



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TOPLU TAŞIMA DURAKLARININ
ERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ

Dilara ÖZTAŞKIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı

Ocak-2023
İSTANBUL
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Dilara Öztaşkın tarafından hazırlanan “Toplu Taşıma Duraklarının Erişilebilirliğinin İrdelenmesi: İstanbul Örneği” adlı tez çalışması 13/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Mehmet Çağlar MEŞHUR

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Sinan LEVEND

.....

Üye

Doç. Dr. Kıvanç ERTUĞAY

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Dilara ÖZTAŞKIN

Tarih: 13.01.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPLU TAŞIMA DURAKLARININ ERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Dilara ÖZTAŞKIN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sinan LEVEND

2023, 114 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğr. Üyesi Sinan LEVEND
Prof. Dr. Mehmet Çağlar MEŞHUR
Doç. Dr. Kıvanç ERTUĞAY**

Nüfus artışı, sermaye merkezli kentsel büyüme, otomobil sahipliğinin artması ve ulaşım altyapısının otomobil odaklı olması gibi nedenler, kentlerde trafik sıkışıklığı, hava kirliliği, gürültü kirliliği ve trafik kazası gibi birçok soruna yol açmaktadır. Ulaşım sistemine ilişkin bu sorunlar, insanların kentsel mekânda iki nokta arasındaki erişimini de kısıtlamaktadır. Bu doğrultuda sürdürülebilir ulaşım yaklaşımını benimseyen kent yönetimleri, ulaşım ana planlarını hazırlarken otomobil odaklı makro ulaşım çözümlerinin yerine hareket temelli bakış açısına geçiş yapmaktadır. Böylece insan, toplum ve mekân odaklı ulaşım planlarının üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu çerçevede toplumun tüm kesimlerine hitap ederek toplumsal eşitliğin sağlanmasına katkıda bulunan ve trafik yoğunluğunu önemli ölçüde azaltan toplu taşıma sistemlerini geliştirmek, kamu yararı adına ulaşım ana planlarının temel amaçlarından biri haline gelmiştir. İnsanların rahatça kullanabildiği sürdürülebilir bir toplu taşıma sistemi oluşturmanın da temel önceliği toplu taşıma duraklarına insanların erişilebilirliğini sağlamaktır. Bu çerçevede sürdürülebilir ulaşım planlaması açısından, kentsel mekânda toplu taşıma duraklarına erişilebilirliğin sağlanması, kent içi hareketlilik ve toplumsal eşitlik için oldukça önemlidir. Toplu taşıma duraklarının bütünlüklü bir yaklaşımla erişilebilir hale getirilmesi, toplu taşıma sistemlerine yönelik yolcu taleplerinin artmasına neden olurken, trafik yoğunluğunun, özel otomobil talebinin ve karbon salınımının azaltılmasına vesile olmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın amacı İstanbul'daki toplu taşıma duraklarının erişilebilirliklerinin irdelenmesidir. Toplu taşıma duraklarının erişilebilirlik ölçümleri, Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı bir yazılım olan ArcGIS programının, Mekânsal Ağ Analizi uzantısında sunduğu Servis Alanları Analizi aracı kullanılarak analiz edilmiştir. İstanbul'da toplu taşıma türlerinden lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinin duraklarına beş dakika yürüme mesafesiyle erişebilen nüfusun toplam nüfusa oranı yaklaşık %90 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan raylı sistem istasyonlarına ve deniz ulaşımı iskelelerine beş dakika yürüme mesafesiyle erişebilen nüfusun toplam nüfusa oranı yaklaşık %3'tür. Sadece bu iki oran dahi İstanbul toplu taşıma sisteminin sürdürülebilir olmadığına bir göstergesidir. Ayrıca çalışma bulguları, İstanbul'da toplu taşıma durakları arası mesafelere ilişkin standartların ve kent eğiminin sosyal hizmetlere (durak, hastane vb.) erişimini büyük ölçüde etkilediği, bu hizmetlerin belirli standart aralıklarla ve servis analizi sonucunda konumlandırılması gerektiği vurgulanmaktadır. Raylı sistem ve deniz ulaşım türlerinin duraklarına yaya erişiminin kısıtlı olmasından dolayı, söz konusu toplu taşıma türlerine daha fazla yatırım yapılması gerektiğine ve yolcuların toplu taşıma sistemlerini bütüncül olarak kullanabilmesi için aktarma olanaklarının geliştirilmesine yönelik öneriler bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım Planlaması, Toplu Taşıma, Erişilebilirlik, Coğrafi Bilgi Sistemleri
Mekânsal Ağ Analizi, Servis Alanı Analizi

ABSTRACT

MS THESIS

EXAMINING THE ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT STOPS: THE CASE OF ISTANBUL

Dilara ÖZTAŞKIN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of City and Regional Planning**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Sinan LEVEND

2023, 114 Pages

Jury

**Asst. Prof. Dr. Sinan LEVEND
Prof. Dr. Mehmet Çağlar MEŞHUR
Assoc. Prof. Dr. Kivanç ERTUĞAY**

Reasons such as population growth, capital-centered urban growth, increase in automobile ownership and automobile-oriented transportation infrastructure cause many problems such as traffic congestion, air pollution, noise pollution and traffic accidents in cities. These transportation problems also restrict people's accessibility between two points in the urban space. In this direction, the city administrations, which adopt the sustainable transportation approach, switch to a movement-based perspective instead of automobile-oriented macro transportation solutions while preparing their transportation master plans. Thus, it is aimed to produce transportation plans focused on people, society and space. In this framework, for the public interest, it has become one of the main objectives of the transportation master plans to develop public transportation systems that contribute to social equality by addressing all segments of society and significantly reducing traffic density. The main priority of creating a sustainable public transportation system people can use comfortably is to ensure people's accessibility to public transportation stops. Regarding sustainable transportation planning, providing people access to public transportation stops in urban spaces is very important for urban mobility and social equality. Making public transportation stops accessible with an integrated approach will increase passenger demands for public transportation systems while reducing traffic density, private automobile demand and carbon emissions. In this context, the study's main aim is to examine the accessibility of public transportation stops in Istanbul. Accessibility measurements of public transport stops were analysed using the Service Areas Analysis tool offered in the Spatial Network Analysis extension of ArcGIS program, which is a Geographical Information System-based software. Within a five-minute walking distance, the population ratio that can reach the stops of the rubber-tired public transportation types, which is one of the public transportation types, to the total population has been calculated as approximately 90%. On the other hand, the ratio of the population that can reach the rail system stations and sea transportation piers within a five-minute walking distance to the total population is approximately 3%. Even these two rates alone indicate that the Istanbul public transportation system is not sustainable. In addition, the findings of the study emphasize that the standards regarding the distances between public transport stops in Istanbul and the urban slope greatly affect the access to social services (such as stops and hospitals), and that these services should be located at certain standard intervals and as a result of service analysis. Due to the limited pedestrian access to the stops of the rail system and sea transportation types, there are suggestions for the need to invest more in these types of public transportation and to develop transfer opportunities so that passengers can use the public transportation systems holistically.

Keywords: Transportation Planning, Public Transportation, Accessibility, Geographic Information Systems, Spatial Network Analysis, Service Area Analysis

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, her türlü konuda yardımcı olan sayın Dr. Öğr. Üyesi Sinan LEVEND'e, çalışmanın nihayete erme sürecinde değerli katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Mehmet Çağlar MEŞHUR ve Doç. Dr. Kıvanç ERTUĞAY hocalarıma, şehir ve bölge planlama ve ulaşım konusunda bilgilerini eksik etmeyen, beni lisans dönemim boyunca eğiten ve profesyonel iş hayatımda da desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Hayri ULVİ hocama, ulaşım konusunda uzmanlaşmama destek veren, tez çalışmamın sonuçlanmasında yardımcı olan ve her türlü desteğini hissettiğim sayın Mehmet ÇAKIR'a, yeni hayatımda diğer bir ailem olan ve bilgilerini esirgemeyen İstanbul Büyükşehir Belediyesi ekibine, ilgileri ve sevgileriyle bana her zaman güvenen arkadaşlarıma, tüm yaşamım boyunca sevgilerini, maddi ve manevi tüm desteklerini üzerimden eksik etmeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dilara ÖZTAŞKIN
İSTANBUL-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER.....	ix
GRAFİKLER	xi
TABLOLAR.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Tezin Kapsamı ve Önemi	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Erişilebilirlik Kavramı	4
2.1.1. Erişilebilirlik Kavramının Tanımı ve Tarihsel Değişimi	4
2.1.2. Dünyada Erişilebilirlik Ölçümü ile İlgili Uygulamalar	8
2.1.3. Erişilebilirlik Bileşenleri ve Ölçüm Yöntemleri	10
2.1.4. Erişilebilirlik Temelleri.....	19
2.1.5. Ulaşımada Erişilebilirlik.....	20
2.1.6. Toplu Taşıma Sistemlerine Erişilebilirliğin Önemi.....	22
2.1.7. Toplu Taşıma Sisteminde Erişilebilirliği Etkileyen Unsurlar.....	23
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri	26
2.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Mekânsal Ağ Analizi (Network Analysis)	28
2.3.1. En İyi Rota (New Route)	29
2.3.2. En Yakın Tesis Analizi (New Closest Facility).....	31
2.3.3. Konum Tahsisi Analizi (New Location-Allocation)	32
2.3.4. Araç Yönlendirme Sorunu (New Vehicle Routing Problem).....	35
2.3.5. OD Maliyet matrisi (OD cost matrix).....	36
2.3.6. Servis Alanı Analizi (Network Service Area)	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1. Veri Temini ve Kapsamı	41
3.2. Servis Alanı Analizinin (Network Service Area) Uygulanması	42
3.3. Yöntem.....	50

4. İSTANBUL’UN TOPLU TAŞIMA DURAKLARININ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ	52
4.1. İstanbul’un Sosyo-Demografik ve Ekonomik Durumu	52
4.2. İstanbul’un Ulaşım Sistemi.....	55
4.3. İstanbul’da Toplu Taşıma Türlerinin Mevcut Durumu	57
4.3.1. Lastik Tekerlekli Sistem	60
4.3.2. Raylı Sistem.....	65
4.3.3. Deniz Yolu Ulaşım Sistemi	70
4.4. Toplu Taşıma Türlerine İlişkin Erişilebilirlik Analizi	72
4.4.1. Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Türlerine İlişkin Erişilebilirlik Analizi	73
4.4.2. Raylı Sistem Toplu Taşıma Türlerine İlişkin Erişilebilirlik Analizi	79
4.4.3. Deniz Yolu Ulaşımında Erişilebilirlik Analizi	85
4.4.4. Tüm Toplu Taşıma Türlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerin Erişilebilirlik Analizi.....	89
4.4.5. Senaryo 2 Kapsamında Durak Bazlı Erişilebilirlik Analizinin Detaylandırılması.....	95
4.4.6. Değerlendirme	97
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	100
KAYNAKLAR	104

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Altyapı Tabanlı Yöntem Örneği	12
Şekil 2.2 İzokronal Yöntem ile Yapılan Haritalama Örneği	14
Şekil 2.3 İzokronal Yöntem Örneği	15
Şekil 2.4 Otobüs Durağı Aralığının Hizmet Kapsama Alanına Etkisi	24
Şekil 2.5 ArcGIS Yazılımı Arayüzündeki En İyi Rota Aracı	30
Şekil 2.6 En İyi Rota Örneği.....	30
Şekil 2.7 En Yakın Tesis Analizi Örneği.....	31
Şekil 2.8 Meşhed Şehrinde En Yakın Tesis Analizi Örneği.....	32
Şekil 3.1 Çalışma Aşamaları.....	42
Şekil 3.2 ArcGIS Yazılımda Ağ Analizi Uzantısının Açılması.....	43
Şekil 3.3 ArcGIS Yazılımında Ağ Yapılandırıp Dataset Oluşturma	44
Şekil 3.4 Yol Ağı Parametrelerinin Tanımlanması.....	45
Şekil 3.5 Yol Ağı Parametrelerinin .shp Dosyasındaki Veriler ile Entegre Edilmesi	45
Şekil 3.6 Yol Ağına Kısıtlama Tanımlaması	46
Şekil 3.7 Yol Ağı Yapılandırmada Seyahat Türünün Tanımlanması	46
Şekil 3.8 Ağ Data Setinde Bulunan .shp Dosyaları	47
Şekil 3.9 Ağ Analizinde Servis Alanı Uzantısının Yeri	47
Şekil 3.10 Noktasal Veri Tanımlama için Kullanılan Uzantı (Facilities>Load Location)	48
Şekil 3.11 Noktasal Veri Tanımlamak için Kullanılan Uzantı (Facilities>Load Location>Load From).....	48
Şekil 3.12 Parametre Tanımlama.....	49
Şekil 3.13 Parametre Tanımlama ve Gösterim	49
Şekil 3.14 Servis Alanı Hesaplama Senaryoları	51
Şekil 4.1 İstanbul'un İlçeleri	52
Şekil 4.2 İstanbul Yerleşiminin Kronolojik Gösterimi	53
Şekil 4.3 2020 Yılı İstanbul İlçe Bazlı Nüfus Dağılımı.....	54
Şekil 4.4 2020 Yılı İstanbul İlçe Bazlı İstihdam Dağılımı	55
Şekil 4.5 İstanbul Karayolu Ağı	56
Şekil 4.6 İstanbul Toplu Taşıma Sistemleri.....	58
Şekil 4.7 Mevcut ve Yapımı Devam Eden Raylı Sistem Hatları.....	59
Şekil 4.8 Mevcut İETT Hatları ve Durakları	62
Şekil 4.9 Mevcut Taksi-Dolmuş ve Minibüs Hatları ve Durakları.....	63

Şekil 4.10 Metrobüs Hattı-Durakları ve Kesişen Raylı Sistem Hatları	65
Şekil 4.11 Raylı Sistem Hatları ve İstasyonları	67
Şekil 4.12 Mevcut Metro - Marmaray Hatları ve İstasyonları.....	68
Şekil 4.13 Tramvay Hatları ve İstasyonları	69
Şekil 4.14 Füniküler ve Teleferik İstasyonları.....	70
Şekil 4.15 Deniz Hatları ve İskeleler	72
Şekil 4.16 Lastik Tekerlekli Duraklarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)	75
Şekil 4.17 Lastik Tekerlekli Duraklarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1).....	75
Şekil 4.18 Lastik Tekerlekli Duraklarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)	77
Şekil 4.19 Lastik Tekerlekli Duraklarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2).....	78
Şekil 4.20 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1).....	81
Şekil 4.21 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1).....	81
Şekil 4.22 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2).....	84
Şekil 4.23 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2).....	84
Şekil 4.24 Deniz İskelelerinin Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1) .	86
Şekil 4.25 Deniz İskelelerinin Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2) .	88
Şekil 4.26 Tüm Toplu Taşıma Sistemlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerin Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1).....	91
Şekil 4.27 Tüm Toplu Taşıma Sistemlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerin Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2).....	92
Şekil 4.28 Beşiktaş İskelesi ve Çevresindeki Toplu Taşıma Durakları Erişilebilirlik Analizinin Her İki Senaryo ile İncelenmesi.....	94
Şekil 4.29 Örnek İETT Hatlarının Durak Bazlı Erişilebilirlik Analizi ve Geçtiği İlçelerdeki Erişilebilirlik Durumu.....	96

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 4.1 2020 Yılı İstanbul'daki Yolcu Sayılarının Zirve Saatteki Türel Dağılımı.....	57
Grafik 4.2 Lastik Tekerlekli Duraklarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 1)	74
Grafik 4.3 Lastik Tekerlekli Duraklarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 2)	76
Grafik 4.4 Lastik Tekerlekli Duraklarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranının Senaryolara göre Karşılaştırılması.....	79
Grafik 4.5 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 1).....	80
Grafik 4.6 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 2).....	83
Grafik 4.7 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranının Senaryolara göre Karşılaştırılması.....	83
Grafik 4.8 Deniz İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 1).....	85
Grafik 4.9 Deniz İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 2).....	87
Grafik 4.10 Deniz İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranının Senaryolara göre Karşılaştırılması.....	89
Grafik 4.11 Tüm Toplu Taşıma Sistemlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı.....	93

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerindeki Bazı Erişilebilirlik Uygulamaları	9
Tablo 2.2 Erişilebilirlik Ölçüm Yöntemleri ve Bileşenleri.....	10
Tablo 2.3 Ulaştırma Sistemi Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması	21
Tablo 2.4 Uluslararası Literatürde Geçerli Durak Aralıkları.....	25
Tablo 4.1 2020 Aralık Ayında Yapılan Yolculukların Toplu Taşıma Türlerine Göre Türel Dağılımı (Hafta İçi Günlük Ortalama).....	60
Tablo 4.2 2020 Aralık Ayında Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Sistemleri ile Yapılan Yolculukların Sayısı (Hafta İçi Günlük Ortalama).....	61
Tablo 4.3 Metrobüs Aktarma İstasyonları	64
Tablo 4.4 Raylı Sistemler Genel İstatistik Verileri.....	65
Tablo 4.5 2020 Aralık Ayında Raylı Sistemler ile Yapılan Yolculukların Sayısı (Hafta İçi Günlük Ortalama)	66
Tablo 4.6 Mevcut Metro Hatları	67
Tablo 4.7 Mevcut Hafif Raylı Sistem Hatları.....	68
Tablo 4.8 Mevcut Funiküler ve Teleferik Hatları.....	69
Tablo 4.9 2020 Aralık Ayında Deniz Ulaşımı ile Yapılan Yolculukların İşletmelere Göre Dağılımı (Hafta İçi Günlük Ortalama).....	71
Tablo 4.10 Şehir Hatları.....	71
Tablo 4.11 Toplu Taşıma Türlerine Göre Nüfus (2020) Bazlı Erişilebilirlik Analizi	98

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

KBS: Kent Bilgi Sistemleri

km: kilometre

km²: kilometrekare

KSS: Küçük Sanayi Sitesi

ITDP: The Institute for Transportation and Development Policy (Ulaştırma ve Kalkınma Politikası Enstitüsü)

İBB: İstanbul Büyükşehir Belediyesi

İDO: İstanbul Deniz Otobüsleri

İETT: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri

İOAŞ: İstanbul Otobüs A.Ş.

MTA: Maryland Transit Administration (Maryland Transit İdaresi)

ÖHO: Özel Halk Otobüsü

TCDD: Türkiye Cumhuriyet Devlet Demiryolları

TCRP: Transit Cooperative Research Program (Transit Kooperatif Araştırma Programı)

TOD: Transit-Oriented Development (Transit Odaklı Kalkınma)

TUHİM: Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü

TUİK: Türkiye İstatistik Kurumu

UKOME: Ulaşım Koordinasyon Merkezi

1. GİRİŞ

Günümüzde kentsel nüfusun hızla artması, ulaşım politikalarının bireysel araç kullanımını desteklemesi ve sermaye odaklı büyüme yaklaşımının benimsenmesi gibi nedenlerden dolayı, kentler ulaşım ve trafik yoğunluğu sorunuyla karşı karşıyadır. Ayrıca fiziksel olarak geniş bir makroforma sahip ama sistemli bir ulaşım altyapısı olmayan kentlerde otomobilin sağladığı hızlı, rahat ve konforlu hareket özgürlüğü, kentlerin ulaşım sistemlerinin otomobil odaklı olmasına ve kentlerde motorlu taşıt sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu süreçte özellikle kent merkezlerinde artan ulaşım talebi, başta trafik sıkışıklığı olmak üzere hava kirliliği, gürültü kirliliği ve trafik kazası gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Otomobil odaklı ulaşım anlayışının çevre, ekonomi ve sosyal yapı üzerindeki söz konusu olumsuz etkileri, otomobil merkezli bir ulaşım anlayışının sürdürülemez olduğunu göstermektedir (Greene, 1997; Newman, 2006). Bu çerçevede gelişmiş ülkeler sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda otomobil kullanımını azaltmaya yönelik politikalar ortaya koymaya başlamıştır (Newman, 2015). Toplu taşıma sistemlerini iyileştirmek, motorsuz ulaşım türlerini teşvik etmek, yaya bölgeleri oluşturmak ve özel araçların kullanımını sınırlandırmak gibi politikalar, gelişmiş ülkelerin sürdürülebilir bir ulaşım sistemi oluşturmak için kullandıkları temel araçlardır (Pojani, 2015).

Ülkemizde ise otomobil odaklı ulaşım anlayışının olumsuz etkilerinden en fazla etkilenen kent İstanbul'dur. 1970 yılında 3,3 milyon olan kent nüfusu günümüzde 15,8 milyona ulaşmıştır (TUIK, 2021). İstanbul nüfus yoğunluğu açısından Avrupa'da birinci, dünyada ise on üçüncü en kalabalık kenttir. Nüfus artışıyla birlikte kentin yayılması ve farklı arazi kullanımları arasında ulaşım taleplerinin artması, sürekli kent içi karayolu ağının geliştirilmesine ilişkin yatırımların yapılmasını tetiklemiştir. Bu yaklaşım kısa vadede çözüm olarak görünse de uzun vadede otomobile olan bağımlılığın artmasına ve büyük bir trafik yoğunluğunun oluşmasına neden olmuştur. Bu süreç, kentin ulaşım sistemini içinden çıkılmaz bir sorunlar yumağına dönüştürmüştür. Kent yöneticileri trafik sıkışıklığı, kazalar, toplu taşıma kullanımında düşüş, çevre sorunları, iklim değişikliği, enerji tüketimi, görsel kirlilik gibi pek çok sorunla mücadele etmektedir.

Söz konusu sorunların çözümüne yönelik olarak İstanbul'da da sürdürülebilir ulaşım planlamasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çerçevede, İstanbul'a ilişkin daha önce yapılmış tüm ulaşım ana planlarında metrobüs, minibüs, otobüs, raylı sistem, deniz yolu ulaşımı gibi toplu taşıma türleriyle yolculuk taleplerinin karşılanmasına yönelik politikalar ortaya

konarak, karayolu ulaşımındaki trafik yoğunluğunun azaltılması amaçlansa da alınan kararlar hayata geçirilememiştir (Öztürk, 2021). Başka bir ifadeyle motorlu taşıt sayısındaki artış ve toplu taşıma sistemlerine yönelik yatırımların yetersiz olması gibi nedenler, kentin ulaşım sisteminin hala sürdürülebilirlik ilkesiyle bağdaşmamasının temel nedenleridir (İBB, 2021). Ayrıca İstanbul'un sürdürülebilir bir ulaşım sistemine sahip olamamasının nedenlerinden biri de kentin toplu taşıma sistemlerinde erişilebilirlik sorununun olmasıdır. Kentteki toplu taşıma sistemlerinin erişilebilir olmaması insanların seyahat süresini uzatmakta, bu da insanları araba kullanmaya yönlendirmektedir. Bu kapsamda çalışmanın temel hipotezi, İstanbul'daki toplu taşıma sistemlerinin durak etki alanlarının zayıf olduğudur.

Tez çalışmasının birinci bölümünde tezin amacı ve yöntemi belirlenmekte, ikinci bölümünde ise konuyla ilgili olarak, erişilebilirlik kavramının tanımı, önemi, tarihi, ulaşım planlamasındaki yeri, bunun yanı sıra tez çalışmasının yöntemlerinden biri olan coğrafi bilgi sistemlerinde yol ağı analizinin tanımlanması, yol ağı analizlerinin çeşitleri ve kullanılacak yol ağı analiz uzantısındaki servis alanları (erişilebilirlik) analizinin tampon analiz ile farkı gibi konulara yönelik olarak detaylı yerli ve yabancı literatür taraması yapılmaktadır. Üçüncü bölümünde kullanılan materyal ve yöntem açıklanmakta ve dördüncü bölümde ise İstanbul kentindeki toplu taşıma duraklarının erişilebilirlik analizleri ve istatistik yorumlamaları yer almaktadır. En son bölümde bu analizlerin genel değerlendirilmesi yapılmış olup, ulaşılan sonuçlara göre önerilerde bulunmaktadır.

1.1. Tezin Amacı

Sürdürülebilir ulaşım yaklaşımları, toplu taşıma sistemlerini öncelikli ulaşım türü olarak kabul etmekte ve toplu taşıma sistemlerine insanların erişiminin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalar, toplu taşıma durak ve istasyonlarına erişimin, yolculuk talep oranını önemli ölçüde değiştirdiğini ve yolcuların genellikle erişilebilir seyahat türünü seçtiğini göstermektedir (Cirit, 2014). Erişilebilirlik kavramı, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğiyle (2014) birlikte ülkemizin planlamaya ilişkin imar mevzuatında yer almıştır. Ancak mevzuatımızdaki erişilebilirliğe ilişkin açıklamalar, erişilebilirlik kavramına yönelik tüm ilkeleri kapsamadığından, erişilebilirlik temelli uygulamalar hayata sağlıklı bir şekilde geçirilememiştir. Ülkemizde erişilebilirliğe yönelik uygulamaların yeterli olmamasının bir diğer nedeni de erişilebilirlik konusunda yapılmış bilimsel çalışmaların sınırlı olmasıdır. Bu doğrultuda, çalışmanın temel amacı İstanbul'daki toplu taşıma duraklarının erişilebilirliğinin irdelenmesidir. Çalışma kapsamında yapılacak analiz ve değerlendirmeler sonrasında ulaşım

planlamasında erişilebilirlik kavramına ilişkin bir takım politika önerilerinde bulunulması hedeflenmektedir. Böylece çalışmanın uygulama sürecine de katkı sağlanması amaçlanmıştır.

1.2. Tezin Kapsamı ve Önemi

Çalışmanın amacı doğrultusunda, İstanbul’da halkın toplu taşıma duraklarına erişilebilirliği ölçülerek analiz edilmiş ve genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda İstanbul’da bütün toplu taşıma türleri (lastik tekerlekli durakları, raylı sistem istasyonları, deniz yolu iskeleleri) ayrı ayrı incelenip, durakların servis alanları ve erişilebilirlikleri hesaplanmıştır. Söz konusu analiz ve hesaplamalar için coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) veri yönetimi, sorgulama, analiz ve görselleştirme fonksiyonlarından yararlanılmıştır. Elde edilen veriler, ArcGIS yazılımının mekânsal ağ modülünde (network analyst) yer alan servis alanları (service areas) analizi kullanılarak çözümlenmiştir. Böylece durakların etki alanlarını erişilebilirlik analizi ile elde ederek ne kadar nüfusa hitap edildiği hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, ulaşım planlamasında toplu taşıma sistemlerindeki durakların doğru konumlandırılması ve durakların etki alanlarının geniş olması ile birlikte yolculuk talep oranını önemli ölçüde değiştirdiği ve yolcuların genellikle erişilebilir seyahat türünü seçtiği öngörüler ile erişilebilirlik analizinin önemini ve nasıl uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu açıdan çalışmanın ileride yapılacak başka çalışmalara da yol göstereceği düşünülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tez çalışması kapsamında insanların toplu taşıma kullanım tercihleri üzerinde önemli etkiye sahip olan erişilebilirlik kavramı üzerinde durulmaktadır. Tez çalışmasıyla toplu taşıma kullanımının kolaylaştırılması ve teşvik edilmesine yönelik politikaların ortaya konması adına kentteki durakların mevcut erişilebilirlik durumunun tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda literatür taraması yapılarak erişilebilirlik kavramı, dünyadaki bazı erişilebilirlik ölçütleri ve erişilebilirlik ölçüm yöntemleri, bileşenleri, temelleri, ulaşım ve toplu taşımada erişilebilirlik, coğrafi bilgi sistemleri, yol ağı analizi, mekânsal analiz ve servis alanı gibi anahtar kelimelere ilişkin ilkeler irdelenmiş ve genel bir kaynak araştırması yapılmıştır.

2.1. Erişilebilirlik Kavramı

Erişilebilirlik, ulaşım ve arazi kullanım özelliklerini entegre eden bir performans ölçütüdür. Bu kavram, kentteki arazi kullanımlarına bağlı olan ulaşım talebinin yol açtığı seyahat üretiminin kentsel mekânı ne ölçüde etkilediğinin bilinmesi, planlama ve projelerin doğru bir şekilde yapılabilmesi için önemli bir kavramdır. Bu temel özellikleri nedeniyle birçok araştırmacı erişilebilirlik kavramını teorik açıdan incelemiştir (Gülhan, 2014). Bunun yanı sıra erişilebilirlik kavramı çeşitli disiplinler tarafından analiz edilmektedir. Söz konusu disiplinler şu şekilde gruplandırılabilir (Liu, Wang, Sun, & Wu, 2021):

- Ulaşım plancıları genellikle ulaşım türlerinin erişilebilirliğini anlamak için kullanmaktadır.
- Şehir plancıları arazi kullanım kararları üretme sürecinde faaliyetler arasındaki coğrafi erişilebilirliği sağlamayı amaçlamaktadır.
- İletişim uzmanları telekomünikasyon hizmetlerinin (hane telefonu, kablo ve internet hizmetlerine erişim gibi) kalitesini artırmayı amaçlamaktadır.
- Sosyal hizmet planlayıcıları, belirli gruplar için uygun hizmetler doğrultusunda erişilebilirlik seçeneklerine (engellilerin tıbbi kliniklere ve eğlence merkezlerine ulaşma yeteneği gibi) odaklanmaktadır.

2.1.1. Erişilebilirlik Kavramının Tanımı ve Tarihsel Değişimi

Erişilebilirlik kavramı genellikle mallara, hizmetlere ve amaçlanan bir varış noktasına fiziksel erişim anlamında kullanılmaktadır. Erişilebilirlik kavramı ile ilgili ilk tanımları yapan Hansen (1959), erişilebilirliği belirli konumda olan bir insanın diğer insanlarla olan etkileşimi

için bir potansiyel olarak tanımlamıştır. Ancak erişilebilirlik kavramı birçok meslek dalına hitap ettiğinden üzerinde uzlaşılabilir tek bir tanımını yapmak güçtür. Her bir meslek alanı kavramı kendi bakış açısına göre tanımlamaktadır. Örneğin;

- Karayolu mühendisliğinde erişim, bitişik mülklere bağlantı anlamına gelir. Yerel yollar doğrudan erişim sağlarken, sınırlı erişim yollarının bitişik mülklerle minimum bağlantısı vardır. Erişim yönetimi, bir otoyoldaki kavşakların ve araba yollarının sayısının kontrol edilmesini içerir (Liu, Wang, Sun, & Wu, 2021).

- Coğrafya ve kentsel ekonomi alanlarında erişilebilirlik, belirli bir yere veya alana ulaşmanın göreceli kolaylığı anlamına gelmektedir (Liu, Wang, Sun, & Wu, 2021).

- Yaya planlamasında ve tesis tasarımında erişilebilir tasarım (evrensel tasarım olarak da adlandırılır), engelli kişileri barındıracak şekilde tasarlanmış tesisler anlamına gelmektedir. Örneğin, tekerlekli sandalye kullanan insanları bir noktadan diğer bir noktaya kesintisiz şekilde ulaşmasını sağlayan bir yol, erişilebilir olarak adlandırılabilir (Liu, Wang, Sun, & Wu, 2021).

Bu tanımlar dışında da birçok araştırmacı erişilebilirlik kavramını farklı şekillerde tanımlamış ve yorumlamışlardır. Bu bağlamda, erişilebilirlik kavramı bir tanımda, yolcuların belirli bir amaç dâhilinde farklı aktivitelere katılabilmesi için bir ulaşım türünü kullanarak, o aktivitenin yapılacağı mekâna erişilebilme kolaylığı olarak belirtilmektedir (Dalvi, 1976; Güray & Kemeç, 2016). Diğer bir tanımda erişilebilirlik, bireylerin ve ticaret için yapılan yolculukların ürünlere, üretim tesislerine, sanayi alanlarına kolaylıkla ulaşabilmek veya aktivite bazlı ulaşımın kolaylığı ulaşım ve arazi kullanımlarından elde edilen bir faydadır şeklinde tanımlanmaktadır (Ben-Akiva, 1985; Leonardi, 1978). Farklı bir tanımda, erişilebilirlik sadece ulaşım açısından bakılmamalı, ayrıca varış noktasındaki arazi kullanım türünün de erişilebilirliği hesaba katılmalıdır şeklinde vurgulamış olup, zaman ve mekânda bulunan etkinlik alanları gibi arazi kullanımlarının etkileşimine veya bu kullanımlara erişim kalitesine eş değer olduğu savunulmaktadır (Breheny, 1978; Ersoy, 2015; Geurs & Ritsema van Eck, 2001). Bunun yanı sıra, erişilebilirliğin sadece ulaşım kolaylığına bakılarak değil, aracın uygunluğu ile yolculuk mesafesine, güvenirliliğine ve konfor seviyesine bakılarak ölçülmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Ross, 2000). Bu doğrultuda, erişilebilirlik yolcu tarafından tercih edilen araç türlerine bağlı olarak, yolculuk amaçlarının nihai konumları arasındaki erişimin veya ulaşımın ölçülebildiği mesafe olarak tanımlamaktadır. Şimşek (2015), gelişmiş ve gelişmekte olan toplulukların farklı hizmetlere erişimi analiz edildiğinde, erişilebilirliğin refah göstergesi olarak kabul edinilebildiği vurgulamaktadır.

Erişilebilirlik kavramına ilişkin bazı tanımlar lojistik açısından yapılmıştır. Bu tanımlar erişilebilirlik kavramının nakliye ve maliyetle sınırlı kaldığını, arazi değerleri ve mülkler için

de önemli olduğunu, sadece insan hareketliliğini değil, insan ve eşya hareketliliğini de içerdiğini belirtmektedir. Bu tanım toplumun genel faydası için erişim olanaklarının önemli olduğunu vurgulayarak, bu olanakların hem hareketliliği hem de trafik alanını kapsadığını savunmaktadır (Litman, 2003; Martellato, Nijkamp, & Reggiani, 1998).

Diğer bazı araştırmacılar erişilebilirliği planlama disiplini ile bağdaştırıp tanımlamıştır. Simon (2016), zaman ve mekânda bulunan bir arazi kullanımdan diğer bir yere belirli bir maliyet ödeyerek ulaşımın sağlanmasını potansiyel imkân olarak değerlendirmiştir. Bu bağlamda, erişilebilirlik hem planlama için iyi bir bileşen hem de toplumsal refahı teşvik etme aracı olarak da düşünülmesi gereken temel unsurdur. Afacan (2015), yapılacak tüm plan ve projelerde toplumu sınıfsal farklılıklara göre ayırmadan etkinlik alanlarına (sağlık, konut, ticaret, eğitim vb.) kolay, güvenli ve eşit şekilde erişebilmelerine yönelik stratejilerin geliştirilmesi gerekliliğini savunmaktadır. Bhat, ve diğerleri (2001), her ne kadar ulaşım planlarında erişilebilirlik konusunda yapılan çalışmaların eksik olduğunu düşünse de erişilebilirlik kavramının ulaşım planlamasında oldukça önemli olduğunu vurgulamaktadır. Geurs & van Wee (2004), erişilebilirliğin ulaşım bağlamında analiz edilebilmesi için arazi kullanımın doğru tespit edilmesi gerektiğini ve ulaşım ana planları, imar planları veya coğrafya gibi disiplinlerde karar verme sürecinde kullanılması gereken önemli bir kavram olduğunu belirtmektedir. Ertugay & Duzgun (2006) ise, erişilebilirlik kavramını, kent planlaması açısından incelemiştir. Araştırmacılar erişilebilirliği, yolculuğun başladığı noktadan bittiği nokta arasında belirlenen yolculuk güzergâhı doğrultusunda yer değiştirme kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Bu açıklamalar, erişilebilirlik kavramının planlama sürecindeki önemini ortaya koymak adına oldukça önemlidir.

Bunun yanı sıra literatürde erişilebilirlik kavramı fiziki mekânda değerlendirilmiştir. Bu bakış açısına göre erişilebilirlik, fiziki metrik mekânda erişilebilirlik analizi, graph teoriye dayanan kenar (edge) ve düğüm (node) verilerinin birbirileri ile bütünleşerek yol ağı (network) üzerinden tanımlanmaktadır (George, 2008). Bu bakış açısı, kentlerde bulunan üst ve alt yapıların (su, enerji, yol ağı vb.) düğüm (node) ve kenarlardan (edge) oluşan ağsal yapılara indirgenebileceğini ve bu ağsal sistemlerin mesafe ve derinlik optimizasyonda, yer tespiti, en yakın mesafe, en iyi dağılım, servis alanları gibi erişilebilirlik kavramı temelinde ağ analizi yapılabilindiği ortaya koymaktadır (Lloyd, 2010).

Ülkemizde son yıllarda yaygınlaşan erişilebilirlik kavramı ilk olarak 2014 yılında çıkarılan Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğinde tanımlanmış ve imar mevzuatımızda yerini almıştır. Söz konusu yönetmelik, kavramı kentsel sosyal donatı alanları üzerinden şu şekilde tanımlamıştır:

“ana merkez veya merkezi iş alanları; yönetim alanları, iş merkezleri, sosyal altyapı, konaklama, açık ve yeşil alanlar, genel ve bölgesel otopark, ulaşım ana istasyonları gibi kullanımları içerir. Bu merkezlerin, toplayıcı veya tali yolların kesiştiği noktalarda hizmet ettiği alanın büyüklüğüne, nüfusuna, otopark ihtiyacına göre ve taşıt, toplu taşıma ve bisiklet yolları ile erişilebilirliği dikkate alınarak belirlenmesi esastır. Semt veya mahalle merkezleri gibi alt merkezler; asli olarak semt veya mahalle nüfusuna hizmet vermek üzere idari tesis alanları, ticaret, eğitim, sağlık tesisleri, ibadet yerleri, sosyal ve kültürel tesis gibi kullanımlar ile park, oyun alanları, meydan gibi açık alanlar, genel ve bölge otoparkları, spor tesisleri gibi kullanımları bünyesinde bulundurur. Bu merkezlerin birbirleriyle ve ana merkezle bağlantılarının, toplu taşıma, bisiklet ve yaya ulaşımı, açık ve yeşil alan sürekliliği ile erişilebilirliğin sağlanması esastır.”

Bunun yanı sıra, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğinin, Mekânsal Planların Yapımına Dair Esaslar başlıklı dördüncü bölümünün 12. maddesinde,

“İmar planlarında; çocuk bahçesi, oyun alanı, açık semt spor alanı, aile sağlık merkezi, kreş, anaokulu ve ilkokul fonksiyonları takriben 500 metre, ortaokullar takriben 1.000 metre, liseler ise takriben 2.500 metre mesafe dikkate alınarak yaya olarak ulaşılması gereken hizmet etki alanında planlanabilir”

şeklinde hüküm bulunmaktadır. Bu bağlamda ülkemizde genellikle yürünebilir mesafe 500-2.500 metre arasında kabul edilmektedir.

Geçmişten bugüne kadar yapılan erişilebilirlik tanımlarını özetlemek gerekirse;

- İlk tanımı yapan Hansen'den (1959) sonra 1988 yılına kadar mekânda erişilebilirlik ve arazi kullanımı-ulaşım ilişkisi hakkında tartışmalar başlamıştır.
- 1988-1998 yılları arasında etkinlik ve fayda esaslı kullanımlara bağlı olarak yolculuk davranışları analiz edilmiş ve literatüre kazandırılmıştır.
- 1998-2000 yılları arasında, ilk defa uzaklık (mesafe) ve maliyet konusu kapsamında değil, mülk ve arazi değerleri üzerinden erişilebilirlik değerlendirilmiş ve diğer çalışmalarda da bu konular kapsamında değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.
- 2000-2006 yılları arasında arazi kullanım ve ulaşım ilişkisi ortaya konmuş ve bu yıllar arası daha çok sorgulanarak araştırma konusu haline gelmiştir. Bunun yanı sıra, erişilebilirliğin ulaşım planlamasındaki yeri ve ulaşım erişilebilirliği hakkında da birçok tanım getirilmiştir.
- 2008-2010 yılları arasında erişilebilirliği graph teoriye dayanan kenar (edge) ve düğüm (node) verilerinin birbirileri ile bütünleşerek yol ağı (network) üzerinden tanımlandığı ortaya konulmuş ve araştırma konularından birisi haline gelmiştir.
- 2014 yılında çıkarılmış olunan Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğinde yer almış ve daha çok erişilebilirlikte yürüme mesafesinin önemi aktarılmıştır.

- 2015'den-günümüze kadar geline nokta erişilebilirlik mekâna (ticari alanları, alışveriş merkezleri, sağlık, eğlence alanları, durak, arabaya varma noktası vb.) erişim olarak literatürde yer almaktadır. Aynı zamanda, konumları arasındaki erişimin veya ulaşımın ölçülebildiği mesafe olarak da tanımlanmıştır.

Genel olarak erişilebilirlik kavramı araştırmacılar tarafından farklı açılardan değerlendirmiş olup, planlama, arazi kullanımı, ulaşım, lojistik, coğrafya ve kentsel ekonomi gibi disiplinlerde önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmıştır.

2.1.2. Dünyada Erişilebilirlik Ölçümü ile İlgili Uygulamalar

Dünya'da farklı bakış açıları doğrultusunda veri tabanları ve uygulama ve/veya planlama amaçlarından kaynaklı farklı erişilebilirlik ölçümleri geliştirilmiştir. Genellikle temel amaç, toplu taşıma sistemlerinin kullanımının teşviki ve yolculara en kısa yoldan toplu taşıma sistemlerine ulaştırmaktır. Bunun yanı sıra, özel otomobil kullanımının da azaltılması hedeflenmektedir. Sahip oldukları ulaşım kültürüne paralel olarak ülkelerin kullandığı erişilebilirlik ölçütleri farklılaşmaktadır.

Hilbers ve Verroen (1994), Hollanda'da artan nüfusla birlikte özel araç kullanımının önüne geçebilmek ve ulaşım-arazi kullanım arasındaki bağlantıyı arttırmak için bir yöntem geliştirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında öncelikle iş seyahatleri ve iş alanlarının analizini yaparak, iş alanlarındaki çalışan nüfusun ve müşterilerin ulaşım ihtiyaçlarını tespit etmişlerdir. Bu bağlamda çok sayıda lojistiğe ihtiyaç duyulan işletmelerin otoyol ve/veya 1.derece yolların üzerinde olması gerekliliğini ve bu alanlara toplu taşıma düğümlerinin oluşturulmasının önemli olduğunu savunmuşlardır.

Bhat ve diğerlerine (2002) göre, erişilebilirlik ölçütleri, yolculukların mekânsal dağılımını ve bu yolculuk başlangıç ve bitiş noktalarına ulaşmanın kolaylığını ifade etmektedir. Bu kapsamda Güney Kaliforniya için yapılan çalışmada, erişilebilirlik ölçümü çalışan nüfusa dayalı yapılmış ve bu işlem mutlak bir seyahat süresi içinde mevcut işyeri sayılarının yüzdesine göre belirlenerek ortaya konmuştur.

Kwan (1998), erişilebilirlik yöntemleri kullanarak ve bu yöntemlerin birbirleriyle ilişkisini açıklayan bir çalışma yapmıştır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanılarak Columbus/Ohio çalışma alanında yapılan analiz sonucunda, çalışma izokronal¹ ve konum-zaman etkili yöntemlerin, yolcuların toplu taşıma sistemlerine erişilebilirliğini kolaylaştırdığını

¹ Izokronal: Belirli bir başlangıç noktasından hedeflenen etkinlik alanlarına (iş, okul, alışveriş merkezi vb.) erişilebilirliği belirli dirençler doğrultusunda ve zamansal aralıklarıyla değişimini anlamak için kullanılan bir olgudur.

ve cinsiyete göre yolculukların konum-zaman etkili yöntemleri kullanarak erişilebilirliklerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Tablo 2.1 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerindeki Bazı Erişilebilirlik Uygulamaları (Bhat ve diğerleri, 2001)

Yapıldığı Yer	Kullanım Amacı	Ölçüt Formu	Gerekli Veri	Açıklama
Hollanda	Tür seçimi	Ulaşım ağı mesafeler	Toplu taşıma hizmetlerine uzaklık	Hedef, arazi kullanımında iş merkezleri ve hedef kitlenin erişilebilirlik profili yardımıyla uyumlu konumlandırılmasıdır
	İş dışı aktivite payının belirlenmesi	İzokronal yaklaşım	Toplu taşıma servis aralıkları	
	Ekonomik büyüme koşullarının karakterize edilmesi		Ana arterlere uzaklık	
			Otoyol erişim noktalarına uzaklık	
İngiltere	Toplu taşıma hizmetlerine erişilebilirliğin artırılmasıyla, ulaşımın sürdürülebilirliğin sağlanması	İzokronal yaklaşım	Duraklara varış süresi	Toplu taşıma ile lokal erişilebilirlik
			Ortalama servis bekleme süresi yolculuk süresi	Hastane, sosyal tesisler vb. Özel hizmetlere erişim kolaylığı
			Bitiş noktasına varış süresi	
Oregon	Ulaşım sistemi performansının ölçülmesi	Beklenen maksimum faydanın logaritmik toplamı	Araç içinde geçen yolculuk süresi	Logaritmik toplam, araç içinde geçen seyahat süresine ait katsayıya bölünerek eşdeğerli karşılaştırma sağlanmaktadır.
			Araç dışında geçen yolculuk süresi s	
			Yolculuk ücreti	
			Park etme ücreti	
			Araç işletme ücreti	
			Yolculuk mesafesi	
Albany, New York	Trafik tıkanıklığı yönetim sisteminin değerlendirilmesi	Ulaşım ağı mesafeleri	Seçilen trafik analiz bölgeleri arasındaki yolculuk süresi (pik ve non-pik periyotlarda en hızlı ulaşım modu ile)	
Albuquerque, NM	Merkezi istihdam bölgelerindeki trafik tıkanıklığının takip edilmesi	Yolculuk süresi - kontur haritaları	Pik periyot yolculuk süreleri	
Florida	Koridorlar için mobilite ölçütü	Ulaşım ağı mesafeleri	Konutsal merkezlerin devlet karayolu sistemine uzaklıkları	
Southern California	İstihdam olanaklarına erişimin incelenmesi	Kümülatif fırsatlar	Trafik analiz bölgesindeki istihdam sayısı	
			Yolculuk süresi	

Bhat ve diğerleri (2001), ABD ve Avrupa’da uygulamada kullanılan erişilebilirlik yöntemlerini, teorik yapı, toplu ulaştırma kolaylığı, veri temini ve uygulanabilirlik şeklinde dört açıdan incelemiştir. İncelenen erişilebilirlik uygulamalarının karşılaştırılması Tablo 2.1’de verilmektedir. Bu bağlamda çalışmalarda genel olarak izokronal ve mesafe bazlı yöntemlerin kullanıldığı ve fayda tabanlı yöntemlerin diğer ölçütlere göre daha çok veriye ihtiyacı olduğu gözlemlenmiştir.

Erişilebilirlik yöntemlerinin hesabı genel olarak, arazi kullanım, sosyo-ekonomik durum ve ulaşımdaki yolculuk verileri gibi verilerin bütüncül şekilde değerlendirilmesiyle yapılmaktadır. Bu verilerin doğru temini, analiz edilmesi ve en uygun şekilde uygulanması toplu taşıma sistemlerindeki erişilebilirliğin doğru bir şekilde çözümlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar, ulaşım planlamasının daha doğru yapılmasına ve ülke kaynaklarının daha verimli kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Odabaşı, 2018).

Bunun yanı sıra, birçok yöntem, bir önceki yöntemin eksikliğini kapatmak için geliştirilmiştir. Bu nedenle her bir yöntemi kendi içerisinde değerlendirmek daha doğru olmaktadır. Çünkü kullanılacak erişilebilirlik yönteminin belirlenmesinde uygulama amacı, veri kapasitesi/çeşitliliği ve analiz düzeyi önemli bir yere sahiptir (Özuysal, 2010).

2.1.3. Erişilebilirlik Bileşenleri ve Ölçüm Yöntemleri

Geurs ve Van Wee'ye (2004) göre erişilebilirlik bileşenleri dörde ayrılmaktadır. Bunlar; arazi kullanım bileşeni, ulaştırma bileşeni, zamansal bileşen ve bireysel bileşen olarak belirtilmiştir. Tablo 2.2' de erişilebilirlik ölçüm yöntemleri ve erişilebilirlik bileşenlerinin ilişkileri gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Erişilebilirlik Ölçüm Yöntemleri ve Bileşenleri (Geurs & van Wee, 2004)

Yöntem	Bileşenler			
	Ulaştırma	Arazi Kullanımı	Zamansal	Bireysel
Altyapı Tabanlı	Yolculuk süresi: trafikte harcanan süre	-	Zirve saat	Yolculuk amacı dağılımı: ev-iş vb.
Mekân Tabanlı	Etkinlik merkezleri arasındaki yolculuk süre ve/veya maliyeti	Olanaklar için talep ve/veya arzın miktar ve dağılımı	Yolculuk süresi ve maliyeti zamana göre farklılık gösterebilir	Nüfus dağılımı: gelir durumu, eğitim durumu vb.
Birey Tabanlı	Etkinlik merkezleri arasındaki yolculuk süresi	Olanaklar için arzın miktar ve dağılımı	Etkinlikler için zamanlar kısıtlar veya etkinlik için ayrılacak süre kısıtı	Erişilebilirlik bireysel düzeyde hesaplanabilir.
Fayda Tabanlı	Etkinlik merkezleri arasındaki yolculuk maliyetleri	Olanaklar için arzın miktar ve dağılımı	Yolculuk süresi ve maliyeti zamana göre farklılık gösterebilir	Fayda bireysel veya türdeş topluluklar için türetilir.

1) Ulaştırma bileşeni ulaşım türlerinin kendi içerisindeki olumsuzluklarının yolcuya yansıtılmasıdır. Kullanıcılar yolculuk esnasında yol uzunluğunu, konforu, seyahat süresi gibi dirençleri göz önünde bulundurarak analiz yapmakta ve bu analiz sonucunda halen aynı ulaşım türü kullanılıyorsa erişilebilirlik oranı artmaktadır (Gülhan, 2014).

2) Arazi kullanım bileşenine göre yolcunun gitmek istediği etkinlik alanına ulaşım sisteminin bağlantılarıyla erişmesi, ulaşım ve arazi kullanım arasında yakın bir ilişki

olduğunu göstermektedir. Bir arazi kullanımının belli bir çekim potansiyeline sahip olmasının, bu bölgeye doğru yolculuk talebi doğuracağını ve bu bölgenin çekiciliğinin artmasıyla ulaşım talebinin de artacağı varsayılmaktadır (bunun tam tersi de olabilir). Örneğin bir alana ulaşım yolları yatırımı yapılırsa o alanda yeni yapılaşma olmakta ve bu alana doğru yeni yolculuk talepleri oluşmaktadır. Bu bağlamda erişilebilirlik, arazi kullanımlar arasındaki ulaşım ağları ile yapılacak olunan yolculuk çıktısıdır (Gülhan, 2014).

- 3) **Zamansal bileşeni**, gün içerisinde belirli zamanlarda yapılan çeşitli etkinlik ve/veya aktivite zamanlarıdır (Gülhan, 2014).
- 4) **Bireysel bileşen**, bireylerin yolculuk davranışlarının yansımasıdır. Yolcuların yaş, cinsiyet, eğitim durumu gibi özelliklerin farklılaşması yolculuk davranışlarına yansımaktadır. Fakat bu davranış değişiklikleri, bireyin geliri ve/veya seyahat bütçesine göre değişiklik göstermektedir. Cervero, Rood, & Appleyard (1997), Geurs & Ritsema van Eck (2003), Shen (1998) çalışmalarında, bireylerin araba veya toplu taşıma kullanımlarındaki erişilebilirliğe dayalı olarak, iş yerine yakın ikamet etme eğiliminde olduklarını vurgulamaktadır. Bu durum bireylerin kendi çıkarlarına göre erişilebilirliği değiştirebildiklerini ortaya koymaktadır.

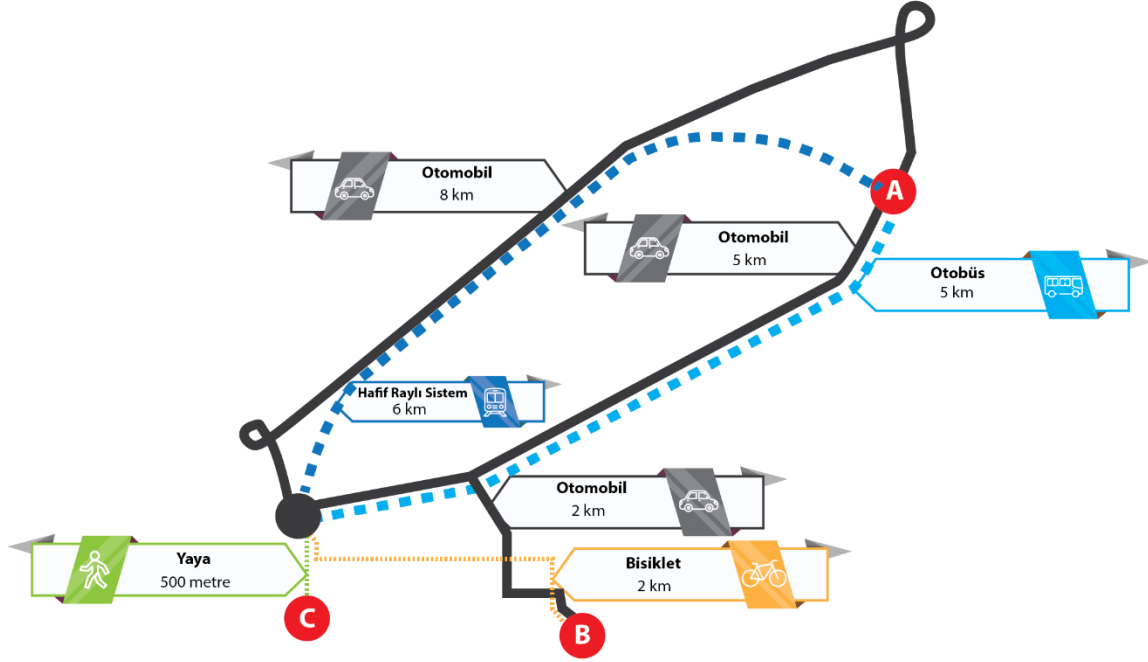
Yapılan kaynak araştırmasında, bilimsel çalışmalarda kullanılan beş farklı erişilebilirlik ölçüm yöntemi olduğu görülmüştür. Bunlar altyapı, aktivite, fayda, kişi temelli ve karma tabanlı yöntemlerdir.

2.1.3.1. Altyapı Tabanlı Yöntem

Altyapı tabanlı yöntem genellikle yolculuk süreleri, yol uzunluğu, trafik tıkanıklık göstergeleri ve/veya işletme hızları gibi ölçülebilir göstergelerle erişilebilirliği tahmin etme yöntemidir. Belirli bir konumdan varılmak istenen etkinlik alanına “en kısa yoldan, en uygun ulaşım türü ile nasıl giderim?” sorusuna yanıt veren bir yöntemdir. Yolcu davranışlarına göre en kısa yol seçimi süre, maliyet, uzaklık gibi kriterlere (dirençlere) göre farklılık göstermektedir. Bu yöntem ile ilgili çalışmalar incelendiğinde erişilebilirliği ölçmek için genellikle karayollarının uzunlukları, raylı sistem istasyon sayıları gibi temel altyapısal ölçütler kullanılmıştır. Birçok Avrupa kentinde altyapısal erişilebilirliği geliştirmeye yönelik ulaşım politikalarının belirlenmesi ekonomik gelişmeyi de etkilemiştir. Belli bir kent nüfusunun ekonomik olarak gelişimini sağlamak için altyapısal erişilebilirliği kullanmak doğru bir yaklaşımdır (Geurs & Ritsema van Eck, 2001). Örneğin İngiltere’de 2010 yılı yapılan bir

çalışmada, ulaşım politikaları belirlenirken toplam yolculuk süreleri ve trafik sıkışıklığı, ana erişilebilirlik ölçütü olarak dikkate alınmıştır (DETR, 2000).

Şekil 2.1’de altyapı tabanlı yöntemle ait örnek verilmiş olup, örnekteki siyah olarak işaretlenmiş yolculuk başlangıç noktasından A, B ve C alanlarına olan mesafe kriter (direnç) olarak alınmıştır. Fakat diğer çalışmalarda bu kriterler süre, maliyet veya genelleştirilmiş maliyet olarak da alınabilmektedir.



Şekil 2.1 Altyapı Tabanlı Yöntem Örneği (Curtis & Scheurer, 2010)

Diğer taraftan altyapı tabanlı yöntem genellikle bir bölgedeki ulaşım altyapısının hizmet düzeyleri hakkında göstergeler oluştururken, arazi kullanım, mesafe ve erişilebilirlik açısından yetersiz kalmaktadır. Örneğin, bir kentteki yolculuk sürelerinin azaltılması, arazi kullanım dağılımına ve merkezdeki yapılaşmanın artmasına olanak sağlarken, sadece altyapısal değişim dikkate alındığında yöntemde gelişme alanlarının erişilebilirliği ne yönde etkili olduğu tespit edilememektedir (Ewing 1993; Geurs & Ritsema van Eck 2001). Bu nedenle erişilebilirlik analizlerinde kullanılacak yöntemlerin amaca göre değerlendirilmesi gerekir. Özellikle istihdamı etkileyen arazi kullanım kararlarına ilişkin politikalar belirlenirken altyapı tabanlı yöntem değil, aktivite veya fayda temelli erişilebilirlik yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir (Özuysal, Tanyel, & Oral, 2012). Buna ek olarak, ulaşım planlaması

literatüründe, altyapı tabanlı yöntemden daha çok aktivite esaslı yöntemin kullanılması gerektiğini belirten birçok çalışma bulunmaktadır (Cervero 1997; Ewing 1993).

2.1.3.2. Aktivite Esaslı Yöntem

Bu yöntem, erişilebilirlikte arazi kullanımının tür, nitelik, alan ölçümleri ve arazi kullanım yoğunluklarına bağlı olarak ulaşılacak istenilen alanları dikkate almaktadır (Özuysal M. , 2010). Herhangi bir ulaşım türü ile belirlenen zaman diliminde erişilebilecek konut, ticaret, çalışma alanları, aktif yeşil alanların tespit edilmesinde genellikle bu yöntem kullanılmaktadır (Ünver Göçer, 2021). Literatürde aktivite esaslı yöntem, lokasyon temelli erişilebilirlik analizi olarak da adlandırılmakta ve beş türe ayrılmaktadır (Özuysal 2010; Geurs & Ritsema van Eck 2001). Bu türler aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

a) Mesafe Bazlı Yöntem

Ingram (1971) mesafe bazlı yöntemi “göreceli erişilebilirlik” olarak adlandırmıştır. Harita üzerindeki iki noktanın düz çizginin uzunluğu ile ve ulaşım altyapısı temelinde, iki lokasyon arasındaki ortalama seyahat mesafesi, süresi ve/veya serbest akım hızı ile ifade edilen ölçüt olarak uygulanmaktadır.

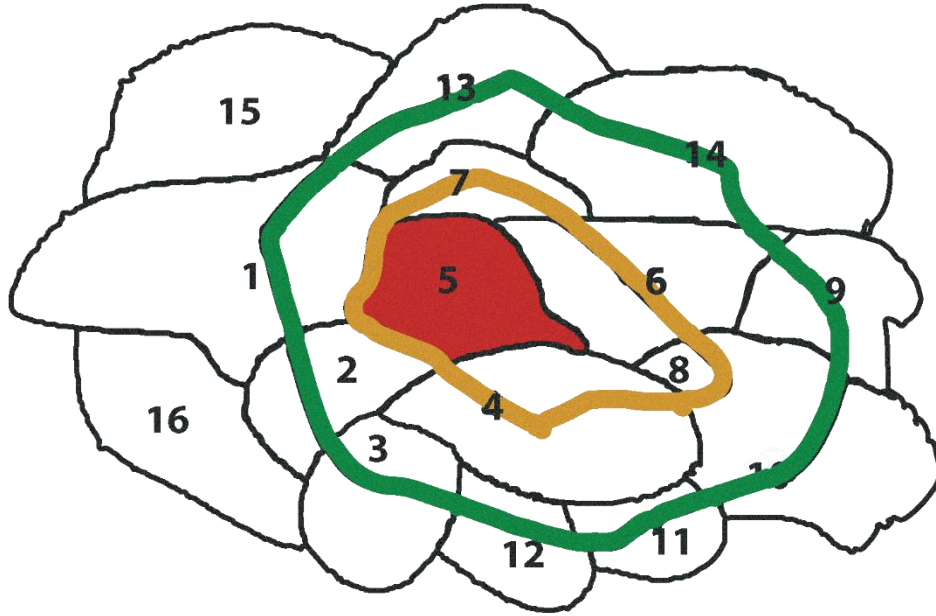
Mesafe bazlı yöntem, genellikle arazi kullanım stratejilerinin belirlenmesinde veya mesafe bazlı coğrafi analizlerde iki arazi kullanım arasındaki mesafenin erişilebilirlik açısından uygun olup olmadığının tespitini yapmak için kullanılmaktadır. Örneğin bir yerleşimdeki hane halkının hastaneye otuz dakikalık yolculuk süresiyle ulaşması veya toplu taşıma duraklarının yerleşim alanlarından 500-800 metre uzaklık içerisinde olup, olmadığına dair kontroller yapılarak analiz edilmesi, göreceli birer erişilebilirlik uygulamalarındandır. Mesafe bazlı yöntem, genellikle arazi kullanım planlamasında ve herhangi bir bölgeye veya ulaşım altyapısına maksimum yolculuk süresinin ve/veya mesafesinin standartlaştırılmasına yönelik yapılan coğrafi analizlerdir. Bu yöntem ulaşım sistemi ile konumu ilişkilendiren uygulanması kolay erişilebilirlik ölçütüdür (Özuysal 2010).

b) İzokronal Yöntem

Bu ölçüt kümülatif fırsatlar yöntemi (Bhat ve diğerleri 2000) ve kontür yöntemi (Geurs & Ritsema van Eck, 2001) olarak da bilinmektedir. Belirli bir başlangıç noktasından hedeflenen etkinlik alanlarına (iş, okul, avm vb.) erişilebilirliği belirli dirençler doğrultusundan izokronlar (zamansal aralıklar) şeklinde ifade edilmektedir. Yöntem, belirli bir zaman ve uzunluğa göre ulaşılacak istenilen hedeflerin (ticaret alanları, hastane vb.) miktarını ele almaktadır. Özetle, bir

yolcu için ne kadar fazla noktaya ulaşma imkanı varsa erişilebilirliğin de o kadar arttığı varsayılmaktadır.

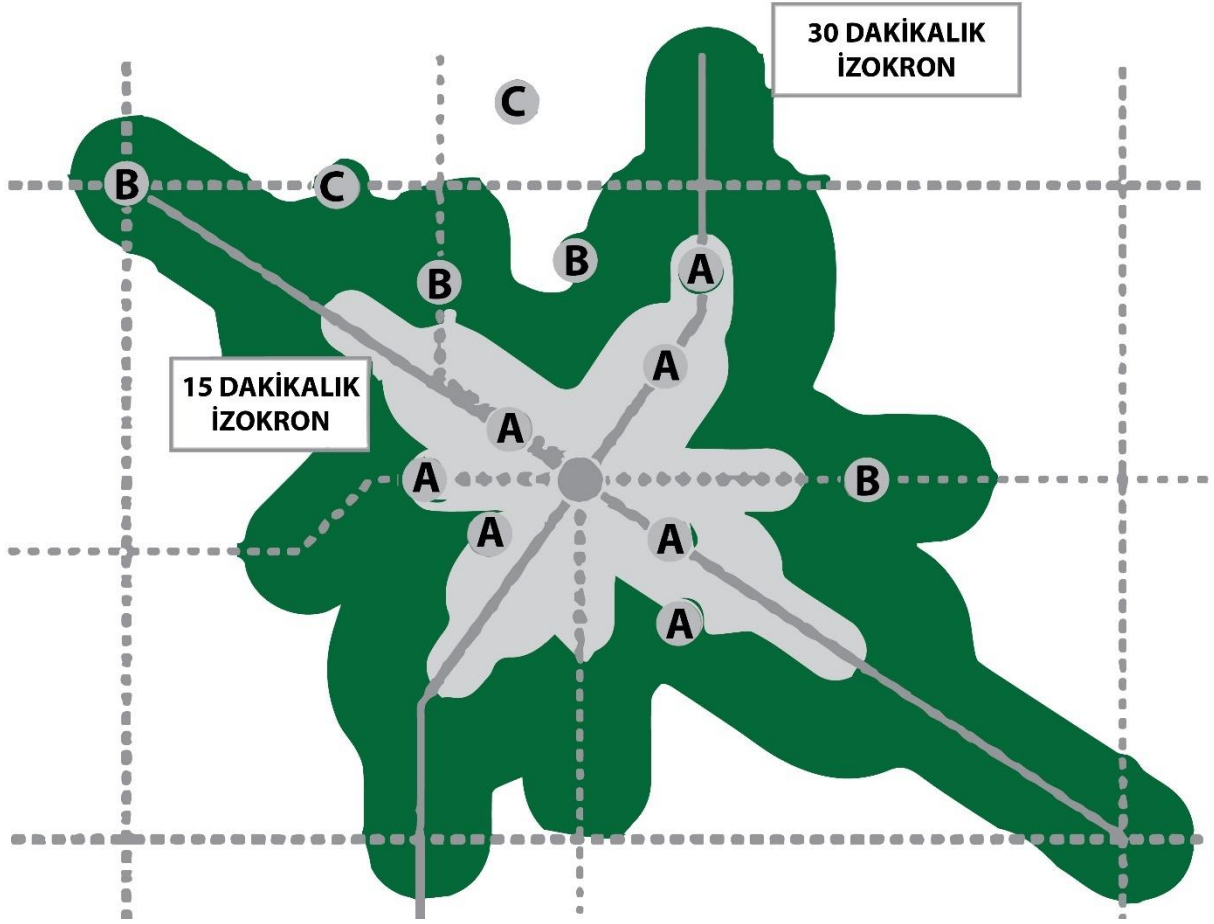
Şehir ve bölge planlama ve coğrafya alanında yapılan çalışmalarda sık kullanılan bu yöntemde merkez ve zaman faktörü önemli bir yere sahiptir. Başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafe kısa ama zaman olarak ulaşım zor ise veya mesafe uzun ama ulaşımı kolay ise mesafe bazlı yöntem bu durumda yanıltıcı olmaktadır. Fakat izokronal yöntemde zaman odaklı analiz yapılabildiği için bu durum söz konusu değildir. Direnci zaman olarak trafik analiz bölgelerinin merkezlerinden sınır çizgileri atılarak erişilebilirlik bölgelerinin oluşmasına olanak sağlamaktadır (Gülhan, 2014) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 İzokronal Yöntem ile Yapılan Haritalama Örneği

Bu yöntemde, direnç olarak diğer ölçütlerde de olduğu gibi yolculuk süresi, maliyeti ve mesafesi alınmakta ve model oluşturulurken arazi kullanımların konumsal alanları dikkate alınmaktadır. Bu yöntemin en büyük avantajı ulaşım dirençleri (süre, maliyet, uzunluk) ile arazi kullanımı bileşenleri (tesislerin konumu) arasındaki bağlantıyı kurmaktır (Özuysal M., 2010).

Şekil 2.3' de izokronal yöntem örneği verilmiş olup, merkezde bulunan gri daire şeklinde işaretlenen başlangıç noktasından 15-30 dakikalık izokronlar ile A, B ve C ile tanımlı olanaklar gösterilmektedir.



Şekil 2.3 İzokronal Yöntem Örneği (Curtis & Scheurer, 2010)

İzokronal yöntemin dezavantajları ise aşağıdaki gibidir (Geurs & Ritsema van Eck, 2001);

- Bütün olanak türlerinin (sosyal donatı alanları) farkları dikkate alınmaksızın eşit derecede cazibe merkezi olarak gösterilmektedir (Vickerman, 1974).
- İzokronların oluşturulması için belirlenen aralıklar analizi yapan araştırmacının kabulüne bağlıdır.
- Seçilen başlangıç noktasına çok yakın izokron çizgilerinin üzerinde kalan olanakların tespit edilmesi güçtür (Ben-Akiva & Lerman, 1979).

c) Potansiyel Erişilebilirlik

Çekim yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntem mekân tabanlı olup, arazi kullanımı, ulaşım sistemleri ve planlama modelleri gibi veri tabanlarının olması oldukça önemlidir. Bu modelin en büyük eksikliği bütün kullanıcılara aynı bireymiş gibi yaklaşması ve bireysel/davranışsal etkileri göz önünde bulundurmamasıdır (Geurs & Ritsema van Eck, 2001). Ayrıca izokronal ölçüte göre yorumlanması daha zor ve karmaşıktır.

Bu yöntemi ilk olarak, Haris (1954) “olanakların etkileşim potansiyeli” olarak adlandırılan çalışmasında uygulamıştır. Pazar alanlarının yer seçim kararlarının üretim sürecinde, yer seçiminin konumsal analizi yapılarak belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Newton’un çekim teorisine dayanan bu yöntem üssel fonksiyon olarak düzenlenmiş ve daha sonrasında negatif üssel ve Gauss fonksiyonları olarak ifade edilmiştir. Literatürde çekim yöntemine örnek olarak gösterilen birçok çalışma vardır (Hansen, 1959; Vickerman, 1974; Linneker & Spence, 1992; Handy, 1992; Handy S. , 1994; Jacobs-Crisioni & Koomen, 2017).

Bir trafik analiz bölgesinde barınan nüfustaki farklı bireylerin yolculuk bitiş noktaları ve yolculuk dirençleri yani seçim kriterleri diğer bireylerden farklıdır (Ben-Akiva & Lerman, 1979). Yöntemde, yolcu davranışları ele alınmadığı için bireylerin erişilebilirliğe eşit düzeyde sahip olduğunu varsayar ve bir arazi kullanıma ilişkin erişilebilirlik olanaklarının dağılımını gösterir, ancak arazi kullanımın çektiği yolculuk talebini göz ardı etmektedir. Bu nedenle bir yerleşim alanında yolculuk taleplerinin homojen olarak dağılmadığı durumda potansiyel ölçüt yöntemi yetersiz kalmakta ve yanıltıcı olmaktadır (Shen 1998; Soydan, 2017).

d) Ters Dengeleme Faktörleri

Akademik araştırmalarda rekabet yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu yöntemi ilk olarak Wilson (1971) çalışmış olup, mekânsal etkileşim seviyesini yani mekanın arz ve talebini ölçmeyi amaçlamaktadır. Wilson, bu yöntemi dört tip modelde incelemiştir. Bunlar;

- Çekim kısıtlı,
- Yaratım kısıtlı,
- Çift (yaratım ve çekim) kısıtlı
- Kısıtsız modellerdir.

Çekim kısıtlı modele örnek vermek gerekirse, sağlık hizmetlerinin kapasitesi, iş olanaklarının sınırlı olması veya bir restoranda yer bulunamaması gibi çekim alanlarının kısıtlanması sonucunda çıkan modeldir. Yaratım kısıtlı model ise çekim kısıtlı modelin tam tersi olarak kabul edilebilir. Yani başlangıç noktası sınırlı iken hedef noktaları sınırsızdır (Özuysal M., 2010). Çift kısıt modelde başlangıç ve bitiş noktaları belirli olan modellerdir. Örneğin başlangıç bir konut olarak kabul edilirse, çekim alanları olarak aktivite alanları (ticaret, sağlık vb.) belirlenebilmektedir. Kısıtsız model ise çift kısıtlının tam tersi olarak kabul edilip, üretim ev, iş, alışveriş alanları gibi birçok arazi kullanımdan başlayıp, bütün aktivitelerin çekimini de hesaplamaya olanak sağlayan bir modeldir.

e) Konum-zaman Etkili Yöntem

Bu ölçüt birey tabanlı yöntem olarak da bilinmektedir. Konum-zaman etkili yöntem güçlü teorik altyapısı ve ayrık (disaggregate) yapısı ile erişilebilirliğin bütün yöntemlerini kapsamakta ve bu nedenle erişilebilirliği ölçmek açısından başarılı kabul edilmektedir (Geurs & van Wee, 2004). Yöntem insanların yolculuk alışkanlıklarının değişiminden, insanların zamana bağlı ulaşım değişikliğine kadar birçok değişkenin incelenmesine olanak vermektedir. Yöntem erişilebilirliğin zaman ve arazi kullanım bileşenlerini aynı anda ele almakta ve bireysel bakış açısına göre analiz edebilmektedir. Bu bağlamda konum-zaman esaslı yöntem, gözlemlenen veya anket ile hane halklarının günlük aktivite yolculuklarını, zaman sınırları içinde nasıl hareket edildiğini veya zamanın günlük aktivite yolculuğuna nasıl yansıdığını incelemeye ve analiz etmeye olanak vermektedir (Gülhan, 2014).

Bu amaçla yolculuk davranışları, genellikle planlanmış zamanlar dâhilinde potansiyel arazi kullanım alanlarını gösteren “konum-zaman prizması” olarak ifade edilmiştir (Dijst & Vidaković, 1997). Ayrıca Miller’ın (1999) yapmış olduğu çalışmasında bu yaklaşım, rastlantısal fayda kavramı ile ilişkilendirmiş ve yapılacak olan yolculuk aktivitesinde, yolcunun algılayacağı fayda analiz edilmeye çalışılmıştır.

Konum-zaman esaslı yöntemin olumsuz yönlerinden birisi, hane halkı verisinin detaylı ve doğru olmasının gerekliliğidir. Diğer yöntem ve modellerde kullanılan veriler, konum-zaman esaslı yöntem için de yeterli olmakla birlikte, ayrıntılı veri seti oluşturulması gerekmektedir. Bu yüzden genellikle çalışma yapılırken küçük bölgeler ve az nüfuslu alanlar tercih edilmektedir (Geurs & Ritsema van Eck, 2001).

2.1.3.3. Fayda Tabanlı Yöntem

Fayda tabanlı yöntem, genel olarak yolculuk alternatiflerinden birini seçip, yolculuk davranışı ve ulaşım sistemlerinin farklı yolculara sağladığı faydaların modellenmesine olanak verir (Greene & Liu, 1988). Buna ek olarak, erişilebilirliği bireysel tabanlı ele alıp, ulaşım türleri ve altyapının yanında bir de kullanıcı davranışlarını ele almaktadır (Banister & Berechman, 2000).

Fayda esaslı yaklaşımın temel kabulleri aşağıdaki gibidir;

- Kullanıcılar ulaşım alternatiflerinden en fazla fayda sağlayana yönelmektedirler,

- Kullanıcıların her biri bütün alternatif ulaşım sistemlerinin sağladığı faydaları değerlendirememesi sonucunda, bu fayda hem deterministik² hem de stokastik³ bileşenlerin toplamı ile temsil edilmektedir.

Fayda tabanlı yöntem ile ilgili örnek verilecek olursa, Sweet'in (1997) çalışmasında Londra'da logaritmik toplamlara göre yapılan özel araç ve toplu taşıma ile hizmet alanlarının erişilebilirliğini analiz etmiştir. Levine (1998) ise çalışmasında, yolculuk amaçlarından birisi olan ev-iş arasındaki seyahat sürelerinin insanların konut yer seçim kararı üzerindeki etkisini incelemiştir.

Bu yöntemin en önemli avantajı, teorik yapısının sağlam ve güvenilir olmasıdır. Ayrıca, bu yöntem mikro-ekonomik refah teoremi ile de bağlantılıdır. Bunun yanı sıra, benzer özellikteki yolcuların (yaş, gelir, eğitim durumu vb.), özelliklerine göre gruplandırılarak analiz edilmesinin daha iyi sonuçlar verdiği öne sürülmektedir (Geurs & Ritsema van Eck, 2001). Yöntemin dezavantajı ise, yöntemin yorumlanmasının zor olması ve formülasyonunun farklı teorilere dayandırılmadan açıklanamamasıdır (Koenig, 1980).

2.1.3.4. Kişi Temelli Yöntem

Bireysel bazda analiz edilen bu yöntem erişilebilirliği kullanıcıların aktivitelere katılma durumuna göre analiz etmektedir. Bu tarz analizler genellikle kullanıcının serbest bir biçimde dolaşımının limitlerini ölçmek için yapılmaktadır. Bu bağlamda kişi temelli yöntemde zorunlu aktivitelerin (ev-iş, ev-okul yolculuklar) konumu ve yolculuk süresi, serbest aktiviteler (ev-diğer, diğer-diğer yolculuklar) için ayrılan zaman ve ulaşımda geçirilen süre temel bakış açılarındandır (Gülhan, 2014).

2.1.3.5. Karma Tabanlı Yöntem

Bu yöntem altyapı ve aktivite esaslı yöntemi de içermekle birlikte konut, iş alanları gibi arazi kullanımların toplu taşıma istasyonlarına olan uzaklıklarının analizine odaklanmaktadır (Ünver Göçer, 2021). Bunun yanı sıra, erişilebilirlik ölçüm yöntemleri, birçok akademik çalışmada yerini almış ve bu yöntemlerin geliştirilmesi için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların geneli mevcut yöntemleri bir araya getirerek, bu yöntemlerin başarılı yönlerini

² Deterministik; Sistemin bir zaman noktasında, nasıl davranacağını önceden dinamik modeli üzerinden hesaplanabilen sistemlere deterministik sistem denir (Aktekin, 2015).

³ Stokastik; İki veya daha fazla sayıda değişken arasındaki ilişkinin hatası konusunda belli istatistiksel varsayımlar yapılarak bu ilişkilerin bir model içinde gösterilmesidir (Aktekin, 2015).

birleştirip karma yöntemler oluşturmaktadır. Bu bağlamda, fayda tabanlı yöntem, fayda tabanlı konum-zaman etkili yöntem, izokronal yöntemlerin bazı özellikleri alınarak birlikte erişilebilirlik analizi yapılabilir. Bunlara örnek olarak Martinez & Araya (2000) ters dengeleme faktörleri ve fayda tabanlı yöntemi; Miller (1999) fayda tabanlı yöntem ve konum-zaman etkili yöntemi; Cascetta, Carteni, & Montanino (2016) ise izokronal yöntem ve fayda tabanlı yöntemi birlikte kullanarak erişilebilirlik analizini karma yöntemler ile yapmışlardır.

2.1.4. Erişilebilirlik Temelleri

Erişilebilirlik temelleri dörde ayrılmaktadır. Bunlar aşağıda detaylı bir şekilde verilmektedir.

1) Kuramsal Temel

Kuramsal temel, erişilebilirliğin bütün bileşenlerini ve içindeki unsurlarını kapsamaktadır. Belli bir başlangıç ve bitiş noktası arasında yolculuk yaparken, yolcunun belirlediği bir ulaşım modu için seyahatinin faydasının veya zaman-maliyet açısından uygunluğunun hesap yapılmasına kuramsal temelli erişilebilirlik denir. Bunun yanı sıra, erişilebilirlik, farklı iki nokta arasındaki ulaşımında yaşanan zamansal değişimleri, arz edilen fırsatları, fırsatların kalitesini, yolculuk taleplerinin mekânsal dağılımını ve rekabete duyarlı arz ile talebin karşılaştırılmasını da içermektedir.

2) Uygulanabilirlik

Bir erişilebilirlik ölçütünün uygulamada kullanılabilme kolaylığıdır. Örneğin; verinin, modellerin, tekniklerin, zaman ve bütçenin olup olmadığını sorgulamak erişilebilirliği uygulamada pratik kolaylığı göstermektedir.

3) Yorumlanabilirlik

Araştırmacılar, şehir ve ulaşım plancıları, siyasetçi ve politikacılar erişilebilirliği yorumlayabilmektedir. Erişilebilirlik analizi yapılırken ele alınan ayrıntılı ve sayısal verilerin yorumlanabilmesi güç olmakta ve politikaların/stratejilerin oluşturulma sürecini etkilemektedir.

4) Sosyal ve ekonomik hesaplarda kullanılabilirlik

Genel olarak arazi kullanım ve ulaşım sistemlerinin yatırımlarından kaynaklı belirli mekânlarda sosyal değişim gözle görülür biçimde olmaktadır. Sağlık etkileri, sosyal uyum etkileri, sosyo-ekonomik sebepler bu değişimlerin bir kaçıdır (Forckenbrock & Weisbrod, 2001).

2.1.5. Ulaşımında Erişilebilirlik

Erişilebilirlik kavramı, coğrafya ve şehir planlama bilim dallarında birçok kez tanımlanmasına rağmen, ulaşım planlarında uygulama yönünden daha yeni bir kavramdır. Son yıllarda erişilebilirlik kavramı ulaşım ana planında oldukça önemli bir yere sahip olmuş, “Bureau of Transportation Statistics” Yıllık Raporu (Bureau of Transportation Statistics, 2002), birçok ulaşım ana planlaması, trafik ve mobilite etütleri gibi çalışmalarda yerini almıştır. Buna ek olarak ülkemizde daha yeni gündemde olan “Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Planları’nda” erişilebilirlik üzerine detaylı bir şekilde inceleme ve analiz konusudur. Erişilebilirliğin sayısal verilerle ifade edilebilmesi, kavramı ulaşım planlamasında kullanılabilir kılmıştır. Bu bağlamda da erişilebilirliğin standardizasyonu, ulaşım planlamasında araştırılması gereken konulardan biri haline getirmiştir (Özuysal, Tanyel, & Şengöz, 2003). Ulaşım ana planı sürecinde her topluluğun sorunlarının anlaşılması ve eşitlik ilkesi doğrultusunda toplumun her kesiminin önceliklerinin göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir (Litman, 2017).

Erişilebilirlik kavramının en önemli bileşenlerinden birisi ulaşım olmakla birlikte, arazi kullanımların erişilebilirliği için ulaşım altyapısının ona göre yapılandırılması gerekmektedir (Tümertekin, 1973). Erişilebilirliği etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır.

1. Ulaşım Talebi: Arazi kullanımlar arasında yapılan hareketliliğin (mobility) değişken olması ve erişilebilirlik tüketimi,
2. Ulaşım Aktivitesi: Yolculuklar ile ortaya çıkan hareketlilik ve erişilebilirlik miktarıdır (Litman, 2011).

Bir kent ulaşımında erişilebilirliğin artması, ulaşımındaki talebin de artması demektir. Bunun yanı sıra eğer talep artarsa, bu durumda kentteki arazi kullanım türlerinde de gözle görülür değişiklikler gözlenmektedir (Stover, 1988).

Ulaşım planlamasında ulaşım sistemi performans ölçütleri trafik perspektifi, hareketlilik (mobility) perspektifi ve erişilebilirlik perspektifi olarak üçe ayrılmaktadır. Trafik perspektifine göre araçların hareketliliği ulaşım faaliyetlerini oluşturmakta ve bu faaliyetler araç başına seyahate bağlıdır. Günümüz ulaşım sisteminde, motorlu araç ile yolculuk yaya, bisiklet ve toplu taşıma gibi yolculuklara oranla daha fazla ön plandadır. Bu nedenle, ulaşım problemlerinin çözümü için genellikle yol ve otopark kapasitelerin artırılması, serbest akış hızların yükseltilmesi ve araç sahipliğini teşvik edecek bir dizi politika desteklenmektedir. Bu perspektifte ulaşım ile ilişkili üretilen politikalarda seyahat hızı, yol kapasitesi, hizmet seviyesi, gecikme süreleri, kavşak kuyruklanması, otopark istatistikleri gibi birçok rakamsal ölçüt ön plandadır (Litman, 2003). Hareketlilik perspektifi genellikle ulaşım ana planlarında sosyal

ayrım yapılmaksızın, bütün toplumun ihtiyaçlarının gözetilmesiyle yapılan yatırım sonrasında hareketliliğin sağlanmasıdır (Hamburg, Blair, & Albright, 1995). Erişilebilirlik perspektifi ise ulaşım, ürün ve/veya malların, servis ve hizmetlerin, arazi kullanımı, aktivitelerin erişilebilirlik kolaylığı olarak açıklanmaktadır.

Tablo 2.3’de de görüldüğü gibi erişilebilirlik bakış açısı kullanıcı açısından fayda kabulü, en fazla ulaşım alternatifleri, faal arazi kullanım türleri ve en az ulaşım maliyeti olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca erişilebilirlik arazi kullanımlar arasında kullanımların entegre olarak etkin ulaşım ağları ile bağlanması şeklinde de açıklanabilir (Litman, 2003).

Erişilebilirlik perspektifi, trafik ve mobilite perspektiflerine göre ölçülmesi daha zor bir performans ölçütüdür. Erişilebilirlik perspektifi ulaşım sistemleri, ekonomi ve coğrafi kriterlerin tümünden etkilendiği için ölçüt analiz edilirken daha detaylı çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir. Bu ölçüt sözel olarak kolayca yorumlanabilirken, sayısal olarak değerlendirilmesi diğer yaklaşımlara göre oldukça zordur. Bu performans ölçütlerinin temel özellikleri, Tablo 2.3’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.3 Ulaştırma Sistemi Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması (Litman, 2003)

Özellik	Trafik Perspektifi	Mobilite Perspektifi	Erişilebilirlik Perspektifi
Ulaştırmanın Tanımı	Otomobil seyahatleri	İnsanların ve eşyanın hareketi	Malların, hizmetlerin ve aktivitelerin elde edilebilirlik kolaylığı
Ulaşım Ölçü Birimi	Araç-km ve araç-seyahat	Kişi-km, kişi-seyahat ve ton-km	Hedeflerin erişim kolaylığı
Dikkate Alınan Ulaşım Türleri	Otomobil seyahatleri	Otomobil, kamyon ve toplu taşıma	Telekomünikasyon gibi alt türleri de içeren tüm türler
Genel Performans Ölçütleri	Trafik hacmi ve hızı, hizmet seviyeleri, araç-km başına düşen maliyetler, park etme olanakları ve maliyetleri	Kişi-seyahat hacimleri ve hızları, yol ve toplu taşıma hizmet seviyeleri, kişi-seyahat başına maliyetler, seyahat edilebilirlik olanakları	Türler arası hizmet seviyeleri, arazi kullanımı karakteri, aktivitelere çeşitli alternatiflerle ulaşımın geliştirilmiş maliyetleri
Kullanıcı Açısından Fayda Kabulü	Maksimum otomobil-km ve hız, yeterli park etme olanakları, düşük araç maliyetleri	Maksimum kişisel seyahat ve maksimum eşya hareketi	Maksimum ulaşım alternatifi, etkin arazi kullanımı, kabul edilebilir genel maliyetler
Arazi Kullanımı Anlayışı	Düşük yoğunluk, karayolu çevresinde dallanmış şehirsiz yerleşim	Toplu taşıma için elverişli, bir arada aynı arazi kullanımı	Entegre arazi kullanımı, etkin ulaşım ağı bağlantıları
Ulaşım Sistemini Geliştirme Anlayışı	Yol ve park kapasitelerinin gelişmesi, yüksek hız ve erişim kontrolü	Yükselen ulaşım sistem kapasitesi, yüksek hız ve güvenlik	Ulaşım sistemi ve arazi kullanımının geliştirilmesine yönelik dengeli ilerleme
Stratejileri	-	-	Etkinlik ve güvenlik, alternatiflerin artırılması
Seyahat Talep Yönetimi Açısından Uygulanabilirliği	Tıkanıklığın çok yüksek olduğu bölgeler dışında, motorlu araç taşıma ulaşımının azaltılması istenilmez.	Yük ve yolcu mobilitesini geliştirmeye yönelik seyahat talep yönetimi stratejilerini destekler.	Kaynakların etkin kullanımı birinci planda geldiği sürece, seyahat talep yönetimi stratejilerini destekler.

2.1.6. Toplu Taşıma Sistemlerine Erişilebilirliğin Önemi

Toplu taşıma sistemleri, kent ölçeğinde ulaşım kolaylığını sağlayan ve erişilebilirliğin toplumun her kesimine sunulmasını sağlayan ulaşım türlerindendir (Banister, 1995). Kentsel yapının bir parçası olan toplu taşıma ağlarının kentsel etkileşim ve dolaşım açısından ulaşım sistemindeki payı yüksektir. Ayrıca bazı kentlerde alternatifli olması, ulaşım sıklığı ve maliyet (Rodriguez, 2006) gibi nedenlerle toplu taşıma sistemleri insanların en fazla tercih ettikleri ulaşım türüdür. Ayrıca toplu taşıma sistemleri kamusal hizmet olmalarından dolayı kar odaklı değil ve toplumsal eşitliğin sağlanması için önemlidir. Bu sebeple, toplu taşıma sistemlerinin doğru analiz edilerek değerlendirilmesi, kentsel sistem ve işlevleri anlamada oldukça önemlidir (Bok & Kwon, 2016).

Geleneksel ulaşım ana planlarında otomobil odaklı olduğundan karayolu, kavşak ve köprü çözümlerine yönelik planlama yapılırken, günümüzde erişilebilirlik kavramıyla birlikte toplu taşıma sistemleri ulaşım planlarının odağında yer almaya başlamıştır. Bu yaklaşım, raylı sistemlerin ve raylı sisteme entegre olan ulaşım modlarının önemini daha da artırmıştır. Yöneticiler toplu taşımayı teşvik edici tedbirler alırken, otomobil kullanımının arttırılmasına yönelik yatırımları askıya almaktadır. Ulaşım planıcıları toplu taşımayı teşvik edebilmek için otomobil odaklı ulaşım sisteminin tercih edilme nedenleri olan konfor, güvenlik ve kapıdan kapıya hizmet gibi avantajları toplu taşıma sistemleriyle de sunmayı amaçlamaktadır. Kentsel yapıda çeşitli toplu taşıma sistemleri bulunmakla birlikte, bütüncül bir toplu taşıma sistemi için farklı toplu taşıma türlerinin birbirleriyle entegre olması ve çalışması sürdürülebilir ulaşım planlaması açısından zorunludur. Bu bütünlük sağlanmadığında erişilebilirlik düşmekte, toplu taşımaya talep azalmakta, kentsel trafik artmakta ve fazla kaynak kullanımı söz konusu olmaktadır. Bu bağlamda toplu taşıma türlerinin (raylı sistem, otobüs, minibüs vb.) geniş kapsamlı bir bütün içerisinde sistemli bir şekilde işletilmesi erişilebilirliğin artmasına katkı sağlamaktadır (Gülhan, 2014).

Erişilebilir bir toplu taşıma sistemi sosyal donatı ve hizmet alanlarına rahat ulaşabilmeyi sağlayarak, nitelikli kentsel gelişmeye vesile olmaktadır (Blackwell, 2017). Erişilebilir bir toplu taşıma sistemi bu yönüyle toplumsal yapının sürdürülmesinin temel ilkelerinden olan eşitlik ilkesine de katkıda bulunmaktadır. Otomobil sahibi olmayan ve toplu taşıma dışında alternatif ulaşım modlarında seçeneği olmayan toplulukların (genç, yaşlı, düşük-orta gelirli sınıf, engelli vb.) toplu taşıma erişilebilirliğinin sağlanması gerekmektedir (Mavoa, Wittena, McCreanor, & O'Sullivan, 2012). Bu sebeplerle erişilebilirlik etki alanı geniş bir toplu taşıma sisteminin oluşturulması ve geliştirilmesi, ulaşım planlamasının temel amaçlarından biridir.

2.1.7. Toplu Taşıma Sisteminde Erişilebilirliği Etkileyen Unsurlar

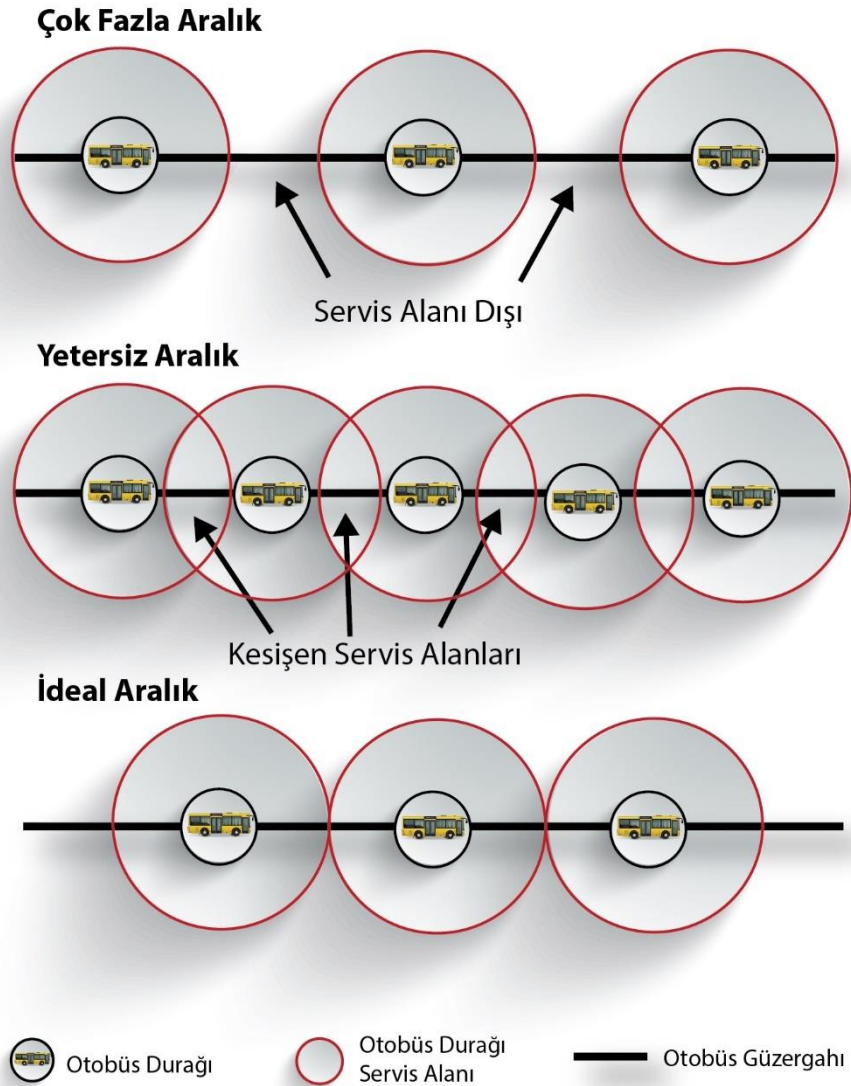
Karar vericiler sürdürülebilir bir kentsel sistem oluşturmak amacıyla toplu taşıma ile ilgili çalışmalarında kullanıcıları planlama sürecine dâhil ederek, insanların kentin sosyal, fiziksel ve çevresel gelişiminde söz sahibi olmalarını sağlamaktadır (Curtis, 2007; Salicru, Fleurent, & Armengol, 2010). Bunun yanı sıra, ulaşım davranışlarının gözlemlenerek modellenmesi, toplu taşıma sisteminin erişilebilirliğine ilişkin planlarda üretilen politikaların başarısını arttırmaktadır. Yolcunun ulaşım davranışlarını zaman, maliyet, aktarma sayısı, konfor, güvenlik gibi kriterler değiştirmektedir. Bu kriterler toplu taşıma ataması⁴ için modelde çeşitlendirilebilir. Toplu taşıma atama modelinde ne kadar çok kriter kullanılırsa o kadar gerçeğe yakın sonuç alınmaktadır. Fakat birçok kriterin nitel olmasından kaynaklı sayısal değerlerinin olmaması, bu kriterlerin bazılarının model oluşturulurken kullanılmasını zorlaştırmaktadır (Engwicht, 1993; Friedrich, Hofsäß, & Wekeck, 2001; Hansen, 1959).

Modelde diğer bir önemli unsur ise kentteki en önemli düğüm noktaları olan duraklardır (Ünver 2013). Duraklar, “toplu taşıma sistemlerinin uğradığı, yolcuların inip bindiği yer” tanımından daha fazla anlam taşımaktadır. Çünkü kentsel mekânda toplu taşıma duraklarının konumları, durakların çevresindeki sosyal yaşamı ve arazi kullanım yapısını şekillendirmektedir. Duraklar toplu taşıma sistemlerine erişilebilirliği artırdığı için bir çekim alanına sahiptir ve çevresinde kendine has bir bölge oluşturmaktadır. Bu nedenle durak çevresinin eğimi ve yol ağının tasarımı, erişilebilirliği etkilemektedir. Birçok araştırmacı erişilebilirliğe yönelik çalışmalarında durak erişimini veya yolcunun duraklara coğrafi yakınlığını temel ölçüt olarak kullanmıştır (Hsiao, Lu, Sterling, & Weatherford, 1997; Lovett, Haynes, Sunnenberg, & Gale, 2002; Mavoa ve arkadaşları 2012; Zhao, Chow, Li, Ubaka, & Gan, 2003). Toplu taşıma erişilebilirlik analizi, kentte ilişkin ulaşım planlamasında, erişilebilirliğinin yetersiz olduğu bölgeleri tespit etmek ve iyileştirmek için kullanıldığından karar vericilerin oluşturacağı politikalara temel oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, erişilebilirlik analizi kentin ulaşım altyapısına ilişkin yatırım tasarrufu yapılmasına da olanak sağlamaktadır (Hawas, Hassan, & Abulibdeh, 2016).

Buna ek olarak, bir güzergâhtaki durak sayısı, yolcuların seyahat sürelerini değiştirmektedir. Örneğin güzergâhta durak sayısı çok sık ve birbirine yakın ise daha sık durma eylemi gerçekleştiği için, bekleme süresi ile yolculuk seyahat süreleri artmaktadır. Fakat bir

⁴ Toplu Taşıma Ataması; ulaşım ana planlarında kullanılan 4 aşamalı yolculuk talep tahmin modelinin son aşaması olan “Atama” kısmıdır. Mevcut ulaşım durumunun belirlenerek, geleceğin tahmin edilmesini sağlayan yine mevcut durumda akımların oluştukları akımları gösteren uyumlu bir benzetim modelidir.

güzergâhta az durağın bulunması ise erişim noktasına yürüme süresini arttırmaktadır. Bu bağlamda, toplu taşıma sistemleri en uygun durak aralığı ile planlanmış hatlar ile işletildiğinde hem verimlilik artar hem de yolcuların duraklara erişilebilirliği dengelenir. Şekil 2.4’de geleneksel durak planlamasında yapılan tampon analizi ile durakların toplam hizmet alanına etkisi gösterilmektedir. Tampon analizinde servis alanlarının kesişmesi veya aralarında mesafe oluşması durakların doğru konumlandırılmadığını gösterir. Servis alanlarının teğet geçmesinde ise durakların ideal olarak konumlandırıldığı düşünülmektedir. Çünkü durakların yakın ve uzak olması, yukarıda da belirtildiği gibi, yolculuk ve dur-kalk sürelerinin artmasına veya yürüme mesafesinin artmasına yol açmaktadır (MTA, 2014).



Şekil 2.4 Otobüs Durağı Aralığının Hizmet Kapsama Alanına Etkisi (MTA, 2014)

Toplu taşıma sistemlerinin etkin ve tercih edilmesi için sistem tasarımı ve performansı önemli unsurlardır. Bu unsurlar için duraklar arası mesafelerin, yolcuların erişebileceği optimum uzaklıkta olması gerekmektedir. Durak mesafelerinin belirlenmesinde hem işletmecinin hem de yolcuların isteklerini dengelemeye yönelik planlar yapılmalıdır. Yolcu, en kısa mesafede durağa ulaşmak ve seyahat süresinin de minimumda olmasını beklerken, işletmeler genellikle işletmenin gelir ve giderlerini, güvenilir hizmet ve müşteri memnuniyetini dengelemeye çalışmaktadır. Bir güzergâhta toplu taşıma yolculuklarının düşmemesi için seyahat süresinin uzun olmaması ve yolcuların toplu taşıma sistemlerine ideal yürüme mesafesinde erişebilmesi oldukça önemlidir (Uludağ, 2010).

Transit Cooperative Research Program (TCRP) tarafından yapılan araştırmalar sonucu, uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları belirtilmiştir. Bu durak aralıkları Tablo 2.4’de verilen değerlere göre şehir merkezlerinde duraklar arası ideal aralığın 152-366 metre arasında olduğu ve genel uygulamalarda bu mesafenin 229 metre olduğu kabul edilmiştir. (TCRP, 1996).

Tablo 2.4 Uluslararası Literatürde Geçerli Durak Aralıkları

Bölge	Durak Aralıkları (m)	Genel Uygulama (m)
Ticari Bölgeler	92-305 m	183 m
Şehir Merkezleri	152-366 m	229 m
Banliyöler	183-762 m	305 m
Kırsal Bölgeler	198-805 m	381 m

Toplu taşımada durağı ile yolcuların durağa erişiminde optimum mesafenin ne olması gerektiğine ilişkin çeşitli ölçme teknikleri kullanılmaktadır (Zhao, Chow, Li, Ubaka, & Gan, 2003). Söz konusu ölçüm tekniklerinde farklı yaklaşımlar bulunur. Örneğin yolcular toplu taşıma duraklarına en kısa sürede ulaşmak istediğinden bazı çalışmalar bu noktaya yoğunlaşmıştır. Fakat her bir yolcu için en kısa yol olan yani başlangıç ve varış noktaları arasında toplu taşıma hizmeti sunmak her zaman mümkün değildir. Bazı çalışmalar ise toplumun sosyo ekonomik farklılıkları ile toplu taşıma duraklarına erişim süresindeki ilişkiyi incelemektedir. Rastogi & Rao (2003) da Hindistan-Mumbai şehrinde metro istasyonlarına erişimde sosyo-ekonomik yapının etkisini incelemişlerdir. Çalışma, durak erişiminde bulunan yolcuların sosyo-ekonomik durumlarını analiz etmeyi amaçlamıştır. Rastogi & Rao, anket yöntemi ile kullanıcıların meslekleri, araç sahiplilikleri, hane gelirleri gibi birçok soru sormuştur. Araştırmacılar çalışmalarında yolcuların sosyo-ekonomik durumlarıyla istasyonlara erişim uzaklıklarının arasında bağlantı olduğunu gözlemlemiştir. Çalışma metro istasyonlarına,

düşük gelir sınıfındaki insanların, yüksek gelir sınıfındaki insanlara göre daha fazla yürümek zorunda kaldıklarını ortaya koymuştur.

Çalışmalar, toplu taşımada erişilebilirlik analizinin önemini vurgulamakta ve erişilebilirlik ölçütlerinde sadece yürüme mesafesinin değil sosyo-ekonomik, konfor, maliyet ve toplu taşıma frekansı gibi kıstasların da göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca çalışma söz konusu ölçütlerin kentsel gelişim, değişim, dönüşüm için önemli olduğunu da vurgulamaktadır. Tüm bu sonuçlar toplu taşıma sistemlerinin kentler için vazgeçilemez bir ulaşım türü olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede kentsel alanda toplu taşıma sistemlerinin kullanımı artırmak ve teşvik etmek için erişilebilirlik analizi önemli parametre olarak dikkate alınmalıdır.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekânsal verilerle bilgiyi ilişkilendirebilme yeteneğinden dolayı literatürde önemli bir yere sahiptir. CBS sayısal veriler ve sayısal olmayan veriler ile mekân arasında bağlantı kurabildiği için birçok disiplin tarafından kullanılmaktadır. Her bir disiplinin CBS'yi farklı amaçla kullanıyor olması ve kavramın birçok boyutunun olması CBS'ye ilişkin üzerinde uzlaşılan tek bir tanım yapmayı zorlaştırmaktadır. Örneğin ziraat mühendisi ürünlerin rekolte değeri hesabında bir araç olarak, maden mühendisi rezerv hesaplamasında bir yöntemler bütünü olarak, biyolog biyoçeşitlilik analizleri olarak, peyzaj mimarı ise peyzaj planlaması yapılan bir araç olarak tanımlayabilmektedir. Bu bağlamda CBS, bazı disiplinlerde coğrafi bilgilerin bir bilgi sistemine aktararak işlenebilir hale dönüştürülmesi, bazı disiplinlerde ise bilgi sisteminde oluşturulan bilginin mekânsal bir ürün haline getirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Aydın, 2021).

Tecim ve Kıncal (2004), CBS'yi vektörel haritalama ile koruma alan sınırlarının belirlenebildiği ve ağ analizi ile fonksiyonların analitik kapasitesinin analiz edilebildiği bir sistem olarak vurgulamıştır. Coğrafi mekân bilgilerini grafik olarak gösterebilme ve söz konusu verileri bütün halinde bir sisteme entegre ederek analiz edilebilme yeteneği CBS'nin yaygın olarak kullanılmasının temel sebebidir (Star & Estes, 1990).

Uluğtekin & Dogru (2005) CBS'yi teknolojik ve kuramsal/kurumsal açıdan değerlendirmektedir. Araştırmacılar CBS'yi teknolojik açıdan fiziksel mekân ve coğrafi alanların konumsal verilerinin işlendiği, depolandığı, gösterildiği bir bilgisayar sistemi; kuramsal/kurumsal açıdan ise, konumsal veri etkileşimi ile alınacak stratejik kararlara yönelik destekleyici altyapı sunan bir sistem olarak tanımlamıştır. Bu bağlamda araştırmacılar

yaptıkları çalışmada, kullanıcı veya yöneticiler tarafından hızlı ve doğru kararlar alınabilmesi için hem karar sürecindeki fiziki coğrafyanın görselleştirilmesi hem de verinin doğruluk payının yüksek olmasının önemini vurgulamışlardır. Kaya (2011) ise Dueker'ın (1979) yaptığı çalışmadan esinlenerek CBS'yi bir veri tabanı aracı olarak tanımlamakta ve birçok nokta, çizgi ve alan şeklinde tanımlanan mekansal ve coğrafi alanların nitelikleri, özellikleri ya da olayları içeren bir bilgi sistemi olduğunu düşünmektedir.

Tüm bu tanımlar doğrultusunda CBS, belli bir amaç doğrultusunda, coğrafi ve coğrafi olmayan verilerle işlem yapabilen, mekânsal verinin işlenmesi, toplanması, depolanması, saklanması, güncellenmesi, kontrol edilmesi, modellenmesi ve görselleştirilmesine yönelik araçlara sahip, doğru karar vermeyi desteklemeye yönelik işlemlerinin yapılabildiği sayısal bir bilgi sistemidir (Kapluhan, 2014; Parker, 1988; Yomralıoğlu, 2000; Tecim, 2008; İncekara, Karakuyu, & Karaburun, 2009; Töreayen, Özdemir, & Kurt, 2010; Uluğtekin & Dogru, 2005).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Fonksiyonları

Coğrafi bilgi sistemleri fonksiyonları literatürde birçok farklı başlık altında yer almaktadır. Yomralıoğlu (2009), CBS fonksiyonlarını sekiz alt başlıkta (sayısal veri entegrasyonu, konumsal sorgulama, otomasyon, görüntüleme, manipülasyon, konumsal analizler, karar-verme analizleri ve model analizleri); Karaş (2007) yedi alt başlıkta (veri entegrasyonu, yapılandırma fonksiyonu, manipülasyon, analiz, karar destek, model analizleri ve sunum); Töreayen, Özdemir, & Kurt (2010) ise altı alt başlıkta (veri toplama, veri görüntüleme, sorgulama, analiz ve çıktı) incelemiştir. Bu bağlamda bazı CBS fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

- **Sayısal veri entegrasyonu**, farklı yazılımlar ile oluşturulan grafik, tablo gibi çıktı verilerinin CBS'de ve diğer farklı sistemlerde kullanılabilmesidir.
- **Veri entegrasyonu**, konumsal vektör çizimleri ile öznitelik verilerinin entegre edilmesidir.
- **Konumsal sorgulama**, toplanan sayısal ve sayısal olmayan verilerin konumsal olarak sorgulanmasıdır.
- **Otomasyon**, CBS'deki grafik özelliği ile ölçüm ve hesaplama işlemlerini gerektiren iş ve işlemlerde kullanıcıya sunmada kolaylık sağlamaktadır.
- **Görüntüleme**, CBS çıktısı olarak birçok görüntüleme aracı bulunmaktadır. Bunlar video, ses, fotoğraf, raster veri, harita gibi bilgilerin görüntülenerek kullanıcıya aktarılmasını sağlamaktadır.

- **Manipülasyon**, CBS'nin bu özelliği ile mevcut verilerin işlenerek ve analiz edilerek yeni veriler oluşturulabilir ve bu verilerin güncellenmesine de olanak sağlamaktadır.
- **Konumsal analizler**, sayısal ve sayısal olmayan verilerden yararlanılarak yeni verilerin oluşturulması ile coğrafi alanlardaki potansiyel kullanımlarını analiz etmek ve çevre ve çeperlerindeki etkileri tahmin etmek gibi birçok yönden bahsedilebilir. Amaca yönelik modellenip anlaşılır şekilde çıktı sunmayı sağlayan fonksiyonlardan birisidir.
- **Karar - verme analizleri**, mevcut verileri işleyerek ve analiz ederek ileriye dönük plan, strateji, politika kararlarının alınmasını kolaylaştırmaktadır.
- **Yapılandırma fonksiyonu**, konumsal veri tabanının yapılandırılması ile analiz ve manipülasyon fonksiyonlarının faydasını bu fonksiyon belirlemektedir.
- **Model analizleri**, amaca göre planlanan proje ve ani doğa değişikliklerin gözlenebilmesini sağlayan fonksiyon olarak bilinmektedir.
- **Sunum**, mevcut veriler ve işlenmiş veriler ile harita, tablo, grafik gibi çıktıların oluşturulmasıdır.

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Mekânsal Ağ Analizi (Network Analysis)

Leonard Euler, “Königsberg Köprü Sorunu”⁵ olarak bilinen matematiksel ağ sorununu çözerek ağ kavramının doğuşuna öncü olmuştur. 18. Yüzyıla kadar uzanan kentsel ve bölgesel ağ analizi yöntemi, Königsberg'in yedi köprüsünün uygulanması ile gündem haline gelmiştir (Newman M., 2010). Mekânsal ağ analiz yöntemlerinin temelleri çok eskiye dayansa da halen uygulama ve analiz kısmında veri toplama, güncelleme, veri çıktısı alma, yazılım ve donanım yetersizliği gibi sorunlar yaşanmaktadır (Haggett & Chorley, 1969; Kinsky 1963; Tabor, 1976). Bu nedenle birçok yazılım bu analizi maddi bir karşılık bekleyerek sunmaktadır. Bu yazılımların başında coğrafi bilgi sistemleri alanında en yaygın kullanılan ArcGIS gelmektedir. Tabi mekânsal ağ analizi sadece ArcGIS yazılımıyla değil, Jiang ve diğerleri tarafından geliştirilmiş olan Axwoman ve Okabe tarafından geliştirilen SANET gibi uygulamalarla da yapılabilmektedir (Jiang & Claramunt, 2002; Miller & Wu, 2000; Peponis, Bafna, & Yang, 2008).

⁵ Königsberg şehrinde Eski ve Yeni Pregel nehirleri kesişerek Pregel (Pregolya) nehrini oluşturmakta ve bu nehirler, şehri dört bölüme ayırmaktadır. Nehir çevresindeki bu bölgeleri birleştiren yedi köprü bulunmaktadır. Çözülmesi beklenen köprü sorunu şu soru ile tanımlanmaktadır: Bütün köprülerden bir ve yalnız bir defa geçmek koşulu ile bir yürüyüş yapılabilir mi? (Data Team, 2021)

Ağlar, çizgiler (ulaşım, altyapı ağı vb.) ve noktaların (başlangıç, bitiş, donatı, kavşak vb.) birleşiminden oluşmaktadır. Ağ analizleri çizgisel ve noktasal coğrafi verilerin birbiri ile oluşturduğu şebekelerden yararlanarak çözümlemeler yapılmasını sağlar. Bu analizlerin sonuçları karar verme sürecinde doğru karar verme olasılığına katkıda bulunur.

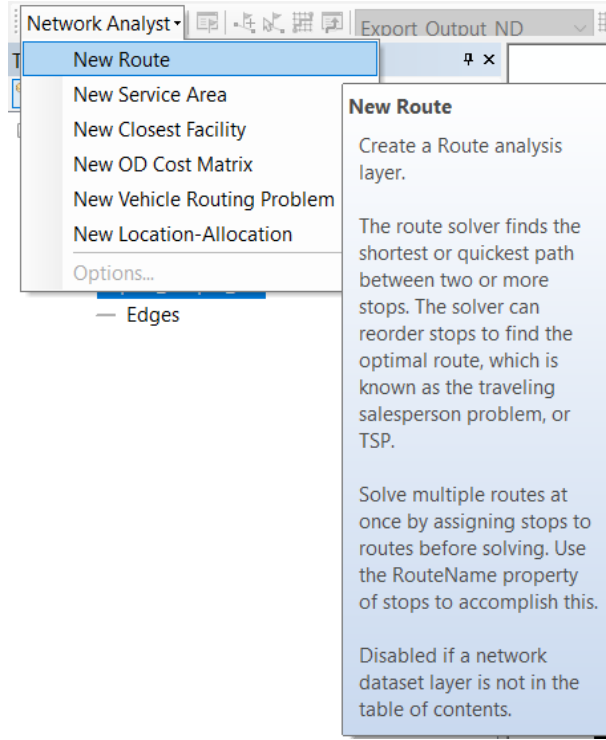
Ağ analizi, noktasal coğrafi işaretler ile bağlanan çizgi tabanlı işaretlemelerin bir araya gelerek yol, su, kanalizasyon, elektrik, telefon hatları gibi birçok çizgisel unsurları barındırmaktadır. Ağ analizi söz konusu ağ verileri ile acil durumlara en kısa sürede müdahale edilmesine yönelik yolların tespiti veya en uygun güzergâh seçimi gibi farklı amaçlara yönelik kullanılan karar destek mekanizmasıdır (Büke & Ertugaç, 2016; Erkal & Değerliyurt, 2013; Tecim, 2008; Yomralioğlu, 2009).

ArcGIS yazılımında ağ analizi farklı amaçlara göre altı farklı araçla yapılabilmektedir. Bunlar, yeni güzergâh (new route), yeni en yakın tesis (new closest facility), yeni konum tahsisi (new location-allocation), yeni araç güzergâh problemi (new vehicle routing problem), OD maliyet matrisi (OD cost matrix), servis alanı (network service area) analizidir. ArcGIS yazılımının ağ analizine ilişkin araçları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

2.3.1. En İyi Rota (New Route)

ArcGIS yazılımında ağ analizinde bulunan en iyi rota analizi (Şekil 2.5), genellikle seçilen kritere bağlı olarak en hızlı, en kısa ve/veya en manzaralı rota gibi en iyi rotaları belirlemeye olanak vermektedir (Şekil 2.6).

Bu araç sadece bir rotanın değil aynı zamanda ziyaret edilen birkaç rotanın da analizini yapmak için kullanılmaktadır. En iyi rota analizi, kriteri zaman olarak seçilirse en hızlı ve en kısa yolu analiz etmektedir. Bu bağlamda, kullanıcı tarafından seçilen kritere sahip en iyi rotanın bulunması olarak tanımlanabilir. Aşağıdaki örnekte kriter olarak zaman kullanılmıştır. Örnekte yapılan analiz sonucunda bir ve iki noktalarına en hızlı sekiz dakikada gidileceği ve en uygun rotanın şekildeki gibi olduğu görülmektedir (ArcGIS Desktop, 2022).



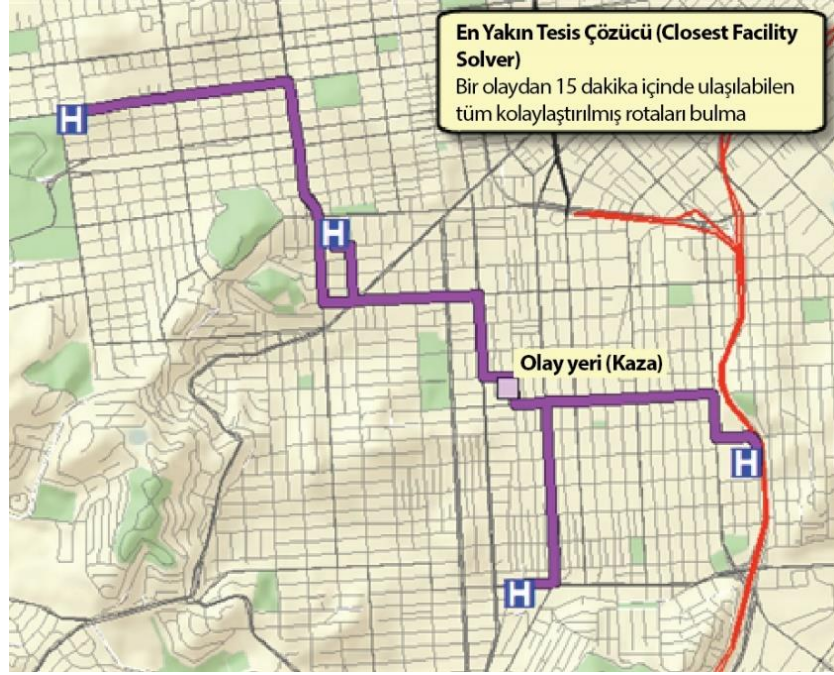
Şekil 2.5 ArcGIS Yazılımı Arayüzündeki En İyi Rota Aracı



Şekil 2.6 En İyi Rota Örneği

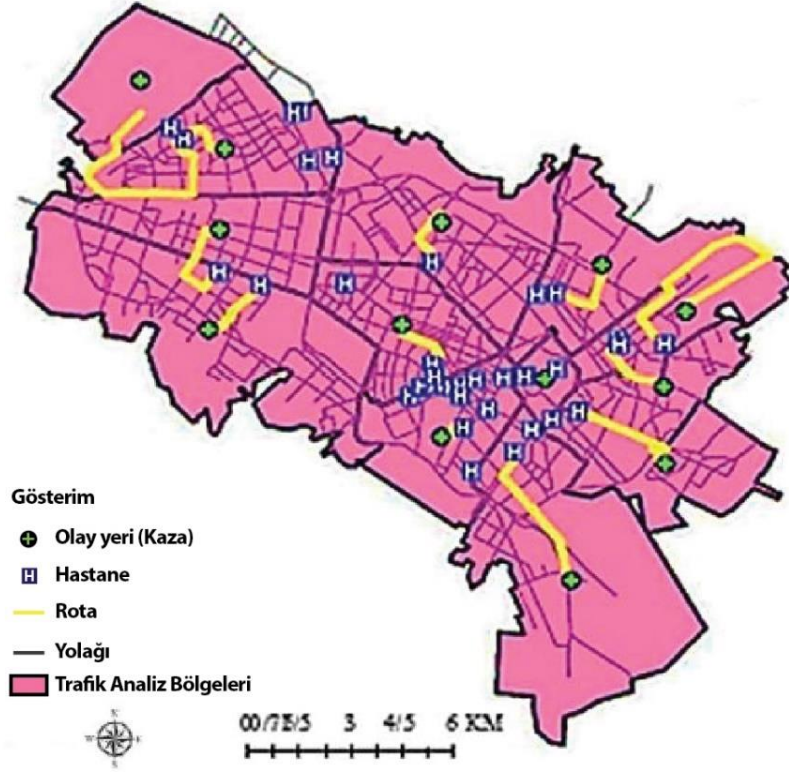
2.3.2. En Yakın Tesis Analizi (New Closest Facility)

En yakın tesis analizi bir ambulansın acil durumda hastaneye, bir polisin polis merkezinden bir olaya veya bir müşterinin en yakın mağazaya nasıl ulaşabileceğini analiz etmek için kullanılır. Bu analiz yapılırken, birden çok hedef nokta seçilebilir, en yakın mesafedeki hedef nokta ve diğer alternatif güzergâhlar görüntülenebilir. Bu bağlamda, en yakın tesis analizi, aynı anda birden fazla analiz yapmayı sağlamakta ve birden fazla olayda her olaya en yakın tesisleri tespit etmeye olanak vermektedir. Örneğin, en yakın tesis analiziyle bir kaza mahallinden 15 dakikalık sürüş süresi içindeki hastaneler aranabilir ve analiz sonucunda ulaşım süresi 15 dakikadan uzun süren hastaneler göz ardı edilebilir (ArcGIS Desktop, 2022) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 En Yakın Tesis Analizi Örneği

Bazargan (2018), ArcGIS yazılımı ile ağ analizi modeli kullanarak en yakın tesis analizinde İran sınırlarında olan Meşhed İli'ndeki hastanelerin mekânsal analizini yapmıştır. Bu analiz çalışmasında birçok veri farklı kurum ve kuruluşlardan temin edilerek ağ analizinde kullanılarak görselleştirilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Meşhed Şhrinde En Yakın Tesis Analizi Örneği (Bazargan, 2018)

2.3.3. Konum Tahsisi Analizi (New Location-Allocation)

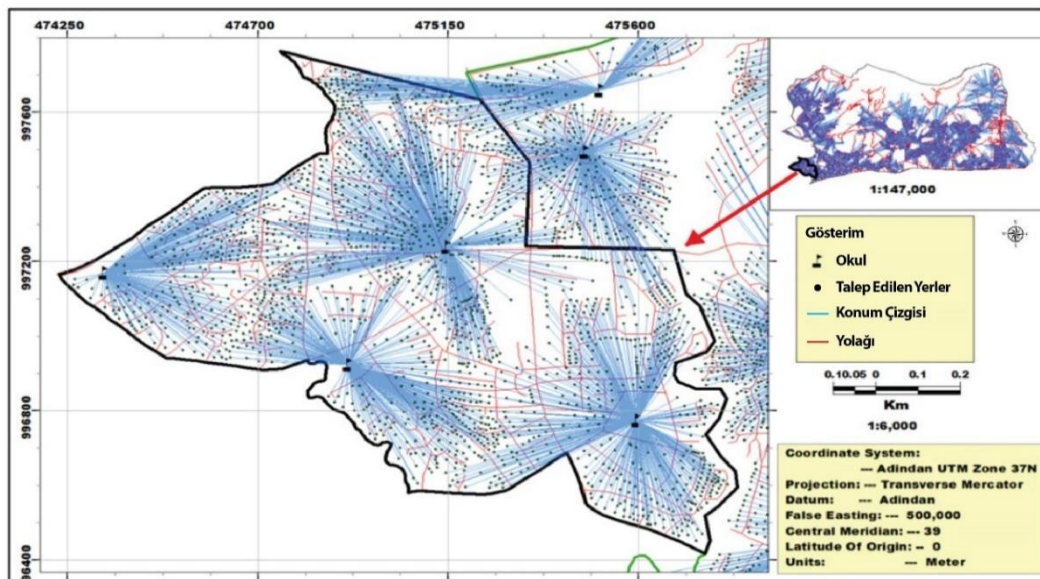
Konum Tahsisi Analizi, herhangi bir donatının kentsel alandaki mekânsal dağılımlarını dikkate alarak yeni donatı alanlarının nerelerde tasarlanabileceğine dair fikir veren bir analiz yöntemidir. Örneğin; mevcut itfaiye istasyonları göz önüne alındığında, yeni itfaiye istasyonunun nerelerde olabileceğini, bir perakende şirketinin küçülme vizyonu ile genel talebi korurken hangi mağazaları kapatması gerektiğini veya bir fabrikanın dağıtım merkezlerine olan mesafeyi en aza indirmek için nerede yer seçmesi gerektiği gibi birçok karar için bu analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu analizin amacı, talep noktaları ile tesisler arasındaki toplam mesafeyi en aza indirmek, belirli tesis alanları mesafesi içinde kalan talep sayılarında artış yapılması ve/veya talep miktarını en üst düzeye çıkarılması için çıktılar üretmektir.

Şekil 2.9’da konum tahsis analiziyle bazı kriterler (süre, mesafe vb.) belirlenip, talep noktaları, itfaiye istasyonları, ağ veri seti işlenerek hangi itfaiye alanlarının gereksiz olduğu tespit edilmektedir (ArcGIS Desktop, 2022).



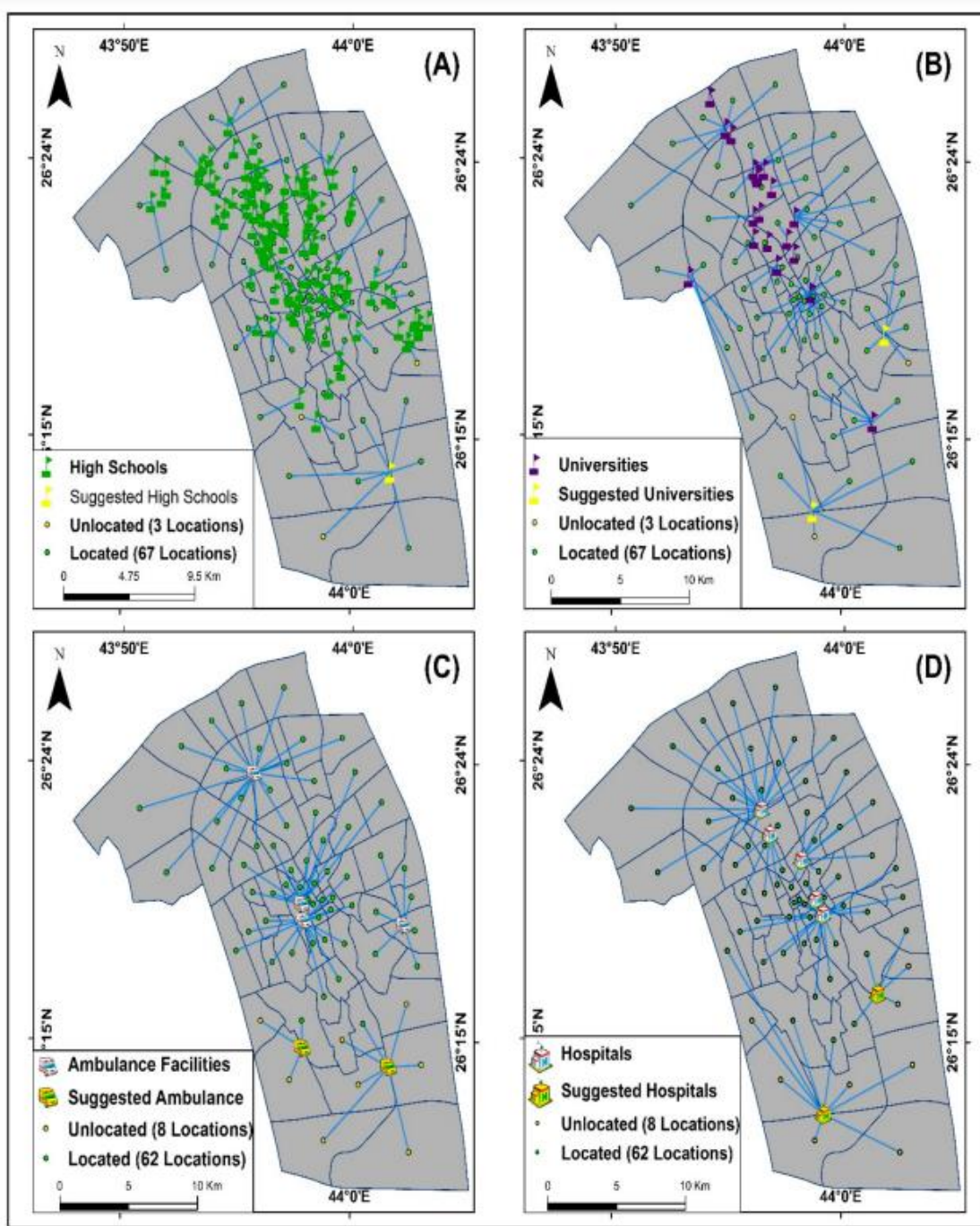
Şekil 2.9 Konum Tahsisi Analizi Örneği

Mindahun & Asefa (2019) çalışmalarında konum tahsisi analiziyle öğrenci evleri ve yol ağı veri setinden yararlanarak 2,5 kilometre uzaklığındaki en uygun okul yerlerini tespit etmişlerdir. Söz konusu çalışma kapsamında okul alanların hangi bölgelerde konumlandırılabilceği Şekil 2.10'da gösterilmektedir.



Şekil 2.10 2,5 km Kriterine Göre Yapılan Ayrıntılı LA (Location-Allocation) Analizi Örneği

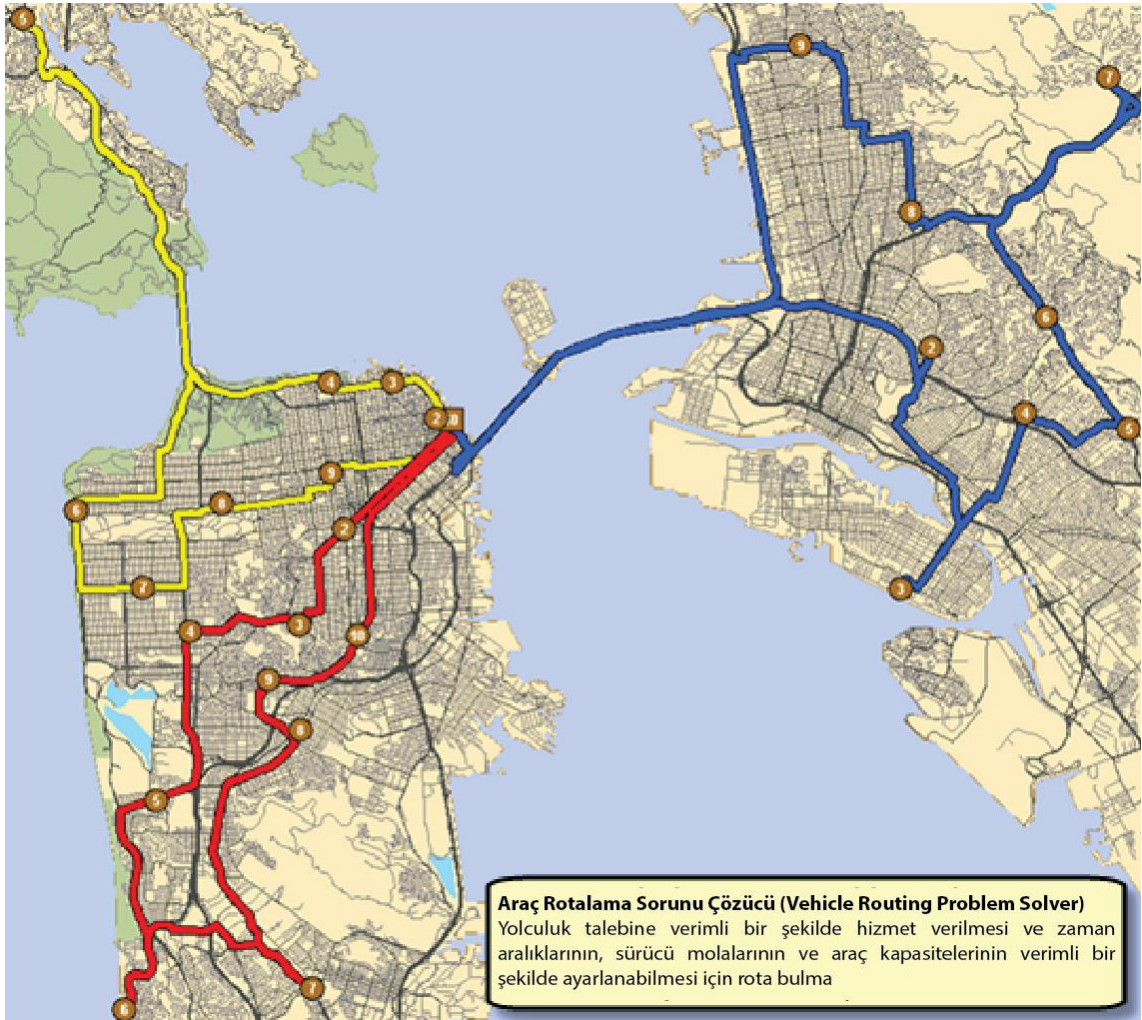
El Karim & Awawdeh (2020) ise, Suudi Arabistan’da bulunan Buraidah şehrinde yeni önerilecek/planlanacak lise, üniversite, ambulans tesisleri ve hastane alanlarının yerlerini belirlemek için konum tahsisi analiz yöntemini kullanmışlardır (Şekil 2.11). Sonuç olarak birçok farklı meslek alanını ilgilendiren tesislere ilişkin mevcut durumun analiz edilmesine ve öneri tesislerin yerlerinin belirlenmesine olanak veren konum tahsisi analiz yöntemi erişilebilirlik analizlerinde büyük bir öneme sahiptir.



Şekil 2.11 (A) Lise Alanları; (B) Üniversiteler; (C) Ambulans Tesisleri; (D) Hastane Alanları

2.3.4. Araç Yönlendirme Sorunu (New Vehicle Routing Problem)

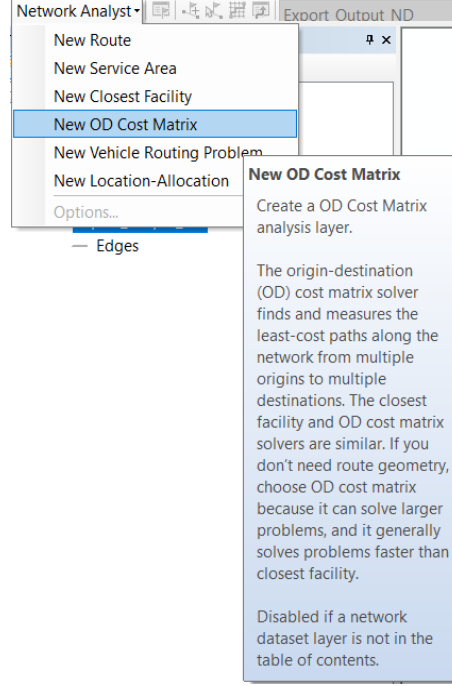
Araç yönlendirme analiz yöntemi genellikle otobüs, minibüs gibi toplu taşımaların güzergâhlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Sadece toplu taşıma değil, lojistik güzergâhların rotalarının belirlenmesinde de araç yönlendirme analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu analizin amacı her güzergâh için araç filosuyla ilgilenen firma veya şirketlerin yatırım maliyetlerini düşürmek ve aynı zamanda yolculuğu arttırmaktır. Bu analiz yapılırken, mevcut kaynaklar, toplu taşıma sıklığı, araç hızı gibi girdilerle model oluşturulmakta ve işlenmektedir. Şekil 2.12’de araç rotasında sorun olan bir şirket için yeni rota analizi yapılarak problemin çözümüne yönelik üç ayrı rota belirlenmiştir.



Şekil 2.12 Araç Yönlendirme Sorunu Örneği

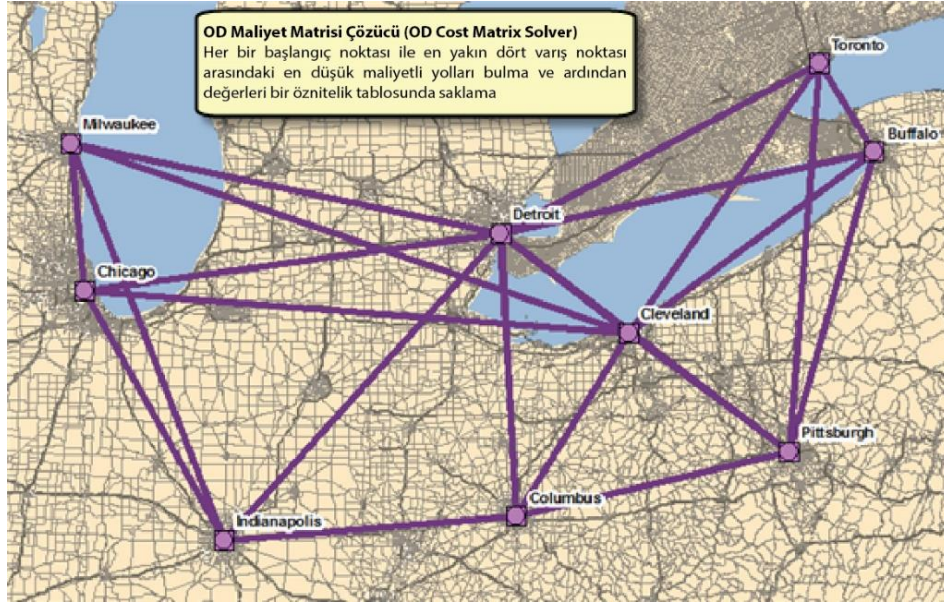
2.3.5. OD Maliyet matrisi (OD cost matrix)

ArcGIS yazılımındaki ağ analizi uzantısı ile başlangıç ve varış noktalarına göre maliyet, zaman, yolculuk matrisini oluşturmak ve görselleştirmek için OD maliyet matrisi analizi kullanılmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 ArcGIS Yazılımı Arayüzündeki Servis Alanı Aracı

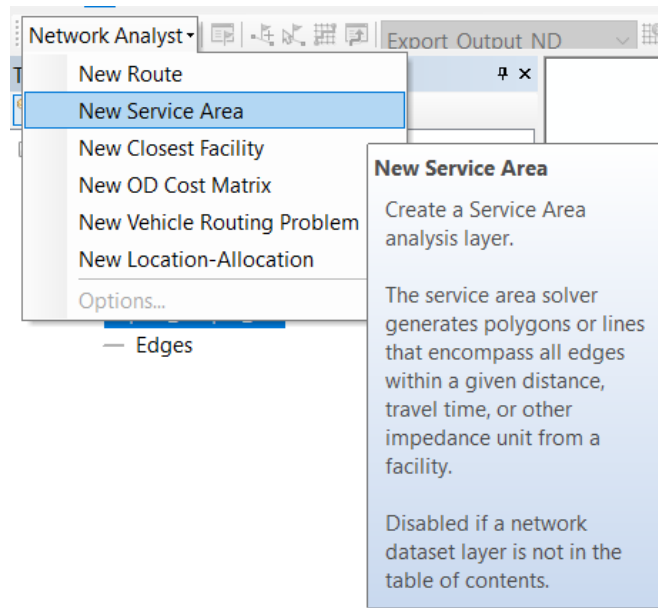
Her başlangıç ve bitiş için en iyi ağ yolu analiz edilerek, çıkış hatlarının maliyetleri veri tabanına işlenmekte ve saklanmaktadır. Analiz sonucunda, veri tabanına göre her bir başlangıç noktasından en yakın dört varış noktasına ulaşmanın maliyetini bulmak için ayarlanmış bir OD maliyet matrisi analizinin sonuçları görselleştirilmiştir (Şekil 2.14). En yakın tesis analizi ile OD maliyet matrisi çok benzer analiz sonucu vermektedir. Fakat temel farkları, OD maliyet matrisi analizinin daha hızlı yapılabilir olmasıdır. Hızlı yapılabilir olmasının sebebi, analizde rotaların gerçek şekillerini veya sürüş yönlerini göstermeden kuş uçuşu çizgisel olarak analiz etmesidir. En yakın tesis analizinde ise rotalar ve yönler ağ üzerinde verilir, fakat OD maliyet analizi kadar hızlı değildir (ArcGIS Desktop, 2022).



Şekil 2.14 OD Maliyet Analizi Örneği

2.3.6. Servis Alanı Analizi (Network Service Area)

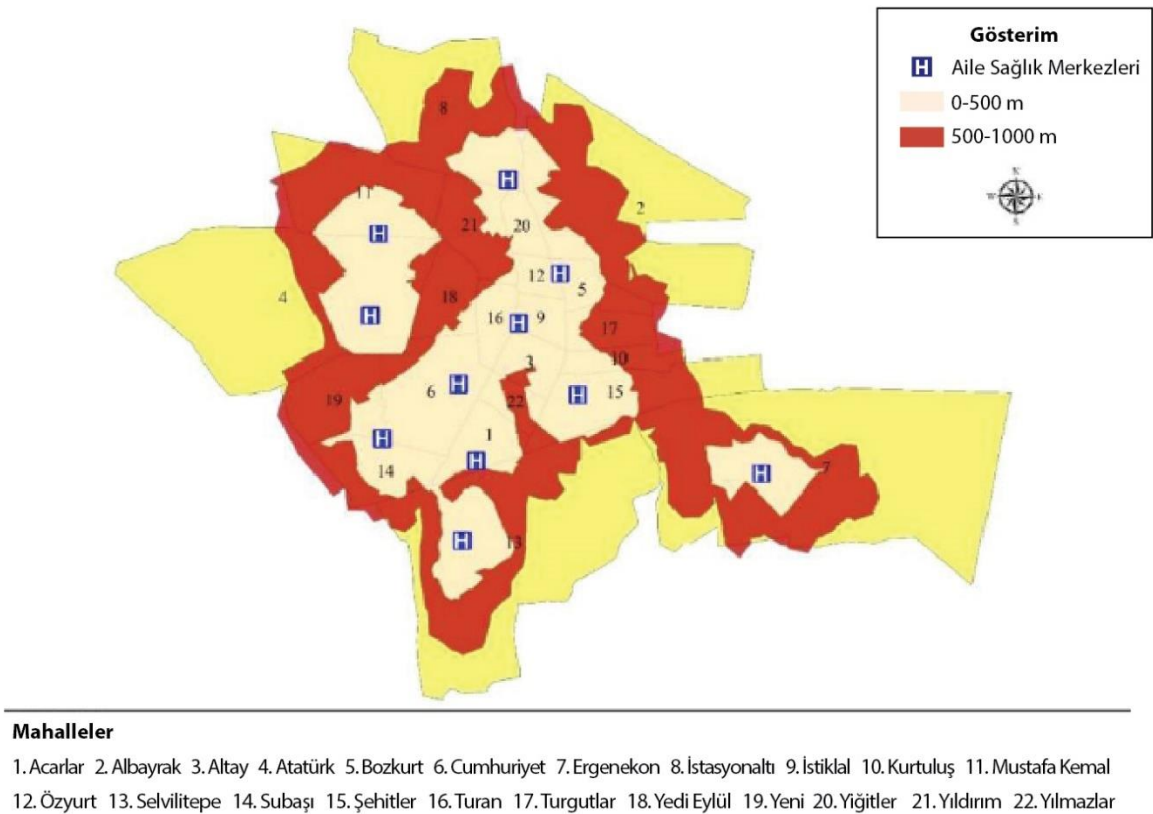
ArcGIS Network Analyst (Ağ Analizi) uzantısında bulunan servis alanı analizi tüm caddeleri (belirli bir direnç dâhilindeki caddeleri) kapsayan bölgeyi temsil etmektedir (Şekil 2.15). Örneğin ağdaki bir nokta için (durak, istasyon, hastane vb.) 5, 10, 15 dakika gibi belirlenen süre veya belli bir mesafeyi kapsayan hizmet alanı ve o noktadan itibaren belirlenen süre veya mesafe içinde ulaşılacak tüm sokak ve caddeleri belirlemektedir.



Şekil 2.15 ArcGIS Yazılımı Arayüzündeki Servis Alanı Aracı

Bunun yanı sıra, analiz hizmet alanlarına erişilebilirliğin değerlendirilmesini olanaklı kılmaktadır. Bir hizmete ilişkin (hastane, eğitim alanı, itfaiye vb.) servis alanlarının belirlenmesiyle, o servis alanlarının ne kadar nüfusa, istihdama, öğrenciye hizmet edebileceği tespit edilebilmektedir (ArcGIS Desktop, 2022).

Yukarıda da ifade edildiği gibi servis alanı analizi, belli bir hizmetin servis edebileceği bölgeyi belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir analizdir. Deniz & ark., (2018) da Manisa İli Turgutlu İlçesi'ndeki nüfusun aile sağlığı merkezlerine yaya olarak erişimini servis alanı analizi ile yapmıştır (Şekil 2.16). ArcGIS yazılımındaki ağ analizi uzantısının kullanıldığı bu çalışmada, servis mesafesi olarak Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde aile sağlık merkezleri için belirlenen 500 metre yürüme mesafesi temel alınmıştır. Çalışmada aile sağlık merkezleri için hem 0-500 hem de 500-1000 metre arasındaki network haritaları oluşturularak, bu hizmete ilişkin erişilebilirlik analizi yapılmıştır.



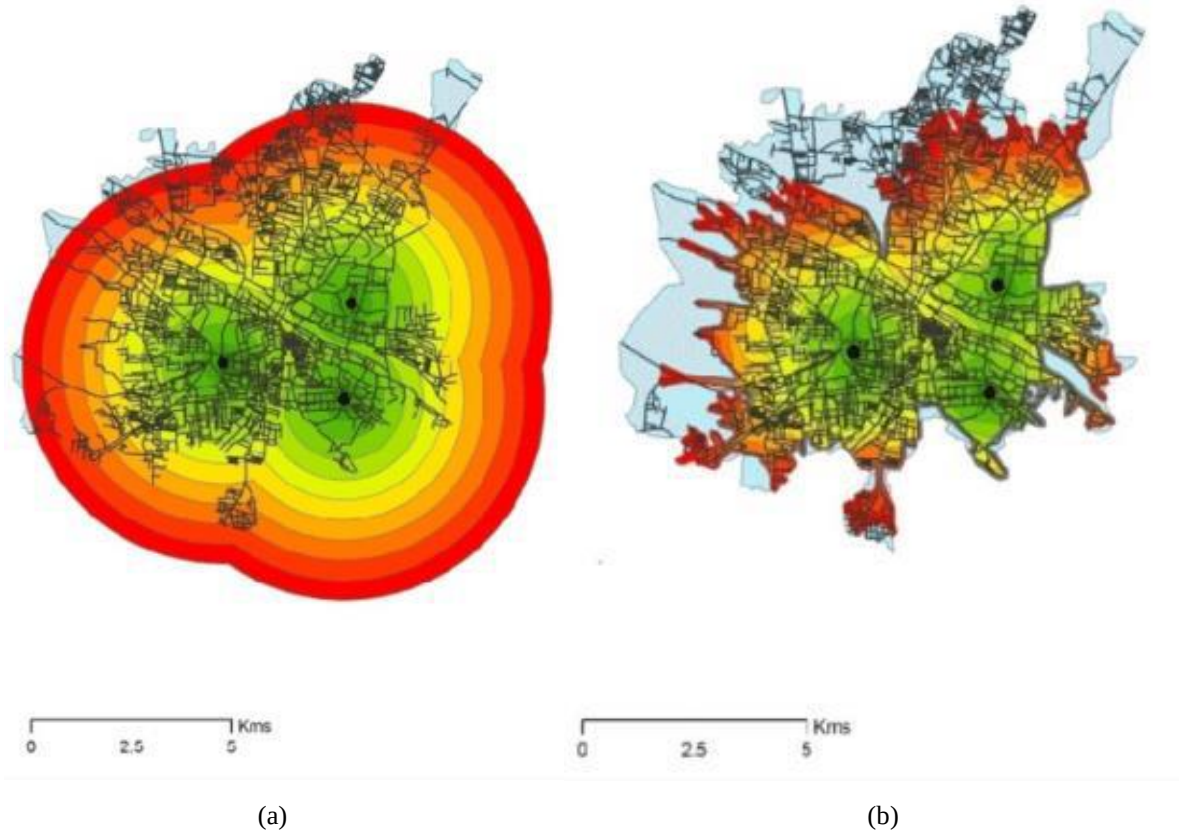
Şekil 2.16 500-1.000 metre Mesafelerde Servis Alanı Analizi Örneği (Deniz ve Ark., 2018)

Servis alanı analizi (Network Service Area) ile Tampon Analizi (Buffer Analysis) zaman zaman karıştırılmaktadır. Servis alanı analizi ile tampon analizinin en belirgin farkı; servis alanı analizi optimum rota, güzergâh, adres ve/veya servis alanı belirleme olanağı

sağlarken, tampon analizi nokta, çizgi veya alansal vektörel coğrafi objelerden belirli bir mesafeyi kuş uçuşu belirleme olanağı vermektedir. Bu analizlerin her ikisinde de mesafenin belirlenmesi esas olup, tampon analizi ile yapılan erişilebilirlik haritaları hem coğrafi yapıyı temel almadığı için gerçeklikten uzak kalmakta hem de basit ve sezgisel olarak kabul edilmektedir. Erişilebilirliği değerlendirmenin basit bir yolu olan tampon analizinde bir noktadan belirli bir mesafeye erişilebilirlik kuş uçuşu ölçülmektedir. Ancak insanların karayolu ile seyahat ettikleri gerçeği düşünülürse, bu yöntemin gerçek erişilebilirliği yansıtmadığı düşünülmektedir (ArcGIS Desktop, 2022). Tampon analizinde topoğrafya verilerinin göz ardı edilerek analiz edilmesi bu analizin en büyük dezavantajlarından birisidir. Hizmetlerin servis alanlarına ilişkin erişilebilirlik analizi yapılırken ülkemizde genellikle tampon analizi de tercih edilmektedir. Örneğin Ersoy (2015), De Chiara & Koppelman’a (1982) referans vererek yaptığı çalışmada, eğitim alanlarına yürüyüş mesafelerini analiz ederken tampon analizini kullanmış ve böylece plan stratejilerine bilgi sağlamayı hedeflemiştir. Ülkemizde birçok çalışmada genellikle tampon analizi kullanılarak politika, stratejiler belirlenmekte ve planlar yapılmaktadır.

Servis alanı analizinde ise coğrafi verilerin de analiz sürecine girdi olarak alınması, analiz sonuçlarının daha nesnel olmasına olanak sağlamaktadır (Yılmaz & Kamacı Karahan, 2020). Hem topoğrafya verileri hem de mevcut ağları kullanarak servis mesafelerinin analiz edilmesi gerçeğe daha yakın sonuç elde edilmesine olanak vermektedir.

Balasubramani, Gomathi, & Prasad (2016) kentteki itfaiye istasyonlarının diğer kullanım alanlarına (Şekil 2.17), Kun, Hao, Yannan, Mingrui, & Quan (2012) insanların kentsel açık yeşil alanlara ve Bari (2013) insanların sağlık alanlarına erişilebilirliğini analiz etmek için tampon analizini ve servis alanı analizini uygulamışlar ve sonrasında sonuçları ve iki yöntem arasındaki farkı karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda nüfusun donatı alanlarına erişilebilirliği ve hizmetin etki alanları incelenmiş olup, tampon analizinde bulunan sayısal verilerin her zaman servis alanı analiz yöntemine göre hata payının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda erişilebilirlik analizinin, servis alanı analiziyle daha doğru sonuç verdiği düşünüldüğünden, tez çalışmasında bu analiz yöntemi kullanılmaktadır.



Şekil 2.17 Tampon Analizi (a); Network Analizi (b) (Balasubramani, Gomathi, & Prasad, 2016)

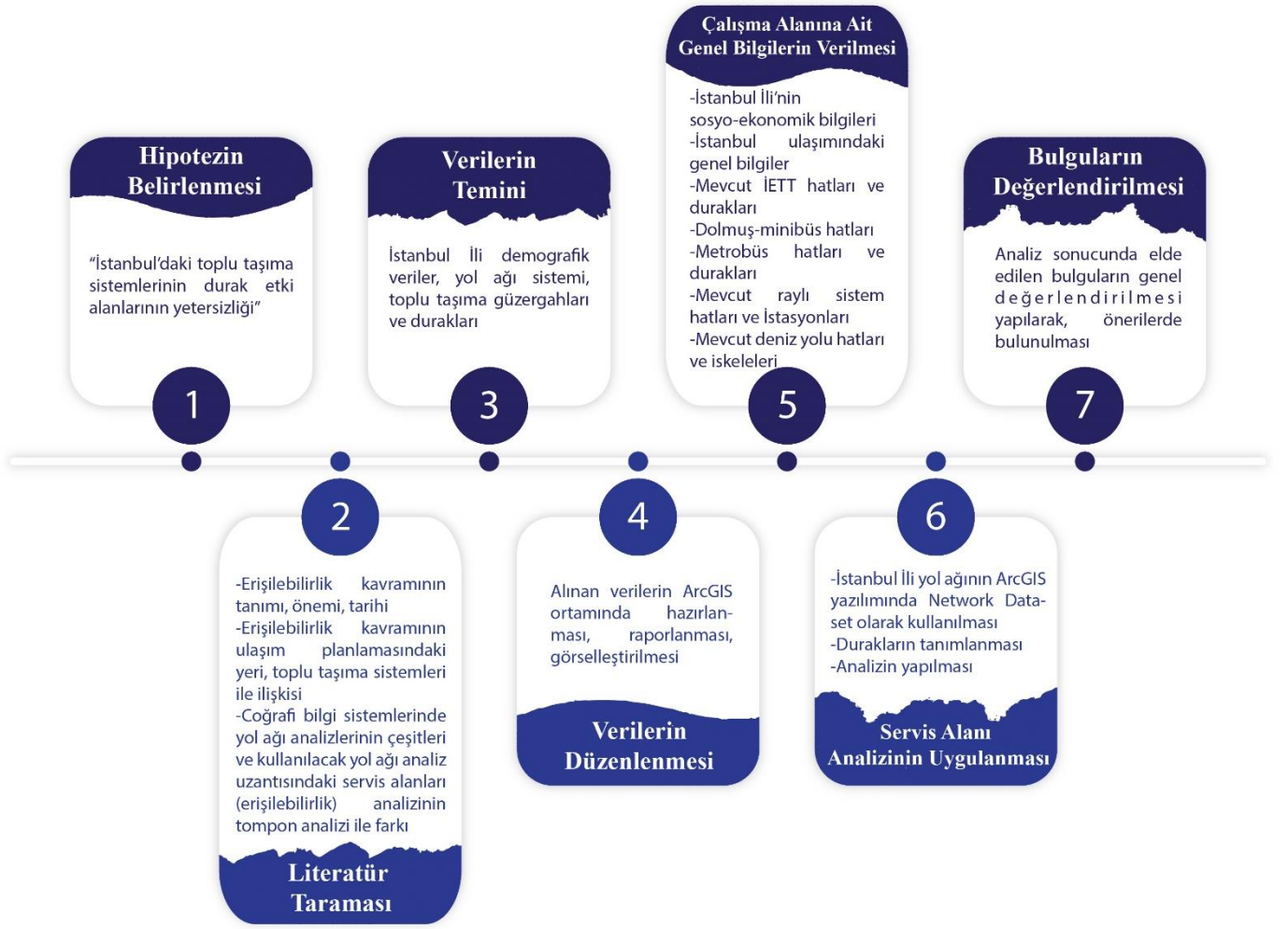
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında İstanbul kentinin ulaşımına yönelik nitel ve nicel verilerin kullanıldığı karma bir metodoloji kullanılmıştır. İstanbul'un genel özelliklerine ve ulaşım alt yapısına değinilerek, İstanbul'daki bütün toplu taşıma türlerine yönelik hat ve durak (raylı sistem istasyonları, lastik tekerlekli durakları, iskeleler) bilgileri temin edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan yöntemle yaya hızı ve eğim kriterleri gibi veriler göz önüne alınarak, belirli aralıklarla yürünebilir dakika türünden durakların erişilebilirliği alansal ve çizgisel olarak analiz edilmiştir. Daha sonra toplu taşıma durakları için belirlenen erişilebilir alanın, İstanbul nüfusunun ne kadarına uygun düzeyde hizmet ettiği tespit edilmiştir. Son olarak elde edilen bulguların ne anlam ifade ettiği tartışılmış ve genel değerlendirmeler yapılarak, önerilerde bulunulmuştur. Tez çalışması yedi aşamadan oluşmaktadır. Bunlar sırası ile hipotezin belirlenmesi, literatür taraması, verilerin temini, verilerin düzenlenmesi, çalışma alanına ilişkin genel bilgilerin verilmesi, servis alanı analizinin uygulanması ve bulguların değerlendirilmesidir (Şekil 3.1).

Çalışma kapsamında sorun tespiti ve bu soruna ilişkin hipotezin belirlenmesiyle literatür taramasına başlanmıştır. İstanbul kent merkezine ilişkin demografik veriler, yol ağı sistemi, toplu taşıma güzergâhları ve durak/istasyon/iskele verileri sayısal olarak temin edilmiştir. Veriler CBS tabanlı ArcMap programıyla düzenlenmiştir. Servis alanı analizinin yapılabilmesi için, İstanbul kentinin yol ağı ArcGIS yazılımında "Network Dataset" olarak kurulmuş ve duraklar tanımlanmıştır. Daha sonra erişilebilirlik analizi üretilerek, bulgular yorumlanmıştır.

3.1. Veri Temini ve Kapsamı

Çalışma kapsamında kullanılan temel girdiler literatür araştırmasıyla elde edilen bilgiler, örneklem alanlarda istatistiksel ve otobüs, metro, tramvay, minibüs gibi toplu taşıma türlerinin duraklarına, iskelelerine ve istasyonlarına ilişkin CBS tabanlı mekânsal verilerdir. Yol ağının mekânsal verileri ve özellikleri (uzunluk, eğim vb.), yaya olarak erişilebilirlik değerlendirilmesine yönelik gözlemler, toplu taşımaya erişilebilen alanların demografik verileri kullanılmıştır. Bu veriler genel olarak literatür taraması ve İBB-Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan temin edilen verilerdir.



Şekil 3.1 Çalışma Aşamaları

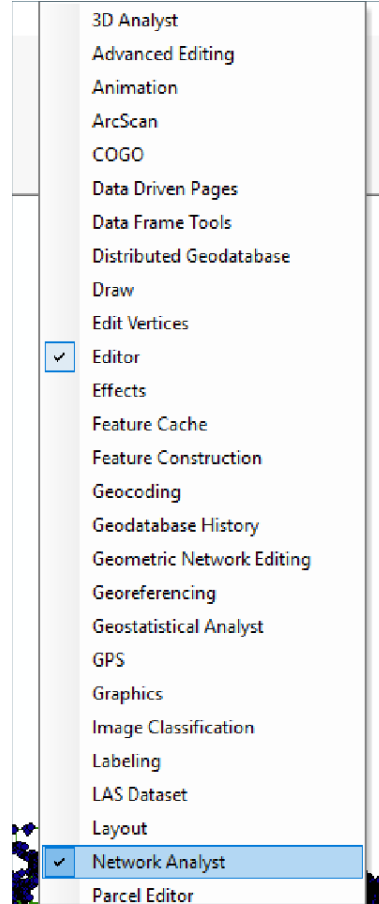
3.2. Servis Alanı Analizinin (Network Service Area) Uygulanması

Çalışmanın hipotezlerini sınamak için yöntem olarak mekânsal ağ analizlerinden biri olan servis alanı analizi kullanılmıştır. Erişilebilirlik analizi yapılırken diğer mekânsal ağ analizler yerine servis alanı analizinin kullanılmasının temel sebepleri; analizin optimum rota, güzergâh, adres ve/veya servis alanı belirleme olanağı sağlaması, analizde coğrafi verilerin analiz sürecine girdi olarak alınabilmesi ve mesafenin belirlenmesinin esas olması ve bu bağlamda analiz sonuçlarının daha nesnel olmasıdır. Servis alanı analizi hem topoğrafya verileri hem de mevcut ağları kullanarak servis mesafelerini analiz edebildiğinden gerçeğe daha yakın sonuç elde edilmesine olanak vermektedir. Servis alanı analizinin yapılandırılmış yol ağındaki eğim verisini de analize dahil edebilmesi kentte yol eğiminin yayalar için elverişli olup olmadığını sınamaya olanak vermektedir. Ayrıca analiz, toplu taşıma türlerine ulaşan ve

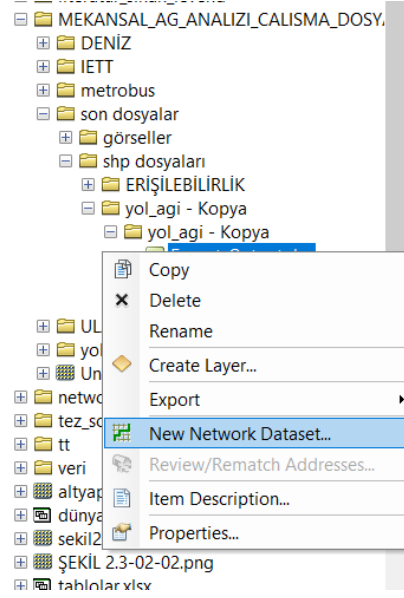
ulaşamayan nüfusun tespit edilmesiyle, toplu taşıma türlerindeki durak/istasyon ve iskelelerin ne kadar erişilebilir olduğuna ve doğru konumlandırılıp konumlandırılmadığına ilişkin çeşitli bulgular ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında servis alanlarının belirlenmesi için üretilen erişilebilirlik analizlerinin, ArcGIS yazılımı kullanılarak nasıl yapılacağına dair detaylı bilgi aşağıda verilmektedir. Literatür taramasında da belirtildiğı gibi Servis Alanı Analizi ArcGIS yazılımında Network Analyst (Ağ Analizi) kısmında bulunmaktadır. ArcMap programı açıldığında bu uzantının çalışma ekranına eklenmesi gerekmektedir. Bunun için ArcMap’ın arayüzünde herhangi bir boşluğa sağ tıklayarak veya “toolbars” menüsünden Network Analyst uzantısının çalışma ekranına eklenmesi sağlanır (Şekil 3.2).

Network Analyst’i kullanmak için, yolların ağ verilerine (çizgilerle temsil edilen) sahip olmak ve Geodatabase’de uygun bir ağ oluşturmak gerekmektedir. Bunun için ArcCatalog aracılığındaki “.shp” dosyasını sağ tıklayıp "New Network Dataset" aracı kullanılmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 ArcGIS Yazılımında Ağ Analizi Uzantısının Açılması

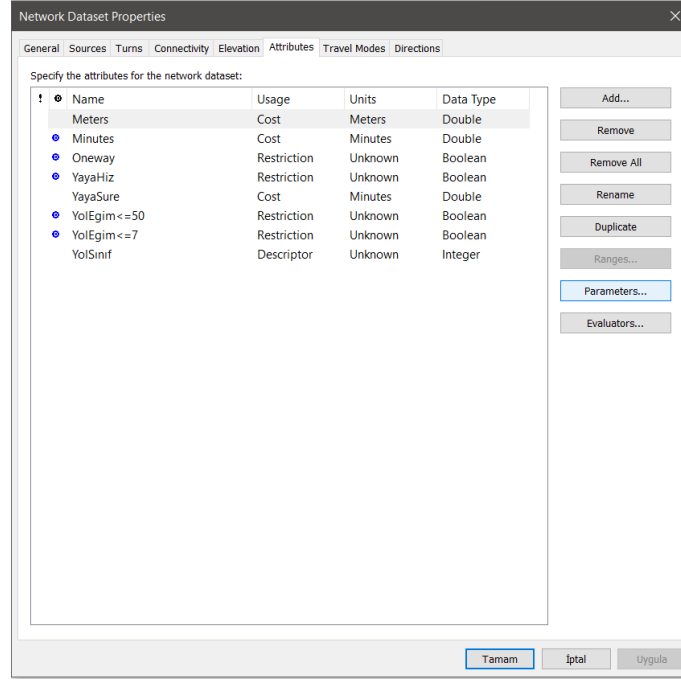


Şekil 3.3 ArcGIS Yazılımında Ağı Yapılandırıp Dataset Oluşturma

Açılan sayfalarda kısıtlayıcı, tanımlayıcı, maliyet ve hiyerarşi özellikleri kullanarak yol ağı yapılandırılmaktadır.

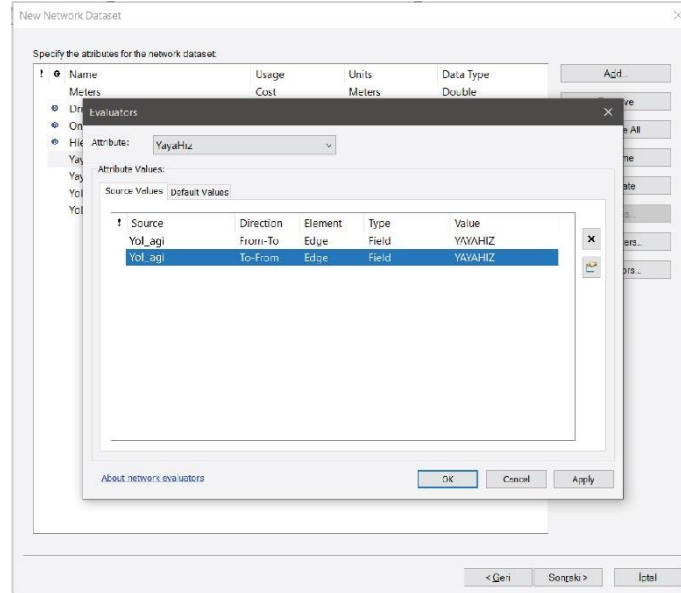
- **Maliyet** genel olarak seyahat süresi veya talep (bir sokakta toplanan atık hacmi) gibi empedansları (dirençleri) yol ağında modellemek için kullanılır.
- **Tanımlayıcılar**, ağın özelliklerini tanımlayan niteliklerdir. Örneğin, şerit sayısı, hız sınırı gibi yol ağı özelliklerin tanımlanmasıdır.
- **Kısıtlamalarda** bir yolun geçişini yasaklayabildiği bir parametredir. Örneğin tek yönlü yollar tanımlanabilmekte veya kamyon gibi araçların şehir merkezindeki yasaklı yolları modellenenbilmektedir.
- **Hiyerarşi**'de ise yolların derecelere, yol türüne ayrılan bir parametredir (ArcGIS, 2022).

Bu tez çalışmasında *maliyet* olarak araç/yürüme mesafesi ve metre, *tanımlayıcı* olarak yol sınıfı, *kısıtlamalarda* %7'nin üstündeki yol eğimi, %50'nin üstündeki yol eğimi ve yaya hızı (4 km/sa) olarak tanımlanmıştır. Oneway (tekyön) kısıtlamasını yazılım kendisi oluşturmakta olup bu kısma müdahale edilmemiştir (Şekil 3.4).



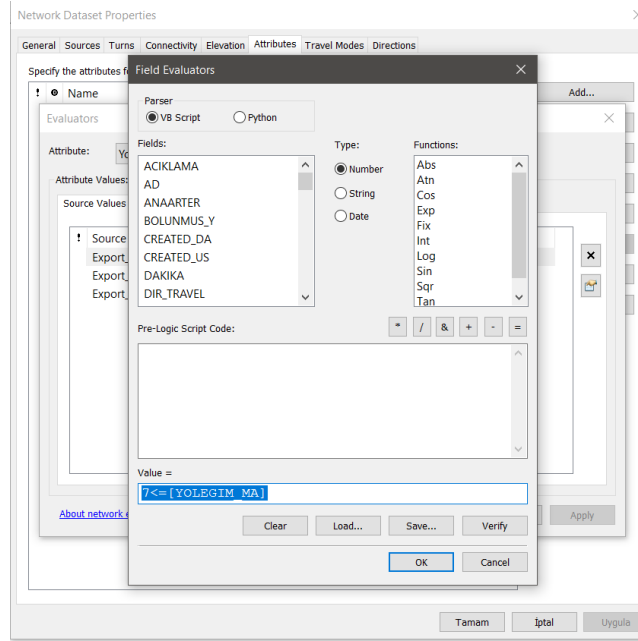
Şekil 3.4 Yol Ağı Parametrelerinin Tanımlanması

Parametreleri tanımlamak için hangi verilerin hangi kaynaktan veri çekmesi gerektiği tanımlanmalıdır. Bu bağlamda, “yolagi.shp” dosyasının öznitelik tablosunda yer alan bilgiler parametre olarak analize entegre edilmelidir (Şekil 3.5).



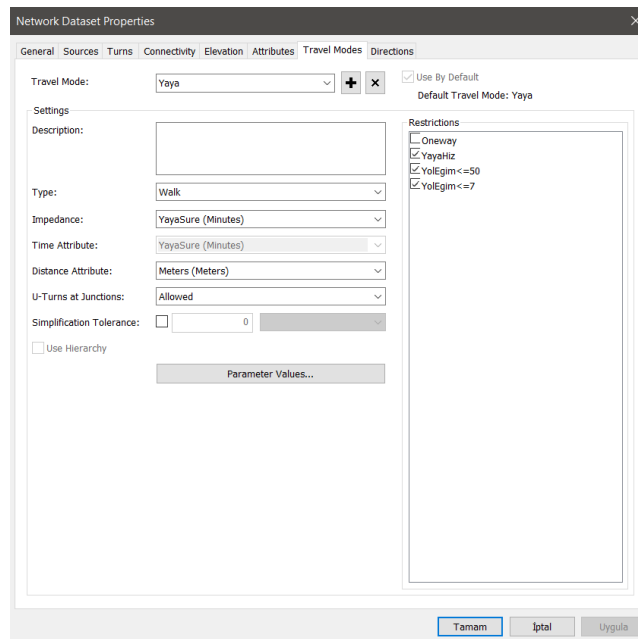
Şekil 3.5 Yol Ağı Parametrelerinin .shp Dosyasındaki Veriler ile Entegre Edilmesi

Yol ağındaki kısıtları (eğim, u dönüşü vb.) tanımlamak için aşağıdaki yöntem kullanılmaktadır (Şekil 3.6).



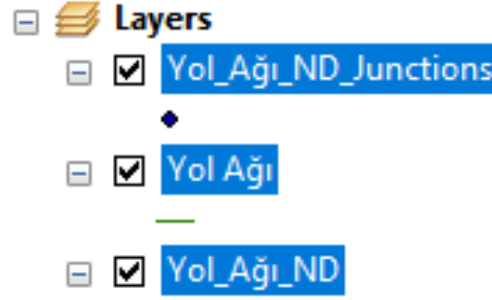
Şekil 3.6 Yol Ağına Kısıtlama Tanımlaması

Analizin bir sonraki aşamasında (OK butonu ile sonraki sekmeye geçilerek) seyahat türü seçilmelidir. Bu çalışmada yaya bazında duraklara erişim araştırıldığı için seyahat türü yaya olarak seçilmiş ve maliyet (direnç) olarak daha önceden “yolagi” verisi kullanılarak hesaplanan yaya süre seçilmiştir. Tek yön (oneway) kısıtlaması yaya bazında analiz edildiği için aktif hale getirilmemiştir (Şekil 3.7).



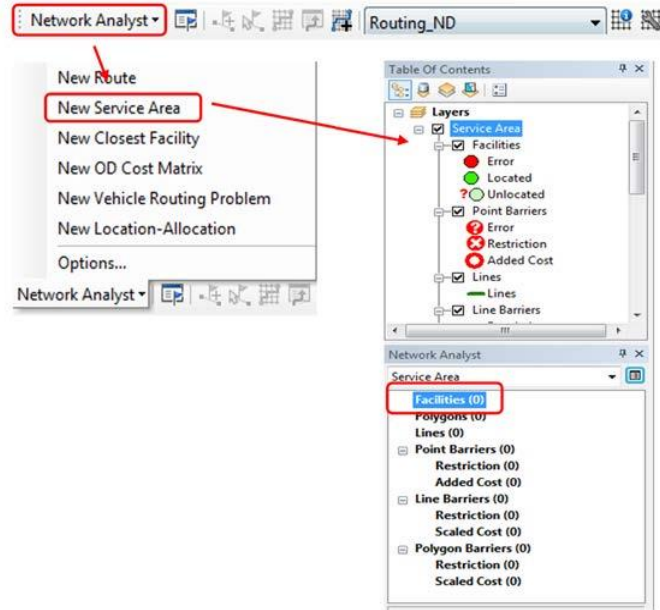
Şekil 3.7 Yol Ağı Yapılandırma Seyahat Türünün Tanımlanması

Analizi ilerletmek için "finish" sekmesi tıklandığında üç tane “.shp” dosyası oluşturulmaktadır (Şekil 3.8).



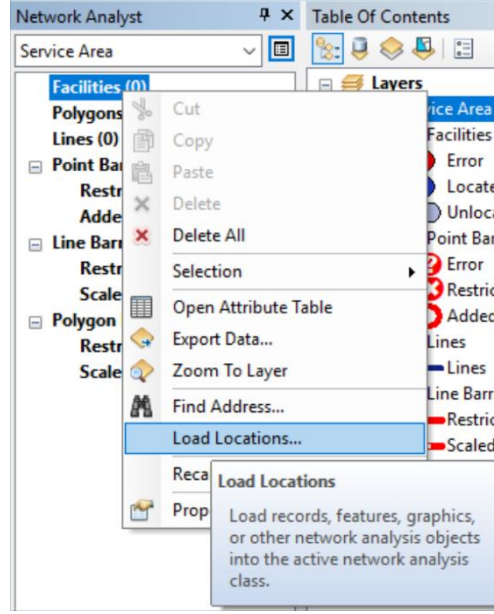
Şekil 3.8 Ağ Data Setinde Bulunan .shp Dosyaları

Yol ağı kurulumu tamamlandıktan sonra Network Analyst > New Service Area'yı tıklayarak Network Analyst araç çubuğundan bir hizmet alanı analiz katmanını oluşturulmaktadır. Facilities (tesis) kısmı açılması için analiz ara yüzündeki mavi bayrağa tıklanması gerekmektedir (Şekil 3.9).



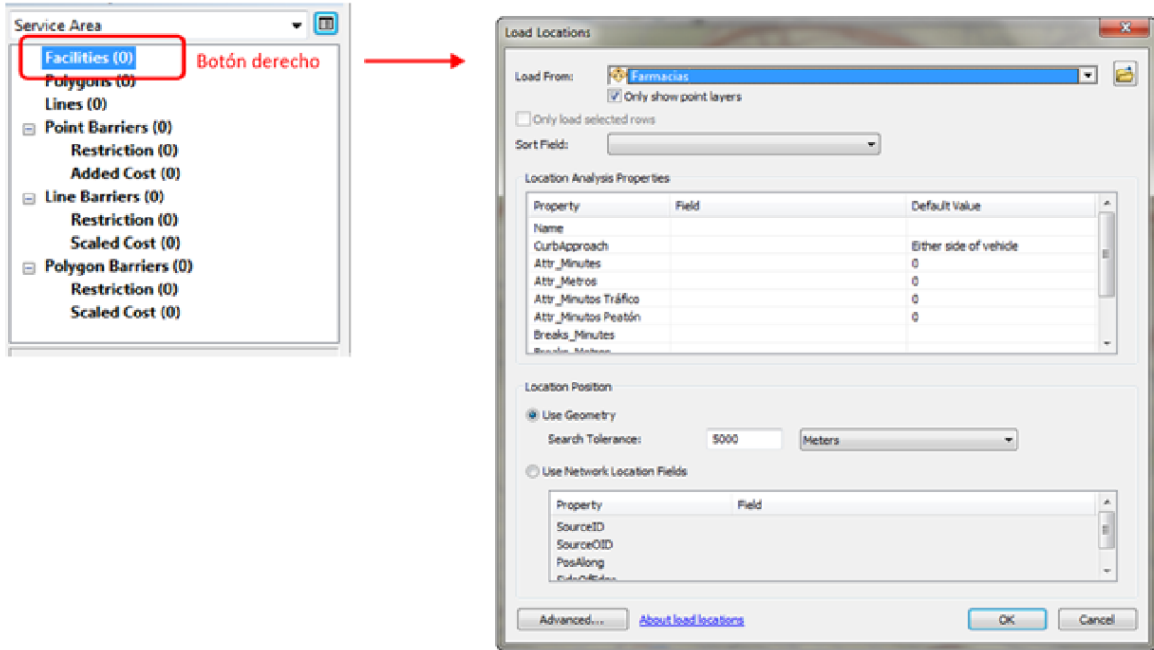
Şekil 3.9 Ağ Analizinde Servis Alanı Uzantısının Yeri

Önemli alanların (durak, hastane, okul, sosyal tesisler vb.) erişilebilirliğini analiz etmek için Facilities (tesis) kısmına noktasal veriler tanımlanmalıdır. Bunun için “Facilities > sağ tık > Load Locations” sekmesine tıklanmalıdır (Şekil 3.10).



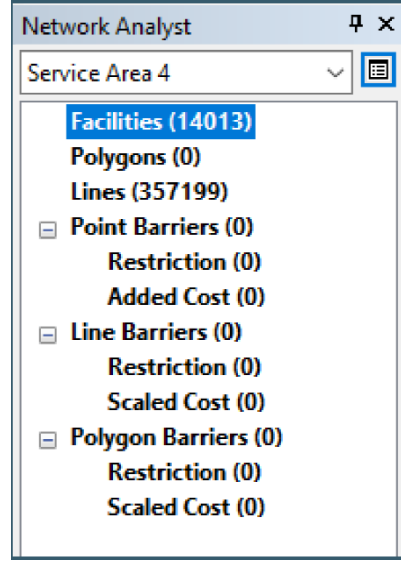
Şekil 3.10 Noktasal Veri Tanımlama için Kullanılan Uzantı Facilities>Load Location)

Çıkan pencerede "Load From" kısmına noktasal veri seçilmeli ve "OK" sekmesine tıklanmalıdır (Şekil 3.11).



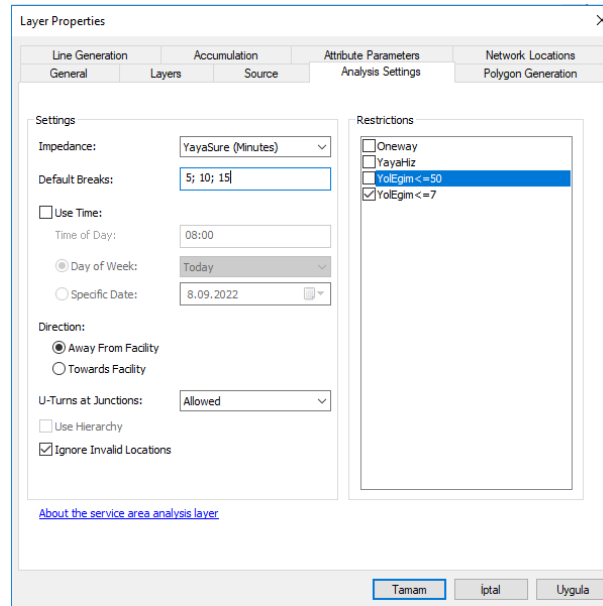
Şekil 3.11 Noktasal Veri Tanımlamak için Kullanılan Uzantı (Facilities>Load Location>Load From)

Hizmet alanlarının hangi parametre ile analiz edileceğine dair bilgi girdisi oluşturmak için Şekil 3.12'deki görselin sağ üst köşesinde bulunan tablo şeklindeki kare kutuya tıklanmalıdır.



Şekil 3.12 Parametre Tanımlama

Bu aşamada "Analysis Setting" penceresi açılmalıdır. "Analysis Setting" sekmesinden kaç metreye (veya dakika) hizmet alanı oluşturulacağı belirtilip, son olarak, çıktıların etki alanlarının nasıl temsil edileceğine karar verilmelidir. Eğer alansal veri isteniyorsa "Polygon Generation" kısmındaki "Generate_polygon" işaretlenmelidir. Eğer çizgisel yani network üzerinde bir veri analizi isteniyorsa "Line Generation >Generate Lines✓> GenerateMeasure✓> Split Lines At Breaks✓> Include Network Source Fields✓> Not Overlapping✓" adımları uygulanmalıdır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Parametre Tanımlama ve Gösterim

3.3. Yöntem

Tez çalışmasında konumsal olarak duraklara erişebilen nüfusun belirlenmesi için tampon bölge analizi (buffer area analysis) yerine, servis alanı analizinin (service area analysis) kullanılmasının daha doğru sonuçlar ortaya koyacağı göz önüne alınarak yol ağına göre durakların erişilebilirliği çizgisel ve alansal olarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle ağ (yol) verisi kullanılarak erişilebilir yollar tespit edilmiş, sonrasında erişilebilir olan yolları kapsayan alanlar (duraklara erişilebilir alanlar) belirlenerek, söz konusu alanlardaki demografik veriler değerlendirilmiştir. Böylece durakların kaç kişiye hitap ettiğini anlamaya yönelik erişilebilirlik analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, ulaşım planlamasında toplu taşıma sistemlerindeki durak mesafelerinin belirli bir standartta olmadığı ve durak erişilebilirliğinin artırılması için erişilebilirlik analizinin önemini ortaya koymaktadır.

Tez çalışmasında karma tabanlı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanılma sebebi birçok erişilebilirlik yöntemini kapsamasıdır. Yapılan analizde üç farklı erişilebilirlik yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan birisi mesafe bazlı yöntem, diğeri izokronal yöntem ve bir diğeri ise potansiyel erişilebilirliktir. Mesafe bazlı yöntem kullanılarak 5, 10, 15 dakika aralığındaki yürüme mesafesi alınmış ve izokronal yöntem kullanılarak bu yürüme mesafesindeki izokron alanları yani servis alanları tespit edilmiştir. Bu servis alanlarındaki nüfusun erişilebilirliğe eşit düzeyde sahip olduğu varsayıldığı için potansiyel erişilebilirlik yöntemi kullanıldığı söylenilebilir.

Ülkemizde bisiklet kullanımının yaygın olmaması, genellikle yürüme tercih edildiği için bu tez yaya odaklı duraklara erişilebilirlik konusunu ele alınmıştır. Koschinsky ve Talen (2015) sürdürülebilir bir mahalle için insanların günlük gereksinimlerini karşılayacakları tesislerin yürüme mesafesinde olması gerektiğini savunmaktadır. Yine, Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliğinde de birçok sosyal donatı alanı (çocuk bahçesi, aile sağlık merkezi, anaokulu, ilkokul vb.) için erişilebilirlik mesafesi olarak 500 metre belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, ITDP kuruluşunun 2017 yılında yayınlamış olduğu TOD (Transit-Oriented Development) standartlarına göre metro, tramvay gibi hafif raylı sistemlerin istasyonlarına 1.000 metre mesafede bulunan bölgeler erişilebilir kabul edilmektedir. Bir başka bulgu ise Transit Cooperative Research Program (TCRP) tarafından yapılan araştırmalar sonucu, uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları belirtilmiş ve şehir merkezlerinde duraklar arası ideal aralığın 152-366 metre arasında olduğu kabul edilmiştir. (TCRP, 1996).

Bu bağlamda, tez çalışmasında yapılan servis alanları analizinde her ilçe ve mahallesi şehir merkezi sayılan, İstanbul gibi metropoliten bir şehir için, 5, 10 ve 15 dakika yürüme

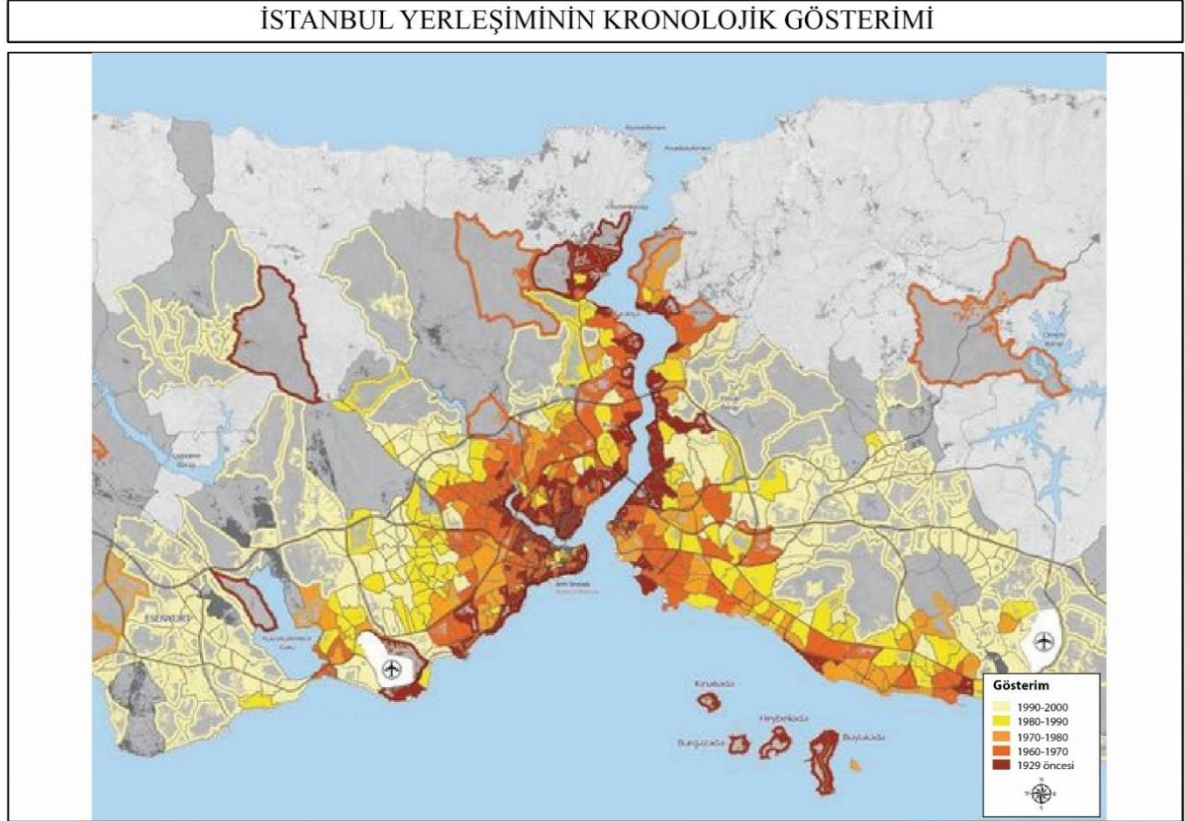
mesafesi alınmıştır. Ortalama bir insanın 5 dakikada yürüyebileceği mesafe 350 metre olarak kabul edilmiş, uluslararası literatürdeki durak mesafe aralığına göre incelemede bulunulmuş ve servis alanı analizi yapılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Servis Alanı Hesaplama Senaryoları

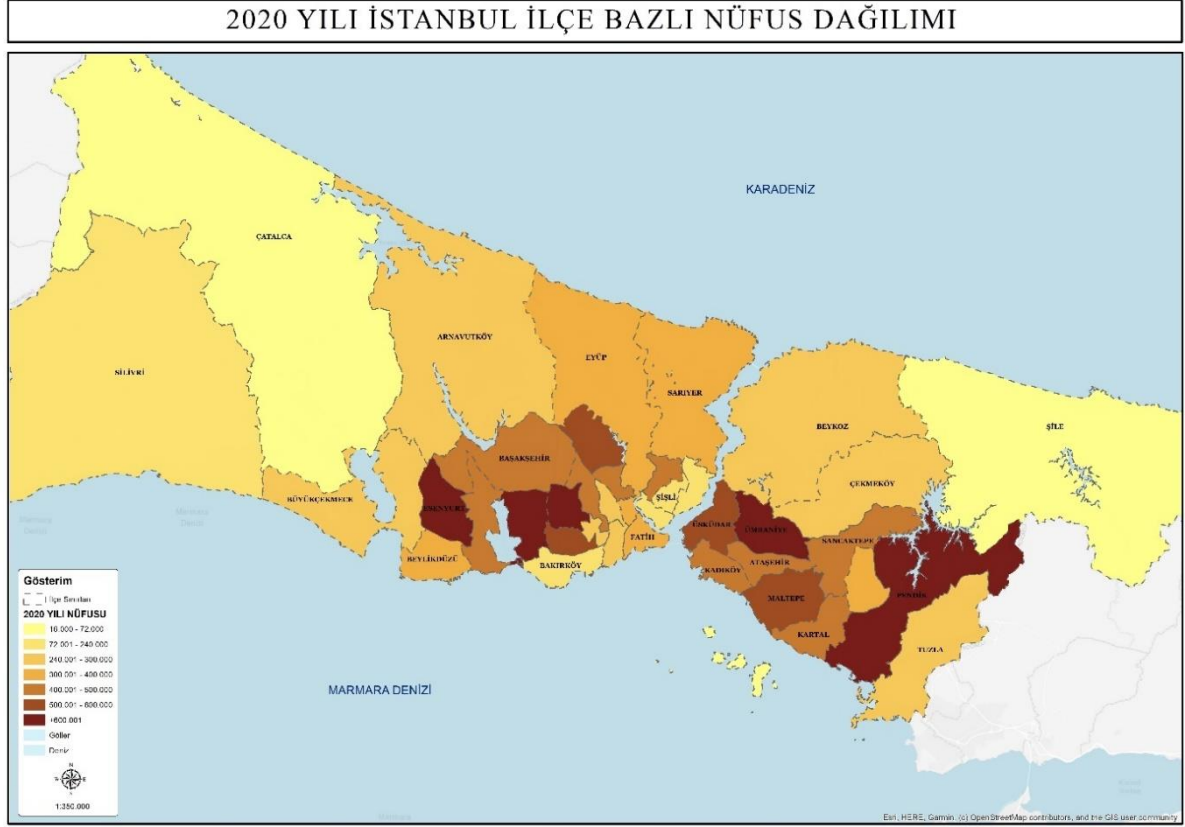
Yürünebilirlik ve erişilebilirlik konusunda yapılan bazı çalışmalarda %5-7 eğim ve üstü yolların yayaların kullanımı için zorlayıcı olduğu vurgusu yapılmaktadır (Alemdar & Özkan Özbek, 2021; Kürkcüoğlu & Ocakçı, 2015; Açlar, 2022). Bu çerçevede çalışmalar yaya hareketlerini analiz ederken, yolları %5-7 eğimin altındaki ve üstündeki şeklinde sınıflandırarak analizler üretmektedir. Bu bağlamda tez çalışmasında erişilebilirliği zorlaştırdığı için yayanın %7 eğimden fazla olan yolları daha az tercih edeceği varsayılarak iki ayrı kısıtlama belirlenmiştir. Toplu taşıma duraklarının erişilebilirliği bu kısıtlılara göre analiz edilmiştir. Bu kapsamda senaryo 1’de eğim gözetilmeksizin, yayaların eğim kısıtlaması olmadan tüm yolları tercih ettikleri varsayılarak, tüm durakların yaya erişilebilirliği ölçülmüştür. Senaryo 2’de ise yayaların %7 eğimin altındaki yolları tercih ettikleri varsayılmakta ve eğimi %7’nin üzerindeki yollar kısıtlanmaktadır. Bu doğrultuda senaryo 2’de %7 eğimin altındaki yollarda bulunan durakların erişilebilirlikleri ölçülmüştür. Böylece İstanbul’daki toplu taşıma duraklarına yaya erişilebilirliğini etkileyen faktörlerden birisi olan topoğrafya da erişilebilirlik analizine entegre edilmiştir.

tamamındaki yapılaşmış alanların tüm kente oranı %4,8'i iken, bu oran 2017 yılı itibariyle %13,6'ya ulaşmıştır. Artan nüfus nedeniyle yeni inşa edilen alanlara duyulan ihtiyaç genellikle tarım arazileri ve orman alanları kullanılarak karşılanmıştır. Orman ve tarım arazilerinin kapladığı alan %56,1'den (1984), %49,6'ya (2017) düşmüştür. 1980-2017 yılları arasında İstanbul'daki yerleşim alanları %183,5, ulaşım ağları %117,4 ve madencilik/inşaat alanları ise %279,6 artmıştır (İBB, Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı, 2021).



Şekil 4.2 İstanbul Yerleşiminin Kronolojik Gösterimi (Demirdağ, Eraydın, Güngördü, & Yenigun, 2017)

2020 yılında İstanbul 15.4 milyon nüfusu ile Avrupa'nın birinci, dünyanın on üçüncü en kalabalık kenti olarak bilinmektedir. Ortalama nüfus yoğunluğu 2.760 kişi/km²'dir. Kentte nüfus yoğunluğunun 40.000 kişi/km²'yi aştığı ilçeler bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi Güngören kilometre başına 40.352 kişi, bir diğer ise Gaziosmanpaşa kilometrekare başına 41.735 kişi bulundurmaktadır (İBB, Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı, 2021). 2020 yılında bir milyon nüfusa yakın Esenyurt İlçesi (954.579), İstanbul'un en kalabalık ilçesi olarak bilinmektedir. Daha sonrasında Küçükçekmece (792.821), Bağcılar (745.125), Pendik (711.894) ve Ümraniye (710.280) İlçeleri gelmektedir. En düşük nüfuslu ilçeleri ise Adalar (15.238) ve Şile (37.692)'dir (TÜİK, 2020) (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 2020 Yılı İstanbul İlçe Bazlı Nüfus Dağılımı

İstanbul'daki nüfus artışının sebeplerinden birisi de ekonomik gelişmişliktir. İş bulma olasılığı daha fazla olan bu kentte, 2012 yılında 4.4 milyon olan toplam istihdam, 2020 yılında 4.9 milyona çıkmıştır (İBB, Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı, 2021). Bu bağlamda İstanbul'da en çok istihdama sahip olan ilçeler sırası ile Başakşehir, Fatih, Şile, Kadıköy ve Ümraniye'dir (İBB, 2020) (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 2020 Yılı İstanbul İlçe Bazlı İstihdam Dağılımı

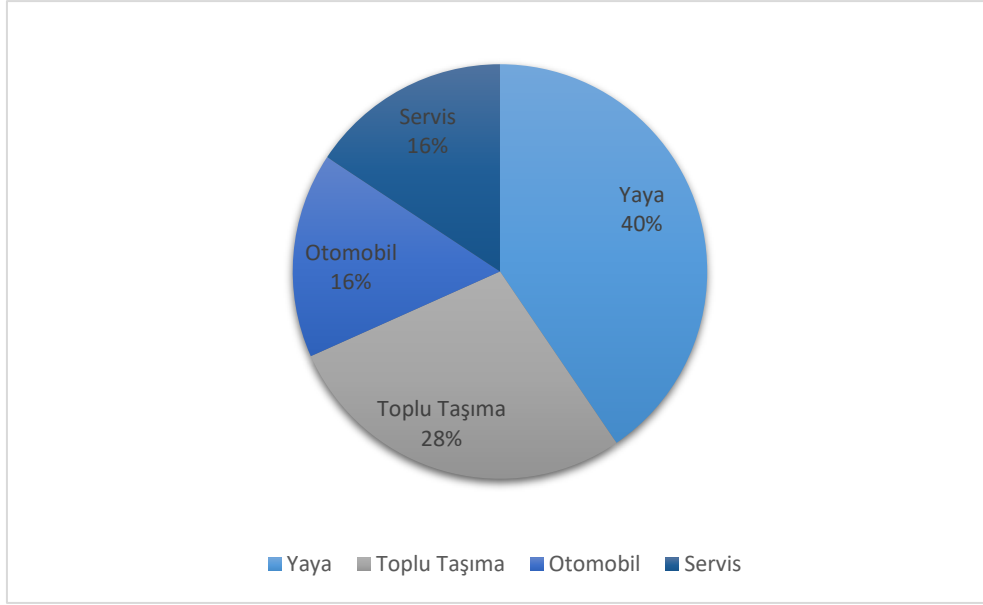
4.2. İstanbul'un Ulaşım Sistemi

İstanbul, karasal olarak Avrupa ve Asya arasında en önemli bağlantı noktalarından biridir. Ayrıca İstanbul deniz ulaşımı olarak da Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz arasında bir köprü durumundadır. Kentte doğu-batı yönünde uzanan D-100, E80 (TEM) ve Kuzey Marmara Otoyolu (O-7) olmak üzere üç ana karayolu bulunmaktadır. E-80 otoyoluna bağlanan üç bağlantı otoyolu (O-2, O-3 ve O-4) kentin kuzeye doğru gelişimini destekleyen diğer arterlerdir (Ocak, 2006). Söz konusu karayollarıyla birlikte kent içi yola dönüşen sahil yolları ve Bağdat Caddesi, İstanbul karayolu ağının diğer önemli arterlerini oluşturmaktadır (İBB, 2017) (Şekil 4.5).

4.3. İstanbul'da Toplu Taşıma Türlerinin Mevcut Durumu

2020 yılında İstanbul'da günlük yaklaşık 30.3 milyon yolculuk gerçekleşmiştir. Bu yolculukların zirve saatte %40,5'i yaya, %15,9'u özel araç, %15,7'si servis ve %27,9'u ise toplu taşıma olarak ayrılmaktadır (İBB, Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı, 2021) (Grafik 4.1).

Grafik 4.1 2020 Yılı İstanbul'daki Yolcu Sayılarının Zirve Saatteki Türel Dağılımı



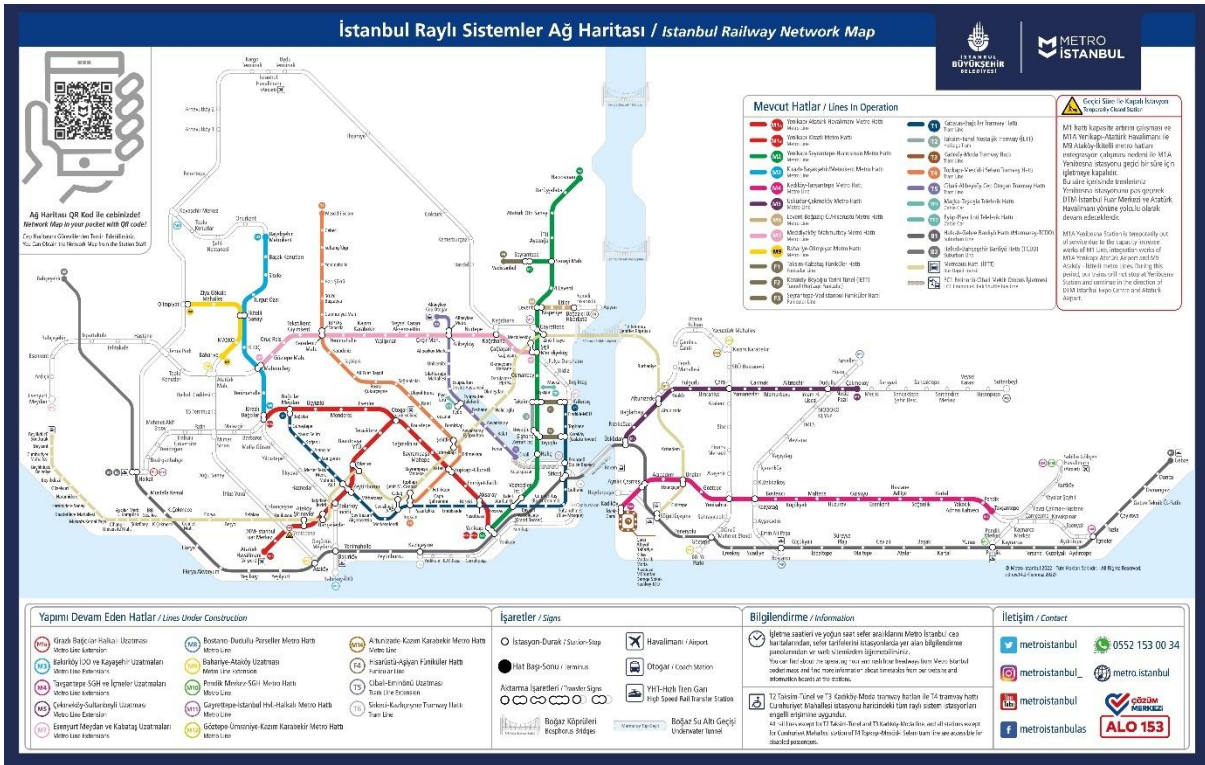
İstanbul'da toplu taşıma ise üç ana tür ile sağlanmaktadır. Bunlar lastik tekerlekli, raylı sistemler ve deniz yolu ulaşımıdır (Şekil 4.6). Bu ulaşım sistemleri farklı hizmet sunum biçimleri doğrultusunda hız ve konfor gibi farklı özelliklerde hizmet sunmaktadır.

Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemi hem kamu hem de özel sektör eliyle işletilmektedir. Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemi IETT, taksi-dolmuş, taksi ve minibüs şeklinde dört farklı araç tipiyle hizmet vermektedir. IETT'nin toplam 3.457 araçlık filosu ve toplam yaklaşık 15.000 tane durağı bulunmaktadır (IETT, 2022). İBB tarafından düzenlenen minibüs ve dolmuş sistemleri, sürekli yenilenerek esnek hizmet sunmaktadır. Metrobüs, D100 Karayolu üzerinde kendine ayrılmış yolu ile lastik tekerlekli sistemler arasında öne çıkmaktadır.



Şekil 4.6 İstanbul Toplu Taşıma Sistemleri

İstanbul’da raylı sistem içinde metro, tramvay, banliyö (Marmaray), fönüküler ve teleferik hatları yer almaktadır. 185,69 kilometre uzunluğundaki metro hattı ve 73,6 kilometre uzunluğundaki Marmaray Hattı, İstanbul raylı sisteminin omurgasını oluşturmaktadır. Ayrıca İstanbul’da 172,7 km uzunluğunda raylı sistem projesi şu an yapım aşamasındadır (METRO İSTANBUL, 2022; TCDD, 2020) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Mevcut ve Yapımı Devam Eden Raylı Sistem Hatları

İstanbul ulaşım altyapısında, deniz yolu taşımacılığı sisteminde deniz otobüsü, vapur ve deniz motoru kullanılmaktadır. Deniz yolu taşımacılığı sistemi Şehir Hatları ve İDO gibi kamu işletmeleri ile özel işletmeler aracılığıyla yürütülmektedir. Şehir Hatları İBB tarafından işletilmekte olup, diğer firmalar özel şirkettir. İDO hızlı feribot, deniz otobüsü, yolcu vapuru, arabalı vapur, deniz taksi gibi servis modelleri ile kent ulaşımına hizmet vermektedir. Ayrıca Turyol ve Dentur gibi özel işletmeler de İstanbul'da küçük ve orta boy motorlu yolcu taşımacılığı yapmaktadır.

İstanbul'un yaklaşık 500 kilometre kıyı şeridi olmasına rağmen, 2020 Aralık ayı verilerine göre toplu taşıma türlerine göre (servis hariç) günlük ortalama yolcu sayılarının en düşük olduğu ulaşım türü deniz yolu taşımacılığıdır. Toplu taşıma türleri arasında günlük yolcu sayısı en yüksek olan tür, lastik tekerlekli toplu taşıma sistemidir. Toplu taşıma ile yapılan yolculukların türel dağılımının günlük yolculuk sayısı oranları şöyledir; lastik tekerlekli sistem %69,28, raylı sistem %28,81 ve deniz yolu taşımacılığı sistemi %1,91'dir (İBB, İstanbul Ulaşım ve Hareketlilik Raporu, Aralık 2020; İstanbul Valiliği, 2021) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 2020 Aralık Ayında Yapılan Yolculukların Toplu Taşıma Türlerine Göre Türel Dağılımı (Hafta İçi Günlük Ortalama)

Toplu Taşıma Türleri	2020	
	Günlük Taşınan Kişi Sayısı	Oran (%)
Lastik Tekerlekli	3.070.121	69,28
Raylı Sistem	1.276.632	28,81
Deniz	84.639	1,91
TOPLAM	4.422.605	100,0

4.3.1. Lastik Tekerlekli Sistem

İstanbul’da lastik tekerlekli toplu ulaşım sistemi kamu ve özel sektör işletmeleri tarafından yürütülmektedir. Söz konusu işletmelerden en önemlisi bir kamu teşebbüsü olan İETT’dir. İETT’nin temelleri ilk kez 1869 yılında Dersaadet Tramvay Şirketi’nin kurulması ile atılmıştır. Bu şirketin faaliyetleri çerçevesinde Kentte 1871 yılında ilk atlı tramvaylar kullanılmaya ve 1914 yılında da ilk elektrikli tramvay kullanılmaya başlanmıştır. 1980’de ÖHO’nun (Özel Halk Otobüsü) işletim, denetim ve yönetimi İETT’ye devredilmiştir. 1991’de Taksim-Tünel Nostaljik Tramvay Hattı seferleri tekrar başlatılmıştır. Toplu taşımada ilk Akbil uygulamasına 1995 yılında geçilmiştir. Metrobüs 2008 yılında hizmet vermeye başlamış ve 2009 yılında İstanbul’un her iki yakasını birbirine bağlayan bir toplu taşıma sistemi haline gelmiştir (İBB U., 2017). Günümüzde İstanbul’da lastik tekerlekli toplu ulaşım sisteminde yer alan bütün filo araçları İETT çatısı altında toplanmıştır (Topal, 2021). İstanbul’un otobüs ve metrobüs gibi lastik tekerlekli türlere ait kamu otobüsü sayısı toplam 3.457’dir (İETT, 2022).

Lastik tekerlekli toplu taşıma türleri içinde günlük ortalama yolculuk sayıları en fazla olan tür İETT’nin kontrolündeki otobüslerdir. İETT’den sonra günlük ortalama yolculuk sayısı en fazla olan tür ise minibüslerdir (İBB, İstanbul Ulaşım ve Hareketlilik Raporu, Aralık 2020) (Tablo 4.2).



Resim 1 İETT Otobüsleri (İBB, 2020)

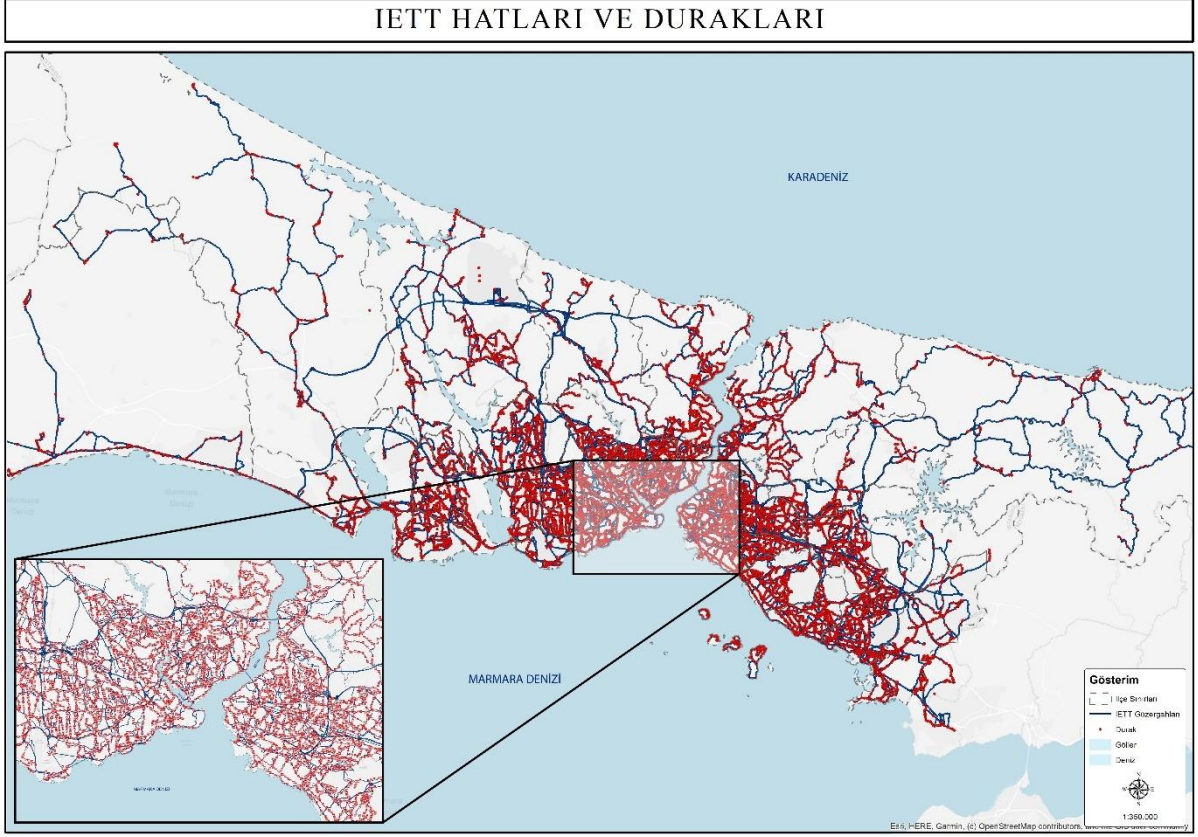
Tablo 4.2 2020 Aralık Ayında Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Sistemleri ile Yapılan Yolculukların Sayısı (Hafta İçi Günlük Ortalama)

Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Türleri	2020	
	Günlük Taşınan Kişi Sayısı	Oran (%)
İETT	1.591.414	52,84
Minibüs	654.745	21,33
Taksi-Taksi Dolmuş	350.844	11,43
Metrobüs	473.118	15,41
TOPLAM	3.070.121	100,0

2020 yılı verilerine göre, İstanbul’da 786 İETT hattının, toplam 17.163 km hat uzunluğu ve yaklaşık 15.000 durakla hizmet verdiği anlaşılmaktadır (İETT, 2022) (Şekil 4.8). İETT ait hatlar ve duraklar incelendiğinde, hat ve durakların genellikle merkezde yoğunken çepere doğru gidildikçe seyreltiği görülmektedir. Bunun temel nedeni kentin çeperlerinde nüfus yoğunluğunun az olmasına paralel olarak yolculuk talebinin de az olmasıdır.

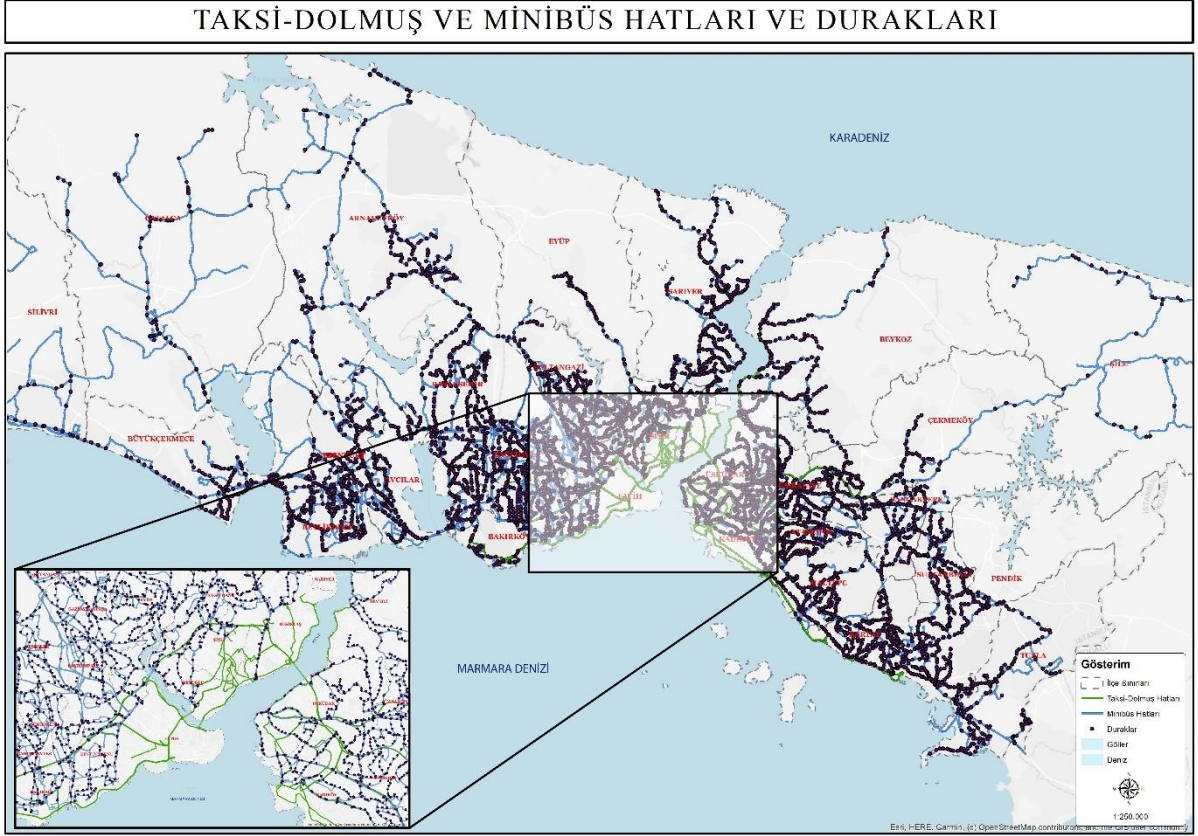
Lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinden biri olan minibüsler sürücüsü hariç azami 16 kişinin yolculuk edebileceği bir toplu taşıma aracıdır. İstanbul’da minibüslerin hat, güzergâh, durak ve araç talepleri TUHİM (Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü) tarafından değerlendirilmektedir. TUHİM minibüs sisteminin işletilmesi sürecindeki talepleri arazi etütleri ve teknik değerlendirme gibi farklı amaçlar kapsamında raporlaştırmakta ve UKOME’ye (Ulaşım Koordinasyon Merkezi) sunmaktadır. Bu çerçevede minibüs sisteminin işletilmesine yönelik kararlar UKOME tarafından alınmaktadır (İBB U., 2017). 2020 yılı

verilerine göre, İstanbul'da 421 minibüs hattı vardır ve bu hatların toplam uzunluğu 6174 kilometredir (İBB, 2021).



Şekil 4.8 Mevcut İETT Hatları ve Durakları (İBB, 2021)

Lastik tekerlekli türlerinden biri olan taksi-dolmuşlarda ise şoförü dâhil en fazla dokuz oturma yeri bulunmaktadır. Kişi başına tarifeli ücretle yolcu taşıyan bu ticari araçların, İstanbul genelinde hat güncellemeleri TUHİM tarafından yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, taksi-dolmuşlarda uygulanan mesafe bazlı ücretlendirmenin adaletli bir ücretlendirme politikası olduğu söylenilebilir (İBB U., 2017). 2020 yılı verilerine göre, İstanbul'da 31 taksi-dolmuş hattı vardır ve bu hatların toplam uzunluğu ise 421 kilometredir (İBB, 2021) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Mevcut Taksi-Dolmuş ve Minibüs Hatları ve Durakları (İBB, 2021)

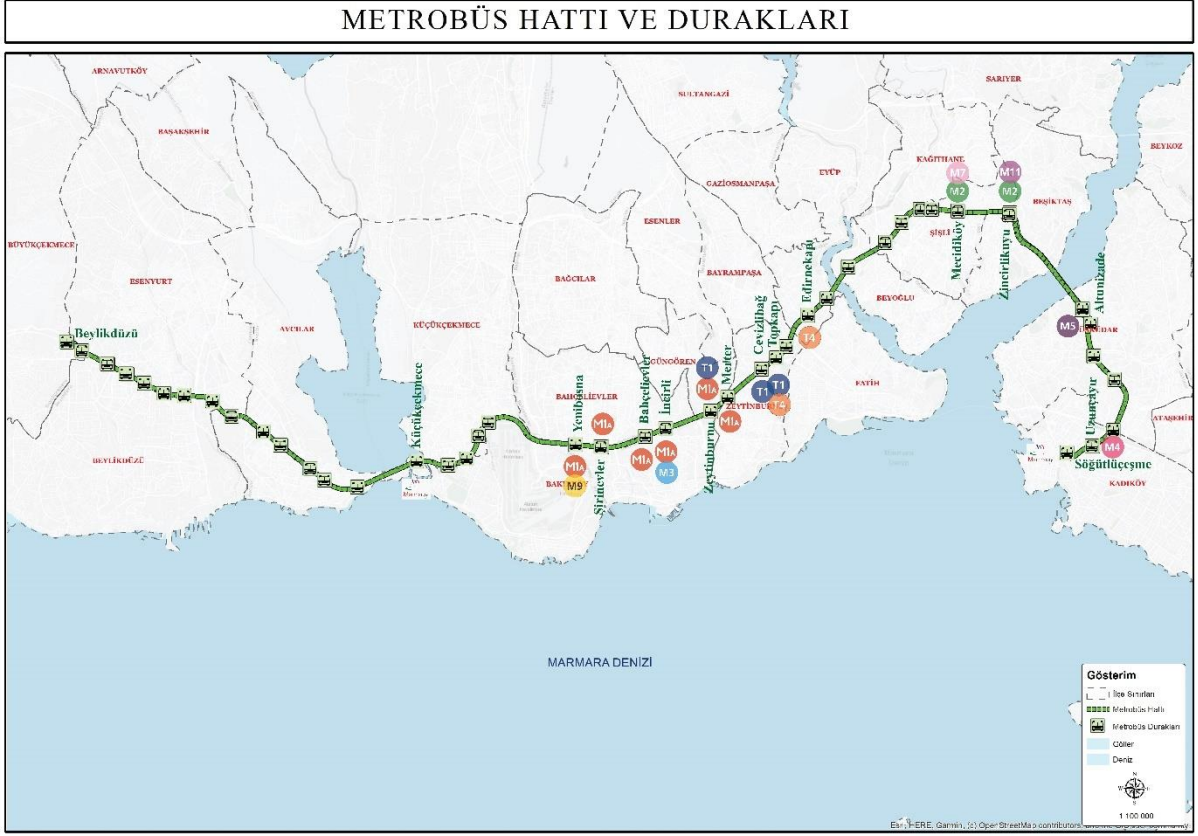
Metrobüs, İstanbul'un her iki yakasını birleştiren, birer gidiş ve geliş olmak üzere trafikte kendine ait özel şeridi olan toplu taşıma sistemidir. İstanbul toplu taşıma sisteminin en fazla yolcu taşıyan lastik tekerlekli ulaşım sistemidir. Metrobüs sistemi, hem işletmesinde diğer ulaşım araçları ve yayalar tarafından kesintiye uğramaması (A düzey geçiş hakkı), hem de hizmet sunduğu koridor açısından raylı sistemlerle benzerlikler taşımaktadır (İBB U., 2017). Dünyanın etkili Hızlı Transit Otobüs (BRT) Sistemlerinden biri olan metrobüs sistemi, Beylikdüzü'nden başlayıp, Söğütlüçeşme'ye kadar uzanmakta ve 44 durağı bulunmaktadır (İBB U., 2017). Toplam on farklı hatta sahip olan metrobüs sisteminin uzunluğu 52 kilometre olup, hattın toplam seyahat süresi 85 dakikadır. Metrobüs sisteminin bazı durakları ile bazı mevcut raylı sistem istasyonları birbirleriyle entegre ve yolcuların aktarma yapmasına imkân vermektedir. Aktarma yapılabilen söz konusu hat ve durak kesişimleri aşağıda verilmektedir (Tablo 4.3). Metrobüs sisteminde bulunan 15 durak ile M1A, M2, M3, M4, M5, M7, M9, M11, T1, T4 ve Marmaray raylı sistemleri hatlarının istasyonları arasında aktarma yapılabilir (Şekil 4.10).



Resim 2 Trafikte Ayrılan Metrobüs Şeridi (İBB, 2021)

Tablo 4.3 Metrobüs Aktarma İstasyonları

Metrobüs Durağı	Aktarma Raylı Sistem Hattı
Küçükçekmece	Marmaray - Küçükçekmece İstasyonu
Yenibosna	M1A - M9A Yenibosna Metro İstasyonu
Şirinevler	M1A - Ataköy - Şirinevler Metro İstasyonu
Bahçelievler	M1A - Bahçelievler Metro İstasyonu
İncirli	M1A - M3 Bakırköy - İncirli Metro İstasyonu
Zeytinburnu	M1A - T1 Zeytinburnu Metro ve Tramvay İstasyonu
Merter	M1A Merter Metro İstasyonu
Cevizlibağ	T1 Cevizlibağ - AÖY Tramvay İstasyonu
Topkapı	T1 - T4 Topkapı Tramvay İstasyonu
Edirnekapı	T4 Şehitlik Tramvay İstasyonu
Mecidiyeköy	M2 - M7 Mecidiyeköy Metro İstasyonu
Zincirlikuyu	M2 - M11 Gayrettepe Metro İstasyonu
Altunizade	M5 Altunizade Metro İstasyonu
Uzunçayır	M4 Ünalp Metro İstasyonu
Söğütlüçeşme	Marmaray - YHT Söğütlüçeşme Tren İstasyonu



Şekil 4.10 Metrobüs Hattı-Durakları ve Kesişen Raylı Sistem Hatları (İBB, 2021)

4.3.2. Raylı Sistem

Raylı sistem, lastik tekerlekli toplu ulaşım türünden sonra İstanbul’da en çok kullanılan ikinci toplu taşıma türüdür. Raylı sistem ulaşımı metro, hafif raylı sistemler, Marmaray (Banliyö), föniküler ve teleferikten oluşmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle 2000 yılından bu yana İstanbul’da raylı sisteme yönelik yatırımlarda ciddi artış olmuştur. 2010 yılı öncesinde toplam 77,02 km uzunluğunda olan raylı sistem, 2017 yılında 144,97 km’ye ulaşmıştır. 2020 yılı verilerine göre Marmaray haricinde raylı sistemlerin toplam uzunluğu 185,69 kilometredir. İstanbul raylı sisteminde 217 istasyon ve 919 araç bulunmaktadır (Metro İstanbul, 2020).

Tablo 4.4 Raylı Sistemler Genel İstatistik Verileri

Raylı Sistemler Genel İstatistik Verileri	2020
Yolcu Sayısı (Yıllık)	381.325.671
Kilometre	185,69
İstasyon Sayısı	217
Araç Sayısı	919

2020 yılı günlük ortalama yolculuk verilerine göre metro ve hafif raylı sistem en fazla yolcu taşıyan raylı sistem türleridir. İstanbul’da raylı sistemi kullanan günlük ortalama yolcuların %16,95’ini Marmaray taşımaktadır. Füniküler ve teleferik İstanbul’da en az yolculuğun yapıldığı sistemlerdir (İBB, İstanbul Ulaşım ve Hareketlilik Raporu, Aralık 2020; İstanbul Valiliği, 2021) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 2020 Aralık Ayında Raylı Sistemler ile Yapılan Yolculukların Sayısı (Hafta İçi Günlük Ortalama)

Raylı Sistem Toplu Taşıma Türleri	2020	
	Günlük Taşınan Kişi Sayısı	Oran (%)
Metro	706.935	55,38
Marmaray (Banliyö)	216.428	16,95
Hafif Raylı Sistemler	344.482	26,98
Füniküler	6.379	0,50
Teleferik	2.408	0,19
TOPLAM	1,276,632	100,0

Raylı sistem hatlarının genel görüntüsü incelendiğinde, yatırımların kentin merkez bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bir kısmı denizin altından geçen Marmaray hattı, Halkalı’dan başlayıp, Kocaeli’nin Gebze ilçesine kadar uzanmaktadır. Bunun yanı sıra Şekil 4.11’de görüldüğü gibi Anadolu Yakasına göre Avrupa Yakasında daha fazla raylı sistem yatırımının yapıldığı söylenebilir.

İstanbul’da dokuz tane raylı sistem hattı bulunmakta ve toplamda 135,79 kilometre uzunluğundadır. Bu hatlardan en uzun olanı Kadıköy-Tavşantepe Metro Hattı, 26,2 kilometre ve on dokuz istasyondan oluşmaktadır (Tablo 4.6).

Şekil 4.12’den de anlaşılabileceği üzere metro hatlarının Anadolu Yakasında genellikle doğu-batı yönünde olduğu ve Avrupa Yakasına göre daha seyrek olduğu; Avrupa Yakasında ise doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde olduğu görülmektedir. Günümüzde raylı sistemlerin, lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinden sonra en fazla kullanılan toplu taşıma türü olması, raylı sistemlere yapılan yatırımları artırmaktadır. Raylı sistem yatırımlarının artması sürdürülebilir ulaşım planlaması açısından oldukça önemlidir.

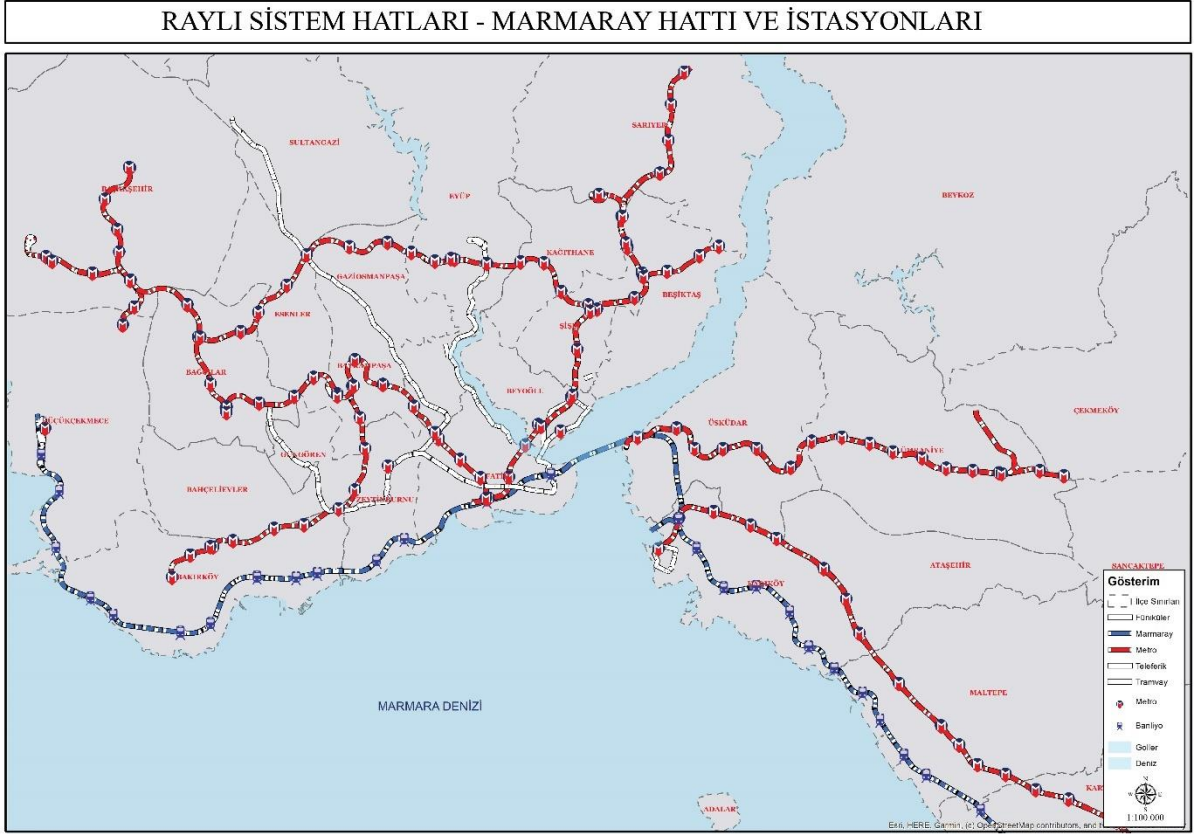
İstanbul’da mevcut hafif raylı sistemlerde toplam beş hat bulunmakta ve 47,8 kilometre uzunluğundadır. Söz konusu hatlardan en uzun olanı Kabataş – Bağcılar Tramvay Hattı 19,3 kilometre iken en kısa hat ise Taksim – Tünel Nostaljik Tramvay Hattı’dır (Tablo 4.7).



Şekil 4.11 Raylı Sistem Hatları ve İstasyonları (İBB, 2021)

Tablo 4.6 Mevcut Metro Hatları (İBB, 2021)

Hat Kodu	Hat İsmi	Türü	İstasyon Sayısı	Uzunluk (km)
M1A	Yenikapı – Atatürk Havalimanı Metro Hattı	Metro	10	21
M1B	Otogar – Bağcılar (Kirazlı) Metro Hattı	Metro	5	5,8
M2	Yenikapı – Seyrantepe – Hacıosman Metro Hattı	Metro	16	23,49
M3	Kirazlı – Olimpiyat – Başakşehir Metro Hattı	Metro	11	15,9
M4	Kadıköy – Tavşantepe Metro Hattı	Metro	19	26,2
M5	Üsküdar – Ümraniye – Çekmeköy Metro Hattı	Metro	16	20
M6	Levent – Boğaziçi Üniversitesi / Hisarüstü Metro Hattı	Metro	4	3,3
M7	Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı	Metro	15	18
M9	İkitelli – Ataköy Metro Hattı 1. Kısım (İkitelli – Bahariye Arası)	Metro	3	2,1
TOPLAM			99	135,79



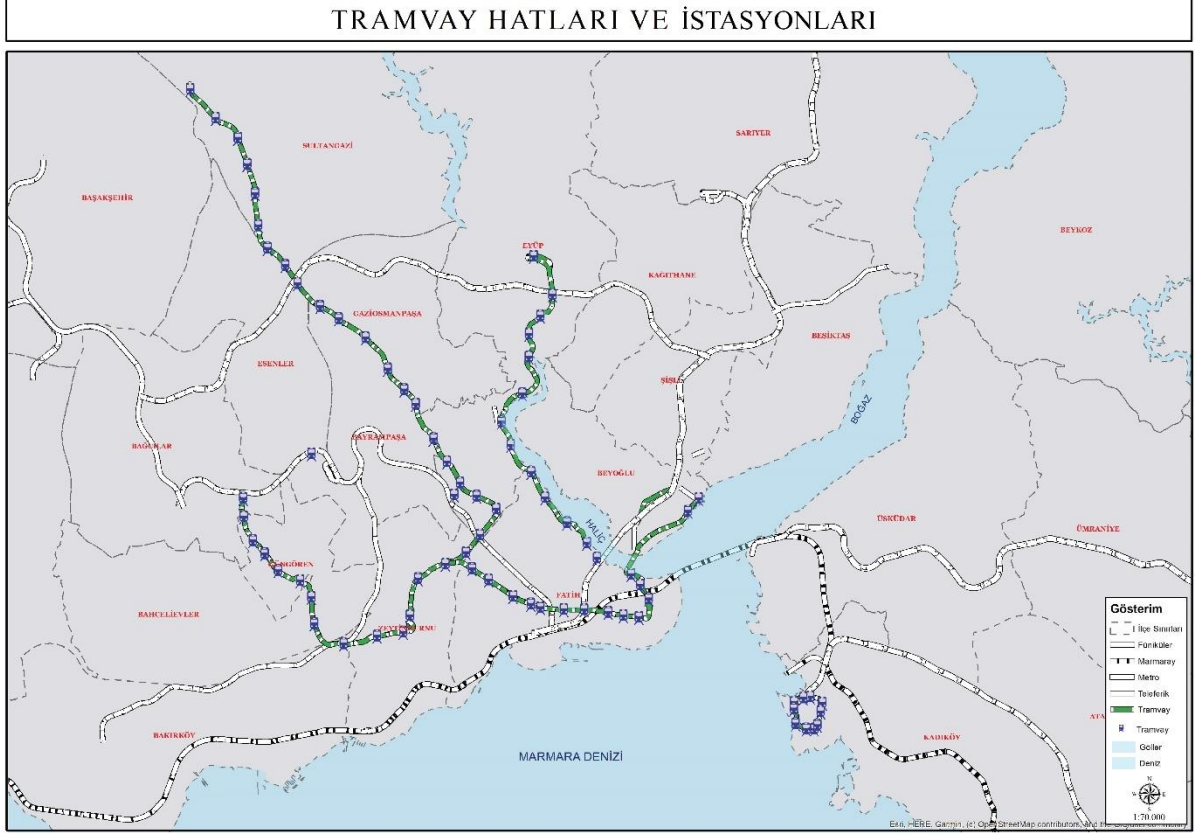
Şekil 4.12 Mevcut Metro - Marmaray Hatları ve İstasyonları (İBB, 2021)

Tablo 4.7 Mevcut Hafif Raylı Sistem Hatları (İBB, 2021)

Hat Kodu	Hat İsmi	Türü	İstasyon Sayısı	Uzunluk (km)
T1	Kabataş – Bağcılar Tramvay Hattı	Tramvay	31	19,3
T2	Taksim – Tünel Nostaljik Tramvay Hattı	Tramvay	5	1,6
T3	Kadıköy – Moda Nostaljik Tramvay Hattı	Tramvay	10	2,6
T4	Topkapı – Mescid – i Selam Tramvay Hattı	Tramvay	22	15,3
T5	Eminönü – Alibeyköy Cep Otogarı Tramvay Hattı	Tramvay	12	9
TOPLAM			80	47,8

İstanbul’da tramvay hatlarının genel olarak Avrupa Yakasında bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.13). Kentte en fazla yolcuya hizmet veren hafif raylı sistem hattı T1-

Kabataş-Bağcılar Tramvay Hattı'dır. Anadolu Yakası'nda ise tek bir tramvay hattı (Kadıköy – Moda Nostaljik Tramvay Hattı) olup, bu tramvay hattı turizm amaçlı kullanılmaktadır.

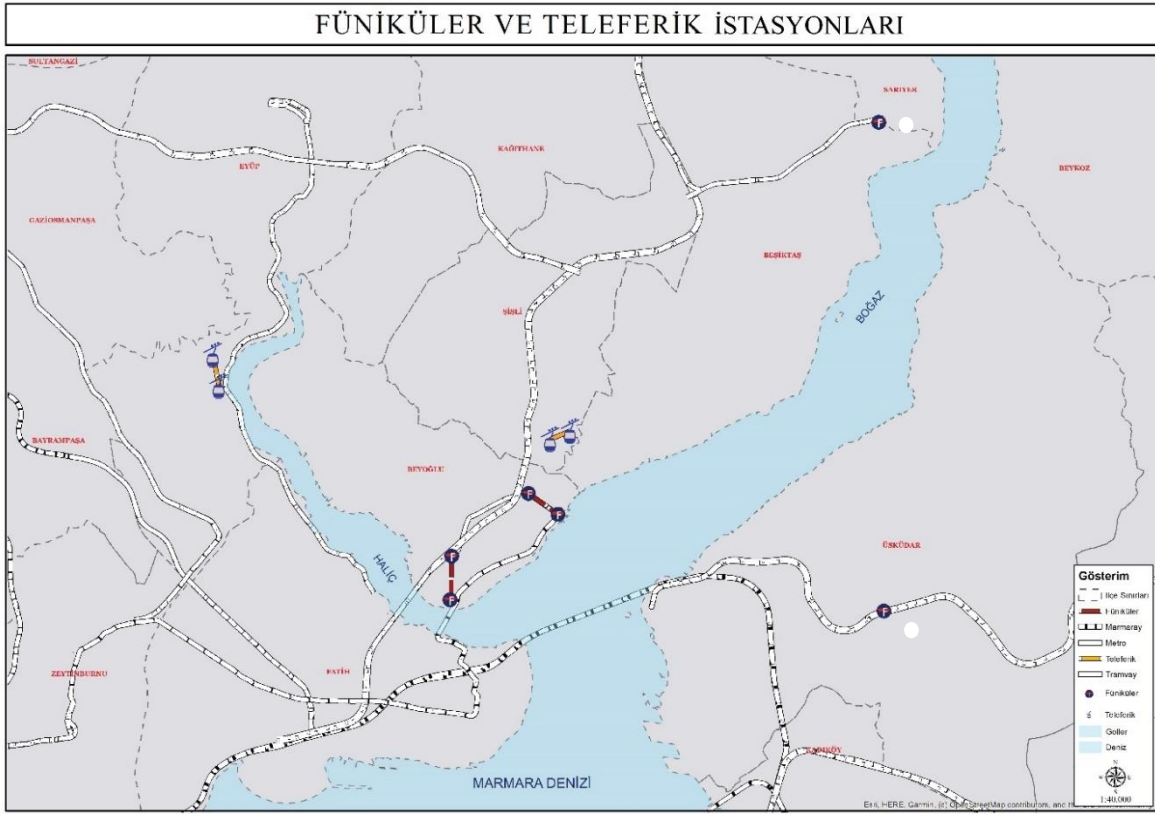


Şekil 4.13 Tramvay Hatları ve İstasyonları (İBB, 2021)

İstanbul'da mevcut durumda 4 adet funiküler ve teleferik hattı bulunmaktadır (Şekil 4.14). Hatların toplam uzunlukları 1,96 km'dir (Tablo 4.8). Bu hatların tamamı Avrupa Yakası'nda olup, Anadolu Yakası'nda funiküler ve teleferik hatları bulunmamaktadır. Füniküler ve Teleferik Hatları, diğer raylı sistemlere göre az kullanılmaktadır.

Tablo 4.8 Mevcut Funiküler ve Teleferik Hatları (İBB, 2021)

Hat Kodu	Hat İsmi	Türü	İstasyon Sayısı	Uzunluk (km)
F1	Taksim – Kabataş Füniküler Hattı	Funiküler	2	0,64
F2	Tünel (Karaköy – Beyoğlu) Füniküler Hattı	Funiküler	2	0,60
TF1	Maçka – Taşkışla Teleferik Hattı	Teleferik	2	0,30
TF2	Eyüp Sultan – Piyer Loti Teleferik Hattı	Teleferik	2	0,42
TOPLAM			8	1,96



Şekil 4.14 Füniküler ve Teleferik İstasyonları (İBB, 2021)

4.3.3. Deniz Yolu Ulaşım Sistemi

Marmara, Karadeniz, Boğaz ve Haliç'e kıyısı olan İstanbul'un kıyı şeridi uzunluğu 500 kilometreden fazladır. Kentte ilk yerleşik alanlar su kenarında olduğundan, tarih boyunca deniz ve deniz ulaşımının kentin fiziki, ekonomik ve sosyal yapısı üzerinde önemli etkileri oluşmuştur. Fakat 1950'den sonra, Anadolu'dan gelen göçler sonrasında kentte yerleşim alanları iç bölgelere doğru genişlemiştir. Kentin makroformundaki bu değişim, kentin deniz ulaşımı erişilebilirliğini olumsuz etkilemiştir (İBB, 2021).

Kentin denizle olan bu güçlü ilişkisi, denizin kent içi ulaşımında kullanılması için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu doğrultuda deniz yolu ulaşım sisteminin İstanbul için önemli bir ulaşım türü olması kaçınılmazdır. Ancak deniz yolu ulaşım sisteminin verimli kullanıldığı söylenemez. Bunun temel nedeni son dönemde deniz yolu ulaşımına yönelik planlama ve işletme faaliyetlerinin ihmal edilmiş olmasıdır. Bu doğrultuda bazı deniz hatları seferden kaldırılmış ve bazı iskeleler kapatılmış veya işlevsel olarak dönüştürülmüştür (İBB, 2021). Bu süreçte, deniz ulaşımının toplu taşıma türleri içindeki payı 2020 yılında %1,91'e gerilemiş ve taşınan yolcu sayısı da 84.639 olmuştur. Söz konusu yolculukların %44,77'si Şehir Hatları

kullanılarak yapılmıştır (İBB, İstanbul Ulaşım ve Hareketlilik Raporu, Aralık 2020) (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 2020 Aralık Ayında Deniz Ulaşımı ile Yapılan Yolculukların İşletmelere Göre Dağılımı (Hafta İçi Günlük Ortalama)

Deniz Ulaşımı Türleri	2020	
	Günlük Taşınan Kişi Sayısı	Oran (%)
Şehir Hatları	37.895	44,77
İDO	2.944	3,48
Özel Deniz İşletmeleri	43.800	51,75
TOPLAM	84.639	100,0

İBB'nin işletiminde olan Şehir Hatlarında 29 gemi, 33 hat ve 48 iskeleyle hizmet vermektedir. Söz konusu hatlar “İstanbul İçi Hatlar”, “Boğaz Hatları” ve “Adalar Hatları” adı altında üç gruba ayrılmıştır (Tablo 4.10). Bu hatlarda 2022 yılı kış döneminde günde 919 sefer yapılmaktadır (Şehir Hatları, 2022).

Tablo 4.10 Şehir Hatları (Şehir Hatları, 2022)

Sıra No	Hat İsmi
İSTANBUL İÇİ HATLAR	
1	Kadıköy - Kabataş Hattı
2	Kadıköy - Karaköy - Eminönü Hattı
3	Üsküdar - Karaköy - Eminönü Hattı
4	Kadıköy - Beşiktaş Hattı
5	Kadıköy - Karaköy - Beşiktaş Hattı
6	Haliç Hattı
7	Bostancı - Karaköy - Kabataş Hattı
BOĞAZ HATLARI	
8	Boğaz'dan Geliş - Boğaz'a Gidiş
9	Anadolukavağı - Rumelikavağı - Sarıyer Hattı
10	Küçüksu - Beşiktaş - Kabataş Hattı
11	Çengelköy - İstinye Ring Hattı
12	Kadıköy - Sarıyer Hattı
13	Anadolukavağı - Üsküdar Hattı
14	Kadıköy - Üsküdar - Ortaköy Hattı
15	Rumelikavağı - Eminönü Hattı
16	Küçüksu - İstinye Hattı
17	Bebek - Emirgan Hattı
18	Beykoz - Sarıyer Hattı
ADALAR HATLARI	
19	Kabataş - Adalar Hattı /
20	Adalar - Beşiktaş Hattı
21	Bostancı - Adalar Ring Hattı
22	Bostancı - Adalar Ring Hattı

yolları tercih edecekleri varsayılarak, %7 ve altı eğimli yollardaki durak, istasyon ve iskelelerin erişilebilirlikleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında senaryo 2'nin uygulanmasındaki amaç eğimin erişilebilirlik üzerindeki etkisini anlamaktır. Ayrıca durak, istasyon ve iskelelerin erişilebilirlikleriyle, İstanbul'un tüm toplu taşıma sistemlerinin etki alanları belirlenmiş ve böylece durak, istasyon ve iskelelerden yararlanabilen toplam nüfus analiz edilerek, yorumlanmıştır.

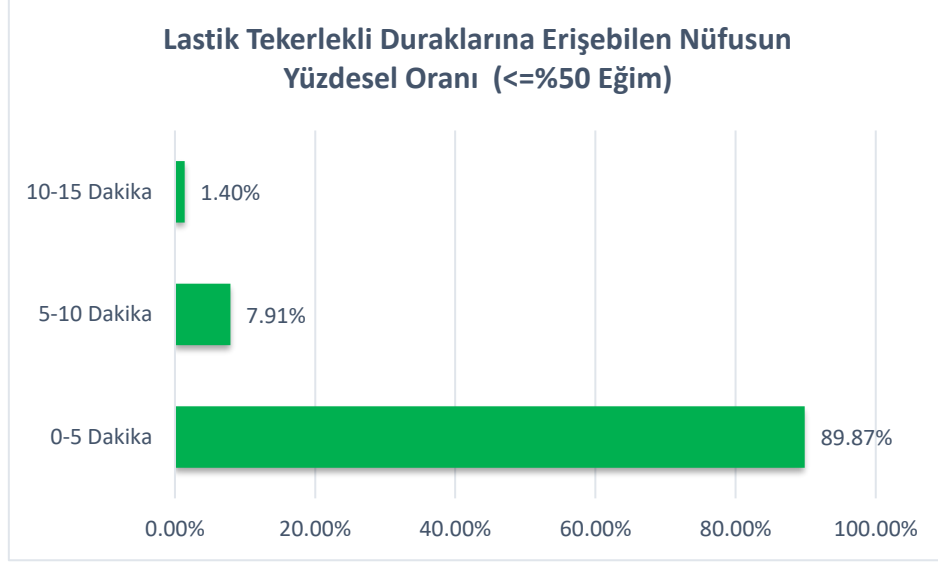
4.4.1. Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Türlerine İlişkin Erişilebilirlik Analizi

Lastik tekerlekli ulaşım sistemi İstanbul'da 4 farklı mod ile çalıştırılmaktadır. Bunlar, bir önceki bölümde bahsedilen, IETT, metrobüs, taksi-dolmuş ve minibüs modlarıdır. Lastik tekerlekli hatların yaklaşık 15.000 durağı, ArcGIS üzerinde noktasal veri olarak tanımlanmıştır (IBB, 2020). Söz konusu nokta verileri kullanılarak lastik tekerlekli ulaşım türlerine erişilebilirlik senaryo 1 ve 2'ye göre üretilmiştir.

Senaryo 1: Kısıtlama Olmadan Tüm Yolların Servis Alanı Analizi – Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Sistemi

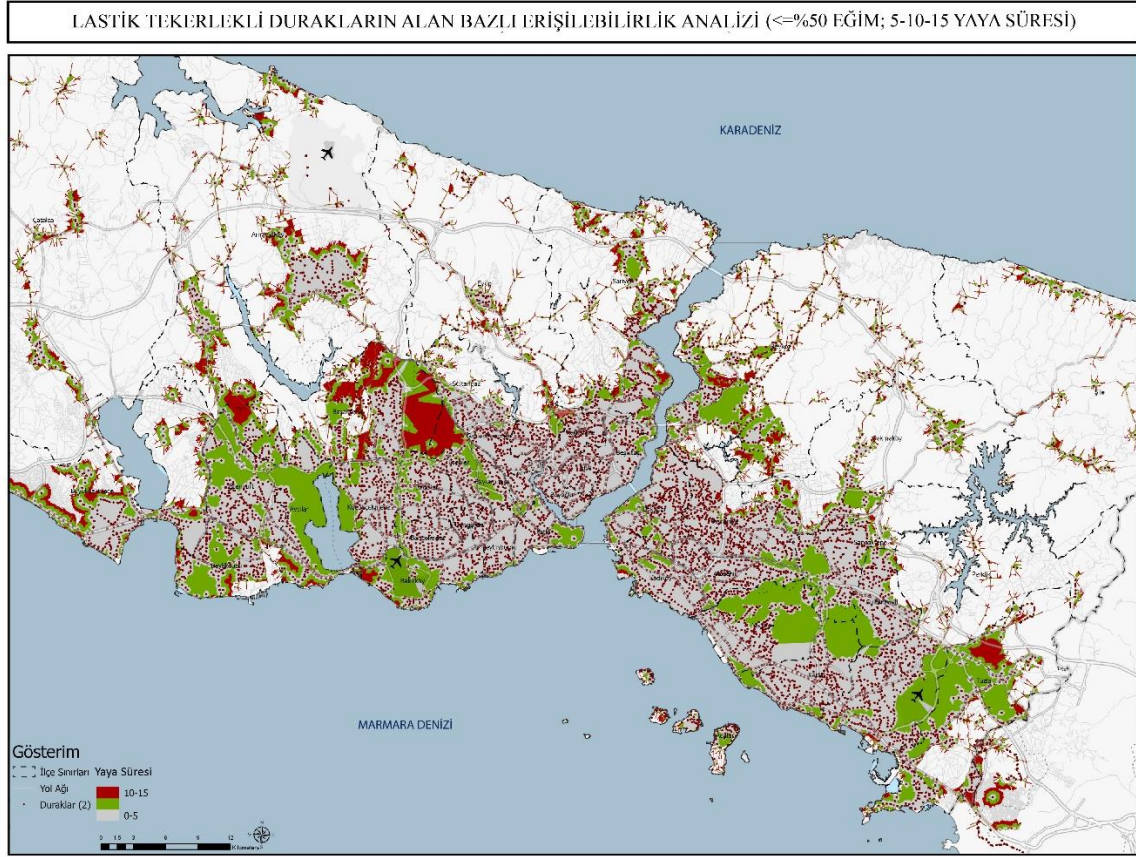
Bu senaryo kapsamında, kısıtlama olmadan tüm yollar için servis alanı analizi yapılarak lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarının erişilebilirliği analiz edilmiştir. Kentte bulunan tüm lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinin durakları için 5, 10 ve 15 dakika yürüme mesafesine göre erişilebilirlik alanı ve bu duraklara erişebilen nüfus hesaplanmıştır. Duraklara erişebilen nüfus ArcGIS yazılımında “Select by Location” aracı ile noktasal nüfus verisi (IBB, 2020) ve alansal erişilebilirlik analizi çıktısı çakıştırılarak bulunmuştur. Bu çerçevede, bulunan nüfuslar ile İstanbul'un 2020 toplam nüfusu oranlanmıştır.

İstanbul'da senaryo 1 kapsamında yani herhangi bir eğim kısıtlaması olmadan tüm yollardaki lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinin duraklarına 0-5 dakikada erişebilen nüfus oranı %89,87, 5-10 dakikada erişebilen nüfus oranı %7,91 ve 10-15 dakikada erişebilen nüfus oranı %1,40 olarak hesaplanmıştır (Grafik 4.2). Bu bağlamda İstanbul'da lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinin duraklarına 0-15 dakika yürüme mesafesinde erişebilen nüfusun toplam nüfusa oranı %99,18'dir. Bu sonuç senaryo 1'e göre lastik tekerlekli duraklarına 15 dakika için de neredeyse tüm İstanbul nüfusunun erişebildiğini göstermektedir. Diğer taraftan senaryo 1'e göre İstanbul'da lastik tekerlekli toplu taşıma türlerinin duraklarına 5 dakika yürüme süresinde erişemeyen nüfusun toplam nüfusa oranı %10,13 olarak hesaplanmıştır.

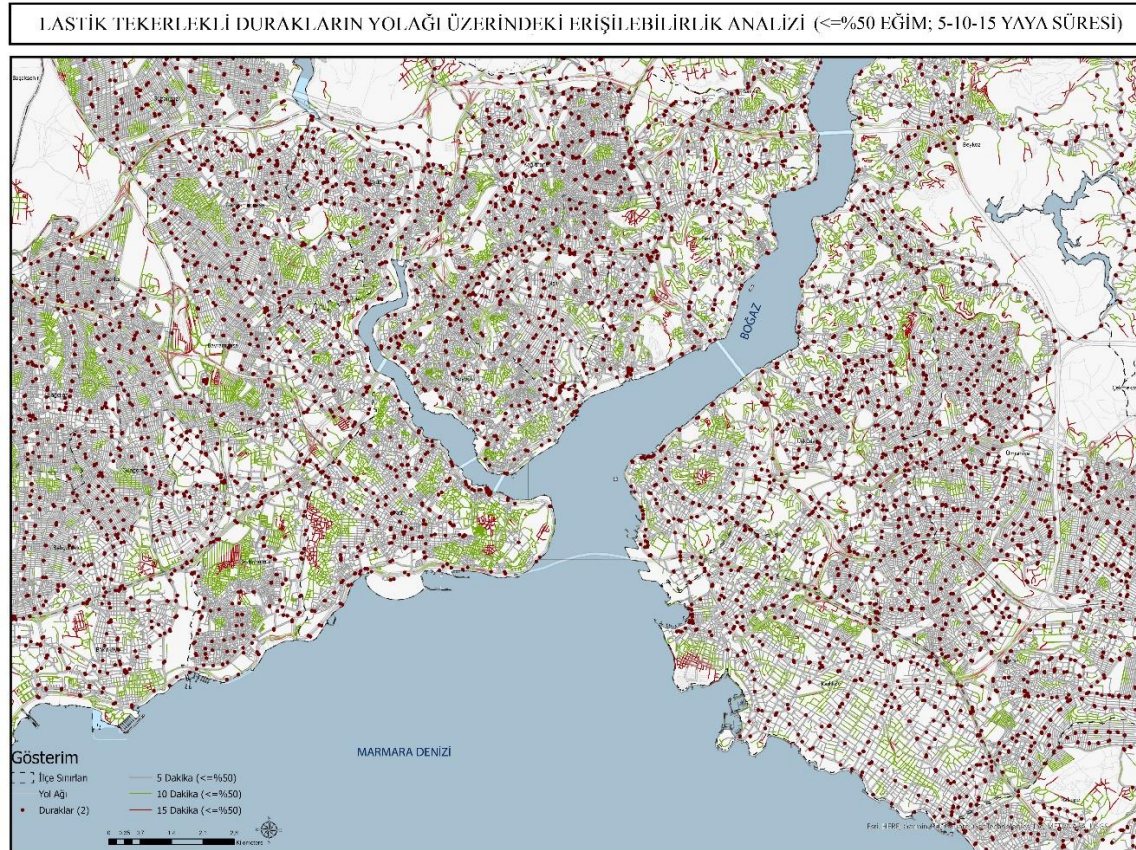
Grafik 4.2 Lastik Tekerlekli Duraklarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 1)

Şekil 4.16’da eğim kısıtlaması olmadan, lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarına 5, 10 ve 15 dakika yürüme mesafeleri alansal olarak analiz edilmiş ve erişilebilirlik bölgeleri oluşturulmuştur. Şekil 4.17’de ise eğim kısıtlaması olmadan, lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarının 5, 10 ve 15 dakika yaya yürüme mesafesinde erişilebilir oldukları yol ağı gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarının erişilebilirliklerinin özellikle kent merkezinde yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bulgular kentin çeperine gidildikçe lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarının erişilebilirliğinin az da olsa alansal olarak azaldığını göstermektedir. Ayrıca 10-15 dakika yürüme mesafesindeki bazı alanların doğal eşik alanları ve tarım alanları olduğundan, durak ve karayol bağlantılarının yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, bulgular lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarına 0-5 dakika yürüme mesafesindeki yolların, 5-10 ve 10-15 dakika yürüme mesafesindeki yollara göre daha fazla olduğunu göstermektedir (Şekil 4.17).

Genel olarak, İstanbul kentsel nüfusunun lastik tekerlekli duraklarına 0-5 dakika yürüme mesafesinde erişilebildiği görülmektedir. Diğer taraftan, Kadıköy-Moda olarak bilinen ve nüfusu 22.760 kişi (TUIK, 2021) olan Caferağa Mahallesinde lastik tekerlekli toplu taşıma durağı bulunmamaktadır.



Şekil 4.16 Lastik Tekerlekli Duraklarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)



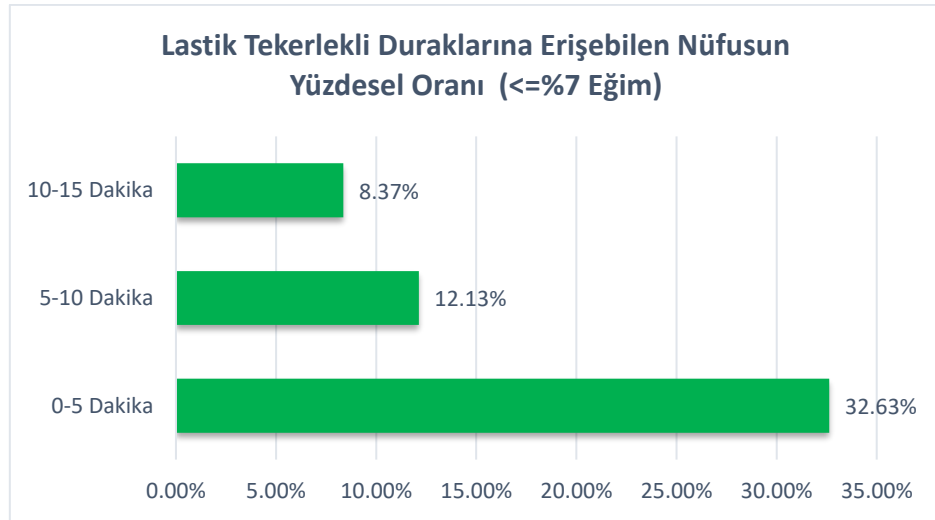
Şekil 4.17 Lastik Tekerlekli Duraklarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)

Senaryo 2: Eğim Oranı %7'nin Altındaki Yolların Servis Alanı Analizi – Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma

Yaya hareketleri için eğim, erişilebilirliği etkileyen temel unsurlardan biridir (Güleç Özer, Özkan Özbek, & Şener, 2016). Bu kapsamda lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarına erişilebilirlik analiz edilirken, senaryo 2 doğrultusunda %7 eğimin üstündeki yollarda bulunan ve yaya erişimi sağlıklı olmayan yollardaki duraklar göz ardı edilmiştir.

Kentte, %7 eğimin altındaki yollarda bulunan durakların 5, 10 ve 15 dakika yaya yürüme mesafeleri temel alınarak erişilebilirlik bölgeleri belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bölgeyle bu bölgede yaşayan nüfus karşılaştırılarak, %7 eğimin altındaki yollarda bulunan lastik tekerlekli duraklarına erişebilen nüfus hesaplanmıştır. Grafik 4.3'de gösterildiği üzere, %7 eğiminin altındaki yollarla lastik tekerlekli duraklarına; 0-5 dakikalık yürüme mesafesiyle erişebilen nüfus oranı %32,63, 5-10 dakikalık yürüme mesafesiyle erişebilen nüfus oranı %12,13 ve 10-15 dakikalık yürüme mesafesiyle erişebilen nüfus oranı %8,37 olarak hesaplanmıştır. %7 eğiminin altındaki yollarla lastik tekerlekli duraklarına 0-15 dakika aralığında rahat ve konforlu yaya yolculuğu yaparak erişebilen nüfus, toplam İstanbul nüfusunun yaklaşık %53,12'sidir. Ancak İstanbul'un topoğrafya yapısı sebebiyle nüfusun %46,88'i ise %7 ve üzeri eğimli yolları kullanarak duraklara erişebilmektedir.

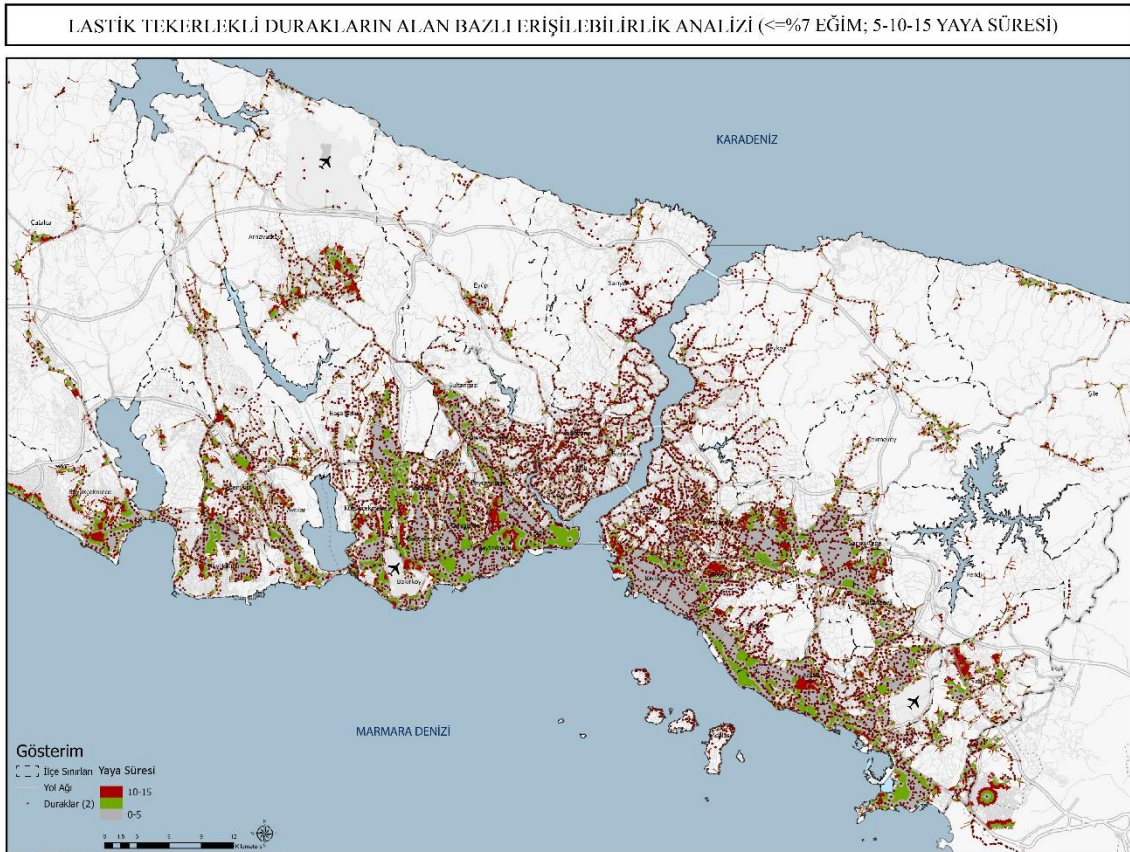
Grafik 4.3 Lastik Tekerlekli Duraklarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 2)



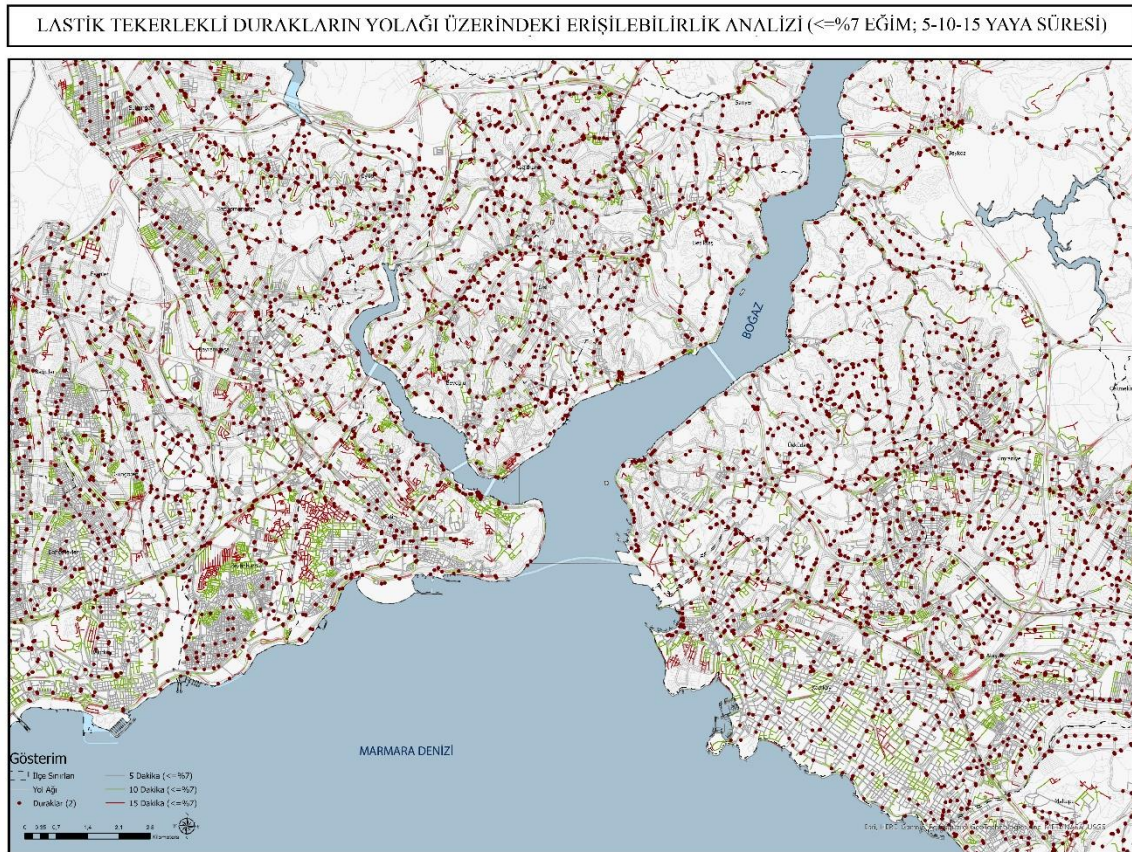
Şekil 4.18'de senaryo 2 doğrultusunda, %7 eğimin altındaki yollarda bulunan durakların 5, 10 ve 15 dakika yaya yürüme mesafesinde erişilebilir olduğu bölgeleri ve Şekil 4.19'da ise söz konusu durakların 5, 10 ve 15 dakika yaya yürüme mesafesinde erişilebilir oldukları yol ağı

gösterilmektedir. Bu bağlamda, erişilebilirliği olan lastik tekerlekli duraklarının genellikle şehrin merkezinde bulunduğu ve kentin çeperine doğru gidildikçe erişilebilirliğin alansal olarak azaldığı görülmektedir. Haritaya göre topoğrafya açısından yüksek eğime sahip Bebek, Beşiktaş, Kandilli, Küçüksu gibi yoğun yerleşim alanlarında duraklara erişimin azaldığı anlaşılmaktadır.

Bunun yanı sıra, 0-5 dakikalık yürüme mesafesinde olan durakların erişilebilirliğini sağlayan yolların, 5-10 ve 10-15 dakikada ulaşımı olan yollara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Fatih İlçesi'nde erişilebilirliğin bazı bölgelerde zayıf olmasının nedeni, söz konusu bölgelerde kolayca erişilebilir durakların yetersiz olmasıdır. Bunun yanı sıra, Zeytinburnu-Seyitnizam'daki Demirciler Sanayi Sitesi'nden duraklara erişimin 10-15 dakika yürüme mesafesinde olma nedenlerinden biri de durak eksikliğidir. Aynı zamanda, Mevlanakapı Mahallesi'nin bir kısmında da topoğrafya nedeniyle duraklara erişim 10-15 dakikalık yürüme mesafesinde olduğu tespit edilmiştir.



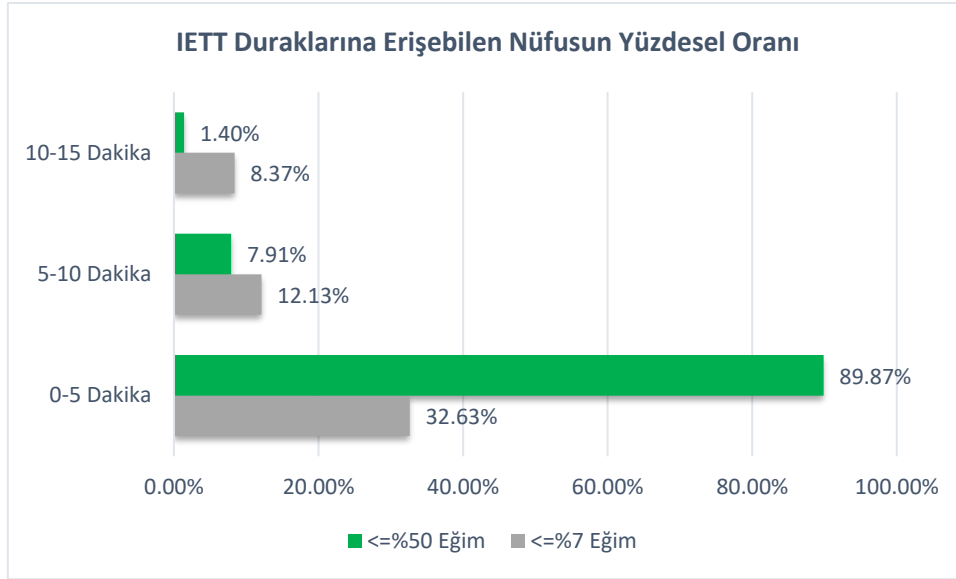
Şekil 4.18 Lastik Tekerlekli Duraklarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)



Şekil 4.19 Lastik Tekerlekli Duraklarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)

Her iki senaryoda 0-5 dakika aralığında duraklara yürüyerek erişebilen nüfus açısından karşılaştırıldığında, senaryo 1 kapsamında ele alınan nüfusun lastik tekerlekli toplu taşıma duraklara erişilebilirliğinin yaklaşık üç kat olduğu görülmektedir (Grafik 4.4). Diğer toplu taşıma türlerine göre İstanbul'un ulaşımını rahatlatan lastik tekerlekli toplu taşıma duraklarına erişilebilirlik analiz edildiğinde genel olarak nüfusun büyük bölümünün duraklara 0-15 dakika aralığında erişebildiği tespit edilmiştir. Fakat senaryo 2 kapsamında yapılan analizin ortaya koyduğu bulgular, topoğrafyanın erişilebilirliğe etkisinin fazla olduğunu göstermiştir.

Grafik 4.4 Lastik Tekerlekli Duraklarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranının Senaryolara göre Karşılaştırılması



4.4.2. Raylı Sistem Toplu Taşıma Türlerine İlişkin Erişilebilirlik Analizi

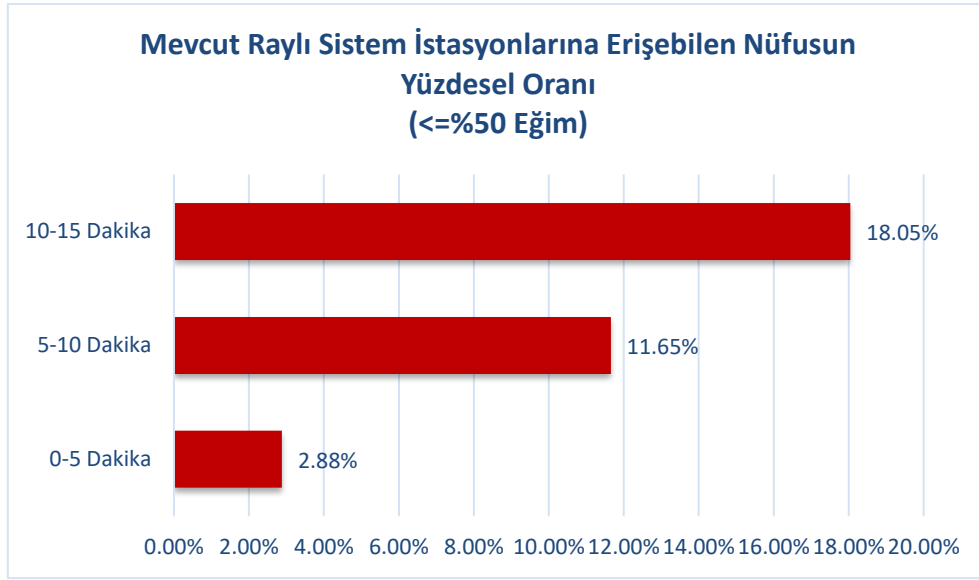
İstanbul’da metro, hafif raylı sistemler, Marmaray (Banliyö), föniküler ve teleferikten oluşan mevcut raylı sistem hatlarında toplam 217 durak/istasyon bulunmaktadır. Söz konusu durak/istasyonların erişilebilirlik analizi için öncelikle bu duraklar/istasyonlar ArcGIS ortamında noktasal veri olarak tanımlanmıştır (IBB, 2020). Söz konusu nokta verileri kullanılarak raylı sistem ulaşım türlerinin istasyonlarına erişilebilirlik durumu iki senaryoya göre analiz edilmiştir.

Senaryo 1: Kısıtlama Olmadan Tüm Yolların Servis Alanı Analizi – Raylı Toplu Taşıma Sistemi

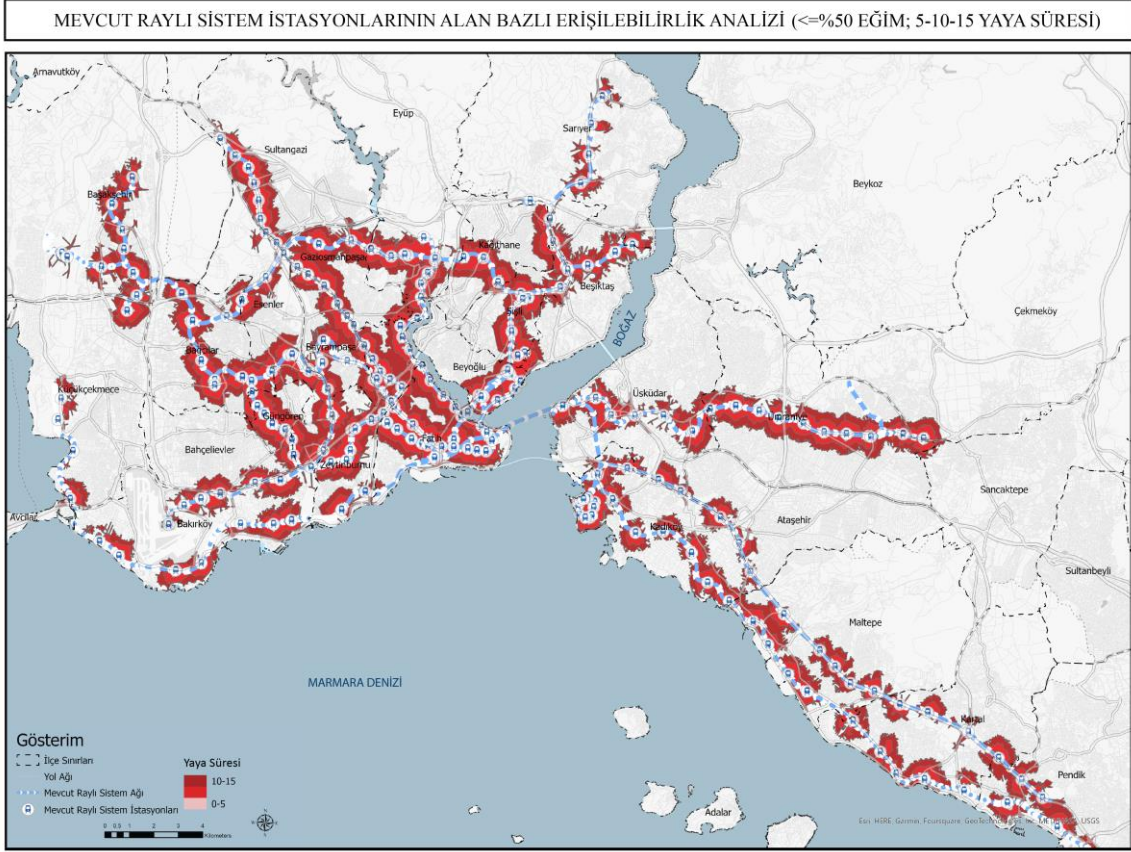
Senaryo 1, tezin yöntem bölümünde de açıklandığı üzere, mevcut raylı sistem istasyonlarına erişimin herhangi bir eğim kısıtlaması olmadan, yani tüm yolların servis alanı analizi kapsamında değerlendirildiği, bu doğrultuda tüm mevcut raylı sistem istasyonlarının erişilebilirliklerinin analiz edildiği senaryodur. Mevcut raylı sistem istasyonlarına erişebilen nüfus oranları hesaplandığında, 0-5 dakika aralığında istasyonlara erişebilen nüfus oranının %2,88, 5-10 dakika aralığında istasyonlara erişebilen nüfus oranının %11,65 ve 10-15 dakika aralığında istasyonlara erişebilen nüfus oranının ise %18,05 olduğu görülmektedir (Grafik 4.5). Raylı sistemin kentteki trafiği rahatlatması, yolculukların kısa sürmesi, diğer ulaşım sistemlerine göre daha sürdürülebilir olması gibi avantajları bulunmaktadır. Bu nedenle kentsel

alanda yayaların, 0-15 dakika yürüme mesafesinde erişebildiği istasyon sayısının fazla olması, raylı sistem kullanımını arttıracığından diğer ulaşım türlerini de rahatlatacaktır. Ancak İstanbul'da raylı sistem altyapısı istenilen düzeye ulaşamamıştır. İstanbul'da 0-15 dakika aralığında istasyonlara erişebilen nüfusun oranı %32,58 olarak hesaplanmıştır. Yani nüfusun yaklaşık %67'si aktarmasız raylı sistem ulaşım türünden faydalanamamakta veya en az 15 dakika yürüyerek ulaşabilmektedir. Bu bulgular farklı ulaşım türlerinin entegre olarak çalışmasının, türler arasında aktarma olanaklarının güçlü olmasının ve yapılan yatırımların erişilebilirlik açısından önemini ortaya koymaktadır.

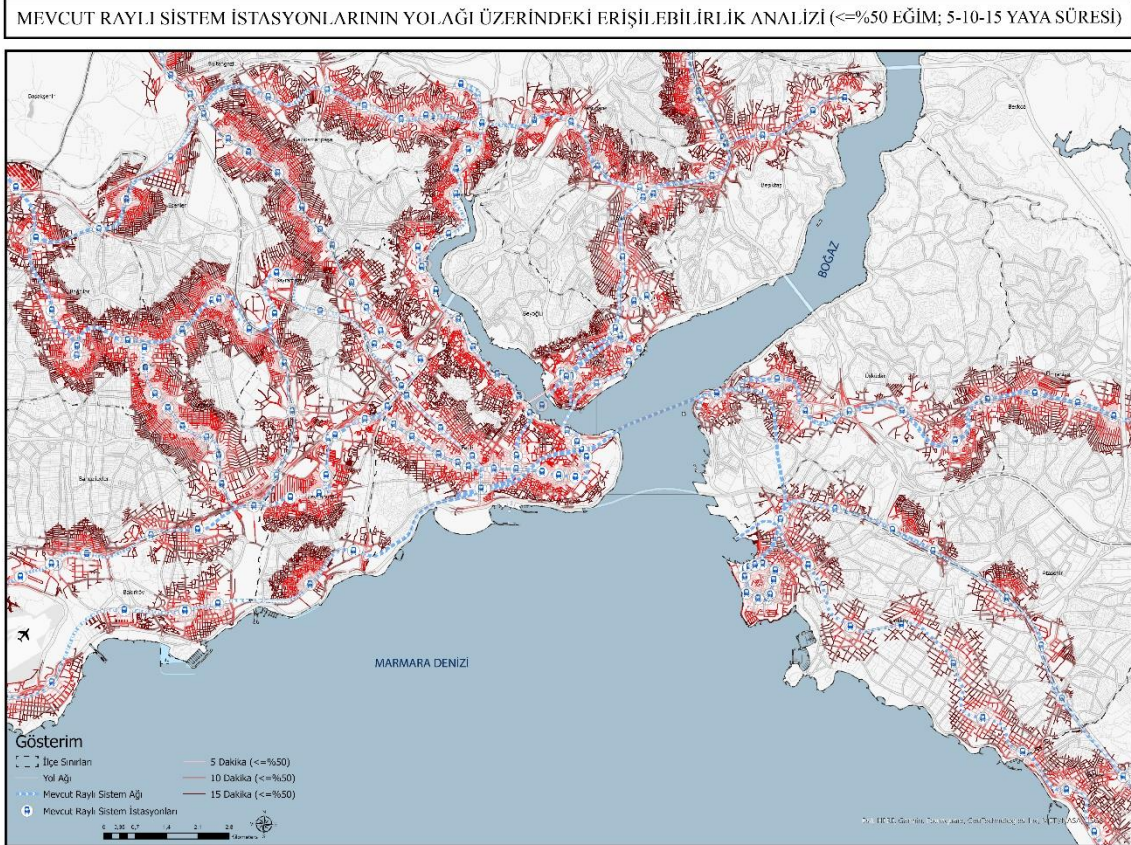
Grafik 4.5 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 1)



Şekil 4.20'de eğim kısıtlaması olmadan tüm yollar temel alınarak, raylı sistem istasyonlarına 0-5, 5-10 ve 10-15 dakika aralıklarında yürüme mesafesi analiz edilerek, erişilebilirlik alansal olarak gösterilmektedir. Erişilebilirlik analizi, Avrupa Yakası'nda ikamet eden insanların, bir yerden bir yere gitmek amacıyla raylı sistemlere ulaşmanın Anadolu Yakası'nda ikamet edenlere göre daha kolay olduğunu göstermektedir. Şekil 4.20, Avrupa yakasının büyük bölümünde insanların farklı raylı sistem alternatiflerine erişilebildiklerini ifade etmektedir. Anadolu Yakasında raylı sistem istasyonlarına sadece istasyon ve çevresinde erişimin olduğunu, nüfusun yoğun olduğu bölgelerde dahi erişilebilirliğin zayıf olduğu görülmektedir.



Şekil 4.20 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)



Şekil 4.21 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)

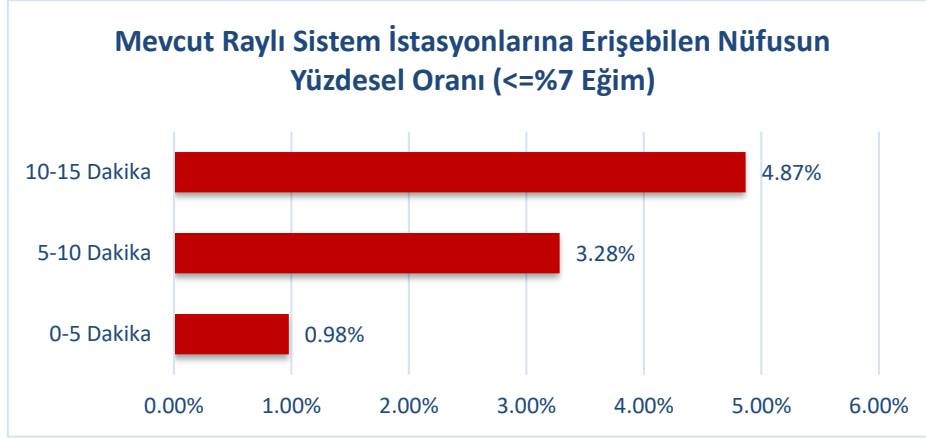
Eğim kısıtlaması olmadan tüm yolların ele alınmasıyla elde edilen erişilebilirlik analizinde 0-5 dakikalık yürüme mesafesinde olan durakların erişilebilirliğini sağlayan yolların, 5-10 ve 10-15 dakikada ulaşımı olan yollara göre daha az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.21). E-5 karayolunun altından geçen M4 Kadıköy-Tavşantepe Metro Hattındaki istasyonların erişilebilirliğinin zayıf olmasının nedenleri; istasyonların çok şeritli bir otoyol üzerinde olması, planlama gereği otoyola bağlanan ve insanların yürüyebileceği bağlantıların yetersiz olması, geçişlerin yayalar için tehlikeli, konforsuz, sağlıklı olması (kavşak geçişleri) ve istasyonların karayolu eşiğinin tam üzerinde konumlandırılmasıdır. Bu bağlamda, yukarıda sayılan özelliklere sahip erişilebilirliği zayıf istasyonların aktarmasız kullanımının çok zor olduğu açıktır.

Senaryo 2: Eğim Oranı %7'nin Altındaki Yolların Servis Alanı Analizi – Raylı Toplu Taşıma Sistemi

Bu bölümde mevcut raylı sistem istasyonlarının erişilebilirliği, tez çalışmasının yöntem bölümünde açıklanan senaryo 2'ye göre analiz edilmiştir. Bu bağlamda %7 eğimin üstündeki yollarda bulunan ve yaya erişimi sağlıklı olmayan istasyonlar, toplam istasyon sayısının %18'ini oluşturmaktadır. Yaya erişimi sağlıklı olmayan bu istasyonlara ya eğimli yollardan geçerek ya da yaya erişim bağlantılarının yeterli olmamasından, doğal eşiklerin bulunmasından veya yapay eşiklerin (kavşak vb.) varlığından dolayı yolu uzatarak erişilebilmektedir.

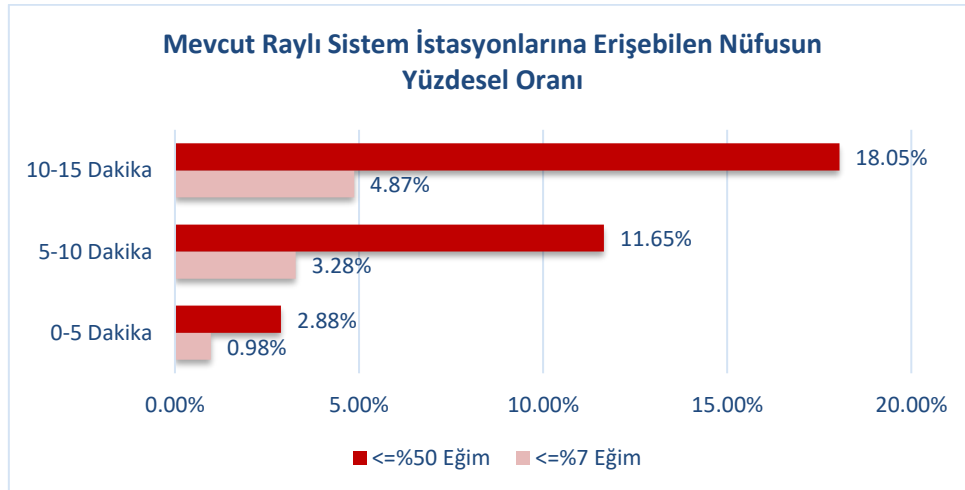
%7 eğimin altındaki yollarla mevcut raylı sistem istasyonlarına erişebilen nüfus yürüme mesafesine göre oranlandığında, 0-5 dakika arasında nüfusun %0,98'inin, 5-10 dakika arasında nüfusun %3,28'inin ve 10-15 dakika arasında nüfusun %4,87'sinin raylı sistem istasyonlarına erişebildikleri hesaplanmıştır (Grafik 4.6). Bu doğrultuda İstanbul nüfusunun sadece %9,13'ü rahat bir şekilde istasyonlara erişebilirken, diğer kısım sağlıklı, eğimli yollardan geçerek veya aktarmalı şekilde raylı sistem istasyonlarına erişebilmektedir.

Şekil 4.22'de görüldüğü üzere raylı sistem istasyonlarına insanların rahat bir şekilde erişebildikleri alan oldukça düşüktür. Özellikle E-5 (D100) karayolu üzerinde bulunan Kadıköy-Tavşantepe Metro Hattı'nın istasyonlarına erişilebilirliğin diğer metro hatlarının istasyonlarına göre az olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun temel nedeni metro istasyonlarının geniş yüzölçüme sahip kavşak noktalarında tasarlanması ve bundan dolayı yaya olarak erişimin güç olmasıdır. Söz konusu duraklara M5 Üsküdar – Çekmeköy Hattındaki Fıstıkağacı, Kısıklı İstasyonları ve M1B Yenikapı-Kirazlı Hattı Esenler, Menderes, Üçyüzlü İstasyonları örnek verilebilir.

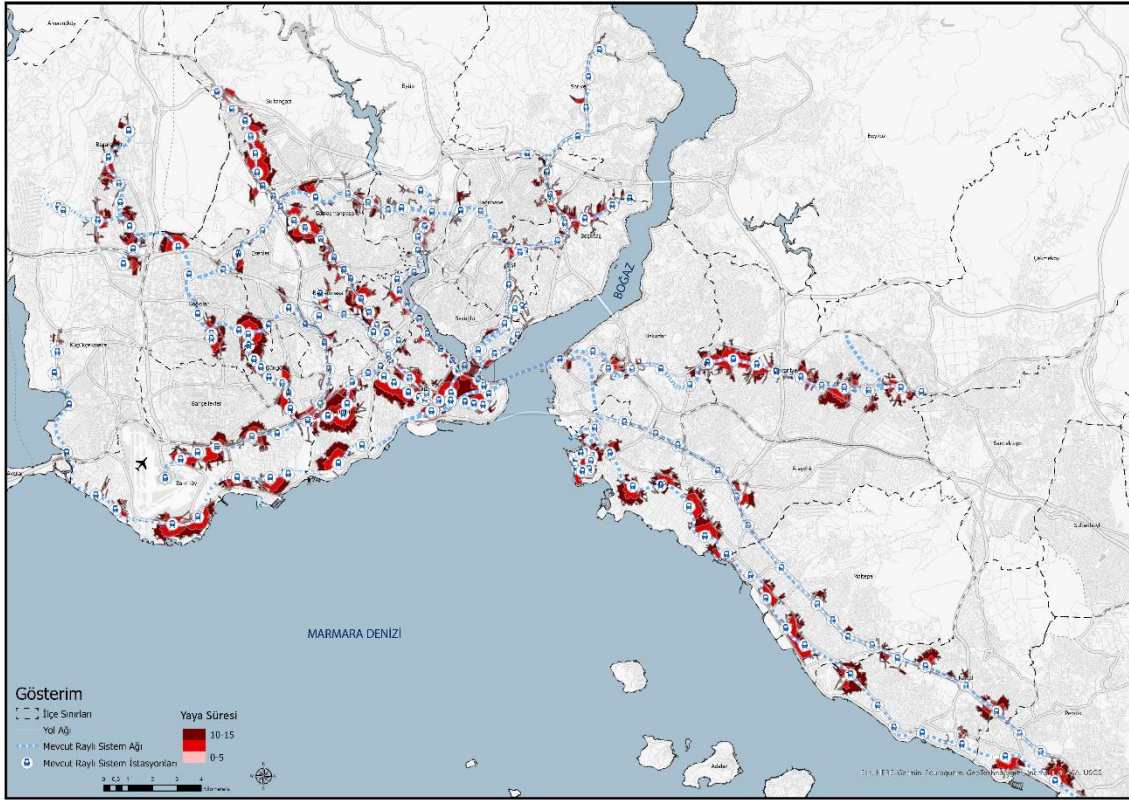
Grafik 4.6 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 2)

Ayrıca, üzerinde durulması gereken bir diğer raylı sistem hattı da Marmaray ve Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı'dır. Marmaray'ın son istasyonu olan Halkalı yönündeki istasyonların ve Yenikapı-Hacıosman Metro Hattındaki Hacıosman istasyonuna yakın istasyonların erişiminin güç olmasının temel nedeni söz konusu bölgelerde topoğrafyanın eğimli olmasıdır. Son olarak, senaryo 2'ye göre, 0-5 dakikalık yürüme mesafesinde olan durakların erişilebilirliğini sağlayan yolların, 5-10 ve 10-15 dakikalık yürüme mesafesinde olan durakların erişilebilirliğini sağlayan yollara göre daha az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.23).

Grafik 4.7 incelendiğinde her iki senaryodaki nüfus yüzdeleri arasındaki farkın nedeni, senaryo 2 kapsamında eğimi %7 ve üzere olan yollarda bulunan istasyonlara erişilebilirliğin kısıtlı olacağı varsayımdır. Bunun yanı sıra, 2. senaryoya göre yaklaşık 15 milyon nüfusun sadece %9,13'ü raylı sistem istasyonlarına rahat erişebilirken, diğer kısım eğimli yollardan yürüyerek istasyona varmakta veya uzak olmasından kaynaklı hiç erişememektedir.

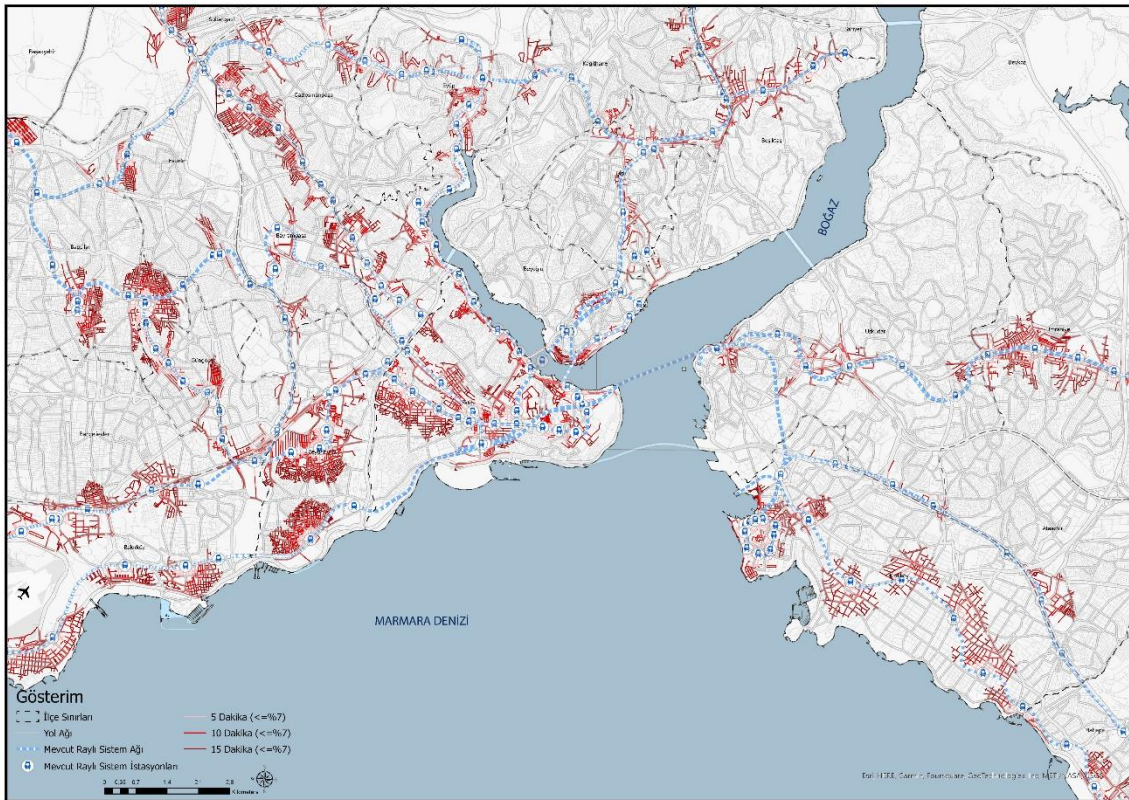
Grafik 4.7 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarına Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranının Senaryolara göre Karşılaştırılması

MEVCUT RAYLI SİSTEM İSTASYONLARININ ALAN BAZLI ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ ($\leq 7\%$ EĞİM; 5-10-15 YAYA SÜRESİ)



Şekil 4.22 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)

MEVCUT RAYLI SİSTEM İSTASYONLARININ YOLAĞI ÜZERİNDEKİ ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ ($\leq 7\%$ EĞİM; 5-10-15 YAYA SÜRESİ)



Şekil 4.23 Mevcut Raylı Sistem İstasyonlarının Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)

Sonuç olarak, İstanbul’da raylı sistem istasyonlarına erişebilen nüfus oranı oldukça düşüktür. Bu durumu her ne kadar kentin topoğrafya yapısı etkiliyor olsa da temel problem kentin raylı sistem altyapısının İstanbul gibi bir metropol için yeterli olmaması ve birçok istasyonun konum ve planlama açısından yayaların sağlıklı erişimini desteklememesidir.

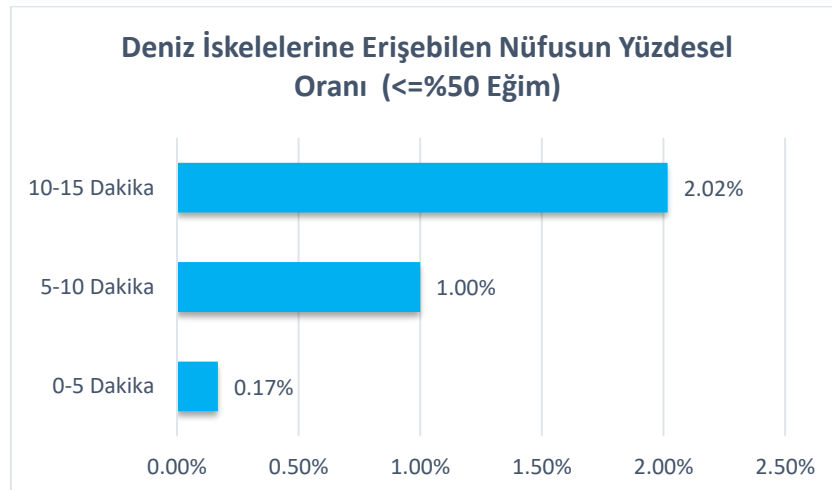
4.4.3. Deniz Yolu Ulaşımında Erişilebilirlik Analizi

Deniz yolu ulaşım sistemi İstanbul’da günlük yolculuk sayısı en düşük olan ulaşım türüdür. İstanbul’da deniz yolu ulaşım sistemi içinde yaklaşık 115 iskele bulunmaktadır (İBB, 2020). Söz konusu iskeleler ArcGIS ortamında noktasal veri olarak tanımlanmış, sonrasında bu iskelelere ilişkin nokta verileri kullanılarak, deniz yolu ulaşım sistemindeki iskelelere yönelik erişilebilirlik analizi Senaryo 1 ve 2 için ayrı ayrı üretilmiştir.

Senaryo 1: Kısıtlama Olmadan Tüm Yolların Servis Alanı Analizi – Deniz yolu Toplu Taşıma Sistemi

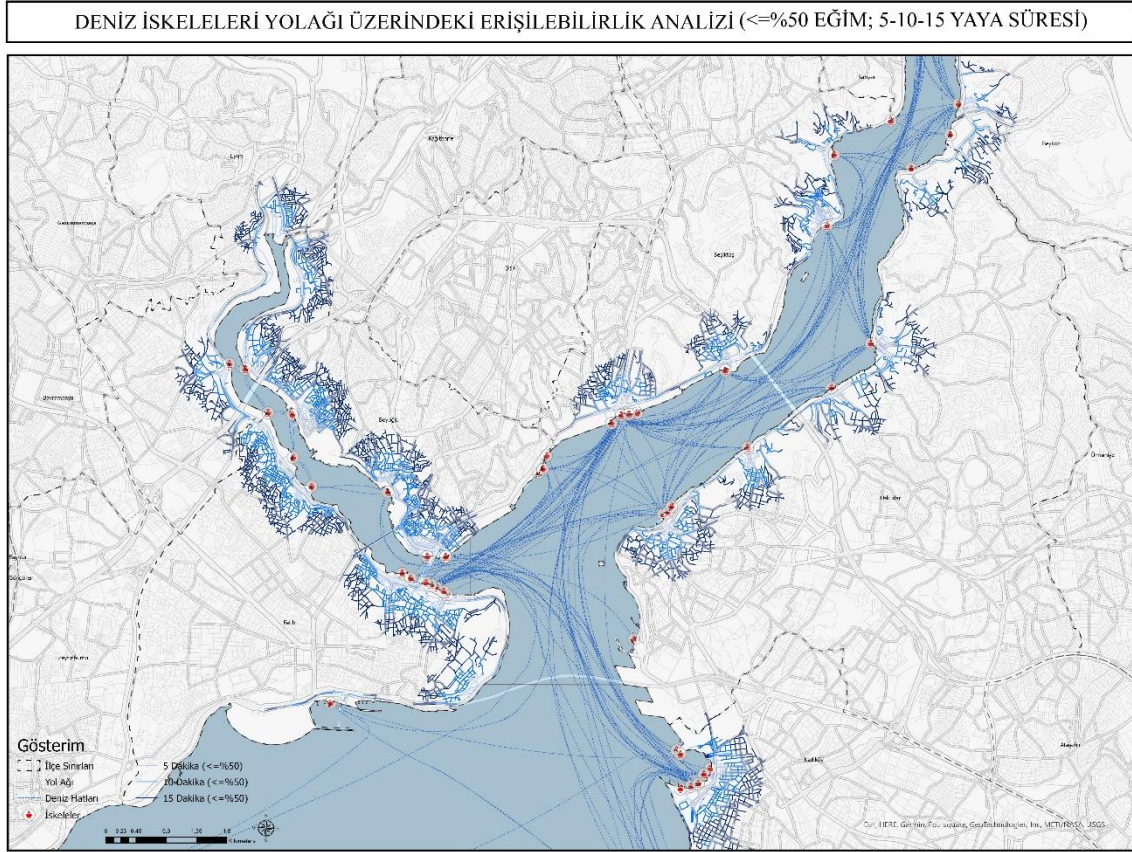
Senaryo 1 kapsamında kısıtlama olmadan tüm yolların servis alanı analizi yapılarak deniz yolu ulaşım sistemindeki iskelelerin erişilebilirliği analiz edilmiştir. Grafik 4.8’de de görüleceği üzere, kısıtlama olmadan tüm yollarla deniz iskelelerine 0-5 dakikalık yürüme mesafesiyle erişebilen nüfusun oranı %0,17, 5-10 dakikalık yürüme mesafesiyle erişebilen nüfusun oranı %1,00 ve 10-15 dakika yürüme mesafesiyle erişebilen nüfusun oranı ise %2,02 olarak hesaplanmıştır. Deniz yolu ulaşımının diğer ulaşım türlerine göre yüksek kapasiteli, ucuz, güvenilir, konforlu ve çevreye daha duyarlı olmasına rağmen iskelelere yürüme mesafesinde erişebilen nüfus oranının çok düşük olduğu söylenilebilir.

Grafik 4.8 Deniz İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 1)



Ayrıca, lastik tekerlekli ulaşım türüne nazaran trafik karmaşasına girmediği ve denizi kullandığı için de hızlı bir ulaşım fırsatı sunan deniz yolu toplu taşıma sisteminde yolculuk sayısının az olmasının temel nedeni deniz yolu toplu taşıma sistemine yeterli yatırım yapılmamasıdır.

Şekil 4.24’de kentte bulunan deniz yolu ulaşım sistemindeki tüm iskeleler için 5, 10 ve 15 dakika yürüme mesafesinde erişilebilir oldukları yol ağları analiz edilmiş ve sonucu görsel olarak verilmiştir. Analiz verisine göre Yenikapı ve Harem Feribot İskelelerine erişimin kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu iskelelere erişimin kısıtlı olmasının nedenleri iskelelerin karayolu bağlantılarının zayıf olması ve iskele ile konut alanları arasında ciddi karayolu eşiklerinin olmasıdır.



Şekil 4.24 Deniz İskelelerinin Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)

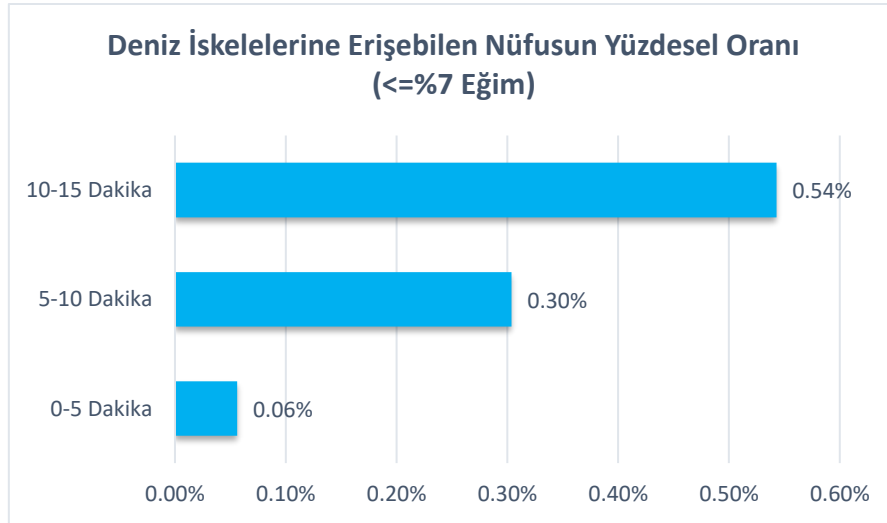
Senaryo 2: Eğim Oranı %7’nin Altındaki Yolların Servis Alanı Analizi – Deniz yolu Toplu Taşıma Sistemi

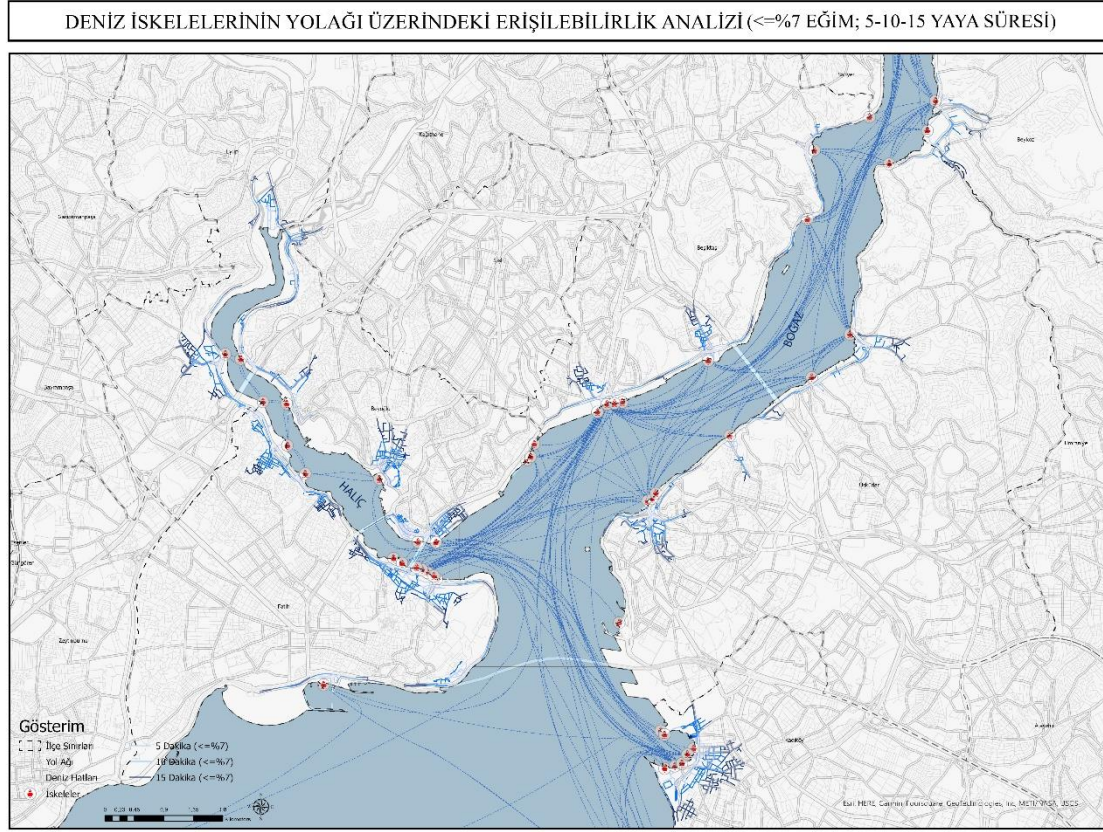
Bu bölümde tez çalışması kapsamında senaryo 2 olarak ele alınan ve eğim oranı %7’nin altında olan yollardaki iskelelerin servis alanı analizi yapılarak, erişilebilirlik hesaplanmıştır. Grafik 4.9’da gösterilen, %7 eğiminin altındaki yollarla 0-5 dakikalık yürüme mesafesiyle

deniz iskelelerine erişebilen nüfusun oranı %0,06, 5-10 dakikalık yürüme mesafesiyle deniz iskelelerine erişebilen nüfusun oranı %0,30 ve 10-15 dakikalık yürüme mesafesiyle deniz iskelelerine erişebilen nüfusun oranı %0,54 olarak hesaplanmıştır. İstanbul'daki kıyı kesimlerde, kıyı ve konut alanları arasında (kıyı boyunca konumlandırılan konutlar hariç) genellikle yüksek eğimli yolların bulunmasından dolayı senaryo 1'deki erişilebilirlik değerleri, senaryo 2'ye göre daha yüksektir.

Şekil 4.25'de görüldüğü gibi deniz iskelelerinden iç kesimlere doğru gidildikçe eğimin yükseldiği ve eğimin %7'nin üstünde olduğu yollarda erişilebilirlik kısıtlı kalmıştır. Fakat Kadıköy İskelesi ve Eminönü İskelesi gibi meydanlarla bütünleşmiş iskelelerin erişilebilirliğinin yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, 0-5 dakikalık yürüme mesafesinde olan iskelelere erişilebilirliği sağlayan yolların, 5-10 ve 10-15 dakika aralıklarında yürüme mesafesinde olan iskelelere erişilebilirliği sağlayan yollara göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

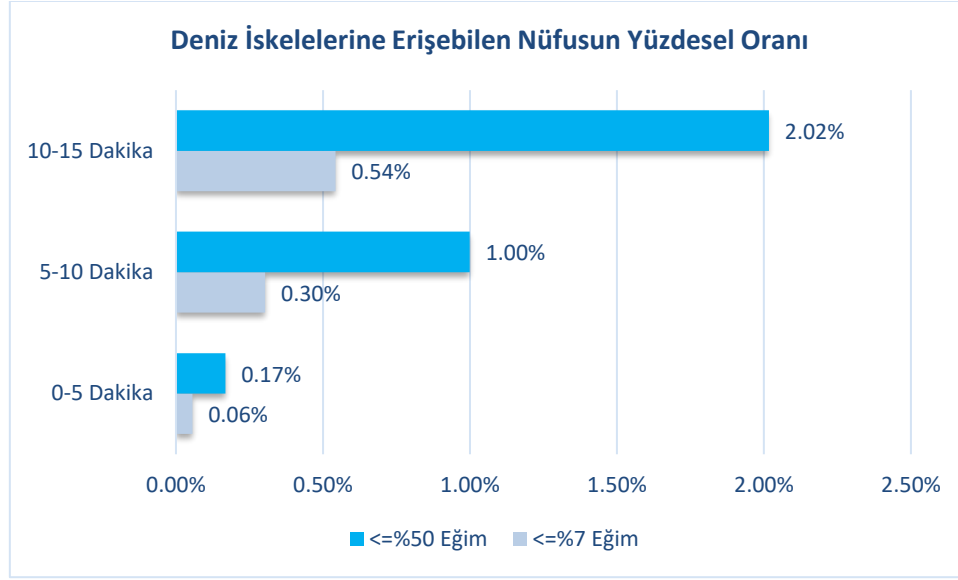
Grafik 4.9 Deniz İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı (Senaryo 2)





Şekil 4.25 Deniz İskelelerinin Yol Ağı Üzerindeki Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)

Deniz yolu ulaşımı İstanbul gibi deniz ile iç içe olan bir kentte istisnai bir ulaşım türüdür. Ancak iskelelerin erişilebilirliğinin zayıf olması ve aktarma noktalarının az olması deniz yolu ulaşımının insanlar tarafından yeterli düzeyde kullanılamamasına neden olmaktadır. İstanbul için önemli bir potansiyel olan deniz yolu ulaşım sisteminin geliştirilebilmesi için daha fazla yatırım yapılması, iskelelere erişimin artırılması, aktarma noktalarının fazlaştırılması ve yeni planlanan iskelelerin erişilebilirliği yüksek bölgelerde konumlandırılması gerekmektedir.

Grafik 4.10 Deniz İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranının Senaryolara göre Karşılaştırılması

4.4.4. Tüm Toplu Taşıma Türlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerin Erişilebilirlik Analizi

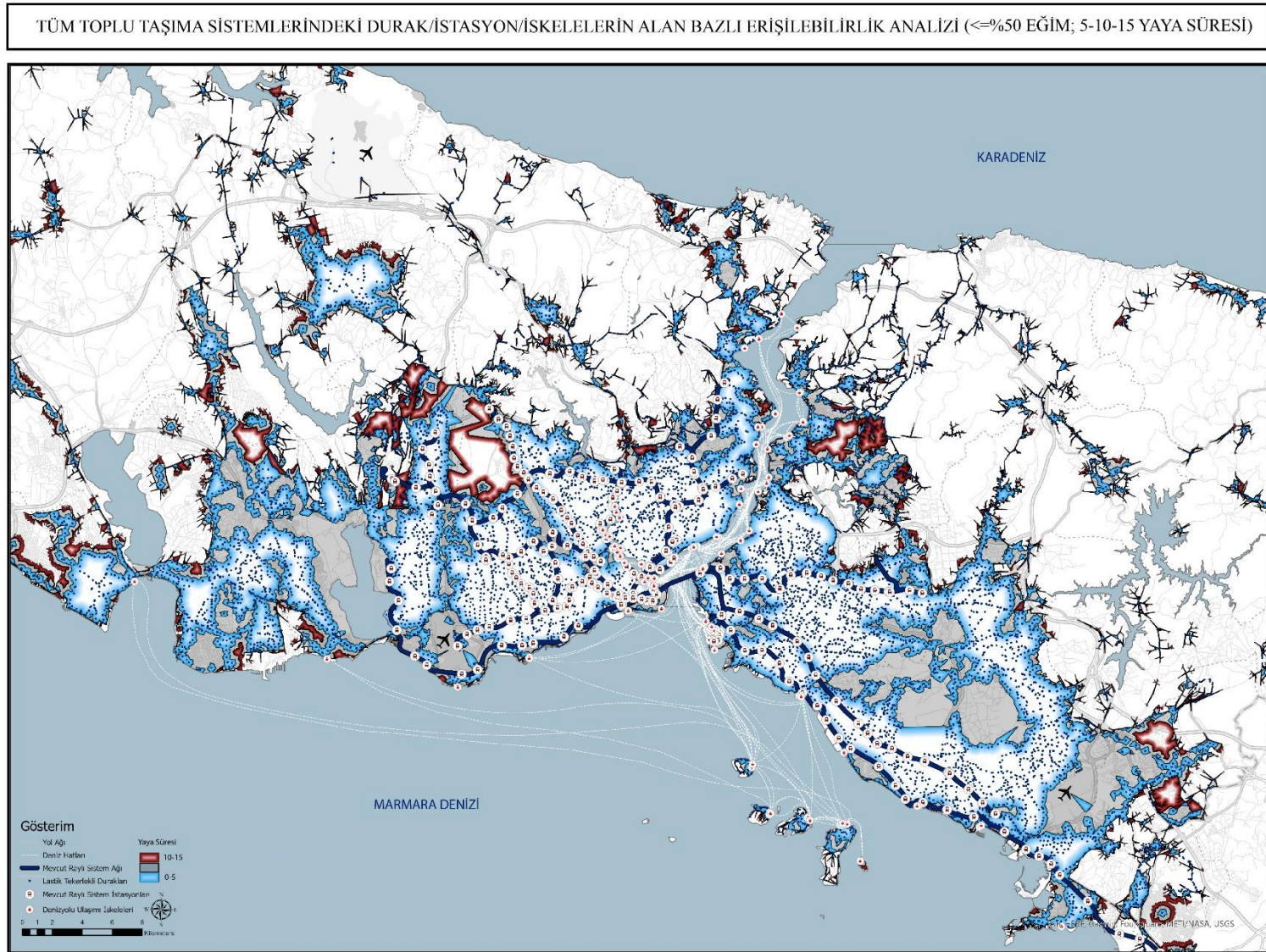
Çalışma kapsamında İstanbul ulaşımında zirve saatte %28’lik bir yolculuk payına sahip toplu taşıma sistemlerinin tamamının durak, istasyon ve iskelelerine yönelik erişilebilirlik analizi iki farklı senaryo dâhilinde yapılmıştır. Senaryo 1 kapsamında herhangi bir eğim kısıtlaması olmadan tüm yollarda bulunan durak/istasyon/iskelelerine yönelik servis alanı analizi yapılmış ve bu analiz sonucunda bazı çıkarımlarda bulunulmuştur. Bu çerçevede, erişilebilirliği zayıf olan duraklarda, erişilebilirliği kısıtlayan temel nedenin söz konusu alanların genellikle doğal (tarım alanları vb.) veya yapay eşiklerle (karayolu vb.) sınırlanmış olmasıdır. Özellikle Acarkent ve Alkent 2000 gibi az katlı, orta yoğunluktaki yerleşim alanlarında erişilebilirliğin zayıf olmasının temel nedeni durak eksikliği ve söz konusu konut alanlarına toplu taşımanın girişinin kısıtlı olmasıdır. Ayrıca, Ambarlı Körfezinin kuzey bölgesinde bulunan Ambarlı Limanı, Yakuplu Merkez Mahallesinin bir kısmı, su arıtma tesisi ve KSS alanlarının bulunduğu bölgede yayaların on beş dakikanın üzerinde bir yürüme mesafesiyle duraklara eriştiği tespit edilmiştir. Bu alanların erişilebilirliğinin zayıf olmasının nedenlerinden birisi Beylikdüzü, Avcılar ve çevre ilçelerde sahile doğru dikine toplu taşıma hatlarının olmaması ve metrobüs yolcularının yoğunluğunu azaltmak için metrobüse paralel birçok lastik tekerlekli hat çalıştırılmasıdır (Şekil 4.26).

Şekil 4.27’de senaryo 2 kapsamında, %7 eğimin altındaki yollarda bulunan durak, istasyon ve iskelelere yönelik erişilebilirlik analizinin mekânsal sonucu görülmektedir. Tüm durak, istasyon ve iskeleler için on beş dakikaya kadar yürüme mesafesini ifade eden yaya

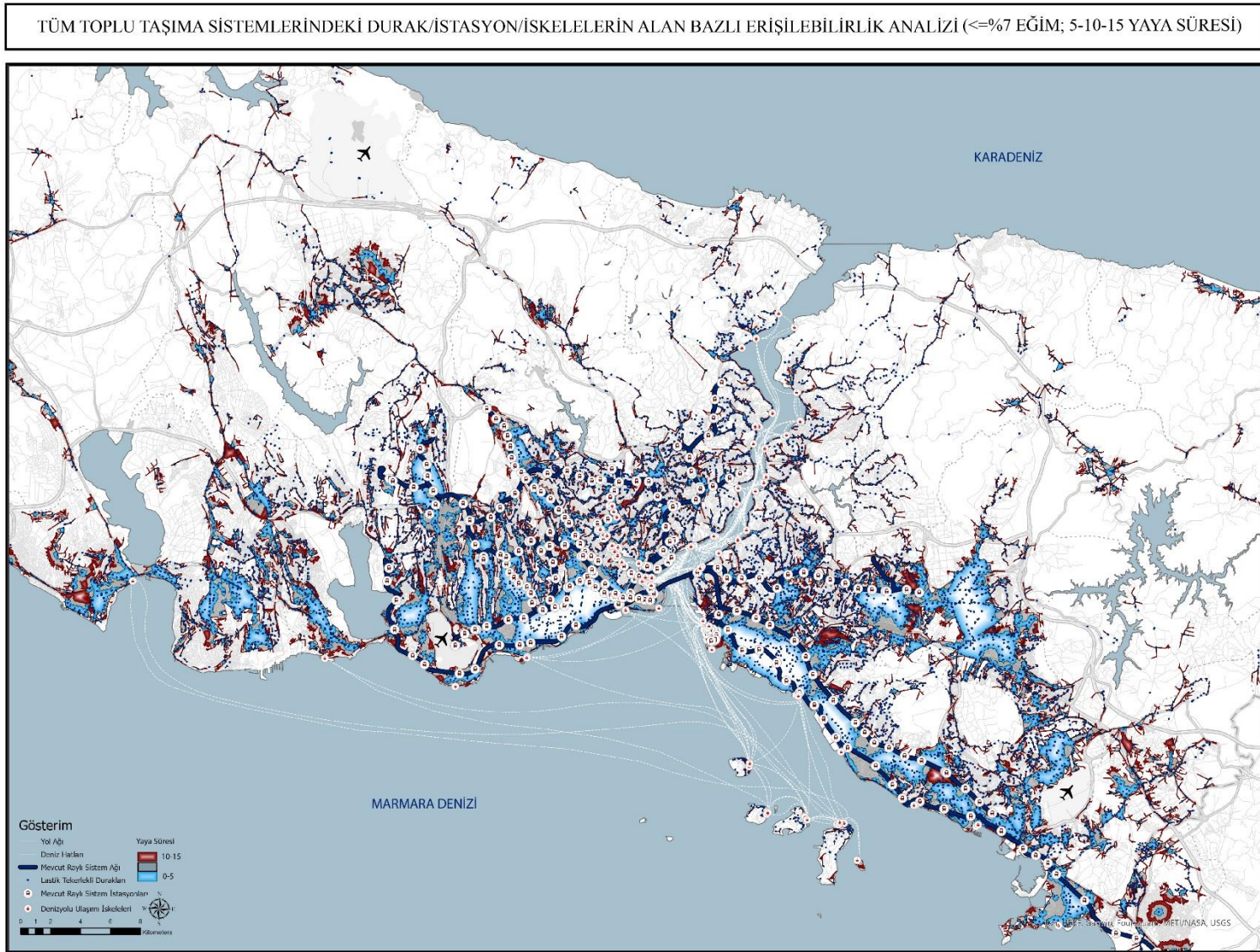
erişilebilirliğinin alansal gösterimi incelendiğinde, erişilebilir bölgelerin genellikle şehrin merkezinde yoğunlaştığı ve çepere doğru gidildikçe erişilebilirliğin azaldığı görülmektedir. Senaryo 2 kapsamında yapılan erişilebilirlik analizine göre yoğun nüfusu olan Bebek, Beşiktaş, Kandilli, Şişli, Kağıthane, Küçüksu gibi yerleşim alanlarında ve kentin kuzeyindeki yeni yerleşim bölgelerinde erişilebilirliğin zayıf olduğu gözlemlenmiştir.

Senaryo 1 kapsamında tüm toplu taşıma sistemlerinin durak, istasyon ve iskelelerine 0-5 dakika aralığında yürüme mesafesinde erişebilen nüfusun, tüm İstanbul nüfusuna oranı %89,92'dir. Toplu taşıma sistemlerinin durak/istasyon/iskelelerine 0-15 dakika aralığında yürüme mesafesinde ulaşabilen nüfus oranı ise %99,37'dir. Bu oranlar İstanbul nüfusunun büyük bölümünün toplu taşıma sistemlerine beş dakika gibi kısa bir sürede rahatlıkla, neredeyse tamamının ise toplu taşıma sistemlerine on beş dakika gibi kabul edilebilir bir yürüme süresi içinde erişebildiğini göstermektedir. Ancak söz konusu 0-5 dakika aralığında herhangi bir durağa yürüme mesafesinde erişebilen nüfus oranının (%89.92) yüksek olmasında lastik tekerlekli toplu taşıma sisteminin %89.87'lik değerle önemli rol oynadığını vurgulamak gerekir. Raylı sistem toplu taşıması ve deniz yolu ulaşım sistemine erişebilen nüfus, İstanbul nüfusunun %3,05'idir. Bu durum İstanbul nüfusunun çok az bir kısmının ucuz, hızlı, güvenli, temiz ve çevreci toplu taşıma sistemleri olan raylı sistem ve deniz yolu ulaşım sisteminden yararlanabildiğini göstermektedir.

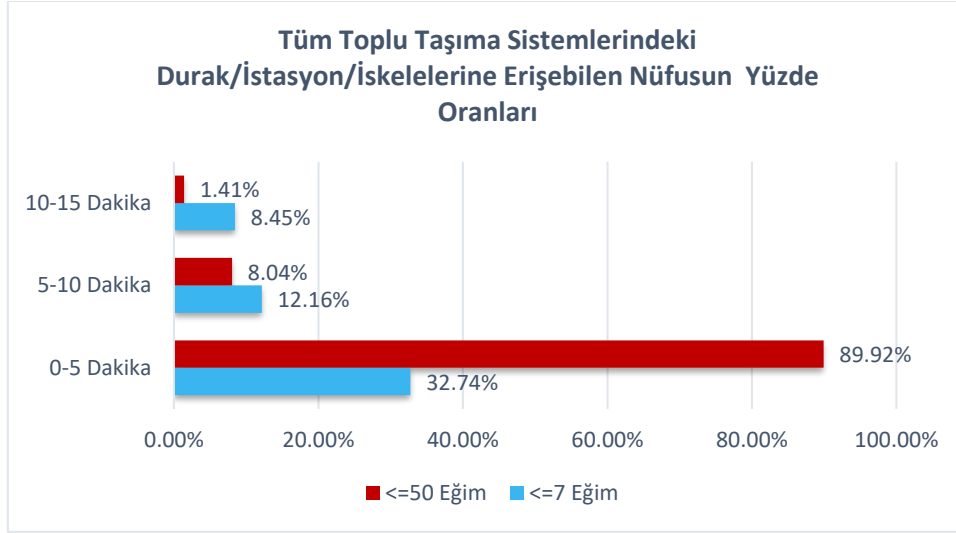
Senaryo 2 kapsamında, erişilebilirlik analizine topoğrafya da dahil edilmiş ve yayaların %7 ve daha yüksek eğimli yollarda erişebilirliklerinin zayıfladığını varsayılarak analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucunda İstanbul nüfusunun sadece %32,74'ü, %7 eğimin altındaki yollarda bulunan durak, istasyon ve iskelelere 0-5 dakika aralığında yürüme mesafesinde erişebilmektedir. 0-15 dakika aralığında yürüme mesafesinde erişebilen nüfus oranı ise %53,35'dir.



Şekil 4.26 Tüm Toplu Taşıma Sistemlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerin Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 1)



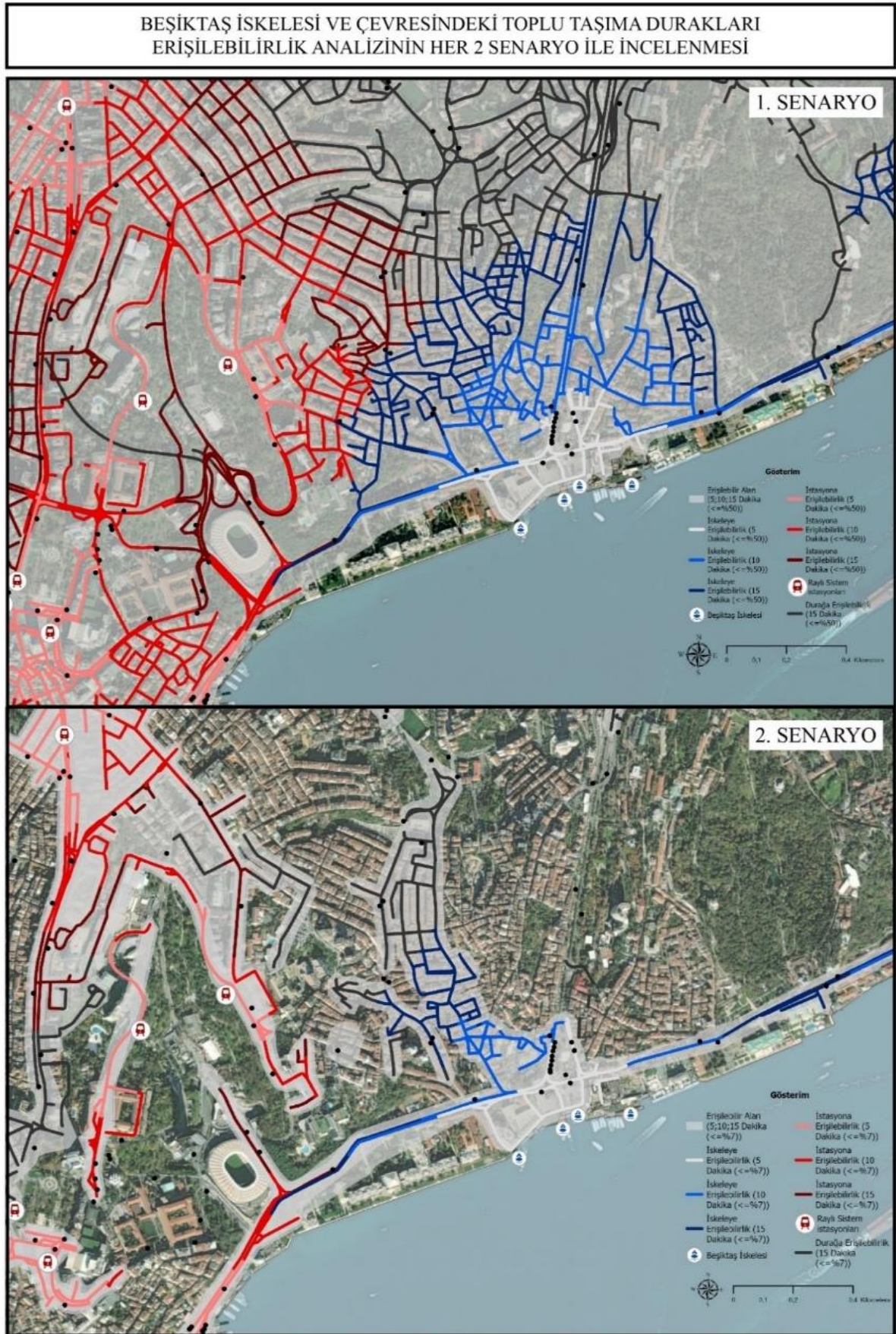
Şekil 4.27 Tüm Toplu Taşıma Sistemlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerin Alan Bazlı Erişilebilirlik Analizi (Senaryo 2)

Grafik 4.11 Tüm Toplu Taşıma Sistemlerindeki Durak/İstasyon/İskelelerine Erişebilen Nüfusun Yüzdesel Oranı

Yukarıdaki bulgular çerçevesinde senaryo 1 ve 2 kapsamında yapılan tartışmaların daha açık anlaşılabilmesi için tüm toplu taşıma türlerine ilişkin durak, istasyon ve iskelelere yönelik erişilebilirlik analizi, Beşiktaş İskelesi ve çevresinde daha detaylı olarak ele alınmış ve görselleştirilmiştir (Şekil 4.28). Söz konusu bölgenin detaylı bir şekilde ele alınmasının temel nedenlerinden biri de bu bölgede lastik tekerlekli ulaşım sistemine, raylı sisteme ve deniz yolu ulaşımına yönelik durak, istasyon ve iskelelerin bir arada bulunuyor olmasıdır. Beşiktaş İskelesi ve çevresinde 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve Fatih Sultan Mehmet Köprülerinin bağlantı yolları, eski mimari eserler, üniversiteler ve iş merkezleri bulunmaktadır.

Senaryo 1 ve 2 kapsamında hazırlanan erişilebilirlik analizi haritası incelendiğinde, önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi eğimin, erişilebilirliği büyük ölçüde zayıflattığı görülmektedir. Senaryo 1'e göre bütün bölge erişilebilir olarak gözüксе de senaryo 2'de eğimin erişilebilirlik üzerindeki etkisi açıkça gözlenebilmektedir. Genellikle konut alanlarının bulunduğu bölgelerde, yolların %7'den fazla eğime sahip olmasından dolayı yayaların duraklara erişiminin zayıf olduğu görülmektedir.

Ayrıca Beşiktaş İskelesi ve çevresinde tüm toplu taşıma türlerinin bulunuyor olması, bu bölgede yürünebilir mesafede türler arasında aktarma olanaklarının analiz edilmesini kolaylaştırmıştır. Buna göre Beşiktaş İskelesi ve çevresinde, lastik tekerlekli toplu taşıma durakları ile lastik tekerlekli toplu taşıma durakları, lastik tekerlekli toplu taşıma durakları ile deniz ulaşımı iskeleleri ve lastik tekerlekli toplu taşıma durakları ile raylı sistem istasyonları arasında aktarma yapılabildiği tespit edilmiştir. Söz konusu bölgede deniz ulaşım sistemi ile raylı sistem arasında yürüme mesafesinde aktarma yapılamadığı görülmektedir.

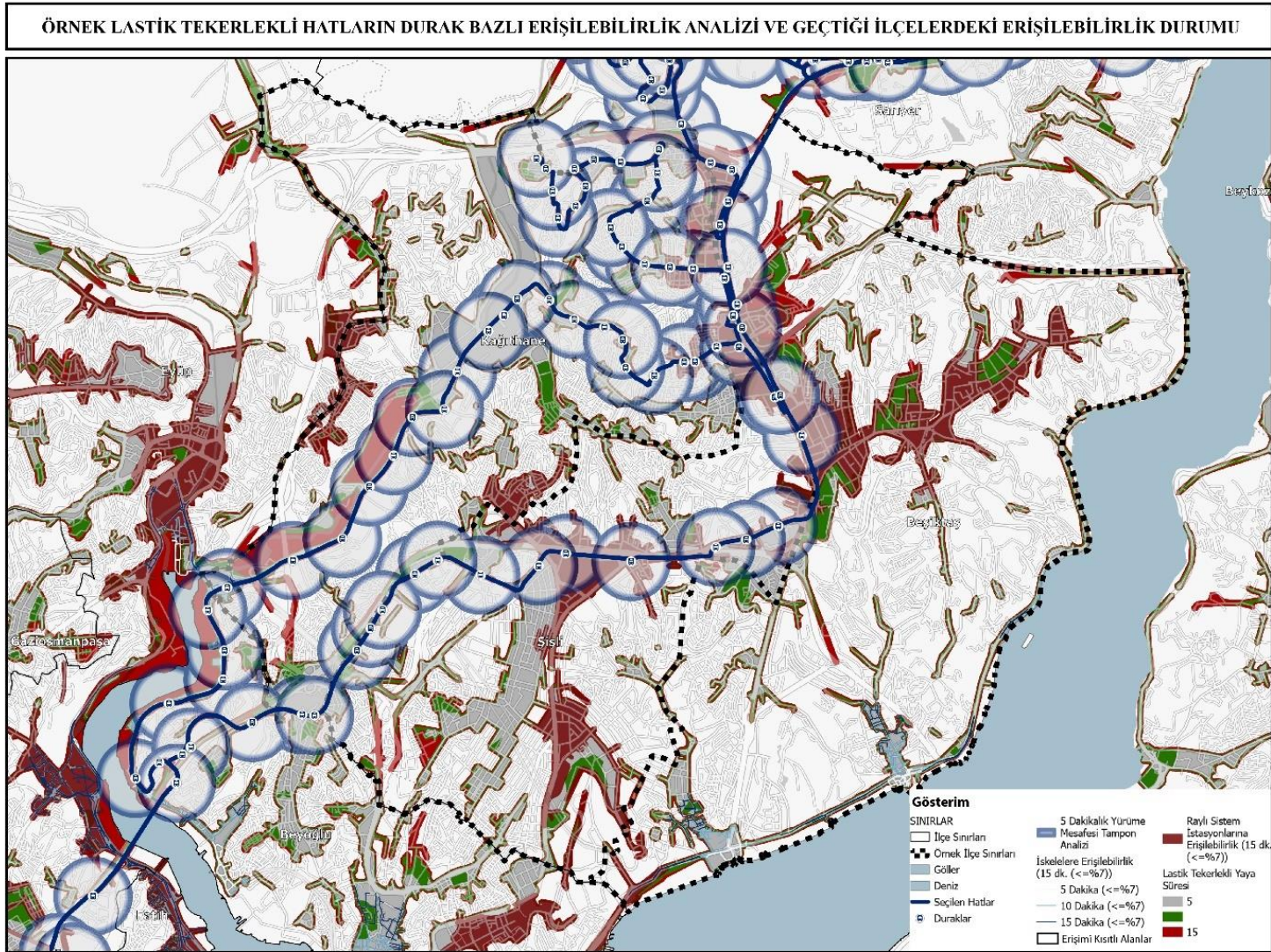


Şekil 4.28 Beşiktaş İskelesi ve Çevresindeki Toplu Taşıma Durakları Erişilebilirlik Analizinin Her İki Senaryo ile İncelenmesi

4.4.5. Senaryo 2 Kapsamında Durak Bazlı Erişilebilirlik Analizinin Detaylandırılması

Önceki bölümlerde tüm toplu taşıma türlerinin durak/istasyon/iskelelerinin erişilebilirliği iki farklı senaryo çerçevesinde analiz edilmiş ve çalışmanın hipotezini sınamaya yönelik bulgular tespit edilmiştir. Ancak yayaların %7 eğimin üzerindeki yolları tercih etmek istemeyeceği ve yayanın rahat gidebileceği yolları tercih edeceği varsayıldığından, Şekil 4.29'da senaryo 2'ye göre erişilebilirlik analiz edilmiştir. Bu çerçevede toplu taşıma sistemlerinin durak bazlı erişilebilirlik analizinin daha detaylı irdelenmesi, durakların doğru konumlandırıp konumlandırılmadığının tespiti ve toplu taşıma sistemlerinin durak etki alanlarının zayıf olup olmadığının analiz edilebilmesi için daha alt ölçekte örneklem alanlar belirlenmiş ve incelemeler yapılmıştır. Bu doğrultuda topoğrafya açısından yüksek eğime ve yoğun nüfusa sahip Bebek, Beşiktaş, Kandilli, Şişli, Kağıthane ve Küçüksu'yu da kapsayan bölge örneklem alan olarak belirlenmiştir (Şekil 4.29). Söz konusu bölgede İETT hat duraklarının konumlarını ve duraklar arasındaki mesafe aralıklarını analiz etmek için hem tampon analizi hem de servis alanı analizi üretilmiştir. Bu çerçevede İETT'nin Ayazağa-Davutpaşa Y.T.Ü. (41AT), Ayazağa – Sarıyer (41C), Nişantaşı Üniversitesi – Maslak (41N), Ayazağa Garajı – 4. Levent Metro (41SM) ve Seyrantepe – Topkapı (41 ST) hatlarının durakları için erişilebilirlik analizi yapılmıştır.

Söz konusu hatların durakları için yapılan 350 metrelik (yayalar için 5 dakika yürüme mesafesi) tampon analizi incelendiğinde, duraklar arası mesafelerin literatürde bahsedilen standarda göre belirlenmediği anlaşılmaktadır. Duraklar arasında hem kesişen servis alanlarının olduğu hem de servis dışı alanların olduğu görülmektedir (Şekil 4.29). Bu durumda eğer duraklar ideal aralıklar ile konumlandırılırsaydı, senaryo 2 kapsamında yapılan servis alanı analizindeki durak etki alanlarının daha geniş alanları kapsaması beklenirdi. Kağıthane, Şişli ve Beşiktaş ilçelerinde yüksek ve orta yoğunlukta konut alanları bulunmasına karşın bazı bölgelerin erişilebilirliğinin zayıf olması dikkat çekicidir. Bahsi geçen üç ilçenin 924.000 olan toplam nüfusunun %29,57'si İETT duraklarına, eğimi %7'nin altında olan yollarla rahat erişebilirken, diğer %70,43'lük kısım eğimi yüksek yollarla duraklara erişebilmektedir.



Şekil 4.29 Örnek İETT Hatlarının Durak Bazlı Erişilebilirlik Analizi ve Geçtiği İlçelerdeki Erişilebilirlik Durumu

Bununla birlikte, incelenen otobüs hatlarından 41AT kodlu hattın 33 durağının; 41SM kodlu hattın 16 durağının, 41ST kodlu hattın 44 durağının, 41C kodlu hattın 47 durağının ve 41N kodlu hattın bütün duraklarının raylı sistemle bağlantısı bulunmamaktadır. Önceki bölümlerde tüm İstanbul için incelenen, 0-15 dakika aralığındaki yürüme mesafesiyle raylı sistem istasyonlarına ulaşamayanların nüfusa oranı %67 ve deniz iskelelerine erişemeyenlerin nüfus oranı ise %95'in üzerinde bulunmuştur. Bu bağlamda “raylı sistem ve deniz yolu ulaşımına genellikle aktarmasız yolculuk yapılamamaktadır” yorumu da bu örnekte doğrulanmıştır.

4.4.6. Değerlendirme

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, öncelikle, toplu taşıma durak/istasyon/iskelelerine 5, 10 ve 15 dakika aralıklarına göre yürüme mesafesinde erişebilen nüfusun İstanbul nüfusu içindeki oranını hesaplamak için İBB Ulaşım Planlama Daire Başkanlığından noktasal veriler temin edilmiştir. Söz konusu verilerle üretilen erişilebilir analizinin alansal çıktısı ile nüfus verisi, ArcGIS yazılımın “Select by Location” (Yere göre Seç) seçim aracıyla karşılaştırılarak, İstanbul nüfusunun erişilebilirliğine ilişkin değerler elde edilmiştir.

Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemi IETT, metrobüs, taksi-dolmuş ve minibüs duraklarını kapsamaktadır. Lastik tekerlekli toplu taşıma sisteminin erişilebilirlik analizi sonucunda, lastik tekerlekli durak etki alanlarının raylı ve deniz ulaşımı sistemlerinin duraklarına göre daha geniş olduğu belirlenmiştir. İstanbul’da tüm toplu taşıma türleri için duraklara 0-15 dakikalık yürüme mesafesinde erişebilen nüfusun İstanbul nüfusuna oranı %99,18 olarak hesaplanmıştır. Ancak, yayanın belli bir orandaki eğimli yolları çıkmak istemediği ve bu yolları en son tercih edeceklerine ilişkin eğilim doğrultusunda, erişilebilirlik analizi sadece %7 eğimin altındaki yollar dâhil edilerek de hesaplanmıştır. Söz konusu analiz sonucunda nüfusun %53,12’sinin lastik tekerlekli duraklarına uygun bir şekilde erişebildiği görülmüştür. Bu oran raylı sistem için %9,13 ve deniz iskeleleri için ise %0,9’dur. Toplam nüfusun %53,35’i bütün toplu taşıma türlerine erişebilirken, kamusal hizmet olan bu sistemlere 0-15 dakikalık yürüme mesafesi içerisinde, %7 ve altındaki eğimli yollarla duraklara sağlıklı bir şekilde erişemeyen nüfusun oranı %46,65 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.11)

Bu bağlamda tezin hipotezi olan “toplular taşıma sistemlerinin durak etki alanlarının zayıf olduğuna” yönelik sav, senaryo 2’ye göre hazırlanan tablo ve analizlerle doğrulanmaktadır. Ayrıca, senaryo 2’ye ilişkin elde edilen değerler incelendiğinde, İstanbul’da

durak/istasyon/iskelelerin konumları planlanırken topoğrafyanın ve duraklar arası mesafelere ilişkin standartların göz ardı edildiği anlaşılmaktadır. Ayrıca yayaların durak, istasyon ve iskelelere sağlıklı bir şekilde erişememesinin bir diğer önemli nedeni, özellikle durak ve iskelelerin doğal ve yapay eşiklerin olduğu bölgelerde konumlandırılmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.11 Toplu Taşıma Türlerine Göre Nüfus (2020) Bazlı Erişilebilirlik Analizi

Toplu Taşıma Türlerine Erişen Nüfus	Eğim-Yürüme mesafesi	1.Senaryo (<=%50 Eğim)	2.Senaryo (<=%7 Eğim)	1.Senaryo (<=%50 Eğim)	2.Senaryo (<=%7 Eğim)
Lastik Tekerlekli Durakları	0-5 Dakika	13.895.449	5.045.245	89,87%	32,63%
	5-10 Dakika	1.223.690	1.875.283	7,91%	12,13%
	10-15 Dakika	217.208	1.293.715	1,4%	8,37%
	TOPLAM (0-15 Dakika)	15.336.347	8.214.243	99,18%	53,12%
Mevcut Raylı Sistem İstasyonları	0-5 Dakika	445.713	151.159	2,88%	0,98%
	5-10 Dakika	1.801.837	507.535	11,65%	3,28%
	10-15 Dakika	2.790.486	752.512	18,05%	4,87%
	TOPLAM (0-15 Dakika)	5.038.036	1.411.206	32,58%	9,13%
Deniz İskeleleri	0-5 Dakika	26.075	8.688	0,17%	0,06%
	5-10 Dakika	154.526	46.984	1,00%	0,3%
	10-15 Dakika	311.844	83.937	2,02%	0,54%
	TOPLAM (0-15 Dakika)	492.445	139.609	3,18%	0,9%
Tüm Toplu Taşıma Sistemi	0-5 Dakika	13.904.430	5.062.234	89,92%	32,74%
	5-10 Dakika	1.242.671	1.880.989	8,04%	12,16%
	10-15 Dakika	217.492	1.306.358	1,41%	8,45%
	TOPLAM (0-15 Dakika)	15.364.593	8.249.581	99,37%	53,35%
TOPLAM Nüfus (2020)			15.462.452		

Raylı sistem istasyonları ve deniz iskelelerinin senaryo 2 ile yapılan analizinde istasyon ve iskelelere erişilebilen nüfus oranı %10'un altında olup, söz konusu istasyon ve iskelelere erişilebilirliğin genellikle aktarma ile olacağı düşünülmektedir. Bu durumda yayalar için erişilemez veya erişmesi zor olan raylı sistem ve deniz toplu taşımaları için daha fazla yatırım yapılmalıdır. Bunun yanı sıra lastik tekerlekli ulaşımı ile raylı sistem ve deniz iskelelerine erişmek isteyen yolcuların aktarma ücretlerinde 1/3 oranında indirim yaptırılması, yarı yarıya düşürülmesi veya hiç para alınmaması gibi senaryolar denenerek en uygun senaryonun uygulanması toplu taşıma yolculuklarının arttırılmasına katkı sağlayacaktır.

Yanı sıra Şişli, Kağıthane, Sarıyer ilçeleri başta olmak üzere çevre ilçeler bir bütün şekilde örnek alan seçilmiş ve senaryo 2 kapsamında erişilebilirlik analizi üretilmiştir. Tez

alışmasında bahsi geçen “durakların yanlış konumlandırılması” hipotezini doğrulamak için seçilen beş hat üzerinde tampon analizi uygulanmış ve sonucunda duraklar arası mesafelerin belirli bir standart doğrultusunda konumlandırılmadığı gözlemlenmiştir. Söz konusu durakların mesafeleri belirli bir standarda göre konumlandırıldığında durak etki alanlarının daha geniş olacağı öngörülmektedir. Ayrıca, tez çalışmasında bahsi geçen “raylı sistem istasyonları ve deniz iskelelerine genellikle aktarmalı yolculuk yapılmaktadır” varsayımını sınamak için tüm toplu taşıma sistem duraklarının servis alanları çakıştırılmıştır. Bulgular raylı sistem ve deniz ulaşımını kullanan yolcuların genellikle farklı bir toplu taşıma türünden aktarma yaptığını göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Erişilebilirlik, ulaşım ve arazi kullanım kararlarını bütünleştiren bir performans ölçütüdür. Kentsel yapılaşmış çevrede farklı kentsel kullanımlar arasında oluşacak yolculuk talebinin ve erişilebilirliğin bilinmesi planlama ve yatırımlara yönelik doğru politikaların üretilmesi açısından önemlidir. Sürdürülebilir ve yaşanabilir çevre ve ulaşım, erişilebilirliği yüksek yaşam alanlarının oluşturulmasıyla mümkündür. Bu çerçevede insanların ihtiyaç duyduğu hizmetlere erişebilmesi yaşamlarını kolaylaştıran bir olgudur, bununla birlikte şehir planlama ve ulaşım planlaması disiplinleri için oldukça önemlidir. Ancak literatür incelendiğinde özellikle ülkemizde erişilebilirlik konusunda halen yeterli düzeyde çalışmanın olmadığı görülmektedir. Bu çerçevede erişilebilirlik kavramının öneminin ve özellikle planlama disiplini kapsamında akademik çalışmaların yaygınlaştırılması gerekliliğinin ortaya konulması çalışmanın sonuçlarından biridir.

İstanbul bütününde yaya erişilebilirliğine yönelik hazırlanan tez çalışması, ayrıca ulaşım ana planlarının ve sürdürülebilir kentsel ulaşım planlarının hazırlanması sürecinde faydalanılabilecek kaynak niteliğindedir. Bununla birlikte, çalışma raylı sistem başta olmak üzere diğer ulaşım sistemlerinde yer alan her durak/istasyon/iskele için kapsamlı bir yaya erişimi araştırması yapılmasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Bahsi geçen çalışma yapılırken durak entegrasyonlarının veya başlangıç noktasından belli bir varış noktasına ulaşmak isteyen yayalar için ilgili duraklara erişimin tanımlandığı yürüme güzergâhları hazırlanmalıdır. Söz konusu güzergâhlar tanımlanırken, güzergâhların erişilebilirliğe yönelik avantajları ve dezavantajları ortaya konmalı, ayrıca güzergâh boyunca erişimin rahatlığı ve konfor düzeyi tanımlanmalıdır. Toplu taşıma sistem duraklarına erişimi kolaylaştıran söz konusu güzergâhların belirlenmesinden sonra güzergâhlar evrensel tasarım ilkeleri doğrultusunda yeniden düzenlemeli ve bütünleşik bir toplu taşıma sistemi oluşturulmalıdır.

Toplu taşıma sistemlerinde yolcu talebiyle durakların erişilebilirliğinin artması arasında doğru orantı vardır. Bu durum göz önünde bulundurularak ülkemizde yapılan planlama faaliyetlerinde erişilebilirlik kavramı kullanılarak birçok politika üretilmektedir. Ancak kavramın altının doldurulmaması, üretilen politikaların uygulama sürecine aktarılamamasına neden olmaktadır. Örneğin planlama sürecinde, durak ve sosyal donatı alanları (ticaret, eğitim, hastane vb.) gibi insanların gündelik hayatta ihtiyaç duyduğu temel hizmetlere erişimine ilişkin çözümlemelerde tampon analizi kullanılmaktadır. Ancak erişilebilirliğin tampon analizi yöntemiyle belirlenmesi, fiziki koşulların göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Tampon

analizi yöntemiyle erişilebilirlik kuş uçuşu mesafe temel alınarak analiz edildiğinden, donatı alanları zaman zaman hatalı konumlandırılıp, planlanmaktadır.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılmayan ancak CBS teknolojisinin olanak verdiği yapılandırılmış yol ağı üzerinden erişilebilirlik analizi, erişilebilirliğin ölçülmesi için daha doğru bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çerçevede tez çalışmada örneklem alanda yapılandırılmış yol ağı üzerinden erişilebilirlik analizi yapılarak, analizin yapılış süreci ve sonucunda elde edilen bulgular ortaya konarak tartışılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen erişilebilirlik analizi için, İstanbul ulaşım sistemindeki tüm toplu taşıma türlerinin hatları üzerindeki durak, istasyon ve iskeleleri referans alınarak, ArcGIS yazılımındaki Ağ Analizi (Network Analyst) uygulamasının Servis Alanı (Service Area) aracı kullanılmıştır. Analiz sürecinde durak, istasyon ve iskelelerin erişilebilirlikleri değerlendirilirken yaya yürüme hızı, yol eğimi ve yürüme mesafesi kriterleri kullanılmıştır. Bu bağlamda, İstanbul toplu taşıma sistemini oluşturan lastik tekerlekli, raylı sistem ve deniz yolu ulaşımı toplu taşıma sistemlerinin durak, istasyon ve iskelelerine 0-5, 5-10 ve 10-15 dakikalık yürüme mesafesiyle erişebilen nüfus iki farklı senaryo kapsamında analiz edilmiştir. Senaryo 1 kapsamında herhangi bir kısıtlama olmadan tüm yollarda bulunan durak, istasyon ve iskeleler erişilebilirlik açısından analiz edilirken, senaryo 2 kapsamında yayaların eğimi %7 ve üstünde olan yollarda erişimlerinin zayıflayacağı varsayımıyla, eğimi %7 veya altındaki yollarda bulunan durakların erişilebilirlikleri analiz edilmiştir.

Tez kapsamında elde edilen bulgular, sürdürülebilir ve insan odaklı yapılan tüm planlama çalışmalarında durak, istasyon ve iskelelerin konumlarına ilişkin yer seçim analizinde tampon analizi yerine mekânsal ağ analizi olan servis alanı analiz yönteminin daha doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir. Çünkü tampon analiziyle üretilen erişilebilirlik analizlerinde kentin topoğrafya yapısı, karayolu bağlantıları ve karayolu işletme özellikleri analize dâhil edilememekte, erişilebilirlik söz konusu hizmet alanının sadece konumu referans alınarak kuş uçuşu analiz edilmektedir. Diğer taraftan servis alanı analizi hem kentin topoğrafya yapısının göz önünde bulundurulmasına hem de karayolların özellikleri ile bağlantı noktalarının dikkate alınmasına olanak vermektedir. Bu bağlamda, erişilebilirliğin servis alanı analizi yöntemiyle belirlenmesi durak, istasyon ve iskelelere insanların erişimine yönelik daha doğru sonuçlar vermektedir. Ayrıca erişilebilirliğin servis alanı analiziyle ölçülmesi sonrasında durakların, istasyonların veya iskelelerin daha doğru konumlandırılması veya çevresinin erişilebilirliği artıracak şekilde düzenlenmesi toplu taşıma sistemini kullanacak yolcu sayısını da artıracaktır.

Toplu taşıma sistemleri toplumun tüm kesimlerine hitap etmesiyle hem toplumsal eşitliği sağlamakta hem de kamusal bir hizmet olarak trafik yoğunluğunu önemli derecede

azaltmaktadır. Ayrıca toplu taşıma sistemlerine yönelik yolcu taleplerinin artması özel otomobil kullanımını azaltacağından, kentlerde trafik yoğunluğunun ve karbon salınımının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu çerçevede kamu yararının sağlanabilmesi için toplu taşıma duraklarına erişilebilirliğin sağlanması sürdürülebilir ve bütünleşik toplu taşıma sistemlerinin planlanması adına elzemdir. Yolculuğa başlayacak olan nüfusun duraklara erişiminin ve doğal olarak yolculuk talebinin artması için planlarda duraklar arası mesafelerinin standartlara uygun olarak konumlandırılması gerekmektedir.

Çalışmanın bir diğer önemli bulgusu İstanbul toplu taşıma sisteminde raylı ve deniz yolu erişilebilirliğinin artırılması gerekliliğidir. Bu çerçevede raylı ve deniz yolu ulaşım sistemlerine daha fazla yatırım yapılması, daha fazla insanın toplu taşıma sistemlerini ucuz, güvenli ve hızlı bir şekilde kullanmalarına ve istedikleri noktaya daha konforlu erişebilmelerine olanak verecektir. Özellikle Anadolu Yakasında kuzey-güney doğrultusunda ve/veya kuzey/doğu-güney/batı yönünde yeni metro hatlarının gerekliliği çalışma kapsamında sunulan görsellerde açıkça görülmektedir.

Çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer önemli sonuç, İstanbul toplu taşıma sisteminin yoğun bir şekilde lastik tekerlekli ulaşım sistemine bağımlı olduğu gerçeğidir. Lastik tekerlekli ulaşım sistemi yerine diğer toplu taşıma sistemlerine daha fazla yatırım yapılması gerekliliği yukarıda vurgulanmıştır. Ancak lastik tekerlekli ulaşım sistemine ilişkin üzerinde durulması gereken diğer bir konu da aktarma konusudur. Kentin lastik tekerlekli ulaşım sistemine bu kadar bağımlı olması, bu sistemle raylı sistem istasyonlarına veya deniz ulaşım iskelelerine erişmek isteyen yolcuların aktarma yapabilme kabiliyetlerinin de arttırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede toplu taşıma ulaşım sistemlerine olan talebin artırılması için aynı veya farklı tür toplu taşıma sistemleri arasında aktarmaları daha da kolaylaştıracak önlemlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca aktarma noktalarının fazlaştırılması ve aktarma yapılabilen durak/istasyon ve iskeleler arasındaki erişilebilirliğin arttırılmasına yönelik düzenlemelerin yapılması insanların toplu taşıma sistemlerini kullanmasını teşvik edecektir. Diğer taraftan çalışma kapsamında da vurgulandığı üzere aktarma noktalarının geniş yüzölçümüne sahip kavşak noktalarında ve doğal/yapay eşik barındıran bölgelerde önerilmemesi gerekmektedir. Çünkü söz konusu bölgeler yayalar için erişimi zor olan aktarma noktalarıdır.

Çalışma, karayolu ağını kullanan ve erişilebilirliği diğer toplu taşıma türlerine göre daha yüksek olan lastik tekerlekli toplu taşıma araçlarının, toplu taşıma sistemlerinin omurgası olan raylı sistem güzergâhlarını ve deniz iskelelerini beslemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, raylı sistem ile rekabette olan ve kısmen bu güzergâhlara paralel olan lastik tekerlekli hatlar tespit edilip, raylı sistemi besleyecek şekilde revize edilmeli ve ring hatlar

oluşturulmalıdır. Böylece, toplu taşıma sisteminin daha verimli çalışması, uzun yolculukların daha hızlı yapılması ve erişimi az olan raylı sistem istasyonlarının aktarma yapma kabiliyeti artırılarak söz konusu istasyonların erişilebilirliklerinin de artması sağlanacaktır.

Bu alışmayla İstanbul toplu taşıma sisteminde bulunan durak, istasyonlar ve iskelelerin erişilebilirlikleri nüfus verisiyle ilişkilendirilerek analiz edilmiştir. Ayrıca İstanbul ulaşım sistemine yönelik olarak; toplu taşıma sisteminin kendi içinde ve diğeri ulaşım türleri ile (yürüme, bisiklet, mikro hareketlilik araçları ve otomobil) entegrasyonu, kentin çeperlerinde yaşayan yoksul gruplar için toplu taşıma hizmetlerinin ödenebilir olması, yaşlı ve engelli bireylerin toplu taşıma sistemine erişimlerinin iyileştirilmesi gibi konularda çalışma yapılabilir. Genel olarak ulaşım konusunda yapılacak çalışmalar için Türkiye genelinde tüm yol ağıının öznitelik bilgileriyle (eğim, kapasite, şerit sayısı vb.) birlikte CBS ortamında oluşturulduğı, düzenlendiğı ve güncellendiğı bir altyapının oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Açlar, A., 2022, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Resmi Web Sitesi, https://obs.hkmo.org.tr/show-media/resimler/ekler/8R32_683cc5f89562ea4_ek.pdf [Ziyaret Tarihi: 20 Eylül 2002].
- MTA (Maryland Transit Administration), 2014, *Bus Stop Optimization Policy (Pilot) Bus Network Improvement Project*, Maryland: Phase One Plan.
- Afacan, Y., 2015, *Yaşanabilir Kentsel Mekanlar İçin Erişilebilirliğin Önemi: Çukurambar Kentsel Dönüşüm Örneği*, Ankara: Dosya 36: Mekanda Erişilebilirlik Kullanılabilirlik ve Yaşanabilirlik.
- Aktekin, Ö., 2015, *Cellar Door*, ozguraktekin.blogspot: <https://ozguraktekin.blogspot.com/2015/09/deterministik-vs-stokastik-modeller.html> [Ziyaret Tarihi: 25 Ağustos 2022].
- Alemdar, Ö., & Özkan Özbek, M., 2021, Mekân Dizimi ve Yol Bulma Metotları ile Yaya Hareketliliği ve Arazi Kullanımı İlişkisinin Kadıköy Tarihi Merkezi'nde İrdelenmesi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(1), 77-96.
- ArcGIS Desktop, 2022, *ArcGIS Web Sitesi*: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/extensions/network-analyst/understanding-network-attributes.htm> [Ziyaret Tarihi: 29 Ağustos 2022].
- ArcGIS Desktop, 2022, *Types of Network Analysis Layers*: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm> [Ziyaret Tarihi: 5 Haziran 2022].
- ArcGIS Desktop, 2022, *Service Area Analysis*: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/service-area.htm> [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2022].
- Aydın, H. E., 2021, Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Taşkın Duyarlılık Analizi, *International Geoinformatics Student Symposium (IGSS)*.
- Balasubramani, K., Gomathi, M., & Prasad, S., 2016, GIS-Based Service Area Analysis for Optimal Planning Strategies: A Case Study of Fire Service Station in Madurai City, *Geographic Analysis of Union Geographic Information Technologists*, 5(2), 11-18.
- Banister, D., 1995, *Transport and urban development*, London: E&FN Spon.
- Banister, D., & Berechman, J., 2000, *Transport Investment and Economic Development*, London: University College London Press.
- Bari, M. G., 2013, Ankara'daki Sağlık Birimlerinin Konumlarının Yer Seçim Modelleriyle Analizi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama ABD*.

- Bazargan, M., 2018, Case Study on Accessibility of Medical and Healthcare Facilities in Mashhad using GIS, *Stud. Archit. Urban. Environ. Sci. J.*, 1(1), 39-48.
- Ben-Akiva, M. &., 1985, *Discrete Choice Analysis*. Cambridge: MIT Press.
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S., 1979, *Disaggregate Travel and Mobility Choice Models and Measures of Accessibility*, Andover: Croom Helm: In Behavioural Travel Modelling (Hensher, D. A. & Sopher, P. R. (Eds.)).
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., & Weston, L., 2000, Development of an Urban Accessibility Index: Literature Review, Research Project Conducted for the Texas Department of Transportation, *University of Texas, Austin, TX: Center for Transportation Research*.
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., & Weston, L., 2002, Development of an Urban Accessibility Index: Formulations, Aggregations, and Application, *Research Project*, 7-4938.
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., Srour, I., & Weston, L., 2001, *Assessment of Accessibility Measure*, Texas, U.S.A: Texas Department of Transportation.
- Blackwell, A., 2017, *The Curb-cut Effect*, Stanford Social Innovation Review.
- Bok, J., & Kwon, Y., 2016, *Comparable Measures of Accessibility to Public Transport Using the General Transit Feed Specification*, Journal of Sustainability.
- Breheny, M. J., 1978, *The Measurement of Spatial Opportunity in Strategic Planning*, (12), 463-479.
- Bureau of Transportation Statistics, 2002, *Transportation Statistics Annual Report 2001 (BTS02-07)*, Washington: D.C.: U.S. Department of Transportation.
- Büke, C., & Ertuğaç, M., 2016, Ağ Analiz Yöntemiyle Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsünün İncelenmesi ve WEB Tabanlı Sunumu, *Nature Sciences (NWSANS)*, 11(4), 14-25.
- Cascetta, E., & Biggiero, L., 1997, *Integrated Models for Simulating the Italian Passengers Transport System*, China: IFAC.
- Cascetta, E., Cartenì, A., & Montanino, M., 2016, A Behavioral Model of Accessibility Based on the Number of Available Opportunities, *Journal of Transport Geography*, 51, 45-58.
- Cervero, R., Rood, T., & Appleyard, B., 1997, *Job Accessibility as a Performance Indicator: An Analysis of Trends and Their Social Policy Implications in the San Francisco Bay Area*, Institute of Urban and Regional Development, Department of City and Regional Planning, University of California, Berkeley.

- Cirit, F., 2014, *Sürdürülebilir Kent içi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması*, Ankara: Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, TC Kalkınma Bakanlığı.
- Curtis, C., 2007, Planning for Sustainable Accessibility: The Implementation Challenge, *Transport Policy*, 15, 104-112.
- Curtis, C., & Scheurer, J., 2010, Planning for Sustainable Accessibility: Developing Tools to Aid Discussion and Decision-Making, *Progress in Planning*, 74(2), 53-106.
- Dalvi, M. Q., 1976, The Measurement of Accessibility: Some Preliminary Results, *Journal of Transportation* 5.
- Data Team, 2021, *Data Team Web Sitesi*: <https://datateam.com.tr/graph-teorisi-nasil-ortaya-cikti-konigsbergin-yedi-koprusu/> [Ziyaret Tarihi: 11 Ağustos 2022].
- De Chiara, J., & Koppelman, L., 1982, *Urban Planning and Design Criteria*, Van Nostrand Reinhold.
- Demirdağ, İ., Eraydın, A., Güngördü, F., & Yenigun, O., 2017, *Dealing With Urban Diversity: The Case of İstanbul*, Ankara: Middle East Technical University.
- Deniz, M., & ark., 2018, Turgutlu İlçesinde Aile Sağlığı Merkezlerinin (ASM) Konumlarının Erişilebilirlik Açısından CBS ile Analizi, *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, (s. 704-711), Ankara.
- DETR., 2000, *Transport 2010: the Background Analysis*, London: Department of the Environment, Transport and the Regions.
- Dijst, M., & Vidaković, V., 1997, *Individual Action Space in the City*. In *Activity-Based Approaches to Travel Analysis*, New York: Ettema D. F., & Timmermans, H. J. P. (eds.).
- Dueker, K., 1979, Land Resource Information Systems: A Review of Fifteen Years Experience, *Forthcoming in Geo-Processing*, 1, 46-72.
- El Karim, A., & Awawdeh, M., 2020, Integrating GIS Accessibility and Location-Allocation Models with Multicriteria Decision Analysis for Evaluating Quality of Life in Buraidah City, KSA, *Journal of Sustainability*, 12(1412), 1-28.
- Engwicht, D., 1993, Reclaiming Our Cities and Towns: Better Living with Less Traffic, The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form, *Regional Studies*, 5, 101–107.
- Erkal, T., & Değerliyurt, M., 2013, Eskişehir’de Acil Durum Yönetmeliğinde Ağ (Network) Analizlerinin Kullanılması, *Türk Coğrafya Dergisi*, 61, 11-20.
- Ersoy, M., 2012, *Kentsel Planlama Ansiklopedik Sözlük*, İstanbul: Ninova Yayıncılık Tic. Ltd. Şti.

- Ersoy, M., 2015, *Kentsel Planlamada Standartlar*, Ankara: Ninova Yayınları.
- Ertugay, K., & Duzgun, S., 2006, Integrating Physical Accessibility of Emergency Establishments into Earthquake Risk Assessment, Engineering Conferences International, *ECI Digital Archives*
- Ewing, R., 1993, Transportation Service Standards- As If People Matter, *In Transportation Research Record 1400*, 10-17.
- Forckenbrock, D., & Weisbrod, G., 2001, Guidebook for Assessing the Social and Economic Effects of Transportation Projects, *National Cooperative, Highway Research Program*, Iowa City: University of Iowa.
- Friedrich, M., Hofsäß, I., & Wekeck, S., 2001, *Timetable-Based Transit Assignment Using Branch & Bound*, PTV Traffic Mobility Logistics, PTV AG.
- George, B., 2008, Graph Theory Konigsberg Problem, *Encyclopedia of GIS, Springer Science & Business Media*.
- Geurs, K., & Ritsema van Eck, J., 2001, Accessibility Measures: Review and Applications, *Bilthoven: RIVM*.
- Geurs, K., & Ritsema van Eck, J., 2003, Accessibility Evaluation of Land-Use Scenarios: The Impact of Job Competition Land-Use and Infrastructure Developments for the Netherlands, *Environment and Planning B*, 30(1), 69-87.
- Geurs, K., & van Wee, B., 2004, Accessibility Evaluation of Land-Use and Transportation Strategies: Review and Research Directions, *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140.
- Greene, D. & Wegener, M., 1997, Sustainable Transport, *Journal of Transport Geography*, 5(3), 177-190.
- Greene, D., & Liu, J., 1988, Automotive Fuel Economy Improvements and Consumer's Surplus, *Transportation Research Part A*, 22(3), 203-218.
- Güleç Özer, D., Özkan Özbek, M., & Şener, S. M., 2016, Mekansal Erişilebilirlik-1: Kullanıcı Hareketleri Açısından Bir İnceleme, *2.Ulusal Engellileştirilenler Sempozyumu*, Konya, Türkiye: UKEM.
- Gülhan, G., 2014, *Toplu Taşıma Planlaması ve Ağ Tasarımında Erişilebilirlik Ölçütlerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD
- Güray, E., & Kemeç, S., 2016, Van Metropolitan Alanında Bulunan Okul Öncesi, İlk ve Orta Dereceli Okulların Mekânsal Erişilebilirlik Analizi, *6.Uzaktan Algılama CBS Sempozyumu* (s. 582-588). Adana: UZAL-CBS.

- Haggett, P., & Chorley, J., 1969, *Network Analysis in Geography*, London: Butler & Tanner Ltd.
- Hamburg, J., Blair, L., & Albright, D., 1995, *Transportation Research Board*, Mobility as a right: www.trb.org [Ziyaret Tarihi: 13 Nisan 2022].
- Handy, S., 1992, Regional Versus Local Accessibility: Variations in Suburban Form and The Effects on Non-Work Travel (Doctoral dissertation) Available from ProQuest Dissertations and Theses database, MI No. 9330570.
- Handy, S., 1994, Regional Versus Local Accessibility: İmplications for Nonwork Travel, *Transportation Research Record* 1400, 58-66.
- Handy, S., & Niemeier, D., 1997, Measuring Accessibility: An Exploration of İssues and Alternatives, *Environment and Planning A*, 29, 1175-1194.
- Hansen, W. G., 1959, How Accessibility Shapes Land Use, *Journal of the American Institute of Planners*.
- Hansen, W. G., 1959, How Accessibility Shapes Land Use Planners, *Journal of the American Institute of*.
- Haris, C. D., 1954, The Market As A Factor in the Localisation of Industry in United States, *Annals of the Association of American Geographers*, 44, 315-348.
- Hawas, Y., Hassan, N., & Abulibdeh, A., 2016, A Multi-Criteria Apporach of Assessing Public Transport Accessibility at A strategic Level, *Journal of Transport Geography*, 57, 19-34.
- Hsiao, S., Lu, J., Sterling, J., & Weatherford, M., 1997, *Use of Geographic Information System for Analysis of Transit Pedestrian Access*, Transportation Research Record.
- İBB, 2020, *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*, ibb.istanbul: <https://www.ibb.istanbul/arsiv/37482/iett-pandemide-sefer-sayilarini-artirdi> [Ziyaret Tarihi: 15 Ağustos 2022].
- İBB, 2021, *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*, ibb.istanbul: <https://www.ibb.istanbul/arsiv/37591/metrobus-hattinda-aktarmalar-azalacak> [Ziyaret Tarihi: 15 Ağustos 2022].
- İBB, 2021, *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*, *Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı Raporu*, surdurulebilirulasim.istanbul: https://surdurulebilirulasim.istanbul/wpcontent/uploads/2022/08/271487-60-IS-IMP-M9REP-Arup-001_TR-10-rs_compressed.pdf [Ziyaret Tarihi: 15 Ağustos 2022].
- İBB, 2020, *İstanbul Ulaşım ve Hareketlilik Raporu*, İstanbul: Etüt Proje ve Ulaşım Planlama Şefliği - İSBAK.

- İBB, 2017, *İstanbul Geneli Toplu Taşıma Stratejilerinin Geliştirilmesi İşİ Mevcut Durum Raporu*. İstanbul: İSBK.
- IETT, 2022, *IETT Resmi Web Sitesi*: <https://iett.istanbul/icerik/otobus-duraklari> [Ziyaret Tarihi: 20 Eylül 2022].
- IETT, 2022, *2018-2021 İETT Sürdürülebilirlik Raporu*, İstanbul.
- İncekara, S., Karakuyu, M., & Karaburun, A., 2009, Ortaöğretim Coğrafya Derslerinde Yapararak Öğrenmeye Bir Örnek: Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Proje Temelli Öğrenimde Kullanılması, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(30), 305-322.
- Ingram, D. R., 1971, The Concept of Accessibility: A Search For an Operational Form, *Regional Studies*, 5, 101-107.
- İstanbul Valiliği, 2021, *İl Brifingi*, İstanbul.
- ITDP, 2017, *TOD Standard*, 3rd ed., Newyork: ITDP.
- Jacobs-Crisioni, C., & Koomen, E., 2017, Population Growth, Accessibility Spillovers and Persistent Borders: Historical Growth in West-European Municipalities, *Journal of Transport Geography*, 62, 80-91.
- Jiang, B., & Claramunt, C., 2002, Integration of Space Syntax Into GIS: New Perspectives for Urban Morphology, *Transactions in GIS*, 6(3), 295-309.
- Kansky, K. J., 1963, *Structure of Transportation Networks: Relationships Between Network Geometry and Regional Characteristics*, Chicago: University of Chicago.
- Kapluhan, E., 2014, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi Ve Gerekliliği, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29, 34-59.
- Karaş, İ., 2007, 3B CBS'de Ağ Analizlerine Yönelik Coğrafi Veritabanının Otomatik Olarak Üretilmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Trabzon: KTÜ.
- Kaya, H., 2011, Ortaöğretim Coğrafya Öğretiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Öğrenci Başarısına Etkisi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 308-326.
- Koenig, J. G., 1980, Indicators of Urban Accessibility: Theory and Applications, *Journal of Transportation*, 9, 145-172.
- Koschinsky, J., & Talen, E., 2015, Affordable Housing and Walkable Neighborhoods: A National Urban Analysis, *Journal of Cityscape*, 17(2), 13-56.
- Kun, W., Hao, S., Yunnan, X., Mingrui, X., & Quan, Z., 2012, Accessibility Analysis of Urban Parks Based on GIS, *Fifth International Conference on Information and Computing Science*, 56-59.

- Kürkçüoğlu, E. & Ocakçı M., 2015, Kentsel Dokuda Yaya Hareketlerinin Psiko-Mekânsal Etki Değerlendirmesi, *I. Kentsel Morfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (s. 486-509). Mersin.
- Kwan, M. P., 1998, Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using A Point-Based Framework, *Geographical Analysis*, 30(3), 191-216.
- Leonardi, G., 1978, Optimum Facility Location by Accessibility Maximising, *10. Environment and Planning A*.
- Levine, J., 1998, Rethinking Accessibility and Jobs-Housing Balance, *Journal of American Planning Association*, 64(1), 12-25.
- Linneker, B., & Spence, N., 1992, Accessibility Measures Compared in an Analysis of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain, *Environment and Planning A*, 24, 1137-1154.
- Litman, T., 2003, Measuring Transportation: Traffic, Mobility and Accessibility, *ITE Journal*, 73(10), 28-32.
- Litman, T., 2011, Measuring Transportation: Traffic, Mobility and Accessibility, *Victoria Transport Policy Institute*, London: Victoria.
- Litman, T., 2017, Evaluating Transportation Equity Guidance for Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning, *Victoria Transport Policy Institute*, London: Victoria.
- Liu, Y., Wang, H., Sun, C., & Wu, H., 2021, Equity Measurement of Public Sports Space in Central Urban Areas Accessible by Walking and Public Transportation Based on Residential Scale Data, *Research Square*.
- Lloyd, C., 2010, *Spatial Data Analysis : An Introduction For GIS Users*, New York: Oxford University PressInc.
- 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.
- Martellato, D., Nijkamp, P., & Reggiani, A., 1998, *Measurement and Measures of Network Accessibility: Economic Perspectives*, Transport Networks in Europe: Concepts, Analysis and Policies, 161-180
- Martinez, F., & Araya, C., 2000, A Note on Trip Benefits in Spatial Interaction Models, *Journal of Regional Science*, 40(4), 789-796.

- Mavoa, S., Wittena, 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.
- Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, 2014, *Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği*: <https://www.mevzuat.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 15 Mart 2022].
- Metro İstanbul, 2020, *Metro İstanbul İle Mükemmel Yolculuk Deneyimi - 2020 Faaliyet Raporu*, İstanbul: İBB-METRO İstanbul.
- Metro İstanbul, 2022, *Metro İstanbul*, metro.istanbul: <https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz/TumHatlarimiz> [Ziyaret Tarihi: 14 Ağustos 2022].
- Metro İstanbul, 2022, *Metro İstanbul*, metro.istanbul: <https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz/ProjeHalindekiHatlar?projeInsaat=0&q=30> [Ziyaret Tarihi: 14 Ağustos 2022].
- Miller, H. J., 1991, Modelling Accessibility Using Space-Time Prism Concepts Within Geographical Information Systems, *International Journal of Geographical Systems*, 5(3), 287-301.
- Miller, H. J., 1999, Measuring Space-Time Accessibility Benefits Within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Procedures, *Journal of Geographical Analysis*, 31(2), 187-212.
- Miller, H., & Wu, Y., 2000, GIS Software for Measuring Space-Time Accessibility in Transportation Planning and Analysis, *Geoinformatica*, 4(2), 141-159.
- Mindahun, W., & Asefa, B., 2019, Location Allocation Analysis for Urban Public Services Using GIS Techniques: A Case of Primary Schools in Yeka Sub-City, Addis Ababa, Ethiopia, *Journal of Geographic Information System*, 8(1), 26-38.
- Newman, M., 2010, *Networks: An Introduction*, University of Michigan and Santa Fe Institute, Oxford University Press.
- Newman, P. &, 2006, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, *Journal of Opolis*, 2(1), 35-52.
- Newman, P. & Kenworthy, J., 2015, *The End of Automobile Dependence: How Cities Are Moving Beyond Car-Based Planning*, Washington: DC: Island Press.
- Odabaşı, E., 2018, *Toplu Taşıma Güzergâh Seçimine Erişilebilirliğin Etkisi: Karşıyaka Tramvay Örneği*, İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Bitirme Tezi.

- Öztürk, B., 2021, İstanbul Metro Aktarma Merkezlerinin Entegrasyon ve Erişilebilirlik Unsurlarının Araştırma ve Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Mühendisliği Programı, *Yüksek Lisans Tezi, YÖK*.
- Özuysal, M., 2010, *Şehirsel Yerleşimlerde Erişilebilirlik Ölçütünün Modellenmesi ve Kullanımı: Ulaşım Türü Seçimi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi, YÖK*.
- Özuysal, M., Tanyel, S., & Oral, M., 2012, Fayda Esaslı Erişilebilirliğin Ulaşım Türü Seçimi Üzerindeki Etkisi, *İMO Teknik Dergi*, 5987-6016.
- Özuysal, M., Tanyel, S., & Şengöz, B., 2003, Erişilebilirlik Yönetiminin Ulaşım Planlama Politikası Olarak Değerlendirilmesi, *TMMOB Ulaştırma Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı* (s. 111-121), Ankara: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- Parker, H. D., 1988, The Unique Qualities of Geographic Information System: A Commentary, *Photogrammetric Engineering And Remote Sensing*, 54(11), 1547-1549.
- Peponis, J., Bafna, S., & Yang, Z., 2008, The Connectivity of Streets: Reach and Directional Distance, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35, 881-901.
- Pojani, D. & Stead, D., 2015, Sustainable Urban Transport in the Developing World: Beyond Megacities, *Journal of Sustainability*, 7(6), 7784-7805.
- Program, T. C., 1996, *TCRP Report 19, Guidelines for the Location and Design of Bus Stops*, National Academy Press.
- Rastogi, R., & Rao, K., 2003, Travel Characteristics of Commuters Accessing Transit: Case Study, *Journal of Transport Engineering*, 733-947.
- Rodriguez, J. P., 2006, *The geography of transport systems*, <https://people.hofstra.edu/geotrans/> [Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2022].
- Ross, W. (2000). Mobility & accessibility: the yin & yang of planning. *World Transport Policy & Practice*, 6(2).
- Salicru, M., Fleurent, C., & Armengol, J., 2010, Timetable-Based Operation in Urban Transport: Un-Time Optimization and Improvements in the Operating Process, *Transportation Research Part A*, 45, 721-740.
- Shen, Q., 1998, Location Characteristics of Inner-City Neighborhoods and Employment Accessibility of Low-Wage Workers, *Environment and Planning B*, 25(3), 345-365.
- Simon, D., 2016, *Rethink Sustainable Cities*, North America office: Policy Press, İngiltere: CMP.

- Soydan, A. G., 2017, *Kent Merkezlerinin Ulaşım Ve Erişilebilirlik İle İlişkisinin Araştırılması: Ankara Kent Merkezi Örneği*, Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Star, J., & Estes, J., 1990, *Geographical Information System: An Introduction*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Stover, V., 1988, Transportation and Land Development, *Institute of Transportation Engineers*.
- Sweet, R. J., 1997, An Aggregate Measure of Travel Utility, *Transportation Research Part B*, 31(5), 403-416.
- Şehir Hatları, 2022, *Şehir Hatları Resmi Web Sitesi*:
<https://www.sehirhatlari.istanbul/tr/seferler/ic-hatlar> [Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2022].
- Şimşek, A., 2015, *Erişilebilir Şehirler ve Bölgeler: Erişilebilirliğin Bölgesel Kalkınmaya Etkisi ve İller Bazında Erişilebilirlik Endeksinin Geliştirilmesi*, Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı, doi:ISBN 978-605-9041-59-1
- Tabor, P., 1976, Networks Distances and Routes, *Geometry of Environment: An Introduction to Spatial Organization in Design*, L. March (Ed.), 366-367.
- Tecim, V., 2008, *Cografi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi, Renk Form*, Ankara: Ofset Matbaacılık Ltd. Sti.
- Tecim,, V., & Kıncal, C., 2004, Coğrafi Bilgi Sistemleri: Bölgesel Planlamada Etkin Bir Bilişim Teknolojisi, *Cografi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 403-415.
- Topal, O., 2021, İstanbul Lastik Tekerlekli Toplu Ulaşım Sistemlerinde Özel Halk Otobüsleri için Elektrikli Otobüs Konsepti, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(31), 968-973.
- Töreyen, G., Özdemir, İ., & Kurt, T., 2010, *ArcGIS 10 Destkop Uygulama Dökümanı*, Ankara. TUHİM, 2022, tuhim.ibb: <https://tuhim.ibb.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 15 Ağustos 2022].
- Tümertekin, E., 1973, Türkiye’de Şehirleşme Ve Şehirsel Fonksiyonlar, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları No:72, İstanbul.
- Uludağ, U., 2010, *Bulanık Optimizasyon ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları ile Otobüs Hatlarının Modellenmesi*, Denizli: Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi.
- Uluğtekin, N., & Dogru, A., 2005, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Harita: Kartografya, *Ege Üniversitesi, CBS Sempozyumu*, (s. 209-215). İzmir.
- Ünver Göçer, Ü. Ö., 2021, *Erişilebilirliğe Bağlı Arazi Değer Değişiminin Eleştirel Gerçekçilik Yöntemi İle İrdelenmesi: İstanbul Metrobüs Sistemi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.

- Ünver, Ü., 2013, *Stratejik Mekânsal Gelişme Dinamikleri Çerçevesinde Transfer Merkezlerinin Kent Formuna Etkileri: Londra-Lizbon-İstanbul Deneyimleri*, İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı.
- Vickerman, R. W., 1974, Accessibility, Attraction and Potential: A Review of Some Concepts and Their Use in Europe, *Journal of Regional Studies*, 33, 1-15.
- Wilson, A. G., 1971, A Family of Spatial Interaction Models and Associated Developments, *Environment and Planning*, 3(1), 1-32.
- Yılmaz, E., & Kamacı Karahan, E., 2020, Stratejik Planlama Ekseninde Erişilebilirlik: Tampon ve Ağ Analizlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi, *NÖHÜ Müh. Bilim. Dergisi*, 9(1), 335-349.
- Yomralıoğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, *Seçil Ofset*, 5, 480.
- Yomralıoğlu, T., 2009, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, İstanbul: Birinci Baskı, Seçil Ofset.
- Zhao, F., Chow, L., Li, M., Ubaka, I., & Gan, A., 2003, Forecasting Transit Walk Accessibility: Regression Model Alternative to Buffer Method, *Transportation Research Record*, 1835, 34-41.