lojistik hizmetlerinin karmaşıklığı ve lojistiğe özgü bir maliyet muhasebesi sisteminin olmayışı nedeniyle son derece güç olmuştur. Bu nedenle son otuz yıl boyunca lojistik maliyetler toplam satışların ya da toplam maliyetlerin belli bir yüzdesi olarak görülmüştür (Kocaoğlu, 2009). Ancak işletmeler maliyet muhasebesi sistemlerinden daha kesin ve detaylı lojistik bilgiler istemektedir. İşletmelerin, kesin, net ölçülebilir bilgi gereksinimi, işletmelerin maliyet muhasebesi sisteminde birçok değişikliğe neden olmaktadır. Bununla beraber lojistik veriler işletme içerisinde genellikle hazır ve kullanılabilir formda değildir. Birçok bilgi belgelerde veya üretim, yönetim, pazarlama, araştırma geliştirme, finansman gibi diğer departmanlardaki verilerin içinde gizlidir. Dolayısıyla, işletmelerin lojistik maliyetlerinin organizasyon yapısında yeniden sınıflandırılması gerekecektir (Genç, 2009).

Tedarik zincir yönetiminin etkin bir şekilde uygulandığı işletmelerde elde edilen başarılarla örnekler aşağıda yer almaktadır.

- Envanter %50 azalmıştır.
- Zamanındaki teslimatlar %40 artmıştır.
- Kümülatif dönüşüm zamanı %27 azalmıştır.
- Ciro %17 artmıştır.
- Cirodaki lojistik sistemin toplam maliyetlerinin payı %20 azalmıştır.
- Sipariş gelmeden paketlenme yapılmayacağı için mamul stoku %50 azalmıştır (Kaplan, Norton, 2009).

## İzlenen Yöntem

Fayez ve diğerlerine (2005) göre SCOR modeli sınıflandırma yapılırken hem analitik hem de operasyonel modeller arasında yer alabilir. Modelleme ile, simülasyon ve bilgi teknolojisi tabanlı çalışmalara olanak vermektedir. Aynı zamanda nesne görünümüne sahiptir. Bununla beraber MTO, MTS gibi operasyonel strateji seçenekleri de modelde hazır bulunmaktadır. Ayrıca buradaki sınıflandırmada normatif model grubu da yer almaktadır. SCOR modeli ileriki yıllarda görsel modellemenin ötesinde, simülasyon ve AHP çalışmalarına da entegre edilerek kullanılmıştır (Çizelge 1).



**Çizelge 1** Literatürde bahsi geçen Tedarik Zincir Modelleri (Fayez ve diğ. 2005)

Önerilen proje kapsamında Çizelge 1’de verilen normatif modelleme yöntemi kullanılacaktır. Normatif modeller modelleyiciye önceden tanımlanmış nesnelere, ilişki örnekleri ve haritalar kümesinde seçim yaparak bunları kullanmasına yönlendirir. Bu durum üretilen modelin özgürlüğünü kısıtlar. Fakat herkes aynı model kümesiyle çalıştığı zaman, ortak ölçütler belirleme, karşılaştırmalar yapma imkanı doğmaktadır. Ayrıca modelin karmaşıklığı da azalmaktadır. Fakat bu normatif modellerin geliştirilmesi zordur, çünkü benzer sistemler arasında bir model kümesi üzerinde uzlaşma sağlanması gerekmektedir. Normatif modeller aynı zamanda literatürde proses referans modelleri olarak bilinen modelleri de kapsamaktadır (Kazançoğlu, 2008).

Tez hedefleri arasında şunlar bulunmaktadır;

- **Uzmanlaşma:** Üretici firmanın en iyi bildiği iş, son ürünün prosesleri; tedarikçi firma için, sorumlu olduğu malzemeler; bayi için, pazar hakkında daha detaylı bilgi sahibi olmak ve uçtaki müşterilere malın doğru bir şekilde satısını yapmaktır. Tüm iş ortaklarının kaynakları ortak kullanması, çıkabilecek yeni iş olanaklarına hızlı ve fazla yatırım yapmadan ulaşmasını sağlayabilmektedir. Bu konuda ilgili verilerin toplanarak sektörün bu konuda uzmanlaşması sağlanacak ve literatüre yeni uygulamalı katkılar yapılacaktır.
- **Türkiye için Hızlı, Doğru ve Etkili Bir Tedarik Sistemi:** Lojistik yönetimi uygulaması için firmaların ilk önce SCOR modeli yardımı ile, iç işleyişini iyileştirmesi ve geçmiş verileri istenen detayda saklıyor olması beklenmektedir. Bundan sonra firmaların engelleri ortadan kaldırarak iş ortakları ile birlikte planlama yapması hedeflenmektedir. Lojistik yönetimi yaklaşımı bu amaçla geliştirilmiş yazılımlar ile birlikte uygulandığında hedefine ulaşabilir. Bu kapsamda mevcut tedarik yönetim zinciri analiz ve yönetim modelleri değerlendirilerek tekrar ele alınacak, mümkünse elde edilen verileri en doğru şekilde temsil eden yeni/geliştirilmiş bir tedarik yönetim sistemi modeli önerilecektir.

- **Uzun Vadeli Planlama:** Bu çalışmada yeni üretim birimlerinin, depoların ve tedarikçilerin ideal süreçleri, maliyet optimizasyonu ve müşteriye hızlı cevap verme kriterlerine göre tespit edilebilmektedir. Ayrıca hangi ürün nerede üretilmeli, malzeme, iş gücü, nakliye, stok, ürün ömrü yönetimi açısından en kârlı strateji nedir gibi sorulara cevap verme imkânı da bulunabilmektedir.
- **Daha Düşük Stok Seviyeleri:** SCOR Modeli, stok seviyelerinin düşürülmesinde önemli rol oynayacaktır. En uçtaki satış bilgisinin yazılım tarafından kısa bir süre içinde değerlendirilebilmesi, tedarikçilerin şirketinizdeki kendi stoklarından sorumlu olması ve stok takibini sizin adınıza yapması, talep tahminlerinin mümkün olduğunca doğru yapılması ve hatta yeni açılan depo ya da fabrikanın yerinin karar modelleri yardımıyla doğru tespit edilmesi, önemli bir maliyet kalemi olan stok taşıma maliyetinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır.
- **Belirsizliklerin Ortadan Kaldırması:** SCOR Modelinin diğer bir canalcı amacı, müşteri hizmetlerindeki belirsizlikleri ortadan kaldırmaktır. Belirsizlikler teslimat tarihleri ile ilgilidir. Bu belirsizliklerin giderilmesi, detaylı üretim ve nakliye planlarının optimizasyonu, geçmiş bilgilerin geleceğe yön verecek şekilde kullanılmasıyla sağlanır.
- **Lojistik Masterplan ve Lojistik Köy Yatırımlarının Verimliliğinin Artırılması:** Türkiye Cumhuriyeti Devleti 2023 milli hedefleri arasında olan hem Ulaştırma hem de Ekonomi Bakanlığı'nın ortaya koymuş olduğu ve bu kapsamda yatırımlar yaptığı "ulaştırma lojistiğinin" doğru şekilde yapılanmasını ve en verimli şekilde tedarik zincirinin kurulması için teknolojik modelleme sistemlerine ihtiyaç vardır. 2023'te ihracat için Ekonomi Bakanlığı 500 milyar dolar hedef koymuş ve ekonomiye alt yapı sağlayacak lojistik ve ulaşım alt yapısına 110 milyar dolar yatırım yapılacağını, ama öncelikle Türkiye'nin lojistik kümelenmelere acil ihtiyacı olduğunu ortaya koymuştur. SCOR modeli bu yatırımların boşa gitmesini engelleyecek ve ihracat hedefine ulaşılması için gereken gelişme sahalarını ortaya koyacaktır.

## Sonuç

Yapılmakta olan araştırma ile SCOR tedarik zincir yönetimi ve referans modellemesi ile Dünya'da lojistik performans endeksi ile ilk sırada olan Alman lojistik sisteminde demiryolu tedarikçilerinin uyguladığı süreçlerin, kullanılan teknolojik ve bilimsel altyapının analiz edilerek Türkiye'de seçilecek pilot bir bölge üzerinden geleceğe yönelik ihtiyaç ve rekabet analizi oluşturulacaktır. Bilimsel modelleme ile tedarik süreçlerinin en üst düzeyde verimlilik, en az düzeyde maliyet ile yönetilmeleri sağlanacaktır. Özellikle demiryolu altyapısının büyük önem kazandığı bu lojistik merkezlerin analizinde disiplinler arası uzmanlara ihtiyaç duyulacak ve sektördeki birçok paydaştan veri toplanarak Türkiye'nin geleceğe yönelik strateji haritası da ortaya konacaktır.

İzlenecek yöntem 5 adımdan oluşmaktadır. Türkiye'den seçmiş olduğumuz 2 demiryolu ile ilgili Ekonomi Bakanlığı ve Bilim, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın belirlediği kriterlere göre büyük ölçekli firma kategorisine giren üretim firmalarda 250 adet SCOR

parametresinden yansıtılabilecek ve karşılaştırılabilecek olanlar seçilerek Almanya'nın demiryolu lojistik sektörü referans parametreleriyle kıyaslaması yapılacaktır. SPSS programı ile sapmalar ve dağılım analizleri yapılacak ve SCOR Card'lar oluşturulacaktır. Ardından bu çıktılarla bir boşluk analizi yapılarak Türkiye'de eksik olan ve tedarik zincir performansı en çok etkileyen parametreler ortaya çıkarılarak bunlara ağırlık katsayıları verilecektir. Performansı en çok etkileyen ve hedef değerlere (Almanya LPI hedef değerlerinden tespit edilecek) göre yetersiz olan parametre en büyük katsayıyı alacaktır. Bir sonraki adımda Türkiye'nin altyapısı ve tedarik zincirine uygun bir modellemeye dönüştürülecektir. Son adımda, bir yazılım haline dönüştürülmesi planlanan bu uygulama, firmaların kendi analizlerini yapmasına ve dolayısıyla rekabette, verimlilikte ve belirsiz maliyetlerin yüksekliğinde hangi parametrelerle ilgili iyileştirme yapması gerektiğine hızlı şekilde karar verebilecektir.

## Kaynaklar

- Agahanov A. 2007. "Tedarik Zinciri Yönetiminde Scor Modeli ve Scorcard Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ağar, F. 2010. "Tedarik Zincir Yönetiminde SCOR Modeli, Tedarik Süreci Performans Değerlendirmesi ve Scorcard Uygulaması", Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akman, G. ve Alkan, A. 2006. "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayinde Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl: 5 Sayı: 9, 23-46.
- Alyol, U.S. 2011. "SCOR Modeli Türkiye Uygulamaları", Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayers, J. B. 2001. "Handbook of Supply Chain Management", St. Luice Pres, Alexandria, VA: APICS, Washington, D.C.
- Balstorff, P. 2008. "CSCMP's Supply Chain Quarterly: From Chaos To Control", North Attleboro, USA
- Balstorff, P., Rosenbaum R. 2003. "Supply Chain Excellence: A Handbook for Dramatic Improvement Using the SCOR Model", VA: Amacom, New York.
- Bowersox, D.J, Closs, D.J. 1996. "Logistical Management - The Integrated Supply Chain Process", McGraw Hill, New York.
- Büyüközkan, G. 2010. "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Yeşil SCOR Modeli", Lojistik Dergisi, İstanbul, 11-12.
- Büyüközkan, G., Ersoy, M. Ş. 2003. "Tedarik Zinciri Yönetim Sistemlerinde Modelleme ve Simülasyon Uygulamaları", International Logistics Congress, İstanbul, 31-37.
- Carmichael, D. 1998. "Supply chain planning systems in manufacturing", Unpublished Master Thesis in Manufacturing, Management and Technology, 21-22.



- Cerit, Prof.Dr. A.G., Kasapoğlu, L. 2010. “Türkiye’de Intermodal Konteyner Taşımacılığında Demiryolu Ulaştırma Potansiyelinin Analizi”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, İzmir.
- Chatfield, D.C., Harrison, T.P. ve Haya, J.C. 2006. “A XML-Centred Approach To Creating Object-Oriented Supply Chain Simulation Models”, International Journal of Simulation and Process Modelling, Vol. 2, No.3/4, 115-123.
- Chen, H. 2005. “A Research Based on Fuzzy AHP for Multi-criteria Supplier Selection In Supply Chain”, Master Thesis, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan.
- Croxtan, K.L., Dastugue-Garcia, S.J., Lambert, D.M. 2001. “The Supply Chain Management Process”, The International Journal of Logistics Management, Vol.12, No.2, 13-35.
- Çancı, M., Erdal, M. 2003. Lojistik Yönetimi (2.Basım). İstanbul: Uluslararası Taşımacılık ve Hizmet Üretenler Dergisi Yayınları.
- Çengel, Ö. 2008. “Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik Sektöründe Bir Araştırma”, İstanbul: Bigart Yayınları.
- Ross, D.F. 2000. “Competing Through Supply Chain Management, Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships”, Material Management/Logistics Series, Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Demir, V. 2006. “Lojistik Faaliyetler ve Maliyetleri”, Mali Çözüm Dergisi, Sayı:74, 119-120.
- Ecer, B. 2014. “Güvenilir lojistik ağ tasarımı için çok amaçlı optimizasyon modeli”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü, “Kümeler için Tedarik Zinciri Yönetimi Kılavuzu”.
- Fayez, M., Rabelo, L. ve Mollaghasemi, M. 2005. “Ontologies For Supply Chain Simulation Modeling”, Proceedings Of The 2005 Winter Simulation Conference.
- Fikirkoca, M. 2006. “CRM’i Etkileyen, Güncel Paradigmalar”, CRMpro Dergisi, 13.
- Francis, J. 2010. “SCC and SCOR Overview Engen”, Supply Chain Council.
- Francis, J. 2010. “Supply Chain Council (2006), SCC/AQPC Webinar : SCOR Benchmarking & SCC Member Benefits”, Supply Chain Council.
- Fredendall, D. L. ve Hill, E. 2001. “Basics of Supply Chain Management”, St. Luice Pres, Alexandria, VA: APICS.
- Genç, R. 2009. “Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin Yöntem ve Kavramları”, Ankara: Detay Yayıncılık, S. 164-166.
- Gunasekaran, A., Patel, C. ve Tirtiroglu, E. 2001. “Performance Measures And Metrics In A Supply Chains Environment”, International Journal Of Operations & Production Management. Vol:21, Iss:1/2, 71-84.
- Harrison, T.P., Chatfield, D.C. ve Haya, J.C. 2006. “SISCO: An Object-Oriented Supply Chain Simulation System”, Decision Support Systems, 42, 1, 422-434.
- Honda Türkiye, 2010. 5 Principles For Problem Solving Worksheet, Gebze.

- Huang, S., H., Sheoran, S. ve Keskar, H. 2005. "Computer-Assisted Supply Chain Configuration Based On Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model", *Computers & Industrial Engineering*, 377-394.
- Hung, W.Y., Samsatli, N.J. ve Shah, N. 2006. "Object-Oriented Dynamic Supply-Chain Modelling Incorporated With Production Scheduling", *European Journal of Operational Research*, Volume 169, Issue 3, 16 March., Pages 1064-1076.
- Jain, S. (2006). "A Conceptual Framework For Supply Chain Modelling And Simulation", *International Journal Of Simulation And Process Modelling* 2006, Vol. 2, No.3/4, 164-174.
- Kaplan, R.S., Norton, D.P. 2009. "Balanced Scorecard – Şirket Stratejisini Eyleme Dönüştürmek", *Sistem Yayıncılık, İstanbul* 74-75.
- Kazançoğlu, Y. 2008. "Lojistik Yönetim Sürecinde Tedarikçi seçimi ve Performans Değerlendirmesi Yöneylem Araştırması Teknikleri ile Gerçekleştirilmesi: AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç) ve DEA (Veri Zarflama Analizi)", *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir*.
- Kocaoğlu, B., 2009. "Tedarik Zinciri Performans Ölçümü için Stratejik ve Operasyonel Hedefleri Bütünleştiren SCOR Modeli Temelli Bir Yapı", *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Kopczak, L.R. 1997. "Logistics Partnership and Supply Chain Restructuring: Survey Results From The US Computer Industry", *Production and Operations Management*, Volume:6 (3), 226-247.
- Lambert, D. M. ve Stock, J. R. 2001. "Strategic Logistics Management", *Fourth Edition, New York*.
- Lee, H. L. ve Billington, C. 1992. "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities", *Sloan Management Review*, 65 – 73.
- Lee, Y. H., Kim, S. H. 2002. "Production-Distribution planning in Supply 101 Chain Considering Capacity Constraints", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, Issue 1-2, 169-190.
- Lumms, R. R. ve Vokurka, R. J. 1999. "Defining Supply Chain Management: A Historical Perspective And Practical Guidelines", *Industrial Management & Data Systems*, Vol 99, Number 1, 11-17.
- Muller, G. 1999. "Intermodal Freight Transportation", 4th Edition. Washington DC: *Eno Transportation Foundation and Intermodal Association of North America*.
- Nalçakan, M. 2003. "Türkiye Ekonomisi Açısından Ulaştırma Sektöründe Demiryolu Taşımacılığının Önemi ve Ekonometrik Model ile Türkiye Demiryolu Yurtiçi Yük Tasıma Talebinin Analizi (1998–2000 Dönemi)". *Yayınlanmamış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir*.
- Pundoor, G. ve Herrmann, J.W. 2006. "A Hierarchical Approach To Supply Chain Simulation Modelling Using The Supply Chain Operations Reference Model", *International Journal of Simulation and Process Modelling* , Vol. 2, No.3/4, 124-132.
- Rossetti, M.D., Miman, M. ve Varghese, V. 2008. "An Object-Oriented Framework For Simulating Supply Systems", *Journal of Simulation*, 2, 103-116.

- Sağlam, A.A. 2013. “Tedarik Zincir Yönetiminde SCOR Modeli ve Scorcard Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Schedlbauer, M.J. 2008. “Adaptive Logistikplanung auf Basis eines standardisierten, prozessorientierten Bausteinkonzepts”, Technischen Universität München.
- Shapiro, J. F. 2001. “Modeling the Supply Chain”, Duxbury Thomson Learning Inc., CA, 40-53.
- Supply Chain Council, 2008. “Supply Chain Operations Reference model”, Overview of SCOR model version 9.0, Washington DC & Amsterdam, 1-24.
- Tarman, A.M. 2011. “Tedarik Zincir Yönetiminde SCOR Modeli”, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü 2008. “Demiryolu Sektör Raporu- 2013 Yılı”, Ankara.
- TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü 2013. Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı. “T.C. Devlet Demiryolları İstatistik Yıllığı 2008 -2013”, Ankara.
- Tırman, M. 1997. “Taşımacılık Sektöründe “Kombine Taşımacılığın Dünü, Bugünü ve Yarınına” Bir Bakış”. II. Ulusal Demiryolu Kongresi Kitabı(ss.263– 270), İstanbul.
- Torul, Y. 2013. „Tedarik zinciri yönetiminde scor modelin dcor ve ccor model ile genişletilmesi ve mobilya sektöründe bir uygulama“, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- TRACECA 2006. “TRACECA Ulusal Sekreteri, Hazırlayan: Barış Tozar Yurt Dışı Geçici Görev Raporu”, [www.traceca.org.tr/10ekim03.htm](http://www.traceca.org.tr/10ekim03.htm)
- Son erişim tarihi: 16 Aralık 2014.
- TUIK 2013. “Infrastructure Industry, Republic of Turkey Prime Ministry Investment Support and Promotion Agency”, Ankara: TUIK Yayınları.
- Tuzkaya, U.R. 2007. “Çok Modlu Taşımacılık Sistemlerinin Stratejik Planlamasında Kritik Faktörlerin Modellenmesine Yönelik Bir Çözüm”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ülgen, S., Gürin Sarısoy, S. ve Tekçe M. 2007. “Second Generation Structural Reforms: De-Regulation and Competition in Infrastructure Industries, The Evolution of Turkish Communications, Energy and Transport Sectors in Light of EU Harmonization”, İstanbul: Ekonomi ve Dış Politika Araştırma Merkezi Yayınları.
- Xia, L. 2006. “Supply Chain Modelling And Improvement In Telecom Industry: A Case Study”, Industrial Informatics, August, 1159-1164.
- Yıldıztekin, A., Çelik, H.M. 2013. “Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi – İskenderun Lojistik Köyü ve Destek Merkezleri Mastır Planı”, Yayın No:12, T.C. Hatay Valiliği Yayını, Hatay.
- Yüksel, H. 2004. “Tedarik Zincirleri İçin Performans Ölçüm Sistemlerinin Tasarımı, Yönetim ve Ekonomi”, Cilt 11, Sayı 1, 143-154.

## Internet Kaynakları

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, “Devam Eden Lojistik Köy Projeleri”.

<http://www.dlh.gov.tr>

Son erişim tarihi: 20.09.2016

<http://ipi.worldbank.org/>, Son erişim tarihi: 10/12/2016

<http://www.tim.org.tr/files/downloads/2023/tim%202023%20ihracat%20stratejisi%20raporu.pdf>, Son erişim tarihi: 14.01.2017

<http://www.tcdd.gov.tr/raporlar+m163>, 14.01.2017

[http://www.smenetworking.gov.tr/userfiles/pdf/belgeler/ekonomiBakanligi/7\\_tedarik.pdf](http://www.smenetworking.gov.tr/userfiles/pdf/belgeler/ekonomiBakanligi/7_tedarik.pdf)

Son erişim tarihi: 14.01.2017

# Erzurum’da Kentiçi Toplu Taşımada Otobüs Hatlarının İncelenmesi

## **Ahmet ATALAY**

Atatürk Üniversitesi,  
Narman Meslek Yüksekokulu, İnşaat Böl.,  
25530, Narman/Erzurum  
Tel: (533)-818-50-16  
E-Posta: ahatalay@atauni.edu.tr

## **Ömer Faruk BİRİCİK**

Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü,  
Yapım İşleri Şube Müdürlüğü, 25100  
Yakutiye/Erzurum  
Tel: (531)-893-73-95  
E-Posta: omerfaruk.biricik@gmail.com.tr

## **Hümeyra BOLAKAR**

Aksaray Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Ulaştırma  
Tel: (382)-288-23-46 E-Posta: bolakarhumeyra@gmail.com.tr

## **Öz**

Gelişmekte olan şehirlerde artan nüfusa bağlı olarak, taşıt sayısındaki artışlar kentiçi ulaşım problemini doğurmaktadır. Artan taşıt sayısı ile beraber şehirlerdeki mevcut otoparklar ihtiyaca cevap veremediğinden dolayı yolların bir şeridi zorunlu olarak park amaçlı kullanılmaktadır. Bu durumda yol kapasitesini düşürerek trafik tıkanıklığı, yakıt tüketimi, hava kirliliği, gürültü ve zaman kaybı meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukların giderilmesi için insanların toplu taşıma araçlarına yönlendirilmesi gerekmektedir.

Şehirlerde yaşayan insanların kentiçi toplu taşıma sistemlerini kullanmalarını yaygınlaşması için mevcut toplu taşıma sistemlerinin sağlamış oldukları hizmet ve konfor düzeyi yüksek olmalıdır. Şehirlerde bulunan toplu taşıma sistemleri birbiri ile bütünleşik bir biçimde çalışmalıdır. Toplu taşıma sistemleri insanların trafikte harcadıkları zaman kaybı minimum seviyeye indirecek şekilde hizmet vermelidir. Toplu taşıma sistemlerinin hizmet düzeyleri hat uzunlukları, hatta hizmet veren toplu taşıma araç sayıları, hat güzergâhındaki durak sayıları, toplu taşıma aracının yolcu taşıma kapasiteleri, hatta taşınan yolcu sayısı, toplu taşıma araçlarının trafikteki bekleme süreleri gibi parametrelerle ilişkilidir.

Bu çalışmanın amacı Erzurum’da toplu taşıma sisteminde kullanılan otobüs yolcu taşımacılığını incelemek ve otobüs hatlarının kapasite kullanım oranlarını belirlemektir. Bu çalışmanın veri tabanını Erzurum’da otobüs hatlarındaki taşınan yolcu sayıları, hat uzunlukları, güzergâhtaki duraklar, otobüs sayıları ve otobüs sefer sayıları oluşturmaktadır. Bu çalışma sonucunda mevcut otobüs hatlarındaki eksiklikler belirlenecek ve çözüm önerileri sunulacaktır.

Anahtar kelimeler: Otobüs, kent içi toplu taşıma, Erzurum

## **Giriş**

Ulaştırma ülkelerin ekonomisi ve şehirlerdeki insanların hayat kalitesi açısından çok önemli bir ihtiyaçtır. Her geçen gün şehirleşmenin arttığı ve giderek daha fazla insanın şehirlerde

yaşamaya başladığı düşünüldüğünde, kentlilerin ulaşım ihtiyacının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Büyük şehirlerde nüfus ve araç sahipliğinin artması ile ortaya çıkan problemlerin çözümü için, toplu taşıma ağırlıklı politikaların üretilmeye çalışıldığı ve otobüs taşımacılığına da öncelikle eğilme ihtiyacı duyulduğu görülmektedir (Alp, 2008). Otomobillerin ya da minibüs gibi düşük kapasiteli araçların kapladığı alan, tükettiği enerji ve taşıdığı yolcu sayıları göz önüne alındığında otobüs sistemleri motorlu karayolu taşıma sistemleri arasında en hesaplı en çevre dostu maliyet ve ihtiyaç duyulan alan bakımından en etkin ulaşım sistemidir (Cirit, 2014).

Ülkemiz geneli incelendiğinde toplu taşıma sistemleri içinde en yoğun kullanılan toplu taşıma sisteminin otobüs taşımacılığı olduğu görülmektedir. Son yıllarda artan hafif raylı sistem yatırımları ile şehirlerdeki yolculuk talebinin bir kısmı karşılanmaya çalışılsa da otobüs taşımacılığının etkinliğini daha uzun bir süre koruyacağı anlaşılmaktadır. Otobüs taşımacılığının en büyük avantajları sıklık, esneklik ve ekonomiktir. Bu özelliği ile kentinde çok geniş bir alanda taşıma hizmeti sunulabilmektedir. Fakat sistemli bir organizasyon ve planlama olmadığı takdirde etkin bir otobüs taşımacılığı sağlanamaz (Karacasu ve Yayla, 2004). Güzergâhların oluşturulması, güzergâh üzerindeki talep miktarının ve durak noktalarının yerlerinin belirlenmesi, taşıtların özellikleri, oluşturulan hatlar üzerindeki servis süresi ve sıklığının ayarlanması ile insan faktörü (konfor, güven, ekonomiklik, v.b.) gibi parametreler iyi planlanmış ve doğru çalışan bir otobüs taşımacılığı sisteminin ana öğeleridir.

Ülkemizde literatürde yapılan çalışmalardan Erol ve Ceylan, (2015) yaptıkları çalışmada Denizli kent merkezde hizmet veren minibüs hatları incelenmiş söz konusu sistemin otobüs taşımacılığına dönüştürülmesi durumunda performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Yaşar (2009) yaptığı çalışmada kentiçi otobüs taşımacılığında talep tahmini geliştirmiştir. Çalışma kapsamında Denizli’de otobüs taşımacılığına ait bir yıllık veriler kullanılarak 24 aylık zaman dilimi için otobüs taşımacılığı için talep tahmin modeli değişik senaryolar kurularak belirlenmeye çalışılmıştır. Uludağ (2010) yaptığı çalışmada İzmir ilinde kentiçi otobüs taşımacılığındaki hatlar incelenmiş bulanık ve doğrusal optimizasyon yöntemleri kullanılarak otobüs hatları modelleme yapılmıştır.

Bu çalışmada Erzurum ilinde kentiçi toplu taşımada kullanılan otobüs taşımacılığı incelenmektedir. Çalışmanın amacı kentiçi otobüs taşımacılığının verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını belirlemektir. Çalışma kapsamında hatlarda taşınan yolcu sayıları, hat uzunlukları, hatlardaki otobüs sayıları, hatlarda kullanılan otobüslerin yolcu taşıma kapasiteleri, otobüslerin sefer sayıları vb veriler kullanılarak hatların değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan veriler 14/11/2016 - 20/11/2016 tarihleri arasında günlük taşınan yolcu sayıları Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kardelen Kart Koordinatörlüğü’nden temin edilmiştir.

### **Erzurum’daki Kentiçi Otobüs Taşımacılığı**

Erzurum’da toplu taşıma sisteminde otobüslerin sevk idare merkezleri Dadaşkent, Hilalkent, Ilıca, İstasyon, Yıldızkent, Yoncalık ve Yunus Emre olmak üzere yedi ayrı noktadan yapılmaktadır. Erzurum’da toplu taşımada kullanılan otobüsler 31, 45 ve 62 yolcu koltuk kapasitelidir.

Dadaşkent sevk idare merkezinde B2, B3 ve B6 hatları bulunmaktadır. Bu hatlarda çalışan otobüs sayısı 26 adet olup otobüslerin yolcu koltuk kapasiteleri Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1 Dadaşkent sevk idare merkezi hat ve otobüs bilgisi

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
Dadaşkent	B2	8	3	0	14
	B3	8	3	0	14
	B6	0	0	4	12
Toplam		16	6	4	

Hilalkent sevk ve idare merkezinde K3, K7, K10 ve K7-A hatları bulunmaktadır. Bu hatlarda 27 otobüs çalışmaktadır ve otobüslerin yolcu koltuk kapasitesi Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Hilalkent sevk ve idare merkezi hat ve otobüs bilgileri

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
Hilalkent	K3	9	1	0	13
	K7	0	6	0	9
	K10	6	0	0	13
	K7-A	0	5	0	9
Toplam		15	12	0	

İlca sevk ve idare merkezinde B7 ve B1 hatları bulunmaktadır. Bu hatlarda 16 otobüs çalışmaktadır ve otobüslerin yolcu koltuk kapasitesi Tablo 3’de belirtilmiştir.

Tablo 3. İlca sevk ve idare merkezi hat ve otobüs bilgileri

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
İlca	B7	0	4	0	9
	B1	6	6	0	11
Toplam		6	10	0	

İstasyon Mahallesi sevk ve idare merkezinde K1, K4, K5, G12 ve K9 hatları olmak üzere beş ayrı hat bulunmaktadır. Bu hatlarda 12 otobüs çalışmakta ve otobüslerin yolcu koltuk kapasitesi Tablo 4’de belirtilmiştir.

Tablo 4. İstasyon Sevk ve idare merkezi hat ve otobüs bilgileri

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
İstasyon Mahallesi	K1	0	2	0	16
	K4	0	4	0	16
	K5	4	0	0	11
	G12	0	1	0	10
Toplam		5	7	0	

Yıldızkent sevk ve idare merkezinde G3, G4, K2 ve G4-A olmak üzere dört ayrı hat bulunmaktadır. Bu hatlarda 38 otobüs çalışmakta ve otobüslerin yolcu koltuk kapasitesi Tablo 5’de belirtilmiştir.

Tablo 5. Yıldızkent sevk ve idare merkezi hat ve otobüs bilgileri

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
Yıldızkent	G3	14	0	0	14
	G4	6	0	0	11
	K2	12	1	0	11
	G4-A	0	5	0	10
Toplam		32	6	0	

Yoncalık sevk idare merkezinde B5, D1, G1, G2, G5, G6, G7, G8, G9 ve K8 olmak üzere 68 otobüs çalışmaktadır. Hatlardaki otobüslerin yolcu koltuk kapasitesi Tablo 6’da belirtilmiştir.

Tablo 6. Yoncalık sevk ve idare merkezi hat ve otobüs bilgileri

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
Yoncalık	B5	0	1	0	16
	D1	3	0	0	14
	G1	13	0	0	11
	G2	2	0	0	13
	G5	6	2	0	12
	G6	4	0	0	9
	G7	13	0	0	15
	G8	2	1	0	11
	G9	16	2	1	11
	K8	0	2	0	11
Toplam		59	8	1	

Yunus Emre sevk ve idare merkezinde G3 hattı bulunmaktadır. Bu hatta 7 otobüs çalışmaktadır. Otobüslerin yolcu koltuk kapasitesi Tablo 7’de belirtilmiştir.

Tablo 7. Yunus Emre sevk ve idare merkezi hat ve otobüs bilgileri

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Araç Sayısı			Herbir otobüsün ortalama tur sayısı
		31 Koltuk	45 Koltuk	62 Koltuk	
Yunus Emre	G10	6	1	0	9
Toplam		6	1	0	9

## Bulgular

Otobüslerin yolcu taşıma kapasitesi koltuk yolcu sayısı ve ayakta taşıyacağı yolcu sayısının toplamı olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ayakta yolcu sayısını koltuk sayısının yarısı



olarak kabul edilmiştir. Buna göre bir otobüsün taşıyacağı yolcu sayısı koltuk sayısının 1,5 katıdır. Erzurum’da otobüs taşımacılığında kullanılan otobüslerin yolcu taşıma kapasiteleri;

- 31 koltuk yolcu kapasiteli otobüsün kapasitesi= $31*1,5=46,5=47$  yolcu
- 45 koltuk yolcu kapasiteli otobüsün kapasitesi= $45*1,5=67,5=68$  yolcu
- 62 koltuk yolcu kapasiteli otobüsün kapasitesi= $62*1,5=93$  yolcu

Olarak belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında bir haftalık yolcu taşıma değerleri Büyükşehir Belediyesinden elektronik ortamda alınmıştır. Hafta içi ve hafta sonu olarak her bir hatta ortalama taşınan yolcu değerleri hesaplanmıştır. Her bir hat için taşınan yolcu sayısı ve hattın kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Kritik olan hatlar Hilalkent sevk idare merkezinde çalışan K7 hatı kapasite doluluğunda yolcu taşımaktadır.

Ilıca sevk idare merkezinde çalışan B7 hattı kapasitesinden fazla yolcu taşımaktadır. Yıldızkent sevk idare merkezinde çalışan G3 ve K2 kapasite değerinden fazla yolcu taşımaktadır. Yoncalık sevk idarede çalışan otobüs hatlarından G1, G5 ve G9 hatları kapasitelerinden fazla yolcu taşımaktadır. Yunus Emre sevk idaresinde çalışan G10 hattında kapasite doluluğunda yolcu taşımaktadır. Belirlenen kritik hatlarda taşınan yolcu sayıları ve hatların kapasiteleri Tablo 8’de belirtilmiştir.

Tablo 8. Belirlenen kritik hatların kapasiteleri ve taşınan yolcu sayıları

Sevk idare merkezi	Hat Adı	Hattın Uzunluğu (Km)	Hattın Kapasitesi (Yolcu/Gün)	Hatta Taşınan Ortalama Yolcu Sayısı (Hafta içi) (Yolcu/Gün)	Hatta Taşınan Ortalama Yolcu Sayısı (Hafta sonu) (Yolcu/Gün)
Hilalkent	K7	28,83	3672	3662	3443
Ilıca	B7	46,9	2448	3410	3097
Yıldızkent	G3	26,15	9212	10541	5655
	K2	31,7	6952	8249	5166
Yoncalık	G1	19,3	6721	10794	7400
	G5	16,91	5016	5102	4160
	G9	26,21	10791	13152	12467
Yunus Emre	G10	25,2	3150	3137	1912

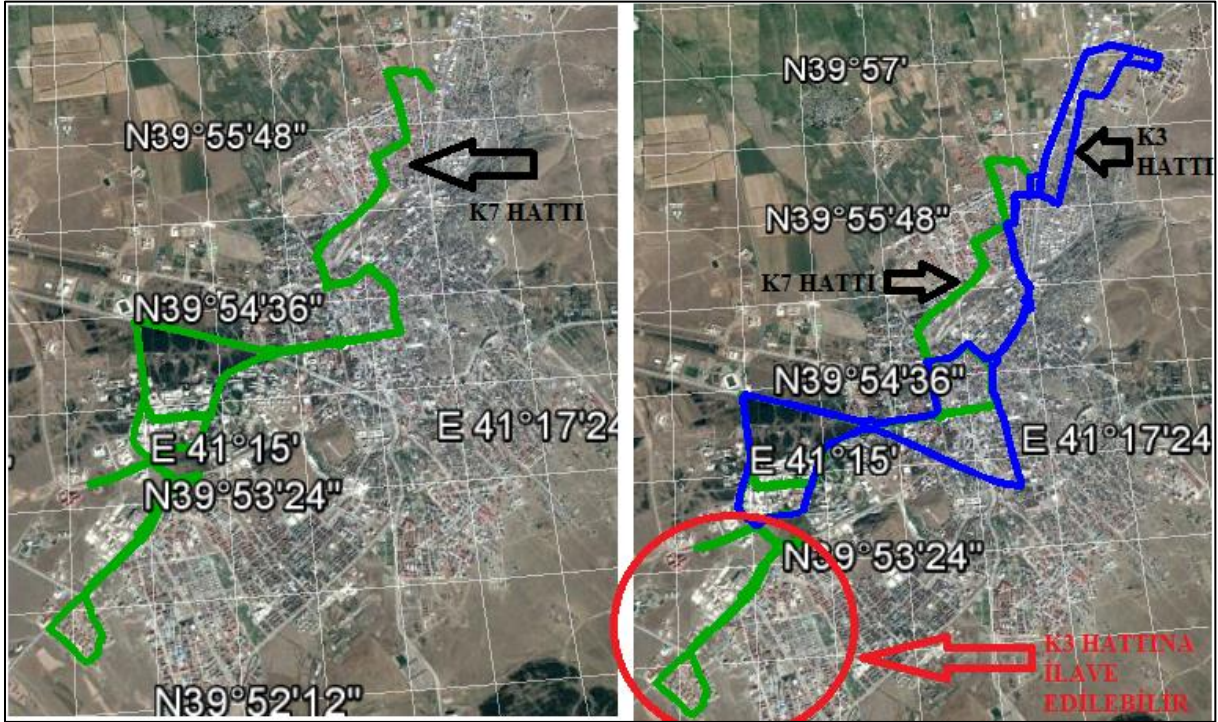
## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Erzurum ilinde kentiçi otobüs taşımacılığındaki hatlar incelenmiştir. Hatlardaki otobüslerin kapasitelerine göre taşıdıkları yolcu sayıları karşılaştırılmıştır. Kapasiteyi aşan yolcu sayısına sahip hatlar belirlenmiştir.

Erzurum’da otobüs taşımacılığında yedi sevk ve idare merkezinde 34 hat bulunmaktadır. Bu hatlardan 28 tanesi şehir merkezinde çalışmaktadır. Bu çalışmada şehir merkezinde çalışan 28 hat incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda Erzurum’da otobüs taşımacılığı için önerilerimiz aşağıda sunulmuştur.

- Kapasitenin aşıldığı hatlarda yolcu talebinin bir bölümünü diğer hatlara aktarılmalıdır. Aynı sevk idare merkezinde çalışan hatlarda güzergâhlar yeniden düzenlenerek kapasitenin aşıldığı hattın güzergâhında düzenleme yapılarak kapasitenin altında çalışan hatların güzergâhlarına eklenebilir. Bu duruma örnek olarak Hilalkent sevk idare merkezinde çalışan K7 ve K3 hatları

güzergâh olarak Şekil 1 de verilmiştir. K7 hattı kapasitenin üstünde yolcu taşımaktadır (Tablo 8).

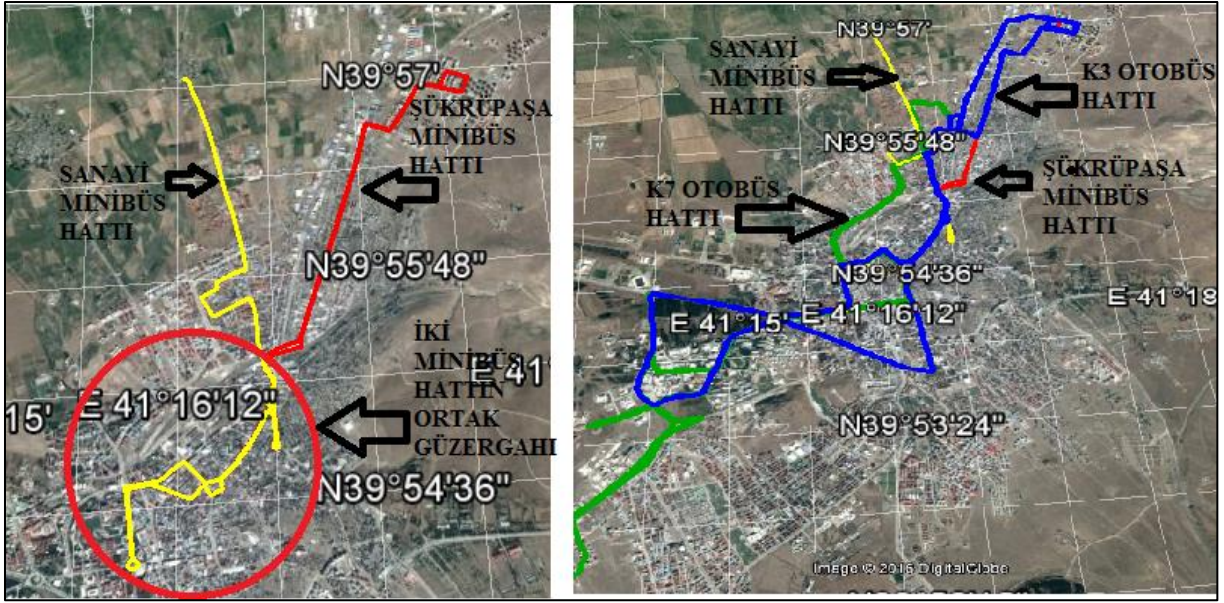


Şekil 1. K7 ve K3 hatları güzergâhları

Tablo 8’de Erzurum’da otobüs taşımacılığında kapasitenin üstünde yolcu taşınan hatlar verilmiştir. Bundan dolayı K3 hattında kapasitenin altında yolcu taşındığından Tablo 8’de verilmemiştir. K3 hattındaki otobüslerin hafta içi ortalama günlük 6383 yolcu kapasitesi olmasına rağmen, taşınan yolcu sayısı 5044 olarak belirlenmiştir. Örnek olarak Hilalkent sevk idare merkezinde K7 hattındaki yolcu talebini azaltmak için K7 hattının güzergâhını küçültüp K3 hattına ilave edilmesi K7 hattındaki yoğunluğu düşürecektir. Bununla birlikte K3 hattının daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır (Şekil 1).

b. Erzurum’da toplu taşımada otobüs taşımacılığının yanında ve minibüs taşımacılığı da kullanılmaktadır. Erzurum’da mevcut durumda otobüs ve minibüs hat güzergâhları hemen hemen aynı güzergâhlardır. Bu durum şehici trafikte trafik sıkışıklığı, gürültü, karbondioksit salınımı, yakıt israfı vb olumsuz etkilere neden olmaktadır. Minibüs hatları otobüs hatlarını besleyici hat olarak çalışması için hem minibüs hem de otobüs hat güzergâhları yeniden düzenlenmelidir.

Bu duruma örnek olarak Hilalkent şehir merkezi bölgesinde çalışan minibüs ve otobüs hatları Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu bölgede Sanayi ve Şükrüpaşa minibüs hatları olarak iki ayrı minibüs hattı bulunmaktadır. Bu minibüs hatları otobüs hatları ile hemen hemen aynı güzergâhlara sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. Erzurum'da minibüs ve otobüs hatlarının durumu

Kentçi toplu taşımada yaşanmakta olan en büyük problemlerin yeterli planlama yapılmadan ulaşım türü ve güzergâh tayini olduğu, bunun sonucu olarak toplu taşıma işlevsiz kalmakta, bireysel araç kullanımını artırmaktadır. Toplu taşıma sistemleri, arzu edilen servis kalitesini sağlayabilmek için arz ve talep arasındaki dengeyi sağlamalıdır. Bu nedenle, bir toplu taşıma sistemi tasarlanırken diğer tüm sistemlere olan talep belirlenmeli ve bu talepler tasarımda hesaba katılmalıdır (Yaşar, 2009). Sonuç olarak Erzurum'da toplu taşımada otobüs güzergâhları ana toplu taşıma hatları olarak yeniden düzenlenmelidir. Minibüs hatları ise ara toplu taşıma hatları olarak yeniden düzenlenmelidir. Böylece Erzurum'da kentçi toplu taşıma sistemi bütüncül bir sistem olarak çalışması sağlanacaktır. Böyle bir toplu taşıma sistemi sayesinde yakıt israfı önlenecek, kentçi ulaşımında trafik sıkışıklığı, gürültü ve karbondioksit salınımı azaltılmış olacaktır.

### Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü tarafından 2014/199 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan verilerin elde edilmesinde Erzurum Büyükşehir Belediyesi Kardelen Kart Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

Alp S., (2008) Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl:7 Sayı:13 Bahar 2008/1 s.73-91.

Cirit F., 2014, Sürdürülebilir Kentçi Ulaşım Politikaları Ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması, Uzamanlık alan tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Kalkınma Bakanlığı, Ankara.

Erol D., Ceylan H., (2015) Toplu taşımada minibüsten otobüse geçişin konfor ve çevre açısından değerlendirilmesi, 11. Ulaştırma Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul 27-29 Mayıs 2015, sayfa no: 437-446.

Karacasu M., Yayla N., 2004, Kentiçi otobüs taşımacılığında özelleştirme için bir karar destek modeli önerisi: Eskişehir örneği, İTÜ Dergisi /d Mühendislik Cilt:3, Sayı:6, 59-70.

Uludağ N., 2010, Bulanık Optimizasyon Ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları İle Otobüs Hatlarının Modellenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

Yaşar, A.B., 2009, Kentiçi Otobüs Taşımacılığında Talep Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Ens. Pamukkale Üniv. Denizli.

# Sinyal Faz Diyagramının Kavşak Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi: Antalya Örneği

**Doç. Dr. Halit ÖZEN**

YTÜ İnşaat Fak. İnşaat Müh. Böl.  
Davutpaşa Kampüsü, 34210  
Esenler-İstanbul  
Tel: (212) 383 51 83  
Ulaştırma Anabilim Dalı  
ozen@yildiz.edu.tr

**İnş. Müh. Ezgi Nur ÜNLÜ**

Yıldız Teknik Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği  
Ulaştırma Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Öğrencisi  
unluezginur@gmail.com

## Öz

Kent içinde trafik kaynaklı yaşanan gecikmelerin büyük bir bölümü, farklı yönlerdeki akımların kesişmesinden oluşan kavşaklarda oluşmaktadır. Kavşaklar, ana ve tali yollardaki kesişen trafik akımlarının sürekliliğinin, güvenliğinin, hız kontrolünün ve yeterli hizmet seviyesinin sağlanması, gecikmelerin ve taşıt işletme maliyetlerinin azaltılması amacıyla, arazi şartları, trafik hacmi ve trafik güvenliği dikkate alınarak, eşdüzey (hemzemin) veya farklı düzeyli olarak tasarlanmaktadır.

Kavşak denetim biçimi kavşak kapasitesi ve kavşakta harcanan veya oluşan gecikmelerde büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca, kavşakların katlı olarak inşa edilmeleri durumunda ise taşıtlar için bir veya daha fazla kol için kesişmeler ortadan kalkıp kavşak kesintisiz hale gelirken özellikle yaya mesafelerinin uzamasına dolayısıyla yayalar açısından bir gecikmenin oluşmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, seçilen eş düzey kavşak için trafik hacimleri toplanmış ve bu veriler kullanılarak mevcut kavşağın benzetim modeli kalibre edilmiştir. Kalibre edilen benzetim modeli üzerinde mevcut durum için kavşak performans göstergeleri hesaplanmıştır. Kavşak performans göstergeleri, kavşak denetim veya sinyal sisteminde değişiklikler yapılarak tekrar hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, hali hazırda mevcut olan kavşak için farklı faz diyagramları oluşturularak, kapasite analizleri benzetim modeli yardımıyla yapılmış ve getireceği faydalar net olarak ortaya çıkartılmış ve kavşakların değerlendirilmesine yönelik bir yöntem ortaya koyulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Kavşak, Hemzemin Kavşak, Gecikme, Benzetim Modeli

## Kavşak Trafik Hareketleri

Kavşak denetim sistemlerini tanımadan önce eşdüzey kavşaklarda denetim ihtiyacı doğuran kesişmeler veya çakışmalar gibi sebepleri incelemek gerekir. Karayolu Tasarım El Kitabı'na göre bir eşdüzey kavşakta dört çeşit olası trafik hareketi bulunabilir. Bunlar:

- Ayrılma
- Katılma
- Kesişme
- Örülme

Ayrılma, anayol trafiğinde aynı yöndeki taşıtların anayoldan tali yola geçişleridir. Katılma, tali yoldaki taşıtların aynı yöndeki anayol trafiğine geçişleridir. Ayrılma ve katılmalar sağa, sola, çatal veya çoklu şekilde olabilir. Kesişme, farklı yöndeki trafik akımlarının bir noktada çakışmasıdır. Kesişmeler dik veya verevdir. Örülme ise, aynı yöndeki ayrılma ve katılma hareketlerinin kesişmesi veya çakışması ile oluşur.

Çakışmalar ayrılma, katılma ve kesen trafiğin karşılaştığı noktalardır. Eşdüzey kavşaklardaki çakışmalar dört çeşittir (KGM, 2006).

Bunlar:

- Ayrılma
- Katılma
- Doğrusal geçişler
- Dönüşler

Kavşaklardaki çakışmaların sayısı;

- Kavşağa yaklaşan tek yön veya iki yönlü yolların sayısına
- Her bir yaklaşımdaki taşıt sayısına
- Sinyalizasyona
- Trafik hacmine
- Sol ve sağ dönüş trafik oranına bağlıdır.

## Kavşak Denetim Sistemleri

Kavşaklarda, denetim, temel olarak pasif ve aktif olmak üzere iki farklı şekilde sağlanmaktadır. Bu denetim sistemlerine ilişkin detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

### Pasif Denetim

Bu denetim sisteminde belirgin bir denetim söz konusu değildir. Bu tip kavşaklarda denetim yatay ve düşey trafik işaretleri ile sağlanmaktadır.

Uyarı, rehber gibi işaret levhaları yardımıyla kavşakta bir denetim sistemi sağlanabilmektedir. Yol ver kontrolü, iki yönlü dur kontrolü ve her yönde dur kontrolü bu denetim biçimine birer örnektir.

*Yol ver kontrollü kavşaklarda*, tali yollardan kavşağa katılan taşıtlar “YOL VER” işaretini gördüklerinde yavaşlayarak ana yoldaki akımı gözleyerek kavşağa yaklaşan taşıt varsa geçiş hakkını ona bırakmak zorundadır. Ancak durma zorunluluğu yoktur. Dolayısıyla tali yoldan bu tip bir kavşağa yaklaşırken hızlarını çevre görüş şartlarına ve

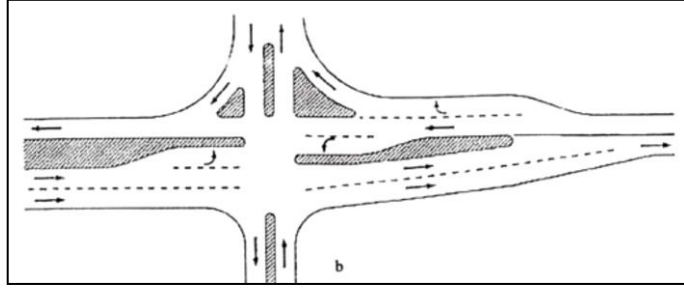
anayoldaki trafiğe göre ayarlayıp durmadan sürekli bir hareketle kavşağa girebilirler (Turan, 1992).

*Dur kontrollü kavşaklarda*, tali yolda DUR işareti varsa kurallara göre, tali yol sürücüleri anayola girmeden durmak ve anayolu iyice denetlemek zorundadır, yol güvenliyse kavşağa girebilecektir (Turan, 1992).

*Yatay ve Düşey İşaretlemeli Kavşaklar*, düşey işaretlemelere ek olarak yatay işaretlemelerle kavşak denetiminin sağlandığı denetim sistemidir.

*Kısmi Denetimli Kavşaklarda*, sürücüler kesişmelerin önlenmesi için kanalize edilerek veya dönel adalar aracılığıyla yönlendirilirler (NPTEL, 2007).

*Kanalize edilmiş kavşak*, Şekil 1’de gösterildiği gibi, taşıtların veya yayaların düzenli ve güvenli hareketlerini sağlamak üzere birbirleri ile kesişen hareketlerin yardımcı şeritler, yükseltilmiş adalar, tarama, çizgi ve diğer trafik işaretleri gibi elemanlar ile yönlendirilmesi ve düzenlenmesidir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005) .



Şekil 1 Kavşağın Adalar ile Kanalize Edilmesi

*Dönel ada kavşak*, taşıtların bir dönel ada çevresinde aynı yönde akması ile kesişim kontrolünün sağlanması yöntemidir. Bu kontrolün temel ilkesi, dönel ada aracılığıyla sağa dönüş ve düz gidiş kesişmeleri gibi ciddi kesişmeleri katılma, örülme ve ayrılma gibi daha hafif kesişmelere dönüştürmektir.

### **Aktif Denetim**

Bu denetim sisteminde sinyalizasyon veya farklı düzeyde kavşaklar karşımıza çıkmakta olup, sinyalize veya farklı düzeylerde kavşaklarda taşıt hareketlerinin denetlendiği sistemlerdir.

Sinyalize kavşaklar, geçiş düzeninin ve sırasının, farklı anlamları olan ışıklı ve renkli işaretlerle sağlandığı kavşaklardır. Sinyalize kavşaklarda aşağıdakilerden en az birinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

- Kesişen akımlardan veya geometrik özelliklerden dolayı oluşan gecikmeleri, sıkışmaları ve tıkanıklıkları önlemek,
- Taşıtların diğer taşıtlarla veya yaya akımları ile kesiştikleri noktalarda güvenli bir geçiş düzeni sağlamak ve kaza ihtimalini azaltmak,
- Taşıt ve yaya yoğunluklarını göz önünde tutarak, akım yönlerine geçiş hakkı veya önceliği verirken uyumlu bir zaman dağıtımı yapmak,
- Yüklü trafik yoğunluğu olan bir yol üzerindeki taşıtları zaman zaman durdurarak tali yollardaki trafiğe ve yayalara da geçiş olanağı sağlamak.

## Trafik Benzetim Modeli

Trafik benzetim modeli (simülasyonu), bir kararı hayata geçirmeden önce benzetim ortamında uygulayarak, sağlanacak faydayı, belirlenen performans parametrelerini esas alarak analiz etmeyi sağlar (<http://www.issd.com.tr/tr/19571/Trafik-Simulasyon-Calismalari>).

Kapsamlı bir trafik analizi ile problemin çözümü ve benzetim modelinin geliştirilmesi 7 ana başlıktan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Çalışma amacının, kapsamının ve yaklaşımının belirlenmesi
2. Veri Toplama ve Hazırlık
3. Temel model geliştirilmesi
4. Hata Kontrolü
5. Kalibrasyon
6. Alternatiflerin Analizi
7. Sonuç Raporu ve Teknik Dokümantasyon

Veri toplama ve hazırlık aşamasında, aşağıdaki girdilere ihtiyaç duyulmaktadır;

- Geometri (Uzunluklar, şeritler, eğrilik)
- Denetim Sistemleri
- Mevcut Talep (Dönüş Hacimleri, çıkış-hedef (O-D) tablosu)
- Kalibrasyon verileri (Kapasiteler, seyahat süreleri, kuyruklanmalar)
- Transit, bisiklet ve yaya verileri

Mevcut Model Geliştirilmesinde, modellenmesi istenilen kavşak, mevcut verilerle (hacim, geometri, denetim sistemi vb.) benzetim yazılımında modellenir. Sonrasında, kavşak için planlanan alternatif seçenekler (başka bir denetim sistemi veya farklı geometri gibi) bu mevcut durum simülasyonu çalıştırdıktan sonra elde edilecek verilerle (gecikme, maliyet, kuyruklanma vb.) karşılaştırılmaktadır.

Kalibrasyon, benzetim modelinden, mevcut trafik koşullarına en yakın sonucu alabilmek için mevcut koşullardan elde edilen hacim, geometri, izleme aralığı gibi parametrelerin girilmesi işlemidir. Mevcut durum benzetim modeli oluşturulurken sonuçların gerçekçi olabilmesi adına bu parametrelerin doğru büyük önem taşır.

### Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Çalışmada, Antalya'da Atatürk Bulvarı –Gazi Mustafa Kemal Bulvarı kesişiminde yer alan, 4 kollu, sinyalize eşdüzey bir kavşak seçilmiştir. Kavşağın hava fotoğrafındaki görünümü Şekil 2'de verilmiştir. Kavşağın bulunduğu bölge, merkezi bir yer olup güney batı- kuzey doğu yönünde trafiği Kuzey Batı-Güney Doğu yönündeki trafiğe göre daha yoğun çalışmaktadır.





Şekil 2 Kavşak Hava Fotoğrafı

Söz konusu kavşak üzerinde otomobil, minibüs, halk otobüsü, kamyon, körüklü otobüs ve motosiklet taşıt türleri için 15'er dakikalık periyotlar halinde trafik sayımları yapılmıştır. Kavşak trafik sayımları, kavşak kollarına verilen numaralandırma sistemine göre matris halinde Tablo 1'de hazırlanmıştır.

Kavşak yaklaşım kollarının giriş, çıkış, sağ ve sola dönüş şerit sayıları ve genişlikleri gibi geometrik özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

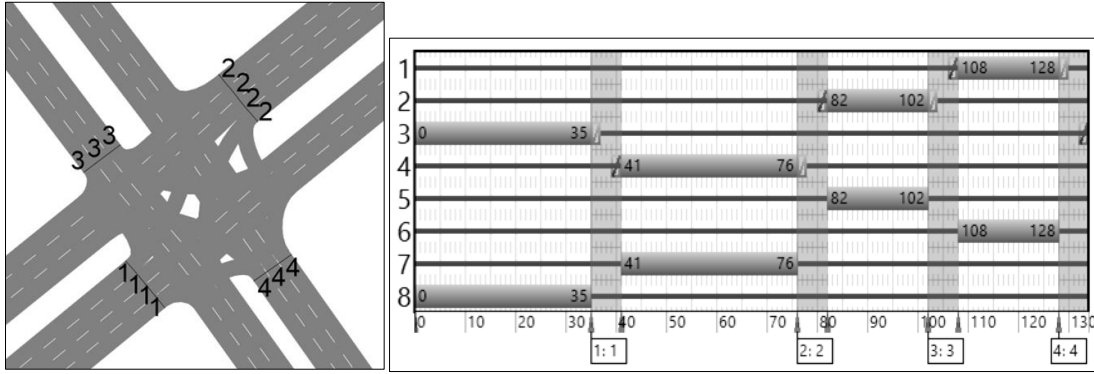
Söz konusu kavşağa ilişkin sinyal planı Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere kavşak sinyal planı 4 fazlı olup, sinyal devre süresi 134 saniyedir.

Tablo 1 Sayım Verileri

Otomobil						Minibüs					
	1	2	3	4	Toplam		1	2	3	4	Toplam
1	3	866	247	47	1163	1	4	97	35	4	140
2	623	98	76	179	976	2	92	9	10	16	127
3	40	348	3	243	634	3	12	39	1	20	72
4	56	20	87	6	169	4	8	3	42	3	56
<b>Toplam</b>	<b>722</b>	<b>1332</b>	<b>413</b>	<b>475</b>	<b>2942</b>	<b>Toplam</b>	<b>116</b>	<b>148</b>	<b>88</b>	<b>43</b>	<b>395</b>
Halk Otobüsü						Otobüs-Kamyon					
	1	2	3	4	Toplam		1	2	3	4	Toplam
1	0	23	7	0	30	1	1	24	8	0	33
2	37	0	4	2	43	2	28	0	2	5	35
3	7	3	0	5	15	3	0	2	0	1	3
4	1	7	9	0	17	4	0	0	3	0	3
<b>Toplam</b>	<b>45</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>105</b>	<b>Toplam</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>74</b>
Körüklü Otobüs-Tır						Motosiklet					
	1	2	3	4	Toplam		1	2	3	4	Toplam
1	0	6	0	0	6	1	0	18	6	0	24
2	8	0	0	0	8	2	36	0	3	5	44
3	0	2	0	1	3	3	0	10	0	7	17
4	0	0	3	0	3	4	3	0	2	0	5
<b>Toplam</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>Toplam</b>	<b>39</b>	<b>28</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>90</b>

Tablo 2 Kavşak Geometrisi

Yaklaşım Kolu	Kol Numarası	Giriş Şerit Sayısı	Çıkış Şerit Sayısı	Yaklaşım Kolu Şerit Genişliği (m)	Sağa Dönüş Şerit Sayısı	Sola Dönüş Şerit Sayısı	Düz Gidiş Şerit Sayısı
Güney Batı	1	4	3	3,5	1	1	3
Kuzey Doğu	2	4	3	3,5	1	1	3
Kuzey Batı	3	3	3	3,5	1	1	3
Güney Doğu	4	3	3	3,5	1	1	3



Şekil 3 Kavşak Mevcut Sinyal Diyagramı

## Kavşak Performans Göstergelerinin Hesaplanması

Sinyalize kavşak izole olarak varsayıp benzetim modeli oluşturulmuş, kavşağa ilişkin gecikme ve ortalama gecikme değerlerine göre sinyalize ve sinyal olmayan kavşaklarda hizmet düzeyleri HCM 2000'e göre belirlenmiştir. Sinyalize olan ve olmayan kavşaklara ilişkin hizmet düzeyleri ortalama gecikmelere bağlı olarak Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 Hizmet Düzeyleri Kriterleri

Sinyalize Kavşaklar için Hizmet Düzeyi Kriterleri		Sinyalsiz Kavşaklar için Hizmet Düzeyi Kriterleri	
Hizmet Seviyesi	Ortalama Gecikme (s/ta)	Hizmet Seviyesi	Ortalama Gecikme (s/ta)
A	≤ 10	A	0-10
B	> 10-20	B	> 10-15
C	> 20-35	C	> 15-25
D	> 35-55	D	> 25-35
E	> 55-80	E	> 35-50
F	> 80	F	> 50

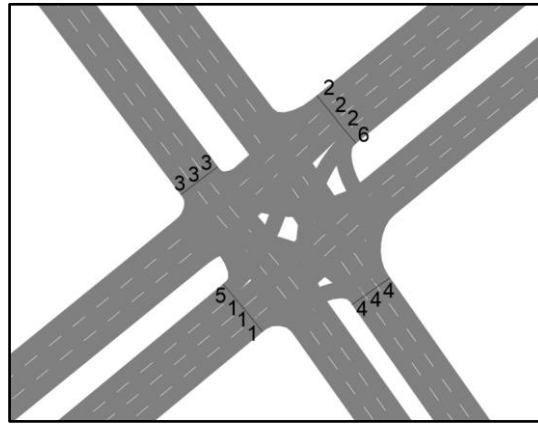
Mevcut durum için benzetim modeli çalıştırılmış ve her bir akım yönü için ortalama gecikmeler ile toplam gecikmeler Tablo 4'te hazırlanmıştır.

Tablo 4 Kavşak Mevcut Benzetim Modeli Gecikmeleri

Taşıt Hareketleri	Taşıt Gecikmeleri (saniye/taşıt)						
	TÜMÜ	Otomobil	Minibüs	Halk Otobüsü	Otobüs-Kanyon	Tır-Körüklü Otobüs	Motosiklet
1-1	313,16	354,2	247,56	0	411,47	0	0
1-2	270,56	271,41	265,07	275,01	291,56	136,44	285
1-3	281,45	278,71	272,49	367,6	267,41	0	348,79
1-4	263,11	255,77	505,34	0	0	0	0
2-1	88,48	89,61	85,84	96,45	75,51	101,42	76,01
2-2	80,87	80,26	88,55	0	0	0	0
2-3	101,92	104,14	85,06	87,56	38,41	0	117,92
2-4	91,53	93,83	74,54	0	88,07	0	84,28
3-1	44,53	47,27	29,79	46,55	0	41,01	0
3-2	59,32	58,39	65,57	0	1,62	0	70,36
3-3	59,36	52,81	72,45	0	0	0	0
3-4	41,29	41,7	32,31	38,55	50,99	0	54,91
4-1	44,86	41,8	55,15	83,69	0	0	66,49
4-2	34,27	31,66	70,13	32,85	0	0	0
4-3	41,86	42,18	47,93	25,23	0	53,38	39,23
4-4	35,21	55,52	31,15	0	0	0	0
Toplam	137,25	139,62	126,43	131,45	154,88	101,75	111

### Farklı Faz Diyagramlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, mevcut kavşakta uygulanan faz ve devre süresinden farklı olarak iki farklı senaryoya göre benzetim modeli çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Senaryolarda kullanılan sinyal numara ve konumları Şekil 3'te gösterilmiştir.

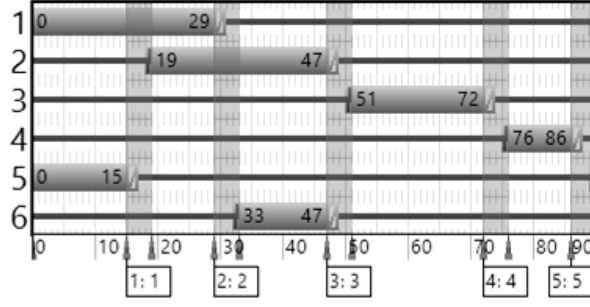


Şekil 3 Senaryolarda Kullanılan Sinyal Numaraları Konumları

Senaryo 1'de, 1 ve 2 numaralı kollardan sola dönüş sinyalleri kapatılarak beraber çalıştırıldığı 5 fazlı bir sinyal planı uygulanmıştır (Tablo 5 ve Şekil 4). Bu senaryoda, kavşak geometrisi değiştirilmeden, benzetim modeli çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5 Senaryo 1 Faz Planı

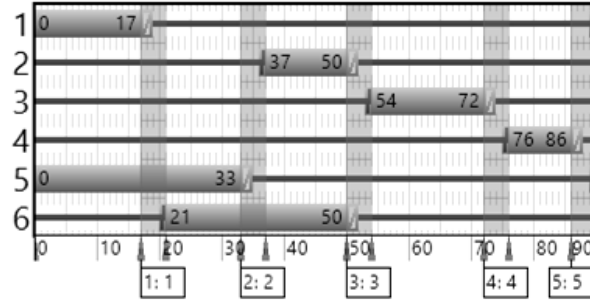
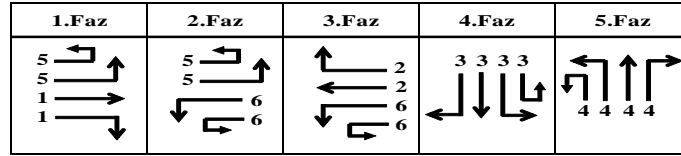
1.Faz	2.Faz	3.Faz	4.Faz	5.Faz
5 5 1 1	2 2 1 1	2 2 6 6	3 3 3 3	4 4 4 4



Şekil 4 Senaryo 1 Sinyal Planı

Senaryo 2’de ise Senaryo 1’deki gibi aynı devre süresine sahip, ancak bu sefer 1 ve 2 numaralı kollardan düz gidişler kapatılarak sola dönüşleri birlikte çalıştırılan 5 fazlı bir sinyal planına göre benzetim modeli çalıştırılarak çıktılar elde edilmiştir (Tablo 6 ve Şekil 5).

Tablo 6 Senaryo 2 Sinyal Faz Planı



Şekil 5 Senaryo 2 Sinyal Planı

Benzetim modelinden elde edilen gecikmeler sırasıyla Senaryo 1 ve Senaryo 2 için Tablo 7 ve Tablo 8’de gösterilmiştir.

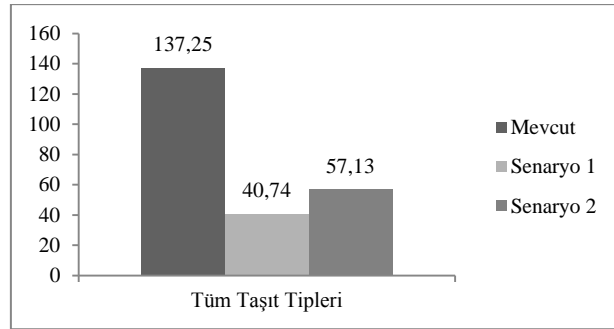
Tablo 7 Senaryo 1 Benzetim Modeli Gecikmeleri

Taşıt Gecikmeleri (saniye/taşıt)							
Taşıt Hareketleri	TÜMÜ	Otomobil	Minibüs	Halk Otobüsü	Otobüs-Kamyon	Tır-Körüklü Otobüs	Motosiklet
1-1	107,88	124,96	97,55	0	80,91	0	0
1-2	27,01	27,26	22,8	29,97	25,38	31,43	30,23
1-3	89,23	89,8	86,11	79,95	94,45	0	91,28
1-4	28,04	29,66	6,45	0	0	0	0
2-1	29,05	28,85	30,38	29,45	26,67	26,27	30,8
2-2	65,5	67,03	46,56	0	0	0	0
2-3	30,57	31,01	25,99	29,76	19,52	0	32,08
2-4	68,47	70,06	61,71	0	48,19	0	71,2
3-1	29,76	29,33	27,56	39,61	0	21,2	0
3-2	58,18	59,04	50,71	0	122,53	0	53,39
3-3	67,96	85,16	33,56	0	0	0	0
3-4	29,58	29,45	30,68	38,59	30,73	0	22,36
4-1	38,75	37,64	58,52	19,16	0	0	43,68
4-2	42,54	40,63	7	53,65	0	0	0
4-3	36,92	33,77	40,86	48,89	0	37,92	50,23
4-4	36,49	63,54	31,07	0	0	0	0
Toplam	40,74	41,2	39,96	37,27	37,43	29,94	38,35

Tablo 8 Senaryo 2 Benzetim Modeli Gecikmeleri

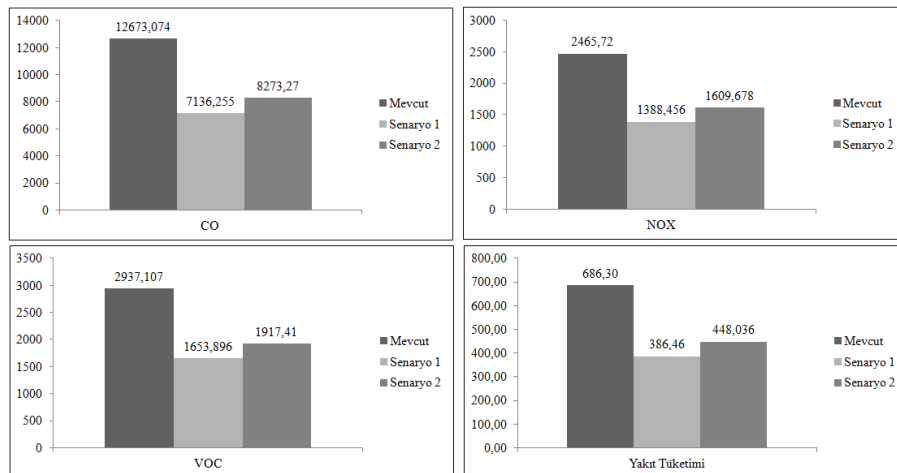
Taşıt Gecikmeleri (saniye/taşıt)							
Taşıt Hareketleri	TÜMÜ	Otomobil	Minibüs	Halk Otobüsü	Otobüs-Kamyon	Tır-Körüklü Otobüs	Motosiklet
1-1	17,32	11,52	27,35	0	0,41	0	0
1-2	40,63	41,44	36,59	35,08	31,82	40,69	36,84
1-3	23,92	24,95	18,2	17,13	24,63	0	26,95
1-4	39,19	40,04	27,9	0	0	0	0
2-1	94,04	95,87	93,07	90,01	81,25	93,94	80,84
2-2	16,05	16,29	12,85	0	0	0	0
2-3	112,81	115,73	94,83	100,17	119,86	0	110,75
2-4	26,25	26,23	31,8	0	21,76	0	16,32
3-1	33,45	33,11	31	43,07	0	24,32	0
3-2	93,89	95,21	86,84	0	42,07	0	84,03
3-3	101,16	133,46	36,56	0	0	0	0
3-4	32,45	32,08	33,28	41,38	35,65	0	34,04
4-1	38,75	37,64	58,52	19,16	0	0	43,68
4-2	42,69	40,86	7	53,65	0	0	0
4-3	36,93	33,79	40,86	48,89	0	37,92	50,23
4-4	36,49	63,54	31,07	0	0	0	0
Toplam	57,13	56,97	56,26	61,19	51,2	60,03	64,16

Mevcut durum, Senaryo 1 ve 2 için toplam ortalama gecikmeler Şekil 6 üzerinde çizilmiştir. Şekil incelenirse, mevcut durum için ortalama gecikme değeri 137,25 saniye iken senaryo 1 için 40,74 ve senaryo 2 için ise 57,13 saniyedir.



Şekil 6 Ortalama Gecikme Sürelerinin Karşılaştırılması

Mevcut durum ve senaryolar için yakıt tüketimi ve emisyon değerleri toplu olarak Şekil 7'de verilmiştir. Şekil incelenirse, mevcut durum için yakıt tüketimi 686,3 litre iken senaryo 1 için 386,46 litre ve senaryo 2 için ise 448,036 litre olduğu görülmektedir. CO emisyonu, mevcut durumda 12673,074 gram, Senaryo 1'de 7136,255 gram ve Senaryo 2'de ise 8273,27 gram'dır.



Şekil 7 Yakıt Emisyon Değerleri ve Yakıt Tüketimi Karşılaştırmaları

## Sonuç

Bu kavşakta, kavşak geometrisi değiştirilmeden, sadece sinyal devre süresi ve faz planı değiştirilerek taşıt gecikmelerinin nasıl etkilenebileceğini inceleyebilmek için benzetim modelleri oluşturulmuştur. Önce mevcut sinyal planı ile benzetim modeli çalıştırıldı ve taşıt gecikmeleri elde edilmiştir. Sonra birbirinden farklı iki senaryo üretildi ve elde edilen tüm sonuçlar karşılaştırılmıştır. İlk senaryoda, ikinci fazında 1 ve 2 numaralı kollardan sola dönüşlerin kapatılıp karşılıklı düz gidişlerin ve sağa dönüşlerin aktifleştirildiği 5 fazlı 90 saniye devre süreli bir sinyal planı çalıştırıldı ve bir gecikme değeri elde edilmiştir. Aynı devre süresinde düz gidiş ve sağa dönüşlerin karşılıklı açıldığı faz yerine bu sefer sola dönüşler karşılıklı aktifleştirilmiştir ve bu sonucun ilk senaryoya karşılaştırması yapılmıştır. Sonuç olarak, sola dönüş hareketi yoğun olmadığından ikinci senaryodaki gibi sola dönüşler için ayrı faz oluşturulmasının gecikme süresini ilk senaryoya göre arttırdığı anlaşılmıştır. Ancak yine de kavşak geometrisinde büyük değişiklikler yapılmadan da hizmet seviyesinin yükseltilmesinin mümkün olduğu görülmüştür. Sinyal planlarında yapılan değişiklikler ile kavşakta oluşan büyük gecikme ve kuyruklanmaların azaltılması sağlanmıştır. Böylece daha düşük maliyet farkıyla daha iyi performans elde edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür. Bu sayede herhangi bir kavşağın geometrisinde veya denetim biçiminde bir değişiklik yapılmasından önce yeterli çalışmaların yapılması ve elde edilen sonuçlara göre karar verilmesinin uygun olacağına dair bir örnek çalışma gerçekleştirilmiştir.

## Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan VISSIM 9 yazılımı için PTV Group'a teşekkürlerini sunarlar.

## Kaynaklar

Çakıcı, Z. ve Murat, Y. Ş. (2015) Sinyalize Dönel Kavşakların Performanslarının Farklı Senaryolar Altında İncelenmesi. 11. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Bildiriler Kitabı

Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005

Transportation Research Board, (2000) The Highway Capacity Manual

Turan, B. (1992) Kavşak Kapasitesine Sinyalizasyonun Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

FHWA-HRT-04-040 (2004) Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. Research, Development and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center, Georgetown Pike, McLean, VA 22101-2296

Mathew, T. V. ve Rao, Krishna K. V. (2007), Chapter 34: Microscopic Traffic Flow Modeling, Introduction to Transportation Engineering, NPTEL

<http://www.issd.com.tr/tr/19571/Trafik-Simulasyon-Calismalari>