

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞARJ İSTASYONLARI YERLEŞİMİ PROBLEMİ: EGE VE  
MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Sümeyye ÇINAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Danışman  
Prof. Dr. Mehmet Güray GÜLER

Haziran, 2023

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞARJ İSTASYONLARI YERLEŞİMİ PROBLEMİ: EGE VE  
MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ**

Sümeyye ÇINAR tarafından hazırlanan tez çalışması 22.06.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Güray  
GÜLER  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Mehmet Güray Güler, Danışman  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülfem TUZKAYA, Üye  
Marmara Üniversitesi

Doç. Dr. Selçuk ALP, Üye  
Yıldız Teknik Üniversitesi

---

---

---

Danışmanım Prof. Dr. Mehmet Güray GÜLER sorumluluğunda tarafımda hazırlanan “ŞARJ İSTASYONLARI YERLEŞİMİ PROBLEMİ: EGE VE MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Sümeyye ÇINAR

İmza



*Aileme  
ve  
arkadaşlarım*

## TEŐEKKÜR

---

Bu çalışmanın hayata geçirilmesinde, bilgi birikimini benim ile paylaőmaktan bir an tereddüt etmeyen, her ne zaman yardımına ihtiyaç duysam tüm özverisiyle yardım eden saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Güray GÜLER'e, sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmama katkı sağlayan Arő. Gör. Saliha Büőra GÜNDÜZ'e, yüksek lisans sürecim boyunca desteklerini esirgemeyen sabırla yanımda olan arkadaőım Can CAMGÖZ'e ve canım arkadaőım Sümeyye AYDIN'a çok teőekkür ederim.

Son olarak beni bu yolda sürekli cesaretlendiren ve her zaman yanımda olan canım aileme teőekkürü borç bilirim.

Sümeyye ÇINAR.

# İÇİNDEKİLER

---

<b>SİMGE LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>KISALTMA LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiv</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Taraması.....	2
1.2 Tezin Amacı .....	6
1.3 Hipotez .....	6
<b>2 UYGULAMA</b>	<b>7</b>
2.1 Problem Tanımı .....	7
2.2 Optimizasyon Modeli.....	9
2.3 FRLM Çözümü .....	13
<b>3 ANALİZ</b>	<b>15</b>
3.1 Model Çözüm ve Analizi .....	15
3.2 Analiz .....	18
<b>4 SONUÇ</b>	<b>21</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	<b>22</b>
<b>A MARMARA VE EGE BÖLGESİ VERİ SETİ</b>	<b>25</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

$P$	Açılması gereken istasyon sayısı
$\geq$	Büyük eşit tanımı
$y_q$	$f_q$ kapsayabiliyorsa 1 değilse 0
$\forall$	Her bir eleman
$h$	Kombinasyon seti elemanı
$H$	Kombinasyon seti
$v_h$	Kombinasyonda tüm istasyonlar açıksa 1 değilse 0
$a_{hk}$	Kombinasyonların ilçelerde açılan istasyon tablosu
$b_{qh}$	Kombinasyonların yolu tamamlayıp tamamlamadığını gösteren tablo
$x_k$	$k$ lokasyonun da istasyon açıldıysa 1 değilse 0
$k$	Potansiyel istasyon elemanı
$K$	Potansiyel istasyon kümesi
$Q$	Rota çift seti
$q$	Rota çift seti elemanı
$\Sigma$	Toplam İşlemi

## KISALTMA LİSTESİ

---

EV	Elektrikli Araç
FRLM	Akış Yakıt İkmal Modeli
ID	Identification Number
KTP	Karma Tamsayı Program
TOGG	Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Marmara Bölgesi'ndeki Potansiyel İstasyonlar .....	7
Şekil 2.2 Ege Bölgesi'ndeki Potansiyel İstasyonlar .....	8
Şekil 2.3 Potansiyel İstasyonlar .....	9
Şekil 3.1 Ege Bölgesi'nde P=1 değeri için maksimum akış değerleri .....	15
Şekil 3.2 Marmara Bölgesi'nde P=1 değeri için maksimum akış değerleri .....	16
Şekil 3.3 Ege Bölgesi'nde sürüş menzili 200 km için maksimum akış değerleri ..	17
Şekil 3.4 Marmara Bölgesi'nde sürüş menzili 200 km için maksimum akış değerleri .....	17
Şekil B.1 Ege Bölgesi'nde P=2 değeri için maksimum akış değerleri.....	36
Şekil B.2 Ege Bölgesi'nde P=3 değeri için maksimum akış değerleri.....	36
Şekil B.3 Ege Bölgesi'nde P=4 değeri için maksimum akış değerleri.....	37
Şekil B.4 Ege Bölgesi'nde P=5 değeri için maksimum akış değerleri.....	37
Şekil B.5 Ege Bölgesi'nde P=6 değeri için maksimum akış değerleri.....	37
Şekil B.6 Ege Bölgesi'nde P=7 değeri için maksimum akış değerleri.....	38
Şekil B.7 Ege Bölgesi'nde P=8 değeri için maksimum akış değerleri.....	38
Şekil B.8 Marmara Bölgesi'nde P=2 değeri için maksimum akış değerleri.....	38
Şekil B.9 Marmara Bölgesi'nde P=3 değeri için maksimum akış değerleri.....	39
Şekil B.10 Marmara Bölgesi'nde P=4 değeri için maksimum akış değerleri.....	39
Şekil B.11 Marmara Bölgesi'nde P=5 değeri için maksimum akış değerleri.....	40
Şekil B.12 Marmara Bölgesi'nde P=6 değeri için maksimum akış değerleri.....	40
Şekil B.13 Marmara Bölgesi'nde P=7 değeri için maksimum akış değerleri.....	41
Şekil B.14 Marmara Bölgesi'nde P=8 değeri için maksimum akış değerleri.....	41
Şekil B.15 Marmara Bölgesi'nde P=9 değeri için maksimum akış değerleri.....	41
Şekil B.16 Marmara Bölgesi'nde P=10 değeri için maksimum akış değerleri.....	42
Şekil B.17 Marmara Bölgesi'nde P=11 değeri için maksimum akış değerleri.....	42
Şekil B.18 Ege Bölgesi'nde sürüş menzili 100 km için maksimum akış değerleri.....	42
Şekil B.19 Ege Bölgesi'nde sürüş menzili 300 km için maksimum akış değerleri .....	43
Şekil B.20 Ege Bölgesi'nde sürüş menzili 400 km için maksimum akış değerleri.....	43
Şekil B.21 Ege Bölgesi'nde sürüş menzili 500 km için maksimum akış değerleri.....	43

<b>Şekil B.22</b> Marmara Bölgesi'nde sürüş menzili 100 km için maksimum akış değerleri.....	<b>44</b>
<b>Şekil B.23</b> Marmara Bölgesi'nde sürüş menzili 300 km için maksimum akış değerleri.....	<b>44</b>
<b>Şekil B.24</b> Marmara Bölgesi'nde sürüş menzili 400 km için maksimum akış değerleri.....	<b>45</b>
<b>Şekil B.25</b> Marmara Bölgesi'nde sürüş menzili 500 km için maksimum akış değerleri.....	<b>45</b>



## TABLO LİSTESİ

---

<b>Tablo 2.1</b> Parametreler listesi .....	<b>10</b>
<b>Tablo 2.2</b> Değişkenler listesi .....	<b>10</b>
<b>Tablo 2.3</b> a <sub>hk</sub> tablo örneği .....	<b>11</b>
<b>Tablo 2.4</b> b <sub>qh</sub> tablo örneği .....	<b>11</b>
<b>Tablo 2.5</b> Marmara Bölgesi Potansiyel İstasyon .....	<b>13</b>
<b>Tablo 2.6</b> Ege Bölgesi Potansiyel İstasyon .....	<b>14</b>
<b>Tablo 3.2.1</b> Ege Bölgesi İstasyonları (Menzil 200km) .....	<b>18</b>
<b>Tablo 3.2.2</b> Ege Bölgesi İstasyonları (Menzil 300km) .....	<b>19</b>
<b>Tablo 3.2.3</b> Marmara Bölgesi İstasyon Lokasyonları (Menzil 200km) .....	<b>19</b>
<b>Tablo 3.2.4</b> Marmara Bölgesi İstasyon Lokasyonları (Menzil 200km) .....	<b>20</b>
<b>Tablo A.1</b> Marmara Bölgesi Rotası .....	<b>25</b>
<b>Tablo A.2</b> Ege Bölgesi Rotası .....	<b>29</b>
<b>Tablo A.3</b> Marmara Bölgesi Uzaklık Matrisi .....	<b>30</b>
<b>Tablo A.4</b> Ege Bölgesi Uzaklık Matrisi .....	<b>31</b>
<b>Tablo A.5</b> Marmara Bölgesi Akış Hacmi .....	<b>32</b>
<b>Tablo A.6</b> Ege Bölgesi Akış Hacmi .....	<b>32</b>

## Şarj İstasyonları Yerleşimi Problemi: Ege ve Marmara Bölgesi Örneği

Sümeyye ÇINAR

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Güray GÜLER

Elektrikli araçlar (EV'ler), günümüzde petrole olan bağımlılığın azaltılması, gürültü ve karbon emisyonlarının düşürülmesi ve ulaşım verimliliğinin artırılması gibi konularda büyük önem taşımaktadır. EV'lerin yaygınlaşmasını büyük ölçüde etkileyen sorunların başında şarj altyapısının yetersizliği gelmektedir. Mevcut şarj istasyonlarının sayısı, artan EV talebini karşılamak için yeterli düzeyde değildir. Bu sorunun çözümü için devlet hibe mekanizmaları başta olmak üzere farklı çözümler sunmaktadır. Şarj istasyonlarının sayısı kadar, doğru konumlandırılması da oldukça önemlidir. Türkiye'de yerli üretimi olan Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu'un (TOGG'un) yakın bir zamanda yollarda olması beklenirken, doğru konumlanmış EV şarj istasyonları, menzil kaygılarını ortadan kaldırarak uzun mesafeli seyahatlere olanak sağlayabilir. Bu da araçların yaygınlaşması için ciddi bir fayda sağlayabilir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Marmara ve Ege Bölgeleri'ndeki EV'ler için şarj istasyonu yerlerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Şarj istasyonu yerleştirme problemi için karma tamsayılı doğrusal programlama (KTP) modeli kullanılmıştır. Bu modelin Türkiye genelinde uygulanabilirliği, duyarlılık analiziyle edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli araçlar, karma tamsayılı programlama, EV şarj istasyonu.

## Charging Stations Location Problem: Example of Aegean and Marmara Region

Sümeyye ÇINAR

Department of Industrial Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Güray GÜLER

Electric vehicles (EVs) are of great importance today in reducing reliance on oil, reducing noise and carbon emissions, and increasing transportation efficiency. The inadequacy of charging infrastructure is one of the most important problems affecting the prevalence of EVs. The number of charging stations available is not sufficient to meet the increasing EV demand. To solve this problem, the government offers different solutions, especially grant mechanisms. Correct positioning is as important as the number of charging stations. While TOGG, which is a domestic production in Turkey, is expected to be on the roads soon, correctly located EV charging stations can enable long-distance travels by eliminating range concerns. This can provide a serious benefit for the widespread use of vehicles.

In this study, it is aimed to determine the charging station locations for EVs in the Marmara and Aegean Regions of Turkey. Mixed integer linear programming (MIP) model was used for the charging station placement problem. The applicability of this model in Turkey has been analyzed by sensitivity analysis.

**Keywords:** Electric vehicles, mixed integer programming, EV charging station.

# 1 GİRİŞ

---

Teknolojinin hızlı gelişimi, bir yandan hayatımızı kolaylaştırarak daha verimli hale getirirken, diğer yandan enerji talebinin tüm sektörlerde artışına sebep olmaktadır. Son yıllarda küresel ısınmanın artmasıyla birlikte, alternatif araçların ulaşım sektöründe önemi daha da artmıştır. Sera gazı emisyonlarının ve karbon ayak izinin azaltılması gibi amaçlarla EV'ler popülerlik kazanmıştır. Artan talep, EV'lere olan ilginin artmasına ve buna bağlı olarak şarj istasyonlarının gerekliliğinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak mevcut şarj istasyon altyapısı yetersizdir ve bu durum şehir içi ve şehirlerarası yollar dahil olmak üzere, şarj istasyonlarının stratejik yerleştirilmesi zorluklarını ortaya çıkartmaktadır. EV'lerin yaygınlaşması için, doğru lokasyonlara yeterli sayıda şarj istasyonunun yerleştirilmesi önem arz etmektedir.

Şarj istasyonu yerleştirme problemi, günümüzde güncelliğini koruyan bir konudur. Bu bağlamda, son zamanlarda ülkemizde, doğru konumlandırma için şarj istasyonlarının yer seçimine yönelik devlet tarafından hibe desteği sağlanmaktadır. (<https://sarjdestek.sanayi.gov.tr/cagri-duyurusu>)

Bu çalışma, Türkiye'deki Marmara ve Ege Bölgeleri'ndeki EV'ler için açılacak şarj istasyonu yerlerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Şarj istasyonu yerleştirme problemi için KTP modeli kullanılmıştır. Bu modelin Türkiye genelinde uygulanabilirliği, duyarlılık analizi ile test edilmiştir.

## 1.1 Literatür Taraması

Küresel ısınmayla birlikte, EV'lerin önemi giderek artmaktadır. Ancak, bu araçların talebinin ve satış oranlarının artması, bazı sorunlar doğurmaktadır. Bu sorunların en önemlisi, şarj istasyonlarındaki yetersizliktir. Şarj istasyonlarının yetersizliği, EV endüstrisinin gelişmesine engel olmaktadır. EV'ler için en önemli sorun, mümkün olan en uygun konumlara sahip optimum kapasiteli şarj istasyonlarının yerleştirilmesidir (Awasthi vd, 2017).

Bu çalışmada, şarj istasyonu yerleştirme problemi ele alınmış ve bu konuda Türkiye ve dünya genelinde çeşitli algoritmalar önerilmiş ve kullanılmıştır. Odaklanılan konu EV'ler için şarj istasyonu yerleştirme problemidir. Literatür araştırmamız, EV'ler için şarj istasyon yeri belirleme ile sınırlıdır. Genevois ve Kocaman (2018), İstanbul, Kadıköy ve Ataşehir'de bulunan 2. seviye şarj istasyonlarının yerinin belirlenmesinde analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. İki ilçedeki alışveriş merkezlerinin ağırlıkları belirlendikten sonra, bütçe ve kapasite göz önünde bulundurularak kullanıcı faydasını maksimize ederek istasyonların konumlandırılması için matematiksel bir model tanımlanmıştır. Kuby ve Lim (2005), alternatif yakıtlı araçlar için yakıt ikmal tesislerinin en uygun konumuna kadar genişletilen akış yakalama modellerini ele almaktadır. Mevcut akış yakalama modelleri, bir akışın yolu boyunca sadece bir tesisten geçmesi durumunu varsaymaktadır. Ancak araç menzili sınırlı olduğunda, araca yakıt ikmali için birden fazla tesiste durmak gerekebilir. Bu nedenle, yakıt ikmali için araç menziline, yol uzunluğuna ve düğüm aralığına bağlı olarak tüm yol boyunca başarılı bir şekilde yakıt ikmali yapabilmek için farklı istasyonlarda durmak gerekmektedir.

Yakıt İkmal Konum Modeli (FRLM), bir ağ üzerindeki istasyonları en uygun şekilde konumlandırarak yakıt ikmali yapılan toplam akış hacmini maksimize etmeyi amaçlar. Lim ve Kuby (2004), hidrojen, etanol, biyodizel, doğal gaz veya elektrik gibi alternatif yakıtlar için yakıt ikmal istasyonları için en uygun yerleri belirlemek için üç farklı algoritma sunmaktadır. Bu algoritmaların karmaşık FRLM problemlerini etkin ve verimli bir şekilde çözdüğü gösterilmiştir. Florida eyaletindeki hidrojen yakıt ikmal istasyonlarını belirlemek için, Kuby vd. (2009), FRLM kullanarak hidrojen girişimi adına ilk yakıt ikmal altyapısını farklı analiz ölçeklerinde uygulama stratejilerini araştırmışlardır.

Kuby vd. (2017), ulaşım sektöründe yakıt olarak kullanılanların %90'dan fazlasının petrol olduğunu belirtmektedir. Bu yüksek orandaki petrol bağımlılığını azaltmak amacıyla, Avrupa'da kamyon duraklarının ağını optimize etmek için bir modelleme yaklaşımı olan FRLM bazlı bir model geliştirilmiştir. Bu model, yolculuk sayısı ve sürüş mesafesine göre yakıt akışını maksimize etmeyi hedeflemektedir. Lim ve Kuby'nin (2010) araştırmasında, bu tür kombinasyonların hesaplanması zor olabileceği ve büyük ölçekli ağları çözmek için özel yöntemlere ihtiyaç duyulabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada, ikili tamsayı programlama yöntemi sunulmuştur, bu da istasyon kombinasyonlarının önceden oluşturulmasını gerektirmeyen bir formülasyondur. Bu alternatif model, FRLM'e bir seçenek olarak önerilmektedir.

Riemann vd. (2015), belirli bir vaka çalışması için FRLM kullanarak EV'lerin kablosuz güç aktarım tesisleri için en uygun konumlarını belirlemeyi hedeflemiştir. Bu model, trafik akışını en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, daha karmaşık politikaları çözmek için bir algoritma uygulamışlardır. Öte yandan, Li vd. (2022), saptırma sıklığını ve ekstra mesafeyi azaltmak amacıyla halka açık şarj altyapılarını bölgesel bir ağda koordineli bir şekilde yerleştirme konusunda çalışmaktadır. Aynı zamanda, bu problemin modellenmesini ve çözümünü gerçekleştirmek için bir yaklaşım geliştirmektedirler. Her iki çalışma da EV'lerin şarj altyapısı ve güç aktarımıyla ilgili sorunları ele almaktadır. Optimize edilmiş ve verimli çözümler sunmayı hedeflemektedirler. Bu çalışmalar, kablosuz güç aktarımı ve şarj istasyonu yerleştirme problemlerine yönelik ilerlemeler sağlamakta ve EV'lerin yaygın kullanımına yönelik altyapıyı geliştirmek için değerli bir katkı sunmaktadır.

Cheng & Wang (2020) trafik ağındaki toplam alternatif yakıt tüketimi miktarını en üst düzeye çıkartmak ve seyahat taleplerini mümkün olan en geniş ölçüde karşılamak için, sınırlı bir kapasiteye sahip alternatif yakıt istasyonları inşa etmek için bir ulaşım ağında en uygun yerleri bulma problemini ele almaktadır. Her başlangıç-varış çiftindeki trafik akışlarını bir sabit olarak ele alan mevcut çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada rastgele değişkenlerin olduğu bir stokastik şans-kısıtlı programlama modeli önerilmiştir. Jochem vd. (2019), belirli bir Avrupa otoyolu durumu için FRLM'yi uygulamıştır. İlgili çalışmada Fransa, Almanya, Benelüks ülkeleri, İsviçre, Avusturya, Danimarka, Çek Cumhuriyeti ve

Polonya gibi seçilmiş ülkelerde EV için bir ağ tasarlanmıştır. Uygulanan metodoloji, 150 km'lik bir sürüş menzili için ihtiyaç duyulan hızlı şarj istasyonlarının sayısını bulmayı amaçlamıştır. Hodgson vd. (1996) çalışmasında geleneksel konum modelleri düğümlerdeki ağırlıklar olarak ifade edilen talebi en iyi şekilde karşılamak için ağ tesislerini konumlandırmayı amaçlamaktadır. Kanada Edmonta' da sabah trafiğinde uygulanmıştır. Moh vd. (2018), her bir aracın birden çok şarj talebinin ortalama şarj oranını ve süresini tahmin etmek için tahmine dayalı bir algoritma uygulamıştır. Benzetim durumlarının sonuçlarını karşılaştırmak için simülasyonlar tasarlanmıştır. Abdalrahman ve Zhuang (2019), modele dinamik trafik akışları ekleyerek FRLM'nin genişletilmiş bir sürümünü önermiştir. Mümkün olan tüm rotalar dikkate alınmış ve mümkün olan en kısa seyahat süresini seçmeyi hedeflemiştir.

Çapar vd. (2013) çalışmasında araç menzilini ve başlangıç-varış yeri çiftleri arasındaki yolculukları hesaba katan genelleştirilmiş FRLM'nin yeni bir formülasyonunu sunmaktadır. Her bir yolu oluşturan rotaları kapsamaya dayalı yeni formülasyonun, hesaplama açısından önceki formülasyonlardan daha verimli olduğu ispatlamıştır. Brey vd. (2016), İspanya'nın Sevilla kentinde alternatif yakıtlı araçlar için hidrojen yakıt ikmal istasyonlarını belirlemek amacıyla bir FRLM uygulamıştır. Makalenin amacı, şehir sakinlerinin ortalama mesafesini dikkate alarak şarj istasyonlarının kapsadığı trafiği maksimuma çıkarmak ve hidrojen yakıt ikmal istasyonu sayısını en aza indirmektir. Li vd. (2022), çalışmasında, lojistik şirketleri için iki seviyeli bir programa dayalı bir kamusal şarj altyapısı yerelleştirme ve rota planlama stratejisi önermektedir. Problemi çözmek için iki katmanlı bir genetik algoritma ile iki aşamalı bir-yaklaşım sunulmuştur. Önerilen yöntem test edilmiş ve şarj istasyonları ile kıyaslama örnekleri kullanılarak meta-sezgisel yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Halka açık şarj altyapılarının şarj talebini simüle etmek için Çin'in güneybatısındaki büyük bir şehir olan Chengdu'dan alınan veriler kullanılarak bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir. Lech ve Nikończuk (2022), çalışmasında EV yolculuklarını genetik algoritmaların kullanımıyla optimize etmek için bir yöntem önerisi sunmaktadır. Yazarlar tarafından geliştirilen yöntem; EV menzilini, şarj istasyonlarının konumunu ve yavaş/hızlı şarj istasyonunun parametrelerini dikkate almaktadır. Yöntemin ilk doğrulaması, hızlı ve yavaş şarj istasyonlarının gerçek konumları dikkate alınarak

Polonya'daki bir seyahat rotası örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kim ve Chung (2023) çalışmalarında, şarj ve deşarj hızlarının şarj durumuna bağlı olarak değiştiği doğrusal olmayan şarj ve deşarj fonksiyonlarının EV rotalama problemini nasıl etkilediğini incelenmiştir. Ayrıca, şarj durumuna bağlı özelliklerin etkisini araştırmışlar ve doğrusal olmayan bir boşaltma fonksiyonu geliştirmişlerdir. Bunun yanı sıra, KTP modelini geliştirmişler ve verimli bir algoritma önermişlerdir. Xylia vd. (2017), elektrikli otobüsler için şarj istasyonlarının yer seçimi problemine odaklanarak Stockholm'ün önerilen otobüs ağını ele almışlardır. Yazarlar, bir KTP modeli sunarak sorunu çözmeyi amaçlamışlardır. Bu model, otobüs ağının ulaşım maliyetini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Wu ve Sioshansi (2017), stokastik verilerle FRLM'ni geliştirmiştir. Bu model, toplanan stokastik verilere dayanarak EV'lerin belirsiz taleplerinden şarj etme sürelerini hesaplamaktadır. Karma tamsayı model çözümü ve sezgisel algoritma sonuçları, ABD, Ohio'da bir vaka çalışmasında test edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kınay vd. (2021), ise yakıt ikmal istasyonu altyapısını tasarlamak için yeni bir kapsamlı modelleme çerçevesi geliştirmiştir. Bu çalışmada odak noktası, uzun mesafeli ulaşımı sağlamak için akülü EV'ler için hızlı şarj istasyonlarının en uygun yerlerini belirlemektir. Matematiksel bir model tanımlanarak bu şarj istasyonlarının optimal konumlarını belirlemek için bir algoritma geliştirilmiştir.

Bu çalışmalar, EV'ler şarj süreçlerinin yönetimi, şarj istasyonlarının yerleştirilmesi ve enerji talebinin tahmini gibi önemli konuları ele almaktadır. Bu alanda yapılan araştırmalar, EV'lerin yaygınlaşması ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada ise Türkiye'de Marmara ve Ege Bölgeleri'ndeki EV şarj istasyonu konum belirleme problemi ele alınmış ve FRLM ile çözülmüştür.

## **1.2 Tezin Amacı**

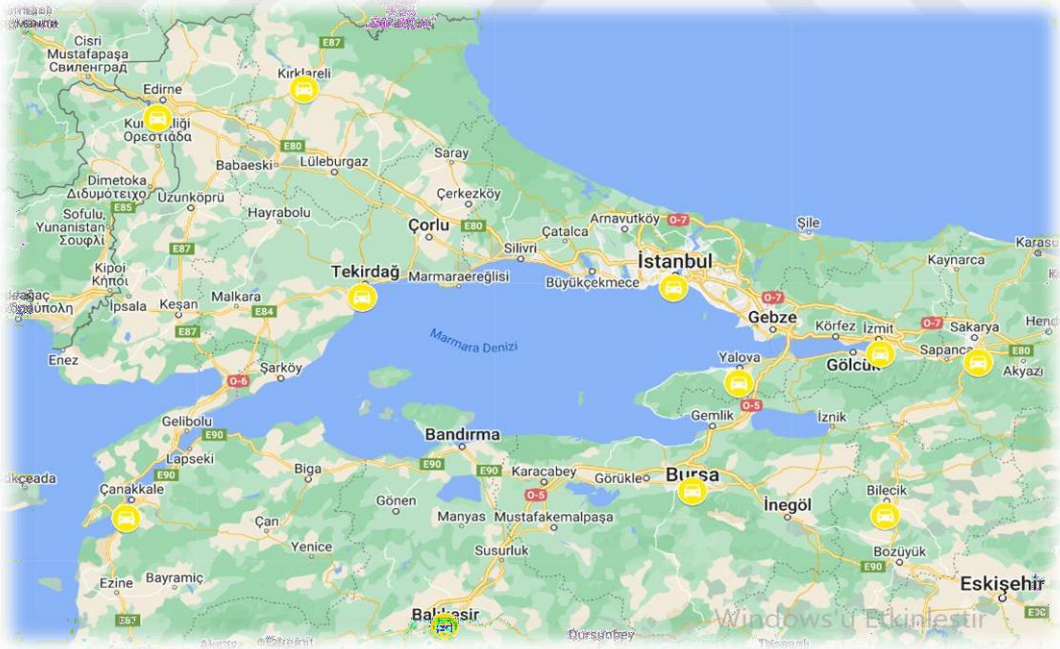
Gelişen teknolojiyle birlikte, EV sanayisi ülkemizde hızlı bir şekilde büyümektedir. Türkiye'de TOGG şirketinin piyasaya çıkmasıyla birlikte, EV'ler için doğru konumlandırılmış şarj istasyonlarının önemi artmıştır. Çünkü şarj istasyonlarının alt yapı yetersizliği, EV'lerdeki talep artışını sınırlamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma Marmara ve Ege Bölgeleri gibi nüfusun daha yoğun olduğu ve alım gücünün daha yüksek olduğu bölgelerde EV'ler için şarj istasyonlarının doğru yerlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Şarj istasyonu yerleşimi problemine çözüm bulabilmek için FRLM'yi kullanılmıştır. Türkiye'deki EV sanayisinin büyümesine katkıda bulunarak, şarj istasyonlarının doğru yerleştirilmesiyle alt yapı yetersizliğini gidermeyi ve EV'lerin yaygınlaşmasını desteklemeyi hedeflemektedir.

## **1.3 Hipotez**

Bu çalışma, EV'ler için şarj istasyonlarının doğru lokasyonlara açılarak başlangıç ve bitiş noktaları belli olan rotalar üzerinden geçen taşıt sayısını maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Şarj istasyonlarının doğru konumlandırılması, EV'lerin uzun mesafeleri rahatlıkla tamamlayabilmesini sağlayacaktır. Bu amaçla, çalışmada FRLM'yi kullanılarak Marmara ve Ege Bölgeleri için nüfus yoğunluğu, yol ağı gibi faktörler dikkate alınarak, optimal şarj istasyonu lokasyonları belirlenmiştir. Bu model, çeşitli parametreleri analiz ederek, şarj istasyonlarının uygun yerlerini il ölçeğinde belirlemektedir. Çalışma sonuçları, belirlenen bölgeler için optimal şarj istasyonu lokasyonlarının belirlenebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, EV'lerin daha uzun mesafelerde güvenle seyahat edebilmeleri için altyapının doğru şekilde planlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışma, EV'ler ve şarj altyapısıyla ilgili stratejik kararlar almak isteyen yerel yönetimler, enerji şirketleri ve diğer ilgili paydaşlar için önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, benzer uygulamaların diğer bölgelerde de yapılmasına ve EV'lerin yaygınlaşması için altyapının daha da geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

## 2.1 Problem Tanımı

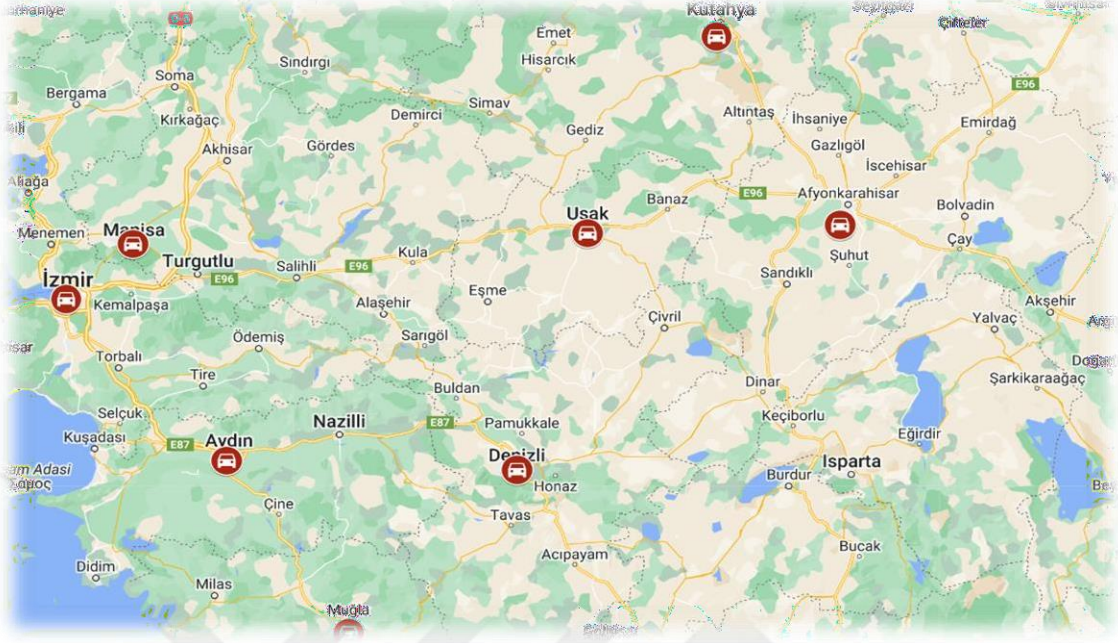
Bu çalışmada Türkiye’de Marmara ve Ege Bölgesi’ndeki EV’ler için şarj istasyon yerlerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Şarj istasyon yeri problemi için FRLM kullanılmıştır. Araçlar için belirli başlangıç ve bitiş noktaları olan rotalar belirlenmiştir. Bu rotaların başlangıç ve bitiş noktaları, Ege ve Marmara Bölgesi’ndeki illerin kombinasyonları şeklinde oluşturulmuştur. Bu rotadaki araç akışları ise illerdeki nüfuslarla doğru orantılı olacak şekilde belirlenmiştir. EV’ler için menzil kısıtı; araçların mevcuttaki elektrik enerjisiyle gidebileceği mesafedir. Araç akışlarının belirli menzil kısıtı altında belirlene rotayı tamamlayabilmesi için hangi noktalara istasyon kurulması gerektiği incelenmiştir. Marmara Bölgesi’nde bulunan 11 il ve Ege Bölgesi’nde bulunan sekiz il potansiyel istasyon olarak belirlenmiştir. Model bu potansiyel istasyonlardan bir veya birkaç tanesine istasyon kurmayı planlayacaktır.



Şekil 2.1 Marmara Bölgesi’ndeki Potansiyel İstasyonlar

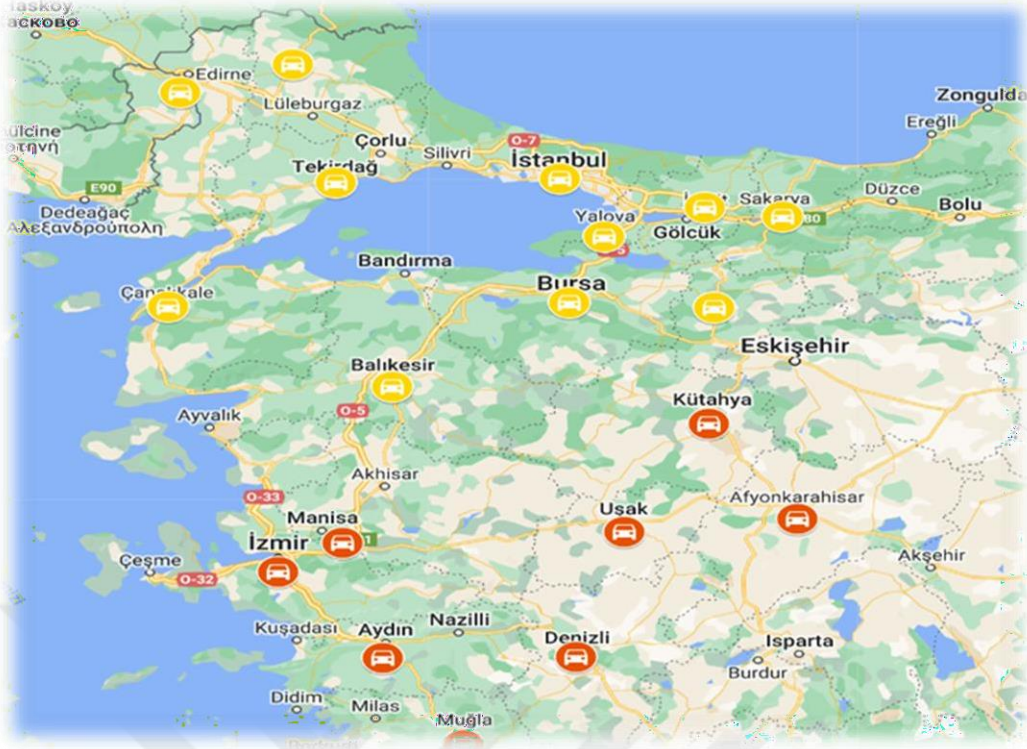
Marmara Bölgesi için belirlenen potansiyel istasyonlar Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Potansiyel istasyon olarak seçilen 11 ilin ikili kombinasyonları alınarak 55 rota

belirlenmiştir. Ege Bölgesi için ise sekiz il potansiyel istasyon lokasyonu olarak belirlenmiştir ve Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.2** Ege Bölgesi’ndeki Potansiyel İstasyonlar

Sekiz istasyon için ikili kombinasyonları alınarak 28 rota belirlenmiştir. Rota üzerindeki istasyonların birbirlerine olan mesafeleri için uzaklık matrisi kullanılmıştır. Rota üzerinden geçen araba akış hacmi; illerin nüfus miktarı ile doğru orantılı şekilde belirlenmiştir. Ege ve Marmara Bölgesi için potansiyel istasyon lokasyonları Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Potansiyel İstasyonlar

Belirlenen rotalar üzerinden geçen araçların maksimumun rotayı tamamlaması amaçlanmaktadır. Araçların rotaları tamamlayabilmesi için şarjlarının rotayı tamamlayacak düzeyde olması gerekir. Araçların belirlenen rotalarda menzil sorunu yaşamadan rotayı tamamlayabilmesi için doğru lokasyonlara şarj istasyonları açılmalıdır.

## 2.2 Optimizasyon Modeli

EV'ler için şarj istasyonlarının doğru konumlandırılması için kullanılan FRLM'i bu bölümde detaylandırılmaktadır.

### 2.2.1 FRLM Parametre ve Değişken Tanımlamaları

FRLM' d e yer alan parametreler ve değişkenler bu bölümde tanımlanmaktadır. Modelde parametre olarak rotalar üzerinden geçen EV sayısı, potansiyel lokasyonlar, modelde açmak istediğimiz istasyon sayısı ve kombinasyon seti kullanılmaktadır. Parametrelerde  $Q$  rota çift setini gösterirken  $q$  ise o rota setinden bir elemanı temsil etmektedir. Potansiyel istasyon lokasyonları ve kombinasyon setinde de aynı durum geçerlidir. Örneğin  $k$  İstanbul istasyon lokasyonunu

tanımlarken  $K$  Marmara Bölgesi'ndeki istasyon lokasyonlarını tanımlamaktadır.

Modele girdi oluşturan **parametre** değerleri Tablo 2.1'da yer almaktadır.

**Tablo 2.1** Parametreler listesi

Parametre	Tanım
$q, Q$	Rota indisi ve kümesi
$f_q$	$q$ yol rota üzerindeki EV akış hacmi
$k, K$	Potansiyel istasyon lokasyon indisi ve kümesi
$p$	Açılması istenen istasyon sayısı
$h, H$	İstasyon kombinasyon indisi ve kümesi

Modelde **değişken** olarak tanımlanan değerler Tablo 2.2'de yer almaktadır.

**Tablo 2.2** Değişkenler listesi

Değişkenler	Tanım
$y_q$	Eğer $f_q$ akış hacmi, rota üzerinden geçiyorsa 1 değilse 0
$x_k$	Eğer $k$ lokasyonunda istasyon açıldıysa 1 değilse 0
$v_h$	Eğer $h$ kombinasyonundaki tüm istasyonlar açıksa 1 değilse 0

FRLM'de  $b_{qh}$  ve  $a_{hk}$  şeklinde iki tablo oluşturulmuştur. Tablo 2.3 ve Tablo 2.4' te gösterilmiştir.  $b_{qh}$  tablosu kombinasyonların rotayı tamamlayıp tamamlamamasına göre oluşturulan bir tablodur. Örnek verilecek olursa 1. kombinasyon rota 1 ve rota 2'de araç akışını sağlayabiliyorsa 1, eğer araç akışı sağlanamıyorsa 0 şeklinde 1 ve 0'lardan oluşturulan bir tablodur.  $a_{hk}$  tablosu da benzer şekilde kombinasyonda hangi illere istasyon açıldığını gösterir. Örnek verilecek olursa 1'inci kombinasyona göre, lokasyon1 ve lokasyon2'de istasyon açılmış

ise 1 değilse 0 şeklinde 1 ve 0'lerden oluşturulan bir tablodur. Tablo 2.3'te  $b_{qh}$  tablosu için bir örnek tablo gösterilmiştir. Bu tablo oluşturulan kombinasyonlardaki araçların yolu tamamlayıp tamamlamamasına göre oluşturulan bir tablodur. Örnek tabloya göre 1.rota kombinasyon1 ve kombinasyon4'te akışı sağlayabildiği için 1 değerini almıştır. Tablo 2.4'te  $a_{hk}$  tablosu için örnek bir tablo gösterilmiştir. Bu tabloya göre kombinasyon1; lokasyon1, 2 ve 4'te istasyon açmıştır. Benzer şekilde  $b_{qh}$  tablosunda kombinasyonların yolu tamamlayıp tamamlamamasına göre oluşturulan bir tablodur.

**Tablo 2.3**  $a_{hk}$  tablo örneği

$a_{hk}$	Lokasyon1	Lokasyon2	Lokasyon3	Lokasyon4
Kombinasyon1	1	1	0	1
Kombinasyon2	0	1	1	1
Kombinasyon3	1	0	0	0
Kombinasyon4	1	0	0	1

**Tablo 2.4**  $b_{qh}$  tablo örneği

$b_{qh}$	Kombinasyon1	Kombinasyon2	Kombinasyon3	Kombinasyon4
Rota 1	1	0	0	1
Rota 2	0	0	1	1
Rota 3	1	0	1	0

### 2.2.2 Amaç Fonksiyonu ve Kısıtlar

Önceki bölümlerde FRLM'ye konu edilen problem ve modeldeki metrikler tanımlanmıştır. Bu modelde kullanılan amaç fonksiyonu ve kısıtları açıklanmaktadır. FRLM'i aşağıda verilmiştir:

$$\text{Max } Z = \sum_{q \in Q} f_q y_q \quad (2.1)$$

$$\sum_{h \in H} b_{qh} v_h \geq y_q \quad \forall q \in Q \quad (2.2)$$

$$x_k \geq v_h \quad \forall h \in H; k \text{ öyle ki} \quad a_{hk} = 1 \quad (2.3)$$

$$\sum_{k \in K} x_k = p \quad (2.4)$$

$$x_k, y_h, v_q \in \{0,1\} \quad \forall k, h, q \quad (2.5)$$

Modeldeki amaç fonksiyonu denklem (2.1)'de yer almaktadır. Problemin çözümünde amaç fonksiyonu EV akış hacmini maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Amaç fonksiyonundaki  $f_q$  ve  $y_q$  değerlerinin çarpımı rota üzerindeki yolu tamamlayan EV sayısını maksimize etmeyi hedeflemektedir. Kısıt (2.2) EV akışının maksimum olabilmesi için  $y_q$  değişken değerinin 1 olması gerekmektedir. Açılan  $v_h$  değişken değeri belirlenen rota üzerinde ise  $b_{qh}$  tablo değeri 1 olacaktır. Tablo değerinin 1 olması o rota üzerindeki ilgili kombinasyonun açıldığını göstermektedir. İlgili kombinasyon açıldıysa EV belirlenen rotaları tamamlayabilecektir. Kısıt (2.3) de öyle potansiyel istasyonlar seçilmiştir ki, seçilen potansiyel istasyonlar belirlenen kombinasyonun potansiyel istasyonu olmalıdır. Bu kısıt aslında  $a_{hk}$  tablosundaki kombinasyon değeri 1 olan alanları dikkate alır. Eğer bir kombinasyon açıldıysa o kombinasyondaki bütün illerde istasyonun açılmasını sağlamaktadır. Kısıt (2.4) toplamda  $p$  kadar istasyon açılmasını sağlamaktadır.

## 2.3 FRLM Çözümü

Bu bölümde geliştirilen modelin kodlanması ve optimize edilerek sonuçlandırılması aşamaları aşağıda yer almaktadır. FRLM optimizasyon çözücü olan Gurobi üzerinde Python programlama dili kullanılarak kodlanmıştır. Yazılan Python koduna Ek C’de yer verilmiştir.

### 2.3.1 Veri Seti

FRLM’de kullanılacak girdilere yer verilmektedir. FRLM için Marmara Bölgesi’nde bulunan 11 il potansiyel istasyon olarak belirlenmiş ve Tablo 2.5’te gösterilmiştir. Belirlenen 55 rota Ek A’da Tablo A.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.5** Marmara Bölgesi Potansiyel İstasyon

<i>Id</i>	<i>K: Potansiyel İstasyon</i>
1	İstanbul
2	Tekirdağ
3	Çanakkale
4	Balıkesir
5	Bursa
6	Yalova
7	Kocaeli
8	Edirne
9	Kırklareli
10	Sakarya
11	Bilecik

Ege Bölgesi için sekiz il potansiyel istasyon olarak belirlenmiş ve Tablo 2.6' da gösterilmiştir. Belirlenen 28 rota Ek A'da Tablo A.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.6** Ege Bölgesi Potansiyel İstasyon

<i>Id</i>	<b>K: Potansiyel İstasyon</b>
1	İzmir
2	Manisa
3	Aydın
4	Denizli
5	Muğla
6	Afyonkarahisar
7	Kütahya
8	Uşak

İllerin birbirine olan uzaklıkları için bir uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesi için uzaklık matrisi Ek A'da Tablo A.3 ve Tablo A.4'te gösterilmiştir.

Rota üzerinden geçen EV sayısının, seçilen potansiyel istasyondaki nüfus sayısı ile doğru orantılıdır. Taşıtlar için akış hacimleri Ek A'da Tablo A.5 ve Tablo A.6'da gösterilmiştir.

### **2.3.2 Modelin Çözümlemesi**

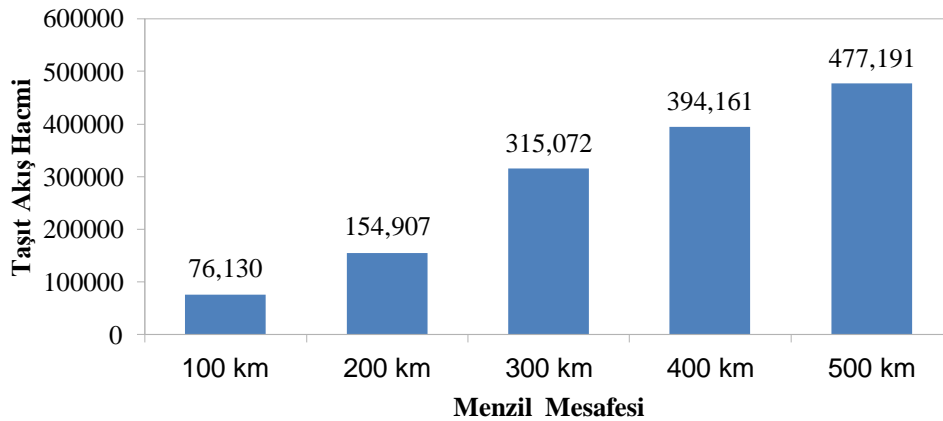
1. Modelin optimal çözümü Ege Bölgesi için yaklaşık bir dakika, Marmara Bölgesi için yaklaşık 10 dakika sürmektedir.
2. Optimal çözüm üzerinden yapılan analizlerin detayları bir sonraki bölümde anlatılacaktır.

### 3.1 Model Çözüm ve Analizi

FRLM’i başlangıcı ve bitişi belli olan rotalar üzerinden geçen EV hacmini maksimize edip taşıtların yolu tamamlamasını amaçlamaktadır. FRLM’yi Ege Bölgesi ve Marmara Bölgesi için p değeri sırasıyla [1,8] ve [1,11] aralığında olacak şekilde çalıştırılmıştır. Sürüş menzili de her iki bölge için [100,500] km aralığında 100’er artırılarak denenmiştir. Sürüş menzili ve istasyon sayısının etkisini anlamak için duyarlılık analizi yapılmıştır.

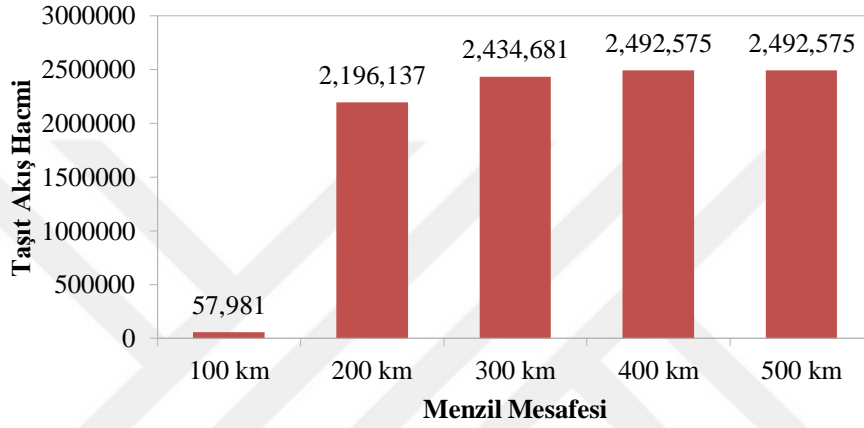
#### 3.1.1 Sürüş Menzil Etkisi

Ege Bölgesi’nde sürüş menzil etkisini anlamak için sürüş mesafesi [100,500]km aralığında 100’er arttırılarak beş farklı değer için, p değeri [1,8] arasındaki sekiz değer için sabit tutulup matematiksel model çalıştırılmış ve rotayı tamamlayan maksimum araç akışları hesaplanmıştır. İstasyon sayıları sabitken, sürüş menzil mesafesi arttıkça EV akış hacminin maksimum olma durumu da sürüş menziliyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Şekil 3.1’de p=1 değeri için maksimum akış değerleri gösterilmiş. Sadece İzmir’de istasyon açılarak İzmir-Manisa rotasında araç akışı sağlanabilmektedir. Farklı p değerleri için grafikler Ek B’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Ege Bölgesi’nde P=1 değeri için maksimum akış değerleri

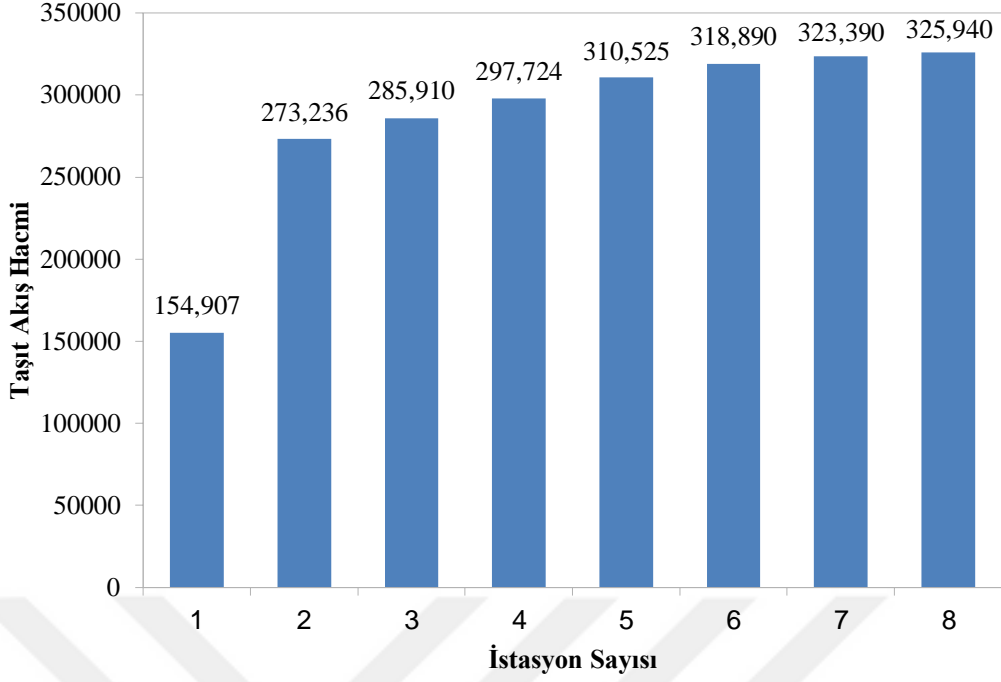
Marmara Bölgesi'nde sürüş mesafesinin etkisini anlamak amacıyla p değeri [1,11] aralığındaki 11 değer için sabit tutulup, sürüş mesafesi [100,500] km aralığında 100'er km arttırılarak 5 farklı değer için matematiksel model çalıştırılmış ve maksimum akışlar hesaplanmıştır. Marmara Bölgesi için 100 km menzilde sadece Bursa'ya istasyon açılarak Bursa-Kırklareli rotasında araç akışı sağlanmaktadır. Sürüş mesafesi 200 ile 500 km arasında ise İstanbul'a istasyon açılarak araç akışları sağlanmaktadır. Şekil 3.2'de sadece bir istasyon açılması durumundaki araç akışları gösterilmektedir. Farklı p değerleri için grafikler Ek B'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Marmara Bölgesi'nde P=1 değeri için maksimum akış değerleri

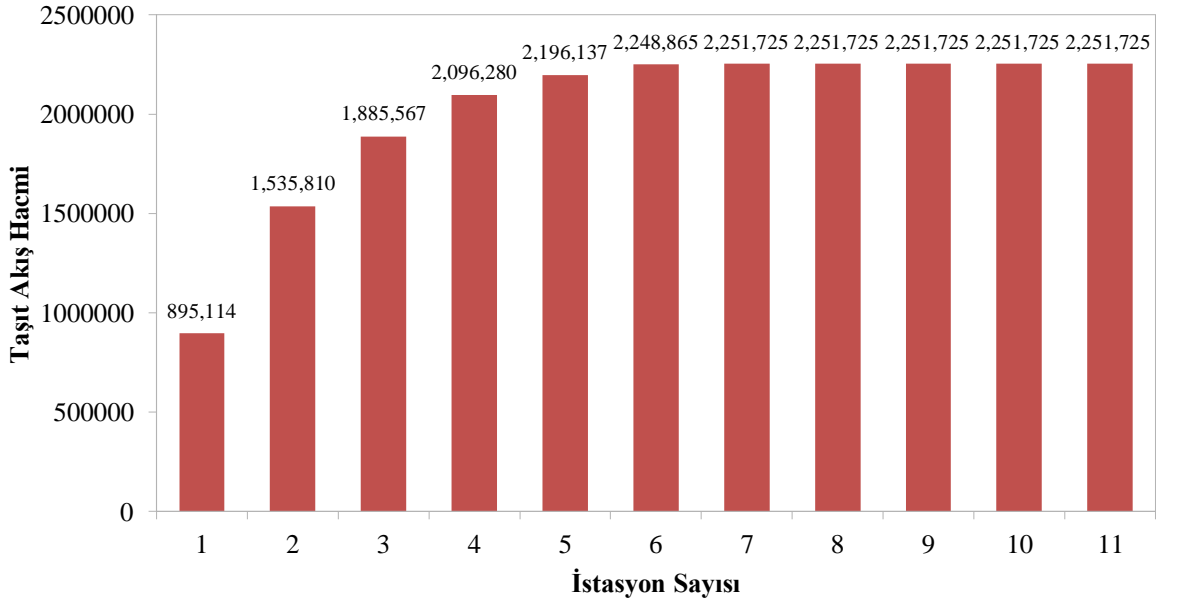
### 3.1.2 İstasyon Sayısının Etkisi:

Ege Bölgesi'nde istasyon sayısının etkisini anlamak için sürüş mesafesi [100,500] aralığında sabit tutulup, p değeri [1,8] aralığındaki değerler için matematiksel model çalıştırılmış ve maksimum akışlar hesaplanmıştır. Sonuçlar Ek B'de gösterilmiştir. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te görüldüğü gibi istasyon sayısı arttıkça o rotadan geçen araç sayısı da doğru orantılı bir şekilde artmaktadır. Ege Bölgesi sekizinci istasyonda maksimum taşıt sayısına ulaşırken, Marmara Bölgesi yedinci istasyonda maksimuma ulaşmaktadır.



**Şekil 3.3** Ege Bölgesi için sürüş menzili 200 km için maksimum akış değerleri

Marmara Bölgesi'nde istasyon sayısının etkisini anlamak için sürüş mesafesi [100,500]km aralığında 100'er arttırılarak 5 farklı değer için sabit tutulup,  $p$  [1,11] aralığında 11 farklı değer için matematiksel model çalıştırılmış ve maksimum akışlar hesaplanmıştır. Farklı  $p$  değerleri için grafikler Ek B'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.4** Marmara Bölgesi için sürüş menzili 200 km için maksimum akış değerleri

## 3.2 Analiz

Çalışmanın bu bölümünde bir kısım analiz sonuçları sunulacaktır Şekil 3.3'te gösterilen Ege Bölgesi için sürüş menzili 200 km olduğunda açılan istasyon lokasyonları ve toplam istasyon sayısı Tablo 3.2.1'de gösterilmektedir. Sadece Manisa'ya istasyon açılarak sürüş mesafesi 200 km menzilde araçlar Manisa-İzmir-Uşak rotasını tamamlayabilmektedir. Tablo 3.2.1'e göre en çok istasyon açılan şehir Manisa, en az istasyon açılan şehir Uşak ili olmuştur.

**Tablo 3.2.1** Ege Bölgesi İstasyonları (Menzil 200km)

İstasyon sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
Manisa	X	X	X	X	X	X	X	X	8
Denizli		X		X	X	X	X	X	6
Muğla			X	X	X	X	X	X	6
İzmir				X	X	X	X	X	5
Aydın					X	X	X	X	4
Afyon			X				X	X	3
Kütahya						X	X	X	3
Uşak								X	1

Ege Bölgesi için sürüş menzili 300 km olduğunda açılan istasyon lokasyonları ve toplam istasyon sayısı Tablo 3.2.2'de gösterilmektedir. En çok istasyon açılan şehirler Manisa ve İzmir'dir.

**Tablo 3.2.2** Ege Bölgesi'nde Açılan İstasyon Lokasyonları (Menzil 300km)

İstasyon sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam
Manisa	X	X	X	X	X	X	X	X	8
İzmir		X	X	X	X	X	X	X	7
Denizli			X	X	X	X	X	X	6
Muğla				X	X	X	X	X	5
Aydın					X	X	X	X	4
Kütahya						X	X	X	3
Uşak							X	X	2
Afyon								X	1

Şekil 3.4'te gösterilen Marmara Bölgesi için sürüş menzili 200 km olduğunda açılan istasyon lokasyonları Tablo 3.2.3'te gösterilmektedir. Sadece Tekirdağ'da istasyon açılarak 200 km menzilde 9 rotayı tamamlayabilmektedir. En çok istasyon açılan şehir Tekirdağ en az istasyon açılan şehir Kocaeli'dir.

**Tablo 3.2.3** Marmara Bölgesi İstasyon Lokasyonları (Menzil 200km)

İstasyon sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Toplam
Tekirdağ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11
Edirne		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
Yalova			X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
Çanakkale				X	X	X	X	X	X	X	X	8
Bursa					X	X	X	X	X	X	X	7
Balıkesir						X	X	X	X	X	X	6
Bilecik							X	X	X	X	X	5
İstanbul,									X	X	X	3
Kırklareli									X	X	X	3
Sakarya										X	X	2
Kocaeli											X	1

Marmara Bölgesi için sürüş menzili 300 km olduğunda açılan istasyon lokasyonları Tablo 3.2.4'te gösterilmektedir. En çok istasyon açılan şehir Tekirdağ en az istasyon açılan şehir İstanbul ve Kocaeli olmuştur.

**Tablo 3.2.4** Marmara Bölgesi İstasyon Lokasyonları (Menzil 300km)

İstasyon sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Toplam
Tekirdağ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11
Yalova		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
Çanakkale			X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
Bursa					X	X	X	X	X	X	X	7
Balıkesir					X	X	X	X	X	X	X	7
Kırklareli						X	X	X	X	X	X	6
Sakarya				X				X	X	X	X	5
Edirne							X	X		X	X	4
Bilecik									X	X	X	3
Kocaeli									X		X	2
İstanbul										X	X	2

EV endüstrisi, çevre kirliliği sorununu azaltması ve konforlu bir ulaşım sağlaması nedeniyle ülkemizde ve dünya genelinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ancak, EV'lerin yaygınlaşması önünde engel olan şarj istasyonu eksikliği sorunu bulunmaktadır.

Bu çalışmada, şarj istasyonu yerleşimi problemi için FRLM' i kullanılmıştır. Bu model, veri büyüklüğüne bağlı olarak 1 ila 10 dakika arasında optimize edilmiş hızlı bir çözüm sunulmaktadır. Marmara ve Ege Bölgeleri üzerinde uygulanan araştırmada şarj istasyonu yerlerinin sürüş menzili ve istasyon sayısına bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ege Bölgesi'nde Manisa ili Marmara Bölgesi'nde Tekirdağ ili en çok istasyon açılan iller oldukları için lokasyon olarak önemlidir. Menzile göre istasyon açılan şehir sayıları da farklılık göstermektedir. Ege Bölgesi'nde 200 km menzilde İzmir'de toplam 5 istasyon açılırken 300 km menzilde toplam da 7 istasyon açılmaktadır. Benzer şekilde Marmara Bölgesi'nde 200 km menzilde Edirne'de toplam 10 istasyon açılırken 300 km menzilde Edirne'de toplam 4 istasyon açılmaktadır. 200 km menzilde Ege Bölgesi'nde en son istasyon Afyonkarahisar'a açılırken Marmara Bölgesi'nde Kocaeli iline açılmaktadır. Uygulanan model ve elde edilen sonuçlar, gelecekteki çalışmalarda bölge sayısının artırılabilceğini ya da Türkiye genelinde bir çalışma yapılmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Ancak, veri büyüklüğü nedeniyle çalışma modelinin çözüm performansı da göz önünde bulundurulmalıdır ve optimum çözüme ulaşmak için farklı matematiksel modeller kullanılarak çalışma yapılabilir.

## KAYNAKÇA

---

- Awasthi, A., K. Venkitesamy, S. Padmanaban, R. Selvamuthukumar, F. Brey J.J., Brey R., Carazo A.F., Montero M.J.R., Tejada M. (2016). Incorporating Refuelling Behaviour And Drivers' Preferences In The Design Of Alternative Fuels Infrastructure In A City. *Transportation Research*, 144-155.
- Kuby, M., & Lim, S. (2005). The flow-refueling location problem for alternative-fuel vehicles. *Socio-Economic Planning Sciences* 39,125–145.
- Genevois, M.E, & Kocaman H. (2018). Locating Electric Vehicle Charging Stations in Istanbul with AHP Based Mathematical Modelling. *International Journal of Transportation Systems*, 3, 1-1.
- Lim, S., & Kuby, M. (2004). Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model. *European Journal of Operational Research*, 204, 51-61.
- Kuby, M., Lines L., Schultz R., Xie Z., Kim J.G., Lim S. (2009) Optimization Of Hydrogen Stations In Florida Using The Flow-Refueling Location Model. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 34, 6045-6064.
- Cheng, Y., & Wang, L. (2020). A location model for capacitated alternative-fuel stations with uncertain traffic flows. *Computer & Industrial Engineering*, 145, 106486.
- Kuby, M., Çapar, İ., Geun, K.J. (2017). Efficient and equitable transnational infrastructure planning for natural gas trucking in the European Union. *European Journal of Operation Research*, 257, 979-991.
- Hodgson M.J., Rosing K.E., Storrier A.L.G.M. (1996). Applying The Flow-Capturing Location Allocation Model To An Authentic Network: Edmonton, Canada. *European Journal of Operational Research*, 90, 427-443.
- Çapar, İ., Kuby, M., Leon, V.J., Tsuai, Y.J. (2013). An arc cover–path-cover formulation and strategic analysis of alternative-fuel station locations. *European Journal of Operational Research*, 227, 142-151.

- Riemann R., Wang D.Z.W., Busch F. (2015) Optimal Location of Wireless Charging Facilities For Electric Vehicles: Flow-Capturing Location Model With Stochastic User Equilibrium. *Transportation Research, Part C (58)*, 1-12.
- Brey J.J., Brey R., Carazo A.F., Montero M.J.R., Tejada M. (2016) Incorporating Refuelling Behaviour And Drivers' Preferences In The Design Of Alternative Fuels Infrastructure In A City. *Transportation Research, Part C (65)*, 144-155.
- Moh A.N.S., Ruzmetov A., Bakhouya M., Naitmalek Y., Gaber J. (2018) A Prediction Model of Electric Vehicle Charging Requests. *Procedia Computer Science, 141*, 127-134.
- Abdalrahman A., Zhuang W. (2019) PEV Charging Infrastructure Siting Based on Spatial Temporal Traffic Flow Distribution. *IEEE Transactions on Smart Grid, 10(6)*, 6115 – 6125.
- Adderly S.A., Manukian D., Sullivan T.D., Son M. (2018) Electric Vehicles and Natural Disaster Policy Implications. *Energy Policy, 112*, 437-448.
- Jochem P., Szimba E., Reuter-Oppermann M. (2019). How Many Fast-Charging Stations Do We Need Along European Highways? *Transportation Research, Part D (73)*, 120-129.
- Li, J., Liu, Z., & Wang, X. (2022). Public charging station localization and route planning of electric vehicles considering the operational strategy: A bi-level optimizing approach. *Sustainable Cities and Society, 87*, 104153.
- Li, J., Xie, C., & Bao, Z. (2022). Optimal en-route charging station locations for electric vehicles: A new modeling perspective and a comparative evaluation of network-based and metanetwork-based approaches. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 142*, 103781.
- Lech, N., Nikończuk, P., 2022. The method of route optimization of electric vehicle. *Procedia Computer Science, 207*, 4454-4462.
- Kim, Y.J., Chung, B.D., (2023). Energy consumption optimization for the electric vehicle routing problem with state-of-charge-dependent discharging rates. *Journal of Cleaner Production, 385*, 135703.

- Xylia, M., S. Leduc, P. Patrizio, F. Kraxner & S. Silveria (2017). Locating charging infrastructure for electric buses in Stockholm. *Transportation Research Part C* 78: 183-200.
- Wu F., Sioshansi R. (2017). A Stochastic Flow-Capturing Model to Optimize the Location of Fast-Charging Stations with Uncertain Electric Vehicle Flows. *Transportation Research, Part D* (53), 354-376.
- Kınay, Ö.M., Güna,F., Alumur, S.A. (2021). Full cover charging station location problem with routing. *Transportation Research Part B: Methodological*, 144, 1-2.
- Lim, S., and Kuby, M. (2010) Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the flowrefueling location model. *European Journal of Operational Research*, 204, 51-61.
- Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı-Elektrikli Araçlar İçin Şarj İstasyonları Çağrısı, <https://sarjdestek.sanayi.gov.tr/cagri-duyurusu> ,01.01.2022.

**MARMARA VE EGE BÖLGESİ VERİ SETİ****Tablo A.1** Marmara Bölgesi Rotası

<i>Id</i>	<i>H: Kombinasyon Seti</i>
1	İstanbul-Tekirdağ
2	İstanbul-Tekirdağ-Çanakkale
3	İstanbul-Kocaeli-Bursa-Balıkesir
4	İstanbul-Kocaeli-Bursa
5	İstanbul-Kocaeli-Yalova
6	İstanbul-Kocaeli
7	İstanbul-Kırklareli-Edirne
8	İstanbul-Kırklareli
9	İstanbul-Kocaeli-Sakarya
10	İstanbul-Kocaeli-Sakarya-Bilecik
11	Tekirdağ-Çanakkale
12	Tekirdağ-Edirne-Çanakkale-Balıkesir
13	Tekirdağ-İstanbul-Kocaeli-Bursa

14	Tekirdağ-İstanbul-Kocaeli-Yalova
15	Tekirdağ-İstanbul-Kocaeli
16	Tekirdağ-Edirne
17	Tekirdağ-Kırklareli
18	Tekirdağ-İstanbul-Kocaeli-Sakarya
19	Tekirdağ-İstanbul-Kocaeli-Sakarya-Bilecik
20	Çanakkale-Balıkesir
21	Çanakkale-Balıkesir-Bursa
22	Çanakkale-Balıkesir-Bursa-Yalova
23	Çanakkale-Balıkesir-Bursa-Kocaeli
24	Çanakkale-Edirne
25	Çanakkale-Edirne-Kırklareli
26	Çanakkale-Balıkesir-Bursa-Sakarya
27	Çanakkale-Balıkesir-Bursa-Bilecik
<b>Tablo A.1</b> Marmara Bölgesi Rotası (Devamı)	

28	Balıkesir-Bursa
29	Balıkesir-Bursa-Yalova
30	Balıkesir-Bursa-Kocaeli
31	Balıkesir-Çanakkale-Edirne
32	Balıkesir-Çanakkale-Edirne- Kırklareli
33	Balıkesir-Bursa-Sakarya
34	Balıkesir-Bursa-Bilecik
35	Bursa-Yalova
36	Bursa-Kocaeli
37	Bursa-Balıkesir-Çanakkale- Edirne
38	Bursa-Balıkesir-Çanakkale- Edirne-Kırklareli
39	Bursa-Sakarya
40	Bursa-Bilecik
41	Yalova-Kocaeli
42	Yalova-Kocaeli-İstanbul- Kırklareli-Edirne
<b>Tablo A.1</b> Marmara Bölgesi Rotası (Devamı)	

43	Yalova-Kocaeli-İstanbul-Kırklareli
44	Yalova-Kocaeli-Sakarya
45	Yalova-Bursa-Bilecik
46	Kocaeli-İstanbul-Kırklareli-Edirne
47	Kocaeli-İstanbul-Kırklareli
48	Kocaeli-Sakarya
49	Kocaeli-Sakarya-Bilecik
50	Edirne-Kırklareli
51	Edirne-Kırklareli-İstanbul-Kocaeli-Sakarya
52	Edirne-Kırklareli-İstanbul-Kocaeli-Sakarya-Bilecik
53	Kırklareli-İstanbul-Kocaeli-Sakarya
54	Kırklareli-İstanbul-Kocaeli-Sakarya-Bilecik
55	Sakarya -Bilecik

**Tablo A.2** Ege Bölgesi Rotası

<i>Id</i>	<i>H: Kombinasyon Seti</i>
1	İzmir-Manisa
2	İzmir-Aydın
3	İzmir-Aydın-Denizli
4	İzmir-Aydın-Muğla
5	İzmir-Uşak-Afyonkarahisar
6	İzmir-Uşak-Kütahya
7	İzmir-Uşak
8	Manisa-İzmir-Aydın
9	Manisa-İzmir-Aydın-Denizli
10	Manisa-İzmir-Aydın-Muğla
11	Manisa-Uşak-Afyonkarahisar
12	Manisa-İzmir-Uşak-Kütahya
13	Manisa-İzmir-Uşak
14	Aydın-Denizli
15	Aydın-Muğla
16	Aydın-Denizli-Afyonkarahisar

<b>Tablo A.2 Ege Bölgesi Rotası (Devamı)</b>	
17	Aydın-İzmir-Uşak-Afyonkarahisar-Kütahya
18	Aydın-İzmir-Uşak
19	Denizli-Aydın-Muğla
20	Denizli-Afyonkarahisar
21	Denizli-Uşak-Kütahya
22	Denizli-Uşak
23	Muğla-Denizli-Afyonkarahisar
24	Muğla-Denizli-Afyonkarahisar-Kütahya
25	Muğla-Denizli-Uşak
26	Afyonkarahisar-Kütahya
27	Afyonkarahisar-Uşak
28	Kütahya-Uşak

**Tablo A.3 Marmara Bölgesi Uzaklık Matrisi(km)**

Uzaklık	İstanbul	Tekirdağ	Çanakkale	Balıkesir	Bursa	Yalova	Kocaeli	Edirne	Kırklareli	Sakarya	Bilecik
İstanbul	0	146	310	281	154	90	104	239	213	147	201
Tekirdağ	146	0	162	193	300	240	250	144	118	300	347
Çanakkale	310	162	0	193	275	326	387	223	241	440	372

Balıkesir	281	193	193	0	146	198	259	519	493	313	245
Bursa	154	300	275	146	0	75	132	392	366	186	98
Yalova	90	240	326	198	75	0	80	331	305	125	111
Kocaeli	104	250	387	259	132	80	0	341	315	51	141
Edirne	239	144	223	519	392	331	341	0	84	391	438
Kırklareli	213	118	241	493	366	305	315	84	0	365	412
Sakarya	147	300	440	313	186	125	51	391	365	0	107
Bilecik	201	347	372	245	98	111	141	438	412	107	0

**Tablo A.4 Ege Bölgesi Uzaklık Matrisi(km)**

Uzaklık	İzmir	Manisa	Aydın	Denizli	Muğla	Afyonkarahisar	Kütahya	Uşak
İzmir	0	38	112	245	211	329	340	212
Manisa	38	0	209	206	250	283	314	178
Aydın	112	209	0	103	133	295	314	175
Denizli	245	206	103	0	144	217	257	153
Muğla	211	250	133	144	0	344	385	281
Afyonkarahisar	329	283	295	217	344	0	143	111
Kütahya	340	314	314	257	385	143	0	142
Uşak	212	178	175	153	281	111	142	0

**Tablo A.5** Marmara Bölgesi Akış Hacmi

<i>Id</i>	<i>Akış Hacmi</i>
1	208.281
2	104.248
3	233.948
4	588.853
5	54.437
6	380.390
7	77.093
8	68.534
9	198.455
10	42.714
11	7.327
12	16.443
13	41.388
14	3.826
15	26.736

**Tablo A.6** Ege Bölgesi Akış Hacmi

<i>Id</i>	<i>Akış Hacmi</i>
1	76.130
2	59.270
3	54.933
4	53.370
5	38.894
6	30.242
7	19.504
8	19.507
9	18.080
10	17.565
11	12.801
12	9.953
13	6.419
14	14.076
15	13.675
16	9.966
17	7.749
18	4.998
19	12.674
20	9.237
21	7.182
22	4.632
23	8.974
24	6.978
25	4.500
26	5.085
27	3.280
28	2.550

16	5.419
17	4.817
18	13.949
19	3.002
20	8.230
21	20.716
22	1.915
23	13.382
24	2.712
25	2.411
26	6.982
27	1.503
28	46.489
29	4.298
30	30.031
31	6.086
32	5.411
33	15.668

34	3.372
35	10.817
36	75.589
37	15.320
38	13.619
39	39.436
40	8.488
41	6.988
42	1.416
43	1.259
44	3.646
45	785
46	9.896
47	8.798
48	25.475
49	5.483
50	1.783
51	5.163

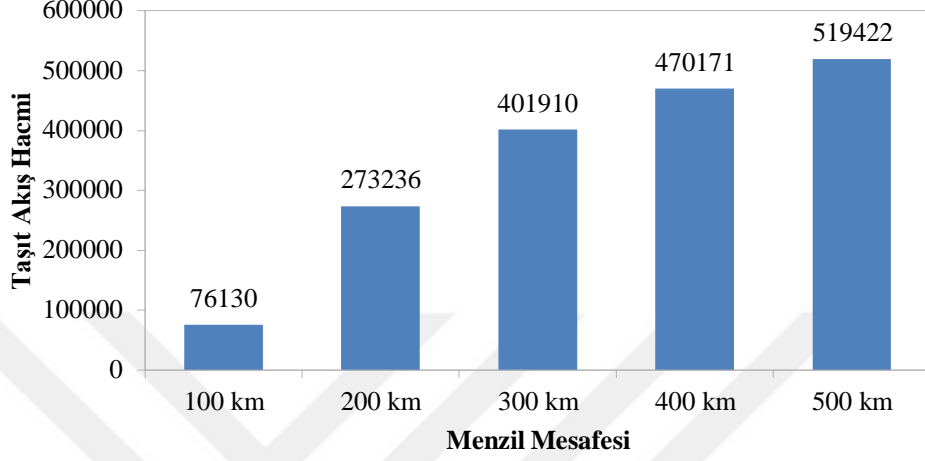
52	1.111
53	4.590
54	988
55	2.861



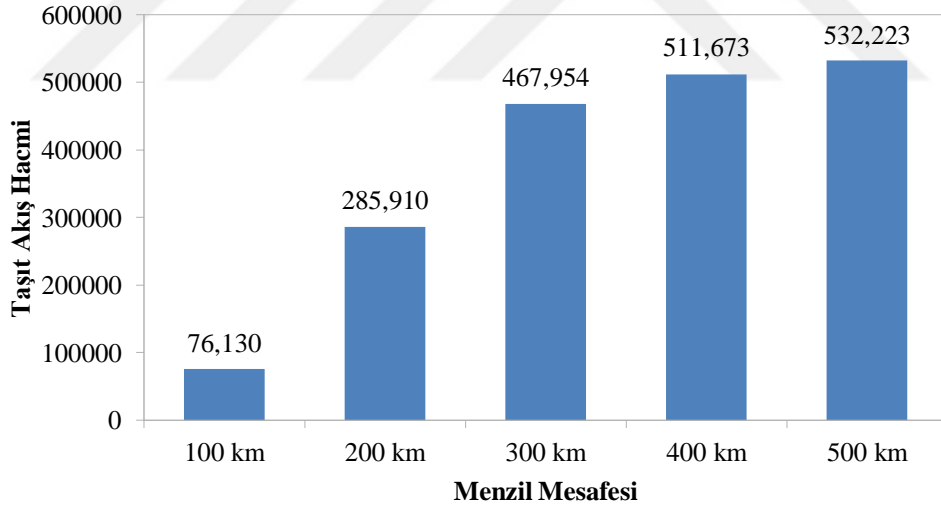
## B

# SONUÇ GRAFİKLERİ

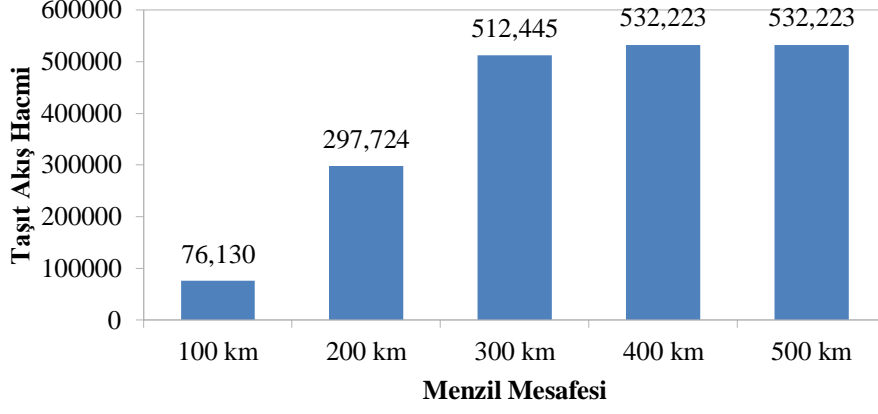
Ege Bölgesi sürüş menzil mesafesi grafik şekilleri aşağıda gösterilmiştir.



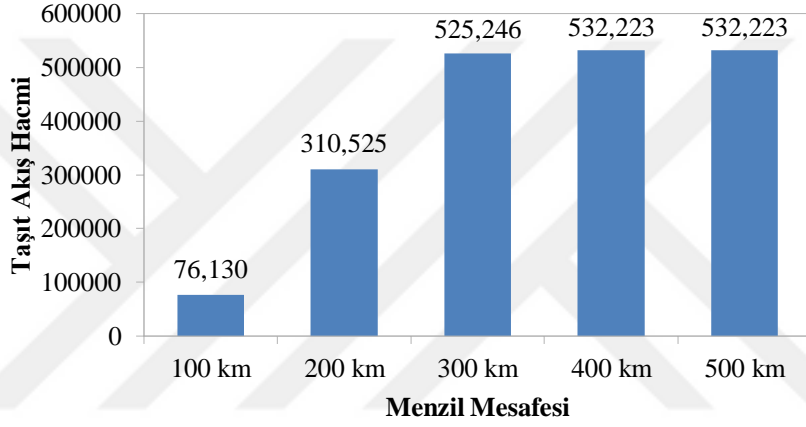
Şekil B.1 Ege Bölgesi'nde P=2 değeri için maksimum akış değerleri



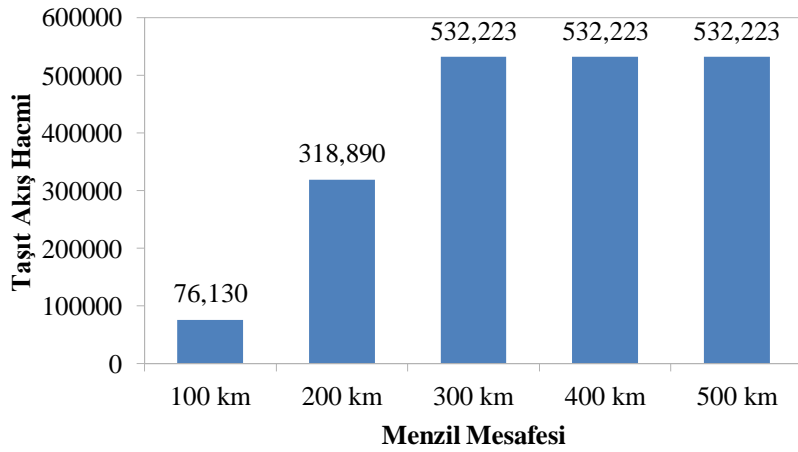
Şekil B.2 Ege Bölgesi'nde P=3 değeri için maksimum akış değerleri



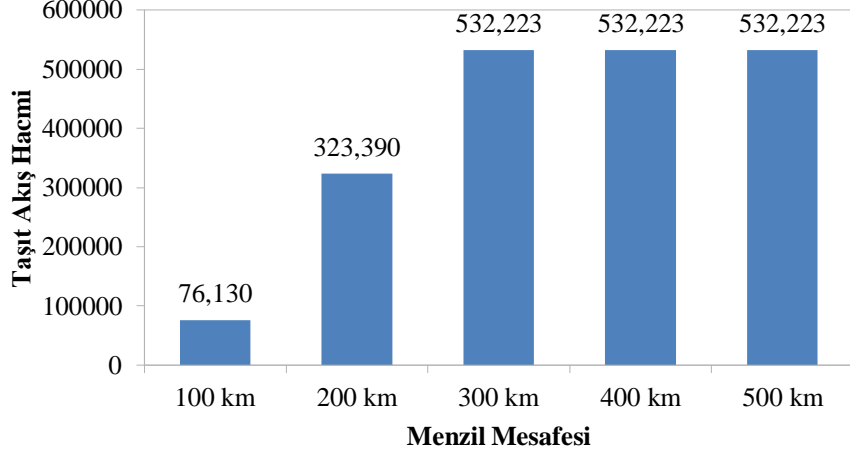
**Şekil B.3** Ege Bölgesi'nde P=4 değeri için maksimum akış değerleri



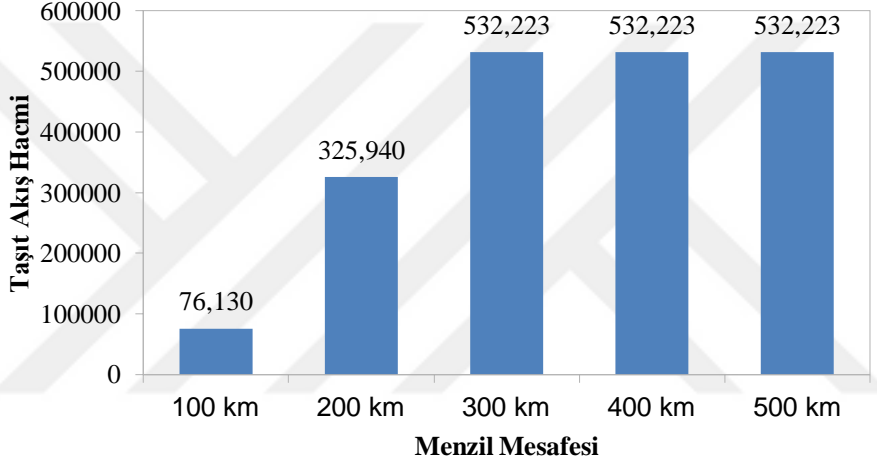
**Şekil B.4** Ege Bölgesi'nde P=5 değeri için maksimum akış değerleri



**Şekil B.5** Ege Bölgesi'nde P=6 değeri için maksimum akış değerleri

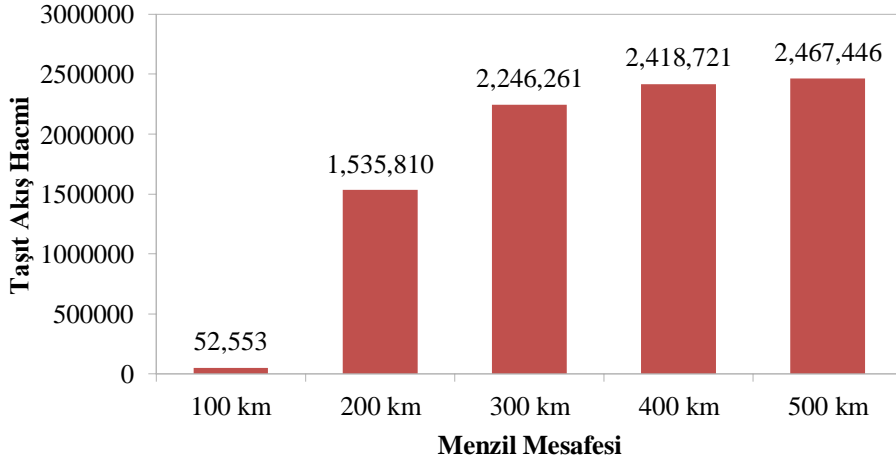


**Şekil B.6** Ege Bölgesi'nde P=7 değeri için maksimum akış değerleri

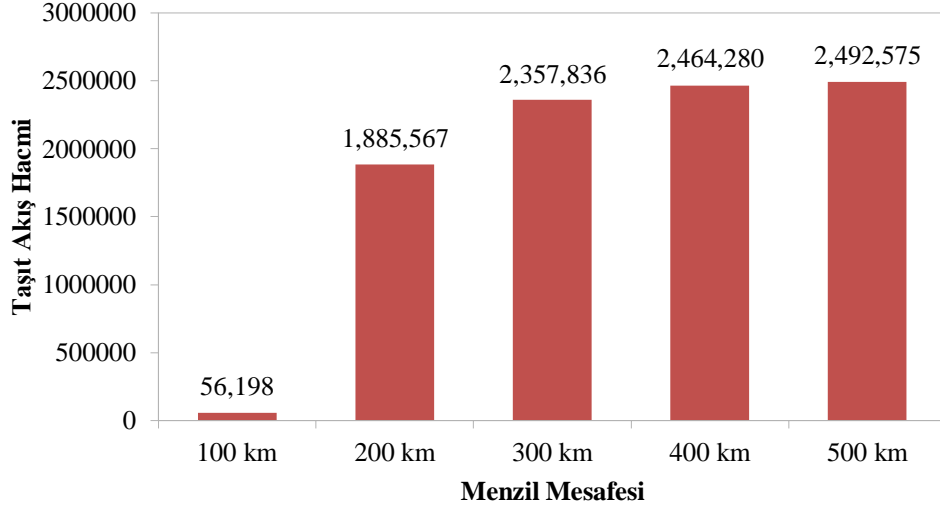


**Şekil B.7** Ege Bölgesi'nde P=8 değeri için maksimum akış değerleri

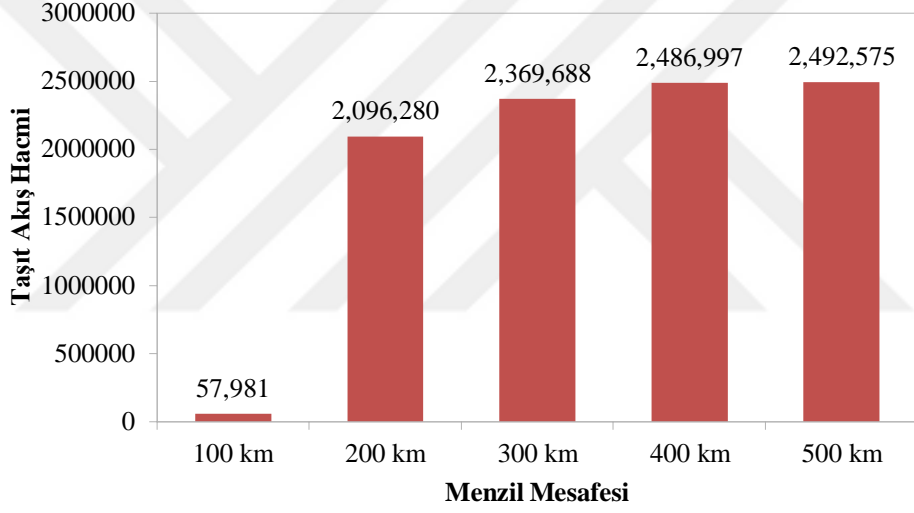
Marmara Bölgesi için sürüş menzil mesafesi grafik şekilleri aşağıda gösterilmektedir.



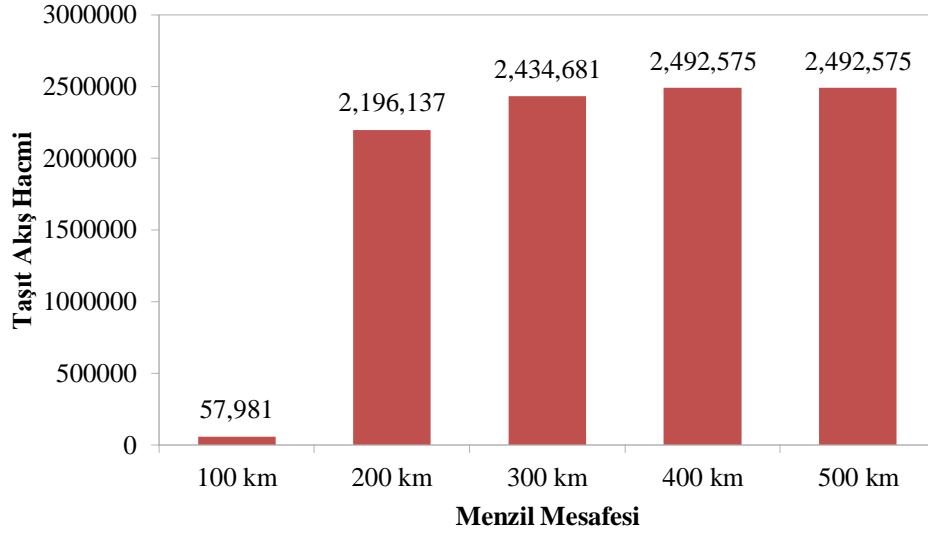
**Şekil B.8** Marmara Bölgesi'nde P=2 değeri için maksimum akış değerleri



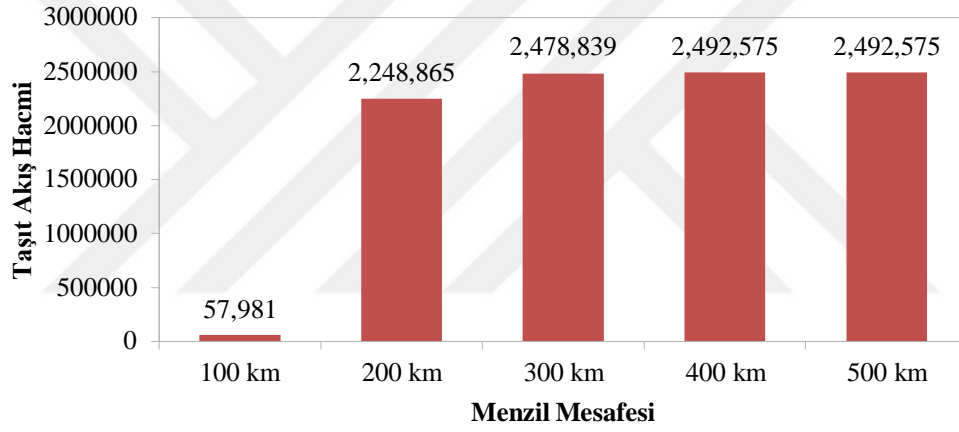
**Şekil B.9** Marmara Bölgesi'nde P=3 değeri için maksimum akış değerleri



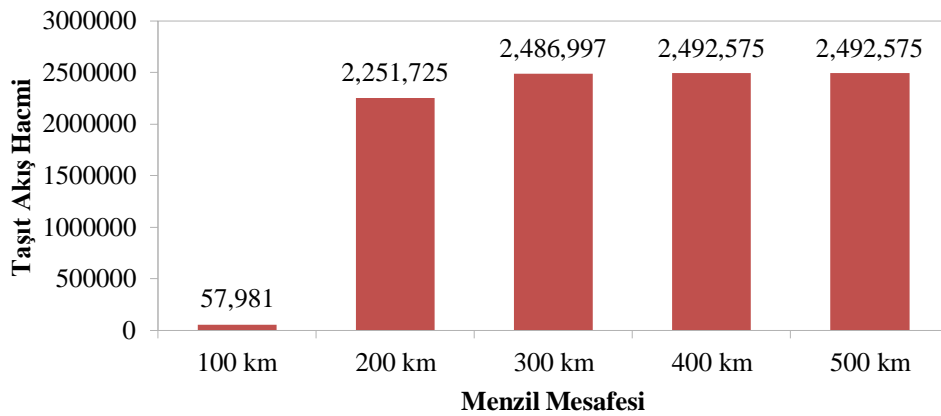
**Şekil B.10** Marmara Bölgesi'nde P=4 değeri için maksimum akış değerleri



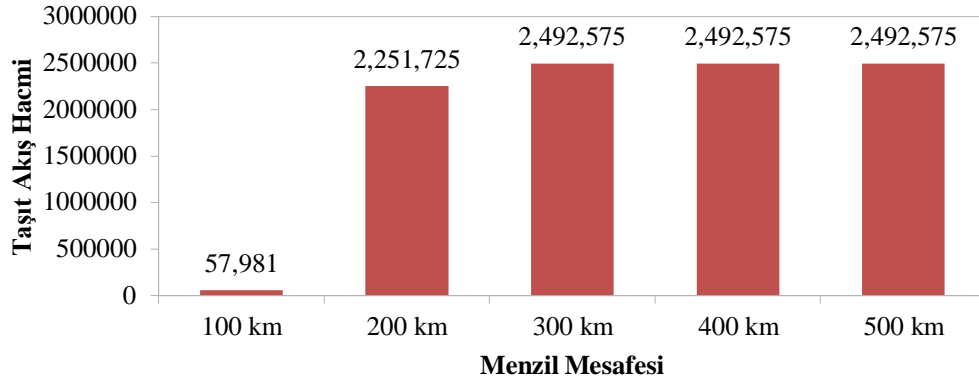
Şekil B.11 Marmara Bölgesi'nde P=5 değeri için maksimum akış değerleri



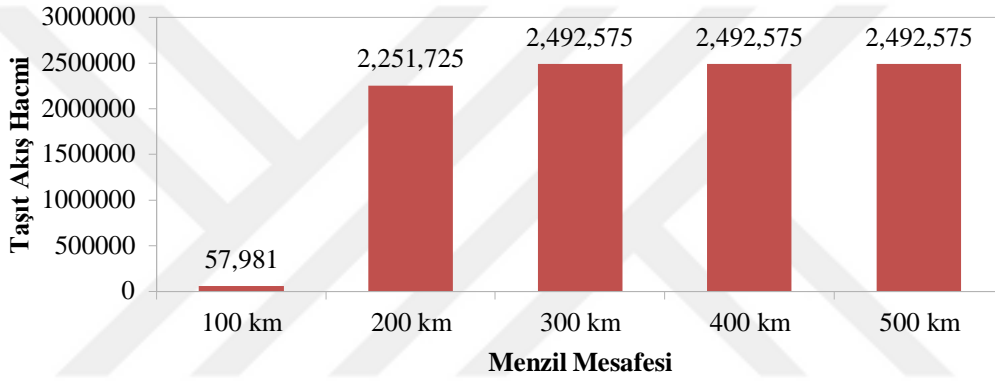
Şekil B.12 Marmara Bölgesi'nde P=6 değeri için maksimum akış değerleri



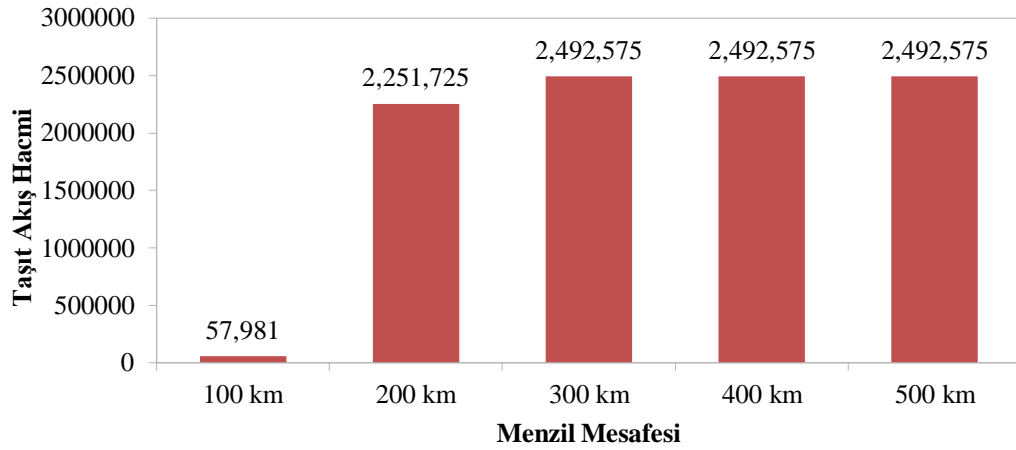
Şekil B.13 Marmara Bölgesi'nde P=7 değeri için maksimum akış değerleri



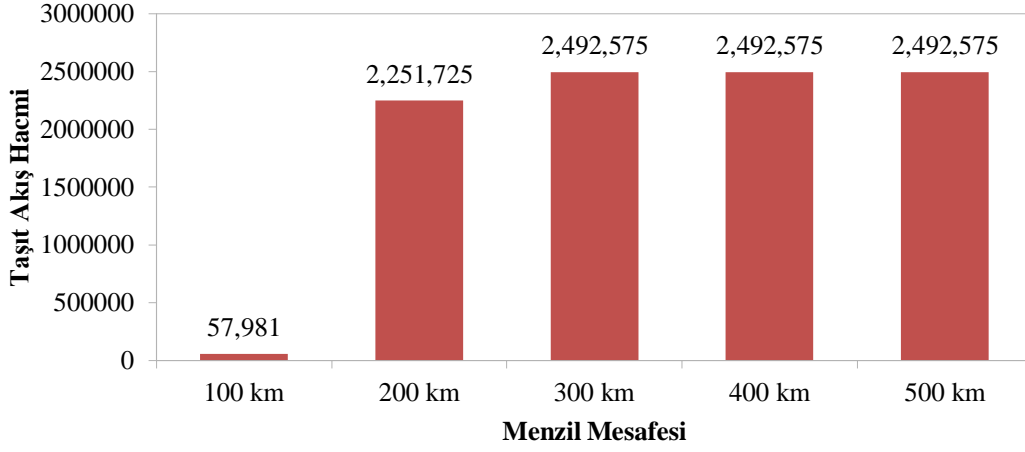
Şekil B.14 Marmara Bölgesi'nde P=8 değeri için maksimum akış değerleri



Şekil B.15 Marmara Bölgesi'nde P=9 değeri için maksimum akış değerleri

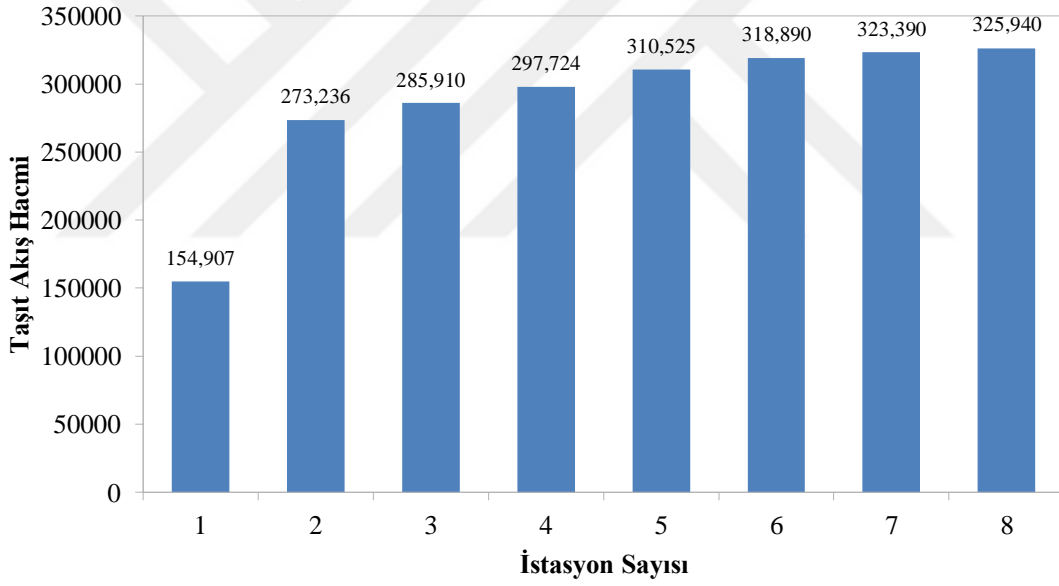


**Şekil B.16** Marmara Bölgesi'nde P=10 değeri için maksimum akış değerleri

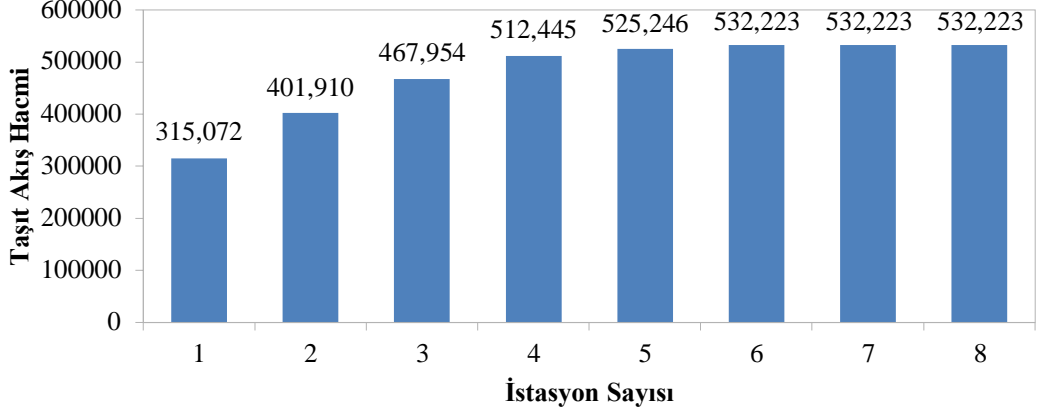


**Şekil B.17** Marmara Bölgesi'nde P=11 değeri için maksimum akış değerleri

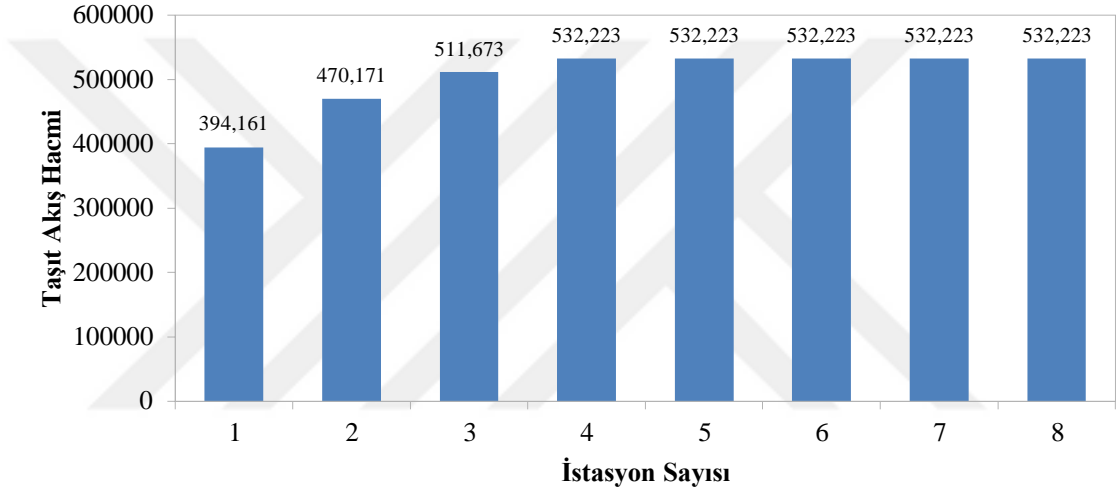
Ege Bölgesi istasyon sayısı grafik şekilleri aşağıda gösterilmiştir.



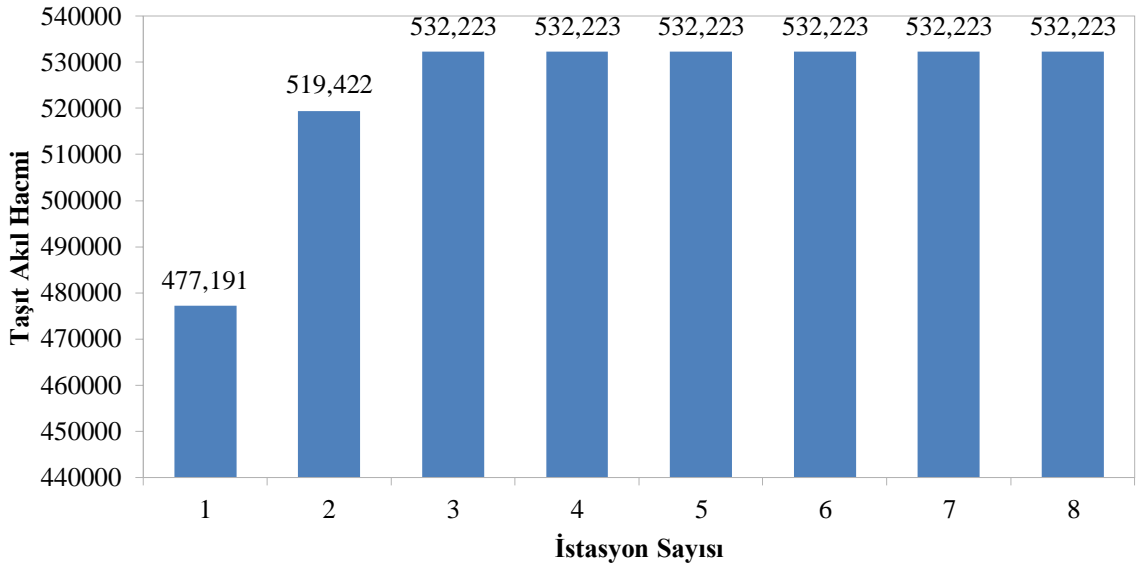
**Şekil B.18** Ege Bölgesi için sürüş menzili 100 km için maksimum akış değerleri



Şekil B.19 Ege Bölgesi için sürüş menzili 300 km için maksimum akış değerleri

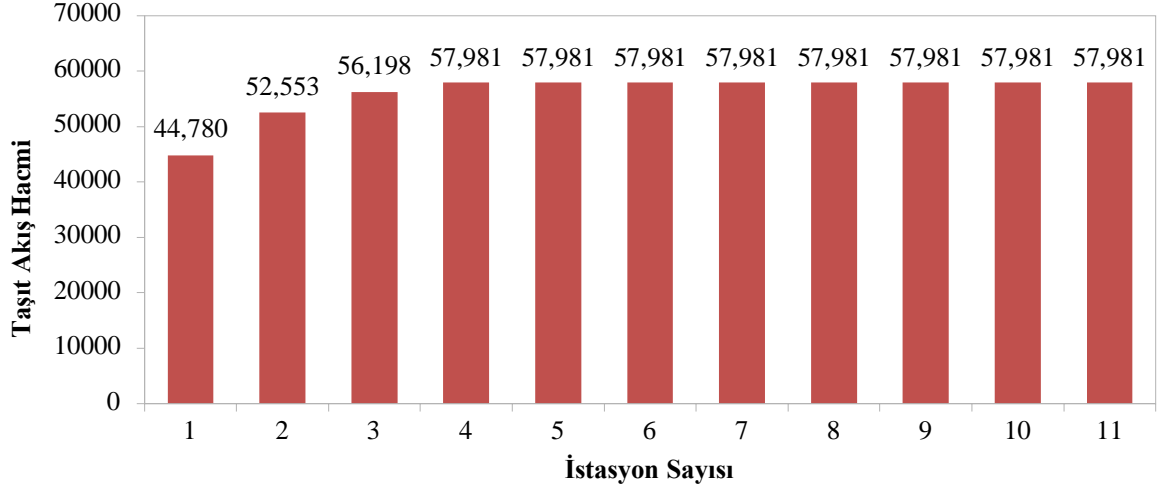


Şekil B.20 Ege Bölgesi için sürüş menzili 400 km için maksimum akış değerleri

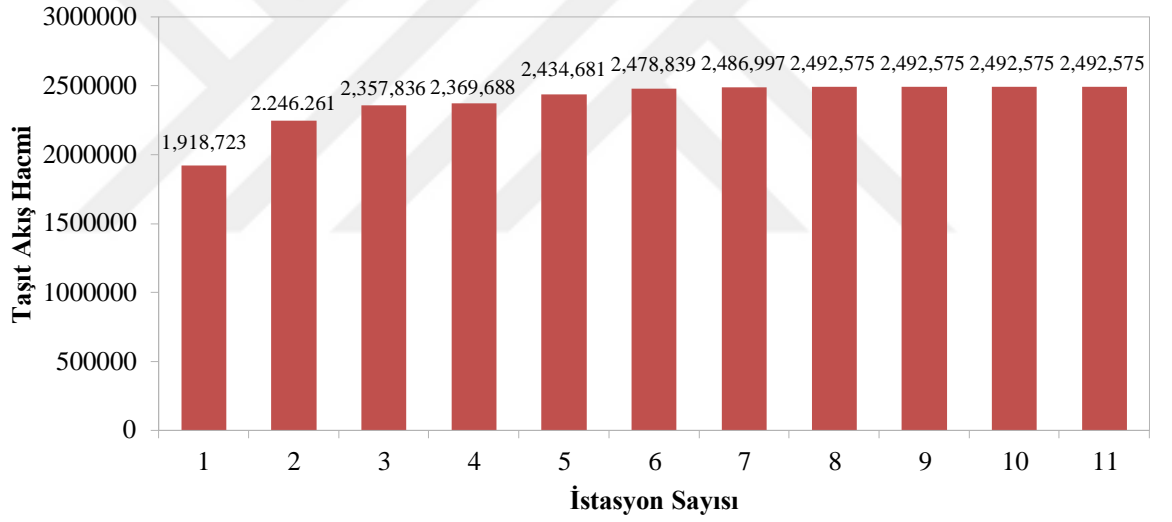


Şekil B.21 Ege Bölgesi için sürüş menzili 500 km için maksimum akış değerleri

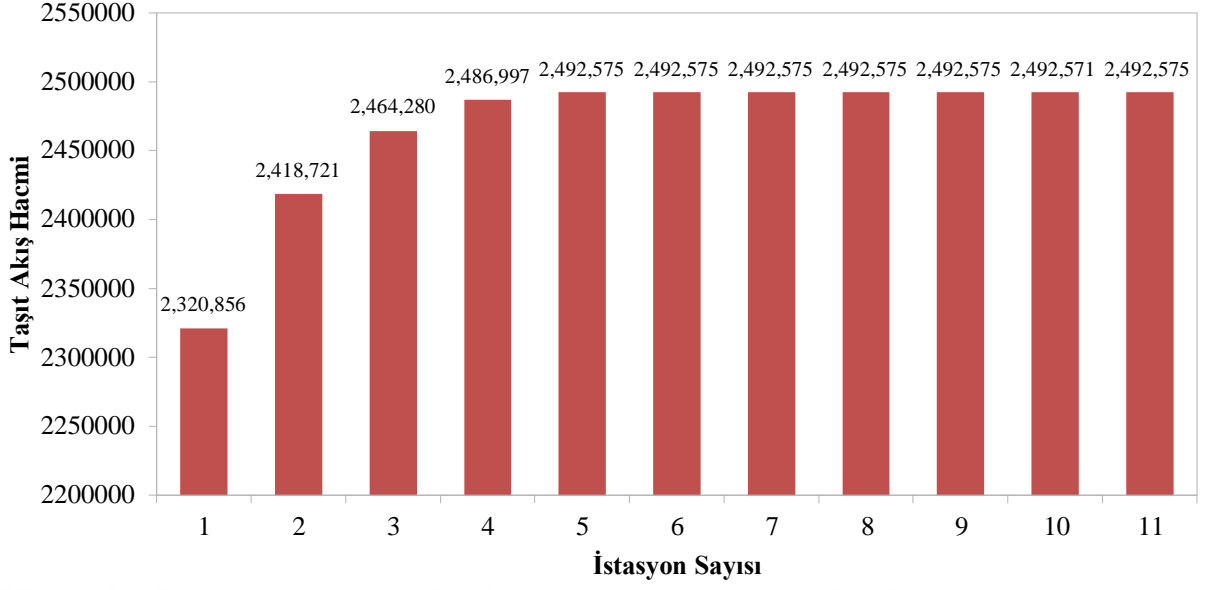
Marmara Bölgesi istasyon sayısı grafik şekilleri aşağıda gösterilmiştir.



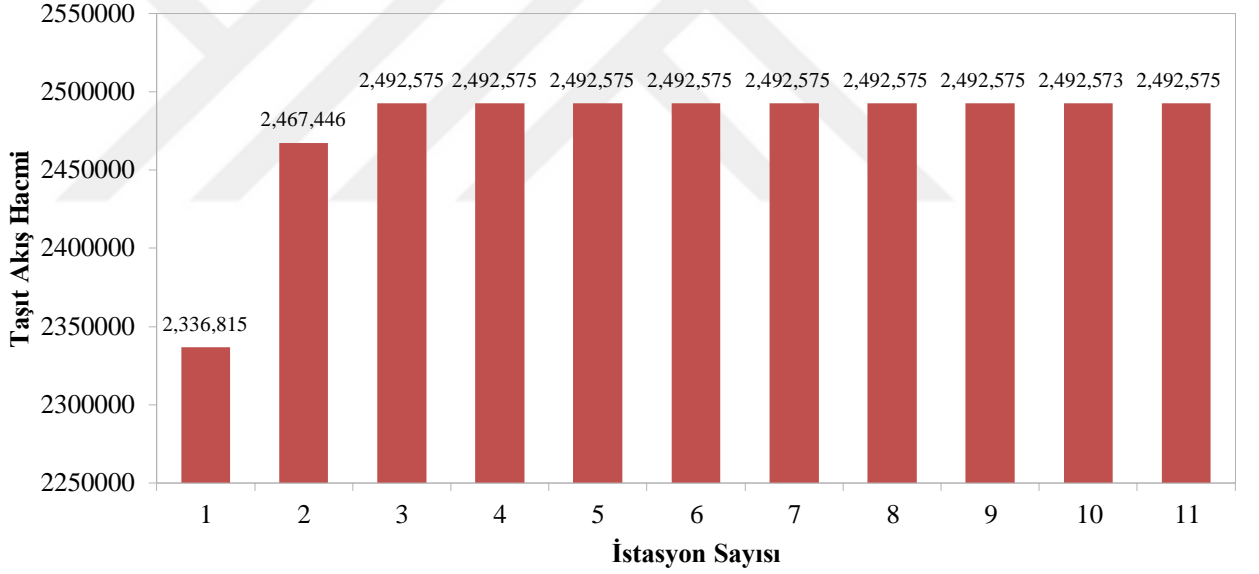
Şekil B.22 Marmara Bölgesi için sürüş menzili 100 km için maksimum akış değerleri



Şekil B.23 Marmara Bölgesi için sürüş menzili 300 km için maksimum akış değerleri



**Şekil B.24** Marmara Bölgesi için sürüş menzili 400 km için maksimum akış değerleri



**Şekil B.25** Marmara Bölgesi için sürüş menzili 500 km için maksimum akış değerleri

## FRLM MODELİNİN PYTHON KODU

---

```

from gurobipy import *
import pandas as pd
import numpy as np
import pandas as pd
import itertools

filePath = 'excel.xlsx'
potentialSheetName = 'KPotentialStations'
odPairSheetName = 'ODPairsNum'
distanceMatrixSheetName = 'DistanceMatrixNum'
odPairIsimIdSheetName = 'AnatolianDistrictsWhole'

sehirListeExcel = pd.read_excel(filePath, sheet_name=potentialSheetName)
SehirListesiNum = sehirListeExcel["ID"].tolist()
SehirListesi = sehirListeExcel["PotentialStations"].tolist()
odPairSehirIsimExcel =
pd.read_excel(filePath, sheet_name=odPairIsimIdSheetName)
odPairSehirIsimNum = odPairSehirIsimExcel["ID"].tolist()
odPairSehirIsim = odPairSehirIsimExcel["AnatolianDistricts"].tolist()
mesafelerExcel =
pd.read_excel(filePath, sheet_name=distanceMatrixSheetName)

y = [i for i in range(1, mesafelerExcel.shape[0]+1)]
mesafelerExcel.set_index([y], inplace=True)
mesafelerExcel.set_index('District', inplace=True)
Mesafeler= mesafelerExcel.to_dict(orient='index')
#print(Mesafeler)
ODRotalariExcel = pd.read_excel(filePath, sheet_name=odPairSheetName)
#print(ODRotalariExcel)
ODRotalariTemp = ODRotalariExcel["Paths"].tolist()
#print("ODRotalariTemp",ODRotalariTemp)
ODRotalari = {}

say = 0
for od in ODRotalariTemp:
    newArray = od.split('|')

```

```

list = []
for odp in newArray:
list.append(int(odp))
ODRotalari[say] = list
say = say+1

#print("ODRotalari", ODRotalari)
KombinasyonList = {}

say = 0
for L in range(1, len(SehirListesiNum)+1):
    for item in itertools.combinations(SehirListesiNum, L):
KombinasyonList[say] = item
say = say+1
#print (KombinasyonList)

Kombinasyon = {}
say = 0
for istasyon in KombinasyonList:
istasyonList = KombinasyonList[istasyon]
kombinasyonItem = []
for sehir in SehirListesiNum:
    if(sehir in istasyonList):
kombinasyonItem.append(1)
    else:
        kombinasyonItem.append(0)
Kombinasyon[say] = kombinasyonItem
say = say +1 #print(Kombinasyon)

def MatrisleriOlustur(FullRange,ODRotalari,Kombinasyon):
    UygunlukMatrisi = np.ones([len(ODRotalari),len(Kombinasyon)])

    for OD in ODRotalari:
        #print(OD)
        for k in Kombinasyon:

            BaslangicNodu = ODRotalari[OD][0]
            Depot = FullRange/2 + FullRange/2 *
Kombinasyon[k][BaslangicNodu]
            #print("OD",OD, "Kombinasyon", k )

```

```

    for NodeIndex in range(len(ODRotalari[OD])-1):
        SimdikiNode = ODRotalari[OD][NodeIndex]
        SonrakiNode = ODRotalari[OD][NodeIndex+1]
        Depot = Depot - Mesafeler[SimdikiNode][SonrakiNode]
        if Depot<0:
            UygunlukMatrisi[OD][k] = 0
            break
        if Kombinasyon[k][SonrakiNode]==1 :
            Depot = FullRange
    return UygunlukMatrisi

Dict_Combination = {}
Dict_Station = {}
Dict_OD = {}
Dict_obj = {}

#q: index of OD pairs
#Q: set of all OD pairs-ODPair seti #fq: flow volume on the OD pair q
#k: index of station locations
#K: set of all potential station locations #p: the number of stations to
be located #h: index of station combinations
#H: set of all potential station combination
for rangeindex in [100,200, 300, 400,500]:
    UygunlukMatrisi =
    MatrisleriOlustur(rangeindex,ODRotalari,Kombinasyon)
    for P in [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]:
        b = UygunlukMatrisi Q = ODRotalari
        K = SehirListesiNum H = Kombinasyon
        m = Model("FlowLocationModel")
        flowSheetName = 'Flow'
        flowExcel =
pd.read_excel(filePath,sheet_name=flowSheetName)
        flowID = flowExcel["ID"].tolist()
        f = flowExcel["PathFlowValue"].tolist()

        ODCapturedVar = {}
        for q in ODRotalari:
            ODCapturedVar[q] = m.addVar(vtype=GRB.BINARY)

```

```

StationVar = {}
for k in SehirListesiNum:
    StationVar[k] = m.addVar(vtype=GRB.BINARY)
StationVar = {}

for k in SehirListesiNum:
    StationVar[k] = m.addVar(vtype=GRB.BINARY)

IfAllCombsAreOpenVar= {}
for h in Kombinasyon:
    IfAllCombsAreOpenVar[h] = m.addVar(vtype=GRB.BINARY)

m.update()
for q in ODRotalari:
    m.addConstr(
        quicksum(UygunlukMatrisi[q][h] *
IfAllCombsAreOpenVar[h]
        for h in Kombinasyon) >=
ODCapturedVar[q],name= str(h))

for h in Kombinasyon:
    for k in SehirListesiNum:
        if Kombinasyon[h][k-1]==1 :
            m.addConstr(
                Kombinasyon[h][k-1]*
StationVar[k] >=
                IfAllCombsAreOpenVar[h],name=
str(k))

m.addConstr(quicksum(StationVar[k] for k in SehirListesiNum) ==
P)
m.setObjective(quicksum(f[q] *
ODCapturedVar[q] for q in ODRotalari))
m.modelSense = GRB.MAXIMIZE
m.update()
m.optimize()

List_Combination = []
List_Station = []
List_OD = []

for i1 in Kombinasyon:

```

```

List_Combination.append(IfAllCombsAreOpenVar[i1].x)

for i2 in SehirListesiNum:
    List_Station.append(StationVar[i2].x)

for i3 in ODRotalari:
    List_OD.append(ODCapturedVar[i3].x)

Dict_Combination[(rangeindex, P)] = List_Combination
Dict_Station[(rangeindex, P)] = List_Station
Dict_OD[(rangeindex, P)] = List_OD
Dict_obj[(rangeindex, P)] = [m.objVal]

with pd.ExcelWriter('Results1.xlsx') as writer:

    pd.DataFrame.from_dict(Dict_Combination).to_excel(writer,
sheet_name='C')
    pd.DataFrame.from_dict(Dict_Station).to_excel(writer,
sheet_name='S')
    pd.DataFrame.from_dict(Dict_OD).to_excel(writer,
sheet_name='OD')
    pd.DataFrame.from_dict(Dict_obj).to_excel(writer,
sheet_name='obj')

```

## TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

---

### **Konferans Bildirileri**

Çınar, S., Gündüz, S.B., & Güler, M.G. (2022). Elektrikli Araçlar İçin Şarj İstasyon Rotalaması. (*YAEM'22*), 91-92.

