

**KENTSEL HAVA ULAşIMINDA VERTİPORT KULLANIM
OLANAKLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA
ARAşTIRILMASI: İSTANBUL ÖRNEĞİ**

Elif ERKEK

Yüksek Lisans Tezi

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Saye Nihan ÇABUK

(İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Uğur TURHAN)

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2022

27/01/2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Elif ERKEK, KENTSEL HAVA ULAşIMINDA VERTİPORT KULLANIM OLANAKLARININ COğRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA ARAşTIRILMASI: İSTANBUL RNEğİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Prof. Dr. Saye Nihan ÇABUK

ÖZET

KENTSEL HAVA ULAŞIMINDA VERTİPORT KULLANIM OLANAKLARININ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA ARAŞTIRILMASI: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Elif ERKEK

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2022

Danışman: Prof. Dr. Saye Nihan ÇABUK

(İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Uğur TURHAN)

Dünyadaki büyük megakentlerde yaşanan karayolu trafik sıkışıklığının üstesinden gelinmesinde kentsel hava ulaşımı konsepti yeni bir hava taşımacılığı yöntemi olarak görülmektedir. Kentsel hava ulaşımı, özellikle trafik altyapısının yeterli olmadığı ve ulaşımın önemli bir sorun haline aldığı büyük kentlerde alternatif bir çözüm olarak görülmeye başlanmıştır. Birçok taşımacılık şirketi de kentsel hava ulaşımı konseptinde kullanılacak e-VTOL araçların gelecekte yaşanan tıkanıklığın giderilmesinde önemli rol oynayacağını belirtmektedir. Bu kapsamda e-VTOL araçlar, yer bağlantılı ulaşım sistemleri ile birlikte entegre, hava sahasını verimli kullanarak trafiğin pik saatlerinde metropollerde zamandan önemli ölçüde tasarruf sağlamakta, hızlı ve güvenilir ulaşım sayesinde yerdeki sıkışıklığa çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Kentsel ulaşım planlamasının, kentsel hava ulaşımını da içerecek şekilde ele alınması sürecinde ise araçlarının kalkış-iniş yapacağı vertiport/vertistop için en uygun yer seçiminin yapılması en önemli gereklilikler arasındadır. Bu çerçevede, İstanbul metropoliten kentinde yoğun trafik akışına ve sıkışıklığına bağlı olarak yaşanan zaman ve maliyet kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayacak kentsel hava ulaşımı olanaklarını araştırılmış ve CBS destekli çalışmalar ile e-VTOL araçlarının kalkış ve iniş yapacağı vertistop/vertiport terminal yer seçimi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kentsel hava ulaşımı, e-VTOL, Coğrafi bilgi sistemleri, Ağ analizi, Uygunluk modeli

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE VERTIPOINT USAGE OPPORTUNITIES IN URBAN AIR MOBILITY WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: ISTANBUL CASE

Elif ERKEK

Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems
Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2022

Supervisor: Prof. Dr. Saye Nihan ÇABUK

(Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Uğur TURHAN)

The urban air mobility concept is seen as a new air mobility method in overcoming road traffic congestion in major megacities around the world. Urban air mobility has started to be seen as an alternative solution, especially in big cities where traffic infrastructure is not sufficient and transportation has become an important problem. Many transportation companies also state that e-VTOL vehicles to be used in the urban air mobility concept will play an important role in eliminating congestion in the future. In this context, e-VTOL vehicles provide significant time savings in metropolitan areas during peak traffic hours by using the integrated airspace together with ground-based transportation systems and come to the fore as a solution to the congestion on the ground thanks to fast and reliable transportation. In the process of considering urban transportation planning, including urban air mobility, it is among the most important requirements to choose the most suitable location for the vertiport/vertistop where the vehicles will take off and land. In this context, urban air mobility possibilities that will contribute to the reduction of time and cost losses due to heavy traffic flow and congestion in the metropolitan city of Istanbul have been researched, and the vertistop/ vertiport terminal location where e-VTOL vehicles will take off and land has been selected with GIS supported studies.

Keywords: Urban air mobility, e-VTOL, Geographic information systems, Network analyst, Suitability Modeler

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Saye Nihan Çabuk’a ve değerli bilgilerini bizlerle paylaşan sayın Dr. Öğr. Üyesi Uğur Turhan hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmaların süresince hiçbir desteğini esirgemedен yanımda olan ve tecrübelerini benimle paylaşan aileme, bu tezin her aşamasında desteğini hissettiğim değerli dostlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarına katkı sağlayan ve değerli bilgilerini paylaşan İstanbul Büyük Şehir Belediyesi’ne, İstanbul Kaan Havacılık’a, Ankara Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü’ne, Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne, Eskişehir Sarp Air’a, Endeksa’ya, Esri Türkiye’ye ve Eskişehir Teknik Üniversitesi’nden destek olan herkese teşekkürlerimi sunarım. Havacılık alanındaki yönlendirmeleri ve katkılarından dolayı Burak Turhan ve Ömer Enes Kocabaş’a teşekkürlerimi sunarım.

Elif ERKEK

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Elif ERKEK

İÇİNDEKİLER

SAYFA

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	4
1.2. Önem	5
1.3. Kısıtlılıklar	5
2. KURAMSAL TEMELLER	8
2.1. Ulaşım Kavramı	8
2.1.1. Ulaşımın tarihsel boyutu.....	9
2.1.2. Ulaşımın ekonomik boyutu.....	11
2.1.3. Ulaşımın demografik ve toplumsal boyutu	12
2.1.4. Ulaşımın çevresel boyutu	13
2.1.5. Ulaşımın teknolojik boyutu	16
2.2. Kentsel Ulaşım.....	17
2.2.1. Kent ve kentleşme kavramı	17
2.2.2. Ulaşım ve kentleşme ilişkisi	22
2.3. Kentsel Hava Ulaşımı.....	25

2.3.1. Tarihsel gelişimi.....	28
2.3.2. Önemi ve faydaları	32
2.3.3. E-VTOL araçlar	32
2.3.3.1. Performans.....	33
2.3.3.2. Dağıtılmış elektrik tahrik sistemi (DEP).....	34
2.3.3.3. Otonom teknoloji	34
2.3.3.4. Batarya	36
2.3.3.5. 5G teknolojisi	37
2.3.3.6. Emisyon üretimi.....	38
2.3.3.7. Gürültü seviyesi	38
2.3.4. Vertistop/Vertiport/Skyport.....	39
2.3.5. Kentsel hava ulaşımında dünyadaki yaklaşımlar ve örnekler	40
2.3.6. Kentsel hava ulaşımında Türkiye'deki gelişmeler ve yaklaşımlar	42
2.4. Kentsel Hava Ulaşımı Planlaması ve Gereksinimler	42
2.4.1. Kentsel hava ulaşımı planlamasına etki eden faktörler	44
2.4.1.1. Ulaşım talebi	45
2.4.1.2. Kentsel iletişim altyapısı	45
2.4.1.3. Kentin arazi kullanımı	46
2.4.1.4. Uçuş operasyonları	47
2.4.1.5. Meteoroloji	48
2.4.2. Vertiport/Vertistop planlaması	48
2.4.2.1. Yüzey özelliği.....	49
2.4.2.2. Vertiport/vertistop alan büyüklüğü	50
2.4.2.3. Maliyet ve yasal konular.....	51
2.4.2.4. Mevcut ulaşım altyapısı ve arazi kullanımı	52
2.4.2.5. Güvenlik ve altyapı	53
2.4.2.6. Çevresel etmenler	53
2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Kentsel Hava Ulaşımı Planlanması.....	54
2.6. Literatür Özeti.....	58
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	61
3.1. Materyal.....	61
3.1.1. Mekansal veri kaynakları.....	61

3.1.2. Kullanılan yazılım	62
3.2. Yöntem	62
3.2.1. Uygunluk modeli.....	63
3.2.1.1. Temel veri kriterlerinin belirlenmesi	64
3.2.1.2. Temel veri kriterlerinin raster veri formatına dönüştürülmesi.....	66
3.2.1.3. Uygunluk modeli türünün belirlenmesi.....	67
3.2.1.4. Uygunluk modeli parametrelerinin tanımlanması	68
3.2.1.5. Uygunluk modeli içerisinde dönüştürme yöntemlerinin belirlenmesi	68
3.2.1.6. Kriterlerin ağırlıklandırılması ve verilerin birleştirilmesi.....	69
3.2.1.7. Yer seçimi analizi.....	69
3.2.2. Ağ analizi – Konumsal tahsis (Location Allocation)	69
3.2.2.1. Verilerin hazırlanması.....	70
3.2.2.2. Problem tipi ve seyahat kriterlerinin belirlenmesi	73
3.2.2.3. Konumsal tahsis.....	74
4. BULGULAR.....	75
4.1. Çalışma Alanına İlişkin Bilgiler.....	75
4.1.1. Coğrafi konum	75
4.1.2. İklim ve meteorolojik özellikler	77
4.1.3. Alan kullanımı	78
4.1.4. Demografik veriler	80
4.1.5. Ulaşım ve trafik altyapısı	87
4.1.6. Hava ulaşımı	93
4.1.7. Hava sahası kullanımı.....	95
4.2. Uygunluk Modeline İlişkin Bulgular	97
4.2.1. Ana verilere ilişkin bulgular.....	97
4.2.1.1. Arazi kullanım	97
4.2.1.2. İş yeri yoğunluk alanları	98
4.2.1.3. İş yeri sayısı.....	99
4.2.1.4. Otopark noktalarına yakınlık	100
4.2.1.5. Araç sayımı dağılımı	101
4.2.1.6. Raylı hatlara yakınlık	102

4.2.1.7. Mevcut heliport alanları	103
4.2.1.8. Karayollarına Yakınlık	104
4.2.1.9. Otobüs hatlarına yakınlık.....	105
4.2.1.10. İstanbul hava sahası	106
4.2.1.11. İlçe nüfus yoğunlukları	107
4.2.1.12. İlçe kişi başı gelir seviyesi.....	108
4.2.1.13. İlçe kişi başı toplam tüketim harcaması	109
4.2.1.14. İlçe sosyo ekonomik statü (SES)	110
4.2.1.15. Kişi başı tasarruf haritası	111
4.2.1.16. Kişi başı ulaşım maliyeti haritası	112
4.2.2. Yer seçimine ilişkin bulgular	113
4.3. Ağ Analizi ve Konumsal Dağıtıma İlişkin Bulgular	117
4.3.1. Ağ analizi.....	117
4.3.1.1. Gerekli (Required) tesisler.....	119
4.3.1.2. Aday (Candidate) tesisler.....	121
4.3.1.3. Talep noktaları (Demand points)	122
4.3.1.4. Seçilen (Chosen) tesisler.....	123
4.3.2. Yer tahsisi.....	125
4.3.2.1. Kadıköy ilçesi	126
4.3.2.2. Bakırköy ilçesi.....	127
4.3.2.3. Fatih ilçesi.....	128
4.3.2.4. Şişli ilçesi.....	129
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	131
5.1. Sonuçlar	131
5.2. Tartışma	134
KAYNAKÇA.....	140
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Yerleşmeler birimi kademelenmesi	18
Tablo 2.2. Küresel kentlerin hiyerarşisi	21
Tablo 2.3. 2018 yılı ve 2030 yılı kentleşmenin yüzdesi	21
Tablo 2.4. Vertiport/vertistop alan büyüklüğü literatür araştırması.....	50
Tablo 3.1. Tez kapsamında kullanılacak veriler	62
Tablo 3.2. Uygunluk modelinde kullanılan temel veri kriterlerinin hazırlanması	66
Tablo 3.3. Network Analyst Location Allocation analizinde kullanılan veriler	71
Tablo 3.4. İstanbul heliport pistlerinin FATO ebadına ilişkin detaylar	72
Tablo 3.5. Problem tipi ve seyahat kriterleri.....	73
Tablo 4.1. İstanbul ili urban atlas arazi kullanım sınıfları	79
Tablo 4.2. İstanbul ilçelerine ait demografik verilerin istatistikî dağılım tablosu	86
Tablo 4.3. Arazi kullanım çalışma alanının toplam piksel sayısına göre içerdiği uygunluk sınıfları	98
Tablo 4.4. İlçeler içerisine düşen piksel miktarı	116
Tablo 4.5. Otopark kapasite miktarı göre atanan tesis sayısı	121
Tablo 4.6. Seçilen (Chosen) tesislere atanan otopark kapasite miktarı.....	125

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ulaşımın boyutları.....	9
Şekil 2.2. Ulaşım tarihi.	11
Şekil 2.3. Ulaşım türlerinin ekonomik avantaj ve dezavantajları.....	12
Şekil 2.4. VTOL araçlar	26
Şekil 2.5. Kentsel hava hareketliliğini kullanım alanları.....	27
Şekil 2.6. Helikopter ve e-VTOL aracın karşılaştırılması	31
Şekil 2.7. E-VTOL araçlardan örnekler.....	34
Şekil 2.8. Tahmini fiyatlandırma ve yolcu birimi ekonomi	36
Şekil 2.9. Araçların gürültü seviyesi	39
Şekil 2.10. Kentsel hava ulaşımı şeması.....	44
Şekil 2.11. Kentsel hava hareketliliğin kent ile entegrasyonu.....	47
Şekil 2.12. Vertiport/Vertistop tesisleri.....	49
Şekil 2.13. TLOF/FATO Emniyet Sahası İlişkileri ve Minimum Boyutlar	51
Şekil 2.14. Vertiportlar yapımı için önerilen kavşak alanları.....	51
Şekil 2.15. CBS kullanım alanları ve analizleri.....	55
Şekil 2.16. Ulaşım – Arazi kullanım etkileşimi.....	56
Şekil 2.17. Ağırlıklı çakıştırma örneği	57
Şekil 2.18. Kullanılan yöntemler ve sıklıkları	58
Şekil 3.1. Uygunluk modeli iş akışı.....	64

Şekil 3.2. Location Allocation ağ analizi iş akışı	70
Şekil 4.1. Çalışma alanının Dünya’da ve Türkiye’deki yeri	75
Şekil 4.2. Çalışma alanı konumu	76
Şekil 4.3. İstanbul’un ilçeleri.....	77
Şekil 4.4. İstanbul 2018 Urban Atlas verilerine göre arazi kullanım haritası	78
Şekil 4.5. Dört ana sınıfın karşılaştırılması	80
Şekil 4.6. İlçe nüfusu yoğunluk haritası	81
Şekil 4.7. İlçelere göre sosyo-ekonomik statü haritası	81
Şekil 4.8. İlçelere göre iş yeri yoğunluk haritası	82
Şekil 4.9. İlçelere göre iş yeri sayısı haritası	82
Şekil 4.10. İlçelere göre kişi başı gelir seviyesi haritası.....	83
Şekil 4.11. İlçelere göre kişi başı ulaşım maliyeti haritası	83
Şekil 4.12. İlçelere göre toplam kişi başı tüketim harcaması haritası	84
Şekil 4.13. İlçelere göre kişi başı tasarruf haritası.....	85
Şekil 4.14. Otobüs hatları haritası	88
Şekil 4.15. Raylı sistem taşımacılığı maksimum yolcu sayıları	89
Şekil 4.16. Kent içerisinde kullanılan motorlu kara taşıtları oranı	90
Şekil 4.17. Sensör verilerden elde edilen yıllık araç sayımı toplamı	91
Şekil 4.18. Birinci derece, ikinci derece, üçüncü derece ve dördüncü derece karayolları	92
Şekil 4.19. Otopak noktaları haritası	93

Şekil 4.20. İstanbul ili içerisinde yer alan havalimanları	94
Şekil 4.21. İstanbul ili içerisinde yer alan heliport alanları	95
Şekil 4.22. İstanbul hava sahası.....	96
Şekil 4.23. Arazi kullanım uygunluk haritası	97
Şekil 4.24. İlçe iş yeri yoğunlukları uygunluk haritası.....	99
Şekil 4.25. İlçe iş yeri sayısı uygunluk haritası	100
Şekil 4.26. Otopark noktalarına yakınlık uygunluk haritası.....	101
Şekil 4.27. Günlük araç sayım noktaları dağılımı uygunluk haritası	102
Şekil 4.28. Raylı sistemlere yakınlık uygunluk haritası	103
Şekil 4.29. Mevcut heliport alanları uygunluk haritası	104
Şekil 4.30. Karayollarına yakınlık uygunluk haritası	105
Şekil 4.31. Otobüs hatlarına yakınlık uygunluk haritası	106
Şekil 4.32. İstanbul hava sahası uygunluk haritası.....	107
Şekil 4.33. İlçe nüfusu yoğunluğu uygunluk haritası	108
Şekil 4.34. İlçe kişi başı gelir seviyesi uygunluk haritası.....	109
Şekil 4.35. İlçe kişi başı tüketim harcaması uygunluk haritası	110
Şekil 4.36. İlçe Sosyo ekonomik statü uygunluk haritası.....	111
Şekil 4.37. Kişi başı tasarruf haritası.....	112
Şekil 4.38. İlçe kişi başı ulaşım maliyeti uygunluk haritası	113
Şekil 4.39. Vertiport/Vertistop yer seçimi final uygunluk haritası.....	114
Şekil 4.40. Uygunluk modeli sonucu yer seçimine en uygun alanlar.....	115

Şekil 4.41. Heliport noktaları ve otopark noktaları	117
Şekil 4.42. Vertiport/vertistop tesis etmek için uygun bulunan seçili alanlar	118
Şekil 4.43. Network Analyst - Location Allocation analiz sonucu	119
Şekil 4.44. Network Analyst - Location Allocation kapsamında gerekli (Required) tesisler	120
Şekil 4.45. Network Analyst - Location Allocation aday (candidate) tesisler	122
Şekil 4.46. Network Analyst - Location Allocation talep (temand) noktaları.....	123
Şekil 4.47. Network Analyst - Location Allocation seçilen (chosen) tesisler	124
Şekil 4.48. Tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı.....	126
Şekil 4.49. Kadıköy ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı.....	127
Şekil 4.50. Bakırköy ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı.....	128
Şekil 4.51. Fatih ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı	129
Şekil 4.52. Şişli ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı	130

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
AIP	: Aeronautical Information Publication (Havacılık Bilgi Yayını)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
COMCEC	: Commercial Cooperation of the Organization of the Islamic Cooperation (İslam İş Birliği Teşkilatı Ekonomik ve Ticari İşbirliği Daimi Komitesi)
CTOL	: Conventional Take-Off And Landing (Geleneksel Kalkış ve İniş Yapabilen Hava Aracı)
CTR	: Control Zones (Kontrol Bölgesi)
CTR	: Civil Tiltrotor (Pervaneleri eğilebilen, yön değiştirebilen dikey iniş ve kalkış yapabilen uçak)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
DEP	: Distributed Electric Propulsion (Elektrikli Tahrik Sistemi)
EASA	: European Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı)
E-VTOL	: Electric Vertical Take-Off And Landing Aircraft (Dikey İniş Kalkış Yapabilen Elektrikli Hava Aracı)
FAA	: Federal Aviation Administration (Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi)
FATO	: Final Approach And Takeoff Area (Son Yaklaşma ve Kalkış Alanı)
GNSS	: Global Navigation Sattellite System (Küresel uydu seyrüsefer sistemi)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
IDW	: Inverse Distance Weighted (Mesafenin Tersiyile Ağırlıklandırma)
IFR	: Instrument Flight Rules (Aletli Uçuş Kuralları)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İHA	: İnsansız Hava Aracı
JFK	: John Fitzgerald Kennedy
LIDAR	: Laser Imaging Detection and Ranging Lazer (Darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan teknoloji)
MTMA	: Military Terminal Control Area (Askeri Terminal Kontrol Sahası)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
ODM	: On-Demand Mobility (İsteğe/Talebe Bağlı Hareketlilik)
SA	: Safety Area (Güvenli Alan)
SES	: Sosyo Ekonomik Statü
TLOF	: Touchdown and Lift-Off Area (Konma ve Havalanma Alanı)
TMA	: Terminal Control Area (Terminal Kontrol Sahası)
TRASECA	: Avrupa-Kafkasya-Asya Taşımacılık Koridoru
UN	: United Nations (Birleşmiş Milletler)
VFR	: Visual Flight Rules (Görerek Uçuş Kuralları)
VPS	: Visual Positioning System (Görsel Konumlandırma Sistemi)
VTOL	: Vertical Take-Off And Landing Aircraft (Dikey İniş Kalkış Yapabilen Hava Aracı)
WLC	: Weighted Linear Combination (Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon)
YHT	: Yüksek Hızlı Tren

1. GİRİŞ

Ülkelerin rekabet gücü, insanları ve ürünleri hızlı bir şekilde taşıma imkanlarına bağlı olarak gelişmektedir. Bu imkanlar dünyadaki büyük metropoliten şehirlerde 18. yüzyılda nehirler, kanallar ve limanlar, 19. yüzyılda demiryolları, 20 yüzyılda karayolları, 21. yüzyılda ise havalimanları çerçevesinde gelişim göstermiştir.

Sanayi Devrimi öncesinde kentler, yapısı itibariyle küçük ve yaya erişimine uygun yerler olarak tasarlanmış ve geliştirilmiş, Sanayi Devrimi sonrasında ise demiryollarına yapılan yatırımlar sayesinde özellikle uzak mesafelere ulaşım imkanları artmıştır. Ulaşımın kolaylaşmasıyla kentlerin hem yapısı değişmeye başlamış hem de büyümeleri hızlanmıştır (Eryiğit, 2012; Kılınçaslan, 2012, s. 49). 19 yüzyılda ilk otomobilin üretilmesi ile toplu ulaşım araçlarının yanı sıra kişisel otomobiller de kullanılır olmuş, 20. yüzyılda otomobil kullanımı giderek artmış ve bu artış kent makraformunda yayılmaların gözlenmesini de beraberinde getirmiştir (Aydemir vd, 2004, s. 413; Kılınçaslan, 2012, s. 49). Şüphesiz bu yayılma, kamu hizmetlerinin yoğunluklu olarak verildiği mekânsal kullanımlar arasındaki mesafelerin de açılmasına neden olmakta, giderek kalabalıklaşan ve yayılan kentlerde kamu hizmetlerine daha kolay ve kaliteli erişim ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, farklı mekanlara ulaşım/erişim için daha uzun seyahatler yapılması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Özellikle metropoliten kentlerde yaşanan erişebilirlik sorununu çözmek için kentsel alanlarda yüksek katlı binalarda birçok kentsel işlevler toplanmaya çalışılmaktadır. Farklı sektörleri ve hizmet alanlarını (işyerleri, kamu yapıları, eğlence merkezleri vb.) içeren merkezler oluşturulmakta ve bu yapılar metro, hızlı tren, otobüs, tramvay ve geniş yol ağları gibi yer bağlantıları ile birbirine entegre edilmektedir (Aydemir vd., 2018). Fakat yapılan uygulamalar metropoliten kentlerde özellikle iş giriş-çıkış saatlerinde artan trafiğe çözüm olamamaktadır. Bireysel araçların toplu ulaşım araçlarından daha konforlu olması, kapıdan kapıya erişimi daha üst noktaya taşıması gibi nedenlerden dolayı otomobillere olan talep azalmamıştır.

1950'li yıllarda metropoliten kentlerdeki trafik sıkışıklığına alternatif ulaşım yöntemi olarak kentsel hava ulaşımı kapsamında helikopterlerin gündeme geldiği görülmektedir (Vascik, 2017). Özellikle kent merkezlerinden havalimanlarına ulaşım da sıklıkla kullanan helikopterler bu dönemde iş adamları tarafından tercih edilmeye

başlamıştır. Fakat helikopterlerin kentsel alan içerisinde yarattığı yüksek gürültü, yaşanan helikopter kazaları, fosil yakıt kullanımını arttırması ve maliyeti yüksek bir ulaşım aracı olması bu araçların daha çok acil durumlar ya da habercilik alanında tercih edilmesi sonucunu beraberinde getirmiştir (Dajani vd., 1977).

Günümüzde küreselleşme ile birlikte üretim, dağıtım ve turizm gibi sektörlerde hızlı ulaşım ihtiyacı duyulması nedeniyle bu sektörler için sıklıkla havalimanlarının yakınında yer seçildiği görülmektedir. Hatta aerotropolis kavramı kapsamında havalimanlarının veya yakın çevresindeki alanların sanat, ticaret ve eğlence faaliyetlerini içeren cazibe merkezleri ile birlikte tasarlandığı gözlenmektedir.

Kendi içerisinde bir havalimanı kenti haline gelen bu yerlerde havacılığın sağladığı hızlı erişim olanakları çerçevesinde zamana dayalı rekabet düzeyinin hızla geliştiği gözlenmektedir. Bundan dolayı 21. yüzyıl “Havacılık yüzyılı” ya da “Hızlı yüzyıl” olarak tanımlanmıştır.

5G iletişim ağları ve elektrik itişindeki teknolojik gelişmeler sayesinde kentsel hava ulaşımında kullanılan otonom sistemlerin, karasal araçların metropoliten alanlarda yarattığı trafik sorununa çözüm sağlayabileceği ve küresel iklim değişikliği ile baş etmede helikoptere kıyasla büyük önem taşıyacağı belirtilmektedir (Baur vd., 2018; Pradeep, 2019) . Bu açıdan, kentsel hava ulaşımı kavramı son dönemlerde yeniden ele alınmakta, özellikle yerleşim alanlarında kullanılabilecek dikey kalkış-iniş yapabilen elektrikli hava aracı (e-VTOL - Electric Vertical Take-Off And Landing Aircraft) araçların üretimi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ayrıca bu araçların kalkış-iniş yapabileceği vertiport alanlarının inşası da bu çerçevede önemli bir gündem maddesi haline gelmektedir (Peisen, 1994).

Bu ilerlemeler ışığında kentsel hava ulaşımının geliştirilmesine ve uygulanmasına yönelik idari, hukuki ve teknik çalışmaların yapılması da kaçınılmaz bir gerekliliktir. Dünyada kentsel hava hareketliliği kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde, özellikle Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA - European Aviation Safety Agency) ve Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresinin (FAA - Federal Aviation Administration) başta gelen yasal düzenleyiciler arasında oldukları görülmektedir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA - National Aeronautics and Space Administration), kentsel hava ulaşımı konusunda önemli araştırmalar gerçekleştirmekte, SESAR hava

trafik yönetiminde model geliştirmekte, Uber şirketi de önemli bir servis sağlayıcı olarak ön saflarda yer almaktadır. Günümüzde, Airbus, Kitty Hawk, Lilium Havacılık, Volocopter ve Joby Havacılık gibi şirketler kentsel hava aracı geliştirilmesi konusunda başı çekmekte, Boeing, Garmin ve Sikorsky gibi şirketler ise havacılık elektroniği alanında önemli çalışmalar gerçekleştirmektedir. Yeni Zelanda'daki Kitty Hawk şirketi, otonom uçaklarını operatörü Zephyr Networks ile test etmekte, Volocopter şirketi hava taksi hizmetleri için Dubai ile Birleşik Arap Emirlikleri'nde çalışmalar yapmaktadır. İlk vertiport terminali inşasına ise 2019 yılında Singapur'da başlanmışır ([http-1](http://1)).

Dünyadaki bu gelişmelere paralel olarak ülkemizde de kentsel hava ulaşımı alanında bazı girişimlerin gerçekleştiği görölmektedir. Özellikle trafik sorununun yoğun olarak yaşandığı metropollerde kentsel hava araçları, özellikle helikopterler, bir süredir Türkiye'de kullanılmaktadır. Ancak helikopterlere alternatif olacak yeni nesil hava araçlarının değerlendirilmesi konusu nispeten yenidir. Bu çalışmalar arasındaki ilklerden biri, İstanbul Büyük şehir Belediyesi tarafından 2018 yılında yapılan İstanbul Heliport Ana Planı'dır. Büyük bir metropol olan İstanbul şehrindeki trafik sorununu çözmek amacıyla geliştirilen bu kentsel hava ulaşımı planı kapsamında e-VTOL araçlar da değerlendirilerek gelecekte bu araçların İstanbul'daki kullanım olanaklarından bahsedilmiş, ayrıca bu uygulamanın diğer şehirlere örnek teşkil edebileceği belirtilmiştir (Kapanoğlu ve Orhan, 2018). Ülkemizde yapılan bir diğer çalışma e-VTOL araç üretimi üzerinedir. Bayraktar şirketi, yerli ve milli e-VTOL aracı olan Cezeri'yi 2019 yılında İstanbul Teknofest'te görücüye çıkarmıştır ([http-2](http://2)).

Bu gelişmeler değerlendirildiğinde, kentsel hava ulaşımı araçlarının ilerleyen zamanlarda kentlerde daha sık göröleceği, sağladığı kolaylıklar sayesinde ulaşım hızı, güvenliği ve konforu arttıracak beklenmektedir. Bu araçların kalkış ve iniş yapacakları vertiport/vertistopların kurulabileceği alanlar ile araçların seyahat edebileceği güzergahların belirlenmesi önemli bir gereklilik halini almaktadır. Bu çerçevede, doğal ve kültürel verilerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi, yer seçimi ve güzergah belirlemeye yönelik kapsamlı analizlerin yapılması gerekmektedir. Kentin sosyo-ekonomik yapısının incelenmesi, arazi kullanım planları, ulaşım altyapısı ve ulaşım düğüm noktaları gibi önemli kriterler sürece dahil edilmelidir. Bu sayede, vertiport yerleri ve hava ulaşım güzergahları belirlenerek kentsel erişebilirlik sorununun çözümüne katkı sağlanması, kentin planlanması ve sürdürülebilir gelişimi için bütüncül bir yaklaşım

geliştirilmesi mümkün olabilecektir. Bahsi geçen mekansal verilerin temini, saklanması, düzenlenmesi ve analiz edilmesinde ise şüphesiz coğrafi bilgi sistemleri (CBS) son derece gerekli bir araçtır. Dolayısıyla, CBS günümüzde pek çok planlama alanında olduğu gibi kentsel ulaşım ve hava ulaşımı gibi süreçlere ilişkin değerlendirme ve mekânsal karar üretme aşamalarında da etkin şekilde kullanılmaktadır.

Bu noktadan hareketle, vertiportlar için en uygun alanların CBS olanakları kullanılarak seçimini konu alan bu yüksek lisans tezi kapsamında, kentleşme oranında Avrupa’da birinci, dünyada 23. sırada bulunan (Demographia, 2019) Türkiye’nin ticari ve finans merkezi olan İstanbul metropoliten kentinde, kentsel hava ulaşımının desteklenmesini kolaylaştıracak alternatif bir çözüm üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, kentsel hava araçlarının İstanbul’da kullanım olanakları değerlendirilerek, en uygun vertiport/vertistop alanlarının belirlenmesi amacıyla CBS destekli analizler gerçekleştirilmiştir.

1.1. Amaç ve Kapsam

Çalışmanın temel dayanak noktası, kentlerin aşırı ve yoğunlukla plansız büyümesi sonucunda ortaya çıkan problemlerden birinin ulaşım sorunu olduğu ve kentsel hava ulaşımına yönelik gelişim ve uygulamaların bu sorunun çözümüne önemli katkılar sunabileceği yaklaşımıdır. Kentsel ulaşım planlamasının, kentsel hava ulaşımını da içerecek şekilde ele alınması sürecinde ise sosyal, ekonomik ve teknik/teknolojik araştırmaların yanı sıra kentsel hava ulaşımı için araçlarının kalkış-iniş yapacağı vertiport/vertistoplar için en uygun yer seçiminin yapılması en önemli gereklilikler arasındadır. Bu çerçevede, yüksek lisans tezinin amacı, İstanbul metropoliten kentinde yoğun trafik akışına ve sıklığına bağlı olarak yaşanan zaman ve maliyet kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayacak kentsel hava ulaşımı olanaklarının araştırılması ve CBS olanakları kullanılarak e-VTOL araçları için vertiport/vertistop terminal yer seçiminin yapılmasıdır.

Kentsel hava ulaşımın planlanması süreci çok bileşenli ve disiplinli bir süreçtir. Özellikle hava ulaşımında kullanılabilecek araçların kapasite ve özellikleri, ulaşımın gerçekleştirilmesine önemli etkileri olan ulusal ve uluslararası temel uçuş kuralları, ihtiyaçları ve sınırlamaları ile havacılık alanındaki diğer gereklilikler bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Çünkü anılan araştırmalar çok daha ileri düzey araştırmaların yapılmasını gerektiren önemli bir uzmanlık alanıdır. Dolayısıyla yüksek lisans tezinin

kapsamı, İstanbul ilinin mekânsal özelliklerinin (trafik altyapısı, mevcut ulaşım noktaları, alan kullanımı, nüfus vb.) vertistop/vertiportlar için en uygun yer seçimin yapılması ve yer seçimi sonucu bu alanlardaki en uygun konumlarının değerlendirilmesiyle sınırlı tutulmuştur.

1.2. Önem

Kentsel hava ulaşımı, özellikle trafik altyapısının yeterli olmadığı ve ulaşımın önemli bir sorun halini aldığı büyük kentlerde alternatif bir çözüm olarak görülmeye başlanmıştır. Kentsel hava araçlarının kullanımı, karasal trafik yoğunluğunun azalmasına ve ulaşımın daha hızlı ve kolay gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Kentsel hava ulaşımı, metropoliten kentlerin diğer metropoliten kentlerle rekabet edebilirliğinde trafik sıkışıklığının kente yüklemiş olduğu maliyeti azaltma açısından önemlidir. Ayrıca kentte kullanılacak e-VTOL araçlar, ulaşımdan kaynaklı hava kirliliğinin önüne geçerek sera gazı emisyonunu azaltma ve küresel iklim değişikliğiyle mücadelede pozitif katkı sağlama açısından önemli rol oynamaktadır. Bunlara ek olarak, araçların elektrikli olması ve düşük gürültü seviyesi içermesi sayesinde kara ulaşımının neden olduğu gürültü en aza indirilebilmektedir (Baur vd., 2018, Chibuogu Nneji vd., 2017; Coudert vd., 2019; National Air Transportation Association, 2019; Shin vd., 2018, s. 89).

Kentsel hava ulaşımı sisteminin belirli bir yersel güzergaha bağlı kalmaması ve düğüm tabanlı bir ulaşım sistemi olması nedeniyle, kentin arazi kullanımına yapılacak müdahale bu sayede asgariye düşürülebilmekte, mevcut ulaşım sistemleri ile kolay bir entegrasyon sağlanmaktadır (Antcliff vd., 2016). Böylece kapıdan kapıya erişimin artması ve kentteki ulaşım ağının güçlenmesiyle kentsel ulaşım için önemli bir fırsat elde edilmektedir.

Bunlar gibi nedenlerle e-VTOL araçların yolcu alıp bırakacağı vertiport/vertistop yapılarının kent içerisinde lokasyonlarının doğru bir şekilde tespit edilmesi önemli bir gerekliliktir. Yüksek lisans tezinde yapılan CBS destekli çalışmayla İstanbul ilinde kentsel hava ulaşım olanaklarının daha doğru şekilde ele alınmasına yönelik örnek ve yol gösterici bir çalışma ortaya konmuştur.

1.3. Kısıtlılıklar

Yüksek lisans tez çalışması sürecinde karşılaşılan kısıtlılıkların başında, benzer amaçla yapılmış çalışma ve araştırmaların sayıca az olması yer almaktadır. Yapılan

incelemelerde, kentsel hava ulaşımı kapsamındaki birçok araştırmanın yoğun olarak hava araçlarının performanslarına odaklandığı görülmektedir. Literatürde CBS yardımıyla vertiport/vertistop yer seçimi analizi için yapılmış çalışmalar da oldukça kısıtlıdır.

Bir başka önemli kısıtlılık ise vertiport/vertistoplara ait yer belirleme çalışmalarında kullanılacak kriterlere ait standartların henüz geliştirilme aşamasında olmasıdır. Metropol alanlardaki kentsel hava ulaşımı kapsamında kullanılabilecek e-VTOL araçların çeşitlilik göstermesi ve henüz hiçbirinin sertifika almamış olması nedeniyle vertiport/vertistop kriterleri e-VTOL'lara özel olarak güncellenmemiştir. VTOL araçlar için vertiport tasarımının son güncellemesi FAA tarafından 31.05.1991 tarihinde yayınlanmıştır. VTOL araçlar için yeni düzenleme ise EASA tarafından 2.07.2019 tarihinde yapılmıştır. Araçların ve teknolojinin değişkenlik göstermesine bağlı olarak standartlarda da değişimler gözlenmektedir. Bundan dolayı literatürde net kriterler olmamakla beraber olasılıklar ve araştırmalar bulunmaktadır.

Çalışmadaki başlıca diğer kısıtlılık ise belirli verilerin teminine ve analiz edilmesine yöneliktir. Aşağıda temininde sıkıntı yaşanan veriler ve uygulanan çözüm yaklaşımları kısaca özetlenmiştir:

Çalışma alanındaki mevcut heliport alanlarının türlerine (özel alanlar, kamusal alanlar vb.) yönelik bilgiye ulaşılammıştır. Bu nedenle sınıflandırma yapılmaksızın analizlere dahil edilmiştir.

Mikro hava dururumu verilerinin elde edilememesinden dolayı bu veriler tez çalışması kapsamı dışında tutulmuştur. Ayrıca operasyon planlaması ve güzergah planlaması bu tez kapsamında olmadığından çevrimiçi meteoroloji verileri de çalışmanın dışında bırakılmıştır.

5G teknolojisi Türkiye'de henüz yeni bir teknolojidir. NPERF web sitesi üzerinden elde edilen bilgiye göre ise 26.10.2021 tarihi itibarıyla İstanbul ilinin Beyoğlu ve Kadıköy ilçelerinin küçük bir kısmında yer almaktadır (http-3). 5G teknolojisinin yaygın bir kullanımı henüz olmadığından tez kapsamının dışında tutulmuştur.

Bu tez kapsamında ulaşım talebine girdi teşkil edebilecek kentsel donatılar arazi kullanım verisinden, sosyo demografik veriler ise öznitelik verilerinden elde edilerek analize dahil edilmiştir.

Çalışmanın ağ analizleri kısmında otopark verilerine ek olarak otobüs durakları, metro durakları gibi farklı ilgi noktaları kullanmak istenmiştir. Fakat bu noktada yeterli derecede veri bulunamadığı için sadece otopark verisi kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan sosyo-demografik verilerin tamamı TÜİK'ten elde edilememiştir. Bu nedenle ENDEKSA verilerinden yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında ise spesifik bir e-VTOL aracı ile çalışılmamıştır. Ayrıca ideal veriport büyüklüğü literatürde net olmadığı için ilde mevcutta yer alan heliport pist ölçüleri incelenerek vertiport/vertistop alanları için uygun kabul edilmiştir. Bu uygunluk ise bir e-VTOL aracının inebileceği şekilde minimum ölçütlerde değerlendirilmiştir. Çalışmanın ileri aşamalarında ilde kullanılmak istenen e-VTOL araç özelliklerine göre pistlerin uygunluğunun tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

E-VTOL araçların kullanımı ile kentsel hava ulaşımı konseptinin herkes için erişilebilir bir toplu taşıma yöntemi haline mi geleceği, yoksa az sayıda bir kullanıcı grubu için yüksek kaliteli bir hizmet olarak mı uygulanacağı konusu henüz belirsizliğini korumaktadır. Literatürde bu konuyla ilgili net bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu çerçevede, yüksek lisans tezi kapsamında kentsel hava ulaşımı konsepti düşük kişi taşıma kapasiteli hava metro şeklinde düşünülmüştür.

2. KURAMSAL TEMELLER

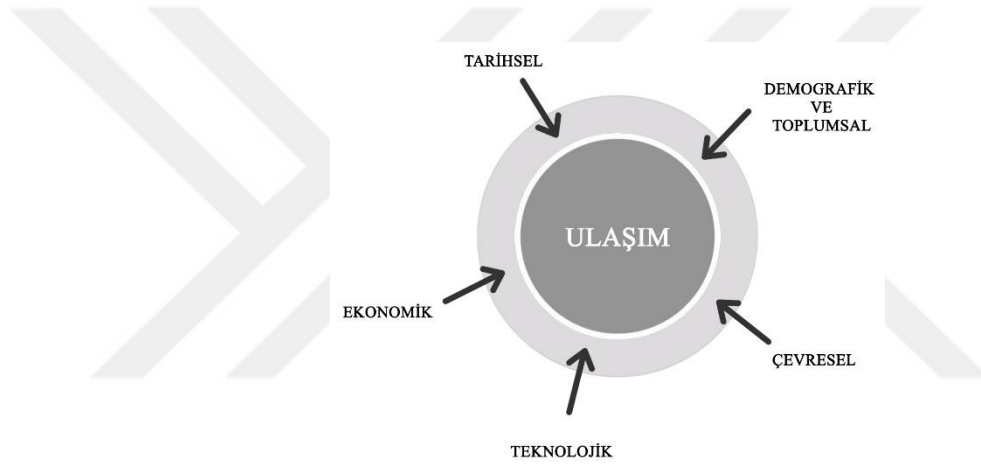
2.1. Ulaşım Kavramı

Ulaşım ilk insanlardan günümüze kadar geçen süre boyunca insanların ihtiyaçlarının karşılanmasında en temel konulardan birini oluşturmaktadır. Aydemir vd., (2004) ulaşımı “malların, insanların, enerji ve haberlerin en ucuza ve en kısa sürede yer değiştirmesi” olarak tanımlanmıştır. Ayataç (2016) tarafından yapılan tanımda ise ulaşım, “insanların ve eşyaların yer değiştirmesi ve bunun organizasyonu” ile “bir nesneyi veya bir kişiyi bulunduğu yerden farklı bir yere aktarma” olarak ifade edilmiştir. Kaynak (2005) da benzer şekilde ulaşım kavramını “kişilerin ve/veya eşyaların bir yerden başka bir yere güvenli, hızlı, ekonomik, zamanında, konforlu ve çevreye en az zarar verecek şekilde yer değiştirmesi” olarak tanımlamıştır. Kısaca ulaşım, insanların veya nesnelerin en kısa zamanda ve maliyeti en az şekilde yer değiştirmesi olarak açıklanabilmektedir.

Ulaşım sadece yer değiştirme ve hareketlilik anlamına gelmemekte, insanların diğer insanlarla ve mekanlarla olan erişebilirliğini de içermektedir (Ayataç, 2016). Erişebilirlik belirli bir varış noktasına zamanında ulaşabilme kolaylığını, rahatlığını, onlarla etkileşimini ya da bunlara erişimin kalitesini ifade etmektedir (Aydemir vd., 2004, s. 145; Ersoy, 2012, s. 118). En genel tanımı ile erişebilirliğin iki boyutu bulunmaktadır. Birincisi erişimin kalitesini içeren ulaşım kısmı, yani hangi ulaşım sisteminin kullandığını, ikincisi ise erişilebilen faaliyetin mekandaki dağılımı, işlevi ve yoğunluğunu birlikte içeren arazi kullanım kısmıdır (Ersoy, 2012, s. 118).

Bu kapsamda erişilebilirlik ağırlıklı olarak ulaşım faaliyetlerinin mevcut kentsel fonksiyonlar arası hareketliliği destekleme kapasitesinin sonucudur ve ulaşım hizmetleri ile mekanlar arasındaki en önemli köprüdür. Dolayısıyla erişilebilirlik ile ekonomik faaliyetler de birbiriyle doğrudan ilişkilidir. Ekonomik olarak erişilebilirlik daha fazla kişinin en kısa zamanda işyerlerine ulaşmasını sağlayarak malların dağıtımını kapasite, maliyet ve zaman açısından daha verimli hale getirir. Genellikle üretim (imalat), dağıtım (ulaştırma) ve tüketim (perakende) sektörlerinde yer alan faaliyetler sürekli olarak ekonomilerini, rekabet güçlerini ve pazar paylarını artırmak için erişilebilirliğin uygun olduğu alanları seçmektedirler (Rodrigue vd., 2013). Bu kapsamda ele alındığında ulaşımın noktalar arasında mekân ve zaman açısından birbirleri ile bağlantısının olduğu ve ulaşımın kendi başına bir ekonomik faaliyet içerdiği kadar diğer sektörlerle de ilişkili olduğu görülmektedir.

Ulaşım kendi ekonomik faaliyeti içerisinde ulaştırma sektöründe yer almakta olup Birleşmiş Milletler tarafından hizmet sektörü içerisinde tanımlanmıştır (Doğan ve Beller Dikmen, 2018). Ayrıca ulaştırma kara, su ve hava gibi yüzeylerde çevre ile uyum sağlamış farklı ulaşım araçları ile ticaret, iş, eğitim, spor, sağlık ve kültür etkinlikleri gibi farklı sektörlerde insanların veya malların bir yerden başka bir yere hızlı, rahat, konforlu, ekonomik ve güvenli bir şekilde taşınabilmesini sağlayan sektör olarak tanımlanmaktadır. (Doğan ve Beller Dikmen, 2018; Kaya vd., 2018). Dolayısıyla ulaştırma sektörünün mekansal ve zamansal faydalarından en etkin şekilde yararlanabilmek için coğrafi özellikler de dahil olmak üzere Şekil 2.1’de görüldüğü gibi çok boyutlu bir ulaşım planlaması ve yönetimi gerçekleştirmek gerekmektedir (Doğan ve Beller Dikmen, 2018).



Şekil 2.1. Ulaşımın boyutları

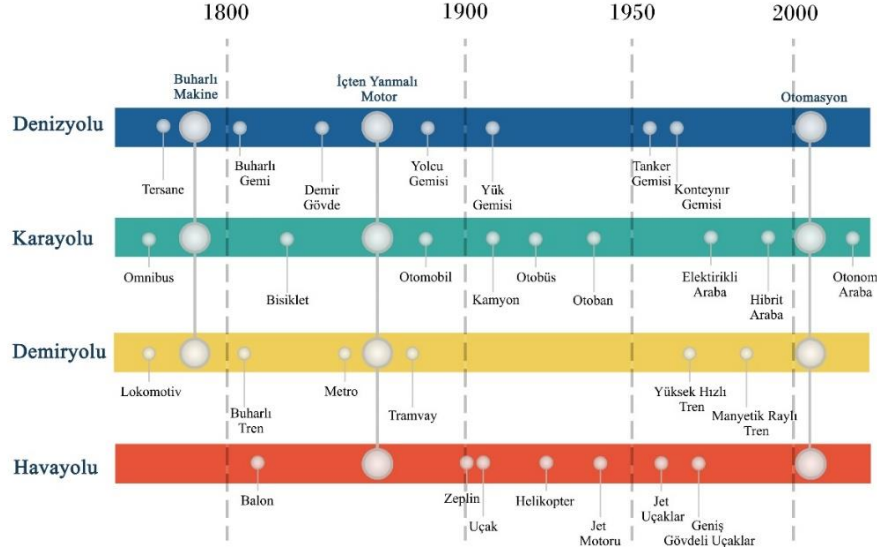
2.1.1. Ulaşımın tarihsel boyutu

İlk araçlı ulaşım, avcı toplayıcı toplumların avladıklarını besinleri daha uzak mesafelere götürmek amacıyla hayvanları kullanmasıyla başlamıştır (Bakirci, 2018). Süreç içerisinde insanların yer değiştirebilme kabiliyetinin artması ve ticaretin gelişmesi ile birlikte yerleşik yaşam ve medeniyetin doğuşu olarak kabul edilen kentler ortaya çıkmıştır (Kaya, 2017; Keleş, 2012, s. 32). Bu çerçevede ilk kentlerin su, toprak ve ulaşım verimliliği açısından uygun olan Mezopotamya’da, daha sonra ise birbirinden bağımsız bir şekilde dünyanın farklı bölgelerinde nehirler etrafında kurulduğu görülmüştür. Nehirlerle birbirine bağlı olan bu yerleşmelerde ticari faaliyetler için küçük sandalların kullanılması ile deniz ulaşımı tarihi de başlamıştır (Childe, 2009, s. 85; Kılınçaslan, 2012, s. 2; Rodrigue vd., 2013). Bu dönemde su yolları en etkin ulaşım aracı olmuştur. Böylece nehirlerin etrafındaki kentler daha uzun mesafelerde ticaret yaparak daha geniş bölgelerde

politik, ekonomik ve kültürel varlığını koruyabilmişlerdir (Childe, 2009, s. 85; Rodrigue vd., 2013).

Deniz ve nehir ulaşımının aksine kentlerin yaya erişimine uygun boyutlarda olması kara ulaşımının daha geç gelişmesine neden olmuştur. Zaman içerisinde hayvanların ehlileştirilmesi ve hayvanlarla birlikte taşınan yüklerin artması kara ulaşımında gelişmeleri başlatmıştır (Camillo, 2013). Arabaların ulaşımında kullanımıyla birlikte gelişen yol ağları, imparatorlukların merkezden daha uzak bölgelere erişmesinde, hizmet götürmesinde, idari bütünlük sağlamasında ve hakimiyetlerini yıllarca devam ettirmesinde büyük rol oynamıştır. Ulaşım sistemlerindeki ilk devrim ise 18. yüzyılda buharlı makinelerin icadıdır. Bu sayede dünyada ilk kez demiryollarında tren kullanılmış, büyük gemilerin yapılmasıyla deniz ulaşımı etkinliği de artmış (ulaşım coğrafyası), uzak mesafelere erişim kolaylaşmıştır. 19 yüzyılda otomobilin icadı sayesinde karayolu ulaşımının ulaşımındaki payı son derece artmış, motor teknolojilerinin gelişimiyle deniz ulaşımında motorlu gemiler, demiryolu taşımacılığında da metro ve tramvay gibi yeni araçlar kullanım alanı bulmuştur (Eryiğit, 2012; Kılınçaslan, 2012, s. 49).

Otoyollar, 20. yüzyılda karayollarının ulaşımındaki payını artıran en önemli faktörlerdir. Bu dönemde deniz ulaşımında konteynır taşımacılığı da önem kazanmış, uçaklar ve helikopter ile yolcu ve yük taşımacılığı başlamıştır. 21. yüzyılda petrol fiyatlarındaki ciddi artış ve çevresel endişeler elektrik araç kullanımı ile otonom ve otomasyon teknolojilerine yönelik yatırımları da beraberinde getirmiştir. Böylece 21. yüzyıl ulaşım tanımı, Baur (2021) tarafından yapıldığı şekliyle, “hareketlilik, otonom teknoloji, dijital deneyim ve elektrifikasyon” olmuştur. Şekil 2.2’de 1800 ve 2000’li yıllar arasında ulaşımın tarihsel gelişimi özetlenmiştir (http-4).



Şekil 2.2. Ulaşım tarihi (http-4).

2.1.2. Ulaşımın ekonomik boyutu

Ülkelerin altyapı sistemleri incelendiğinde gelişmiş ulaşım altyapısına sahip yerlerde gelişmiş endüstrilerin, kurumların ve işletmelerin de bulunduğu görülmektedir. Dolayısıyla iyi ulaşım altyapısı, hem iyi mal ve hizmet üretimi yapmayı mümkün kılmakta hem de üretimde var olan kapasitenin artırılmasında büyük rol oynamaktadır (Kaya vd., 2018) . Deniz ulaşımı sayesinde denizaşırı mesafelerden yapılan ticari faaliyetler, ülkelerin kalkınması ve ekonomisinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Sonuç olarak ekonomik gelişmişlik ile ulaşım sistemleri arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır (Bakirci, 2018).

Güçlü ve iyi planlanmış bir ulaşım altyapısı, mal ve hizmetlerin maliyetlerinde de düşüş sağlamaktadır. Üretim için gereken hammadde, hizmet ya da üretilen ürünlerin pazar yerlerine taşınmaları oldukça maliyetli olabilmektedir. Ulaşımında aktarma noktası olarak kabul edilen havalimanı veya liman gibi altyapıların yakınındaki üretim tesisleri, sevkiyatlarında bu ulaşım ağlarından yararlanmak suretiyle maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilmektedir. Ayrıca türüne ve niteliğine bağlı olarak bazı mal ve hizmetlerin taşınmasında önemli zaman dilimleri de bulunmaktadır. Bu zaman dilimleri dışında yapılacak sevkiyatlarda değer kayıpları meydana gelebilmekte, ulaşım maliyetleri artabilmektedir (Kılınçaslan, 2010, s. 83). Kullanılan ulaşım türüne bağlı olarak ortaya

ıkan ekonomik avantaj ve dezavantajlar Şekil 2.3'te özetlenmiştir (UNESCAP Transport Division, 2015).

Ekonomik Avantaj ve Dezavantaj	Maliyet	Kapasite	Hız	Güvenirlik	Esneklik
	Yüksek	DŐtik	Orta	İyi	Yüksek
	DŐtik	Yüksek	Orta	İyi	DŐtik
	DŐtik	Yüksek	Yavaş	Sınırlı	DŐtik
	Yüksek	Orta	ok Yüksek	çok iyi	Orta

Şekil 2.3. Ulaşım türlerinin ekonomik avantaj ve dezavantajları (UNESCAP Transport Division, 2015)

İyi bir ulaşım altyapısının varlığı kolay ve ekonomik ticari sevkiyat sağlamakla kalmaz, bulunduğu bölgenin değerı açısından da önemli bir kriterdir. Bir bölgedeki talep gören malların, hizmetlerin, doğal kaynakların veya evre güzelliklerinin ulaşım altyapısı sayesinde kolay erişebilir hale gelmesi o bölgenin değerini arttırmaktadır.

2.1.3. Ulaşımın demografik ve toplumsal boyutu

İnsan, yapısı gereği sosyal bir varlıktır, birey ve topluluklarla ilişki içinde olma ihtiyaı duymaktadır. Bu ihtiyaın karşılanmasında ulaşımın önemli bir yeri bulunmaktadır (Bakirci, 2018). İyi bir ulaşım altyapısı ayrıca kişinin almak istediği mal ve hizmete zamanında ve güvenli ulaşmasını sağlayarak toplumsal refah düzeyini artırır. Ulaşımın toplumun sosyo-kültürel yapısını Őekillendirmede kritik bir yeri vardır. İyi bir ulaşım altyapısı, ulaşım adaletsizliğine bağlı olarak ortaya çıkabilecek olumsuzlukların önüne geçerek bölgelerdeki mal ve hizmetlerin kişilere eşit dağıtılmasına olanak sağlar, sosyal sınıf farklılıklarının oluŐmasına engeller ve kaynakların adil paylaŐımına destek verir.

Kentlerde erişim olanaklarının eşit Şekilde dağıtılmaması, başka bir deyişle dengeli bir erişilebilirlik sağlanmaması, beraberinde sosyal dıŐlanmayı da getirebilmektedir. Bu ise kentteki mevcut ulaşım araçlarını kullanan çalışan nüfusun iŐgücüne erişmesinde sıkıntıların yaşanmasına neden olabilmektedir. Bu kapsamda en çok etkilenen gruplar arasında yaşlı ve engelli bireyler bulunmaktadır (COMCEC Coordination Office, 2015). Yaşlı ve engelli bireyler gibi hareketlilik sorunları olan kişilerin hareketini

kolaylaştırmak için genellikle kapıdan kapıya erişebilirlik hizmeti sunulması önem arz etmektedir. Yapılan araştırmalarda dünya nüfusunu 1950-2050 yılları arasında dörde katlanacağı ve yaşlı nüfusunun on kat daha hızlı artacağı belirtilmiştir (Mandıracıoğlu, 2010). Günümüzde yaşlı nüfusundaki artış %2,5 oranındadır ve bu oran normal nüfus artış hızının üzerindedir. Bugün dünya nüfusunun %10'u yaşlı nüfus olarak kabul edilirken 2030 yılında bu oranın %16, 2050 yılında ise %16'nın üzerine çıkması beklenmektedir (Gökçe Kutsal, 2009; Sustainable Mobility for All, 2017) Bu durum ileride kentlerde erişebilirliğin daha da önemli olacağı anlamına gelmektedir. Hatta kapıdan kapıya ulaşımın yaygınlaşması, yaşa uygun ve daha ekonomik yeni ulaşım çözümlerin tartışılması da gündeme gelmektedir.

Dünyada nüfus artışına paralel olarak kentleşme de büyük bir hızla artmakta ve küresel nüfusun büyük bir kısmı kentsel alanlarda yaşamaktadır. Büyük kentlerin önemli bir kısmında havaalanları, demiryolları ve limanlar gibi uluslararası bağlantıların bulunması bu kentlerin daha hızlı ve fazla sayıda göç almaya devam etmesine neden olmaktadır. Bu göç hareketi ise arazi kullanımında mekan ile birlikte toplumsal, kültürel ve ekonomik yapıyı da değiştirmektedir. Diğer yandan artan kentleşme mevcut ulaşım bağlantılarının bir süre sonra yetersiz kalmasına ve yeni ulaşım bağlantılarına ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Kentsel alanlarda yeterli alan bulunmadığı için ulaşım bağlantı noktaları kentteki mevcut faaliyet merkezlerinden uzak bölgelerde konumlandırılmaktadır. Mesafelerdeki bu artış, çalışan kişilerin ulaşım/hareketlilik imkanlarını etkilemektedir (Aydemir vd., 2004, s. 413; Eryiğit, 2012; Rodrigue vd., 2013).

Büyük kentlerde yaşanan göç ve adaletsiz gelir dağılımı, kentsel sınıf ayrımını ve güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu yerler çoğunlukla düşük gelir gruplarındaki bireylerin ikamet ettiği yerleşimlerden oluşmaktadır. Buna ek olarak, düşük gelir seviyesine sahip bu gruplara yeterli ve adil düzeyde kentsel hizmetin ulaştırılmaması, söz konusu bölgelerde bir takım sağlık, güvenlik ve çevresel sorunların yaşanmasına da neden olabilmektedir.

2.1.4. Ulaşımın çevresel boyutu

Ulaşım; küresel, kentsel ve yerel ölçekte olumsuz çevresel etkilere neden olan bir faaliyet türüdür. Kentsel ve yerel ölçekte özellikle karayolu ulaşımı önemli çevresel etkiler yaratmaktadır. Ulaşımın neden olduğu başlıca çevresel etkiler arasında iklim

değişikliği, sera gazı salımı, hava kirliliği ve gürültü gelmektedir. Bu etkiler küresel ölçekte tüm gezenin ciddi şekilde tehdit etmektedir (Şekercioğlu ve İncekara, tarihsiz).

Küresel enerji üretimine/tüketimine dayalı sera gazı emisyonlarının %23'ü ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır (Sustainable Mobility for All, 2017; United Nations, 2016). Çevreyi en çok kirlüten ulaşım türlerinin yolcu ve yük taşımacılığında en büyük paya sahip olan karayolu ile hızlı ve güvenli bir ulaşım türü olan havayolları olduğu, en az çevresel etki yaratanların ise demiryolu ve denizyolları olduğu saptanmıştır (Eriçok, 2012). 1990-2014 yılları arasında ulaşım sektöründen kaynaklı emisyon artış oranları incelendiğinde en büyük emisyon oranının havayolu ulaşımından kaynaklandığı, karayolu ulaşımının ise ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir (Şekercioğlu ve İncekara, tarihsiz). Havayolu ulaşımının yolcu ve yük taşımacılığındaki payı diğer ulaşım türlerine kıyasla az da olsa, dünya genelinde maliyetlerin düşmesiyle birlikte son zamanlarda daha çok tercih edilir hale gelmiştir (Eriçok, 2012; Şekercioğlu ve İncekara, tarihsiz) Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO - International Civil Aviation Organization)'nın 2030 yılı projeksiyonuna göre, bugün yılda 33 milyonun üzerinde olan hava hizmetlerinin 2030 yılında 60 milyonu aşacağı beklenmektedir (United Nations, 2016).

Emisyonların yanı sıra ulaşımın; alan kullanımı, arazi örtüsü ve ekosistemler üzerinde de doğrudan etkileri vardır. Bölgesel ve kentsel ölçekte ulaşım altyapısı oluşturulurken mevcut alan kullanımlarında ve bazı mekansal özelliklerde değişiklikler meydana gelmektedir. Yeni otoyolların, limanların, pistlerin, köprülerin vb. yapıların inşası ile verimli tarım toprakları, ormanlık alanlar, meralar, sulak alanlar gibi önemli araziler tahrip edilmekte, habitatlar ve ekosistemler arasındaki bağlantılara zarar verilmektedir (Bakirci, 2018) . Benzer şekilde kültürel çevrede de ulaşım altyapısının inşası sırasında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Bu olumsuz çevresel etkilerin önüne geçilebilmek ve yapılı çevre ile doğal çevre arasında dengeyi kurabilmek için sürdürülebilirlik kavramı gündeme gelmiştir. Sürdürülebilirlik, Brundtland Raporu'nda "bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanaklarından ödün vermeksizin karşılamak" olarak tanımlanmaktadır (Ersoy, 2012, s. 406). Başka bir tanıma göre sürdürülebilirlik, mevcut kaynakların gelecek nesiller için de kullanılabilir olacağını söylemektedir (Kellog, 2013, s. 7). Sürdürülebilirlik ilkesi ekolojik unsurların ön planda olduğu yaklaşımları vurgularken mekânsal, sosyo-kültürel,

ekonomik, çevresel ve kurumsal bileşenleri de içermektedir (Ersoy, 2012, s. 406). Dolayısıyla sürdürülebilirliğin sağlanmasında toplumlar ve toplumların yaşam alanı olan kentlerin de sürdürülebilirliği söz konusudur (Kaynak, 2005). Kentsel fonksiyonlara sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde erişiminin sağlanması ise sürdürülebilir ulaşım yaklaşımı ile mümkün olabilmektedir (Eryiğit, 2012).

Birleşmiş Milletler'e göre sürdürülebilir ulaşım;

“Bugünün ve gelecek nesillerin faydalanması için ekonomik ve sosyal kalkınmayı geliştirilerek emisyonları ve çevresel etkileri en aza indirirken, insanların ve malların güvenli, uygun fiyatlı, erişilebilir, verimli ve esnek bir şekilde hareket edebilmesi için hizmet ve altyapı sağlanması (UN- Mobilizing Sustainable Transport)

olarak tarif edilmektedir.

Ulaşımın neden olduğu çevresel sorunlar kentsel ve yerel ölçekte ele alındığında sürdürülebilir olmayan yaklaşımların ciddi sağlık risklerini de beraberinde getirdiği görülmektedir. Hava kirliliğinin yol açtığı akciğer ve solunum yolu hastalıkları bu sorunların başındadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün yaptığı araştırmalara göre dünyada her yıl toplam 8 milyon kişinin hava kirliliğinin yol açtığı hastalıklar nedeniyle erken ölmektedir (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2019). İslam İşbirliği Teşkilatı Ekonomik ve Ticari İşbirliği Daimi Komitesi (COMCEC - Commercial Cooperation of the Organization of the Islamic Cooperation)'e ait bir araştırmada toplam ulaşım emisyonlarının yaklaşık %40'ının şehirlerde üretildiği belirtilmektedir (COMCEC Coordination Office, 2015). Yine kentlerde yer alan büyük yollarda gürültü sorunları raporlanmaktadır. Gürültü ve yoğun trafik insanlarda yüksek strese sebep olarak başka hastalıkların oluşumunu tetiklemektedir (Aydemir vd., 2004, s. 144).

Kentsel ulaşım ağlarındaki yoğunluk artışı yerleşim alanlarında yaşam standartlarının düşmesine neden olmaktadır. Bu sorunun önüne geçmek için birtakım sürdürülebilir ulaşım politikaları gündeme gelmiştir. Örneğin araç kullanımını düşürmek için otopark alanlarında kısıtlamaların yapılması, cadde ve sokaklarda Woonerf sistem tasarımlarının gerçekleştirilmesi, sürüş ve hız kısıtlamalarının uygulanması, bazı kent merkezlerinde araç kullanımının ek ücrete tabi tutulması gibi hem hava kalitesini iyileştirmeye hem de trafik sıkışıklığını azaltmaya yönelik önemli politikalar uygulanmaya çalışılmaktadır.

Ulaşımdan kaynaklı çevresel sorunlardan bir diğeri metropoliten kentlerde bulunan yüksek yapıların ve asfalt yolların kentsel ısı adasının oluşmasında önemli rol oynamasıdır. Kentsel ısı adası, kent içerisindeki iklim olaylarını büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Kentsel ısınma ve iklim değışikliklerine bağı olarak kentlerde fırtınalar, şiddetli rüzgarlar, sel ve aşırı sıcaklık gibi ekstrem hava olayları gözlemlenebilmektedir. İklim değışikliği en büyük küresel tehditlerden biridir ve yapılan araştırmalar kentlerdeki ulaşım yapısının iklim değışikliğinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir (COMCEC Coordination Office, 2015).

Bu nedenlerle, günümüzde birçok ülke hava kirliliğinin azaltılması için teknolojik gelişmelerden faydalanarak sürdürülebilir ulaşım politikaları izlemeye başlamıştır. Bu kapsamda yapılan adımlardan biri de Avrupa Birliği (AB) İklim Yasasıdır. Yasaya göre 2050 yılında karbon emisyonlarının sıfırlanması hedeflenmiştir.

2.1.5. Ulaşımın teknolojik boyutu

21. yüzyılda çağdaş ulaşım sistemlerinin yeni teknolojileri kullanan, çevreye zarar vermeyen, rahat, konforlu, ekonomik, hızlı ve güvenilir olması beklenmektedir. Bu kapsamda yeni teknolojilerin ilerlemesi ve gerçek zamanlı veri işleme sayesinde akıllı ulaşım ve akıllı kentleşme kavramları gündeme gelmiştir. Bu sistemler; havayolu, karayolu, demiryolu ve denizyolu ağlarında güvenli, hızlı, düşük maliyetli, güvenilir ve entegre bir toplu taşıma sistemini mümkün kılmaktadır.

Gelişmiş ulaşım sistemlerinin oluşturulması için gelişmiş bir iletişim ve haberleşme ağı da son derece önemlidir. Hatta ilk çağlardan bu zamana insanlar bazı durumlarda ulaşım araçlarını iletişim araçlarına tercih etmiştir. Örneğin geçmiş toplumlar bir yerden başka bir yere gitmek yerine dumanla, geceleri renkli ışıklarla veya özel eğitilmiş kuşlarla iletişim kurmuşlardır. Daha sonraki dönemlerde teknoloji ile birlikte telefon ve faks kullanılmaya başlamıştır (Kılınçaslan, 2012, s. 238). Günümüzde ise dijital bağlantıların gelişmesi ile insanların hareketlilik ve ulaşım alışkanlıkları da değışmektedir. Örneğin konferans veya sunumlar için kat edilen uzun süreli seyahatlerin yerini video konferans teknolojisi almıştır (United Nations, 2016) . Yine gelişen teknoloji sayesinde kentlerde yaşayan insanların işyerlerine, okula, bankaya, alışverişe vb. mekanlara gitmesine gerek kalmadığı, bu hizmet veya mekanlara ulaşım ihtiyacının iletişim araçları vasıtasıyla gerçekleştiği görülmektedir.

Ayrıca farklı ulaşım ve trafik yönetimi modlarında yenilikçi hizmetler de sunulmakta olup ulaşımında erişebilirlik kolaylaştırılmıştır. Örneğin güzergah planlama, yol bulma, anlık trafik sıkışıklığını görebilme, en hızlı yol tarifi, belirli bir yolculuk için farklı ulaşım seçenekleri ve fiyatları arasında karar veremebilme gibi hizmetler ulaşımında seyahat süresini ve trafiği azaltarak toplu taşıma kapasite yönetimini daha kolay yapılabilir hale getirmiştir (COMCEC Coordination Office, 2015; Fishman, 2011).

Görüldüğü üzere ulaşım ve erişebilirlik sistemlerinin geliştirilmesinde en önemli etkenlerden biri akıllı teknolojiler ve CBS'nin bu süreçte etkin şekilde kullanılmasıdır (COMCEC Coordination Office, 2015). Bununla birlikte iletişimde 5G servislerine geçilmesi, sensör sistemlerinde Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini (LIDAR - Laser Imaging Detection and Ranging Lazer) kullanılması, nesnelerin interneti (IoT - Internet of Things) teknolojisinde ilerleme kaydedilmesi, ulaşım araçlarında elektrik kullanımı ile birlikte otonom ve otomasyon teknolojilerine yönelik yatırımlar artmıştır.

Elektrikli araçların daha yaygın şekilde kullanımının, sera gazı emisyonlarının azaltılması çabalarında giderek daha önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Böylece taşımacılık operasyonlarında verimlilik artışı hedeflenmektedir. Otonom sistemlerin yaygınlaşmasıyla sürücüsüz yüksek güvenli taşımacılık yapılabilecektir. Bu sayede daha az trafik kazası, daha az trafik sıkışıklığı, trafikte harcanan zamandan tasarruf ve bunun sonucunda düşük yakıt tüketimi, artan yol kapasitesi, engelli ve yaşlı bireyler için daha verimli ulaşım ve çevresel zararların azaltılması gibi olumlu sonuçlarının elde edilmesi beklenmektedir (Claudel ve Ratti, 2015; http-5).

Görüldüğü üzere ulaşım kavramının birden fazla boyutu bulunmaktadır ve birçok sektörün devamlılığını sağlayabilmesi açısından da oldukça önem arz etmektedir. Ulaşımın çevresel sonuçları ele alındığında yaşanabilirliği ve yaşam kalitesini yüksek oranda etkilediği fakat ulaşım olmadan birçok faaliyetin yapılamayacağı anlaşılmaktadır (Yıldıztekin, 2016). Bu nedenle, ulaşım faaliyetlerinde teknolojiyle desteklenmiş yeni çevreci yaklaşımlar giderek en önemli gündem maddesi haline gelmektedir.

2.2. Kentsel Ulaşım

2.2.1. Kent ve kentleşme kavramı

Kent kavramı, farklı dönemlerde farklı toplumlar/ülkeler için değişik ölçütler kapsamında ele alınmış olmakla birlikte, genelde bir yerleşim yerinin kent olarak

adlandırılabilmesi için o yerin nüfusu, yönetsel sınır ve statüsü, ekonomik, sosyolojik ve fiziksel özellikleri göz önünde tutulmaktadır. Nüfus ölçütlerine göre kent tanımı yapılırken yerleşim yerinin nüfus büyüklüğü dikkate alınmaktadır. Bu ölçüt içerisinde nüfus büyüklüğü belirli bir sayının üstündeki yerler kent kabul edilirken geriye kalan yerleşim birimlerine kır veya köy denilmektedir (Aydemir vd., 2004). Constantinos Apostolos Doxiadis, kentleri nüfus ölçütlerine göre Tablo 2.1'deki gibi sınıflandırmıştır (Kumar, 2020). Buna göre en küçük yerleşim birimini kişinin kendisi oluştururken en büyüğünü ekümenopolis, yani tek bir dünya kenti (evrensel şehir) meydana getirmektedir (Antonopoulou-Bogdanou, 2003).

Tablo 2.1. *Yerleşmeler birimi kademelenmesi*

Birim	Nüfus Sayısı
İnsan	1
Oda	2
Ev	5
Ev Grubu	40
Küçük Mahalle/Köy	250
Mahalle	1.500
Kasaba	10.000
Polis / Şehir / Kent	75.000
Küçük Metropolis	500.000
Metropolis	4 milyon
Küçük Megalopolis	25 milyon
Megalopolis	150 milyon
Küçük Eperopolis	750 milyon
Eperopolis	7,500 milyon
Ekümenopolis	50,000 milyon

Bazı ülkeler nüfusu 2.000 kişi ve üzeri olan yerleşmeleri kent olarak tanımlarken, bazıları bu eşiği 20.000 kişi olarak almışlardır. UN-HABITAT, metropolisi en az 1 milyon kişi, megapolisi de en az 10 milyon kişinin bulunduğu alan olarak ifade etmektedir. Birleşmiş Milletler, 10 milyon üstü nüfuslu kentlerin genelde megakent olarak tanımlandığını belirtmiştir (United Nations, 2018) Birleşmiş Milletler'in 2030 projeksiyonuna göre 2018 yılında 33 tane olan megakent sayısının 2030'da 43'e yükselmesi beklenmektedir (United Nations, 2019a).

Kentlerin hiyerarşisinde nüfus ölçütleri sıkça kullanılsa da farklı ülkeler veya bölgelerin kent kavramını farklı nüfus büyüklüklerine göre ele alıyor olmasından dolayı bu ölçüte göre yapılan kent tanımları tek başına kenti açıklamakta oldukça yetersizdir (Ersoy, 2012, s. 183). Dolayısıyla yönetsel sınırlar, statü, ekonomik nitelikler, fiziki özellikler, sosyal ölçütler de sıklıkla işin içine girmektedir.

Yönetsel sınır ve statü ölçütleri açısından yerleşmenin il ve ilçe gibi herhangi bir sınır içinde kalıp kalmaması ve belediye gibi bir yönetsel örgüt statüsü taşıyıp taşıyamaması kent tanımının yapılabilmesinde etkilidir (http-6). Ekonomik nitelik ölçütleri açısından ise kent, “mal ve hizmetlerin üretimi, dağıtımı, tüketimi sürecinde toplumun sürekli değişen gereksinimlerini karşılamak için ortaya çıkan bir ekonomik mekanizma”dır (Yıldırım, 2004). Ekonomik nitelik ölçütlerinde kent, tarım dışı faaliyetleri içeren, sanayi ve hizmet sektörü odaklı, meslek gruplarının uzmanlaştığı, örgütlenmenin yüksek ve fiziksel öğelerin çok, çeşitli ve birarada bulunduğu olduğu alanlardır.

Fiziki açıdan değerlendirilecek olursa kentsel işlev öğelerinin kentin tanımlanmasında önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Kent olarak nitelendirilen yerleşkeler için bu işlevler kendi içerisinde çeşitlilik göstermekte, işlevlerde yoğunluk ve nitelik farklılaşmaları olmakta, sokak ve cadde genişlikleri büyümekte, belediye hizmetleri ortaya çıkmakta, genellikle iş ve iskan alanları ayrılmakta, kentsel peyzaj tasarımı içeren yerler gözlemlenmektedir. Sosyal ölçütlerle bakımından ise kent Writh’e göre “toplumsal bakımından benzerlik göstermeyen bireylerin oluşturduğu, göreceli olarak geniş, yoğun nüfuslu ve mekanda süreklilik niteliği olan yerleşme”dir (http-7). Bu kapsamda kentler farklı kültüre, etniğe, dile ve dine sahip kişilerden oluşup kırsal alanlardan daha farklı demografik ve sosyal yapı içermektedir. Bu durumda kişilerin yaşam tarzında, kültürlerinde, davranışlarında ve uzmanlaştığı mesleki alanlarda farklılıklara neden olmaktadır.

Kenti tanımlayan ve onu ayrı ayrı ele alan tanımlar tek başına yetersiz kaldığı için bu ölçütlerin dahil olduğu farklı kent tanımları yapılmıştır. Bu tanımlardan biri Ruşen Keleş tarafından “sürekli toplumsal gelişme içinde bulunan ve toplumun yerleşme, barınma, gidiş geliş, çalışma, dinlenme, eğlenme gibi gereksinimlerinin karşılandığı, pek az kimsenin tarımsal uğraşlar da bulunduğu, köylere bakarak nüfus yönünden daha yoğun olan ve küçük topluluk birimlerinden oluşan yerleşme birimi” olarak ifade edilmiştir (Keleş, 2021).

Kent kavramıyla birlikte ele alınan bir diğer önemli kavram ise şüphesiz kentleşmedir. Kentleşme nitelik ve nicelik olarak sürekli gelişme ve büyüme gösteren kentlerin süreci olarak adlandırılmaktadır. Ruşen Keleş, kentleşmeyi, “işleyimleşmeye ve ekonomik gelişmeye koşut olarak kent sayısının artması ve kentlerin büyümesi sonucunu doğuran, toplumda artan oranda örgütlemeye, uzmanlaşmaya ve insanlararası ilişkilerde kentlere özgü değişikliklere yol açan nüfus birikimi süreci” olarak tanımlamıştır (Keleş, 2021, s. 70). Birleşmiş Milletler’e göre ise kentleşme, kentsel yerleşim alanlarının sayısında, arazisinde ve nüfus büyüklüğünde meydana gelen artışı içermektedir. Kentleşme, mekânsal ve kentsel planlama ile birlikte binalara ve altyapıya yapılan yatırımlarla şekillenmektedir. Artan ekonomik faaliyet ve teknolojik gelişmeler şehirlerde yoğunlaşarak ulaşım, ticaret ve bilgi akışında merkez konumuna gelmektedir. Ayrıca bu yerler en yüksek kalitede kamu ve özel hizmetlerin sunulduğu ve bu hizmetlerin kırsal alanlardan daha fazla erişilebilir olduğu yerleri temsil etmektedir. Bu kapsamda kentleşmeye neden olan faktörlerin ekonomik, teknolojik, siyasal ve sosyolojik olduğundan da söz edilebilmektedir (Keleş, 2012) .

Kentleşmenin derecesi şehir yönetiminde yaşayan nüfusun yüzdesi olarak ifade edilmekte ve bu yüzde hükümetler tarafından kentsel-kırsal alanları ayırmak için kullanılan kriterlere göre tanımlanmaktadır (United Nations, 2019b).

Dünyaya büyük oranda yön veren küresel ya da dünya kenti olarakta adlandırılan büyük kentler gücünü çok iyi gelişmiş bir ulaşım ve iletişim altyapısı ile sağlayabilmektedir. Böylece küresel kentler diğer kentlerden yüksek miktarda ürünü, bilgiyi, parayı, insanı ve teknolojiyi temin edebilmektedir (Yılmaz, 2019). Dünya üzerinde küresel kentlerin hiyerarşik ilişkisini göstermek amacıyla 2018 yılında Globalization and World Cities Study Group ve Network – GaWC tarafından yapılan bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmada kentler Alfa, Beta ve Gamma olarak 3 ana gruba ayrılmış olup, en küresel kentlerin bulunduğu grup Alfa ++ grubu içerisinde, küreselliği en düşük olan kentler ise Gamma – grubunda yer almıştır. Alfa ++ grubunda bulunan en küresel şehirler katagorisinde Londra ve New York göze çarpmaktadır. İstanbul ise bu sıralamada Alfa grubunda yer alarak genelde 31., kendi grubunda ise 21. sıraya yerleşmiştir (Tablo 2.2.) ([http-8](http://8)).

Tablo 2.2. Küresel kentlerin hiyerarşisi

Grup	Kentler
Alfa ++	Londra, New York.
Alfa +	Hong Kong, Beijing, Singapur, Şangay, Sidney, Paris, Dubai, Tokyo.
Alfa	Milan, Chicago, Moskova, Toronto, Sao Paulo, Frankfurt, Los Angeles, Madrid, Mexico, Kuala Lumpur, Seoul, Jakarta, Mumbai, Miami, Bürüksel, Taipei, Guangzhou, Buenos Aires, Zürih, Varşova, İstanbul, Bangkok, Melbourne.
Alfa -	Amsterdam, Stockholm, San Francisco, New Delhi, Santiago, Johannesburg, Dublin, Viyana, Montreal, Lizbon, Barcelona, Luxembourg, Bogota, Manila, Washington, Prag

Küreselleşme ve küresel kent kavramı her geçen gün daha da hızlı bir şekilde gelişimini devam ettirmektedir. Bunun yanı sıra dünyanın bir bütün olarak kentleştiği de görülmektedir. Birleşmiş Milletler'in raporuna göre 1950 ile 2018 arasında dünyanın kentsel nüfusu tahmin edilenden dört kat fazla artarak kentsel oran 1950'de %30 iken 2018'de %55'e yükselmiştir. Deloitte, Birleşmiş Miller ve Airbus'un araştırmalarına göre kentleşme sürecinin devam edeceği ve 2030 yılına kadar küresel nüfusun % 60'ının kentsel alanlarda yaşayacağı belirtilmiştir. Tablo 2.3'de kentleşmenin 2018'daki durumu ve 2030 yılındaki projeksiyonu gösterilmiştir.

Tablo 2.3. 2018 yılı ve 2030 yılı kentleşmenin yüzdesi (United Nations, 2018)

	2018			2030		
Büyükölük	Yerleşme sayısı	Nüfus (milyon)	Dünya nüfusu yüzdesi	Yerleşme sayısı	Nüfus (milyon)	Dünya nüfusu yüzdesi
Kent	...	4 220	55,3	...	5 167	60,4
10 milyon ve üzeri	33	529	6,9	43	752	8,8
5-10 milyon	48	325	4,3	66	448	5,2
1-5 milyon	467	926	12,1	597	1 183	13,8
500.000- 1 milyon	598	415	5,4	710	494	5,8
500.000 altı	...	2 025	26,5	..	2 291	26,8
Kırsal	...	3 413	44,7	..	3 384	39,6

Birleşmiş Milletler 2050 yılına gelindiğinde ise dünya nüfusunun %66'sının kentsel bölgelerde yaşayacağını ifade etmektedir (Sustainable Mobility for All, 2017; United Nations, 2016).

Yüksek kentleşme ve nüfus patlaması ise ciddi kent sorunlarına yol açmaktadır ve modern ulaşım sistemleri bu yükü kaldırmakta zorlanmaktadır. Bu sebeple kentsel hava ulaşımı konsepti kentsel ulaşımında bir alternatif olarak sunulmaktadır. Kentsel hava ulaşımı yukarıda verilen tanımlamalar doğrultusunda metropoliten alanlarda güvenli ve verimli hava trafik operasyonlarını içermektedir.

2.2.2. Ulaşım ve kentleşme ilişkisi

Tarih boyunca ilk yerleşmelerin kurulmasından günümüz metropollerin oluşumuna kadar geçen süreçte insanların kentsel ihtiyaçların karşılanmasında en temel konulardan birisini ulaşım oluşturmuştur (Eryiğit, 2012). Kentler, insanların tarımsal faaliyetleri sonucu ürettiklerini saklaması, daha sonrasında üretilen malların dağıtımını yapmak için gerçekleştirdiği örgütlenme sayesinde ortaya çıkmıştır. Yelkenli gemilerin, kanal sistemlerinin, tekerlekli arabaların ulaşımında kullanılmaya başlaması ile de bu yerler temeli ticarete ve ekonomiye dayanan toplanma alanlarına dönüşmüştür (Erol Kaya, 2017; Özgür, 2010).

Bu doğrultuda kent ve kentleşme kavramlarının tarihsel süreçleri ele alındığında ilk kentlerin su, toprak ve ulaşım verimliliği açısından uygun olan Mezopotamya'da ortaya çıktığı görülmüştür (Erol Kaya, 2017; Smith, 2009). Bu çağlarda nehirler aracılığı ile bölgesel ticari faaliyetlerde ilerleyen kentler uzun mesafelerde ve daha geniş bölgelerde politik, ekonomik ve kültürel olarak varlıklarını koruyabilmişlerdir (Childe, 2009, s. 85; Rodrigue vd., 2013). Bu dönemde kent içi ulaşım yaya erişimi mesafesinde olduğu için kara ulaşımı deniz ulaşımının gölgesinde kalmıştır (Özgür, 2010).

Yunanlılar döneminde derin sularda gemicilik faaliyetleri ön plana çıkmış (Childe, 2009), Romalılar ise yerleşmeleri gelişmiş yol ağları ile birbirine bağlamıştır. İyi tasarlanan ulaşım ağları Romalıların merkezden daha uzak bölgelere erişmesinde, hizmet götürmesinde, idari bütünlük sağlamasında ve hakimiyetlerini yıllarca devam ettirmesinde büyük rol oynamıştır (Mazi, 2008). Ortaçağda ulaşımın gelişmesi ile milletlerarası ve bölgelerarası ticari merkezler ile kıtalararası ticaret yolları ortaya çıkmıştır. Ticaret faaliyetlerinin büyümesi ile mevcut kentlerin nüfusu artmış, yol

bağlantılarında, nehir ağızlarında ve topografyanın uygun olduğu arazilerde yeni kentler kurulmuştur (Güven, 2016; Erol Kaya, 2017; Özden, 2011; Pustu, 2006).

19. yüzyılda Sanayi Devrimi'nin etkisiyle kentlerde yeni bir döneme girilmiştir. Sanayiye dayalı ekonomide hammaddeye yakınlık, ucuz iş gücü arayışı ve geleneksel kent yapısının bu makineleşmeye uyum sağlayamaması gibi nedenlerle sanayi alanları kentlere uzak bölgelerde kurulmuş (Çan, tarihsiz.; Keleş, 2012, s. 33), bu yeni yerleşim alanları ile ana kent arasında güçlü bir ulaşım ağı ihtiyacı baş göstermiştir. Sonuç olarak toplu taşımacılık gelişmiş ve omnibusler yoğun şekilde trafiğe dahil olmuştur. Ancak bu durum, beraberinde trafik sorunlarını da getirmiştir (Enril, tarihsiz). Ayrıca, demiryolunun toplu ulaşım aracı olarak kullanılmaya başlaması kentlerin sınırlarının genişlemesine neden olmuştur (Eryiğit, 2012; T. Kılınçaslan, 2012, s. 49).

20. yüzyıl, otomobil kullanımının yaygınlaştığı, kişisel hareketliliğin arttığı, kentleşmenin hızlanarak kentsel alanların genişlediği bir dönemdir (Aydemir vd., 2004; Kılınçaslan, 2012, s. 49). Bu dönemde, yerel yönetim hizmetlerinin kent çeperlerine ulaştırılmasında sıkıntılar yaşanmış, bu ise hizmetlere erişim sağlamak üzere daha fazla aracın trafiğe çıkmasına, trafik hızının yavaşlamasına, birçok bölgede yol altyapısının yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bunlara ek olarak yakıt fiyatlarındaki artış, maliyeti daha az, hızı daha yüksek ve daha kolay erişebilir yeni ulaşım çözümlerine olan talebi artırmıştır (Vascik, 2017). Anılan çözümler arasında, yer ulaşım bağlantılarında hızlı tren ve metrolar, havacılıkta helikopter taşımacılığı yer almaktadır. Metropollerdeki en büyük zorluk yoğun saatlerde toplu taşıma sistemlerinde ve yer bağlantılarında meydana gelen kapasite eksikliğidir. Kentsel alanda arazinin kısıtlı oluşu, plan değişikliği gereklilikleri, arazi maliyetlerinin yüksekliği ve özel mülkiyet gibi kavramlar da düşünüldüğünde ulaşım altyapısında kapasite arttırmak için yapılacak projelerin yüksek maliyet gerektirdiği bilinmektedir.

Tüm bu aktarılanlar çerçevesinde değerlendirildiğinde ulaşımın bir kentin makraformunu ve karakterini belirleyen önemli bir rol üstlendiği görülmektedir. Hızlı kentleşme, ulaşım/trafik problemlerine, ulaşım altyapısı için büyük yatırım taleplerinin gündeme gelmesine yol açmıştır. Bu hızlı kentleşmeye bağlı olarak günümüzde araç sahipliğinde büyük artışlar söz konusudur. 1960 ve 2010 yılları arasında dünyadaki otomobil sayısı yaklaşık olarak 100 milyondan 700 milyona

yükselmiştir (COMCEC Coordination Office, 2015). 2050 yılında ise özel araç sayının 1,2 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir ([http-9](http://9); Sustainable Mobility for All, 2017).

Bu kapsamda yüksek trafik yoğunluğu, ekonomisi üretim ve dağıtımına dayalı olan işletmelerde ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Trafikteki bekleme süresindeki artışın yıllık maliyeti bu işletmelerde 100 milyar doları aşmaktadır (Fishman, 2011). Trafikte yüksek bekleme sürelerinin 2013 ve 2030 yılları arasında %6 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Buna ek olarak İngiltere, Fransa, Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'de trafikte kaybedilen sürelerin yıllık maliyetinin 2013 yılında yaklaşık 200 milyar dolara ulaştığı belirtilmekte ve 2030'da 293 milyar dolara yükseleceği tahmin edilmektedir (Lascara vd., 2018).

Trafik sorunlarına bağlı yaşanan zaman kayıpları açısından 2014 yılında Brezilya'nın Sao Paulo kentinde yaşanan trafik sıkışıklığı, şimdiye kadar görülen en yoğun trafik sıkışıklığı olarak tarihe geçmiştir. Trafiğin en yoğun olduğu saatlerde meydana gelen bu sıkışıklık nedeniyle oluşan araç konvoyunun uzunluğu 344 km'yi bulmuştur. Sao Paulo'daki büyük tıkanıklıklar, Brezilya ekonomisine yılda en az 31 milyar dolara mal olmaktadır ([http-10](http://10)). ABD'de yapılan bir araştırmaya göre ise 1982 yılında trafikten kaynaklı gecikmelerin (beklemelerin) süresinin 14 saat olduğu, 2010 yılında bunun 34 saate çıktığı bildirilmiştir (Fishman, 2011). Günümüzde kentlerin ülke ekonomisine sağladığı faydalar düşünüldüğünde bu sorunlar, rekabet edilebilirlik açısından önemli kısıtlamalara neden olmaktadır.

21. yüzyılda ekolojik, sosyal ve ekonomik olarak kentlerin sürdürülebilirliği ön plandadır. Bu kapsamda, ekolojik ve kompakt kent modelleri oluşturularak bireysel araç kullanımının azaltılması, ekolojik kaynak ve alanların korunması, çevreye duyarlı üretim-tüketim ve atık sistemi, geri dönüşüm uygulamaları önemli hedefler halini almıştır. Kentleşmenin yarattığı ulaşım ihtiyacını ve ulaşım talebini çözmek için de yeni ulaşım türlerinin ele alınması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu kapsamda günümüzde yeni bir ulaşım modu olan kentsel hava ulaşımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bugün, kentsel hava ulaşımı kavramının ortaya çıkmasındaki en büyük neden, şehirlerdeki kentleşme oranının artarak kent içi ulaşım ihtiyacına yeteri kadar cevap verememesidir (Antcliff vd., 2016; Baur vd., 2018; [http-10](http://10); Lascara vd, 2018).

2.3. Kentsel Hava Ulaşımı

Havayolu taşımacılığı hem kısa (30 dakika-3 saat arası) hem de uzun mesafede (6+ saat üstü) şehirlerarası ulaşımı hızlı ve güvenilir hale getirmekte, ekonomik olarak ciddi tasarruflar sağlamaktadır (<http-11>). Uçak teknolojilerinde yaşanan yenilikler öncelikle uzun mesafeli operasyonlar ve hava yolcuları için avantajlar sağlamış, sonrasında kısa mesafeli uçuş talepleri de gündeme gelmiştir. Ancak operasyonel nedenlerle yolcu başına düşen maliyet artışı, kısa mesafeli uçuşların çok tercih edilen bir çözüm haline gelmesine engel olmuştur (Dajani vd., 1977; Vascik, 2017). NASA tarafından yapılan bir araştırmada, uzun mesafe uçuş yapan bir yolcunun yerde geçirdiği toplam seyahat süresinin kısa mesafeli uçuş yapan yolculara oranla daha az olduğu saptanmıştır. Çünkü kısa mesafelerde hava yolculuğu yapan bir kişinin yolculuk sırasında geçirdiği süreye yerde harcanan bekleme süresi eklendiğinde toplam seyahat süresi yolcular için önemli bir tasarruf sağlamamaktadır (Dajani vd, 1977). Ayrıca havalimanlarının kent merkezi ve konut alanlarının uzağında yer alması, havalimanlarına olan ulaşım süresini arttırmaktadır. Zaman içerisinde havacılık dışındaki ulaşım araçlarının gelişmesi de kısa mesafeli hava ulaşımının sektördeki payının düşmesine neden olmuştur. ABD’de yapılan bir araştırmaya göre, uzun mesafe seyahat eden yolcuların sayısında 1990 yıllarının ortalarından 2010 yılına kadar yaklaşık olarak %50 artış olduğu, yine aynı tarihlerde kısa mesafe seyahat eden yolcu sayısında ise %26 oranında azalma gerçekleştiği görülmüştür. Kısacası, hava ulaşımında yaşanan genel büyümeye rağmen kısa mesafeli ulaşımında genel olarak düşüş söz konusudur (Elking ve Windle, 2014).

Bu çerçevede, kentsel hava ulaşımı ya da hareketliliği, aslında 1940’lardan beri bilinen bir kavramdır ve yukarıda bahsedilenler başta olmak üzere belirli sebeplerle çok rağbet gören bir ulaşım modu haline dönüşmemiştir. Bununla birlikte son dönemlerde NASA, Uber ve Roland Berger gibi şirketler tarafından yapılan araştırmalara göre, kısa mesafe şehirlerarası uçuşlara ve kent merkezlerinden havalimanlarına ulaşımaya yönelik artan talep, günümüzde kentsel hava ulaşımı kavramını megakentler için tekrar gündeme getirmiştir. Böylece kent içerisinde kullanılmaya uygun yeni hava araçlarının üretimine başlanmış, kısa mesafedeki uçuşların sağlayacağı avantajların geliştirilmesi için öncelikli olarak dikey kalkış ve iniş yapabilen (VTOL- Vertical Take-off and Landing) araçlara yatırım yapılmıştır. Yapılan literatür araştırmalarına göre VTOL araçların ön plana çıkmasının en önemli nedenlerinden biri, metro ve hızlı tren gibi yer hatlarının inşası için

yüksek maliyetler gerekmesi ve kısa mesafeli kent içi veya yakın kentler arası uçuşlarda elde edilecek fayda ve kârın yapılan bu yatırımı karşılamakta yetersiz kalacak olmasıdır. Başka bir deyişle, kısa mesafeler arasında havayolu taşımacılığının VTOL dışındaki araçlarla sağlanması fayda-maliyet değerlendirmesi açısından uygun bulunmamaktadır. FAA'ya göre dikey kalkış ve iniş yapabilen VTOL araçlar Şekil 2.4'te de görüldüğü gibi 4 sınıfa ayrılmaktadır. Kent içerisinde en az altyapı gereksinimi gerektirecek bu araçlardan rotorcraft grubu içerisine dahil olan helikopterler, kent içi ulaşımında tercih edilen başlıca hava taşıtları olmuştur.



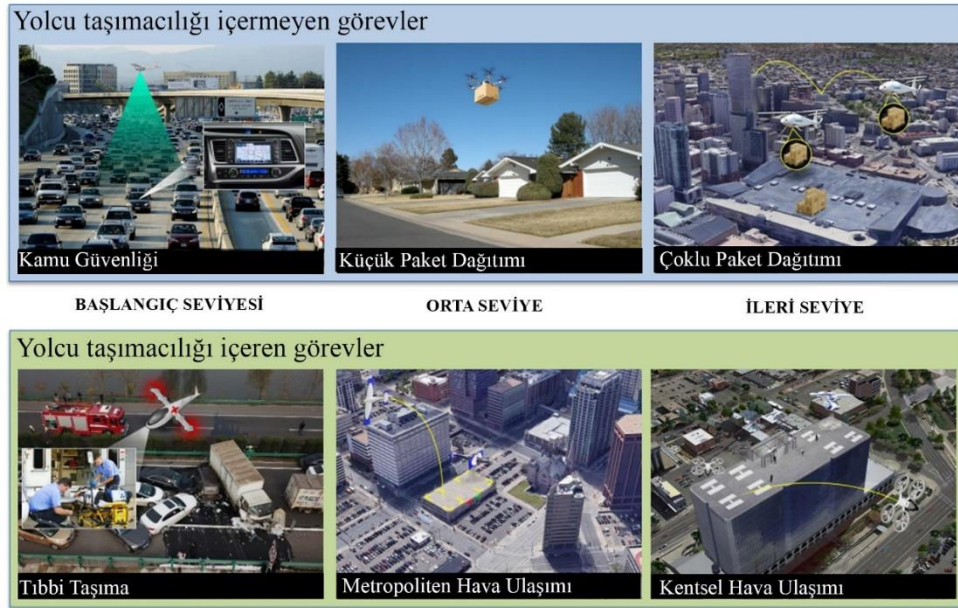
Şekil 2.4. VTOL araçlar (Federal Aviation Administration, 1991)

Son dönemlerde havacılık sektöründe elektrik tahrik sistemi, otonom uçuş teknolojisi ve 5G iletişim ağlarındaki yeni gelişen teknolojik ilerlemeler sayesinde kentsel hava ulaşımında kullanılmaya başlanan yeni otonom elektrikli VTOL (e-VTOL) araçlar kentsel sürdürülebilirliğin sağlanmasında da önemli ekonomik, sosyal ve çevresel faydaları olan araçlar olarak değerlendirilmektedir (Baur vd, 2018; Pradeep, 2019). Bu sayede günümüzde kentsel hava ulaşımı, ulaşım sorunlarının çözülmesinde, rekabet edebilirlik düzeylerinin geliştirilmesinde, ekonomik kalkınmanın desteklenmesinde önemli bir sektör haline gelmiştir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında da kentsel hava ulaşımı kapsamında otonom e-VTOL araçlar ile yapılacak ulaşım gözönüne alınmıştır.

E-VTOL araçların geliştirilmesine bağlı olarak kentsel hava ulaşımı konsepti hakkında yeni tanımlamalar yapılmaktadır. Baur vd., (2018)'in tanımına göre kentsel hava ulaşımı, insanların veya ürünlerin kentsel alan içerisinde veya kentsel alanlar arasında uçan araçlarla taşınmasıdır. Vascik ve Hansman (2017)'a göre ise kentsel hava ulaşımı bir metropol alanda talep üzerine veya tarifeli hava taşımacılığı hizmetleri sunmak için önerilen bir dizi araç ve işletme konseptini içermektedir. NASA, kentsel hava ulaşımını küçük paket teslim uçaklarından yolcu taşıyan hava taksilere, küçük kasabalardan büyük nüfuslu yerleşim alanlarına kadar faaliyet gösteren ve gelişmekte olan bir hava taşımacılığı konsepti olarak açıklamaktadır. Uber Elevate

(2016), şehirlerdeki hareketliliği radikal bir şekilde iyileştirme potansiyeli olan e-VTOL araçların banliyöler ve şehirler arasında üç boyutlu hava sahasını kullanarak hızlı ve güvenilir ulaşım sağladığını belirtmektedir.

Kentsel hava ulaşımındaki sistem, karayolları veya demiryolları gibi yol tabanlı değil, düğüm tabanlı bir ulaşım sistemidir. Kentsel hava ulaşımında kullanılan e-VTOL araçlar, isteğe bağlı hareketlilik ve isteğe bağlı hava taşımacılığı (ODM - On-Demand Mobility) sistemine dahildir; acil tıbbi müdahale, afet sırası ve sonrasındaki ulaşım ve müdahaleler, kurtarma operasyonları, karayolu trafik akışının düzenlenmesi, hava durumunun izlenmesi, paket teslimi ve yolcu taşımacılığı gibi faaliyetlerde kullanılarak kentlerde ulaşım esnekliği sağlayabilmektedir (Alonso vd., 2017; Chibuogu Nneji vd., 2017; National Air Transportation Association, 2019; Pradeep, 2019; Thippavong vd., 2018). Şekilde 2.5'te gelecekteki kentsel hava hareketliliği kullanım alanları gösterilmiştir (Mendonca, 2018).



Şekil 2.5. Kentsel hava hareketliliğini kullanım alanları (Mendonca, 2018).

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi kentsel hava ulaşımı çok yönlüdür. Bu yönlülük NASA'ya göre paket teslimi, hava metro ve hava taksi konseptleri ile ele alınmaktadır (Mendonca, 2018). Bu konseptler kapsamında kentsel hava ulaşımının asıl amacı, e-VTOL tasarımlardan yararlanarak metropol ve megapol bölgeleri arasındaki ulaşım verimliliğini arttırmak, yoğunluğu fazla olan karayolu trafiğine çözüm üretmek, kentsel

hareketliliği iyileştirmek, ulaşım süresini, ulaşımındaki tıkanıklığın kişi başına düşen maliyetini ve trafiğin neden olduğu çevresel sorunları azaltarak tam entegre paylaşımlı bir taşıma sistemi oluşturmaktır (Baur vd, 2018; Chibuogu Nneji vd, 2017; Coudert vd, 2019; National Air Transportation Association, 2019; Shin vd., 2018).

Bu aktarılanlar kapsamında, yüksek lisans tez çalışmasının bu bölümünde, kentsel hava ulaşımının helikopterlerden e-VTOL'lere uzanan tarihsel gelişimi, önemi ve faydaları, e-VTOL araçların özellikleri, bu araçların kalkış/iniş yaptığı vertiport/vertistop alanları ve Türkiye ve dünyadan örnekler aktarılmıştır.

2.3.1. Tarihsel gelişimi

Kentsel hava taşımacılığın tarihsel gelişiminde ABD'de gerçekleştirilen uçuş ve faaliyetlerin önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu alanda önemli gelişmelerin yaşandığı diğer ülkeler arasında Brezilya yer almaktadır.

ABD'de kentsel hava ulaşımı ticari operasyonları 1940'larda önce postaları, daha sonra da kişileri taşımak için helikopterler aracılığı ile başlamıştır. Ancak 1968 yılında Los Angeles'da ve 1977 yılında New York'ta yaşanan kazalar yüzünden bu operasyonlar durdurulmuştur (Pradeep, 2019; Thippavong vd, 2018; Vascik, 2017). Helikopter tarifeli yolcu uçuşu ise ilk olarak 1953'te New York Havayolları ile başlamıştır. Daha sonra bunu 1954'te Los Angeles Havayolları ve 1956'da Chicago Helikopter Havayolları tarafından gerçekleştirilen uçuşlar izlemiştir (Dajani vd, 1977).

1947'den 1971'e kadar Los Angeles Havayolları tarafından Los Angeles havzasında insanları ve postaları taşımak için helikopterler kullanılmıştır. Ancak 1968 yılında çok sayıda yolcu ve mürettebatın ölümüne yol açan mekanik sorunlardan kaynaklı iki kaza sonrasında bu faaliyetler durdurulmuştur (Thippavong vd., 2018). Kazalar ile ilgili araştırmalar devam ederken Los Angeles'taki şehir plancıları, helikopter pisti altyapısının kent planlama açısından nasıl ele alınacağını belirlemek amacıyla 1973 yılında ayrıntılı bir rapor yayımlanmışlardır. Bu raporda, araçların neden olduğu gürültü ve kirlilik düzeyi, heliportlarda kamu yararının gözetilmesi, kentin arazi kullanımının benimsenmesi, düşük irtifa hava sahasının yasal sınırlarının dikkate alınması, kentin stratejik kalkınma planının göz önünde bulundurulması gibi gerekliliklerden bahsedilmiştir (Vascik, 2017).

1949-1979 tarihleri arasında New York Havayolları, Manhattan'daki heliportlar ile LaGuardia, John F. Kennedy (Idlewild) ve Newark gibi New York bölgesindeki havaalanları arasında insanları taşımak için helikopter ve VTOL (Sikorsky S-61L ve Boeing Vertol 107) araçlardan yararlanılmıştır (Chibuogu Nneji vd., 2017; Thippavong vd., 2018). Böylece Mannhattan'den John F. Kennedy Havalimanı'na (JFK) olan bir seyahat 40 dakika yerine yaklaşık 10 dakikada tamamlanabilir hale gelmiştir (Chibuogu Nneji vd., 2017).

1964 yılı haziran ayında New York Havayolları tarafından JFK ve Newark Liberty Uluslararası Havaalanları arasında 30'dan fazla uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşların Wall Street gibi yerlerde tek yön ortalama fiyatı 4-11 \$ (2018'de 32-88 \$) arasında olup her yıl yaklaşık 500.000 yolcuya hizmet verilmiştir (Coudert vd., 2019). Ayrıca şirket, 1965 yılında kamuoyunun gürültü ve güvenlikle ilgili kaygılarına rağmen, Boeing Vertol 107, S-16 gibi çeşitli Sikorsky araçlarıyla New York'ta bulunan Pan Am binasından taşımacılık operasyonları yapmaya başlamıştır (Coudert vd., 2019).

Şirket tarafından kullanılan V-107, havanın sıcak olduğu günlerde Pan Am binasının tepesine tırmanamaması ve aracın yüksek maliyeti nedeniyle kullanımdan kaldırılmıştır (Dajani vd, 1977). 1970 yılından itibaren Sikorsky S-6L araçlarını tercih eden şirket, 1977 yılında Pan Am Binası'nın çatısında çok sayıda yolcunun ve mürettebatın ölümüne neden olan bir kaza yaşamış ve uçmayı bırakma kararı almıştır (Coudert vd., 2019; Thippavong vd., 2018). Şirketin yaşadığı kazaların nedeninin araçların kalkış veya iniş operasyonları sırasında meydana gelen mekanik arızalardan kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Chibuogu Nneji vd., 2017).

2010 yılına gelindiğinde yılda yaklaşık 80.000 uçuş ile New York'taki en yoğun helikopter operasyonları gerçekleşmiştir. Fakat 2017 yılında, hala tartışılmakta olan Pan Am helikopter kazası, kentsel hava hareketliliği kavramı ve onun kent içinde yarattığı gürültü, emisyon ve güvenlik kaygıları etkisiyle uçuşlarda %50'ye yakın bir azalma meydana gelmiştir (Coudert vd., 2019; Vascik, 2017).

Görüldüğü üzere, tarifeli helikopter uçuşları havalimanına ulaşımında zaman tasarrufu sağladığı için kendisine pazar payı bulmuş olsa da, toplumsal kabul sorunları, gürültü, güvenlik, mahremiyet ve kaza riskleri nedeniyle kentsel hava ulaşımı

operasyonlarında etkin kullanılamamıştır (Dunn, 2018; U.S. Government Shin vd., 2018; Vascik, 2017). Bu nedenle operasyonlar sadece acil durumlarda ya da habercilik gibi hizmetlerde tarifesiz uçuş kapsamında yapılmıştır (Kapanoğlu ve Orhan, 2018).

ABD’de yapılan helikopter operasyonlarının yanında dünyada en çok helikopter uçuşunun yapıldığı yerlerden bir diğeri Sao Paulo olmuştur. 1970’li yıllarda kentteki yüksek binalarda yaşanan yangınlar sebebiyle her gökdelenin üzerine heliport yapılması zorunlu hale gelmiştir. Ayrıca kentin zamanında plansız bir şekilde büyümesinden kaynaklı trafik sıkışıklığı/yoğunluğu sorununun ülkedeki diğer büyük kentlere kıyasla çok daha yüksek olması helikopter kullanımını neredeyse zorunlu kılmıştır. ABD’nin aksine yolcu taşımacılığında kentte bugün aktif olarak helikopter kullanılmaktadır (Kapanoğlu ve Orhan, 2018).

Yaşanan sorunlara, kısıtlamalara ve toplumsal şikayetlere rağmen günümüzde en kapsamlı helikopter charter ağları en kötü trafik sıkışıklıklarının yaşandığı Sao Paulo, New York ve Los Angeles kentlerinde bulunmaktadır (Vascik, 2017).

Helikopterler, yer altyapısı gerektiren ulaşım sistemlerine göre düşük bir sermaye yatırımı içerse de işletme maliyetleri oldukça yüksek araçlardır. Bu nedenle her gelir grubuna hitap etmemektedir. Buna ek olarak helikopterler fosil yakıt kullandığı için havayı kirletmekte, yolcular için konforsuz, fazla sarsıntılı ve gürültülü olabilmektedir. Bu gibi sebeplerden dolayı helikopterler kentsel ulaşımın sağlanması açısından çoğunlukla verimsizdir (Dajani vd, 1977; Uber Elevate, 2016).

Bahsi geçen dezavantajlar nedeniyle helikopterlerin çok tercih edilir olmaması kentsel ulaşımında kullanılabilecek daha gelişmiş araçların üretilmesine yönelik girişimlere hız kazandırmıştır. Ayrıca büyüyen kentler, artan ihtiyaçlar ve ulaşımında yaşanan sorunların çözümüne yeni alternatifler üretme çalışmalarının bir sonucu olarak kentsel hava hareketliliği kavramı 2018’den bu yana daha da önemli hale gelmiştir. Teknolojideki ilerlemeler ise bu süreci desteklemiş ve hızlandırmıştır (International Civil Aviation Organization, 2019).

Bu çerçevede üretilen ve e-VTOL olarak adlandırılan yeni nesil kentsel hava araçları, elektrik tahriki kullanmakta ve herhangi bir operasyonel emisyonu neden olmamaktadır. Araçların kalkış, iniş ve gezinmeleri süresince kentte sessizce uçabilme yeteneği bulunmaktadır. Sahip oldukları otonom teknoloji sayesinde helikopter gibi tipik

VTOL taşıtlarına kıyasla daha verimli, daha düşük maliyetli, daha güvenilir ve daha az gürültülü olup daha fazla operasyonel esneklik içermektedirler (Baur vd., 2018; Pradeep, 2019; Thippavong vd, 2018; Uber Elevate, 2016). Şekil 2.6.'da helikopter ile e-VTOL aracının karşılaştırılması gösterilmiştir (Kinjo, 2018).

	Helikopter	E-VTOL
Uçak Şeması	 Ana Rotor Kuyruk Rotoru	 Rotorlar
Rotor	Ana rotor Kuyruk rotoru	Çoklu küçük rotorlar Kuyruk rotoru bulunmuyor
Rotorların güç kaynağı	Makine (Engine)	Motor (Motor)
Güç Kaynağı	Yakıt	Pil Pil ve gaz türbini jeneratörünün kombinasyonu
Seyir Menzili	Yaklaşık 600-800 km	Yaklaşık onlarca km - 300 km
Yolcu Kapasitesi	Yaklaşık 15 kişi	Yaklaşık 5 kişi
Kalkış ve iniş alanı boyutu	Yer seviyesindeki sahalarda inen uçağın tam boyundan ve tam genişliğinden daha büyük	—

Şekil 2.6. Helikopter ve e-VTOL aracın karşılaştırılması (Kinjo, 2018)

Yapılan araştırmalara göre, dünya çapında birçok şehirde kentsel hava hareketliliği kapsamında e-VTOL araçlara olan talep giderek artmaktadır (Pradeep, 2019; Uber Elevate, 2016). Buna ek olarak birçok şirket kendi e-VTOL araçlarını üretmeye başlamıştır. Grandl vd., (2018), e-VTOL araçlar üzerinde yapmış olduğunu çalışmalarda bu araçların helikopterlerden 4 kat daha sessiz, 15 kat daha güvenilirlikli, 2 kat daha güvenli ve 10 kat daha düşük maliyetli olduğunu saptamıştır. Bu kapsamda üretilen e-VTOL araçların, kentte bulunan yerel ulaşım hizmetleri ile birlikte entegre çalışarak yolculara kesintisiz bir ulaşım bağlantısı sağlaması beklenmektedir (Baur vd., 2018).

Roland Berger şirketinin araştırmalarına göre ise 2025 yılına kadar ilk ticari kentsel hava hareketliliği rotalarında yaklaşık 3.000 aracın, 2050 yılında ise 100.000'e yakın aracın dünya çapında aktif olarak uçuş hizmeti vereceği belirtilmektedir (http-12).

2.3.2. Önemi ve faydaları

Son yıllarda kentleşmenin artması, kent içi ulaşım hareketliliğini ve ulaşım altyapı maliyetlerini arttırmış, sürdürülebilir kaynak ve enerji kullanımı, fosil yakıt tüketimi ve küresel iklim değişikliği gibi konuları daha fazla gündeme getirmiştir. Şüphesiz kent içi ulaşım faaliyetlerindeki artışla birlikte enerji kaynakları daha yüksek miktarlarda ve hızla tüketilmekte, özellikle fosil yakıt kullanımındaki artış, küresel iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında gösterilmektedir. Bu nedenle hem kentleşmenin hem de ulaşımın sürdürülebilir, uygun maliyetli ve çevre dostu yaklaşımlarla sağlanması son derece önemli bir hal almıştır (Alonso vd, 2017). Bu kapsamda kentsel hava hareketliliği kent merkezlerinde ve çevresinde güvenli, sessiz, ekonomik ve çevre dostu bir ulaşım sistemini temsil etmesi açısından özellikle son 2 yıldır ele alınan konulardan biridir.

Dünyadaki büyük megakentlerde yaşanan karayolu trafik sıkışıklığının üstesinden gelinmesinde kentsel hava ulaşımı konsepti yeni bir hava taşımacılığı yöntemi olarak görülmektedir (International Civil Aviation Organization, 2019). Birçok taşımacılık şirketi de kentsel hava ulaşımı konseptinde kullanılacak gelişmiş elektrikli dikey uçuş yeteneğine sahip e-VTOL araçların gelecekte hem karada hem de havalimanlarında yaşanan tıkanıklığın giderilmesinde önemli rol oynayacağını belirtmektedir (Peisen, 1994). Bu kapsamda e-VTOL araçlar, yer bağlantılı ulaşım sistemleri ile birlikte entegre hava sahasını verimli kullanarak trafiğin pik saatlerinde metropollerde zamandan önemli ölçüde tasarruf sağlamakta, hızlı ve güvenilir ulaşım sayesinde yerdeki sıkışıklığa çözüm olarak ön plana çıkmaktadır (ICAO Safety Report 2019 Edition, 2019; Pradeep, 2019; Vascik, 2017). NASA tarafından yapılan araştırmalarda, e-VTOL araçların konumlandığı alandaki yer operasyon süreleri hesaba katıldığında bile bu araçların, ortalama kara taşımacılığı seyahat süresini en az %50 azalttığı ve kara taşımacılığının neden olduğu belirsiz gecikme sürelerini de azaltma potansiyelinin olduğu saptanmıştır (Thippavong vd., 2018).

2.3.3. E-VTOL araçlar

Havacılık pazarı kısa menzilli hava taşımacılığı teknolojilerinin gelişmesiyle yeni bir döneme girmiştir. Üretilen e-VTOL araçlar mevcut heliport, vertistop ve vertiport altyapısını kullanarak dikey olarak kalkış ve iniş yapma yeteneği sağlamak için elektrik motorları kullanan uçakları ifade (Shin vd., 2018). Dağıtılmış elektrik tahribi (DEP- Distributed Electric Propulsion) ve otonom operasyon

teknolojilerinin ortaya çıkması bu araçların yaygınlaşmasındaki en önemli iki gelişmedir. Bu iki gelişmeye ek olarak 5G ağlarının dünya çapında yaygınlaşarak otonom araçlarda kullanılacak olması diğer önemli faktörlerin başında gelmektedir.

Günümüzde ve yakın gelecekte kentsel hava hareketliliğinin, elektrikle çalışan, dikey kalkış-iniş yapabilen e-VTOL uçaklar kullanarak gerçekleştirileceği belirtilmektedir. Bu araçlar, yoğun şekilde kullanılmayan alçak irtifa hava sahasında az sayıda kişiyle ve kısa mesafelerde, şehir merkezleri dışındaki konut ile metropoliten alanlar arasında kapıdan kapıya hava trafiği operasyonları gerçekleştirmektedir. Mevcutta kullanılan ulaşım ağlarından daha etkin ve hızlı bir şekilde sağlanan bu uçuş operasyonlarıyla insan veya mal taşımacılığı yapılabilir.

Kentsel hava ulaşımı kapsamında birçok şirket kendi e-VTOL uçaklarını geliştirmişlerdir. Ocak 2020 yılı itibariyle yolcu taşımacılığında kullanmak için dünyada 200'den fazla e-VTOL üretilmiştir. Kent içi ulaşımında kullanılacak olan bu uçakların birçoğunda güç ünitesi olarak sadece pil ve elektrik sistemi kullanılmaktadır (http-13). Bununla birlikte, araçların birçoğunun konsepti birbirinden farklıdır. Dolayısıyla hangi araç türlerinin hangi alanlarda ve hangi görevlerde daha iyi çalışacağı uygulama alanına göre değişkenlik göstermektedir. Genelinin çıkış noktası, kentsel trafik yoğunluğunu azaltarak metropoliten alanlar içerisinde ve kısa mesafe içerisindeki kentler arası uçuşlarda kullanılmak olduğu için bu araçların belli başlı ortak özellikleri bulunmaktadır.

2.3.3.1. Performans

Günümüze kadar üretilen e-VTOL araçlar incelendiğinde hepsinin düşük emisyon, düşük akustik, elektrikli tahrik sistemi, kısa menzil, batari teknolojisine sahip olması gibi ortak özelliklerinin bulunduğu görülmektedir. Bunların yanı sıra her araç kullanım şekline göre farklı özellikler içermektedir. Şekil 2.7'de de e-VTOL araçlar üzerine çalışma yapan büyük firmaların üretmiş olduğu araçların bazı özellikleri kendi web sitelerinden yararlanılarak verilmiştir.

Firma Adı	Airbus	Volocopter	Ehang	Lilium
Araç Adı	City Airbus	VoloCity	Ehang 216	Lilium Jet
Araç Görünümü				
Sistem	Otonom	Otonom	Otonom	Otonom
Güç	Elektrik/Batarya	Elektrik/Batarya	Elektrik/Batarya	Elektrik/Batarya
Kapasite	4 Kişi	2 kişi	2 kişi	5 kişi
Hız	120 km/h	110 km/h	130 km/h	300 km/h
Menzil	96 km	35 km	15 km	300 km

Şekil 2.7. E-VTOL araçlardan örnekler

2.3.3.2. Dağıtılmış elektrik tahrik sistemi (DEP)

Günümüzde e-VTOL araçların tercih edilmesindeki en önemli etken DEP sistemidir. DEP helikopterle yapılan operasyonlar gibi VTOL operasyonlarda yaşanan bazı teknik zorluklara bir çözüm olarak üretilmiştir. Çünkü uçuşlarda yaşanan durumsal farkındalık, kontrol kaybı gibi hatalardan sonra en yüksek kaza sebebi motor arızası ve yakıt yönetimine bağlı hatalardan oluşmaktadır (Harris, 2012). Bu hatalar ise genel havacılık kazalarının %18'ini oluşturmaktadır. E-VTOL araçlarda kullanılan birden fazla elektrikli motor ve tam tahrik sistemi ile birlikte bu hataların önüne geçilmektedir (Kim, Perry ve Ansell, 2018; Pradeep, 2019; Uber Elevate, 2016). DEP sistemi, kentsel bölgelerde uçuş sırasında meydana gelebilecek herhangi bir aksaklık halinde aracı hızlıca idare edebilme yeteneği sağlamaktadır (Kim, Perry ve Ansell, 2018; Uber Elevate, 2016).

Elektrikli araçların otomotiv sektöründeki payının artması üretim maliyetlerini düşürmeye başlamıştır. Elektrikli araçların sistemleri klasik sistemlere göre daha az karmaşık olduğu için bakım maliyetleri de düşük olmaktadır. Bu da elektrikli araçların maliyetinin VTOL ve geleneksel kalkış-iniş yapan araç (CTOL- Conventional Take-Off And Landing) sistemlerinden daha düşük olmasını sağlamaktadır. Kısacası elektrik itişinde meydana gelen gelişmeler e-VTOL araçları mevcut ulaşım modelinden daha ucuz kılmaya başlamıştır (Baur vd., 2018). Ayrıca bu araçlar, DEP teknolojisi sayesinde sıfır operasyon emisyonu avantajına ve düşük gürültüde çalışma potansiyeline sahiptir (Kim vd, 2018; Pradeep, 2019).

2.3.3.3. Otonom teknoloji

Helikopter taşımacılığı ve karayolu taşımacılığında yapılan araştırmalarda karayolunda kullanılan bir aracın güvenli olma durumunun helikoptere kıyasla 2 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Uber Elevate, 2016). Helikopterlerin güvenliklerinin düşük olması e-VTOL araçları diğer VTOL araçlardan daha güvenli olmaya zorlamıştır.

Güvenliği sağlayan etmenlerden biri DEP teknolojisi iken diğeri de tam otonom teknolojidir. Otonom özellik, otomasyondan farklıdır. Otomasyon, otomatik pilotun bir aracı kontrol etme kabiliyetini ifade ederken, otonom sistem sadece aracın kontrol edebilmesini değil, aynı zamanda etrafını izleyebilme, öğrenme ve aracın içinde bulunacağı tehlikeli durumlara anlık cevap vermesini de içermektedir (http-10; Postorino ve Sarné, 2020). Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle dronlarda ve arabalarda otonom sistemler kullanılmaya başlamıştır. Fakat e-VTOL araçlar sadece otonom değil, tam otonom özelliğe sahip olarak üretilmektedir.

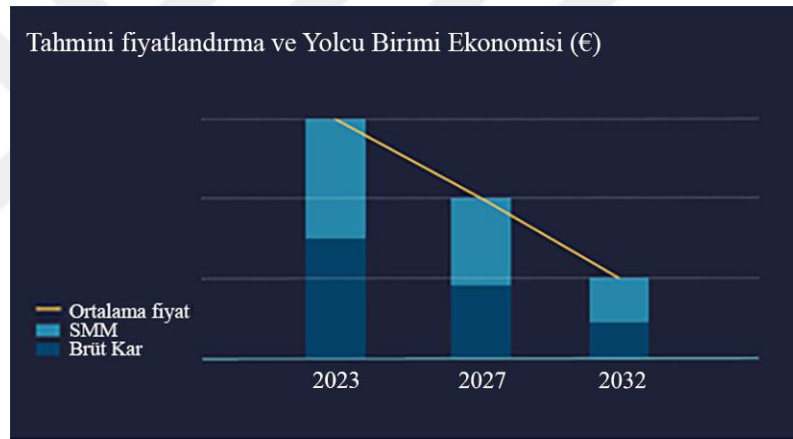
Havacılıkta uçuş sırasında yaşanabilecek en ciddi problemler arasında sis, buzlanma, rüzgâr, ani rüzgar ve fırtınalı hava şartları gelmektedir. Metropoliten alan içerisinde de yüksek binaların sebep olduğu uçuşu etkileyen ani rüzgarlar söz konusudur. Şehir içi uçuşlarda güvenliğin sağlanabilmesi için yüksek binaların çevrelerinden uzak durulması gerekir (Shin vd., 2018). E-VTOL araçlar bu hava şartlarından oldukça kolay etkilenebilmektedir. Fakat bu araçlarda yer alan otonom sistem, e-VTOL araç kontrol hassasiyetini arttırmaktadır. Böylece araç, operasyon öncesinde veya uçuş sırasında anlık gelişmiş yerel hava durumu bilgilerinden oluşan hava şartlarını algılayarak o uçuşa dair uçuşa uygunluk kararı verebilmekte veya uçuş sırasında gerçekleşen hava olaylarına göre bu sorunlara en az şekilde maruz kalarak dinamik yönlendirme ve yaklaşma prosedürleri izleyebilmektedir (Uber Elevate, 2016).

Tam otonom özellik, uçuş sırasında yaşanabilecek herhangi bir sorunda bu araçlara, bir yandan engellerden kaçınırken diğer yandan güvenli bir irtifada, yönde, açıda, uçuş yolunda olma gibi konumunu düşeyde ve yatayda doğru bir şekilde ayarlayabilme yeteneği sağlamaktadır. Buna ek olarak uçuş boyunca optimal hızı, tırmanma açısını ve kanat açısını ayarlayabilme gibi gelişmiş uçuş yörünge profillerini içermektedir (Chibuogu Nneji vd., 2017).

E-VTOL'lerin kalkış ve iniş yapabileceği vertiport/vertistop alanlarının yüksek bir alan üzerinde olması gerekmemektedir. Çünkü otonom sistem güvenli bir şekilde yaklaşma ve ayrılma yapabilmeye izin vermektedir. Bu bağlamda otonom sistem, araçların birbirleri, kentsel altyapı sistemleri gibi farklı nesnelerle iletişim kurmasına olanak sağlamaktadır. Böylece bir e-VTOL diğer bir e-VTOL araç ile iletişim kurarak engelleri önceden tanımlayabilmektedir. Yine bir e-VTOL araç kendisine yer engeli

oluşturabilecek nesnelerle iletişime geçerek yolculara güvenli bir ortam sağlayabilmektedir. Bu sayede ulaşım sisteminde güvenlik en üst düzeye çıkarılmaktadır.

Günümüzde bir pilotun yetiştirilme maliyeti oldukça yüksektir. Otonom uçuş teknolojisi ile pilotlara olan yatırım ve onlara olan ihtiyaç azalmakta, hatta tam otonom sistem ile pilotlara ihtiyaç kalmamaktadır (Xu, 2020). NASA tarafından yapılan bir araştırmaya göre insanların pilotla çalışan araçlar yerine tam otonom e-VTOL araçları tercih ettiği tespit edilmiştir (Chibuogu Nneji vd., 2017). Bu da kentsel hava ulaşımında işletme maliyetlerinin azalmasını sağlarken bireyler için daha erişilebilir bir ulaşım sistemi sunmaya imkan tanımaktadır (Baur vd., 2018; Shin vd., 2018; Uber Elevate, 2016; Vascik, 2017; Xu, 2020). Böylece e-VTOL araçların kent içindeki kullanım ücretlerinin taksilerden daha yüksek, helikopterlerden daha düşük olması beklenmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Tahmini fiyatlandırma ve yolcu birimi ekonomisi (Volocopter, 2021)

E-VTOL araçlar hava trafik kontrolü tarafından kontrol edilen hava sahası içerisinde değil, kontrol edilmeyen alçak irtifalı hava sahası içerisinde uçuş yapması planlanan araçlardır. Günümüzde kontrolsüz alçak irtifalı hava sahalarında araçların kontrolü için çalışmalar NASA tarafından devam etmekte olup, otonom teknolojinin kontrol sisteminde büyük bir etkisi olacağı görülmektedir.

2.3.3.4. Batarya

E-VTOL'lerin enerji kaynakları elektrikli pillerdir. Elektrikli pillerde araçların limitlerini belirleyen en önemli unsur batarya süresidir. Bugünkü mevcut akü teknolojisi bu araçlarda sadece kısa uçuşlara izin vermektedir (Baur vd, 2018; Pradeep, 2019; Uber Elevate, 2016).

Son zamanlarda dizüstü bilgisayarlar, akıllı telefonlar, elektrikli arabalar gibi birçok teknolojik gelişmede üzerine düşülen konu bataryalar olmaktadır. Bataryaların geliştirilmesi için büyük şirketlerle birlikte anlaşmalar yapılarak destekler sağlanmıştır. Şarj sürelerinin uzuluğu yanı sıra hızlı şarjlanma da önemlidir. Geline son noktada elektrikli arabalarda Tesla Model S için tam şarj süresinin 15 dk ya kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Bu da bataryaların çok uzun ömürlü olmasını zorunluluk olmaktan çıkarak kısa aralıklarla şarj istasyonları tesis etmenin yeterli olacağına işaret etmektedir.

Elektrikli otomobillerde olduğu gibi e-VTOL araçlarda da bataryaların enerji ve güç yoğunlukları arttıkça, uçuş hızları ve mesafeleri de buna göre artma eğilimi göstermektedir. Günümüzde üretilmiş araçların batarya süresi çevresel etkiler, aracın gideceği irtifa ve hızı ile birlikte değişkenlik göstermekte olup minimum 25 dakika civarındadır.

2.3.3.5. 5G teknolojisi

Günümüzde navigasyon sistemlerinde normal Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (GNSS- Global Navigation Sattellite System) ağları kullanılmaktadır ve e-VTOL araçlar ile komuta ve kontrol platformu arasındaki iletişim de 4G ağı üzerinden gerçekleştirilmektedir (Xu, 2020). Fakat kentin iç kısımlarında yüksek yapıların bulunduğu alanlarda Küresel Konumlama Sistemi (GPS- Global Positioning System) tabanlı uydu sistemleri iletişimde zayıf kalmaktadır. Uçak kazalarının büyük bir kısmı da kötü hava durumu verileri ile pilotların konumlarını tam olarak belirleyememelerinden kaynaklanmaktadır. 5G teknolojisi ise bu araçlara ultra hassas navigasyon hizmeti sağlayabilmektedir (Baur vd., 2018). Bundan dolayı kent içi hava ulaşımında 5G Teknolojisi, e-VTOL araçların etkin bir şekilde kullanılmasında önemli bir teknolojik gelişme olarak görülmektedir.

Ehang şirketi, GPS sinyalinin zayıf veya kayıp olduğu durumlara önlem olarak e-VTOL araçlara bir görsel konumlandırma sisteminin (VPS- Visual Positioning System) eklenebileceği vurgulamıştır (Xu, 2020). Bunun yanı sıra hava şartlarının aletli uçuş kurallarına (IFR- Instrument Flight Rules) uygun olmaması durumunda araçlarda LIDAR teknolojisinin kullanılması beklenmektedir. LIDAR teknolojisinin insansız hava araçlarında (İHA) aktif kullanılması ve otonom otomobillerde de yaygın kullanılmaya

başlanması bu sistemlerin maliyetini düşürmektedir. Böylece bu sistem, e-VTOL araçların güvenliklerini yüksek bir seviyeye çıkarmaktadır (Uber Elevate, 2016).

2.3.3.6. Emisyon üretimi

Bugün dünyadaki en önemli konulardan biri, kullanılan kaynakların ne kadar ekolojik ve sürdürülebilir olduğudur. Metropolen kentlerde, ulaşım araçlarına bağlı olarak yüksek oranda zehirli gazlar havaya salınmaktadır. Bu da büyük miktarda sera gazı emisyonuna neden olmaktadır. Büyük kentlerde meydana gelen trafik sıkışıklığına bulunabilecek çözüm de ancak daha ekolojik ve sürdürülebilir teknolojilerin kullanılmasıyla mümkündür.

Yapılan araştırmalara bakıldığında, yenilenebilir elektrik üretimi gelişiminin son yıllarda hızla arttığı görülmektedir. E-VTOL araçlar da hidrokarbon bazlı yaklaşımlardan uzaklaşılmasına yardımcı olmaktadır. Araçlarda kullanılan malzeme ve elektrikli tahrik sistemi sera gazı emisyonları ve karbonu büyük oranda azaltmaktadır. Bu da e-VTOL araçları çevresel açıdan sürdürülebilir ve verimli kılmaktadır.

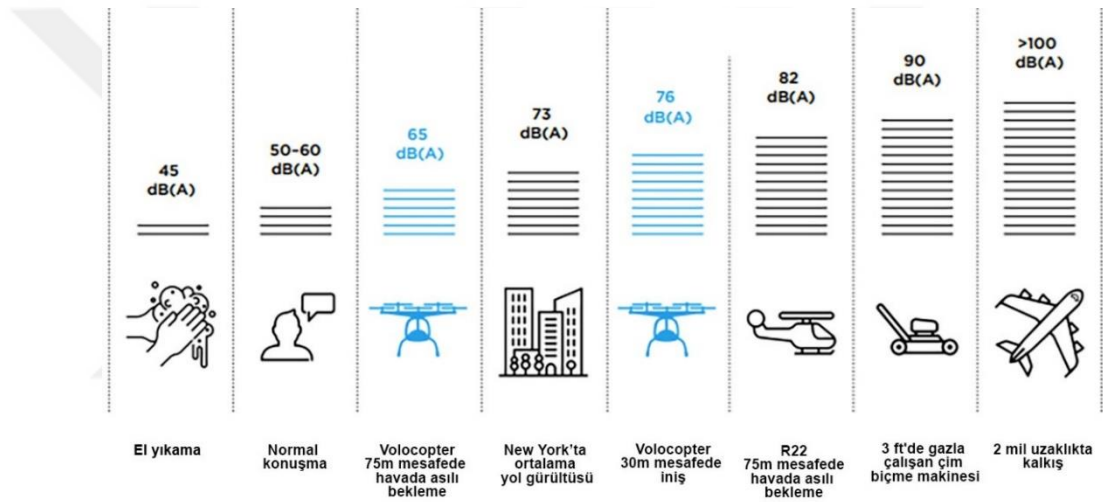
2.3.3.7. Gürültü seviyesi

Günümüzde e-VTOL araçların yüksek yoğunluklu kent merkezlerinde kullanılması planlanmaktadır. Fakat geçmiş çalışmalar göstermiştir ki, kentsel hava ulaşımının gelişebilmesi için kullanılacak taşıtların toplumlar tarafından kabul görmesi önemlidir. Helikopterlerin kentliler tarafından kabul görmemesinin en önemli nedenlerinden biri etrafına yaydığı gürültüdür. Bugün, e-VTOL araçların ve vertiport sistemlerinin topluluklar tarafından kabul görmesinin önündeki en büyük problem gürültü olarak görülmektedir. Ancak e-VTOL’lerde helikopterler gibi yanan bir motor ya da kuyruk rotoru bulunmamaktadır. Onun yerine tercih edilen DEP teknolojisi gürültü açısından sessiz tasarımlara olanak sağlamaktadır (H Mason, Ko ve Schetz, 2003). Böylece kalkış ve iniş sırasında bile gürültünün büyük oranda önüne geçilmiştir.

Porsche şirketi tarafından yapılan araştırmalarda bir drone’un 300 ft (91 m) yükseklikte neden olacağı gürültü 65 dBA olarak açıklanmıştır (Grandl vd., 2018). Uber şirketi tarafından yapılan bir araştırmada ise e-VTOL’lerin kabul edilebilir gürültü düzeyi olarak arka plan/ortam gürültü seviyesini aşmayan ses sınırları belirlenmiştir. Arka plan gürültü seviyesi kara taşımacılığının neden olduğu gürültü miktarı ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre vertiport/vertistoplardan kalkan bir e-VTOL

araç, 500 ft (152 m) irtifada yaklaşık 62 dB gürültüye neden olurken bir kamyon 50 ft (15 m)’de 75-80 dB gürültü yaymaktadır. NASA tarafından yapılan bir araştırmaya göre 65 dB, mülkiyet sınırları içerisinde kabul edilebilir gürültü seviyesinin ilk basamağı olarak tanımlanmaktadır (Antcliff vd., 2016).

Volocopter Şirketi tarafından, kenti üretimleri olan e-VTOL araçlar için bir gürültü analizi yapılmıştır. Analiz sonucuna göre araçların 246 ft (75 m) irtifada havada asılı durumdayken ürettiği gürültünün 65 dB olduğu, 98 ft (30 m) irtifada iniş yaparken ise 76 dB’lik bir gürültüye neden olduğunu saptanmıştır. Şekil 2.9’da çalışmanın diğer araçlarla kıyaslanması gösterilmektedir.



Şekil 2.9. Araçların gürültü seviyesi (Volocopter, 2021)

2.3.4. Vertistop/Vertiport/Skyport

E-VTOL teknolojisi kentsel hava ulaşımı sisteminde yüksek miktarda kapasite artırımı sunmaktadır. Bu araçların kullanımı için tahsis edilmiş kalkış ve iniş yapacağı bir yere/piste ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanlar vertiport, vertistop veya Uber şirketinin tanımıyla skyport olarak adlandırılmaktadır. Araçların depolama ya da park için kullanacakları büyük alana ise vertihub denilmektedir (Fadhil, 2018).

FAA’ya göre vertiport, “tiltrotor uçaklarının ve rotor taşıtlarının kalkış ve inişinde kullanılan herhangi bir bina veya tesis de dahil olmak üzere tanımlanabilir bir zemin veya yükseltilmiş alan” olarak belirtilirken, vertistop, “sadece yolcuları veya yükleri bırakmak veya almak için tiltrotor uçaklarının ve rotor taşıtlarının kalkış ve inişini amaçlayan alan” şeklinde ifade edilmiştir (Federal Aviation Administration, 1991).

Vertiportlar ana istasyonlar olarak görülmektedir, çoklu pist, şarj altyapısı ve yer operasyon hizmetini gerektirmektedir. Vertistoplar ise tek bir pist gibi minimum altyapı gereksinimi ile inşa edilebilen tesislerdir (Fadhil, 2018; Uber Elevate, 2016).

Kentsel hava ulaşımının ilk uçuşlarının bir vertiport terminalinden yapılması ve bu tesislerin öncelikle tarifeli yolcu servisi için kullanılması beklenmektedir (Peisen, 1994).

2.3.5. Kentsel hava ulaşımında dünyadaki yaklaşımlar ve örnekler

Dünyada kentsel hava hareketliliği kapsamında yapılan çalışmalara bakıldığında işin yasal düzenleyiciler kısmında EASA ve FAA, araştırma kısmında NASA, servis sağlayıcılar kısmında Uber, araç geliştiriciler kısmında Airbus, Kitty Hawk, Lilium Havacılık, Volocopter, Joby Havacılık ve havacılık elektroniği kısmında Boeing, Garmin, Sikorsky gibi şirketlerin yer aldığı görülmektedir.

Bu alanda en yoğun çalışma yapan kuruluşlardan biri olan NASA, kentsel hava ulaşımı konseptinin geliştirilmesi ve uygulanabilmesi için araştırmalar gerçekleştirmektedir. NASA, kentsel hava ulaşımının test aşamasındaki gereksinimlerini belirleyerek uygulama alanlarına yönelik pazar analizi yapmakta ve kentsel hava ulaşımı sisteminin içerisinde yer alacak bütün ulaşım sistemlerinin entegrasyonunu içeren modeller ortaya koymaktadır (Shin vd, 2018). Buna ek olarak metropoliten alanlarda çeşitli vertistop/vertiport altyapı fikirlerinin geliştirilmesi ve kent içerisinde yer alacak bütün hava ulaşım sistemlerini içeren hava trafiği kontrolü konusunda da detaylı araştırmalar NASA tarafından sürdürülmektedir.

Günümüzde Sao Paulo, Dubai ve Yeni Zelanda'da kentsel hava ulaşımı projeleri devam ederken bu uygulamaların kentsel ve hukuksal boyutlarda zorluklar ortaya koyabileceği üzerinde de durulmaktadır. NASA, zorluklarla mücadelede güvenlik ve entegrasyon senaryoları açısından projelerin uygulanabilmesi için sponsor olabileceğini bildirmiştir (National Air Transportation Association, 2019).

Bunların dışında, özellikle e-VTOL araçların üretilmesiyle birlikte dünyada çeşitli uygulamalar yapılmaya başlamıştır. Bu kapsamda Airbus Şirketi, Alpha One isimli aracı ile ABD'de test uçuşlarını gerçekleştirmiş (Kapanoğlu ve Orhan, 2018), 2017 yılında São Paulo'da ve Mexico City'de Voom helikopteri ile uçuşlarını yapmaya başlamıştır. Yeni Zelanda'da Kitty Hawk, otonom uçaklarını operatörü Zephyr Networks ile test ettiğini açıklamıştır. Volocopter şirketi Almanya, Las Vegas, Dubai ile Birleşik Arap

Emirlikleri'nde hava taksi hizmetlerine yönelik çalışmalar başlatmıştır (Dunn, 2018; Kapanoğlu ve Orhan, 2018; Lascara vd., 2018; Thippavong vd., 2018). Uber ise ortakları ile birlikte Los Angeles, Dubai ve Dallas'ta faaliyet yapmayı planlamaktadır (Baur vd., 2018; Lascara vd., 2018; Shin vd., 2018).

Bu çalışmaların yanı sıra bir e-VTOL aracının ilk insanlı uçuşu ise 2018'de EHANG 184 tarafından gerçekleştirilmiştir (Fadhil, 2018). EHANK 184'e ek olarak 2019 yılında Airbus'ın CityAirbus aracı, Vertical Aerospace'in Seraph aracı ve Lilium'un Jet 5-Seater aracı da insansız uçuşlarını tamamlamışlardır (http-14).

Uber tarafından yapılan bir araştırmada Londra'da havalimanları arasındaki ulaşımın karayolu ve e-VTOL araçlarla ayrı ayrı ele alındığında ne kadar sürdüğü hesaplanmıştır. Heathrow ve Gatwick Airport arası yolculuk yaklaşık 61 km olup trafiğin pik olduğu bir zamanda seyahat yaklaşık bir buçuk saat sürmekteyken kullanılacak 200 mph hıza sahip bir e-VTOL aracının bu süreyi 10 dakikaya kadar düşürdüğü gözlenmiştir. Volocopter'in yaptığı bir araştırmada, 80 ila 100 km/s ortalama hızda seyahat eden bir Volocopter e-VTOL aracının 35 km'lik bir mesafeyi 18 ila 22 dakika arasında alabileceği belirtilerek bunun iki hat arasında en az %50 zaman tasarrufu sağlayacağı bildirilmiştir (Volocopter, 2021). Lilium e-VTOL jetin ise 75 km'yi 15 dk, 150 km'yi 30 dk ve 300 km'lik mesafeyi 60 dk içerisinde alabildiği belirtilmiştir (http-15). Porsche tarafından yapılan araştırmada ise 20 kilometreden uzun mesafelerde kentsel hava hareketliliğinin kişiye ciddi miktarda zaman tasarrufu kazandırdığı saptanmıştır. Yapılan çalışmada otomobil ile 40 km uzunluğunda ve 45 dakika süren bir yol e-VTOL araç ile 30 km mesafeye inerek 10 dakika sürmüştür (Grandl vd., 2018).

Terrafugia, TF-2 aracı ile yaptığı araştırmada yolcuların kişi başına yaklaşık 30 dolar ödeme yaparak 24 ile 32 km arasında uçuşunu gerçekleştirebileceği üzerinde durmuştur (Shin vd., 2018). Günümüzde kentsel hava hareketliliği kapsamında Brezilya Cabifly'da Airbus'un Voom helikopteri ile yapılan 7 dakikalık uçuşun maliyeti 50 dolar, 15 dakikalık uçuşunki ise 80 dolar olmaktadır (Kapanoğlu ve Orhan, 2018).

E-VTOL araçların kalkış ve iniş yapacağı dünyanın ilk vertiportu ise 2019 yılında Roland Berger ve Volocopter'in ortak bir girişimi sonucu Singapur'da inşa edilmeye başlamıştır (http-15).

Bazı havalimanlarında da e-VTOL'lerin ihtiyaç duyacağı şarj üniteleri üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. Örneğin Compton/Woodley Havalimanı Pipistrel SkyCharge istasyonu eklemiştir (National Air Transportation Association, 2019).

Metropolitan alanlarda e-VTOL araçlarla olan ilk pilot projelerin 2020-2025 yıllarında Dubai, Singapur, Los Angeles, Tokyo ve Dallas'ta hayata geçmesi beklenmektedir. 2025-2030 yıllarında ise araçların batarya süresinin artarak kent çeperinde bulunan kırsal alanlara erişimin sağlanacağı tahmin edilmektedir. 2030 sonrası için araçların tam otonom sistemle tamamen pilotsuz olarak uçuş yapabilecekleri ve kentteki birçok kişi tarafından kullanılabilecek uygun maliyetli bir ulaşım sistemine dönüşeceği öngörülmektedir (Baur vd., 2018).

2.3.6. Kentsel hava ulaşımında Türkiye'deki gelişmeler ve yaklaşımlar

Türkiye'de kentsel hava ulaşımı konusundaki en kapsamlı çalışma İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından İstanbul Heliport Ana Planı kapsamında yapılmıştır. Plan çerçevesinde yüksek yoğunluklu kentsel bölgelerde devam etmekte olan helikopter çalışmaları incelenmiş, İstanbul kentinin sorunları ortaya konulmuştur. Yine İstanbul için kentsel hava ulaşımının potansiyeli bu plan dahilinde araştırılmış, heliport yer seçimi analizi yapılarak kent için heliport planlaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kentsel hava taşımacılığında dünyada yapılan çalışmalardan örnekler verilerek İstanbul'da da yeni nesil e-VTOL araçların kullanılabileceğine dikkat çekilmiştir.

Bir başka önemli gelişme ise kentsel hava ulaşımı araçlarının üretimi konusundadır. Bayraktar şirketi tarafından kentsel hava taşımacılığı kapsamında Türkiye'nin ilk e-VTOL aracı olan Cezeri üretilmiş ve 2019 İstanbul Teknofest'te görücüye çıkmıştır. Cezeri, 4 pervaneli olup, otonom teknoloji, DEP, 5G teknolojisi gibi dünyada üretilmiş olan diğer araçlarla aynı kabiliyetlere sahiptir.

2.4. Kentsel Hava Ulaşımı Planlaması ve Gereksinimler

Günümüz kent yaşamında; trafik yoğunluğu, hedef mekana zamanında erişimde yaşanan gecikmeler, acil durumlarda mevcut ulaşım imkanlarının tepki süresi, egzoz gazı emisyonuna maruz kalınması, erişilmesi güç alanların yerleşime açılması gibi nedenler

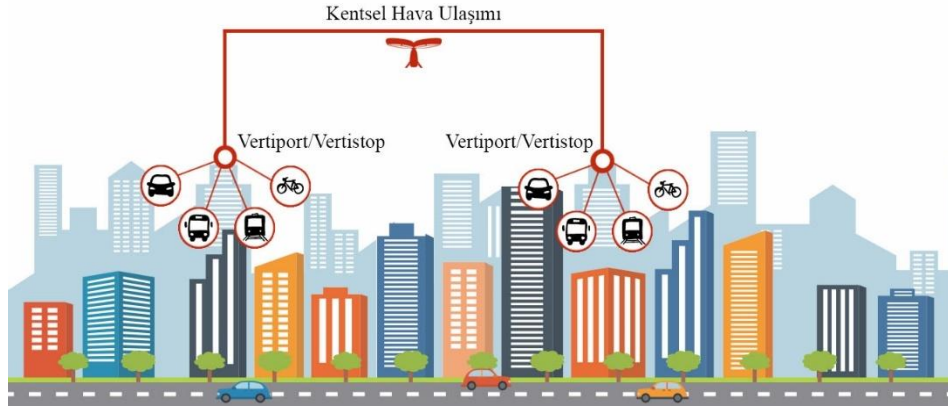
ile kentsel hava ulaşımında (yolcu ve kargo taşımacılığında) yeni ve hızlı ulaşım araçlarına ihtiyaç duyulduğu bilinen bir gerçektir.

Yeni ve hızlı ulaşım araçları; daha hızlı ve güvenilir, insanların yaşam kalitesi ve kentlerin kültürel mirasına ve doğal yaşama zarar vermeyen, çevreyi kirletmeyen, elektrikli motorların kullanıldığı, dikey kalkış ve iniş yapabilen, kargo ve yolcu taşıyabilen batarya teknolojisine sahip e-VTOL olarak isimlendirilen araçlardır.

Kentsel hava ulaşımı, e-VTOL'lerle gerçekleştirilecek metropoliten alanlar içerisinde, kent merkezi ile kent çeperleri arasında ve şehirler arasındaki ulaşımı kapsayacak şekilde 3 aşamada ele alınmıştır. Fakat bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında metropoliten alan içerisindeki kentsel hava ulaşımı ve bunun planlamaya etkisi üzerinde durulmaktadır. Bu kapsamda kentsel hava ulaşımını vertiport/vertistop olarak belirlenmiş duraklar arasında bir seferde 2 ila 5 yolcu alabilecek şekilde hava metro kullanımı olarak düşünülmüştür. Bu noktadan hareketle kentsel hava ulaşımı vasıtasıyla;

- Metropoliten alanlardaki ulaşımda verimlilik sağlamak,
- Yoğunluğu fazla olan karayolu trafiğine çözüm üretmek,
- Kentsel hareketliliği iyileştirmek,
- Ulaşım süresini azaltmak,
- Ulaşımdaki tıkanıklığın kişi başına düşen maliyetini azaltmak,
- Trafiğin neden olduğu çevresel sorunları azaltmak,
- Diğer ulaşım sistemleriyle şekil 2.10'da gösterildiği gibi tam entegre paylaşımlı bir taşıma sistemi oluşturmak

Hedeflenmektedir.



Şekil 2.10. Kentsel hava ulaşımı şeması

Metropol şehirler hali hazırda oldukça fazla göç almaktadırlar. Kişilere kısa seyahat süreleri ve kapıdan kapıya ulaşım imkanı sağlaması nedeniyle geçmiş yıllarda otomobiller metropol alanların daha da büyümesine neden olmuştur. Bu durum ise hala kentler için bir tehdit oluşturmaya devam etmektedir. Fakat kentsel hareketliliğin otonom sistemler, akıllı kentler ve akıllı büyüme çerçevesinde gerçekleşmesi büyümenin daha kontrollü ve sürdürülebilir olmasına izin verecektir. Bu kapsamda U-Space Avrupa ATM Master Planında, kentsel alanlarda alçak irtifalarda e-VTOL araçların kullanımında emniyet, güvenlik, mahremiyet ve çevresel kaygıların ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (SESAR, 2018).

Bu nedenle uçuşlarda önem arz edecek ve uçuş rotasını değiştirecek sabit ve dinamik risk etmenleri gözönünde bulundurulmalıdır. Bu risk etmenleri göz önüne alınarak önceden kentin uçuşa uygun olabilecek alanlarının planlanması, araçların terminal alanlarının buna uygun olarak belirlenmesi, herhangi bir acil durumda alternatif iniş alanlarının saptanması önem arz etmektedir (Mathur vd.,2019).

Kentsel hava ulaşımı kapsamında, çalışılacak ölçeğe bağlı olarak kentsel hava ulaşımı planlamasına uygun olabilecek alanlarının tespit edilmesi daha sonra da bu alanlar içerisinde hava ulaşımında kullanılacak araçların kalkış ve iniş yapacağı vertiport/vertistop alanları için uygun yer seçiminin yapılması gerekmektedir.

2.4.1. Kentsel hava ulaşımı planlamasına etki eden faktörler

Kentsel hava ulaşımı planlamasına uygun alanların tespitinde ulaşım talebi, kentsel iletişim altyapısı, kentsel arazi kullanımı, mevcut uçuş operasyonları, meteorolojik

koşullar ve coğrafi kısıtlamaların varlığı dikkate alınması gereken temel unsurlardır. Bu bölümde, bu unsurlar kısaca açıklanmıştır.

2.4.1.1. Ulaşım talebi

Ulaşım planlaması çerçevesinde kentin mevcut yapısının açıklanabilmesi için nüfus, gelir dağılımı, araç sahipliği, eğitim durumu, hanehalkı büyüklüğü, çalışan ve öğrenci sayıları gibi hareketlilik için temel açıklayıcı değişkenlerin belirlenebilmesi gerekmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2016). Böylelikle kentsel hava ulaşımına nasıl bir talep olacağı ortaya konabilmektedir.

Bu kapsamda hanehalkı ulaşım anketi yapılabilmekte; hane ve hanehalkı özellikleri (gelir düzeyi, araç sahipliği, yaş, iş, vb.), yolculuk özellikleri (yolculuk zamanı, yolculuk süresi, kullanılan ulaşım türü, aktarmalar, beklemler, yolculuk amaçları, başlangıç-bitiş, vb.) saptanabilmektedir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014).

Ayrıca bir bölgenin yolculuk çekimlerinin sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bir mahalleye kaç kişinin, hangi sektörlerde çalışmaya geldiği gibi istihdam ve işgücü olanaklarının mekandaki dağılımının bilinmesi önem arz etmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2016). Bu kapsamda kentte bulunan merkez alanları, şehirlerarası terminaller, sanayi, depolama alanları, okullar gibi ulaşım talep düzeylerini etkileyen fiziki, sosyal ve demografik özellikler dikkate alınmaktadır (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014). Bunun yanı sıra kentteki toplu taşıma sistemlerine dair hatlar, duraklar, hız ve zirve saatlerdeki sıklıklar da değerlendirilmelidir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014).

Tez kapsamında da kentin arazi kullanımı, iş yeri sayısı, iş yeri yoğunluk alanları, ilçe nüfus yoğunlukları, ilçe kişi başı gelir seviyesi, ilçe kişi başı toplam tüketim harcaması, ilçe sosyo ekonomik statü (SES), ilçe kişi başı tasarruf, ilçe kişi başı ulaşım, araç sayım dağılımı ve toplu ulaşım sistemlerine dair hatlar dikkate alınmıştır.

2.4.1.2. Kentsel iletişim altyapısı

Araçların pilotsuz ve otonom olmalarına bağlı olarak anlık değişebilecek risk durumlarını algılayabilmesi, navigasyon doğruluğu sağlayabilmesi, arıza yönetimi, algılama ve önleme (DAA- Detect and Avoid) işlemlerini yapabilmesi için iyi bir iletişim ve navigasyon altyapısı gerekmektedir (Mathur vd., 2019; SESAR, 2018). Bu altyapı büyük binaların neden olduğu parazit sorunlarının yanı sıra çok sayıda ve eşzamanlı

işlemle başa çıkabilmeyi sağlayarak iletişimi güvenli bir hale getirmelidir (SESAR, 2018). Bundan dolayı kent içi hava ulaşımında 5G Teknolojisi e-VTOL araçların etkin bir şekilde kullanılmasında önemli bir teknolojik gelişme olarak görülmektedir.

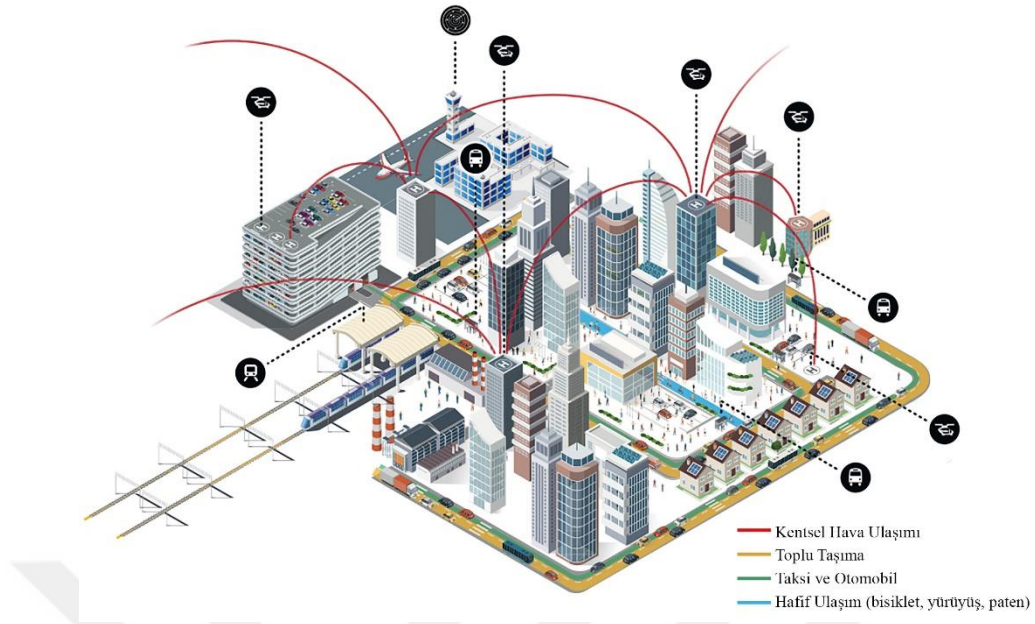
Ayrıca araçların diğer nesnelerle (vertiportlar, vertistoplar, e-VTOL araçlar, otomobiller, binalar gibi) iletişimini içeren IoT teknolojilerinden ve LIDAR gibi sensör verilerden gerçek zamanlı bilgilerin okunabilmesi ve araçların bir risk durumunda acil durum operasyonlarını uygulayabilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla kentsel hava ulaşımının etkin bir şekilde uygulanabilmesi için kentlerin iletişim altyapılarını buna göre düzenlemeleri ve yenilikçi teknolojiler kullanarak akıllı şehirler konseptiyle tamamen entegre etmesi önemlidir.

2.4.1.3. Kentin arazi kullanımı

Metropolitan alanlarda yeni yer ulaşım sistemi bağlantılarının yüksek maliyetler içermesi, yeni yer ulaşım sistemleri için kentlerde sınırlı boşlukların bulunması, kentsel hava ulaşımı sisteminin belirli bir güzergaha bağlı kalmaması ve buna bağlı olarak düğüm tabanlı bir ulaşım sistemi olması nedenleriyle kentsel hava ulaşımı sisteminde kentin arazi kullanımına en az şekilde müdahale edilerek bu sisteminin planlanması gereklidir.

Bu kapsamda, kentsel hava ulaşımı sisteminin kentte yer alan mevcut ulaşım sistemleri ile entegre edilmesi büyük önem kazanmıştır. E-VTOL araçların yolcu alıp bırakacağı vertiport/vertistop yapılarının kent içerisindeki lokasyonları ve bu yapıların nasıl planlanacağı kentsel hava ulaşımı sisteminin metropolitan alan içerisindeki kullanımı açısından kritik önem taşımaktadır.

Kentsel hava hareketliliğinin kente entegrasyonu Porsche şirketi tarafından şekil 2.11'deki gibi resmedilmiştir (Grandl vd., 2008). Böylece bu ulaşım türü kentlerin planlanmış yapısal sosyo-ekonomik durumuna zarar vermeden uygulanabilecektir.



Şekil 2.11. Kentsel hava hareketliliğin kent ile entegrasyonu (Grandl vd., 2008).

Tez kapsamında da kentin arazi kullanımı, toplu ulaşım sistemleri, otopark noktaları ve mevcut heliport alanları dikkate alınmıştır.

2.4.1.4. Uçuş operasyonları

Kentsel hava ulaşımı çeşitli uçak tiplerinde farklı performanslar sergilemektedir ve bir metropoliten alanda her farklı görev için farklı konfigürasyonlar tercih edilebilmektedir. Bu durum, araçların çalışma performanslarını değiştirmektedir. Performanstaki bu değişikliklerin hava sahası tasarımı ve hava sahası entegrasyonunda çalışma prosedürleri üzerinde önemli etkileri olmaktadır (Thippavong vd., 2018).

U-Space Avrupa ATM Master Planı'na göre araçların 500ft ile 60.000ft arasında aletli uçuş kuralları (IFR- Instrument Flight Rules) ve görerek uçuş kurallarına (VFR - Visual Flight Rules) eşdeğer bir şekilde uçmaları beklenmektedir. Ancak uçuş operasyonlarının hangi otoriteler tarafından yürütüleceğine ilişkin henüz ortaya konulmuş net bir yetkilendirmeye rastlanılmamış ve yeni bir içerik olarak ele alınması gerektiği belirtilmiştir (SESAR, 2018).

Ayrıca uçuşa yasak bölgelerin veya diğer kısıtlamaları içeren coğrafi bilgilerin sürekli ve güncel olarak erişilebilir olması gerekmektedir (SESAR, 2018). Aynı zamanda kentsel alanlara ilişkin düşey engellerin bilinmesi önem arz etmektedir.

Tez kapsamında, kentte uçuşa yasaklı bölgeler ve diğer kısıtlamaları içeren coğrafi bilgilerden yararlanılmıştır.

2.4.1.5. Meteoroloji

E-VTOL araçlar otonom sistemler olsa da sis, buzlanma, rüzgâr, ani rüzgar ve fırtınalı hava şartlarından oldukça kolay etkilenebilmektedir. Bundan dolayı kentsel alanlar için uçuştan önce veya uçuş sırasında tahmini ve gerçek hava durumu bilgileri, geliştirilmiş hava durumu bilgileri veya mikro hava durumu bilgileri kullanılmalıdır (SESAR, 2018).

Ayrıca metropoliten alan içerisinde yüksek binaların sebep olduğu uçuşu etkileyen ani rüzgarlar bulunmaktadır. Bu sebeple, kent ölçeğinde genel meteorolojik verilerin yanı sıra mikro hava durumu verilerinin de (binalar ve binalara bağlı oluşan türbülans alanları ve koridorları gibi) yetkili otoritelere çevrimiçi servis edilmesi önemlidir.

Bahsi geçen çevrimiçi kentsel meteorolojik servisler (veri paylaşımları) sayesinde otonom sistemlerin operasyon öncesinde veya uçuş sırasında anlık yerel hava durumu bilgilerinden oluşan hava şartlarını algılayabilmesi, böylece uçuşa uygunluk kararı vermesi mümkün olabilmektedir. Benzer şekilde uçuş sırasında gerçekleşen hava olaylarına göre potansiyel olumsuzluklara asgari şekilde maruz kalmayı sağlayacak dinamik yönlendirme ve yaklaşma prosedürleri oluşturulabilecektir (Uber Elevate, 2016).

2.4.2. Vertiport/Vertistop planlaması

Kentsel hava ulaşımında kullanılacak e-VTOL araçların sağlıklı ve etkili bir şekilde hizmet verebilmesi için 2 temel altyapı (istasyon) söz konusudur. Bunlardan ilki olan vertiportlar, e-VTOL araçlar için çoklu pist, şarj altyapısı ve yer operasyon hizmetini içeren ana istasyonlardır. Vertistoplar ise tek bir pist gibi minimum altyapı gereksinimi ile inşa edilebilen ve sadece konma ve havalanma Alanı (TLOF- Touchdown and Lift-Off Area) alanından oluşabilen tesislerdir (Fadhil, 2018; Peisen, 1994; Uber Elevate, 2016). Günümüzde e-VTOL araçların kentsel hava ulaşımında kullanılmasının önündeki en büyük engellerden biri ise araçların kalkış ve iniş yapabileceği yeterli miktarda vertiport ve/veya vertistop alanının bulunmamasıdır.

Bahsi geçen engelin ortadan kaldırılması ve e-VTOL araçların kentsel hava ulaşımında etkin şekilde kullanılabilmesi için kent içindeki mevcut ve potansiyel dinamikleri/faktörleri araştırmak, e-VTOL araçların uçuş yapacağı güzergahları

belirlemek ve çok kriterli olarak veriport/vertistop alanları için en uygun lokasyonları tespit etmek önemlidir. Ancak veriport/vertistop yer seçimi analizi ile ilgili akademik çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Uber Elevate (2016) tarafından da veriport/vertistop yer seçimi ve veriport/vertistopların inşa edilmesi için henüz belirlenmiş standartlar bulunmadığı bildirilmektedir. Buna ek olarak e-VTOL araçların güvenli kalkış ve iniş yapabileceği alternatif yerlerin özellikleri hakkında da mevcut bir standart yoktur (Vascik, 2017). Nüfusun yoğun olduğu birçok kentte arazinin maliyeti, arazi kullanım planlaması, imar planları veya yerel siyasi desteğin olmaması gibi nedenlerle bazı yerleşim alanlarında veriport inşasının yasal zorluklar yaratabileceği öngörülmektedir (Cohen, 1996).

2.4.2.1. Yüzey özelliği

E-VTOL operasyonları için Şekil 2.12’de gösterilen mevcut heliportlar, mevcut havalimanları, çok katlı otoparkların veya yüksek binaların çatıları, otoyol kavşaklarının çevrelediği kullanılmayan açık araziler gibi altyapı maliyetini azaltmayı hedefleyen alanlar veriport/vertistop alanı olarak önerilmektedir. Bunun yanı sıra veriport/vertistop yer seçimi yaparken kent içindeki rüzgâr tünelleri gibi mikro iklim verilerinin de göz önünde bulunması gereklidir. Ayrıca araçların uçuş süreleri göz önünde bulundurarak acil durumlar için rota boyunca alternatif iniş alanlarının da planlanması önemlidir. Nüfus yoğunluğu, gelir seviyesi, işe gidiş-geliş süresi ve trafik yoğunluğu gibi kriterler de veriport/vertistop yer seçimi kararında göz önüne alınmalıdır (Grandl vd., 2018; ICAO Safety Report 2019 Edition, 2019; National Air Transportation Association, 2019; Rath ve Chow, 2019; Uber Elevate, 2016; Vascik, 2017).



Şekil 2.12. Vertiport/Vertistop tesisleri

Genel olarak vertiport/vertistop yapılarının birçok farklı alanda inşa edilebilmesi mümkün görünse de yoğun nüfuslu bölgelerdeki binalar e-VTOL araç operasyonlarının gerçekleştirilmesine engel teşkil edebilmektedir. Araçların otonom olması ve pilotsuz uçuşu hedeflendiği için uçuş güvenliğinin maksimum düzeyde olması gerekmektedir. Ancak, yüksek yapı yoğunluğu olan bölgelerde iletişim problemleri ve navigasyon hassasiyetinde azalmalar meydana gelebilmektedir. Bunlara ek olarak bu bölgelerde araçlar belirli bir seviyede gürültü ve hava türbülansı yaratabilmektedir. Bu etkiler düşünüldüğünde yüksek çatılarda konumlanan terminallerin daha az zarara yol açacağı düşünülmektedir (Baur vd, 2018).

Porsche şirketinin araştırmalarında kentsel hava ulaşımının ilk aşamasında kentlerdeki mevcut heliport alanlarının kullanılabileceği, sonraki süreçte ise daha iyi hizmet sağlayabilmek için nüfusu on milyon veya daha fazla olan megakentlerde 100'e yakın vertiport/vertistop alanının oluşturulması gerektiği belirtilmiştir (Grandl vd., 2018).

Zaman içerisinde e-VTOL ve insansız hava aracı uçuşlarının artması beklendiği için araçların iniş ve kalkış yapacağı alanların düşük hava sahası hacmi içeren yerler olmasına dikkat edilmelidir (SESAR, 2018).

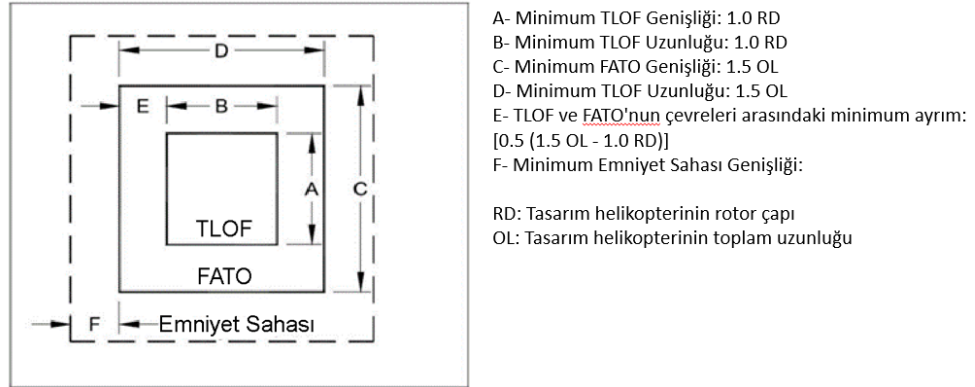
2.4.2.2. Vertiport/vertistop alan büyüklüğü

E-VTOL araçlarının farklı tiplerde ve farklı kanat uzunlukta olmalarından dolayı vertiport/vertistop alan büyüklükleri ile ilgili kesinleşmiş standartlar bulunmamaktadır. Literatürde yapılan araştırmalara göre farklı çalışmalarda farklı büyüklükler ele alınmıştır. Bunlar Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Vertiport/vertistop alan büyüklüğü literatür araştırması

Literatür	TLOF	FATO	Emniyet Sahası (SA)
Vascik ve Hansman (2017)	45'	68'	88'
Volocopter (2021)	56' x 56'		
Uber Elevate (2016)	45' x 45'	70' x 70'	100' x 100'
Fadhil (2018)	13 x 13 m	15 m	19 m
Taylor, Saldanli ve Park (Tarihsiz)	50'	100'	130'
Park vd., (2020)	45'	70'	
Lonut (2020)	7,0 m	7,5 m	15 m
Antcliff vd., (2016)	50'	100'	200'

FAA, Mart 2021’de, iniş alanının boyutsal gereksinimlerinin, bir uçağın kritik boyutlarına (Critical Dimensions - CD) ve maksimum brüt kalkış ağırlıklarına bağlı olarak belirlenebileceğini, mevcut heliport tasarım yönetmeliklerine bunlarla eşit veya daha az olacak şekilde yansıtılabileceğini açıklamıştır. Şekil 2.13’te ise bu açıklamaya uygun olarak ölçüler verilmiştir (Torres, 2021).



Şekil 2.13. TLOF/FATO Emniyet Sahası İlişkileri ve Minimum Boyutlar (Federal Aviation Administration, 1991)

2.4.2.3. Maliyet ve yasal konular

NASA tarafından Silikon Vadisi için yapılan bir araştırmada, terminallerin yer seçimi için yol kavşaklarında bulunan boşlukların etkin bir şekilde kullanılabileceği vurgulanmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Vertiportlar yapımı için önerilen kavşak alanları (Antcliff vd., 2016)

Bunun en önemli gerekçesi, vertiport/vertistop alanı inşa etmek için özel mülkiyetlere/arazilere duyulacak ihtiyacı ve dolayısıyla altyapı maliyetini azaltmak, böylelikle yerleşim yerlerindeki bu tarz kullanımlarla ilgili yasal sorunların daha kolay aşılmasını sağlamaktır. Bir başka deyişle, kamu alanlarının/arazilerinin tercih edilmesi hem mali hem de yasal açıdan süreci kolaylaştıracaktır. Buna ek olarak kavşakların

kullanımı hem daha fazla yaklaşma ve kalkış alanı oluşturulmasına olanak sağlayacak hem de karayollarından kaynaklı mevcut gürültü ile e-VTOL araçların neden olduğu gürültü aynı bölgede toplanacaktır. Kentsel planlama açısından ele alındığında ise vertiport/vertistop alanlarının kavşak noktaları veya büyük yolların birleştiği bölgelerde inşa edilmesiyle kent içinde işlevsiz alan olarak nitelendirilen bu lokasyonlar değerlendirilmiş olacaktır.

Gürültüye ek olarak kent içerisinde konut alanı içerisinde yer alacak vertiport/vertistoplar için mahremiyetin göz önüne alınması önemlidir (Fadhil, 2018; Shin vd., 2018). Özel mülkiyet kavramı her ülke için farklı yasalarla ele alınmaktadır ve her ülke için değişiklik göstermektedir. E-VTOL araçlarının kalkış ve inişleri sırasında üzerinden geçeceği özel mülk ve o mülke ait üzerindeki hava sahasıyla ilgili şartlar her ülkenin kendi yasal çerçevesi içinde ele alınmalıdır.

Çoğu şirket, metropol alanı içerisinde 5.000 fit (1524 m) rakımlarda ve 150 knot (278 km/s) hızlarla 100'km'den az mesafede eşzamanlı çalışmalar tasarlamaktadır. Fakat prosedürlerler henüz kentsel hava ulaşımı operasyonlarını kapsamlı olarak içermediğinden sınırlı bir ölçekte çalışma önermektedir. Bundan dolayı kentsel hava ulaşımı kapsamının helikopter operasyonlarına çok benzer şekilde başlaması önerilmektedir (Thipphavong vd., 2018b).

2.4.2.4. Mevcut ulaşım altyapısı ve arazi kullanımı

Metropolitan bir alanda e-VTOL operasyonlarının etkin bir şekilde uygulanabilmesi için sadece o bölgedeki kentsel hava ulaşımı talebine değil, aynı zamanda bölgedeki ulaşım altyapısının kapsamına ve mevcut ulaşım ağlarındaki talebe de bakılması gerekmektedir (Fadhil, 2018). Çünkü halihazırda yüksek yoğunluk içeren bir ulaşım güzergahı üzerinde yapılacak bir vertistop/vertiport terminali çevresinde ekstra yoğunluk oluşacak, karayolu ulaşım sistemlerinde aşırı yüklenme meydana gelebilecektir (Mathur vd., 2019). Bu nedenle vertiport/vertisop alanları için yer seçiminin, potansiyel alanların mevcut trafik yoğunluğu göz önüne alınarak gerçekleştirilmesi, kentsel hava ulaşımının kentte yer alan mevcut ulaşım sistemine verimli bir şekilde entegre edilmesi, böylece kentsel ulaşımında verimlilik sağlanarak ulaşım sistemleri arasında kesintisiz geçişler sağlanması gerekmektedir (ICAO Safety Report 2019 Edition, 2019; National Air Transportation Association, 2019).

Bu kapsamda değerlendirildiğinde kentte en fazla yolculuk yaratan ve yolculuk çeken durak ve istasyonlar dikkate alınacak şekilde konumlandırılma yapılmalıdır. Kent içerisinde genellikle en fazla yolculuğun yapıldığı bu yerlerin başında da kent merkezi ve merkezi iş alanları (MİA) gelmektedir. Ayrıca yolculuk yaratma potansiyeli yüksek olan bölgelerin de (ofis merkezleri, alt-merkez özelliği gösteren bölgeler, ticari merkezler, hastaneler, üniversiteler, kültür alanları vb.) değerlendirilmesi önemlidir (Kılınçaslan, 2012, s. 155).

2.4.2.5. Güvenlik ve altyapı

Vertiport/vertistop alanı için gereken altyapı ihtiyaçları kentsel bölgedeki taşımacılık operasyon yoğunluklarına göre değişkenlik göstermektedir. Fakat her vertiport/vertistopun kolay erişilebilir yollar üzerinde olması, terminallerin entegre ulaşım kapsamında çevresinde otopark alanları ve herhangi bir risk durumuna karşı güvenli alanlar bulundurması gerektiği belirtilmiştir (National Air Transportation Association, 2019).

Bunun yanı sıra e-VTOL araçlar için şarj istasyonlarının yer alacağı terminaller için ayrıca altyapı ve kısıtlamalar gerekebilmektedir. Vertiport/vertistoplarda araçların pillerini şarj edebilmek için yer alan güç aktarımı potansiyel yangın tehlikelerine neden olabilmektedir (Mathur vd., 2019). Ayrıca NASA, lityum iyon pillerin hava ve nem koşullarındaki değişikliklere bağlı olarak yanıcı olabileceğini belirtmiştir (Chibuogu Nneji vd., 2017). Bu nedenle, şarj alanlarında güvenlik ve verimlilik sağlayacak bir altyapının bulunması yer seçimi çalışmalarında göz önüne alınması gereken diğer önemli unsurlar arasındadır.

2.4.2.6. Çevresel etmenler

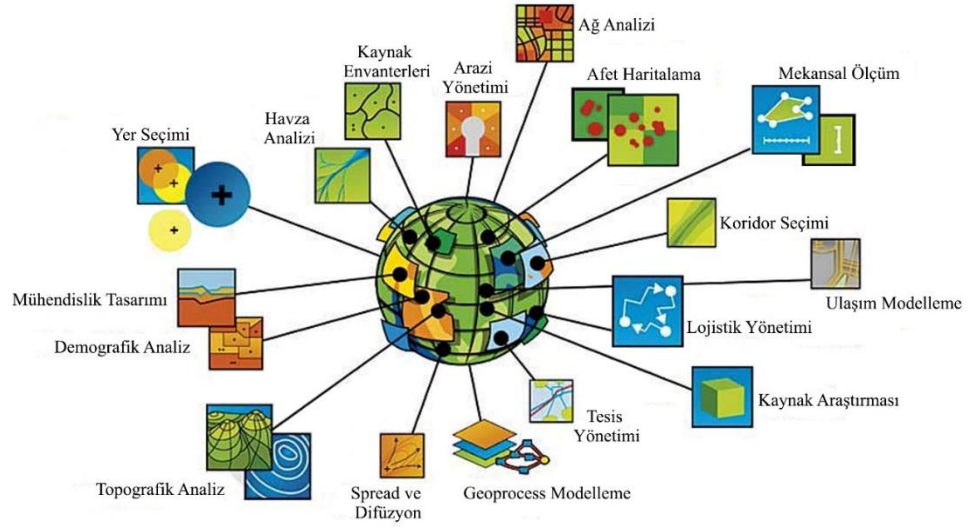
Bugün toplumda vertiport/vertistopların yapılmasındaki en büyük engellerden biri yüksek gürültüye neden olma potansiyelidir. Gürültü aynı zamanda yer seçimi çalışmalarında önemli etmenler arasında yer almaktadır. Vertiport/vertistoplar, kullanılacak araç türüne göre yüksek gürültü içerebilmektedir. Kent içerisinde yer alacak terminallerin neden olduğu gürültü düzeyinin yerleşim alanları için öngörülen gürültü eşik değerleri içerisinde yer alması gerekmektedir. Yine de vertiport/vertistoplar inşa edilirken yüksek gürültü seviyelerini en aza indirebilmek için minimum 500 ft (152 m)'lik bir tampon alan bırakılarak gürültü bariyerinin yapılması önerilmektedir (Cohen, 1996).

2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Kentsel Hava Ulaşımı Planlanması

Ulaşım; kara, su ve hava gibi yüzeylerde çevre ile uyum sağlamış farklı ulaşım araçları ile ticaret, iş, eğitim, spor, sağlık ve eğlence gibi farklı sektörlerdeki insanların veya malların bir yerden başka bir yere hızlı, rahat, konforlu, ekonomik ve güvenli bir şekilde taşınabilmesini sağlayan çok yönlü bir sistemi ifade etmektedir. Bundan dolayı ulaşımında yeni yapılacak tesislerin konumları ile ilgili kararlar özellikle metropoliten bölgelerde kentin ekonomisini ve kentlilerin yaşam tarzlarını büyük oranda etkilemektedir. Bundan dolayı kentte ulaşım altyapısına dair yeni bir tesis yapmak uzun vadeli bir yatırım olarak görülmektedir. Bu kapsamda da yapılacak herhangi bir ulaşım projesinin mühendislik, ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan detaylı bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Günümüzde tüm bu karmaşık verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, anlamlandırılması, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması ise CBS ile mümkün olmaktadır.

CBS, mekânsal ve mekânsal olmayan (grafik ve grafik olmayan) verilerin toplanması, depolanması, dönüştürülmesi, işlenmesi, görselleştirilmesi ile çok çeşitli analiz, sentez ve sorgulamaların yapılması amacıyla kullanılan, veri, yazılım, donanım, yöntem ve personel bileşenlerinden meydana gelen üst düzey karar destek sistemidir (Özdemir, 2017). CBS, bir yerleşim yerinin topografyası, afet tehlike ve riskleri, hidrografik yapısı, bitki örtüsü, toprak özellikleri gibi doğal verilerin yanı sıra nüfus, eğitim seviyesi, gelir durumu, iş gücü, yapıli çevre özellikleri, mevcut alan kullanımı gibi kültürel verilerini aynı platformda değerlendirmeye imkan tanıyan, grafik ve grafik olmayan verileri birbiriyle ilişkilendiren bir sistemdir. Böylece CBS platformlarında aynı konum için farklı verileri içeren katmanlar mekansal olarak ilişkilendirilebilmektedir. Uzaktan algılama yöntemleri ile de elde edilen veriler, diğer verilerle birlikte bu verilerin depolanmasına, değiştirilmesine ve görüntülenmesine imkan veren CBS ortamına aktarılarak daha hızlı, daha ucuz ve daha doğru analiz ve sorgulamalar gerçekleştirilebilmektedir.

CBS ortamında sorgulamalar verinin özniteliğine veya lokasyonlarına göre yapılabilmektedir. Analizler ise yüzey analizi, mekansal analizler, ağ analizleri ve jeostatistiksel analizler olarak ele alınabilmektedir (Özdemir, 2017). Bunların dışında Şekil 2.15'te görüldüğü üzere CBS, daha farklı alanlarda ve farklı analizlerde kullanılabilmektedir (http-17).



Şekil 2.15. CBS kullanım alanları ve analizleri (<http-17>)

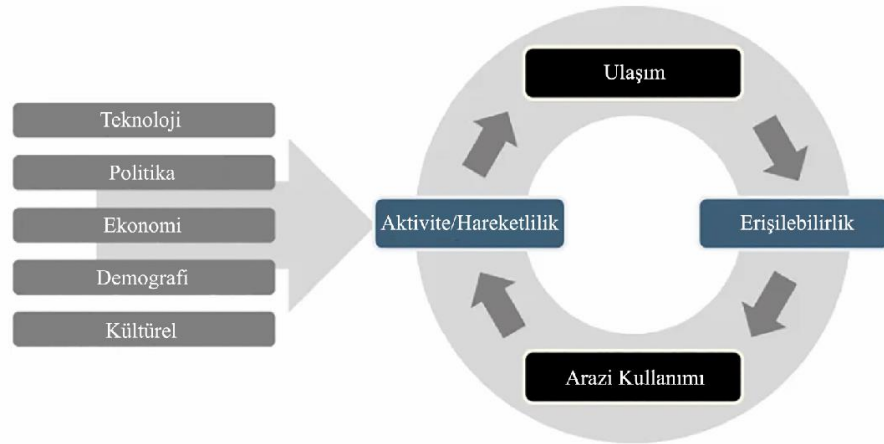
Tüm bu analiz ve sorgulamalar çok sayıda verinin kullanımını içermektedir. CBS'nin sağladığı faydalardan en önemlileri; karmaşık verilerle ilgili karar vermeyi kolaylaştırması, bilgi akışını hızlandırması, iş verimliliğini artırması, verilerin güncellenmesine izin vermesi, zamandan tasarruf sağlaması, etkili ve doğru incelemelere olanak vermesidir. Bundan dolayı birçok farklı meslek grubu tarafından CBS günümüzdeki en etkili planlama aracı olarak görülmektedir. CBS'nin uygulama alanlarına bakıldığında şehir ve bölge planlama, kent bilgi sistemleri, yer bilimleri, ormancılık, askeri uygulamalar ve tarım gibi faaliyetler ön plana çıkmaktadır (Özdemir, 2017).

CBS uygulamalarının çoğu doğal kaynak yönetimi üzerine olsa da son zamanlarda CBS, ulaşım planlaması, ulaşım altyapısı ve ulaşım talebi analizlerinde de etkin olarak kullanılmaya başlamıştır. Özellikle dünya çapında metropoliten bölgelerde büyük bir sorun haline gelen trafik sıkışıklığına çözüm olarak ulaşım planlama alanında CBS önemli bir araç haline gelmiştir (Prastacos, 1991). Ayrıca CBS'nin ulaşım sistemlerini planlamak için gereken karmaşık analizleri yapılabilmesiyle uygulayıcılar, trafiğin sebep olduğu enerji tüketiminin yanı sıra arazi kullanımı, çevresel etmenler, sera gazı gibi hususları da planlama sürecine dahil etmişlerdir (ESRI, 2011).

Bu kapsamda CBS ve kentsel ulaşım birlikte değerlendirildiğinde; altyapı planlaması ve yönetimi, ulaşım güvenliği analizi, seyahat talep analizi, trafik izleme ve

kontrolü, toplu taşıma planlaması ve operasyonları, çevresel etki değerlendirmesi, akıllı ulaşım sistemleri, rota belirleme, araç izleme ve sevkiyat, filo yönetimi, alan seçimi, hizmet alanı analizi, tedarik zinciri yönetimi gibi geniş bir kullanım alanı olduğu görülmektedir. Bu uygulamaların her birinin kendine özgü verileri ve analiz gereksinimleri bulunmaktadır. Kentsel ulaşımın amacı, kent içerisindeki farklı işlevlerin talebe bağlı olarak birbiri ile bağlanmasıdır. Dolayısı ile kentsel ulaşım, sahip olduğu ulaşım ağ yapısı ile mekansal etkileşimler ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi içermektedir.

Arazi kullanımı zamanla değişkenlik göstermektedir. Buna bağlı olarak ulaşım sistemleri de zamanla değişim göstermekte veya ulaşım sistemlerinin değişmesi ile arazi kullanımları değişebilmektedir. Kısacası arazi kullanım ve ulaşım sistemleri kentte meydana gelen teknolojik, politik, ekonomik, demografik ve kültürel değişimlere bağlı olarak gelişen dinamik bir sistemin parçasıdır (Rodrigue vd., 2013). Değişime ve hareketliliğe neden olan unsurların Şekil 2.16’da görüldüğü gibi ulaşım planlaması ve analizlerden ayrı düşünülmemesi gerekmektedir.



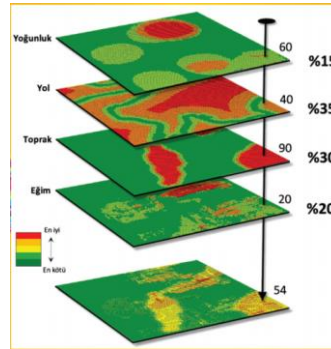
Şekil 2.16. Ulaşım – Arazi kullanım etkileşimi (Rodrigue vd., 2013)

CBS, tüm bu unsurların birlikte değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Bunların yanı sıra dünyanın yüzeyinden veri toplama, bilgi edinme, veri yönetme ve görselleştirme işlemleri mümkündür; fakat bu sistemlerin karar verme süreçlerini desteklemek için gelişmiş analitik yetenekleri bulunmamaktadır (Farkas, 2009). Bundan dolayı günümüzde birçok veri katmanının birlikte değerlendirilip çoklu kriterlerin dikkate

alınarak karar verme sürecinin kolaylaştırılması için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden faydalanılmaktadır.

Daha detaylı incelendiğinde CBS ile ÇKKV uygulamalarının birlikte kullanıldığı uygulamalarda araç rotası oluşturma, saha seçimi, senaryo değerlendirmesi, arazi uygunluğu, ulaşım planlaması, etki değerlendirmesi, çeşitli sektörlerde konum tahsisi analizlerinin yer aldığı görülmüştür (http-18). Ulaşım sektörü içerisinde de birden fazla alternatifin ve birbiriyle çelişen kriterlerin olması ulaşım planlamasında ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmekte ve bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır (Dinç, Hamurcu ve Eren, 2018). Böylece farklı kaynaklardan farklı formatlarda elde edilen veriler bir araya getirilerek birlikte tek bir hedefe yönelik bütünsel olarak değerlendirilebilmektedir.

ÇKKV yöntemlerine bakıldığında da ağırlıklı çakıştırmanın (weighted overlay) aralarında en çok kullanılan ileri konumsal analiz yöntemlerinden biri olduğu görülmüştür. Bu analiz, kullanılan verilerin piksel veri formatında ağırlıklarının önem derecelerine göre çakıştırılarak analiz edilmesini içermektedir. Bu yöntem ile analizin yapılabilmesi için karar verme sürecinde yer alan faktörlerin ve daha sonra bu faktörlerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir (Kırlangıçoğlu, 2016). Şekil 2.17’de ağırlıklı çakıştırmaya ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 2.17. Ağırlıklı çakıştırma örneği (Kırlangıçoğlu, 2016)

Faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesinde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Fakat 2001-2014 yılları içerisinde yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntemin Şekil 2.18’de gösterildiği gibi Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) olduğu görülmüştür.

Yöntem	Frekans	%
AHP	128	33%
ELECTRE	34	9%
DEMATEL	7	2%
PROMETHEE	26	7%
TOPSIS	45	11%
ANP	29	7%
Aggregation DM methods 46	46	12%
Hybrid MCDM	64	16%
VIKOR	14	4%
Total	393	100%

Şekil 2.18. Kullanılan yöntemler ve sıklıkları

Bu yöntem ile karmaşık bir problem ve çok sayıda alternatif birbirleri ile karşılaştırılabilir ve aynı zamanda analiz sürecinde çok kriterli karar işlemi gerçekleştirilebilir. AHP, her bir kriterin ağırlığını belirlemek ve bu kriterin göreceli önemini analiz etmek için kullanılmaktadır. AHP'nin avantajı ise bu göreceli önemliliklerin yardımcı kaynaklar, regresyon çıktıları ve uzman kişi ve kişiler aracılığı ile elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Kavzoğlu, Şahin ve Çölkesen, 2010).

2.6. Literatür Özeti

Yüksek lisans tez çalışmasına yönelik temel çerçevenin belirlenmesine dayanak oluşturan kentsel ulaşım planlaması kapsamında yapılan yer seçimi çalışmalarına ilişkin örnek projeler, makaleler ve çeşitli yayınlar gözden geçirilmiş ve geçmişten günümüze vertiport/vertistop yer seçimi işlemi için yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda İBB'nin 2011 yılında yaptığı çalışma haricinde kentsel hava ulaşımına ilişkin ulusal bir kaynak bulunamamıştır. Kentsel hava ulaşımının hem Türkiye de hem de dünyada vertiport/vertistop yer seçiminde yapılan çalışmaları oldukça kısıtlılığı olduğu tespit edilmiştir. Bu bölümde, çalışmanın amacına ve konusuna benzer alanlarda yapılmış çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

İBB (2011), İstanbul Metropoliten Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı'na göre İstanbul'un artan araç trafiğine cevap verebilecek şekilde özel araç kullanımının düşürülmesi, yol ağının geliştirilmesi ve kentsel gelişimin planlı bir şekilde olması destekleyecek biçimde helikopterlerden yararlanmak istemiştir. Bu çerçevede helikopterler kente entegre edilerek hızlı ağ alt yapısının oluşturulması, erişebilirlik, konfor, güvenlik gibi nitelikleri içererek sürdürülebilir bir ulaşım sistemi içerisinde planlanmıştır.

Kapanoğlu ve Orhan (2018) tarafından yapılan İstanbul Heliport Ana Planı kapsamında kentsel hava taşımacılığı ele alınmıştır. Bu kapsamda sıcak nokta, sıcak bölge ve optimal lokasyonlarını belirlemeye yönelik model merkezli analiz çalışmaları yapılmıştır.

Peisen (1994) yılında FAA tarafından Civil Tiltrotor (CTR) uçakları baz alınarak havalimanı ve kara taşımacılığındaki sıkışıklığı azaltmak amacıyla New York, Boston, Washington, Illinois, Dallas, California, Puerto Rico, Alaska, San Francisco, St.Louis, Orlando, Canada için vertiport yer seçimi araştırması yapılmıştır. Araştırma kapsamında seçilen kentler için uygun olan pazar analizi ile birlikte potansiyel yolcu talebi analizi gerçekleştirilmiştir.

Vascik (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Los Angeles kenti için e-VTOL rota analizi yapılmıştır. Çalışmada mevcut iş trafiğinin olduğu yollar, finansal olarak yüksek gelir getiren yerler ve kişilerin gelirleri incelenerek en yoğun karayolu rotası belirlenmiştir. Belirlenen bu rotalar için uçuş profilleri geliştirmek amacıyla bölgelerin hava sahası bilgileri (VFR, IFR uçuş kuralları ile birlikte süzülerek), uçak trafiği yoğunluğu ve kentsel nüfus yoğunluklarını içeren bir araştırma yapılmıştır. Oluşturulacak uçuş profilinde bölgelerin uçuş kurallarına uygun sınırlamalar hesaplanmış, hızlı uçuş sağlayabilmek için kentsel nüfus yoğunluğu düşük bölgelere öncelik verilerek en iyi rota analizi çıkarılmıştır.

Dimas Numan Fadhil, Moeckel ve Rothfeld (2019) tarafından yapılan çalışmada e-VTOL'lerle yapılacak bir operasyonda araçların güvenli bir şekilde kalkış ve iniş yapabileceği terminallerin minimum gereksimleri belirlenerek Los Angeles ve Münih kentlerinde yolcu talebine bağlı olarak en uygun terminal yer seçimi analizi yapılmıştır. Analizlere göre vertiportların kent merkezlerinde yer alması gerektiği vurgulanmıştır. Yer seçimi analizinde talep, nüfus yoğunluğu, ortalama gelir düzeyi, ofis kira ücretleri, kentteki yoğun ilgi noktaları, önemli ulaşım noktaları, yıllık ulaşım maliyeti, iş merkezlerinin yoğun bulunduğu yerler, yoğun yol güzergahı (long distance trips data), mevcut heliportlar ve potansiyel noktalar, mevcut gürültü kriterleri kullanılarak AHP-Delphi metodu ile bu kriterler önem derecelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra SAGA GIS aracılığı ile Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (WLC) analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda en uygun yerler belirlenmiştir.

Antcliff, Moore ve Goodrich (2016) Kaliforniya Silikon Vadisi'nde e-VTOL araçla kapıdan kapıya ulaşım süresini en aza indirmeyi hedefleyerek yeni inşa edilebilecek terminallerin tespitinde yeni yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Çalışmada, potansiyel terminal alanları belirlenirken dikkate alınması gereken operasyonel alan gereksinimleri incelenmiştir. Bu kapsamda özel mülkiyet ve genel havacılık yasaları üzerinde durularak yer seçiminde büyük karayollarına bitişik helikopter pistleri ve ana yol arterlerinde bulunan yonca kavşak yapıları, gürültü ve komşu mülkün uçuş yolu operasyonlarını tolere edebilme yeteneği gibi etmenlerin de üzerinde durulmuştur. Vertiportlar için FAA'nın TLOF, son yaklaşma ve kalkış alanı (FATO- Final Approach And Takeoff Area) ve güvenli alan (SA- Safety Area) alanı dikkate alınmıştır. Metropoliten alanlarda yaşanan alan azlığı göz önüne alınarak vertiport inşası için uygun olabilecek su yüzeyleri araştırılmıştır. Su yüzeyleri belirlenirken nüfusun yoğun olduğu bölgeye yakınlık, dalgaların düşük olduğu, ulaşımın iç bölgelerle rahat yapıldığı kıyı şeritleri dikkate alınmıştır.

Uber Elevate (2016) yaptığı araştırmalar ile kentsel hava ulaşımı kavramını bütün boyutlarıyla geniş bir şekilde ele almış, altyapı simülasyonu gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında Uber, Los Angeles ve Londra'da kendi firmasına ait Eylül 2016 verilerini kullanarak vertiport yer seçimi analizi yapmıştır. Analiz sonucundan yola çıkarak e-VTOL'lerin uzun yolculuklardaki en büyük zaman tasarrufunun işe gidip gelme süresi fazla olan geniş ve otomobil odaklı şehirler olacağı saptanmıştır.

Rath ve Chow (2019) New York'ta havalimanlarına seyahat süresini kısaltmak için Skyport yer seçimi analizi yapmışlardır. Skyport yer seçimi sonucunda bu seçilmiş olan alanlardan en yoğun kullanılacak Skyport'un konumu tespit edilmiştir.

Baur vd., (2018) kentsel hava ulaşımı kavramı ile ilgili geleceğe yönelik tahminlerde bulunurken, bu kavramın gelişmesinde öncülük eden 5G, DEP, otonom uçuş teknolojisi gelişmeleri üzerinde durmuştur. Ayrıca kavram ile kısa mesafeli şehirler arası, kentiçi ve havalimanı transfer hizmetleri alanında kullanımların olabileceğine vurgu yapmıştır. Bu alanlarda yapılacak kullanımların ise hangi e-VTOL tipi araçlarla daha uygun olacağının araştırmasını da yapmıştır. Buna ek olarak Münih metropoliten alanı üzerinde market analizi gerçekleştirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, CBS ile İstanbul ilinde e-VTOL araçlar için en uygun vertistop/vertisport alanlarının belirlenmesinde kullanılacak materyal ve yöntem açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Çalışmanın birincil materyalini çalışmanın konusu ile ilgili literatür araştırmasına dayalı olarak incelenen kaynaklar ve literatürde konuyla ilgili daha önceden yapılmış benzer çalışmalar oluşturmaktadır. Çalışmanın ikincil materyalini çalışma alanına ait mekansal veriler, mekanla ilişkilendirilmiş grafik ve grafik olmayan veriler oluşturmaktadır.

3.1.1. Mekansal veri kaynakları

E-VTOL araçlar için en uygun vertiport/vertistop alanlarının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilecek analizler kapsamında kullanılacak mekânsal verilerin kapsamı literatür araştırması sonucunda benzer çalışmalardan faydalananarak belirlenmiştir. Sonrasında ise çalışma alanına ait mekânsal veriler farklı kaynaklardan temin edilmiş olup bu verilerin kapsamı, kaynakları, üretim yılı, tipleri ve veri türleri Tablo 3.1’de özetlenmiştir.

Tablo 3.1. Tez kapsamında kullanılacak veriler

Kategori	Veri Adları	Veri Kaynağı	Yıl	Veri Tipi	Veri Türü
Doğal Yapı ve Çevre Unsurları	Arazi Kullanım	Urban Atlas- Copernicus	2018	Vektör	Sayısal
Sosyo Demografik Unsurlar	İlçe Nüfus Yoğunlukları	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	Kişi Başı Gelir Seviyesi	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	Kişi Başı Tasarruf	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	Sosyo Ekonomik Statü (SES)	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	Kişi Başı Tüketim Harcaması	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	İş Yeri Yoğunluk Alanları	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
	İş Yeri Sayısı	ENDEKSA	2020	Excel	Öznitelik
Ulaşım ve Altyapı Unsurları	İspark Otopark Alanları	İBB Açık Veri Portalı	2020	Excel	Öznitelik
	Günlük Araç Sayım Noktaları	İBB Açık Veri Portalı	2020	Excel	Öznitelik
	Raylı Sistemler Hat Bilgisi	İBB	2020	Vektör	Sayısal
	Mevcut Heliport Alanları	İBB	2020	Vektör	Sayısal
	Karayolları	İBB	2020	Vektör	Sayısal
	Otobüs Hat Bilgileri	İBB	2020	Vektör	Sayısal
	İstanbul Hava Sahası	NOTAMTR	2021	PDF	Öznitelik
	İstanbul Hava Sahası	AIP	2020	PDF	Öznitelik

3.1.2. Kullanılan yazılım

Çalışmada verilerin işlenmesi, düzenlenmesi, yönetimi ve analizinin yapılması için ArcGIS Pro 2.8 yazılımı kullanılmıştır. Bu kapsamda ihtiyaç duyulan veriler Shape file (*.shp) formatına dönüştürülerek kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmanın amacı, İstanbul ilinde e-VTOL araçların kalkış ve iniş yapabileceği vertistop/vertiportlar için en uygun yer seçimin yapılması ve yapılan yer seçimi sonucu bu alanlardaki en uygun konumlarının belirlenmesidir. Bu noktadan hareketle, ilk olarak yüksek yoğunluklu kentleşmenin kentsel trafiğe etkisi, kentsel ulaşım ve kentsel hava ulaşımı konusu üzerine literatür araştırması, daha sonra CBS teknolojisinin kentsel hava ulaşım alanında ortaya çıkan olgulara katkıları araştırılmıştır. Ayrıca çalışma alanı olarak belirlenen İstanbul iline ait doğal ve kültürel özelliklerin, kentsel hava ulaşımına yönelik uygulamaların araştırılması da bu süreç kapsamında gerçekleştirilmiştir.

E-VTOL araçların kalkış ve iniş yapabilecekleri vertiport/vertistop alanları ile bu alanlardaki en iyi konumunun belirlenmesi kapsamında iki temel yöntem kullanılmıştır. En uygun yerleri belirlemek amacıyla kullanılan temel yöntem, CBS destekli mekansal analiz araçlarından uygunluk modelidir (Wayne, 2003).

En iyi konumlarında belirlenmesi için ise CBS destekli ağ analiz araçlarından konumsal tahsis (Location Allocation) tercih edilmiştir. Her iki yöntem birbiri ile ilişkili olup uygunluk modeli kullanılarak elde edilen sonuçlar ağ analizlerinin gerçekleştirilmesinde temel girdi olarak kullanılmıştır. Uygunluk modeli ve konumsal dağıtım yöntemleri bu bölümde açıklanmıştır.

3.2.1. Uygunluk modeli

Uygunluk modeli, mekansal problemlerin çözümünde kullanılan temel yaklaşımlardan biridir. Uygunluk modeli yönteminde herhangi bir faaliyet/tesis için en iyi veya uygun yerlerin konumları farklı kaynaklardan elde edilen verilerin karşılaştırılması ve incelenmesiyle tespit edilmektedir (http-19). Uygunluk modelinde kullanılacak her veri kriteri, raster veriler üzerinden ifade edilmekte olup, tanımlanan modelin türüne bağlı bir ölçekte uygunluğu temsil eden bir raster uygunluk yüzeyi oluşturulmaktadır. Ölçekteki en yüksek değer en uygun yerleri temsil etmektedir (http-20).

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında da çeşitli kurum ve kuruluşlardan elde edilen bilgi ve veriler doğrultusunda İstanbul ilinde en uygun vertiport/vertistop yer seçimi için uygunluk modeli oluşturulmuştur. Kullanılan uygunluk modeli genel iş akışı 13 adımdan oluşmakta olup Şekil 3.1’de özetlenmiştir.



Şekil 3.1. Uygunluk modeli iş akışı

3.2.1.1. Temel veri kriterlerinin belirlenmesi

E-VTOL araçların kalkış ve inişleri için vertistop/vertiport alanlarına yönelik uygun lokasyonların saptanması amacıyla kullanılacak temel veri kriterleri belirlenirken daha önce yapılan çalışmalar ve literatür taramasından yararlanılmıştır. Vertiportlar/vertistoplar için yer seçiminin yapılması dünyada yeni ele alınan bir konudur. Bundan dolayı, e-VTOL'lerin kalkış ve iniş yapacağı alanların saptanmasında kullanılacak temel veri kriterleri hazırlama yöntemlerinde dünyada henüz bir görüş birliğine varılmamıştır. Bu yüksek lisans tezi çalışmasında da kullanılacak veri kriterlerinin kullanım amacının ve temel veri kriterlerinin belirlenmesinde kentsel hava ulaşımını etkileyen genel faktörler ve daha önce yapılan benzer çalışmalar kıstas olarak değerlendirilmiştir. Uygunluk modeli kapsamında yararlanılan temel veri kriterleri aşağıda kısaca açıklanmıştır:

Arazi kullanım: Vertiport/vertistopların kalkış ve iniş yapabileceği güvenli ve en uygun alanların saptanmasında kentin arazi kullanımına ilişkin veriler kullanılmıştır. Ayrıca bir bölgenin yolculuk çekim alanlarını oluşturan merkez alanları, terminaller, spor ve eğlence tesisleri gibi ulaşım talep düzeylerini etkileyen fiziki alanlar arazi kullanım verisi üzerinden sağlanmıştır.

Sosyo-demografik kriterler: İldeki hareketlilik ve yolculuk çekim değişkenleri kapsamında, ilçe nüfus yoğunlukları, kişi başı gelir seviyesi, kişi başı tasarruf, sosyo ekonomik statü (SES), kişi başı tüketim harcaması, kişi başı ulaşım maliyeti, iş yeri yoğunluk alanları ve iş yeri sayısı verileri kullanılmıştır.

Ulaşım ve altyapı: Kentin mevcut ulaşım ağları dikkate alınmış ve ulaşım ağlarının erişilebilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Buradaki temel amaç, vertiport/vertistop alanlarını kentsel ulaşım ağlarına olabildiğince yakın konumlandırarak kentte var olan ulaşım sistemlerine entegre etmeye çalışmaktır. Bu noktadan hareketle yolculuğun gerçekleştiği bölgedeki toplu taşıma sistemlerinden otobüs hatları ve raylı sistem hatları verisi kullanılmıştır. Toplu taşımanın yanı sıra, vertiport/vertistop alanlarının kolay erişilebilir yollar üzerinde olması, gereken altyapı ihtiyacının karşılanması ve herhangi bir risk durumuna karşı yakınında acil iniş yapılabilecek güvenli alanlar bulunması gereklidir. Bu amaçla, kentteki otopark alanları ve 1.derece, 2.derece, 3.derece ve 4.derece yollar dikkate alınmıştır. Otopark verisinin kullanılmasının bir diğer nedeni, bireysel araçların bu otoparklara bırakılarak yolculuğa toplu taşıma sistemleri ile devam edilmesine olanak sağlamaktır. Vertiport/vertistop alanlarının otopark alanlarına yakın olması, mevcut sistemi koruyarak kişilerin e-VTOL araçlar ile seyahatine imkan verebilecektir. Kentsel hava ulaşımında çözülmesi istenen en büyük sorunlardan biri karayollarında meydana gelen araç trafiği sıkışıklığıdır. Trafiğin yoğun olduğu noktaların tespiti için karayollarındaki günlük araç sayım noktaları verisi kullanılmıştır.

Mevcut heliport alanları: İstanbul'da helikopter uçuşları ambulans hizmeti, turizm faaliyetleri ve iş insanlarına ulaşım hizmeti sunmak gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Literatür araştırmalarına göre, e-VTOL araçların kentsel hava ulaşımında kullanılması durumunda mevcut heliport alanlarından faydalanmak mümkündür. Bu nedenle, çalışmada mevcut heliport alanları verisinden de yararlanılmıştır.

Hava sahası: Havacılık faaliyetleri, ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenen standartlar çerçevesinde yürütülmektedir. Bu standartların tez kapsamında da değerlendirilmesi amacıyla İstanbul hava sahası verileri uygunluk modeli kapsamında kullanılmıştır.

Modelde kullanılan veriler ve temel veri kriterlerinin hazırlanmasındaki işlemler Tablo 3.2.'te özetlenmiştir. Verilerin bir kısmı öznitelik veri olarak elde edilmiş ve

sayısallaştırılarak CBS ortamına aktarılmıştır. Sayısal olarak elde edilen veriler ise çalışma amacına uygun kullanılmak düzenlenmiştir.

Tablo 3.2. Uygunluk modelinde kullanılan temel veri kriterlerinin hazırlanması

Veri Adları	Veri Tipi	Veri Türü	Temel Veri Kriterlerinin Hazırlanması
Arazi Kullanım	Vektör	Sayısal	Yeniden Sınıflandırma
İş Yeri Yoğunluk Alanları	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
İş Yeri Sayısı	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
İspark Otopark Alanları	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Günlük Araç Sayım Noktaları	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Raylı Sistemler Hat Bilgisi	Vektör	Sayısal	Kullanıma uygun
Mevcut Heliport Noktaları	PDF	Öznitelik	Sayısallaştırma
Karayolları	Vektör	Sayısal	Kullanıma uygun
Otobüs Hat Bilgileri	Vektör	Sayısal	Kullanıma uygun
İstanbul Hava Sahası	PDF	Öznitelik	Sayısallaştırma
İlçe Nüfus Yoğunlukları	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Kişi Başı Gelir Seviyesi	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Kişi Başı Tasarruf	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Sosyo Ekonomik Statü (SES)	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Kişi Başı Tüketim Harcaması	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma
Kişi Başı Ulaşım Maliyeti	Excel	Öznitelik	Sayısallaştırma

3.2.1.2. Temel veri kriterlerinin raster veri formatına dönüştürülmesi

Uygunluk modelinde raster veriler kullanılmakta, modelin uygulanmasından sonra raster veri formatında uygunluk haritaları elde edilmektedir. Dolayısıyla farklı türlerde ve formatlardaki veri gruplarının birlikte modellenebilmesi için verilerin aynı veri formatında ve aynı ölçekte olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada kapsamında temin edilmiş olan vektör (nokta, çizgi, poligon) ve raster formattaki verilerin tamamı aynı ölçekte raster formatında temsil edilecek şekilde dönüştürülmüştür.

Uygunluk kriterindeki bazı temel veriler, model için doğrudan girdi kriteri olarak kullanılabilir. Bazı kriterler ise mekânsal analizler vasıtasıyla üretilebilmektedir (http-21). Bu nedenle, veri kriterlerinin dönüşüm ihtiyaçları bu aşamada belirlenmiş ve EK-2’de kriter türetme sütunu içerisinde gösterilmiştir. EK-2’de temel veri kriterlerine ait öznitelikler ana veri kriteri grubunda modele girdi oluşturacak şekilde;

- interpolasyon yöntemlerinden Mesafenin Tersiyile Ağırlıklandırma (IDW - Inverse Distance Weighted),
- mekansal analizlerden yakınlık derecesi (Distance Accumulation),
- değişim araçların poligondan rastera çevirme (Polygon To raster)

gibi araçlardan yararlanılarak çözünürlüğü 100 metre olacak şekilde raster formata dönüştürülmüştür. Kullanılan bu dönüşüm yöntemleri de aşağıda kısaca açıklanmıştır:

Inverse Distance Wighting: Çalışma alanında değeri bilinen nokta veri kriteri ile alan içerisinde değeri bilinmeyen alanların mekandaki yüzey dağılımlarının raster yapıda belirlenmesi amacıyla ArcGIS Pro yazılımında yer alan IDW yönteminden faydalanılmıştır. Bu girdi kriterine teşkil eden veri günlük araç sayım noktaları olmuştur.

Distance Accumulation: Vertiport/vertistopların çalışma alanı içerisinde yoğun kullanımların olduğu ulaşım hizmetlerine yakın olması tercih edildiği için ArcGIS Pro yazılımında yer alan Distance Accumulation analizi kullanılarak otopark alanları, raylı hatlar, karayolları ve otobüs hatları temel veri kriterleri modele girdi teşkil edecek şekilde raster sürekli veri formatında ana veri kriter katmanı olarak dönüştürülmüştür.

Polygon To Raster: Uygunluk modelinin çalıştırılmasında raster veri formatının kullanılması gerektiği için temel veri kriterleri ArcGIS Pro yazılımında yer alan Polygon To Raster aracı ile aynı ölçekte olacak şekilde raster veri formatına dönüştürülmüştür.

3.2.1.3. Uygunluk modeli türünün belirlenmesi

Uygunluk modeli kendi içerisinde basit (binary), ağırlıklı (weighted) ve bulanık (fuzzy) olarak üç gruba ayrılmaktadır. Uygunluk yüzeyindeki değerler 0 veya 1 arasında ise basit model, 0 ile 1,0 arasındaysa bulanık model ve 1 ile kullanıcı tarafından tanımlanan bir değer aralığında ise ağırlıklı model olarak adlandırılmaktadır. Bazı durumlarda uygunluk modeline girdi teşkil edecek kriterler eşit öneme sahip değildir. Bu durumda uzman görüşlerinden yararlanarak her kriterin ağırlığı (önemi) belirlenebilmektedir. Ağırlıkların uygunluk modelleme sürecine dahil edilmesi ise sadece ağırlıklı uygunluk model tipine özgüdür (http-22). Bu çalışmada kriterlerin birbirlerine göre önem düzeyi, yani ağırlıkları belirlendiği için ağırlıklı uygunluk modeli tercih edilmiştir.

3.2.1.4. Uygunluk modeli parametrelerinin tanımlanması

Uygunluk modeli oluşturma'nın diğer bir adımını modelin tanımlanmasıdır. Bu adımda modelin uygunluk ölçeği seçilmekte ve kriterlerin ağırlıklandırılması için kullanılacak yöntem belirtilmektedir.

Çalışma kapsamında uygunluk ölçeği belirlenirken literatürden, konuyla ilgili uzman kurum personeli ve akademisyenlerin görüşlerinden yararlanılmış. 1 pilot ve helikopter uçuşlarında görev yapan 1 dispeçin desteği ile 1 ile 10 arasında uygunluk sınıfı ölçeği belirlenmiştir. 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 uygunluğu en düşük olan yerleri temsil etmektedir.

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde çarpan (multiplier) ve yüzde (percent) olmak üzere 2 farklı yöntem bulunmaktadır. Çarpan (multiplier) yönteminde, modele girdi oluşturacak kriterlerin belirlenen kriter ağırlık değeri ile çarpımı söz konusudur. Bu yöntemde raster veri katmanındaki her hücrenin (pikselin) değeri belirlenen ağırlıkla çarpılmaktadır. Ağırlık değerleri ise 1'den büyük herhangi bir pozitif ondalık veya tamsayı değeri olabilmektedir. Bu yöntem genellikle kriterlerin birbirine göre doğrudan ağırlıklandırabildiği durumlarda kullanılmaktadır (http-22).

Yüzde (percent) yönteminde toplamaları 100 olacak şekilde her kritere bir ağırlık değerleri atanır. Raster veri katmanındaki her hücrenin (pikselin) değeri yüzde cinsinden belirlenen ağırlıkla çarpılır. Ağırlıkların yüzde olarak uygulanması, kullanıcı tanımlı uygunluk ölçeğinin korunmasına izin vermekte ve uygunluk ölçeğine doğrusal olarak dönüştürülebilmektedir (http-22).

Yüksek lisans tezi kapsamında, veri kriterlerinin birbirilerine göre önem düzeyini/önceliğini ve her bir kriterin uygunluğu ne kadar etkilediğini belirlemek amacıyla çarpan yöntemi tercih edilmiştir.

3.2.1.5. Uygunluk modeli içerisinde dönüştürme yöntemlerinin belirlenmesi

Kaynak veri kriterlerinden ana veri kriterlerini üretmeden önce dönüştürme yaklaşımlarını ayırmak önem arz etmektedir. Model değişkeninin temel veri türü hangi dönüşüm yaklaşımlarının kullanılabileceğini belirlemektedir. Bu çalışma kapsamında da farklı kategorilerde modele girdi oluşturacak veri kriterleri ve dönüştürme yöntemleri EK-3'te gösterilmiştir.

3.2.1.6. Kriterlerin ağırlıklandırılması ve verilerin birleştirilmesi

Uygunluk modeli oluşturmada diğer önemli bir adımı modelin konusuna ilişkin uygunluk kriterleri, yani kriter ağırlık puanlarını belirlemektir. Ağırlık puanları, her kriterin uygunluk modelindeki önemini göz önünde bulundurmaya yarayan değerleri ifade etmektedir. Bu nedenle, model oluşturulmadan önce veri kriterleri ağırlıklarının belirlenmesi ve kendi içlerinde uygunluk hiyerarşisinin oluşturularak sınıflandırılması gerekmektedir. Uygunluk hiyerarşisi sınıflandırması kapsamında en uygun sınıflara en yüksek puan verilirken uygun olmayan sınıflara en düşük puan verilmektedir.

Çalışmada, veri kriter ağırlıkları uzman görüşlerinden yararlanılarak tam fikir birliği ile ve alanyazın bölümünde elde edilen araştırma bulgularına uygun olarak tabloda belirlenmiştir (EK-1). Unique Categories dönüştürme yöntemlerinde uzman görüşleri ile belirlenen ağırlık puanları alt kriterlerde de uygulanırken, Continuous Function dönüştürme yönteminde veri tipinden dolayı alt kriter ağırlık puanı belirlenmemiştir. Ayrıca Range of Classes dönüştürme yönteminde alt veri kriterleri model uygunluk ölçeğine bağlı olarak homojen bir şekilde dönüşüm sağladığından uzman görüşleri ile ağırlıklandırma yapılmamıştır.

Ağırlıkların belirlenmesinden sonra model kriterlerini temsil eden ana veri kriterlerinin ağırlık puanları model içerisinde tanımlanarak tek bir birleşik uygunluk yüzey modeli oluşturulmuştur. Oluşan uygunluk yüzey modelinde en yüksek rakam en uygun yerleri temsil ederken en düşük rakam uygun olmayan yerleri temsil etmektedir.

3.2.1.7. Yer seçimi analizi

Uygunluk modeli oluşturma aracı içerisinde yer alan konum bileşeni, mekansal gereksinimlerin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen nihai uygunluk haritasından İstanbul hava sahası içerisinde uçuşa engelli (uçuş kısıtı bulunan) alanlar çıkarılmıştır. Daha sonra en uygun yer seçimi için uygunluk modeli içerisinde veriport/vertistoplar için en uygun yerler tanımlanmıştır.

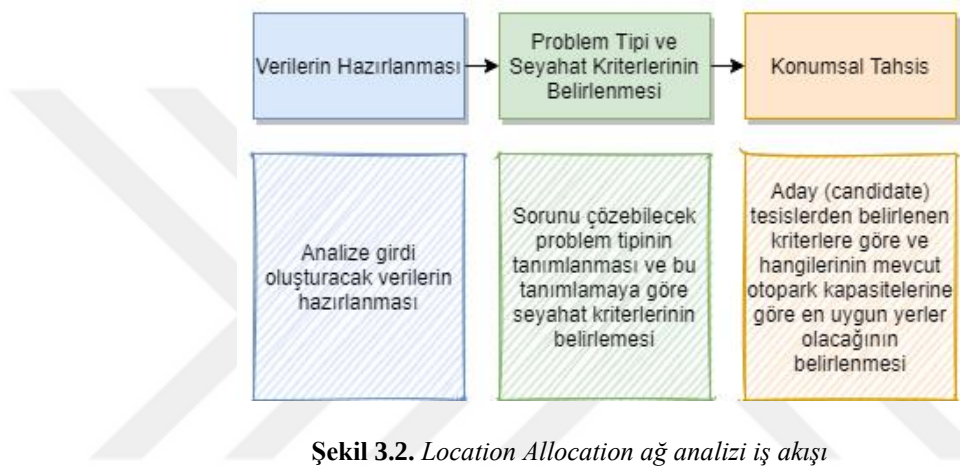
3.2.2. Ağ analizi – Konumsal tahsis (Location Allocation)

Ağ analizleri kapsamında ArcGIS Pro Network Analyst eklentisi içerisinde yer alan Location Allocation analiz aracı kullanılmıştır. Location Allocation analizi, talep noktalarıyla potansiyel etkileşimlerine dayalı olarak bir dizi tesisten hangilerinin işletileceğinin seçilmesine yardımcı olmaktadır. Hizmetleri sağlayan tesisler ve bunları

tüketen bir dizi talep noktası göz önüne alındığında Location Allocation analizi ile tesisler, talep noktalarını en verimli şekilde kapsayacak biçimde konumlandırılmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında da uygunluk modelinin uygulanması sonucunda elde edilen bilgi ve veriler (uygunluk haritası) kullanılarak en uygun vertiport/vertistop yer seçiminin yapılmasında Location Allocation analizi kullanılmıştır.

Location Allocation analizi iş akışı, üç adımdan oluşmakta olup Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Location Allocation ağ analizi iş akışı

3.2.2.1. Verilerin hazırlanması

E-VTOL araçların kalkış ve inişleri için vertistop/vertiport alanlarına yönelik daha önce yapılan çalışmalar ve literatür taramalarında mevcut heliportlar, mevcut havalimanları, çok katlı otoparkların veya yüksek binaların çatıları, otoyol kavşaklarının çevrelediği kullanılmayan açık araziler gibi altyapı maliyetini azaltmayı hedefleyen alanların vertiport/vertistop alanı olarak önerildiği görülmüştür. Bu çerçevede benzer alanlar çalışma kapsamına dahil edilmiş olup Tablo 3.3’te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. *Network Analyst Location Allocation analizinde kullanılan veriler*

Veri Adları	Veri Tipi	Konumsal Dağıtım Katman Türü	Konumsal Dağıtım Katman Türü Niteliği	Adet
Mevcut Heliport Alanları	Nokta	Facilities	Facility Type: Required	9
İspark Otopark Alanları (Açık Otoparklar)	Nokta	Facilities	Facility Type: Candidate	45
Potansiyel Kavşak İçi Alanlar	Nokta	Facilities	Facility Type: Candidate	51
İspark Otopark Alanları	Nokta	Demand Points	Weight: Park Kapasitesi	227

Konum tahsisi için tesisler (facilities) ve talep noktaları (demand Points) olmak üzere iki katman türü gereklidir.

Tesisler (facilities), Location Allocation analizinde belirlenen problem tipi ve kriterlerine göre talebi en verimli şekilde tahsis etmek için en iyi aday tesisleri seçer. Analiz içerisinde aday (candidate) tesisler, gerekli (required) tesisler ve rakip (competitor) tesisler olmak üzere 3 tip tesis türü mevcuttur (http-23).

Aday (candidate) tesisler, bilinen bir konum, araştırma veya uygunluk analizine dayalı olarak konumlandırılan uygun potansiyel yerleri temsil etmektedir (http-23). Otopark verisi içerisinde yer alan açık otopark tipine ait özellikteki otopark alanları vertistop/vertiport için uygun olabilecek aday (candidate) tesisler olarak analize dahil edilmiştir. Ayrıca 1.derece ve 2.derece yol kavşaklarının çevrelediği 100 ft (30 m)'den büyük olan açık arazilerde vertistop/vertiport alanları için uygun olabilecek potansiyel alanlar saptanmış, bu alanlar shp formatında nokta verisi olarak oluşturulmuş ve analize dahil edilmiştir.

Gerekli (required) tesisler, mevcut tesisleri içermektedir. Çalışma kapsamında mevcut heliportlar, vertiport/vertistop olarak işlev görmeye uygun kabul edilerek analize dahil edilmiştir.

Heliport pistlerine ilişkin FATO ebadı Tablo 3.4'de verilmiştir. Elde edilen verilerde TLOF ve emniyet sahası büyüklükleri yer almadığı için sadece FATO boyutu değerlendirilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında TLOF, FATO ve emniyet sahası alanı boyutlarının e-VTOL araç türüne göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle araştırmalarda yer alan 7,5 m büyüklükteki minimum FATO boyutu bu tez

kapsamında minumum sınır olarak dikkate alınmıştır. İstanbul’da yer alan heliport pistleri incelendiğinde de FATO boyutlarının minumum boyuttan yüksek olduğunu görülmüştür.

Tablo 3.4. *İstanbul heliport pistlerinin FATO ebadına ilişkin detaylar*

Adı	FATO Ebadı (m)
Kanyon	24x24
Point Hotel	15x15
Kartal	30x30
Arçelik	24x24
Sinpaş	14x14
Amerikan Hastanesi	12x16
Ataköy Marina	13x15
Acıbadem Maslak	14x14
Polat	15x15
Windowist	17x17
Ağaoğlu My Prestige	18x18
ÇPKİ	14x14
Behport	14x14
Kadıköy ispark	24x24
Divan Taksim	17x17
FNH	19x20
Wim	20x20
Kaan	20x20
Emsey	17x17
Hattat	22.5x22.5
MMHİ	14x14
GOP	19x18

Rakip (competitor) tesisler, belirli problem türlerine özgüdür ve aynı nokta için rekabet eden rakip işletmelerin tesislerini temsil etmek için kullanılmaktadır (http-23). Çalışma kapsamında rakip tesisler kullanılmamıştır.

Talep noktaları (Demand points) ise tesislerin sağladığı hizmetlere ihtiyaç duyan insanları, bölgedeki tüketici sayısını veya içerikleri temsil eden konumları içermektedir (http-23). İstanbul ilindeki otopark alanları (açık otopark, kapalı otopark, taksi park, yol üstü otopark) ve bu alanların mevcut kapasiteleri vertiport/vertistop alanlarının talep noktaları olarak analize dahil edilmiştir.

3.2.2.2. Problem tipi ve seyahat kriterlerinin belirlenmesi

Kullanıcak veriler ve bu verilerin amaçları belirlendikten sonra Location Allocation sürecindeki diğer önemli bir adım, sorunu çözebilecek problem tipini tanımlamak ve bu tanımlamaya göre seyahat kriterlerini belirlemektir (http-23). Tablo 3.5'te analiz kapsamında belirlenen problem tipi ve seyahat kriterleri verilmiştir.

Tablo 3.5. Problem tipi ve seyahat kriterleri

Problem Tipi	Tipi	Makimum Kapsam ve Minimum Tesis
Seyahat Ayarları	Mod	Yürüme Mesafesi
	Yön	Tesisten dışarı
	Kesme Değeri	0,5 Km

Uygunluk modeli sonucu vertiport/vertistop alanlarında bulunan tüm talebin tahsis edilmesi veya tüm alanlara hizmet verilmesinin sağlanması istendiğinden Makimum Kapsam ve Minumum Tesis (Maximize Coverage and Minimize Facilities) problem tipi tercih edilmiştir. Analizde seyahat kriterlerini belirleyen mod, yön ve kesit değeri olmak üzere 3 önemli alan bulunmakta olup bunlar kısaca aşağıda açıklanmıştır:

Mod (Mode): Yayalar, arabalar, kamyonlar ya da başka bir seyahat modu hareketini modellemek için kullanılmaktadır. Tez kapsamında kişilerin arabalarını bıraktıktan, toplu taşıma araçlarından indikten veya veriport/vertistoplardan ayrıldıktan sonra yaya olarak hareket edecekleri düşünüldüğü için yaya yürüme mesafesi kriteri tanımlanmıştır.

Yön (Direction): Yön, seyahat süresini veya diğer maliyetleri tesise doğru olacak şekilde veya tesisten dışarı olacak şekilde tanımlayan bir hizmet alanı oluşturmaktadır. Tez kapsamında vertiport/vertistopların sağladığı hizmet alanı göz önünde bulundurulduğu için kriter tesisten dışarı şeklinde belirlenmiştir.

Kesme Değerleri (Cutoffs): Analizin bir tesisten talep noktasına giden en düşük maliyetli yolu hesaplaması için girilen değeri ifade etmektedir. Bu değer belirlenen maliyet değeri ötesinde var olan talep noktalarını analize dahil etmemektedir. Tez kapsamında 500 metre olarak kabul edilen yürüme mesafesi göz önünde bulundurulmuştur. Böylece analiz 500 metre ötesindeki talep noktalarını aramayı bırakacak ve bu sınırın ötesinde talep noktası belirlemeyecektir.

3.2.2.3. Konumsal tahsis

Analizin alıştırılması ile aday (candidate) tesislerden belirlenen kriterlere göre ve hangilerinin mevcut otopark kapasitelerine göre en uygun yerler olacağı program tarafından seçilen (chosen) tesisler olarak gösterilmiştir. Seçilen (chosen) tesislerin yanı sıra mevcut heliportlar da analizde mevcut tesisler olarak değerlendirilmiştir. Böylelikle yol kavşaklarının çevrelediği açık arazilerdeki alanlar, açık otoparklar ve heliportlar birlikte ele alınmış ve 500 metre erişebilirlik sınırları içerisinde en yüksek otopark kapasitesi hizmetini sağlayacak vertistop/vertiport alanları belirlenmiştir.



4. BULGULAR

Yüksek lisans tezinin bu bölümünde çalışmanın Materyal ve Yöntem bölümünde aktarılan veriler ve yöntemlerin kullanılması sonucu elde edilen çalışma alanına ve uygunluk modeline ilişkin bulgular açıklanmıştır.

4.1. Çalışma Alanına İlişkin Bilgiler

Çalışmanın bu bölümünde çalışma alanı olarak belirlenen İstanbul iline ilişkin bilgiler verilmiştir.

4.1.1. Coğrafi konum

Çalışma alanı, Türkiye'nin Marmara Bölgesi'nde bulunan ve ekonomik açıdan ülkenin en büyük kenti olan İstanbul ilidir. İstanbul, 28° 01' ve 29° 55' doğu meridyenleri ile 41° 33' ve 40° 28' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009). Bulunduğu konum nedeniyle ilin hem Marmara Denizi'ne hem de Karadeniz'e kıyısı bulunmaktadır. Şekil 4.1'de çalışma alanının dünya ve Türkiye'deki konumu gösterilmiştir.



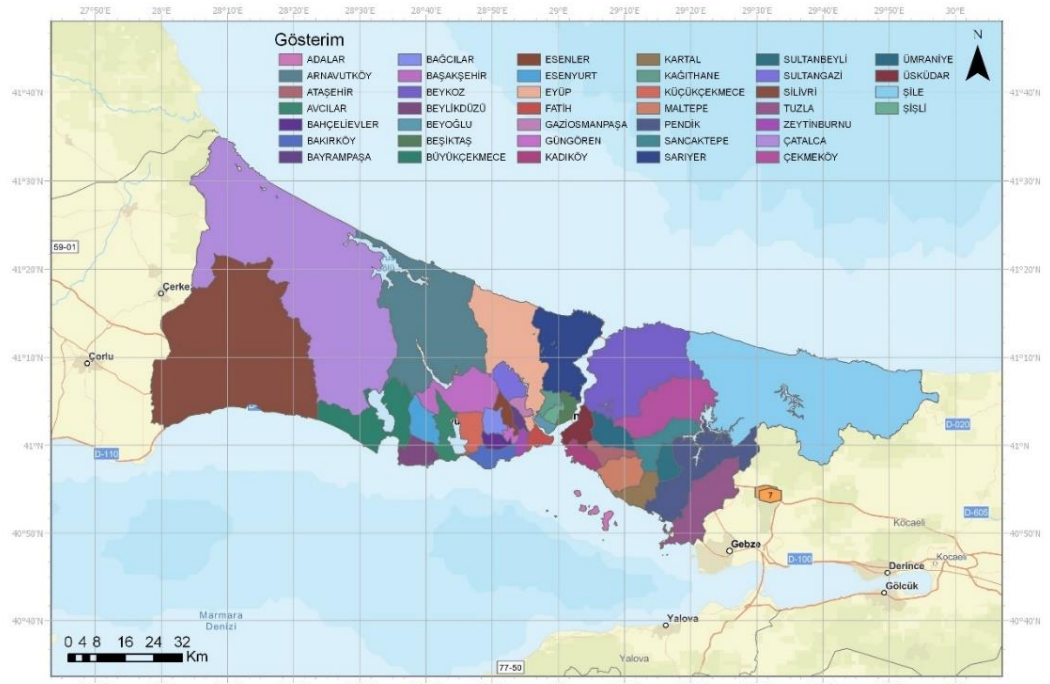
Şekil 4.1. Çalışma alanının Dünya’da ve Türkiye’deki yeri

İl, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan bir boğazı çevrelemektedir. Uluslararası su yolu niteliğindeki bu boğaz Avrupa ve Asya kıtasını ikiye ayırmaktadır. Bundan dolayı İstanbul'un Avrupa'da kalan tarafına Avrupa Yakası, Asya tarafında kalan kısmına Anadolu Yakası denilmektedir. Toplamda 5343 km² lik bir kara yüzölçümüne sahip olan ilin %35'i Anadolu Yakası'nda, %65'i ise Avrupa Yakası'nda bulunmaktadır (http-24). Dolayısıyla İstanbul, Avrupa ve Asya ülkelerini deniz yolu ve karayolu, Karadeniz ve Akdeniz ülkelerini ise deniz yolu ile birbirine bağlayan jeopolitik öneme sahip bir konumdadır. Çalışma alanının Türkiye'deki yeri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Çalışma alanı konumu

İçişleri Bakanlığı verilerine göre İstanbul'da 39 ilçe ve 2886 mahalle bulunmaktadır (http-25). Bu ilçelerin 25'i Avrupa Yakası'nda, 14'i Anadolu Yakası'nda yer almaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. İstanbul'un ilçeleri

4.1.2. İklim ve meteorolojik özellikler

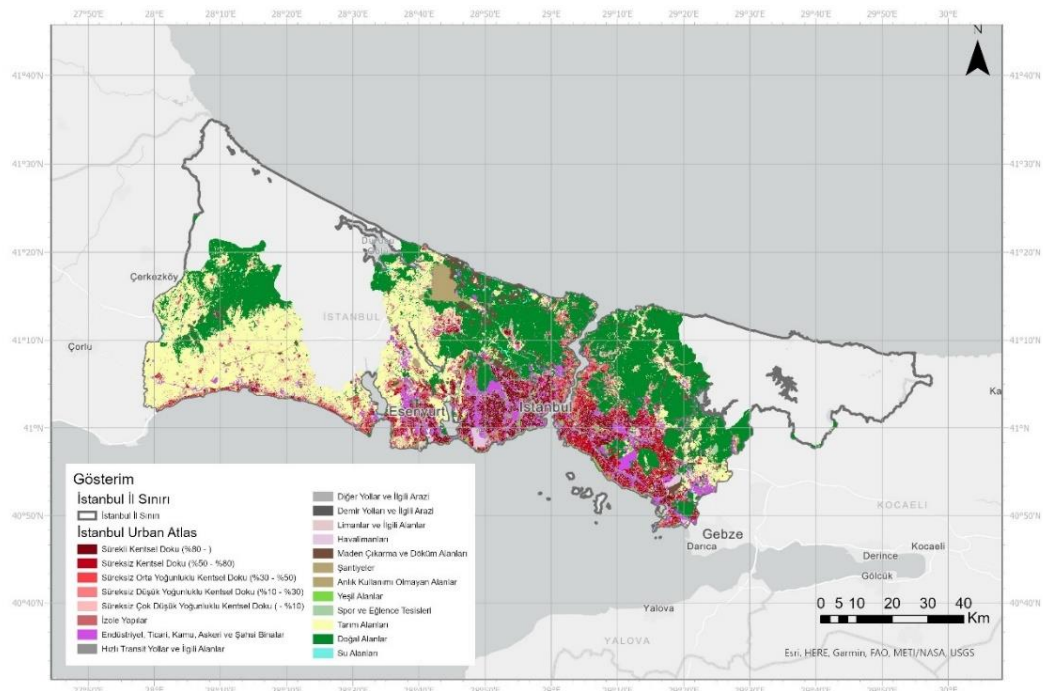
İstanbul, bulunduğu coğrafi konum itibarıyla Karadeniz ve Akdeniz arasında bir geçiş iklimine sahiptir. İlin güney kesimleri Akdeniz iklimi özellikleri gösterirken kuzey kesimlerinde Karadeniz iklimi hakimdir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2018). Bundan dolayı İstanbul'da sıcaklık Karadeniz kıyılarına doğru gittikçe azalmaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009). Haziran-Eylül ayları arası kuru ve sıcak, Kasım-Mart ayları arası yağmurlu ve soğuk geçmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2011).

İlin aldığı ortalama yağış yaklaşık 580 mm olup, yağışlar genellikle güneyden kuzeye ve kıyılardan iç kesimler doğru gittikçe artmaktadır. İlde yıllık ortalama bulutluluk %50'den yüksek olup Karadeniz kıyılarına doğru bulutluluk miktarı artış göstermektedir. Ayrıca ortalama sisli gün sayısı 20'dir, en çok sis ilin Anadolu yakasının Karadeniz kıyılarında görülmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009).

Hakim rüzgar yönü kuzeydoğu yönünden esen poyrazdır. Rüzgarın İstanbul Boğazı boyunca iç kesimlere kıyasla daha hızlı estiği belirtilmiştir. Yıllık ortalama rüzgar hızı en fazla Karadeniz kıyılarında ölçülmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009).

Ulusal düzeyde yapılan çalışmalar kapsamında hazırlanan Çevre Düzeni Planı ve temel alan kullanım tiplerini içeren 1/135.000 ölçekli İstanbul Arazi Kullanım planı incelendiğinde birbirinden farklı nitelikte alan kullanım tiplerinin alanda karakterize edildiği görülmektedir. Çalışma kapsamında arazi kullanım verileri için Urban Atlas verilerinden faydalanılmış olup ile ait alan kullanım tipleri bu çerçevede değerlendirilmiştir. Urban Atlas, genel olarak yapay alanlar, tarım alanları, doğal alanlar ve su alanları (diğer alanlar) alanlar olmak üzere 4 ana temel sınıftan oluşmaktadır. Her bir ana temel sınıf kendi içerisinde alt sınıflar bulundurmakla beraber bu sınıflar belirgin sınırlar ile gösterilmektedir. Bundan dolayı Urban Atlas kentsel bölgelerde yapılacak çalışmalarda daha detaylı analizler yapmaya izin vermektedir.

Urban Atlas verileri dahilinde İstanbul ilindeki arazi kullanım sınıfları haritası Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. *İstanbul 2018 Urban Atlas verilerine göre arazi kullanım haritası*

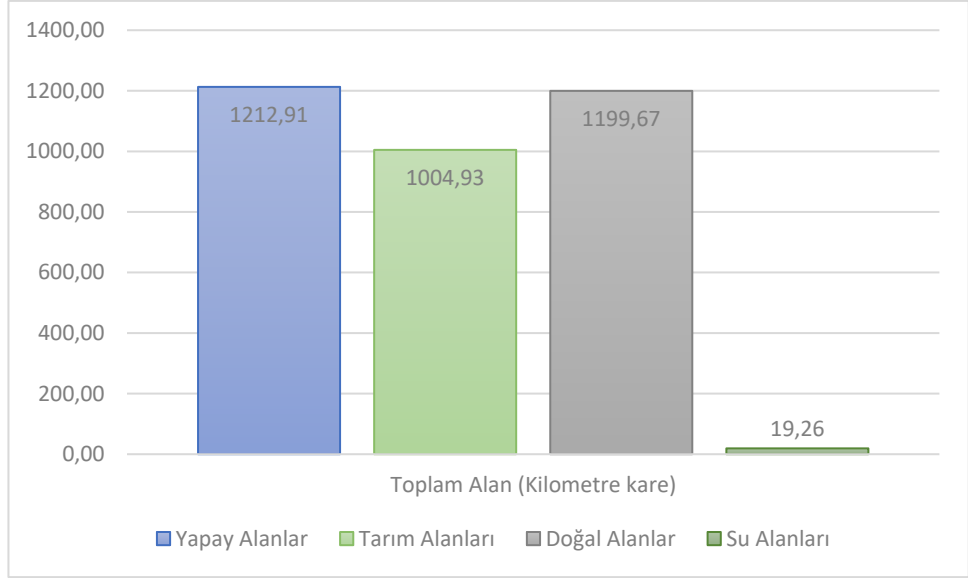
Buna göre İstanbul'un kentsel yerleşim alanlarının ağırlıklı olarak ilin güney kesimlerinde, doğal alanların kuzeyde, tarım alanlarının ise doğuda yer aldığı

gözükmektedir. Arazi sınıflarının çalışma alanındaki dağılımı ise Tablo 4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 4.1. *İstanbul ili urban atlas arazi kullanım sınıfları*

Sınıf	Arazi Kullanım Sınıfları	Alan Büyüklüğü (km ²)	Toplam Alan (km ²)
Yapay Alanlar	Sürekli Kentsel Doku (%80 -)	136,39	1212,91
	Süreksiz Kentsel Doku (%50 - %80)	184,25	
	Süreksiz Orta Yoğunluklu Kentsel Doku (%30 - %50)	68,39	
	Süreksiz Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku (%10 - %30)	53,91	
	Süreksiz Çok Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku (- %10)	56,92	
	İzole Yapılar	7,02	
	Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Binalar	244,85	
	Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	19,97	
	Diğer Yollar ve İlgili Arazi	174,86	
	Demir Yolları ve İlgili Arazi	2,84	
	Limanlar ve İlgili Alanlar	5,31	
	Havalimanları	13,59	
	Maden Çıkarma ve Döküm Alanları	78,90	
	Şantiyeler	77,36	
	Anlık Kullanımı Olmayan Alanlar	27,04	
	Yeşil Alanlar	44,77	
	Spor ve Eğlence Tesisleri	16,53	
Tarım Alanları	Ekilebilir Arazi	561,68	1004,93
	Kalıcı ürünler (bağlar, meyve ağaçları, zeytinlikler)	2,55	
	Meralar	440,70	
Doğal Alanlar	Ormanlar	1052,96	1199,67
	Otsu bitki toplulukları (doğal otlaklar, bozkırlar...)	143,03	
	Bitki örtüsünün az olduğu veya hiç olmadığı açık alanlar (plajlar, kum tepeleri, çıplak kayalar, buzullar)	3,68	
Su Alanları	Sulak alan	1,86	19,26
	Su	17,40	

Elde edilen veriler ışığında yapay ve doğal alanların çalışma alanı içinde büyük bir yer kapladığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.5’te 4 ana temel sınıfın karşılaştırılması verilmiştir.

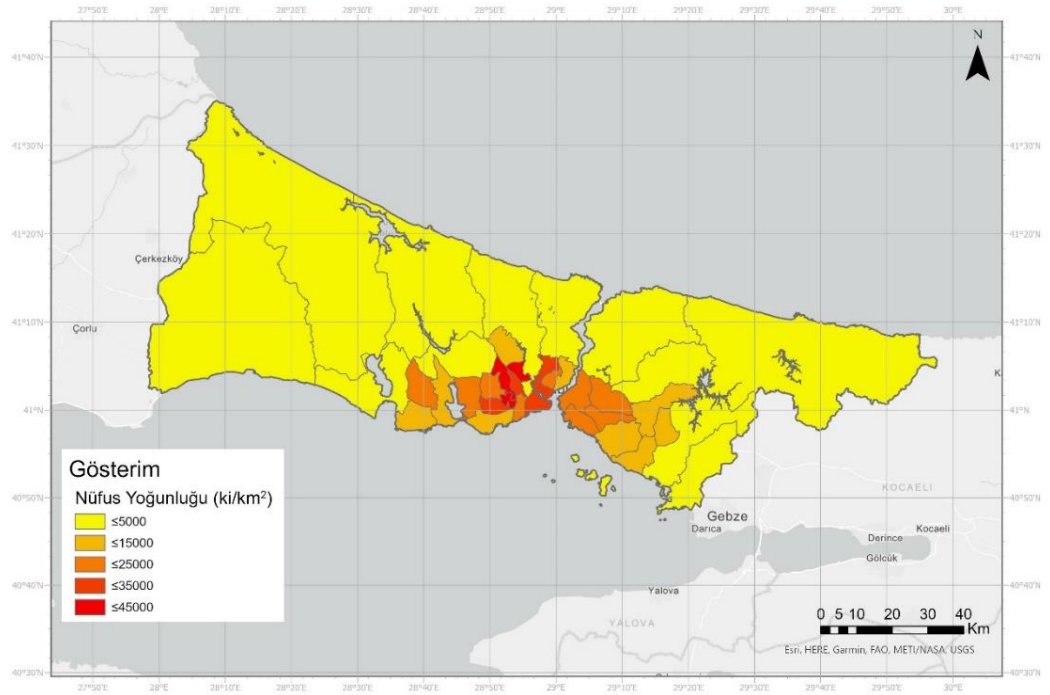


Şekil 4.5. Dört ana sınıfın karşılaştırılması

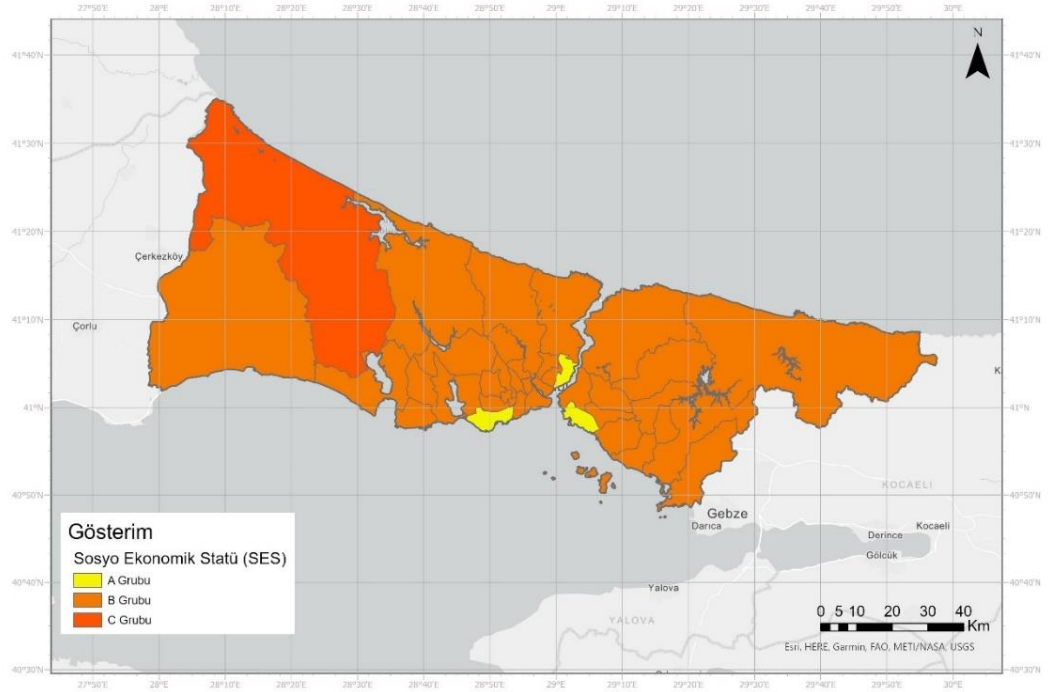
4.1.4. Demografik veriler

TÜİK verilerine göre 2020 yılında İstanbul il nüfusu 15,462,452 kişi olarak belirlenmiştir. Birleşmiş Milletler'in 2030 yılı projeksiyon nüfusuna göre ise nüfusun 17,124 bin kişiye ulaşacağı ve İstanbul'un dünyanın en kalabalık 17. kenti olacağı tahmin edilmektedir (United Nations, 2019b). Endeksa 2020 yılı verilerine göre ilçelere ait ilçe nüfus yoğunlukları (ki/km²), SES, kişi başı gelir seviyesi (TL), kişi başı tasarruf (TL), kişi başı tüketim harcaması (TL), kişi başı ulaşım maliyeti (TL), iş yeri sayısı (adet) ve iş yeri yoğunluğu (adet/ki) EK-4'te gösterilmiştir. Anılan değerlerin ilçelere göre mekânsal dağılımı ise Şekil 4.6-4.13 arasında gösterilmiştir.

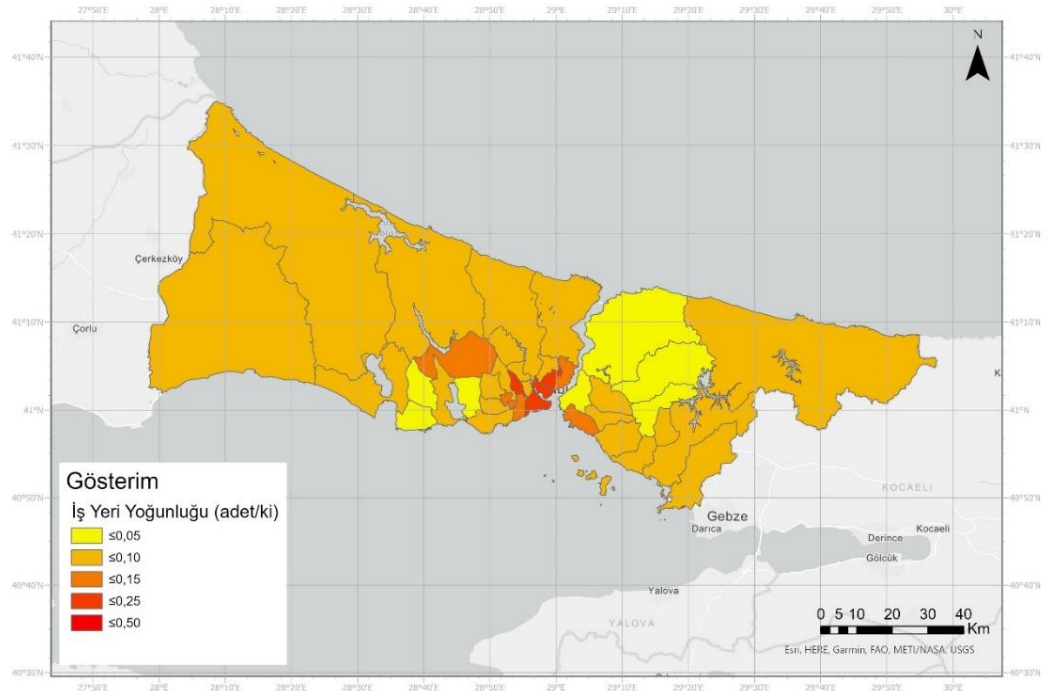
Elde edilen verilere göre nüfus yoğunluğu açısından en yoğun ilçeler 413,333 ki/km² ile Güngören, 40,578 ki/km² ile Gaziosmanpaşa ve 40,414 ki/km² ile Esenler olup ildeki dağılım Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



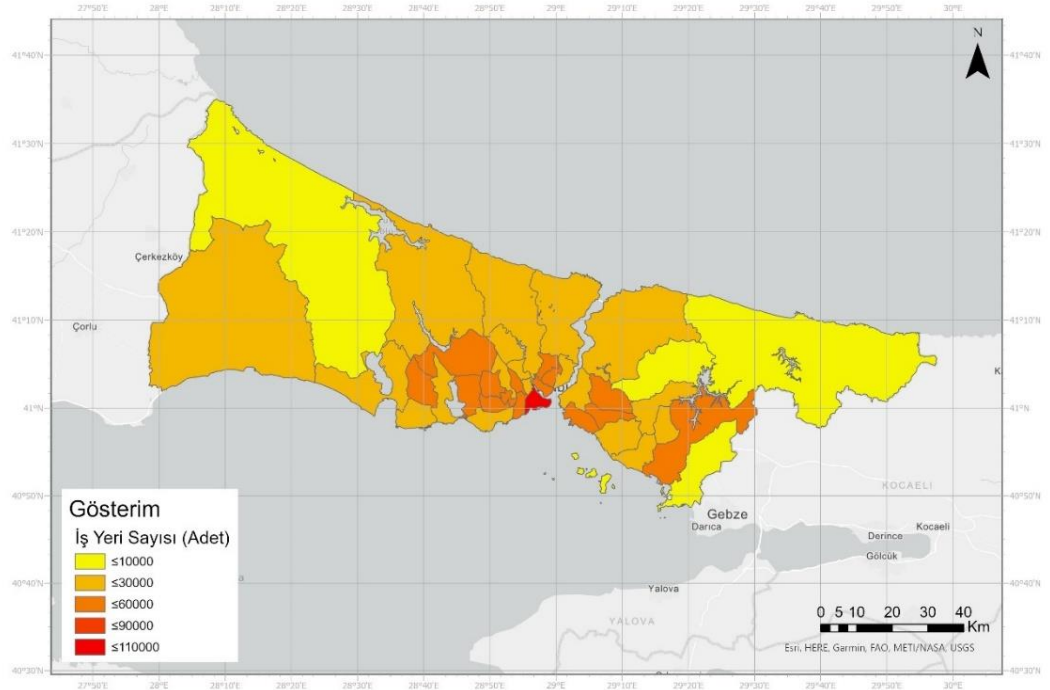
Şekil 4.6. İlçe nüfusu yoğunluk haritası



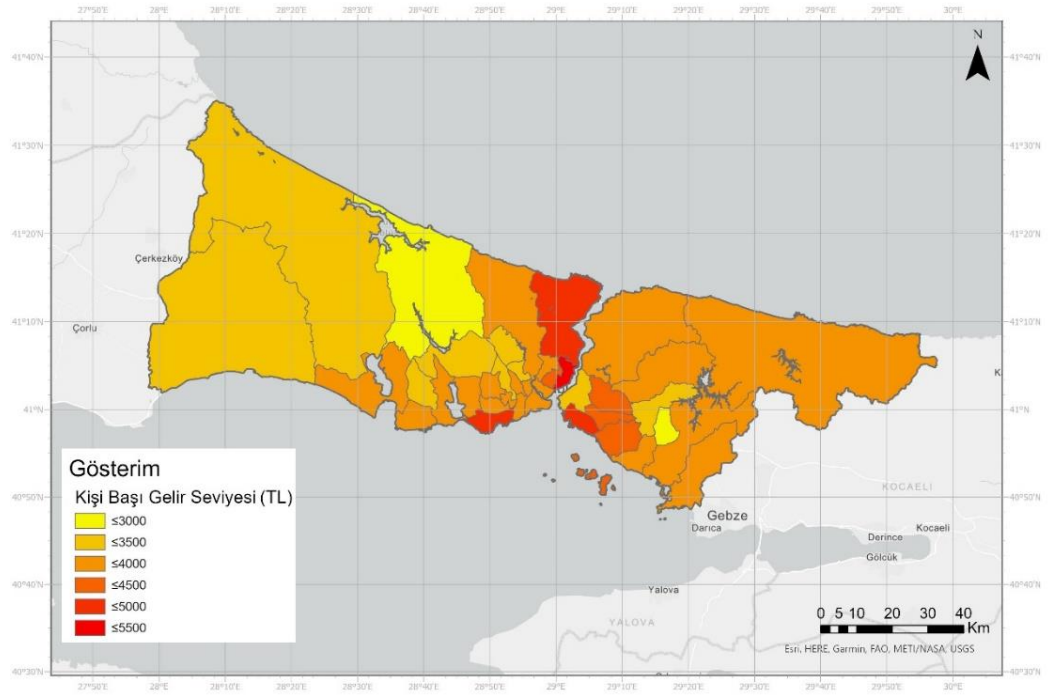
Şekil 4.7. İlçelere göre sosyo-ekonomik statü haritası



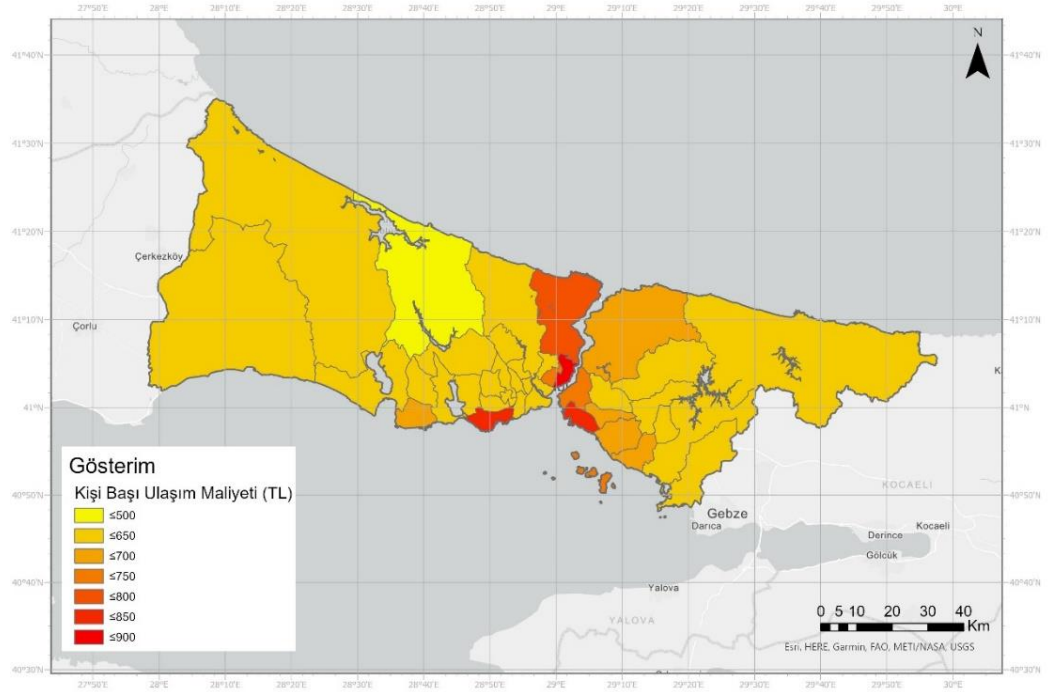
Şekil 4.8. İlçelere göre iş yeri yoğunluk haritası



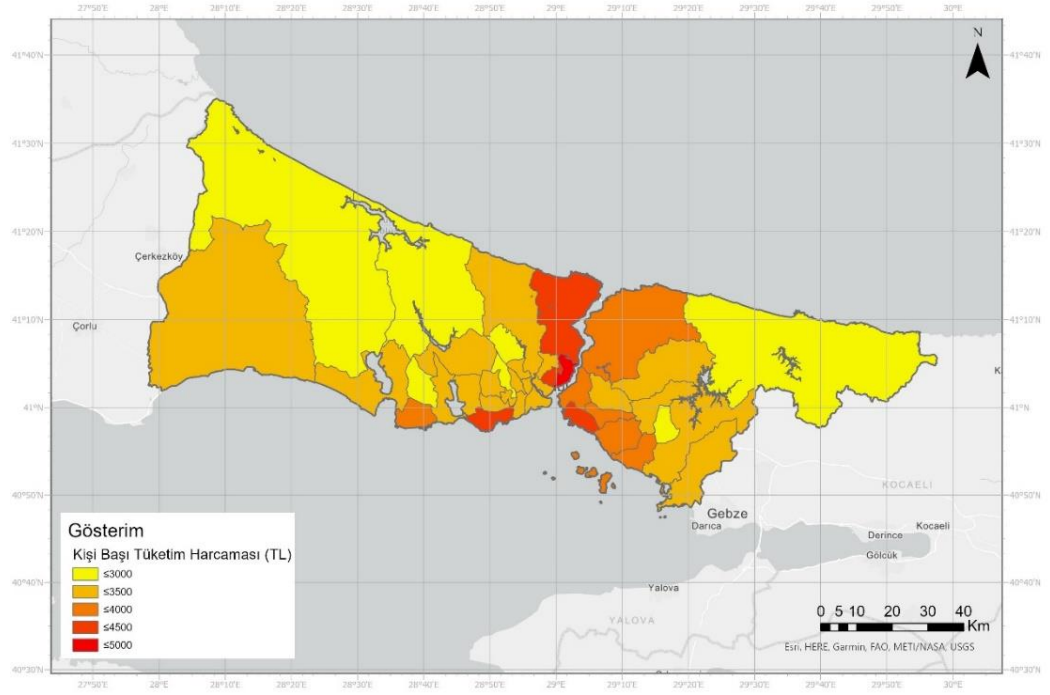
Şekil 4.9. İlçelere göre iş yeri sayısı haritası



Şekil 4.10. İlçelere göre kişi başı gelir seviyesi haritası

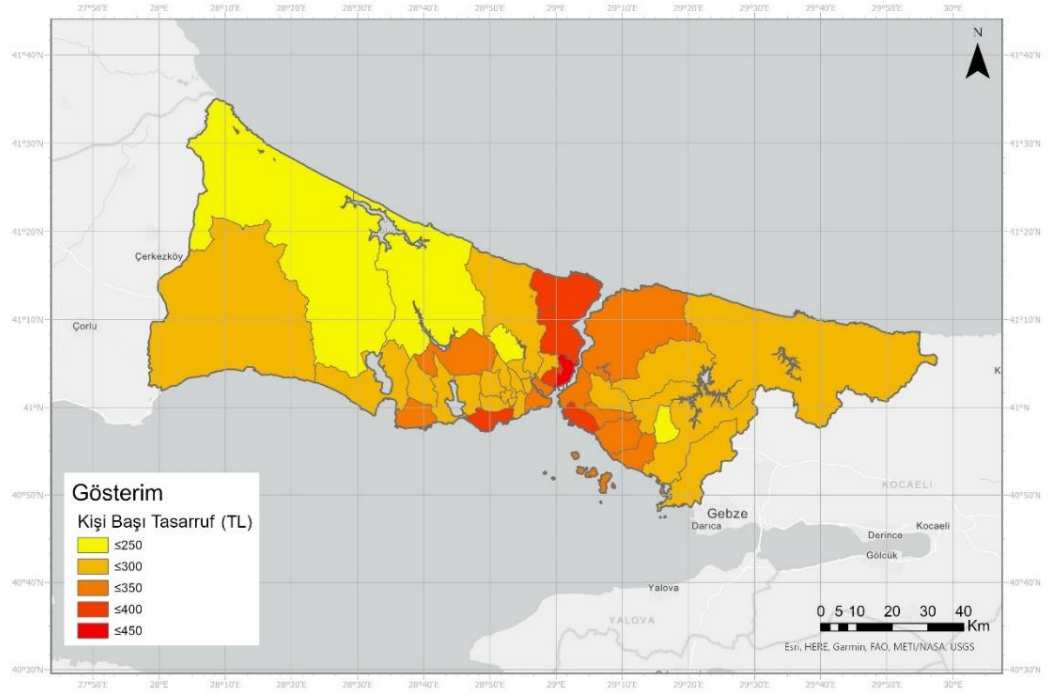


Şekil 4.11. İlçelere göre kişi başı ulaşım maliyeti haritası



Şekil 4.12. İlçelere göre toplam kişi başı tüketim harcaması haritası

Şekil 4.13'te ilde kişi başı tasarruf miktarları gösterilmiştir. Kişi başı tasarruf miktarına ait verilerde tasarrufun en yüksek yapıldığı ilçelerin Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. İlçelere göre kişi başı tasarruf haritası

İlçe nüfus yoğunlukları (ki/km²), kişi başı gelir seviyesi (TL), kişi başı tasarruf (TL), kişi başı tüketim harcaması (TL), kişi başı ulaşım maliyeti (TL), iş yeri sayısı (adet) ve iş yeri yoğunluğu (adet/ki) verilerinin istatistiksel dağılımı Tablo 4.2’te gösterilmiştir.

Tablo 4.2. *İstanbul ilçelerine ait demografik verilerin istatistiki dağılım tablosu*

Demografik Verilerin Adı	İlçe Nüfus Yoğunlukları (ki/km2)	Kişi Başı Gelir Seviyesi (TL)	Kişi Başı Tasarruf (TL)	Kişi Başı Tüketim Harcaması (TL)	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti (TL)	İş Yeri Sayısı (adet)	İş Yeri Yoğunluğu (adet/ki)
Aritmetik Ortalama	14119,77	3744,03	299,51	3444,49	630,33	28826,54	0,08
Medyan	11463,00	3665,00	293,00	3372,00	617,00	26608,00	0,06
Standart Sapma	12400,11	531,67	42,61	488,88	89,63	19405,54	0,05
Minimum	46,00	2940,00	235,00	2705,00	495,00	1180,00	0,04
Maksimum	41333,00	5332,00	427,00	4905,00	898,00	108835,00	0,25
Toplam	550671,00	146017,00	11681,00	134335,00	24583,00	1124235,00	3,20
Çarpıklık	0,71	0,99	1,00	0,99	0,99	1,71	1,90
Baskılık	2,52	3,99	4,01	3,99	3,99	8,45	5,97

SES verilerinde A grubu en yüksek grubu temsil etmekte olup Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Ümraniye ilçeleri bu grupta bulunmaktadır. İş yerlerine ait yoğunluk ve iş yeri adedi verileri açısından büyükten küçüğe ilk 4 sırayı alan ilçelerin Fatih, Beyoğlu, Şişli ve Bayrampaşa olduğu görülmektedir. Kişi başı gelir seviyesi açısından gelir miktarının en yüksek bulunduğu ilçeler Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer'dir. Kişi başı ulaşım maliyetine açısından da benzer bir dağılımın olduğu gözlemlenmiş olup harcamanın en yüksek olduğu ilçeler Beşiktaş, Kadıköy ve Bakırköy olarak sıralanmıştır.

Şekil 4.12’de verilen kişi başı tüketim harcamasına göre ise harcamanın en yüksek olduğu ilçeler Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer’dir. Kişi başı tasarruf miktarına göre hazırlanan mekânsal dağılım haritasında da tasarrufun en çok olduğu ilçelerin Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer olduğu görülmüştür.

4.1.5. Ulaşım ve trafik altyapısı

İstanbul ili, Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan önemli bir konumda yer almaktadır. Bundan dolayı ildeki ulaşım altyapısı ve sistemleri sadece yerel ve ulusal değil aynı zamanda uluslararası ulaşım açısından da önemlidir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009).

İl, Pan-Avrupa Taşıma koridoru, Avrupa-Kafkasya-Asya Taşımacılık Koridoru (TRASECA) gibi önemli ulaşım koridorlarının üzerindedir. İstanbul, ithalat ve ihracat açısından Türkiye’nin en önemli limanları ile ulusal ve uluslararası açıdan önemli bir hava ulaşım merkezi olan İstanbul Havalimanı’nı barındırmaktadır (İstanbul Kalkınma Ajansı, 2014). Bu nedenle uluslararası ilişkilerin yanı sıra, ülkenin ekonomik ve ticari gelişimi açısından son derece kritik bir öneme sahiptir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2011).

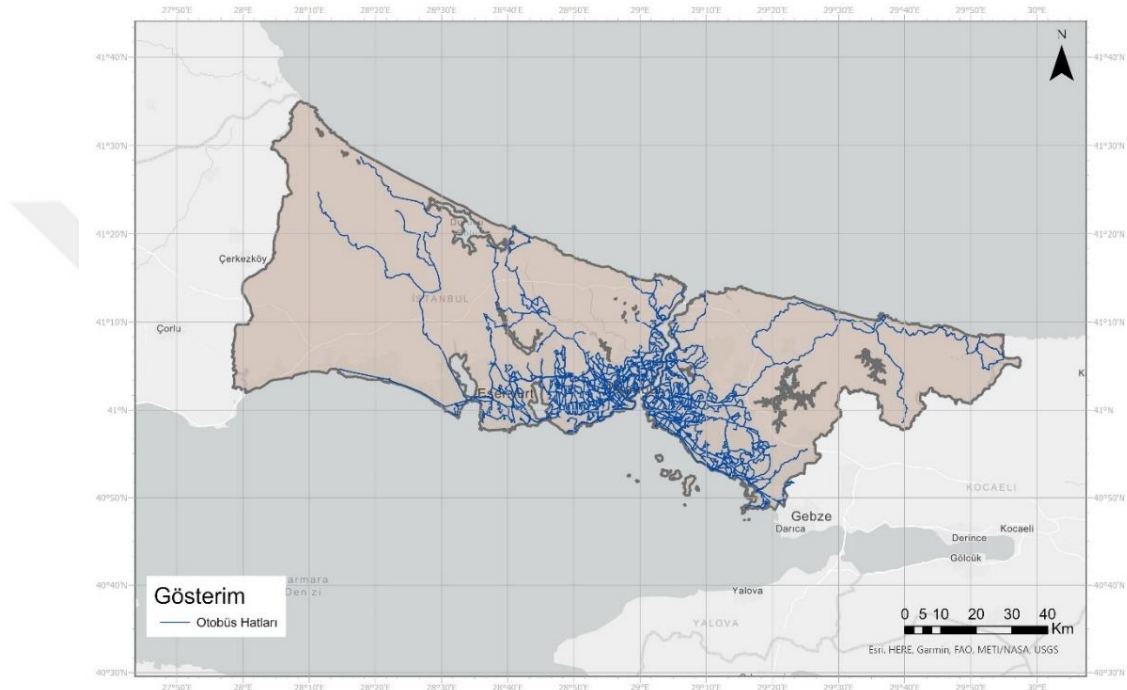
Yolcu taşımacılığı bakımından Avrupa yakasında İstanbul Havalimanı, Anadolu yakasında Sabiha Gökçen Havalimanı ulusal ve uluslararası hava ulaşımı açısından kullanılan önemli merkezlerdir.

İlin Anadolu tarafında kalan toprakları, Halkalı Demiryolu Garı ile Avrupa kıtasına bağlanmaktadır (http-26). Anadolu Yakası’nda Gebze, Avrupa Yakası’nda Halkalı arasını birleştiren Marmaray hattı ile iki yaka arasındaki geçişler demiryolu ile birbirine bağlanmıştır. Marmaray hattının Gebze, Pendik, Bostancı, Söğütluçeşme, Bakırköy ve Halkalı istasyonlarında yüksek hızlı tren (YHT) ve anahat trenlerine hizmet vermesi ile ulusal düzeyde yolcu ulaşımı yapılmaktadır (http-27).

Bunun yanı sıra İstanbul’da yurtiçi ve yurtdışı ulaşım bağlantılarının sağlandığı iki büyük otogar bulunmaktadır. Bunlar, Avrupa Yakası’nda Bayrampaşa İstanbul Otogarı (Esenler Otogarı), Anadolu Yakası’nda ise Üsküdar (Harem) Otogarı’dır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009).

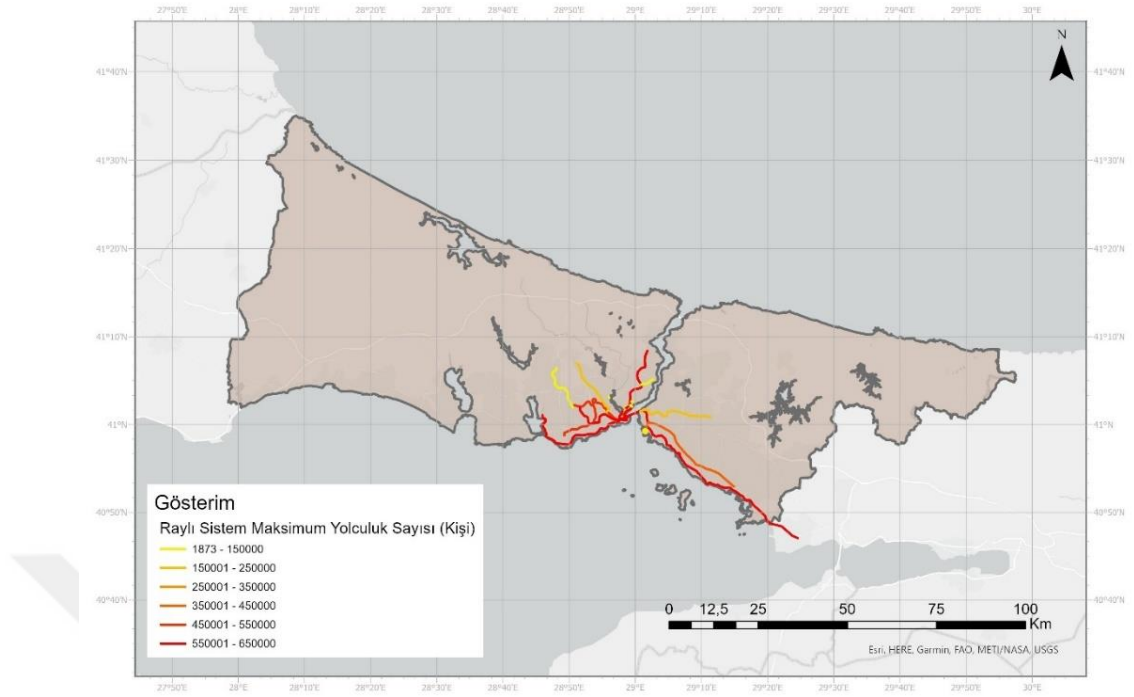
Günlük yolculuk sayısının son derece yüksek olduğu ilde bu hareketliliğin büyük bir kısmının toplu taşıma ile yapıldığı görülmektedir. İBB açık veri portalına göre 2019

İBB'den 2020 yılında temin edilen verilere göre karayolu taşımacılığında ilde 464 otobüs hattı olup hatların toplam uzunluğu 17542 km'dir. Otobüs hatlarının ilde eriştiği yerler Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. *Otobüs hatları haritası*

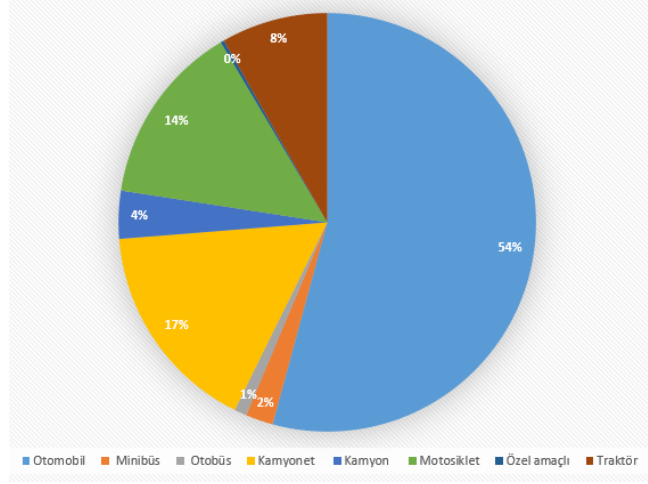
İBB açık veri portalına göre raylı sistem taşımacılığında 2019 yılı günlük maksimum yolculuk sayısı ile en çok kullanılan hatlar Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Buna göre sırasıyla maksimum yolculuk sayısının en fazla T1, M2 ve Marmaray banliyö hattı olduğu görülmüştür ([http-29](http://29)).



Şekil 4.15. Raylı sistem taşımacılığı maksimum yolcu sayıları

Zaman içerisinde yoğun kentleşme, nüfus artışı ve ekonomik büyüme ile birlikte ildeki motorlu araç kullanımı da hızla artmıştır. Bu durum beraberinde trafik sıkışıklığını ve yüksek egzoz gazı emisyonu problemlerini getirmiştir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2011). Dolayısıyla, günümüzde İstanbul ilinin en büyük sorunları arasında ulaşım sistemindeki yetersizlikler ve tıkanıklıklar yer almaktadır. Günlük yolculukların büyük bir kısmının toplu taşımayla yapılmasına karşın trafiğe neden olan araçların çok büyük bir bölümünü özel araçların oluşturmaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009).

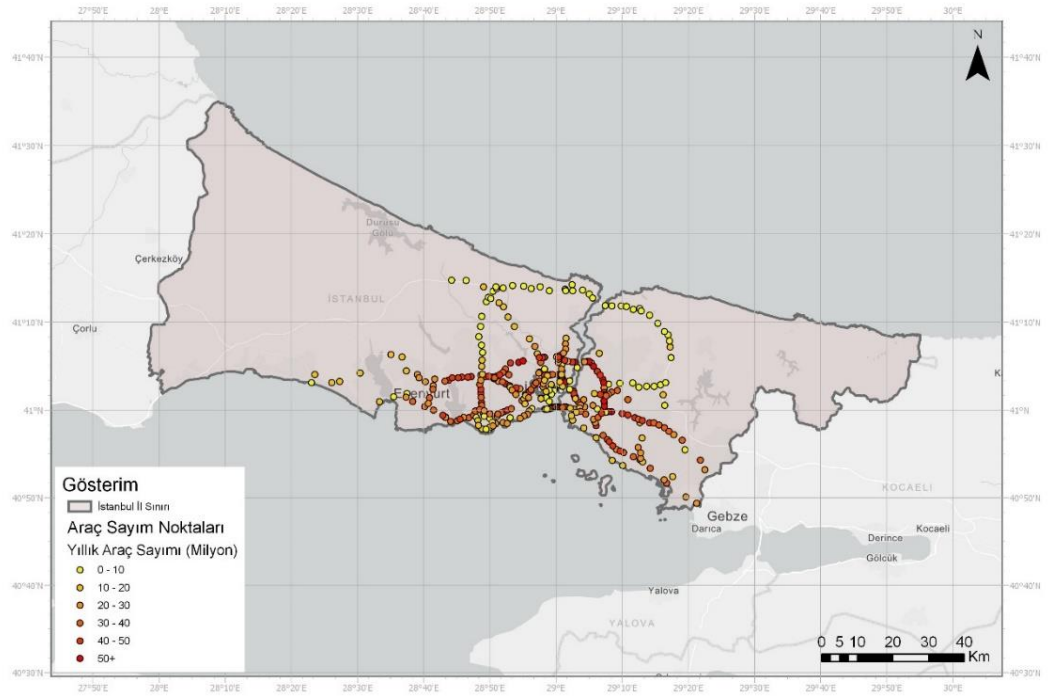
İstanbul Ulaşım Master Planı Ana Raporu'na (2011) göre İstanbul'da sabah zirve saatleri arasında (07:00 – 10:00) en çok tercih edilen ulaşım aracının %60- %75 ile otomobil olduğu bildirilmiştir. TÜİK 2018 verilerine göre de kent içerisinde kullanılan motorlu kara taşıtları sayısına bakıldığında en yüksek payın otomobile ait olduğu görülmüştür (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Kent içerisinde kullanılan motorlu kara taşıtları oranı

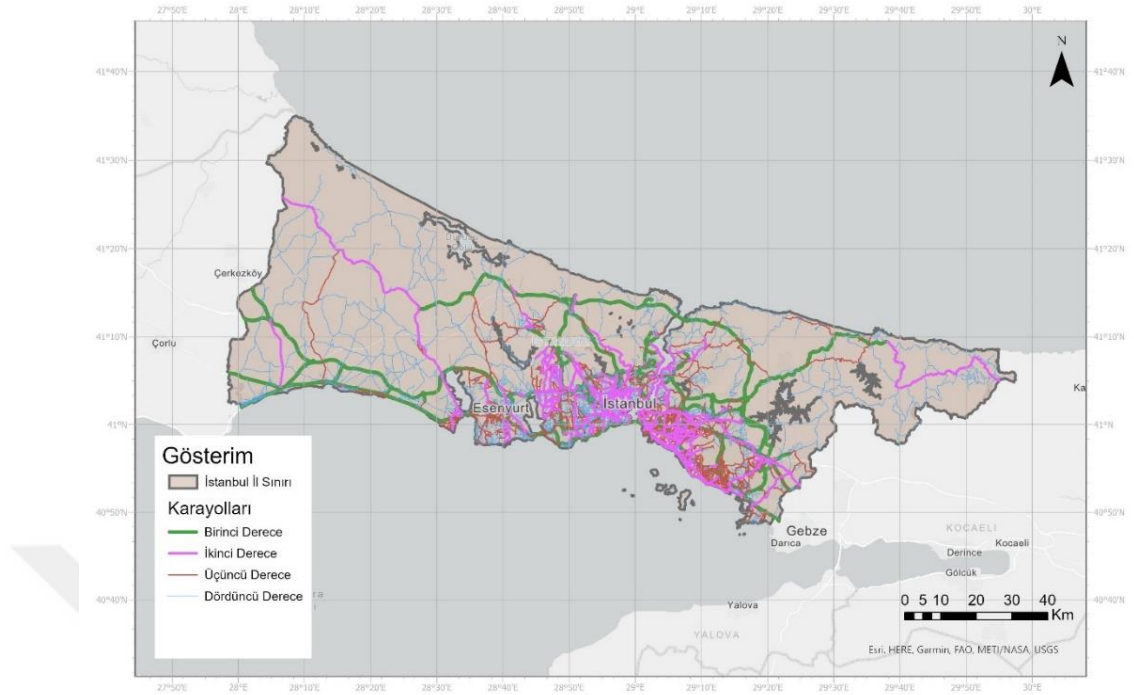
Veri analiz şirketi INRIX tarafından 2019 yılında yayınlanan rapora göre İstanbul; Bogota, Rio de Janeiro ve Meksika'dan sonra trafik sıkışıklığından en çok etkilenen dördüncü kentsel alandır ([http-30](#)). Uluslararası kabul görmüş TomTom Trafik İndeksine göre ise İstanbul'da zirve saatlerde kentsel tıkanıklık oranı 2020 yılında %51 olarak hesaplanmıştır. Bu oran ile İstanbul; Moskova, Bombay, Bogota ve Manila'dan sonra trafikte bekleme süresi listesinde 5. sırada yer almıştır. Yapılan hesaplama göre İstanbul'da zirve saatlerde yıl boyunca trafikte kaybedilen sürenin 200 saat olduğu belirtilmiştir. Sabah zirve saatlerinde her 30 dakikalık yolculuk başına kaybedilen sürenin +19 dakika, akşam zirve saatlerinde her 30 dakikalık yolculuk başına kaybedilen sürenin +32 dakika olduğu saptanmıştır ([http-31](#)).

İBB açık veri portalı 2020 yılı için sensör verilerden elde edilen yıllık araç sayım noktalarına göre, karayollarındaki en yüksek yoğunluğun Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ile bağlantısının olduğu E80 (TEM) otoyolu üzerinde olduğu Şekil 4.17'de görülmektedir.



Şekil 4.17. Sensör verilerden elde edilen yıllık araç sayımı toplamı

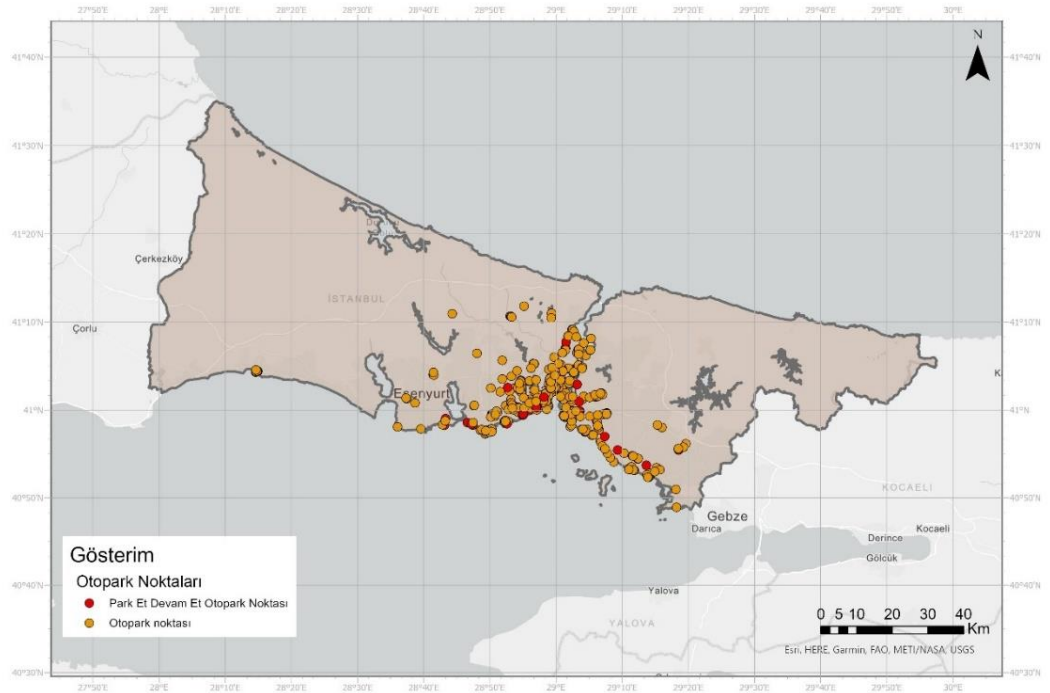
İBB'den 2020 yılında temin edilen verilere göre kentin karayolları ağına ilişkin birinci derece, ikinci derece, üçüncü derece ve dördüncü derece yollar Şekil 4.18'de gösterilmiştir. E80 (TEM) otoyolu ise bu tez kapsamında üzerinde birinci derece karayolu olarak ele alınmaktadır.



Şekil 4.18. Birinci derece, ikinci derece, üçüncü derece ve dördüncü derece karayolları

Kentin hedeflerine bakıldığında ise bireysel otomobil kullanımını azaltarak toplu taşımaya olan yatırımın artırılması, hareketliliğin ve erişilebilirliğin geliştirilmesi, trafik koşullarının iyileştirilerek daha iyi ve sağlıklı bir kentsel çevre yaratmayı amaçladığı görülmüştür (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2017).

Bu kapsamda yapılan çalışmalar içerisinde kentte özel araç kullanımını azaltmak için otopark alanlarını toplu ulaşım araçlarına entegre eden Park Et- Devam Et programı yer almaktadır. Bu program sayesinde kişiler araçlarını toplu taşıma istasyonlarına yakın otoparklara bırakarak metro, metrobüs, Marmaray ve diğer toplu ulaşım araçları ile yolculuklarına devam edebilmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2017). Şekil 4.19’da İBB açık veri portalından temin edilerek hazırlanan 2020 yılı otopark noktaları ve Park Et- Devam Et otopark noktaları gösterilmiştir.

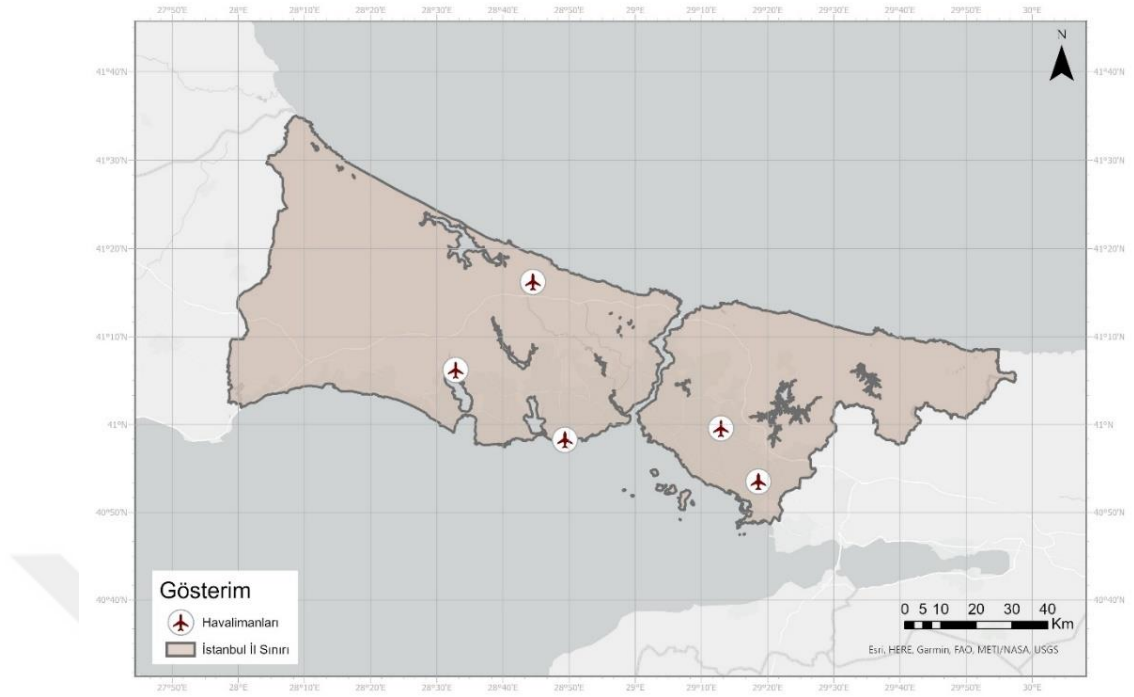


Şekil 4.19. Otopark noktaları haritası

227 otopark alanlarından 12 tanesi Park Et- Devam Et otoparkıdır. Yine 227 otopark alanlarından 45 tanesi açık otopark, 15 tanesi kapalı otopark, 5 tanesi taksi park ve 162 tanesi yol üstü otoparkı olarak tanımlanmıştır.

4.1.6. Hava ulaşımı

İstanbul bulunduğu jeopolitik, ekonomik ve sosyal konum nedeniyle dünya ölçeğinde hem ulusal içi hem de uluslararası havayolu yolcu ve kargo taşımacılığında birinci derecede öneme sahiptir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2009). İstanbul’da yolcu taşımacılığında aktif olarak kullanılan İstanbul Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalimanı olmak üzere uluslararası düzeyde iki havalimanı bulunmaktadır. İstanbul Havalimanı ilin Avrupa Yakası’nda Arnavutköy ilçesinde, Sabiha Gökçen Havalimanı Anadolu Yakası’nda Pendik ilçesindedir. Bu havalimanlarına ek olarak ilin Bakırköy ilçesinde Kargo uçuşlarının yapıldığı Atatürk Havalimanı, Çatalca ilçesinde genel havacılık ve uçuş eğitimleri için kullanılmakta olan Hezarfen Havalimanı ve Sancaktepe ilçesinde Samandıra Hava Üssü yer almaktadır. Şekil 4.20’de İstanbul ilinde yer alan havalimanları konumları ile birlikte gösterilmiştir.

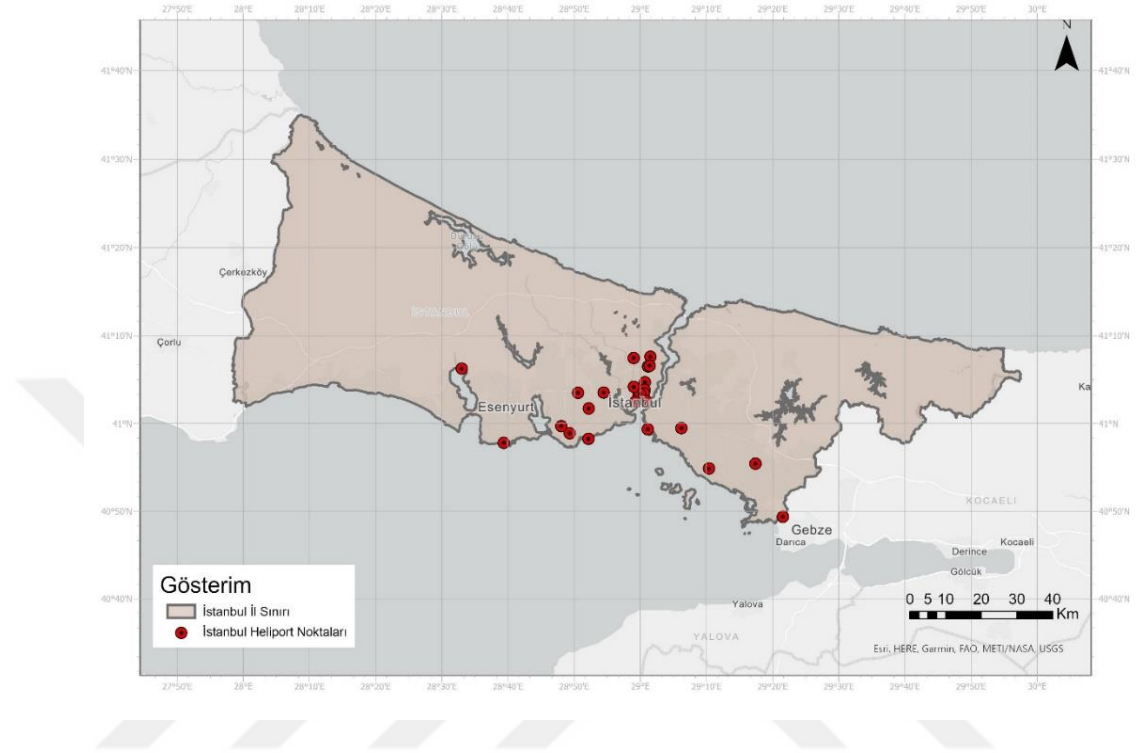


Şekil 4.20. *İstanbul ili içerisinde yer alan havalimanları*

İstanbul’da hava ulaşım kapsamında helikopterler da oldukça yaygın kullanılmaktadır. Günümüzde İstanbul’da helikopterlerin başlıca kullanım alanları arasında ambulans hizmetleri, turizm faaliyetleri ve iş insanları için ulaşım hizmetleri gibi uygulamalar yer almaktadır. Fakat bu kullanım alanlarının yanı sıra İstanbul’un kara trafiğine harcanan zaman süresinin yüksek olması, ilin dışarıdan göç almaya devam etmesi, ekonomik çekim gücünün yüksek olması ve büyük projelerin yapımlarının devam etmesi nedeniyle ilde artması beklenen karasal trafik sıkışıklığına çözüm olarak helikopterlerin kent içerisinde daha aktif kullanılması planlanmıştır (İBB İstanbul heliport ana planı). Bu amaç doğrultusunda kentte modern hava taksisi kavramı çerçevesinde acil servisleri desteklemek, turizm faaliyetlerini kolaylaştırmak ve ticari kullanımlar için hızlı ulaşım sağlamak amacıyla helikopter pistlerinden yararlanılması düşünülmüştür (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2017)

2021 yılı Ağustos ayı itibariyle NOTAMTR internet sitesi verilerine göre İstanbul’da toplamda 27 adet heliport pisti bulunmaktadır. Bunlardan Samandıra heliportu askeri kullanım amaçlı olup bu yüksek lisans tez çalışmasının dışında tutulmuştur. Ayrıca yeterli bilgiye erişilemediğinden Hezarfen, Polis Havacılık, Atatürk

Havalimanı ve Ağaoğlu heliportlarında çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma kapsamında değerlendirilen heliport pistlerine ilişkin görsel şekilde 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21. İstanbul ili içerisinde yer alan heliport alanları

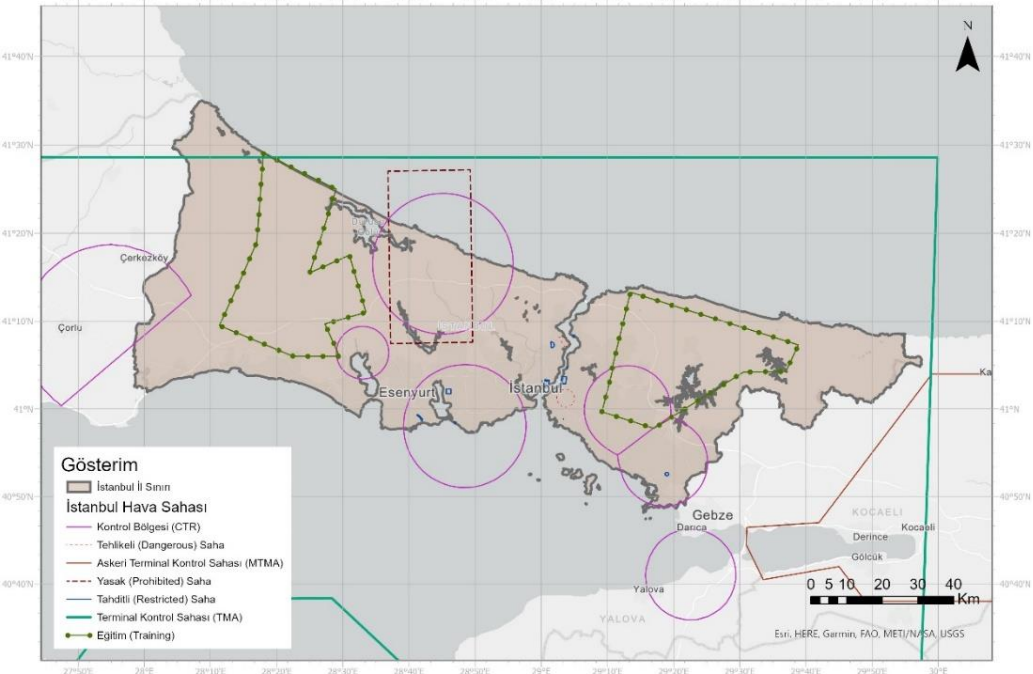
4.1.7. Hava sahası kullanımı

Kentsel hava ulaşımı kapsamında kullanılması düşünülen e-VTOL operasyonları günümüzde helikopterler uçuş prosedürleri gözüne alınarak yapılmaktadır. İstanbul helikopter uçuş prosedürleri için Havacılık Bilgi Yayını (AIP- Aeronautical Information Publication) dokümanından yararlanılmıştır.

AIP dokümanı, bir devlet veya bir devletin yetkilendirdiği kuruluş tarafından yayınlanan ve ülkedeki hava seyrüseferi ile ilgili bilgileri içeren yayındır. Bu yayına göre İstanbul ilinde helikopterler İstanbul Terminal Kontrol Sahası (TMA- Terminal Control Area) sınırları içerisinde VFR koşullarına uygun olarak uçuş yapmakta ve ilgili kontrol biriminin Askeri Terminal Kontrol Sahası (MTMA - Military Terminal Control Area) veya Kontrol Bölgesi (CTR - Control Zones) oluru olmadan tehlikeli (dangerous), yasak (prohibited) veya tahditli (restricted) bir sahada uçuş yapamamaktadır ([http-32](http://32)).

AIP içerisinde yer alan açıklamalara göre tehlikeli (dangerous) saha “içinde uçakların uçuşu için belirli zamanlarda tehlikeli faaliyetlerin var olabildiği boyutları”

erlendirilmiştir. Bunun yanı sıra tehlikeli alanlar, yasak ve eğitim uçuşlarının yapıldığı alanlar da uygunluk modelinde değerlendirilmiştir. Tez kapsamında kullanılmakta olan veriler Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. *İstanbul hava sahası*

Bu kapsamda EK-1’de uzman ile belirlenen alt kriter ağırlık puanlarına göre izole yapılar, diğer yollar ve ilgili araziler arazi kullanım sınıflarında en düşük uygunluk düzeyi olarak ele alınırken, sürekli kentsel doku, süreksiz kentsel doku, süreksiz orta yoğunluklu kentsel doku, süreksiz düşük yoğunluklu kentsel doku, süreksiz çok düşük yoğunluklu kentsel doku, demir yolları ve ilgili arazi, havalimanları, anlık kullanımı olmayan alanlar, spor ve eğlence tesisleri uygunluğun en yüksek olduğu alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Arazi kullanım açısından çalışma alanının %42,28’inin 10, %40,34’ünün 5 ve %9,07’sinin 3 uygunluk düzeyinde olduğu Tablo 4.3’te görülmektedir.

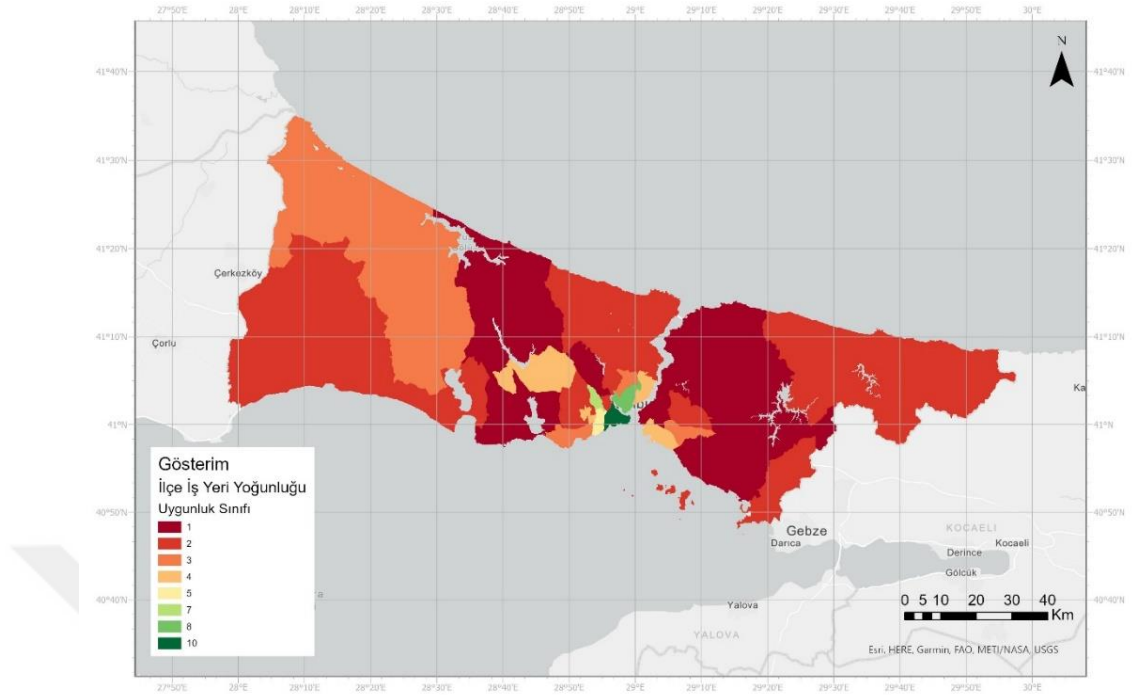
Tablo 4.3. *Arazi kullanım çalışma alanının toplam piksel sayısına göre içerdiği uygunluk sınıfları*

Uygunluk Sınıfı	Toplam Piksel Sayısı
1	2,12%
2	0,30%
3	9,07%
4	4,44%
5	40,34%
9	1,45%
10	42,28%
Genel Toplam	100,00%

4.2.1.2. İş yeri yoğunluk alanları

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznel olarak elde edilen iş yeri yoğunluk verileri ArcGIS Pro’ya aktararak poligona çevrilmiş, daha sonra raster formata dönüştürülmüştür. EK-3’te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10’luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

Şekil 4.24 verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu göstermektedir. Bu çerçevede, çalışma alanında vertiport/vertistoplar için en uygun yerlerin Fatih, Bayrampaşa, Beyoğlu ve Şişli ilçeleri olduğu belirlenmiştir.

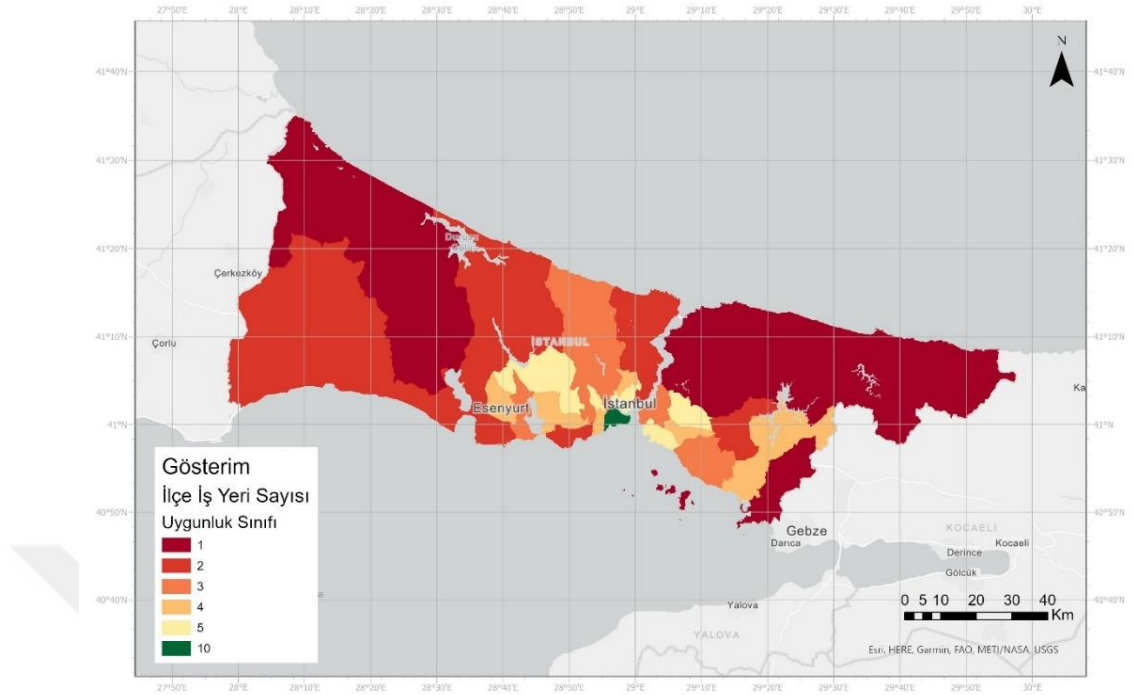


Şekil 4.24. İlçe iş yeri yoğunlukları uygunluk haritası

4.2.1.3. İş yeri sayısı

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen iş yeri yoğunluk verileri öncelikle poligona çevrilmiş, daha sonra raster formata dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

Şekil 4.25'te uygunluk modelinin çalıştırılmasından sonra elde edilen ilçe iş yeri sayısı uygunluk haritası gösterilmektedir. Buna göre vertistop/vertiporlar için en uygun yerlerin Fatih ilçesinde olduğu belirlenmiştir.

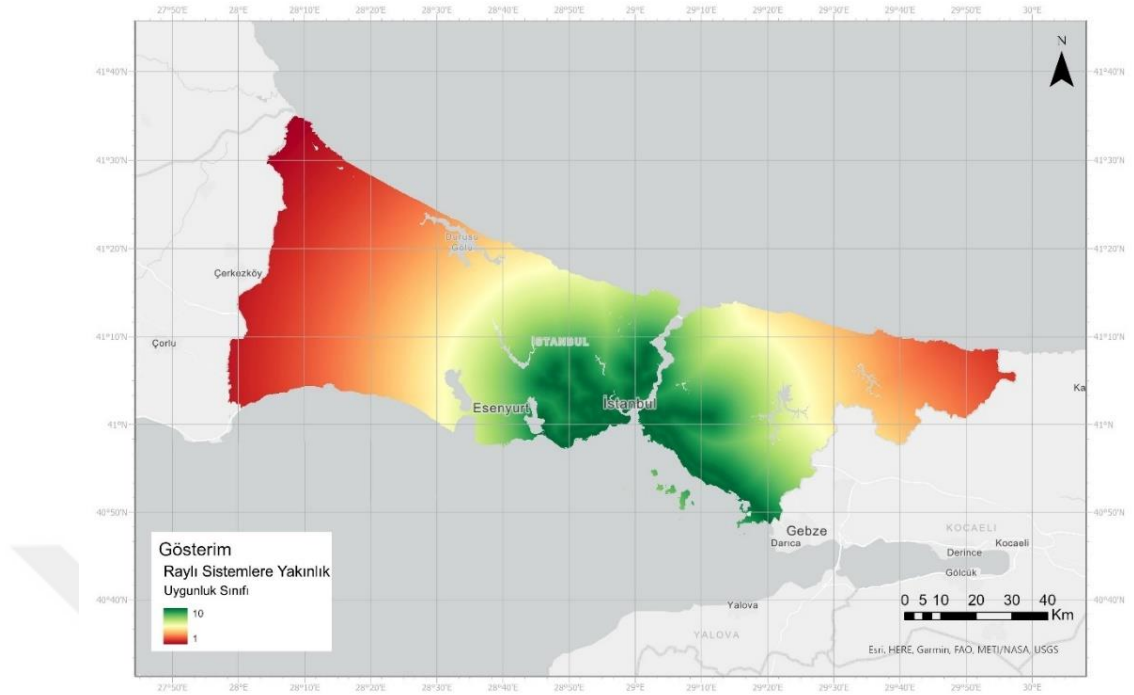


Şekil 4.25. İlçe iş yeri sayısı uygunluk haritası

4.2.1.4. Otopark noktalarına yakınlık

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere vektör formatında elde edilen otopark verileri Distance Accumulation ile raster formatına dönüştürülmüş, EK-3'te belirtilen Continuous Function kriter dönüştürme yöntemi ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

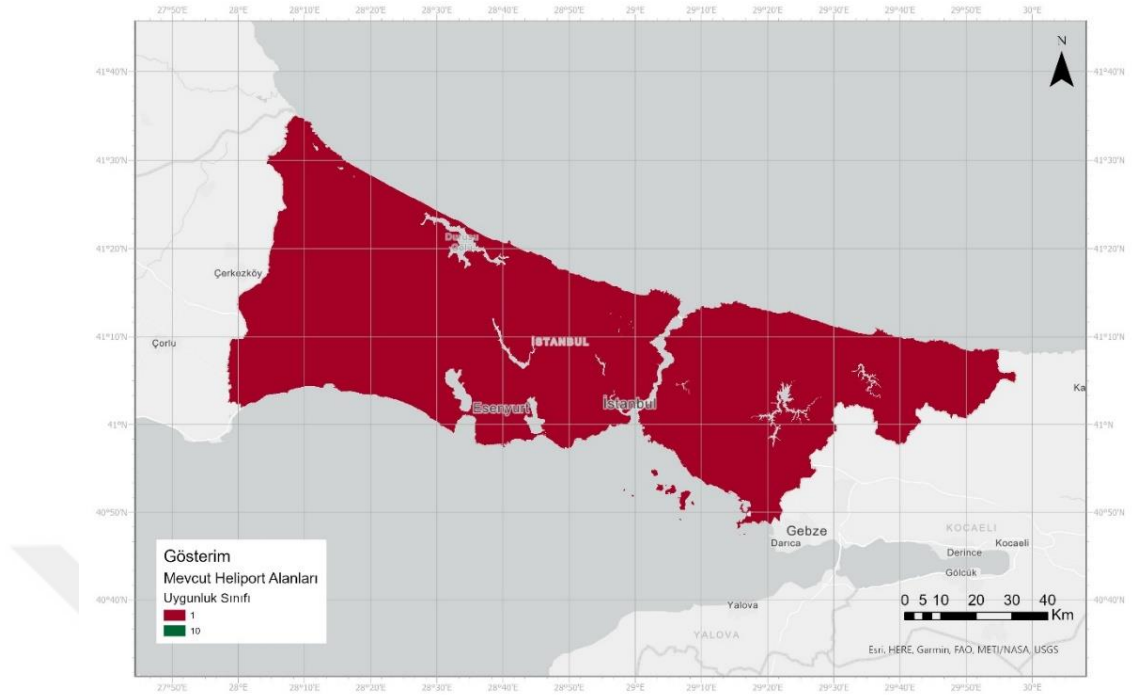
Şekil 4.26'da verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu göstermektedir. Bu çerçevede ildeki en uygun yerlerin kentin güney kısımları ve boğaz çevresinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.28. Raylı sistemlere yakınlık uygunluk haritası

4.2.1.7. Mevcut heliport alanları

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veri yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemlerinden Polygon to Raster kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen Unique Categories kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanı oluşturulmuştur. Şekil 4.29'da verilen haritada 10 en uygun yerleri yani heliport alanlarını temsil ederken 1 en düşük uygunluğu yani heliport dışında kalan alanları temsil etmektedir.

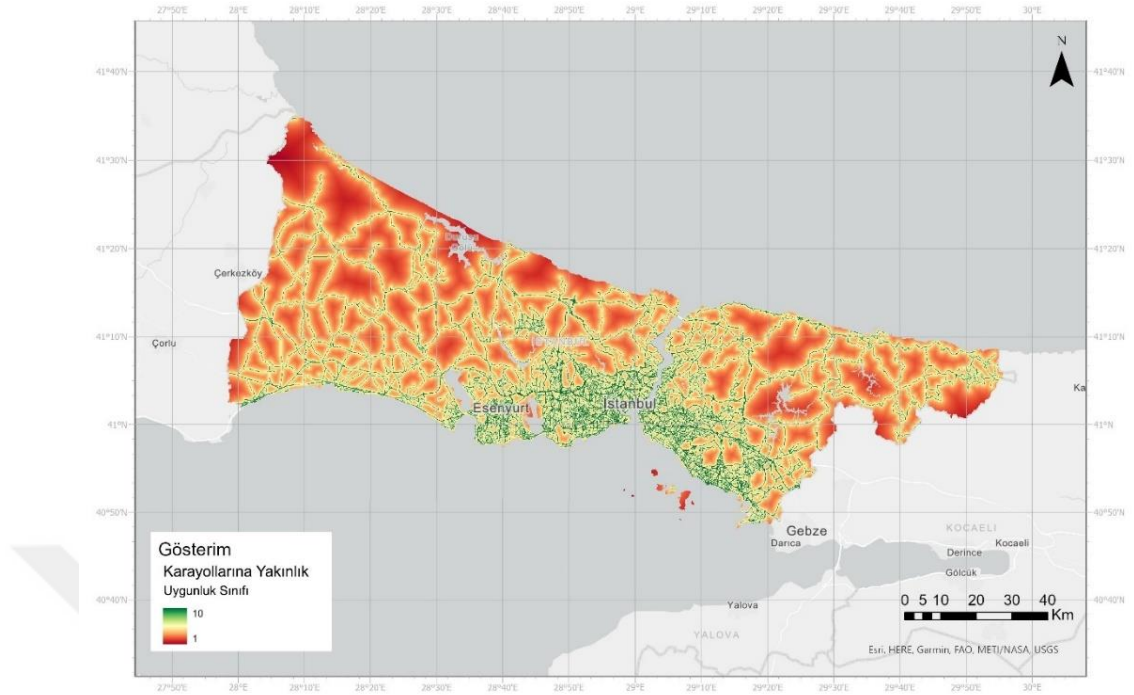


Şekil 4.29. Mevcut heliport alanları uygunluk haritası

4.2.1.8. Karayollarına Yakınlık

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere vektör formatında elde edilen veri Distance Accumulation kriter türetme yöntemi kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra Continuous Function kriter dönüştürme yöntemi ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

Şekil 4.30'da verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu göstermektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerler; 1. derece, 2. derece, 3. derece ve 4. derece karayolları olarak belirlenmiştir. Karayollarının uygunluğu vertiport/vertistop alanlarına ulaşımında önemli bir rol oynayabileceği gibi ileride yapılacak detaylı rotalama analizleri içinde fikir oluşturmaktadır.

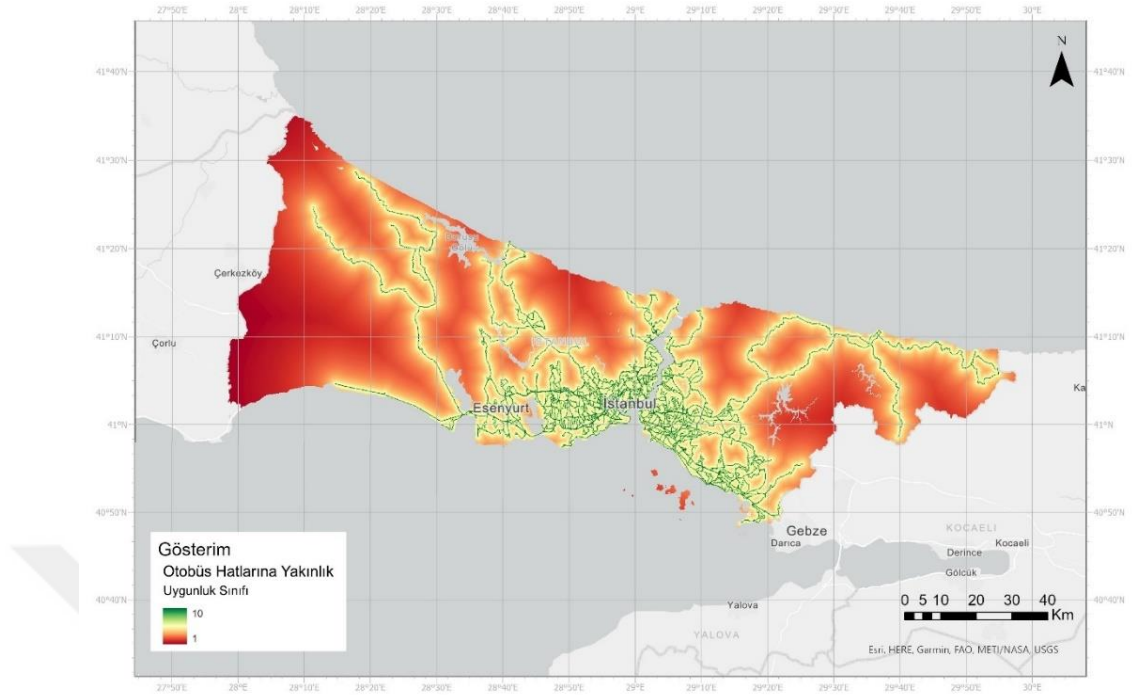


Şekil 4.30. Karayollarına yakınlık uygunluk haritası

4.2.1.9. Otobüs hatlarına yakınlık

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere vektör formatında elde edilen veri yöntem bölümünde açıklandığı üzere Distance Accumulation kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen Continuous Function kriter dönüştürme yöntemle ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

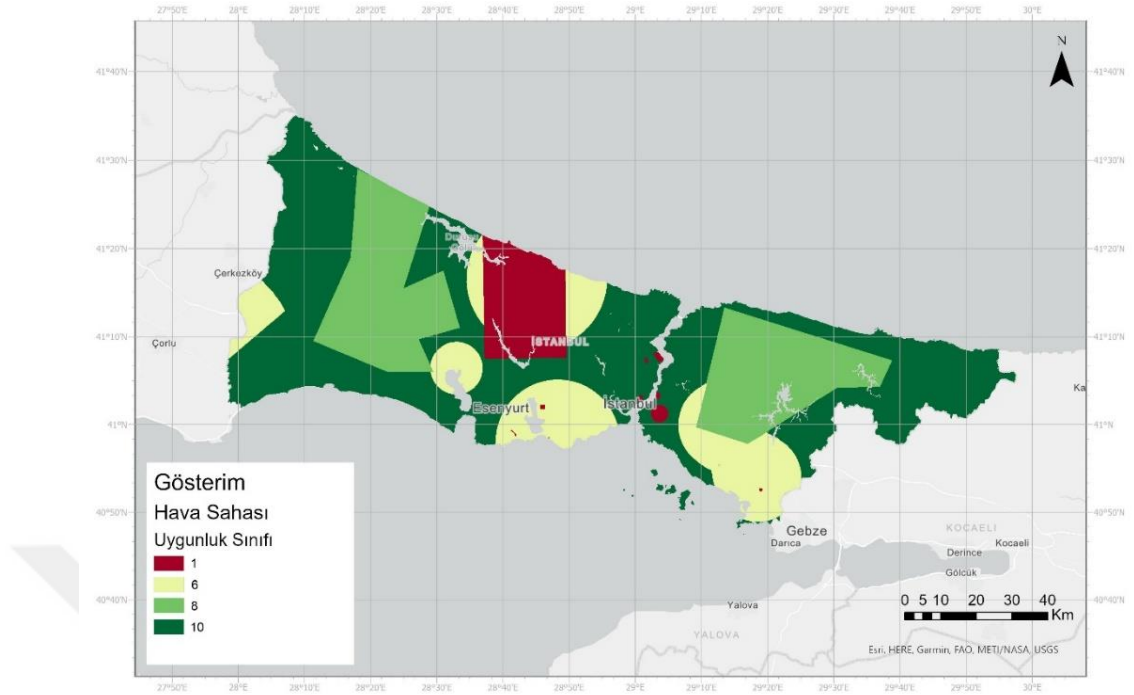
Şekil 4.31'de verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu göstermektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin kentin yerleşim alanlarında yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 4.31. Otopüs hatlarına yakınlık uygunluk haritası

4.2.1.10. İstanbul hava sahası

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere vektör ve öznitelik olarak elde edilen veri yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur. Şekil 4.32'de verilen haritada 6 kontrol bölgesini, 1 tehlikeli, yasak ve tahditli bölgeleri, 8 eğitim bölgelerini, 10 ise geriye kalan ve İstanbul hava sahasında kullanılabilecek en uygun yerleri temsil etmektedir.

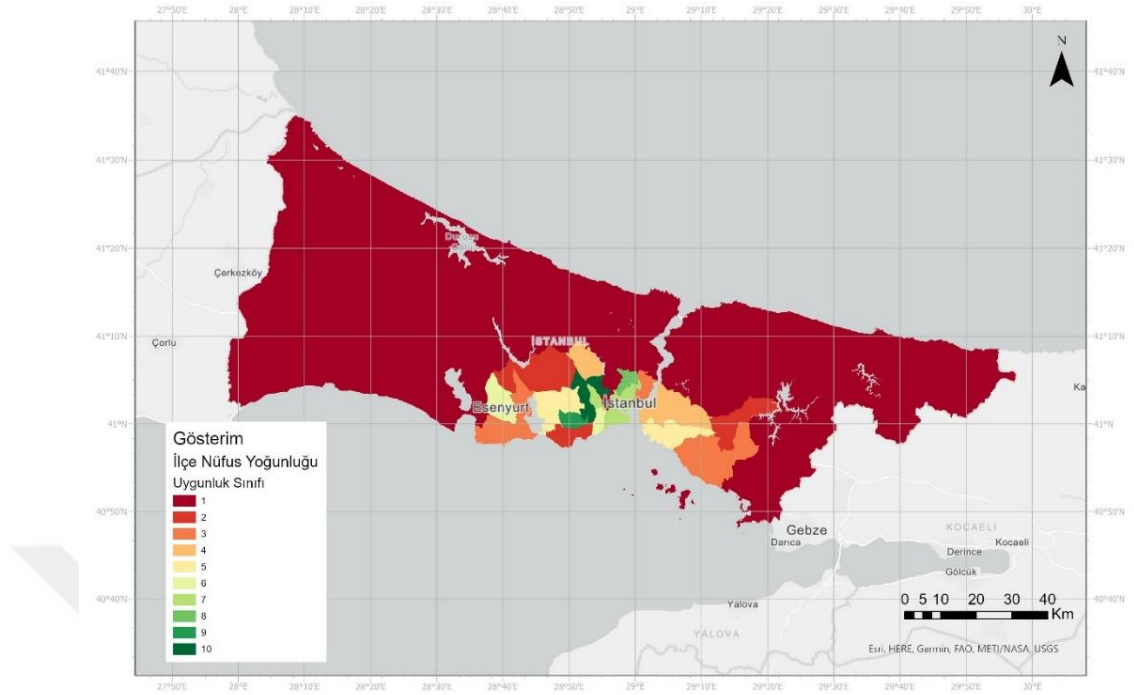


Şekil 4.32. İstanbul hava sahası uygunluk haritası

4.2.1.11. İlçe nüfus yoğunlukları

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veriler excel formatında ArcGIS Pro'ya aktarılmış ve Polygon'a çevrilmiştir. Daha sonra yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

Şekil 4.33'te verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu temsil etmektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin Esenler, Gaziosmanpaşa ve Güngören olduğu gözükmiştir.

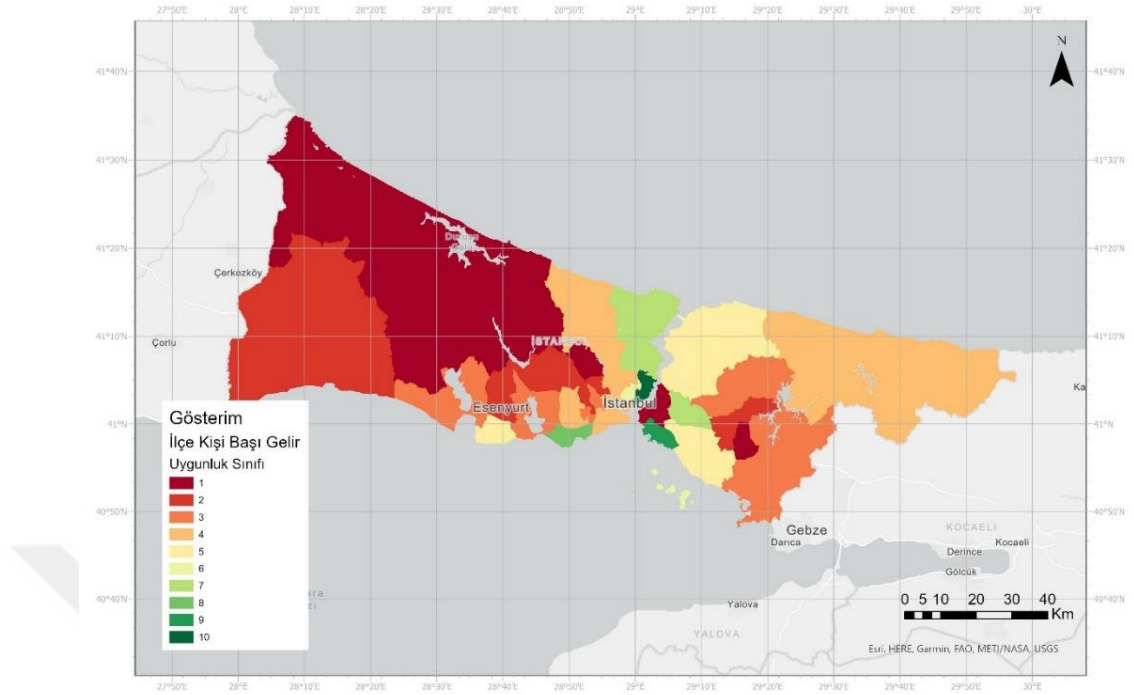


Şekil 4.33. İlçe nüfusu yoğunluğu uygunluk haritası

4.2.1.12. İlçe kişi başı gelir seviyesi

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veriler excel formatında ArcGIS Pro’ya aktarılmış ve Polygon’a çevrilmiştir. Daha sonra yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3’te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10’luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

Şekil 4.34’te verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu temsil etmektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy, Sarıyer ve Ümraniye olduğu gözükmiştir.

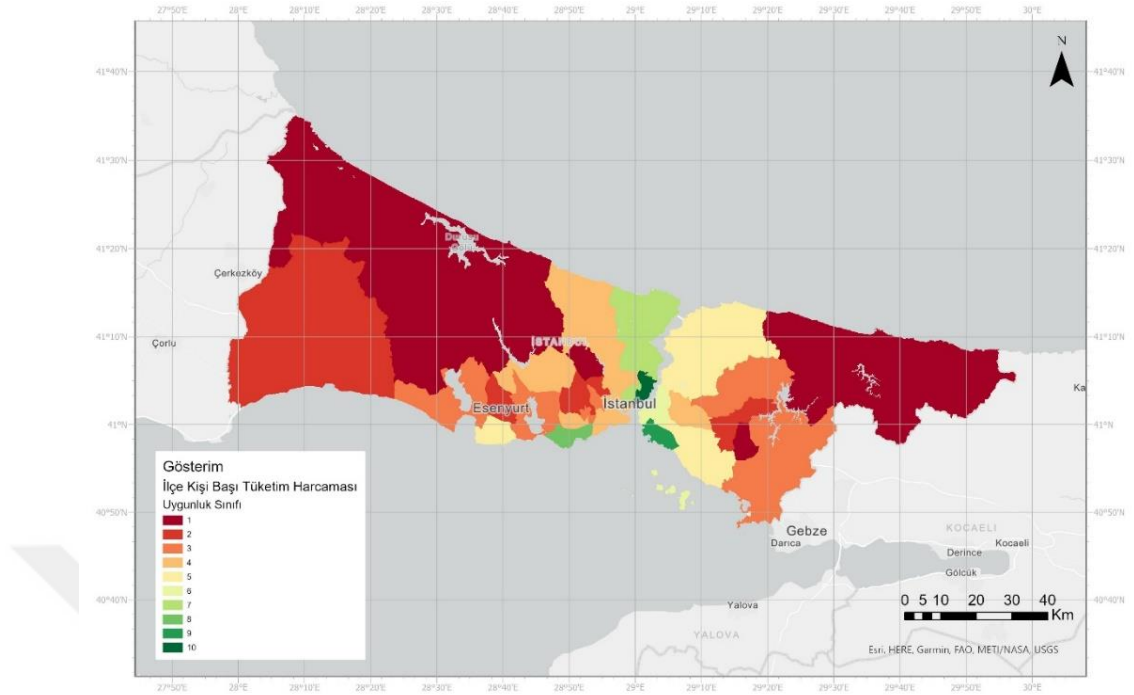


Şekil 4.34. İlçe kişi başı gelir seviyesi uygunluk haritası

4.2.1.13. İlçe kişi başı toplam tüketim harcaması

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veriler excel formatında ArcGIS Pro'ya aktarılmış ve Polygon'a çevrilmiştir. Daha sonra yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

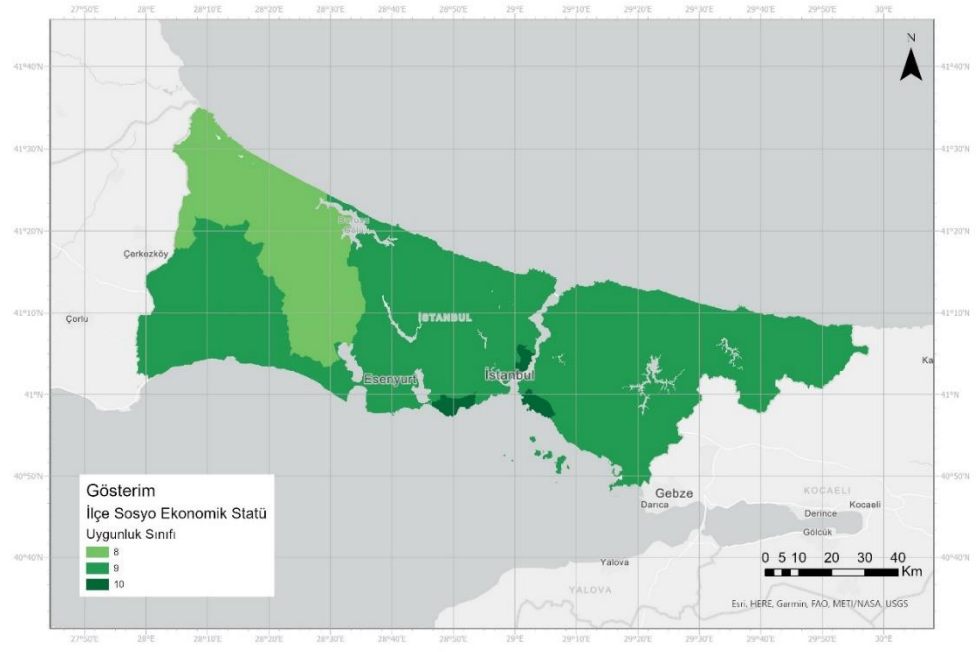
Şekil 4.35'te verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu temsil etmektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer olduğu gözükmiştir.



Şekil 4.35. İlçe kişi başı tüketim harcaması uygunluk haritası

4.2.1.14. İlçe sosyo ekonomik statü (SES)

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veriler excel formatında ArcGIS Pro'ya aktarılmış ve Polygon'a çevrilmiştir. Daha sonra yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur. Şekil 4.36'da verilen haritada 10 en uygun yerleri yani A grubunu, 9; B grubunu ve 8; C grubunu temsil etmektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin Beşiktaş, Kadıköy ve Bakırköy olduğu gözükmiştir.

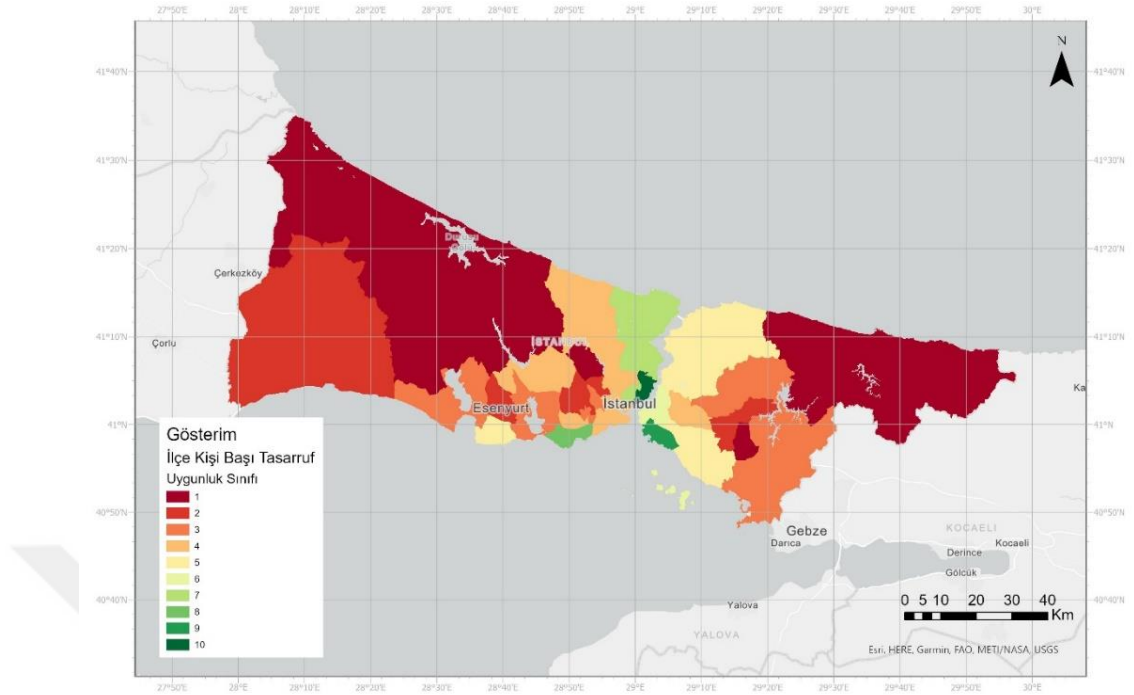


Şekil 4.36. İlçe Sosyo ekonomik statü uygunluk haritası

4.2.1.15. Kişi başı tasarruf haritası

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veriler excel formatında ArcGIS Pro'ya aktarılmış ve Polygon'a çevrilmiştir. Daha sonra yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

Şekil 4.37'de verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu temsil etmektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer olduğu gözükmiştir.

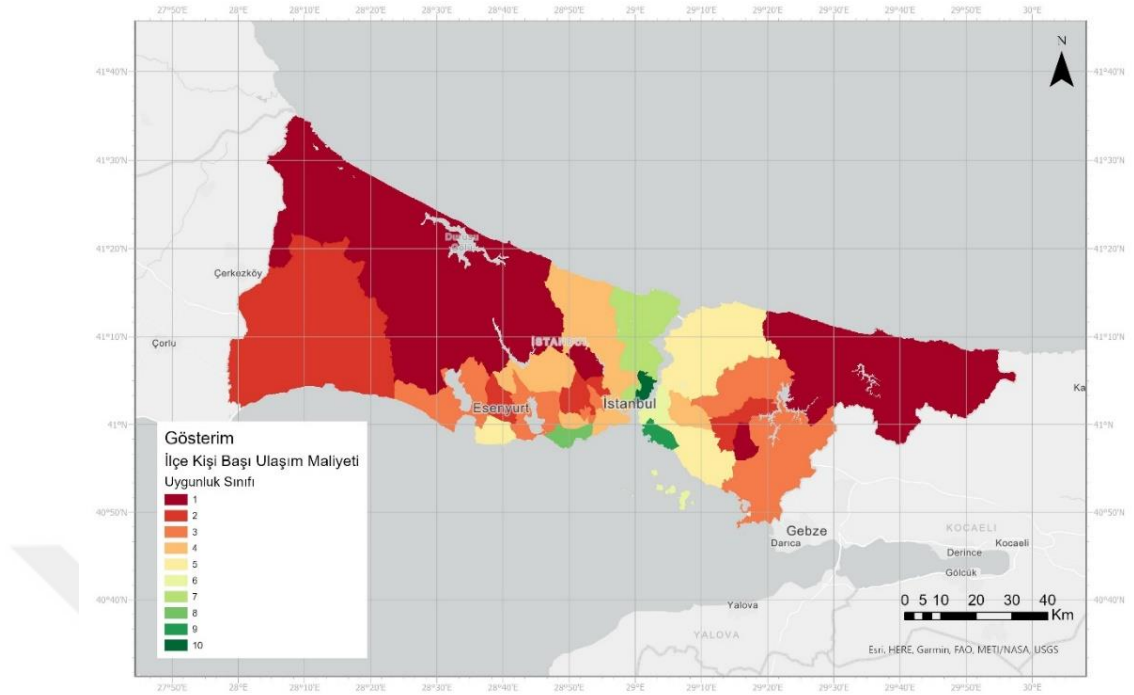


Şekil 4.37. Kişi başı tasarruf haritası

4.2.1.16. Kişi başı ulaşım maliyeti haritası

Uygunluk modeline girdi teşkil etmek üzere öznitelik olarak elde edilen veriler excel formatında ArcGIS Pro'ya aktarılmış ve Polygon'a çevrilmiştir. Daha sonra yöntem bölümünde açıklandığı üzere kriter türetme yöntemleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. EK-3'te belirtilen kriter dönüştürme yöntemleri ile 10'luk skalada ana kriter katmanları oluşturulmuştur.

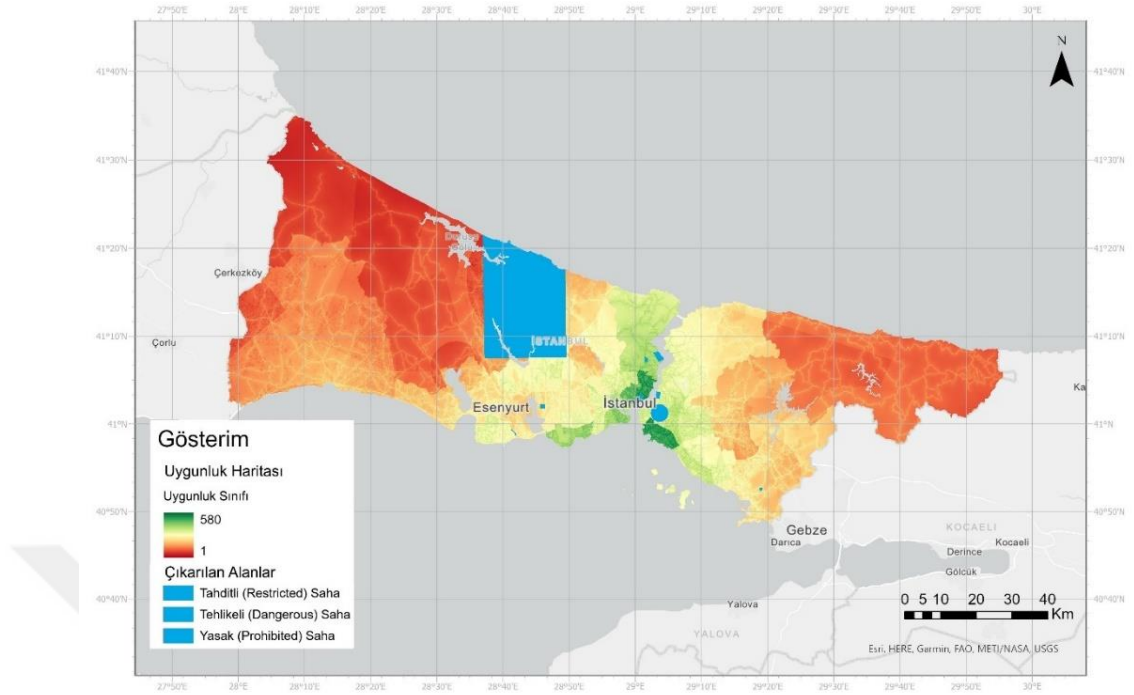
Şekil 4.38'de verilen haritada 10 en uygun yerleri temsil ederken 1 en düşük uygunluğu temsil etmektedir. Bu çerçevede haritada en uygun yerlerin Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer olduğu gözükmiştir.



Şekil 4.38. İlçe kişi başı ulaşım maliyeti uygunluk haritası

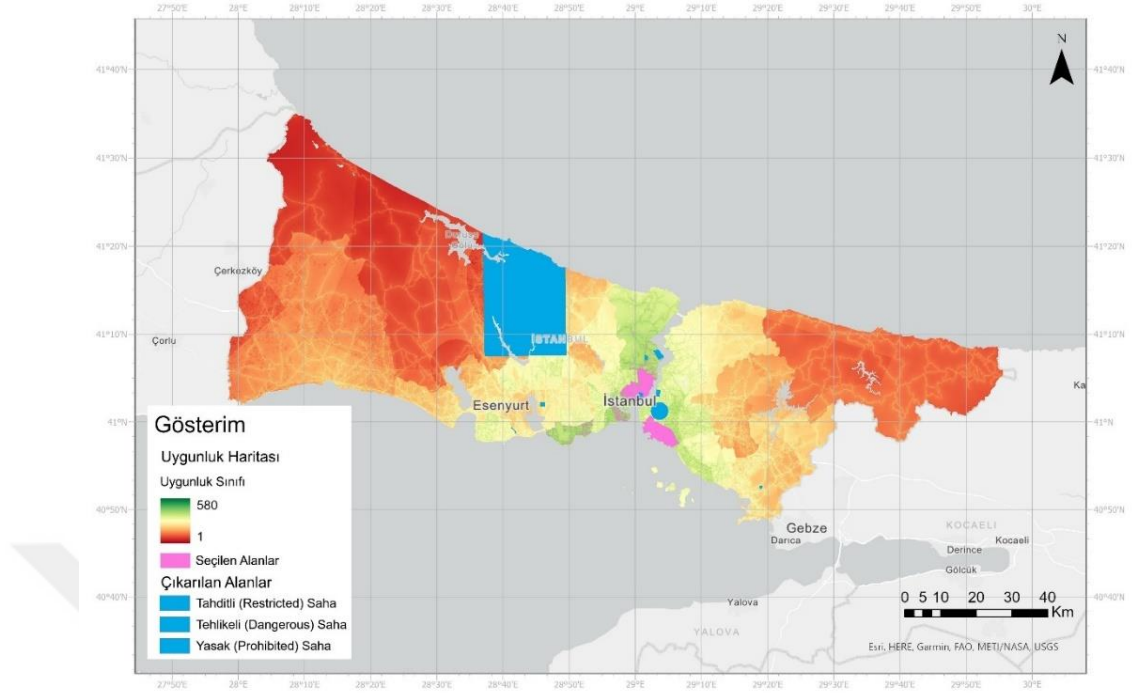
4.2.2. Yer seçimine ilişkin bulgular

Çalışmanın bu kısmında uygunluk modelinin ana katman uygunluk haritalarının değerlendirilmesiyle elde edilmiş olan nihai uygunluk haritası ve vertiport/vertistoplar için uygunluk modelinde seçilmiş en uygun alanlar verilmiştir. Şekilde 4.39’da uygunluk modelinin sonucu ve uçuş kısıtlıklarından dolayı modelden çıkarılan alanlar görülmektedir.



Şekil 4.39. Vertiport/Vertistop yer seçimi final uygunluk haritası

Uygunluk modelinin çalıştırılması sonucunda elde edilen sonuç haritasında uygunluklar 1 ile 580 arasında sınıflanmıştır. 580 en yüksek uygunluğu, 1 ise en düşük uygunluğu temsil etmektedir. 580 değeri, çalışmanın amacı doğrultusunda vertiport/vertistop alanları yer seçimi için %100 uygun alanlar olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında ise vertiport/vertistop alanları için en uygun yer seçimini sağlayan uygunluk sınıfı değeri %70 ve üzeri olacak şekilde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda %70 ve üzeri uygunluk sınıfı değeri sağlayan en uygun yerler Şekil 4.40'ta gösterilmiştir. Buna göre İstanbul ilinde vertiport/vertistoplar için en uygun alanların yoğunluklu olarak Kadıköy, Beşiktaş ve Şişli ilçelerinde yer aldığı görülmektedir.



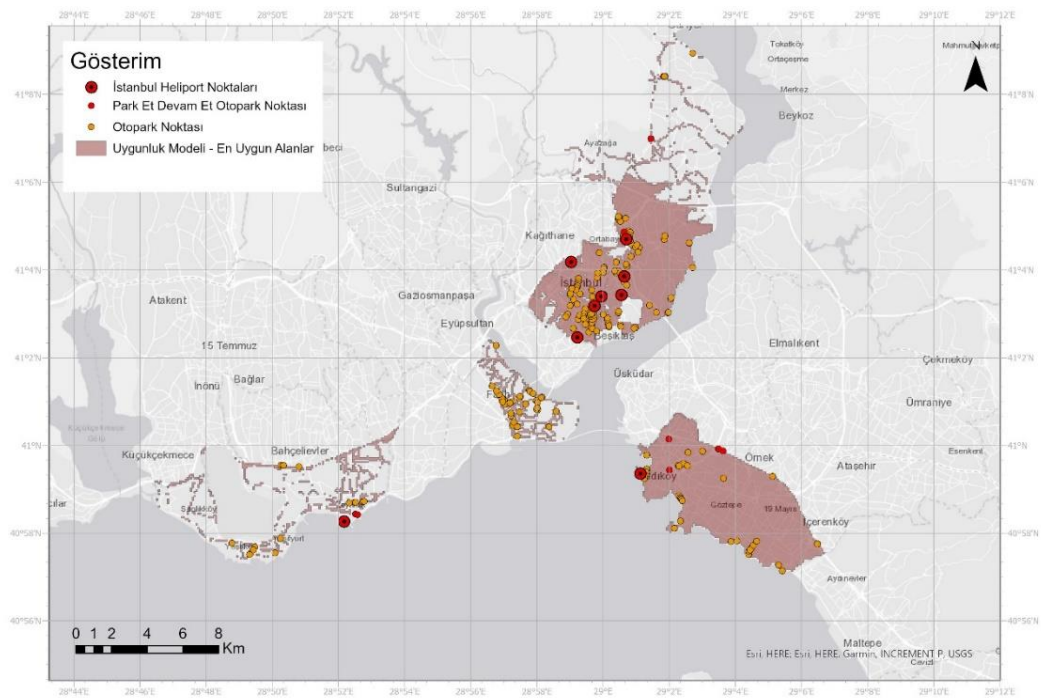
Şekil 4.40. Uygunluk modeli sonucu yer seçimine en uygun alanlar

Seçilen alanlar detaylı olarak incelenmiş ve ilçeler içerisine düşen piksel miktarı Tablo 4.4'te verilmiştir. Buna göre yer seçimi için en uygun alanların sırasıyla Kadıköy, Beşiktaş ve Şişli ilçelerinden oluştuğu görülmektedir.

Tablo 4.4. İlçeler içerisine düşen piksel miktarı

Numara	İlçe Adı	Piksel Sayısı	Yüzdelik Dağılım
1	Kadıköy	4286	40,13%
2	Beşiktaş	2828	26,48%
3	Şişli	1683	15,76%
4	Bakırköy	712	6,67%
5	Sarıyer	530	4,96%
6	Fatih	517	4,84%
7	Ataşehir	43	0,40%
8	Üsküdar	33	0,31%
9	Bahçelievler	21	0,20%
10	Kağıthane	14	0,13%
11	Küçükçekmece	6	0,06%
12	Zeytinburnu	3	0,03%
13	Güngören	2	0,02%
14	Eyüp	1	0,01%
15	Maltepe	1	0,01%

Uygunluk modeline göre seçilen en uygun alanlar içerisinde kalan mevcut heliport ve otopark noktaları ise Şekil 4.41’de gösterilmiştir. Buna göre alan içerisinde toplamda 227 otopark ve 9 heliport alanı bulunmaktadır.

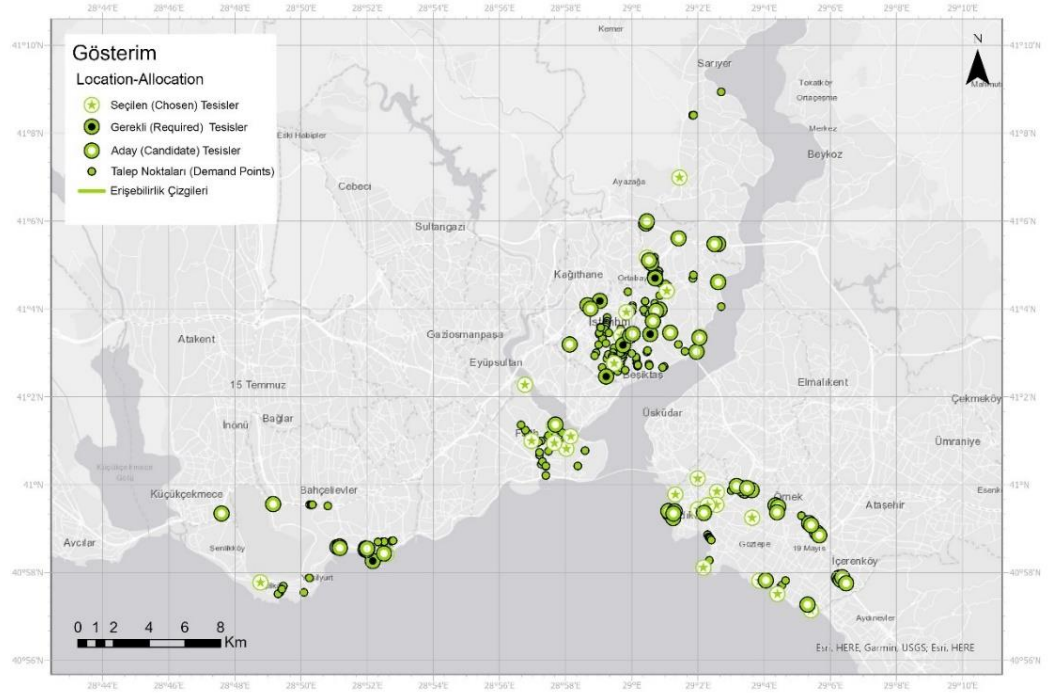


4.3. Ağ Analizi ve Konumsal Dağıtıma İlişkin Bulgular

Çalışmanın bu kısmında, uygunluk modeli sonrası vertiport/vertistop tesis etmek için uygun bulunan seçili alanlar esas alınarak tezin Yöntem bölümünde açıklanan ve Network Analyst- Location Allocation analizi kullanılarak gerçekleştirilen işlemler dahilinde belirlenen en iyi konumun tespitine yönelik bulgular verilmiştir.

4.3.1. Aġ analizi

Network Analyst- Location Allocation analizi, Şekil 4.42’de yer alan vertipor/vertistop tesis etmek için uygun bulunan seçili alanlar içerisinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.43. Network Analyst - Location Allocation analiz sonucu

Analiz sonucuna göre talep (otopark kapasite miktarı) atanan noktalardan 7 tanesi gerekli (required) tesislerden, 30 tanesinin aday (candidate) tesislerden seçilen (chosen) alanlar olduğu görülmüştür.

4.3.1.1. Gerekli (Required) tesisler

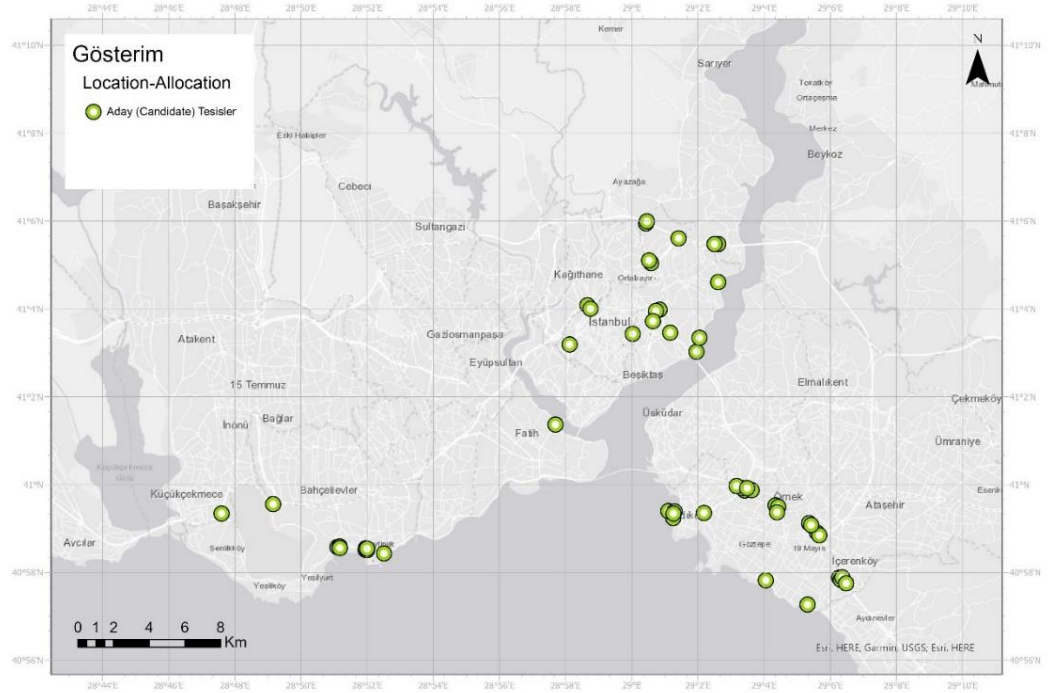
Network Analyst- Location Allocation analizi çerçevesinde açıklandığı üzere, gerekli (required) tesisler, uygunluk modelinde belirlenen en uygun alanlar içerisinde kalan heliportlar alanlarını içermektedir. Şekil 4.44’te en iyi konum tespitine yönelik analiz alanı içerisinde yer alan heliport alanları gösterilmektedir.

Tablo 4.5. *Otopark kapasite miktarı göre atanan tesis sayısı*

Lokasyon No	Tesis Tipi	Otopark Sayısı	Otopark Kapasite Miktarı
7	Gerekli (Required)	8	1364
2	Gerekli (Required)	11	932
1	Gerekli (Required)	8	465
4	Gerekli (Required)	9	416
3	Gerekli (Required)	3	200
8	Gerekli (Required)	1	142
6	Gerekli (Required)	1	80
5	Gerekli (Required)	0	0
9	Gerekli (Required)	0	0

4.3.1.2. Aday (Candidate) tesisler

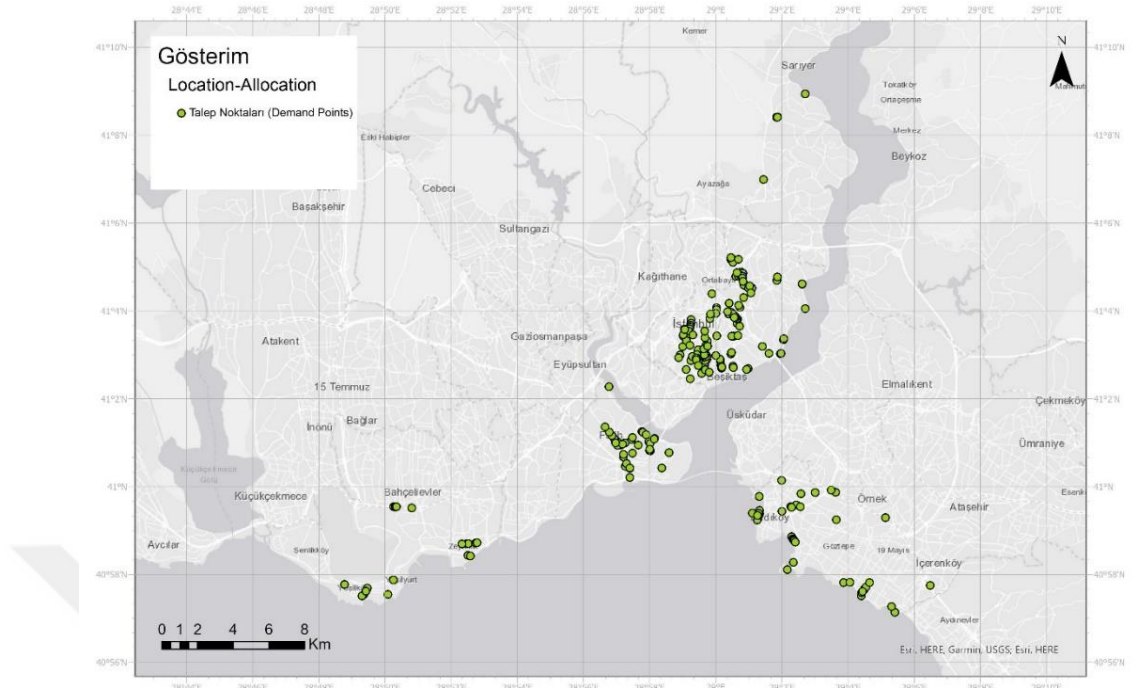
Network Analyst- Location Allocation analizinde, aday (candidate) tesisler, uygunluk modelinde belirlenen en uygun alanlar içerisinde yer alan açık otopark alanları ile 1.derece ve 2.derece yol kavşaklarının çevrelediği 100 ft (30 m) den büyük olan açık arazileri içermektedir. Analiz sonucunda Şekil 4.45'te çalışma alanı içerisinde bulunan açık otopark alanları ve kavşakların çevrelediği açık arazilerden seçilen (chosen) dışında kalan 55 tesis gösterilmektedir.



Şekil 4.45. Network Analyst - Location Allocation aday (candidate) tesisler

4.3.1.3. Talep noktaları (Demand points)

Network Analyst- Location Allocation analizinde talep (demand) noktaları, uygunluk modelinde belirlenen en uygun alanlar içerisinde kalan otopark (açık otopark, kapalı otopark, taksi park, yol üstü otopark) alanlarını içermektedir. Şekil 4.46’da analiz alanı içerisindeki otopark alanları gösterilmektedir.



Şekil 4.46. *Network Analyst - Location Allocation talep (demand) noktaları*

Talep noktaları (demand points) 227 adet olup çalışma alanının kuzeyinde yoğunlukta bulunmaktadır.

4.3.1.4. Seçilen (Chosen) tesisler

Network Analyst- Location Allocation analizinde seçilen (chosen) tesisler belirlenen aday (candidate) tesisler arasından seçilen tesisleri ifade etmektedir. Analiz çalıştırıldıktan sonra seçilen (chosen) tesis sayısı 30 adet olup Şekil 4.47’de gösterilmiştir.

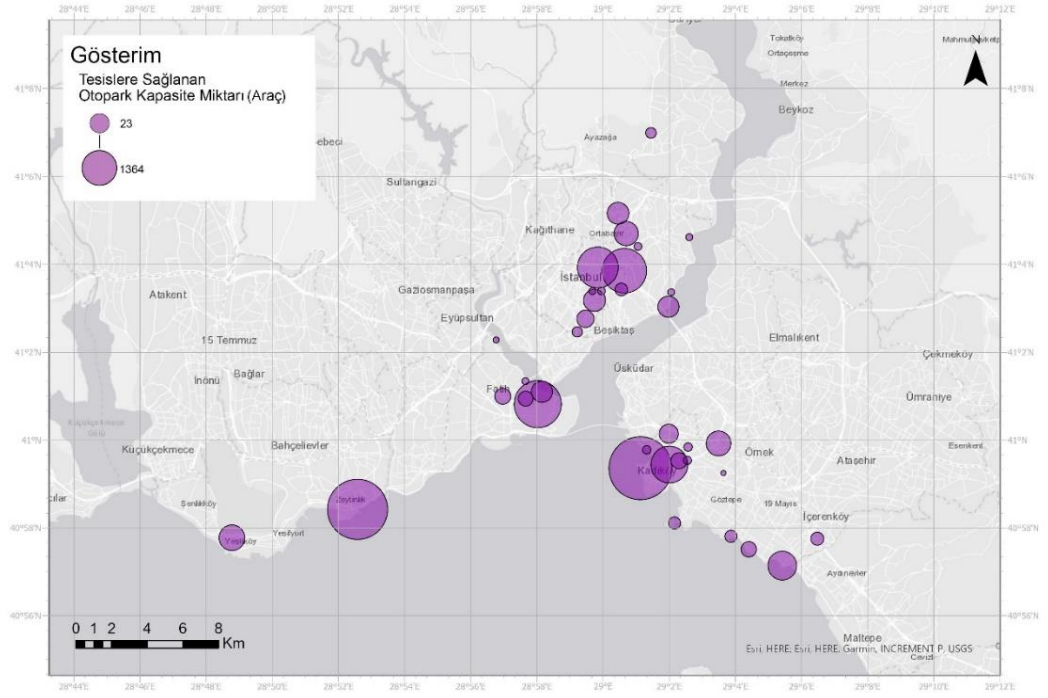
Tablo 4.6. *Seçilen (Chosen) tesislere atanan otopark kapasite miktarı*

Lokasyon No	Tesis Tipi	Otopark Sayısı	Otopark Kapasite Miktarı
79	Seçilen (Chosen)	2	1300
68	Seçilen (Chosen)	4	1001
105	Seçilen (Chosen)	3	853
64	Seçilen (Chosen)	1	760
65	Seçilen (Chosen)	2	570
90	Seçilen (Chosen)	1	500
100	Seçilen (Chosen)	3	480
75	Seçilen (Chosen)	7	409
88	Seçilen (Chosen)	2	400
80	Seçilen (Chosen)	4	395
76	Seçilen (Chosen)	1	350
98	Seçilen (Chosen)	5	307
102	Seçilen (Chosen)	10	280
103	Seçilen (Chosen)	2	280
70	Seçilen (Chosen)	5	263
92	Seçilen (Chosen)	1	250
73	Seçilen (Chosen)	2	210
84	Seçilen (Chosen)	2	186
69	Seçilen (Chosen)	2	185
85	Seçilen (Chosen)	1	150
67	Seçilen (Chosen)	1	100
81	Seçilen (Chosen)	1	100
83	Seçilen (Chosen)	2	95
93	Seçilen (Chosen)	1	90
63	Seçilen (Chosen)	2	70
96	Seçilen (Chosen)	2	70
36	Seçilen (Chosen)	2	65
71	Seçilen (Chosen)	1	65
86	Seçilen (Chosen)	1	50
101	Seçilen (Chosen)	1	23

4.3.2. Yer tahsisi

Network Analyst- Location Allocation analizinin sonucunda mevcut heliportlara ve seçilen (chosen) tesislere kapasite miktarlarına göre otoparklar atanmıştır. Buna göre, bu noktalardan 7 tanesi gerekli (required) tesislerden, 30 tanesi aday (candidate) tesisler

içerisinden seçilen (chosen) tesislerden oluşmaktadır. Konum tahsisinde en uygun yer seçimi yaparken hem mevcut durumdaki alanların kullanılması hem de yeni yerlerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Bundan dolayı talebin (otopark kapasite miktarı) atandığı gerekli (required) tesisler ve aday tesisler (candidate) içerisinde seçilen (chosen) tesisler dikkate alınmıştır. Bu tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı ise Şekil 4.48’de gösterilmiştir.



Şekil 4.48. Tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı

Tesislere sağlanan otopark kapasite miktarlarında 4 bölge dikkat çekmektedir. Bu bölgelerin ise sırasıyla Kadıköy, Bakırköy, Fatih ve Şişli ilçelerinde olduğu görülmüştür. İlçelere ait detaylı tespitler ise bölüm içerisinde açıklanmıştır.

4.3.2.1. Kadıköy ilçesi

Vertiport/vertistop alanı için Kadıköy ilçesinde, tesisin 500 m erişebilirlik mesafesi içerisinde kişilere sağlayabileceği en yüksek kapasiteli otopark alanı 1364 araç sayısı ile Kadıköy İspark otoparkıdır. Verilen kriterlere göre alan içerisinde 4 aday (candidate) nokta içerisinde herhangi bir seçim yapılmamış olup en uygun alanın mevcutta yer alan heliport olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.49’da görüldüğü üzere 8 otopark noktası bu tesis

ile eşleştirilmiştir. Bu otoparklardan biri, 1004 araç kapasitesi ile Kadıköy Park Et-Devam Et otoparkı olmuştur.



Şekil 4.49. Kadıköy ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı

Kadıköy ilçesinde Kadıköy İspark heliportu Urban Atlas arazi kullanım verileri açısından “Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Binalar” sınıfı içerisinde yer almaktadır. Ayrıca 500 m mesafe içerisinde iskele, metro, otobüs ve tramvay durağı, ticari alanlar ile 1.dereceden ve 3.dereceden karayolunu kapsamaktadır.

4.3.2.2. Bakırköy ilçesi

Vertiport/vertistop alanı için Bakırköy ilçesinde, tesisin 500 m erişebilirlik mesafesi içerisinde kişilere sağlayabileceği en yüksek otopark kapasiteli alan 1300 araç sayısı ile Bakırköy İdo Park Et- Devam Et açık otoparkıdır. Şekil 4.50’de görüldüğü üzere 1 tane otopark noktası bu tesis ile eşleştirilmiştir. Bu 1 tane noktayı ise 300 araç kapasitesi ile Bakırköy İdo iskele önü park et devam et otoparkı oluşturmaktadır.

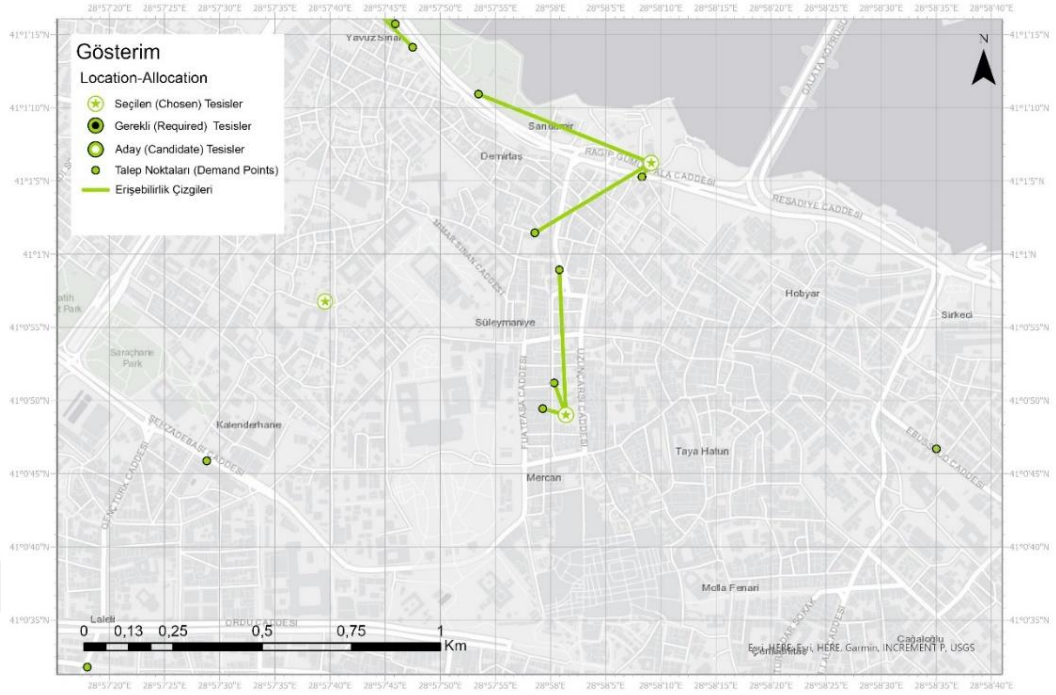


Şekil 4.50. Bakırköy ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı

Bakırköy içerisinde İdo Park Et- Devam Et açık otoparkı Urban Atlas arazi kullanım verileri açısından “Spor ve Eğlence Tesisleri” sınıfı içerisinde yer almaktadır. Ayrıca 500 m mesafe içerisinde iskele ve otobüs durağı, 2 otopark, alışveriş merkezi ve 1.dereceden karayolunu kapsamaktadır.

4.3.2.3. Fatih ilçesi

Vertiport/vertistop alanı için Fatih ilçesinde, tesisin 500 m erişebilirlik mesafesi içerisinde kişilere sağlayabileceği en yüksek otopark kapasiteli alan 1001 araç sayısı ile Mercan açık otoparkıdır. Şekil 4.51’de görüldüğü üzere 3 otopark noktası bu tesis ile eşleştirilmiştir.

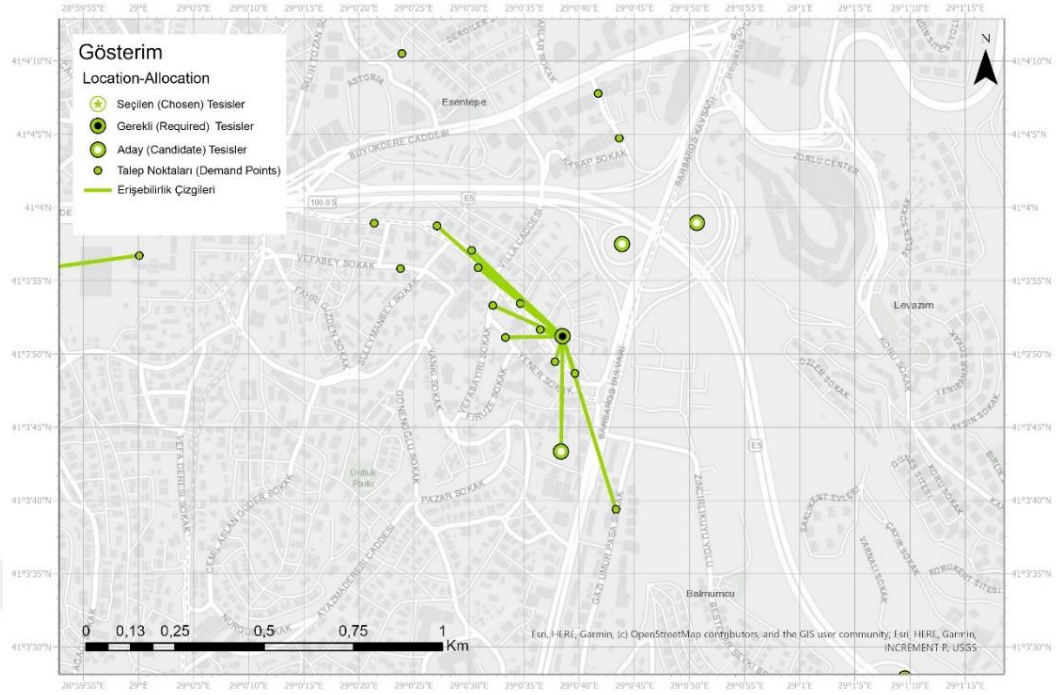


Şekil 4.51. Fatih ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı

Fatih ilçesinde Mercan açık otoparkı Urban Atlas arazi kullanım verileri açısından “Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Binalar” sınıfı içerisinde yer almaktadır. Ayrıca 500 m mesafe içerisinde çok sayıda ticari donatıyı ve 4.dereceden karayolunu kapsamaktadır.

4.3.2.4. Şişli ilçesi

Vertiport/vertistop alanı için Şişli ilçesinde tesisin 500 m erişebilirlik mesafesi içerisinde kişilere sağlayabileceği en yüksek otopark kapasiteli alan 932 araç sayısı ile Point Hotel heliportu olmuştur. Verilen kriterlere göre program tarafından alan içerisinde 1 aday (candidate) nokta içerisinde herhangi bir seçim yapılmamış olup en uygun alanın mevcutta yer alan heliport olduğu görülmüştür. Şekil 4.52’de görüldüğü üzere 11 otopark noktası bu tesis ile eşleştirilmiştir.



Şekil 4.52. Şişli ilçesi tesislere sağlanan otopark kapasite miktarı

Şişli ilçesinde Point Hotel heliportu Urban Atlas arazi kullanım verileri açısından “Süreksiz Kentsel Doku (%50- %80)” sınıfı içerisinde yer almaktadır. Ayrıca 500 m mesafe içerisinde metrobüs, otobüs durağı, ticari alanlar ile 1.dereceden ve 2.dereceden karayolunu kapsamaktadır.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. Sonuçlar

Tez çalışması ile İstanbul metropolitan kentinde yoğun trafik akışına ve sıkışıklığına bağlı olarak yaşanan zaman ve maliyet kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayacak kentsel hava ulaşımı olanaklarının araştırılması ve CBS olanakları kullanılarak e-VTOL araçları için vertistop/vertiport terminal yer seçiminin yapılması amaçlanmıştır.

İstanbul ilinin sosyal ve mekânsal özellikleri dikkate alınarak vertistop/vertiportlar için en uygun yer seçimin yapılması, tezin birinci aşamasını, yer seçimi sonucu bu alanlardaki en uygun konumlarının değerlendirilmesi ise tezin ikinci aşamasını oluşturmuştur.

Tez kapsamında kentsel hava ulaşımı konsepti, NASA tarafından da öngörülen seçeneklerden biri olan "hava metro" yaklaşımıyla ele alınmıştır. Kentsel hava ulaşımının hava metro şeklinde kullanım durumu kentte yer alan metro ve otobüs gibi mevcut toplu taşıma seçeneklerine, önceden belirlenmiş güzergahlara, düzenli tarifelere ve il genelinde yoğun trafik alanlarında belirlenmiş vertistop/vertiportlara benzemektedir. Belirlenen bu vertistop/vertiportlar arasında ise bir seferde 2 ila 5 yolcu alabilecek şekilde kullanımı ön görülmüştür.

Vertiport/vertisop alanlarının yer seçimi çalışmasında ildeki arazinin kısıtlı oluşu, plan değişikliği gerektirmesi, arazi maliyetlerinin yüksek oluşu, özel mülkiyet ve yüksek proje maliyetleri gibi durumlar ile mevcut alanlar göz önüne alınarak kentsel hava ulaşımının aktif ulaşım sistemlerine verimli bir şekilde entegre edilmesi gerekliliği benimsenmiştir. Böylece ildeki arazi kullanım tiplerine asgari düzeyde müdahale edilerek sisteminin planlanması hedeflenmiştir. Çalışmada, mevcut ulaşım sistemlerinde raylı hatlar ve otobüs hatları olmak üzere toplu taşıma sistemleri, karayolları, araç sayım dağılımları, otopark alanları ve heliport alanları verileri kullanılmıştır. Toplu taşıma sistemlerinde durak noktaları verisi elde edilemediği için hatlara yakınlık olarak modele dahil edilmiştir.

Vertiport/vertistop alanlarının kolay erişilebilir yollar üzerinde olması, gereken altyapı ihtiyacının hızlıca karşılanması ve herhangi bir risk durumuna karşı yakınında acil

iniş yapılabilecek güvenli alanlar bulunması gerekliliğinden dolayı kentte yer alan otopark alanları ile 1.derece, 2.derece, 3.derece ve 4.derece karayolları dikkate alınmıştır.

1.derece, 2.derece, 3.derece ve 4.derece yolların tercih edilmesinin nedenlerinden birisi de karayollarında kullanılan araçların ses ve hava kirliliğine neden olmasıdır. Vertiport/vertistop alanlarının bu alanlara yakın olması sayesinde karayoluna bağlı ses ve hava kirliliğininin sebep olduğu sağlık sorunlarının ve buna bağlı ekonomik kayıpların e-VTOL araçların kullanılması ile en aza indirilmesi hedeflenmiştir. İldeki araç sayım dağılımları incelenmiş ve en yoğun alanların 1.derece, 2.derece, 3.derece ve 4.derece yollar üzerinde olduğu görülmüştür. Bu da bu noktalardaki trafik yükünün ve bu trafiğin neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması için önemli bir girdi oluşturmuştur.

İlde özel araç kullanımının yaygın olmasından dolayı otopark alanları çalışmada önemli bir girdi olarak kullanılmıştır. Özellikle Park Et- Devam Et otoparklarında kişilerin bu alanlara araçları ile gelerek farklı toplu taşıma sistemleri ile yolculuklarına devam etmesinin erişimi ve ulaşımı kolaylaştıracağı düşünülmüştür. Ayrıca vertiport/vertistop alanlarının otopark alanlarına yakın olması, mevcut sistemi koruyarak kişilerin e-VTOL araçlar ile seyahatlerine imkan verebileceği değerlendirilmiştir.

İlde mevcut helikopter uçuşları; ambulans hizmeti, turizm faaliyetleri ve iş amaçlı taşıma faaliyetleri gibi hizmetler için kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında ise spesifik bir e-VTOL aracı ile çalışılmamıştır. Literatürde ideal vertiport/vertistop pist ölçütleri net olmamakla birlikte örnek çalışmalar bulunmaktadır. Bu örnek çalışmalardan yola çıkılarak il içerisindeki mevcut heliport pist ölçüleri incelenmiş ve vertiport/vertistop alanları için uygun olduğu kabul edilmiştir. Bu uygunluk ise bir e-VTOL aracının inebileceği şekilde minimum ölçütlerde değerlendirilmiştir. Ayrıca literatür araştırmalarına göre de e-VTOL araç türüne göre mevcut heliport alanlarının kullanılabilmesinin mümkün olduğu değerlendirilmiştir. Ancak daha sonra yapılacak benzer çalışmalarda İstanbul'da kullanılması tercih edilecek e-VTOL araç özelliklerine göre pistlerin uygunluğunun tekrar değerlendirilmesi önemlidir.

Tez kapsamında yapılan analiz sonucunda en uygun vertiport/vertistop alanlarının sırasıyla Kadıköy, Beşiktaş, Şişli, Bakırköy, Sarıyer ve Fatih ilçeleri olduğu görülmüştür. Ayrıca SES verilerinde Beşiktaş, Kadıköy ve Bakırköy'in A grubunda, Sarıyer, Şişli ve ve Fatih'in B grubunda olduğu görülmüştür. Kişi başı gelir seviyesi, kişi başı tasarruf,

kişi başi tüketim ve kişi başi ulaşım maliyetleri gözönünde bulundurulduğunda da ilde ilk dört sırayı Beşiktaş, Kadıköy, Bakırköy ve Sarıyer'in aldığı görölmüşür. İldeki iş yeri sayısı dikkate alındığında ise Fatih ve Şişli ilçeleri başta gelmektedir. İş yeri yoğunluğu verilerine göre ise Fatih'in en yoğun ilçe olduğu görölmektedir. Bu veriler ve raylı hatlara uzaklık, otobüs hatlarına uzaklık, otopark noktalarına uzaklık ve yıllık araç sayımı verileri değerlendirildiğinde seçilen bu ilçeler, İstanbul ilinde genellikle yolculuğun yoğun yapıldığı ve yolculuk yaratma potansiyelinin yüksek olduğu bölgeleri göstermektedir.

En uygun alanlar içerisinde yer alan bu ilçelerdeki mevcut heliportların dağılımına bakıldığında ise Kadıköy'de 1, Beşiktaş'ta 2, Şişli'de 6, Bakırköy'de 1 ve Sarıyer'de 4 heliport olduğu görölmüşür. Çalışma içerisinde kullanılan heliport alanlarının tamamı kamusal kullanıma uygun olan alanlar olarak kabul edilmiştir.

Tezin ikinci aşaması olan Network Analyst- Location Allocation analizi ile uygunluk modeli sonucunda çıkan alanlardaki en uygun konumlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Network Analyst- Location Allocation analizi sonucunda belirlenen vertiport/vertistop tesis yerleri içindeki en uygun konumların, Kadıköy ilçesinde Kadıköy İspark heliportu, Bakırköy ilçesinde Bakırköy İdo açık otoparkı, Fatih ilçesinde Mercan açık otoparkı ve Şişli ilçesinde Point Hotel heliportu olduğu saptanmıştır.

Seçilen bu konumlar ve yakın çevrelerindeki genel kentsel karakterler değerlendirildiğinde, kentsel hava ulaşımı planlamasının, kent içindeki mevcut ve potansiyel dinamikler kullanılarak kentin mevcut arazi kullanımına en az müdahale edecek şekilde yapılabilmesine olanak vermektedir.

Bilindiği üzere havacılık faaliyetleri ulusal, uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenen standartlar çerçevesinde yürütölmektedir. Ancak e-VTOL uçuş operasyonlarının hangi otoriteler tarafından yürütöleceğine ilişkin henüz ortaya konulmuş net bir yetkilendirmeye rastlanılmamıştır. Literatür araştırmalarına göre, İstanbul hava sahası verileri e-VTOL araçlarının VFR uçuş kuralları çerçevesinde değerlendirilerek ele alınmıştır. Bu kapsamda ölkemizde yürürlükte bulunan ulusal mevzuatın yanı sıra uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından yayımlanan dokümanlardan da yararlanılmıştır. Buradan yola çıkarak İstanbul'da kullanılmakta olan VFR uçuş rotaları ile Kadıköy, Bakırköy ve Şişli ilçelerinde seçilen konumlar birlikte değerlendirildiğinde mevcut rotalardan yararlanabileceği düşünölmektedir.

Literatür araştırmalarında daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde büyük bir kısmının kentsel hava ulaşımı konseptinin incelenmesinde kentteki arazi kullanım alanlarını dikkate almadığı görülmüştür. Yapılan çalışmaların birçoğunda vertiport/vertistop yer seçimlerinin ağırlıklı olarak pazar analizi, potansiyel yolcu talebi üzerine odaklandığı saptanmıştır. Yapılan bu çalışmalar ise CBS yöntemleri kullanılmadan farklı teknikler aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise kentin arazi kullanım verileri ve uçuşa yasaklı alanlar gibi ek kriterler de dikkate alınmış ve CBS analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.2. Tartışma

Kentlerde artmakta olan nüfus, işgücü, araç sahipliği ve kentsel kullanım alanlarının çeşitlenerek genişlemesi gibi etkenler, kentlerde evre, enerji, sürdürülebilirlik ve sosyal denge konularında önemli sorunlara neden olabilmektedir.

Bu çerçevede, kentiçi ulaşımının analiz edilerek düzenlenmesi, toplu taşıma sistemlerine ve evre dostu ulaşım biçimlerine öncelik verilerek ulaşım ve trafik sorunlarına özümmler getirilmesi gerekmektedir. Özel ulaşım ile toplu taşıma ve ara-toplu taşıma türlerinin durak ve terminal alanları ile entegrasyonu sağlanarak bütüncül şekilde planlanması gerekmektedir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014).

Kentsel hava ulaşımını mevcut ulaşım biçimleri ve hareketlilik merkezleriyle entegre olması gerektiğinden vertiport/vertistopların yer seçimi bu kapsamda değerlendirilmelidir.

Yapılan literatür araştırmalarında vertiport/vertistop yer seçimi için mevcut heliportlar, mevcut havalimanları, çok katlı otoparkların veya yüksek binaların çatıları, otoyol kavşaklarının evrelediğı kullanılmayan açık araziler gibi alanlar önerilmektedir. Fakat binaların üstünde veya kavşak içlerinde yapılacak olan vertiport/vertistoplara erişim zorluğu engel teşkil edebilmektedir. Dolayısı ile bu gibi durumların oluşturabileceğı engeller düşünülerek vertiport/vertistopların yer seçiminde bütüncül planlamadan yararlanılmalıdır. Bu alanlar kullanıcıların çeşitli ihtiyaçlarına cevap verebilecek, algılanabilir, ergonomik, kesintisiz ve güvenli ulaşım koşullarını sağlayan, insanı odak olarak ele alan ulaşım planları ile birlikte tasarlanmalıdır.

Kentsel hava ulaşımının uygulanmasında erişim eşitliğı büyük önem taşımaktadır. Dünya Ekonomik Formu, erişim eşitliğinin kentsel hava ulaşımı tasarım kriterleri

içerisine dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Böylece kentsel hava ulaşımına en fazla ihtiyaç duyan dezavantajlı gruplar için erişim eşitliği sağlanması amaçlanmaktadır. erişim eşitliği ile kentteki belirli topluluklar içinde yer alan olumsuz etkilerin giderilmeye çalışılması (http-33), kentlerin yaşam kalitesi ve yaşanabilirlik endekslerini olumlu olarak değiştirebilmesi beklenmektedir (Vascik, 2017).

Erişim eşitliğinin diğer bir boyutunda ise görme, işitme veya fiziksel engelleri olan bireyler gibi, farklı cinsiyet, yaş ve kültüre ait bireylerin de kentsel hava ulaşımı ile daha iyi bir ulaşım hizmetinin sunulması hedeflenmektedir ((http-33).

Kentlerin zaman içerisinde büyüyerek makraformları genişlemektedir. Kent makraformunda meydana gelen genişleme ile zamanla kent çeperlerindeki gayrimenkul fiyatlarında azalma gözlemlenmektedir. Kentsel hava ulaşımının kente entegrasyonu sayesinde merkez ile çeperler arasındaki fiyat dalgalanmasının önüne geçilmesi söz konusu olabilmesi beklenmektedir. Bunun yanı sıra metropolleşmeye bağlı olarak kentlerde birden fazla merkezi iş alanının oluşması, kent içerisindeki bazı alanların çöküntü bölgesi haline gelmesine neden olabilmektedir. Çöküntü bölgesi haline gelen bu alanların yeniden canlandırılması için kentsel hava ulaşımı sistemleri kullanılabilir. (http-34).

Kentsel hava hareketliliğinde E-VTOL araçların bazı yakın mesafe iç hat uçuşları yerine kullanılmaya başlanması ile havalimanlarının iç hat uçuşlarında ve sağladıkları yer hizmetleri operasyonunda da bir azalma meydana gelmesi beklenmektedir. Bu da havalimanlarında daha az yer tıkanıklığına neden olarak bu alanların şehir içinde genişletilme ihtiyacını düşüreceği öngörülmektedir (Dajani vd., 1977).

Kentsel hava hareketliliğinin ileride yaygınlaşması durumunda gökyüzünde sıkışıklık ve görsel dağınıklığın olması beklenmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için uçuşa yasaklı alanlar, kentin arazi kullanım planları ve kentin ulaşım planları göz önüne alınarak e-VTOL araçların uçuş koridorları belirlenmelidir (http-34).

E-VTOL araçlar dağlar, su kütleleri veya park alanları gibi coğrafi engelleri aşabilme özellikleri sayesinde kentsel hava ulaşım sistemi, kara ve hava taşımacılığında yer alan karayolu, demiryolu, köprüler, tüneller veya havaalanları gibi ağır altyapı gerektiren yatırımlara göre daha az yer altyapısı gerektirmektedir. Bundan dolayı daha hızlı, verimli ve daha düşük maliyetler ile uygulanabileceği düşünülmektedir (Dimans

Numan Fadhil, 2018; ICAO Safety Report 2019 Edition, 2019; National Air Transportation Association, 2019; Thipphavong vd., 2018b; Uber Elevate, 2016; Vascik, 2017).

Otomobillerde kullanılan yakıt ücretlerinin artması büyük şehirlerde bu araçların avantajlı ve verimli olma durumunu ortadan kaldırmaya başlamıştır. Böylece maliyeti daha az, hızı daha yüksek ve daha kolay erişilebilir yeni pazar talepleri ortaya çıkmıştır (Vascik, 2017). Nitekim ülkemizde TOGG tarafından kendi otomobilini üretme ve Baykar Savunma tarafından uçan araba üretme çalışmaları yeni pazarların artacağını gösteren öncü girişimler olarak göze çarpmaktadır.

E-VTOL araçların ticari anlamda daha fazla yolcu taşıma kapasitesiyle ve daha uzun mesafelerde yaygın biçimde kullanımı konusunda bazı zorluklar bulunmaktadır. Bunun en büyük nedenlerinden birisi de mevcut bataryaların daha büyük uçaklar ve uçuşlar için gerekli olan güç ağırlık oranını sunamamasıdır. Bu sorun çözülsün bile işletmecilerin her uçuşta bataryayı depolamak ve hızlı şarj etmek için uygun maliyetli bir yöntem bulmasına ihtiyaç vardır ([http-35](http://35)).

E-VTOL araçların gürültü seviyeleri dikkat edilmesi gereken konular arasındadır. Kent için önerilen hizmet ve araç tasarımlarının bireyler üzerindeki olumsuz etkileri dikkate alınmalıdır. Bundan dolayı vertiport/vertistop yer seçimi dahil e-VTOL araçlarının kalkış ve inişleri sırasında üzerinden geçeceği mülk ve o mülke ait üzerindeki hava sahasıyla ilgili şartlar her ülkenin kendi yasal çerçevesi içinde ele alınmalıdır. Bu konunun gayrimenkul mevzuatı ile ilişkilendirilerek ayrıca çalışılması gerekmektedir.

Kentsel hava ulaşımı operasyonlarının güvenlik ve emniyetle ilgili mevcut havacılık mevzuatına, gerekliliklere ve sektör standartlarına uygun gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kentsel hava ulaşımı kapsamında e-VTOL araçlarının güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için yeni teknolojilerden yararlanması önemlidir.

E-VTOL araçların dağıtılmış elektrik tahrik sistemi, yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş karar verme ve operasyonel kontrol yetenekleriyle birleştiğinde, kentsel alanlarda güvenli ve sürdürülebilir hava taşımacılığını mümkün kılacak teknolojik yenilikleri sağlamaktadır ([http-34](http://34)).

Ayrıca IoT, 5G ağları, acil durumlar ve başarısızlıkların yönetimi için uygun siber güvenlik gereksinimlerini ve belirli prosedürleri ile emniyet, güvenlik, mahremiyet ve çevresel kaygılar, seçilen teknolojiye bakılmaksızın ele alınmalıdır (SESAR, 2018).

Bu gerekliliklerin sağlanabilmesi için araçlar gerçek zamanlı olarak güncellenen dinamik bir haritalama sistemine, uçuşta sürekli konum takibi için bağlantılara ihtiyaç duymaktadır. (http-36). Ayrıca E-VTOL araçların birbirleri de dahil olmak üzere tüm potansiyel tehlikeleri tanımlayabilen sensörlerle donatılması ve bu sensörler vasıtasıyla engellerin tespit edilebilmesi gerekmektedir (http-37).

E-VTOL araçların herhangi bir ülkede faaliyet gösterebilmesi, hava sahasının büyük ticari uçaklarla paylaşılabilmesi, kentsel alanlarda uçuş yapılabilmesi, havacılık güvenliğinin sağlanabilmesi ya da gürültü ve emisyon düzenlemelerine uyabilmesi için FAA ve EASA tarafından bu araçların sertifikalandırılması gerekmektedir (Baur vd., 2018; Uber Elevate, 2016). Ayrıca mevcut e-VTOL araçlarının uçuşa elverişlilik sertifikalarının olması gerekliliğine ek olarak araçları kullanacak pilot sertifikalarında gerekli olduğu belirtilmektedir (Vascik, 2017).

Kentsel hava ulaşımının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli analizlerin gerçekleştirilmesini sağlayacak verilere ihtiyaç vardır. Kentsel hava ulaşımında dinamik kentsel hava sahası verilerinin kullanımı gibi, vertiport/vertistoplar gibi destekleyici altyapıların birbiri ile bağlantılı ve verimli bir şekilde çalışması içinde farklı verilerin kullanımı önem arz etmektedir.

Vertistop/vertiport alanlarının belirlenmesinin yanı sıra uçuş güzergahlarının oluşturulması da son derece önemlidir. Ancak mikro hava durumu, dinamik hava durumu verileri, havacılık rotaları, havacılık kuralları gibi erişimi son derece sınırlı ve özel izne tabi olan veriler ile bu alanın havacılık alanında yetkinlik gerektirmesinden dolayı güzergah belirleme çalışması bu tez kapsamının dışında tutulmuştur. Fakat mikro hava durumu ve çevrimiçi meteoroloji verilerinin özellikle IoT ve 5G teknolojileri ile birlikte hassas hava taşımacılığında daha etkin rol alabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle uçuşlarda önem arz edecek ve uçuş rotasını değiştirecek sabit ve dinamik risk etmenleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu risk etmenleri göz önüne alınarak önceden kentin uçuşa uygun olabilecek alanlarının planlanması, araçların terminal alanlarının buna uygun olarak belirlenmesi, herhangi bir acil durumda alternatif iniş alanlarının

saptanması önem arz etmektedir (Mathur vd., 2019). Gerekli planlamaların yapılması, güzergah ve alanların belirlenmesi ve risklerin ortaya konulması amacıyla mevcut 2 boyutlu verilerin yeterli olmayacağı düşünülmektedir. Söz konusu çalışmaların, kentlerin 3 boyutlu yapı ve düşey engel verilerini de içeren 3 boyutlu verileri ile 3 boyutlu CBS ortamlarında yapılması faydalı olacaktır.

Bugün kentsel hava hareketliliğinin önündeki en önemli engellerden biri bu alanda uluslararası düzeyde kabul görececek düzenlemelerin bulunmaması ya da çalışmaların henüz olgunlaşmamış olmasıdır (Baur vd., 2018). Şu anda dikey uçuş operasyonlarını ve e-VTOL operasyonlarını içeren kapsamlı bir politika, rehber, düzenleyici talimat, kanun, zorunlu tasarım standartları veya iyi uygulama örnekleri bulunmamaktadır (National Air Transportation Association, 2019). Buna ek olarak, mevcut yasalarda; kentsel hava ulaşımının gereksinimlerini karşılayacak şekilde e-VTOL araçlar ile ticari hava yolu araçlarının aynı hava sahasında eşgüdümlü çalışmasına izin verecek, bütüncül bir hava trafik ve hizmet yönetimi düzenlenmesi de henüz yoktur (Baur vd., 2018). Araçların kullanılmaya başlaması ile hava trafiğinde yükün artması beklenmektedir. Bu durumda hava trafik kontrolleri için zorluklar yaratabileceği düşünülmektedir (http-35).

U-Space Avrupa ATM Master Planı'na göre e-VTOL araçların IFR ve VFR eşdeğer bir şekilde görev yapmaları beklenmektedir. Ancak uçuş operasyonlarının hangi otoriteler tarafından yürütüleceğine ilişkin henüz ortaya konulmuş net bir yetkilendirmeye rastlanılmamıştır. Bu yetkinin yerel yönetimler mi yoksa sivil havacılık otoritesinde mi olacağı hususu, üzerinde ayrıca çalışılması gereken bir konudur.

Kentsel hava hareketliliği operasyonlarının çalışma koşullarının bir kısmı VFR ve IFR kuralları ile çalışmaktadır. Bundan dolayı şehirler içerisinde seyir irtifa seviyeleri ile alakalı yükseklik sınırları, uçaklar arasında yakınlık ve buna bağlı geçiş hakkı kuralları düzenlenmelidir. Bu da hava trafiği yönetimine yeni yaklaşımları gerektirmektedir. (ICAO Safety Report 2019 Edition, 2019).

Sonuç olarak vertiport/vertisop alanlarının seçiminde, potansiyel alanların mevcut trafik yoğunluğu göz önüne alınarak gerçekleştirilmesi, kentsel hava ulaşımının kentte yer alan mevcut ulaşım sistemine verimli bir şekilde entegre edilmesi, böylece kentsel ulaşımında verimlilik sağlanarak ulaşım sistemleri arasında kesintisiz geçişler sağlanması gerekmektedir (ICAO Safety Report 2019 Edition, 2019; National Air Transportation

Association, 2019). Bu entegrasyon gerekliliği, kentsel hava trafik yönetim ve hizmetleri yetkisinin yerel yönetimler tarafından yürütülmesini gerektirebilir. Bunun ise yerel yönetimler anlamında önemli bir yetkilendirme olacağı değerlendirilmektedir.



KAYNAKÇA

- Alonso, J. J., Arneson, H. M., Melton, J. E., Vegh, M., Walker, C. ve Young, L. A. (2017). System-of-Systems Considerations in the Notional Development of a Metropolitan Aerial Transportation System: Implications as to the Identification of Enabling Technologies and Reference Designs for Extreme Short Haul VTOL Vehicles With Electric Propulsion. *National Technical Information Service*. <http://www.sti.nasa.gov> adresinden erişildi.
- Antcliff, K. R., Moore, M. D. ve Goodrich, K. H. (2016). Silicon Valley as an Early Adopter for On-Demand Civil VTOL Operations. *AIAA Aviation 2016* içinde . Washington: National Aeronautics and Space Administration (NASA). <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160010150> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Antonopoulou-Bogdanou, M. (2003). *City of the Future*. Constantinos A. Doxiadis Architect and Urban Planner.
- Ayataç, H. (2016). Hatice Ayataç. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 31–35.
- Aydemir, K. P., Akyüz, B., Yılmazsoy, B. K., Akdemir, Ç. ve Güler, S. (2018). Kentsel Ulaşımda Yaya Öncelikli Planlama/Tasarım ve Transit Odaklı Gelişimin Metropol Kentlerdeki Deneyimi. *Urban Academy | Rewieved Journal of Urban Culture and Management*, (4), 11. [https:// www.kentakademisi.com](https://www.kentakademisi.com) (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Aydemir, Ş., Erkonak Aydemir, S., Şen Beyazlı, D., Ökten, N., Öksüz, A. M., Sancar, C., ... Aydın Türk, Y. (2004). *Kentsel Alanların Planlaması ve Tasarımı*. Trabzon: Akademi Kitapevi.
- Bakirci, M. (2018). *Ulaşım Coğrafyası*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Baur, S., Schickram, S., Homulenko, A., Martinez, N. ve Dyskin, A. (2018). Urban Air Mobility The Rise of A New Mode of Transportation. *Roland Berger Focus*.

Camillo, E. (2013). *A brief history of the evolution of transportation over time.*

Chibuogu Nneji, V., Stimpson, A., Cummings, M. ve Goodrich, K. H. (2017). Exploring Concepts of Operations for On-Demand Passenger Air Transportation. *AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (AVIATION 2017)* içinde . Denver: National Aeronautics and Space Administration (NASA). <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170006498> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

Childe, G. (2009). *Tarihte Neler Oldu?* İstanbul: Kırmızı Yayınları.

Claudel, M. ve Ratti, C. (2015). Full Speed Ahead: How the Driverless Car Could Transform Cities. *McKinsey & Company.*

Cohen, M. M. (1996). The Vertiport as an Urban Design Problem. *SAE Technical Papers* içinde . SAE International. doi:10.4271/965523

COMCEC Coordination Office. (2015). *Urban Transport In The OIC Megacities.* Ankara. www.comcec.org adresinden erişildi.

Coudert, A., Eickhoff, B., Kimmel, S., Zager, P. ve Allen Hamilton, B. (2019). *A Roadmap To Certify Flying Cars.* <https://www.youtube.com/watch?v=AahMPkQsuJI> adresinden erişildi.

Çan, F. (n.d.). Kentleşme, Sanayileşme ve Kalkınma Etkileşimi. *Fırat Kalkınma Ajansı* içinde .

Dajani, J. S., Stortstrom, R. G. ve Warner, D. B. (1977). *The Potential For Helicopter Passenger Service In Major Urban Areas.* Durham. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19770020143> adresinden erişildi.

Demographia. (2019). *Demographia World Urban Areas.* <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

- Dinç, S., Hamurcu, M. ve Eren, T. (2018). Kentsel Ulaşım İçin Alternatif Tramvay Araçlarının Çok Kriterli Seçimi. *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 4(2), 124–135. doi:10.30855/gmbd.2018.04.02.007
- Doğan, Z. ve Beller Dikmen, B. (2018). Türkiye’deki Ulaştırma Sektörü ve Ulaştırma Türlerinin Karşılaştırılması. *Journal of International Social Research*, 11(56), 758–770. doi:10.17719/jisr.20185639046
- Dunn, N. (2018, Haziran). *Analysis of Urban Air Transportation Operational Constraints and Customer Value Attributes*.
- Elking, I. ve Windle, R. (2014). Examining Differences in Short-Haul and Long-Haul Markets in US Commercial Airline Passenger Demand. *Transportation Journal*, 53(4). doi:10.5325/transportationj.53.4.0424
- Enril, Z. (n.d.). *Modernleşmenin 1.Kuşağı: Sanayi Devrimi ve Kentler*. İstanbul.
- Eriçok, S. D. (2012, 27 Nisan). *İstanbul’un Sürdürülebilir Ulaşım Hedefleri Kapsamında, Özel Otomobil ve Metrobüs Sistemi Araçlarının Seyir Çevrimlerinin İncelenmesi*. İstanbul.
- Ersoy, M. (2012). *Kentsel Planlama Ansiklopedik Sözlük*. Ninova Yayıncılık.
- Eryiğit, S. (2012). *Sürdürülebilir Ulaşımın Sosyal Boyutunda Bisikletin Yeri*. Konya.
- Esri. (2011). *GIS for Transportation Infrastructure Management*.
- Fadhil, Dimans Numan. (2018, 15 Mayıs). *A GIS Based Analysis for Selecting Ground Infrastructure Locations for Urban Air Mobility*. www.msm.bgu.tum.de adresinden erişildi.
- Fadhil, Dimas Numan, Moeckel, R. ve Rothfeld, R. (2019). GIS-Based Infrastructure Requirement Analysis for an Electric Vertical Take-off and Landing Vehicle-

- based Transportation System. *Transportation Research Procedia* içinde (C. 41, ss. 101–103). Elsevier B.V. doi:10.1016/j.trpro.2019.09.020
- Farkas, A. (2009). Route/Site Selection of Urban Transportation Facilities: An Integrated GIS/MCDM Approach. *MEB 2009–7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking* içinde . Budapest.
- Federal Aviation Administration (FAA). (1991). *Advisory Circular Vertiport Design*.
- Fishman, T. (2011). *Digital Age Transportation: The Future of Urban Mobility*. Texas.
- Gökçe Kutsal, Y. (2009). Yaşlanan Dünyanın Yaşlanan İnsanları. *Hacettepe Üniversitesi GEBAM (Geriatik Bilimler Araştırma Merkezi)*.
- Grandl, G., Cachay, J., Salib, J., Doppler, S., Salib, J. ve Ross, H. (2018). *The Future of Vertical Mobility*.
- Güven, A. (2016). Kent, Kentleşme ve Kentsel Yönetim. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 4(1), 21–30.
- H Mason, W., Ko, A. ve Schetz, J. A. (2003). *Assessment of the Potential Advantages of Distributed Propulsion for Aircraft* Assessment of the Potential Advantages of Distributed-Propulsion for Aircraft. Blacksburg. <https://www.researchgate.net/publication/238191818> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Harris, F. D. (2012). *Introduction to Autogyros, Helicopters, and Other V/STOL Aircraft*. (C. Dow, Ed.) (C. 2). Oklahoma: National Aeronautics and Space Administration.
- ICAO Safety Report 2019 Edition. (2019). *State of Global Aviation Safety*.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2019). *Urban Air Mobility* (No: A40-WP/634). EX/122.

- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2009). *1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu*.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2011). *İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP)*. İstanbul.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2016). *İstanbul Ulaşım Ana Planı Performans İzleme Hanehalkı Araştırması*. İstanbul.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2017). *İstanbul Yıllık Ulaşım Raporu*. İstanbul.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2018). İstanbul için İklim Değişikliği Senaryolarının Değerlendirilmesi. *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*.
- İstanbul Kalkınma Ajansı. (2014). 2014 - 2023 İstanbul Bölge Planı. *İstanbul Kalkınma Ajansı*. www.istka.org.tr (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Kapanoğlu, M. ve Orhan, İ. (2018). *İstanbul Heliport Ana Planı*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Kavzoğlu, T., Şahin, E. K. ve Çölkesen, İ. (2010). CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemiyle Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi: Trabzon İli Örneği. *UZALCBS'2010 içinde*.
- Kaya, Ergün, Karadayı, E., Nalçakan, M., Gerede, E., Aras, H., Battal, Ü. ve Kuyucak Şengür, F. (2018). *Ulaştırma Sistemleri*. Eskişehir.
- Kaya, Erol. (2017). *Kentleşme ve Kentlileşme*. İstanbul: İşaret Yayınları.
- Kaynak, Z. (2005). *Kentsel Alanlarda Ulaşım Politikaları ve Ulaşımında Sürdürülebilirlik*. Ankara.
- Keleş, R. (2012). *Kentleşme Politikası* (12.Baskı.). Ankara: İmge Kitabevi.

- Keleş, R. (2021). *Kentbilim Terimleri Sözlüğü*. Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Kellog, S. (2013). *Şehirdekiler İçin Sürdürülebilir Yaşam Rehberi*. Sinek Sekiz Yayınevi.
- Kılınçaslan, İ. (2010). *Kent Ekonomisi*. İstanbul: Ninova Yayınları.
- Kılınçaslan, T. (2012). *Kentsel Ulaşım*. İstanbul: Ninova Yayıncılık.
- Kırlangıçoğlu, C. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemler ile Kent İçi Raylı Sistem Koridor Planlaması. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, (33).
- Kim, H. D., Perry, A. T. ve Ansell, P. J. (2018). A Review of Distributed Electric Propulsion Concepts for Air Vehicle Technology. *AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium (EATS)* içinde . Cincinnati: National Aeronautics and Space Administration (NASA). <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20180004729> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Kinjo, H. (2018). *Development Trends and Prospects For eVTOL: A New Mode of Air Mobility*.
- Kumar, T. M. V. (2020). *Smart Living for Smart Cities. Smart Living for Smart Cities Case Studies*.
- Lascara, B., Spencer, T., Degarmo, M., Lacher, A., Maroney, D. ve Guterres, M. (2018). *Urban Air Mobility Landscape Report*.
- Lonut, A. N. (2020, 19 Haziran). *Air Taxi Transportation Infrastructures in Barcelona*.
- Mandıracıoğlu, A. (2010). Dünyada ve Türkiye’de Yaşlıların Demografik Özellikleri. *Ege Journal of Medicine*, 49(3), 39–45.
- Mathur, A., Panesar, K., Kim, J., Atkins, E. ve Sarter, N. (2019). Paths To Autonomous Vehicle Operations for Urban Air Mobility. *AIAA Aviation 2019 Forum* içinde

(ss. 1–17). American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, AIAA.
doi:10.2514/6.2019-3255

Mazi, F. (2008). Antik Çağda Düşüncenin Kentsel Mekâna Yansıması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(10).

Mendonca, N. (2018). NASA Aeronautics Research Mission Directorate (ARMD). *Urban Air Mobility (UAM) Grand Challenge Industry Day* içinde . National Aeronautics and Space Administration (NASA).

National Air Transportation Association (NATA). (2019). *Urban Air Mobility: Considerations for Vertiport Operation*.

Özdemir, H. (2017). *Coğrafi Bilgi Sistemleri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

Özden, P. P. (2011). *Kentleşme Politikası ve Hukuku*. İstanbul Üniversitesi.

Özgür, E. M. (2010). *Yerleşme Coğrafyasına Giriş*. Ankara Üniversitesi.

Park, H., Sison, F., Mendez, B., Marchetti, M. ve Anaya, G. (2020). Conceptual Design of Vertiport and UAM Corridor. *2020-2021 ACRP University Design Competition* içinde . 2020-2021 ACRP University Design Competition.

Peisen, D. J. (1994). *Analysis of Vertiport Airport Improvement Program (AIP)*. Arlington.

Postorino, M. N. ve Sarné, G. M. L. (2020). Reinventing mobility paradigms: Flying car scenarios and challenges for urban mobility. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9).
doi:10.3390/SU12093581

Pradeep, P. (2019). *Arrival Management for eVTOL Aircraft in on-demand Urban Air Mobility*. <https://lib.dr.iastate.edu/etd> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

- Prastacos, P. (1991). Integrating GIS Technology in Urban Transportation Planning and Modeling. Transportation Research Record.
- Pustu, Y. (2006). Küreselleşme Sürecinde kent “Antik Site’den Dünya Kentine.” *Sayıştay Dergisi*, (60), 129–151.
- Rath, S. ve Chow, J. Y. J. (2019). *Air Taxi Skyport Location Problem for Airport Access*. Brooklyn. <http://arxiv.org/abs/1904.01497> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. ve Slack, B. (2013). *The Geography of Transport Systems* (Third Edition.). New York: Routledge. <http://people.hofstra.edu/geotrans>. (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- SESAR. (2018). *European ATM Master Plan: Roadmap for the safe integration of drones into all classes of airspace*.
- Shin, J., Clarke, J.-P., Allison, E., Thacker, M. ve Dietrich, A. M. (2018). *Urban Air Mobility—Are Flying Cars Ready For Take-Off? Hearing Before The committee On Science, Space, and Technology House of Representatives One Hundred Fifteenth Congress* (C. 115–71). Washington: U.S. Government Publishing Office Washington.
- Smith, M. (2009). *Gordon Childe and the Urban Revolution: A Historical Perspective On A Revolution Inurban Studies*.
- Sustainable Mobility for All. (2017). *Global Mobility Report 2017*. Sustainable Mobility for All.
- Şekercioğlu, S. ve İncekara, B. (n.d.). *Ulaştırma Politikalarının Dönüşümü: Sera Gazı Azaltımının Planlaması*.
- Taylor, M., Saldanli, A. ve Park, A. (n.d.). *Analysis of Alternate Vertiport Designs*.
- Temiz Hava Hakkı Platformu. (2019). *Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri Kara Rapor*.

- Thippavong, D. P., Apaza, R. D., Barmore, B. E., Battiste, V., Burian, B. K., Dao, Q. v, ... Verma, S. A. (2018a). Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts and Considerations. *AIAA Aviation Forum (Aviation 2018)* içinde . Atlanta: National Aeronautics and Space Administration (NASA). <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20180005218> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- Thippavong, D. P., Apaza, R. D., Barmore, B. E., Battiste, V., Burian, B. K., Dao, Q. v, ... Verma, S. A. (2018b). Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts and Considerations. *AIAA Aviation Forum (Aviation 2018)* içinde . Atlanta: National Aeronautics and Space Administration (NASA). <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20180005218> (Erişim tarihi: 01.01.2021)
- Torres, J. (2021). Vertiport Design Standards for eVTOL/UAM Vehicles Airports REDAC Subcommittee. *Airports REDAC Subcommittee* içinde . Federal Aviation Administration (FAA).
- Türkiye Belediyeler Birliği (TBB). (2014). *Ulaşım Planlama Çalışmaları ve Ulaşım Ana Planı Hazırlama Kılavuzu*. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- Uber Elevate. (2016). Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation.
- UNESCAP Transport Division. (2015). Concept of Sustainable Transport: Planning and Designing for Sustainable and Inclusive Transportation Systems. *National Capacity Building Workshop on Sustainable and Inclusive Transport Development* içinde .
- United Nations. (2016). Mobilizing Sustainable Transport for Development.
- United Nations. (2018). *The World's Cities in 2018: Data Booklet*. United Nations.
- United Nations. (2019a). *World Population Prospects 2019: Data Booklet*. United Nations. <http://creativecommons.adresinden.erişildi>.

United Nations. (2019b). *World Urbanization Prospects*. New York.

Vascik, P. D. (2017, Şubat). *Systems Level Analysis of On Demand Mobility for Aviation*.

Vascik, P. D. ve Hansman, R. J. (2017). *Systems Level Analysis of On Demand Mobility For Aviation*. Cambridge.

Volocopter. (2021). *The Roadmap To Scalable Urban Air Mobility*. Germany.

Wayne, C. (2003). Suitability Analysis With Raster Data-Part 2. *ArcUser*, 42–46. www.esri.com adresinden erişildi.

Xu, A. (2020). The Future of Transportation: White Paper on Urban Air Mobility Systems. *EHang*.

Yıldırım, A. (2004). *Kentleşme ve Kentleşme Sürecinde Göçün Suç Olgusu Üzerindeki Etkileri*. Ankara.

Yıldıztekin, H. (2016). *Kentiçi Sürdürülebilir Ulaşım Modelleri İçerisinde Raylı Sistemler ve Ankara Banliyösü Örneği*. Ankara.

Yılmaz, O. K. (2019). Küresel Kentler ve Türkiye Kentlerinin Küresel Kentler Arasındaki Konumları. *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, (47). doi:<https://doi.org/10.21563/sutad.855904>

http-1: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/London-based-start-up-to-jointly-launch-world's-first-vertiport-in-October.html> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

http-2: <https://baykartech.com/tr/ucan-araba/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

http-3: <https://www.nperf.com/tr/map/5g> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

- http-4: <https://transportgeography.org/contents/conclusion/future-transportation-systems/evolution-transport-technology/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-5: <https://kambria.io/blog/the-history-and-evolution-of-self-driving-cars/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-6: <https://www.ekodialog.com/kent-ekonomileri/kentler-ve-temel-ozellikleri.html> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-7: <https://erayaktepe.wixsite.com/kentcevre/kent-tanimi> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-8: <https://www.lboro.ac.uk/gawc/world2018t.html> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-9: <https://www.sum4all.org/implementing-sdgs> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-10: <https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2016-12-future-of-urban-mobility> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-11: <https://www.themcgggroup.com/blog/the-differences-between-longhaul-and-shorthaul-piloting/bp67/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-12: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Passenger-drones-ready-for-take-off.html> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-13: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Global-Topics/Electric-Propulsion/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-14: <https://evtol.news/evtol-timeline/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-15: <https://lilium.com/jet> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-17: <https://www.blendspace.com/lessons/tyhAxMfaWhMpog/using-gis-to-solve-contemporary-challenges> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

- http-18: <https://storymaps.arcgis.com/stories/b60b7399f6944bca86d1be6616c178cf>
(Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-19: <https://www.esri.com/training/catalog/5d76dcf7e9ccda09bef61294/spatial-data-science%3A-the-new-frontier-in-analytics/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-20: <https://www.esri.com/training/catalog/6007454b6bf5b1688a23b581/suitability-modeling:-introduction/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-21: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/help/analysis/spatial-analyst/suitability-modeler/what-is-the-suitability-modeler.htm> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-22: <https://www.esri.com/training/catalog/5fab469601141948c3ce17c6/suitability-modeling%3A-creating-a-weighted-suitability-model/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-23: <https://www.esri.com/training/catalog/57630433851d31e02a43eeef/finding-the-optimal-location-of-facilities-using-arcgis-pro/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-24: <https://www.ibb.istanbul/home/index> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-25: <https://www.e-icisleri.gov.tr/Anasayfa/MulkiIdariBolumleri.aspx> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-26: <https://www.tcddtasimacilik.gov.tr/trenler/uluslararası-trenler/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-27: <https://marmaray.gov.tr/marmaray-hakkında/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-28: <https://www.iETT.istanbul/tr/main/pages/istanbulda-toplu-ulasim/95> (Erişim tarihi: 01.01.2022)
- http-29: <https://data.ibb.gov.tr/dataset/rayli-sistem-gunluk-maksimum-yolculuk-sayilari>
(Erişim tarihi: 01.01.2022)

http-30: <https://inrix.com/scorecard/> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

http-31: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/ (Erişim tarihi: 01.01.2022)

http-32: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/aipturkey.aspx> (Erişim tarihi: 01.01.2022)

http-33: <https://www.weforum.org/reports/principles-of-the-urban-sky/principles-of-the-urban-sky> (Erişim tarihi: 17.02.2022)

http-34: <https://www.planning.org/pas/quicknotes/91/urban-air-mobility/> (Erişim tarihi: 17.02.2022)

http-35: <https://medium.com/@baumhedlund/evtol-is-the-future-of-flight-so-why-hasnt-it-happened-yet-78fdcf5305ba> (Erişim tarihi: 17.02.2022)

http-36: <https://leonard.vinci.com/en/top-3-challenges-facing-urban-air-mobility/> (Erişim tarihi: 17.02.2022)

http-37: <https://www.aerosociety.com/news/flying-taxis-in-the-dark/> (Erişim tarihi: 17.02.2022)

EKLER

EK-1. Alt Kriter ve Ana Kriter Ağırlık Puanları Tablosu

Unsurlar	Temel Kriter	Sınıf	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlık Puanı	Ana Kriter Katmanı	Ana Kriter Ağırlık Puanı
Doğal Yapı ve Çevre Unsurları	Arazi Kullanım	1	Sürekli Kentsel Doku	10	Arazi Kullanımı	4
		2	Süreksiz Kentsel Doku	10		
		3	Süreksiz Orta Yoğunluklu Kentsel Doku	10		
		4	Süreksiz Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	10		
		5	Süreksiz Çok Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku	10		
		6	İzole Yapılar	1		
		7	Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri ve Şahsi Binalar	5		
		8	Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	3		
		9	Diğer Yollar ve İlgili Arazi	1		
		10	Demir Yolları ve İlgili Arazi	10		
		11	Limanlar ve İlgili Alanlar	9		
		12	Havalimanları	10		
		13	Maden Çıkarma ve Döküm Alanları	3		
		14	Şantiyeler	2		
		15	Anlık Kullanımı Olmayan Alanlar	10		
		16	Yeşil Alanlar	4		
		17	Spor ve Eğlence Tesisleri	10		
		18	Tarımsal, Yarı Doğal ve Sulak Alanlar	5		
		19	Doğal Alanlar	4		
		20	Su Alanları	1		
		21	Diğer Alanlar	5		

EK-1. (Devam) Alt Kriter ve Ana Kriter Ağırlık Puanları Tablosu

Unsurlar	Temel Kriter	Sınıf	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlık Puanı	Ana Kriter Katmanı	Ana Kriter Ağırlık Puanı
Doğal Yapı ve Çevre Unsurları	İş Yeri Yoğunluk Alanları			7	İş Yeri Yoğunluk Katmanı	7
	İş Yeri Sayısı			7	İş Yeri Sayısı	7
Ulaşım ve Altyapı Unsurları	İspark Otopark Alanları			10	Otopark Alanlarına Yakınlık	10
	Günlük Araç Sayım Noktaları			3	Araç Sayımı Dağılımı	3
	Raylı Hatlar			6	Raylı Hatlara Yakınlık	6
	Mevcut Heliport Alanları			10	Mevcut Heliport Alanları	10
	Karayolları			10	Karayollarına Yakınlık	10
	Otobüs Hatları			1	Otobüs Hatlarına Yakınlık	1
	İstanbul Hava Sahası		CTR	6	İstanbul Hava Sahası	10
			Dangerous	1		
			Prohibited	1		
			Restricted	1		
			Training	8		
			MTMA	2		

EK-1. (Devam) Alt Kriter ve Ana Kriter Ağırlık Puanları Tablosu

Unsurlar	Temel Kriter	Sınıf	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlık Puanı	Ana Kriter Katmanı	Ana Kriter Ağırlık Puanı
Demografik Unsurlar	İlçe Nüfus Yoğunlukları			1	İlçe Nüfus Yoğunlukları	1
	Kişi Başı Gelir Seviyesi			10	Kişi Başı Gelir Seviyesi	10
	Sosyo Ekonomik Statü (SES)	1	A	10	Sosyo Ekonomik Statü (SES)	10
		2	B	9		
		3	C	8		
	Kişi Başı Tüketim Harcaması			10	Toplam Tüketim Harcaması	10
	Kişi Başı Tasarruf			5	Kişi Başı Tasarruf	5
	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti			10	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti	10

EK-2. Veri Kriterlerinin Raster Veri Formatına Dönüştürülmesi

Temel Kriter	Kriter Türü	Kriter Türetme Yöntemi	Türetilen Kriterin Türü
Arazi Kullanım	Poligon	Polygon to Raster	Raster
İş Yeri Yoğunluk Alanları	Poligon	Polygon to Raster	Raster
İş Yeri Sayısı	Poligon	Polygon to Raster	Raster
İspark Otopark Alanları	Nokta	Distance Accumulation	Raster
Günlük Araç Sayım Noktaları	Nokta	IDW (Inverse Distance Weighted)	Raster
Raylı Hatlar	Çizgi	Distance Accumulation	Raster
Mevcut Heliport Alanları	Alan	Polygon to Raster	Raster
Karayolları	Çizgi	Distance Accumulation	Raster
Otobüs Hatları	Çizgi	Distance Accumulation	Raster
İstanbul Hava Sayısı	Poligon	Polygon to Raster	Raster
İlçe Nüfus Yoğunlukları	Poligon	Polygon to Raster	Raster
Kişi Başı Gelir Seviyesi	Poligon	Polygon to Raster	Raster
Sosyo Ekonomik Statü (SES)	Poligon	Polygon to Raster	Raster
Kişi Başı Tüketim Harcaması	Poligon	Polygon to Raster	Raster
Kişi Başı Tasarruf	Poligon	Polygon to Raster	Raster
Kişi Başı Ulaşım Maliyeti	Poligon	Polygon to Raster	Raster

EK-3. Modelde Kullanılacak Kriterlerin Modele Uygun Olarak Hazırlaması ve Türetilmesi

Temel Kriter	Kriter Türetme Yöntemi	Dönüştürme Yöntemi	Ana Kriter- Dönüştürülmüş Kriter Katmanı
Arazi Kullanım	Polygon to Raster	Unique Categories	Arazi Kullanımı
İş Yeri Yoğunluk Alanları	Polygon to Raster	Range of Classes	İş Yeri Yoğunluk Katmanı
İş Yeri Sayısı	Polygon to Raster	Range of Classes	İş Yeri Sayısı
İspark Otopark Alanları	Distance Accumulation	Continuous Function	Otopark Alanlarına Yakınlık
Günlük Araç Sayım Noktaları	IDW (Inverse Distance Weighted)	Continuous Function	Araç Sayımı Dağılımı
Raylı Hatlar	Distance Accumulation	Continuous Function	Raylı Hatlara Yakınlık
Mevcut Heliport Alanları	Polygon to Raster	Unique Categories	Mevcut Heliport Alanları
Karayolları	Distance Accumulation	Continuous Function	Karayollarına Yakınlık
Otobüs Hatları	Distance Accumulation	Continuous Function	Otobüs Hatlarına Yakınlık
İstanbul Hava Sahası	Polygon to Raster	Unique Categories	İstanbul Hava Sahası
İlçe Nüfus Yoğunlukları	Polygon to Raster	Range of Classes	İlçe Nüfus Yoğunlukları
Kişi Başı Gelir Seviyesi	Polygon to Raster	Range of Classes	Kişi Başı Gelir Seviyesi
Sosyo Ekonomik Statü (SES)	Polygon to Raster	Unique Categories	Sosyo Ekonomik Statü (SES)
Kişi Başı Tüketim Harcaması	Polygon to Raster	Range of Classes	Toplam Tüketim Harcaması
Kişi Başı Tasarruf	Polygon to Raster	Range of Classes	Kişi Başı Tasarruf
Kişi Başı Ulaşım Maliyeti	Polygon to Raster	Range of Classes	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti

EK-4. İstanbul İlçelere Ait Demografik Veriler

İlçe	İlçe Nüfus Yoğunlukları (ki/km ²)	Sosyo Ekonomik Statü	Kişi Başı Gelir Seviyesi (TL)	Kişi Başı Tasarruf (TL)	Kişi Başı Tüketim Harcaması (TL)	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti (TL)	İş Yeri Sayısı (adet)	İş Yeri Yoğunluğu (adet/ki)
Adalar	1465	B Grubu	4287	337	3881	710	1180	0,073
Arnavutköy	624	B Grubu	2940	235	2705	495	14493	0,054
Ataşehir	16652	B Grubu	4025	322	3703	678	33505	0,081
Avcılar	11463	B Grubu	3627	290	3337	611	23471	0,054
Bağcılar	17484	B Grubu	3323	266	3057	559	46165	0,063
Bahçelievler	34944	B Grubu	3687	295	3392	621	36685	0,062
Bakırköy	7422	A Grubu	4820	386	4435	812	19366	0,087
Başakşehir	4456	B Grubu	3762	301	3461	633	47287	0,111
Bayrampaşa	27107	B Grubu	3627	290	3337	611	49023	0,181
Besiktas	9530	A Grubu	5332	427	4905	898	20128	0,111
Beykoz	752	B Grubu	3936	315	3621	663	11586	0,047
Beylikdüzü	8724	B Grubu	3909	313	3597	658	15521	0,047
Beyoğlu	25614	B Grubu	3756	301	3456	632	47050	0,204
Büyükkçekmece	1782	B Grubu	3631	290	3340	611	15787	0,064
Çatalca	62	C Grubu	3105	248	2857	523	6961	0,095
Çekmeköy	1937	B Grubu	3633	291	3342	612	9214	0,037
Esenler	40414	B Grubu	3233	259	2974	544	28445	0,064
Esenyurt	20723	B Grubu	3233	259	2975	544	35667	0,04

EK-4. (Devam) İstanbul İlçelere Ait Demografik Veriler

İlçe	İlçe Nüfus Yoğunlukları (ki/km ²)	Sosyo Ekonomik Statü	Kişi Başı Gelir Seviyesi (TL)	Kişi Başı Tasarruf (TL)	Kişi Başı Tüketim Harcaması (TL)	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti (TL)	İş Yeri Sayısı (adet)	İş Yeri Yoğunluğu (adet/ki)
Eyüpsultan	1505	B Grubu	3725	298	3427	627	23125	0,06
Fatih	27283	B Grubu	3758	301	3458	633	108835	0,249
Gaziosmanpaşa	40587	B Grubu	3413	273	3140	575	26260	0,054
Güngören	41333	B Grubu	3579	286	3293	603	30028	0,104
Kadıköy	18345	A Grubu	4883	391	4492	822	48140	0,105
Kağıthane	29135	B Grubu	3716	297	3419	626	36687	0,084
Kartal	11528	B Grubu	3901	312	3589	657	25597	0,056
Küçükçekmece	20271	B Grubu	3600	288	3312	606	37348	0,049
Maltepe	9378	B Grubu	4017	321	3695	676	26608	0,054
Pendik	3874	B Grubu	3519	282	3238	592	36079	0,052
Sancaktepe	6679	B Grubu	3269	262	3008	550	14891	0,036
Sarıyer	2314	B Grubu	4602	368	4233	775	21983	0,064
Şile	46	B Grubu	3730	253	2910	532	2797	0,077

EK-4. (Devam) İstanbul İlçelere Ait Demografik Veriler

İlçe	İlçe Nüfus Yoğunlukları (ki/km ²)	Sosyo Ekonomik Statü	Kişi Başı Gelir Seviyesi (TL)	Kişi Başı Tasarruf (TL)	Kişi Başı Tüketim Harcaması (TL)	Kişi Başı Ulaşım Maliyeti (TL)	İş Yeri Sayısı (adet)	İş Yeri Yoğunluğu (adet/ki)
Silivri	225	B Grubu	3353	268	3084	564	12119	0,065
Sisli	24935	B Grubu	4218	351	4039	739	53195	0,194
Sultanbeyli	11303	B Grubu	2993	239	2754	504	17122	0,052
Sultangazi	14549	B Grubu	3014	241	2773	507	27185	0,052
Tuzla	2027	B Grubu	3643	291	3351	613	1607	0,063
Ümraniye	15337	B Grubu	4390	298	3432	628	46333	0,067
Üsküdar	15118	B Grubu	3163	343	3944	722	26679	0,05
Zeytinburnu	23744	B Grubu	3665	293	3372	617	40083	0,141

ÖZGEÇMİŞ

Mesleki Gecmis:

2020- Çözüm Mühendisi Uzman Yardımcısı Esri Türkiye, Ankara

Eğitim Bilgisi:

2018-	Yüksek Lisans	Eskişehir Teknik Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri. Eskişehir / Türkiye
2016-2016	Erasmus + Öğrenci Değişimi	Politechnika Wroclawska, Mimarlık. Wrocław / Polonya
2012-2016	Lisans	Selçuk Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama. Konya/ Türkiye

Sunum/Etkinlik bilgisi:

Erkek E. ve Çabuk S.N. (2020). Kentsel ulaşım ve salgın hastalıklar: Covid-19 pandemi sürecinde ulaşım sistemlerinin değerlendirilmesi. Abstracts of 2nd International Disaster and Resilience Congress, 13-15 October, Eskişehir Technical University, Eskişehir, Turkey, s.146. (**ULUSLARARASI KONFERANS**)

Makale bilgisi:

Erkek E., Başaran N., Atun R., Kalaycı Ö., Lamba H., Öner A., Çabuk S.N., Uyguçgil H., Ağaçsapan B. (2020) Biyoklimatik konfor ve arazi kullanımı arasındaki ilişkinin cbs ve ua teknikleri kullanılarak incelenmesi: İzmir ili örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2020): 174-188. (**TRDİZİN**)

Erkek E. ve Çabuk S.N. (2021). COVID-19 Pandemi Sürecinde Toplu Ulaşım Sistemlerinin Değerlendirilmesi. *GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 3(2): 17-31. (**ULUSLARARASI HAKEMLİ, INDEX COPERNICUS**)

Yalpir Ş., Erkek B., **Erkek E.** (2021). Arsa en etkin ve en verimli kullanım analizi: TKGM Oran yerleşkesi örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1):15503-147. (**TRDİZİN**)