



**ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON
KONUMLARININ KARAR VERME
TEKNİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ömer KAYA

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Bilim Dalı
Prof. Dr. Ahmet TORTUM**

2019

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON KONUMLARININ KARAR
VERME TEKNİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ömer KAYA

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Ulaştırma Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



TEZ ONAY FORMU

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON KONUMLARININ KARAR VERME TEKNİKLERİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Ahmet TORTUM danışmanlığında, Ömer KAYA tarafından hazırlanan bu çalışma, 26/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ahmet TORTUM

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Yasin ÇODUR

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **01.08/2019** tarih ve ... **31/.../24**... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON KONUMLARININ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ

Ömer KAYA

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TORTUM

Ulaştırma alanında kullanılan fosil yakıtların tükenmesi ve çevreye verdiği zararlar göz önüne alındığında bu tür yakıtların kullanımının azaltılması tüm dünya genelinde kabul edilmiş bir süreçtir. Bu doğrultuda alternatif enerji türlerine yönelimde ilk adres hiç kuşkusuz elektrik enerjisi olacaktır. Bu süreci hızlandırmak ve katkı sağlamak için geleneksel araçların yerine elektrikli araçlar tercih edilebilir. Ancak müşteri açısından elektrikli araçların kullanımında menzil ve şarj durumu gibi çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyon yerlerinin en uygun şekilde planlanması mevcut durumda bu sorunlara en yakın çözüm olarak gösterilebilir. Bu doğrultuda İstanbul ili tamamı ele alınarak elektrikli araç şarj istasyon konumlarını etkileyen 5 ana (ekonomik, coğrafi, enerji, sosyal/çevre ve ulaşırma) ve 19 alt kriter belirlenmiştir. Bu parametreler ve mevcut şarj istasyon konumları göz önüne alınarak 100 adet alternatif şarj istasyon konumu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile oluşturulmuştur ve en uygun alternatif şarj istasyon konumları belirlenmiştir. Hem mevcut şarj istasyonu hem de alternatif şarj istasyonu konumlarının değerlendirilmesi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) ile yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda Avrupa yakasının güneydoğu kesimi ve Anadolu yakasının güneybatı kesimi elektrikli şarj istasyonlarının konumlandırılması için uygun alanlar olarak belirlenmiştir.

2019, 130 sayfa

Anahtar Kelimeler: CBS, AHP, VIKOR, İstanbul, Elektrikli Araç Şarj İstasyonu

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATION LOCATIONS WITH DECISION MAKING TECHNIQUES

Ömer KAYA

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Transportation Department

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet TORTUM

Considering the environmental damage and the depletion of fossil fuels used in the field of transport, reducing the use of such fuels is a globally accepted process. In this direction, when tending towards alternative energy types, the first address will undoubtedly be electrical energy. In order to accelerate and contribute to this process, electric vehicles (EV) should be preferred instead of conventional motor vehicles. However, there are various problems in the use of EV for the customer such as range and recharge status. Optimal planning of electric vehicle charging stations (EVCS) can be considered as a solution to these problems. In this context, five main (economic, geographical, energy, social/environmental and transportation) and 19 sub-criteria which affect the location of EVCS have been determined for the whole city of Istanbul. Considering these parameters and the current EVCS locations, 100 alternative EVCS have been created with Geographical Information Systems (GIS) and the most suitable alternative location have been determined. Both the current and alternative EVCS locations have been evaluated by Analytic Hierarchy Process (AHP) and VlseKriterijuska Optimizacija I Komoromisno Resenje (VIKOR) from the Multi Criteria Decision Making (MCDM) methods. The south-east of the European side and the south-western part of the Anatolian side are observed being more suitable for EVCS.

2019, 130 pages

Keywords: GIS, AHP, VIKOR, Istanbul, Electric Vehicle Charging Station

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet TORTUM'a

Tez süreci boyunca yardımları ve önerileri ile tez çalışmama katkıda bulunan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Yasin ÇODUR'a

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen başta annem, babam ve özellikle abim Serdar KAYA olmak üzere tüm aileme, sevdiklerime ve arkadaşlarıma,

Lisans döneminden yapmış olduğum tezin son noktasına kadar hayatımın bütün alanında yardımını, varlığını, bilgisini ve sevgisini en içten olarak hissettiğim kardeşim değerli yol arkadaşım Arş. Gör. Kadir Diler ALEMDAR'a teşekkürü borç bilirim.

Ömer KAYA

Temmuz, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Geleneksel Motorlu Araçlar	1
1.2. Elektrikli Araçlar	3
1.3. Elektrikli Araçlar ile Geleneksel Araçların Karşılaştırılması.....	5
1.4. Elektrikli Araç Türleri	7
1.4.1. Bataryalı elektrikli araç (BEV).....	8
1.4.2. Hibrid elektrikli araç (HEV).....	9
1.4.3. Şarj edilebilir hibrid araç (PHEV).....	11
1.4.4. Yakıt hücreli elektrikli araç (FCEV)	12
1.5. Elektrikli Araç Batarya Tipleri.....	13
1.6. Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri	13
1.6.1. Batarya değişimi.....	14
1.6.2. Yavaş şarj	14
1.6.3. Normal şarj	15
1.6.4. Hızlı şarj	15
1.6.5. Kablosuz şarj	15
2. KAYNAK ÖZETLERİ	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	29
3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)	29
3.2. ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)	34
3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	43
4.1. Çalışma Alanı	43

4.2. Değerlendirme Kriterleri	44
4.2.1. Ekonomik	45
4.2.2. Coğrafik.....	50
4.2.3. Enerji	54
4.2.4. Sosyal/Çevre.....	58
4.2.5. Ulaştırma	62
4.3. AHP Uygulaması.....	65
4.4. CBS Uygulaması	66
4.5. VIKOR Uygulaması	67
5. SONUÇ ve TARTIşMA.....	70
KAYNAKLAR	75
EKLER	80
EK 1.	80
EK 2.	82
EK 3.	84
EK 4.	103
EK 5.	107
EK 6.	111
EK 7.	115
EK 8.	117
EK 9.	121
EK 10.	125
EK 11.....	129
ÖZGEÇMİş	131

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Q_i	Uzlaşık çözüm
R_i	En kötü grup değeri
S_i	Ortalama grup değeri
a_{ij}	Matris elemanı
a'_{ij}	Normalizasyon değeri
d_i	Öncelik vektörü
f_j^-	Ölçütler için en kötü değer
f_j^*	Ölçütler için en iyi değer
w_i	Ağırlık indisi
x_{ij}	VIKOR matris elemanı
λ_{max}	Özdeğer
RI	Random indeksi
TI	Tutarlılık indeksi
TO	Tutarlılık oranı
n	Ölçüt sayısı
v	Maksimum grup faydası ağırlığı

Kısaltmalar

AC	Alternatif Akım
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
ANP	Analitik Ağ Süreci
BAT	Basit Ağırlıklı Toplam
BEV	Bataryalı Elektrikli Araç
BN	Bayesian Network
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme

COPRAS	Complex Proportional Assessment
DC	Doğrusal Akım
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
E.A.Ş.İ.	Elektrikli Araç Şarj İstasyonu
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality English
FCEV	Yakıt Hücreli Elektrikli Araç
GRA	Gray Relation Analysis
HEV	Hibrid Elektrikli Araç
MOORA	Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis
PHEV	Plug-in Hibrid Elektrikli Araç
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İçten yanmalı motor çalışma prensibi	2
Şekil 1.2. Dıştan yanmalı motor çalışma prensibi	3
Şekil 1.3. Dünya genelinde satılan elektrikli araç sayısı	5
Şekil 1.4. BEV çalışma prensibi	8
Şekil 1.5. HEV çalışma prensibi	10
Şekil 1.6. PHEV çalışma prensibi.....	11
Şekil 1.7. FCEV çalışma prensibi	12
Şekil 3.1. AHP çalışma prensibi	29
Şekil 3.2. CBS'nin ana bileşenler döngüsü.....	39
Şekil 3.3. Vektör veri tipleri	40
Şekil 3.4. Raster veri gösterimi.....	40
Şekil 4.1. İstanbul haritası.....	43
Şekil 4.2. E.A.Ş.İ. değerlendirme kriterleri	44
Şekil 4.3. İstanbul orman bölgeleri	50
Şekil 4.4. İstanbul su kaynakları haritası	51
Şekil 4.5. İstanbul heyelan bölgeleri.....	52
Şekil 4.6. İstanbul ili fay hatları.....	53
Şekil 4.7. İstanbul ili arazi eğim haritası	54
Şekil 4.8. Mevcut E.A.Ş.İ. konumları.....	55
Şekil 4.9. Akaryakıt istasyon konumları.....	56
Şekil 4.10. Trafo merkezi konumları	58
Şekil 4.11. Hava kalite ölçüm merkezlerinin konumları	59
Şekil 4.12. İstanbul ili için sosyal alanlar	61
Şekil 4.13. İstanbul ili yol ağları haritası	62
Şekil 4.14. İstanbul ili için kavşak noktaları.....	63
Şekil 4.15. İstanbul ili için park noktaları.....	64
Şekil 5.1. İstanbul ili uygunluk haritası	70
Şekil 5.2. İstanbul ili ilçe bazlı uygunluk haritası.....	71
Şekil 5.3. Mevcut E.A.Ş.İ.	72
Şekil 5.4. Alternatif E.A.Ş.İ.	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Saaty skalası	31
Çizelge 3.2. CBS'nin tarihsel gelişimi.....	37
Çizelge 4.1. İlçe bazlı elektrikli araç sayısı	45
Çizelge 4.2. İstanbul motorlu kara taşıt sayısı	47
Çizelge 4.3. İstanbul ilçe bazlı arazi maliyeti birim fiyatı	48
Çizelge 4.4. İstanbul ili yıllık ortalama hane geliri.....	49
Çizelge 4.5. İstanbul ili için güneş enerji potansiyeli	57
Çizelge 4.6. İstanbul ili için ilçe bazlı nüfus istatistikleri.....	60
Çizelge 4.7. Kriterlerin ağırlık, ağırlık toplam vektörü ve öncelik değerleri	65
Çizelge 4.8. Kriterlerin ağırlık değerlerine göre sıralanması.....	66
Çizelge 4.9. Kriterlerin analiz türü	67
Çizelge 4.10. Değerlendirme kriterlerinin yönleri.....	68
Çizelge 4.11. Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. sıralaması.....	69

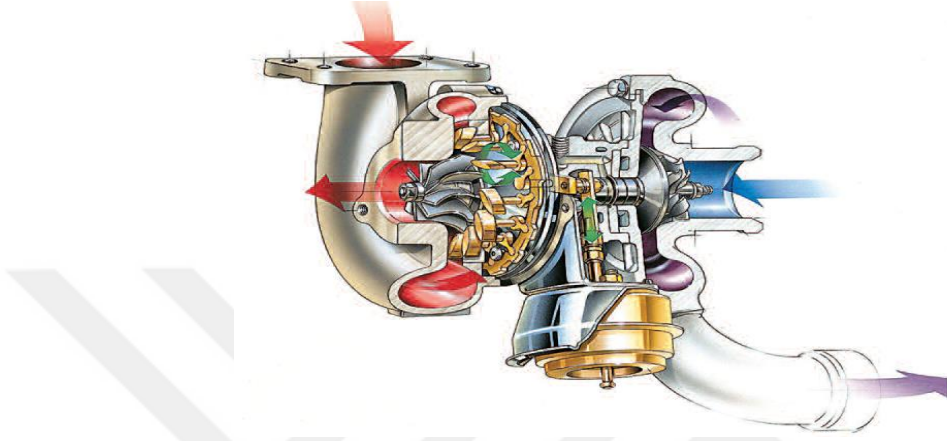
1. GİRİŞ

Çeşitli araçlar ile insanların veya eşyaların bir noktadan başka bir noktaya hareket etmeleri ulaşım olarak tanımlanmaktadır (Yayla 2015). Dünya nüfusunun artması ve buna bağlı olarak hem sosyal hem de ekonomik hareketliliğin artmasıyla birlikte ulaşım ve ulaşım araçlarına olan talep hiç kuşkusuz her geçen gün artmaktadır. Yoğun talebi karşılamak için teknolojinin gelişmesiyle birlikte hem yol altyapısı hem de çeşitli araçların altyapısında gelişmeler yaşanmıştır. Günümüze kadar yol altyapısı denilince kaliteli yol tabakası, hizmet düzeyi yüksek yollar gibi kavramlar aklımıza gelmektedir. Ancak geleceğe ait planlamalarda bunlara ek olarak akıllı, çevreci, yenilikçi ve elektrikli yollarda dikkate alınmalıdır. Yol altyapısına nazaran daha hızlı gelişen bir teknolojiye sahip olan otonom araçlar ve tamamen elektrikle çalışan araçlar yollarda görünmeye başlanmıştır. Bunun yanında tamamen elektrikli araçların günlük hayata entegre edilmesi uzun bir süreç aldığı için hibrid elektrikli araçlar ile geleneksel (konvansiyonel) araçlardan elektrikli araçlara geçiş süreci tamamlanmaya çalışılacaktır. Geleneksel motorlu araçlar ile elektrikli araçlar arasında hem teknik olarak hem de kullanım bakımından çeşitli farklılıklar mevcuttur.

1.1. Geleneksel Motorlu Araçlar

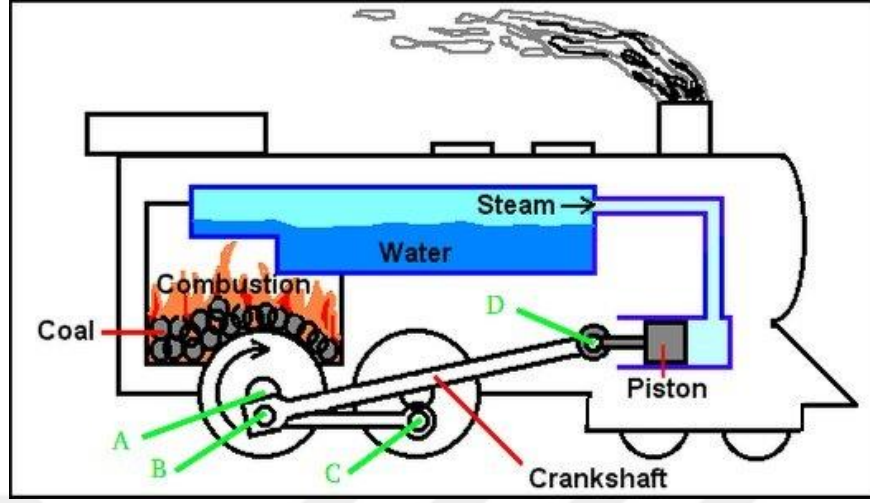
19. yüzyılda ilk defa geliştirilmeye başlanan içten yanmalı motorların petrol ürün ve ürünlerinin üretilmesiyle birlikte kullanımı artmıştır. İlk içten yanmalı motor 1859 yılında Etienne Lenoir tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu motorda kömür-gazı ile hava karışımı atmosfer basıncı aracılığıyla yakılmıştır. Ateşleme işlemi ise bir kıvılcım sayesinde gerçekleştirilmiştir. İçten yanmalı pistonlu motorların günümüzdeki formasyonunu almasının önerilerini ise ilk defa Nicolaus August Otto 1867 yılında ortaya artmıştır. 19. yüzyılın sonlarına kadar yaklaşık 50 000 adet motor Avrupa ve Amerika'da satılmıştır. Şekil 1.1'de içten yanmalı motorun çalışma prensibine ilişkin bir görsel sunulmuştur. Motor deneyimlerinin ilk defa yaşandığı yıllarda motorlu taşıt sayısı az olduğundan dolayı ham petrolden basit damıtma yöntemi ile enerjisi düşük yakıtlar elde edilmiştir. Ancak 1920'li yıllarda motorlu taşıtlardaki sayısının hızlı bir şekilde

artmasıyla birlikte yüksek enerjili yakıt üretimi başlamıştır. Bununla birlikte araçlar için yakıt tüketim miktarını düşürüp, verimi artıracak çalışmalara yönelim artmıştır (Ağırbaş 2019).



Şekil 1.1. İçten yanmalı motor çalışma prensibi (Ağırbaş 2019)

İçten yanmalı motorların yanı sıra eskiden kullanılan ancak günümüzde tercih edilmeyen bir diğer motor tipi ise dıştan yanmalı motor olarak adlandırılmaktadır. Dıştan yanmalı motorlarda yanma ile oluşan ısı enerjisinin diğer enerji türlerine transformasyonu sayesinde enerji elde edilir. Bu motorlar gaz ve buhar türbinleri içermektedir. Dıştan yanmalı motor; yakmış olduğu yakıtı sistem içerisinde çalışan farklı bir akışkanı ısıtarak bir enerji döngüsü oluşumu olarak açıklanmaktadır. Şekil 1.2’de dıştan yanmalı motorun çalışma prensibi ile ilgili bir görsel sunulmuştur.



Şekil 1.2. Dıştan yanmalı motor çalışma prensibi (Anonim 2018a)

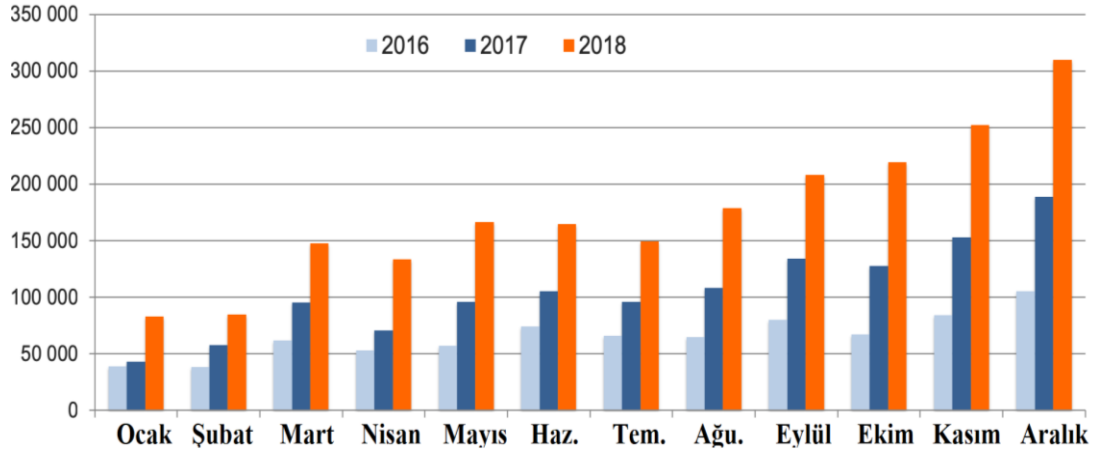
Geleneksel motorlu araçlar silindir şekillerine göre; sıralı tip motor, V tipi motor, Boxer tipi motor, Yıldız tipi motor, W tipi motor ve H tipi motor olarak ayrılırken, ateşleme tipine göre ise; bujiyle ateşlemeli motor, sıkıştırma ile ateşlemeli motor olmak üzere sınıflandırılırlar. Zamanlama sistemine göre; iki zamanlı ve dört zamanlı motorlar olmak üzere ikiye ayrılır (Anonim 2014).

Günümüzde kullanılan araçların çoğunluğu geleneksel motorlu araçlar sınıfına girmektedir. Ancak teknolojinin gelişmesi ile birlikte geleneksel motorlu araçlarda yeni teknolojiler uygulanmaya başlanmıştır. Bu yeni teknolojinin uygulandığı ilk alanlardan biri olan motor kısmında alternatif yakıt türlerine yönelim olmuş ve buna göre motor dizaynları yapılmıştır. Alternatif enerji türlerine yönelimde ilk adres hiç kuşkusuz elektrik enerjisi olmuştur. Bu enerji türüne uygun olarak hibrid ve elektrikli motora sahip araçlar geliştirilmiştir.

1.2. Elektrikli Araçlar

Otomobil pazarında ilk ürün olan elektrikli araçların üretimi ve yaygınlaştırma planlaması doğru yapılamadığından günümüze kadar yerini konvansiyonel araçlara bırakmıştır. Günümüzde kullanılan araçların yaklaşık %90'lık kısmı fosil yakıtlar ile çalışan

motorlara sahiptir. Çevresel endişeler, teknolojide yaşanan gelişmeler ve alternatif enerji türlerine yönelim gibi konular ön plana çıktıkça son yıllarda elektrikli araçlar üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Elektrikli araçların keşfi Thomas Davenport tarafından 1834 yılında gerçekleştirilmiştir. Elektrikli araçların tarihsel gelişimine en büyük katkı sunan isimlerden biri olan Gaston Plante 1859 yılında şarj edilebilen bataryaları icat etmiş ve elektrikli araçların en büyük problemine kısmen çözüm üretmiştir (Sulzberger 2004). Bu gelişmenin ardından 20. yüzyılın başına kadar elektrikli araçlar konusunda çalışmalar hızlı bir şekilde devam etmiştir. Ancak 19. yüzyılın sonunda çalışmaları başlayıp 20. yüzyılda gelişimi devam eden konvansiyonel araçların yaygınlaşmasıyla birlikte 1930'lu yıllarda elektrikli araç kavramı niteliğini kaybetmiştir. 20. yüzyılın son çeyreğinde meydana gelen petrol krizi ile birlikte otomobil sektöründe alternatif enerji türlerine yönelim söylemleri artmaya başlamasına rağmen bu eğilimde çok fazla sürmemiştir (Larminie and Lowry 2003). 20. yüzyılın son 10 yılında elektrikli araçlar konusu çevresel kaygılar, petrol fiyatlarındaki artış ve elektrik fiyatlarının ucuz olmasından dolayı yeniden gündeme gelmiştir. Elektrikli araçların gelecekte yaygın bir şekilde kullanılacağı öngörüsü oluşmaktadır. Bu bağlamda bazı ülkeler fosil yakıtlı araçların yerine elektrikli araçların yaygınlaşması için çeşitli tedbirler ve teşvikler hususunda kararlar almışlardır. Almanya'da 2018 yılında alınan bir karara göre Hamburg kentinde bulunan iki caddeye eski dizel araçlar ve kamyonların girişi yasaklanmıştır. Almanya ve diğer gelişmiş ülkelerde gelecek projeksiyonları incelendiğinde fosil yakıtlı araçlara yasak getirdikleri gibi elektrikli araçlar konusunda da teşvik maddelerini gündeme getirmişlerdir (Anonim 2018b). Elektrikli araç satışlarının günümüzde hızla artmasıyla birlikte konvansiyonel araçların hâkimiyeti gün geçtikçe azalmaktadır. Şekil 1.3'de son üç yıllık dönemde Dünya genelinde satılan elektrikli araç sayısı sunulmuştur.



Şekil 1.3. Dünya genelinde satılan elektrikli araç sayısı (Irle 2018)

Ancak Türkiye gibi gelişen ülkelerde bu istatistiki değerler aynı seviyelerde gerçekleşmemektedir. Yine son üç yıllık dönemde Türkiye’de satılan elektrikli araç sınıfına dahil olan araç sayısı sadece 276 adettir. Bu istatistiğin bu kadar düşük olmasının nedenleri arasında yeterli altyapının bulunmaması, yeterli teşvik ve tedbirlerin alınmaması gösterilebilir. Türkiye fosil yakıtlarda dışa bağımlı olan bir ülke olmasına rağmen ülke genelinde halen geleneksel araçların hâkimiyeti artarak sürmektedir. Bu konuda araç kullanıcıların elektrikli araçlar ile konvansiyonel araçlar arasındaki farkların bilmesi, avantaj ve dezavantajların iyice araştırılması sonucunda kullanıcıların elektrikli araçlara yöneliminin artması beklenmektedir. Devlet yetkililerine düşen görev ise kullanıcıların bu yenilikçi araç türlerine yönelimini artırmak için hem teşvik ve tedbirlerin etkin bir şekilde yürütülmesi hem de bu araç teknolojisine uygun altyapının hızla yaygınlaştırılmasıdır. Hem yöneticiler açısından hem de kullanıcılar açısından elektrikli araçlar ile konvansiyonel araçların karşılaştırılması iyi bir şekilde yapılmalıdır.

1.3. Elektrikli Araçlar ile Geleneksel Araçların Karşılaştırılması

Geleneksel araçlar ile elektrikli araçlar karşılaştırıldığında birbirlerine göre birçok avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Geleneksel araçların, kaynakları tükenen fosil yakıtlar ile çalışması hem çevresel hem de ekonomik anlamda çeşitli problemler meydana getirmektedir. Bunun yanında petrol ithalatı yapan ülkelerin dışa bağımlılığına yol

açmasından dolayı önemli bir dezavantaja sahiptir. Konvansiyonel araçların diğer dezavantajları ise aşağıda sıralanmıştır.

- Motor tasarımlarının karmaşık bir yapıda olmasından dolayı yüksek enerjili yakıt kullanmasına rağmen yeterli verimi sağlayamaması
- Motorun yanma odasında meydana gelen enerji transformasyonlarından dolayı araçların gürültü çalışması
- Günümüzde sera gazı salınımı ve küresel ısınmaya neden olan zararlı gazların salınımı
- Motor tasarımlarının karmaşık bir yapıya sahip olması ve bileşenlerinin fazla olmasından dolayı bakım maliyetlerinin yüksek ve sık olması

Geleneksel araçların bahsedilen dezavantajlarına karşın elektrikli araçlara göre çeşitli avantajları da bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak;

- Yakıt ikmal sürelerinin kısa olması ve bunun yanında menzil probleminin bulunmaması
- İlk satış maliyetlerinin elektrikli araçlara göre daha düşük olması
- Akaryakıt istasyon sayılarının ve sıklıklarının yeterli olması

Geleneksel araçların elektrikli araçlara göre dezavantaj ve avantajları bulunduğu gibi elektrikli araçların da geleneksel araçlara göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Elektrikli araçların avantajları aşağıda sıralandırılmıştır.

- Geleneksel araçlara göre motor kısımlarının daha basit ve üretim-montaj sürelerinin kısa olması
- Elektrikli araçlar alternatif enerji kullandığı için daha güvenilir olması
- Elektrikli araçların geleneksel motorlu araçlara göre daha yüksek verim sağlaması
- Elektrikli araçların yanma odaları bulunmadığından veya yanma odalarında herhangi bir yanma meydana gelmediğinden daha sessiz çalışması

- Sera gazı salınımı ve küresel ısınmayla ilgili konularda daha çevreci olması ve sıfır emisyon ilkesine uyması
- Motor kısımlarının basit olmasından dolayı batarya dışında herhangi bir bakım gerektirmemesi
- Tüketilen enerjinin fosil yakıtlara göre birim maliyetinin daha düşük olması

Bunların yanında elektrikli araçların geleneksel araçlara göre önemli dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlara örnek olarak aşağıdaki hususlar söylenebilir.

- Batarya şarj sürelerinin uzun olması ve batarya kapasitelerinin yeterli olmaması
- Elektrikli araçlarda dönemsel olarak yapılan batarya değişim maliyetinin çok yüksek olması
- Geleneksel araçlara göre çeşitli teşvikler olmasına rağmen ilk satış fiyatlarının yüksek olması
- Hem batarya şarj sürelerinin uzunluğu hem de batarya kapasitesinin yeterli olmamasının yanında yeterli sayıda elektrikli araç şarj istasyonlarının (E.A.Ş.İ.) bulunmaması
- Mevcut teknoloji ile üretilen batarya tiplerinin yeterli enerjiyi sağlayamadığından dolayı elverişli kullanılamaması ve menzil probleminin ortaya çıkması

Bu tarz problemleri kısmen çözebilmek için farklı özelliklerdeki elektrikli araçlar üretilmiştir. Bu araçlar tamamen elektrikle çalışabildiği gibi hibrid olarak çalışabilen modelleri de mevcuttur.

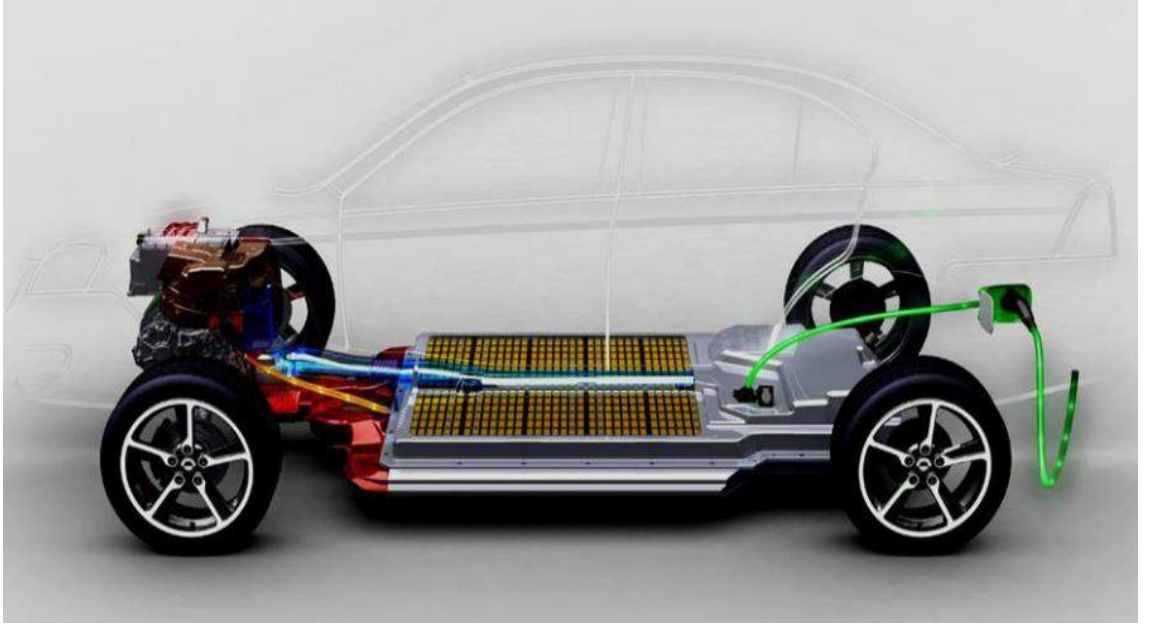
1.4. Elektrikli Araç Türleri

Elektrikli araçlarda mevcut olan problemleri çözmek için farklı çalışma prensiplerine sahip olan elektrikli araçlar üretilmektedir. Elektrikli araçlar, Bataryalı Elektrikli Araç (BEV), Hibrid Elektrikli Araç (HEV), Şarj Edilebilir Hibrid Araç (PHEV), Yakıt Hücreli Elektrikli Araç (FCEV) olarak dört sınıfa ayrılmaktadır. Elektrikli araçların yoğunlukla

kullanıldığı ülkelerde BEV, HEV ve PHEV elektrikli araç türüne sıklıkla rastlanırken FCEV elektrikli araç türü pek tercih edilmemektedir. Tercih edilmeme nedeni, henüz geliştirme aşamasında olup önemli altyapı sorunlarının bulunmasıdır (Cilvez and Kasımay 2018).

1.4.1. Bataryalı elektrikli araç (BEV)

BEV'ler motor gücünü tamamen araç içerisinde mevcut olan batarya veya bataryalardan sağlamaktadır. Bu araçlarda bir adet motor bulunmakta ve bu motor tamamen elektrikli. Kullanılan bataryaların kapasitesi oranında şarj edilerek kullanılabilir ve belirli periyotlarla bakımları yapılmaktadır. Şekil 1.4'de BEV çalışma prensibine ilişkin bir görsel sunulmuştur. BEV'lerin çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Cilvez and Kasımay 2018).



Şekil 1.4. BEV çalışma prensibi (Cilvez and Kasımay 2018)

Avantajlar

- BEV motoru tamamen elektrik ile çalıştığı için yakıt maliyetleri oldukça düşüktür.

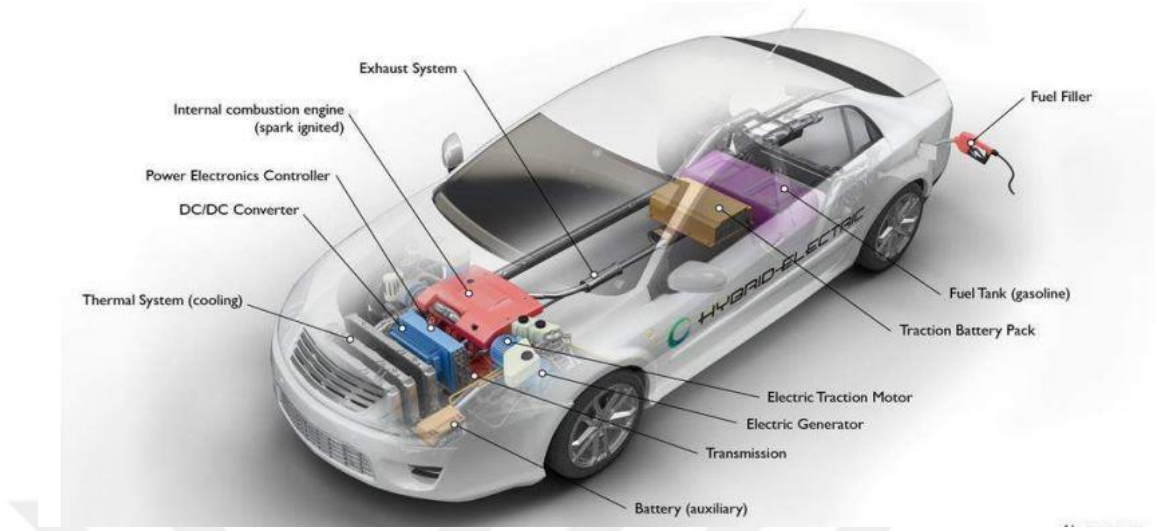
- Araçta bulunan bataryaların diğer elektrikli araçlarda bulunan bataryalara göre bakım maliyetleri düşüktür.

Dezavantajlar

- Devlet tarafından BEV'lere uygulanan teşvik paketlerine rağmen ilk satış fiyatları yüksektir.
- Batarya kapasitelerinin yeteri kadar olmamasından dolayı kullanıcılara menzil problemi yaşatmaktadır.
- Ortalama menzilin 100-300 km olduğu bu araçlarda sürekli şarj etme problemi kullanıcı açısından istenmeyen bir durumdur.
- Şarj süresinin yüksek olması ve buna çözüm olarak hızlı şarj imkânı sunmak için oluşturulan altyapının maliyeti yüksek olması.

1.4.2. Hibrid elektrikli araç (HEV)

HEV motor gücünü iki adet motordan almaktadır. Bu tür elektrikli araçlar melez sistemli motorlu araçlar olarak da adlandırılmaktadır. Bu araçlarda hem geleneksel içten yanmalı hem de elektrikli motor bulunmaktadır. Belirli bir hıza kadar elektrikli motordan gücünü alan bu araçlar hız limitini aştıktan sonra geleneksel içten yanmalı motoru devreye sokmaktadırlar. Elektrikli motor için mevcut olan bataryaların dışarıdan bir akım sayesinde şarj edilmesi mümkün değildir. Bataryaların şarj işlemi tamamen aracın mekanik enerjisinden faydalanarak yapılmaktadır (Varol 2017). Şekil 1.5'de HEV'lerin çalışma prensibi sunulmuştur.



Şekil 1.5. HEV çalışma prensibi (Kaya vd 2019)

Avantajlar

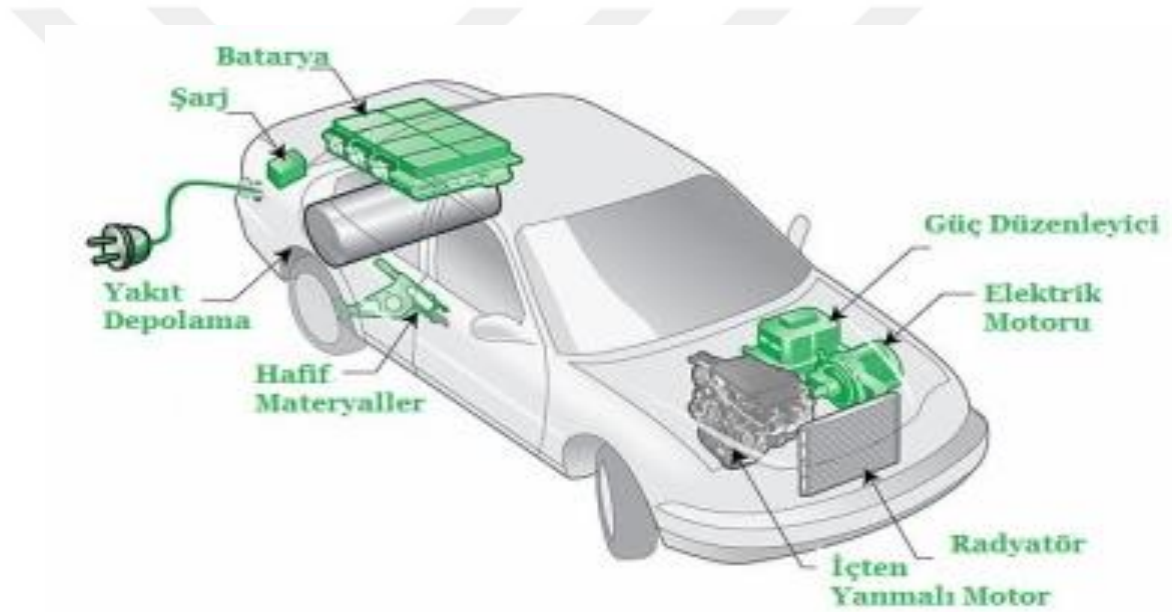
- Belirli bir hız limitine kadar elektrikli motor kullanıldığı için fosil yakıtlardan tasarruf sağlamaktadır.
- Bataryaların şarj edilme işlemi için araçta mevcut olan rejeneratif frenleme sistemi ile açığa çıkan enerji bataryalara aktarılmaktadır.
- Hibrid araçlarda bulunan idle-off teknolojisi sayesinde yakıttan tasarruf sağlamaktadır.
- Kent içi kullanımda ve yüksek hızlara gereksinim duyulmadığı bölgelerde elektrikli araç kullanıldığından oldukça verimli ve tasarrufludur.

Dezavantajlar

- Hem içten yanmalı motordan hem de elektrikli motor için kullanılan bataryalardan dolayı belirli dönemlerde yapılan bakımların sıklığı artmakla birlikte maliyeti de yükselmektedir.
- Yüksek hızlara çıkma gereksinimi doğduğunda yeterli performansı ve verimi sağlayamamaktadır.

1.4.3. Şarj edilebilir hibrid araç (PHEV)

HEV'lerden farkı isminden de anlaşılacağı üzere batarya veya bataryalarının dışarıdan bir akım yardımıyla şarj edilebilmesidir. HEV gibi hem geleneksel içten yanmalı hem de elektrikli bir motora sahip olan araç hareket halinde genellikle elektrik motorunu kullanmaya yönelik tasarlanmıştır. Batarya pil durumunun belirli bir seviye altına inmesi veya yüksek performans istendiği durumlarda içten yanmalı motor devreye girmektedir (Yağcıtekin 2014). Şekil 1.6'da PHEV'lerin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 1.6. PHEV çalışma prensibi (Anonim 2016)

Avantajlar

- Hem geleneksel içten yanmalı motordan dolayı hem de şarj edilebilen bataryalarından dolayı herhangi bir menzil problemi bulunmamaktadır.
- Ana motor olarak elektrikli motor tasarımı yapıldığı için ciddi miktarda tasarruf sağlamaktadır.
- Bataryalarının kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı şarj edilebilme süreleri oldukça kısadır.

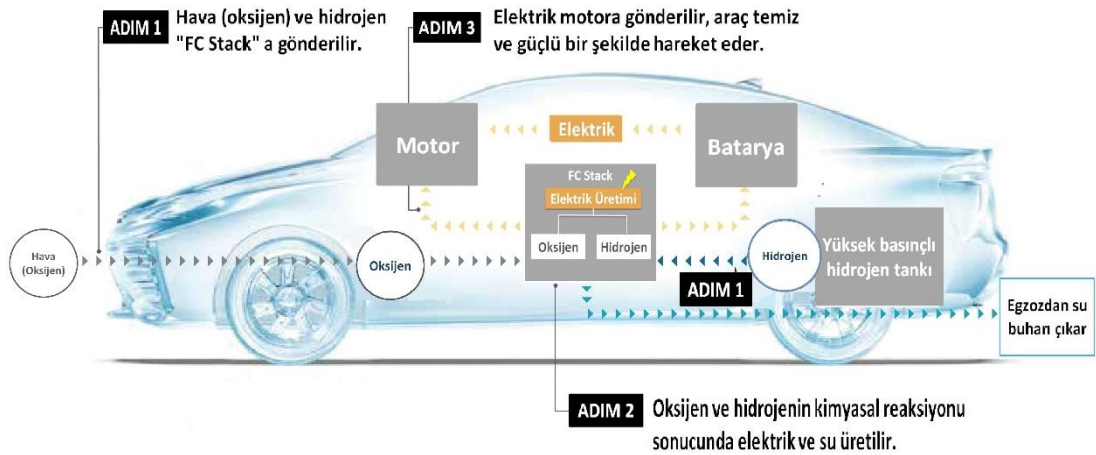
- HEV’lerde olduğu rejeneratif frenleme sistemi ile mekanik enerji doğrudan bataryalara aktarabilmektedir.

Dezavantajlar

- Bataryalarının kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı elektrikli motor her zaman kullanılamamaktadır.
- Hem içten yanmalı motordan kaynaklı hem de kullanılan bataryalardan dolayı bakım maliyetleri yüksektir.

1.4.4. Yakıt hücreli elektrikli araç (FCEV)

Geleceğin en önemli otomobil teknolojisi olarak gösterilen FCEV araştırma ve geliştirme aşamasında olmakla birlikte prototipleri üretilmektedir. Bu otomobillerde enerji kaynağı olarak su kullanılmaktadır. Suda bulunan hidrojen ve oksijen atomları arasındaki bağ kuvvetlerinden meydana gelen enerji kullanılarak elektrik enerjisi üretilmektedir. FCEV’ler egzoz salınımı olarak sadece su buharı salmakta ve en çevreci otomobil teknolojisi olarak gösterilmektedir (Yılmaz vd 2017). Şekil 1.7’de FCEV çalışma prensibi sunulmuştur.



Şekil 1.7. FCEV çalışma prensibi (Bozkurt 2016)

Elektrikli araçların bu dezavantajlarını ortadan kaldırmak için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle batarya şarj süresi, batarya kapasitesi ve menzil problemlerini çözmek için çalışmalar batarya üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle çeşitli batarya tipleri üretilmektedir.

1.5. Elektrikli Araç Batarya Tipleri

Mevcut elektrikli araçların problemlerini çözmek için çeşitli batarya tipleri üzerinde çalışılmış ve farklı özellikli batarya tipleri üretilmiştir. Farklı voltaj ve enerji yoğunluğuna sahip çeşitli batarya teknolojileri bulunmaktadır. Bu teknoloji her geçen gün elektrikli araç kullanıcısının memnuniyetini ve konforunu artırmak için gelişimini sürdürmektedir. Kullanılan batarya teknolojileri aşağıda sıralanmıştır (Muratoğlu ve Alkaya 2015).

- Kurşun-Asit (Pb-acid) Piller
- Nikel Kadmiyum (NiCd) Piller
- Nikel Metal Hidrat (NiMH) Piller
- Lityum İyon (Li-ion) Piller
- Lityum İyon Polimer (LiPo) Piller
- Lityum Demir Fosfat (LiFePO₄) Piller
- Lityum Sülfür (Li-S) Piller

Elektrikli araçların bataryalarının şarj edilmesi için çeşitli bölgelerde E.A.Ş.İ.'lerin konumlandırılması gerekmektedir. E.A.Ş.İ.'de bulunan şarj yöntemleri gelişen teknoloji ile birlikte çeşitlilik kazanmıştır.

1.6. Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri

Şarj üniteleri elektrik enerjisinin araca aktarımını güvenli olarak gerçekleştiren bir altyapı ekipmanı olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde elektrikli araçlar iki farklı şarj işlemi ile şarj edilmektedir. Bu şarj işlemi alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC) kullanan şarj

ünitesinden beslenmektedir. Üretilen elektrikli araçlarının tamamı AC şarj ünitelerinden şarj edilebilmektedir. Bu durum sadece Tesla model elektrikli araçlar için geçerli değildir. Bu araçlar “supercharger” olarak adlandırılan E.A.Ş.İ.’leri ile DC şarj ünitesinden şarj edilmektedir. Bu üniteler Japonya, Amerika ve Avrupa’da bir takım farklılıklar göstermektedir. Bu bölgelerde yaşanan en büyük farklılık AC ve DC şarj üniteleridir. Durum böyle olunca her bölge kendi ülkesi için benimsemiş olduğu standardı ortaya koymuştur. Japonya, CHAdeMO standartları ile araçları DC üzerinden şarj edebilen üniteler geliştirmiştir. Bu ünitelerin maksimum enerji aktarım değeri 65,5 kW’tır. Avrupa ülkeleri, IEC 62196 standartları ile araçları AC üzerinden şarj edebilen 3 fazlı üniteler geliştirmiştir. Bu ünitelerin maksimum enerji aktarım değeri ise 43,5 kW’tır. Amerika, SAEJ1772 standartlarını kullanarak araçları AC üzerinden şarj edebilen üniteler geliştirmiştir. Bu ünitelerin maksimum enerji aktarım değeri 19,2 kW’tır (Anonim 2017; Polat vd. 2015).

1.6.1. Batarya değişimi

Gelişen teknolojiye rağmen elektrikli araçların pil ömrü istenilen seviyelere ulaşamamıştır. Bu durum menzil problemine ve bataryaların sıklıkla şarj edilmesine yol açmıştır. Batarya şarj süresi uzun olduğu için E.A.Ş.İ.’lerde batarya kiralama yöntemi ile batarya değişimi işlemi gerçekleştirilerek bu tür sorunlara kısa vadeli çözümler üretilmiştir (Yazıcı 2013).

1.6.2. Yavaş şarj

Yavaş şarj hizmeti veren şarj üniteleri AC üreten bir fazlı sistemlerdir. Bu üniteler maksimum 3,7 kW ve 16 Amper güç sağlamaktadır. Evlerde kullanılan elektrik enerjisi ile şarj edilen araçların şarj edilme durumu yavaş şarj olarak ifade edilebilir (Yazıcı 2013).

1.6.3. Normal şarj

Normal şarj hizmeti veren şarj üniteleri AC üreten 3 fazlı sistemlerdir. Bu üniteler maksimum 11-22 kW ve 32 Amper güç sağlamaktadır. Normal şarj aktarımı sağlayan üniteler kamusal alanlarda, park alanlarında ve alışveriş merkezlerinde hizmet vermek üzere tercih edilir. Genel olarak araç şarj durumunu en düşük seviyeden en yüksek seviyeye 6-8 saat içinde getirmektedir (Yazıcı 2013).

1.6.4. Hızlı şarj

Bu hizmeti veren şarj üniteleri tamamen boş olan araç bataryasını ortalama 20-30 dakika içerisinde doldurabilmektedir. 43 kW ve 125 Amper güç sağlayan bu ünitelerin kurulumu genel olarak şehirlerarası yollar için idealdir (Yazıcı 2013).

1.6.5. Kablosuz şarj

“Inductive bağlantı” (kablosuz şarj), araca şarj gücü transferinin özel bir transformatör yardımıyla güç iletiminin manyetik yolla gerçekleştirildiği sistemdir. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak herhangi bir aktarım ekipmanı olmamasıdır (Machura and Li 2019).

Bu bölümde anlatılanlar dikkate alındığında günümüzde elektrikli araçların yaygınlaştırılması için önündeki en büyük engel altyapı durumudur. Altyapı durumu; menzil, batarya kapasitesi, yeniden şarj olma süresi, istasyon yetersizliği vb. sorunları barındırmaktadır. Bu doğrultuda bu tez çalışması E.A.Ş.İ. konularının analiz edilip uygun alanlarının belirlenmesini amaçlamaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması için bahsedilen problemlerin hızlı bir şekilde çözümlenmesi gerekmektedir. Bu problemlerin en önemlisi hiç kuşkusuz elektrikli araçların şarj durumudur. Mevcut teknoloji ile şarj süresi, batarya kapasitesi gibi sorunlara tam anlamıyla çözüm üretilememektedir. Ancak elektrikli araçların bu şarj problemlerini kısmen gidermek için E.A.Ş.İ.'lerin yaygınlaştırılması düşünülebilir. E.A.Ş.İ. ve çeşitli tesis yer seçimi gibi problemlerde bölgenin özellikleri dikkate alınarak sıklıkla kullanılan yöntemler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir. Bu bağlamda ÇKKV, CBS ve diğer yöntemlerin uygulandığı çeşitli tesis yer seçimi ve karar problemleri ile ilgili çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

Ustasüleyman ve Perçin (2007) karar verme problemleri için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden olan Analitik Ağ Süreci (ANP) kullanarak firma kuruluş yerinin seçimini gerçekleştirmişlerdir. ANP yaklaşımını oluştururken firmaların performans değerleri ve bunlara ilişkin alt kriterler dikkate alınmıştır. Kuruluş yerinin seçimini etkileyen faktörler; fiyat, kalite, teslimat ve esnekliktir. Kuruluş yeri ağırlık indeksi hesaplanmış olup üç tercih arasında "C" adlı kuruluş yerinin en uygun konum olduğuna karar verilmiştir.

Küçükönder, (2007) yapmış olduğu bu çalışmada Kahramanmaraş iline ait en uygun çöp depolama alanlarını CBS teknolojisi kullanarak belirlemiştir. Bu alanların belirlenmesinde dikkate alınması gereken kriterler; eğitim, baki, jeoloji, heyelan, akarsu, göl, yol, fay, yerleşim alanları ve arazi kullanımı olarak düşünülmüştür. CBS ile bu 11 verinin katmanları oluşturulup, ağırlıklı doğrusal kombinasyon analizi sonucunda elde edilen uygunluk haritası ile çöp depolama alanları belirlenmiştir.

Kodalak, (2009) bu çalışmada İstanbul ili Avrupa yakasından 8 adet istasyonu örnek olarak işletme sahibi olmak isteyen bir işletmecinin hangisini tercih edeceği üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. CBS programında yapılan analiz sonucunda 8 adet istasyon

arasından 4 âdeti mevcut durumda istasyon kurulumu şartlarını sağlayamadığından elenmiştir. Kalan 4 adet istasyonun seçimi için ÇKKV yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık ANP kullanılmıştır. Her iki yöntemde de aynı istasyon seçimi gerçekleşmiştir.

Aydın, (2009) bu çalışmada güneş ve rüzgâr enerjisi için uygun olan alanları CBS tabanlı ÇKKV yöntemi kullanarak belirlemiştir. Her iki enerji türü için tarım arazisi, göl, sulak alanlar, kıyı şeridi, nehirler, uçuş güvenliği, enerji üretim potansiyeli, eğim, iletim hattı, kentsel alana yakınlık gibi bir çok kriter dikkate alınarak uygunluk haritaları elde edilmiştir. Elde edilen haritalar ile rüzgâr ve güneş enerji sistemlerinin kurulacağı uygun alanlar ve her ikisinde kurulabileceği ortak alanlar bu çalışmada belirlenmiş ve incelenmiştir.

Erden, (2009) İstanbul ili için itfaiye istasyonlarının konumlarını en uygun olacak şekilde belirlemiştir. Bu işlem için CBS teknolojisi ve ÇKKV yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. İstasyon konum belirlemede önem arz eden kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler; yüksek nüfus yoğunluğu, ana arterlere yakınlık, itfaiye istasyonuna uzaklık, tehlikeli madde depolarına yakınlık, ahşap ve tarihi binalara yakınlık, deprem riskinin yüksek olduğu yerlere uzaklık olarak sıralanabilir. Her bir kritere ait haritalar CBS ortamında hazırlanmıştır. Bu süreç tamamlandıktan sonra AHP ile ağırlıklandırma işlemine geçilmiştir. Ağırlıklandırma işleminde uzman görüşü olarak akademisyenler ve itfaiyeciler dikkate alınmıştır. Her iki uzman görüşüne göre itfaiye istasyon konumları belirlenmiştir.

Bingül, (2013) elektrikli araç ve E.A.Ş.İ.'leri İstanbul ili ölçeğinde incelemiştir. Elektrikli araçların dünya ve ülkemizdeki geleceği, teknolojik yapısı ve pil şarj sistemleri bu çalışmada irdelenmiştir. İstanbul için elektrikli E.A.Ş.İ.'lerin analizi yapılmış ve kriterlere (İspark, aktarma noktalarına yakınlık, kamu idareleri, devlet ve özel üniversiteleri, hastaneler, havalimanları vb.) göre E.A.Ş.İ. önerisinde bulunulmuştur. Çalışma sonucunda Anadolu ve Avrupa yakasında toplam da 9 adet istasyon yeri belirlenmiştir.

Şener, (2014) yapmış olduğu bu çalışmada geleneksel araçların elektrikli araçlara dönüşümü sonucu hava kirliliği ve altyapı bakımından çevreyi nasıl etkileyeceğini irdelenmiştir. Elektrik ihtiyacı, istasyon maliyeti ve çevre dostu araç sayısı gibi kriterler dikkate alınarak farklı modeller üretilmiştir. İstanbul iline ait bütün ilçeler için gerekli olan E.A.Ş.İ. sayısını minimize etmek için matematiksel model geliştirilmiştir.

Yavuz ve Deveci, (2014) Erzincan ilinde kurulması planlanan alışveriş merkezi için beş alternatif bölge belirlenmiş ve bu bölgeler arasından en uygun olanı seçmek için Bulanık ÇKKV yöntemlerinden olan Bulanık Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ve Bulanık ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemlerini kullanmışlardır. Bu yöntemlerde kullanılmak üzere 14 adet kriter (yatırım maliyeti, trafik, arazi özellikleri, altyapı uygunluğu vb.) belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda alışveriş merkezinin yer seçimini etkileyen en önemli kriterlerin; potansiyel talep, altyapı uygunluğu, sosyal ve kültürel çevre olduğu gözlemlenmiştir. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleri ile alışveriş merkezi için en uygun bölge "A1" olarak adlandırılan bölge seçilmiştir.

Sadeghi-Barzani *et al.* (2014) hızlı E.A.Ş.İ.'lerin en uygun konumu ve boyutlandırılmasını bir karışık tam sayılı doğrusal olmayan optimizasyon yaklaşımı ile değerlendirmişlerdir. Bu yaklaşımda istasyon geliştirme maliyeti, elektrik araç enerji kaybı, elektrik akımı kaybı, elektrik trafo merkezlerinin ve şehir içi yolların konumu gibi faktörler dikkate alınmıştır. Optimizasyon problemi genetik algoritma tekniği kullanılarak çözülmüştür. Oluşturulan bu model ile en uygun E.A.Ş.İ. konumları belirlenmiştir.

Ağaç vd (2015) Doğu Anadolu bölgesinde serbest bölge kurulması olasılığına karşın hangi ilin daha uygun olacağını üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. ÇKKV teknikleri (AHP-TOPSIS-VIKOR) kullanılarak serbest bölge seçim tayini yapılmıştır. Toplam on bir adet kriter (taşımacılık türü sayısı, ülkelere yakınlık, işsizlik oranı, ithalat ve ihracat miktarı vb.) dikkate alınmış ve AHP yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıklandırılması yapılmıştır. Serbest bölge yer seçimini en çok etkileyen üç kriter

ülkelere yakınlık, ihracat miktarı ve devlet teşviki olarak belirlenmiştir. Alternatif iller arasındaki sıralama işlemi için TOPSIS, VIKOR ve Elimination and Choice Translating Reality English (ELECTRE) yöntemleri kullanılmıştır. Sıralama işlemi sonucunda serbest bölgenin seçileceği üç il; Iğdır, Hakkâri ve Van olarak belirlenmiştir.

Akyol vd (2015) Denizli ilinin jeoteknik açıdan yerleşim için uygunluğunu ÇKKV yöntemlerinden birisi olan AHP tekniği ve CBS kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Jeoteknik açıdan bu çalışmada kullanılan parametreler; zemin türü, standart penetrasyon deneyi darbe sayısı, kesme dalgası hızı ve yeraltı su seviyesi olarak belirlenmiştir. Bu kriterler AHP ile ağırlıklandırma işleminden sonra CBS’de konumsal gösterim ve analizlerinde kullanılmıştır. Son olarak yerleşime uygunluk haritası oluşturularak, Denizli iline ait yerleşime uygun alanların tespiti yapılmıştır.

Guo and Zhao (2015) Changping bölgesindeki 4 alternatif E.A.Ş.İ. arasından kriterlere göre konumu en uygun olanı seçmişlerdir. Bu işlem için ÇKKV yöntemlerinden Bulanık-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Alanında uzman 5 kişilik ekip tarafından E.A.Ş.İ. konumunu etkileyen parametreler belirlenmiş ve ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Bu çalışmada 3 ana başlık altında 11 adet kriter (atık depolama, yapım maliyeti, trafik durumu, yıllık işletme ve bakım maliyeti vb) dikkate alınmıştır. Bu kriterler Bulanık-TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda en uygun alternatif “A2” adlı istasyon olarak belirlenmiştir.

Derviş (2015) bu çalışmada Türkiye’de yapılması muhtemel lojistik tesislerin en uygun konumunu belirlemek için CBS teknolojisi ve ÇKKV yöntemlerinden birisi olan Bulanık TOPSIS yönteminden faydalanmıştır. Lojistik merkezlerin yerini belirlemede dikkate alınması gereken kriterler anket yolu ile belirlenmiştir. Elde edilen 20 adet verinin, konumsal özellik taşıyan 9 adet kriteri (karayolu yakınlık, hava alanına yakınlık vb.) CBS ile, 11 adet kriteri(güvenlik, hava kalitesi vb.) ise Bulanık TOPSIS ile değerlendirilmiş ve her iki yöntem ile en uygun lojistik merkezler belirlenmiştir. İki yöntemin birleştirilmesi sonucunda yapılması muhtemel lojistik merkez konumları belirlenmiştir.

Sediqi (2015) İzmir il sınırları içinde kalan Karaburun Yarımadası'nda kurulması muhtemel rüzgâr enerjisi santralleri için en uygun alanları CBS ve AHP yaklaşımını kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Santral kurumunu etkileyen 8 adet kriter (rüzgar potansiyeli, koruma alanlarına olan uzaklık, yerleşim alanına uzaklık, ormanların varlığı, eğim, yükseklik, yoldan uzaklıkları ve tarım alanı varlığı) belirlenmiştir. AHP ile bu kriterlerin ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. CBS ortamında 8 adet kriter için uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Tüm kriterlerin tabakalarını çakıştırma işlemi sonucunda elde edilen uygunluk haritası yardımıyla yapılması muhtemel olan alanlar belirlenmiştir.

Islam *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada Malezya'nın Bangi kenti için E.A.Ş.İ.'lerin en uygun konumu ve boyutlandırılması problemlerinin çözümünde genetik algoritma kullanmışlardır. Coğrafi yapı ve trafik yoğunluğu parametreleri dikkate alınarak, günlük toplam maliyeti (elektrikli araçların E.A.Ş.İ.'lere ulaşım maliyeti, yatırım maliyeti, istasyon işletme maliyeti vb.) en aza indirmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda algoritma yöntemleri kullanılarak Bangi kenti için en uygun E.A.Ş.İ. konumları belirlenmiştir.

Swalehe (2016) yapmış olduğu bu çalışmada Eskişehir ili Odunpazarı ilçesi için ambulans müdahale süresini azaltmaya yönelik dinamik ambulans konuşlandırma problemini ele almaktadır. Konum belirleme işlemi CBS ile gerçekleştirilmiştir ve ambulans çağrı talebi, yol ağı verileri ve yol hız limiti gibi kriterler dikkate alınmıştır. Vakalara 5 dakika içerisinde müdahale edebilecek şekilde istasyonlar yerleştirilmiştir.

Güler (2016) İstanbul ili için gelecekte yapılması muhtemel olan katı atık düzenli depolama alanlarını CBS teknolojisi ve ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP kullanarak belirlemiştir. Bu çalışmada alan seçimini etkilediği düşünülen çevresel (arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlar) ve ekonomik (eğim, katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayolları) faktörler dikkate alınarak toplam 11 adet kriter kullanılmıştır. Kullanılan bu kriterler AHP ile ağırlıklandırılmış ve CBS ortamında depolama alanları için uygunluk haritası elde edilmiştir.

Cömert ve Yener (2016) tarafından bir gıda firması için en uygun depo yer seçimi ÇKKV yöntemlerinden biri olan bulanık AHP ile belirlenmiştir. Depo yeri seçimi için belirlenmiş alternatifler 4 ana ve 8 alt kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Depo yerinin maliyeti, depo yerinin alt yapısı, depo yerinin çevresel nitelikleri ve depo yerindeki iş gücü potansiyeli ana kriterler olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında ikili karşılaştırma matrisleri uzman kişiler tarafından elde edilmiş olup depo yeri için en uygun bölge Arifiyet ilçesi seçilmiştir.

Özbek ve Erol (2016) yaptıkları çalışmada işletmeler için depo yerinin en uygun şekilde seçilmesinin önemli olduğunu vurgulamış ve ÇKKV yöntemlerinden olan Basit Ağırlıklı Toplam (BAT), Complex Proportional Assessment (COPRAS) ve Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) kullanarak en uygun alan seçimini gerçekleştirmişlerdir. Depo yeri seçim probleminde model için kullanılan kriterler; birim fiyat, stok tutma kapasitesi, marketlere ortalama mesafe, ana tedarikçiye olan ortalama uzaklık ve hareket esnekliğidir. Bu kriterlerin ağırlıklandırma işlemi AHP ile gerçekleştirilmiştir ve birim fiyat kriteri en önemli kriter olarak seçilmiştir. Kullanılan BAT, COPRAS VE MOORA ile en uygun depo seçim yeri alternatifler arasında belirtilen “C” adlı bölge seçilmiştir.

Zhao and Li (2016) Tianjin bölgesinde yerleştirilmesi düşünülen 5 alternatif E.A.Ş.İ. arasından en uygun olanı belirlemek için ÇKKV yöntemlerinden Entropi ve Gray Relation Analysis - VIKOR (GRA-VIKOR) yöntemlerini kullanmışlardır. E.A.Ş.İ. konum belirlenmesinde dikkate alınması gereken bazı kriterler vardır ve bu çalışmada 4 ana başlık altında toplam 13 kriter (toplam yapım maliyeti, yıllık işletme ve bakım maliyeti, servis kapasitesi, trafik durumu, emisyon azaltımı vb.) kullanılmıştır. Entropi yöntemi ile ağırlıklandırma işlemi yapıp, GRA-VIKOR yöntemi ile alternatifler kriterlere göre sıralanmıştır. En uygun E.A.Ş.İ. “A3” adlı bölgedeki alternatif seçilmiştir.

Kocaman, (2017) İstanbul iline ait Kadıköy ve Ataşehir ilçelerinde E.A.Ş.İ.’lerin en uygun konumunu bu çalışmada irdelemiştir. Bu iki bölgenin seçilmesinin ana sebebi burada yaşayan nüfusun ortalama gelir düzeyinin yüksek olmasıdır. Alternatif

E.A.Ş.İ.'lerin konumunu belirlemek için alışveriş ve kültürel merkezler esas alınmıştır. Toplam da 10 adet olmak üzere bu noktalara alternatif E.A.Ş.İ.'nin kurulacağı öngörülmüştür. Bu alternatifleri kendi içinde değerlendirmek için 3 adet kriter (erişebilirlik, araç park durumu, trafik akış kolaylığı) dikkate alınmıştır. Bu kriterler AHP ile ağırlıklandırılıp, en uygun alternatif sıralaması TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Alternatif istasyonlarının optimal sayısını belirlemek için matematiksel model kurulmuştur.

Özdemir vd (2017) tarafından yapılan çalışmada güneş enerjisi santrali kurulması için belirlenen 13 alternatif şehirden yer seçimi için en uygun olan il ÇKKV yöntemlerinden AHP ve VIKOR kullanılarak belirlenmiştir. Güneş enerjisi santrali kuruluş yeri için belirlenmiş olan kriterler; elektrik enerjisi üretebilme kapasiteleri, arazi metrekaresi birim fiyatları, terör eylemi olmama ihtimali, depremsellik ve güneş enerji santrali sanayisine yakınlıktır. Çalışma kapsamında AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır ve VIKOR yöntemi ile alternatifler arasında sıralama işlemi gerçekleştirilmiştir. Güneş enerji santrali için en uygun şehir Konya olarak belirlenmiştir.

Şentürk vd (2017) İzmit ilçesinde var olan 57 mahalle için en uygun spor bahis bayi yer seçimini ÇKKV ile analizini gerçekleştirip Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında bulmaya çalışmışlardır. Kara verme sürecinde yüksek nüfus yoğunluğu, ana arterlere yakınlık, mevcut spor bahis bayilerine uzaklık, ilk ve ortaöğretim binalarına uzaklık, ibadet alanlarına uzaklık ve merkezi alanlara yakınlık gibi kriterler değerlendirilmiştir. Bu kriterlerin vektörel ve hücrel olarak CBS ortamında haritalandırılmıştır. ÇKKV ve CBS ile ağırlık ve haritalandırma işleminden sonra uygunluk sonuç haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu harita üzerinden dört bölgenin spor bahis bayisi için en uygun alanlar olduğu saptanmıştır.

Uslu vd (2017) Ankara ili Çankaya ilçesi için en uygun okul yerinin seçimi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada CBS ve ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS kullanılmıştır. Çalışma genel olarak üç aşamadan oluşmuş olup, ilk aşamada CBS yardımıyla okul alanlarının tahsisi yapılarak gerekli analizler yapılmıştır. İkinci aşamada ise

okul yer seçimini etkileyen kriterler belirlenip AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. Son aşamada ise 17 alternatif okul arasında TOPSIS yöntemi ile sıralama işlemi yapılarak en uygun okul yerinin “A16” isimli bölge olduğu belirlenmiştir.

Bouguerra and Layeb (2017) Tunus şehrinde E.A.Ş.İ.’ler için en uygun alanları belirlemek için tam sayılı doğrusal programlamadan yararlanmışlardır. Şehrin merkezinde 4,5x2,5 km’lik bölge hizmet alanı olarak belirlenmiştir ve bu bölgedeki akaryakıt ve park alanları noktasal olarak gösterilmiştir. Akaryakıt ve park alanları kartezyen mesafesi dikkate alınarak bitişiklik grafiği oluşturulmuştur. Tam sayılı doğrusal programlamada kurulan iki farklı model ile E.A.Ş.İ.’lerin hizmet alanı ve sayılarına göre maliyeti en ucuz olan konumlar belirlenmiştir. İlk modelde hizmet alanı 0,8 km ve istasyon sayısı 10 adet, ikinci modelde ise hizmet alanı 1,2 km ve istasyon sayısı 10 adet olarak analiz edilmiştir.

Uyan (2017) Konya ili Çumra ilçesinde güneş enerjisi santrali kurulabilecek en uygun alanları AHP yöntemi kullanarak, CBS destekli haritalandırma yaparak belirlemiştir. Santral yerinin seçimini etkileyen kriterler (yerleşim alanlarından uzaklık, arazi kullanımı, eğim, trafo merkezine uzaklık, iletim hatlarında uzaklık, yol ve demiryolundan uzaklık) belirlenip, AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır ve çalışma alanı için belirlenen kriterlerin uygunluğunun CBS ile değerlendirilmiştir. AHP ile ağırlıklandırılmış olan kriterler CBS’de birleştirilip güneş enerjisi santrali için en uygun alanlar tespit edilmiştir. Bu alanın büyüklüğü 2 685 hektar olup alanın %5’lik bir kısmını oluştururken, %62’lik bir kısmı kesinlikle santral yapımına uygun değildir.

Abdalla, (2018) çalışma alanı olarak Irak’ın kuzey kesiminde yer alan Süleymaniye şehrini seçmiştir. Bu şehirde en uygun çöp depolama alanını belirlemek için CBS teknolojisi ve ÇKVY yöntemlerinden birisi olan AHP’den yararlanmıştır. Çöp depolama alan yerini etkilediği düşünülen 15 adet kriter (şehir merkezleri, toprak tipi, yükseklik, arkeolojik alanlar, yollar, eğim, askeri üs, su kuyuları ve nehirler gibi su toplama alanları, köy gibi yerleşim alanları, tarım arazisi kullanımı, ulaşım ağı, elektrik hattı, rüzgar yönü, sanayi siteleri ve havaalanı) dikkate alınmıştır. Bu kriterler CBS yardımı ile

haritalandırılmıştır. AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Depolama alanları için en uygun konumları belirlemek için uygunluk haritası elde edilmiştir ve Süleymaniye kenti için yapılması muhtemel olan alan alternatifleri belirlenmiştir.

Javadi (2018) Güneydoğu Anadolu bölgesinde boru üretim tesisi kurulması muhtemel olan en uygun alanları CBS ve Bulanık VIKOR kullanarak belirlemiştir. Üretim tesisinin kurulum alanını etkileyen kriterler literatür ve sektör uzmanları tarafından değerlendirilmiştir. Toplamda 2 ana kriter ve 18'de alt kriter (karayoluna yakınlık, demiryoluna yakınlık, şehir merkezine yakınlık, hava kalitesi vb.) bu çalışmada dikkate alınmıştır. 18 alt kriter içinde konumsal değerler içeren kriterler CBS programında kullanılmış ve alternatif alanlar belirlenmiştir. Diğer kriterler Bulanık VIKOR ile analiz edilmiştir ve en uygun alan belirlenmiştir.

Ulutaş vd (2018) lojistik merkezi yer seçimi için ÇKKV yöntemlerini uygularken karar verme problemini etkileyen kriterleri belirlemişlerdir. Bu çalışmada en uygun yeri bulmak için Entropi ve MOORA yöntemi kullanılmıştır. Seçimi etkileyen kriterler (ulaşım altyapısının durumu, ekonomik gelişme, yatırım çekiciliği, emniyet ve güvenlik vb.) belirlendikten sonra kriterlerin Entropi yöntemi ile ağırlıklandırılması yapılmıştır. MOORA yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılmış ve "Alternatif 8" adlı bölge lojistik merkez için en uygun bölge seçilmiştir.

Arslan, (2018) Düzce ilinde yapılması planlanan bilim merkezi için beş alternatif bölge arasından en uygun olan bölgeyi seçmiştir. Yapmış olduğu bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden ELECTRE ve maksimum kapsama modeli kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan 5 adet kriter vardır. Bu kriterler; bilim sanat merkezi ile etkileşim, ilgili üniversite birimiyle etkileşim kolaylığı, fen lisesi ile etkileşim kolaylığı, alanın fiziki yapısının uygunluğu ve ulaşım yeterliliği olarak belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılması ve sıralanması sonucunda bilim merkezi için en uygun konum olarak "kalıcı konutlar merkezi" bölgesi seçilmiştir.

Bektöre vd (2018) birkaç il sınırları içinde kalan Frig vadisi için kamp alanına en uygun bölgeleri ÇKKV ve CBS kullanarak belirlemişlerdir. Kamp alanını etkileyen kriterler (eğim, yükseklik, erozyon, ulaşım olanaklarına yakınlık, sağlık tesisi varlığı haberleşme olanakları, arazi kullanım kabiliyeti) AHP tekniği ile ağırlıklandırılmıştır. Kriterler vasıtasıyla CBS’de oluşturulan haritalar birleştirme analizi yapıldıktan sonra bölgedeki kamp alanı için uygunluk haritası elde edilmiştir. Sonuç olarak Frig vadisinde kamp alanı için uygun olan alan toplamı 1 208 km² olarak tespit edilmiştir.

Eroğlu (2018) güneş enerjisi santralleri kurumu için en uygun bölgeleri belirlemek amacıyla Bulanık AHP ve CBS ile analiz yapmıştır. Çalışmada, 14 ana kriter ve bunlara ait 70 alt kriter anket, uzman kişiler ve literatür çalışmaları ile belirlenip kullanılmıştır. Bu kriterlerin Bulanık AHP ile ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. CBS ortamında kriterlere ait haritalandırma işlemi yapılmıştır. Bu haritalar yardımı ile Gümüşhane ili için güneş enerji santrali uygunluk haritası elde edilmiştir.

Kurt ve Erener (2018) Kocaeli ili için en uygun lojistik merkezi yeri seçimi için CBS kullanmışlardır. Lojistik merkezi yer seçiminde etkili olan kriterler (üretim alanları, boş alanlar, transit ulaşım ağı, eğim haritası, yerleşim alanı) belirlenmiş ve bu kriterlerin ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Bu ağırlıklandırma işlemi önem sırasına göre yapılmış olup ağırlık değeri en fazla olan kriter “yerleşim alanı” olarak belirlenmiştir. Lojistik merkezler için en uygun yer seçimini gösteren uygunluk haritası elde edilmiş olup toplam 39 606 hektarlık bir alan olarak belirlenmiştir.

Xu *et al.* (2018) Tianfu bölgesi için E.A.Ş.İ.’lerin en uygun konumunu belirlemişlerdir. Bu bölgede 30 farklı konumda alternatif E.A.Ş.İ.’ler sunulmuş ve yapılması istenilen 6 adet alternatifin konumu belirlenmiştir. Bu belirleme işleminde 4 ana başlık altında 14 adet alt kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler arasında sözel olarak ifade edilen terimler Interval Type-2 Fuzzy Numbers ile modellenmiştir. Kriterler ÇKKV yöntemlerinden Entropi ağırlık metodu ile ağırlıklandırılmıştır. ELECTRE metodu ile alternatifler arasında sıralama yapılmış ve en uygun konuma sahip 6 alternatif belirlenmiştir.

Erbaş *et al.* (2018) yapmış oldukları bu çalışmada Ankara iline ait mevcut ve konum olarak yapılması en uygun olan E.A.Ş.İ.'lerin analizini gerçekleştirmişlerdir. Literatür ve uzman görüşleri dikkate alınarak E.A.Ş.İ. yapılmasında etkili olan 15 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler ÇKKV yöntemlerinden biri olan Bulanık AHP ile ağırlıklandırılmıştır. Bu aşamadan sonra CBS kullanılarak her bir kritere ait tabakalandırma işlemi yapılmış olup uygunluk haritası oluşturulmuştur ve elektrikli araç alternatif E.A.Ş.İ.'ler için potansiyel konumlar belirlenmiştir. Elde edilen alternatif E.A.Ş.İ.'lere TOPSIS yöntemi uygulanarak en uygun E.A.Ş.İ. belirlenmiştir.

Cui *et al.* (2018) Shanghai bölgesinde önerilen 5 E.A.Ş.İ.'lerin verimliliği ve uygulanabilirliğini araştırmak için bir model oluşturmuşlardır. Bu modelde her bir alternatifi ekonomik faktörler (yapım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, yatırım geri ödeme periyodu), sosyal faktörler (hizmet olanağı, yerel halkın tutumu, gelecekte gelişme olanağı), çevresel faktörler (ekolojik çevre etkisi, enerji tasarrufu faydası, emisyon azaltımı), mühendislik fizibilitesi (trafodan uzaklık, ulaşım kolaylığı, kaynakların kullanılabilirliği) göz önüne alınarak Pisagor bulanık değerlendirme yapılmıştır. Oluşturulan model sonucunda var olan 4 alternatif E.A.Ş.İ. VIKOR ve TOPSIS yöntemleri ile sıralama işlemine tabi tutulmuşlardır ve en iyi alternatif belirlenmiştir.

Karaşan *et al.* (2018) İstanbul iline ait bazı popüler merkezlerde konumlanmış olan 9 adet E.A.Ş.İ.'yi ele almışlardır. E.A.Ş.İ.'lerin konumunu etkileyen birçok kriter belirlenmiştir ve bu çalışmada 4 ana başlık altında toplam 21 alt kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler yardımı ile ÇKKV yöntemlerinden olan Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL), AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak alternatif E.A.Ş.İ.'lerin performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

Dinç vd (2019) inşaatı devam eden Ankara-Sivas yüksek hızlı tren projesinde en uygun istasyon yerinin seçimi için ÇKKV yöntemlerinden olan AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Değerlendirme sonucunda uzman görüşleri alınarak uygun olan 14 bölge tespit edilmiştir. Belirlenen bölgeler arasından en uygun olanları seçmek için bölgesel gelişmişlik, entegrasyon yeteneği, nüfus ve ekonomi kriterleri belirlenmiştir.

Her iki karar verme modeli sonucunda istasyon yerlerinin seçimi için 4 kent merkezi belirlenmiştir. Bunlar Ankara, Yozgat, Kırıkkale ve Sivas'tır.

Hosseini and Sarder (2019) yapmış oldukları bu çalışmada E.A.Ş.İ. alternatiflerini Bayesian Network (BN) kullanarak değerlendirmişlerdir. E.A.Ş.İ. konumları üzerinde etkisi olduğu düşünülen kriterler literatür taraması ve uzman görüşleri sonucunda belirlenmiştir. Bu kriterler 4 ana başlık (teknik, çevresel, ekonomik, sosyal) altında toplam 10 adet (elektrik kesintisi zamanı, atık depolama sahası, hava kalitesi, su kaynaklarında yaşanan problemler, arazi maliyeti, yapım maliyeti, toplam bakım maliyeti, nüfus yoğunluğu, hizmet seviyesi ve trafik durumu) olarak belirlenmiştir. Alternatif olarak belirlenen 4 adet E.A.Ş.İ. arasında BN analizi uygulanarak belirtilen kriterlere göre en uygun konumda olan alternatif belirlenmiştir ve sonuç olarak "Alternatif 1" seçilmiştir.

Liu *et al.* (2019) yapmış oldukları bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden Gri DEMATEL ve UL-MULTIMOORA birleşimi ile E.A.Ş.İ.'lerin en uygun alanını belirlemeye çalışmışlardır. Gri DEMATEL yöntemi ile istasyon kurulmasında etkili olan kriterlerin (bitki örtüsü ve su üzerindeki tahribat etkisi, atık depolama, hava kirleticilerin azalması, yapım maliyeti, yıllık işletme ve bakım maliyeti, trafik durumu vb.) ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirmiştir. UL-MULTIMOORA yöntemi ile seçilmiş olan 4 alternatif E.A.Ş.İ. arasından en uygun olanı analiz edilmiştir. Bu işlemler sonucunda en uygun istasyon Baoshan bölgesinde yerleştirilen alternatif E.A.Ş.İ. seçilmiştir.

Literatürdeki eksiklikler dikkate alınarak yapılan bu çalışmada karar verme metotları görsel analiz yöntemleriyle desteklenmiştir. Bunun için ÇKKV ve CBS birlikte kullanılarak CBS tabanlı ÇKKV yöntemi geliştirilmiştir. Çalışma alanı olarak metropol bir şehir olan İstanbul seçilmiştir. Ekonomik, coğrafik, enerji, sosyal/çevre ve ulaştırma gibi 5 ana ve 19 alt kriterin CBS ile görsel analizi yapılarak en uygun 100 adet alternatif E.A.Ş.İ. konumları türetilmiştir. Bu alternatif E.A.Ş.İ.'ler ile birlikte İstanbul genelinde mevcut olan 95 adet E.A.Ş.İ. konumlarının en uygun olanlarını belirlemek için ÇKKV yöntemlerinden AHP ile ağırlıklandırma ve VIKOR ile sıralandırma işlemi yapılmıştır.

Yapılan alışmada İstanbul ili bir bütün olarak incelendikten sonra toplam 38 ilçede ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca her ilçe için gerçek hayata uygun olacak şekilde alternatif E.A.ř.İ.'lerin konumlandırılması yapılmıştır.

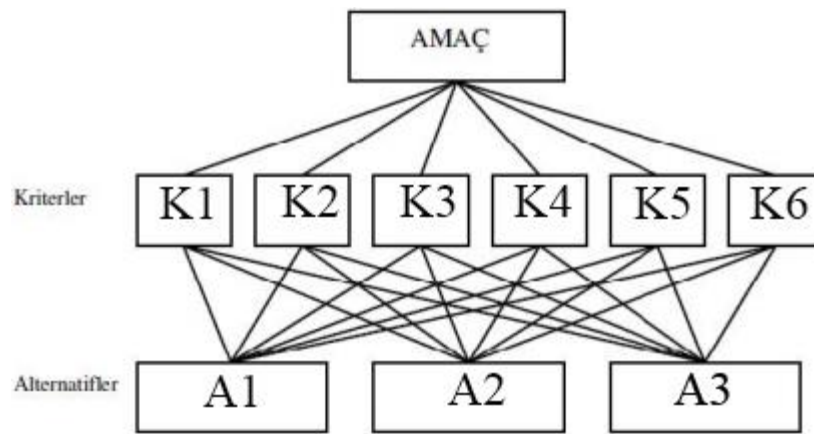


3. MATERYAL ve YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada İstanbul kentinin tamamı dikkate alınarak mevcut E.A.Ş.İ. konumlarının analizi ve alternatif E.A.Ş.İ. konumlarının potansiyel lokasyonları ve analizi yapılmıştır. E.A.Ş.İ. üzerine yapılan analizler için CBS ve ÇKKV yöntemlerinden AHP ve VIKOR kullanılmıştır. E.A.Ş.İ.'lerin mekânsal değerlendirmesi CBS ile yapılmıştır ve elde edilen performans değerleri dikkate alınarak belirlenen kriterlere göre oluşturulan karar verme problemi ise ÇKKV ile çözümlenmiştir.

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

AHP, 1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilen karar verme problemlerinin çözümü için kullanılan etkin ÇKKV yöntemidir (Saaty 1977). Karar verici tarafından belirlenen karar alternatiflerinin seçmesinde veya sıralandırılmasında kullanılmaktadır. Yöntem temel olarak karar alternatifleri ve bu alternatiflere özgü belirlenen kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasıyla bir değerlendirme sunmaktadır. Yöntemin avantajı olarak grupların veya bireylerin istek, düşünce ve tecrübelerinin yönetime dahil edilebilmesidir. Yöntemin çalışma prensibi Şekil 3.1'de görüldüğü gibi alternatifler ile kriterler arasında bir hiyerarşik yapı oluşturarak sonucu elde etmektedir.



Şekil 3.1. AHP çalışma prensibi (Yıldız 2018)

AHP yönteminin ana mekanizması Şekil 3.1’de görülmektedir. Karar alternatifleri ile kriterler arasındaki değerlendirme sonucunda seçim veya sıralama yapmak için çeşitli işlem adımlar uygulanmaktadır.

İşlem Adımları

1. Karar probleminin tanımlanması: Karar verme problemlerinin çözümünde her yöntem için geçerli olan ilk aşamadır. Problemin tanımlanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli konu mevcut problemin AHP ile çözülüp çözülmeyeceğinin belirlenmesidir. AHP yönteminin en önemli avantajlarından biri öznel değerlendirmeler karar verme mekanizmasına dahil edilebilmesidir.
2. Kriterlerin seçilmesi: Karar alternatifleri üzerinde etkili olduğu düşünülen ölçütler belirlenerek AHP mekanizmasına dahil edilebilmektedir.
3. Karar alternatiflerinin belirlenmesi: Belirlenen mevcut problemin sonucunda belirlenen ölçütlere göre karşılaştırılması düşünülen alternatiflerin belirlenme aşamasıdır.
4. Hiyerarşik modelin oluşturulması: Diğer karar problemi çözme yöntemlerine göre bu aşama genel anlamıyla bir model oluşturma aşamasıdır. Ancak oluşturulan modelin nesnelliği bulunmadığı için doğruluğu veya yanlışlığı savunulamaz. Model sayesinde her bir elemanın birbiri üzerindeki göreceli üstünlükleri belirlenmeye çalışır ve modelin en üst biriminde bulunan elemana yaptığı etkiyi ölçülmeye çalışılmaktadır.
5. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması: Hiyerarşik yapıda bulunan bir düzeydeki elemanın bir üst düzeydeki elemana göre önceliklerinin belirlenmesi için her elemana özgü ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisinde bulunan a_{ij} elemanının bir üst düzeydeki elemana göre i. ve j. kriterleri dikkate alınarak göreceli önemi belirlenmektedir. Yani göz önüne alınan kriter bakımından tercih durumları ortaya konmaktadır. Alternatiflerin karşılaştırılması her bir kritere göre ayrı ayrı yapılır ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisleri kurulurken skala olarak Saaty (2008) tarafından bulunan skala kullanılmaktadır. 1-9 skalası olarak adlandırılan skala Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Saaty skalası (Saaty 2008)

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit öneme sahip
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre bir daha önemli
4	Makul artı	
5	Fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemli
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçüte göre kesinlikle çok fazla önemli
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir ölçütün diğerine göre son derece önemli

Yapılan karşılaştırma işlemi, ikili karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan elemanlar için yapılır. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken izlenmesi gereken yol haritası;

- Ana kriterlerin sonuç değerlendirmesine etkilerini belirlemek için kendi aralarında karşılaştırma yapılır.
- Ana kriterlerin altında bulunan alt kriterlerin ana kritere olan etkilerini bulmak için karşılaştırma yapılır.
- Karar alternatiflerinin, alt kriterlere göre etkilerini belirlemek için karşılaştırma yapılır.

6. İkili karşılaştırma matrislerinin normalizasyonu: İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra matrisi oluşturan her eleman aşağıda yer alan formülasyona göre normalize edilir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

7. Öncelik Vektörünün Hesaplanması: Normalizasyonu yapılan ikili karşılaştırma matrisinin her bir sütun toplamı 1 olmaktadır. Normalizasyonu yapılan matrisin aşağıda yer alan denkleme göre ger bir satır toplamı, matris boyutuna bölünerek ortalaması alınır. Bulunan bu değerler her bir kriter için hesaplanan önem ağırlık değerleridir. Bu ağırlık değerleri öncelik vektörü olarak isimlendirilir.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

8. Matrislerin tutarlılık testinden geçirilmesi: Kriterler arasındaki karşılaştırma işlemi sonucunda elde edilen değerler ile ikili karşılaştırma matrisi sonucunda elde edilen değerlerin tutarlı olup olmadığı işlemi yapılmaktadır. Bu işlemin önemi tüm hiyerarşik yapıyı etkilediği için en önemli adım olarak tanımlanmaktadır. İkili karşılaştırma matrislerinin sonucunda elde edilen karar verme matrisinin tutarlılığını test etmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. AHP yönteminde tutarlılık testi için “tutarlılık indeksi” (TI) katsayısının hesaplanması gerekmektedir.

$$TI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

TI değerini hesaplayabilmek için gerekli olan “özdeğer” olarak isimlendirilen λ_{max} değerinin hesaplanması gerekmektedir. İkili karşılaştırma matrisinin tam tutarlı olması durumunda matrisin boyutu ile özdeğer değeri birbirine eşit olmalıdır.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right]$$

Özdeğer değerini hesaplamak için bazı işlem adımlarının uygulanması gerekmektedir. İkili karşılaştırma matrisi ile matrise ait öncelik vektörü çarpılarak ağırlıklı toplam vektörü elde edilir.

$$A.W = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_n \end{bmatrix}$$

Aşağıdaki formül kullanılarak ağırlıklı toplam vektöründeki her eleman öncelik vektöründe aynı indise sahip elemana bölünerek her bir değerlendirme kriterine ait değerler elde edilir.

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}$$

Aşağıda yer alan denklem kullanılarak bölme işlemi sonucu çıkan kritere ilişkin değerler toplamının d_i matris boyutuna bölünmesiyle özdeğer elde edilir.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Ayrıca tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için “random indeksi” (RI) olarak adlandırılan değerlerin bilinmesi gerekir. Her bir matris boyutuna ilişkin farklı değerler alan RI değerleri tablosu mevcuttur. Ancak RI değerleri matris boyutunun 15 sayısına kadar olan değerler için mevcuttur. Matris boyutu 15’den büyük olan matrisler için RI değeri aşağıdaki gibi formül kullanılarak hesaplanmaktadır (Alonso and Lamata 2006).

$$RI(n) = 0,00149n^3 - 0,05121n_2 + 0,59150n - 0,79124$$

TI ve RI değerleri hesaplandıktan sonra “tutarlılık oranı” (TO) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$TO = \frac{TI}{RI}$$

TO, değerinin 0,10'dan büyük çıkması durumunda oluşturulan matrisin tutarlılığı sağlanamamış demektir. Bu durumda ikili karşılaştırma matrisi tekrar gözden geçirilerek işlem adımları tekrarlanmalıdır.

9. Alternatiflerin ikili karşılaştırılması: Alternatiflerin kriterlere göre önemlerini belirlemek için ikili karar matrisleri oluşturulur. Yine oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin TO değerleri kontrol edilmektedir.

10. Alternatiflerin sıralanması: Alternatifler belirlenen amaca göre sıralamasını belirlemek için alternatiflerin ana kriterlere ve varsa alt kriterlere göre karşılaştırması ikili karşılaştırma matrisleri ile yapılır. Daha sonra oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin öncelik vektörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kriterlerin genel ağırlık değerleri ile alternatiflerin performans değerleri çarpılarak tercih değerleri elde edilmektedir. Daha sonra büyükten kge doğru sıralama yapılarak en uygun seçenek belirlenir.

3.2. VišeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)

VišeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemi, farklı birimlerle ölçümü yapılan, birbiriyle çelişen kriterlerden oluşan ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılmak amacıyla Opricovic and Tzeng (2004) tarafından geliştirilmiştir.

VIKOR yöntemi, en uygun karar alternatiflerini belirlemek için alternatiflerden performans değeri en iyi olanın seçilmesi veya karar alternatiflerinin performans değerlerine göre sıralanmasına dayanır (Opricovic and Tzeng 2004). Bu yöntemin esas amacı, karar alternatiflerinin sıralandırma işleminde ideal çözüme en yakın olan uzlaşık çözüm değerine ulaşmaktır. Uzlaşık çözüme ulaşmak amacıyla her bir kritere göre değerlendirmesi yapılan alternatiflerin, ideal alternatife yakınlık değerleri arasında karşılaştırma yapılır (Opricovic and Tzeng 2007). VIKOR yönteminde kriterlerin ağırlıklarının önceden bilindiği varsayılmaktadır. VIKOR yöntemi de tıpkı diğer ÇKKV yöntemleri gibi bazı işlem adımlarını sürece dahil ettikten sonra seçme veya sıralandırma işlemi yapabilmektedir.

İşlem Adımları

1. Karar matrislerinin oluşturulması: Karar matrisi (X), karar vericiler tarafından VIKOR sürecinin başında oluşturulan matris olarak tanımlanmaktadır. Karar matrisinin satır kısımlarında karar alternatifleri, sütun bölümlerinde ise değerlendirme parametreleri yer alır.

2. Her ölçüt için en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerlerinin belirlenmesi: f_j^* ve f_j^- 'nin alacağı değerler kriterlerin maliyet veya fayda yönlü olup olmamasına göre değişmektedir.

$$f_j^* = \max_i x_{ij}, \quad f_j^- = \min_i x_{ij}; j. \text{ fonksiyon fayda cinsinden}$$

$$f_j^* = \min_i x_{ij}, \quad f_j^- = \max_i x_{ij}; j. \text{ fonksiyon maliyet cinsinden}$$

3. S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması: Sıralama için kullanılan Q_i değerinin hesaplamasında kullanılmak üzere S_i ve R_i değerleri hesaplanmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)$$

$$R_i = \max_j [w_j (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)]$$

4. Q_i değerinin hesaplanması: Karar alternatiflerinin sıralandırılması için kullanılan Q_i değeri aşağıda yer alan formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q_i = \frac{v(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - v)(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)}$$

$$S^* = \min_i S_i, \quad S^- = \max_i S_i, \quad R^* = \min_i R_i, \quad R^- = \max_i R_i$$

v değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade etmektedir.

5. S_i , R_i ve Q_i parametre değerlerinin sıralanması: S_i , R_i ve Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve karar alternatifleri arasında 3 sıralama listesi oluşturulur.

6. Uzlaşık çözüm kümesinin bulunması: Eğer aşağıda bahsedilen C1 ve C2 koşulları birlikte sağlanırsa; alternatiflerin Q değerlerine göre küçükten büyüğe sıralanmasında en iyi performans değerine sahip olan a' alternatifi uzlaşık çözüm olarak ifade edilmektedir.

C1. Kabul edilebilir avantaj:

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$$

$$DQ = \frac{1}{m-1}$$

a'' değeri, Q değerine göre küçükten büyüğe doğru sıralama yapıldığında ikinci sırayı alan alternatiftir. m parametresi ise alternatif sayısını göstermektedir. Alternatif sayısı 4'ten küçük ise $DQ = 0,25$ alınmaktadır.

C2. Karar vermede kabul edilebilir istikrar:

S veya R değerlerine göre yapılan sıralamada da a' , en iyi performansa sahip alternatif olmalıdır. Koşullardan birinin yerine getirilmediği durumlarda uzlaşılmış ortak çözüm kümesi aşağıdaki gibi önerilmektedir.

Eğer C1 koşulu yerine getirilemiyorsa; a' , a'' , ..., a^m alternatifleri uzlaşılmış en iyi çözüm kümesi olarak belirlenmektedir. a^m , maksimum m için $Q(a^m) - Q(a') < DQ$ formülü yardımıyla belirlenmektedir.

Eğer C2 koşulu yerine getirilemiyor ise; a' ve a'' alternatifleri yani birinci ve ikinci sıradaki alternatifler en iyi uzlaşık çözüm olarak belirlenmektedir (Özbek 2017).

3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), konumsal bilgiyi inceleyen, bilgisayar yardımıyla konumsal verilerin sayısallaştırılması için kullanılan araç olarak tanımlanmaktadır. Konumsal verilerin yönetilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve haritalandırılması süreçlerini içeren geniş bir kullanım alanına sahiptir.

CBS ilk olarak 18. yüzyılın ortalarında kullanılmaya başlanmıştır. En önemli gelişimini 1940'lı yıllarda elektronik hesaplama ile bilgisayar teknolojisinin entegre edilmesiyle yaşamıştır. 1980'li yıllarda kurumsallaşma politikaları ve günümüz teknolojisiyle birlikte oldukça hızlı ve işlevsel kullanılabilirlik sunan bir program haline gelmiştir. CBS'nin tarihsel gelişimi ile ilgili çalışmalar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

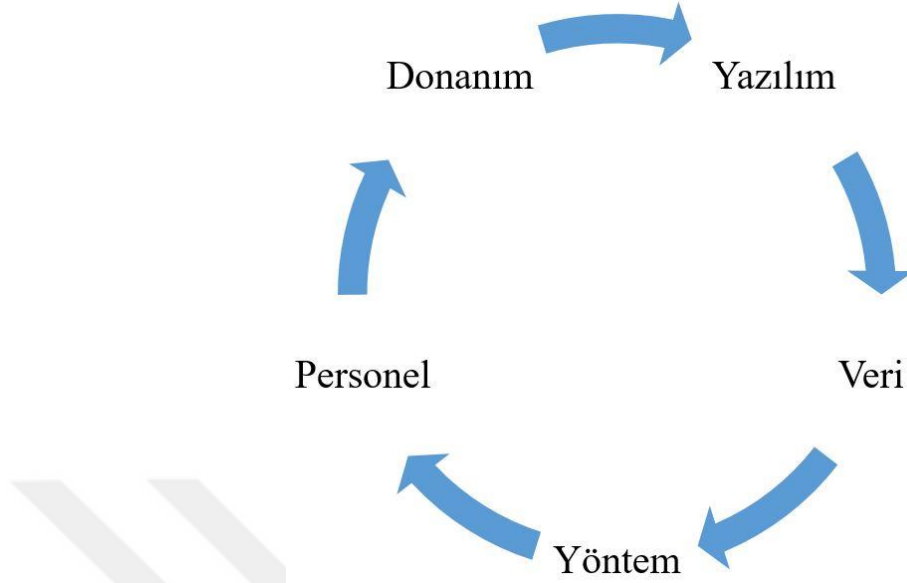
Çizelge 3.2. CBS'nin tarihsel gelişimi (Tecim, 2008)

1970 öncesi	1970'ler	1980'ler	1990'lar	2000'ler
Kanada CBS (CGIS) ve URISA kuruldu. (1963)	Kanada CBS tamamlandı ve CBS adına ilk konferans düzenlendi.(1970)	ESRI Arc/Info CBS yazılımını piyasaya sürdü ve GPS yazılımına geçti. (1981)	MapInfo Professional üretildi, IRS-1B ve ERS-1 uydusu fırlatıldı. (1991)	Mobil CBS yazılımı olan ArcPad piyasaya sürüldü. (2000)
ESRI ve Integraph inşa edildi. (1969)	Landsat uydusu başarılı bir şekilde fırlatıldı. (1972)	İşlem firması hizmete açıldı.(1984) GRASS yazılımı iyileştirildi ve Mapping Awareness dergisi yayın hayatına başladı. (1985)	JERS-1 uydusu fırlatıldı, GIS Europe yayımlandı, ArcCAD, MapBasic ve MapXtreme üretildi. (1992)	ArcGIS 8.1 piyasaya sürüldü. (2001)

Çizelge 3.2. (devam)

	ERDAS kuruldu (1978)	MapInfo kuruldu, SPOT uydusu fırlatıldı ve Burrough tarafından ilk CBS kitabı yazıldı. PC Arc/Info çıktı. (1986)	Open GIS kuruldu. Türkiye’de CBS adına ilk konferans düzenlendi. (1994)	TÜBİTAK BİLSAT uydusu fırlatıldı.(2003)
		Chorley bir rapor hazırladı ve IJGIS dergisi yayınlandı. Idrisi hayata geçirildi.(1987)	RADARSAT-SAR uydusu fırlatıldı. (1995)	ArcGIS 9 VE MapXtreme.NET piyasaya sürüldü. (2004)
		Smallworld TranbsCAD yazılımları piyasaya çıktı, TIGER açıldı, Türkiye’de EGHAS yazılımı geliştirildi. (1988)	IRS-1D ve Landsat-7 uydusu fırlatıldı. Arc/Info 8 ve ArcIMS geliştirildi. (1997)	Quicbird uydusu fırlatıldı. (2005)
		NETCAD firması ve EMI mühendislik kuruldu. (1989)	ICONOS uydusu fırlatıldı. (1999)	ArcGIS 10.6 sürümü piyasaya sürüldü. (2019)

CBS günümüzde özellikle kamu kurum ve kuruluşlarının kullandığı bir yazılım programıdır. CBS’nin temel fonksiyonlarını en etkin şekilde yerine getirmesi için beş ana bileşenin bir arada bulunması gerekmektedir. Şekil 3.2’de CBS’nin bileşenleri ile ilgili bir görsel sunulmuştur.



Şekil 3.2. CBS'nin ana bileşenler döngüsü (Töreya vd 2010)

Gerçek hayatta var olan coğrafya koşullarının işlenebilmesi için matematiksel gösterime dönüştürülmesi ve bilgisayar ortamına aktarılması zor bir işlemdir. Dönüşüm işleminde iki farklı veri kullanılmaktadır. Bu veriler “vektör” ve “raster” olarak ifade edilmektedir.

Coğrafik konum, başlangıç noktası tanımlı herhangi bir koordinat sistemidir. Bu doğrultuda vektör veri, harita üzerindeki koordinat değerleri belli olan verilerdir. Nokta, çizgi ve alan gibi gösterimler vektör verinin bileşenidir.

Nokta, x ve y koordinatları ile gösterilen nokta şeklindeki verilerdir. CBS’de nokta verisinin uygulaması olarak ağaç, elektrik direği, atm vb. örnekler gösterilebilir.

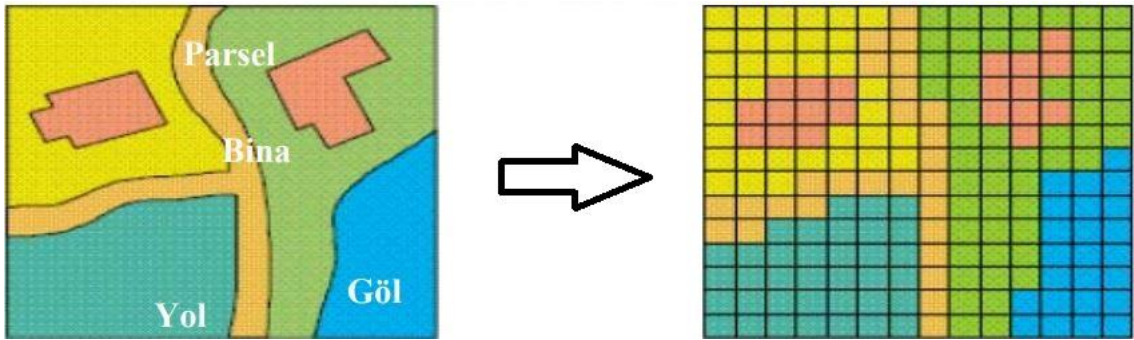
Çizgi, x ve y koordinatlarının ardışık olarak birbirini takip etmesiyle oluşan sürekli hat olarak tanımlanmaktadır. CBS’de çizgi verisinin uygulaması olarak, karayolu, demiryolu, akarsular vb. örnekler gösterilebilir.

Alan, harita üzerinde en az üç köşesi ve kapalı alan oluşturabilen bileşen olarak tanımlanmaktadır. CBS’de alan verisinin uygulaması olarak bina, avm, stadyum, göl vb. örnekler gösterilebilir. Şekil 3.3’de vektör veri çeşitleri ile ilgili görsel sunulmuştur.



Şekil 3.3. Vektör veri tipleri

Coğrafi koşullar hücresel olarak ifade edilmektedir ve bu hücreler raster veri olarak tanımlanmaktadır. Birçok hücrenin meydana gelmesi ile ızgara yapısı oluşturulmaktadır. Hücre boyutunun artması hassasiyeti düşürmekte ve veri kaybına neden olmaktadır (Şimşek 2014). Coğrafi verilerin raster veri üzerindeki görünümü ile ilgili görsel Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Raster veri gösterimi

Vektör ve raster veri arasındaki en önemli fark raster verilerinin vektör verilerine göre veri depolama hacminin fazla olmasıdır. Bazı konumsal analizlerin işlem aşaması raster veri formunda daha kolaydır.

CBS kullanılarak coğrafik etmenlerin matematiksel işlevler ile analiz edilmesi gerçek hayatı simüle etmenin bir aşaması olarak ifade edilebilir. CBS kullanılarak birçok zor işlem daha kolay halde irdelenebilir. CBS'nin genel olarak avantajları şunlardır;

- Kullanılan analiz yöntemleri ile maliyet ve işgücü bakımından oldukça yararlı olması,
- Geniş ölçekli çalışma imkânı sunması,
- Sonuçların kolaylıkla elde edilmesi ve yorumlanmasının kolay olması,
- Çok büyük verileri depolama konusunda başarılı olması ve bu verileri kolaylıkla güncelleme imkânı vermesi,
- Elde edilen görsel verilerle karar verme konusunda kolaylıklar sağlanması,
- Analiz çeşitleri ile farklı senaryolar üretilerek daha doğru sonuca ulaşılmasına imkân vermesi,
- Dijital ortamda veri paylaşımına ve kullanılmasına olanak vermesi,
- Elde edilen sonuçların kolaylıkla çıktı formu halinde alınabilmesi.

Bahsedilen avantajlar haricinde CBS'nin bir takım dezavantajları bulunmaktadır. CBS analizlerinin yapılabilmesi için nitelikli elemana ihtiyaç vardır. Bunun yanı sıra yazılımın pahalı olması ve uygulamanın karmaşık bir program olması gibi unsurlar CBS yazılım programının dezavantajı olarak gösterilebilir.

Coğrafi çalışmalar yürütülen kamu, özel sektör ve akademi çalışanlarının sıkça kullandığı program olan CBS'nin kullanım alanları oldukça geniştir. Bu bağlamda eğitim, arkeoloji, savunma sanayi gibi alanlarda CBS kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından bazıları şunlardır;

Çevre; hidroloji, çevre yönetimi, sulak bölgelerin durumu, kıyı yönetimi, ÇED rapor desteği, hava ve gürültü kirliliği analizleri, akarsu durumları, çevre koruma alanları vb.

Doğal kaynaklar; akarsu ve havza analizleri, yaban hayatı, yer üstü ve yer altı kaynak yönetimi, maden ve petrol kaynak analizleri vb.

Bayındırlık; karayolu ve demiryolu planlaması, deprem bölgeleri, afet yönetimi ve bina hasar tespiti vb.

Sağlık; en uygun sağlık birimlerinin dağılımı ve yönetimi, hastane kapasite analizi ve acil durum yönetimi vb.

Belediyeçilik; su-kanalizasyon-doğalgaz tesis ve tesisat işleri, altyapı analizleri ve ulaştırma planlaması vb.

Turizm; turizm planlama, turizm yönetimi ve turizm kapasitesi vb.

Savunma; askeri tesisler, yasak-tehlikeli bölgeler ve suç bölge analizleri vb.

Orman ve tarım; eğitim ve bakı hesap analizleri, orman sınırları, milli parklar ve arazi örtüsü vb.

Ticaret; sanayi bölgesi uygun yer seçimi, depolama alan seçimi ve risk yönetimi vb. (Şimşek 2014; Öztürk 2015; Javadi 2018).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çalışma Alanı

İstanbul doğası, tarihi, ekonomisi ve kültürel zenginlikleri ile sadece Türkiye'nin değil aynı zamanda dünyanın en önemli şehirlerinden birisi olma konumundadır. İstanbul belediye sınırları göz önüne alınarak yapılan sıralamaya göre nüfus büyüklüğü açısından Avrupa'da birinci sırada olma özelliği taşımaktadır. Dünyanın önemli metropollerinden biri olan İstanbul, 15 067 724 insana ev sahipliği yapmaktadır ve toplam 39 ilçeye sahiptir. Kent, Avrupa ve Asya kıtasını birbirine bağlayan bir kıtalararası şehirdir. Ekonomi anlamında Türkiye'nin en gelişmiş kenti olan şehir aynı zamanda Ülkenin lokomotif görevini üstlenmektedir. Turizm, ticaret, ekonomi başta olmak üzere bütün cazibelere sahip olan şehir olağandan daha fazla insan popülasyonuna sahiptir. Kalabalık bir şehir olan İstanbul özellikle ulaşım açısından ciddi sıkıntılar çekmektedir. Türkiye'de var olan yaklaşık 23 milyon motorlu kara taşıtı varken İstanbul'da 4 milyonu aşkın motorlu kara taşıtı bulunmaktadır. Bütün bu olumlu ve olumsuz özelliklerinden dolayı İstanbul araştırmacılar için bulunmaz bir laboratuvar konumundadır. Şekil 4.1'de çalışma alanı olan İstanbul haritası sunulmuştur.



Şekil 4.1. İstanbul haritası

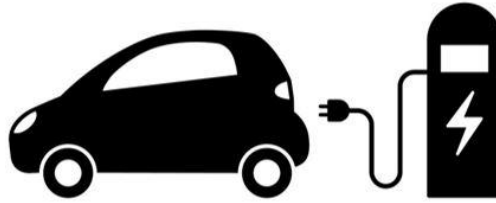
Bu tez çalışmasında İstanbul ilinin tamamı (Adalar ilçesi hariç) ve 38 ilçesi için ayrı ayrı E.A.Ş.İ. konumları belirlenmeye çalışılmıştır. E.A.Ş.İ. konumları belirlenirken ÇKKV ve CBS tabanlı bir model oluşturulmuştur. Bu model sayesinde hem mevcut E.A.Ş.İ. hem de oluşturulacak alternatif E.A.Ş.İ. konumları analiz edilmiştir. Model sonucunda mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. konumlarının performans değerlendirilmesi AHP, CBS ve VIKOR yardımıyla yapılmıştır. E.A.Ş.İ.'lerin konumlarını belirlemek için çeşitli değerlendirme kriterlerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Değerlendirme kriterleri belirlenirken Erbaş *et al.* (2018), Zhao and Li (2016) ve Wu *et al.* (2016) gibi literatür çalışmaları incelenerek çeşitli değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Bunlara ek olarak İstanbul ili özelinde genelleşmiş kriterler, gözlem sonucu belirlenip değerlendirmeye katılması gereken kriterler ve uzman önerileri dikkate alınarak kriterlerin tamamı belirlenmiştir.

4.2. Değerlendirme Kriterleri

E.A.Ş.İ. konumlarını etkileyen kriterler literatür taraması, yazar ve uzman görüşleri aracılığıyla belirlenmiştir. Belirlenen kriterler 5 ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar ekonomik, coğrafik, enerji, sosyal/çevre ve ulaşım olarak sınıflandırılmıştır. Toplamda 19 adet alt kriter belirlenmiş olup bu kriterlerin sınıflandırılması Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

K1-Ekonomik

- K1.1. EA Sayısı
- K1.2. Motorlu Taşıt Sayısı
- K1.3. Arazi Maliyeti
- K1.4. Ortalama Hane Geliri



K3-Enerji

- K3.1. Mevcut EAŞİ
- K3.2. Akaryakıt İstasyonları
- K3.3. Güneş Enerjisi
- K3.4. Trafo Merkezleri

K2-Coğrafik

- K2.1. Orman
- K2.2. Su Kaynakları
- K2.3. Heyelan
- K2.4. Deprem
- K2.5. Arazi Eğimi



K4-Sosyal/Çevre

- K4.1. Hava Kalite
- K4.2. Nüfus
- K4.3. Sosyal Alanlar

K5-Ulaştırma

- K5.1. Yol Ağları
- K5.2. Kavşak
- K5.3. Park Alanları

Şekil 4.2. E.A.Ş.İ. değerlendirme kriterleri

4.2.1. Ekonomik

Tüm mühendislik tasarımlarının ana esaslarından biri olan ekonomi, herhangi bir tasarım yapılırken dikkat alınması gereken bir kriterdir. Bir tesis yeri seçiminde olduğu gibi E.A.Ş.İ. konumlarını belirlerken dikkate alınması gereken ana kriterlerden biridir. Bu çalışmada ekonomik kriter 4 alt kriterden oluşmaktadır.

1. Elektrikli Araç Sayısı

E.A.Ş.İ. konumlarını belirlerken hiç kuşkusuz o bölgedeki elektrikli araçların sayısının önemi büyüktür. Elektrikli araç sayısı ile E.A.Ş.İ. sayısı ve yakınlığı birbiriyle orantılıdır. İstanbul ili için her ilçenin elektrikli araç sayısı eşit olmadığından bu istatistik ilçe bazlı olarak dikkate alınmıştır. Çizelge 4.1’de ilçe bazlı elektrikli araç sayısı verilmiştir.

Çizelge 4.1. İlçe bazlı elektrikli araç sayısı (TÜİK 2018a)

İlçeler	Elektrik	Benzin- Elektrik	Dizel- Elektrik	Toplam
Arnavutköy	6	2	0	8
Ataşehir	161	16	7	184
Avcılar	69	36	2	107
Bağcılar	51	20	7	78
Bahçelievler	21	10	2	33
Bakırköy	28	10	4	42
Başakşehir	19	6	0	25
Bayrampaşa	7	6	2	15
Beşiktaş	125	19	8	152
Beykoz	45	12	2	59
Beylikdüzü	10	5	0	15
Beyoğlu	16	10	0	26
Büyükdere	8	8	0	16

Çizelge 4.1. (devam)

Çatalca	3	3	0	6
Çekmeköy	8	4	1	13
Esenler	7	4	1	12
Esenyurt	47	6	1	54
Eyüp	19	3	3	25
Fatih	25	6	1	32
Gaziosmanpaşa	14	7	3	24
Güngören	10	5	0	15
Adalar	12	27	2	41
Kadıköy	64	32	3	99
Kağıthane	8	7	1	16
Kartal	20	14	1	35
Küçükçekmece	19	8	1	28
Maltepe	36	19	2	57
Pendik	9	7	1	17
Sancaktepe	2	5	0	7
Sarıyer	42	17	2	61
Silivri	5	4	0	9
Sultanbeyli	4	8	2	14
Sultangazi	9	2	0	11
Şile	2	0	0	2
Şişli	47	22	3	72
Tuzla	17	6	1	24
Ümraniye	48	17	4	69
Üsküdar	45	21	6	72
Zeytinburnu	93	1	2	96
Toplam	1 181	415	75	1 671

Çizelge 4.1'e göre en az elektrikli araç sayısına sahip olan ilçe Şile olurken, en fazla elektrikli araç barındıran ilçe Ataşehir'dir. İstanbul genelinde 2018 verilerine göre toplam 1 671 elektrikli araç bulunmaktadır.

2. Motorlu Taşıt Sayısı

Motorlu taşıt sayısı bir bölgedeki potansiyel elektrikli araç sayısını temsil etmektedir. Bu durum E.A.Ş.İ. konumlarını belirleme önemli bir etkidir. Çizelge 4.2'de İstanbul ilinde bulunan motorlu taşıt sayısının ilçe bazındaki istatistikleri 1 000 kişi başına düşen değer olarak verilmektedir.

Çizelge 4.2. İstanbul motorlu kara taşıt sayısı (TÜİK 2018b)

İlçeler	Motorlu Taşıt Sayısı	İlçeler	Motorlu Taşıt Sayısı
Arnavutköy	63	Gaziosmanpaşa	142
Ataşehir	354	Güngören	227
Avcılar	149	Kadıköy	553
Bağcılar	303	Kağıthane	436
Bahçelievler	237	Kartal	218
Bakırköy	472	Küçükçekmece	179
Başakşehir	131	Maltepe	439
Bayrampaşa	416	Pendik	109
Beşiktaş	1 156	Sancaktepe	90
Beykoz	453	Sarıyer	429
Beylikdüzü	236	Silivri	111
Beyoğlu	185	Sultanbeyli	227
Büyükkçekmece	182	Sultangazi	57
Çatalca	190	Şile	154
Çekmeköy	141	Şişli	621
Esenler	172	Tuzla	478
Esenyurt	78	Ümraniye	243
Eyüp	258	Üsküdar	281
Fatih	350	Zeytinburnu	351

Çizelge 4.2'ye göre 1 000 kişi başına düşen en fazla motorlu kara taşıt sayısına sahip olan ilçe Beşiktaş olurken en az motorlu kara taşıt sayısı Sultangazi'de bulunmaktadır. Bu durumda Beşiktaş ilçesinin diğer ilçelerden daha fazla E.A.Ş.İ. ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

3.Arazi Maliyeti

E.A.Ş.İ. konumlandırılırken ilçe bazlı arazi maliyetlerinin birim fiyatları maliyet açısından önemli bir etkidir. Birim fiyatı yüksek olan ilçelerde istasyonların kurulum maliyetlerinin yüksek olacağı anlamına gelmektedir. İstanbul ili arazi maliyetlerinin birim fiyatları ilçe bazlı olarak Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. İstanbul ilçe bazlı arazi maliyeti birim fiyatı (GİB 2018).

İlçeler	Arazi Kullanım Maliyeti	İlçeler	Arazi Kullanım Maliyeti
Arnavutköy	105	Gaziosmanpaşa	324
Ataşehir	253	Güngören	770
Avcılar	127	Kadıköy	1 457
Bağcılar	440	Kağıthane	133
Bahçelievler	414	Kartal	291
Bakırköy	367	Küçükçekmece	538
Başakşehir	691	Maltepe	415
Bayrampaşa	377	Pendik	118
Beşiktaş	898	Sancaktepe	45
Beykoz	53	Sarıyer	254
Beylikdüzü	88	Silivri	40
Beyoğlu	2 775	Sultanbeyli	63
Büyükçekmece	64	Sultangazi	251
Çatalca	76	Şile	36
Çekmeköy	87	Şişli	1 598
Esenler	477	Tuzla	106
Esenyurt	143	Ümraniye	114
Eyüp	233	Üsküdar	770
Fatih	1 662	Zeytinburnu	954

Arazi kullanım maliyeti en yüksek olan ilçe Beyoğlu olurken maliyeti en düşük olan ilçe Şile olarak görülmektedir. Bu durum E.A.Ş.İ. konularının belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur.

4. Ortalama Hane Geliri

Yıllık ortalama hane geliri ilçenin alım düzeyiyle orantılıdır. Hem mevcut durumda hem de potansiyel taşıt alımlarında ortalama hane gelirinin önemli bir etkisi vardır. Çizelge 4.4'de İstanbul ili için ilçe bazlı yıllık ortalama hane geliri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.4. İstanbul ili yıllık ortalama hane geliri (GİB 2018).

İlçeler	Yıllık Ortalama Hane Geliri (TL)	İlçeler	Yıllık Ortalama Hane Geliri (TL)
Arnavutköy	24 360	Gaziosmanpaşa	36 288
Ataşehir	78 924	Güngören	40 656
Avcılar	43 938	Kadıköy	108 300
Bağcılar	38 367	Kağıthane	50 260
Bahçelievler	56 088	Kartal	49 443
Bakırköy	106 140	Küçükçekmece	42 804
Başakşehir	54 152	Maltepe	69 259
Bayrampaşa	41 762	Pendik	36 664
Beşiktaş	126 720	Sancaktepe	31 602
Beykoz	44 316	Sarıyer	87 696
Beylikdüzü	51 924	Silivri	28 464
Beyoğlu	57 275	Sultanbeyli	26 064
Büyükçekmece	44 049	Sultangazi	26 244
Çatalca	25 534	Şile	29 789
Çekmeköy	42 033	Şişli	93 864
Esenler	34 164	Tuzla	40 884
Esenyurt	36 288	Ümraniye	43 641
Eyüp	56 044	Üsküdar	83 839
Fatih	63 378	Zeytinburnu	43 732

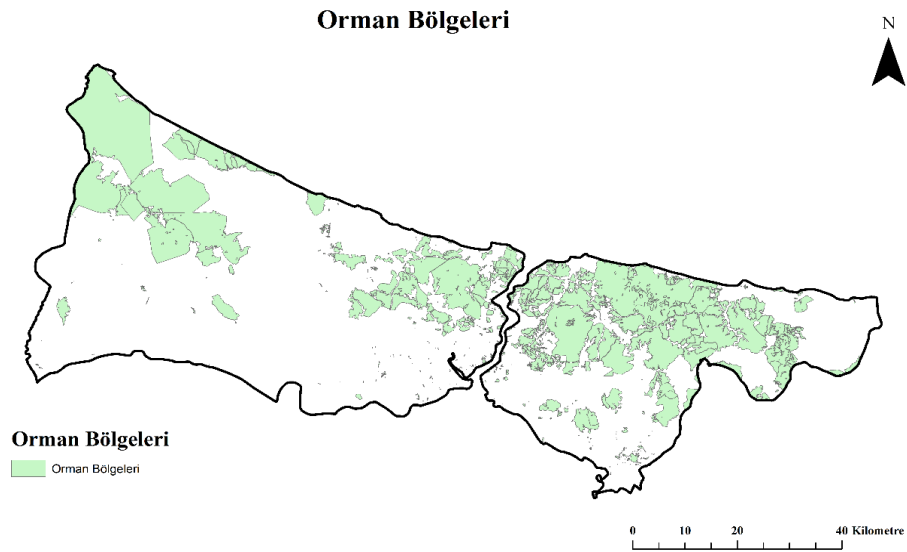
Yıllık ortalama hane geliri en düşük olan ilçe Arnavutköy olurken en fazla gelire sahip olan ilçe Beşiktaş'tır. Bu durum potansiyel elektrikli araç sayısını etkilediğinden E.A.Ş.İ. konumları belirlenirken dikkate alınmalıdır.

4.2.2. Coğrafi

E.A.Ş.İ. konumlarını belirlerken o bölgenin coğrafi yapısı oldukça önemlidir. Hem kurulum aşamasında hem de işletim aşamasında çevre ile olan uyumu yüksek seviyelerde olmalıdır. Bundan dolayı bu çalışmada coğrafi etmenler 5 alt kriter olarak değerlendirmeye katılmıştır.

1. Orman

Bir tesisin lokasyonuna karar verilirken özellikle yeşil alanlardan uzak konumlandırılmasına özen gösterilmelidir. E.A.Ş.İ. konumlarına karar verme aşamasında da orman bölgelerinden oldukça uzak olmalıdır. Bu bağlamda İstanbul ili için ormanlık bölgelerin gösterimi Şekil 4.3'de sunulmuştur.

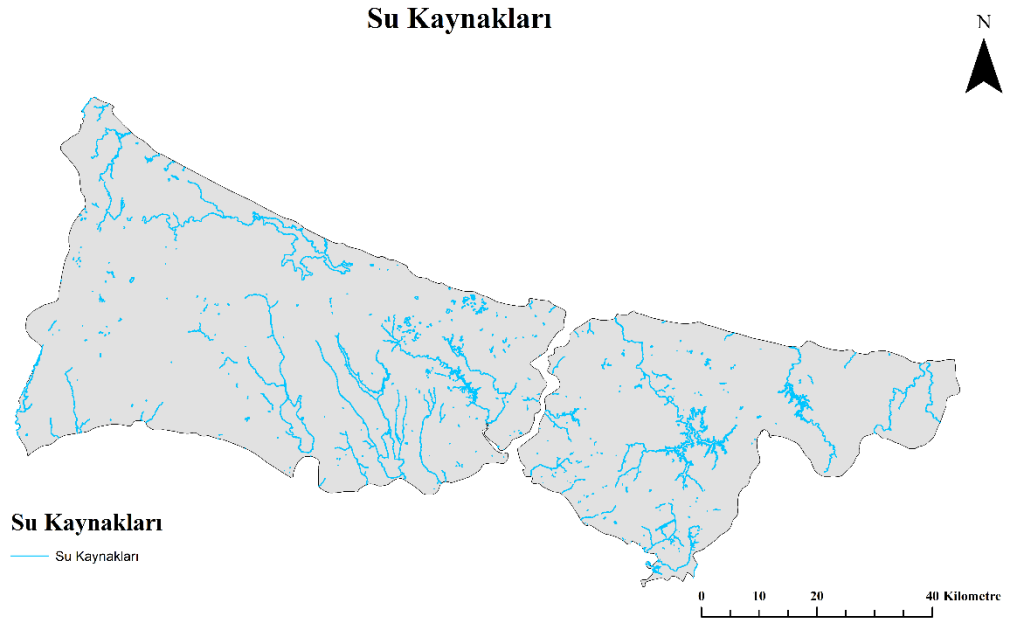


Şekil 4.3. İstanbul orman bölgeleri (IVD 2019; GEODATA 2019).

Şekil 4.3'den de görüleceği gibi İstanbul ilinin özellikle kuzey kesimlerinde ormanlık alanların yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölgelere E.A.Ş.İ. yapılırken çok hassas bir şekilde fizibilite çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

2. Su Kaynakları

Tesis kurulumu yapılacak bölgenin önemli değerlendirme ölçütlerinden biri de su kaynaklarına olan mesafesidir. Tesisin özelliği ne olursa olsun su kaynaklarını kirletmemesi için bu kaynaklardan uzak konumlandırılması gerekmektedir. Şekil 4.4'de İstanbul ilinin su kaynakları gösterilmiştir.

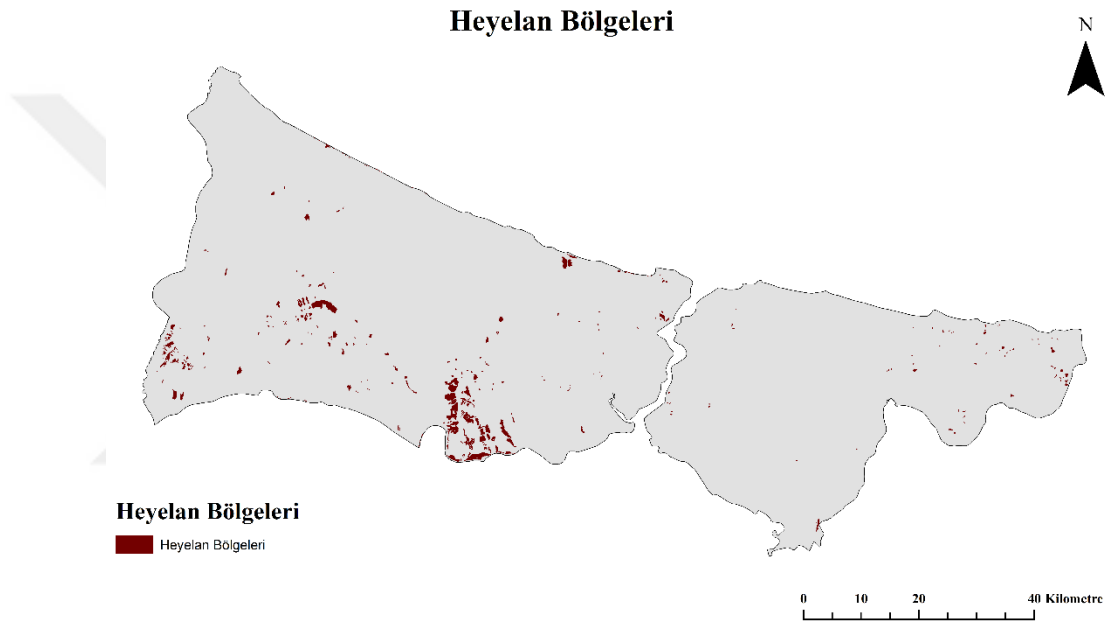


Şekil 4.4. İstanbul su kaynakları haritası (GEODATA 2019)

İstanbul ilinde bulunan su kaynaklarının belirli bir bölgede yoğunlaşmadığı kentin geneline homojen sayılabilecek şekilde yayıldığı söylenebilir. E.A.Ş.İ.'lerin su kaynaklarını tahrip edeceğinden dolayı uzak konumlandırılması gerekmektedir.

3. Heyelan

Kurulan tesisin en önemli parametrelerinden biri de güvenlik olduğu için heyelan bölgelerinden uzak durulması gerekir. Tesis konumlandırılması yapılırken heyelan bölgeleri dikkate alınmalıdır. Şekil 4.5’de İstanbul ili için heyelan bölgeleri gösterilmektedir.



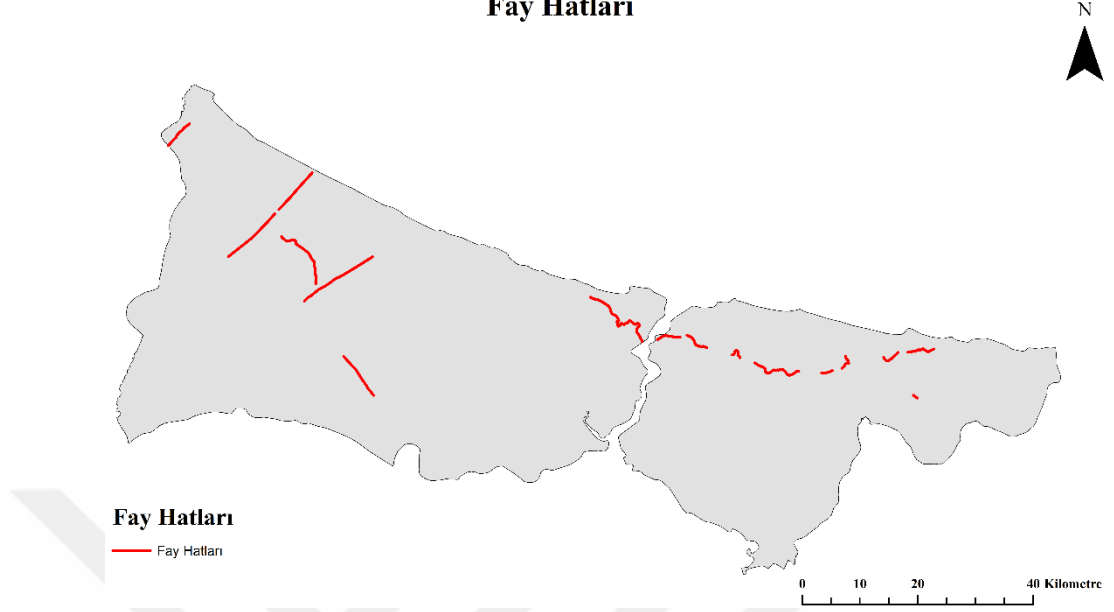
Şekil 4.5. İstanbul heyelan bölgeleri (GEODATA 2019)

İstanbul ili dikkate alındığında özellikle Avrupa yakasının güney kesimlerinde heyelan bölgelerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölgelerde E.A.Ş.İ.’lerin konumlandırılmasından kaçınılmalıdır.

4. Deprem

Heyelan bölgelerinde olduğu gibi deprem bölgeleri de tesis güvenliği için dikkat edilmesi gereken kriterlerden biridir. Deprem bölgelerinde yapılacak tesislerin yıkımı sonucunda ciddi kayıplar meydana gelebilir. Şekil 4.6’da İstanbul ilinin fay hatları gösterilmiştir.

Fay Hatları

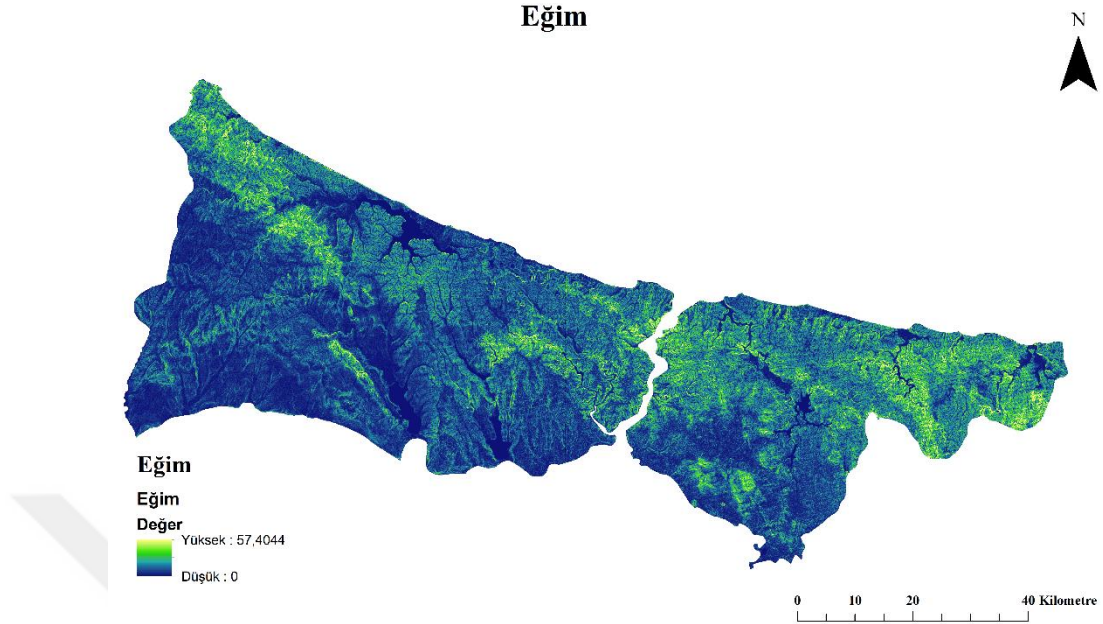


Şekil 4.6. İstanbul ili fay hatları (GEODATA 2019)

Anadolu yakasının kuzey kesimleri ile Avrupa yakasının güneybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde fay hatları bulunmaktadır. Çalışma kapsamında sadece İstanbul il sınırları içerisinde yer alan fay hatları dikkate alınmıştır. Olası bir deprem riskini barındırdığı için bu fay hatlarına yakın E.A.Ş.İ. konumlandırılması tercih edilmemelidir.

5. Arazi Eğimi

Tesis konumlandırılması yapılırken arazi eğimi hem güvenlik hem de maliyet açısından önemli bir parametredir. Arazi eğiminin düşük olduğu bölgelerde tesis konumlandırılması tercih edilen bir durumdur. Şekil 4.7’de İstanbul ili arazi eğim haritası verilmiştir.



Şekil 4.7. İstanbul ili arazi eğim haritası (ASTER 2019)

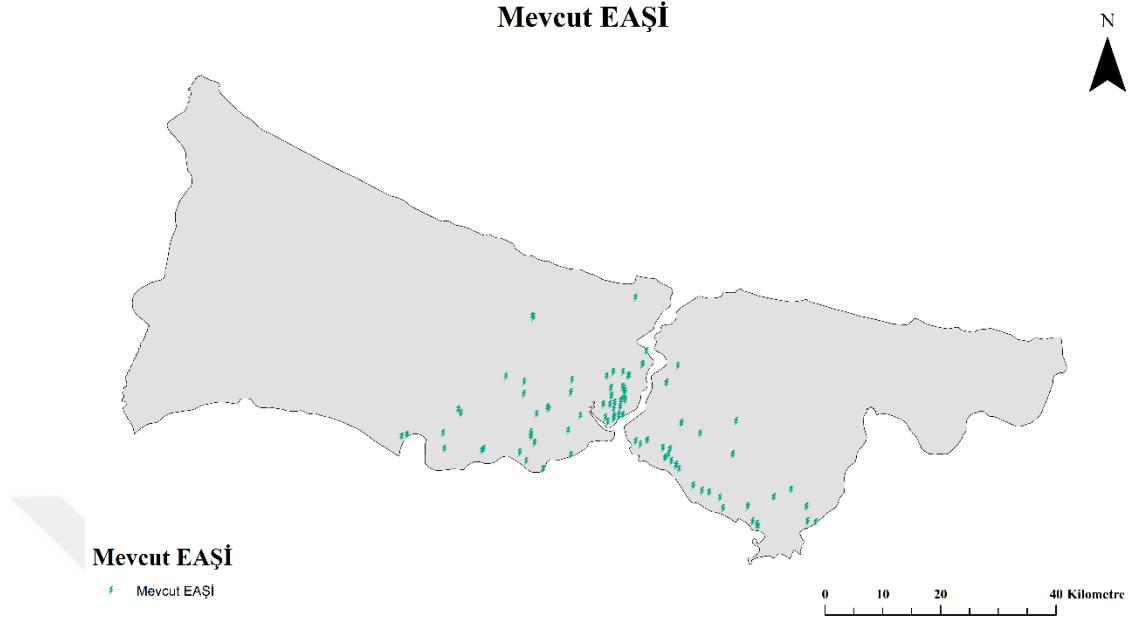
Anadolu yakasının özellikle kuzey kesimleri ve Avrupa yakasının doğu ve batı kesimleri arazi eğimi bakımından yüksek değerlere sahiptir. Bu bölgeler ormanlık alanlar ile örtülmektedir. Arazi eğiminin yüksek olduğu bölgeler E.A.Ş.İ. konumlandırılmasını hem doğrudan hem de dolaylı olarak maliyeti artırtacağından bu bölgeler tercih edilmemelidir.

4.2.3. Enerji

Herhangi bir tesis yer seçimi yapılırken özellikle enerji kaynaklarına yakınlığı irdelenerek karar verilmelidir. Ana kaynağı enerji olan E.A.Ş.İ.'ler konumlandırılırken enerji kaynaklarına uzaklığı dikkate alınmalıdır. E.A.Ş.İ. konumlandırılmasında 4 alt kriter göz önüne alınmıştır.

1. Mevcut Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Tesis yer seçimi yapılırken karar vermeden önce o bölgede yapılması planlanan tesis türünden kaç adet olduğu hangi lokasyonlarda bulunduğu gibi sorular önem arz etmektedir. Şekil 4.8'de İstanbul ilinde mevcut olan E.A.Ş.İ. konumları gösterilmiştir.



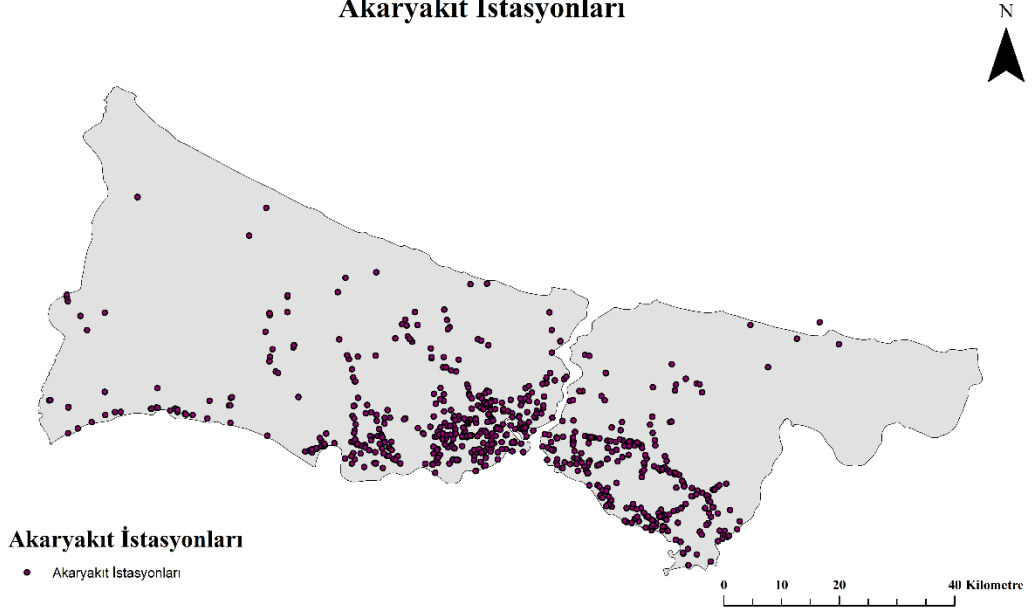
Şekil 4.8. Mevcut E.A.Ş.İ. konumları (Şarjet 2019)

E.A.Ş.İ.'lerin Anadolu yakasının güney kesimleri ve Avrupa yakasının doğu kesimlerinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. E.A.Ş.İ.'lere oluşacak talebe göre mevcut E.A.Ş.İ. konumları da değerlendirilerek alternatif E.A.Ş.İ. konumlandırılması yapılır.

2. Akaryakıt İstasyonları

Akaryakıt istasyon konumları PHEV'ler için önemli bir parametre olarak gösterilmektedir. Oluşturulacak alternatif E.A.Ş.İ. konumları için de akaryakıt istasyonlarının konum bilgileri göz önüne alınmalıdır. Şekil 4.9'da İstanbul ilinde bulunan akaryakıt istasyonları gösterilmektedir.

Akaryakıt İstasyonları



Şekil 4.9. Akaryakıt istasyon konumları (Benzin Litre 2019)

Anadolu yakasının güney ve Avrupa yakasının özellikle güneydoğu kesimlerinde akaryakıt istasyonlarının yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum bu bölgelerde talebin yüksek olduğu anlamına da gelebilir. Ayrıca geleneksel motorlu araçların elektrikli araçlara dönüşüm potansiyeli hem de PHEV’li araçların benzin ve elektrik enerjisine olan ihtiyacı dolayısıyla mevcut durumda var olan akaryakıt istasyonlarının potansiyel E.A.Ş.İ. olması durumunu ortaya koymaktadır.

2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi geleceğin en önemli yenilenebilir enerji kaynakları arasında gösterilmektedir. Elektrik enerjisine ihtiyaç duyan E.A.Ş.İ.’lerin güneş enerji potansiyeli yüksek yerlerde konumlandırılması tercih edilmelidir. Çizelge 4.5’de İstanbul ili için güneş enerji potansiyeli ile ilgili bilgiler içermektedir.

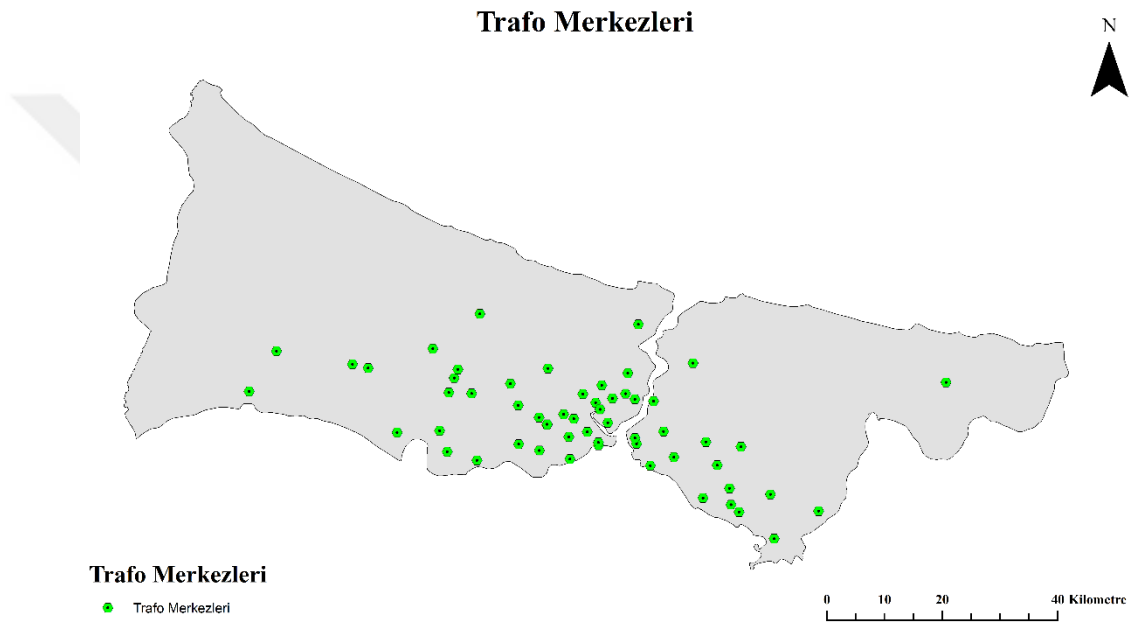
Çizelge 4.5. İstanbul ili için güneş enerji potansiyeli (YEGM 2019)

İlçeler	Güneş Enerji Potansiyeli (Kwh/m²-gün)	İlçeler	Güneş Enerji Potansiyeli (Kwh/M²-Gün)
Arnavutköy	3,59	Gaziosmanpaşa	3,59
Ataşehir	3,63	Güngören	3,61
Avcılar	3,61	Kadıköy	3,63
Bağcılar	3,59	Kağıthane	3,57
Bahçelievler	3,62	Kartal	3,63
Bakırköy	3,64	Küçükçekmece	3,59
Başakşehir	3,59	Maltepe	3,64
Bayrampaşa	3,77	Pendik	3,62
Beşiktaş	3,59	Sancaktepe	3,64
Beykoz	3,56	Sarıyer	3,57
Beylikdüzü	3,60	Silivri	3,62
Beyoğlu	3,58	Sultanbeyli	3,64
Büyükkçekmece	3,60	Sultangazi	3,58
Çatalca	3,59	Şile	3,57
Çekmeköy	3,59	Şişli	3,59
Esenler	3,60	Tuzla	3,64
Esenyurt	3,60	Ümraniye	3,59
Eyüp	3,58	Üsküdar	3,58
Fatih	4,36	Zeytinburnu	3,60

İstanbul ölçeğinde güneş enerjisi potansiyel değerlerine bakıldığında homojen bir dağılım görülmektedir. E.A.Ş.İ.'lerin gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma ihtimaline karşı güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan yerlerde konumlandırılması önerilmektedir.

4. Trafo Merkezleri

E.A.Ş.İ.'lerin en büyük ihtiyacı olan elektrik enerjisinin dağıtım birimi olan trafo merkezlerine yakınlığı önem arz etmektedir. Trafo merkezlerine yakınlık durumu ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin altyapı ve iletim açısından kolaylık sağladığı söylenebilir. Şekil 4.10'da trafo merkezlerinin konumları gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Trafo merkezi konumları (TEİAŞ 2019)

Trafo merkezi konumları incelendiğinde Anadolu yakası güney kesimleri ve Avrupa yakasının doğu ve güney kesimleri yoğunlaşmanın mevcut olduğu bölgelerdir. Bu bölgelere yakın E.A.Ş.İ. konumlandırılmasının uygun olacağı görülmektedir.

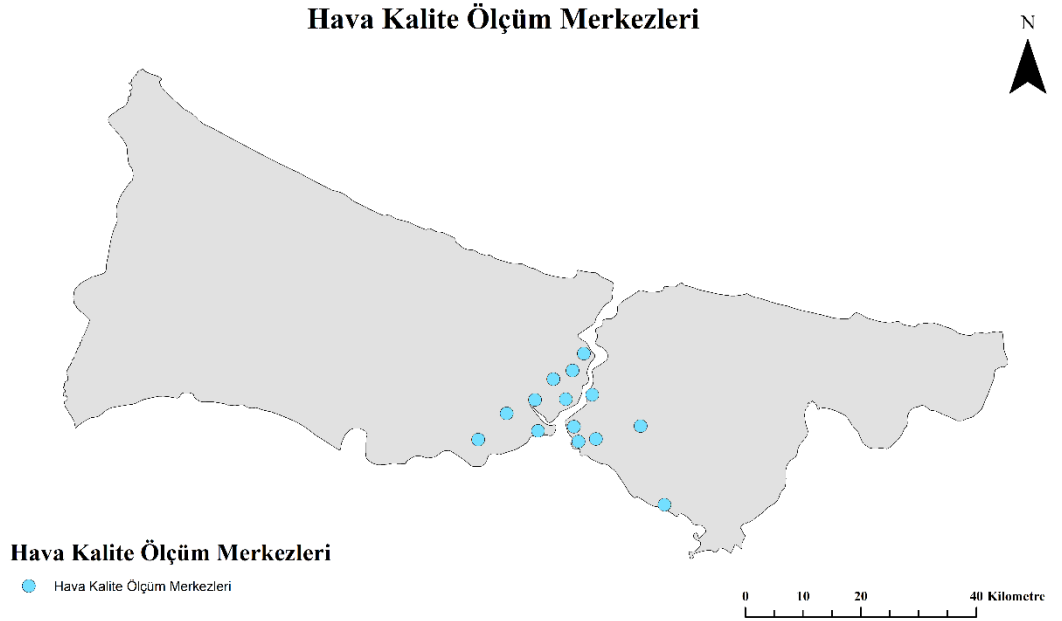
4.2.4. Sosyal/Çevre

Elektrikli araçların şarj süresi bu araçların en büyük dezavantajlarından biri olarak gösterilmektedir. Bu olumsuz durumun insanların günlük hayatından kaybettirdiği zamanı dikkate alırsak E.A.Ş.İ.'lerin sosyal alana yakınlığı önemli bir hale dönüşmektedir. Sosyal alanlarda vakit geçirmek üzere olan bireylerin bu süre zarfında

araçlarını şarj edebilecek E.A.Ş.İ.'lere erişmesi kullanılabilirliği açısından önemlidir. Diğer önemli bir husus ise geleneksel motorlu araçların çevreye vermiş olduğu zararlı etkinin olabildiğince minimum düzeye çekilebilmesidir.

1. Hava kalite

Hava kalitesi düşük olan bölgelerde elektrikli araçların yaygınlaştırılması emisyon değerlerinin düşmesine yardımcı olacaktır. Bu durum İstanbul gibi ulaşım kaynaklı hava kalitesi düşük olan bölgelerde dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Şekil 4.11'de hava kalite ölçüm merkezlerinin konumları sunulmuştur.



Şekil 4.11. Hava kalite ölçüm merkezlerinin konumları (İBB 2019a)

Anadolu yakasının batı kesimleri ile Avrupa yakasının doğu kesimlerinde hava kalite ölçüm merkezlerinin konumlandırıldığı gözlemlenmektedir. Bu durum bu bölgelerin hava kalitesi bakımından düşük olduğunu göstermektedir. Elektrikli araç sayısının bu alanlarda yaygınlaştırılması önerilmektedir.

2. Nüfus

Bölgenin nüfus büyüklüğü elektrikli araç bakımından potansiyel kullanıcı sayısını yansıtabilmektedir. Bu nedenle nüfus parametresi hizmet alanın belirlenmesi için önemlidir. Çizelge 4.6’da ilçe bazlı nüfus istatistikleri verilmiştir.

Çizelge 4.6. İstanbul ili için ilçe bazlı nüfus istatistikleri (TÜİK 2018c)

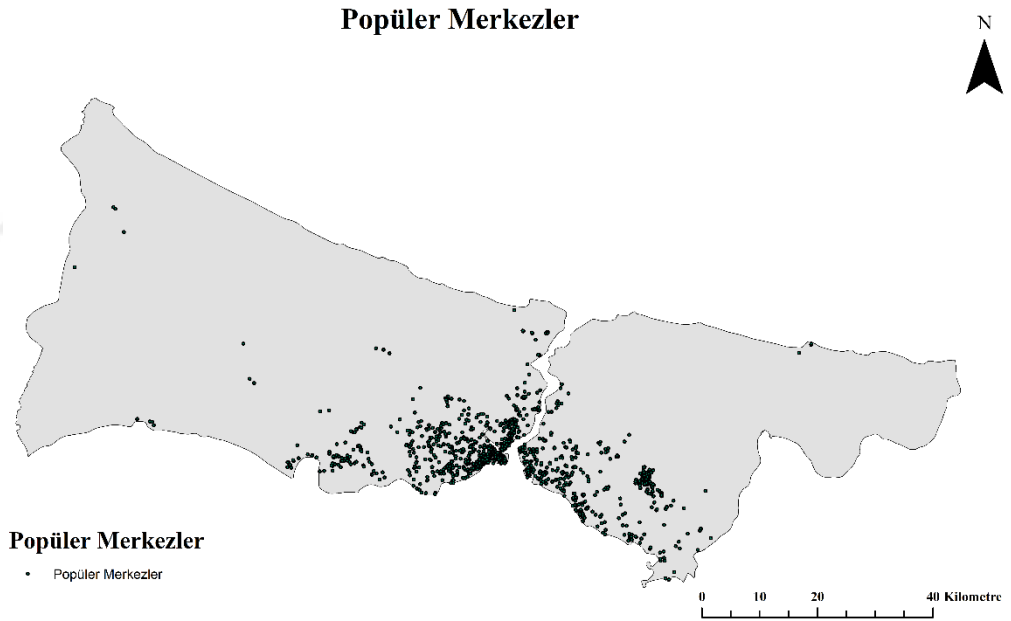
İlçeler	Nüfus	İlçeler	Nüfus
Arnavutköy	270 549	Gaziosmanpaşa	487 046
Ataşehir	416 318	Güngören	289 331
Avcılar	435 625	Kadıköy	458 638
Bağcılar	734 369	Kağıthane	437 026
Bahçelievler	594 053	Kartal	461 155
Bakırköy	222 668	Küçükçekmece	770 317
Başakşehir	427 835	Maltepe	497 034
Bayrampaşa	271 073	Pendik	693 599
Beşiktaş	181 074	Sancaktepe	414 143
Beykoz	246 700	Sarıyer	342 503
Beylikdüzü	331 525	Silivri	187 621
Beyoğlu	230 526	Sultanbeyli	327 798
Büyükçekmece	247 736	Sultangazi	523 765
Çatalca	72 966	Şile	36 516
Çekmeköy	251 937	Şişli	274 289
Esenler	444 561	Tuzla	255 468
Esenyurt	891 120	Ümraniye	690 193
Eyüp	383 909	Üsküdar	529 145
Fatih	436 539	Zeytinburnu	284 935

Bir bölgedeki tesisin hizmet kapasitesi ve büyüklüğünün ilgili bölgenin nüfus büyüklüğüyle doğrusal bir ilişkisi bulunmaktadır. E.A.Ş.İ.’ler konumlandırılırken nüfus

parametresi dikkate alınarak hem mevcut hem de potansiyel kullanıcılar için hizmet kapasitesi belirlenebilir.

3. Sosyal Alanlar

Elektrikli araçların en önemli problemlerinden biri olan şarj sürelerinin uzun olmasıdır. Bu problemin önüne geçebilmek bireylerin sosyal vakit geçirdikleri popüler merkez bölgelerine (avm, tiyatro, sinema, kamu binaları, stadyum vb.) E.A.Ş.İ. konumlandırılması yapılabilir. Şekil 4.12’de İstanbul ili için sosyal alanların gösterimi yapılmıştır.



Şekil 4.12. İstanbul ili için sosyal alanlar (IVD 2019)

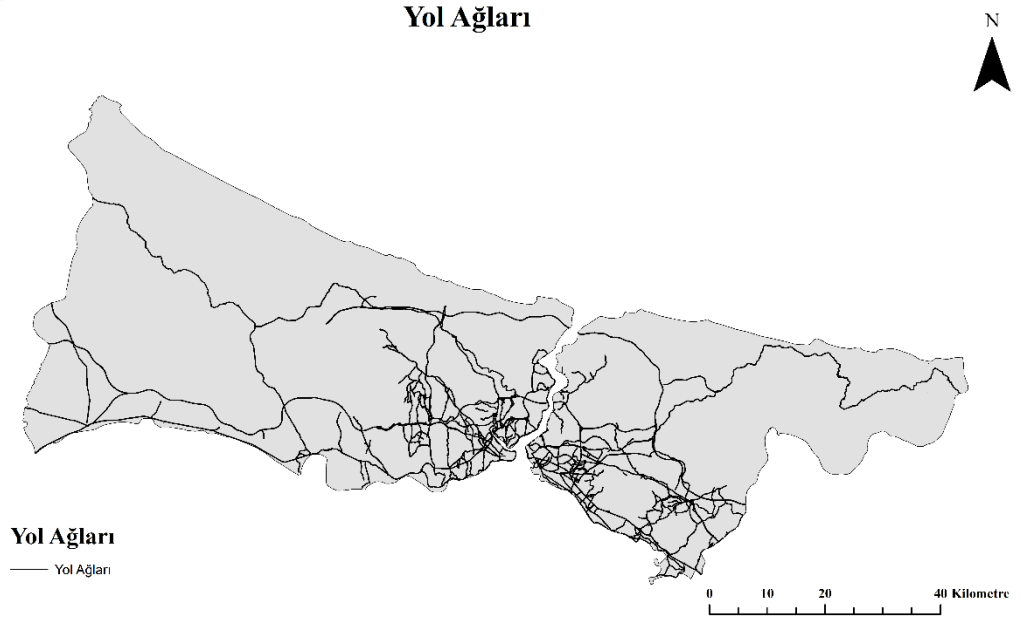
İstanbul ili için popüler merkezlerin Anadolu yakasının güneyi ve Avrupa yakasının güneydoğu kesiminde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanlarda yapılacak E.A.Ş.İ.'ler kullanıcının zaman kaybı açısından avantaj sağlayacaktır.

4.2.5. Ulaştırma

Trafik hareketliliğinin fazla olduğu bölgelerde ihtiyaç duyulan hizmetin karşılanabilmesi için tesislerin konumlandırılması gerekmektedir. Bu bağlamda özellikle yol ağlarının kesiştiği kavşak noktalarında E.A.Ş.İ. kurulması kullanılabilirlik açısından ciddi avantaj sağlamaktadır. Ulaştırma alanında değerlendirmeye alınan kriterler 3 alt başlık altında sınıflandırılabilir.

1. Yol Ağları

Yol ağlarının yoğunlaştığı bölgelerde trafik hareketliliği yüksek seviyelerde olması beklenmektedir. Yol ağları üzerinde elektrikli araçların enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için tesislerin bu bölgelere yakın kesimlerde yerleştirilmesi önerilmektedir. Şekil 4.13’de İstanbul ilinin genel olarak yol ağları haritası verilmiştir.

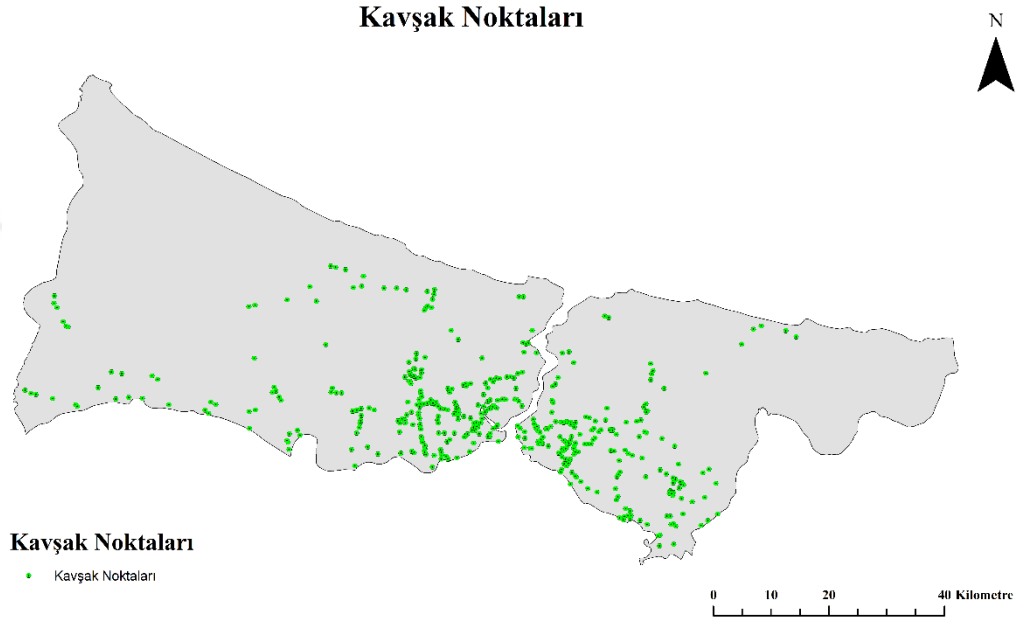


Şekil 4.13. İstanbul ili yol ağları haritası (KGM 2018)

Şekil 4.13. incelendiğinde yol ağlarının özellikle şehrin daha hareketli bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Dikkate alınan yol kesimleri İstanbul ili için otoyol ve ana arterler olup bu bölgelerde enerji ihtiyacının daha fazla olacağı düşünülmektedir.

2. Kavşak

Yolların kesişmesiyle oluşan kavşak noktalarında trafik hareketliliği çok yüksek seviyelerdedir. Trafik hareketliliğinin fazla olduğu bölgelerde enerji ihtiyacı artacağından bu bölgelere yakın noktalarda ihtiyaca yanıt verecek tesis yapılması tercih edilmelidir. Şekil 4.14. İstanbul ili için genel kavşak noktaları gösterilmiştir.

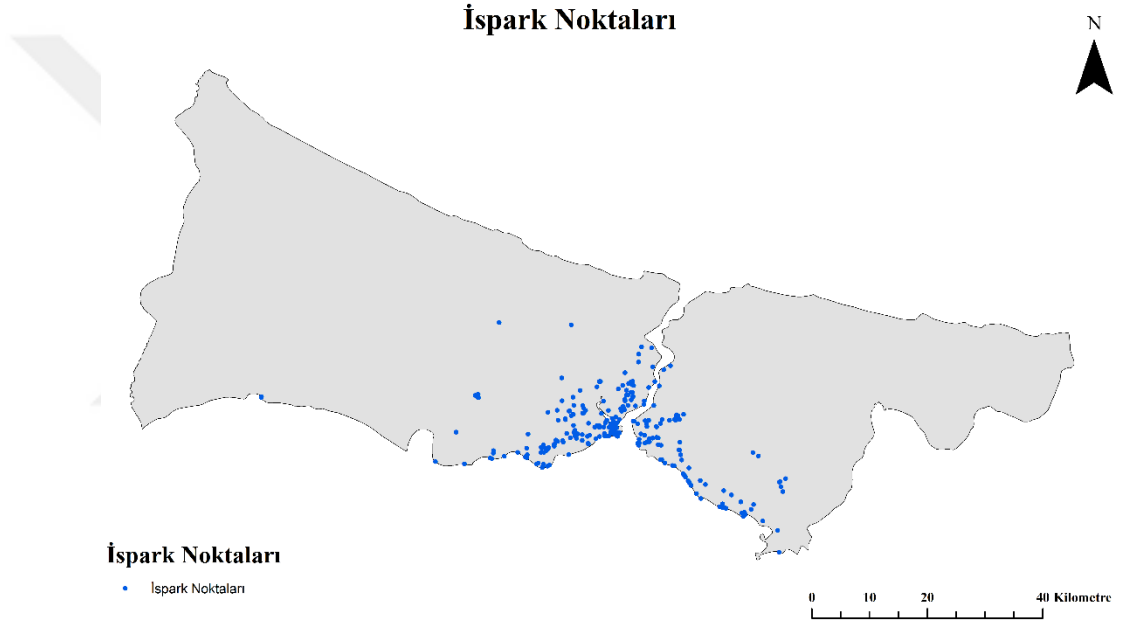


Şekil 4.14. İstanbul ili için kavşak noktaları (Google Earth 2019; IVD 2019)

Kavşak noktalarının yoğunlaştığı bölgelerde enerji ihtiyacı fazladır. Bu bölgelere yakın E.A.Ş.İ. konumlandırılması yapılarak enerji talebinin doğru yönetilmesi mümkündür.

3. Park Alanları

İstanbul ili gibi metropol şehirlerin en önemli problemlerinden biri olan park noktalarının verimli kullanılması büyük önem arz etmektedir. Park alanlarının hacim/kapasite oranları yüksek olduğu noktalarda hem park talebini hem de enerji talebini karşılayabilmek için bu noktalara tesis kurulması gereklidir. Şekil 4.15 İstanbul ili park alanları haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.15. İstanbul ili için park noktaları (İBB 2019b)

İstanbul ili için dikkate alınan park noktaları İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen park alanlarıdır. Değerlendirmeye alınan park noktaları park et devam et noktaları ve açık-kapalı park alanlarıdır. Yol kenarı park alanları ve özel park alanları değerlendirmeye alınmamıştır.

Belirlenen kriterlerin karar verme analizleri için AHP metodu kullanılmıştır. Bu metot ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir.

4.3. AHP Uygulaması

Belirlenen değerlendirme kriterlerinin ağırlık oranlarının hesaplanması için ÇKKV yöntemlerinden olan AHP kullanılmıştır. Ağırlıklandırma işlemi karar verme takımı kurularak yapılmıştır. Karar verme takımına 6 akademisyen, 2 Karayolları Genel Müdürlüğü çalışanı ve 2 alanında uzman teknik personel dahil edilmiştir. Karar vericiler açısından ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen ağırlıkların ortalaması alınarak nihai bir kriter ağırlıklandırılması elde edilmiştir. Elde edilen ikili karşılaştırma matrislerine örnek olarak EK 1’de verilmiştir. Kriter ağırlıklandırma işlemi için ikili karşılaştırma matrisinin normalizasyon işlemi doğrusal normalizasyon ile yapılmıştır. Normalize matris EK 2’de sunulmuştur. Normalizasyon sonucunda elde edilen ağırlık değerleri, ağırlık toplam vektörü ve öncelik vektörleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kriterlerin ağırlık, ağırlık toplam vektörü ve öncelik değerleri

Kriterler	W	A*W	D
K4.2	0,044	0,904	20,557
K1.4	0,031	0,619	20,1804
K1.1.	0,174	3,807	21,9397
K3.3	0,01	0,198	20,1093
K1.3	0,027	0,53	19,7872
K1.2	0,037	0,77	20,6248
K3.1	0,049	1,075	21,9655
K3.4	0,019	0,386	20,3617
K5.1	0,1	2,215	22,109
K5.2	0,128	2,843	22,1846
K3.2	0,023	0,464	19,8172
K2.1	0,023	0,45	19,9098
K2.2	0,019	0,378	19,9166
K2.3	0,015	0,3	19,4957
K2.5	0,023	0,449	19,7119
K2.4	0,014	0,282	19,9546
K4.3	0,076	1,668	21,9434
K4.1	0,01	0,198	20,2065
K5.3	0,179	3,906	21,8783

Yapılan ağırlık, ağırlık toplam vektörü ve öncelik vektörü hesaplamalarından sonra ikili karşılaştırma matrisinin tutarlık oranı hesaplaması yapılmıştır. Tutarlık oranı için dikkate alınan Random indeksi, Alonso and Lamata (2006) kullanılan formülasyon ile hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar ile elde edilen Tutarlılık Oranı'nın 0.04 olduğu ve karşılaştırma matrisinin geçerli olduğu görülmüştür. Çizelge 4.8'de kriterlerin ağırlık değerlerine göre sıralanması verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kriterlerin ağırlık değerlerine göre sıralanması

Sıralama	1	2	3	4	5
Kriterler	K5.3	K1.1.	K5.2	K5.1	K4.3
W	0,179	0,174	0,128	0,1	0,076
Sıralama	6	7	8	9	10
Kriterler	K3.1	K4.2	K1.2	K1.4	K1.3
W	0,049	0,044	0,037	0,031	0,027
Sıralama	11	12	13	14	15
Kriterler	K3.2	K2.1	K2.5	K3.4	K2.2
W	0,023	0,023	0,023	0,019	0,019
Sıralama	16	17	18	19	
Kriterler	K2.3	K2.4	K3.3	K4.1	
W	0,015	0,014	0,01	0,01	

Karar verme takımının değerlendirmesi sonucunda elde edilen AHP sonuçları incelendiğinde en önemli kriterin “Park Alanları” olduğu görülmüştür. E.A.Ş.İ. konumları belirlenirken bu kriterin ağırlık oranı diğer kriterlere göre daha yüksektir.

4.4. CBS Uygulaması

Literatür taraması, yazar ve uzman görüşleri sonucunda elde edilen her bir kriterle ait verilerin CBS ortamına aktarımı yapılmıştır. Bu verilerin yakınlık, uzaklık, yoğunluk, eğim ve IDW analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen haritaların çalışmaya uygun olarak puanlama işlemi, yeniden sınıflandırma (reclassify) program sekmesi aracılığıyla yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi 1-10 skalasında gerçekleştirilmiştir. 1 en kötü durumu, 10 en iyi durumu ifade etmektedir. Sınıflandırma işleminden sonra

kriterlerin bütünlüğünü sağlamak amacıyla 0-1 normalizasyon işlemi yapılmıştır. Kriterlerin kendi içindeki tutarlılığı normalizasyon işlemi sayesinde sağlanmıştır. Bu işlemlerden sonra 19 kritere ait harita tabakalarının “raster calculator” sekmesi ile birleştirilmesi sonucu İstanbul iline ait E.A.Ş.İ. uygunluk haritası elde edilmiştir. Bu birleştirme işleminde AHP’den elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Buna ek olarak 38 ilçenin ayrı ayrı uygunluk haritaları da elde edilmiştir. Çizelge 4.9’da kriterlere ait analiz türleri verilmiştir. 19 kritere ait analiz sonuç haritaları ve normalize edilmiş haritaları EK 3’de verilmiştir.

Normalize edilmiş haritalarda siyah ve beyaz renkler bir anlam ifade etmektedir. Bu doğrultuda; K1.1., K1.2., K1.4., K2.1., K2.2., K2.3., K2.4., K3.3., K3.4., K4.2., K4.3., K5.1., K5.2., ve K5.3. kriterlerin normalize haritalarında beyaz renkli bölgeler E.A.Ş.İ. için daha uygun alanlar olarak ifade edilmektedir. Ancak K1.3., K2.5., K3.1., K3.2. ve K4.1. kriterlerin normalize haritalarında siyah renkli bölgeler E.A.Ş.İ. için daha uygun alanlar olarak ifade edilmektedir.

Çizelge 4.9. Kriterlerin analiz türü

Kriterler	K1.1.	K1.2.	K1.3.	K1.4.	
Analiz Türü	Kernel	Kernel	IDW	IDW	
Kriterler	K2.1.	K2.2.	K2.3.	K2.4.	K2.5.
Analiz Türü	Öklit	Öklit	Öklit	Öklit	Eğim
Kriterler	K3.1.	K3.2.	K3.3.	K3.4.	
Analiz Türü	Öklit	Öklit	IDW	Öklit	
Kriterler	K4.1.	K4.2.	K4.3.		
Analiz Türü	IDW	Kernel	Öklit		
Kriterler	K5.1.	K5.2.	K5.3.		
Analiz Türü	Öklit	Öklit	Öklit		

4.5. VIKOR Uygulaması

AHP ve CBS kullanılarak elde edilen performans değerlerine göre mevcut E.A.Ş.İ.’lerin karşılaştırılması yapılmıştır. Mevcut E.A.Ş.İ. de dikkate alınarak toplam 100 adet alternatif E.A.Ş.İ. ile karşılaştırılması ÇKKV yöntemlerinden biri olan VIKOR ile

yapılmıştır. Çizelge 4.10'da değerlendirme kriterlerinin fayda(+)/maliyet(-) yönleri verilmiştir.

Çizelge 4.10. Değerlendirme kriterlerinin yönleri

Kriterler	Yön	Kriterler	Yön	Kriterler	Yön	Kriterler	Yön	Kriterler	Yön
K1.1.	+	K2.1	-	K3.1	-	K4.1	+	K5.1	+
K1.2	+	K2.2	-	K3.2	+	K4.2	+	K5.2	+
K1.3	-	K2.3	-	K3.3	+	K4.3	+	K5.3	+
K1.4	+	K2.4	-	K3.4	+				
		K2.5	-						

Hem mevcut hem de alternatif E.A.Ş.İ.'lerin öncelikle EK 4 ve EK 8'de belirtilen başlangıç matrisleri oluşturulmuştur. Başlangıç matrislerinin değerleri CBS'de yapılan analizler sonucunda elde edilmiştir. Performans değerlerinin kendi içinde tutarlılığının sağlanması için doğrusal normalizasyon kullanılarak normalizasyon işlemi yapılmıştır. Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ.'lerin normalize edilmiş matrisleri EK 5 ve EK 9'da verilmiştir. AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları ile VIKOR'da oluşturulan normalize karar matrislerinin çarpılması sonucu EK 6 ve EK 10'da belirtilen ağırlıklı standart karar matrisleri oluşturulmuştur. Maksimum grup faydasını belirten ν değeri literatürde sıkça kullanılan 0,5 değeri alınarak hesaplama dahil edilmiştir (Opricovic and Tzeng 2004). S_i , R_i ve Q_i değerleri daha önce belirtilen formülasyona göre hesaplanmış olup EK 7 ve EK 11'da sunulmuştur. Son adım olarak uzlaşık çözümün bulunmasında ikili koşulun sağlanması gerekmektedir. İlk koşul olarak Q_i değerlerinin sıralanması sonucu ikinci sıradaki performans değerinin, birinci sıradaki performans değerinden çıkarılmasıyla elde edilen değerin DQ değerinden büyük veya eşit olması gerekmektedir. Kullanılan eşitlik formülü;

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$$

$$\text{Mevcut: } 0,5302 \geq 0,0106$$

Alternatif: $0,0083 \geq 0,0101$

Mevcut E.A.Ş.İ. için koşul sağlandığından sıralamanın doğru olduğu kabul edilmektedir. İkinci koşul yerine getirilemediği için Q_i sıralamasındaki ilk iki alternatif en iyi uzlaşık çözüm olarak kabul edilir.

Alternatif E.A.Ş.İ. için koşul 1 sağlanmadığından Q_i değerlerinin küçükten büyüğe yapılan sıralamada bütün değerlerin ayrı ayrı ilk sıradaki alternatifin performans değerinden çıkarılmasıyla elde edilen değerlerin DQ değerinden küçük çıkanların sıralamada uzlaşık çözüm olarak kabul edilir.

Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. için oluşturulan sıralamanın ilk 20 performans değeri Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. sıralaması

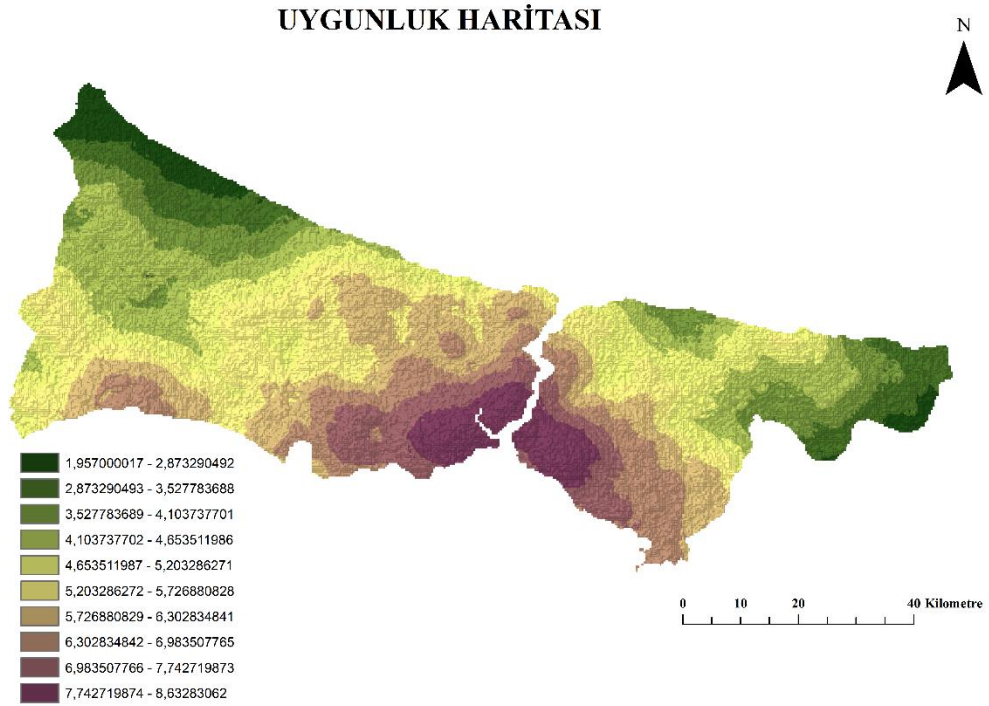
Sıralama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mevcut	M71	M92	M70	M51	M52	M53	M49	M95	M50	M46
Q_i	0.000	0.005	0.017	0.020	0.020	0.020	0.020	0.022	0.032	0.036
Alternatif	A91	A90	A56	A50	A55	A100	A95	A47	A58	A53
Q_i	0.006	0.014	0.024	0.026	0.026	0.030	0.035	0.037	0.038	0.038
Sıralama	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mevcut	M48	M15	M40	M84	M73	M74	M44	M69	M45	M68
Q_i	0.039	0.043	0.045	0.046	0.050	0.051	0.052	0.055	0.056	0.056
Alternatif	A97	A52	A48	A59	A92	A94	A27	A96	A31	A51
Q_i	0.039	0.041	0.043	0.046	0.047	0.047	0.047	0.048	0.050	0.053

Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. için oluşturulan sıralamanın performans değerlerine incelendiğinde mevcut E.A.Ş.İ. için en iyi konumu “M71” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Alternatif E.A.Ş.İ.’ler için en iyi konum ise “A91” olarak gözlemlenmiştir. EK 7 ve EK 11 incelendiğinde en kötü performans değerine sahip mevcut E.A.Ş.İ. “M38” iken alternatif E.A.Ş.İ. için en kötü değere sahip konum “A65” olarak gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

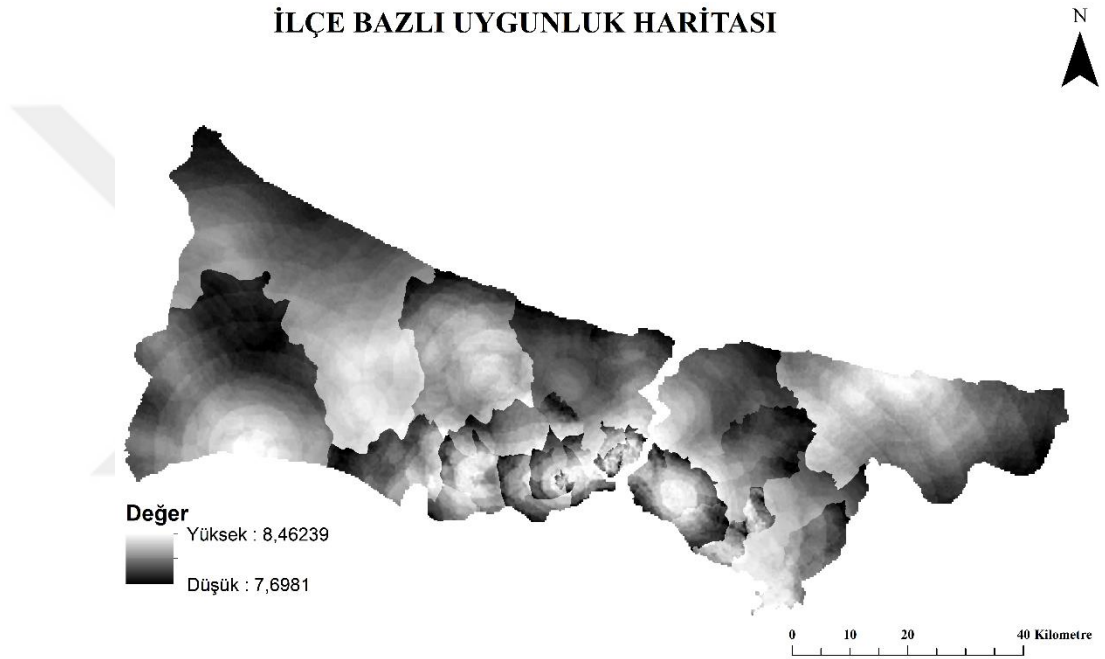
E.A.Ş.İ. konumlarını etkileyen kriterler, literatür taraması, yazar ve uzman görüşleri dikkate alınarak toplam 5 ana ve 19 alt başlık altında sınıflandırılmıştır. Belirlenen kriterlerin önem derecelerini belirlemek için ÇKKV yöntemlerinden olan AHP kullanılmıştır. AHP yönteminde karar verme takımı kurularak kriterlerin ağırlıkları analiz edilmiştir. Analiz sonucunda en önemli kriterin K.5.3. olan “Park Alanları” olduğu görülmüştür. Önem derecesi en az olan kriterin K.4.1. olan “Hava Kalite” olduğu gözlemlenmiştir.

Belirlenen kriterlere ait verilerin CBS ortamına aktarımı sağlanmıştır. CBS’de kriterlere bir takım analiz yöntemleri uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen 19 haritanın birleştirilmesi ile uygunluk haritası elde edilmiştir. Şekil 5.1’de İstanbul iline ait E.A.Ş.İ. konumları için uygunluk haritası sunulmuştur.



Şekil 5.1. İstanbul ili uygunluk haritası

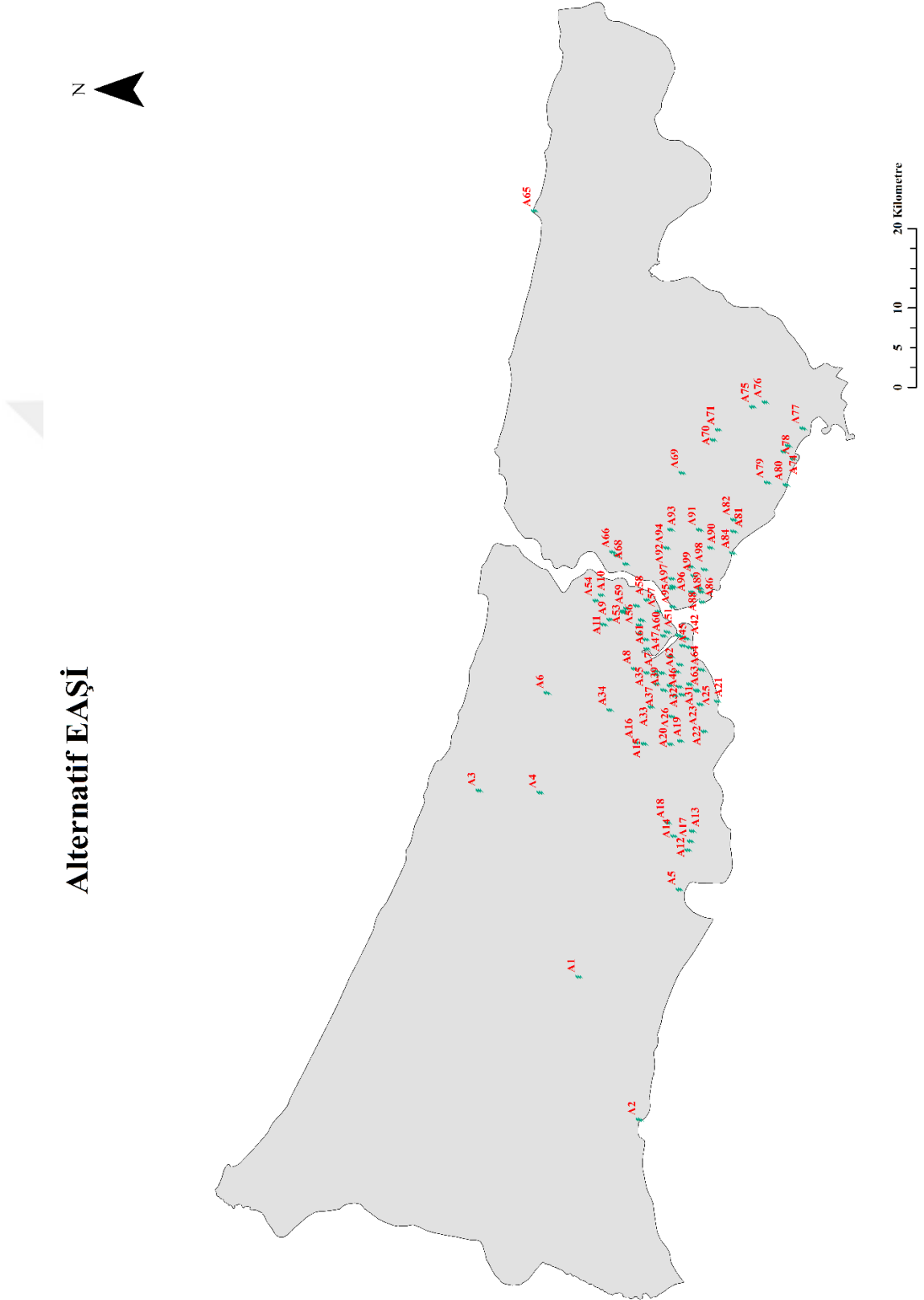
Şekil 5.1 incelendiğinde Anadolu yakasının güneybatı ve Avrupa yakasının güneydoğu kesimleri E.A.Ş.İ. konumlandırılması bakımından en uygun olduğu bölgelerdir. Anadolu ve Avrupa yakasının özellikle kuzey kesimlerinin E.A.Ş.İ. için elverişsiz bölgeler olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum uygunluk haritasında kullanılan renk skalasının değerleri lejant kısmında görülmektedir. Bu değerler büyüdükçe alanların uygun olduğu ifade edilmektedir.



Şekil 5.2. İstanbul ili ilçe bazlı uygunluk haritası

İstanbul ilinin tümü için elde edilen uygunluk haritasının yeterli olmayacağı düşünülerek ilçelerin ayrı ayrı uygunluk haritası elde edilmiştir. Alternatiflerin üretilmesi aşamasında İstanbul ilinin tümü ve ilçeler için ayrı ayrı oluşturulan uygunluk haritaları dikkate alınmıştır. Şekil 5.2’de İstanbul ili ilçe bazlı uygunluk haritası sunulmuştur. Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. konumlandırılması ayrı ayrı haritalarda yapılmıştır. Bu haritalar Şekil 5.3 ve 5.4’de sunulmuştur.

Alternatif EAŞİ



Şekil 5.4. Alternatif E.A.Ş.İ.

Mevcut ve alternatif E.A.Ş.İ. konumları incelendiğinde VIKOR sıralama yöntemi sonucu elde edilen en iyi ve en kötü performans değerlerine sahip olan E.A.Ş.İ.'lerin CBS'den oluşturulan uygunluk haritası ile örtüştüğü görülmektedir.

Bu tez çalışmasında dikkate alınan değerlendirme kriterlerinin sayısı artırılarak daha doğru konum saptaması yapılabilir. Belirlenen alternatif E.A.Ş.İ.'lerin gerçek hayatta uygulanabilirliği için Elektrikli Otomobiller Şarj İstasyonu yönetmeliği incelenmelidir. Trafik adına en önemli parametrelerden biri olan trafik hareketliliği incelenerek buna uygun E.A.Ş.İ konum belirleme çalışması yapılabilir.

Türkiye'nin bütün vizyon çalışmalarında elektrikli araçlara yer verilmektedir. Vizyon planlarının gerçekleştirilmesi için elektrikli araçlara ait problemlerin giderilmesi gerekmektedir. En önemli problem olarak görülen şarj durumunun çözülebilmesi için ilk etapta E.A.Ş.İ.'lerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda gerek yerel belediyeler gerekse hükümet tarafından yürütülecek çalışmalarda bu tez kapsamında yapılan değerlendirmelerin göz önüne alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ağaç, G., Baki, B., Peker, İ. ve Ar, İ.M., 2015. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanarak Serbest Bölge Yer Seçimi: Doğu Anadolu Bölgesi Örneği. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 30 (1), 79-113.
- Ağırbaş, A., 2019. İçten Yanmalı Motorlarda Turbo Nedir ? Nasıl Çalışır? BilgiUstam, <https://www.bilgiustam.com/icten-yanmali-motorlarda-turbo-nedir-nasil-calisir/> (27.02.2019).
- Akyol, E., Alkan, M. ve Akgündüz, H., 2015. Determining Settlement Suitability by Geographic Information Systems and Analytical Hierarchy Process. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21 (6), 254-259.
- Alonso, J.A. and Lamata, M.T., 2006. Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach. International Journal Unvertainty, Fuzziness Knowledge-Based System, 14. 445-459.
- Anonim, 2014. Motor Türleri, Tipleri ve Çalışma Prensipleri. Mekanik Dünyası, <https://mekanikdunyasi.wordpress.com/2014/11/05/motor-turleri-tipleri-ve-calisma-prensipleri/> (28.02.2019).
- Anonim, 2016. Hibrid Otomobiller Nasıl Çalışılır? Elektrik Port, <https://www.elektrikport.com/teknikkutuphane/hibritotomobillernasilcalisir/17036#adimage0> (01.02.2019)
- Anonim, 2017. Elektrikli Otomobil Şarj Yöntemleri Nelerdir? Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği, <http://tehad.org/2017/07/15/elektrikli-arac-sarj-yontem-ve-istasyon-tipleri/> (26.01.2019)
- Anonim, 2018a. What is the Difference Between an Interval and External Combustion Engine? Quora, <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-an-internal-and-external-combustion-engine> (04.02.2019).
- Anonim, 2018b. Almanya'da ilk dizel yasağı başladı. Hürriyet Haber, <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/almanyada-ilk-dizel-yasagi-basladi-40854016> (05.02.2019).
- Arslan, H.M., 2018. ELECTRE ve Maksimum Kapsama Modeli Yöntemleri ile Bilim Merkezlerinin Optimum Tesis Yer Seçimi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 17 (65), 337-355.
- Aster, 2019. Arazi Eğitim Bilgileri, Adadvanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)-Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology, <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> (30.01.2019)
- Bektöre, E., Korkmaz, E., Erşen, G. ve Atak, A., 2018. Frig Vadisi Potansiyel Kamp Alanları ve Rotalarının CBS Aracılığıyla Belirlenmesi. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies, 1 (1), 35-50.
- Benzin Litre, İstanbul Akaryakıt İstasyonları. BenzinLitre, <https://www.benzinlitre.com/istanbul---akaryakit-istasyonlari+> (27.01.2019)
- Bouguerra, S. and Layeb, S.B., 2017. Optimal Locations Determination for an Electric Vehicle Charging Infrastructure in the City of Tunis, Tunisia. Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration, 979-981.
- Bozkurt, K. 2016. Yakıt Hücreliler, Hybridler, Elektrikli Arabalar Nasıl Çalışır? Farkları Ne? JDM Spirit Turkey, <http://www.jdmspiriturkey.com/index.php/2016/>

- 09/07/yakit-hucreliler-hybridler-elektrikli-arabalar-nasil-calisir-farklari-ne/ (03.02.2019).
- Cilvez, M. ve Kasımay, Z., 2018. Elektrikli Araçlar, World Energy Council, <http://www.worldenergy.org.tr/wpcontent/uploads/2018/11/MCivlezZKasimaySunum.pdf> (29.01.2019)
- Cömert, S.E. ve Yener, F., 2016. Bir Gıda Firması İçin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Depo Yeri Seçimi. Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2 (2), 161-177.
- Cui, F., You, Z., Shi, H. and Liu, H., 2018, Optimal Siting of Electric Vehicle Charging Stations Using Pythagorean Fuzzy VIKOR Approach. Mathematical Problems in Engineering, 2018, ID: 9262067.
- Dinç, S., Hamurcu, M. ve Eren, T., 2019. Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Tren Hattında İstasyon Yerlerinin Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Destekli 0-1 Hedef Programlama Modeli, Demiryolu Mühendisliği, 9, 1-16.
- Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E. and Çetinkaya, C., 2018. Optimal Siting of Electric Vehicle Charging Stations: A GIS-based Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. Energy, 163, 1017-1031.
- Eroğlu, H., 2018. Güneş Enerji Santralleri İçin Uygunluk Haritasının Elde Edilmesi: Bir Uygulama. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (4), 97-106.
- Geodata, 2019, Coğrafik Etmen Bilgileri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı- Geodata, <http://geodata.ormansu.gov.tr/>, (03.02.2019)
- GİB, 2018. Arazi kullanım maliyeti. Gelir İdaresi Başkanlığı (GİB), <https://www.gib.gov.tr/> (05.02.2019)
- Google Earth, 2019. İstanbul ili kavşak noktaları, Google Earth Pro Software, (02.02.2019)
- Guo, S. and Zhao, H., 2015, Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Station by Using Fuzzy TOPSIS Based on Sustainability Perspective. Applied Energy, 158, 390-402.
- Hosseini, S. and Sarder M., 2019. Development of a Bayesian Network Model for Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Station. International Journal Electrical Power and Energy Systems, 105, 110-122.
- Irlle, R., 2018. Global EV Sales for 2018 – Final Results. EV-volumes.com, <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/> (26.01.2019).
- İslam, M., Shareef, H. and Mohamed A., 2016. Optimal Siting and Sizing of Rapid Charging Station for Electric Vehicles Considering bangi City Road Network in Malaysia. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 24 (5), 3933-3948.
- IVD, 2019. Orman Bölgeleri. Geofabrik-International Vector Data (IVD), <http://download.geofabrik.de/europe/turkey.html>, (04.02.2019)
- İBB, 2019a. Hava Kalite Ölçüm Merkezleri. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/istanbul-hava-kalitesi> (05.02.2019)
- İBB, 2019b. İspark Park Noktaları. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), <https://sehirharitasi.ibb.gov.tr/> (05.02.2019)
- Javadi, H., 2018. CBS-tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Tesis Ter Seçimi: CTP Boru Fabrikası İçin Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

- Karaşan, A., Kaya, İ. and Erdoğan, K., 2018. Location Selection of Electric Vehicles Charging Stations by Using a Fuzzy MCDM Method: A Case Study in Turkey. *Neural Computing and Applications*, <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3752-2>.
- Kaya, Ö., Alemdar, K.D., Kuşkapan, E., Çodur, M.Y. ve Tortum, A., 2019. Toplu Taşımada Elektrikli Araç Dönemine Geçilmesi: Erzurum İli Örneği. 2nd International Congress on Engineering and Architecture, Marmaris, Türkiye.
- KGM, 2018. İstanbul İli Yol Haritası. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMimages/Haritalar/b1.jpg> (02.02.2019)
- Kurt, M. ve Erener, A., 2018. Lojistik Merkezlerin Planlanmasında Coğrafi Bilgi Teknolojileri Kullanımı – Kocaeli Örneği. *Journal of Transportation and Logistics*, 3 (1), 1-12.
- Larminie, J. and Lowry, J., 2003. *Electric Vehicle Technology Explained*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, United Kingdom.
- Liu, H., Yang, M., Zhou M. and Tian, G., 2019. An Integrated Multi-Criteria Decision Making Approach to Location Planning of Electric Vehicle Charging Stations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20 (1), 362-373.
- Machura, P. and Li, Q., 2019. A Critical Review on Wireless Charging for Electric Vehicles. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 104, 209-234.
- Muratoğlu, Y. ve Alkaya, A. 2015. Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi-İnceleme. 8. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Adana, Türkiye.
- Opricovic, S. and Tzeng, G.H., 2004. Compromise Solution by MCDM methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156 (2), 445-455.
- Opricovic, S. and Tzeng, G.H., 2007. Extended VIKOR Method in Comparison With Other Outranking Methods. *European Journal of Operational Research*, 178 (2), 514-529.
- Özbek, A. ve Erol, E., 2016. COPRA ve MOORA Yöntemlerinden Depo Yeri Seçim Problemine Uygulanması. *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 2 (1), 23-42.
- Özbek, A., 2017. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü. *Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar*, 336s, Ankara, Türkiye.
- Özdemir, B., Özcan, B. ve Aladağı, Z., 2017. Güneş Enerjisi Santrali Kuruluş Yerinin AHS ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 33 (2), 16-34.
- Öztürk, Z.A., 2015. Tesis Yeri Seçimi İçin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Amaçlı Bulanık Hedef Programlama Modeli. *Yüksek Lisans Tezi*, Kara Harp Okulu Komutanlığı Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Polat, Ö., Yumak, K., Sezgin, M.S., Yumurtacı, G. ve Gül, Ö., 2015. Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu, 6. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Fuarı, Kocaeli, Türkiye.
- Saaty, T.L., 2008. Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Science*, 1, 83-86.
- Saaty, T.L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *J. Math. Psychol*, 15, 234.281.
- Sadeghi-Barzani, P., Rajabi-Ghahnavieh, A. and Kazemi-Karegar, H., 2014. Optimal Fast Charging Station Placing and Sizing. *Applied Energy*, 125, 289-299.

- Sulzberger, C., 2004. An Early Road Warrior: Electric Vehicles in the Early Years of the Automobile. *IEEE Power Energy Magazine*, 2(3), 66-71.
- Şarjet, 2019. Mevcut Elektrikli Araç Şarj İstasyonları. Şarjet, <http://www.sarjet.com>, (03.02.2019)
- Şentürk, E., Livaoğlu, H. ve Yavuz, E., 2017. Çok Kriterli Karar Analizi ile CBS Ortamında En Uygun Spor Bayi Yer Seçimi: İzmit Merkez Örneği. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 16 (1), 17-26.
- Şimşek, A.B., 2014. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizinin Rüzgar Türbini Yer Seçim Probleminde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- TEİAŞ, 2019. İstanbul İli Trafo Merkezleri. Türkiye Elektrik İletişim A.Ş. (TEİAŞ), <https://www.teias.gov.tr/tr> (11.02.2019)
- Terim, V., 2008. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi. Renk Forum Matbaacılık, 363s, Ankara, Türkiye.
- Töreayen, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T., 2010. ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanları, http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_e0cf3.pdf (10.02.2019)
- TÜİK, 2018a. İlçe bazlı elektrikli araç sayısı. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://tuik.gov.tr/Start.do> (04.02.2019)
- TÜİK, 2018b. İlçe bazlı motorlu kara taşıt sayısı. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://tuik.gov.tr/Start.do> (06.02.2019)
- TÜİK, 2018c. İstanbul İli İçin İlçe Bazlı Nüfus İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (02.02.2019)
- Ulutaş, A., Karaköy, Ç., Arıç, K.H. ve Cengiz, E., 2018. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Lojistik Merkezi Yeri Seçimi. *İktisadi Yenilik Dergisi*, 5 (2), 45-53.
- Uslu, A., Kızıloğlu, K., İşleyen, S.K. ve Kahya, E., 2017. Okul Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemine Dayalı AHP-TOPSIS Yaklaşımı: Ankara İli Örneği. *Politeknik Dergisi*, 20 (4), 933-943.
- Ustasüleyman, T. ve Perçin, S., 2007. Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla Kuruluş Yeri Seçimi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (3), 37-55.
- Uyan, M., 2017. Güneş Enerjisi Santrali Kurulabilecek Alanların AHP yöntemi Kullanılarak CBS Destekli Haritalanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (4), 343-351.
- Varol, S., 2017. İstanbul Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Wu, Y., Yang, M. Zhang, H., Chen, K. And Wang, Y., 2016. Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations Based On A Cloud Model and the PROMETHEE method. *Energies*, 9 (157), 1-20.
- Xu, J., Zhong, L., Yao, L. and Wu, Z., 2018. An interval type-2 fuzzy analysis towards electric vehicle charging station allocation from a sustainable perspective. *Sustainable Cities and Society*, 40, 335-351.
- Yağcıtekin, B., 2014. Elektrikli Araç Şarj Altyapısı Tasarımı ve Akıllı Şarj Sisteminin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

- Yavuz, S. ve Deveci, M., 2014. Bulanık TOPSIS Ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama. Ege Akademik Bakış Dergisi, 14 (3), 463-480.
- Yayla, N., 2015. Karayolu Mühendisliği. Birsen Yayınevi, 285s, İstanbul, Türkiye.
- Yazıcı, V. ve Özdemir, E., 2013. Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri. 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye.
- YEGM, 2019. Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/34.Apx> (02.02.2019)
- Yıldız, B., 2018. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP). Industryolog, <https://industryolog.com/analitik-hiyerarshi-sureciahp/> (27.02.2019)
- Yılmaz, A., Ünvar, S., Ekmen, M. ve Aydın, S., 2017. Yakıt Pili Teknolojisi. Technological Applied Sciences, 12 (4), 185-192.
- Zhao, H. and Li, N., 2016. Optimal Siting of Charging Stations for Electric Vehicles Based on Fuzzy Delphi and Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approaches from an Extended Sustainability Perspective. Energies, 9 (4), 270, 1-22.

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Erzurum ili İspir ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Rize’de tamamladı. 2017 yılında Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden bölüm ikinciliği ile mezun oldu. 2017 yılı Temmuz ayında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2019 yılı Temmuz ayında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 2018 yılı Şubat ayından itibaren Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen daha bu görevini sürdürmektedir.