T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ VE SİMÜLASYON PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

2023

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ VE SİMÜLASYON PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

YAYINI HAZIRLAYANLAR VE KATKI SAĞLAYANLAR

Mücahit ARMAN	Strateji Geliştirme Başkanı	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
Musa YAZICI	Daire Başkanı	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
Dr. Öğr. Üyesi Yavuz DELİCE	Proje Koordinatörü	Yalova Üniversitesi, Ulaştırma Müh. Böl. Öğr. Üyesi
Mehmet YAZICI	Birim Sorumlusu	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı – Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
Halil KARA	Y. Ulaştırma Müh.	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı – Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
Buket ŞENGÜL	Y. Şehir Plancısı	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı – Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
Fatih Furkan DOĞAN	Y. İnşaat Müh.	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı – Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
İkra DURMUŞ	Y. Şehir Plancısı	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı – Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
Prof. Dr. Halit ÖZEN	Danışman	Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Öğr. Üyesi
Prof. Dr. Mehmet Akif BAKIR	Danışman	Gazi Üniversitesi, İstatistik Böl. Öğr. Üyesi
Doç. Dr. Ayyüce AYDEMİR KARADAĞ	Danışman	Gazi Üniversitesi, Endüstri Müh. Böl. Öğr. Üyesi
Sezgin YAZICI	Elektrik Elektronik Müh.	TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.
Volkan ENÇ	Y. Çevre Müh.	TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.
Mustafa Enes ALTUNTAŞ	Elektrik Elektronik Müh.	TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.
Mert BECERİKLİ	Y. Ulaştırma Müh.	Yılmazer Mühendislik
Burak ŞİŞMAN	Y. Ulaştırma Müh.	Yılmazer Mühendislik
Onur BERBER	Ulaştırma Müh.	Yılmazer Mühendislik
Aybüke TÜYLÜOĞLU	Şehir Plancısı	Yılmazer Mühendislik
Coşkun SAVRAN	Ulaştırma Müh.	Yılmazer Mühendislik
Burak PEKER	Ulaştırma Müh.	Yılmazer Mühendislik

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **v**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xii**

KISALTMALAR ..... **xv**

YÖNETİCİ ÖZETİ **21**

EXECUTIVE SUMMARY **25**

1. BÖLÜM: MEVCUT DURUM ANALİZİ **29**

1.1 ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN YAYGINLAŞTIRILMASINA YÖNELİK ULUSAL VE ULUSLARARASI POLİTİKALAR 31

1.1.1 Uluslararası Politikalar 32

1.1.2 Ulusal Politikalar 49

1.1.3 Mevzuat 57

1.2 DÜNYADAKİ ELEKTRİKLİ ARAÇ EKOSİSTEMİNİN DURUMU 60

1.3 TÜRKİYE ELEKTRİKLİ ARAÇ EKOSİSTEMİ MEVCUT DURUMU 77

1.3.1 Elektrikli Araçlar 77

1.3.2 Elektrikli Araç Şarj İstasyonları 86

1.3.3 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Operatörleri 95

1.3.4 Elektrikli Araç Batarya Teknolojileri 95

1.4 TÜRKİYEDEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI 99

1.4.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türü, Sayısı ve Konumları 100

1.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şarj Ağına Hizmet Verme Durumu 117

1.5 ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİSİ 117

1.6 ELEKTRİKLİ ARAÇ SEKTÖRÜNE SAĞLANAN DESTEKLER 125

2. BÖLÜM: ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TALEBİNİN HESAPLANMASI VE ÖNGÖRÜLER **155**

2.1 ELEKTRİKLİ ARAÇ TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ 156

2.1.1 EA Pil Kapasiteleri ve Menzilleri 162

2.2 SENARYOLARIN OLUŞTURULMASI 170

2.2.1 Senaryo 1 (2053 UUAP Artış Trendi) 171

2.2.2 Senaryo 2 (Dünya Geneli Artış Trendi) 179

2.2.3 Senaryo 3 (Küresel Isınma ve Sıfır Emisyon Hedefi) 191

2.3 ELEKTRİKLİ ARAÇ ARJ TALEP VE ARZININ HESAPLANMASI 202

2.4 KAMUSAL VE ÖZEL ALANLARDA ŞARJ ALTYAPISININ BELİRLENMESİ 208

2.5 TÜRKİYE ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ ALTYAPISININ GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YOL HARİTASI 214

3. BÖLÜM: ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU PROJEKSİYONU 217

3.1 ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TALEBİ 217

3.2 MEVCUT ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU ALTYAPISININ ANALİZİ 219

3.2.1 Mevcut Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Mekansal Analizi 219

3.2.2 Mevcut Elektrik Altyapısının Analizi 229

3.2.3 Potansiyel Elektrikli Araç Şarj İstasyon Noktalarının Analizi 234

3.3 ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YER SEÇİMİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI 237

3.3.1 Literatür Taraması 237

3.3.2 Yer Seçim Modeli Metodolojisi 242

3.3.3 Soket Sayısının Belirlenmesi 262

3.4 ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 273

3.5 ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON SİMÜLASYONU 275

3.5.1 Hedef Yıl Simülasyon Çalışmaları 276

3.5.2 Simülasyon Girdileri 276

3.5.3 Simülasyon Sonuçları 281

4. BÖLÜM: BAKANLIK HİZMET ALANLARINDA ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ 285

4.1 BAKANLIK BİRİMLERİ İLE YAPILAN GÖRÜŞMELER VE DEĞERLENDİRMELER 288

4.2 ALANLARIN UYGUNLUĞUNUN VE İHTİYAÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 296

4.2.1 Alanların Uygunluğunun ve İhtiyaç Duyulan Kapasitelerinin Belirlenmesi İçin Uygulanacak Kriterler 297

4.3 BAKANLIK HİZMET ALANLARINDA POTANSİYEL ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU ALANLARI VE KAPASİTELERİN BELİRLENMESİ 306

4.3.1 Karar Verme Yöntemi 312

4.3.2 Potansiyel Alanların Belirlenmesi 327

4.3.3 Potansiyel Alanlarda Şarj İstasyonu Kapasitelerinin Belirlenmesi 327

EK 1 343

EK 2 347

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Bölgelerin Yıllara Göre Elektrikli Araç Satışı [15] 60

Şekil 1.2 Dünya Geneli Elektrikli Araç Satışı Yapan İlk 10 Şirket [15] 61

Şekil 1.3 Dünya Genelinde Satışı Yapılan İlk 10 Elektrik Araç Modeli [15] 62

Şekil 1.4 Yıllara Göre Elektrikli Araç Pazar Payı [16] 62

Şekil 1.5 Elektrikli Araç Pazar Tahminleri [16] 63

Şekil 1.6 Yıllara Göre Elektrikli Araç Satışı (17) 63

Şekil 1.7 Elektrikli Araç Satış Tahminleri (17) 64

Şekil 1.8 Yıllara Göre Elektrikli Araç Stoku (17) 64

Şekil 1.9 Elektrikli Araç Stok Tahminleri (17) 65

Şekil 1.10 Dünya Genelinde Yıllara Göre Şarj İstasyon Sayısı (17) 66

Şekil 1.11 Tahmin Edilen Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı (17) 66

Şekil 1.12 İhtiyaç Duyulan Elektrik Enerjisi (17) 67

Şekil 1.13 Tahmini İhtiyaç Duyulan Elektrik Enerjisi (17) 68

Şekil 1.14 Çin'de Bulunan Şarj İstasyonları [18] 71

Şekil 1.15 Avrupa'da Bulunan Şarj İstasyonları [18] 72

Şekil 1.16 ABD'de Bulunan Şarj İstasyonları [18] 73

Şekil 1.17 Japonya ve Güney Kore'de Bulunan Şarj İstasyonları [18] 74

Şekil 1.18 Birleşik Krallık'ta Bulunan Şarj İstasyonları [18] 75

Şekil 1.19 Ülkemizde Trafiğe Kayıtlı Batarya Elektrikli Otomobil Sayısı (TÜİK) [21] 79

Şekil 1.20 Elektrikli Otomobillerin Bölgesel Bazda Dağılımı [21] 82

Şekil 1.21 Ülkemizde Trafiğe Kayıtlı Hibrit Otomobil Sayısı (TÜİK) 84

Şekil 1.22 Hibrit Otomobillerin Bölgesel Bazda Dağılımı 86

Şekil 1.23 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Tiplerine Göre Dağılımı [25] 90

Şekil 1.24 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Kapasitelerine (Güç) Göre Dağılımı [25] 90

Şekil 1.25 Mod 1 Şarj Metodu [24] 92

Şekil 1.26 Mod 2 Şarj Metodu [24] 92

Şekil 1.27 Mod 3 Şarj Metodu [24] 93

Şekil 1.28 Mod 4 Şarj Metodu [24] 93

Şekil 1.29 Elektrikli Şarj İstasyonu Modlarının Çalışma Prensipleri 94

Şekil 1.30 Ülkemizde Yer Alan Elektrikli Şarj İstasyonları [25] 94

Şekil 1.31 ASPİLSAN Hafif Elektrikli Araç Bataryası [29] 96

Şekil 1.32 ASPİLSAN Hafif Elektrikli Araç Bataryası Teknik Özellikleri [29] 97

Şekil 1.33 Birincil Enerji Kaynakları (TEİAŞ) 100

Şekil 1.34 Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW) [36] 101

Şekil 1.35 Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [36] 102

Şekil 1.36 Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı Dağılımı (100 Metre) [37] 103

Şekil 1.37 Rüzgar Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW) [37] 103

Şekil 1.38 Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Rüzgar Enerjisinin Oranı [37] 104

Şekil 1.39 Yıllık Ortalama Rüzgar Güç Yoğunluğu Dağılımı (100 metre) [37] 104

Şekil 1.40 Rüzgar Gücü Kapasite Faktörü Dağılımı (100 metre) [37] 105

Şekil 1.41 Türkiye'de Yer Alan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası [38] 106

Şekil 1.42 Aylık Ortalama Radyasyon Değeri [38] 106

Şekil 1.43 Güneş Enerji Kaynağının Kurulu Gücü (MW) [38] 107

Şekil 1.44 Güneş Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [38] 107

Şekil 1.45 Türkiye'de Yer Alan Jeotermal Kaynaklar [39] 111

Şekil 1.46 Jeotermal Enerji Kaynaklı Kurulu Güç (MW) [39] 112

Şekil 1.47 Jeotermal Enerjinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [39] 112

Şekil 1.48 Biyokütlenin Enerjiye Çevrim Yöntemleri [40] 113

Şekil 1.49 Biyokütle Enerji Kaynaklı Kurulu Güç (MW) [40] 114

Şekil 1.50 Biyokütle Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [40] 114

Şekil 1.51 Avrupa Birliği Ülkelerinde CO_2 Emisyonunun Sektörler Arası Oranı [44] 118

Şekil 1.52 Ulaşım Sektörünün Modlar Arası CO_2 Emisyon Dağılımı [44] 119

Şekil 1.53 Karbondioksit Emisyon Miktarının (g) Araç Sınıfları ve Yıllara Göre Değişimi [45] 121

Şekil 1.54 Sera Gazı Emisyon Miktarının (g) Senaryolara Göre Değişimi (IEA) [48] 123

Şekil 2.1 Hafif Hibrit Araçların Çalışma Prensipleri [54] 159

Şekil 2.2 Plug-in Hibrit Araçların Çalışma Prensipleri [54] 160

Şekil 2.3 Batarya Elektrikli Araçların Çalışma Prensipleri [54] 161

Şekil 2.4 Yakıt Hücreli Elektrikli Araçların Çalışma Prensipleri [54] 162

Şekil 2.5 EA Ortalama Menzil Tahmini ve Eğilim Denklemi 169

Şekil 2.6 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Oranlarının Değişimi (Senaryo 1) 173

Şekil 2.7 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Oranlarının Değişimi (Senaryo 1) 174

Şekil 2.8 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Oranlarının Değişimi (Senaryo 1) 176

Şekil 2.9 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Oranlarının Değişimi (Senaryo 1) 178

Şekil 2.10 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Satış Oranları [59] 180

Şekil 2.11 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2) 181

Şekil 2.12 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Satış Oranları [59] 182

Şekil 2.13 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2) 183

Şekil 2.14 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Satış Oranları [59] 184

Şekil 2.15 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2) 185

Şekil 2.16 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2) 187

Şekil 2.17 Elektrikli Araç (Otomobil) Satışları [5] 188

Şekil 2.18 Elektrikli Araç (Hafif Ticari) Satışları [5] 189

Şekil 2.19 Elektrikli Araç (Ağır Ticari) Satışları [5] 190

Şekil 2.20 Elektrikli Araç (Otobüs) Satışları [5] 190

Şekil 2.21 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Oranlarının Değişimi (Senaryo 3) 192

Şekil 2.22 Yakıt Türüne Göre Otomobil Sayılarının Yıllık Değişimi 194

Şekil 2.23 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Oranlarının Değişimi (Senaryo 3) 195

Şekil 2.24 Yakıt Türüne Göre Hafif Ticari Araçların Sayılarının Yıllık Değişimi 196

Şekil 2.25 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Oranlarının Değişimi (Senaryo 3) 197

Şekil 2.26 Yakıt Türüne Göre Ağır Taşıt Sayılarının Yıllık Değişimi 199

Şekil 2.27 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Oranlarının Değişimi (Senaryo 3) 200

Şekil 2.28 Yakıt Türüne Göre Otobüs Sayılarının Yıllık Değişimi 201

Şekil 2.29 İş Akış Şeması 203

Şekil 2.30 Yıllara Göre Elektrikli Araç Şarj Talebi 207

Şekil 2.31 Ülkemizde Yer Alan Otogarların Konumları [58] 208

Şekil 2.32 Ülkemizde Yer Alan Demiryolu Hatlarının Sınıflandırılması [64] 209

Şekil 2.33 Ülkemizde Yer Alan Demiryolu İstasyonlarının Konumları [58] 210

Şekil 2.34 Ülkemizde Yer Alan Lojistik Merkezlerin Konumları [65] 211

Şekil 2.35 Ülkemizde Yer Alan Havalimanlarının Konumları [58] 212

Şekil 2.36 Ülkemizde Yer Alan Limanların Konumları [58] 213

Şekil 2.37 Elleçlenen Yükün Liman Başkanlığınca Dağılımı [67] 214

Şekil 3.1 Yıllara Göre Elektrikli Araç Şarj Talebi 218

Şekil 3.2 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun İllere Göre Dağılımı 220

Şekil 3.3 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun İlçelere Göre Dağılımı 221

Şekil 3.4 İstanbul İlindeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının İlçelere Göre Dağılımı 222

Şekil 3.5 Ankara İlindeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının İlçelere Göre Dağılımı 223

Şekil 3.6 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun TAB'lara Göre Dağılımı 224

Şekil 3.7 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun Merkez İlçelerde Olma Durumu 225

Şekil 3.8 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Sahiplik Durumu 225

Şekil 3.9 Trafik Hacimleri ve Elektrikli Şarj İstasyonları 226

Şekil 3.10 İllere Göre Otomobil Sahipliği ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları 227

Şekil 3.11 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı ve Otomobil Sahipliği İlişkisi 227

Şekil 3.12 İllere Göre GSYİH ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları 228

Şekil 3.13 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı ve GSYİH İlişkisi 228

Şekil 3.14 İllere Göre Elektrik Tüketimi ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları 229

Şekil 3.15 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı ve Elektrik Tüketimi İlişkisi 230

Şekil 3.16 Hidroelektrik Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları 231

Şekil 3.17 Biyokütle Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları 232

Şekil 3.18 Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları 232

Şekil 3.19 Jeotermal Enerji Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları 233

Şekil 3.20 Güneş Enerji Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları 233

Şekil 3.21 YEK Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları 234

Şekil 3.22 Devlet Yollarındaki ve Otoyollardaki Akaryakıt İstasyonları 235

Şekil 3.23 Otoyol Hizmet Tesisleri 235

Şekil 3.24 Önerilen Algoritmanın Sözde Kodu 244

Şekil 3.25 Algoritmanın Farklı Varyantları İçin Performans Karşılaştırması 247

Şekil 3.26 Şarj İstasyonu Tesis Yeri Seçim Kriterleri [107] 249

Şekil 3.27 UUAP İç TAB Yapısı 250

Şekil 3.28 PTV VISUM UUAP Ulaşım Modeli O-D Çifti Rotaları 253

Şekil 3.29 MSSQL O-D Çifti Rotaları Veri Tabanı 254

Şekil 3.30 Algoritmaya Ait Yazılım Kodu (Python) 255

Şekil 3.31 UUAP Güncellenmiş İç TAB Yapısı 256

Şekil 3.32 2023 Yılı UUAP Modeli Güncellenmiş O-D Çifti Rotaları Tablosu 257

Şekil 3.33 2023 Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları 258

Şekil 3.34 2029 Yılı Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları 259

Şekil 3.35 2035 Yılı Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları 260

Şekil 3.36 2053 Yılı Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları 261

Şekil 3.37 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2023) 264

Şekil 3.38 2023 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 264

Şekil 3.39 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2029) 265

Şekil 3.40 2029 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 266

Şekil 3.41 2029 Yılı İl Bazlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 267

Şekil 3.42 2029 Yılı Bölgesel Bazda Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 267

Şekil 3.43 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2035) 268

Şekil 3.44 2035 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 268

Şekil 3.45 2035 Yılı İl Bazlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 269

Şekil 3.46 2035 Yılı Bölgesel Bazda Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 269

Şekil 3.47 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2053) 270

Şekil 3.48 2053 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 270

Şekil 3.49 2053 Yılı İl Bazlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 271

Şekil 3.50 2053 Yılı Bölgesel Bazda Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 271

Şekil 3.51 Bulunduğu Lokasyona Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 272

Şekil 3.52 Hedef Yıllara Ait Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları 273

Şekil 3.53 Highway Outlet AVM Uydu Görüntüsü 277

Şekil 3.54 Simülasyon Yol Ağı 277

Şekil 3.55 Highway Outlet AVM Simülasyon Görüntüsü 280

Şekil 3.56 Highway Outlet AVM Elektrikli Şarj İstasyonları 280

Şekil 3.57 Hedef Yıllara Ait Trafik Hacmi İle CO Emisyonu Salınımı İlişkisi 282

Şekil 3.58 Hedef Yıllara Ait Trafik Hacmi İle CO Emisyonu Salınımı İlişkisi (UUAP Artış Trendi Senaryosu) 283

Şekil 4.1 Karar Verme Yöntemi Çalışma Aşamaları 288

Şekil 4.2 T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Birimleri 289

Şekil 4.3 T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Diğer Kuruluşları 290

Şekil 4.4 Değerlendirmeye Alınan Bakanlık Hizmet Alanları Konumları 294

Şekil 4.5 Kurumsal Kriterler 302

Şekil 4.6 Karar Destek Sistemi Algoritması Genel Kriterleri 303

Şekil 4.7 Alan Uygunluk ve Kapasite Kriterleri 305

Şekil 4.8 İllere Göre İl/İlçe Merkezi, Belde/Köy Nüfusu [124] 308

Şekil 4.9 İllere Göre Bin Kişi Başına Düşen Otomobil Sayısı [126]..... 309

Şekil 4.10 Mevcut ve Öneri Şarj İstasyonları 311

Şekil 4.11 Karar Verme Yöntemi Aşamaları 312

Şekil 4.12 Karar Verme Yöntemi Süreç Akış Şeması 313

Şekil 4.13 Karar Destek Sisteminin Algoritması 314

Şekil 4.14 "kdsveriler.xlsx" Veri Kaynak Dosyası..... 317

Şekil 4.15 Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Bulunması 318

Şekil 4.16 Normalleştirme Fonksiyonu 319

Şekil 4.17 Normalleştirme Fonksiyonu Sonucunda Oluşan Yeni Değerler..... 319

Şekil 4.18 Lokasyonların İkili Karşılaştırma Matrisi..... 321

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Dünya Genelinde Elektrikli Araç Sektörüne Yönelik Uygulanan Politika ve Teşvikler [6] 34

Tablo 1.2 İklim Şurası, Ulaştırma Sektörüne İlişkin Hedefler [7] 49

Tablo 1.3 Elektrikli Araçlar ile İlgili Teşvikler [8] 51

Tablo 1.4 Elektrikli Araçların Yaygınlaştırılmasına Yönelik Politikalar [10], [11], [12], [13] 53

Tablo 1.5 Mevzuat [14] 57

Tablo 1.6 Yıllara Göre Elektrikli Araç Satışı [15] 61

Tablo 1.7 Dünya Geneli Şarj İstasyonu Sağlayıcıları [17] 70

Tablo 1.8 Dünya'da Önde Gelen Pil Tedarikçileri [19] 77

Tablo 1.9 Elektrikli Araç Türleri ve Özellikleri [20] 78

Tablo 1.10 Ülkemizdeki Elektrikli Otomobillerin Pazar Payı (TÜİK) [21] 79

Tablo 1.11 Markalara Göre Elektrikli Otomobil Satış Miktarları (TEHAD) [22] 80

Tablo 1.12 Marka ve Modellere Göre Elektrikli Otomobil Satış Miktarları (TEHAD) [22] .. 80

Tablo 1.13 2022 Yılı İllere Göre Elektrikli Otomobil Sayısı [21] 81

Tablo 1.14 Elektrikli Araç Modellerine Ait Teknik Bilgiler 83

Tablo 1.15 Ülkemizdeki Hibrit Elektrikli Otomobillerin Pazar Payı (TÜİK) 84

Tablo 1.16 İllere Göre Elektrikli/Hibrit Otomobil Sayısı 85

Tablo 1.17 SAE'nin Tanımladığı AC Standartları [24] 87

Tablo 1.18 SAE'nin Tanımladığı DC Standartları [24] 88

Tablo 1.19 Şarj Tipleri ve Süreleri [24] 89

Tablo 1.20 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Tiplerine Göre Dağılımı [25] 89

Tablo 1.21 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Hizmet Türüne Göre Dağılımı [25] 91

Tablo 1.22 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Hizmet Türüne Göre AC-DC Sayısı [25] 91

Tablo 1.23 Ülkemizdeki Lisans Sahibi Şirketlerin Dağılımı (TEHAD) [22] 95

Tablo 1.24 Lityum İyon Piller Avantajları ve Dezavantajları 98

Tablo 1.25 Enerji Türlerine Göre Lisans Sahibi Şirketlerin Sayısı ve Oranları 115

Tablo 1.26 Ülkemizde Kurulu Elektrik Güçleri ve Üretim (EPDK) [41] 116

Tablo 1.27 Ülkemizde Sektörlere Göre Yakılan Yakıtların CO_2 Salınım Oranları (TÜİK) [21] 118

Tablo 1.28 Yakıt Pilli Araçların İçten Yanmalı Araçlara Göre Karşılaştırılması [49]..... 124

Tablo 1.29 2022 Yılı Elektrikli Araçlar için Hızlı Şarj İstasyonları Çağrı Duyurusu (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) 128

Tablo 1.30 Türkiye'deki Elektrikli Araçlara Yönelik ÖTV Düzenlemeleri [50]..... 128

Tablo 1.31 Elektrikli Araç ve Elektrikli Araç Şarj Altyapısı Projeksiyon Yıllarına Yönelik Hedefler [53] 131

Tablo 1.32 Elektrikli Araç Satın Alımlarına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]..... 132

Tablo 1.33 Elektrikli Araç Kullanımına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53] 134

Tablo 1.34 Elektrikli Araç Üretim Teşviklerine Yönelik Politika ve Eylem Planları [53].. 136

Tablo 1.35 Elektrikli Araç Batarya Sektörüne Yönelik Politika ve Eylem Planları [53].... 138

Tablo 1.36 Geri Dönüşüm Yatırımlarına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]..... 140

Tablo 1.37 Elektrifikasyon Teknolojilerine Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]..... 141

Tablo 1.38 İleri Malzeme Destek Programına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]..... 143

Tablo 1.39 Elektrikli Araçlar Şarj Altyapısına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53] 145

Tablo 1.40 GZFT Analizi 147

Tablo 2.1 NEDC ve WLTP Test Modellerinin Karşılaştırılması [56] 166

Tablo 2.2 Avrupa'da Kullanılan Elektrikli Araçların Özellikleri [57]..... 167

Tablo 2.3 Ülkemizde Kullanılan Elektrikli Araçların Özellikleri [57] 168

Tablo 2.4 EA Ortalama Menzil Tahminleri..... 170

Tablo 2.5 EA Oranı Tahminleri (UUAP) [58] 172

Tablo 2.6 Revize EA Oranı Tahminleri..... 172

Tablo 2.7 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Sayıları (Senaryo 1) 173

Tablo 2.8 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Sayıları (Senaryo 1)..... 175

Tablo 2.9 Senaryo 1 İçin Elektrikli Ağır Taşıt Tahmin Modeli 176

Tablo 2.10 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Sayıları (Senaryo 1) 177

Tablo 2.11 Senaryo 1 İçin Elektrikli Otobüs Tahmin Modeli 177

Tablo 2.12 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Sayıları (Senaryo 1) 178

Tablo 2.13 Senaryo 2 İçin Elektrikli Otomobil Tahmin Modeli 180

Tablo 2.14 Yıllara Göre Elektrikli Araç Sayıları (Senaryo 2) 181

Tablo 2.15 Senaryo 2 İçin Elektrikli Hafif Ticari Araç Tahmin Modeli 182

Tablo 2.16 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Sayıları (Senaryo 2) 183

Tablo 2.17 Senaryo 2 İçin Elektrikli Ağır Taşıt Tahmin Modeli 185

Tablo 2.18 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Sayıları (Senaryo 2) 186

Tablo 2.19 Senaryo 2 İçin Elektrikli Otobüs Tahmin Modeli 186

Tablo 2.20 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Sayıları (Senaryo 2) 187

Tablo 2.21 Mevcut Politikalar Senaryosuna Göre Elektrikli Araç Pazar Payı Tahminleri [5] 191

Tablo 2.22 Taahhüt Senaryosuna Göre Elektrikli Araç Pazar Payı Tahminleri [5] 191

Tablo 2.23 Senaryo 3 İçin Elektrikli Otomobil Tahmin Modeli 192

Tablo 2.24 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Sayıları (Senaryo 3) 193

Tablo 2.25 Senaryo 3 İçin Elektrikli Hafif Ticari Araç Tahmin Modeli 194

Tablo 2.26 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Sayıları (Senaryo 3) 195

Tablo 2.27 Senaryo 3 İçin Elektrikli Ağır Taşıt Tahmin Modeli 197

Tablo 2.28 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Sayıları (Senaryo 3) 198

Tablo 2.29 Senaryo 3 İçin Elektrikli Otobüs Tahmin Modeli 199

Tablo 2.30 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Sayıları (Senaryo 3) 200

Tablo 2.31 Senaryo ve Taşıt Türlerine Ait Polinom Denklemler 202

Tablo 2.32 Senaryo 1 İçin Elektrik Araç Şarj Talep ve Arzı 205

Tablo 2.33 Senaryo 2 İçin Elektrik Araç Şarj Talep ve Arzı 206

Tablo 2.34 Senaryo 3 İçin Elektrik Araç Şarj Talep ve Arzı 206

Tablo 2.35 En Yüksek Yolcu Sayısına Sahip İlk 10 Havalimanı [66] 212

Tablo 2.36 Liman Başkanlıkları ve Elleçlenen Yıllık Yük [67] 213

Tablo 3.1 Senaryolara Göre Yıllar İçerisindeki Elektrik Talebi ve EA Şarj İstasyon Sayısı 217

Tablo 3.2 İllere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı 220

Tablo 3.3 İlçelere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı 221

Tablo 3.4 İstanbul İlinin İlçelere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı 222

Tablo 3.5 Ankara İlinin İlçelere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı 223

Tablo 3.6 Ülkemizde Bulunan YEK ve Santral Sayıları 231

Tablo 3.7 Varyantlara Göre Elde Edilen İstasyon Sayıları 246

Tablo 3.8 UUAP Modeli Ulaşım Ağı Bilgileri 250

Tablo 3.9 Bilgisayar Konfigürasyonu 252

Tablo 3.10 Kullanılan Algoritmalar ve Çalışma Süreleri 252

Tablo 3.11 Veri Tabanında Yer Alan Alanlar ve Açıklamaları 254

Tablo 3.12 Sera Gazı Emisyonu Bileşenleri 273

Tablo 3.13 Şehirler Arası Karayolu Ulaşımı Kaynaklı CO_2 Emisyonu 274

Tablo 3.14 Şehirler Arası Karayolu Ulaşımı Kaynaklı GHG Emisyonu 275

Tablo 3.15 EA Kaynaklı GHG Emisyonu Tasarrufu 275

Tablo 3.16 Simülasyona Girilen Input Değerleri (taşıt/saat) 278

Tablo 3.17 Simülasyonda Kullanılan Ortalama Şarj Süresi 279

Tablo 3.18 Simülasyon Sonuçları 281

Tablo 3.19 Elde Edilen Parametreler ve Açıklamaları 281

Tablo 4.1 Ön Değerlendirmeyi Geçen Taşınmazlar 295

Tablo 4.2 Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi 316

KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AC: Alternatif Akım

AHP: Analitik Hiyerarşi Süreci

AKAKDO: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık

API: Application Programing Interface

APS: Taahhüt Senaryosu

AR – GE: Araştırma ve Geliştirme

AUS: Akıllı Ulaşım Sistemleri

BEPA: Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası

BES: Biyokütle Enerji Santrali

BEV: Bataryalı Elektrikli Araç

BİSUAP: Bisikletli Ulaşım Ana Planı

BTK: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

C°: Santigrat Derece

CAFE: Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği

CATL: Batarya Üreticisi

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi

CHAdeMO: Hızlı Şarj Tipi

CI: Yıllık Karbon Yoğunluğu

CNG: Sıkıştırılmış Doğalgaz

CO_2: Karbondioksit

DC: Direkt Akım

DHMİ: Devlet Hava Meydanları İşletmesi

EA - EV: Elektrikli Araç (Electric Vehicle)

EAŞİ: Elektrikli Araç Şarj İstasyonu

EBRD: Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası

EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

FCEV: Yakıt Hücreli Elektrikli Araç

g: Gram

GA: Genetik Algoritma

GEPA: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

GES: Güneş Enerjisi Santrali

GSYİH: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla

GWh: Gigavatsaat

HDV - HGV: Ağır Ticari Araç

HES: Hidroelektrik Santrali

HEV: Hibrit Elektrikli Araç

HGV: Ağır Ticari Araç

ICCT: Uluslararası Temiz Taşımacılık Konseyi

IEA: Uluslararası Enerji Ajansı

IEC: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

IRENA: Uluslararası Yenilebilir Enerji Ajansı

IYM: İçten Yanmalı Motor

İDEP: İklim Değişikliği Eylem Planı

JES: Jeotermal Enerji Santrali

KDS: Karar Destek Sistemi

KDV: Katma Değer Vergisi

KEGM: Kıyı Emniyet Genel Müdürlüğü

KEI: Karadeniz Ekonomik İş Birliği Örgütü

KGM: Karayolları Genel Müdürlüğü

Km: Kilometre

kW: Kilowatt

kWh: Kilowattsaat

L: Litre

LDV - LGV: Hafif Ticari Araç

LiFePo4: Lityum Demir Fosfat

Li-ion: Lityum – İyon

Li-Po: Lityum İyon Polimer

Li-S: Lityum Sülfür LPG: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

m^2: Metrekare

MDV: Orta Ticari Araç

MHEV: Hafif Hibrit Elektrikli Araç

MTEP: Milyon Ton Eşdeğer Petrol

MVVM: Model View – View Model

MW: Megawatt

MWe: Megawatt Elektrik

MWh: Megawatt Saat

MWt: Megawatt Isı

NEDC: Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü

NEV: Yeni Elektrikli Araç

NiCd: Nikel Kadmiyum Pil

NiMh: Nikel Metal Hidrür Pil

OD: Başlangıç – Varış

OEM: Orijinal Ekipman Üreticileri

OHT: Otoyol Hizmet Tesisi

ÖTV: Özel Tüketim Vergisi

Pb: Kurşun Elementi

PHEV: Plug-in Hibrit Elektrikli Araç

PTT: Posta ve Telgraf Teşkilatı

RES: Rüzgar Enerji Santrali

sa: Saat

SAE: Amerikan Otomotiv Mühendisleri Birliği

SAFE: Güvenli Uygun Maliyetli Yakıt Verimliliği

SDK: Yazılım Geliştirme Kiti

SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

SIPA: Uluslararası ve Halkla İlişkiler Okulu

SKHP: Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı

STEP: Mevcut Politikalar Senaryosu

STK: Sivil Toplum Kuruluşu

TAB: Trafik Analiz Bölgeleri

TCDD: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları

TEHAD: Türkiye Elektrikli Hibrit Araçlar Derneği

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

TOGG: Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

TÜRASAŞ: Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş

TÜRKSAT: Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme Anonim Şirketi

UAP: Ulaşım Ana Planı

UUAP: Ulusal Ulaşım Ana Planı

YEK – G: Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi

YEK: Yenilenebilir Enerji Kaynağı

ZES: Zorlu Enerji Çözümleri

ZEV: Sıfır Emisyonlu Araç

ZEZ: Sıfır Emisyonlu Bölge

Wh: Wattsaat

WLTP: Hafif Taşıtlar için Dünya Genelinde Uyumlu Test Prosedürü

YÖNETİCİ ÖZETİ

Şehirlerde yaşam kalitesinin artırılmasında ulaşım hizmetleri önemli bir rol oynamaktadır. Ulaşımda artan çevre bilinciyle birlikte ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasında düşük emisyonlu elektrikli araçlar önemli bir fırsat olarak görülmektedir. Elektrikli araç kullanımının ülkemizde yaygınlaşması ile birlikte özellikle şehirler arası yollarda optimum sayıda ve konumda şarj istasyonlarının varlığı oldukça önemli bir gündem olmuştur. Ayrıca, mevcut ve gelecek şarj altyapı ihtiyacı göz önüne alınarak, elektrikli araç şarj istasyonları bütünsel bir perspektifle planlanmalıdır. Bu planlama, elektrikli araç şarj istasyonlarına erişim için kat edilen mesafeyi optimum düzeyde tutarak gereksiz enerji tüketimini ve karbon salınımını azaltacak; aynı zamanda geleneksel içten yanmalı motorlu araçlardan tamamen elektrikli araçlara geçişi hızlandıracaktır.

Paris İklim Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında birçok ülke net sıfır emisyon hedefleri belirlemiştir. Ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması bu hedeflerin başarıya ulaşmasında büyük bir öneme sahiptir. Bu kapsamda Çin, Fransa, Hindistan, Hollanda, Norveç ve Birleşik Krallık'ın içinde bulunduğu birçok ülke dizel ve benzinli araçların satışının yasaklanacağı tarihleri 2025-2050 yılları arası açıklamıştır. BM İklim Değişikliği Zirvesi (COP 26) kapsamında, 30 ülke en geç 2040 yılına kadar karbondioksit salınımının sıfırlanmasını öngören bir anlaşmaya imza atmıştır. Bu anlaşma çerçevesinde Türkiye dahil 30 ülke sıfır emisyonlu araçlara geçiş yapacaklarını beyan etmiştir. Bu gelişmeler ışığında dünya genelinde birçok otomobil üreticisi, fosil yakıtlı araç üretimini durdurma ve %100 elektrikli araçlara geçiş hedefini ortaya koymuştur. 2014 yılında yürürlüğe giren ve AB'nin şarj altyapısıyla ilgili temel düzenlemelerini içeren 2014/94 sayılı 'Alternatif Yakıt Altyapısı Direktifi', elektrikli araçlar için tamamlayıcı nitelikte olan şarj altyapı sistemleri için belirli standartları öngörmektedir. Bu direktif, 2030 karbon salınımı hedefini yakalamayı amaçlamaktadır.

2014 yılında yürürlüğe giren ve AB şarj altyapısı kapsamındaki temel mevzuat olan 2014/94 sayılı “Alternatif Yakıt Altyapısı Direktifi” elektrikli araçlar için tamamlayıcı konumdaki şarj altyapısı sistemleri kapsamında 2030 karbon salınımı hedefini yakalamak amacıyla belirli standartlar öngörmektedir.

Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından kabul edilen ve 7 Ekim 2021 tarihli, 31621 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Paris Anlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun" ülkemizin iklim politikalarına yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu bağlamda, Türkiye "2053 Net Sıfır Emisyon" ve "2040 Sıfır Emisyonlu Araçlara Geçiş" hedeflerini kamuoyuyla paylaşmıştır. Bu önemli adımın ardından tüm paydaşların etkin katılımıyla kısa, orta ve uzun vadeli stratejik hedefler belirlenmiş ve iklim konusunda geliştirilecek mevzuata katkı sağlanması hedeflenmiştir. Sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğine uyum bağlamında temel politikalarla öncelikli eylemleri içeren bir yol haritası oluşturmak amacıyla "İklim Şurası" düzenlenmiştir.

Sera gazı salınımının yaklaşık dörtte birinden sorumlu olan ulaşım sektöründe de fosil yakıtlı araçlardan başta elektrik enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından beslenen araçlara geçiş büyük bir ivme kazanmıştır. Nitekim 2022 – 2023 yılları Eylül ayı itibariyle ülkemizdeki elektrikli araç sayısı %252 oranında, satılan elektrikli araç sayısı %343 oranında, buna karşılık elektrikli araç şarj soket sayısı da %127 oranında artmıştır. Şehirler arası yollardaki mevcut şarj istasyonlarının sayısı, elektrikli araç sayısındaki artış göz önüne alındığında yolculukların daha verimli hale getirilmesi, elektrikli araçlar için optimum sayıda ve konumda şarj altyapısının tesis edilmesi amacıyla bu proje hayata geçirilmiştir.

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması işi kapsamında ilk olarak; ülkemizde ve dünyada elektrikli araç ekosisteminin mevcut durumu, gelişimi ihtiyaç duyulabilecek veri ve bilgiler toplanarak analiz edilmiştir. Söz konusu veriler, elektrikli araçların yaygınlaştırılmasına yönelik ulusal ve uluslararası politikaları, Türkiye elektrikli araç ekosisteminde bulunan varlıkların durumunu, dünyadaki elektrikli araç ekosisteminin durumunu, Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarını, elektrikli araçların iklim değişikliğine etkisini ve elektrikli araç sektörüne ülkemizde sağlanan destekleri kapsamaktadır. Bu veri ve bilgiler, aşağıda verilen amaçlar doğrultusunda elde edilmiştir:

- Elektrikli araç sektörünün mevcut durumunu değerlendirmek ve analiz etmek,
- Elektrikli araç sektörü için öngörülerde bulunmak,
- Elektrikli araç sektörüne ilişkin politikalar geliştirmek.

Elektrikli araç sektörüne yönelik mevcut durum analizi yapılırken ülkemizdeki şarj istasyon tipleri ve lokasyonları, elektrikli araç sektörüne ilişkin politika ve mevzuata ilişkin veriler

toplanmıştır. Buna göre ülkemizde 2022 yılı itibari ile 14.552 elektrikli otomobil, 134.662 hibrit elektrikli otomobil bulunmaktadır. Ülkemizdeki elektrikli araç şarj soketi sayısı ise Eylül 2023 itibari ile 8.524 tür. Bu soketlerin %76'sı AC, %24'ü DC olarak hizmet vermektedir. Ayrıca söz konusu tarih itibariyle ülkemizde şarj istasyonu kurma yetkisine sahip 124 adet şarj ağı işletmecisi bulunmaktadır.

Çalışmanın ikinci aşamasında elektrikli araç ekosisteminin gelişmesine paralel olarak sektörün gelecekteki durumuna ilişkin öngörüler hazırlanmıştır. Bu kapsamda geleceğe yönelik elektrikli araç satış tahminleri ve elektrikli araç stoğuna ilişkin tahminlerle birlikte elektrikli araç şarj talep tahminleri ve ihtiyaç duyulacak elektrik enerjisi miktarının da yer aldığı öngörüler ortaya konulmuştur. Öngörüler yapılırken ülkemizdeki ve dünyadaki elektrikli araçların satış sayıları ve stok durumlarına göre üç farklı senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryolar:

- ***2053 UUAP Artış Trendi Senaryosu:*** Türkiye Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planında (UUAP) belirtilen elektrikli araç tahminlerinin baz alındığı senaryodur.
- ***Dünya Geneli Artış Trendi Senaryosu:*** Dünya genelindeki elektrikli araç satışları ve elektrikli araç sayısı artış öngörülerini dikkate alan senaryodur. Bu kapsamda Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) Dünya genelindeki elektrikli araç satış istatistikleri ile ülkemizdeki elektrikli araç satışları ilişkilendirilmiştir.
- ***Küresel Isınma ve Sıfır Emisyon Hedefi Senaryosu:*** İklim Şurası Sonuç Bildirgesi'ne göre "2053 yılı Net Sıfır Emisyon Hedefini" dikkate alan senaryodur. Bu senaryoda elektrikli araç sayısı tahminleri 2053 yılı için sıfır emisyon hedefine uygun olarak düzenlenmiştir.

Çalışılan her bir senaryo için, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Plan'ından elde edilen hedef yıllara ait *taşıt x km* değerleri ile hedef yıllardaki elektrikli araç oranları ilişkilendirilmiş ve buna bağlı olarak elektrik araç şarj talepleri hesaplanmıştır. Ülkemizin 2053 yılı hedefleri doğrultusunda gelişmiş ülkeler arasında yer alacağı ön görülmektedir. Dolayısıyla, elektrikli araç kullanımındaki hedeflerimizin de gelişmiş ülkeler seviyesinde olmasını öngören UUAP hedefleri kapsamında hazırlanan ***Senaryo-1: 2053 UUAP Artış Trendi Senaryosu*** en uygun senaryo olarak kabul edilmiştir. Elektrikli araç ekosisteminde faaliyet gösteren sektör temsilcileri ile yapılan çalıştay neticesinde UUAP hedefleri yakın gelecek için güncellenerek

çalışma kapsamında değerlendirilmiş ve böylece ülkemiz elektrikli araç sektörü gelişimine yönelik yapılan tahminler güncellenmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında, elektrikli araç şarj istasyonlarının mikro, mezo, makro ölçekte optimum lokasyonlarda konumlandırılması amacıyla mekansal analizler yapılmış olup, 2029, 2035 ve 2053 projeksiyon yılları için şehirler arası yolculuklarda ihtiyaç duyulan Elektrikli Araç Şarj İstasyonu yer seçimi ve soket sayıları hesaplanmıştır.

Hedef yıllardaki elektrikli araç şarj istasyonlarının konumlarını belirlemek amacıyla, öncelikle elektrikli araç şarj istasyonlarının yer seçimine ilişkin literatür araştırması yapılmıştır. Detaylı literatür incelemesinin ardından bu çalışmada kullanılacak metodoloji belirlenmiştir. Söz konusu metodoloji kapsamında elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi ve soket sayısı algoritması olmak üzere iki farklı algoritma geliştirilmiştir.

Elektrikli araç yer seçim algoritmasının uygulanmasında, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı ulaşım planlama modeli verileri kullanılmıştır. UUAP modeli gelecek yıllara ait ulaştırma yatırımlarını da içerdiğinden planlanan otoyol, devlet yolu ve il yolları projeksiyon yılları için dikkate alınmıştır. Projeksiyon yılları için öneri elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi tamamlandıktan sonra ikinci algoritma olan soket sayısı algoritması kullanılarak her bir hedef yıl için şehirler arası yolculuklarda ihtiyaç duyulacak soket sayısı hesaplanmıştır. Soket sayısı algoritmasında yine UUAP ulaşım planlama modeli altyapısı kullanılmıştır.

Sonuç olarak, şehirler arası yolculuklarda ihtiyaç duyulacak şarj taleplerini karşılamak üzere 2029 yılı için 2.193 noktada 5.624 adet, 2035 yılı için 2.225 noktada 14.250 adet ve 2053 yılı için ise 2.233 noktada 36.944 adet şarj soket sayısı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, şehirler arası yolculuklarda elektrikli araç kullanımı ile birlikte 2029 yılı için 47.025 *ton/yıl*, 2035 yılı için 87.951 *ton/yıl* ve 2053 yılı için 195.322 *ton/yıl* sera gazı emisyonunun azaltılacağı tahmin edilmiştir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı hizmet alanlarında elektrikli araç şarj istasyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla sorumlu idareler ile görüşmeler yapılarak gerekli veri alışverişi sağlanmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak "Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı" sorumluluğunda bulunan karayolu ağı, demiryolu ağı, havaalanları, limanlar vb. alanlardaki elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyacı bu aşamada belirlenmiştir.

EXECUTIVE SUMMARY

Transportation services play an important role in improving the quality of life in cities. With the increasing environmental awareness in transportation, low emission electric vehicles are considered as an important opportunity in reducing transportation related greenhouse gas emissions. With the increasing prevalence of electric vehicle usage in our country, the presence of an optimal number and location of charging stations, especially on intercity roads, has become a significant agenda. In addition, taking into account the current and future needs, electric vehicle charging stations should be planned from a holistic perspective. This planning will reduce unnecessary energy consumption and carbon emissions by keeping the distance traveled for vehicle charging at an optimal level; at the same time, it will accelerate the transition from traditional internal combustion engine vehicles to fully electric vehicles.

Many countries have set net zero emission targets within the scope of the Paris Climate Agreement and the European Green Deal. Reducing emissions from transportation is of great importance in achieving these goals. In this context, several nations, such as China, France, India, the Netherlands, Norway, and the United Kingdom, have declared their intentions to prohibit the sale of diesel and gasoline vehicles within the timeframe spanning from 2025 to 2050. Within the scope of the UN Climate Change Summit (COP 26), 30 countries signed an agreement stipulating zero carbon dioxide emissions by 2040 at the latest. Within the framework of this agreement, 30 countries, including Türkiye, have declared that they will switch to zero-emission vehicles. In light of these developments, many automobile manufacturers around the world have set the goal of stopping fossil fuel vehicle production and switching to 100% electric vehicles. The 'Alternative Fuel Infrastructure Directive' with the number 2014/94, which came into effect in 2014 and encompasses the fundamental regulations concerning the EU's charging infrastructure, specifies certain standards for complementary charging infrastructure systems for electric vehicles. This directive aims to achieve the 2030 carbon emissions target.

The "Law Concerning the Appropriateness of Approval of the Paris Agreement", which was adopted by the Grand National Assembly of Türkiye and came into the force by being published in the Official Gazette No. 31621 dated October 7, 2021, has introduced a novel aspect into the climate policies of our country. In this context, Türkiye has shared its "2053 Net Zero Emission" and "2040 Transition to Zero Emission Vehicles" targets with the public.

Following this important step, short, medium and long-term strategic goals were determined with the active participation of all stakeholders and it aimed to provide a contribution to the formulation of climate-related legislation. The "Climate Council" was organized to create a road map that includes basic policies and priority actions in the context of reducing greenhouse gas emissions and adaptation to climate change.

Transportation sector which is responsible for approximately one quarter of greenhouse gas emissions, the transition from fossil fuel vehicles to vehicles powered by renewable energy sources, especially electrical energy, has gained great momentum. As a matter of fact, by September 2022 - 2023, the number of electric vehicles in our country increased by 252%, the number of electric vehicles sale increased by 343%, and the number of electric vehicle charging sockets increased by 127%. Considering the number of existing charging stations on intercity roads and the increase in the number of electric vehicles, this project was implemented to make journeys more efficient and to establish charging infrastructure in the optimum number and location for electric vehicles.

As part of the project for the Determination of Electric Vehicle Charging Station Locations and the Development of Simulation Program, initially, the current state and development of the electric vehicle ecosystem in our country and globally were analyzed by gathering necessary data and information that might be required. These data cover National and International Policies for the Dissemination of Electric Vehicles, the Status of the Assets in the Electric Vehicle Ecosystem in Türkiye, the Status of the Electric Vehicle Ecosystem in the World, Renewable Energy Resources in Türkiye, the Impact of Electric Vehicles on Climate Change and the Supports Provided to the Electric Vehicle Sector in Our Country. These data and information were obtained for the following purposes:

• To evaluate and analyze the current situation of the electric vehicle industry,

• Making predictions for the electric vehicle industry,

• Developing policies regarding the electric vehicle sector.

During the current situation analysis of the electric vehicle sector, charging station types and locations in our country, policies and regulations related to the electric vehicle sector were collected. Accordingly, there are 14,552 electric cars and 134,662 hybrid electric cars in our country as of 2022. The number of electric vehicle charging sockets in our country is 8,524 types as of September 2023. 76% of these sockets serve as AC and 24% as DC. In addition,

as of the date in question, there are 124 licensed companies authorized to install charging stations in our country.

In the second stage of the study, predictions regarding the future situation of the sector were made in parallel with the development of the electric vehicle ecosystem. In this context, future electric vehicle sales forecasts and electric vehicle stock forecasts, as well as electric vehicle charging demand forecasts and required electrical energy have been presented. While making predictions, three different scenarios were developed according to the sales numbers and stock status of electric vehicles both in our country and the world. These scenarios:

- ***2053 NTMP Increase Trend Scenario:*** This scenario is based on the electric vehicle forecasts specified in the Turkish National Transportation and Logistics Master Plan (NTMP).

- ***Worldwide Increase Trend Scenario:*** This is the scenario that takes into account the increase forecasts for worldwide electric vehicle sales and the number of electric vehicles. In this context, the International Energy Agency (IEA)'s worldwide electric vehicle sales statistics have been correlated with electric vehicle sales in our country.

- ***Global Warming and Zero Emission Target Scenario:*** This scenario takes into account the '2053 Net Zero Emission Target' according to the Climate Summit Declaration. In this scenario, electric vehicle quantity estimates have been adjusted to align with the zero-emission target for the year 2053.

For each scenario studied, the *vehicle x km* values of the target years obtained from the National Transportation and Logistics Master Plan were associated with the electric vehicle rates in the target years, and electric vehicle charging demands were calculated accordingly. It is predicted that our country will rise to the status of developed countries in line with the 2053 targets. Therefore, ***Scenario-1: 2053 NTMP Increase Trend Scenario***, prepared within the scope of NTMP targets, which envisages our targets in electric vehicle usage to be at the level of developed countries, has been accepted as the most appropriate scenario. As a result of the workshop held with sector representatives operating in the electric vehicle ecosystem, NTMP targets were updated for the near future and evaluated within the scope of the study, and thus the predictions for the development of our country's electric vehicle sector were updated.

In the third stage of the study, spatial analyses were performed in order to position electric vehicle charging stations in optimal locations on a micro, meso, macro scale, and for the projection years of 2029, 2035 and 2053, the location selection and socket numbers of Electric Vehicle Charging Stations needed for intercity trips were calculated.

In order to determine the locations of electric vehicle charging stations in the target years, literature research was first conducted on the location selection of electric vehicle charging stations. Following a detailed literature review, the methodology to be used in this study was determined. Within the scope of the methodology in question, two different algorithms have been developed: electric vehicle charging station location selection and socket number algorithm.

In the implementation of the electric vehicle location selection algorithm, Transportation planning model of National Transportation and Logistics Master Plan data were used while implementing the algorithm of electric vehicle location selection. The Master Plan includes all the investments of upcoming years. Therefore, the study also includes planned highways, state roads, and provincial roads. According to this model, the projection of the electric vehicle charging station was completed, afterwards the number of sockets that would be needed for intercity trips for each target year was calculated by using the number of sockets algorithm.

As a result, in order to meet the charging demands that will be needed during intercity trips, the number of charging sockets has been calculated as 5,624 at 2,193 points for 2029, 14,250 at 2,225 points for 2035, and 36,944 at 2,233 points for 2053. According to the results obtained, it is estimated that with the use of electric vehicles in intercity journeys, greenhouse gas emissions will be reduced by 47,025 *tons/year* for 2029, 87,951 *tons/year* for 2035 and 195,322 *tons/year* for 2053.

In the fourth stage of the study, meetings were held with the responsible administrations to determine the electric vehicle charging station capacity in the service areas of the Ministry of Transport and Infrastructure and the necessary data exchange was provided. Using the obtained data, the need for electric vehicle charging stations in areas under the responsibility of the Ministry of Transportation and Infrastructure, such as the road network, railway system, airports, ports, etc., has been identified at this stage.

1. BÖLÜM: MEVCUT DURUM ANALİZİ

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak araç teknolojileri de gelişmektedir. Araç teknolojileri ile ilgili en önemli gelişmeler, elektrikli motorların ve pil teknolojilerinin gelişmesidir. Bu teknolojilerin gelişmesiyle birlikte elektrikli araçların kullanımı da hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır.

Elektrikli araçların son yıllarda gündemde olmasının yanı sıra, aslında elektrikli araçlar ilk olarak 1835 yılında Thomas Davenport tarafından icat edilmiştir [1]. Araç, iki elektromıknatıs, bir pivot ve bir batarya kullanılan küçük bir lokomotiften oluşmaktadır. Aynı dönemde çeşitli modellerde elektrikli araçlar üretilmiştir. Elektrikli araçlar gün geçtikçe popüler olmaya başlamışken, benzinli otomobillerin seri üretime geçmesi ile birlikte elektrikli araçlara olan ilgi azalmaya başlamıştır. Ancak artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte fosil kaynaklı yakıtlar tükenmeye başlamış, sürdürülebilir bir enerji kaynağı olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple insanlar yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bunun sonucu olarak elektrik enerjisi ile çalışan araçlar tekrar gündeme gelmiştir.

Elektrikli araçların, yenilenebilir enerji kaynağından faydalanmasının yanı sıra birçok avantajı vardır. Bu avantajlardan en önemlisi çevre dostu olması ve karbon ayak izi bırakmamasıdır. Sera gazı salınımının %20'si ulaştırma sektöründen kaynaklı olduğuna göre, elektrikli araçların bu özelliği sürdürülebilir bir dünya için önemli olduğunu göstermektedir [2]. Ayrıca elektrikli araçlar düşük yakıt maliyetine sahip araçlar olup, bakım masrafları da fosil kaynaklı yakıt kullanan araçlardan daha düşüktür.

Elektrikli araçlarda araç hareketi, sadece pil paketlerinden sağlanan elektrik enerjisiyle elektrik motorundan sağlanmaktadır. Hibrit Elektrikli Araçlarda ise motor tahriki hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru ile sağlanmaktadır. Hibrit Elektrikli Araçlarda araç menzili ortalama 40 – 50 km iken Batarya Elektrikli Araçlarda araç menzili ortalama 400 – 450 km kadardır [3]. Ancak tüm dünyada elektrikli araç sektörü her geçen gün gelişmektedir. Bu gelişmeye paralel olarak pil teknolojileri de gelişmektedir ve elektrikli araç menzillerin kısa zaman içerisinde artacağı beklenmektedir.

Elektrikli araçlar ile ilgili söz konusu gelişmeler ülkemizde de yaşanmaktadır. Bu gelişmelerden en önemlisi TOGG markası altında üretilen yerli otomobildir. Bu kapsamda yerli otomobilin tamamen elektrikli olmasına yönelik çalışmalar hız kazanmış olup yerli otomobilin

2023 yılının sonlarına doğru satışa çıkması beklenmektedir. Yerli otomobilin hizmete alınması ve buna ek olarak mevcutta da kullanılan elektrikli araç sayısının artması elektrikli şarj istasyonlarına duyulan ihtiyacı da arttıracaktır.

Elektrikli şarj istasyonuna duyulan ihtiyacın giderilmesi adına şarj istasyonlarının sayısının arttırılması önemli bir gereklilik haline gelmiştir. Ayrıca kurulacak yeni şarj istasyonlarının konumlarının optimum lokasyonlarda olması da önemlidir. Bu kapsamda ortaya koyulan Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması projesi ile öncelikle mevcut durumdaki şarj istasyon yerleri tespit edilecek ve bu istasyonlara ilişkin öznitelik bilgileri oluşturulacaktır. Sonrasında bu veriler CBS ortamında derlenecektir. Mevcut verilere ilave olarak Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı sorumluluğunda bulunan potansiyel şarj istasyonu lokasyonları belirlenecektir. Mevcut ve potansiyel şarj istasyonu lokasyonları ile gelecek senaryoları kapsamında öngörülen Elektrikli Araç (EA) artışı ve UUAP modeli kullanılarak Türkiye genelinde elektrikli araç şarj istasyonu konumlarının belirlenmesine yönelik bir model geliştirilecektir.

“Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması” işi kapsamında, ülkemizde ve dünyada elektrikli araç ekosisteminde bulunan varlıkların durumu, kullanımı ve gelişimine ilişkin bilgiler Mevcut Durum Analizi Raporu içeriğinde bu başlık altında verilmiştir.

Mevcut Durum Analiz Raporunda, toplanan veriler projenin ilerleyen aşamalarının temelini oluşturacaktır. Bu nedenle bu aşamada yapılmış olan çalışmalar oldukça önem arz etmektedir. Uzman proje ekibi bütün bilgileri toplamak için iyi koordine edilmiş olup, elektrikli araç ekosisteminde bulunan varlıklara ilişkin veri toplama çalışmaları titizlikle yürütülmüştür.

Mevcut Durum Analizi Raporu:

- Elektrikli Araçların Yaygınlaştırılmasına Yönelik Ulusal ve Uluslararası Politikalar,
- Türkiye Elektrikli Araç Ekosisteminde Bulunan Varlıkların Durumu,
- Dünyadaki Elektrikli Araç Ekosisteminin Durumu,
- Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Kaynakları,
- Elektrikli Araçların İklim Değişikliğine Etkisi,
- Elektrikli Araç Sektörüne Ülkemizde Sağlanan Destekler

başlıkları altında altı ana bölümde incelenmiştir.

Mevcut Durum Analiz Raporu, ülkemizde ve dünyada elektrikli araç ekosisteminde bulunan varlıkların durumunun, gelişiminin ve kullanımının analiz edilmesinde ihtiyaç duyulabilecek veri ve bilgileri içerecektir. Bu veri ve bilgiler, aşağıda verilen amaçlar doğrultusunda elde edilmiştir:

- Elektrikli araç sektörüne yönelik mevcut durumu tespit etmek,
- Elektrikli araç sektörünün mevcut durumunu değerlendirmek ve analiz etmek,
- Elektrikli araç sektörü için öngörülerde bulunmak,
- Elektrikli araç sektörüne ilişkin politikalar geliştirmek.

Elektrikli araç sektörüne yönelik mevcut durum analizi yapılırken ülkemizde ve dünyada yer alan araç türleri, pil teknolojileri, şarj istasyon tipleri ve lokasyonları, elektrikli araç sektörüne ilişkin politika ve mevzuat ile yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin veriler toplanmıştır.

1.1 ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN YAYGINLAŞTIRILMASINA YÖNELİK ULUSAL VE ULUSLARARASI POLİTİKALAR

Teknolojinin hızla geliştiği dünyada, sanayileşmenin de aynı oranda hızla büyüdüğü bilinmektedir. Ancak sanayileşmenin bu şekilde kontrolsüz büyümesi, küresel çapta önemli sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların başında, fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi ile birlikte çevreye ve doğaya salınan zararlı atıklar yer almaktadır. Nitekim bu atıklar bazen katı ve sıvı atıklar, bazen de zararlı gazlardır. Söz konusu atıklar, atmosferin ve ozon tabakasının yapısını bozmakta, bunun sonucu olarak iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir.

İklim değişikliği, küresel ısınmanın Dünya'nın iklim sistemi üzerindeki etkilerini ifade etmektedir [4]. Daha detaylı tanımlanacak olursa; fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaştırma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazı birikimlerindeki hızlı artışın doğal sera etkisini kuvvetlendirmesi sonucunda Yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışı ve iklimde oluşan değişiklikleri ifade etmektedir.

Günümüzde iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadele kapsamında fosil yakıt kullanımının, temiz enerji kullanımına dönüşümü söz konudur. Bu kapsamda, sera gazı salınımının %20'sini oluşturan ulaştırma sektöründe temiz enerji kullanımını arttırmaya

yönelik elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması gibi birtakım tedbirler alınmaktadır. Rapor kapsamında ülkemizde ve dünyada elektrikli araç kullanımına yönelik ulusal ve uluslararası politikalar ile mevzuat bu bölümde verilmiştir.

1.1.1 Uluslararası Politikalar

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency – IEA) 2022 yılında yayınladığı "Global Electric Vehicle Outlook" raporuna göre, 2021 yılında elektrikli araçların kullanımında önemli bir artış yaşanmıştır. 2020 yılında yaklaşık 10 milyon olan elektrikli araç sayısının 2021 yılında yaklaşık 16,5 milyona yükseldiğini vurgulayan IEA, hükümetlerin vatandaşları elektrikli araçların kullanımına teşvik edecek düzenlemeler planladığını ve bunlara yönelik somut adımlar attığını belirtmektedir. Nitekim, Paris İklim Anlaşmasının sonucu olan net sıfır emisyonu hedeflerine ulaşmaya çalışan hükümetlerin, fosil kaynaklı yakıt kullanan araçlardan elektrikli araçlara geçişi hızlandırma ve elektrikli araçların kullanımına ilişkin altyapıyı geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

IEA'nın "Global Electric Vehicle Outlook" raporuna göre; Dünya genelinde elektrikli araç pazarında en büyük pay Çin'e aittir. Çin'in elektrikli araç pazarına liderlik etmesi, Çin hükümetinin, elektrikli araç piyasasında düzenlemeler yapmasını ve elektrikli araç şarj istasyonu altyapısının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda, Çin Hükümeti 2025 yılına kadar 20 milyon elektrikli aracın ihtiyacını karşılamak için gerekli olan şarj altyapısını geliştirme hedeflerini duyurmuştur. Ayrıca Çin, lityum – iyon pil üretimini arttırmak ve geliştirmek için fabrika işletim koşulları ve arazi geliştirme gereksinimleri gibi pek çok alanda çeşitli yönergeler yayınlamıştır.

Dünya elektrikli araç pazarının en yüksek ikinci payına sahip Avrupa Birliğinde de durum benzerdir. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında hazırlanan "Fit for 55" öneri paketinde, Zero Emission Vehicle (ZEV) – Sıfır Emisyonlu Araçlar'a geçişi hızlandırmak için politika tedbirleri ve teşvikler yayınlanmıştır. Söz konusu teşvik ve tedbirler 2035 yılına kadar %100 ZEV hedefi ile Alternatif Yakıtlar Altyapı Yönetmeliğinde belirlenen zorunlu şarj altyapısı hedeflerini içermektedir [5].

Amerika'da ise hükümet, elektrikli araçların yaygınlaştırılması adına, 2030 yılına kadar elektrikli araç satışının %50 oranında arttırmayı hedeflemektedir. Ayrıca şarj istasyonu altyapısını geliştirmek için 500.000 adet elektrikli araç şarj istasyonunu hizmete almayı da hedeflemektedir. Söz konusu hedefler için 7,5 milyar ABD Doları kaynak ayıran hükümet,

gelişmiş pil tedarik zinciri için de 3 milyar ABD Doları ayırarak elektrikli araç sektörünü desteklemektedir [5].

Asya bölgesinde ise, elektrikli araç pazarına Tayland ve Endonezya liderlik etmeyi amaçlamaktadır. Tayland 2030 yılına kadar yerli araç üretiminin %30'unun ZEV olacağını, yeni araç kayıtlarının ise 2035 yılına kadar %100'ünün ZEV olacağını duyurmuştur. Ayrıca halkı elektrikli araç kullanımına teşvik etmek için teşvik paketleri hazırlamıştır. Endonezya'da ise 2030 yılına kadar 140 GWh pil kapasitesi oluşturmayı hedefleyen devlete ait pil şirketi kurulmuştur [5].

Dünya genelinde elektrikli araç sektörüne yönelik uygulanan politika ve teşvikler detaylı olarak Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Dünya Genelinde Elektrikli Araç Sektörüne Yönelik Uygulanan Politika ve Teşvikler [6]

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
Asya					
Çin	Mevzuat:	Yakıt ekonomisi standardı katılaştırıldı; Binek LDV'leri (binek ve hafif ticari araç) için 2023'e kadar 4,6 L/100 km (WLTP) veya 4,0 L/ 100km (NEDC)	2021	LDV	Çin Hükümeti (2021)
	Mevzuat:	Orijinal Ekipman Üreticileri (OEM) için yıllık ZEV kredi hedeflerini yıllık araç satışlarının bir yüzdesi olarak belirleyen Yeni Enerji Aracı (NEV) talimatı: 2020'ye kadar binek LDV'lerindeki satışlar için %12 NEV kredisi (satılan her EV, tümüne bağlı olarak birden fazla kredi kazanmaya uygundur) – elektrik aralığı, pil yoğunluğu ve araç verimliliği). Hedefler 2021'de %14, 2022'de %16 ve 2023'te %18'dir (kredilerin kademeli olarak 2023'e kadar katılaşmasıyla birlikte).	2020	LDV	Çin Hükümeti (2020)
	Hedef:	2025 yılına kadar yolcu NEV satışlarının %20'sinin tamamlanması.	2020	LDV	Çin Hükümeti (2020)
	Amaç:	2025'te binek araçların %70'i (%40 NEV'ler) ve 2035'te %100'ü (%50 NEV'ler ve bunların %95'i BEV'ler) elektrikli olacak.	2020	LDV	SAE Çin (2020)
	Amaç:	2025 yılına kadar 100.000, 2030 – 2035 döneminde ise yaklaşık 1 milyon FCEV satışı olacak			
	Mevzuat:	Yakıt ekonomisi standardı: 3. Aşama Ulusal Standardına göre ağır ticari araçlar için (araç sınıfına ve ağırlığına bağlı olarak) yeni tip onayları ve tüm satış ve tesciller için 10,6 – 41 L/100 km olmalıdır.	2016	HDV	Çin Hükümeti (2018)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Hedef:	2. Aşama'ya kıyasla yakıt tüketimini %14 – %16 oranında azaltmak.			
Hindistan	Mevzuat:	Kurumsal ortalama yakıt ekonomisi standardı: 2022'de binek LDV'leri için km başına yakıt tüketimi 4,77 L / 100 km olacaktır (NEDC).	2015	LDV	Hindistan Hükümeti (2020)
	Mevzuat:	2022'de binek LDV'leri için kurumsal ortalama yakıt ekonomisine eş değer CO_2 emisyon standardı 113 g CO_2/km olacaktır.	2015	LDV	Hindistan Hükümeti (2017)
	Amaç:	2030'da binek LDV satışlarında EV'lerin payı %30 oranında olması amaçlanmıştır.	2017	LDV	Hindistan Hükümeti (2019)
	Mevzuat:	EV hedefini desteklemek için FAME Faz 2 2019 – 22 programı: 7.000 otobüs, 500.000 üç tekerlekli, 55.000 LDV ve 1 milyon iki tekerlekli araç olacaktır.	2019	TÜM	Hindistan Hükümeti (2019)
	Delhi amacı:	2024 yılına kadar elektrikli araçların satışlardaki payı %25 olacaktır.	2020	TÜM	Yeni Delhi Hükümeti (2020)
Endonezya	Amaç:	2030 yılına kadar 600.000 elektrikli binek LDV'si ve 2,45 milyon elektrikli motosiklet üretimi amaçlanmıştır.	2021	LDV	Endonezya Hükümeti (2021)
	Hedef:	2030 yılına kadar 2 milyon yolcu EV stoğu ve 13 milyon elektrikli motosiklet stoğu hedeflenmiştir.	2020	LDV	Endonezya Hükümeti (2020)
Japonya	Mevzuat:	Yakıt ekonomisi standardı: 2030 yılına kadar binek LDV'leri için 25,4 km/L, 2016'ya kıyasla %32,4'lük bir iyileşmeye eş değer EV'leri içermektedir.	2019	LDV	Japonya Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Amaç:	2050 yılına kadar otomobillerin üretimi, kullanımı ve imhası da dahil olmak üzere karbon nötr otomobil üretimini amaçlamaktadır.	2020	LDV	Japonya Hükümeti (2020)
	Hedef:	2030 yılına kadar BEV'lerin ve PHEV'lerin %20 – 30'luk payı, HEV'lerin %30 – 40'lık payı ve FCEV'lerin %3'lük yolcu LDV satışlarındaki payları hedeflenmiştir.	2018	LDV	Japonya Hükümeti (2018)
	Amaç:	2035 yılına kadar binek LDV satışlarının %100'ünü elektrikli araçlar oluşturacaktır.	2020	LDV	Japonya Hükümeti (2020)
	Hedef:	2030 yılına kadar 1.200 FCEV şehir içi otobüs stoğu hedeflenmiştir.	2019	HDV	Japonya Hükümeti (2019)
	Mevzuat:	Yakıt ekonomisi standardı: Ağır ticari araçlar için 2025 yılına kadar (araç sınıfına ve ağırlığına bağlı olarak) 6,52 – 7,63 km/L (JC08). Hedef: Yakıt tüketiminin 2015 standardına göre %13,4 – 14,3 oranında azaltılması.	2019	HDV	Japonya Hükümeti (2019)
Kore	Amaç:	2022'ye kadar 81.000, 2025'e kadar 100.000 ve 2040'a kadar 6,2 milyon (3,3 milyon ihracat ve 2,9 milyon yurtiçi kullanım) yolcu FCEV'leri üretmeyi amaçlamaktadır.	2019	LDV	Kore Hükümeti (2019)
	Hedef:	2040 yılına kadar 80.000 FCEV taksi stoğu hedeflenmektedir.	2020	LDV	Kore Hükümeti (2020)
	Amaç:	2040 yılına kadar 80.000 FCEV taksi stoğu amaçlanmaktadır.	2019	LDV	Kore Hükümeti (2019)
	Amaç:	2040 yılına kadar 40.000 FCEV şehir içi otobüs stoğu ve 30.000 FCEV kamyon stoğu amaçlanmaktadır.	2019	HDV	Kore Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
Malezya	Amaç:	2030 yılına kadar tüm özel ulaşım için %100 (elektrikli, CNG, LPG veya biyoyakıtla çalışan araç) ve toplu taşımada (tüm modlarda) %40 stok amaçlanmıştır.	2017	TÜM	Malezya Hükümeti (2017)
Pakistan	Amaç:	2030'a kadar elektrikli iki/üç tekerlekli araç satışlarının %50'si ve 2040'a kadar bu oranın %90 olması amaçlanmıştır.	2019	LDV	ICCT (2020)
	Amaç:	2030'a kadar binek LDV satışlarında EV'lerin payı %30 ve 2040'a kadar bu oranın %90 olması amaçlanmıştır.	2019	LDV	ICCT (2020)
	Amaç:	2030'a kadar elektrikli şehir içi otobüs satışlarının %50'si ve 2040'a kadar bu oranın %90 olması amaçlanmıştır.	2019	HDV	ICCT (2020)
	Amaç:	2030'a kadar elektrikli kamyon satışlarının %30'u ve 2040'a kadar bu oranın %90 olması amaçlanmıştır.	2019	HDV	ICCT (2020)
Singapur	Hedef:	2040 yılına kadar içten yanmalı motorlu yolcu araçlarının aşamalı olarak sonlandırılması hedeflenmektedir.	2020	LDV	Singapur Hükümeti (2020)
Sri Lanka	Hedef:	2025 yılına kadar devlete ait tüm araçların elektrikli olması hedeflenmektedir (tüm modlarda).	2017	TÜM	Sri Lanka Hükümeti (2017)
	Hedef:	2040 yılına kadar tüm binek LDV'lerin elektrikli araçlar olması hedeflenmektedir.	2017	LDV	Sri Lanka Hükümeti (2017)
Tayland	Hedef:	2036 yılına kadar 1,2 milyon binek EV stoğu hedeflenmektedir.	2016	LDV	Tayland Kraliyet Hükümeti (2016)
	Hedef:	2030 yılına kadar toplam araç üretiminin (iki/üç tekerlekli araçlar, LDV'ler ve şehir içi otobüsler) %30'unun EV olması hedeflenmektedir.	2020	TÜM	Tayland Kraliyet Hükümeti (2020)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
Avrupa					
Avrupa Birliği	Mevzuat:	Yeni otomobillerin CO_2 emisyon standartları: 2020'den itibaren 95 g CO_2/km olması kararlaştırılmıştır.	2019	LDV	Avrupa Birliği (2019)
	Mevzuat:	CO_2 emisyon standartlarının (g CO_2/km cinsinden) otomobiller için 2021 ile 2025 arasında %15 ve 2021 ile 2030 arasında %37,5 ve 2021 ile 2025 arasında %15 ve 2021 ile 2030 arasında %31 oranında sabitlenmesi kararlaştırılmıştır.	2019	LDV	Avrupa Birliği (2019)
	Mevzuat:	Yeni ağır ticari araçlar için CO_2 emisyon standartları, 2025 yılına kadar %15 ve 2030 yılına kadar %30 oranında sabitlenmesi kararlaştırılmıştır (referans dönemi: 2019/2020).	2019	HDV	Avrupa Birliği (2019)
	Mevzuat:	Temiz Araçlar Direktifinin revizyonunda üye devletler arasında değişen pay ile kent içi otobüslerin (2025'te %24 – 45 ve 2030'da %33 – 65) ve kamyonların (2025'te %6 – 10 ve 2025'te %7 – 15) minimum oranlarda kalması kararlaştırılmıştır.	2019	HDV	Avrupa Parlamentosu (2019)
	Hedef:	2025 yılına kadar 13 milyon binek ZEV stoğu hedeflenmektedir (LDV'ler için CO_2 emisyon standardına göre).	2019	HDV	Avrupa Yeşil Anlaşması (2019)
	Gönüllü ZEV hedefleri	Araç üreticileri tarafından 2025 yılına kadar otomobil satışlarında %15, 2030 yılına kadar %35 ve kamyonet satışlarında 2025 yılına kadar %15 ve 2030 yılına kadar kamyonet satışlarında %30 oran olmasına. Karşılanırsa, CO_2 emisyon hedefi o üretici için gevşetilebilir.	2019	LDV	Avrupa Komisyonu (2019)
	Amaç:	2030 yılına kadar en az 30 milyon binek ZEV stoğu ve 2050 yılına kadar neredeyse tüm binek LDV ve ağır ticari araç stoğu amaçlanmaktadır.	2020	TÜM	Avrupa Komisyonu (2020)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Önerge:	Dokuz üye ülke, Avrupa Komisyonu'ndan yeni benzinli ve dizel binek LDV'lerinin satışının AB çapında aşamalı olarak kaldırılması için bir tarihi desteklemesini talep etmiştir. (Avusturya, Belçika, Danimarka, Yunanistan, İrlanda, Litvanya, Lüksemburg, Malta ve Hollanda.)	2021	LDV	Danimarka Hükümeti (2021)
Belçika	Flanders bölgesi, Hedef;	2025'e kadar %20 ZEV satışları ve 2030'da %50 BEV veya FCEV satışları ve %20 PHEV hedeflenmektedir.	2020	LDV	Flaman Hükümeti (2019)
Danimarka	Amaç:	2030 yılına kadar 1 milyon binek LDV stoğunun ZEV olması amaçlanmıştır.	2020	LDV	Danimarka Hükümeti (2020)
	Önerge:	2030'a kadar yeni dizel ve benzinli araba satışı yapılmayacaktır (9 AB üye ülkesi tarafından desteklenen bir Danimarka – Hollanda ortak girişimi ile Avrupa Birliği'nin dizel ve benzinli arabaları 2030'a kadar aşamalı olarak kaldırmasını talep etmiştir).	2019	LDV	Danimarka Hükümeti (2020)
Finlandiya	Amaç:	2030'a kadar 700.000 elektrikli otomobil ve 45.000 elektrikli kamyonet stoğu amaçlanmıştır (bunların en az %50'si BEV'dir).	2021	LDV	Finlandiya Hükümeti (2021)
	Amaç:	2030'a kadar 4.600 elektrikli HDV stoğu amaçlanmıştır.	2021	HDV	Finlandiya Hükümeti (2021)
Fransa	Hedef:	2023 yılına kadar 500.000 binek PHEV ve 660.000 binek BEV ve FCEV stoğu ve 170.000 hafif ticari BEV ve FCEV stoğu hedeflenmiştir.	2020	LDV	Fransa Hükümeti (2020)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Hedef:	2028 yılına kadar 1,8 milyon binek PHEV ve 3 milyon binek BEV ve FCEV stoğu ve 500.000 hafif ticari BEV ve FCEV stoğu hedeflenmektedir.	2020	LDV	Fransa Hükümeti (2020)
	Önerge:	2030 yılına kadar çevreyi en çok kirleten (123 g CO_2/ km'den fazla yayan) araçların satışına son verilmesi.	2021	LDV	Fransa Hükümeti (2021)
	Amaç:	2023 yılına kadar 200 ağır ticari FCEV stoğu amaçlanmıştır.	2018	HDV	Fransa Hükümeti (2019)
	Amaç:	2028'e kadar 800 – 2.000 ağır ticari FCEV stoğu amaçlanmıştır.	2018	HDV	Fransa Hükümeti (2019)
	Amaç:	2023'e kadar 5.000 binek ve ticari LDV FCEV stoğu ve 2028'e kadar 20.000 – 50.000 stok amaçlanmıştır.	2018	LDV	Fransa Hükümeti (2019)
Almanya	Amaç:	2030 yılına kadar 7 – 10 milyon binek elektrikli LDV stoğu sağlanması.	2019	LDV	İklim Eylem Programı 2030 (2019)
	Amaç:	Tüm binek LDV satışlarının 2050 yılına kadar ZEV olması.	2015	LDV	ZEV İttifakı (2015)
	Amaç:	2030 yılına kadar şehir içi otobüslerin %50'sinin elektrikli olması.	2020	HDV	Hibrit ve Elektrikli Araç Teknoloji İş birliği Programı (2020)
Yunanistan	Hedef:	2030 yılına kadar binek elektrikli LDV'lerin en az %30 pazar payının olması.	2019	LDV	Yunanistan Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
Macaristan	Hedef:	2029'a kadar 1.290 şehir içi otobüs stoğu sağlanması. 2022'den itibaren sadece elektrikli otobüslerin finanse edilmesi.	2019	HDV	Macaristan Hükümeti (2019)
İzlanda	Hedef:	2030 yılına kadar benzinli ve dizel LDV satışlarının yasaklanması.	2018	LDV	İzlanda Hükümeti (2018)
İrlanda	Hedef:	2030 yılına kadar 950.000 elektrikli binek LDV stoğu sağlanması.	2019	LDV	İrlanda Hükümeti (2019)
	Hedef:	2030 yılına kadar binek LDV satışlarının %100 elektrikli olması.	2019	LDV	İrlanda Hükümeti (2019)
	Hedef:	2030 yılına kadar benzinli ve dizel LDV satışlarının yasaklanması.	2018	HDV	İrlanda Hükümeti (2018)
İtalya	Hedef:	2030 yılına kadar 6 milyon binek elektrikli LDV stoğu sağlanması (4 milyon BEV dahil).	2019	LDV	İtalya Hükümeti (2019)
	Hedef:	2030'da %6 brüt nihai enerji tüketiminin sahip elektrikli otomobillerden gelmesi.	2019	LDV	İtalya Hükümeti (2019)
	Önerge:	2022'ye kadar %30 alternatif yakıtlı araçların (ZEV ve metan araçlar), 2025'e kadar %50 ve 2030'a kadar %85'inin tüm modlarda kamu kurumları tarafından zorunlu olarak satın alınması.	2019	TÜM	İtalya Hükümeti (2019)
Hollanda	Hedef:	2025'e kadar 15.000 yolcu FCEV stoku sağlanması ve 2030'a kadar 300.000 FCEV stoğu sağlanması.	2019	LDV	Hollanda Hükümeti (2019)
	Hedef:	2025 yılına kadar 3.000 ağır hizmet tipi FCEV sahip olunması.	2019	HDV	Hollanda Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Hedef:	2025 yılına kadar %50 taksi stokunun ZEV olması.	2019	LDV	Hollanda Hükümeti (2019)
	Önerge:	Binek LDV satışlarının 2030 yılına kadar %100ünün ZEV olması (9 AB üye ülkesi tarafından desteklenen ortak bir Danimarka – Hollanda girişimi, Avrupa Birliği'nin dizel ve benzinli arabaları aşamalı olarak 2030'a kadar hızlandırması çağrısında bulunuyor).	2017	LDV	Hollanda Hükümeti (2019)
	Hedef:	2025 yılına kadar şehir içi otobüs satışlarının %100'ü ve 2030 yılına kadar %100 ZEV stoğu olması.	2019	HDV	Hollanda Hükümeti (2019)
	Mevzuat:	2025 yılına kadar 14 şehirde sıfır emisyonlu ulaşım bölgelerinin kurulması (2021 ortasına kadar sayının 30'a çıkması bekleniyor).	2021	TÜM	Hollanda Hükümeti (2019)
Norveç	Hedef:	2025 yılına kadar binek LDV'lerinde %100 ZEV satışı yapılması.	2016	LDV	Norveç Hükümeti (2016)
	Hedef:	2025 yılına kadar %100 ZEV (veya biyogaz) şehir içi otobüs satışlarının yapılması.	2016	HDV	Norveç Hükümeti (2016
	Hedef:	2030 yılına kadar %75 ZEV şehirler arası otobüs satışı ve %50 kamyon satışının yapılması.	2016	HDV	Norveç Hükümeti (2016
Polonya	Amaç:	100.000'den fazla kişinin yaşadığı şehirlerde 2030 yılına kadar tüm modlarda ZEV toplu taşıma sisteminin sağlanması.	2021	TÜM	Polonya Hükümeti (2021)
	Amaç:	2025 yılına kadar 1 milyon elektrikli binek LDV stoğunun sağlanması.	2016	LDV	Polonya Hükümeti (2016)
Portekiz	Hedef:	2030'a kadar binek LDV'lerinde %30'dan fazla EV satışının yapılması ve 2050 de bunun %100 e çıkması.	2019	LDV	Portekiz Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
Slovenya	Hedef:	2030'da CO_2 emisyonu 50 g CO_2/ km'nin üzerinde olan binek LDV'lerinin yeni satışı olmaması.	2017	LDV	Slovenya Cumhuriyeti (2017)
İspanya	Hedef:	2030'da 5 milyon elektrikli LDV, otobüs ve iki/üç tekerlekli araç kullanılması.	2020	TÜM	İspanya Hükümeti (2020)
	Amaç:	2030'a kadar yollarda 5.000 – 7.000 FCEV aracın olması (çoklu LDV ve HDV kategorileri).			
	Amaç:	3030'a kadar 150 – 200 FCEV otobüsün yollarda olması.	2020	LDV	İspanya Hükümeti (2020)
	Önerge:	2040 yılına kadar egzoz borusunda CO_2 yayan binek LDV'lerinin satışının olmaması.			
İsveç	Önerge:	2030'dan sonra yeni benzinli veya dizel otomobil satışlarının yasaklanması.	2019	LDV	İsveç Hükümeti (2019)
Birleşik Krallık	Amaç:	2030 yılına kadar benzinli ve dizel yolcu LDV satışlarını aşamalı olarak sonlandırılması. Yolcu LDV'lerinin tüm satışlarının 2035 yılına kadar BEV veya FCEV olması.	2020	LDV	Birleşik Krallık Hükümeti (2021)
Kuzey Amerika					
Kanada	Hedef:	2025'e kadar 825.000 ZEV binek LDV stoğu, 2030'a kadar 2,7 milyon ve 2040'a kadar 14 milyon olması hedeflenmektedir.	2019	LDV	Kanada Hükümeti (2019)
	Hedef:	Binek LDV'lerinde 2025'e kadar %10, 2030'a kadar %30 ve 2040'a kadar %100 ZEV satışları olması hedeflenmektedir.	2019	LDV	Kanada Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Mevzuat:	CAFE yakıt ekonomisi standardı: 2026 yılına kadar binek LDV'leri için galon başına 34,1 – 47,7 milden (14,5 – 20,3 km/L) azaltarak 2021'de galon başına 31,6 – 44,2 mile (13,44 km/L – 18 km/L) ulaşılması.	2019	LDV	Kanada Hükümeti (2019)
	Mevzuat:	CAFE CO_2 emisyon standardına göre binek LDV'leri için 2026 yılına kadar 168 – 243g CO_2/mil (104 – 151 g CO_2/km) değerine ulaşabilmek için, 2021'de 183 – 264g CO_2/mil (114 – 165 g CO_2/km) düşürülmelidir.	2020	LDV	ABD Çevre Koruma Ajans (2020)
	Mevzuat:	2021 – 2026 model araçlar için, ABD yönetmeliği ile uyumlu daha güvenli uygun maliyetli yakıt verimliliğini (SAFE) 2020'den itibaren yılda %1,5 arttırmaktadır.	2020	LDV	ABD Çevre Koruma Ajans (2020)
	Önerge:	Binek LDV CO_2 emisyon standardının ara dönem değerlendirmesine ilişkin nihai kural, katılıkta 2023'ten itibaren yılda %5 artırılmasını önermektedir. Bu, ABD SAFE düzenlemesinden farklıdır (2021 – 2026 model yılları için yılda %1,5). 2027 yılına kadar çeşitli ağır ticari araçlar için 432 – 627 g CO_2/bhp – sa (traktörler, mesleki araçlar ve buji ateşlemeli motorlar) ve 48,3 – 413 g CO_2/ton – mil (tüm diğer) olan Faz 2 CO_2 emisyon standardı önermektedir.	2020	LDV	Kanada Hükümeti (2020)
	Mevzuat:	CO_2 emisyon standardı, 2027'de (araç kategorisine ve ağırlığa bağlı olarak) 2017'ye kıyasla CO_2 emisyonlarını %5 – 27 oranında azaltan ABD Faz 2 standardı ile uyumludur.	2018	HDV	Kanada Hükümeti (2018)
	Britanya Kolumbiyası Eyaleti	Sıfır Emisyonlu Araç Yasası, otomobil üreticilerinin 2025'e kadar binek LDV satışlarının %10'unu, 2030'a kadar %30'unu ve 2040'a kadar %100'ünü ZEV olarak almasını şart koşmaktadır.	2019	LDV	Britanya Kolumbiya Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Britanya Kolumbiyası Eyaleti	Düşük Karbonlu Yakıt Standardı, yıllık karbon yoğunluğu (CI) hedefleri belirler. Ulaşım yakıtı tedarikçileri, CI hedefinin altındaki yakıtlar için (elektrik ve hidrojen dahil) kredi üretir. 2030 yılına kadar tedarik edilen yakıt havuzu, 2010 yılına göre %20 daha düşük yıllı karbon yoğunluğuna sahip olacaktır.	2019	LDV	Quebec Hükümeti (2019)
	Quebec Eyaleti	Sıfır Emisyonlu Araç Standardı, otomobil üreticilerinin ZEV binek LDV'lerinin satışından kredi almasını şart koşuyor. 2020'de %6 olan ZEV'lerden 2025'te %16'ya yükselen kredi yüzdesi kazanılmalıdır.			
ABD	Mevzuat:	Daha güvenli uygun fiyatlı, yakıt verimli (SAFE) araçlar 2021 – 2026 model yılları için, CAFE ve CO_2 emisyon standartları yılda %1,5 sıkılaştırmaktadır.	2020	LDV	ABD Çevre Koruma Ajans (2020)
	Mevzuat:	Faz 2 CO_2 emisyon standardı, 432 – 627 g CO_2/bhp – sa (traktörler, ticari araçlar ve buji ateşlemeli motorlar) ve çeşitli ağır ticari araçlar için 48,3 – 413 g CO_2/ton – mil (tüm diğer), CO_2 emisyonlarını azaltır. 2027'de (araç kategorisine ve ağırlığa bağlı olarak) 2017'ye kıyasla %5 – 27 oranın da azalması öngörülmektedir.	2016	HDV	ABD Çevre Koruma Ajans (2020)
	Hedef:	2025 yılına kadar sekiz ABD eyaletinde toplam LDV stokunda 3,3 milyon ZEV hedeflenmektedir. (California, Connecticut, Maryland, Massachusetts, New York, Oregon, Rhode Island ve Vermont.)	2014	LDV	ZEV Programı (2014)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Hedef:	10 eyalette 2025 yılına kadar yolcu LDV'lerinde %22 ZEV kredili satış için ZEV zorunluluğu. (California, Connecticut, Maine, Maryland, Massachusetts, New Jersey, New York, Oregon, Rhode Island ve Vermont.)	2015	LDV	Kaliforniya Eyaleti (2021)
	Amaç:	15 bölge/eyalet ve Columbia Bölgesi'nde 2030'a kadar tüm yeni orta ve ağır ticari araçlar için %30 ve 2050'ye kadar %100 ZEV satışları yapılacak. (Kaliforniya, Colorado, Connecticut, Hawaii, Maine, Maryland, Massachusetts, New Jersey, New York, Kuzey Karolina, Oregon, Pensilvanya, Rhode Island, Vermont ve Washington.)	2015	LDV	Kaliforniya Eyaleti (2021)
	Kaliforniya Eyaleti:	2025'e kadar hedefi 1,5 milyon ZEV stoğu (LDV, MDV, HDV) ve 2030'a kadar 5 milyon hedeflenmektedir.	2016	TÜM	Kaliforniya Eyaleti (2018)
		İleri düzey kamyon üreticilerin satışlarının, %40 – 75'inin, (araç sınıfına ve ağırlığına göre değişir) 2035 yılına kadar ZEV olmasını gerektiriyor (2024'ten itibaren artan hedefler).	2020	HDV	Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu (2020)
		İcra emri, 2035 yılına kadar Kaliforniya'da satılan tüm yeni arabaların ve yolcu kamyonların ZEV olmasını gerektiriyor.	2020	LDV	Valilik Ofisi Kaliforniya (2020)
Orta ve Güney Amerika					
Kolombiya	Amaç:	2030'a kadar tüm modlarda 600.000 EV stoğu oluşturmayı hedeflemektedir.	2019	TÜM	Kolombiya Hükümeti (2019)
	Hedef:	Şehir içi otobüs satışlarının 2025 yılına kadar %10 ve 2035 yılına kadar %100 ZEV olması hedeflenmektedir.	2019	HDV	Kolombiya Hükümeti (2019)
Kosta Rika	Hedef:	Binek LDV stokunun %30'unun 2035'e kadar ve %95'inin 2050'ye kadar EV olması hedeflenmektedir.	2020	LDV	Kosta Rika Hükümeti (2020)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Hedef:	2035 yılına kadar %30 toplu taşıma aracı (LDV, MDV, HDV) stokunun ve 2050 yılına kadar %85'inin EV olması hedeflenmektedir.	2020	TÜM	Kosta Rika Hükümeti (2020)
Şili	Amaç:	2022'ye kadar tüm modlarda en az on kat daha fazla EV stoğu oluşturmayı amaçlanmaktadır. (2018'e kıyasla).	2018	TÜM	Şili Hükümeti (2018)
	Mevzuat:	Araç ithalatçıları için Şili'nin ilk verimlilik standardının onaylanması. LDV, MDV ve HDV için standardın oluşturulması belirlenecek. EV'ler, dahil edilmeleri için ek avantajlarla standarda dahil edilecek.	2020	TÜM	Şili Hükümeti (2020)
	Amaç:	2050 yılına kadar binek LDV'leri için %40 EV stoğu oluşturmayı amaçlamaktadır.	2019	LDV	Şili Hükümeti (2019)
	Amaç:	2040 yılına kadar %100 toplu taşıma aracı (LDV, MDV, HDV) stokunun EV olması sağlanmalıdır.	2019	TÜM	Şili Hükümeti (2019)
Diğer Ülkeler					
Cape Verde	Hedef:	2030 yılına kadar %100 devlet yolcu ve ticari LDV stokunun EVs olması hedeflenmektedir.	2019	LDV	Cape Verde Hükümeti (2019)
	Hedef:	Binek LDV satışlarının 2025'e kadar %35'i, 2030'a kadar %70'i ve 2035'e kadar %100'ü EV hedeflenmektedir.			
	Hedef:	2050'ye kadar %100 EV stoğu hedeflenmektedir.	2019	TÜM	Cape Verde Hükümeti (2019)

Bölge/ Ülke	Temel Politika Önlemleri ve Hedefleri		Yıl	LDV/HDV	Kaynak
	Hedef:	2025 yılına kadar şehir içi otobüs satışlarının %50'sinin, 2030'da %75'inin ve 2040'a kadar %100'ünün EV olması hedeflenmektedir.	2019	HDV	Cape Verde Hükümeti (2019)
İsrail	Amaç:	2022'ye kadar hafif ticari araç satışlarının %5'i, 2025'e kadar %23 ve 2028'e kadar %61'i EV amaçlanmaktadır.	2018	LDV	İsrail Hükümeti (2018)
	Amaç:	Tüm binek LDV satışlarının 2030 yılına kadar EV olması amaçlanmaktadır.	2018	LDV	İsrail Hükümeti (2018)
Yeni Zelanda	Hedef:	2021 yılına kadar yolcu otomobillerde 64.000 EV stoğu hedeflenmektedir.	2021	LDV	Yeni Zelanda Hükümeti (2016)
	Önerge:	104 g CO_2/km'lik ithal binek LDV'lerinde CO_2 emisyon standardı, 2025 yılına kadar (2020'den itibaren) CO_2 emisyonlarında %40 azalmaya eşdeğerdir.	2021	HDV	Yeni Zelanda Hükümeti (2021)
	Hedef:	2025 yılına kadar %100 şehir içi otobüs satışı ve 2035 yılına kadar %100 stok hedeflenmektedir.	2021	HDV	Yeni Zelanda Hükümeti (2021)

1.1.2 Ulusal Politikalar

Ülkemiz, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde imzalamış, 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylayıp, 31621 sayılı resmî gazetede yayımlayarak yürürlüğü sokmuştur. Paris anlaşmasının yürürlüğe girmesini takiben ülkemiz "2053 Net Sıfır Emisyon" ve "2040 Sıfır Emisyonlu Araçlara Geçiş" hedeflerini açıklamıştır. Söz konusu hedefler açıklandıktan sonra Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde bulunan İklim Değişikliği Başkanlığı gerekli aksiyonları almış, farklı sektörler ve paydaşlar ile toplantılar gerçekleştirerek, "Uzun Dönemli İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı'nın hazırlanması çalışmalarına başlamıştır.

Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından "2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi: Türkiye'nin Yeşil Kalkınma Devrimi" ana teması ile 21 – 25 Şubat 2022 tarihleri arasında Konya'da "İklim Şûrası" düzenlenmiş ve "Sera Gazı Azaltım – 1" başlığı altında Enerji, Sanayi ve Ulaştırma sektörlerinde önemli hedefler açıklanmıştır. Ulaştırma sektörüne ilişkin bu hedefler Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.2 İklim Şurası, Ulaştırma Sektörüne İlişkin Hedefler [7]

NO	HEDEF
15	Ulaştırma türü ve teknolojileri kırılımında, uzun vadeli (2053) projeksiyon için veri toplanmalı ve doğrulanmalı, ulaşım talep tahmini ve buna bağlı olarak emisyon azaltımına yönelik referans senaryo belirlenmeli ve eylem tahmini yapılmalıdır.
16	Emisyon azaltımına yönelik yapılmış ve yapılacak olan modelleme çalışmaları sonucunda ön plana çıkan ulaştırma modlarına (demiryolu, denizyolu vb.) ve altyapı çalışmalarına (elektrifikasyon, yenilenebilir enerji ve limanlarda gemilere karadan elektrik verilmesi vb.) yönelik destek ve teşvikler planlanmalıdır.
17	Ulaşımla ilgili planlarda ve koordinasyon birimlerinde emisyon azaltımına katkı verecek Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) uygulamalarının hayata geçirilmesi sağlanmalıdır.
18	Ulaştırma sektöründe azaltım stratejisi ile iklim değişikliğine uyum stratejisi arasındaki sinerji sağlanmalı, sektörün etkilenebilirliği azaltılmalıdır.
19	Ulusal ve uluslararası yük taşımacılığında yeşil kombine yük taşımacılığı imkanlarının ve lojistik merkezlerinin geliştirilmesi için gerekli politikalar oluşturulmalıdır.
20	Uygun yer ve ölçekte demiryolu ve denizyolu altyapıları geliştirilmeli, yük ve yolcu taşımacılığında demiryolu ve denizyolunun payı artırılmalıdır.
21	Karayolu yük ve yolcu taşımacılığı motorlu taşıtlarında sıfır veya düşük emisyonlu ve alternatif yakıtlı araç kullanımının yaygınlaştırılması için gerekli politikalar geliştirilmelidir.

NO	HEDEF
22	Kentlerde yük ve yolcu taşımacılığı için sıfır veya düşük emisyonlu ulaşım türlerinin (başta raylı sistemler olmak üzere toplu taşıma, bisiklet, yaya, mikro/elektro mobilite türleri, paylaşımlı sistemler) kullanımını artıracak adımlar atılmalı, düşük emisyon bölgesi uygulaması hayata geçirilmelidir.
23	Kentlerde tüm ulaşım sistemleri entegre olarak geliştirilmeli ve tüm ulaşım biçimlerinde sıfır veya düşük emisyonlu enerji kaynakları ve akıllı ulaşım sistemlerini içeren sürdürülebilir ulaşım planlaması yaklaşımı benimsenmelidir.
24	Kentlerde ulaşım emisyon azaltım planlaması için Ulaşım Ana Planları (UAP), İklim Değişikliği Eylem Planları (İDEP), Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları (SKHP), Bisikletli Ulaşım Ana Planları (BİSUAP) ve Mekansal Planlar arasında bütünlük ve tutarlılık sağlanmalıdır.
25	Ulaşımda elektrifikasyon ekosistemi bir bütün olarak değerlendirilerek bütüncül politika ve teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır. Özel kullanım hareketliliği ve kentsel toplu taşıma, ara toplu taşıma ve banliyö taşımacılığı için gerekli elektrikli araç (raylı sistemler, elektrikli otobüs ve minibüs, hibrit otobüsler, elektrikli yolcu gemileri ve tekneleri vb.), batarya sistemleri ve şarj altyapısı ile bunları destekleyecek enerji üretim ve dağıtım altyapısı elektrik sektörüyle eş zamanlı olarak geliştirilmelidir.
26	Sürdürülebilir alternatif yakıt kullanımını desteklemek üzere; gıda güvenliğini önceliklendirmek suretiyle ve atıkların öncelikli olarak değerlendirilmesi prensipleri çerçevesinde biyoyakıt kullanımı yaygınlaştırılmalı ve havayolu taşımacılığında yakıtların payları artırılmalıdır.
27	Hidrojen yakıtlı araçlar için altyapı gereksinimleri belirlenmeli ve hidrojen yakıtlı araçların payları artırılmalıdır.
28	Tüm araç gruplarında, mevcut araç parkının birim enerji tüketimi ve emisyonu düşük veya sıfır emisyonlu araçlara dönüşümü konusunda sektörel bazlı politika geliştirilmeli, araç yenileme programı planlanmalı ve devreye alınmalıdır.
29	Denizcilikte yeşil dönüşüm kapsamında limanlarda gemilere karadan elektrik verilmesi alt yapısının yaygınlaştırılması ve gemilerin hibrit/elektrikli olması ve enerji verimliliği/ alternatif yakıt dönüşümleri ve sürdürülebilir kıyı yapıları desteklenmelidir.

Tablo 1.2 incelendiğinde, özellikle 21 numaralı hedefte belirtilen "Karayolu yük ve yolcu taşımacılığı motorlu taşıtlarında sıfır veya düşük emisyonlu ve alternatif yakıtlı araç kullanımının yaygınlaştırılması için gerekli politikalar geliştirilmelidir" ibaresi, alternatif yakıtlı araçların ülkemizde yaygınlaştırılması hususu yer almaktadır. Bu kapsamda ülkemizde fosil yakıt kullanan araçlara alternatif olarak, elektrikli araçlar ön plana çıkmış ve elektrikli araçların yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bu kapsamda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı başta olmak üzere, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlıklarının açıkladığı hedefler ve geliştirdikleri politikalar, kimi zaman doğrudan elektrikli

araçlar ve ulaştırma sektöründe enerjinin kullanımına ilişkin, kimi zaman ise yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu vb. konuları ile ilişkilidir. Tablo 1.3'te ülkemizde elektrikli araçların yaygınlaşmasına yönelik alınan resmi tedbirler ve optimum enerji kullanımın sağlanmasına ilişkin kararlar verilmiştir.

Tablo 1.3 Elektrikli Araçlar ile İlgili Teşvikler [8]

Tedbir	Yıl	Durumu
Plug – In Hibrit ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin KDV Teşvikleri	2016	Yürürlükte
Elektrikli Araçlar için Ar – Ge Çalışmalarının Yürütülmesi	2013	Bitti
Kamu Araç Filosuna Elektrikli Araç Alınması	2012	Bitti
Hibrit ve Elektrikli Araçlar için ÖTV İndirimi	2011	Yürürlükte

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı başta olmak üzere, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlıklarının elektrikli mobiliteye ilişkin yayınladıkları belgelerde öne çıkan konu ve politikalar aşağıda verilmiştir [9].

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019):

- Otomotiv destek programı ve farklı destek mekanizmalarının hayata geçirilmesi ile birlikte sensör, batarya, yakıt hücresi ve yazılım gibi konularda teknolojik yetkinliklerin ilerletilmesi ve üretime yönlendirilmesi,
- EA'lar için uygun altyapının oluşturulması, batarya yatırımlarının gerçekleştirilmesi ve veri-bazlı ve yüksek katma değerli katma hizmetlere dönüşüm sağlanması

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Stratejisi 2023 (STB, 2019):

- E-mobilite ekosisteminin yeni yatırım gereksinimleri gözetilerek destekler verilmesi.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı (ETKB, 2019):

- EA gelişimine yönelik enerji sistem planlanmalarının yapılması,
- Şarj altyapısının geliştirilmesi,
- Batarya tedariğinde yerlilik sağlanması.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi 2020-2023 (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020):

- Toplu taşıma ve belediye hizmet araçlarında EA kullanımının artırılması,
- Akıllı otopark altyapılarının şarj üniteleri de içerecek şekilde geliştirilmesi

2021 Ekonomik Reformlar Kitapçığı (Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2021):

- Şarj altyapısının gelişimi için gerekli düzenlemelerin tamamlanması.

Ticaret Bakanlığı Yeşil Mutabakat Eylem Planı (Ticaret Bakanlığı, 2021):

- Şarj altyapılarının geliştirilmesine yönelik strateji geliştirme ve planlama faaliyetlerinin yapılması,
- Yenilenebilir enerjinin kullanımının artırılması için Yeşil Tarife, YEK-G Belgesi gibi altyapıların geliştirilmesi,
- EA bataryalarının geri dönüşümü için gerekli düzenlemelerin yapılması.

Mobilite Araç ve Teknolojileri Stratejik Hedefleri ve Yol Haritası Taslağı (2021)

- EA alımlarının desteklenmesine yönelik mekanizmaların oluşturulması,
- EA üretim yatırımlarının teşvik edilmesi ve yeni yatırımların geliştirilmesi,
- Elektrifikasyon teknolojilerinde tedarikçilerin gelişiminin sağlanması,
- Bölgesel Batarya Üretim Merkezi konumuna ulaşılmasının sağlanması,
- Batarya geri dönüşüm ve yeniden kullanım stratejilerinin belirlenmesi,
- Şarj altyapısının gelişiminin sağlanması,
- 2030 yılında elektrikli araç satışlarının pazar payının %35'e, elektrikli araç parkının 2,5 milyona, kamuya açık şarj soketi sayısının 250.000 seviyesine ulaşması.

Tablo 1.4'te ise ilgili bakanlıkların konu ile ilgili ortaya koyduğu diğer politikalar verilmiştir.

Tablo 1.4 Elektrikli Araçların Yaygınlaştırılmasına Yönelik Politikalar [10], [11], [12], [13]

Bakanlık Adı	Belge Adı	Başlık	Politika
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Yönetişim/İnsan	Kentsel ortamdan fosil yakıtlı araçların aşamalı olarak kaldırılması, petrole bağımlılığın, sera gazı emisyonlarının ve yerel hava ve gürültü kirliliğinin önemli ölçüde azaltılmasına büyük katkı sağlayacağından alternatif yakıtlı araçlar teşvik edilir ve bu çerçevede uygun yakıt doldurma / şarj altyapısı geliştirilir.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Teknoloji, İnovasyon ve Dijitalleşme/İnsan	Otonom ve elektrikli araçların kullanımıyla hareketliliği dengeleyecek altyapı ve teknolojik yatırımların gerçekleşmesi sağlanır.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Regülasyon/İnsan	Skuter, elektrikli, otonom, uçan araçlar ve diğer yeni nesil hareketlilik sistemlerinin uyumlaştırma ve mevzuat çalışmaları yürütülerek her daim güncel tutulur.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Finans Yönetimi/İnsan	Elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması için finansman teşvik modelleri oluşturulur.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Enerji Verimliliği, Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik/İnsan	Ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde sürdürülebilir, çevreci, verimli, düşük emisyonlu ve emisyon üretmeyen ulaşım sistemlerini de (elektrikli ulaşım araçları, bisiklet, yaya vb.) içeren hareketlilik stratejileri belirlenerek kullanımı teşvik edilir.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Enerji Verimliliği, Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik/İnsan	Elektrikli ve otonom araçların tüm ulaşım türlerinde kullanımını yaygınlaştıracak altyapı yatırımları yapılarak, araştırma ve geliştirme çalışmaları teşvik edilir.

Bakanlık Adı	Belge Adı	Başlık	Politika
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Enerji Verimliliği, Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik/İnsan	Karayolu yolcu taşımacılığı hizmeti veren tüm türlerde filoya yeni alınacak araçların elektrikli veya diğer alternatif yakıtlı olmasını sağlayacak geçiş tedricen sağlanır.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Teknoloji, İnovasyon ve Dijitalleşme/Yük	Dijitalleşme, akıllı taşıt, akıllı ulaştırma sistemleri, insansız taşıt, güneş gözesi/hücresi, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan taşıt teknolojileri (temiz taşıt, elektrikli ve hibrit taşıtlar) gibi teknolojilerin araştırılması teşvik edilir.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Teknoloji, İnovasyon ve Dijitalleşme/Yük	Hafif araç, aerodinamik yapı, araç verimliliği, yeni motor türleri, petrole alternatif yakıtlar (üre esaslı gübre, selülozik etanol, su ve hidrojen), temiz enerji, lojistik faaliyetlerde maliyet etkin enerji verimliliği, trafik yönetiminde yeni teknolojiler, araçların boyut ve işletim sistemlerinde iyileştirmeler sağlanır.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Teknoloji, İnovasyon ve Dijitalleşme/Yük	Araçların yakıt sistemlerinin değişimi ile daha çevreci hale getirilmesi, daha yeni taşıma araçlarının geliştirilmesi, insansız taşıma araçlarına dönüşüm bazındaki çalışmalar desteklenir.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi	Enerji Verimliliği, Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik/Yük	Petrol kaynaklarının azalması ve çevresel etmenler nedeniyle taşımacılıkta petrole bağımlılık (geleneksel yakıt kullanımı) azaltılır, maliyet odaklı enerji verimliliği düzeyi artırılır, hareketlilik ve verimlilik ilkeleri üzerinde uzlaşı sağlanır.
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	2019 – 2023 Stratejik Planı	Enerji Verimliliğini Önceliklendirmek ve Artırmak	Elektrikli araçlara yönelik enerji sistemi planlanması yapılacaktır.

Bakanlık Adı	Belge Adı	Başlık	Politika
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi	Öncelikli Sektörler için Stratejik Malzemelerin Geliştirilmesi	Elektrikli araçlar, robotik uygulamalar, sensörler, giyilebilir teknolojiler, enerji, insansız hava araçları ve uzay teknolojilerinde ileri malzemelerin kullanımı ile hızlı dönüşümler yaşanmaktadır… "Tam bağımsızlık için gerekli olan temel malzeme teknolojilerinde araştırmalar ve yatırımlar öncelikle tamamlanacaktır."
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi	Teknoloji Standartlarının Gelişimine Aktif Katılım, Test Merkezi ve Sertifikasyon	Türkiye'de bağlantılı, elektrikli ve otonom teknoloji tedarikçilerinin taleplerini karşılamak ve Avrupa ve yakın coğrafyadaki üreticilere hizmet vermek için yüksek teknoloji odaklı otomotiv akreditasyon/sertifikasyon merkezi kurulması amaçlanmaktadır.
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi	Yıkıcı Teknolojilerde Küresel Girişimler	"Türkiye'nin Otomobili" girişimi ile birlikte elektrikli ve otonom araç ekosisteminde birçok girişimin daha yeni ürün geliştirme, ticarileştirme için ilave veya yeni yatırım yapma ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Geliştirilecek ürünlerin küresel pazarlarda da rekabet edebilir olması gerekmektedir. Bu çerçevede, ekosistemin ihtiyacı olacak yeni teknolojilerde araştırma ve geliştirme faaliyetleri, yeni ürün ve hizmet üretimi, iş birliği modelleri ve bu geliştirmeleri yapacak insan kaynağının yetiştirilmesi için gereken yatırımlar desteklenecektir.
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi	Yıkıcı Teknolojilerde Küresel Girişimler	Türkiye'de bağlantılı, otonom ve elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması da sektörün geliştirme yatırımlarını tetikleyecek önemli bir unsurdur. Elektrikli araçların yaygınlaşması için şarj altyapısı ve vergisel avantajlar; otonom araçların yaygınlaşması için de pilot kullanım alanları ve hukuki altyapı düzenlemeleri Hazine ve Maliye Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve diğer paydaşlar ile birlikte çalışılarak sonuçlandırılacaktır.

Bakanlık Adı	Belge Adı	Başlık	Politika
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi	Rekabet Öncesi İş Birliği ile Sanayi ve Teknoloji Alanları	Savunma ve havacılık, elektrikli otomobil, petrokimya, iletişim teknolojileri gibi stratejik kümelerin kurulması ve desteklenmesi amaçlanmaktadır.
Ticaret Bakanlığı	Yeşil Mutabakat Eylem Planı	Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım	Şarj altyapılarının geliştirilmesine yönelik strateji geliştirme ve planlama faaliyetlerinin yapılması
Ticaret Bakanlığı	Yeşil Mutabakat Eylem Planı	Temiz, Ekonomik ve Güvenli Enerji Arzı	Yenilenebilir enerjinin kullanımının artırılması için Yeşil Tarife, YEK – G Belgesi gibi altyapıların geliştirilmesi
Ticaret Bakanlığı	Yeşil Mutabakat Eylem Planı	Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım	EA bataryalarının geri dönüşümü için gerekli düzenlemelerin yapılması.

1.1.3 Mevzuat

Türkiye'de elektrikli araçların otomobil pazarına girdiği ilk andan itibaren, elektrikli araçlara ilişkin mevzuatın oluşturulması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan ihtiyacı karşılamak adına Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği ve ilgili bakanlıklar tarafından yönetmelikler hazırlanmıştır ve hazırlanmaya devam edilmektedir. Bu kapsamda 25 Aralık 2021 tarihli 31700 sayılı Resmî Gazetede Elektrik Piyasası Kanunu'na, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından Serbest Erişim Platformu kurulması ibaresi eklenmiştir. Özellikle 2 Nisan 2022 tarihli, 31797 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan "Şarj Hizmeti Yönetmeliği" ile birlikte elektrikli araçların şarj altyapısıyla ilgili faaliyetlerin EPDK tarafından yürütülmesi ve takip edilmesi, enerji dağıtım şirketlerinin aksiyonlarının EPDK'ya bildirmesi gerekmektedir.

Elektrikli araçların şarj altyapısına ilişkin mevzuat kentlerin imar yönetmeliğinde de yer almaktadır. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayınladığı otopark yönetmeliklerinde de elektrikli şarj istasyonları göz önünde bulundurulmuştur. Ülkemizdeki elektrikli araç sektörüne ilişkin mevzuat; Kanunlar, Cumhurbaşkanı Kararları, Yönetmelikler ve Tebliğler şeklinde Tablo 1.5'te verilmiştir.

Tablo 1.5 Mevzuat [14]

Mevzuat No	Mevzuat Adı	Mevzuat Türü	Resmî Gazete Tarihi
6446	Elektrik Piyasası Kanunu*	Kanun	30.03.2013
2872	Çevre Kanunu**	Kanun	9.08.1983
5446	Elektrikli Araç Besleme Donanımlarının 3516 Sayılı Ölçüler ve Ayar Kanunu Kapsamına Alınmasına İlişkin Karar	Cumhurbaşkanı Kararı	20.04.2022
3692	İzmir İlinde Yapılacak Olan Elektrikli Araç Sistemleri Üretim Tesisi Yatırımına Proje Bazlı Devlet Yardımı Verilmesine İlişkin Kararın Yürürlüğe Konulması Hakkında Karar	Cumhurbaşkanı Kararı	19.03.2021

Mevzuat No	Mevzuat Adı	Mevzuat Türü	Resmî Gazete Tarihi
5774	Bursa İlinde Yapılacak Olan Elektrikli Otomobil Üretim Tesisi Yatırımına Proje Bazlı Devlet Yardımı Verilmesine İlişkin 26/12/2019 Tarihli ve 1945 Sayılı Cumhurbaşkanı Kararının Eki Kararda Değişiklik Yapılması Hakkında Karar	Cumhurbaşkanı Kararı	6.07.2022
2975	Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu Sanayi ve Ticaret A.Ş. Tarafından Bursa İlinde İnşa Edilmekte Olan Elektrikli Otomobil Üretim Tesisine Ulaşımı Sağlayacak Bağlantı Yolu Projesi Kapsamında Bazı Taşınmazların Karayolları Genel Müdürlüğü Tarafından Acele Kamulaştırılması Hakkında Karar	Cumhurbaşkanı Kararı	23.09.2020
1945	Bursa İlinde Yapılacak Olan Elektrikli Otomobil Üretim Tesisi Yatırımına Proje Bazlı Devlet Yardımı Verilmesine İlişkin Kararın Yürürlüğe Konulması Hakkında Karar	Cumhurbaşkanı Kararı	26.12.2019
1402	Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar	Cumhurbaşkanı Kararı	6.08.2019
2023/3	2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı İle İlgili	Cumhurbaşkanlığı Genelgeleri	28.01.2023
20146124	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Teşkilat Yönetmeliği	Yönetmelik	18.05.2014
20059207	İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik	Yönetmelik	10.08.2005
39454	Şarj Hizmeti Yönetmeliği	Yönetmelik	2.04.2022
31464	Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	2.05.2019
24408	Otopark Yönetmeliği	Yönetmelik	22.02.2018
23722	Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği	Yönetmelik	3.07.2017

Mevzuat No	Mevzuat Adı	Mevzuat Türü	Resmî Gazete Tarihi
22969	Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	26.10.2016
20979	Motorlu Araçların ve Değiştirilebilir Susturucu Sistemlerinin Ses Seviyeleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (Ab/540/2014)	Yönetmelik	25.07.2015
19632	Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı Hakkında Yönetmelik	Yönetmelik	29.04.2014
38743	Bursa Teknik Üniversitesi Elektrikli Taşıtlar Uygulama ve Araştırma Merkezi Yönetmeliği	Yönetmelik	28.06.2021
31344	Düzce Üniversitesi Elektrikli Araçlar ve Dijital Dönüşüm Uygulama ve Araştırma Merkezi Yönetmeliği	Yönetmelik	18.03.2019
39149	Hafif Yolcu ve Ticari Araçlardan Çıkan Emisyonlar (Euro 5 ve Euro 6) Bakımından ve Araç Tamir ve Bakım Bilgilerine Erişim Konusunda Motorlu Araçların Tip Onayı ile İlgili Uygulama Usul ve Esaslarına İlişkin Tebliğ	Tebliğ	28.12.2021
22974	Yetkili Teknik Sorumluların Görev, Yükümlülük ve Sertifikalandırılmasına Dair Tebliğ	Tebliğ	26.10.2016
22616	Ulusal Meslek Standartlarına Dair Tebliğ	Tebliğ	27.06.2016
15532	Ülkemiz ve Avrupa Birliğine Üye Ülkeler Tarafından Gümrük Vergilerinin Askıya Alınması ve Otonom Tarife Kontenjanı Açılması Talep Edilen Ürünlere İlişkin Tebliğ	Tebliğ	1.12.2011
15004	Gümrük Vergisi Askıya Alınması ve Avrupa Birliği Tarafından Tarife Kontenjanı Açılması Planlanan Ürünlere İlişkin Tebliğ	Tebliğ	25.05.2011

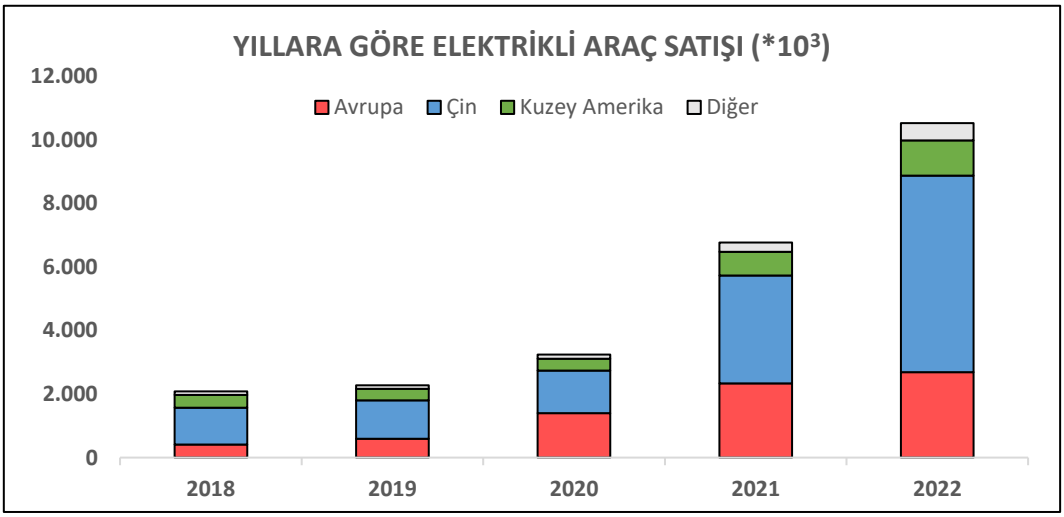
** 25 Aralık 2021 tarihinde 31700 sayılı Resmî Gazetede güncellenmiştir.*

*** 29 Kasım 2018 tarihinde elektrikli araçların teşviki ibaresi ile güncellenmiştir.*

1.2 DÜNYADAKİ ELEKTRİKLİ ARAÇ EKOSİSTEMİNİN DURUMU

Paris Anlaşması kapsamında iklim değişikliğinin azaltılmasına, adaptasyonuna ve finansmanına yönelik eylemler tüm üye ülkeler tarafından uygulanmak zorundadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yayınladığı çevre raporlarının ardından, dizel araçların yüksek karbon salınımından dolayı atmosfer dengesini olumsuz etkilediği çok daha net bir şekilde gözler önüne koyulmuştur. Öte yandan benzinli araçlar da ciddi oranda karbon emisyonuna yol açtığından, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlar yerine, sürdürülebilir yakıt türleri aranmaktadır. Ulaşım kaynaklı karbondioksit salınımında sırasıyla en fazla payı olan ülkeler; ABD, Çin, Rusya, Almanya, İngiltere ve Japonya şeklinde devam etmektedir [5]. Yüzyılı aşkın süredir endüstri ve ulaşımın temel itici gücü olan petrol, dünyada artık sınırlı kaynaklar arasında gösterilmektedir. Bunun için Avrupa Birliği başta olmak üzere pek çok ülke, elektrikli araç üretimini ve kullanımını teşvik etmek adına yasal süreçleri oluşturmaya başlamıştır.

Dünya'da elektrikli araç pazarı her geçen yıl giderek büyümektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 2021'de küresel otomobil satışlarındaki net büyümenin elektrikli araçlardan kaynaklandığını belirtmektedir. Bu artışı göğüsleyen Çin, Avrupa ve ABD, küresel elektrikli araç satışlarında büyük bir hacme sahiptir. Toplam pazar payının yaklaşık %85'ini Çin ve Avrupa kapsamaktadır. ABD'de elektrikli araçların toplam pazar payı, Çin ve birçok Avrupa ülkesinin altında kalmaktadır. Bölgelerin yıllara göre elektrikli araç satış miktarları Şekil 1.1'de ve Tablo 1.6'da verilmiştir.



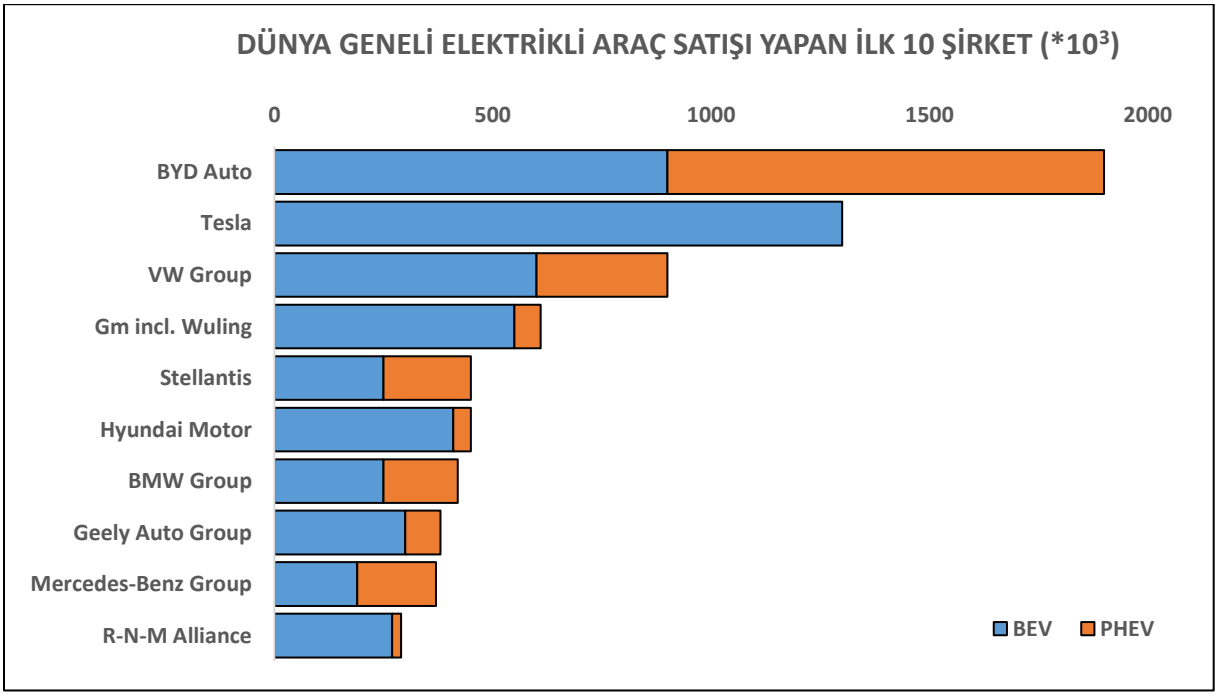
Şekil 1.1 Bölgelerin Yıllara Göre Elektrikli Araç Satışı [15]

Tablo 1.6 Yıllara Göre Elektrikli Araç Satışı [15]

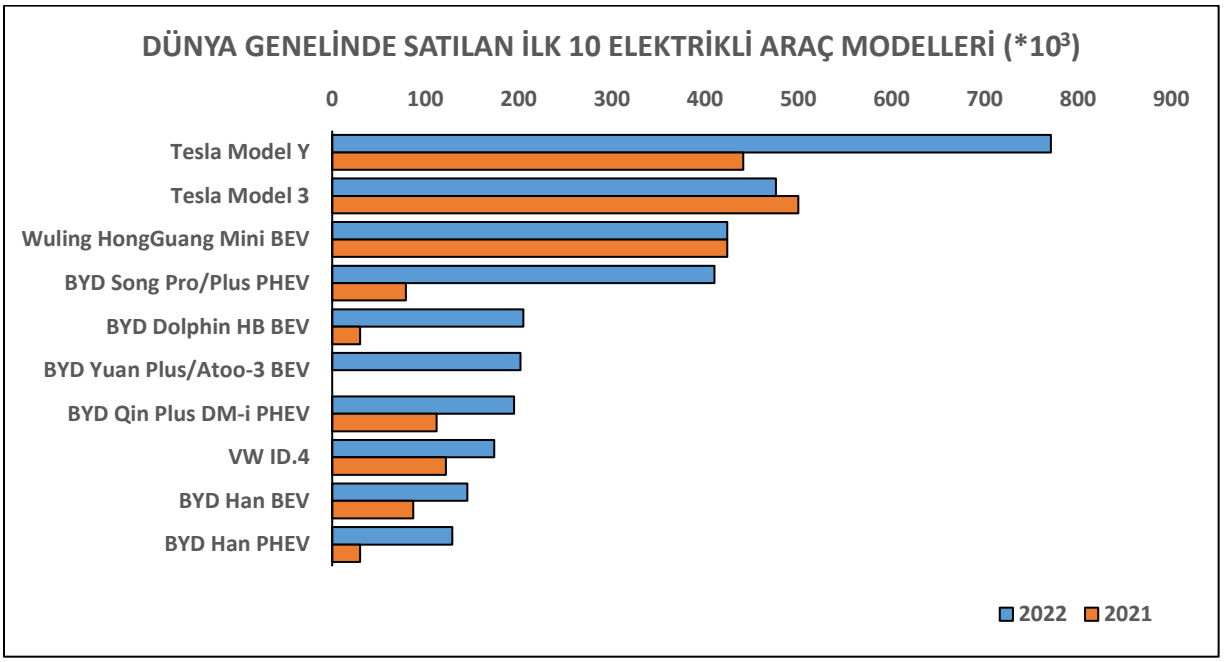
Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Avrupa	408.000	589.000	1.401.000	2.332.000	2.683.000
Çin	1.161.000	1.208.000	1.331.000	3.396.000	6.181.000
Kuzey Amerika	402.000	367.000	375.000	748.000	1.108.000
Diğer	111.000	112.000	137.000	292.000	550.000

2022 yılı satış rakamlarına göre elektrikli otomobil pazarının %59'luk payını Çin almaktadır. Çin'in ardından sırasıyla %25 ile Avrupa ve %11 ile Kuzey Amerika gelmektedir.

Dünya genelinde 2022 yılında; BYD Auto BEV (Battery Electric Vehicle) ve PHEV (Plug – in Hybrid Electric Vehicle) birlikte satışlarında birinci sırada, BEV (Battery Electric Vehicle) satışlarında ise Tesla birinci sırada bulunmaktadır. Ardından toplam satışlarda sırasıyla VW Group, GM incl. Wuling ve Stellantis şirketleri gelmektedir. Elektrikli araç satış miktarlarına göre en çok satış yapan ilk 10 elektrikli araç üreticisi Şekil 1.2'de verilmiştir. Şekil 1.3'te ise dünya genelinde en fazla satışı yapılan ilk 10 elektrikli araç modeli verilmiştir.

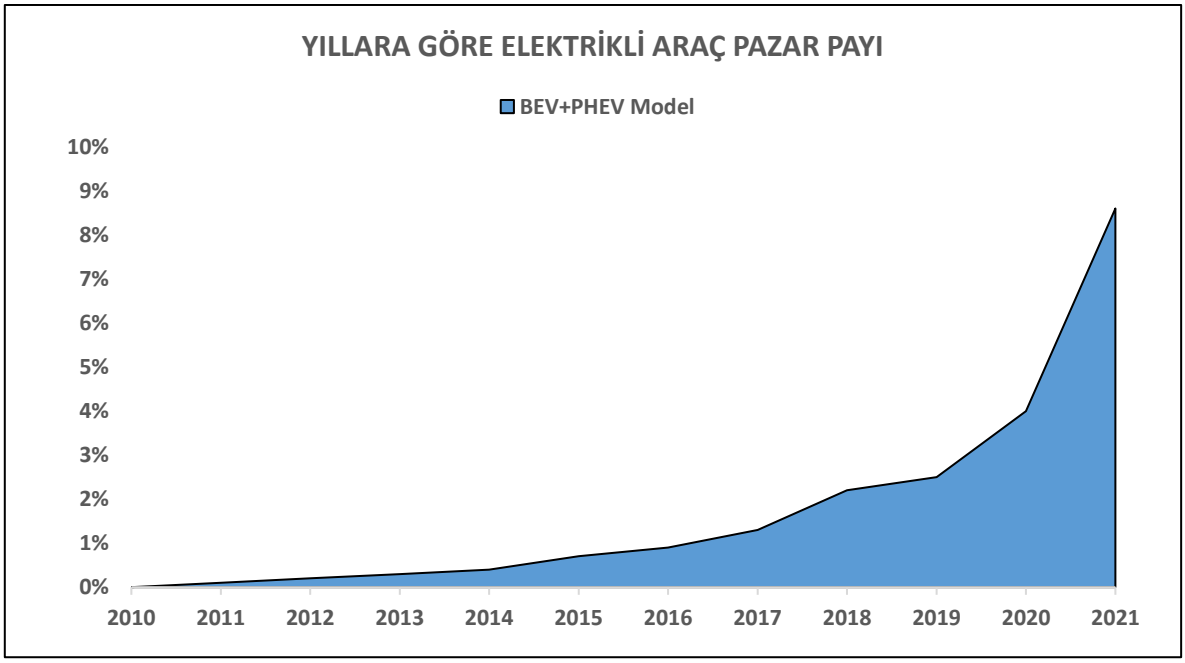


Şekil 1.2 Dünya Geneli Elektrikli Araç Satışı Yapan İlk 10 Şirket [15]



Şekil 1.3 Dünya Genelinde Satışı Yapılan İlk 10 Elektrik Araç Modeli [15]

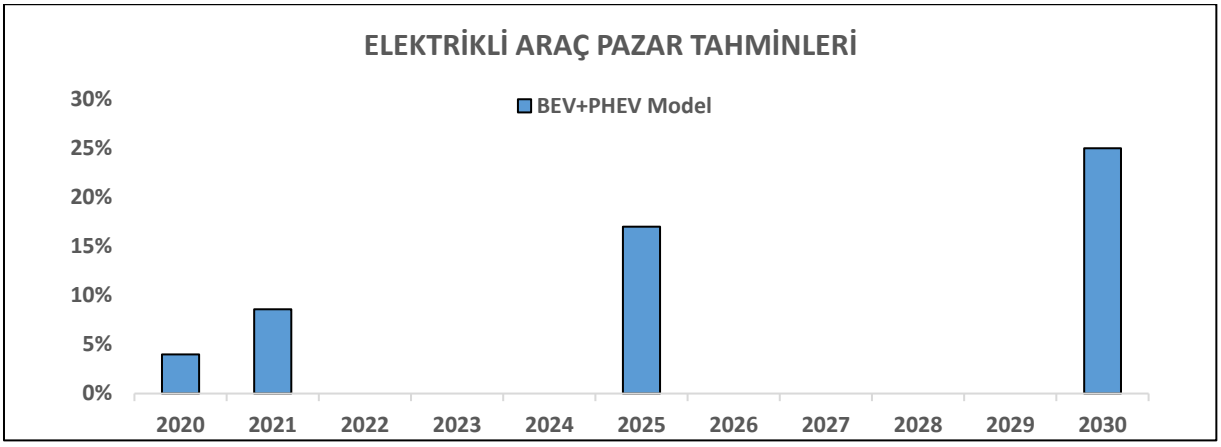
Dünya genelinde elektrikli araçların pazar paylarında yıllara göre bir artış görülmektedir. Bunun sebebi, ülkelerin fosil yakıt tüketimlerini azaltarak elektrikli araç kullanımının teşvik edilmesidir. Bu kapsamda ülkeler düşük karbon teknolojilere dönüşümü son yıllarda hızlandırmışlardır. Elektrikli araçların yıllara göre pazar payları Şekil 1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.4 Yıllara Göre Elektrikli Araç Pazar Payı [16]

Şekil 1.4'ten de görüldüğü üzere elektrikli araçların pazar payları, 2015 yılında %0,7 iken bu oran 2021 yılında %8,6'dır. Ancak grafik incelendiğinde, özellikle 2019 yılından itibaren pazar

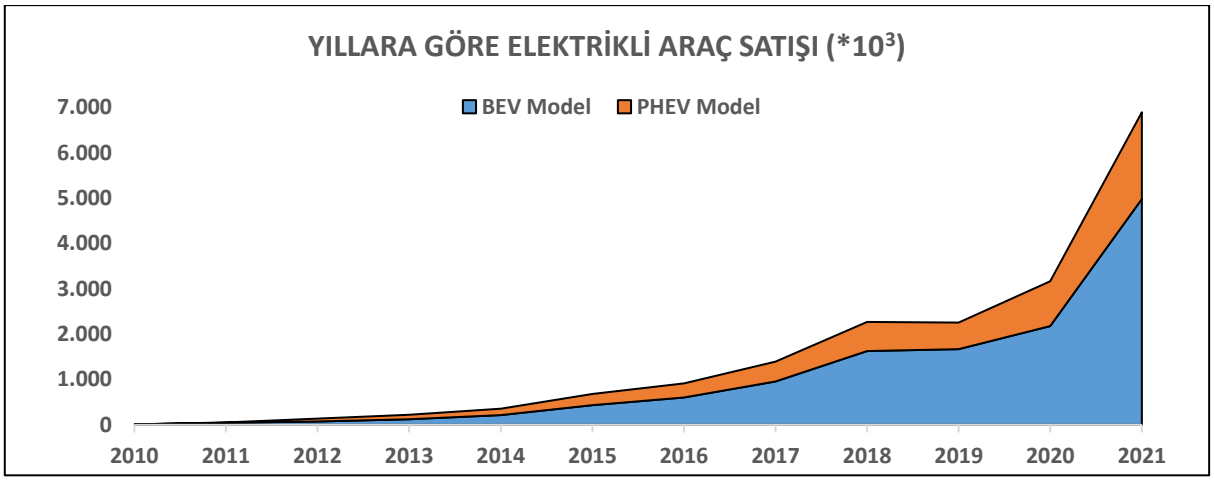
payında ciddi bir artış olduğu görülmektedir. Bu artışın gelecekte de devam etmesi beklenmektedir. 2023 yılı mart ayı itibariyle, elektrikli araç pazarının gelecek tahminleri ise Şekil 1.5'te verilmiştir.



Şekil 1.5 Elektrikli Araç Pazar Tahminleri [16]

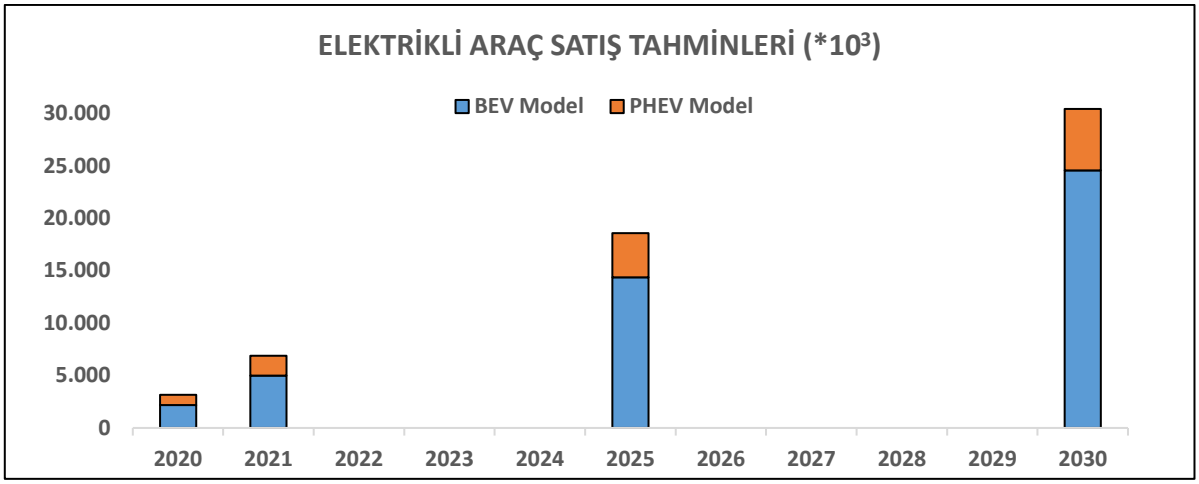
Şekil 1.5 incelendiğinde, 2025 yılı için elektrikli araç pazar payının %17, 2030 yılında ise pazar payının %25 olacağı öngörülmüştür.

Uluslararası Enerji Ajansının 2022 yılında yayınladığı Global EV Outlook 2021 raporuna göre dünya genelinde satışı gerçekleştirilen elektrikli araçlar, türlerine göre sınıflandırıldığında dört tip araç karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; otomobil, kamyonet, otobüs ve kamyondur. Geçmişten günümüze kadar dünya genelinde elektrikli araç satışları önemli oranda artmıştır. Şekil 1.6'da yıllara göre dünya geneli elektrikli otomobil satışları verilmektedir.



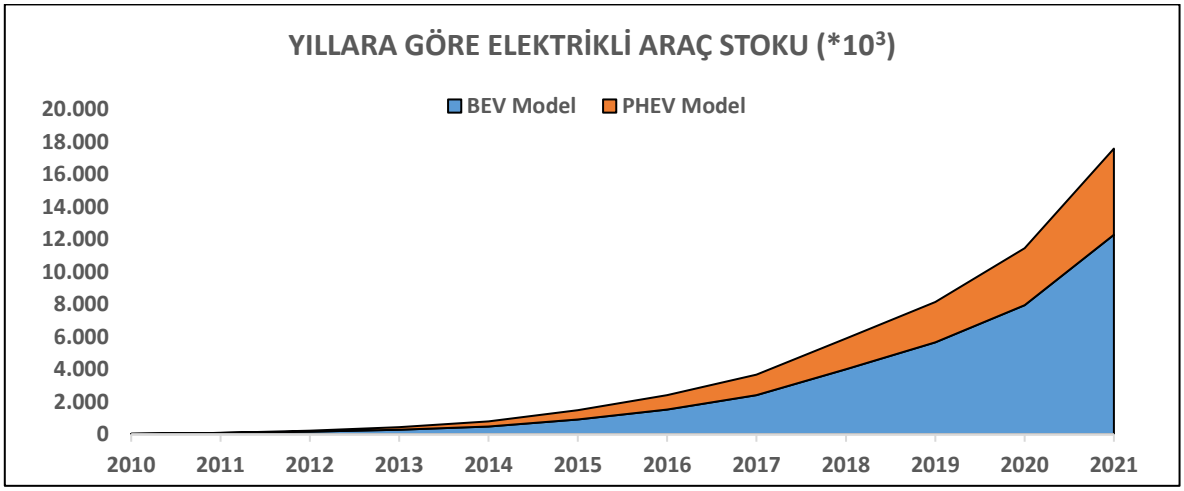
Şekil 1.6 Yıllara Göre Elektrikli Araç Satışı (17)

2010 yılında toplam 11.000 adet BEV modeli, 380 adet PHEV model satılmıştır. 2015 yılına gelindiğinde ise 435.800 adet BEV modeliyle 247.780 adet PHEV modeli satılmıştır. 2021 yılında ise bu rakamlar ciddi artışlar göstererek 4.983.000 adet BEV modeli ile 1.908.900 adet PHEV modeli satışlarına ulaşılmıştır. Gelecek tahminlerinde ise 2030 yılına kadar bu artışın devam edeceği beklenmektedir. Şekil 1.7'de Uluslararası Enerji Ajansı'nın elektrikli araç satış tahminleri verilmiştir.



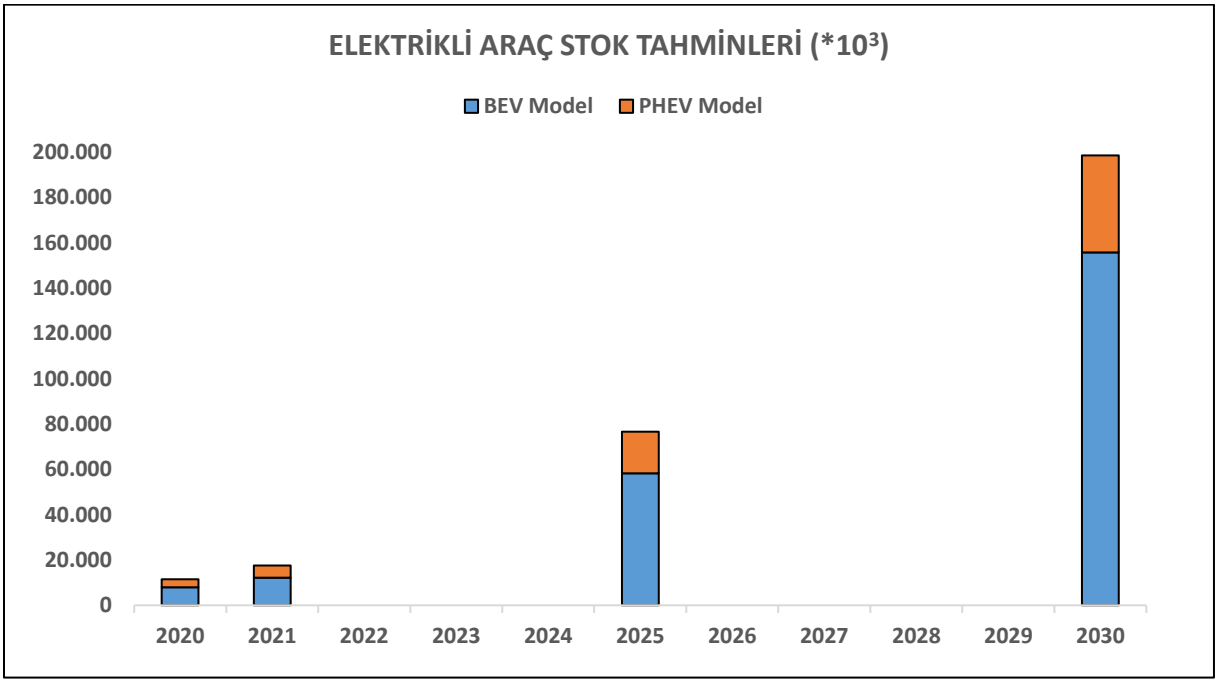
Şekil 1.7 Elektrikli Araç Satış Tahminleri (17)

Şekil 1.7 incelediğinde, 2025 yılında dünya genelinde 14.356.000 adet BEV ile 4.216.000 adet PHEV araç satılacağı tahmin edilmiştir. 2030 yılında ise dünya genelinde 24.540.000 adet BEV ile, 5.882.000 adet PHEV araç satılacağı öngörülmektedir. Araç satışlarında artış yükseldikçe elektrikli araç miktarı da artmaktadır. Şekil 1.8'de yıllara göre elektrikli araç stok durumu verilmiştir.



Şekil 1.8 Yıllara Göre Elektrikli Araç Stoku (17)

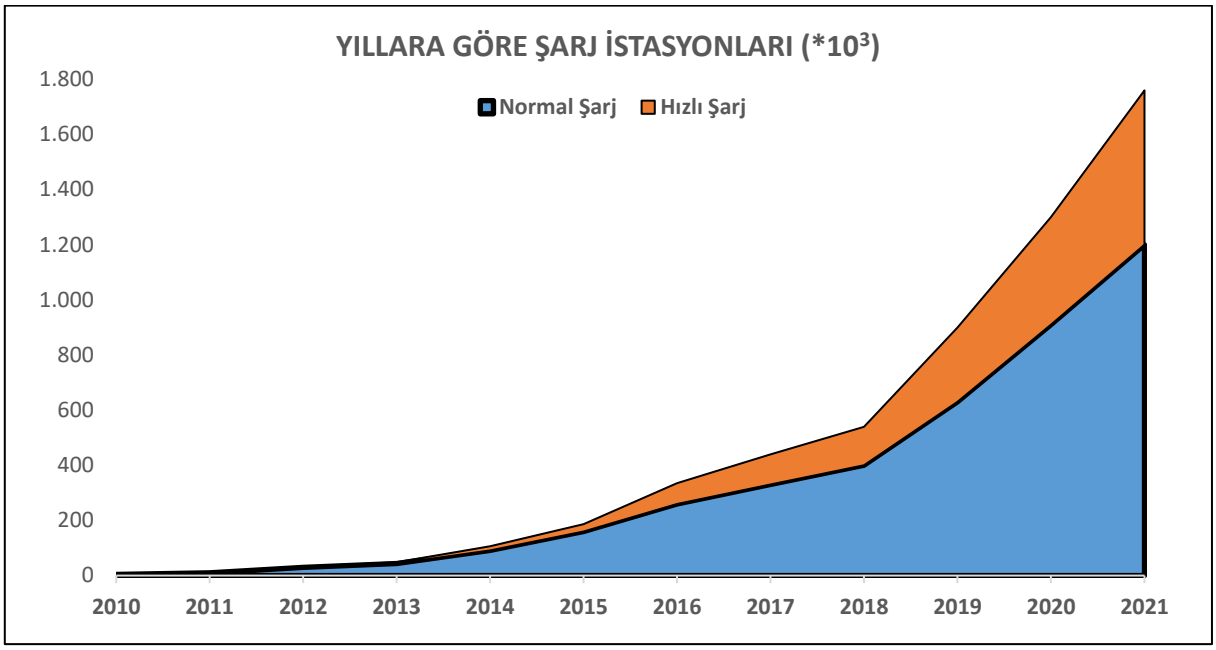
Şekil 1.8 incelendiğinde, 2010 yılında toplam 23.580 adet BEV model, 610 adet PHEV model araç stoku bulunmaktadır. 2015 yılına gelindiğinde BEV model araç miktarı 902.900 adede, PHEV model araç miktarı 564.500 adede ulaşmıştır. 2021 yılına bakıldığında ise 12.267.000 adet BEV model ile 5.303.300 adet PHEV model araç stokuna ulaşılmıştır. Gelecek yıllar için elektrikli araç stok tahminleri ise Şekil 1.9'da verilmiştir.



Şekil 1.9 Elektrikli Araç Stok Tahminleri (17)

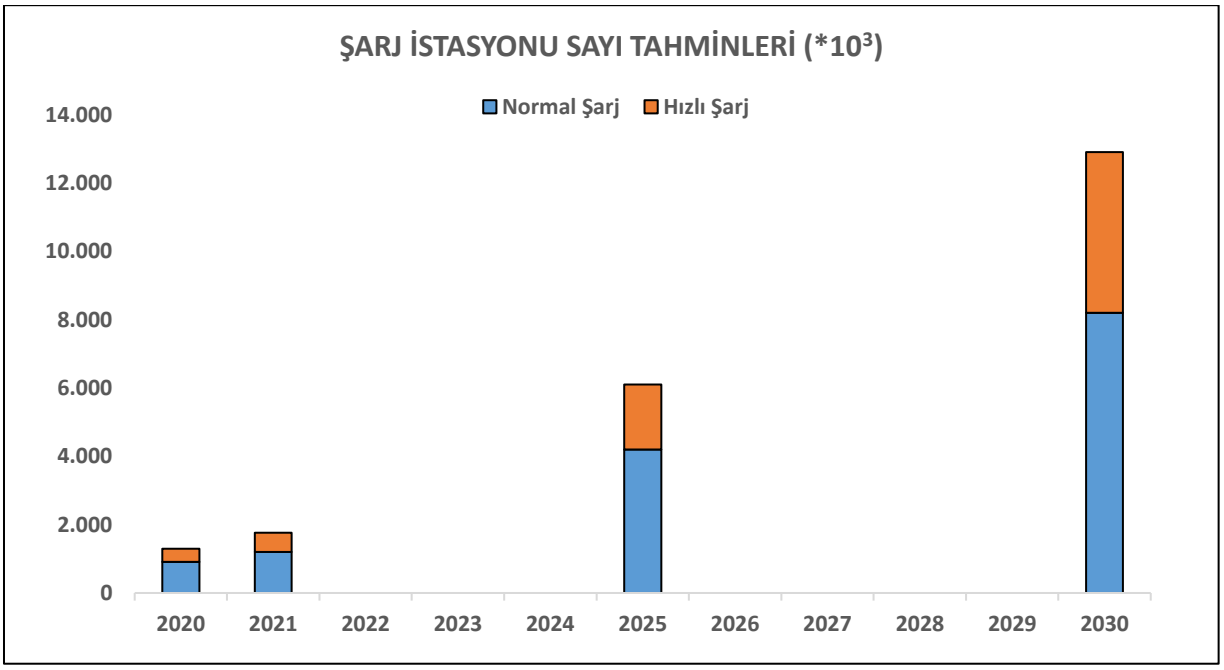
Şekil 1.9 incelenirse, Dünya genelinde tahmin edilen elektrikli araç stok sayısının 2025 yılı için 58.250.000 adet BEV modeli ile 18.419.000 adet PHEV modeli araç olduğu görülmektedir. 2030 yılında ise bu durum BEV model araçlar için 155.800.000 adet, PHEV model araçlar için ise 42.680.000 adettir.

Elektrikli araç sayısının hızla artması, yeterli şarj altyapısının sağlanmasını da beraberinde getirmiştir. Böylelikle hızla artan elektrikli araç sayısının yanı sıra şarj istasyonlarının sayısı da hızla artmaktadır. Şekil 1.10'da dünya genelinde yıllara göre şarj istasyonlarının sayısı verilmiştir.



Şekil 1.10 Dünya Genelinde Yıllara Göre Şarj İstasyon Sayısı (17)

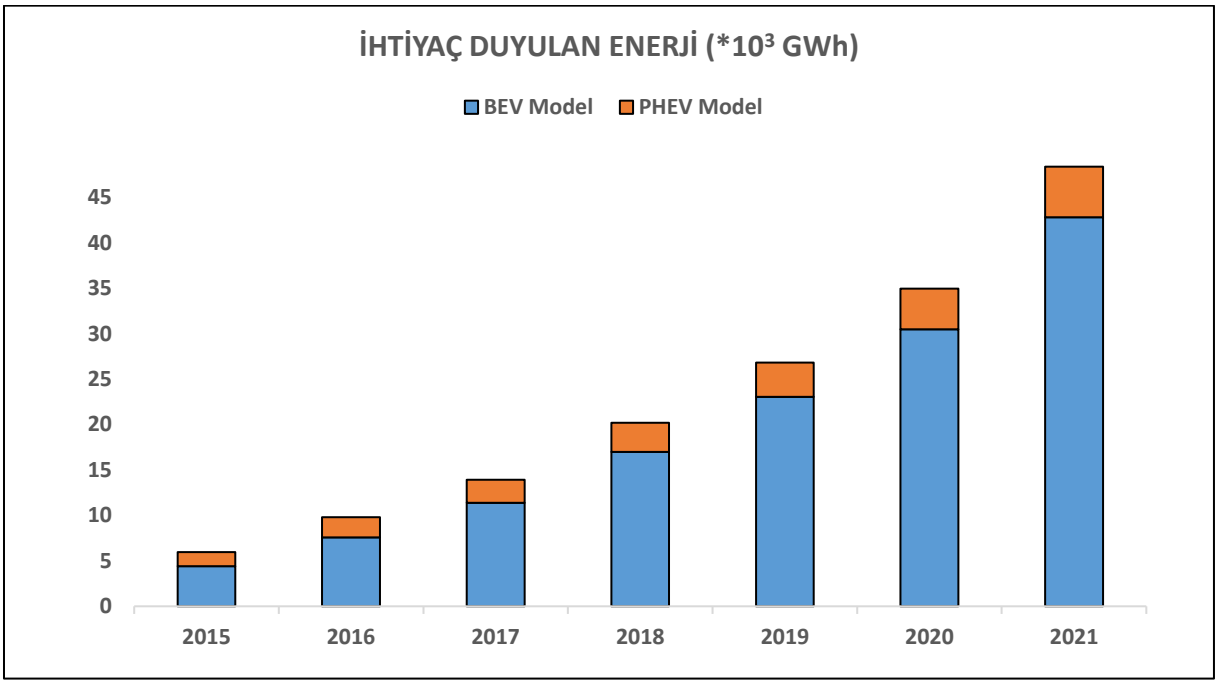
Şekil 1.10'a göre Dünya genelinde 2010 yılında 3.700 adet normal şarj istasyonu ve 310 adet hızlı şarj istasyonu bulunmaktadır. 2015 yılına gelindiğinde 160.000 adet normal şarj istasyonu ve 27.000 adet hızlı şarj istasyonu, 2021 yılında ise 1.200.000 normal şarj ve 560.000 hızlı şarj istasyonu bulunmaktadır. Gelecek yıllarda tahmin edilen şarj istasyonu sayıları ise Şekil 1.11'de verilmiştir.



Şekil 1.11 Tahmin Edilen Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı (17)

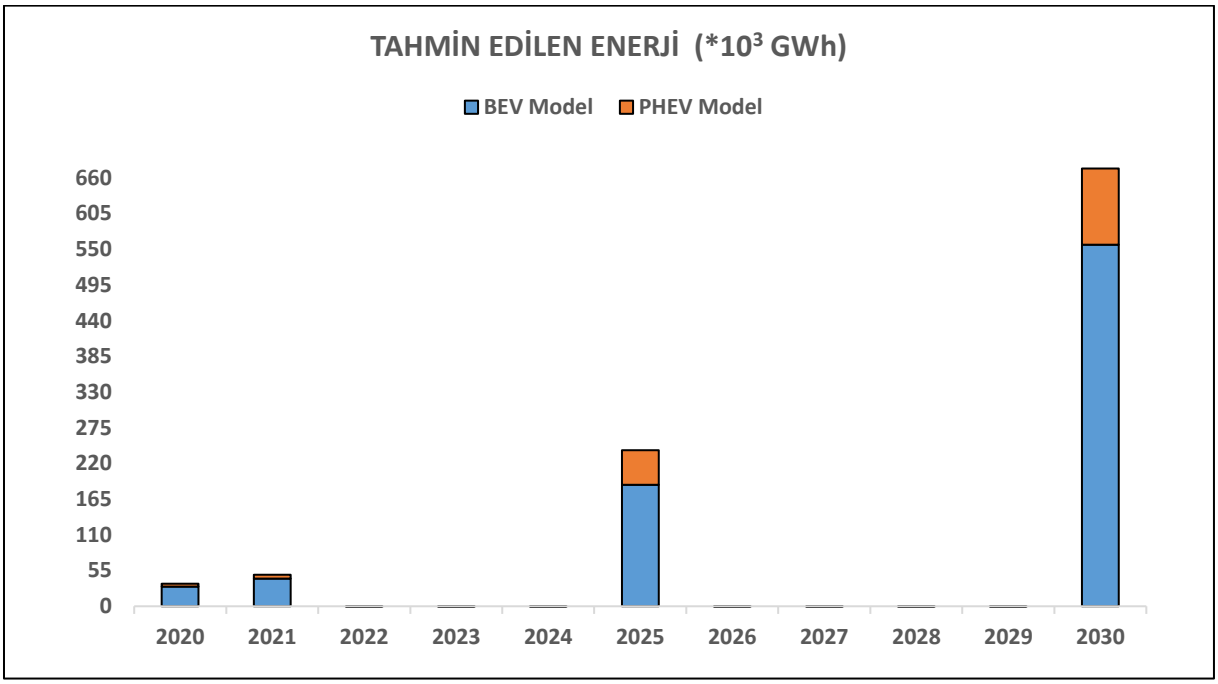
Dünya genelinde gelecek yıllar için tahmin edilen şarj istasyonu sayısı; 2025 yılında 4.200.000 adet normal şarj istasyonu, 1.900.000 adet hızlı şarj istasyonu, 2030 yılında 8.200.000 adet normal şarj, 4.700.000 adet hızlı şarj istasyonudur.

Artan elektrikli araç sayısı ve şarj istasyonu sayısı ile birlikte bu şarj istasyonlarının ihtiyaç duyduğu elektrik ihtiyacının yıllara göre değişimi Şekil 1.12'de verilmiştir.



Şekil 1.12 İhtiyaç Duyulan Elektrik Enerjisi (17)

Şekil 1.12'deki grafiğe göre, 2015 yılında dünya genelindeki elektrikli araçların şarj edilebilmeleri için BEV model araçların 4.430 GWh, PHEV model araçların ise 1.522 GWh güce ihtiyacı bulunmaktadır. 2021 yılında ise bu ihtiyaç; BEV model araçlar için 42.800 GWh ve PHEV model araçlar için 5.589 GWh olmaktadır. Gelecek yıllarda öngörülen elektrik enerjisi ihtiyacı ise Şekil 1.13'te verilmiştir.



Şekil 1.13 Tahmini İhtiyaç Duyulan Elektrik Enerjisi (17)

Dünya genelinde tahmin edilen enerji ihtiyacı 2025 yılı için BEV model araçların 187.000 GWh, PHEV model araçların 53.270 GWh'tır. 2030 yılında ise BEV model araçların 557.000 GWh, PHEV model araçların ise 117.600 GWh olmaktadır.

Elektrikli araçlara olan talep diğer sektörleri de dolaylı olarak etkilemektedir. Bunların başında batarya üreticileri ve şarj istasyonu sağlayıcıları gelmektedir. Elektrikli araç pazarları büyüdükçe, halka açık şarj istasyonlarının da erişiminin kolaylaşması ve sayılarının artması gerekmektedir. Günümüzde elektrikli araçların şarj işlemlerinin çoğu konutlarda ve iş yerlerinde gerçekleşmektedir. Dünya genelinde elektrikli araç şarj istasyonları pazar büyüklüğü 2020 yılında yaklaşık 24,16 milyar Amerikan Dolarıdır. Covid – 19 küresel salgınıyla önceki yıllara göre büyük bir düşüş yaşamış ve 2017 – 2019 dönemindeki ortalama yıllık büyümenin altında kalarak elektrikli şarj istasyonları 2020'de pazar payını yaklaşık %39'a düşürmüştür. Dünya genelinde 2021 yılı verilerine göre ise 1,8 milyon halka açık şarj cihazı bulunmakta ve bunların üçte birini hızlı şarj cihazları oluşturmaktadır. 2015 ile 2019 yılları arasında ortalama yıllık şarj istasyonu sayısındaki artış yaklaşık %50 olarak gerçekleşmiştir. Pazar payının 2028 yılına kadar 111,90 milyar Amerikan doları olacağı ve gelecekte küresel elektrikli araç şarj istasyonu pazarının hakimi Asya ve Pasifik bölgesinin olacağı tahmin edilmektedir. Elektrikli araç kullanımında da olduğu gibi halka açık şarj istasyonu sayısında Çin, dünya lideridir. Çin, dünyadaki normal şarj istasyonlarının yaklaşık %55'ini ve hızlı şarj istasyonlarının ise %85'ini bünyesinde barındırmaktadır. Bir diğer Asya ülkesi Japonya ve Kore, önümüzdeki yıllarda

kendi ülkelerindeki elektrikli araç şarj istasyonlarının sayınını önemli ölçüde arttırmayı planladıklarını açıklamışlardır. Avrupa ise bünyesindeki önemli şarj istasyonu markaları ile pazarda ikinci sırada yer almaktadır. Kuzey Amerika bölgesi, diğerlerine göre daha yavaş bir büyümeyle pazarda üçüncü sırada yer almaktadır.

Araç emisyonuna yönelik artan katı hükümet düzenlemeleri, yeni teknolojilerin hızla benimsenmesi ve ürün yeniliğine yapılan yüksek harcamalar ile gelecekte pazar payında ciddi artış tahmin edilmektedir. Şarj cihazı tipine göre pazar; hızlı ve yavaş / orta şarj cihazları olarak bölümlere ayrılmıştır. Seviye 3 (hızlı şarj) ve ultra hızlı şarj istasyonlarının yüksek başlangıç maliyetleri bu pazarın büyümesi için en büyük engeldir. Seviye 1 ve seviye 2 şarj istasyonlarının fosil kaynaklı yakıtlara göre uzun (6 ila 16 saat) bekleme süresi tüketicileri caydıran en büyük etkendir. Bu sebeple elektrikli araçları 30 dakikadan daha kısa sürede şarj edebilen hızlı şarj istasyonlarına yönelik bir pazar talebi bulunmaktadır. Yavaş / orta şarj istasyonlarının pazar payı %16,24 iken geri kalan payını hızlı şarj istasyonları almaktadır.

2021 yılında Çin'deki halka açık kurulu şarj istasyonlarının sayısı %35 artarak 680 bin adede ulaşmıştır. Bu sayı, 2018 yılında mevcut olan normal şarj istasyonları sayısının dört katından daha fazladır. Ancak Çin'de meydana gelen ve tüm dünyanın etkilendiği Covid – 19 döneminde büyüme, önceki yıllara göre oldukça düşük kalmaktadır. Buna rağmen Çin'de, 2015 – 2020 yılları arasında halka açık normal şarj istasyonu sayısındaki yıllık ortalama artış oranı %60'ın üzerinde gerçekleşmiştir. Avrupa Birliği'nde ise Hollanda 80 bin adetten fazla halka açık şarj istasyonları ile başı çekmektedir. Hollanda'nın ardından; Fransa, Almanya, Birleşik Krallık, İtalya, Norveç ve İsveç gelmektedir. ABD'deki halka açık normal şarj istasyonlarının sayısı 2021 yılında diğer ülkelere göre en yavaş artış ile %12 artarak 92 bin adede yükselmiştir. Kore'de ise 2021 yılında yaklaşık %70 artarak 90 bin sayısının üzerine çıkmıştır.

Dünya çapında halka açık hızlı şarj istasyon ağları incelendiğinde; Çin, 2021 yılında 470 bin halka açık hızlı şarj istasyonu kurulumu gerçekleştirmiştir. Çin'de halka açık hızlı şarj istasyonlarının hızla konuşlandırılmasının arkasındaki itici güçler; devlet sübvansiyonları ve kamu hizmetleri tarafından aktif bir altyapının geliştirilmesidir. Elektrik fiyatları üzerindeki düzenleyici kontroller, şehir sakinlerinden gelen hızlı şarj talebinin yanı sıra taksi ve lojistik filoların elektrifikasyonunun artması elektrikli şarj istasyonu talebini arttırmıştır. Avrupa Birliği'nde; Almanya 9,2 bin adet ile halka açık hızlı şarj istasyonuyla lider konumda iken arkasından sırasıyla Birleşik Krallık, Norveç, Fransa, İspanya ve Hollanda gelmektedir.

ABD'de ise yaklaşık 22 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu bulunmaktadır ve bunların yaklaşık %60'ı Tesla süper şarj cihazlarıdır. Kore'de ise 15 bin halka açık hızlı şarj istasyonu bulunmaktadır.

Birçok hükümet şarj ağı altyapısını planlamak ve geliştirmek için petrol ve gaz şirketleriyle iş birliği yapmakta ve kurulumunda toplam maliyetin %80'ine varan oranda fon sağlamaktadır. Dünya'nın en büyük şarj istasyonu ağına sahip ChargePoint Inc. pazara hükmeden şirketlerin başında gelmektedir. Gelecek yıllarda büyümesini daha da hızlandırıp mevcut ağını 50 kat büyütmeyi planlamaktadır. Tablo 1.7'de Dünya genelinde şarj istasyonu üreten önemli firmalar verilmiştir.

Tablo 1.7 Dünya Geneli Şarj İstasyonu Sağlayıcıları [17]

Şarj İstasyonu Sağlayıcıları	Merkez
ChargePoint Inc.	Kaliforniya, ABD
Schneider Electric	Rueil – Malmaison, Fransa
Tesla Inc.	Kaliforniya, ABD
BP Chargemaster	Luton, İngiltere
Shell International BV	Lahey, Hollanda
Webasto Group	Stockdorf, Almanya
Siemens AgG	Münih, Almanya
EVBox	Amsterdam, Hollanda
Eaton	Dublin, İrlanda

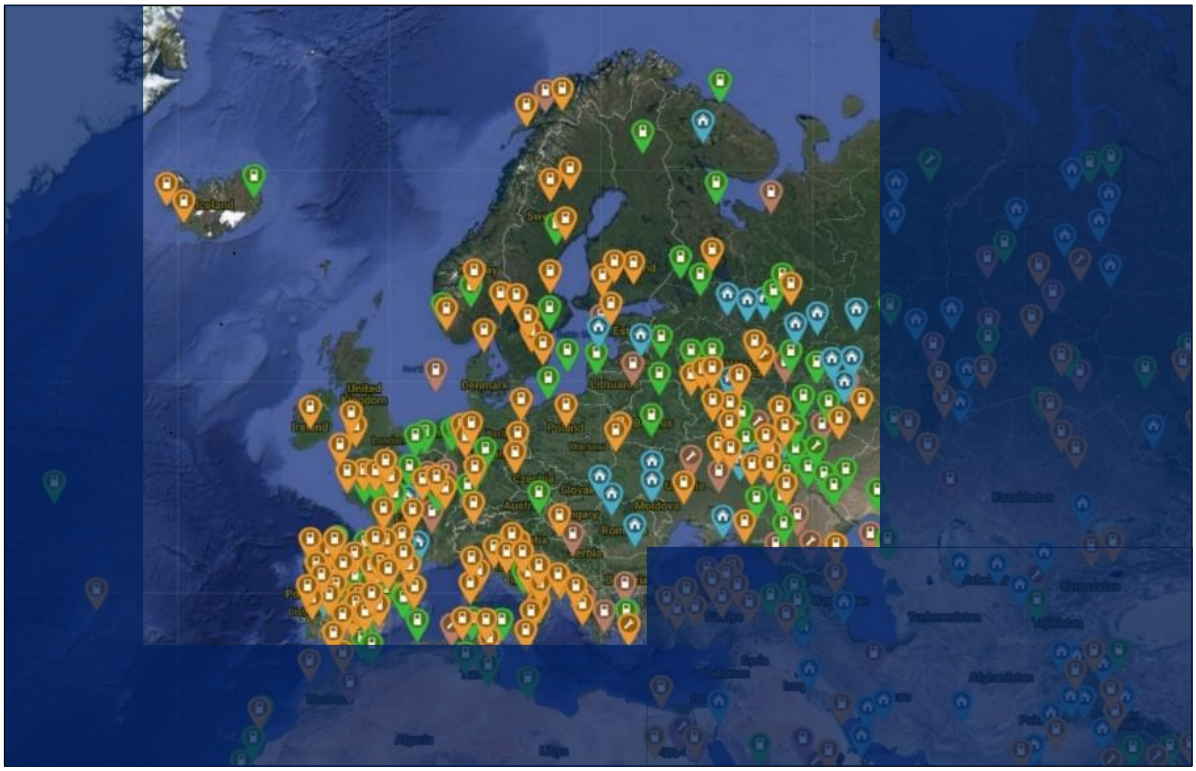
ChargePoint. Inc, dünyanın her yerine özel ve halka açık şarj istasyonlarıyla şarj hizmeti sağlayan ABD kökenli bir şirkettir. Ayrıca dünya çapında 200.000'den fazla halka açık şarj istasyonlarıyla dünyanın en büyük halka açık şarj istasyonu ağına sahiptir. Arkasından hızlı şarj istasyonlarıyla ciddi bir pazar payına sahip olan Tesla Inc. gelmektedir. Fransa'da Schneider Electric, İngiltere'de BP Chargemaster, Hollanda'da Shell International BV ve EVBox, Almanya'da Webasto Grubu ve Siemens AG ile İsviçre'de ABB E – mobility Avrupa pazarında ciddi paya sahip olan şirketlerdir.

Çin'de halka açık şarj istasyonu pazarında birinciliği TGOOD (Telaidian) elinde tutmaktadır. Ardından China State Grid ve Star Charge gelmektedir.

Çin'de yer alan elektrikli araç şarj istasyonları Şekil 1.14'te verilmiştir.

Şekil 1.14 Çin'de Bulunan Şarj İstasyonları [18]

Çin'de yaklaşık 680 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 470 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 1,15 milyon şarj istasyonu bulunmaktadır. 2021 yılında Çin'de bulunan elektrikli araç sayısı geçen seneye göre yaklaşık 2 kat artarak toplam 2,7 milyon BEV ve 600 bin PHEV model elektrikli otomobil satışı gerçekleşmiştir [16]. Bu yüksek satış değerlerinin sebebi, Çin Hükümeti'nin sağlamış olduğu araç düzenlemeleri ve teşvikleridir. Çin'de 2017 yılından bu yana uygulanan NEV kredileri, ülkede elektrikli araç satışlarının büyümesinde önemli bir faktördür ve 2020 yılında bitmesi planlanan NEV sübvansiyon programı 2022'ye kadar uzatılmıştır. Elektrikli araçlar, Çin'in önemli şehirlerinde trafik kısıtlamalarından muaf tutularak elektrikli araçlara teşvikler sağlanmıştır. Lityum iyon batarya üretiminde 8 GWh/yıl kapasitesinin üzerinde olan tesisler desteklenmektedir ve bataryaların geri dönüşümü üzerine batarya üreticilerine kolaylıklar tanınmıştır [9]. Avrupa'da yer alan elektrikli araç şarj istasyonları ise Şekil 1.15'te verilmiştir.



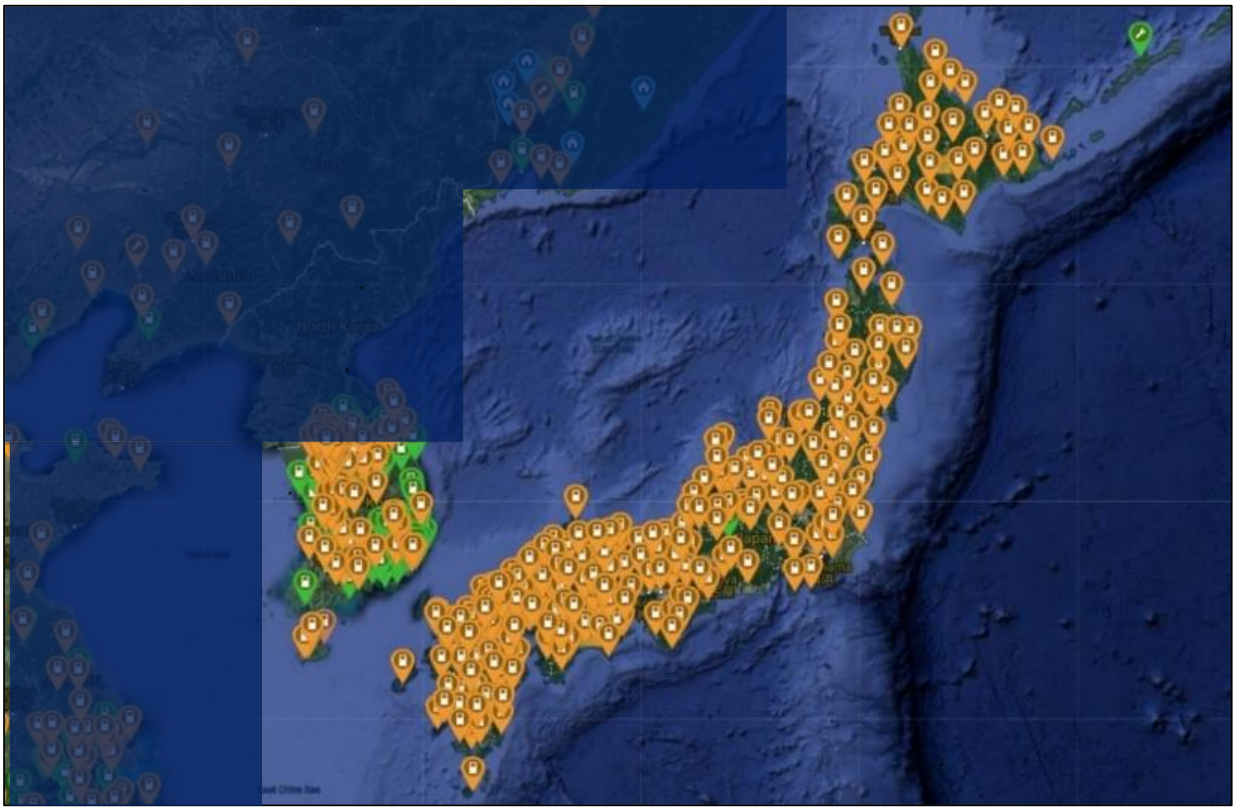
Şekil 1.15 Avrupa'da Bulunan Şarj İstasyonları [18]

Avrupa genelinde 290 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 44 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 334 bin şarj istasyonu bulunmaktadır. Avrupa'da birinci sırada 83 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 2,6 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 85 bin şarj istasyonu ile Hollanda bulunmaktadır. Ardından 50 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 4,5 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 54,5 bin şarj istasyonu ile Fransa ve onun arkasından 42 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 9,2 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 51,2 bin şarj istasyonu ile Almanya gelmektedir. Avrupa'da her ülkenin kendi politika ve teşvikleri bulunmaktadır. Hollanda 2025 yılına kadar çok sayıda şehirde ZEZ bölgeleri kurmayı planlamakta, Milano toplu taşıma araçlarının tamamını 2030 yılına kadar elektrikli yapmayı planlamaktadır. Norveç'te elektrikli araçlar 1990 yılından bu yana trafik tescil vergisinden, 2001 yılından bu yana da KDV'den muaftır. Almanya ise ekonomik toparlanma paketinin bir parçası olarak 2020 yılında BEV'ler ve PHEV'ler için teşvikleri 6 bin ve 4,5 bin Euro'ya yükseltmiştir. Avrupa Birliği yeni döngüsel ekonomi planına ilişkin 10 Şubat 2021 tarihli kararında AB'de batarya üretimi, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü için rekabetçi bir ortam yaratmayı planlamıştır. Binalarda şarj altyapısının yaygınlaşması için bina

otoparklarının kademeli olarak şarj istasyonlarıyla donatılmasını hedefleyen bir düzenleme geliştirmiştir [9]. ABD'de yer alan elektrikli araç şarj istasyonları ise Şekil 1.16'da verilmiştir.

Şekil 1.16 ABD'de Bulunan Şarj İstasyonları [18]

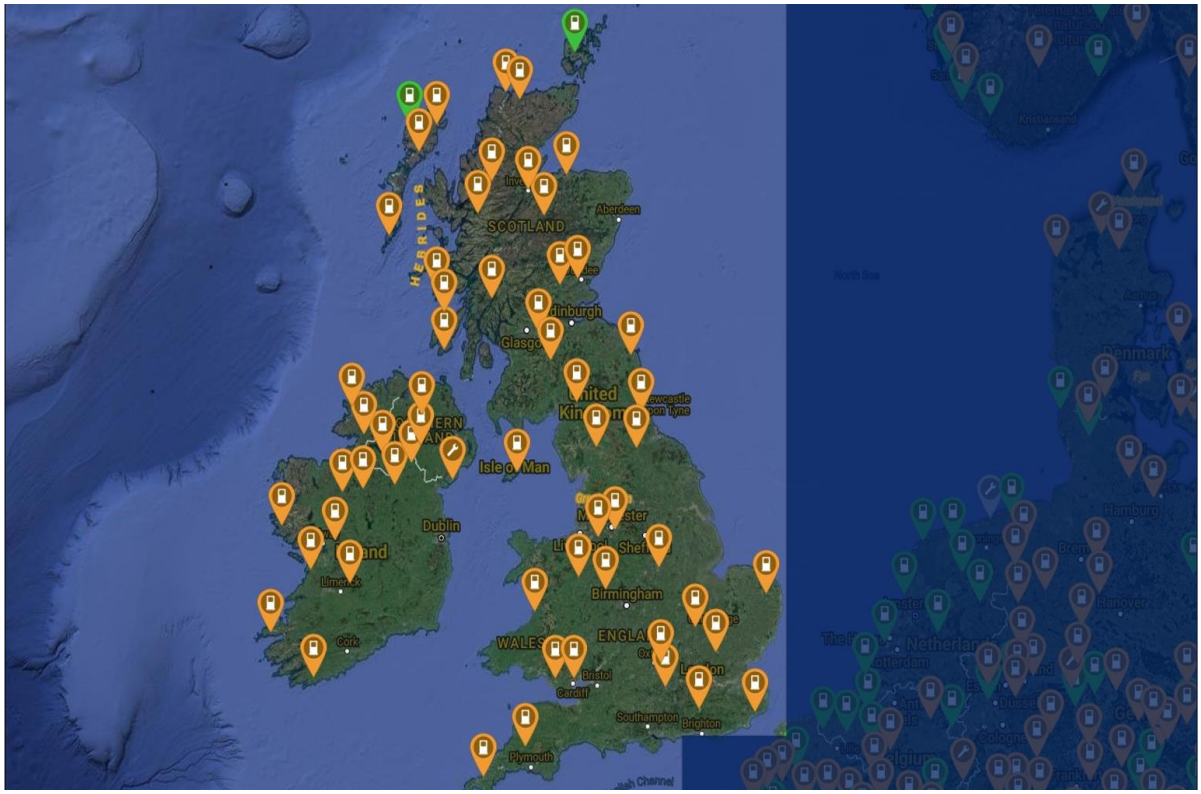
92 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 22 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 114 bin şarj istasyonu bulunmaktadır. ABD genelinde daha önce de bahsedildiği gibi elektrikli araç şarj istasyonu ağının büyük bir parçasını ChargePoint istasyonları oluşturmaktadır. ABD'de bulunan elektrikli araç sayısı yıllara göre yavaş bir şekilde artmakta ve istenilen ivmelenmeyi yakalayamamaktadır. Elektrikli araç satışlarının artırılması için eyaletler bazında teşvikler ve yeni kurallar getirilmektedir. Kaliforniya, 2035 itibariyle içten yanmalı motorlu araçları devreden çıkarmak için satılan tüm yeni araçların sıfır emisyonlu olması yönünde karar almıştır. ABD 2021 Ekim ayı içerisinde, elektrikli araç batarya teknolojilerinin geliştirilmesi için 26 yeni araştırma projesine toplam 209 milyon ABD Dolarlık bir finansman paketi açıklamıştır [9]. Japonya ve Güney Kore'de yer alan elektrikli araç şarj istasyonları ise Şekil 1.17'de verilmiştir.



Şekil 1.17 Japonya ve Güney Kore'de Bulunan Şarj İstasyonları [18]

Japonya'da 21 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 8 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 29 bin şarj istasyonu bulunmaktadır [16]. Hükümetin 2020 yılının sonuna kadar kaydolacak sıfır emisyon araçlar için satın alım desteklerini dört katına çıkaracağını açıklamasının ardından elektrikli araç satışlarında bir ivmelenme yaşanmış, fakat istenilen büyüklükte bir etki getirememiştir. Japonya'da elektrikli araç satışlarındaki büyümenin devam edebilmesi için hükümet tarafından elektrikli araçlara yönelik vergi indirim kararı iki yıl daha uzatılmıştır [9]. Güney Kore'de 92 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 15 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 107 bin şarj istasyonu bulunmaktadır. Özellikle son 5 yılda Güney Kore'de elektrikli araç sayısında ciddi artışlar yaşanmıştır bulunmaktadır. 2040 yılına kadar toplu taşımada içten yanmalı motora sahip araçların yenini FCEV model araçların alması hedeflenmektedir [16].

Birleşik Krallık'ta yer alan elektrikli araç şarj istasyonları ise Şekil 1.18'de verilmiştir.



Şekil 1.18 Birleşik Krallık'ta Bulunan Şarj İstasyonları [18]

29 bin adet halka açık normal hızda şarj istasyonu ve 7,7 bin adet halka açık hızlı şarj istasyonu olmak üzere toplamda 36,7 bin şarj istasyonu bulunmaktadır. 2021 yılında İngiltere'de bulunan elektrikli araç sayısı bir önceki seneye göre ikiye katlanmıştır. Satışların bu oranda artmasına rağmen şarj alt yapısı aynı oranda artmamıştır [16]. Satışların artması, daha temiz ve sürdürülebilir bir mobiliteye geçişin temel aksını oluşturmak için hükümet sıfır emisyon bölgeleri kurmayı hedeflemektedir. Londra'da 2020 yılında başlatılan ZEZ planı, 2050 yılına kadar sıfır karbonlu bir şehre ulaşma hedefi bunlardan biridir. Hızlı şarj altyapılarının gelişimini desteklemek için Birleşik Krallık tarafından Rapid Charging Fund planı uygulanmaktadır [9].

Elektrikli araçlara yönelik artan talep trendi sebebiyle otomotiv sektöründe lityum – iyon pillere, 2021 yılında 340 gigawatt / saat (GWh) talep ile geçen senenin iki katından fazla bir talep olmuştur. Çin, benzeri görülmemiş bir büyüme ile geçen seneye göre otomotiv sektöründe %140 artışla 2021 yılında yaklaşık 200 GWh pil talebiyle en büyük paya sahiptir. ABD'de 2021 yılında talep artışı iki kattan fazla olmuştur. Avrupa'da talep artışı ise geçen seneye göre düşük kalarak yaklaşık %70'lik bir talep artışı gerçekleşmiştir. Yüksek pil talebi neticesinde pil üretiminde kullanılan temel metallere olan taleplerde de önemli ölçüde artış yaşanmaktadır. Bu

sebeple söz konusu metallerin fiyatlarında da ciddi artışlar yaşanmaktadır. İlgili metallerdeki artışlardan dolayı sıfırdan pil yapmak yerine pil geri dönüşümü ortaya çıkmıştır. Pil geri dönüşümündeki başlıca amaç değerli madenlerin geri kazanılmasıdır. Pil üretiminde kullanılan başlıca madenler ise aşağıda verilmiştir:

Lityum talebi 2017'den 2021 yılına neredeyse ikiye katlamıştır. Bunun sebebi elektrikli araçlarda kullanılan pillerin artık lityum talebinde baskın bir güç haline gelmesinden kaynaklanır. Lityum günümüzde elektrikli araçlar için yeri doldurulamayan önemli bir kaynaktır çünkü lityum iyon pillerin performansını karşılayan ticari ölçekte bir alternatif bulunmamaktadır. Ayrıca CATL tarafından Lityum içermeyen kimyasallarla üretilmiş piller denenmektedir [5].

Kobalt talebi 2021'de bir önceki yıla göre %18'den %24'e yükselmiştir. Lityum iyon pillerin kobalt yoğunluğu; pil üreticilerinin daha yüksek enerji verimi ve daha düşük maliyetler elde etmesi için yüksek nikel içerikli kimyasallara geçmesiyle son yıllarda büyük ölçüde azalmıştır. Bunun sebeplerinden biri Lityum iyon pillerde kilogram başına en pahalı bileşen olmasıdır [5].

Nikel talebinin büyük bir kısmı paslanmaz çelik üretimi içindir. 2021'de elektrikli araçlar için nikel talebi bir önceki yıla göre %4'ten %7'ye yükselmiştir. Nikel bazlı katotlar günümüzde baskın elektrikli araç pil kimyasalıdır ve Avrupa ile ABD'de uzun sürüş menzilli elektrikli araçlara olan talep nedeniyle gelecekte de böyle kalması beklenmektedir. Genellikle elektrikli araçlar için kullanılan Lityum iyon pillerde lityumdan neredeyse 7 kat daha fazla nikel bulunmaktadır. Bu nedenle pil fiyatlarının belirlenmesinde nikel önemli bir faktördür. Ayrıca Rusya, dünyanın en büyük 1. Sınıf pil kalitesinde nikel tedarikçilerinden biridir. Ukrayna – Rusya savaşı göz önüne alındığında nikel fiyatlarında bir artış yaşanacağı tahmin edilmektedir [5].

Tahminlere göre dünya elektrikli araç batarya pazarının 2019 ile 2028 yılları arasında 17 milyardan 95 milyar Amerikan dolarının üzerine çıkması beklenmektedir. ABD ve Avrupa yerli pil üretimini arttırma çabalarına rağmen Tablo 1.8'deki pazar paylarına bakıldığında Asya bölgesinin hakim olduğu görülmektedir.

Tablo 1.8 Dünya'da Önde Gelen Pil Tedarikçileri [19]

Sıralama	Şirket	2020 Pazar Payı	Ülke
1	CATL	%34	Çin
2	LG Energy Solution	%14	Güney Kore
3	BYD	%12	Çin
4	Panasonic	%10	Japonya
5	SK On	%7	Güney Kore
6	Samsung SDI	%5	Güney Kore
7	CALB	%4	Çin
8	Guoxuan	%3	Çin
9	Sunwoda	%2	Çin
10	SVOLT	%1	Çin
–	Diğer	%8	–

Önde gelen pil tedarikçisi CATL, 2021'de %32 olan pazar payını 2022 yılında %34'e çıkararak dünya çapında liderliğini yine büyük bir farkla korumaktadır. Tesla, Peugeot, Hyundai, Honda, BMW, Toyota, Volkswagen ve Volvo'ya lityum iyon piller sağlamaktadır. BYD 2021yılında geçen seneye göre pazar payını neredeyse ikiye katlayarak pazarda ciddi bir alan kaplamaktadır. 2022 yılında elektrikli araç pil pazarının %56'sını Çin, %26'sının Güne Kore ve %10'unu Japonya oluşturmaktadır.

1.3 TÜRKİYE ELEKTRİKLİ ARAÇ EKOSİSTEMİ MEVCUT DURUMU

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması projesi kapsamında ülkemizin elektrikli araç ekosistemindeki varlıkların durumunun doğru bir şekilde analiz edilmesi önem göstermektedir. Ülkemizin elektrikli araç sektörünün mevcut durumu analizi, elektrikli araçlar, şarj istasyonları, şarj istasyon operatörleri ve batarya teknolojileri olmak üzere 4 ana başlık altında gerçekleştirilmiştir.

1.3.1 Elektrikli Araçlar

Fosil kaynaklı yakıtların hızla tükenmesinin yanı sıra çevreye verdiği zararlar, insanları yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yöneltmişlerdir. Bunun sonucu olarak tüm dünyada elektrik enerjisi ile çalışan araçların kullanımı artmıştır. Dünyadaki bu artışa paralel olarak ülkemizde de elektrikli araçların kullanımı yaygınlaşmıştır. Elektrikli araçların çevre dostu olması, düşük yakıt maliyetine sahip olması, konforlu sürüş keyfinin olması ve düşük

bakım maliyeti gibi avantajlarının olmasının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Elektrikli araçların en önemli dezavantajı ise menzillerinin nispeten düşük olmasıdır. Ayrıca şarj olma süresinin uzun olması da elektrikli araçların dezavantajlarından bir tanesidir.

Elektrikli araçlar, Batarya Elektrikli Araçlar (BEV), Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV), Hafif Hibrit Elektrikli Araçlar (MHEV), Plug – in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV) ve Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar (FCEV) olmak üzere 5 türe ayrılmaktadır. Elektrikli araç türlerinin özellikleri Tablo 1.9'da verilmiştir.

Tablo 1.9 Elektrikli Araç Türleri ve Özellikleri [20]

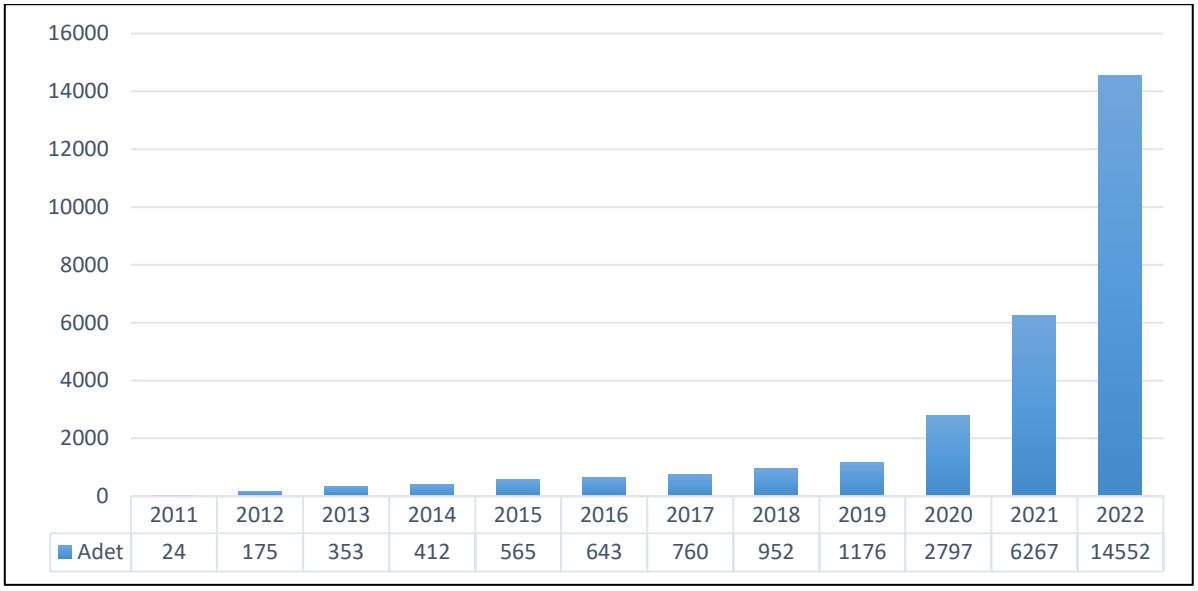
Batarya Türü	Motor Türü	Şarj Edilme Şekli	Çalışma Şekli	Şarj Noktası Gerekli mi?
BEV	Elektrik motoru	Batarya şarj edilmelidir.	Elektrik motoru vasıtasıyla	Gereklidir.
HEV	İçten yanmalı motor + Elektrik motoru	Motor bataryayı şarj edebilir. Kimi modellerde ayrı bir şarj girişi de bulunmaktadır.	Elektrik motoru + içten yanmalı motor vasıtasıyla	Aracın türüne (PHEV/MHEV) göre değişmektedir.
PHEV	İçten yanmalı motor + Elektrik motoru	Elektrik motorunu tam kapasite doldurabilmek için batarya şarja takılmalıdır.	Elektrik motoru + içten yanmalı motor vasıtasıyla	Uzun menzilli sürüş veya yakıt tasarrufu amaçlanıyorsa gereklidir.
MHEV	İçten yanmalı motor + Elektrik motoru	Batarya, araç hareket halindeyken ya da frene basıldığında şarj edilir.	İçten yanmalı motordan vasıtasıyla	Gerekli değildir.
FCEV	Elektrik motoru	Bataryayı şarj etmek için gereken elektrik, yakıt hücresi yoluyla aracın kendisinde üretilir.	Elektrik motoru vasıtasıyla	Şarj ihtiyacı yoktur. Yakıt hücresi doldurulmakta veya yenilenmektedir.

Tablo 1.9'da verilen elektrikli araç türlerinden tam elektrikli araçlar ve hibrit araçlar ülkemizde kullanılan elektrikli araç türleridir.

1.3.1.1 Batarya Elektrikli Araçlar (BEV)

Batarya Elektrikli Araçlar, yalnızca elektrik gücü ile çalışan araçlardır. Bu özelliğinden dolayı sıfır emisyon değerine sahiptirler. Batarya Elektrikli Araçlarda yakıt deposu bulunmamakta olup, ihtiyaç duyulan enerjiyi doldurulabilir bataryalardan almaktadır. Batarya Elektrikli Araçlar sadece elektrik ile çalıştıklarından dolayı bataryaları diğer elektrikli araç türlerinden daha yüksek kapasiteye sahiptir. Bu durum BEV'lerin fiyatının daha pahalı olmasına sebep olmaktadır. Ancak daha az araç aksamına sahip olduklarından bakım masrafları diğer araç türlerine göre daha düşüktür.

Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) verilerine göre, ülkemizdeki elektrikli araçların sayısı son yıllarda önemli artış göstermiştir. Şekil 1.19'da ülkemizde trafiğe kayıtlı elektrikli otomobillerin yıllara göre sayısı verilmiştir.



Şekil 1.19 Ülkemizde Trafiğe Kayıtlı Batarya Elektrikli Otomobil Sayısı (TÜİK) [21]

Şekil 1.19 incelendiğinde özellikle 2022 yılında ülkemizdeki elektrikli otomobil sayısı ciddi artış göstererek bir önceki yıldaki değerinin 2.3 katına çıkmıştır. Ülkemizdeki elektrikli otomobillerin tüm otomobiller içerisindeki pazar payı ise Tablo 1.10'da verilmiştir.

Tablo 1.10 Ülkemizdeki Elektrikli Otomobillerin Pazar Payı (TÜİK) [21]

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	Elektrikli Otomobil Sayısı	Pazar Payı
2011	8.113.111	24	0,000
2012	8.648.875	175	0,002
2013	9.283.923	353	0,004
2014	9.857.915	412	0,004
2015	10.589.337	565	0,005
2016	11.317.998	643	0,006
2017	12.035.978	760	0,006
2018	12.398.190	952	0,008
2019	12.503.049	1.176	0,009
2020	13.099.041	2.797	0,021
2021	13.706.065	6.267	0,046
2022	14.269.352	14.552	0,093

Tablo 1.10 incelendiğinde ülkemizdeki elektrikli otomobillerin pazar payları her ne kadar düşük olsa da 2022 yılında bir önceki yılın yaklaşık 2 katı kadar artış göstermiştir. Ülkemizde son 2 yılda yapılan elektrikli otomobil satışları markalara göre Tablo 1.11'de verilmiştir

Tablo 1.11 Markalara Göre Elektrikli Otomobil Satış Miktarları (TEHAD) [22]

MARKA	2022	2021
BMW	2.193	842
MERCEDES BENZ	1.559	335
RENAULT	1.155	772
SKYWELL	1.150	0
VOLVO	519	23
DFSK	352	53
HYUNDAI	285	64
PORSCHE	182	353
AUDI	179	–
XEV	118	0
MG	102	318
KIA	88	0
OPEL	83	2
CITROEN	81	3
MINI	55	41
JAGUAR	45	31
PEUGEOT	41	2
SUBARU	22	0
SMART	0	9

Tablo 1.11 incelendiğinde ülkemizde en fazla elektrikli otomobil satışı yapan markanın BMW olduğu görülmektedir. Ülkemizde son 2 yılda yapılan elektrikli otomobil satışları marka ve modellerine göre Tablo 1.12'de verilmiştir.

Tablo 1.12 Marka ve Modellere Göre Elektrikli Otomobil Satış Miktarları (TEHAD) [22]

MARKA – MODEL	2022	2021	MARKA – MODEL	2022	2021
BMW iX	1.502	146	**Hyundai IONIQ**	54	0
Renault ZOE B2	1.155	772	**Opel MOKKA e**	53	0
Skywell ET5	1.150	0	**Kia NIRO**	47	0
Mercedes Benz EQE	704	0	**Jaguar I0PACE E7**	46	31
Mercedes Benz EQS	528	4	**Kia EV6**	41	0
Volvo XC40	417	23	**Peugeot 2008e**	41	2
BMW iX3	408	663	**BMW i4 M50**	40	0
DFSK SERES 3	352	53	**Mercedes Benz EQA**	34	0
Hyundai KONA	231	64	**Opel CORSA e**	30	0
BMW i4	189	0	**BMW i7**	23	0

MARKA – MODEL	2022	2021	MARKA – MODEL	2022	2021
Porsche TAYCAN	182	353	**Subaru SOLTERRA**	22	0
Audi eTRON	179	0	**Ford eTransit**	10	0
Mercedes Benz EQB	156	0	**BMW i3 (i3s)dhl C2**	2	0
Mercedes Benz EQC E7	137	331	**BMW 4**	1	0
XEV YOYO	118	0	**MG MARVEL R**	1	0
Volvo C40	102	0	**BMW iX1**	0	0
MG ZS EV	101	318	**Leap Motor T03 400**	0	0
Citroen C4	81	3	**Smart EQ For Four A6**	0	0
Mini Hatch 3 Kapı	55	41	**Smart EQ For Two A6**	0	9

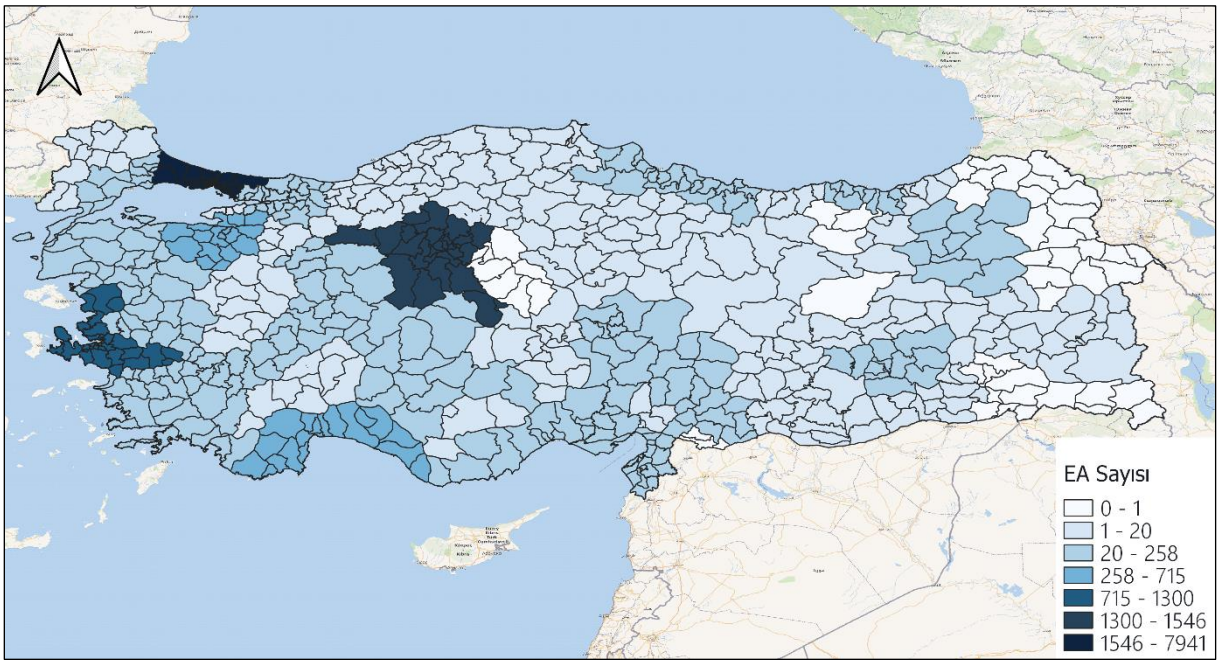
Tablo 1.12 incelendiğinde 2022 yılının model sıralamasında BMW markasının iX modeli 1502 adet satılarak 1. Sırada yer almaktadır. BMW iX modelini 1155 adet ile Renault ZOE B2 modeli takip etmektedir. Elektrikli otomobillerin illere göre sayısı Tablo 1.13'te verilmiştir.

Tablo 1.13 2022 Yılı İllere Göre Elektrikli Otomobil Sayısı [21]

İl	Elektrikli Otomobil Sayısı	İl	Elektrikli Otomobil Sayısı
İstanbul	7.941	Mardin	12
Ankara	1.546	Burdur	12
İzmir	1.300	Tokat	11
Antalya	715	Sivas	11
Bursa	559	Giresun	11
Konya	258	Malatya	10
Adana	218	Kütahya	10
Kocaeli	190	Aksaray	10
İçel	173	Zonguldak	9
Gaziantep	162	Karaman	9
Muğla	159	Düzce	9
Kayseri	139	Bilecik	9
Samsun	109	Amasya	9
Denizli	107	Çorum	8
Aydın	82	Rize	6
Sakarya	72	Kırklareli	6
Manisa	69	Elazığ	6
Tekirdağ	67	Yozgat	4
Eskişehir	64	Van	4
Balıkesir	55	Karabük	4
Hatay	47	Erzincan	4
Diyarbakır	45	Batman	4
Trabzon	43	Niğde	3

İl	Elektrikli Otomobil Sayısı	İl	Elektrikli Otomobil Sayısı
Ordu	24	Kastamonu	3
K.Maraş	23	Çankırı	3
Erzurum	23	Bayburt	3
Afyonkarahisar	23	Sinop	2
Çanakkale	21	Muş	2
Uşak	17	Bitlis	2
Isparta	16	Bingöl	2
Osmaniye	14	Bartın	2
Nevşehir	14	Adıyaman	2
Yalova	13	Kilis	1
Edirne	13	Kars	1
Bolu	13	Artvin	1
Ş.Urfa	12	Ardahan	1

Tablo 1.13 incelendiğinde ülkemizde en fazla Elektrikli otomobilin sırayla İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya ve Bursa illerinde olduğu görülmektedir. Elektrikli Otomobillerin ülkemiz genelindeki bölgesel dağılımı ise Şekil 1.20 ’de verilmiştir.



Şekil 1.20 Elektrikli Otomobillerin Bölgesel Bazda Dağılımı [21]

TÜİK’den elde edilen verilere göre, ülkemizdeki elektrikli araçların iller bazında dağılımı Şekil 1.20’de görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere en fazla Elektrikli otomobil İstanbul, Ankara ve İzmir illerinde olduğu görülmektedir. Bu kapsamda ülkemizdeki elektrikli otomobillerin %55’i İstanbul, %11’i, Ankara %9’u İzmir ve %26’sı ise diğer illerde bulunmaktadır.

Ayrıca TÜİK istatistiklerinde iller bazında sayısal istatistikleri bulunan elektrikli araçların batarya kapasitelerine ilişkin herhangi bir veri bulunmamaktadır.

Elektrikli araçların menzilleri kullandıkları bataryalara göre değişiklik göstermektedir. Elektrikli araçlarda yaygın kullanılan başlıca batarya teknolojileri; Pb – asit (Kurşun – Asit), NiCd (Nikel Kadmiyum), NiMH, (Nikel Metal Hidrat) ve Li – ion (Lityum İyon) bataryalardır. Diğer pil teknolojilerine kıyasla lityum iyon bataryalar yüksek anma voltajı, yüksek enerji yoğunluğu, uzun ömrü ve hafıza etkisinin bulunmaması gibi önemli avantajlara sahip olmasından dolayı daha çok tercih edilmektedir.

Tablo 1.12'te, 2022 yılı satışlarına göre ilk 15 sıradaki araç modelleri toplam satışın %90'ını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, sıralamadaki ilk 15 elektrik aracın batarya tipleri, batarya kapasiteleri ve menzil bilgileri Tablo 1.14'te verilmektedir.

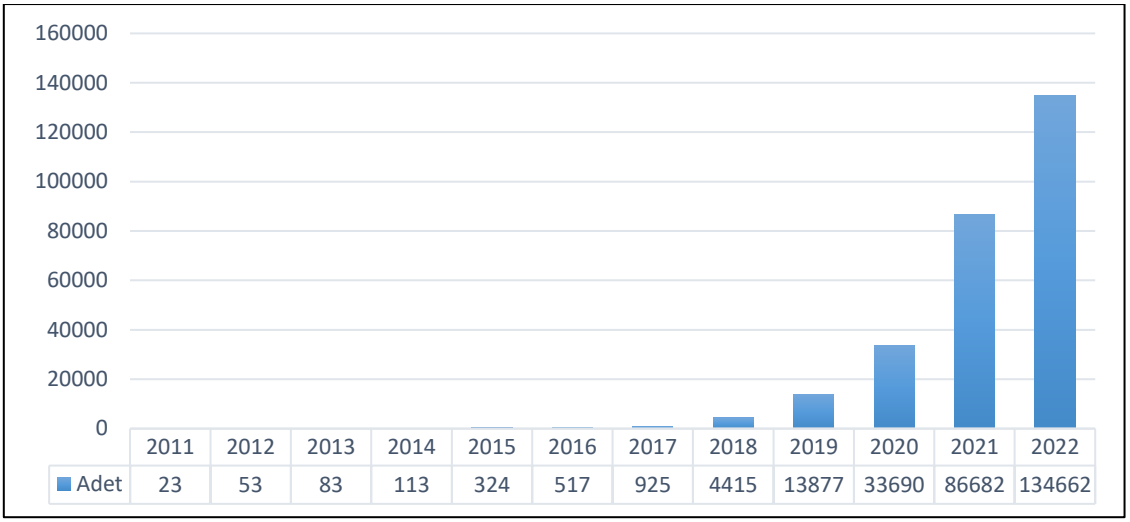
Tablo 1.14 Elektrikli Araç Modellerine Ait Teknik Bilgiler

Marka	Menzil	Batarya Kapasitesi	Batarya Tipi
BMW iX	425 km	76.6 kWh	Lityum – iyon
Renault ZOE B2	395 km	52 kWh	Lityum – iyon
Skywell ET5	460 km	72 kWh	Lityum – iyon
Mercedes Benz EQE	518 km	90.56 kWh	Lityum – iyon
Mercedes Benz EQS	649 km	107.8 kWh	Lityum – iyon
Volvo XC40	418 km	78 kWh	Lityum – iyon
BMW iX3	460 km	80 Kwh	Lityum – iyon
DFSK SERES 3	310 km	53,61 kWh	Lityum – iyon
Hyundai KONA	305 km	39.2 kWh	Lityum – iyon
BMW i4	589 km	83.9 kWh	Lityum – iyon
Porsche TAYCAN	450 km	93,4 kWh	Lityum – iyon
Audi e TRON	390 km	95 kWh	Lityum – iyon
Mercedes Benz EQB	407 km	66.5 kWh	Lityum – iyon
Mercedes Benz EQC E7	403 km	80 kWh	Lityum – iyon
XEV YOYO	150 km	10.3 kWh	LiFePO4

1.3.1.2 Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV)

Hibrit Elektrikli Araçlar, geleneksel içten yanmalı motor sistemini bir elektrik tahrik sistemi ile birleştirmektedir. Ayrıca Plug – in Hibrit tipi araçlar, benzin veya dizel gibi fosil kaynaklı yakıtlardın sağladığı enerjinin yanı sıra, bataryaların sağladığı elektrik ile de çalışmaktadır. Yani Hibrit motorların tümü otomatik olarak geleneksel ve elektrikli motorlar arasında geçiş yapabilir veya gerektiğinde ikisini birden kullanabilmektedirler.

Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) verilerine göre, ülkemizde trafiğe kayıtlı Hibrit Elektrikli Otomobillerin yıllara göre sayısı Şekil 1.21'de verilmiştir.



Şekil 1.21 Ülkemizde Trafiğe Kayıtlı Hibrit Otomobil Sayısı (TÜİK)

Şekil 1.21 incelendiğinde ülkemizdeki Hibrit Elektrikli Otomobil sayısının 2019 yılı itibariyle artış gösterdiği gözükmektedir. Ülkemizdeki Hibrit Elektrikli Otomobillerin tüm otomobiller içerisindeki pazar payı ise Tablo 1.15'te verilmiştir.

Tablo 1.15 Ülkemizdeki Hibrit Elektrikli Otomobillerin Pazar Payı (TÜİK)

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	Hibrit Elektrikli Otomobil Sayısı	Pazar Payı
2011	8.113.111	23	0,000
2012	8.648.875	53	0,001
2013	9.283.923	83	0,001
2014	9.857.915	113	0,001
2015	10.589.337	324	0,003
2016	11.317.998	517	0,005
2017	12.035.978	925	0,008
2018	12.398.190	4.415	0,036
2019	12.503.049	13.877	0,111
2020	13.099.041	33.690	0,257
2021	13.706.065	86.682	0,632
2022	14.269.352	134.662	0,914

** Hibrit, benzin – elektrik ve dizel – elektrik otomobilleri kapsamaktadır.*

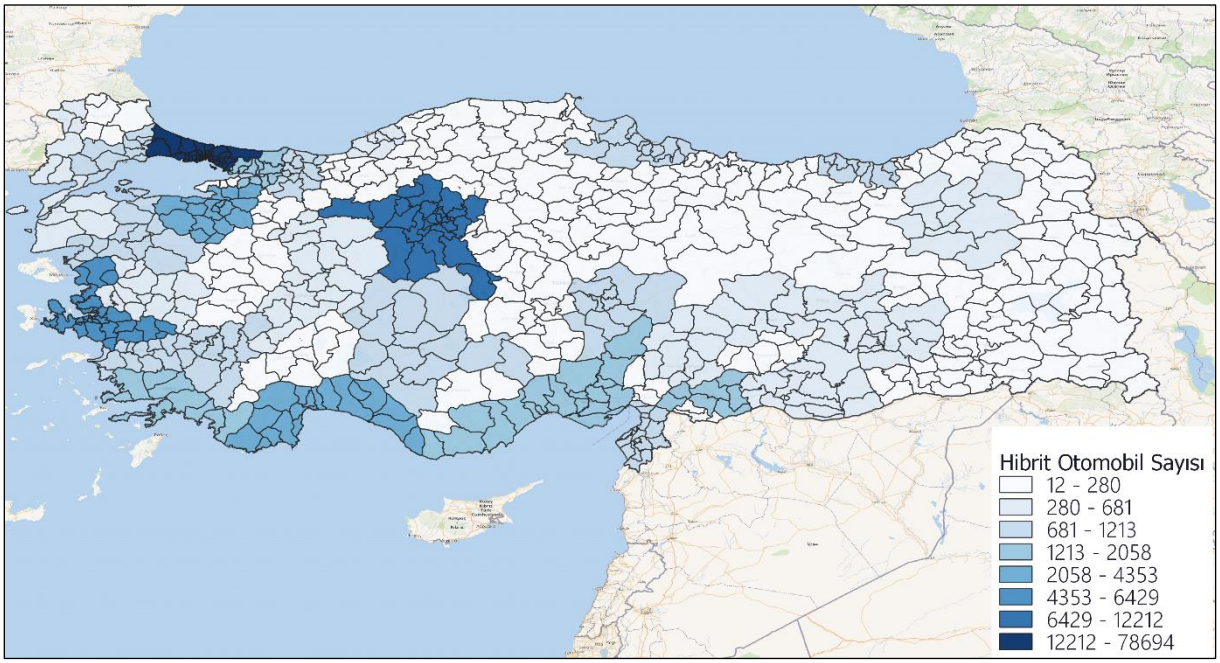
Tablo 1.15 incelendiğinde Hibrit Elektrikli Otomobillerin ülkemizdeki pazar payının, 2022 yılında %1'e yaklaştığı görülmektedir. Buna göre, ülkemizdeki hibrit otomobillerin illere göre dağılımı Tablo 1.16'da verilmiştir.

Tablo 1.16 İllere Göre Elektrikli/Hibrit Otomobil Sayısı

İl	Hibrit Otomobil Sayısı	İl	Hibrit Otomobil Sayısı
İstanbul	78.694	Bolu	186
Ankara	12.212	Nevşehir	185
İzmir	6.429	Van	183
Bursa	4.353	Tokat	171
Antalya	3.637	Adıyaman	171
Adana	2.058	Giresun	170
Kocaeli	1.860	Rize	167
İçel	1.838	Kütahya	165
Gaziantep	1.595	Uşak	162
Muğla	1.467	Yalova	161
Konya	1.213	Kastamonu	124
Hatay	1.186	Niğde	120
Sakarya	1.053	Batman	116
Kayseri	1.015	Amasya	98
Balıkesir	980	Karaman	97
Denizli	871	Yozgat	95
Samsun	830	Burdur	92
Aydın	823	Karabük	90
Tekirdağ	810	Erzincan	81
Trabzon	785	Bilecik	78
Eskişehir	681	Bingöl	76
Manisa	581	Bartın	76
Diyarbakır	561	Artvin	74
Çanakkale	512	Kırşehir	70
Ş.Urfa	397	Çankırı	68
Elazığ	382	Şırnak	61
Malatya	379	Sinop	47
K.Maraş	378	Kırıkkale	47
Zonguldak	357	Muş	44
Edirne	344	Tunceli	43
Afyonkarahisar	335	Siirt	42
Erzurum	300	Gümüşhane	39
Ordu	280	Kars	38
Aksaray	270	Bitlis	35
Çorum	264	Ağrı	34
Düzce	245	Hakkari	29
Kırklareli	239	Iğdır	25
Mardin	221	Kilis	24

İl	Hibrit Otomobil Sayısı	İl	Hibrit Otomobil Sayısı
Sivas	216	Bayburt	20
Osmaniye	201	Ardahan	12
Isparta	194		

Tablo 1.16 incelendiğinde, ülkemizde en fazla hibrit otomobilin sırasıyla İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinde bulunduğu görülmektedir. Hibrit Otomobillerin ülkemiz genelindeki bölgesel dağılımı ise Şekil 1.22'de verilmiştir.



Şekil 1.22 Hibrit Otomobillerin Bölgesel Bazda Dağılımı

Şekil 1.22'de görüldüğü üzere en fazla hibrit otomobilin İstanbul, Ankara ve İzmir illerinde olduğu görülmektedir. Bu kapsamda ülkemizdeki hibrit otomobillerin %58'i İstanbul, %9'u Ankara, %5'i İzmir ve %28'i ise diğer illerde bulunmaktadır.

1.3.2 Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Sayısı dünya genelinde yıllara göre artış gösteren elektrikli araçlar; ihtiyaç duydukları enerjiyi, içlerinde bulundurdukları motor gücü sayesinde üretmekte veya harici bir kaynaktan aldıkları enerjiyle sağlamaktadırlar. Harici kaynaktan aldığı elektrik enerjisini depolayan ve belirli bir mesafe yol kat edebilen bu araçlar, tekrar ihtiyaç duydukları enerjiyi en yakın elektrikli araç şarj istasyonundan sağlayabilmektedir.

Elektrikli araç şarj istasyonlarından depolanan elektrik enerjisi, istasyonunun tipine göre farklı sürelerde sağlanmaktadır. Bu istasyonlar normal ve hızlı şarj olarak iki farklı türde kullanılmaktadır:

- Alternatif Akım (AC),
- Doğru Akım (DC),

1.3.2.1 Alternatif Akım (AC)

Standart ev prizlerine de içine alan AC istasyonları, elektrikli bir aracı şarj etmenin en ucuz yolu olmasına rağmen şarj işlemi uzun zaman almaktadır. AC tipi şarj istasyonlarında şebekeden gelen alternatif akım, araç üzerindeki bir dönüştürücü yardımıyla doğrusal akıma çevrilerek bataryaya iletilir. Ancak AC şebekelerinde şarj hızı, istasyonun çıkış gücüne ve araçtaki dönüştürücünün kapasitesine bağlı olarak değişebilmektedir.

Günümüzde şehir elektriği olarak kullandığımız AC'ye ihtiyaç duyan şarj istasyonları, oluşturulan sistemin sağladığı olanak ile beraber ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini değişik hızlarda sunmaktadır. Enerji dönüştürücüleriyle birlikte, belirlenen sınırlar doğrultusunda, enerji seviyesi aşılmayacak biçimde DC enerjisi elde edilmektedir.

22 kW hızına sahip AC şarj istasyonları fiyatının uygun olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. 22 kW şarj hızındaki AC şarj istasyonlarının hem de bazı araç üreticilerinin 43 kW hızındaki şarjı desteklemeleri, Otomotiv Mühendisleri Derneği'nin (Society of Automotive Engineers – SAE) belirlemiş olduğu standartlara uymamaktadır [23]. SAE'nin belirlemiş olduğu standartlar Tablo 1.17'de verilmiştir.

Tablo 1.17 SAE'nin Tanımladığı AC Standartları [24]

Şarj Metodu	Voltaj (AC/Volt)	Faz	Maksimum Akım (A)	Maksimum Güç (kW)
AC Seviye 1	120	1 – Faz	12 – 16	1,44 – 1,92
AC Seviye 2	208 – 240	1 – Faz	≤ 80	< 19,2

1.3.2.2 Doğru Akım (DC)

Yüksek hızlı şarj olarak da bilinen DC şarj istasyonları, 1 – 4 saat arasında tam dolum gerçekleştirebilmektedir. Bu süre, aracın batarya kapasitesine ve DC şarj gücüne göre

değişkenlik göstermektedir. Şebekedeki alternatif akım, istasyon üzerinde doğru akıma dönüştürülür ve araç bataryasına iletilir.

Elektrikli araçlar batarya yapıları gereği Doğru Akım ile şarj olmaktadır. Elektrikli araç içerisinde bulunan AC – DC dönüştürücü ile çevrilen güç, çok yüksek akımlarda oluşan ısınmadan dolayı araç üreticileri tarafından sınırlandırılmaktadır. Bu yöntemin dışında, AC – DC dönüşümü aracın dışında yapılmakta olup, araca doğrudan DC gücü verilmektedir. Bu yöntem ile araç üzerindeki sınırlamaların yerine şarj sırasında istasyon tarafından getirilen sınırlamalar geçerli olmaktadır. DC güç için şarj sınırlamaları, AC güce göre çok daha yüksek hızları desteklemesi nedeniyle elektrikli araçlar DC güç ile çok yüksek hızlarda, çok kısa sürelerde şarj olabilirler. DC şarj istasyonları, artan elektrikli araç sayısı ve buna bağlı olarak da artış gösteren şarj talebinin karşılanması amacıyla elektrik şebekesinden yüksek bir güç talep eder. Dolayısıyla trafo kapasitelerinin arttırılması da bu bağlamda gerekmektedir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasındaki en önemli parametre şarj altyapısının yaygınlaşması ve gelişmesidir. Bu altyapının sağlanması, gelişmesi ve belirli standartlara bağlanması için dünya genelinde üç farklı otorite bulunmaktadır. Bunlar; Otomotiv Mühendisleri Derneği (Society of Automotive Engineers – SAE), CHAdeMO (Charge de Move) ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission – IEC)'dur. SAE'nin DC şarj istasyonları ile ilgili belirlemiş olduğu standartlar Tablo 1.18'de verilmiştir.

Tablo 1.18 SAE'nin Tanımladığı DC Standartları [24]

Şarj Metodu	DC Çıkış Voltajı (DC/Volt)	Maksimum Akım (A)	Maksimum Güç (kW)
DC Seviye 1	50 – 1.000	80	80
DC Seviye 2	50 – 1.000	400	400

AC ve DC şarj istasyonlarının özellikleri ile birlikte, 64 kWh'lık bataryaya sahip bir elektrikli aracın, %0'dan %80'e kadar şarj tiplerine göre ihtiyaç duydukları süre Tablo 1.19'da verilmiştir.

Tablo 1.19 Şarj Tipleri ve Süreleri [24]

Şarj Tipi	Kazanılan Menzil (1 Saat) (KM)	Şarj Hızı (kW)	Şarj Süresi
Şarj Cihazı (8A)	10	1,8	35 Saat
Tek Faz AC Şarj	40	7,4	9 Saat
Üç Faz AC Şarj	120	22	3 Saat
DC Şarj	150	25	1.5 Saat (%80'e kadar)
Hızlı DC Şarj	300	50	1 Saat (%80'e kadar)
Ultra Hızlı DC Şarj	1.000	175	15 Dakika (%80'e kadar)

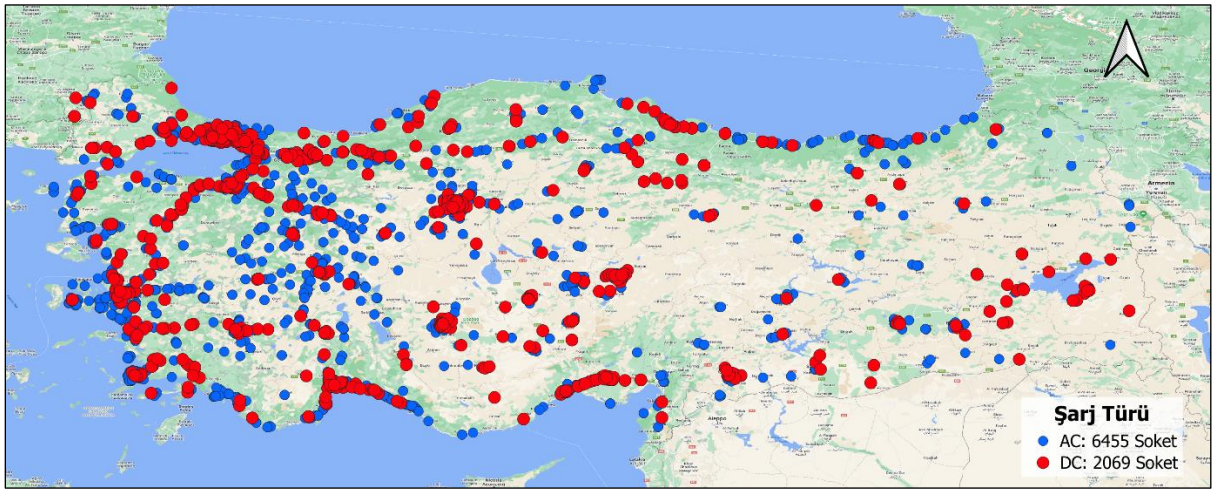
Tablo 1.19'dan anlaşılacağı üzere, elektrikli aracın pil boyutu ne kadar büyük ve kullanılan şarj cihazı ne kadar yavaşsa tam şarj olma süresi aynı oranda uzamaktadır. DC şarj istasyonlarında %80 değeri baz alınmış olup, bu değer bataryanın maksimum hızda dolabileceği değeri göstermektedir. Bunun nedeni, şarj hızının genellikle şarjın sonuna doğru önemli ölçüde azalmasıdır.

Sonuç olarak bakıldığında, elektrikli araçların ne kadar hızlı şarj olacağını belirleyen üç faktör vardır: Bunlar elektrikli aracın desteklemiş olduğu maksimum şarj hızı, elektrikli aracın pil kapasitesi ve en önemlisi elektrikli araç şarj istasyonunun şarj etme hızı olarak gösterilmektedir.

Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonları, AC ve DC tipinde iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Bu istasyonlarda birbirinden farklı şarj türleri bulunmaktadır. AC şarj istasyonları için Type 2, DC şarj istasyonları için ise CCS ve CHADEMO şarj türleri kullanılmaktadır. Bahsedilen türlerin sayıları Tablo 1.20'de verilmiştir. Şekil 1.23'te ise AC ve DC şarj istasyonlarının ülkemiz geneline dağılımı ve sayıları verilmiştir.

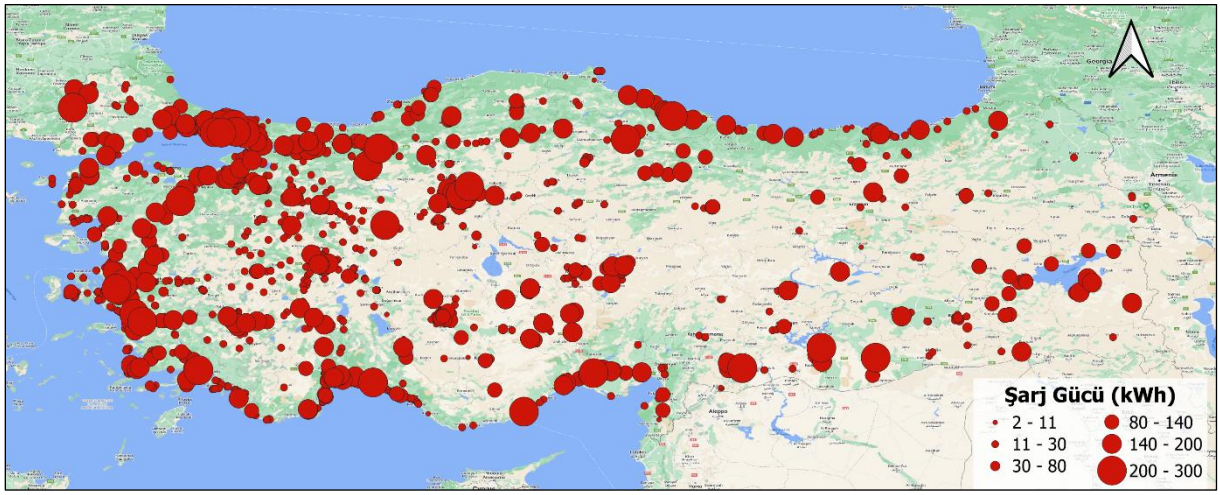
Tablo 1.20 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Tiplerine Göre Dağılımı [25]

Şarj Tipi	Şarj Türü	Sayısı	Oran
AC	TYPE2	6.455	75,7%
DC	CCS	1.974	23,2%
	CHADEMO	95	1,1%
Toplam		**8.524**	**100%**



Şekil 1.23 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Tiplerine Göre Dağılımı [25]

Tablo 1.20'de görüldüğü üzere, ülkemizde yer alan 8.524 Elektrikli Araç Şarj İstasyonu soketinin %75,7'si AC, %24,3'ü DC olarak hizmet vermektedir. DC şarj istasyonları da kendi içlerinde şarj türlerine göre ayrılmış olup bu oranlar da tabloda verilmiştir. Bu istasyonların kapasitelerine (güçlerine) göre sınıflandırıldığında ise Şekil 1.24'teki dağılım görülmektedir.



Şekil 1.24 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Kapasitelerine (Güç) Göre Dağılımı [25]

Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonları hizmet türlerine göre incelendiğinde ise, AC ve DC şarj istasyonları halka açık ve özel olmak üzere iki farklı şekilde hizmet vermektedir. Ülkemizdeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının hizmet türüne göre dağılımı Tablo 1.21'de verilmiştir.

Tablo 1.21 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Hizmet Türüne Göre Dağılımı [25]

Hizmet Türü	Soket Sayısı	Oran
Halka Açık	7.830	91,9%
Özel	694	8,1%
Genel Toplam	**8.524**	**100%**

Tablo 1.21 incelendiğinde, ülkemizde bulunan 8.524 soketin, %91,9'unun halka açık yerlerde, %8,1'inin ise özel yerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

EPDK'den alınan verilere göre, ülkemizde bulunan 8.524 adet soketin 6.455 adedi AC olmakla birlikte bunların 5.797 adedi halka açık alanlarda bulunmaktadır. 2.069 DC şarj soketinin ise 2.033 adedi Halka açıkken, yalnızca 36 adet DC şarj soketi özel alanlarda bulunmaktadır. Belirtilen değerlere ilişkin özet değerler Tablo 1.22'de verilmiştir.

Tablo 1.22 Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Hizmet Türüne Göre AC-DC Sayısı [25]

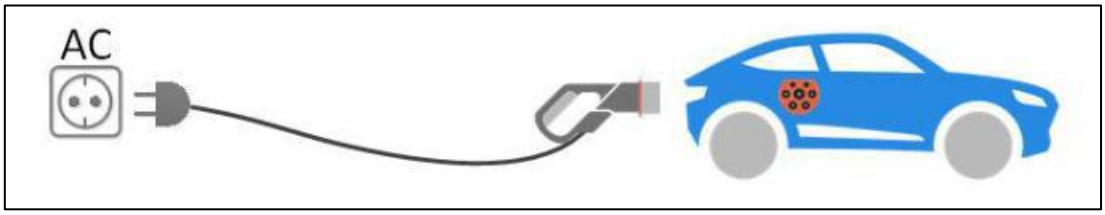
Tipi	AC	DC	Toplam
Halka Açık	5.797	2.033	**7.830**
Özel	658	36	**694**
Toplam	**6.455**	**2.069**	**8.524**

Tablo 1.22'de yapılan incelemelerde, halka açık olan alanlarda bulunan 7.830 şarj soketinin %74,04'ü AC ve yalnızca %25,96'sı DC şarj istasyonu olarak görülmektedir. DC şarj istasyonlarının diğer istasyonlar içerisindeki oranı, diğer dünya ülkelerindeki orana göre daha yüksektir.

Elektrikli araç şarj istasyonlarına ilişkin EPDK'dan elde edilen veriler incelendiğinde, elektrikli araç şarj istasyonlarının, kapasiteleri, soket sayıları ve konumlarına ilişkin verilerin bulunduğu ancak şarj istasyonlarının günlük kullanım sayıları, süreleri ve ziyaretçi sayılarına ilişkin verinin olmadığı görülmüştür. Bu kapsamda yapılan analizlerde yukarıda verilen şekil ve tablolardaki değerler saptanmıştır.

Şarj istasyonlarının, şarj etme hızlarının ardından, bahsedilen iki farklı türdeki (AC ve DC) şarj istasyonları detaylıca incelenecek olursa 4 farklı mod şeklinde tanımlanabilir. Bahsedilen modlar arasındaki ilk 3 mod, alternatif akımın doğru akıma geçişinin yerleşik şarj sistemi ile olmakla birlikte, 4.mod ise bahsedilen geçiş işleminin şarj istasyonunda olduğu metodu tarif etmektedir.

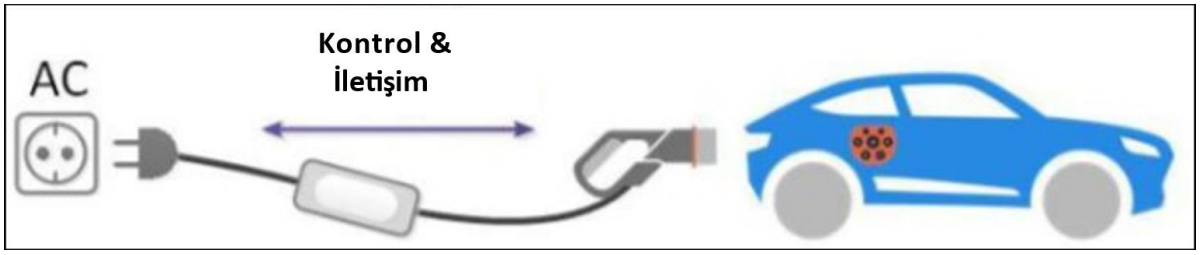
Mod 1: Elektrikli aracın doğrudan alternatif akım ile şarj edildiği mod olarak tanımlanmaktadır. Bu mod için ayrıca topraklama gerekmekte olması ve birçok prizde de topraklama ile koruyucu cihazın olmaması sebebiyle birçok ülkede bu moddaki şarj tipi güvenlik nedeniyle yasaklanmıştır. Mod 1 şarj metoduna ilişkin görsel Şekil 1.25'de mevcuttur.



Şekil 1.25 Mod 1 Şarj Metodu [24]

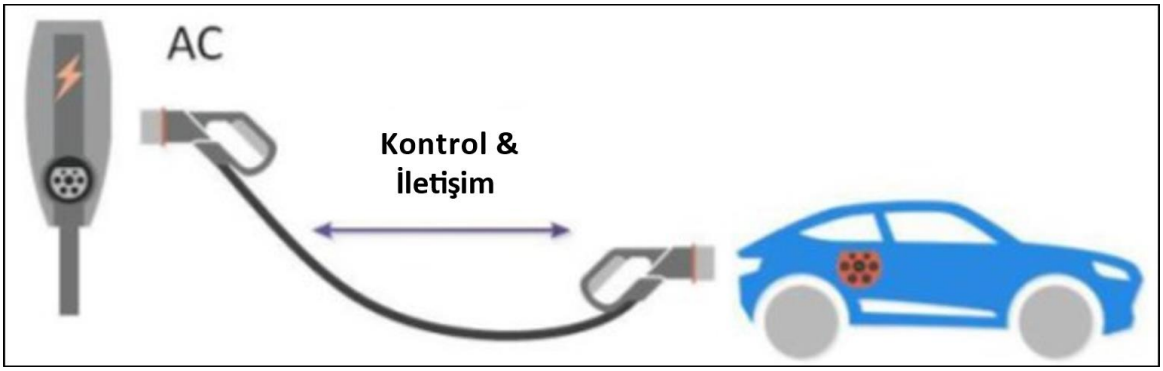
Yukarıda bahsedilen güvenlik sorunlarının önüne geçilebilmesi amacıyla Mod 2 şarj metodu geliştirilmiştir.

Mod 2: AC ve DC akımlarına karşı entegre olan, şok korumalı özel bir kablonun kullanılmasıyla geliştirilmiştir. Mod 2 şarjda, şarj kablosu elektrikli araçla birlikte verilmektedir. Mod 1'den farklı olarak, Mod 2 şarj kablosunda koruma bulunarak elektrik çarpma riskine önlem alınmaktadır. Elektrikli araçları şarj etme konusunda en kullanışlı ve en yaygın modu bu moddur. Şarj kablosunda entegre bir koruma cihazı bulunana ev prizi veya endüstri prizi aracılığıyla AC'de yeniden şarj edilmesidir. Mod 2 şarj metoduna ilişkin görsel Şekil 1.26'da mevcuttur.



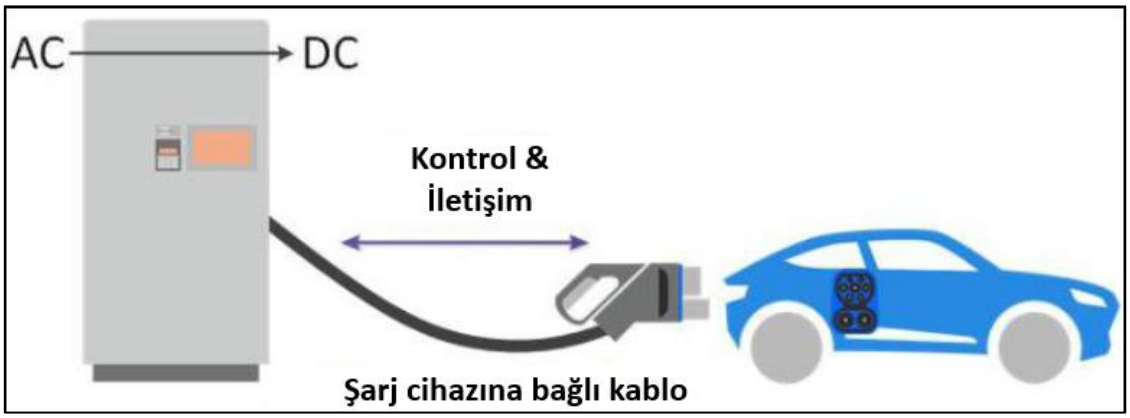
Şekil 1.26 Mod 2 Şarj Metodu [24]

Mod 3: Elektrikli araç şarjı için özel ve duvara ayrı bir şekilde monte edilmiş şarj kutusunun bulunduğu moddur. Bu modda, bağlantı kablosu şarj istasyonu ile birlikte bağlanır ve elektrikli aracın şarjı için ayrıca özel bir kablo ihtiyacı duyulmamaktadır. Elektrikli araçlar için sık tercih edilen bir metot olmakla birlikte; araç, şarj merkezine bağlandığında aralarında bağlantı kurulmaktadır. Kurulan bu bağlantı ile birlikte, araç alabileceği en yüksek akım değerini istasyona bildirir ve bu sayede araca gidecek en uygun akım belirlenerek araca aktarım gerçekleşmektedir. Mod 3 şarj metoduna ilişkin görsel Şekil 1.27'de mevcuttur.



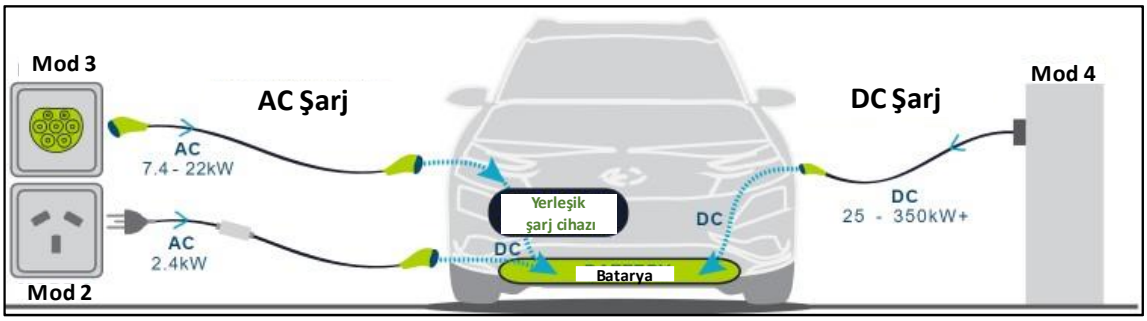
Şekil 1.27 Mod 3 Şarj Metodu [24]

Diğer modlardan farklı olarak Mod 4 şarj metodu, DC hızlı şarj olarak belirtilmektedir. Mod 4 için çeşitli şarj standartları mevcuttur. Bu şarj güçleri; taşınabilir 5 kW, ünitelerden 50 – 400 kW'lara ulaşan standartları bulunmaktadır. Kontrol ve koruma fonksiyonları ile oluşturulmuş doğru akımda şarj olmaktadır. 2 tip şarj fişi ünite üzerinde bulunmakta olup, 80 – 200 Amper arasındaki akımlar için Combo tipte şarj istasyonları kullanılabilmektedir. Bu istasyonların gücü 170 kW'a kadar ulaşabilmektedir. Bu modda prizden alınan enerji, alternatif akım kaynağının hızlı şarj ünitesinin merkezinde doğru akıma dönüştürülerek elektrikli aracın bataryasına direkt olarak verilmesini sağlamaktadır. Bu sayede Mod 4 metodu yüksek akımlara ulaşabilmeyi ve hızlı şarj imkanını kullanıcıya sağlamaktadır. Mod 4 şarj metoduna ilişkin görsel Şekil 1.28'de mevcuttur.



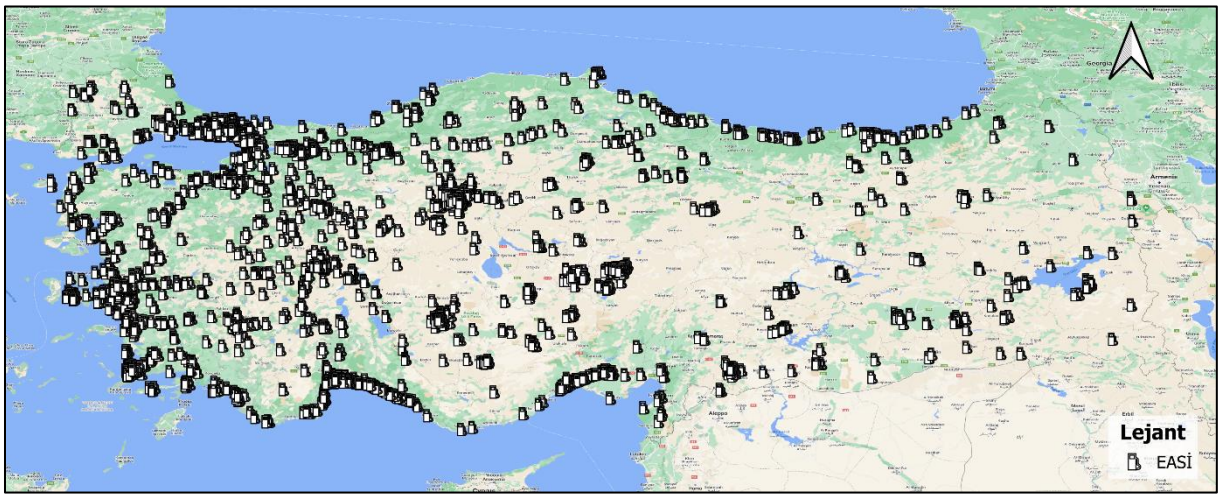
Şekil 1.28 Mod 4 Şarj Metodu [24]

Bahsedilen tüm elektrikli şarj istasyonu modlarının ve bu modların elektrikli araçlar üzerindeki çalışma prensiplerinin özet gösterimi Şekil 1.29'da verilmiştir.



Şekil 1.29 Elektrikli Şarj İstasyonu Modlarının Çalışma Prensipleri

Elektrikli araç şarj istasyonları hakkında bahsedilen modlar ve bu modlara ilişkin detaylar ile birlikte, ülkemizde yer alan şarj istasyon ağının ülkemiz geneline dağılımı Şekil 1.30'da verilmiştir.



Şekil 1.30 Ülkemizde Yer Alan Elektrikli Şarj İstasyonları [25]

Şekil 1.30 incelendiğinde, Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının ülkemizin batısında yoğun olarak konumlandırıldığı görülmektedir.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca yayınlanan verilere göre, mevcut yapı stokunun özellikleri, şehirler arası etkileşim, nüfusun coğrafik dağılımı gibi parametreler dikkate alındığında, kısa, orta ve uzun vadede ülkemizde konumlandırılması gereken şarj altyapısına dair bazı öngörüler bulunmaktadır. Bu öngörülere göre, elektrikli araç şarj istasyonlarında yer alan soket sayısının 2025 yılında halka açık olacak şekilde 30.000 adedin üstünde olması ve bu sayının genel kabuller ve ülke şartları da dikkate alındığında, 2030 yılında 160.000 gibi bir rakama ulaşacağı belirtilmiştir. Belirtilen bu sayı, ülke şartları dikkate alındığında her 10 araca asgari 1 şarj soketi ihtiyacının olduğunu göstermektedir [26].

2025 yılı için yapılan öngörüde yer alan 30.000 şarj soketinin, ülkemizdeki şartlar dikkate alındığında en az 8.000'inin hızlı şarj soketi olacağı ifade edilmektedir. Elektrikli araçların

olumsuz yönleri düşünüldüğünde; ilk sırada, elektrikli araçların şarj olma sürelerinin fazla olması gelmektedir. Bu sebeple yüksek hızlı şarj istasyonlarının önemi daha da artmaktadır. Dünyadaki genel politikalara bakıldığında, şarj altyapısı içindeki hızlı şarj oranının arttırılması hedeflenmektedir. Bu sebeple, halka açık olan şarj istasyonlarının kısa ve orta vadede minimum %30'unun, yani 8.000 adedinin hızlı şarj soketi olarak tesis edilmesi öngörülmektedir. İlerleyen yıllarda ise minimum 50.000 hızlı şarj soketinin kurulması elektrikli araçların cazibesi açısından oldukça önemlidir [26].

1.3.3 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Operatörleri

Ülkemizde elektrikli araç şarj istasyonu hizmeti verecek şirketlerin lisanslama işlemleri EPDK tarafından yapılmaktadır. EPDK'dan lisans alan şirketlerin şarj istasyonu kurma yetkisi bulunmaktadır. Türkiye Elektrikli Hibrit Araçlar Derneği (TEHAD) tarafından alınan verilere göre, şarj istasyonu kurma yetkisine sahip olan şirketlerin, ülkemizde 24 farklı şehirde merkezi bulunup toplam şirket sayısı 124 olarak belirtilmiştir. Bu şirketlerin il bazında sayıları Tablo 1.23'te verilmiştir.

Tablo 1.23 Ülkemizdeki Lisans Sahibi Şirketlerin Dağılımı (TEHAD) [22]

Konum	Sayı	Konum	Sayı
İstanbul	59	Adana	1
Ankara	26	Mersin	1
Antalya	7	Kahramanmaraş	1
Bursa	4	Trabzon	1
Gaziantep	3	Tokat	1
İzmir	3	Eskişehir	1
Kayseri	3	Karaman	1
Konya	2	Batman	1
Kocaeli	2	Diyarbakır	1
Tekirdağ	1	Balıkesir	1
Sakarya	1	Muğla	1
Isparta	1	Nevşehir	1

1.3.4 Elektrikli Araç Batarya Teknolojileri

Tüm dünyada yaşanan e-mobilite ekosistemindeki hızlı gelişimin ve artışın etkileri ülkemizde de görülmektedir. E-mobilite, karbondan arınma yönündeki en büyük atılımlardan biridir. Fosil kaynaklı yakıtların yerini alan elektrik enerjisinin depolanması için üretilen bataryalar elektrikli

araçlar için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca elektrikli bir aracın maliyetinin %30'nu batarya maliyeti oluşturmaktadır [27]. Bu kapsamda e-mobilitenin hayata geçirilmesi hususunda batarya teknolojilerinin üretilmesi, montajı ve geliştirilmesi için ülkemize yerli ve yabancı kaynaklı yatırımlar yapılmaktadır.

Türkiye'de ilk şarj edilebilir lityum iyon pil üretim tesisi Kayseri'de ASPİLSAN Enerji tarafından kurulmuştur. Lityum İyon Şarj Edilebilir Silindirik Hücresi ASPİLSAN INR18650A28'in Haziran 2022'de seri üretimine başlamış olup, Avrupa'da lityum iyon 18650 pillerin seri üretimini yapan ilk firmadır. ASPİLSAN Enerji'nin ürettiği lityum iyon hücreler; telsiz sistemlerinde, sinyal bozucularda, robotik ve silah sistemlerinde, elektrikli el aletlerinde, tıbbi pillerde, hibrit araçlarda, akıllı tekstil ürünü pillerinde, elektronik bisiklet ve skuterlerde, forkliftlerde, UPS sistemlerinde ve enerji depolama sistemlerinde kullanılabilmektedir. ASPİLSAN Enerji, mevcut ürün portföyüne ek olarak müşterilerinin ihtiyaçlarına yönelik proje bazlı ürünler tasarlamakta ve geliştirmektedir [28]. ASPİLSAN pil üretim tesisinde e-mobilite kapsamında Şekil 1.31'deki hafif elektrikli araç bataryası üretimi yapılmaktadır.

Şekil 1.31 ASPİLSAN Hafif Elektrikli Araç Bataryası [29]

Uygulama alanları; hafif elektrikli araçlar, golf araçları ve insansız kara araçlarıdır. Şekil 1.32'de bataryanın teknik özellikleri verilmiştir.

aspilsan
Teknolojinin Enerjisi

Hafif Elektrikli Araç Bataryası

Standartlar ve Kalifikasyonlar		IP44
Nominal Gerilim		48VDC
Çalışma Gerilim Aralığı		42VDC - 54,75VDC
Nominal Kapasite		300Ah - 14,4kWh
Nominal Kapasite		300A (30 sn)
İletişimi Arayüzü		CAN 2.0B
Çevrim Ömrü		4000 çevrim
Genişlik x Uzunluk x Yükseklik		1100mm x 656 mm x 180 mm ayaklı 1100mm x 500 mm x 180 mm ayaksız
Ağırlık		150 kg
Çalışma Sıcaklık aralığı	Şarj	-20 C ile +55 C
	Deşarj	0 C ile +55 C

www.aspilsan.com

Şekil 1.32 ASPİLSAN Hafif Elektrikli Araç Bataryası Teknik Özellikleri [29]

ASPİLSAN, e-mobilite kapsamında akü, e-scooter ve e-bisiklet bataryaları da üretmektedir. Yapılan AR-GE çalışmaları kapsamında lityum iyon piller için geliştirmeler yapmaya devam etmektedir.

Bursa ilinde inşa edilecek batarya hücresi ve modül üretim tesisi yatırımına ilişkin karar, 31693 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır ve Türkiye'nin ilk otomobil batarya fabrikası olma özelliğine sahiptir. İnşası bittiğinde yaklaşık 15 GWh/yıl'lık batarya hücresi ve modül üretiminin gerçekleştirileceği fabrikada, geçtiğimiz aylarda TOGG ve FARASİS ortaklığında kurulan SIRO markasının altında üretim yapılacaktır [30].

2023 Şubat ayında; Koç Holding A.Ş, Ford Motor Company (Ford) ve LG Energy Solution Ltd. (LGES) arasında Ford ve LGES tarafından Ankara'da gerçekleştirilmesi planlanan batarya hücre üretimi yatırımı kapsamında tarafların ön niyetlerini içeren niyet mektubu imzalanmıştır. Bu kapsamda Türkiye'nin en büyük batarya üretim fabrikası olması hedeflenmektedir. Tarafların anlaşması halinde üretime 2026 yılında başlanılması planlanmaktadır [31].

Türkiye'de açılacak lityum iyon batarya fabrikalarına ek olarak, Eti Maden tarafından bor kaynaklarının lityuma dönüştürülmesi perspektifiyle planlanan Lityum Karbonat tesisi 2020

yılı sonunda işletmeye alınmıştır. Dünya bor rezervinin %73,4'ü Türkiye'dedir. Bor madeni, geleceğin batarya teknolojilerinde kobaltın yerine, lityumu tamamlayıcı olarak düşünülmesi gereken bir maden konumundadır. Bor ile güçlendirilmiş Li-ion bataryaların kapasitelerinin, mevcut bataryalara göre birkaç kat fazla olabildiği hesaplanmaktadır. Türkiye'nin, sahip olduğu bor rezervi ile gelecek yıllarda küresel tedarikçi pozisyonuna gelebileceği düşünülmektedir [27]. Ayrıca Temsa'nın Adana'da yer alan tesisinde elektrikli otobüsler için batarya paketlerinin üretimi yapılmaktadır. Karsan ise ASELSAN ve ASPİLSAN Enerji ile ortak olarak %100 yerli elektrikli minibüs üretimini yapmayı hedeflemektedir [32].

Ülkemizde en çok kullanılan araç modelleri incelendiğinde yoğunlukla lityum iyon pillerin kullanıldığı görülmektedir. Lityum iyon pillerin yanında Lityum Demir Fosfat gibi farklı pil tipleri de görülmektedir. Lityum iyon ve lityum demir fosfat piller arasındaki en belirgin fark enerji yoğunluğu ile ilgilidir. Lityum iyon piller, aynı ağırlığa sahip lityum demir fosfat pile göre daha fazla enerji depolayabilir. Bir lityum iyon pilin tipik ömrü 500-1.000 şarj döngüsü veya 2-3 yıldır. Lityum demir fosfat pillerin tahmini ömrü ise 1.000-3.000 şarj döngüsü veya 10 yıl kadardır. Lityum demir fosfat piller, lityum iyon pillere göre daha ucuzdur. Düşük maliyetin nedeni, kullanılan malzeme ve pilin bileşimiyle ilgilidir. Lityum iyon pillerde kullanılan kobalt, yüksek hammadde fiyatına sahiptir. Bu nedenle lityum iyon piller piyasadaki diğer pillere göre daha pahalıdır. Lityum demir fosfatta kullanılan hammaddeler ise oldukça ekonomiktir. Lityum iyon pilleri oluşturan maddeler lityum demir fosfatı oluşturan maddelere göre biyolojik olarak parçalanamaz ve kolayca geri dönüştürülemez.

Lityum iyon piller son 20 yıldır oldukça talep gören ve üretilen en iyi şarj edilebilir pil türlerinden biridir. Yüksek seviyede enerji depolayabildikleri için diğer türlerine göre daha güçlüdürler. Tablo 1.24'te lityum iyon piller için avantaj ve dezavantajlar verilmiştir.

Tablo 1.24 Lityum İyon Piller Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Kendi türlerindeki diğer pillere kıyasla daha yüksek bir enerji yoğunluğuna sahiptir.	Lityum İyon pillerde kullanılan elektrolit yanıcıdır. Aşırı ısındığında küçük çaplı yangınlara neden olabilir.
Lityum iyon piller düşük deşarj oranına sahiptir ve aylık olarak depolanmış veya birikmiş şarjlarının yalnızca %5'ini kaybeder. Bu sebeple daha istikrarlı ve dayanıklı şarj yeteneğine sahiptir.	Lityum iyon piller diğer şarj edilebilen pillere göre daha az dayanıklıdır. Bu sebeple aşırı şarja, aşırı ısınmaya ve tamamen boşalmaya karşı korunması gerekir.

Avantajlar	Dezavantajlar
Minimum bakım veya hiç bakım gerektirmeden çalışabilir.	Lityum-iyon piller daha maliyetli üretim ve üretime sahiptir, bu da onları nikel-kadmiyum pillerden neredeyse %40 daha pahalı hale getirir.
Lityum iyon piller, hücre başına yaklaşık 3.6V'luk bir voltaj üretebilir. Sadece 1.5-2 volt veren diğer tiplerle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir.	Diğerlerine göre uzun ömürlü olsa da sadece arızalanmadan önce yaklaşık 500-1.000 şarj ve deşarj döngüsü için kullanıma dayanabilirler. Pillerin eskimesi, kullanılmadıklarında bile gerçekleşir ve devam eder.

1.4 TÜRKİYEDEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Ülkemizde, enerjide dışa bağımlılık ve ekosistemin korunmasında önem arz eden Yenilenebilir Enerji Kaynakları her geçen gün gelişip artış göstermektedir. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında üretim kapasitesinin ve enerji verimliliğinin arttırılması gerek ekonomik gerekse stratejik anlamda kritik önem taşımaktadır.

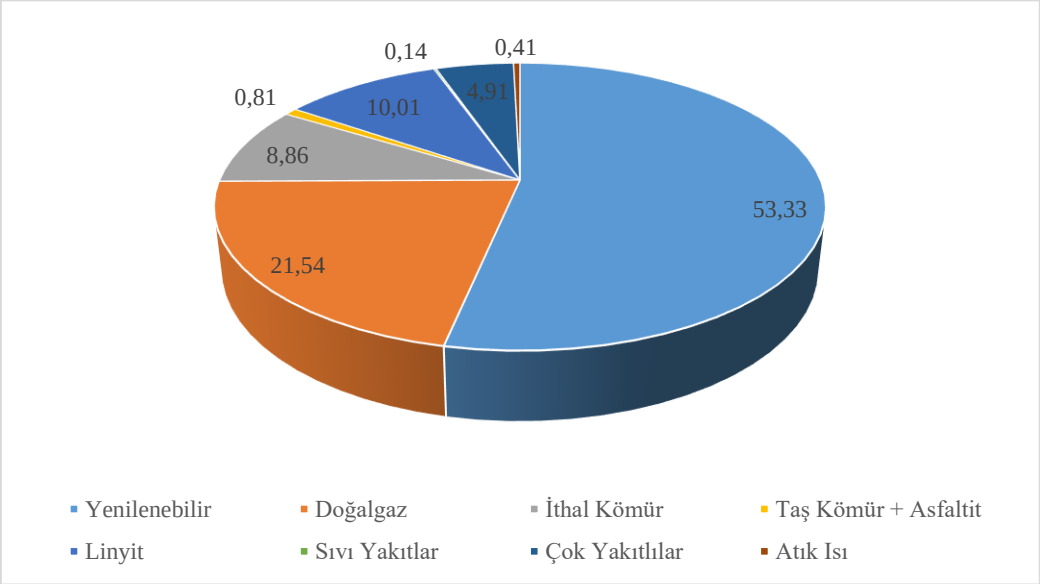
Artan nüfus ve gelişen sanayi ile birlikte enerji ihtiyacı kısıtlı kaynaklarla karşılanamamaktadır. Bu nedenle, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark giderek büyümektedir. Küresel enerji tüketiminin, 2035 yılına gelindiğinde 1998 yılında tüketilen enerji miktarının iki katı, 2055 yılında ise üç katı olacağı tahmin edilmektedir [33].

Ülkemizdeki enerji talebi, büyüyen ekonomiye paralel olarak gelişim göstermektedir. 2000 – 2021 yılları arasında yıllık enerji, elektrik enerji talebi dünyada %3 artış gösterirken, ülkemizde bu artış yaklaşık %4,6 olarak gerçekleşmiştir [34]. Bu artışın karşılanabilmesi adına enerji politikaları hakkında yatırımlar hızla gelişim göstermektedir.

Bu yatırımların başında Yenilenebilir Enerji Kaynakları gelmektedir. Bu kapsamda dünya üzerindeki Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile ilgili uluslararası projeler incelenerek gelişmeler takip edilmektedir. Uluslararası çeşitli organizasyonlara (IEA, IRENA, KEI vb.) üyeliği bulunan ülkemiz, bu organizasyonlar ile koordinasyon sağlayarak ortak çalışmalar yürütmektedir.

Yenilenebilir enerji politikaları ve planlama çalışmaları ile ilgili faaliyetler hakkında çeşitli mevzuat hazırlanmakta olup Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programında da yenilenebilir enerji hakkında üretim vizyonu ve misyonları belirtilmektedir [34].

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nden (TEİAŞ) alınan 2021 yılı verilerine göre, ülkemizde birincil enerji kaynakları içerisinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının oranı %53,33 olarak verilmiştir (Şekil 1.33) [35].



Şekil 1.33 Birincil Enerji Kaynakları (TEİAŞ)

1.4.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türü, Sayısı ve Konumları

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının önemi fosil kaynaklı yakıtlara alternatif olarak her geçen gün artmaktadır. Bu kaynaklara olan ilgi; düşük maliyetli, çevreci ve yenilenebilir olması nedeniyle her geçen gün artış göstermektedir. Bu bağlamda, ülkemizde artış gösteren enerji talebine alternatif olması amacıyla çeşitli Yenilenebilir Enerji Kaynakları yaratılmaktadır. Yaratılan bu kaynakların potansiyellerinin belirlenmesi, tanıtılması ve azami şekilde yararlanması hedeflenerek, ülke genelinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak haritalar oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu haritalar sürekli güncel tutularak, yapılması planlanan yenilenebilir enerji kaynağı yatırımlarının fizibilitesi daha doğru temellere dayanmaktadır.

Bu enerji kaynakları 5 farklı türe ayrılmış olup aşağıda sıralanmıştır:

- Hidrolik,
- Rüzgar,
- Güneş,
- Jeotermal,
- Biyokütle

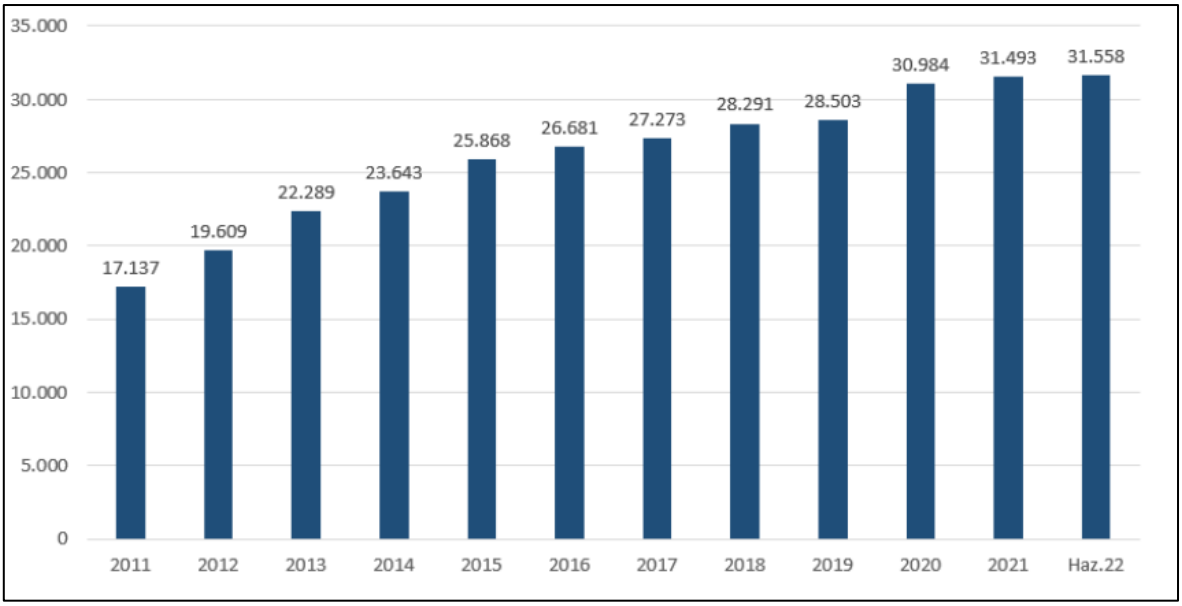
1.4.1.1 Hidrolik Enerji

Çeşitli enerji kaynakları içerisinde, hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları sebebiyle tercih edilmektedir. Bu kaynaklar;

- Çevreye uyumlu,
- Temiz,
- Yenilenebilir,
- Yüksek verimli,
- Yakıt gideri olmayan,
- Uzun ömürlü,
- İşletme gideri çok düşük,
- Dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.

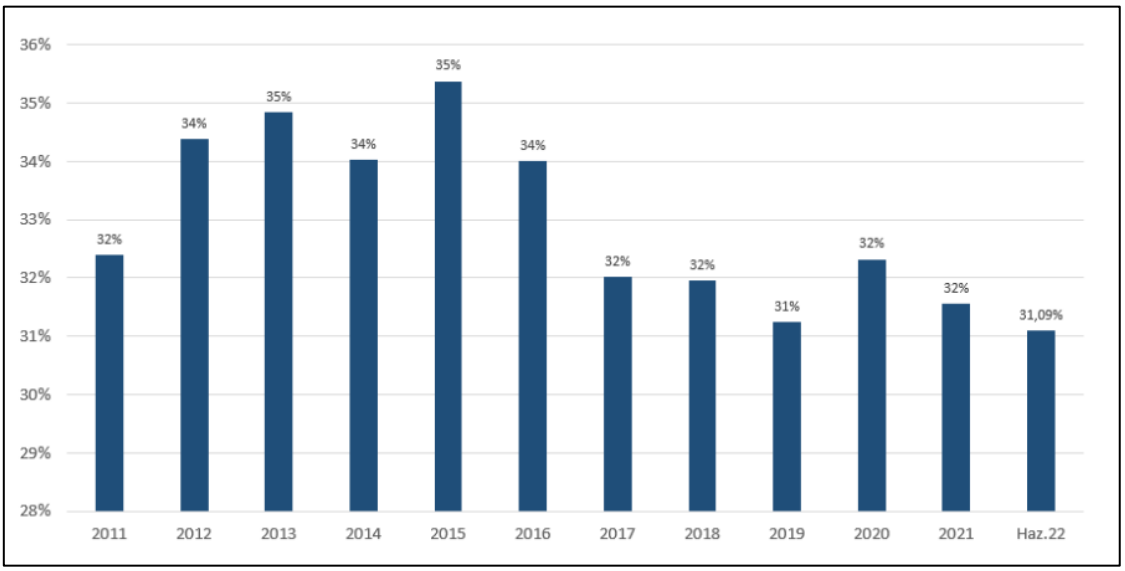
Hidrolik kaynaklı enerji üretim gücü Haziran 2022 sonu itibariyle 31.558 MW ve bu değerin toplam kurulu güç içerisindeki oranı %31 olarak belirlenmiştir [36].

Hidrolik kaynaklı enerji üretim gücünün yıllara göre değişimi Şekil 1.34'te verilmiştir.



Şekil 1.34 Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW) [36]

Şekil 1.34'ten de anlaşılacağı üzere, 2011 yılından 2022 yılına kadar olan süreçte, hidroelektrik enerjinin üretmiş olduğu güç artış göstermektedir. Artış gösteren bu gücün, yıllara göre diğer güç türlerindeki yüzdesel oranı ise Şekil 1.35'te verilmiştir.



Şekil 1.35 Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [36]

Şekil 1.35'ten de anlaşılacağı üzere, 2011 yılından 2022 yılına kadar olan süreçte, hidroelektrik enerjinin üretmiş olduğu gücün, diğer kurulu güçler arasındaki sahip olduğu oran yıllara göre değişkenlik göstermektedir.

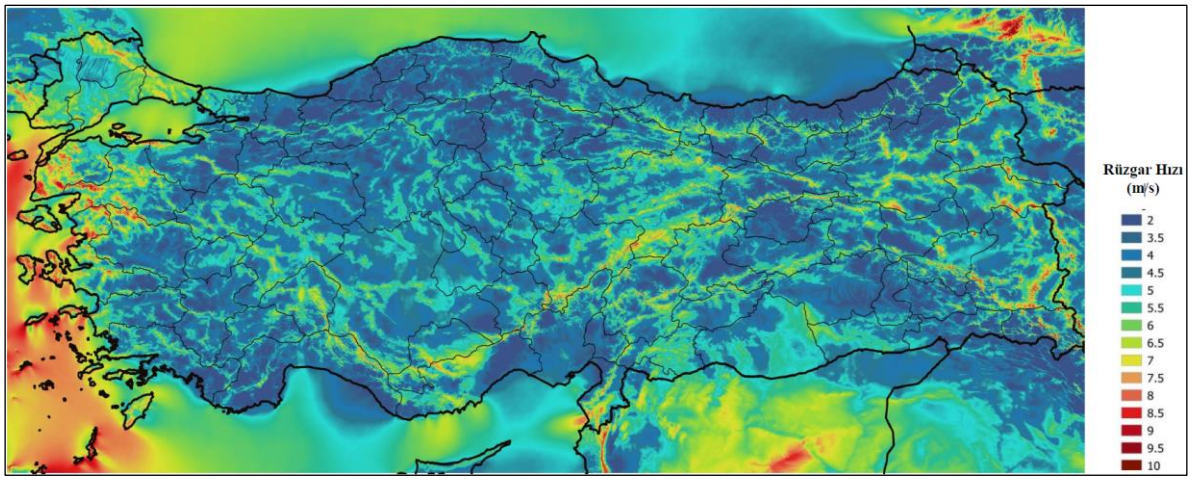
1.4.1.2 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamansal ve yöresel değişiklik gösterir. Rüzgar hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgarın hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir. Rüzgar enerjisi kaynaklı elektrik üretim uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları yanında üstünlükleri genel olarak şöyle sıralanabilir;

- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, çevre dostudur.
- Tükenme ve zamanla fiyatının artma riski yoktur.
- Maliyeti günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
- Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- Teknolojisinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
- İşletmeye alınması kısa bir sürede gerçekleşebilir.

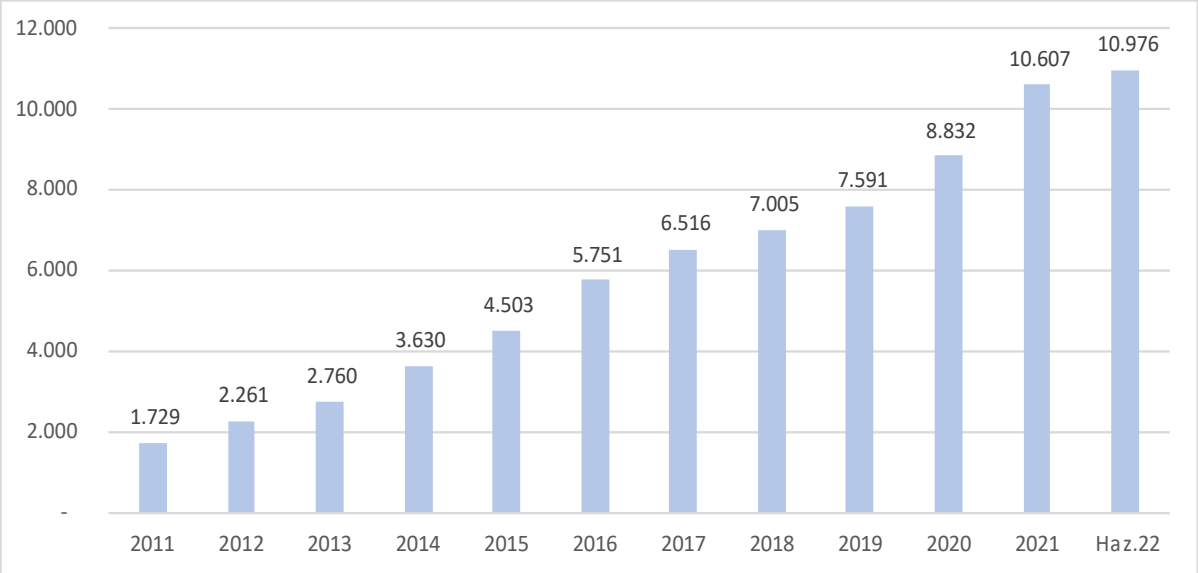
Bu güncelleme ile elde edilen rüzgar kaynak bilgileri, gelişen rüzgar türbini teknolojileri, günümüz yatırım maliyetleri ve değişen kullanılamaz alan kabulleri gibi faktörler dikkate alınarak Türkiye'de kurulabilecek rüzgar elektrik santrallerinin toplam kapasitesinin revize

edilmesi çalışmalarına devam edilmektedir [37]. Coğrafi bölgeler bazlı bilgilere Şekil 1.36'dan erişilebilmektedir.



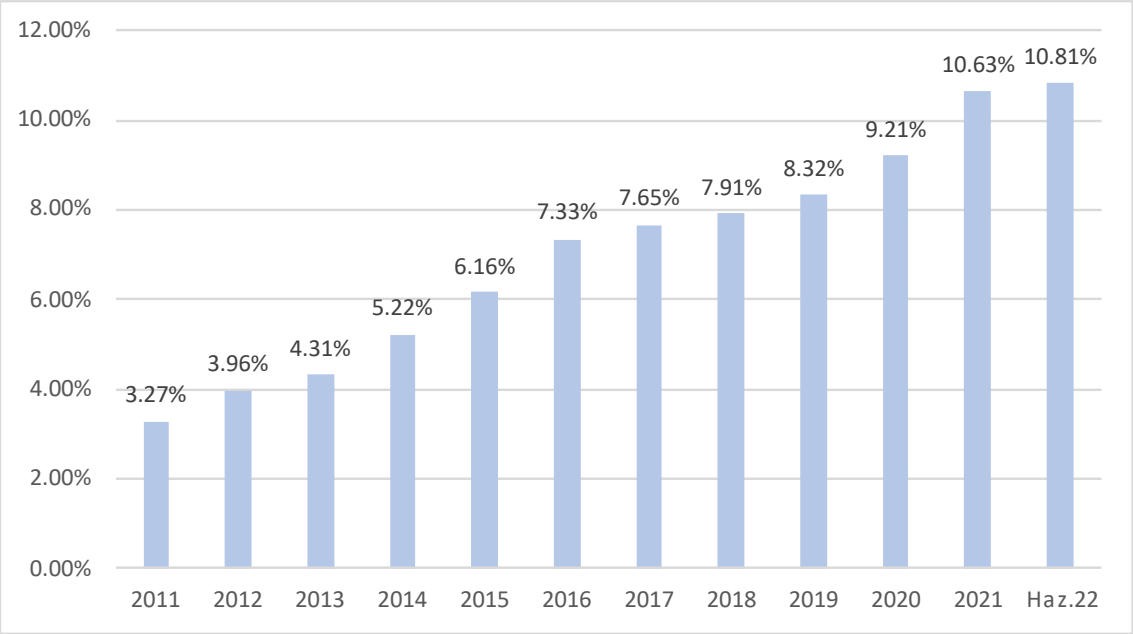
Şekil 1.36 Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı Dağılımı (100 Metre) [37]

Haziran 2022 sonu itibariyle rüzgar enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz 10.976 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %10,81 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı Şekil 1.37'de yer almaktadır.



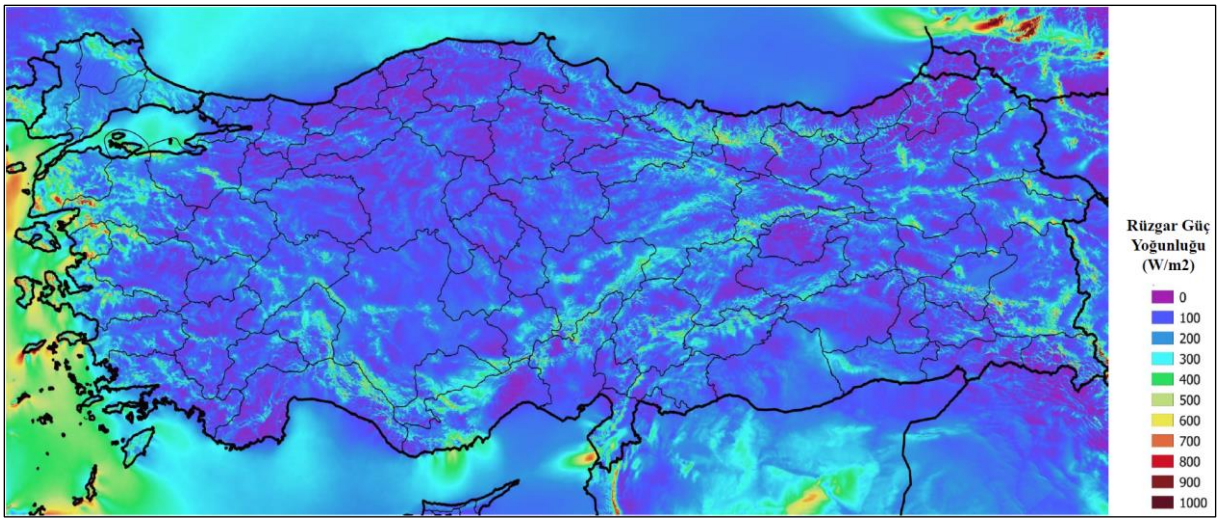
Şekil 1.37 Rüzgar Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW) [37]

Şekil 1.37'den de görüldüğü gibi, en önemli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından birisi olan Rüzgar enerjisi yıllara göre sürekli artış göstermektedir. Özellikle 2020 yılı sonrasında ciddi bir artış sağlanmış olup, diğer kurulu güçler arasındaki Rüzgar enerjisinin oranı Şekil 1.38'de verilmiştir.



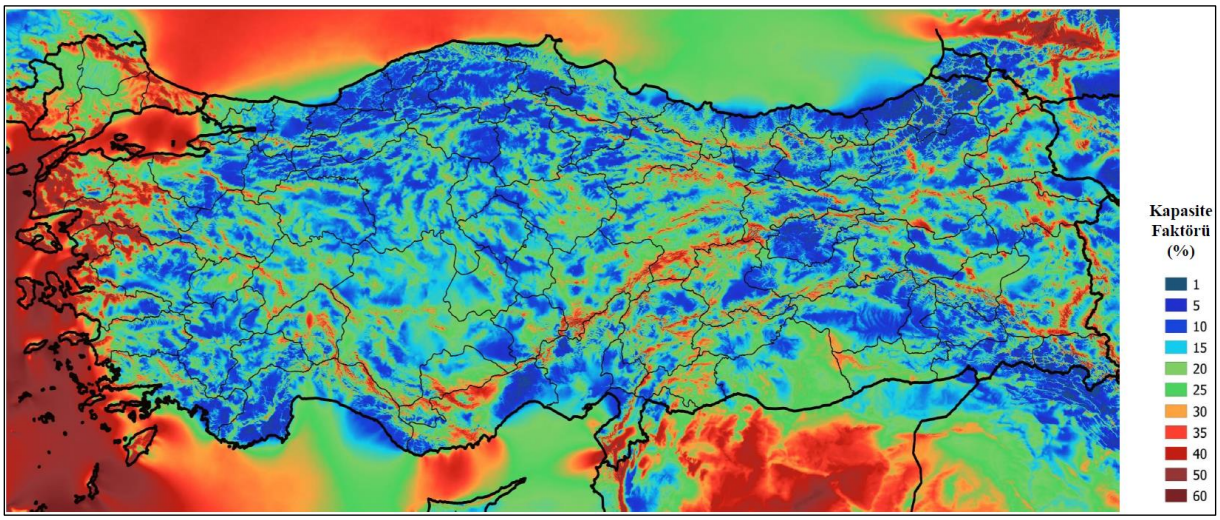
Şekil 1.38 Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Rüzgar Enerjisinin Oranı [37]

Şekil 1.38'den de anlaşılacağı üzere, yıllara göre Rüzgar enerjisinin oranı diğer güçler içerisindeki dağılımına göre her geçen yıl artış göstermektedir. Artış gösteren bu oran, ülkemizde yer alan rüzgar türbinlerinin arttırılması ve yerleşimi ile doğrudan ilişkilidir. Rüzgar türbinlerinin konumlandırılması ve yerlerinin seçimi hakkında yıllık ortalama rüzgar gücünün yoğunluğu Şekil 1.39'da verilmiştir.



Şekil 1.39 Yıllık Ortalama Rüzgar Güç Yoğunluğu Dağılımı (100 metre) [37]

Rüzgar türbinlerinin yerleşimi ile birlikte ülkemizde Rüzgar Enerjisinin kapasite faktör dağılımı Şekil 1.40'ta verilmiştir.



Şekil 1.40 Rüzgar Gücü Kapasite Faktörü Dağılımı (100 metre) [37]

Şekil 1.40'ta verilen kapasite faktör dağılımı yapılırken 3 MW gücündeki bir rüzgar türbininin teknik değerleri dikkate alınarak hazırlanmıştır.

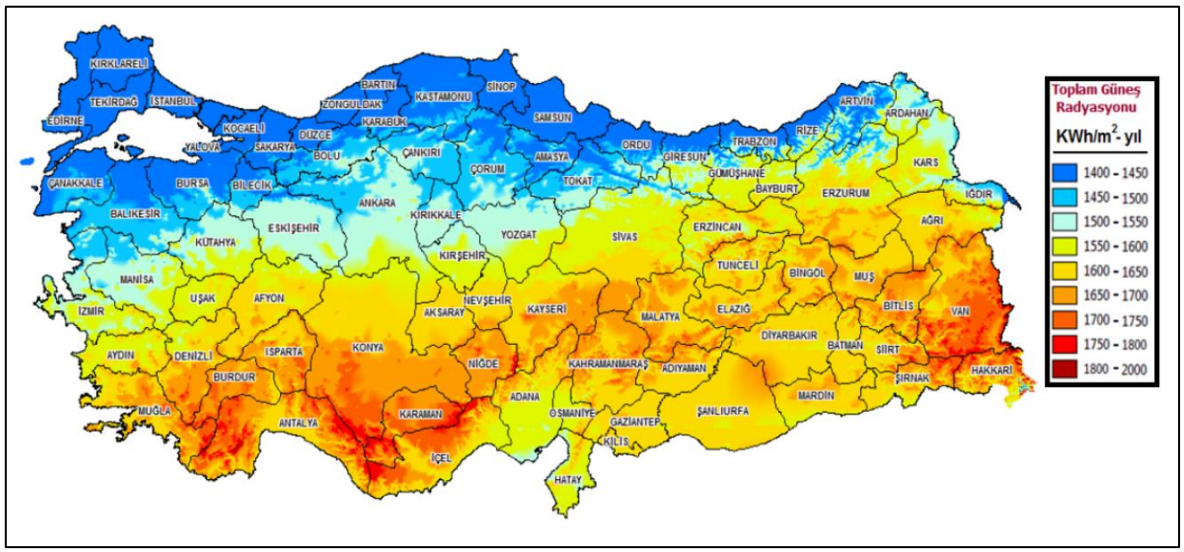
1.4.1.3 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Güneş, yaklaşık 3,9x1026 W güç yayan, temiz ve tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneşten yayılan bu enerjinin çok az bir miktarı Dünyaya ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyindeki her metrekareye ortalama 1.367 W güç düşmektedir [38].

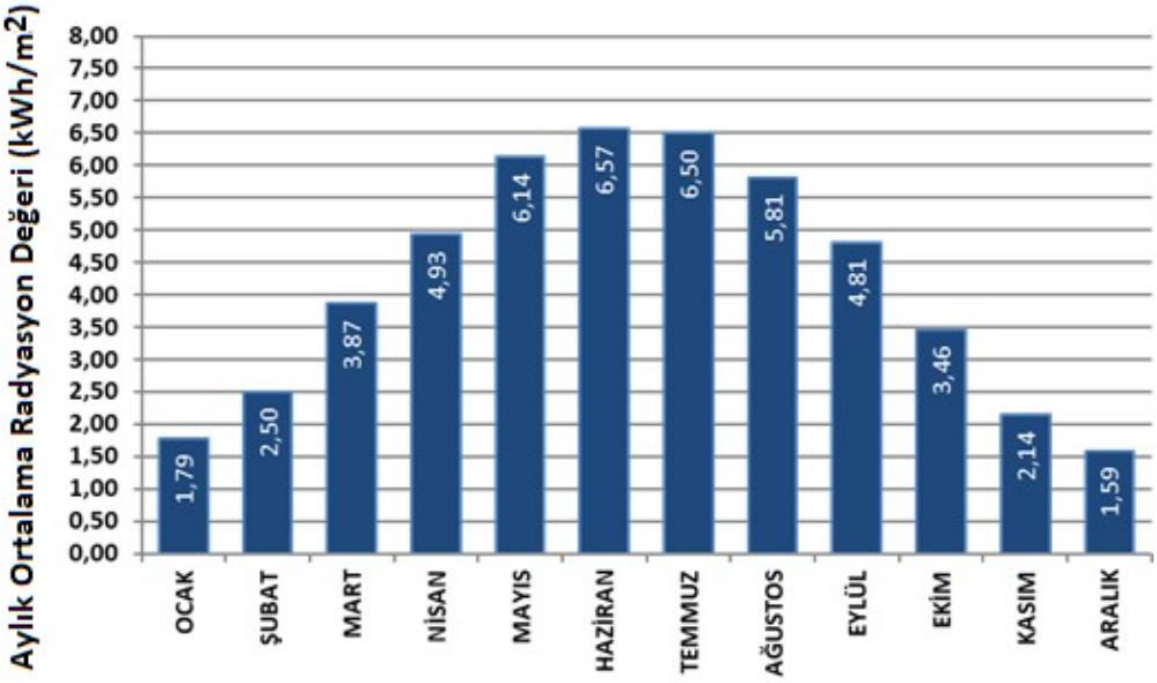
Bu denli büyük ve yenilenebilir enerji kaynağının değerlendirilmesi adına Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca yapılan çalışmalar son yıllarda oldukça hız kazanmıştır. Diğer enerji türlerinde olduğu gibi güneş enerjisinde de fosil kaynakların çevreye verdiği zarardan kaçınmak amaçlanmış olup yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Bu sayede güneş enerjisinden ısı ve elektrik üretimi ile ilgili birçok araştırma yapılıp kullanım her geçen yıl artmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için birden fazla metot olmasına rağmen çoğunlukla güneşten gelen ışığın doğrudan elektriğe çevrildiği fotovoltaik sistemlere yoğunlaşmıştır.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'den sonra hız kazanmış, bu teknoloji geliştirilmiş ve maliyet bakımından azalma göstermiştir. Çevreye olan etkisi de düşünüldüğünde, güneş enerjisi oldukça temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum itibari ile önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık güneşlenme süresi 2.741 saat olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1.527,46 kWh/m^2 olarak hesaplanmıştır. GEPA'da yer alan genel potansiyel görünümü Şekil 1.41'de aylık ortalama global radyasyon dağılımı aşağıda yer almaktadır.

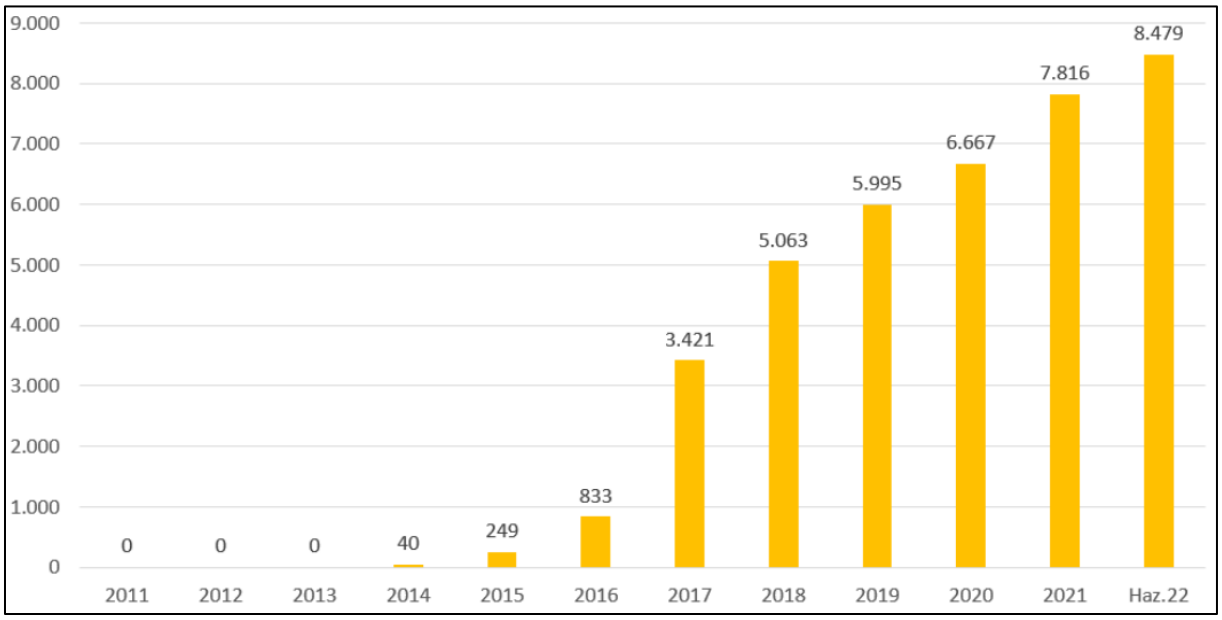


Şekil 1.41 Türkiye'de Yer Alan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası [38]

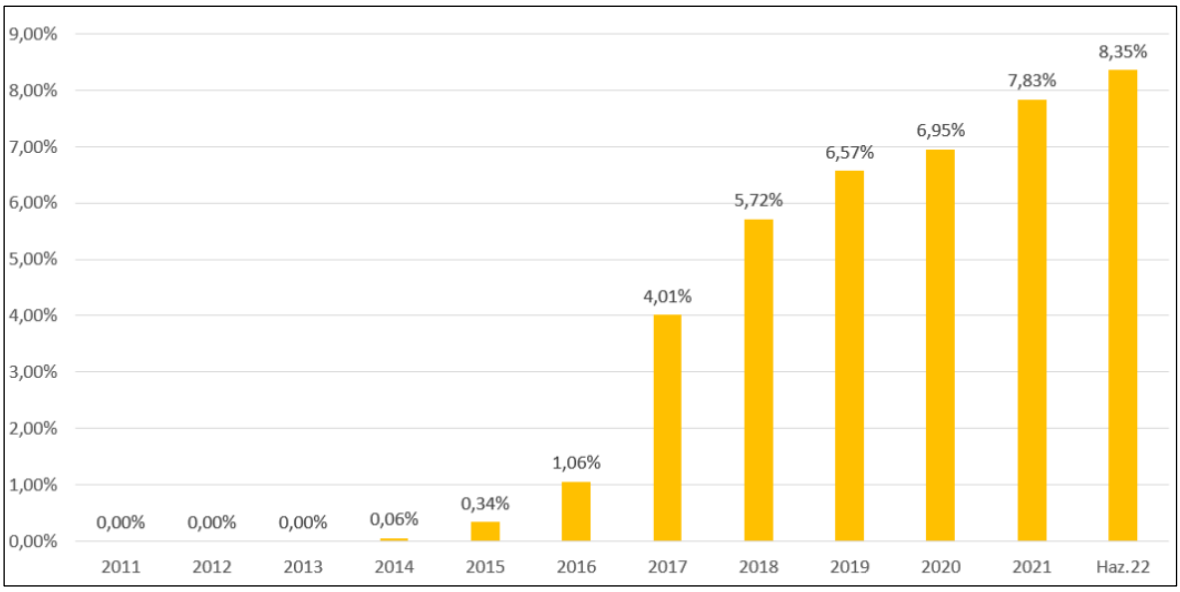


Şekil 1.42 Aylık Ortalama Radyasyon Değeri [38]

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı kaynaklarına göre, Haziran 2022 sonu itibariyle, ülkemizin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 8.479 MW olup yıllara göre bu gücün dağılımı Şekil 1.43'te, güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı %8,35 olup yıllara göre toplam kurulu güç içerisindeki oranı ise Şekil 1.44'te verilmiştir.



Şekil 1.43 Güneş Enerji Kaynağının Kurulu Gücü (MW) [38]



Şekil 1.44 Güneş Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [38]

Şekil 1.43 ve Şekil 1.44'ten de anlaşılacağı üzere, özellikle 2017 – 2022 yılları arasında güneş enerjisine yapılan yatırımların her geçen yıl artış gösterdiği ve bu artışın da diğer kurulu güçler arasındaki oranında yüksek seviyede artış gösterdiği belirtilmiştir.

Güneş enerjisi teknolojisi özellikle binaların çatılarında değerlendirilmekte olup bu alanların haricinde ülkemizde birçok alanda değerlendirilmektedir. Bu sayede güneş enerjisi yatırımları artmakta olup, ihtiyaç duyulan enerjinin bir kısmı bu sayede karşılanabilmektedir.

Güneş enerjisi teknolojisinin kullanılabileceği alanlar;

- Konutlar – Müstakil Evler,
- Yazlık Müstakil Yeni Evler,
- Site ve Apartman Çatıları,
- Otobüs Durakları,
- Otoparklar,
- Akaryakıt İstasyonları,
- Kapalı Pazar Yerleri,
- Fabrika Çatıları,
- Ticarethaneler (Depo, Lojistik Merkezi vb.),
- Alışveriş Merkezleri,
- Oteller,
- Askeri Tesisler,
- Okullar,
- Havaalanı Tesisleri,
- Tarımsal İşletmeler,
- İbadethaneler,
- Stadyumlar ve Spor Salonları,

Gibi birçok alan olarak sıralanabilir [38]. Bahsedilen alanlar, gerek duyulan enerji ihtiyacını, doğrudan güneş enerjisi ile sağlayamamaktadır. Bu sebeple güneş enerjisi çeşitli şekillerde dönüştürülerek kullanılmaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte bir kısmı güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisi şeklinde direk olarak kullanırken, diğer teknolojiler güneş enerjisinden elektrik elde etmek şeklinde kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin kullanım alanları arasında;

- Doğrudan veya dolaylı elektrik üretimi,
- Sıcak su elde edilmesi,
- Alan ısıtma ve soğutma,
- Sanayi kuruluşları için proses ısı enerjisi,
- Sera ısıtması,

sayılabilir. Güneş enerjisi teknolojileri temelde iki ana gruba ayrılmaktadır.

Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri

Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri elde edilen sıcaklık değerlerine göre düşük sıcaklık uygulamaları ve yoğunlaştırıcılı ısıl sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Düşük Sıcaklık Uygulamaları

Düzlemsel ve vakumlu güneş kolektörleri, güneş havuzları, güneş bacaları, su arıtma sistemleri, güneş mimarisi, ürün kurutma ve sera ısıtma sistemleri ve güneş enerjisi ile pişirme gibi uygulamalar güneş enerjisinden düşük sıcaklık elde edilmesine yönelik uygulamalardır. Bu uygulama türleri içinde düzlemsel güneş kolektörleri güneş enerjisinden en basit ve en yaygın yararlanma yöntemidir. Düzlemsel güneş kolektörleri, yüzeyine gelen güneş enerjisinin su, hava veya herhangi bir akışkana iletilmesi prensibine göre çalışmaktadır. Bu sistemler en çok evlerde su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.

Yoğunlaştırıcılı Isıl Sistemler

Yoğunlaştırıcılı ısıl güneş enerjisi teknolojileri özellikle elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanılmaktadır. Bu teknolojilere dayalı üretim tesislerinin kurulu kapasiteleri 10 MW ve üzerinde olmaktadır. Yoğunlaştırıcılı ısıl güneş enerjisi teknolojilerinde güneş yoğunlaştırıcısı olarak; parabolik aynalar, çanaklar veya heliostatlar kullanılmaktadır.

Fotovoltaik Güneş Teknolojileri

Fotovoltaik güneş teknolojilerinin en temel aksamı olan güneş modülleri; güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedir.

Güneş hücrelerinin bir araya getirilmesi ile güneş modülleri oluşturulmaktadır. Günümüzde elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanılan güneş modüllerin yüzey alanları 2,1 m^2 ve güçleri ise 675 Wp değerlerine ulaşmış durumdadır. Güneş modüllerinin bir araya getirilmesi ile birlikte yüksek güçlerde güneş panelleri ve güneş elektrik santralleri (GES) tesis edilebilmektedir. Günümüz teknolojileri ve kurulumun şekline (sabit sistem, güneşi takip eden sistemler) bağlı olarak 13 – 25 dönüm büyüklüğündeki bir alana 1 MWe kapasitesinde GES kurulabilmektedir. Özellikle, binaların çatı ve cephelerine kurulan GES'ler ile ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi tüketim noktalarında üretilebilmektedir.

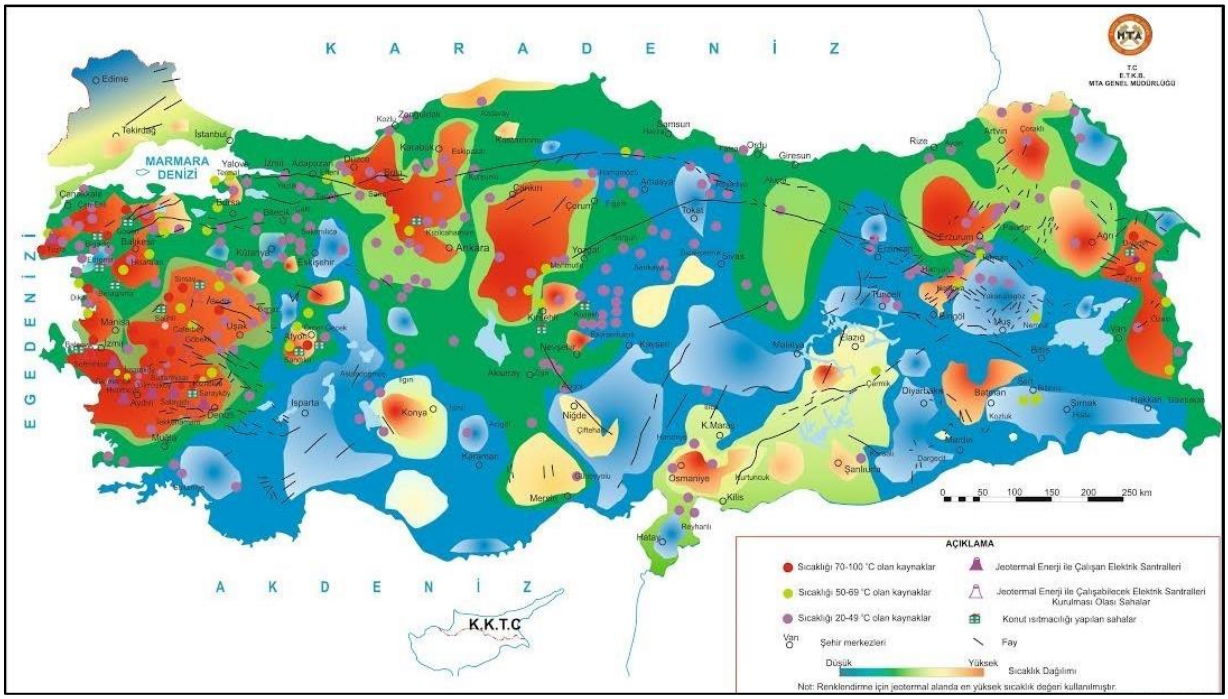
1.4.1.4 Jeotermal Enerji

Yerkabuğunun farklı derinliklerinde biriken ısı ve basıncın oluşturduğu sıcaklıkların; bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki yeraltı ile yerüstü sularına göre daha fazla çözülmüş mineraller, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su, buhar ve gazlar ile yüzeye taşınan ısı enerjisidir. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanım alanları;

- Elektrik üretimi; jeotermal sahalarda açılan kuyulardan üretilen akışkan separatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra türbin ve jeneratör ile elektrik enerjisi,
- Isı üretimi; düşük sıcaklık, basınç ve debideki jeotermal kaynakların sera, organik tarım, ürün kurutma, bölgesel ısı ihtiyaçlarının karşılanması,
- Termal turizm ve sağlık amaçlı kullanımı; insan sağlığına yararlı mineraller içerebilen düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklı suların sağlık amaçlı kullanılması,

şeklinde sıralanabilir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının sitesinde yer alan bilgilere göre; Jeotermal Enerji, ülkemizin jeolojik ve coğrafi konumu itibari ile aktif bir tektonik kuşak üzerinde bulunması sebebiyle dünya ülkeleri arasında oldukça zengin bir konumdadır. Ülkemizin her tarafında yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur. Türkiye jeotermal potansiyeli bakımından Avrupa'nın 1. ülkesi ve kurulu güç bakımından ise Dünyanın 4. ülkesi konumundadır. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir [39]. Ülkemizde yer alan jeotermal kaynakların harita üzerinde dağılımı Şekil 1.45'te verilmiştir.



Şekil 1.45 Türkiye'de Yer Alan Jeotermal Kaynaklar [39]

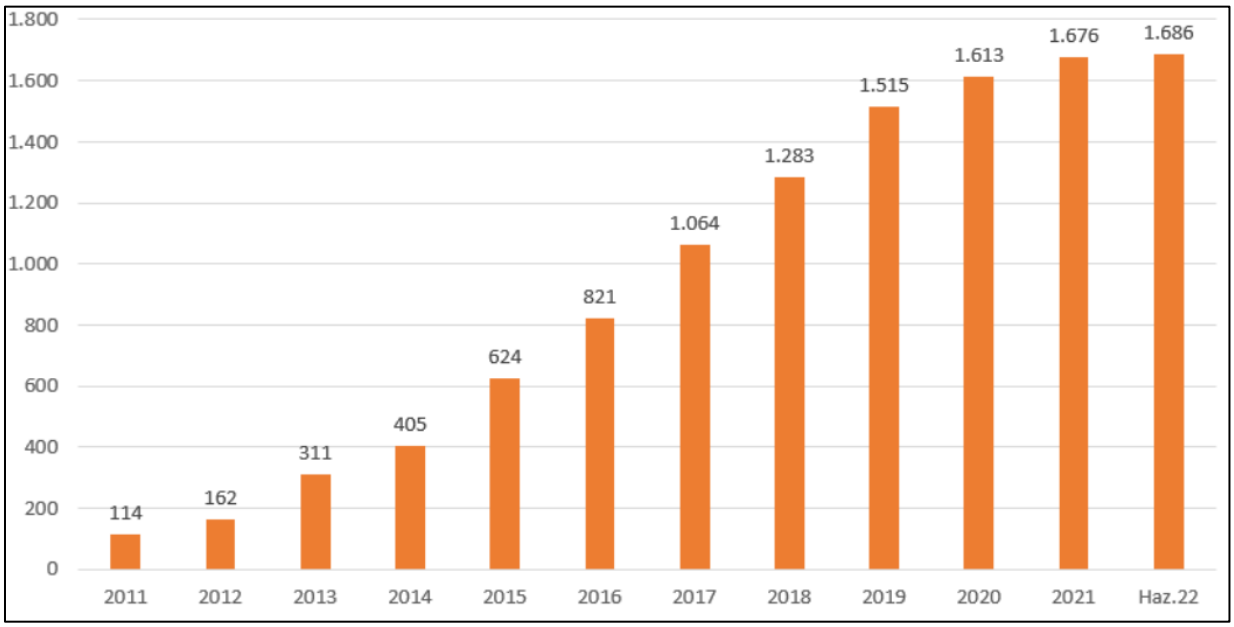
Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığının sitesinde yer aldığı ve şekilde de görüldüğü üzere, ülkemizdeki jeotermal potansiyelin; %78'ini Batı Anadolu, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesinde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır.

Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

2005 yılından itibaren Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının desteğiyle, mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranmasına önem verilmiştir. Bu kapsamda, 2004 sonu itibari ile 3.100 MW_t olan kullanılabilir jeotermal ısı kapasitesi; 2008 yılında, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesi sonrasında, özel sektörün jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmalarına katılımı ile hızla artmıştır.

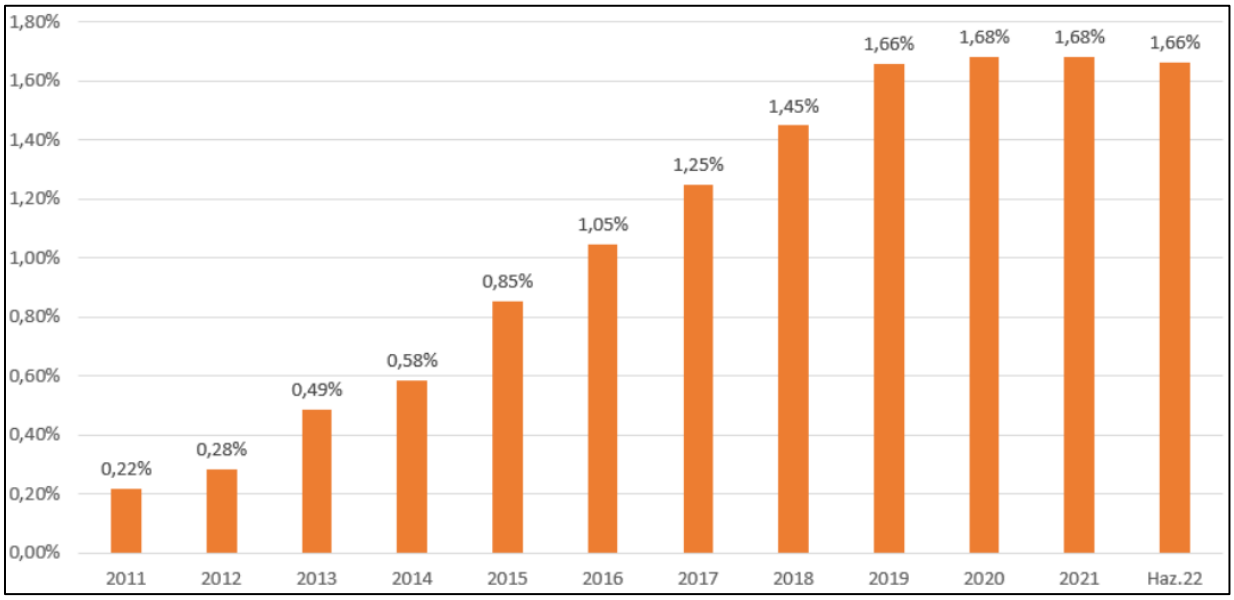
Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 35.500 MW_t'e elektik üretimi potansiyeli ise 4.500 MW_e olarak tahmin edilmektedir.

Bölgesel ısıtmanın yanı sıra elektrik üretiminde de kullanılan jeotermal enerji gücü, ilgili bakanlık kaynaklarına göre Haziran 2022 sonu itibariyle 1.686 MW olup, son 10 yıldaki Jeotermal Enerji gücü Şekil 1.46'da verilmiştir.



Şekil 1.46 Jeotermal Enerji Kaynaklı Kurulu Güç (MW) [39]

Şekil 1.46'da görüldüğü üzere her yıl artış gösteren Jeotermal Enerji kaynaklı güç, özellikle 2016 yılı sonrasında büyük artış göstermiş olup, son yıllarda bu artış azalmıştır. Jeotermal Enerji kaynaklı gücün diğer kurulu güçler içerisindeki oranı Şekil 1.47'de verilmiştir.



Şekil 1.47 Jeotermal Enerjinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [39]

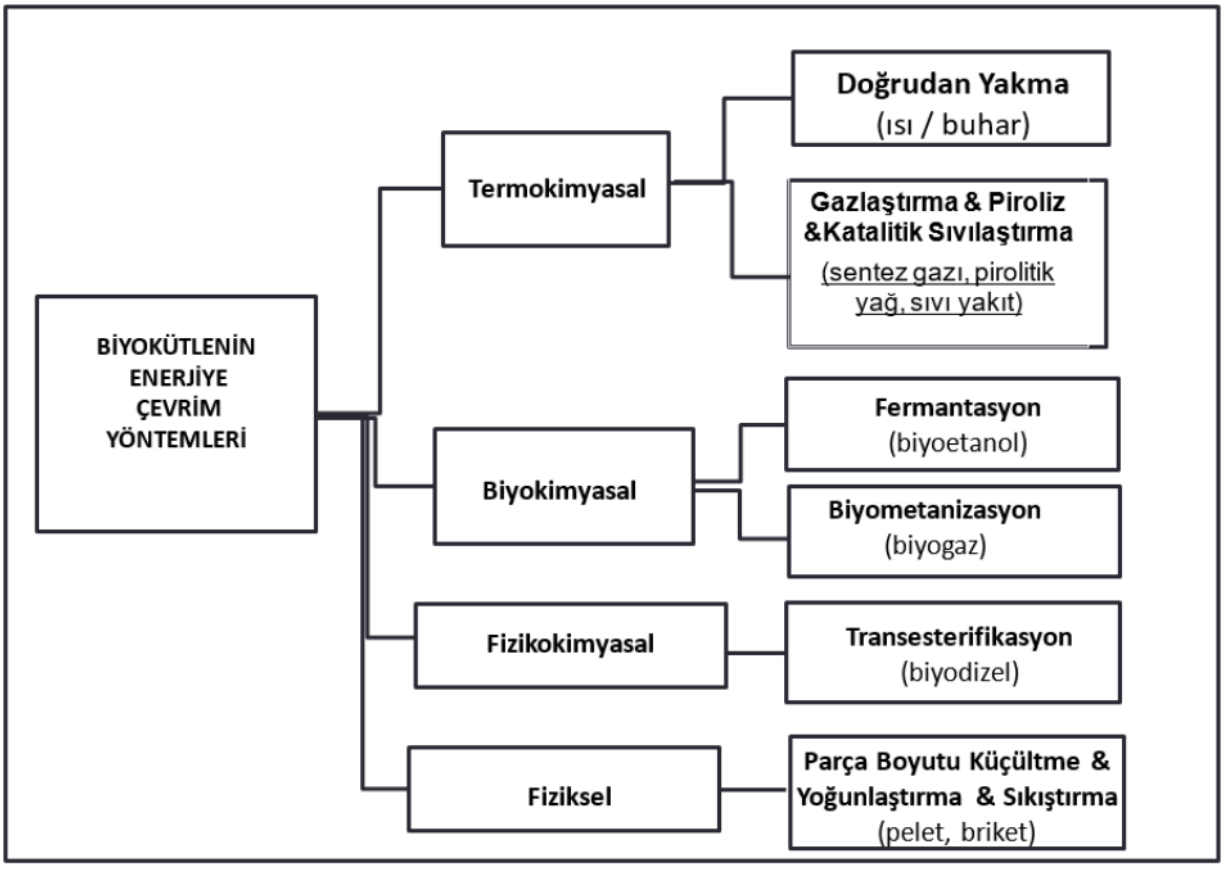
Şekil 1.47'de görüldüğü üzere, 2020'li yıllara kadar her yıl artış gösteren Jeotermal Enerji kaynağının diğer kurulu güçler içerisindeki oranı, son yıllarda diğer kurulu güçlere yapılan yatırımlar ile birlikte azalma eğilimindedir.

1.4.1.5 Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, ithal edilmemek kaydıyla; belediye atıklarının (çöp gazı dahil) yanı sıra bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıkları, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri ile atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları ve sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları olarak tanımlanmaktadır. Başlıca biyokütle kaynakları;

- Tarımsal,
- Hayvansal,
- Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen,
- Kentsel ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen,

Belirtilen türdeki biyokütle kaynaklarından Şekil 1.48'de belirtilen işleme yöntemleri uygulanarak farklı yakıt türleri üretilebilmektedir [40].



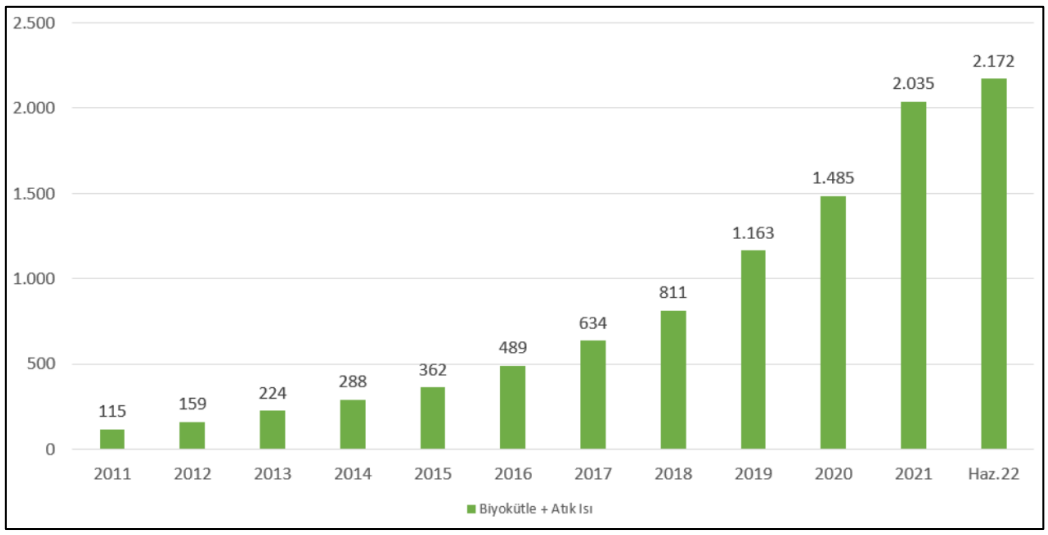
Şekil 1.48 Biyokütlenin Enerjiye Çevrim Yöntemleri [40]

Şekil 1.48'de görüldüğü üzere, elde edilen biyokütle çeşitli yöntemler ile enerjiye çevrilmektedir. Bununla ilgili olarak; Fiziksel yöntem kullanılarak pelet ve briket üretimi,

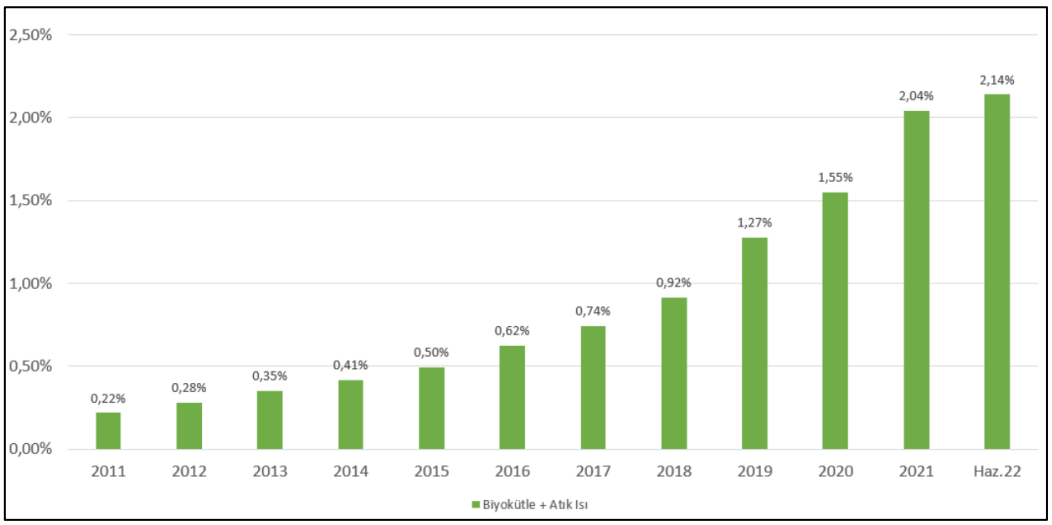
Fizikokimyasal yöntem kullanılarak biyodizel, Biyokimyasal yöntem kullanılarak biyoetanol ve biyogaz, termokimyasal yöntem kullanılarak ise ısı/buhar ve sentez gazı, pirolitik yağ, sıvı yakıt elde edilmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının resmi sitesinde yer alan bilgilere göre, enerji potansiyelin belirlenmesi amacıyla hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre toplanabileceği değerlendirilen atıklarımızın toplam ekonomik enerji eşdeğeri yaklaşık 3,9 MTEP/yıl'dır.

Yine ilgili bakanlığın kaynaklarına göre; Biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç Haziran 2022 sonu itibariyle 2.172 MW olup Şekil 1.49'da, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %2,14 olup Şekil 1.50'de verilmiştir.



Şekil 1.49 Biyokütle Enerji Kaynaklı Kurulu Güç (MW) [40]



Şekil 1.50 Biyokütle Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı [40]

Şekil 1.49 ve Şekil 1.50'den anlaşıldığı gibi, son yıllarda Biyokütle Enerjisinin payı artış göstermektedir. Bu artış ile birlikte kurulu enerji kaynaklarındaki payı da aynı şekilde artmakta ve enerji üretimi sağlanmaktadır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından yayınlanan, "Elektrik Piyasası Sektör Raporu'na" göre, 2022 yılı aralık ayı itibariyle elektrik piyasasında faaliyette bulunan ön lisans sahibi şirketlerin sayısının 268, lisans sahibi şirketlerin sayısının ise 1.518 olduğu belirtilmiştir. Lisans sahibi olan şirketlerin ürettiği kaynakların türüne göre dağılımı Tablo 1.25'te verilmiştir [41].

Tablo 1.25 Enerji Türlerine Göre Lisans Sahibi Şirketlerin Sayısı ve Oranları

Enerji Türü	İşletme Sayısı	Oran
Hidrolik	783	0,52
Rüzgar	286	0,19
Jeotermal	66	0,04
Biyokütle	346	0,23
Güneş	37	0,02
Toplam	**1.518**	**1,00**

2021 ve 2022 Kasım aylarında ülkemizdeki kurulu Elektrik güçleri ve bu güçlerin üretim değerleri Tablo 1.26'da verilmiştir.

Tablo 1.26 Ülkemizde Kurulu Elektrik Güçleri ve Üretim (EPDK) [41]

Kaynak Türü	TOPLAM KURULU GÜÇ* (MW)				TOPLAM ÜRETİM* (MWh)			
	2021 Kasım (mW)	Oran (%)	2022 Kasım (mW)	Oran (%)	2021 Ocak – Kasım (mWh)	Oran (%)	2022 Ocak – Kasım (mWh)	Oran (%)
Hidrolik	31.482	31,68	31.563	30,48	52.236.915	17,23	63.902.261	21,45
Rüzgar	10.428	10,49	11.365	10,98	27.940.061	9,21	32.498.608	10,91
Güneş	7.745	7,79	9.319	9,00	12.855.110	4,24	14.502.393	4,87
Jeotermal	1.651	1,66	1.686	1,63	9.793.934,10	3,23	9.920.712	3,33
Biyokütle	1.539	1,55	1.838	1,78	6.839.751	2,26	8.247.517	2,77
Yenilenebilir	**52.847**	**53,18**	**55.772**	**53,87**	**109.665.773**	**36,17**	**129.071.491**	**43,33**
Doğal Gaz	25.937	26,10	25.697	24,82	100.342.956	33,09	64.247.322	21,57
Linyit	10.119	10,18	10.191	9,84	38.937.298	12,84	40.906.261	13,73
İthal Kömür	8.993	9,05	10.373	10,02	48.974.907	16,15	56.193.367	18,86
Taş Kömürü	810	0,82	840	0,81	2.839.675	0,94	2.972.060	1,00
Asfaltit	405	0,41	405	0,39	2.201.128	0,73	1.446.756	0,49
Fuel Oil	251	0,25	251	0,24	251.696	0,08	670.499	0,23
Nafta	4,74	0,00	4,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lng	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Motorin	1,04	0,00	1,04	0,00	610,82	0,00	2.385.741	0,80
Termik	**46.526**	**46,82**	**47.768**	**46,13**	**193.548.274**	**63,83**	**168.822.008**	**56,67**
Toplam	**99.374**	**100**	**103.541**	**100**	**303.214.047**	**100**	**297.893.500**	**100**

Lisanslı ve lisanssız santraller (brüt lisanssız elektrik üretim miktarı) dahil edilmiştir.

Tablo 1.26'da; Yenilenebilir ve Termik enerjilerin, 2021 ve 2022 yılı içerisindeki toplam kurulu güç ve üretim miktarları karşılaştırılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu olduğu güç oranı bir önceki yıla göre %0,69 artış göstermiş olup, aynı oranda Termik enerjilerin kurulu

güç miktarı azalmıştır. Bununla birlikte 2021 yılının Kasım ayındaki Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi %36,17 iken, bu oran 2022 yılının Kasım ayına gelindiğinde %7,16'lık artış göstererek %43,33 olmuştur. Bu da Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırım ve bu yatırımların etkisinin olumlu yöndeki etkisi olarak sunulabilir.

1.4.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şarj Ağına Hizmet Verme Durumu

Ülkemizde yer alan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının türleri, sayısı ve konumları incelenmesinin ardından, Elektrikli Araçların Şarj İstasyonlarına hizmet verme durumu incelenmiş olup, konu hakkında birçok yönetmelik bulunmaktadır. Resmi Gazete'de 2 Nisan 2022 tarihinde, 31797 sayılı Şarj Hizmeti Yönetmeliği yayınlanmıştır [42]. Bu yönetmelikte yer alan, **"Şarj İstasyonuna Bütünleşik Elektrik Depolama ve Üretim Tesisi"** başlığı altında belirtilen 24. Madde doğrudan bahsedilen konu ile ilgilidir. Bu maddenin birinci fıkrasında da belirtildiği gibi, "Şarj istasyonunun elektrik ihtiyacını karşılamak üzere 12/5/2019 tarihli ve 30772 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "**Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği"** kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesisi kurulabilir." Aynı şekilde fıkrayı destekler nitelikte olan ikinci fıkrada ise "9/5/2021 tarihli ve 31479 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan **Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği** kapsamında şarj istasyonu bünyesinde tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi kurulabilir." ibaresi yer almaktadır. Yukarıda belirtilen fıkralar kapsamındaki şarj istasyonları, şarj ağı işletmecisi tarafından EPDK'ya bildirilir [43].

1.5 ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE ETKİSİ

Günümüzde fosil yakıtlı araçların çevremizde yarattığı olumsuz etkiler oldukça fazladır. Özellikle sera gazı emisyonlarının neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği, başta insanlar olmak üzere, tüm canlı türlerinin sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Fosil yakıtlı araçların salgılamış olduğu zararlı gazlar (Karbondioksit, Karbonmonoksit, Azot Oksitler, Sülfür Dioksit vb.) iklim değişikliğine büyük katkıda bulunmaktadır. Bahsedilen tüm bu zararlı gazların sebep olduğu iklim değişikliği; kuraklık, seller, şiddetli kasırgalar gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve okyanus ile deniz suyu seviyelerinde yükselmeler, buzulların erimesi gibi olaylara sebep olmaktadır. Bu da bitkilerin, hayvanların ve ekosistemlerin yanı sıra insan topluluklarını da ciddi risk altına sokmaktadır [33].

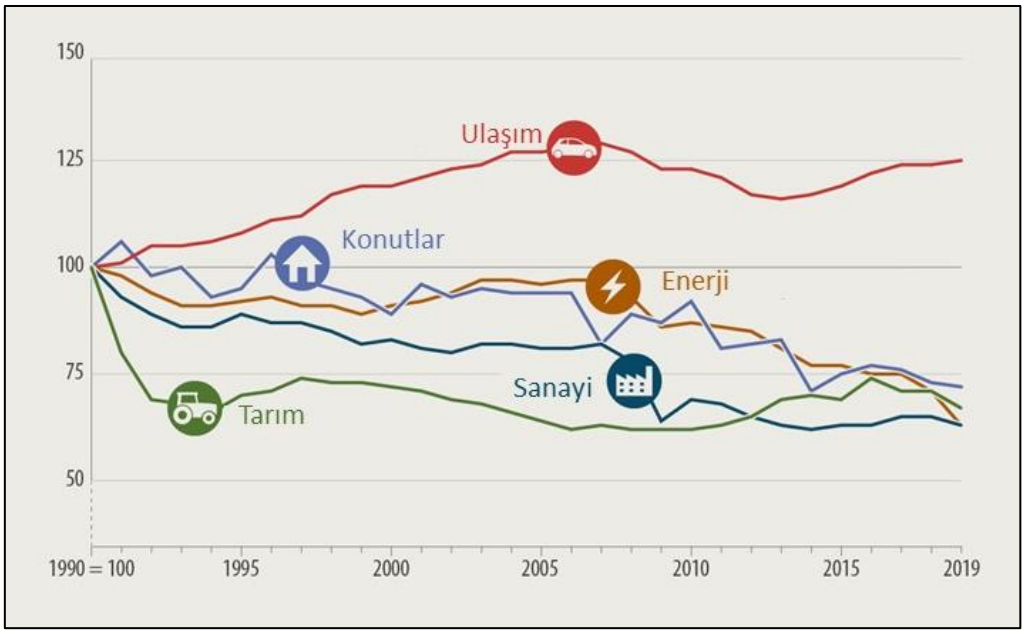
Günümüzde sera gazı kaynakları, karbondioksit salınımında belirli bir pay sahibidir. Bu kaynaklar; Enerji, Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı, Tarım ve Atık olarak sınıflandırılmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde Enerji; Yakıt Yanması, Kaçak Emisyonlar ve CO_2 Taşıma ve Depolama gibi bileşenlere ayrılmaktadır. Bu bileşenler; Enerji, Sanayi, Ulaştırma ve Diğer (Tarım, Konut vb.) şeklinde sektörlere ayrılmaktadır. Ülkemizde, yıllara göre salınan CO_2 emisyon miktarlarının sektörlere göre dağılımı Tablo 1.27'de verilmiştir.

Tablo 1.27 Ülkemizde Sektörlere Göre Yakılan Yakıtların CO_2 Salınım Oranları (TÜİK) [21]

Yakıt Yanması	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Çevrim ve Enerji Sektörü	%42	%41	%42	%42	%44	%42	%40
İmalat Sanayi ve İnşaat	%19	%18	%17	%16	%16	%16	%17
Ulaştırma	%16	%22	%23	%22	%23	%23	%22
Diğer Sektörler	%23	%19	%18	%19	%17	%19	%20

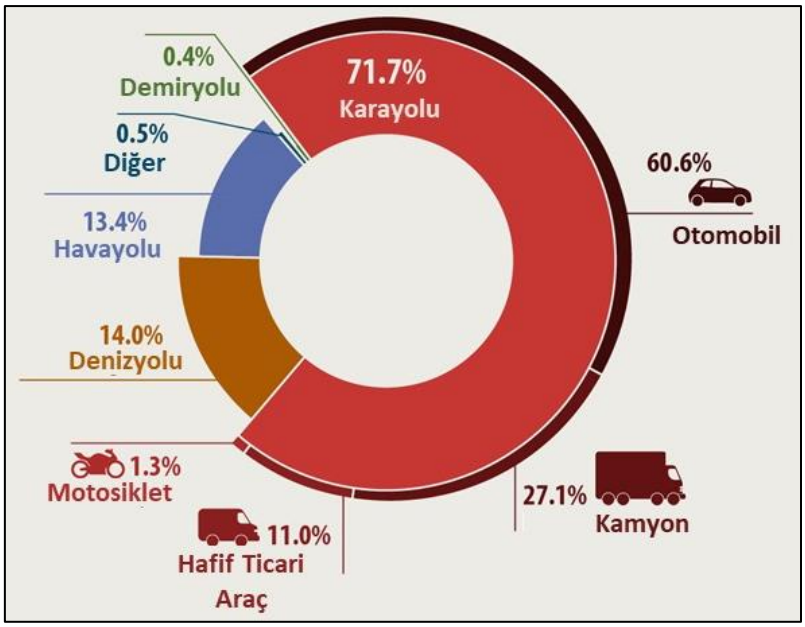
Tablo 1.27'de görüldüğü üzere, yıllara göre yakıt yanmasının neden olduğu emisyon salınımları sektörler içerisinde belirli oranlara sahiptir. Bu oranlara göre; Enerji ve çevrim sektörünün CO_2 emisyonunda büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Ulaştırma sektörünün de 2010'lu yıllardan itibaren artış gösteren CO_2 payı, 2020'li yıllara doğru CO_2 emisyonunun yaklaşık dörtte birini kapsamaktadır.

Ülkemizde sektörlere göre, Yakıt yanması sonucu ortaya çıkan CO_2 emisyonunun birbirleri arasındaki oranların incelenmesinin ardından; Avrupa Birliği ülkelerinde, benzer sektörlere göre yapılan CO_2 salınım oranları Şekil 1.51'de verilmiştir.



Şekil 1.51 Avrupa Birliği Ülkelerinde CO_2 Emisyonunun Sektörler Arası Oranı [44]

Avrupa Çevre Ajansının yayınlamış olduğu bir rapora ve şekilden de anlaşılacağı üzere, AB'nin toplam CO_2 emisyonlarının yaklaşık dörtte birini Ulaşım sektörü oluşturmaktadır. Bahsedilen Ulaşım sektöründeki CO_2 emisyonunun %71,7'si karayolu taşımacılığından gelmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri, 2050 yılına kadar ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını 1990 yılına kıyasla %90 oranında azaltmayı hedeflemektedir [44]. AB ülkelerinde ulaşımdan kaynaklanan CO_2 emisyonunda büyük pay, karayolu taşımacılığına ait olup diğer ulaşım modları arasındaki dağılımı Şekil 1.52'de verilmiştir.



Şekil 1.52 Ulaşım Sektörünün Modlar Arası CO_2 Emisyon Dağılımı [44]

Şekil 1.52'de görüldüğü üzere, karayolu taşımacılığı CO_2 emisyonu salınımında ciddi bir rol oynamaktadır. Yolcu taşımacılığından kaynaklanan CO_2 emisyonları, taşıma moduna bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Binek otomobiller, AB karayolu taşımacılığından kaynaklanan toplam CO_2 emisyonlarının %60,6'sını oluşturan önemli araç sınıfıdır [44]. Araç paylaşımı, toplu taşımaya geçiş, mikro mobilite ulaşım modlarının ve elektrikli araçların arttırılması, emisyon salınımlarının azaltılmasına yardımcı olacaktır.

2019 yılı verilerine göre, Avrupa'da karayolu taşımacılığının %67'si dizel ve %25'i benzinli araçlar ile sağlanmaktadır [44]. Emisyonun azaltılmasına yönelik olarak; bu araç türlerini verimli hale getirmek veya kullanılan yakıtın değiştirilmesi hedef alınarak, elektrikli araçlara geçiş daha da önem kazanmıştır.

Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçların dünya üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığı için ve fosil yakıtların tükenebilir olması nedeniyle her geçen yıl önem kazanmaktadır. Elektrik motoruna sahip araçlar kapalı bir devre ile çalışır. Egzoz salınımı olmayan bu araçlarda küresel ısınmayla ilişkilendirilen gazların hiçbirini çevreye yaymaz. Elektrik motorlu araçlar, benzin ya da dizel gibi fosil yakıtlar kullanılmadığı için karbon ayak izinin azalmasına da yardımcı olur. Zararlı gaz emisyonunun fosil yakıtlı araçlara göre salgılanmadığı bu araç türleri, fosil yakıtlı araçlara göre daha çevreci ve canlıların sağlığı için daha faydalı bir araç türüdür.

Fosil yakıtlı araçların çevreye olan etkisi, çevreye salgılamış olduğu zararlı gazların aksine; elektrikli araçların, gaz emisyonu salgılamaması ve sıfır emisyonlu araçlar olarak tanımlanması, küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede oldukça önemli bir rol üstlenmektedir. Fakat elektrikli araçlar, bataryalarında depolamış oldukları elektrik gücünü fosil yakıtlardan elde etmesi nedeniyle dolaylı yoldan karbon emisyonuna neden olmaktadırlar.

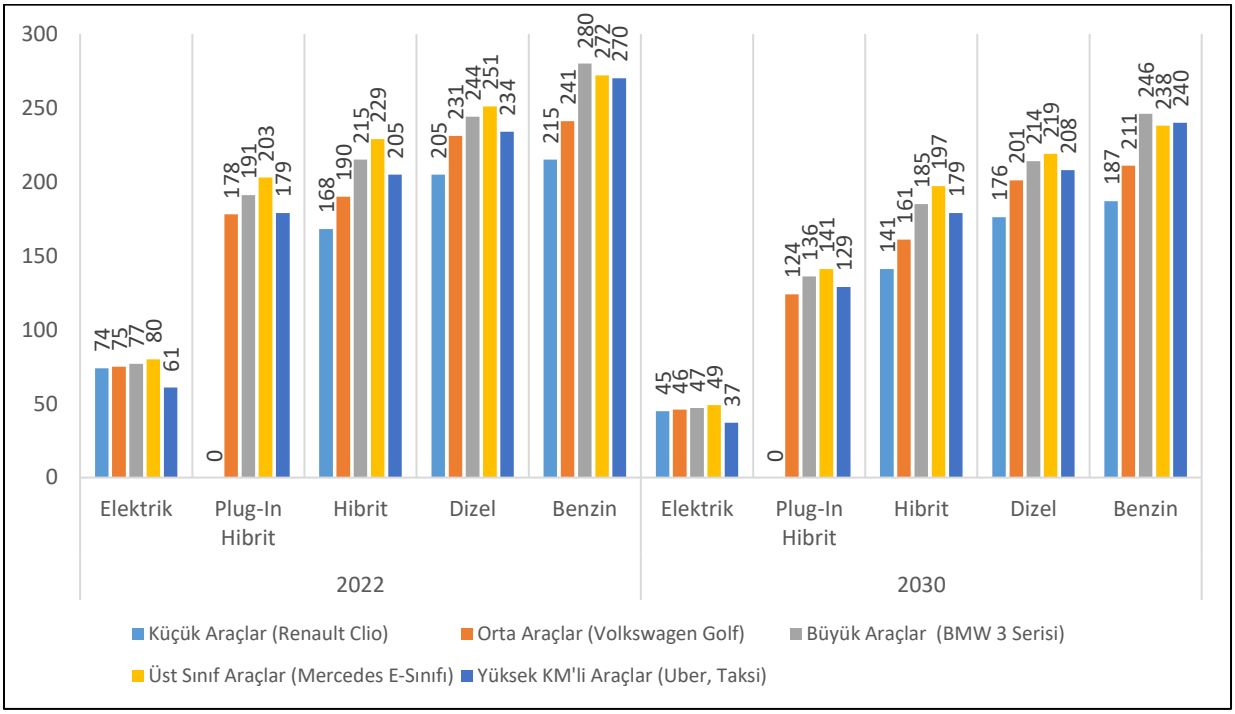
Elektrikli araçların, her ne kadar CO_2 emisyonlarını azaltmak amacıyla yaygınlaşması istense de bu araçların üretiminden yok edilişine kadar salınan emisyonların da dikkate alınması gerekmektedir. Elektrikli bir aracın üretimi ve yok edilmesi, içten yanmalı motorlu bir aracın çevreye verdiği zarardan daha fazladır. Bununla beraber, elektrikli araçlardan kaynaklanan emisyon seviyesi, elektrik gücünün nasıl üretildiğine bağlı olarak da değişmektedir.

Avrupa'da ortalama enerji karışımı dikkate alındığında; elektrikli araçların, yanmalı motora sahip araçlara göre daha çevreci olduğu kanıtlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin payı gelecekte daha da artacağından ve pillerin daha sürdürülebilir hale getirilmesi planları göz önüne alındığında Elektrikli Araçlar çevreye daha az zarar verecektir.

Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlardan daha çevreci olmasının yanı sıra, bataryalarında depoladıkları elektrik gücünü, yenilenebilir enerji kaynaklarından sağladıklarında, diğer şarj türlerinde salgılanan karbondioksit emisyonlarında normal elektrik gücüne kıyasla daha az salınım yapmaktadır. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarının, elektrikli araç şarj istasyonlarıyla entegre çalışmasının önemine vurgu yapmaktadır.

Fosil yakıtlı araçların çevreye yaydığı karbondioksit miktarı ve elektrik motorlu araçların elektrik üretirken neden olduğu karbondioksit emisyonları arasında ciddi derecede fark bulunmaktadır. Bu karşılaştırma yapılırken 5 farklı araç sınıfı seçilmiştir. Bu araç sınıfları; Küçük Araçlar, Orta Araçlar, Büyük Araçlar, Üst Sınıf Araçlar, Yüksek KM'li Araçlar olarak verilmiştir. Bununla beraber, her bir araç motorunun güç üretme şekli belirtilmiş olup, (Elektrik,

Plug – In Hibrit, Hibrit, Dizel ve Benzin) bu araçların marka – model örnekleri ile 2022 ve 2030 yıllarında motor gücünü üretme şekline göre salgılamış olduğu emisyon miktarları Şekil 1.53'de verilmiştir [45]. Şekilde verilen emisyon değerleri gram cinsinden olmakla birlikte, 2030 yılı için gösterilen elektrikli araçlarda batarya teknolojisi olarak lityum iyon batarya değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 1.53 Karbondioksit Emisyon Miktarının (g) Araç Sınıfları ve Yıllara Göre Değişimi [45]

Şekil 1.53'de görüldüğü üzere, motor gücünün üretilme şekli ve yıllara göre ayrılan araç türlerinin salgılamış olduğu emisyon miktarları, fosil yakıtlı araçlarda daha fazladır. Emisyon salınımında; Hibrit ve Plug-in türlerinde görünen azalma miktarları, Batarya Elektrikli Araçlarda oldukça fazladır. Daha detaylı incelenecek olursa; 2022 yılındaki Benzinli bir aracın salgılamış olduğu emisyon miktarı elektrikli araca göre 3 kat fazla değerdedir. Bahsedilen bu oran 2030 yılında yaklaşık 4 kata çıkmakta olup; ilerleyen yıllarda gelişen teknoloji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının da şarj istasyonu ağına entegrasyonu ile birlikte elektrikli araçların, daha da çevreci ve canlı dostu araçlar olacağını bizlere göstermektedir.

Çevreci ve canlı dostu elektrikli araçlar ile benzinli araçların yıllık emisyon salınımlarının hesaplanmasına ilişkin kullanılan denklemler bu bölümde incelenecektir [46] :

- Bu kapsamda; üretilen elektrik gücünden salınan ortalama emisyon,

$$\frac{\text{X milyon metrik ton } CO_{2e}}{\text{Y bin MWh}} \times \frac{2{,}204.623 \text{ lbs}}{1 \text{ metrik ton}} \times \frac{1 \text{ MWh}}{1{,}000 \text{ kWh}} = \frac{\text{Z lbs } CO_{2e}}{1 \text{ kWh}} \quad (1)$$

  - X= Elektrik Gücü Emisyonlar
  - Y= Elektrik Gücünden Üretilen Enerji
  - Z= Üretilen Elektrikten Ortalama Emisyonlar

denklemi ile hesaplanmaktadır. Oluşturulan bu denklemin sonucu, Batarya ve Plug-In Hibrit Elektrikli araçların emisyon miktarlarının hesaplanması için kullanılmaktadır.

- Batarya Elektrikli Araçların emisyon miktarlarını hesaplamak için kullanılan denklem,

$$11{,}579 \text{ mi} \times \frac{1 \text{ kWh}}{3{,}60 \text{ mi}} \times \frac{\text{Z lbs } CO_{2e}}{1 \text{ kWh}} \quad (2)$$

- Plug-In Hibrit Elektrikli Araçların emisyon miktarlarını hesaplamak için kullanılan denklem,

$$\left(11{,}579 \text{ mi} \times \frac{56.3}{100} \times \frac{1\text{kWh}}{3.03 \text{ mi}} \times \frac{\text{Z lbs } CO_{2e}}{1\text{kWh}}\right) + \left(11{,}579 \text{ mi} \times \frac{43.7}{100} \times \frac{1\text{gal}}{40.80 \text{ mi}} \times \frac{23.7 \text{ lbs } CO_{2e}}{1\text{gal}}\right) \quad (3)$$

- Hibrit Elektrikli Araçların emisyon miktarlarını hesaplamak için kullanılan denklem,

$$11{,}579 \text{ mi} \times \frac{1 \text{ gal}}{39.78 \text{ mi}} \times \frac{23.7 \text{ lbs } CO_{2e}}{1 \text{ gal}} = 6{,}898 \text{ lbs } CO_{2e} \quad (4)$$

- İçten yanmalı motorlu araçlar olarak da adlandırılan benzinli araçların emisyon miktarlarını hesaplamak için kullanılan denklem,

$$11{,}579\text{mi} \times \frac{1 \text{ gal}}{21.79 \text{ mi}} \times \frac{23.7 \text{ lbs } CO_{2e}}{1 \text{ gal}} = 12{,}594\text{lbs } CO_{2e} \quad (5)$$

Karbondioksit emisyonlarının yıllık salınımlarının hesaplanmasına ilişkin kullanılan denklemler ile elde edilen değerlerin iyileştirilmesine yönelik birçok hedef ve strateji uygulanmaktadır. 1990 yılına kıyasla; AB ülkeleri sera gazı emisyonlarını, 2020 yılı için %20 ve ardından da 2050 yılına kadar %90 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda, 2012 yılından itibaren otomobillerde araç teknolojileri ile 130 gr CO_2/km, diğer yöntemleri de kullanarak 120 gr CO_2/km hedefi getirilmiştir. Bu hedef, 2020 yılı için 95 gr CO_2/km olarak belirlenmiştir [47].

Elektrikli ve içten yanmalı motorların CO_2 emisyonları hakkında yapılan yenilikler, izlenen politikalar ve gelişmelerin yanında bu motor türlerinin çevreye yaymış olduğu salınım miktarları incelenmiştir [47]. Bu inceleme doğrultusunda, elektrikli araçların da şarj olma süresince CO_2 emisyonu salgıladıkları, yalnızca yenilenebilir enerji kaynakları ile şarj

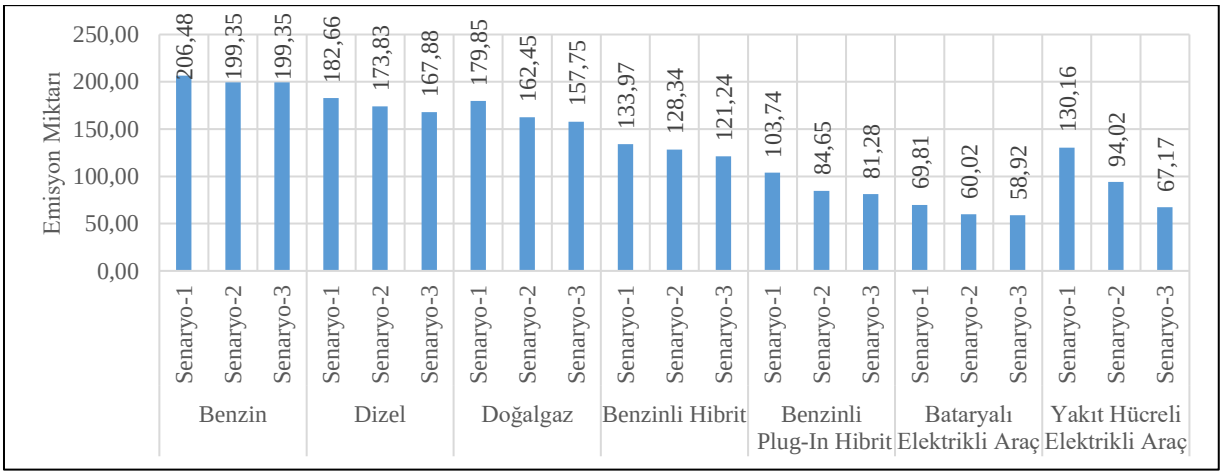
edildiklerinde CO_2 salgılamadıkları belirtilmiştir. Enerji üretiminin tüm mevcut olanakları dikkate alındığında, elektrikli araçlar kilometrede ortalama 60 gram CO_2 emisyonu ile içten yanmalı motorlu araçlara göre daha düşük CO_2 emisyonuna sahiptir.

Ortalama içten yanmalı motora sahip bir araç ile elektrikli araç arasında kilometrede yaklaşık 93 gr. (155-62) CO_2 emisyon farkının olduğu ve bir aracın yılda ortalama 20.000 kilometre yaptığı varsayıldığında, mevcut pazar hedefleri bağlamında 2017'ye kadar elektrikli araçların toplam 84.042 ton daha az CO_2 salarak çevreye katkıda bulunması mümkündür. Ülkemizde araç parkının tümünün elektrikli olması durumunda ise, karbon emisyonunun yılda yaklaşık 16 milyon ton azaltılması mümkündür [47].

Karbondioksit salınımı gibi çevreye zararlı etkisi oldukça fazla olan ve iklim değişikliğinin başlıca sebepleri arasında gösterilen sera gazına ilişkin yapılan incelemelerde de IEA'dan alınan verilere göre araç sınıfları 7 farklı türe ayrılmıştır. Her bir araç sınıfının salgılamış olduğu zararlı gazların değerlendirilmesine ilişkin IEA tarafından 3 farklı senaryo oluşturulmuştur.

Birinci senaryoda, ülkelerin mevcut ve belirtilen politikalarının etkisiyle, araçların zararlı gaz emisyonları hakkında değerlendirme yapılmıştır. İkinci senaryoda ise, ülkelerin, mevcut yakıt ekonomisi standartları, elektrikli araçları ve sıfır emisyonlu araçları benimsemesinin zararlı gaz emisyonları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Üçüncü ve son senaryoda ise 2050 yılında sıfır emisyona ulaşılmasının hedeflendiği takdirde araçların salınım yaptığı zararlı gazlardaki değişim hakkında değerlendirme yapılmıştır.

Bahsedilen senaryolar, her bir aracın motor gücü türüne göre ayrılarak karşılaştırılması Şekil 1.54'te verilmiştir.



Şekil 1.54 Sera Gazı Emisyon Miktarının (g) Senaryolara Göre Değişimi (IEA) [48]

Şekil 1.54'te anlaşılacağı üzere, Hibrit ve Batarya Elektrikli Araçların salgıladığı Sera Gazı emisyon miktarları fosil yakıtlı araçlara göre oldukça az seviyededir. Motor gücünün sağlanma türüne göre sınıflandırılan bu araç türleri her bir senaryo için karşılaştırılmış olup; mevcut durumu yansıtan Senaryo 1'in geliştirilen Senaryo 2 ve Senaryo 3 ile birlikte sera gazı emisyonu anlamında iyileştirildiği anlaşılmaktadır. Bu da ülkelerin oluşturacağı politikaların, elektrikli aracı benimsemelerinin, geliştirmelerinin ve sıfır emisyon hedefi koymalarının ne kadar önemli olduğunu kanıtlamaktadır.

Bahsedilen tüm bu bilgiler ile birlikte; içten yanmalı motora sahip bir araç ile elektrik motoru sahip bir araç karşılaştırıldığında Tablo 1.28 özet olarak gösterilebilir.

Tablo 1.28 Yakıt Pilli Araçların İçten Yanmalı Araçlara Göre Karşılaştırılması [49]

Özellik	İYM'li Araç	Yakıt Pilli Araç	Açıklama
Çevreye Karşı Duyarlı	Hayır	Evet	Yakıt Pilinde yakıt olarak hidrojen yakıldığından emisyon olarak sadece su açığa çıkar.
Yüksek Performans	Evet	Evet	Yakıt Pilli Araçların performansları İYM'li araçların performanslarına göre çok daha yüksektir. Örneğin İYM'li Ford Focusun gücü 110 BG iken, pilli Ford aracı 85 kW Ballard Mark 902 yakıt piline sahiptir ve bu aracın gücü 117 BG kadardır.
Düşük Bakım Maliyeti	Hayır	Evet	Yakıt Pilli Araçların çok az hareketli elemanı olduğundan konvansiyonel araçlar gibi yağ değiştirmeye bunun gibi diğer bakım gereksinimleri yoktur.
Düşük Gürültü	Hayır	Evet	Yakıt Pilli Araçların tüm gürültüsü hava kompresörü veya fanlardan kaynaklanmaktadır.
Yüksek Verim	Hayır	Evet	Yakıt pillerinin verimi karnot çevrimiyle sınırlandırılmamıştır. Yakıt pilli araçlarda mekanik sürtünmelerden dolayı oluşan kayıplar İYM'ler kadar fazla değildir.
Yüksek Ağırlık	Hayır	Evet	Mevcut teknoloji ile yakıt pili ve diğer donanımları araç ağırlığına olumsuz yönde etki edecek durumdadır.
Yüksek Maliyet	Hayır	Evet	Kullanılan pahalı katalizörler yakıt pili birim maliyetlerini oldukça yükseltmektedir.

1.6 ELEKTRİKLİ ARAÇ SEKTÖRÜNE SAĞLANAN DESTEKLER

Elektrikli araçların ulaşımdan kaynaklı karbon salınımının azaltılmasına ciddi katkıları olmaktadır. Ayrıca fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi, fosil kaynaklı yakıtların birim fiyatlarının artmasına ve elektrikli araçlarla yapılan yolculukların daha ekonomik olmasına neden olmaktadır. Bu durum, kullanıcıların elektrikli araca yönelmesine ve elektrikli araç sayısının her geçen gün daha hızlı artmasına yol açmaktadır. Elektrikli araç sayısının artmasıyla beraber, elektrikli araç şarj istasyonlarına duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Elektrikli araç sayısının artmasını destekleyecek en önemli çalışma ise şarj istasyonu altyapısının güçlendirilmesi olacaktır. Bu yüzden elektrikli araçlara sağlanan destekler kapsamında şarj istasyon kurulumuna yönelik destekler de bu kapsamda incelenmiştir.

Paris İklim Anlaşmasıyla beraber iklim değişikliği ile mücadele etmek isteyen ülkelerin ilk aksiyonlarından birisi, Sıfır Emisyonlu Araçlara geçişi hedefine yönelik çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda başta Çin, Avrupa ülkeleri ve ABD olmak üzere çoğu ülke elektrikli araç kullanımını yaygınlaştırmak adına politikalar geliştirmekte ve vatandaşlarını bu konu hakkında teşvik etmektedir. Bu teşvikler kimi zaman elektrikli araç satın alma tedariğinde yapılan vergi indirimleri, kimi zaman ise yönetmeliklere eklenen elektrikli araç şarj istasyonlarına ilişkin ibareler ile olmaktadır.

Çin

Sayısı 1 milyonun üzerinde olan elektrikli araç şarj istasyonu ile Çin, dünyanın en geniş elektrikli şarj istasyonu ağına sahip ülkedir. Çin hükümeti 2022 yılında, 10 bakanlığın iş birliği ile elektrikli araç şarj altyapısı hizmetlerini geliştirmeye yönelik bir kılavuz yayınlamıştır. Daha sonra hükümet şarj altyapısı için gerekli olan enerjiyi temin etmek, AR – GE çalışmalarını yürütmek, şarj tesislerini ve pil teknolojisini geliştirmek için ekonomik sübvansiyonlar sağlayacağını duyurmuştur. Bunun yanı sıra hükümet, elektrikli araç şarj altyapısı hedefleri, şarj altyapısını geliştirmek için alınacak tedbirler ve sağlanacak teşviklerin de yer aldığı 14. Beş Yıllık Planını açıklamıştır. Ayrıca Çin Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, pil değiştirme teknolojilerine yönelik 11 farklı şehirde pilot uygulamalar başlatmıştır.

Avrupa Birliği

Avrupa Birliği ülkeleri, elektrik araç sektöründe Çin'in ardından en yüksek pazar payına sahip ülkelerdir. Avrupa Birliği, elektrikli araç kullanımını daha fazla yaygınlaştırmak adına sürekli girişimlerde bulunmakta ve konu için ciddi ekonomik kaynaklar ayırmaktadır. IEA'ya göre

Avrupa Birliği 2025 yılına kadar 1 milyon, 2030 yılına kadar 3 milyon halka açık şarj istasyonu kurmayı hedeflemekte ve bunun için 20 milyar Euro ödeneğe ihtiyaç duyulacağını belirtilmektedir. Ayrıca Avrupa Birliği tarafından, Trans – Avrupa Ulaştırma ağı üzerinde hızlı şarj istasyonları ve hidrojen yakıt istasyonları için 2023 yılının sonuna kadar 1,5 milyar Euro ödenek kullanıma sunulacağı açıklanmıştır. Bununla birlikte Almanya, İtalya, Fransa ve Belçika gibi Avrupa Birliği üyeleri, 2021 yılında Avrupa Birliği tarafından sağlanan 672,5 milyon Euro'luk teşvik paketinden yararlanarak elektrikli araç şarj altyapılarını geliştirmek için ciddi fonlar ayırmıştır. Tüm bunların yanı sıra Norveç, Hollanda, Fransa vb. gibi bazı Avrupa ülkelerinde elektrik araç satın alımlarında indirimler ve vergilerden muafiyet gibi birtakım teşvikler de bulunmaktadır.

Amerika

Birleşik Devletlerin elektrikli araç sektörüne sağladığı destekler her geçen gün artarak devam etmektedir. Amerikan hükümeti tarafından 2021 yılında kabul edilen Altyapı Yatırımı ve İstihdam Yasası'nda, Ulusal Elektrikli Araç Altyapısı Formül Programı'na yer verilmiştir. Söz konusu programa göre, eyaletler arası otoyollarda elektrikli araç alt yapısı geliştirmek adına 5 milyar ABD Doları fon tahsis edilmiştir. Buna ek olarak, Elektrikli Araç Şarj Eylem Planı'na göre, kırsal alanlarda elektrikli şarj istasyonlarını geliştirmek için 2,5 milyar ABD Doları kaynak ayırmıştır. Ayrıca ABD hükümetinin 500.000 elektrikli araç şarj istasyonu kurma hedefi bulunmaktadır.

Birleşik Krallık

Birleşik Krallık Hükümetinin yayınladığı, Taking Charge: The Electric Vehicle Infrastructure Strategy Raporuna göre hükümet 2020 yılından bu yana elektrikli araç şarj istasyonu altyapısını geliştirmek adına 1,6 milyar İngiliz Sterlini kaynak ayırmıştır. Hükümetin diğer yatırımları arasında, belediye gibi yerel yönetimlerin şarj altyapısını geliştirmek için ayrılan 500 milyon İngiliz Sterlini ödeneği de bulunmaktadır. Ayrıca özel park alanı bulunmayan elektrikli araç kullanıcılarının, araçlarını şarj edebilmesi için sokaklara şarj istasyonu kurulması adına 20 milyon İngiliz Sterlini ödenek de İngiliz Hükûmetinin elektrikli araçların kullanımının yaygınlaştırılması adına sağladığı teşviklerden biridir.

Japonya

Japonya, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve pazarlanması bakımından dünyanın ileri gelen ülkelerindendir. Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması adına önemli çalışmaları bulunan Japonya, 2030 yılına kadar 150.000 şarj istasyonu kurmayı hedeflemektedir. Sıfır

emisyonlu araçlar için toplam 372 milyon ABD Doları tahsis eden Japonya, bu miktarın yaklaşık 144 milyon ABD Dolarını elektrikli araç şarj istasyonları ve hidrojen yakıt ikmal istasyonları için ayırmıştır.

Güney Kore

Güney Kore de Japonya gibi dünyanın ileri gelen teknoloji üreticisi devletlerindendir. 2021 yılında normal şarj istasyonları için 21 milyon ABD Doları fon tahsis eden Güney Kore, bu rakamı 2022 yılında 65 milyon ABD Doları'na çıkarmıştır. Hızlı şarj istasyonları için ise 2021 yılında yaklaşık 4 milyon ABD Doları harcayan Güney Kore, 2022 yılında bu rakamı yaklaşık 32 milyon ABD Doları'na çıkarmıştır. Yaklaşık 8 katına çıkan bu kaynaktan da anlaşıldığı üzere Güney Kore son yıllarda elektrikli araç ağını geliştirmek için oldukça fazla çaba sarfetmektedir.

Türkiye

Ülkemizde Paris İklim Anlaşması ile beraber sıfır emisyon araçlara geçiş hızlandırılmıştır. Bu kapsamdaki en önemli atılım, yerli ve elektrikli otomobil (TOGG) üretimine geçiştir. Bunun yanı sıra Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından elektrikli araç şarj istasyonu altyapısını geliştirmek adına hibe programı başlatılmıştır. Bu programa göre 81 ilin tamamında bir yılda 1500'den fazla yüksek hızlı şarj istasyonu kurmak için yaklaşık 300 milyon TL (₺) ödenek oluşturulmuştur. Ayrıca, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 2022 yılında yapılan Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı Elektrikli Araçlar İçin Şarj İstasyonları Çağrısı'nda elektrikli araç şarj istasyon kurmak ve işletmek isteyen firmalar için farklı teşvikler sunulmuştur. Bu program ile hızlı şarj istasyonu kurulumuna %75'e varan hibe desteği verilecektir. Program kapsamında, ilçe ve karayolu detayında belirlenen asgari yatırımlara yönelik yatırım paketleri de sunulmaktadır. Söz konusu çağrı duyurusunun amacı ve kapsamı Tablo 1.29 'da verilmiştir.

Tablo 1.29 2022 Yılı Elektrikli Araçlar için Hızlı Şarj İstasyonları Çağrı Duyurusu (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı)

Çağrı Amacı	Bakanlık tarafından hazırlanan elektrikli araç gelişim öngörülerine göre il – ilçe detayında belirlenmiş şarj altyapısı ihtiyacının giderilmesine yönelik kurgulanmıştır. Çağrı kapsamında verilecek destekler ile hızlı şarj ünitelerinin sayısı artırılacaktır. Çağrı aynı zamanda, elektrikli araç kullanıcılarının alternatifli şarj imkanları ile kaliteli ve uygun fiyatlı hizmete erişmelerinin temin edilmesini ve yerli şarj cihazı üreticilerinin gelişimine katkı sağlanmasını da amaçlamaktadır
Çağrı Konusu ve Kapsamı	Elektrikli araçlar için şarj istasyonlarının kurulumuna yönelik tüzel kişilerce yapılacak yatırımlar desteklenmesi

Ülkemizde elektrikli araç şarj istasyonlarına ilişkin faaliyetlerden Enerji ve Piyasa Düzenleme Kurulu (EPDK) sorumludur. EPDK tarafından yayınlanan Şarj Hizmeti Yönetmeliği'nde bu husus açıkça belirtilmektedir. Söz konusu yönetmeliğin yanı sıra Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Otopark Yönetmeliği'nde yeni yapılacak yapıların otoparklarının kapasitesinin en az %5'ini elektrikli şarj istasyonlarına tahsis edilmesi gerekliliği belirtilmiştir.

Elektrikli araçların kullanımının arttırılmasına yönelik teşviklerden bir diğeri ise elektrikli araç alımlarından uygulanan vergi düzenlemeleridir. 2011 yılında uygulanmaya başlanan ÖTV oranları 2021 yılında yeni bir düzenleme ile yeniden yükseltilmiştir [9]. Tablo 1.30'da elektrikli araçlara yönelik ülkemizdeki ÖTV teşviklerinin özeti verilmiştir.

Tablo 1.30 Türkiye'deki Elektrikli Araçlara Yönelik ÖTV Düzenlemeleri [50]

Tarih	Değişiklik Metni / Teşvik
25.02.2011	Tam elektrikli araçlar için motor gücü 85 kW'i geçmeyenler %3, motor gücü 85 kW'i geçip, 120 kW'i geçmeyenler %7, diğerleri ise üstü %15 ÖTV oranına tabi tutuldu.
7.09.2016	Bu düzenleme ile hibrit otomobiller de düzenlemeye tabi tutuldu. Buna göre, elektrik motoru da olanlardan motor gücü 50 kW'i geçip motor silindir hacmi 1.800 cm3 geçmeyenler için %90 ve elektrik motor gücü 100 kW'i geçip motor silindir hacmi 2.500 cm3'ü geçmeyenler için %145 oranında ÖTV alınmasına karar verilmiştir.
5.10.2016	Bu düzenleme ile elektrik motoru da olanlardan elektrik motor gücü 50 kW'ı geçip motor silindir hacmi 1.800 cm3'ü geçmeyenler için %90 olan oran %45'e, elektrik

Tarih	Değişiklik Metni / Teşvik
	motoru da olanlardan elektrik motor gücü 100 kW'ı geçip motor silindir hacmi 2.500 cm3'ü geçmeyenler %145 olan oran ise % 90'a düşürülmüştür.
25.11.2016	Bu düzenleme ile hibrit otomobillerin ÖTV oranının belirlenmesinde aracın vergisiz fiyatı da bir kriter olarak belirlenmiştir. Buna göre elektrik motoru da olanlardan elektrik motor gücü 50 kW'ı geçip motor silindir hacmi 1.800 cm3'ü geçmeyenler %e 60, ÖTV matrahı 50.000 TL'yi aşmayanlar için %45, 80.000 TL'yi aşmayanlar için ise %50 oranının uygulanacağı belirtilmiştir. Elektrik motoru da olanlardan elektrik motor gücü 100 kW'ı geçip motor silindir hacmi 2.500 cm3 'ü geçmeyenler %110, elektrik motoru da olanlardan elektrik motor gücü 100 kW'ı geçip motor silindir hacmi 2.000 cm3 ile 2.500 cm3 arasında olanlardan ÖTV matrahı 100.000 TL'yi aşmayanlar için %100 olarak belirlenmiştir.
1.01.2018 24.09.2018	İki tarih itibariyle motorlu taşıtların ÖTV oranının hesaplanmasında kullanılan, aracın ÖTV matrahı değerlerinde artışa gidilmiştir.
31.10.2018	287 nolu Cumhurbaşkanı kararı ile hibrit otomobillerin de ÖTV oranında indirim yapılmıştır. Buna göre motor gücü 50 kW'ı geçip motor silindir hacmi 1800 cm3 geçmeyenler için ÖTV matrahı 85.000 TL'yi aşmayanlar %30, ÖTV matrahı 85.000 TL'yi aşıp 135.000 TL'yi aşmayanlar %35, diğerleri ise %60 olarak belirlenmiştir.
1.07.2020	Yapılan düzenleme ile motor gücü 50 kW'ı geçip motor silindir hacmi 1800 cm3 geçmeyenler için ÖTV matrahı 85.000 TL'yi aşmayanlar %45, ÖTV matrahı 85.000 TL'yi aşıp 135.000 TL'yi aşmayanlar %50, diğerleri ise %60 olarak belirlenmiştir. Böylece hibrit otomobillerde ÖTV oranı yükseltilmiştir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında, iklim değişikliğinin azaltılması, adaptasyonu ve finansmanı hakkında 2015 yılında imzalanan ve 2016 yılında yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşmasıyla beraber, Avrupa Birliği ve Birleşmiş Milletler gibi uluslararası topluluklar ve uluslararası finans kuruluşları ülkelerin emisyon azaltma hedefleri için birtakım teşvikler ve fonlar sağlamaktadır. Ülkemizdeki elektrikli araçların kullanımına yönelik sağlanan teşviklerin bazıları da yurtdışı kaynaklı sağlanan bu desteklerdir. Söz konusu desteklerin içerisinde Avrupa İmar ve Kalkınma Bankasının ülkemizdeki elektrik dağıtım

şebekesini iyileştirmek ve elektrikli araçların şarj altyapısını geliştirmek adına sağladığı 110 milyon Amerikan Doları hacmindeki fondur [51]. Ülkemize sağlanan bir diğer uluslararası destek ise Dünya Bankası fonu ile finanse edilen "Türkiye'deki Elektrikli Araç Şarj Altyapısının Yaygınlaştırılması ve Elektrikli Mobilite Teknolojilerinin Gelişiminin Desteklenmesi" projesidir. Söz konusu proje Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yürütülmüş ve Dünya Bankası tarafından fonlanmıştır. Çalışma MRC TÜRKİYE şirketinin liderlik ettiği konsorsiyum tarafından gerçekleştirilip 4 ay sürmüştür. 5 Mayıs 2021 tarihinde tamamlanan proje ile ülkemizde elektrikli araç şarj altyapısına yönelik çeşitli araştırmalar yapılmış, kurumsal güçlendirmeler üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir [52].

Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın ülkemizdeki elektrikli araç parkının arttırılması ve şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik yaptığı çalışmalardan bir diğeri ise On Birinci Kalkınma Planı ve 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi hedefleri doğrultusunda hazırlanan "Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası" strateji belgesidir. Söz konusu belgede elektrikli, bağlantılı, otonom araçlar için de alt strateji hedeflerini ve bu hedeflerin hayata geçirilmesi için gerekli politika, eylem planları ve yönetişim mekanizmaları ortaya konmuştur [53]. Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrikli araç ve elektrikli araç altyapısına ilişkin hedefler Tablo 1.31'de verilmiştir.

Tablo 1.31 Elektrikli Araç ve Elektrikli Araç Şarj Altyapısı Projeksiyon Yıllarına Yönelik Hedefler [53]

HEDEFLER	2023	2025	2030
ELEKTRİKLİ ARAÇ		1'den fazla elektrikli binek araç ve hafif ticari araç üreticisi çıkarmak ve ihracatını yapmak	Elektrikli araç yerlilik oranında en az %75'e ulaşmak
	Hafif ticari araçta başta olmak üzere elektrikli araç satışı Pazar payını %7,5'a çıkarmak	Elektrikli araç satışı Pazar payını %10'a çıkarmak	Elektrikli araç pazar payını %35'e çıkarmak
	Elektrikli araç stokunda yaklaşık 110 bin adet araca ulaşmak	Elektrikli araç stokunda yaklaşık 402 bin adet araca ulaşmak	Elektrikli araç stokunda ise yaklaşık 2,5 milyon adet araca ulaşmak
	Mikromobilite alanında uluslararası marka olan 3 uygulama geliştirmek		Mikromobilite alanında geliştirilen çözümler ile ihracat yapmak ve bu sıralamada dünyada ilk 5'te olmak
ALTYAPI	Kamuya açık toplam 18 bin şarj soketi (%21'i DC olmak üzere) kurmak	Kamuya açık toplam 53 bin şarj soketi (%30'u DC olmak üzere) kurmak	Kamuya açık toplam 251 bin şarj soketi (%35'i DC olmak üzere) kurmak
	Elektrik şebekesi altyapı yatırımlarını şarj istasyonu ihtiyacını da dikkate alarak yapmak (yıllık 4,3 milyar kWs yüke ulaşması beklenmektedir)	Elektrikli araçların şebeke yüküne göre alternatif enerji kaynakları geliştirmek	Elektrik şebekesi altyapısının elektrikli araçların enerji yüküne göre geri dönüşüm kaynaklarından faydalanması için geliştirme ve yatırım yapmak

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrikli araç satın alımlarına ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.32'de verilmiştir.

Tablo 1.32 Elektrikli Araç Satın Alımlarına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M1. Elektrikli Araç Alımları Desteklenecektir.	**M1.1** Elektrikli araçlarda ÖTV, MTV vergilerinin aracın teknik özellikleri dikkate alınarak bütçe gerekleri ve disiplini çerçevesinde etki analizi yapılması ile 2022'den 2025'e kadar elektrikli araç alımlarında kademeli olarak destekleyici düzenlemeler yapılması.	Hazine ve Maliye Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı	2022-2025
	M1.2 Elektrikli araç alımını desteklemek için finansman desteklerinin belirlenmesi kapsamında • Düşük faizli finansman desteğinin verilmesi, • Şirketlerin, filoların, kargo hizmeti sunan, kısa mesafe teslimat yapan ve kiralama şirketlerinin, taksi ve dolmuşların elektrikli araç kullanımına vergi indirimleri ve uygun finansman seçenekleri ile destek verilmesi ve etki analizinin yapılması, • İkinci el elektrikli araç piyasasının oluşturulması, • Ömrü dolan araçların ikamesi ile ilgili düzenlemeler yapılması.			
	M1.3 Elektrikli araç kullanımını teşvik etmek amacıyla markalara AB uygulamasında olduğu gibi emisyon ticareti imkânı sağlanması için etki analizi yapılarak gerekli düzenlemelerin gerçekleştirilmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, STK'lar (OYDER vb.)	2022-2030

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
	M1.4 Özellikle kamu toplu taşıma ve şehir içinde kullanılan hizmet araçlarının (otobüs, minibüs, çöp kamyonu, temizlik kamyonetleri gibi) elektrikli araca dönüşümü, alım ve kiralamaların SİP ile gerçekleştirilmesi için gerekli çalışmaların yapılması.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı-İller İdaresi Genel Müdürlüğü, Devlet Malzeme Ofisi, İlgili Belediyeler	2022-2025
	M1.5 Kamu alım ve kiralamalarında yerli elektrikli (ve hibrit) araç alımının kademeli olarak zorunlu hale getirilmesi için gerekli düzenlemelerin ilgili kurumlar tarafından yapılması.	Hazine ve Maliye Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı- Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü, İçişleri Bakanlığı-İller İdaresi Genel Müdürlüğü, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Devlet Malzeme Ofisi, İlgili Belediyeler	2022-2023

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrikli araç kullanımına ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.33'te verilmiştir.

Tablo 1.33 Elektrikli Araç Kullanımına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M2. Elektrikli Araç Kullanımı Desteklenecektir.	**M2.1** Enerji ihtiyacının belirlenmesi için hibrit araçlar ile aynı kategoride satış takibi yapılan fişli hibrit araçlar (PHEV) için ayrı bir kategori tanımlanması.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Adalet Bakanlığı- Türkiye Noterler Birliği, İçişleri Bakanlığı- Emniyet Genel Müdürlüğü	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu	2022-2023
	M2.2 Elektrikli (ve hibrit) ve mikromobilite araçların avantajları konusunda halkın bilinçlendirilmesi için tanıtım faaliyetleri ve seminerler düzenlenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı - Emniyet Genel Müdürlüğü	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Türkiye Noterler Birliği, Türkiye İstatistik Kurumu, STK'lar, Üniversiteler	2022-2023

	M2.3 Mikromobilite kapsamında yer alan iki-üç tekerlekli motosiklet, bisiklet, skuter gibi yeni nesil araçların kullanımını artırmak için gerekli izin ve düzenlemelerin (ruhsatlandırma, kullanım ve yol düzenlemeler vs.) yapılması.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı -Emniyet Genel Müdürlüğü	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Noterler Birliği, TÜİK	2022-2023
	M2.4 Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmasını etkileyecek düzenlemelerin (otopark, köprü, otoyol vb.) kullanımında indirim uygulamaları ya da öncelik hakkı vb.) ilgili Bakanlıklarla iş birliği içinde yapılması.	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Noterler Birliği, TÜİK	2022-2023

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrikli araç üretim teşviklerine ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.34'te verilmiştir.

Tablo 1.34 Elektrikli Araç Üretim Teşviklerine Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
Elektrikli Araç Üretim Yatırımı Teşvik Edilecek ve Yeni Yatırımlar Özendirilecektir.	**M3.1** AB mevzuatı ile eş zamanlı olarak Euro 7'ye geçişi sağlayan düzenlemeler yapılarak ihracat pazarı ile iç pazara yönelik üretimin uyumlu hale gelmesinin desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Ticaret Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı-AB Başkanlığı, Otomotiv Sanayii Derneği (OSD)	2022-2023
	M3.2 EU 2019/631 sayılı AB mevzuatının (CO_2) emisyon aşım limitleri ile ilgili) uyumlaştırılmasını teminen gerekli düzenlemelerin 2872 sayılı Çevre Kanunu'na eklenmesi için çalışmaların koordine edilmesi.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı-AB Başkanlığı, OSD	2022-2023
	M3.3 Yeni yatırımlara ve mevcut üreticilerin elektrikli model yatırımlarına proje bazlı kamu desteği verilmesi kapsamında; büyük ölçekli otomotiv ana sanayine, yatırımın tutarına ve Ar-Ge yatırımlarına bağlı olarak iç pazardaki tedarikçi gelişimini ele alan etki analizi ile vergi muafiyeti/indirimi, kamu alım garantisi benzeri desteklerin tanımlanması.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, OSD	2022-2023

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
	M3.4 Ağır vasıta ve otobüslere yönelik M3.3'te bahsedilen teşvik modelinin tanımlanması; mikromobilite kapsamında ise iç pazardaki tedarikçi gelişimini ele alan etki analizi yapılması, ihracat ve Ar- Ge odaklı teşviklerin tanımlanması.		Hazine ve Maliye Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, OSD	

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrikli araç batarya sektörüne ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.35'te verilmiştir.

Tablo 1.35 Elektrikli Araç Batarya Sektörüne Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M4. "Bölgesel Batarya Üretim Merkezi" olunacaktır.	**M4.1** Mobilite Araç ve Teknolojileri Program Ofisi'nin koordinasyonunda kritik projeler (1. Batarya ve Yenilikçi Enerji Teknolojileri Kritik Projeler) için yatırım çağrıları yapılması, şirketler ve konsorsiyumların başvuruları değerlendirilerek yatırımlarının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, TÜBİTAK RUTE, STK'lar (OSD, TAYSAD, vb.), TSE	2022-2030
	M4.2 Batarya modül ve paketi geliştirilmesi ve üretim yatırımı yapılmasının desteklenmesi.			
	M4.3 Batarya paketi alt bileşenlerinin (mekanik, elektriksel, termal, yazılım) geliştirilmesi ve üretim yatırımı yapılmasının desteklenmesi.			
	M4.4 Firmanın ortak ya da lisanslama yolu ile batarya hücresi yatırımı yapmasının desteklenmesi.			
	M4.5 Kimya firmalarının aktif olmayan malzeme (bakır, alüminyum, elektrolit) üretim yatırımlarını tamamlamasının desteklenmesi.			
	M4.6 Batarya modülü termal ve mekanik, paketleme elektriksel test merkezlerinin kurulmasının desteklenmesi.			

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
	M4.7 Batarya hücre yatırımının tamamlanarak pazara sunulmasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Ticaret Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2025-2030
	M4.8 Yakıt pilleri başta olmak üzere yeni batarya teknolojilerinin, modül ve alt bileşenlerinin araştırma-geliştirme, uygulama ve ticarileştirme faaliyetleri ile uluslararası iş birliklerinin desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	TÜBİTAK MAM, Üniversiteler, Araştırma Altyapıları	2022-Sürekli
	M4.9 Hidrojen yakıt pili konusunda strateji ve yol haritası çalışması yapılması. Akademi ve özel sektör arasında iş birliğinin geliştirilmesi ve ülkemizin 'temiz hidrojen ekonomisi' için kurulmakta olan tedarik zincirinde yer almasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2022-2025

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan geri dönüşüm yatırımlarına ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.36'da verilmiştir.

Tablo 1.36 Geri Dönüşüm Yatırımlarına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M5. İkincil Kullanım / Geri dönüşüm yatırımları desteklenecektir.	**M5.1** Geri dönüşüm tesisi yatırımları fizibilitesi yapılarak belirli bir program dâhilinde desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2022-2025
	M5.2 İkinci el bataryanın enerji depolamada kullanım modellerinin geliştirilmesinin desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TÜBİTAK, Üniversiteler, Araştırma Altyapıları	2022-2025
	M5.3 Geliştirilecek ikinci el batarya enerji depolama kullanım modellerinin uygulamaya geçmesi için gerekli düzenlemelerin yapılması ve ticarileşmesinin desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	2025-2030
	M5.4 Batarya başta olmak üzere araç yapımında kullanılan (lityum, kurşun, kobalt, nikel, doğal grafit, alüminyum vb.) hammaddelerin, geri dönüşüm ya da yeniden kullanım süreçlerinden elde edilmesine yönelik olarak; ülkemize en uygun yöntemin tespit edilmesi, gereken geliştirme ve uygulama yatırımlarının yapılmasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, TÜBİTAK	2022-2025
	M5.5. Elektrikli ve hibrit araç bataryaları konusunda mevzuat çalışmasının yapılması.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	2022-2023

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrifikasyon teknolojilerine ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.37'de verilmiştir.

Tablo 1.37 Elektrifikasyon Teknolojilerine Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M6. Elektrifikasyon Teknolojilerini üreten seviye 1-2 tedarikçilerin gelişmesi sağlanacaktır.	**M6.1** Elektrik motoru, invertör, DC/DC dönüştürücü, ısıtıcı, AC kompresör, yerleşik şarj cihazları, termal yönetimi, şarj cihazı gibi kritik bileşenlerde sistemden platforma teknoloji ve ürün geliştirmeyi sağlamak için ekosistem oluşturulmasını destekleyen Orijinal Ekipman Üreticisi (OEM), Seviye 1-2 tedarikçiler ve üniversitelerin yer aldığı, ürün geliştirme ve ticarileştirmenin yanında, alanda uzman insan kaynağı yetiştirmenin de hedef olarak verildiği çağrılar düzenlenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Ticaret Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, Savunma Sanayi Başkanlığı, KOSGEB, TÜBİTAK, EXIMBANK, STK'lar	2022-2023
	M6.2 Belirlenecek donanım, yazılım ve iletişim standartlarına göre şarj cihazı üretim yatırımlarının yapılmasının desteklenmesi; desteklerin yerlilik oranının 2025'te %75'e çıkmasını sağlayacak şekilde yapılandırılması.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, TÜBİTAK, BTK, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2022-2025
	M6.3 Toplu taşıma araçlarının hızlı şarj edilmesi için şarj cihazı ve teknolojisi geliştirilmesinin ve üretim yatırımlarının yapılmasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TÜBİTAK, İlgili Belediyeler	2022-2023
	M6.4 Elektrik motoru, invertör, DC/DC dönüştürücü, yerleşik şarj cihazları, termal yönetimi, AC kompresör, şarj cihazı, araç içi güç dağıtım ünitesi gibi kritik bileşenlerde teknoloji geliştirerek üretim yapan tedarikçilerin kapasite artırımı ve ihracat yapmasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Ticaret Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2022-2025

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
	M6.5 OEM ve Seviye 1 tedarikçilerinin yurtdışı merkezlerinde yürütülen Ar-Ge çalışmalarını Türkiye'deki üniversitelerle ortak yürütmelerinin desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	TÜBİTAK, Üniversiteler, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2022-2025

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan ileri malzeme destek programına ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.38'de verilmiştir.

Tablo 1.38 İleri Malzeme Destek Programına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M7. İleri Malzeme Destek Programı başlatılacaktır.	**M7.1** Otomotiv, tren ve/veya gemi üretimine uygun yüksek mukavemetli çelik tedariki/üretimi ve mekanik karakterizasyonuna yönelik simülasyon ve deneysel doğrulama altyapısı için fizibilite çalışması yapılarak bir program dahilinde yatırım yapılmasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TÜBİTAK TÜSSİDE, Araştırma Altyapıları, Üniversiteler, STK'lar	2022-2025
	M7.2 Araç (otomotiv, savunma, uzay ve havacılık sektörlerinde) hafifleştirme için alüminyum levha alaşımları, süper iletkenler, süper alaşımlar ve yenilikçi diğer malzemelerin tedariki/üretimi ile ilgili fizibilite çalışması yapılarak bir program dâhilinde desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TÜBİTAK TÜSSİDE, Araştırma Altyapıları, Üniversiteler, STK'lar, Savunma Sanayi Başkanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi	2022-2025
	M7.3 Hafif metaller için ısıl işlem sistemlerinin sayısı sektör ihtiyacını karşılayacak şekilde belirlenerek bir program dâhilinde artırılmasının desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Savunma Sanayi Başkanlığı, TÜBİTAK TÜSSİDE, Araştırma Altyapıları, Üniversiteler, Sivil Toplum Kuruluşları	2022-2025
	M7.4 Magnezyum alaşımlarının döküm, dövme ve ekstrüzyon ve benzeri süreçleri araştırma ve yatırım altyapılarının, mevcut çalışmalar ile koordineli olarak desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Savunma Sanayi Başkanlığı	2022-2025

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
	M7.5 "İleri Malzeme Destek Programı'nın BTYPK İleri Malzeme Teknolojileri Yol Haritası ve yukarıda belirtilen fizibilitelerin sonucunu da dikkate alacak şekilde hazırlanması; temel/uygulamalı araştırma altyapısı ihtiyacını karşılamak için üniversitelerin hedef tanımlanarak desteklenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	TÜBİTAK, Üniversiteler, STK'lar, KÜSİP, Araştırma Alt Yapıları	2022-2025

Mobilite Araç ve Teknolojilerinin Yol Haritası belgesinde yer alan elektrikli araçlar şarj altyapısına ilişkin politika ve eylem planları Tablo 1.39'da verilmiştir.

Tablo 1.39 Elektrikli Araçlar Şarj Altyapısına Yönelik Politika ve Eylem Planları [53]

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
M8. Elektrikli araçlar için şarj altyapısı tamamlanacaktır.	**M8.1** Elektrikli araç şarj istasyonları için gerekli yatırımların yapılması ve sektör ile birlikte elektrik şebekesi kurulacak alanlardaki altyapı yatırımlarının planlanması.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, İlgili Belediyeler	2022-2023
	M8.2 Şarj altyapısında farklı işletmecilerin birlikte çalışabilirliğini temin için çerçeve mimarilerinin (yazılım, donanım, aplikasyon vb.) belirlenmesi kapsamında: • Şarj cihazlarının yerli, yabancı aparatlar dâhil standartlarının belirlenmesi ve akreditasyonunun yapılması, • Farklı istasyonlarda bulunan cihazlar arasında bağlantı sağlanarak elde edilen veriler ile şebeke verimliliğinin ve ihtiyacın takip edilebilmesi için "bağlantılı cihazlar" standardına alınması.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TSE	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü	2022-2023
	M8.3 Şarj istasyonlarının kurulumunda, işletmesinde ve şarj donanımlarında birlikte çalışabilirlik ile ihtiyaç duyulan asgari gereksinimler ve standartların belirlenmesi kapsamında: • Şarj istasyonlarının ve şarj cihazlarının, uzaktan ve yerinde denetim şartlarının ve yaptırımlarının belirlenmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TSE	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı- Meslek Hizmetler GM, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK BİLGEM, TÜBİTAK Enerji Enstitüsü	2022-2023

Hedefler	Politika ve Eylem Planları	Koordinatör Kurumlar	İlgili Kurum ve Kuruluşlar	Zaman
	M8.4 Şarj istasyonlarının pazar gelişiminde teşviklerin gözden geçirilmesi ve önerilerin oluşturulması kapsamında • Şarj istasyonunda kullanılacak cihaz ve yazılımlarda minimum yerlilik oranının belirlenmesi, verilecek yatırım ve işletme teşviklerinde kullanılan ürünlerin yerlilik oranının dikkate alınması, • Şarj cihazlarının yazılım ve donanımının geliştirilmesi ve üretimi için teşvik verilmesi, • Kamu tarafından kurulacak şarj istasyonlarının (cihazlar, kablolar vs.) Sanayi İşbirliği Projeleri (SİP) uygulamasına tabi olarak gerçekleştirilmesi için ilgili kurumlar nezdinde bilgilendirme faaliyetleri yapılarak işbirliği olanaklarının değerlendirilmesi.	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İlgili Belediyeler	2022-2023
	M8.5 Zamana, bölgelere ve şehirlere göre elektrikli araçların gelişimi ve buna bağlı olarak şarj istasyonları ve şarj noktaları için gelişim projeksiyonunun her iki yılda bir yapılması.	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- EPDK	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı	2022-2030

Ayrıca mevcut durum analizi çalışmaları kapsamında, uzman görüşleri doğrultusunda ülkemizdeki elektrikli araç ekosistemine yönelik GZFT Analizi hazırlanmıştır. Söz konusu GZFT Analizi Tablo 1.40'ta verilmiştir.

Tablo 1.40 GZFT Analizi

GZFT Analizi	
Güçlü Yönleri	• **Çevre Dostu:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha çevre dostudur. Bu araçlar, araç sahipleri için daha düşük bir karbon ayak izi sağlar ve atmosferik kirliliği azaltır. Ayrıca hava kalitesini artırarak çevreyi korur. Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha az karbondioksit (CO_2) emisyonu üretirler. Elektrikli araçlar, bataryalarını şarj etmek için kullanılan elektrik enerjisi kaynaklarına bağlı olarak farklı seviyelerde karbon ayak izine sahip olabilirler. Ancak, fosil yakıtlara kıyasla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı arttıkça, elektrikli araçların karbon ayak izi de azalacaktır. • **Daha Az Yakıt Tüketimi:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlarla karşılaştırıldığında daha az enerji tüketirler. Bu da araç sahiplerine daha düşük bir yakıt maliyeti sağlar. Aynı zamanda enerji verimliliği açısından da elektrikli araçlar daha iyi bir seçimdir. • **Daha Az Bakım Gerektirir:** Elektrikli araçların, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha az hareketli parçası vardır ve bunun sonucunda daha az bakım gerektirirler. Elektrikli araçlarda yağ değişimi, buji değişimi ve diğer bakım işlemleri yapılması gerekmeyebilir. • **Daha Az Ses:** Elektrikli araçlar, diğer araçlara kıyasla daha az gürültülüdür. Bu da sürücü ve yolcuların daha sessiz bir sürüş deneyimi yaşamasını sağlar. • **Daha Farklı Sürüş Deneyimi:** Elektrikli araçlar, sürücüler için daha farklı bir sürüş deneyimi sunar. Elektrik motorları, anında güç sağladığı için sürüş daha hızlı ve daha akıcı hale gelir. • **Daha Az Isı Üretir:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha az ısı üretirler. Bu da araç içindeki sıcaklığı azaltarak sürücüler ve yolcular için daha rahat bir sürüş deneyimi sağlar. • **Uzun Ömürlü Batarya:** Elektrikli araçların bataryaları, geleneksel araçlardaki akülerden daha uzun ömürlüdür. Bu, araç sahiplerine daha uzun süreli kullanım sağlar ve batarya değişim maliyetlerini azaltır. • **Yüksek Performans:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara göre daha yüksek performans gösterir. Elektrikli motorlar, geleneksel motorlara göre daha yüksek tork sağlamaktadırlar.

GZFT Analizi	
	• **Enerji Geri Kazanımı:** Elektrikli araçlar, frenleme sırasında enerji geri kazanımı yapabilmektedirler. Bu, frenleme enerjisinin geri kazanılması anlamına gelir ve enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca, elektrikli araçlar, yol eğimi ve hava direnci gibi faktörlere bağlı olarak da enerji geri kazanabilirler. Bu, elektrikli araçların daha fazla yol almalarına yardımcı olur. • **Yüksek Verimlilik:** Elektrikli araçlar, enerjinin yaklaşık %80'ini tekerleklerde kullanırken, fosil yakıtlı araçlar yalnızca %20'sini tekerleklerde kullanır. Bu da elektrikli araçların enerji verimliliğini artırır ve daha fazla kilometre gitmelerine olanak sağlar. • **Kolay Şarj Olma:** Elektrikli araçlar, genellikle evlerdeki prizlerden de şarj edilebilirler. Bu, kullanıcıların araçlarını şarj etmek için özel bir istasyona gitmelerine gerek kalmadan, evlerindeki standart prizlerden şarj edebilmelerine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, elektrikli araçların şarj istasyonlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. • **Düşük Sürüş Maliyeti:** Elektrikli araçların sürüş maliyetleri, fosil yakıtlı araçlara göre daha düşüktür. Elektrikli araçların enerji maliyetleri, petrol ve benzin gibi fosil yakıtlardan daha ucuzdur. Ayrıca, elektrikli araçların sürüş maliyetlerinde düşük bakım maliyetleri de etkilidir. Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha az hareketli parçaya sahiptirler. Bu nedenle, elektrikli araçların bakımı daha az karmaşıktır ve daha az parça değiştirilmesi gerektirir. • **Esnek Tasarım:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha esnek bir tasarıma sahiptir. Elektrikli araçların motorları, araç tasarımına daha fazla uyum sağlayabilen daha küçük boyutlarda yapılabilmektedir. Ayrıca, elektrikli araçlar, bataryalarının konumlandırılması nedeniyle de daha esnek bir iç mekana sahiptirler.
Zayıf Yönleri	• **Şarj Süresi:** Elektrikli araçların şarj süresi, batarya kapasitesi, şarj cihazının gücü, şarj tipi ve şarj istasyonlarının erişilebilirliğine bağlıdır. Evde şarj cihazları, araçların şarj süresini birkaç saat ile birkaç gün arasında değiştirebilir. Yavaş şarj, genellikle 6-8 saat gibi uzun bir süre alırken, hızlı şarj istasyonları araçların şarj süresini önemli ölçüde azaltabilir ve 30-60 dakika arasında tam bir şarj sağlayabilir. Ancak, hızlı şarjın batarya ömrünü azaltabileceği ve araç bataryasının aşırı ısınmasına neden olabilmektedir. • **Menzil:** Elektrikli araçların menzili, batarya kapasitesi ve aracın aerodinamik tasarımı gibi faktörlere bağlıdır. Elektrikli araçların menzili, hala benzinli araçların sahip olduğu menzilden daha azdır. Yeni nesil elektrikli araçlar, 400-500 km menzil sunmaya başlamış olsa da, daha düşük menzilli elektrikli araçlar hala pazarın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrıca, soğuk hava,

GZFT Analizi	
	hızlı sürüş ve yüksek enerji tüketimli aksesuarlar (klima) gibi faktörler, menzili daha da azaltabilmektedir. • **Maliyet:** Elektrikli araçların satın alma maliyeti, benzinli araçlara göre daha yüksektir. Bu, batarya teknolojisi ve üretim maliyetleri nedeniyle olmaktadır. • **Şarj Altyapısı:** Ülkemizde Elektrikli araçlar için şarj istasyonları hala yeterli sayıda ve yaygın değillerdir. Bu nedenle, uzun mesafelerde seyahat ederken şarj istasyonlarına erişim sağlamak zor olabilmektedir. Bu, bazı sürücüler için bir endişe kaynağıdır. • **Ağırlık:** Elektrikli araçların bataryaları oldukça ağırdır ve aracın ağırlığını arttırmaktadır. Bu, performans ve yakıt verimliliği gibi konularda bazı kısıtlamalara neden olabilmektedir. Ayrıca, bataryaların daha ağır olması, aracın yol tutuşunu ve sürüş deneyimini de etkileyebilmektedir. • **Sıcaklık ve İklim Koşulları:** Bataryalar, yüksek veya düşük sıcaklık koşullarında performansını kaybedebilir. Bataryalar soğuk hava koşullarında daha az enerji üretmekte ve sıcak hava koşullarında aşırı ısınabilmektedir. Bu nedenle, sıcaklık ve iklim koşulları, elektrikli araçların performansını etkileyebilmektedir. • **Atık Bertarafı:** Elektrikli araçların bataryaları, endüstriyel atıklar arasında yer almaktadır ve geri dönüştürülmeleri zor ve maliyetlidir. Bu, batarya atıklarının çevre kirliliği ve zararlı etkilerinin yanı sıra, endüstriyel atık yönetim sorunlarını da beraberinde getirmektedir. • **Aralıksız Sürüş Mesafesi:** Elektrikli araçların şarj edildikten sonra aralıksız sürüş mesafesi, benzinli araçların aralıksız sürüş mesafesiyle karşılaştırıldığında daha kısadır. Bu, elektrikli araç sahiplerinin, aracın şarj durumunu sık sık kontrol etmeleri ve seyahat planlamalarını buna göre yapmaları gerektiği anlamına gelmektedir. • **Güç Kaybı:** Elektrikli araçların güç kaybı, benzinli araçlara göre daha hızlı olabilmektedir. Özellikle yüksek hız, yoğun trafik ve yüksek sıcaklıklarda, sürüş mesafesi ve performansı düşebilmektedir. • **Çekiş Gücü:** Elektrikli araçların çekiş gücü, benzinli araçlardan daha düşük olabilir. Bu, aracın sürüş performansını etkileyebilir ve özellikle dağlık arazi koşullarında zorluklar yaratabilir. • **Yedek Parça ve Tamir:** Elektrikli araçların yedek parçaları ve tamiri, fosil yakıtlı araçların yedek parçaları ve tamiri kadar yaygın ve erişilebilir değildir. Bu, araçların bakım ve onarımı için özel uzmanlık gerekmektedir ve bazı

GZFT Analizi	
	bölgelerde bu hizmetlerin bulunmaması araç sahipleri için zorluklar yaratabilmektedir.
Fırsatlar	• **Çevresel Dostu Olması:** Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla daha çevre dostudur. Elektrikli araçların çevresel etkisi, özellikle karbon emisyonları açısından büyük önem taşır. Elektrikli araçlar, bataryaları tarafından depolanan elektrik enerjisini kullanarak hareket ederler ve bu nedenle direk karbon emisyonları yoktur. Elektrikli araçların kullanımı, kömür gibi karbon emisyonları yüksek olan enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvikleri de beraberinde getirmektedir. • **Artan Talep:** Elektrikli araçlara olan talep son yıllarda hızla artmaktadır. Elektrikli araçlar için talep arttıkça, üreticiler de üretimlerini artırmak için daha fazla fırsat bulabilirler. Bu, elektrikli araçların daha yaygın hale gelmesine ve satışların artmasına olanak tanır. Ayrıca birçok ülke, elektrikli araçlar için teşvikler sunmakta ve şarj altyapısını geliştirmektedir. Bu da, üreticiler için büyük bir fırsat yaratır. Elektrikli araçlar, uzun menzil, hızlı şarj ve daha fazla şarj istasyonu ihtiyacı gibi faktörlere dikkat edilerek geliştirildiğinde, tüketicilerin ve işletmelerin ilgisini çekmek için daha cazip hale gelebilirler. Elektrikli araçlar, hava kirliliği sorunlarına, enerji bağımsızlığına ve küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik bir çözüm olarak kabul edilir. Bu nedenle, birçok ülke ve bölge, elektrikli araç kullanımını teşvik etmektedir. Bu teşvikler, vergi indirimleri, satın alma teşvikleri, şarj istasyonu inşası teşvikleri ve elektrikli araç kullananlar için bölgesel şehir içi ücretsiz park gibi avantajları içerebilir. • **Yenilikçilik:** Elektrikli araçlar, geleneksel araçlara kıyasla daha yenilikçi teknolojilere sahiptir. Bu, yeni teknolojilere yatırım yapan şirketler için büyük bir fırsat yaratır. Elektrikli araçlar, otomatik sürüş teknolojileri, dijital arayüzler ve entegre navigasyon sistemleri gibi özelliklere sahip olabilir. Ayrıca geliştirilmiş batarya teknolojileri, enerji depolama ve geri kazanım sistemleri gibi yenilikçi özelliklere de sahiptir. Bu teknolojilerin geliştirilmesi, özellikle enerji depolama ve geri kazanımı alanlarında, enerji sektöründe de kullanılabilecek yeni fırsatlar yaratır. Elektrikli araçlar ayrıca, otomotiv endüstrisi dışındaki sektörlerde de kullanılabilecek teknolojilerin geliştirilmesine de öncülük eder. • **Yerli Üretim:** Elektrikli araçların yerli üretimi, birçok ülke için yerli sanayiye yönelik bir fırsattır. Elektrikli araç üretimi, yerli istihdamı artırabilir ve ülkenin ihracatını artırabilir. • **Düşük Yakıt Maliyeti:** Elektrikli araçların kullanımı, düşük yakıt maliyetleri sağlar. Elektrikli araçların şarj edilmesi, fosil yakıtlı araçların yakıt ikmali

GZFT Analizi	
	yapılmasından daha ucuzdur. Bu, tüketicilerin elektrikli araçlara yönelmesini teşvik eder ve elektrikli araçlar, toplam sahip olma maliyeti açısından daha cazip hale gelir. Ayrıca, elektrikli araçların düşük işletme maliyetleri, şirketlerin elektrikli araç filolarını kullanarak işletme maliyetlerini azaltmalarına da olanak tanır. • **Yüksek Performans:** Elektrikli araçlar, geleneksel araçlara kıyasla daha yüksek performansa sahiptir. Elektrik motorları, geleneksel motorlara kıyasla daha fazla tork üretir ve bu da daha hızlı hızlanmayı sağlar. Ayrıca, elektrikli araçlar sessiz çalışırlar ve daha düşük titreşimlere sahiptirler, bu nedenle sürüş daha rahat ve sessiz hale gelir. Elektrikli araçların ayrıca daha iyi bir yol tutuşu, daha iyi frenleme ve daha düşük bir ağırlık merkezi gibi avantajları vardır. • **Marka İmajı:** Elektrikli araçların kullanımı, bir markanın imajını yükseltir. Elektrikli araçların çevre dostu, yenilikçi ve teknolojik özellikleri, markanın müşteriler tarafından tercih edilmesini sağlar ve markanın bir sürdürülebilirlik lideri olarak konumlandırılmasına yardımcı olur. Bu da bir markanın daha geniş bir müşteri kitlesine hitap etmesine ve daha fazla satış yapmasına olanak tanır. • **Teşvikler:** Elektrikli araç sahiplerine ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonu operatörlerine sağlanan avantajlar sonucu elektrikli araç kullanımı yaygınlaşabilmektedir. Örneğin; ÖTV indirimi, Vergi indirimi, Elektrikli Araç Şarj İstasyonu operatörlerine sağlanan hibe destekleri gibi teşvikler, elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynayabilmektedir.
Tehditler	• **Yetersiz Şarj Altyapı**sı: Ülkemizde Elektrikli araçların kullanımı için yeterli sayıda şarj istasyonunun bulunmaması, araçların kullanımını kısıtlar ve tüketicilerin elektrikli araçlara geçişini engelleyebilir. Şarj istasyonlarının kurulum maliyetleri yüksek olabilir ve yerleştirilmesi de zaman alabilir. Ayrıca, şarj istasyonlarına yeterli enerjinin sağlanması, elektrikli araçların yaygınlaşmasını engelleyebilir. Bu durum, şarj altyapısının geliştirilmesine olan ihtiyacı vurgular. Örneğin, hükümetlerin teşvikleri, özel sektörün yatırımları ve yeni teknolojilerin kullanımı gibi faktörler, elektrikli araçlar için şarj altyapısının yaygınlaşmasını hızlandırabilir. • **Yüksek Satın Alma Maliyetleri:** Elektrikli araçların satın alma maliyetleri, geleneksel araçlara göre yüksek olabilir. Bu, elektrikli araçların batarya teknolojisi, elektrik motoru ve diğer teknolojilerinin geliştirilmesi için yapılan yüksek araştırma ve geliştirme maliyetleri ile ilgilidir. Yüksek maliyetler,

GZFT Analizi	
	tüketicilerin elektrikli araçlara geçmelerini engelleyebilir ve bu da elektrikli araçların daha geniş bir kitle tarafından kabul edilmesini yavaşlatabilir. Ancak, batarya teknolojisinin gelişmesi ve üretim hacminin artması ile birlikte maliyetlerin azalması beklenmektedir. Ayrıca, devletlerin ve diğer kurumların elektrikli araçlar için teşvikleri, satın alma maliyetlerini düşürmek için kullanılabilir. • **Batarya Ömrü:** Elektrikli araçların batarya ömrü, aracın fiyatına göre oldukça düşüktür. Bataryaların ömrü, aracın performansını ve menzilini etkileyebilir. Ayrıca, bataryaların geri dönüşümü de pahalı ve zorlu bir süreçtir. Bataryaların daha uzun ömürlü hale getirilmesi ve geri dönüşüm sürecinin iyileştirilmesi, elektrikli araçların daha çevre dostu hale gelmesini sağlayabilir. Bu durum, batarya teknolojisi alanında araştırma ve geliştirmeye yönelik daha fazla yatırım yapılmasını gerektirir. • **Menzil Sınırlamaları:** Elektrikli araçların menzili, geleneksel araçlara kıyasla daha düşüktür. Bu, tüketicilerin, uzun mesafeli seyahatlerde elektrikli araçların kullanımını zorlaştırabilir. Ayrıca, elektrikli araçların menzilinin azalması, hava koşullarından ve sürüş koşullarından da etkilenebilir. Örneğin, soğuk hava, bataryaların performansını etkileyebilir ve menzili azaltabilir. Ancak, teknolojik gelişmelerle birlikte, batarya teknolojisinin geliştirilmesi ve şarj altyapısının iyileştirilmesi, elektrikli araçların menzil sorunlarına çözümler getirebilir. • **Arz Zinciri Zorlukları:** Elektrikli araçların üretimi, geleneksel araçlara göre daha karmaşık bir arz zincirine sahiptir. Batarya hücreleri, elektrik motorları, şarj cihazları ve diğer bileşenlerin üretimi, tedariki ve lojistiği zorlu bir süreçtir. Bu, arz zinciri sorunlarına bağlı olarak, üretim sürecinin uzamasına, maliyetlerin artmasına ve araçların fiyatının yükselmesine neden olabilir. Ancak, tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilir üretim uygulamaları, bu sorunların üstesinden gelmeye yardımcı olabilir. • **Enerji Kaynakları:** Elektrikli araçların kullanımı, enerji kaynaklarına bağımlıdır. Enerjinin büyük bir kısmının fosil yakıtlarından elde edilmesi, elektrikli araçların çevre dostu bir alternatif olmalarını engelleyebilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmak için yeterli altyapı ve yatırımın yapılması gereklidir. Bu durum, elektrikli araçların kullanımının sürdürülebilirliği konusunda sorulara neden olabilir. • **Yeni Teknolojilere Uyum:** Elektrikli araçların yaygınlaşması, mevcut altyapının ve düzenleyici çerçevenin değiştirilmesi gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle, elektrikli araçların kullanımı, çeşitli düzenlemelere, standartlara ve mevzuata uyum gerektirir. Bunun yanı sıra, elektrikli araçların teknolojik

GZFT Analizi	
	gelişmelerine uyum sağlamak için, mekanik bakım ve onarım hizmetleri alanındaki becerilerin de güncellenmesi gereklidir. • **Rekabet:** Geleneksel araç üreticilerinin, elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte rekabet avantajlarını kaybetme korkusu, yeni oyuncuların piyasaya girmesi, mevcut pazar paylarının azalması gibi faktörler, elektrikli araçların yaygınlaşmasını engelleyebilir. Bu durumda, elektrikli araç üreticileri, diğer elektrikli araç üreticilerinin yanı sıra geleneksel araç üreticileri ile de rekabet etmek zorunda kalacaklar. Bu, araç fiyatlarının düşmesine, teknolojik gelişmelerin hızlanmasına ve üretim maliyetlerinin azalmasına neden olabilir.

2. BÖLÜM: ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TALEBİNİN HESAPLANMASI VE ÖNGÖRÜLER

Elektrikli araç sayısının tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaya başlaması ve 2023 yılının sonunda yerli otomobilin satışa çıkarılacak olmasından dolayı elektrikli araç şarj istasyonlarına duyulan ihtiyacın hızlı bir şekilde artması beklenmektedir. Söz konusu ihtiyacın karşılanabilmesi için elektrikli araç şarj talebinin, bir dizi matematiksel fonksiyonlar ve modeller kullanılarak belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca geleceğe yönelik elektrikli araç pazar tahminleri, elektrikli araç şarj talep tahminleri ve ihtiyaç duyulacak elektrik enerjisi tahminlerinin de yer aldığı öngörülerin yapılması önem arz etmektedir. Bu kapsamda, Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu;

- Elektrikli Araç Türleri ve Özellikleri
- Senaryoların Oluşturulması
- Kamusal ve Özel Alanlarda Şarj Altyapısının Belirlenmesi
- Türkiye Elektrikli Araç Şarj Altyapısının Geliştirilmesine Yönelik Yol Haritası

başlıklarını içerecek şekilde hazırlanmıştır.

Söz konusu raporun ilk bölümünde elektrikli araçlara ve pil teknolojilerine ilişkin bilgiler verilmesi, elektrikli araç ekosistemini yeterince tanımak ve bu sistemin geleceğe yönelik gelişimlerini tanımlayabilmek ve öngörebilmek adına önemlidir.

Senaryoların oluşturulması bölümünde ise ülkemizdeki ve dünyadaki elektrikli araçların pazara girme oranları, stok durumlarına göre üç farklı senaryo geliştirilmiştir. Her bir senaryo için farklı araç türleri dikkate alınarak, gelecek yıllardaki elektrikli araç sayıları belirlenmiştir. Söz konusu öngörüler, uluslararası literatürde kabul gören çalışmalardan yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalardaki tahminler genel olarak, Araç sahipliliği, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Nüfus ve Anket Verileri gibi birtakım verilerden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Gelecek yıllara ait elektrikli araç tahminleri oluşturulduktan sonra, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Plan'ından elde edilen hedef yıllara ait taşıt x km değerleri, hedef yıllardaki elektrikli araç oranları ile ilişkilendirilmiş ve buna bağlı olarak elektrik araç şarj talepleri hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmalar ve yöntemler rapor kapsamında detaylı bir şekilde verilmiştir. Raporun bir diğer bölümünde ise kamusal alan tarifleri yapılmış olup, ülkemizde yer alan kamusal alan sınıfına dahil edilebilecek noktalar belirlenmiştir. Bu

noktalardan otogarlar, havalimanları, demiryolu istasyonları, limanlar ve lojistik merkezlerdeki elektrikli araç şarj altyapısının gelişimine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" işinin sonraki aşamalarında bu alanlardaki elektrikli araç şarj talebi ve arzı hesaplamaları da tamamlanacaktır. Raporun son bölümünde ise Mevcut Durum Analizinden yola çıkılarak elektrikli araç şarj istasyonu altyapısının gelişimine yönelik ilgili bakanlıkların hedefleri doğrultusunda Türkiye elektrikli araç şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik gerçekleştirilebilecek çalışmalar, tavsiyeler ve gerekliliklerin belirtildiği bir yol haritası oluşturulmuştur.

2.1 ELEKTRİKLİ ARAÇ TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Elektrikli araçların şarj talepleri, aracın türüne, batarya kapasitesine ve kullanım şekline bağlı olarak değişebilmektedir. Batarya Elektrikli Araçlar sadece bataryadan güç aldıkları için daha yüksek bir şarj talebi ile karakterizedirler, çünkü yalnızca elektrik enerjisi ile çalıştıkları için, uzun mesafeler için daha büyük bir batarya kapasitesine ihtiyaçları vardır. Bu nedenle, Batarya Elektrikli Araçlar, şarj istasyonlarından yüksek şarj talep etmektedirler. Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV) ise hem benzin/dizel motoru hem de bir elektrik motorunu kullanan araçlardır. Bu araçlar, bataryalarını şarj etmek için harici bir güç kaynağına bağlanabilirler. PHEV'ler, yalnızca bataryalarını şarj etmek için daha düşük bir güç talebi ile karakterizedirler, çünkü motorlarının bir kısmı benzin/dizel ile çalışır ve şarj etme süreci sırasında onları da şarj edebilir. Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar ise hidrojen yakıt pilleri kullanmaktadır ve yalnızca elektrik enerjisiyle çalışmaktadırlar. Bu araçlar, hidrojen yakıt pillerinin büyüklüğüne bağlı olarak yüksek bir şarj talebi ile karakterizedirler. Şarj edilebilir yakıt hücreli araçların hidrojen yakıtını depolamak için özel depolama ve dağıtım sistemleri gerektiğinden, şarj istasyonları için özel altyapı gereklidir.

Elektrikli araçların özellikleri ile şarj talepleri arasında birçok ilişki vardır. Bazı özellikler, aracın şarj talebini artırabilirken, bazı özellikler aracın şarj talebini azaltabilir. Elektrikli araçların özellikleri ile aracın şarj talepleri arasındaki ilişkiler şu şekilde incelenebilir;

- Batarya Kapasitesi: Elektrikli araçların batarya kapasitesi, aracın menzilini ve şarj talebini doğrudan etkilemektedir. Daha büyük bir batarya kapasitesine sahip olan araçlar, daha uzun menzil sahiptirler, ancak bu da batarya tamamen boşaldığında daha

uzun şarj süresi gerektirmektedir. Bununla birlikte, daha küçük bir batarya kapasitesine sahip araçlar, daha kısa menzile sahiptirler, ancak daha hızlı şarj edilebilmektedirler.

- Aracın Ağırlığı: Elektrikli araçların ağırlığı, aracın şarj talebini etkileyen diğer önemli bir faktördür. Daha ağır araçlar, daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar ve bu nedenle daha uzun şarj süreleri gerektirirler. Ancak, daha hafif araçlar daha az enerjiye ihtiyaç duyduklarından, daha hızlı şarj edilebilmektedirler.
- Sürüş Tarzı: Elektrikli araçların şarj talebi, sürüş tarzıyla da ilgilidir. Hızlı sürüş ve sık dur-kalk trafiği, aracın şarj talebini artırırken, daha yavaş bir sürüş ve daha az dur-kalk trafiği aracın şarj talebini azaltır. Bu nedenle, sürüş tarzı aracın şarj talebini etkileyen önemli bir faktördür.
- Şarj Hızı: Elektrikli araçların şarj hızı, aracın şarj talebini etkileyen önemli bir faktördür. Daha hızlı şarj edebilen araçlar, daha az şarj süresi gerektirirken, daha yavaş şarj eden araçlar daha uzun şarj süreleri gerektirir. Ancak, çok hızlı şarj edilen bataryaların ömrü kısalabilir, bu nedenle şarj hızı ile batarya ömrü arasında bir denge kurmak gereklidir.
- Hava Sıcaklığı: Elektrikli araçların şarj talebi, hava sıcaklığıyla da ilgilidir. Soğuk hava, aracın bataryasını daha hızlı tüketir ve bu nedenle daha sık şarj gerektirir. Ancak, yüksek sıcaklıklar da bataryanın ömrünü kısaltabilir.
- Şarj Altyapısı: Elektrikli araçların şarj talepleri, şarj altyapısı ile de ilgilidir. Daha fazla şarj istasyonu, daha hızlı şarj hızlarına ve daha az bekleme sürelerine neden olabilir. Ayrıca, daha hızlı şarj edebilen şarj istasyonları, araçların daha hızlı şarj edilmesine olanak tanır.
- Batarya Teknolojisi: Elektrikli araçların batarya teknolojisi, aracın şarj talebini doğrudan etkiler. Daha gelişmiş batarya teknolojisi, daha büyük bir batarya kapasitesi ve daha hızlı şarj süreleri sağlayabilir. Ayrıca, daha hafif batarya teknolojisi, aracın ağırlığını azaltarak şarj talebini de azaltabilir.
- Şarj Saati: Elektrikli araçların şarj talepleri, şarj saatleri ile de ilgilidir. Elektrik talebinin en yüksek olduğu saatlerde şarj yapmak, araçların daha uzun şarj süreleri gerektirmesine neden olabilir. Ancak, daha az yoğun saatlerde şarj yapmak, daha hızlı şarj süreleri ve daha az beklemeyi sağlayabilir.
- Enerji Kaynağı: Elektrikli araçların şarj talebi, enerji kaynağı ile de ilgilidir. Temiz enerji kaynaklarından gelen enerji, araçların daha sürdürülebilir bir şekilde şarj

edilmesini sağlar ve bu nedenle şarj talebini etkiler. Ayrıca, enerji kaynağındaki dalgalanmalar da araçların şarj talebini etkileyebilir.

- Şarj Yönetimi: Elektrikli araçların şarj talebi, şarj yönetimi ile de ilgilidir. Akıllı şarj yönetimi, araçların daha verimli bir şekilde şarj edilmesini sağlar ve bu nedenle şarj talebini etkiler. Ayrıca, şarj yönetimi, araçların batarya ömrünü uzatarak daha uzun ömürlü bataryaların kullanılmasına olanak tanır.

Elektrikli araçlara ilişkin bilgiler Mevcut Durum Analizi kısmında da belirtilmiş olup bu başlık altında detaylı olarak incelenmiştir. Elektrikli araçlar, türlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu ayrım, çalışma prensiplerini ortaya koymakta olup, şarj altyapısının gelişimine bağlı olarak çeşitli avantaj ve dezavantajları beraberinde getirmektedir.

Elektrikli araçlar;

1. Hibrit Elektrikli Araçlar,
    a. Hafif Hibrit Araçlar,
    b. Plug-in Hibrit Araçlar,
2. Batarya Elektrikli Araçlar,
3. Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar

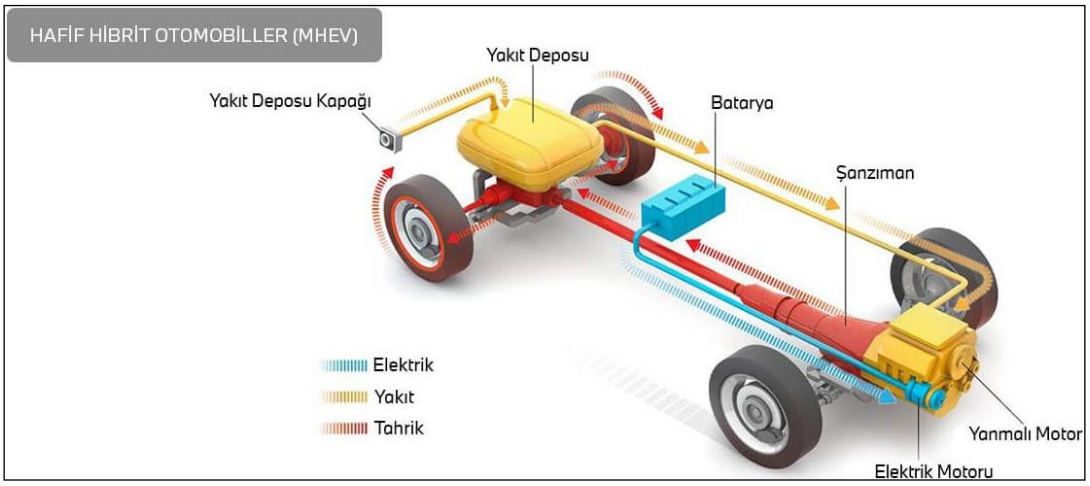
olmak üzere 3 türe ayrılmaktadır.

- **Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV)**

Hibrit elektrikli araç modellerinde, yanmalı ve elektrikli motor bulunmaktadır. Bu motorlar, otomobilin modeline göre birbirinden bağımsız çalışmakta olup, bazı otomobillerde ise birlikte çalışmaktadır. Hibrit araçların, elektrikli araç olarak tanımlanma derecesi; elektrik performansı, menzili ve şarj sistemlerinin menziline bağlıdır. Bu araç türleri kendi içlerinde, Hafif Hibrit (MHEV) ve Plug-in Hibrit (PHEV) araçlar olarak ikiye ayrılmaktadır [54].

- **Hafif Hibrit Araçlar (MHEV):** Hafif Hibrit Araçlar, elektrikli ve yanmalı motoru entegre şekilde çalıştırır. Bu sayede, aracın kalkışı esnasında harcanan yüksek yakıt sarfiyatının önlenmesi amaçlanır. Bununla birlikte, aracın hızlanması esnasında motor gücüne destek olur. Bahsedilen çalışma prensipleri, Hafif Hibrit Araçlarda yakıt tüketiminin ve emisyonun azaltılmasına yardımcı olur. Aracın içerisinde bulunan, elektrik motorunu besleyen bataryalar, yalnızca frenleme sürtünmesiyle beslenmektedir. Buradan kazandığı enerjiyi elektriğe dönüştürür ve bataryada depolar. Bu sayede, ihtiyaç duyulan enerji otomatik olarak bataryada şarj edilir. Bahsedilen

enerji depolaması ve şarjının haricinde; Hafif Hibrit Araçlar, elektrikli şarj istasyonlarını kullanmamaktadır. Hafif Hibrit Araçların çalışma prensiplerini anlatan görsel Şekil 2.1'de verilmiştir [54].

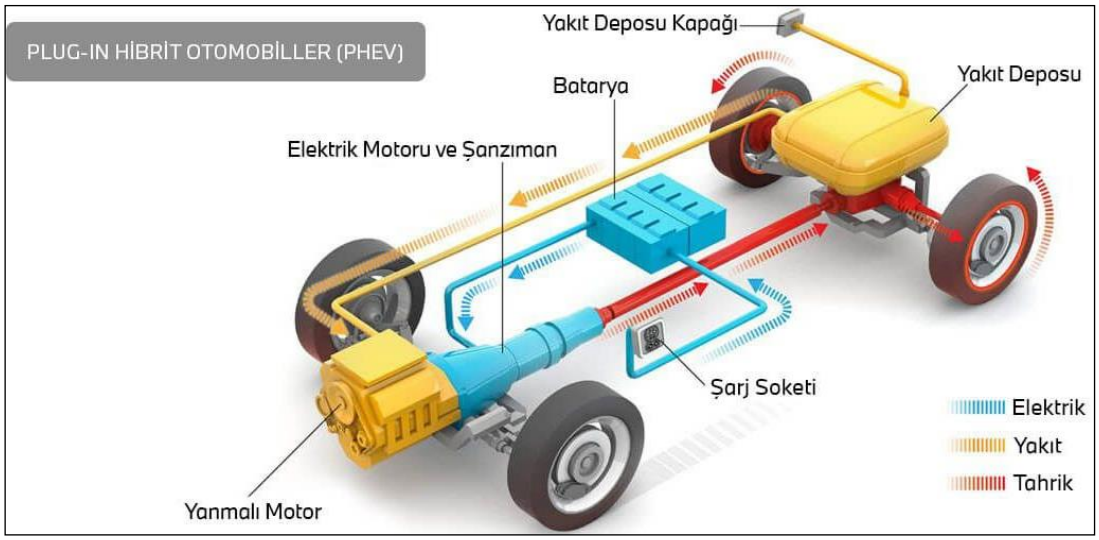


Şekil 2.1 Hafif Hibrit Araçların Çalışma Prensipleri [54]

Şekilde de verildiği gibi, Hafif Hibrit Araçlar ihtiyaç duydukları ateşleme gücünü, elektrik ve yakıt motorundan almaktadır. Bu tür araçlarda yakıt motorunun elektrik motoruyla desteklenmesi nedeniyle yakıt tüketimi anlamında büyük avantaj sağlanmaktadır. Km başına yakılan yakıt daha az olduğu için benzin veya dizel motorlu araçlara göre daha uzun mesafe kat edebilmektedir. Hafif Hibrit Araçlar, asıl itiş gücünü yanmalı motordan aldığı ve akaryakıt istasyonlarının da çevremizde oldukça yaygın olması sebebiyle sürücüler tarafından sık tercih edilen bir araç türüdür. Bu özelliklere ek olarak; Hafif Hibrit Araçların emisyonları, daha az yakıt tüketmeleri sebebiyle daha düşüktür. Ancak, elektrikli motorun aracı tek başına çalıştırma kapasitesi olmaması sebebiyle, Elektrikli Araçlar hakkında ülkelerin sunmuş olduğu teşviklerin hiçbiri hibrit otomobiller için sunulmamaktadır. Bu da Hafif Hibrit Araçların sürdürülebilirliği açısından olumsuz bir durum ortaya koymaktadır.

- **Plug-In Hibrit Araçlar (PHEV):** Plug-in Hibrit Araçlarda yanmalı ve elektrikli motor bulunmaktadır. Hafif Hibrit Araçlara göre bu araçta bulunan motorların her biri aracın ateşlemesini tek başına sağlayabilmektedir. Hafif Hibrit Araçlarda olduğu gibi, enerji kaynağı olarak geri kazanımlı frenlemeyi kullanmalarının haricinde, bataryanın yeniden şarj edilebilmesi için prize de bağlanabilmektedir. Hafif Hibrit Araçların elektrik enerjisini yalnızca sürüş sırasında yakalayabilmesi, sınırlı bir güç sağlayabilmesine neden olmaktayken, Plug-in Hibrit Araçlar şarj istasyonundan bataryasını yeniden şarj edebilme kapasitesine sahiptir. Böylelikle, tam olarak şarj edilen bir bataryada tamamen

elektrikli olarak 45 km yol kat edebilen Plug-in Hibrit Aracın elektrikli menzili önemli ölçüde artmaktadır. Plug-in Hibrit Araçların çalışma prensiplerini anlatan görsel Şekil 2.2'de verilmiştir [54].



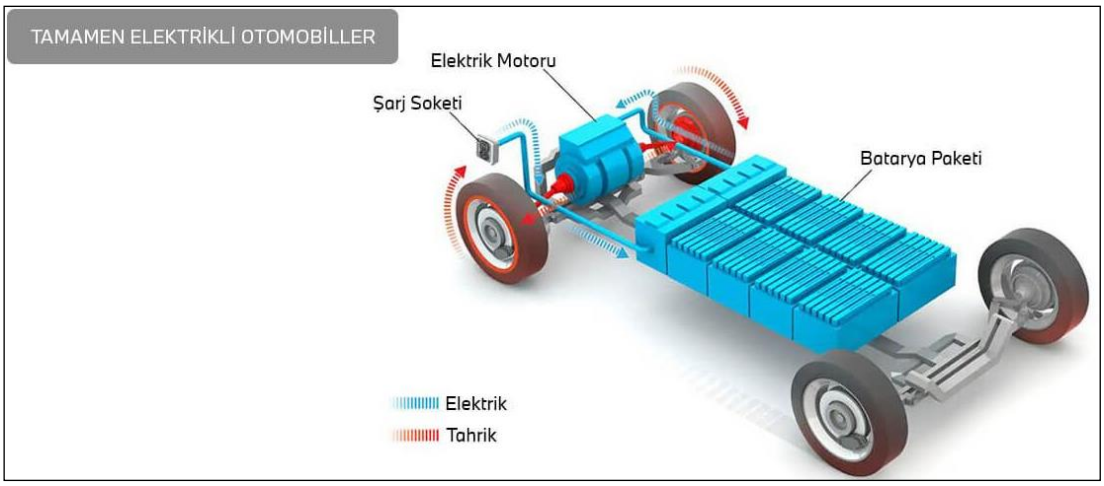
Şekil 2.2 Plug-in Hibrit Araçların Çalışma Prensipleri [54]

Şekilden de anlaşılacağı üzere, Plug-in Hibrit Araçlar ihtiyaç duyduğu enerjiyi şarj soketi ve hareket enerjisiyle batarya içerisinde depolayabilmektedir. Yıllara göre artış gösteren elektrikli araç sayısı ile birlikte; elektrik motorları, batarya teknolojileri ve şarj altyapıları gelişmektedir. Bu gelişmeler ışığında, tüm bataryalı otomobillerin menzillerinde önemli derecede artış hedeflenmektedir. Plug-in Hibrit Araç kullanıcıları, özellikle kısa mesafeli yolculuklarda bu araç türünün faydalarından sıkça yararlanmaktadır. Yapılan yolculuklarda elektrik şarjının tükenmesi durumunda yanmalı motor devreye girmektedir. Tüm bu özellikler değerlendirildiğinde; Plug-in Hibrit Araç kullanıcıları, şehir içi kullanımlarında elektrik motorunun ekonomik oluşundan; şehirler arası, yani daha uzun yolculuklarda ise yanmalı motorun sağladığı uzun menzil ve esneklik avantajından faydalanabilmektedir.

- **Batarya Elektrikli Araçlar (BEV)**

Batarya Elektrikli Araçlar incelendiğinde, yanmalı motorun bulunmadığı ve ateşleme için ihtiyaç duyulan enerjinin tümünün bataryalardan sağlandığı araçlar olarak tanımlanmaktadır. Bu araç türleri, sahip oldukları bataryanın kapasitesine göre kat edebildikleri mesafeyi, yani aracın menzilini belirler. Tamamen elektrikli araçlarda yanmalı motorun bulunmaması nedeniyle emisyon üretimi sıfırdır. Yalnızca bataryalarını depoladıkları şarj istasyonlarının üretmiş olduğu emisyonlar bulunmaktadır. Bu nedenle batarya elektrikli araçlar, çevre dostu

olmaları nedeniyle birçok ülke tarafından destek görmektedir. Batarya Elektrikli Araçların çalışma prensiplerine ilişkin görsel Şekil 2.3'te verilmiştir [54].



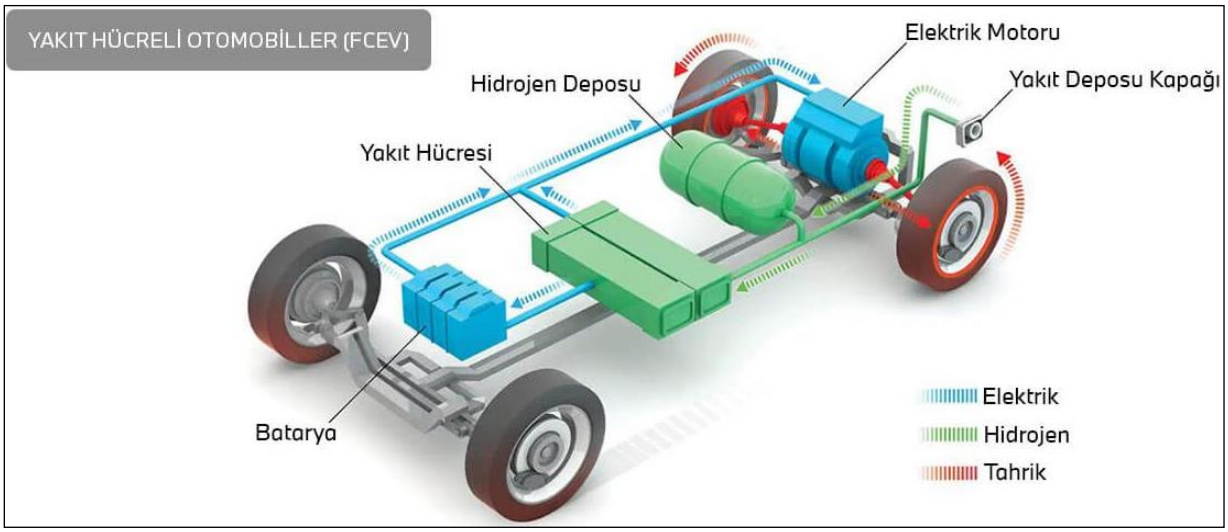
Şekil 2.3 Batarya Elektrikli Araçların Çalışma Prensipleri [54]

Şekilde de görüldüğü üzere, Batarya Elektrikli Araçlarda yanmalı motor bulunmamakta olup, ihtiyaç duyulan tüm enerji bataryalardan sağlanmaktadır. Batarya paketine depolanan enerji, aracın ateşlemesi, hareketi vb. bütün işlevlerinde kullanılmaktadır. Bu araç türünde gelişmesi beklenen en büyük özellik, bataryaların sağlamış olduğu kat edilen mesafenin arttırılmasıdır. Kullanıcılar, şehir içi kullanımlarında Batarya Elektrikli Araçları rahatlıkla tercih ederken, şehirler arası uzun mesafeli yolculuklarda, şarj altyapısının yeterliliği ve aracın şarj olma süresini göz önünde bulundurmalıdır. Bu sebeple, menzil arttırıcı, benzin ile çalışan jeneratörler kullanılmaktadır. Şarjı bitmek üzere olan bataryalar, bataryaya özel olarak elektrik besleyen jeneratörler ile desteklenir. Bu sayede aracın kat edebileceği menzil arttırılabilmektedir. Aynı zamanda, evde veya iş yerlerinde elektrikli araç şarj imkanının bulunması, bu araç türünü kullanan kullanıcılar açısından oldukça ideal bir durumdur. Ülkemizde de şarj istasyonu sayısının her geçen yıl arttığı düşünüldüğünde, gelecekte uzun mesafeli yolculukların da rahatlıklar Batarya Elektrikli Araçlar ile yapılabileceği söylenebilir.

- **Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar (FCEV)**

Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar, ihtiyaç duydukları enerjiyi, hidrojen ve oksijeni elektrik enerjisine dönüştürerek elde eder. Bunu yaparken, araç içerisinde yer alan yakıt hücresinde, hidrojen ile havadaki oksijenin tepkimeye girer ve oluşan bu reaksiyon ile birlikte elektrik enerjisi üretilir. Üretilen elektrik enerjisi, Batarya Elektrikli Araçlarda olduğu gibi, elektrikli motorun çalıştırılmasında kullanılır. Bunun sonucunda da dışarıya yalnızca buhar ve sıcak hava

salınımı gerçekleşir. Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar, diğer elektrikli araç türlerinde olduğu gibi, frenleme esnasında kaybolan enerjiyi geri kazanıp bataryada depolayabilir. Yakıt Hücreli Elektrikli Araçların çalışma prensibine ilişkin görsel Şekil 2.4'te verilmiştir [54].



Şekil 2.4 Yakıt Hücreli Elektrikli Araçların Çalışma Prensipleri [54]

Şekilde de görüldüğü gibi, yakıt hücresine dışarıdan alınan hidrojen yakıtının burada reaksiyona girerek elektrik enerjisine dönüştürüldüğü ve bu enerjinin de bataryalarda depolandığı ve elektrik motorunu beslediği söylenebilir. Bu bilgilere ek olarak, hidrojen üretiminin büyük miktarda elektrik gerektirmesi ve bu yakıtın da akaryakıt istasyonlarına taşınması gerekmektedir. Bununla birlikte, yakıt hücre sistemlerini üretmenin yüksek maliyetli olduğu göz önüne alındığında Yakıt Hücreli Araçların bazı dezavantajlarının bulunduğu söylenebilir. Buna karşın, diğer elektrikli araç türlerine göre Yakıt Hücreli Elektrikli Araçların deposunun daha çabuk dolması avantaj olarak gösterilmektedir.

2.1.1 EA Pil Kapasiteleri ve Menzilleri

Elektrikli Araçların gelişimi her geçen yıl devam etmektedir. Elektrikli Araçların sahip olduğu en büyük dezavantajlar pil teknolojisi ve kapasitesi olarak gösterilmektedir. Elektrikli araçların gelişimi ve sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olan pil teknolojisi, elektrikli araçların kat edebilecekleri mesafenin, yani menzillerinin belirlenmesi için en oldukça önem arz etmektedir.

Elektrikli Araçlarda kullanılan pil türleri son yıllarda büyük gelişmeler yaşamıştır. Yaşanan bu gelişmeler, elektrikli araçların sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Elektrikli araçlarda kullanılan batarya çeşitleri; enerji yoğunluğu, yüksek güç yoğunluğu, düşük

maliyet, güvenlik ve dayanıklılık gibi özellikler bakımından gelişim göstermektedir. Bu kapsamda gelişim gösteren batarya türleri aşağıda sıralanmaktadır.

- **Kurşun – Asit Bataryalar (Pb)**

Elektrikli araçlarda kullanılan ilk batarya teknolojisi olarak gösterilmektedir. Kurşun – asit batarya olgunlaşmış bir teknolojidir ve maliyet anlamında ucuzdur. Bununla birlikte, kurşun – asit bataryanın düşük enerji yoğunluğu, çevre dostu olmayışı gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu batarya türü zamanla yerini nikel bazlı bataryalara bırakmıştır [55].

- **Nikel Kadmiyum Batarlar (Ni-Cd)**

Nikel kadmiyum bataryalar maliyet bakımından uygun ve güvenilirdir. Nikel kadmiyum bataryalar kurşun – asit bataryalara kıyasla daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Zayıf şarj ve deşarj verimliliği, kendi kendine deşarj oranının yüksek olması, soğuk havalarda düşük performansa sahip olması gibi dezavantajlara sahiptir. Nikel kadmiyum bataryanın hafıza etkisi, yüksek şarj ve deşarj oranı gerektiren elektrikli araçlar için uygun görünmemektedir[55].

- **Nikel Metal Hidrat Bataryalar (Ni-MH)**

Nikel metal hidrat bataryalar, nikel kadmiyum bataryalar ile karşılaştırıldığında enerji yoğunluğu daha fazladır. Nikel Metal Hidrat bataryalar, nikel kadmiyum bataryaların aynı zamanda geliştirilmiş hali olarak gösterilmektedir. Zamanla nikel metal hidrat bataryalar, nikel kadmiyum bataryaların yerini almıştır. Nikel metal hidrat bataryalar daha uzun şarj süresi gerektirir ve batarya kullanılmadığında bile kendi kendine deşarj olabilme gibi dezavantajlara sahiptir [55].

- **Lityum – İyon Bataryalar (Li-ion)**

Lityum iyon bataryalar, yüksek enerji ve güç yoğunluğunun birleşimine sahiptir. Bu da taşınabilir elektronikler, elektrikli ev aletleri ve tam veya hibrit elektrikli araçlar için tercih edilen teknoloji olmasını sağlamaktadır [55].

Lityum iyon bataryalar sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Lityum iyon bataryaların yüksek enerji verimliliği; rüzgar, güneş, jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklardan toplanan enerjinin kalitesini arttırıp daha yaygın kullanımlarına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, lityum iyon bataryaların çevreci ve elektrikli araçlar için en faydalı seçenek olması hem endüstri hem de devlet finansman kuruluşlarından yoğun ilgi görmektedir.

Lityum iyon bataryalar, nikel bazlı bataryalara kıyasla daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmasına karşın gerilimi daha yüksek seviyededir. Elektrikli araçlar için önemli bir seçenek olan lityum iyon bataryaların genel özellikleri incelendiğinde;

- Yüksek Enerji Yoğunluğu,
- Yüksek Çevrim Ömrü,
- Fiziksel Olarak Dayanıklıdır,
- Yüksek Şarj Verimi
- 5 Yıllık Ortalama Ömür

gibi özellikleri bulunmaktadır.

Lityum iyon bataryaların diğer batarya türlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar;

- Diğer bataryalara göre mümkün olan en yüksek hücre potansiyeline sahiptir.
- En az bakım gerektiren bataryalardır.
- Lityum en hafif üçüncü elementtir. Bu sebeple lityum bataryaların yüksek gravimetrik ve hacimsel kapasiteye sahiptir. Bu özelliğiyle birlikte yüksek güç yoğunluğuna sahip olmasını sağlar.
- Lityumun dünya üzerinde bulunma miktarına bakıldığı zaman, elektrikli araçlara güç sağlamak için yeterli görünmektedir.
- Lityum iyon bataryaların portatif elektrokimyasal enerji depolamada ilk tercih edilen kaynak olması sebebiyle, performanslarını artırmak uygulamalarını büyük ölçüde genişletebilir ve enerji depolamasına bağlı yeni teknolojiler sağlayabilir.
- Yeni materyal ve stratejiler bulundukça, lityum iyon bataryaların gelecek yıllarda insan yaşamındaki etkisinin daha da artacağı düşünülmektedir.

Lityum iyon bataryaların diğer batarya türlerine göre avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar;

- Yapı olarak kırılgandır.
- Diğer bataryalarda olduğu gibi, lityum iyon bataryalarda da yaşlanma etkisi görülmektedir.
- Sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir.
- Artış gösteren fiyatlar lityum iyon bataryalar için sorun yaratabilmektedir.

- Geleceğe bakıldığında lityum iyon bataryaların dünyanın uzun vadede taşınabilir enerji depolama ihtiyacına güç verebileceğinden şüphe duyulmaktadır.

Tüm bu özelliklere rağmen elektrikli araçların pil teknolojilerinde Lityum iyon bataryalar diğer batarya türlerine göre daha çok tercih edilmektedir.

- **Lityum İyon Polimer Bataryalar (Li-Po)**

Lityum iyon bataryalar ile pozitif ve negatif elektrot malzemeleri bakımından benzer özellikler göstermektedir. Bu bataryalar arasındaki en büyük fark ise, lityum iyon polimer bataryalarda elektrolit olarak polimer malzemeler kullanılmaktadır. Lityum iyon polimer bataryalar kendi kendini deşarj eden en düşük bataryalardır. Lityum iyon bataryalarda polimer elektrolit kullanımı ise bataryaların hızlı, kolay ve çeşitli şekillerde üretiminin yapılmasını sağlamıştır [55].

- **Lityum Demir Fosfat Bataryalar ($LiFePo_4$)**

Lityum demir fosfat bataryalar daha yüksek güç yoğunluğu, daha fazla çevrim oranı ve daha iyi güvenlik sağlayan batarya türüdür. Ancak bu bataryalar, lityum iyon bataryalar ile karşılaştırıldıklarında daha düşük enerji yoğunluğuna sahiptir [55].

- **Lityum Sülfür Bataryalar (Li-S)**

Lityum sülfür bataryaların enerji yoğunluğu oldukça fazladır ancak deşarj oranı yüksektir ve kısa bir yaşam döngüsü bulunmaktadır. Lityum sülfür bataryalar, farklı uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılan lityum iyon ve lityum polimer bataryalar ile karşılaştırıldığında hiçbir güvenlik sorunu yaşamazlar [55].

Mevcut Durum Analizi raporunda belirtilen, ülkemizde 2022 yılında en çok satışı gerçekleşen 15 elektrikli aracın batarya tipleri incelendiğinde, büyük çoğunluğunun Lityum-iyon olduğu görülmüştür. Bu batarya türünün haricinde, lityum demir fosfat batarya türü de bulunmaktadır. Bu bataryalar, özellikle batarya elektrikli araçlarda kullanılmakta olup, hibrit modellerde de kullanılmaktadır.

Her bir batarya türü kapasitesine göre farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar, araçların kat edebildiği mesafeleri yani menzilleri belirleyerek elektrikli araçların sürdürülebilir olmasına yardımcı olmaktadır. Elektrikli araçların emisyon salgılamamaları nedeniyle ülkelerin bu

araçlar için çeşitli teşvikleri bulunmakta olup bu teşvik ve politikalara ilişkin bilgiler Mevcut Durum Analizi Raporunda verilmiştir.

Emisyon salınımını azaltan elektrikli araçları da kapsayan araç üretimi için ülkelerin kullanmış olduğu bazı testler bulunmaktadır. Bu testler için bazı standartlar oluşturularak, trafiğe çıkan her araç belirli standartlara tabii tutulmaktadır. Bu testlerin genel amacı ise, üretilen araçların güvenlik ve çevreye olan etkileridir. Dünya Çapında Uyumlu Hafif Ticari Taşıtlar Test Prosedürü (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure – WLTP) ve Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü (New European Driving Cycle – NEDC) olarak isimlendirilen bu testlerin birbirleri arasında farklılıklar ve zamana bağlı olarak gelişmeler mevcuttur [56].

Araçların yakıt tüketim verilerini ve karbon salınım oranlarını daha gerçekçi bir şekilde sunan WLTP, 2018 yılından itibaren üretilen tüm araçlarda zorunlu olarak uygulanmaktadır. WLTP'nin gelecek dönemde NEDC test prosedürünün yerini alması beklenmektedir. Avrupa Birliği sınırlarında uygulaması zorunlu olan WLTP testi, hafif ticari taşıtları kapsamaktadır. Bu taşıt türlerinin kapsamı ise, binek otomobiller ve 3.5 tonun altında olan ticari araçlardan oluşmaktadır [56]. Bu sınıftaki araçların; yakıt tüketimini, karbondioksit ve diğer zararlı madde emisyonları laboratuvar koşullarında ölçülerek test edilmektedir. Yapılan bu testlerden elde edilen değerler belirli standartları sağladığında araçların trafiğe çıkışı için onay verilmektedir.

Bahsedilen test modelleri ile ilgili özellikler Tablo 2.1'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.1 NEDC ve WLTP Test Modellerinin Karşılaştırılması [56]

	NEDC	**WLTP**
Test Modeli	Tekil ve Sade Test Modeli	Dinamik Test Modeli
Test Süresi	20 Dakika	30 Dakika
Mesafe	11 km	23-25 km
Test Sürüş Süreçleri	2 Aşama: %66 Şehir İçi, %34 Şehir Dışı	4 Dinamik Aşama: %52 Şehir İçi, %48 Şehir Dışı
Ortalama Hız	34 km/sa	46.5 km/sa
Maksimum Hız	120 km/sa	131 km/sa
Opsiyonel Ekipmanların Etkisi	NEDC Kapsamında CO_2 ve Yakıt Performansının Etkisi Dikkate Alınmamaktadır.	Ek Özellikler (Araçtan Araca Fark Edebiliyor) Devreye Giriyor
Vites Donanımı	Araçların Önceden Belirlenmiş Vites Değişim Noktaları Bulunmaktadır.	Her Araç Birbirinden Farklı Vites Değilim Noktalarına Sahip
Test Koşulları	20-30°C	23°C, CO_2 değeri 14°C'ye sabitlenmektedir.

Belirtilen test metotları ile birlikte Avrupa Birliğinde en sık kullanılan elektrikli araçlar ve bu araçlara ilişkin; batarya türleri, batarya kullanım kapasiteleri, elektrik tüketim miktarları ve menzilleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Avrupa'da Kullanılan Elektrikli Araçların Özellikleri [57]

Araç Modelleri	Kullanılabilir Pil Kapasitesi (kWh)	Enerji Tüketimi (Wh/km)	Menzil (km)
VinFast	123,0	237	520
Lucid Air	112,0	168	665
Mercedes	107,8	178	605
Polestar3	107,0	228	470
Lotus	107,0	238	450
Volvo	107,0	243	440
Audi	106,0	226	470
BMW	101,7	199	510
Fisker	100,0	196	510
Rolls-Royce	100,0	220	455
Tesla	95,0	209	455
XPENG	94,0	214	440
Ford	91,0	214	425
Hongqi	90,0	254	355
NIO	90,0	209	430
Jaguar	84,7	223	380
BYD	84,0	240	350
Porsche	83,7	182	460
Maserati	83,0	195	425
Genesis	82,5	188	440
Skoda	77,0	200	385
Volkswagen	77,0	188	410
CUPRA	77,0	171	450
Hyundai	74,0	168	440
Kia	74,0	185	400
MG	68,0	187	365
Opel	68,0	262	260
Citroen	68,0	262	260
Toyota	68,0	262	260
Peugeot	68,0	262	260
Fiat	68,0	262	260
Polestar	67,0	174	385
Subaru	64,0	200	320
Smart	64,0	183	350
Lexus	64,0	206	310
Nissan	63,0	197	320
Aiways	60,0	171	350
Renault	60,0	167	360

Araç Modelleri	Kullanılabilir Pil Kapasitesi (kWh)	Enerji Tüketimi (Wh/km)	Menzil (km)
ORA	59,3	180	330
Ssang Yong	56,0	193	290
Seres 3	51,0	196	260
Jeep	50,8	169	300
DS	50,8	169	300
Sono Sion	47,0	181	260
JAC	39,0	173	225
Abarth	37,3	166	225
Mazda	30,0	176	170
Mini Cooper	28,9	161	180
Honda	28,5	168	170

Tablodan da anlaşılacağı üzere, pil kapasitesinin kWh büyüklüğüne göre sıralanan elektrikli araç modelleri, enerji tüketimi ve menzil konusunda farklılık göstermektedir. Verilen tüm araç modellerinin pil türleri lityum iyon batarya olmakla beraber, batarya türlerinde iyileştirmeler ve buna bağlı olarak da araç menzillerinin olabildiğince arttırılması hedeflenmektedir.

Avrupa'da kullanılan elektrikli araç modelleri ve özelliklerinin ardından, ülkemizde kullanılan 15 farklı elektrikli araç modeli ve bu araçların özellikleri Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3 Ülkemizde Kullanılan Elektrikli Araçların Özellikleri [57]

Araç Modelleri	Kullanılabilir Pil Kapasitesi (kWh)	Enerji Tüketimi (Wh/km)	Menzil (km)
Mercedes	107,8	178	605
Volvo	107,0	243	440
Audi	106,0	226	470
BMW	101,7	199	510
Porsche	83,7	182	460
Skoda	77,0	200	385
Volkswagen	77,0	188	410
Hyundai	74,0	168	440
Opel	68,0	262	260
Fiat	68,0	262	260
MG	68,0	187	365
Nissan	63,0	197	320
Renault	60,0	167	360
Mazda	30,0	176	170
Honda	28,5	168	170

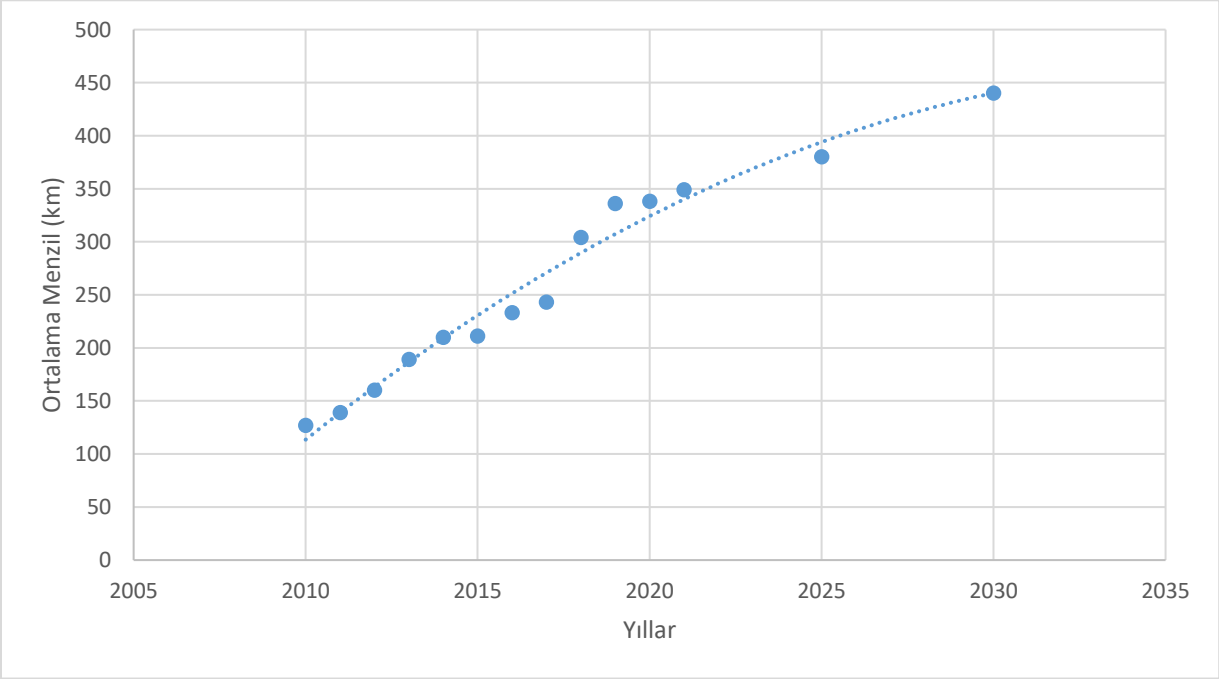
Mevcut Durum Analiz Raporu'nda verilen, ülkemizde 2022 yılında en çok satışı gerçekleştirilen elektrikli araç modelleri ve bunlara ek olarak, ülkemizde araç satışlarında önemli bir paya sahip olan diğer araç modellerinin sahip olduğu batarya kapasiteleri, enerji tüketimleri ve menzilleri tablodaki gibidir [22]. Buradan anlaşılacağı üzere, pil kapasitesinin

yüksekliği ve enerji tüketimi, aracın kat edebileceği menzili doğrudan etkilemektedir [57]. Tabloda verilen elektrikli araç modellerinin tümü lityum iyon bataryaya sahiptir.

Dünya genelinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, pil teknolojilerinin gelişme eğiliminde olduğu ve bu durumun sonucu olarak, Elektrikli Araçların menzillerinde artış olacağı düşünülmektedir. Bu artış ile ilgili literatür araştırması yapıldığında, 2030 yılına kadar gerçekçi tahmin yapılabildiği görülmüştür. Pil teknolojilerinin 2030 yılı sonrasında, nasıl değişeceğine ilişkin bugünden öngörü yapmak mümkün olmamaktadır.

Elektrikli Araçların menzil tahmini; aracın pil kapasitesi, motor verimliliği, sürüş tarzı, hava koşulları ve yol şartları gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Ancak, birçok Elektrikli Araç için, üreticiler genellikle belirli bir menzil aralığı açıklamaktadırlar. Örneğin, Tesla Model S, pil kapasitesi ve sürüş koşullarına bağlı olarak 402 ila 647 km arasında bir menzil sunabilirken, Nissan Leaf gibi daha küçük bir elektrikli araçlar, pil kapasitesi ve sürüş koşullarına bağlı olarak 240 ila 363 km arasında bir menzil sunmaktadırlar. Benzer örnekler incelenerek, Şekil 2.5'te verilen değerler elde edilmiş olup, ara yıllara ilişkin ortalama menzil değerleri eğilim denklemine göre tahmin edilerek Tablo 2.4'te verilmiştir. Bu denklem aşağıda verilmiş olup, denklemde belirtilen x değerleri yılları, y değeri ise ortalama menzil değerini ifade etmektedir.

$$y = -0{,}4722925633x^2 + 1.924{,}3990669384x - 1.959.819{,}4337560900$$



Şekil 2.5 EA Ortalama Menzil Tahmini ve Eğilim Denklemi

Şekil 2.5 incelendiğinde elektrikli araçların menzil tahminlerinin 2030 yılına kadar yapıldığı görülmektedir. Dünya genelinde yapılan çalışmalar ve literatür incelendiğinde elektrikli araç menzil tahminlerinin aynı şekilde 2030 yılına kadar yapılabildiği görülmektedir. Bu durumun sebebi ise elektrikli araçların menzillerinin pil teknolojileri ile doğrudan ilişkili olmasıdır. Pil teknolojilerinin gelişimi ise uzak gelecek zaman için tahmin edilmesi zor bir problemdir.

Tablo 2.4 EA Ortalama Menzil Tahminleri

Yıl	Menzil (km)	Yıl	Menzil (km)
2011	139	**2021**	340
2012	163	**2022**	355
2013	187	**2023**	369
2014	209	**2024**	382
2015	231	**2025**	394
2016	251	**2026**	405
2017	271	**2027**	415
2018	290	**2028**	425
2019	307	**2029**	433
2020	324	**2030**	440

IEA tarafından belirtilen ortalama menzil değerleri dikkate alınarak, uzman görüşleri doğrultusunda azalan hızlı artış trendi tahmin edilerek matematiksel tahmin modeli oluşturulmuştur. Bu model ile birlikte, ara yıllar ile ilgili ortalama menzil tahminleri yapılmış olup, yıllara göre batarya teknolojisinin gelişmesiyle ortalama menzillerin artış gösterdiği görülmektedir.

2.2 SENARYOLARIN OLUŞTURULMASI

Ülkemizde sürdürülebilir ve çevre dostu bir ulaştırma altyapısı kurmak için elektrikli mobilite dönüşümünü gerçekleştirmek ve hızlandırmak önem arz etmektedir. Bu kapsamda hedef yıllar için elektrikli araç ve şarj istasyonlarına yönelik tahmin modeli geliştirilmesi gerekmektedir. Söz konusu model yardımıyla gelecek yıllarda ihtiyaç duyulacak şarj istasyonu sayısı ve şarj istasyonu konumlarına yönelik tahminler geliştirilecektir. Geliştirilecek model, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı (UUAP) kapsamında hazırlanan ulaşım modelini altlık olarak kullanacaktır. Söz konusu ulaşım modeli, ulaşım ağını oluşturan karayolları, demiryolları, otogarlar, istasyonlar ve limanlara sahip olup, bu çalışma kapsamında da yardımcı olacaktır.

UUAP kapsamında geliştirilen ulaşım modeli 2029, 2035 ve 2053 projeksiyon yılları için ulaşım ağı envanteri, sosyo ekonomik veriler ve yolculuk talebi verileri gibi bir dizi değişkenler

kullanarak gelecekteki oluşacak yolculukları tahmin edebilmekte ve çeşitli analizlerin gerçekleştirilmesini sağlayabilmektedir. Bu analizlerden birisi de UUAP çalışmasında oluşturulan senaryoların çevresel etkilerinin karşılaştırılmasıdır. Bu kapsamda, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı - Sosyo Ekonomik Analiz ve Ön Mali Analiz Raporu'nda "... çevresel etkiler sayfasında otomobil, otobüs, HTA, ATA ve Hibrit/Elektrikli araçların 2019, 2023, 2035 ve 2053 yılları için Türkiye filo kompozisyonları, yani toplam trafik içindeki araç tipi yüzdeleri verilmektedir" ifadesi yer almaktadır. Bu ifadeden de anlaşılacağı üzere UUAP kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda geleceğe yönelik planlamalar yapılırken, çevresel etkiler de göz önünde bulundurulmuş olup, elektrikli araçlar da bu analizlerde rol oynamıştır. "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" kapsamında hazırlanan senaryolarda ise UUAP çalışmasında dikkate alınan değerler ile birlikte literatürde gerçekleştirilen çalışmalardaki değerlerin de göz önünde bulunduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca tüm senaryolarda yer alan gelecek yıllar için toplam otomobil sayısı tahminleri yine UUAP çalışmasından elde edilmiştir.

Bu kapsamda belirlenen hedef yıllara yönelik 3 farklı senaryo hazırlanmış ve her bir senaryo için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu senaryolar;

- Senaryo 1: 2053 UUAP Artış Trendi,
- Senaryo 2: Dünya Geneli Artış Trendi,
- Senaryo 3: Küresel Isınma ve Sıfır Emisyon Hedefi,

senaryolarıdır. Bu senaryolar; elektrikli araç sayıları, elektrikli araç türlerinin ortalama batarya kapasiteleri ve elektrikli araç türlerinin menzilleri de dikkate alınarak hazırlanmıştır.

2.2.1 Senaryo 1 (2053 UUAP Artış Trendi)

2053 UUAP Artış Trendi senaryosu, 2019 yılında çalışmalarına başlanan ve 2022 yılından tamamlanan Türkiye Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planında belirtilen elektrikli araç pazar payı tahminlerinin baz alınacağı senaryodur. Türkiye Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planında belirtilen elektrikli araç oranı tahminleri söz konusu çalışmada yer alan danışmanların ve uzmanların görüşleri doğrultusunda belirlenmiş olup, bu tahminlere göre UUAP senaryolarının çevresel ve mali etkileri değerlendirilmiştir. Söz konusu tahminler Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5 EA Oranı Tahminleri (UUAP) [58]

Hibrit/EA	Otomobil	Hafif Ticari Araç (LGV)	Ağır Ticari Araç (HGV)	Otobüs*
2023	7%	7%	1%	1%
2029	35%	40%	10%	12%
2035	50%	50%	25%	35%
2053	70%	70%	40%	50%

**Kentiçi toplu taşıma otobüsleri dahil değildir.*

Tablo 2.5 incelendiğinde Türkiye Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı'nda yer alan hedef yıllar ve her bir araç türü için tahmin edilen elektrikli araç oranları görülmektedir. Buna göre 2053 hedef yılı için binek otomobillerin ve hafif ticari araç oranının %70, ağır ticari araç oranının %40, otobüs oranının ise %50 olacağı öngörülmektedir. UUAP tahminleri, 2020 yılında gerçekleştirilmiştir. Ancak söz konusu tarihlerde meydana gelen Covid – 19 salgını, küresel ekonomik kriz, yakın çevrede meydana gelen savaşlar ve 11 kentimizi etkileyen deprem felaketi gibi küresel ölçekteki olumsuz gelişmeler, otomobil tedariğini, satışını ve kullanıcıların alım gücünü doğrudan etkilemiştir. Bu yüzden söz konusu UUAP tahminlerinin yakın dönem için güncellenmesi gereği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda sektör paydaşlarıyla birlikte çalıştay gerçekleştirilerek Senaryo 1 hedefleri güncellenmiştir. Güncellenen elektrikli araç oranları Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6 Revize EA Oranı Tahminleri

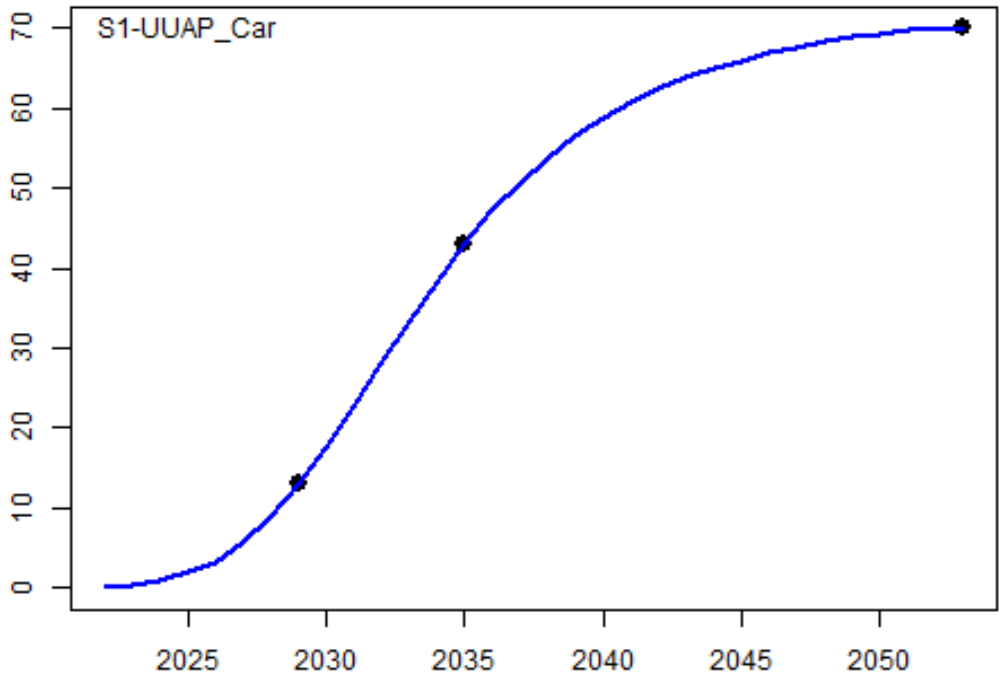
Hibrit/EA	Otomobil	Hafif Ticari Araç (LGV)	Ağır Ticari Araç (HGV)	Otobüs*
2029	13%	13%	10%	12%
2035	43%	43%	25%	35%
2053	70%	70%	40%	50%

**Kentiçi toplu taşıma otobüsleri dahil değildir.*

2053 UUAP Artış Trendi senaryosu hazırlanırken, elektrikli araçların geçmişteki ve günümüzdeki oranlar ile Türkiye Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planındaki tahminler ve sektör temsilcileri ile yapılan çalıştay sonuçları ilişkilendirilmiş ve buna göre elektrikli araç şarj talepleri analiz edilmiştir.

Senaryo 1'de otomobil ve hafif ticari araçlar için gelecek projeksiyon tahminleri yapılırken "Spline Regresyonu" yöntemi kullanılmıştır. Hedef yıllara ait değerleri içeren ve ara yıllara ait değerleri en doğru şekilde belirleyen Spline Regresyonu, parametrik olmayan regresyon tekniklerinden biridir. Bu teknikte, veri seti düğümler olarak adlandırılan aralıklarda veya

noktalarda bölmelere ayrılmaktadır. Şekil 2.6'da spline regresyon ile oluşturulan eğrinin grafiği verilmiştir. Buna göre hedef yıllar için Elektrikli Otomobil sayılarının gelecek projeksiyon tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.6 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Oranlarının Değişimi (Senaryo 1)

Tablo 2.7'de hedef yıllar için tahmin edilen Elektrikli Otomobil Sayıları verilmiştir.

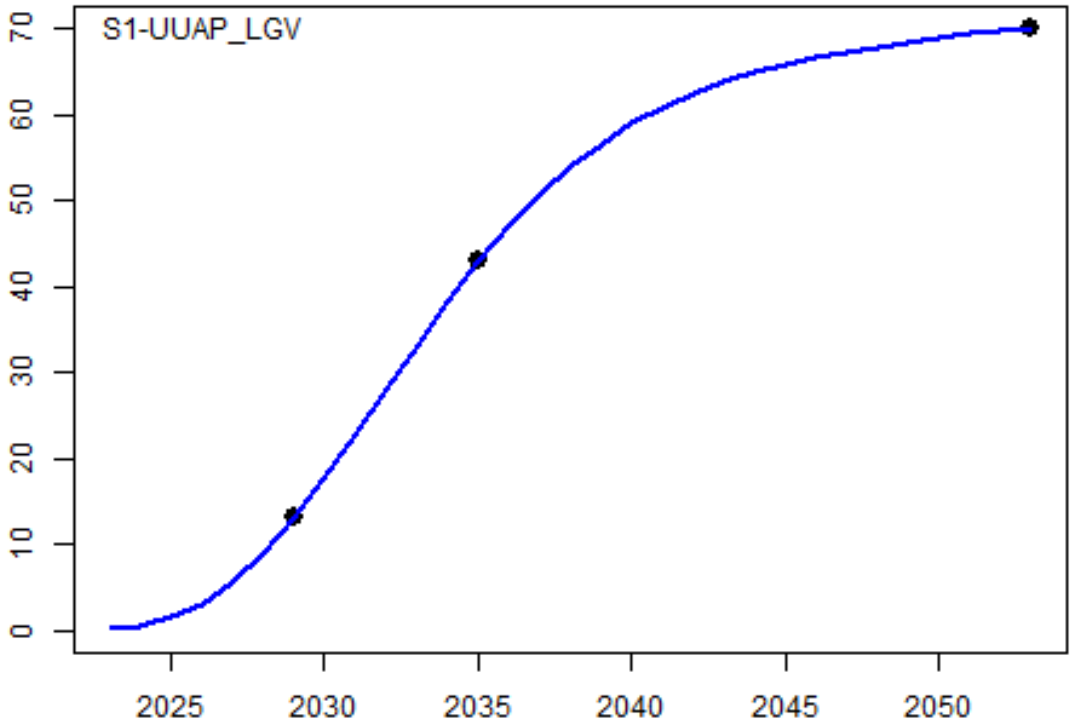
Tablo 2.7 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Sayıları (Senaryo 1)

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	EA Oranı (Model)	EA Sayısı
2025	17.401.294	2,00	348.026
2026	18.342.730	3,21	587.953
2027	19.319.091	5,57	1.075.945
2028	20.330.377	8,90	1.809.124
2029	21.376.588	13,00	2.778.956
2030	22.457.724	17,68	3.970.572
2031	23.573.785	22,75	5.362.093
2032	24.724.771	28,00	6.923.956
2033	25.910.682	33,26	8.618.238
2034	27.131.519	38,32	10.397.985
2035	28.387.280	43,00	12.206.530
2036	29.677.966	47,14	13.988.717
2037	31.003.577	50,74	15.730.140
2038	32.364.114	53,85	17.428.617
2039	33.759.575	56,53	19.083.478
2040	35.189.962	58,81	20.695.730

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	EA Oranı (Model)	EA Sayısı
2041	36.655.273	60,75	22.268.225
2042	38.155.510	62,39	23.805.823
2043	39.690.671	63,78	25.315.557
2044	41.260.758	64,97	26.806.794
2045	42.865.769	66,00	28.291.408
2046	44.505.706	66,91	29.780.217
2047	46.180.568	67,71	31.270.883
2048	47.890.354	68,40	32.757.189
2049	49.635.066	68,97	34.232.478
2050	51.414.703	69,42	35.689.637
2051	53.229.265	69,74	37.121.091
2052	55.078.752	69,93	38.518.794
2053	56.963.164	70,00	39.874.215

Gelecek tahminleri yapılırken otomobil tahminleri ile benzer şekilde Elektrikli Hafif Ticari Araçlar için de spline regresyon yöntemi kullanılmıştır.

Şekil 2.7'de hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğri verilmiştir. Bu eğri kullanılarak Elektrikli Hafif Ticari Araç sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.7 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Oranlarının Değişimi (Senaryo 1)

Elektrikli Hafif Ticari Araç sayıları hedef yıllar için tahmin edilmiş olup, Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Sayıları (Senaryo 1)

Yıl	Toplam LGV Sayısı	EA Oranı (Model)	E-LGV Sayısı
2025	4.803.489	1,50	72.052
2026	5.063.365	2,91	147.161
2027	5.332.881	5,41	288.775
2028	5.612.039	8,84	496.165
2029	5.900.837	13,00	767.109
2030	6.199.276	17,71	1.097.708
2031	6.507.356	22,78	1.482.214
2032	6.825.076	28,03	1.912.846
2033	7.152.438	33,27	2.379.618
2034	7.489.440	38,32	2.870.153
2035	7.836.083	43,00	3.369.515
2036	8.192.366	47,15	3.863.095
2037	8.558.291	50,79	4.346.751
2038	8.933.856	53,95	4.819.430
2039	9.319.062	56,66	5.280.401
2040	9.713.909	58,98	5.729.294
2041	10.118.396	60,94	6.166.134
2042	10.532.525	62,58	6.591.385
2043	10.956.294	63,94	7.005.987
2044	11.389.704	65,07	7.411.395
2045	11.832.754	66,00	7.809.618
2046	12.285.446	66,77	8.203.257
2047	12.747.778	67,43	8.595.544
2048	13.219.751	68,01	8.990.384
2049	13.701.365	68,55	9.392.389
2050	14.192.619	69,08	9.804.319
2051	14.693.515	69,54	10.218.589
2052	15.204.051	69,87	10.623.773
2053	15.724.228	70,00	11.006.959

Elektrikli Ağır Taşıtlar için ise aşağıda verilen tahmin modeli kullanılmıştır (Tablo 2.9). Bu model sayesinde, hedef yıllar için yapılan tahmin değerleri kullanılarak ara yıllar tahmin edilmiştir. Söz konusu matematiksel model ait istatistikler Tablo 2.9'da verilmiştir. Tabloda birinci sütun bağımlı ve bağımsız değişkenleri (polinom dereceleri), ikinci sütun katsayı tahminlerini, üçüncü sütun katsayı tahminlerine ilişkin standart hataları, t sütunu test istatistiği değerlerini, p_1 değeri bu istatistiğe ilişkin olasılık değerlerini, F değeri modelin bütününün anlamlılığına ilişkin test istatistiği değerini, p_2 değeri F istatistiğine ilişkin olasılık değerini ve $Adjusted\ R^2$ ise düzeltilmiş belirtme katsayısını göstermektedir.

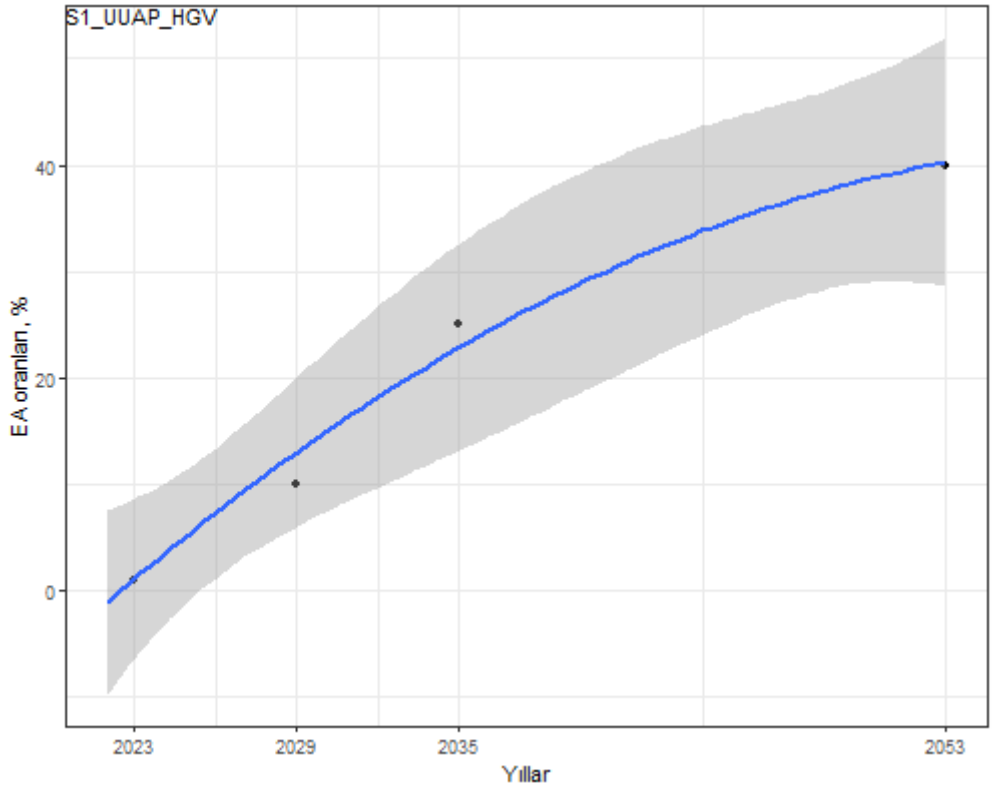
Bu model sayesinde, hedef yıllar için yapılan tahmin değerleri kullanılarak ara yıllar tahmin edilmiştir.

Tablo 2.9 Senaryo 1 İçin Elektrikli Ağır Taşıt Tahmin Modeli

$$S1 - \text{Ağır Ticari Araç} = 23.9473 + 69.6628t - 12.2128t^2$$

S1- HGV	Tahmin	S.E.	t	p	F	p	$adj - R^2$
(Sabit)	23.9473	1.6041	14.9287	0.0044	78.1318	0.0126	0.9747
t	69.6628	5.6246	12.3853	0.0064			
t^2	-12.2128	5.4347	-2.2471	0.1536			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.8'de verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Ağır Taşıt sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.8 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Oranlarının Değişimi (Senaryo 1)

Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Ağır Taşıt sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Sayıları (Senaryo 1)

Yıl	Toplam HGV Sayısı	EA Oranı (Model)	E-HGV Sayısı
2025	1.120.861	5,26	58.981
2026	1.181.502	7,28	85.971
2027	1.244.391	9,23	114.907
2028	1.309.531	11,13	145.814
2029	1.376.920	12,98	178.711
2030	1.446.559	14,77	213.606
2031	1.518.447	16,50	250.502
2032	1.592.585	18,17	289.393
2033	1.668.972	19,79	330.266
2034	1.747.610	21,35	373.100
2035	1.828.496	22,85	417.868
2036	1.911.633	24,30	464.532
2037	1.997.019	25,69	513.049
2038	2.084.654	27,02	563.368
2039	2.174.539	28,30	615.429
2040	2.266.674	29,52	669.165
2041	2.361.059	30,69	724.503
2042	2.457.693	31,79	781.361
2043	2.556.576	32,84	839.648
2044	2.657.710	33,84	899.267
2045	2.761.092	34,77	960.113
2046	2.866.725	35,65	1.022.074
2047	2.974.607	36,48	1.085.029
2048	3.084.739	37,24	1.148.850
2049	3.197.120	37,95	1.213.401
2050	3.311.751	38,61	1.278.540
2051	3.428.631	39,20	1.344.116
2052	3.547.762	39,74	1.409.969
2053	3.669.141	40,23	1.475.934

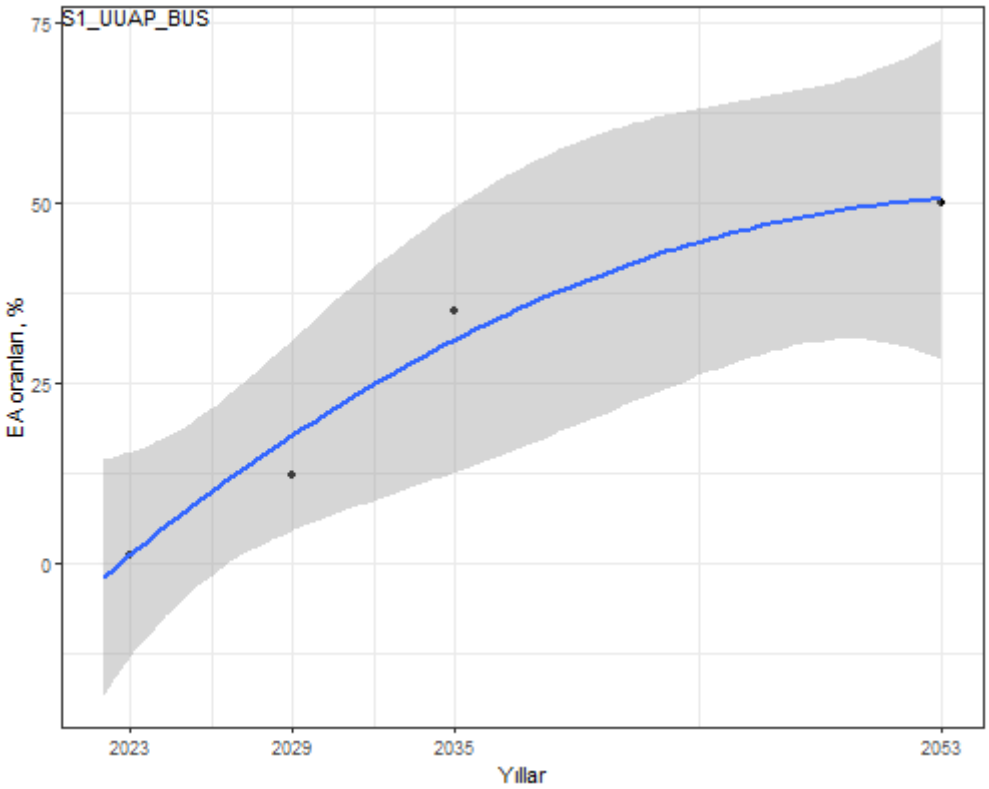
Elektrikli Otobüsler için ise aşağıda verilen tahmin modeli kullanılmıştır (Tablo 2.11). Bu model sayesinde, hedef yıllar için yapılan tahmin değerleri kullanılarak ara yıllar tahmin edilmiştir.

Tablo 2.11 Senaryo 1 İçin Elektrikli Otobüs Tahmin Modeli

$$\mathrm{S1-Otobüs} = 31.4523 + 88.4352\mathrm{t} - 20.1985\mathrm{t}^2$$

S1-BUS	Tahmin	S.E.	t	p	F	p	$adj - R^2$
(Sabit)	31.4523	3.0415	10.3409	0.0092	35.6443	0.0272	0.9454
t	88.4352	10.6647	8.2922	0.0142			
t^2	-20.1985	10.3048	-1.9601	0.1890			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.9'da verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Otobüs sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.9 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Oranlarının Değişimi (Senaryo 1)

Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Otobüs sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.12'de verilmiştir.

Tablo 2.12 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Sayıları (Senaryo 1)

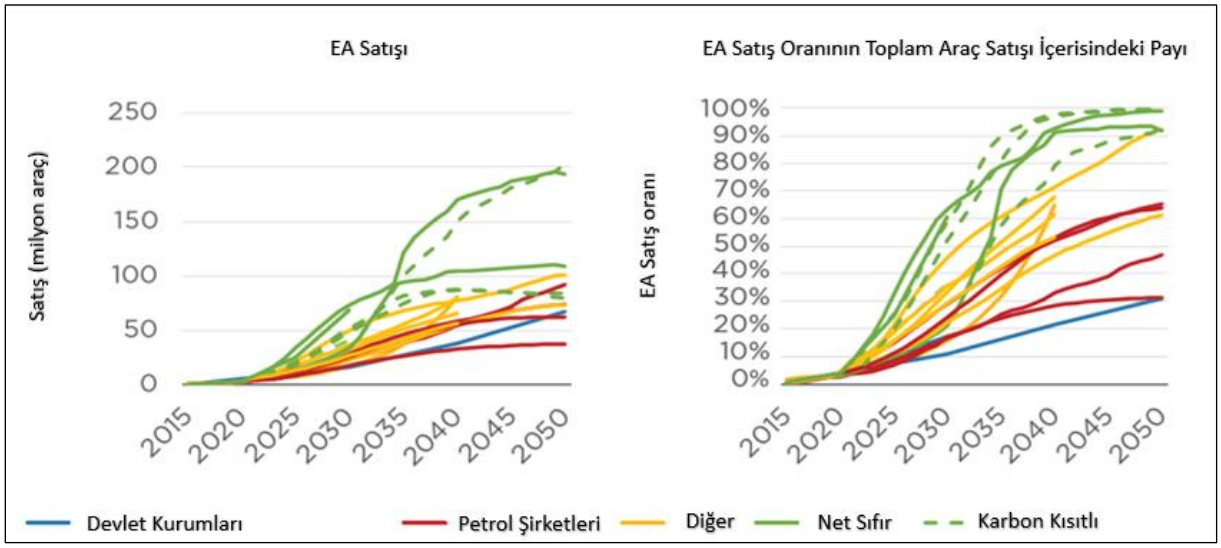
Yıl	Toplam Otobüs Sayısı	EA Oranı (Model)	E- Otobüs Sayısı
2025	227.582	6,96	15.835
2026	234.345	9,78	22.911
2027	241.309	12,50	30.167
2028	248.480	15,13	37.602
2029	255.864	17,67	45.211
2030	263.468	20,11	52.993
2031	271.297	22,46	60.942
2032	279.359	24,72	69.055
2033	287.661	26,88	77.327
2034	296.209	28,95	85.752
2035	305.012	30,92	94.323
2036	314.076	32,81	103.033
2037	323.409	34,59	111.874

Yıl	Toplam Otobüs Sayısı	EA Oranı (Model)	E- Otobüs Sayısı
2038	333.020	36,29	120.837
2039	342.916	37,88	129.912
2040	353.106	39,39	139.089
2041	363.600	40,80	148.356
2042	374.405	42,12	157.699
2043	385.531	43,34	167.105
2044	396.987	44,47	176.558
2045	408.785	45,51	186.043
2046	420.932	46,45	195.540
2047	433.441	47,30	205.031
2048	446.322	48,06	214.495
2049	459.585	48,72	223.909
2050	473.242	49,29	233.249
2051	487.306	49,76	242.489
2052	501.787	50,14	251.603
2053	516.698	50,43	260.559

2.2.2 Senaryo 2 (Dünya Geneli Artış Trendi)

Bu senaryoda, dünya genelindeki Elektrikli Araç satışları ve EA sayısı artışı ve tahminler dikkate alınmıştır. Bu kapsamda Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) Dünya geneli elektrikli araç satış istatistikleri ile ülkemizdeki elektrikli araç satışları ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, Columbia University School of International and Public Affairs (SIPA) tarafından yapılan çalışma kapsamında, 2021 yılında; kamu idarecileri, düşünce kuruluşları, petrol şirketleri, danışmanlar ve yatırım bankaları ile STK'lar dahil olmak üzere 14 kuruluşla, gelecekteki EA sayıları hakkında bir anket yapılmıştır. Toplamda 19 farklı tahmin seti alınarak 2050 yılına kadar uzman görüşleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında, deneklerden iklim değişikliği ile ilgili tahminleri, global nüfus artışı tahminleri ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla için tahminleri de istenmiştir.

Söz konusu çalışma verilerindeki uzman anketleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar proje danışmanları ve uzman görüşleri doğrultusunda ülkemiz şartlarına uyarlanmıştır (Şekil 2.10) [59].



Şekil 2.10 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Satış Oranları [59]

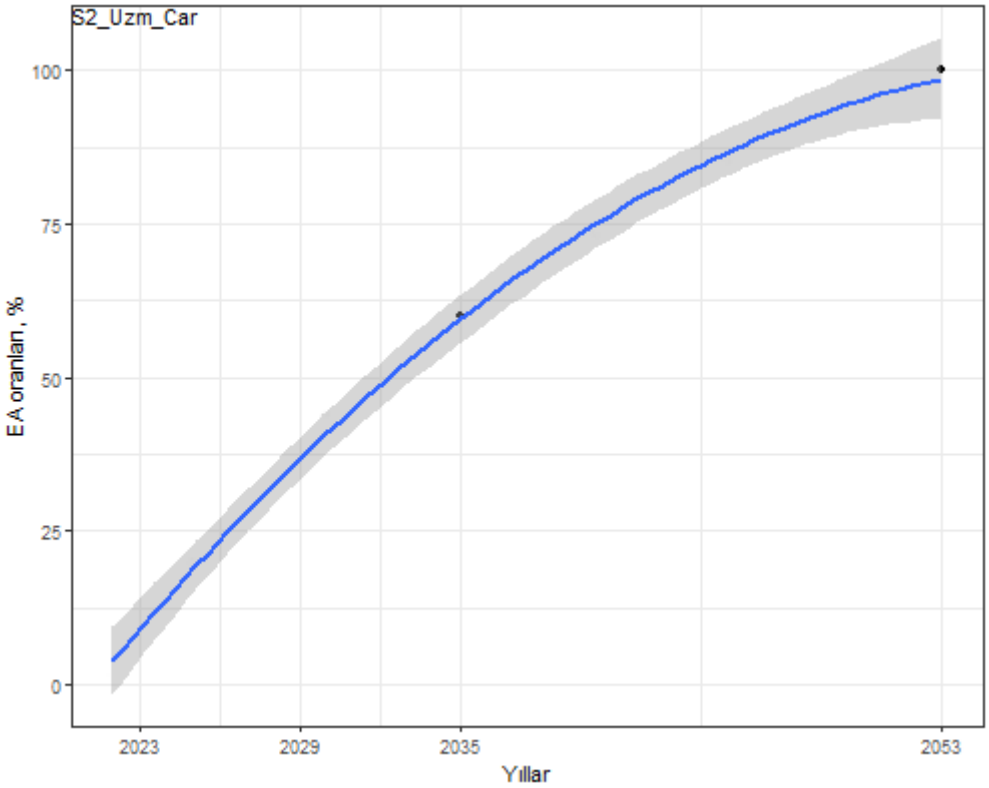
Danışmanlar ve Uzman görüşleri alınarak geliştirilen matematiksel tahmin modeli Tablo 2.13'te verilmiş olup, bu model kullanılarak Senaryo 2 için EA satış oranları belirlenmiştir. Bu oranlar kullanılarak, yıllık EA sayıları tahmin edilmiş ve elde edilen tahmin sonuçları Şekil 2.11'de sunulmuştur.

Tablo 2.13 Senaryo 2 İçin Elektrikli Otomobil Tahmin Modeli

$$S2 - \text{Otomobil} = 61.7085 + 154.5651t - 29.7729t^2 + 8.5998t^3$$

S2-Otomobil	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	61.7085	0.3515	175.5473	0.0000	3145.9965	0.0000	0.9994
t	154.5651	1.9663	78.6062	0.0000			
t^2	-29.7729	1.5308	-19.4496	0.0003			
t^3	8.5998	1.5921	5.4014	0.0124			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.11'de verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Otomobil sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.11 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2)

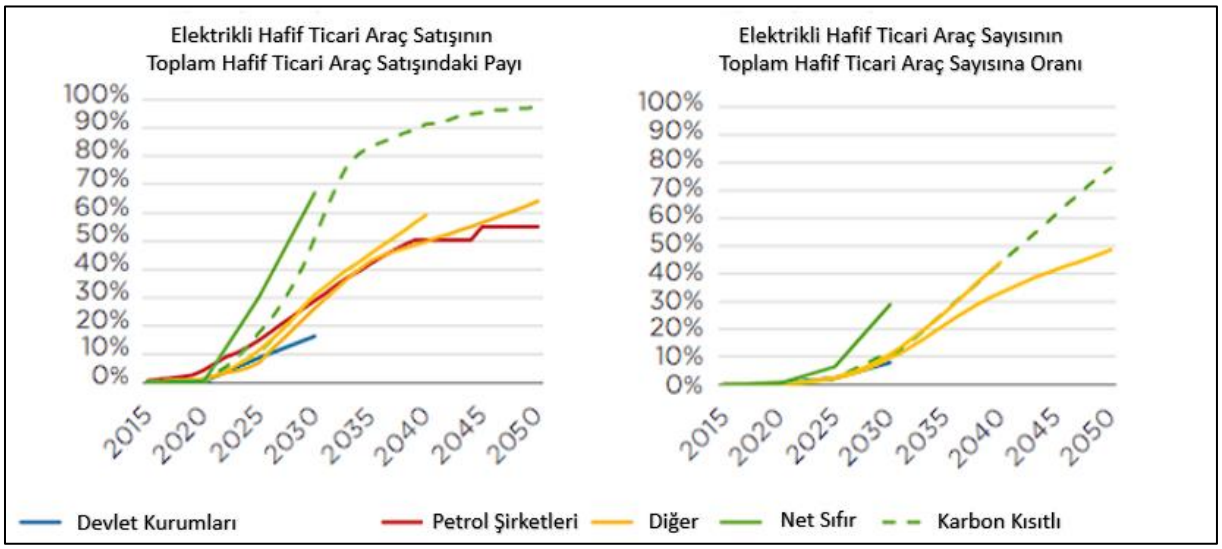
Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Otomobil sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.14'te verilmiştir.

Tablo 2.14 Yıllara Göre Elektrikli Araç Sayıları (Senaryo 2)

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	Yıllık Otomobil Satış Sayısı	Yıllık EA Satış Sayısı	Toplam EA Sayısı	EA Oranı (%)
2025	17.401.294	906.511	170.192	429.712	2,47
2026	18.342.730	941.436	220.967	650.679	3,55
2027	19.319.091	976.361	273.690	924.369	4,78
2028	20.330.377	1.011.286	328.218	1.252.587	6,16
2029	21.376.588	1.046.211	384.407	1.636.993	7,66
2030	22.457.724	1.081.136	442.114	2.079.108	9,26
2031	23.573.785	1.116.061	501.197	2.580.305	10,95
2032	24.724.771	1.150.986	561.513	3.141.818	12,71
2033	25.910.682	1.185.911	622.918	3.764.735	14,53
2034	27.131.519	1.220.836	685.269	4.450.004	16,40
2035	28.387.280	1.255.761	748.423	5.198.428	18,31
2036	29.677.966	1.290.686	812.238	6.010.666	20,25
2037	31.003.577	1.325.611	876.570	6.887.235	22,21
2038	32.364.114	1.360.536	941.276	7.828.511	24,19
2039	33.759.575	1.395.461	1.006.212	8.834.723	26,17
2040	35.189.962	1.430.386	1.071.237	9.905.961	28,15
2041	36.655.273	1.465.311	1.136.207	11.042.167	30,12

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	Yıllık Otomobil Satış Sayısı	Yıllık EA Satış Sayısı	Toplam EA Sayısı	EA Oranı (%)
2042	38.155.510	1.500.237	1.200.979	12.243.146	32,09
2043	39.690.671	1.535.162	1.265.409	13.508.555	34,03
2044	41.260.758	1.570.087	1.329.355	14.837.910	35,96
2045	42.865.769	1.605.012	1.392.674	16.230.584	37,86
2046	44.505.706	1.639.937	1.455.222	17.685.806	39,74
2047	46.180.568	1.674.862	1.516.857	19.202.663	41,58
2048	47.890.354	1.709.787	1.577.436	20.780.099	43,39
2049	49.635.066	1.744.712	1.636.815	22.416.914	45,16
2050	51.414.703	1.779.637	1.694.851	24.111.765	46,90
2051	53.229.265	1.814.562	1.751.402	25.863.167	48,59
2052	55.078.752	1.849.487	1.806.324	27.669.492	50,24
2053	56.963.164	1.884.412	1.859.474	29.528.966	51,84

Gelecek tahminleri yapılırken otomobillerin yanı sıra her bir araç türü için farklı matematiksel tahmin modeli kullanılmıştır. Elektrikli Hafif Ticari Araçlar için ise Columbia (SIPA)(Şekil 2.12) tarafından yapılan çalışma göz önünde bulundurularak aşağıda verilen tahmin modeli (Tablo 2.15) kullanılmıştır.



Şekil 2.12 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Satış Oranları [59]

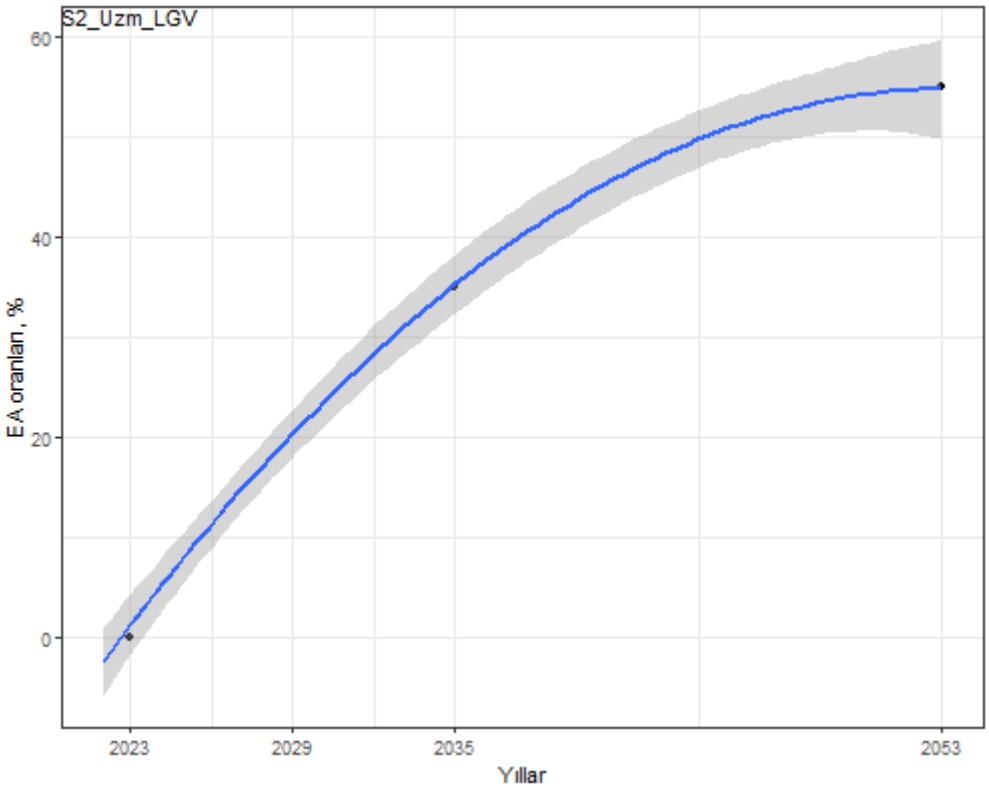
Tablo 2.15 Senaryo 2 İçin Elektrikli Hafif Ticari Araç Tahmin Modeli

$$S2 - \text{Hafif Ticari Araç} = 35.2300 + 96.4922t - 25.1578t^2$$

S2- LGV	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	35.2300	0.7947	44.3316	0.0000	432.4182	0.0000	0.9920
t	96.4922	3.6896	26.1526	0.0000			
t^2	-25.1578	3.3567	-7.4947	0.0007			

Bu model sayesinde, hedef yıllar için yapılan tahmin değerleri kullanılarak ara yıllar tahmin edilmiştir.

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.13'de verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Hafif Ticari Araç sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.13 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2)

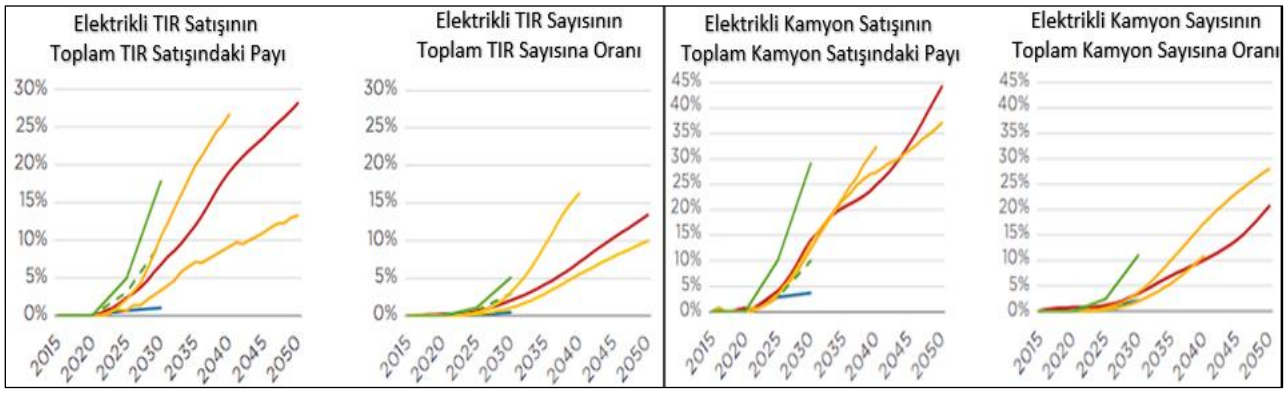
Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, ara yıllar için Elektrikli Hafif Ticari Araç sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.16'da verilmiştir.

Tablo 2.16 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Sayıları (Senaryo 2)

Yıl	Toplam LGV Sayısı	Yıllık LGV Satış Sayısı	Yıllık E-LGV Satış Sayısı	Toplam E-LGV Sayısı	E-LGV Oranı (%)
2025	4.803.489	250.235	19.993	27.418	0,57
2026	5.063.365	259.876	29.208	56.625	1,12
2027	5.332.881	269.517	38.734	95.359	1,79
2028	5.612.039	279.157	48.538	143.897	2,56
2029	5.900.837	288.798	58.586	202.483	3,43
2030	6.199.276	298.439	68.844	271.328	4,38
2031	6.507.356	308.080	79.279	350.607	5,39

Yıl	Toplam LGV Sayısı	Yıllık LGV Satış Sayısı	Yıllık E-LGV Satış Sayısı	Toplam E-LGV Sayısı	E-LGV Oranı (%)
2032	6.825.076	317.721	89.857	440.464	6,45
2033	7.152.438	327.361	100.543	541.007	7,56
2034	7.489.440	337.002	111.305	652.312	8,71
2035	7.836.083	346.643	122.108	774.420	9,88
2036	8.192.366	356.284	132.919	907.339	11,08
2037	8.558.291	365.924	143.703	1.051.042	12,28
2038	8.933.856	375.565	154.427	1.205.469	13,49
2039	9.319.062	385.206	165.058	1.370.527	14,71
2040	9.713.909	394.847	175.561	1.546.088	15,92
2041	10.118.396	404.488	185.903	1.731.991	17,12
2042	10.532.525	414.128	196.049	1.928.040	18,31
2043	10.956.294	423.769	205.967	2.134.007	19,48
2044	11.389.704	433.410	215.622	2.349.629	20,63
2045	11.832.754	443.051	224.980	2.574.609	21,76
2046	12.285.446	452.691	234.008	2.808.617	22,86
2047	12.747.778	462.332	242.672	3.051.288	23,94
2048	13.219.751	471.973	250.938	3.302.226	24,98
2049	13.701.365	481.614	258.772	3.560.998	25,99
2050	14.192.619	491.255	266.141	3.827.139	26,97
2051	14.693.515	500.895	273.011	4.100.150	27,90
2052	15.204.051	510.536	279.347	4.379.497	28,80
2053	15.724.228	520.177	285.117	4.664.615	29,67

Elektrikli Ağır Taşıtlar için ise Columbia (SIPA) tarafından yapılan çalışma göz önünde bulundurularak aşağıda verilen tahmin modeli (Tablo 2.17) kullanılmıştır. Şekil 2.14'te verilen grafiklerdeki değerler çalışma kapsamındaki elektrikli ağır taşıt satış oranları tahminini göstermektedir. Ancak ağır taşıtlar, orta ağıt taşıt ve ağır taşıt olarak iki türde incelenmiştir. İki farklı ağır taşıt türündeki bu tahmin değerleri bu çalışmaya uyarlanarak, satış oranı tahminleri tek bir ağır taşıt türü için gerçekleştirilmiştir.



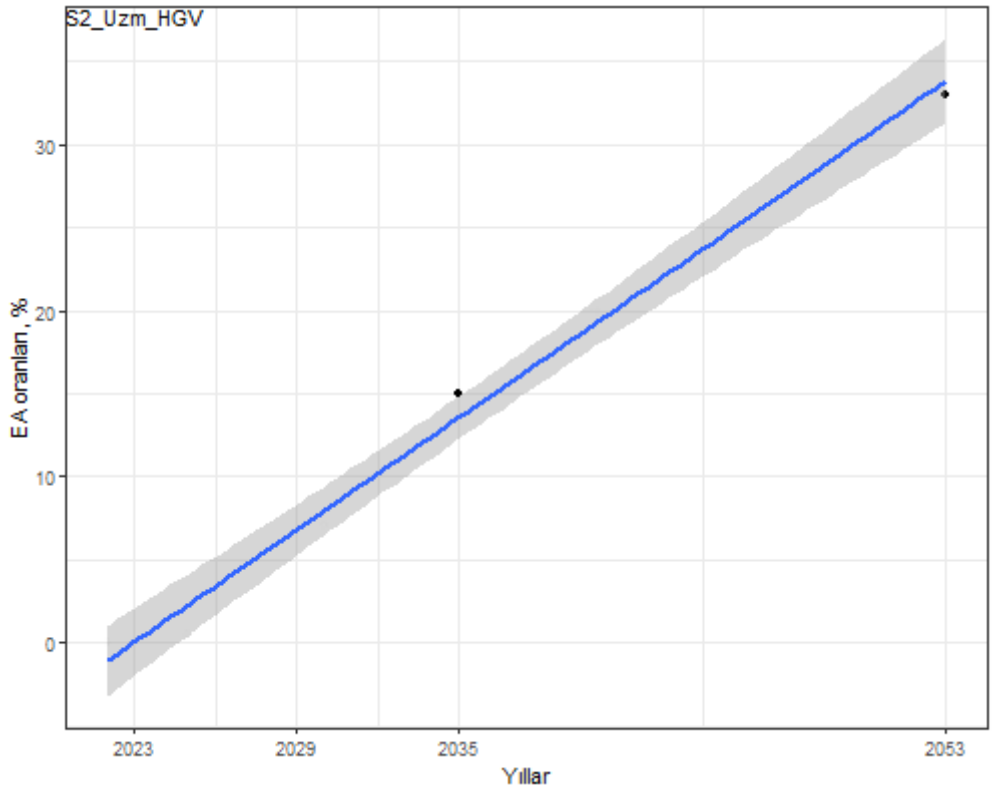
Şekil 2.14 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Satış Oranları [59]

Tablo 2.17 Senaryo 2 İçin Elektrikli Ağır Taşıt Tahmin Modeli

$$S2 - \text{Ağır Ticari Araç} = 16.3669 + 58.7842t$$

S2- HGV	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	16.3669	0.5064	32.3170	0.0000	537.4288	0.0000	0.9889
t	58.7842	2.5357	23.1825	0.0000			

Bu model sayesinde, hedef yıllar için yapılan tahmin değerleri kullanılarak ara yıllar tahmin edilmiştir. Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.15'de verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Ağır Taşıt sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.15 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2)

Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Ağır Taşıt sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.18'de verilmiştir.

Tablo 2.18 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Sayıları (Senaryo 2)

Yıl	Toplam HGV Sayısı	Yıllık HGV Satış Sayısı	Yıllık E-HGV Satış Sayısı	Toplam E-HGV Sayısı	E-HGV Oranı (%)
2025	1.120.861	58.391	1.342	2.072	0,18
2026	1.181.502	60.640	2.076	4.148	0,35
2027	1.244.391	62.890	2.861	7.009	0,56
2028	1.309.531	65.139	3.697	10.706	0,82
2029	1.376.920	67.389	4.583	15.288	1,11
2030	1.446.559	69.639	5.519	20.808	1,44
2031	1.518.447	71.888	6.507	27.315	1,80
2032	1.592.585	74.138	7.545	34.859	2,19
2033	1.668.972	76.388	8.634	43.493	2,61
2034	1.747.610	78.637	9.773	53.266	3,05
2035	1.828.496	80.887	10.963	64.229	3,51
2036	1.911.633	83.136	12.203	76.432	4,00
2037	1.997.019	85.386	13.495	89.926	4,50
2038	2.084.654	87.636	14.836	104.763	5,03
2039	2.174.539	89.885	16.229	120.992	5,56
2040	2.266.674	92.135	17.672	138.664	6,12
2041	2.361.059	94.384	19.166	157.830	6,68
2042	2.457.693	96.634	20.710	178.540	7,26
2043	2.556.576	98.884	22.305	200.845	7,86
2044	2.657.710	101.133	23.951	224.796	8,46
2045	2.761.092	103.383	25.647	250.443	9,07
2046	2.866.725	105.632	27.394	277.838	9,69
2047	2.974.607	107.882	29.192	307.029	10,32
2048	3.084.739	110.132	31.040	338.070	10,96
2049	3.197.120	112.381	32.939	371.008	11,60
2050	3.311.751	114.631	34.888	405.897	12,26
2051	3.428.631	116.881	36.889	442.786	12,91
2052	3.547.762	119.130	38.939	481.725	13,58
2053	3.669.141	121.380	41.041	522.766	14,25

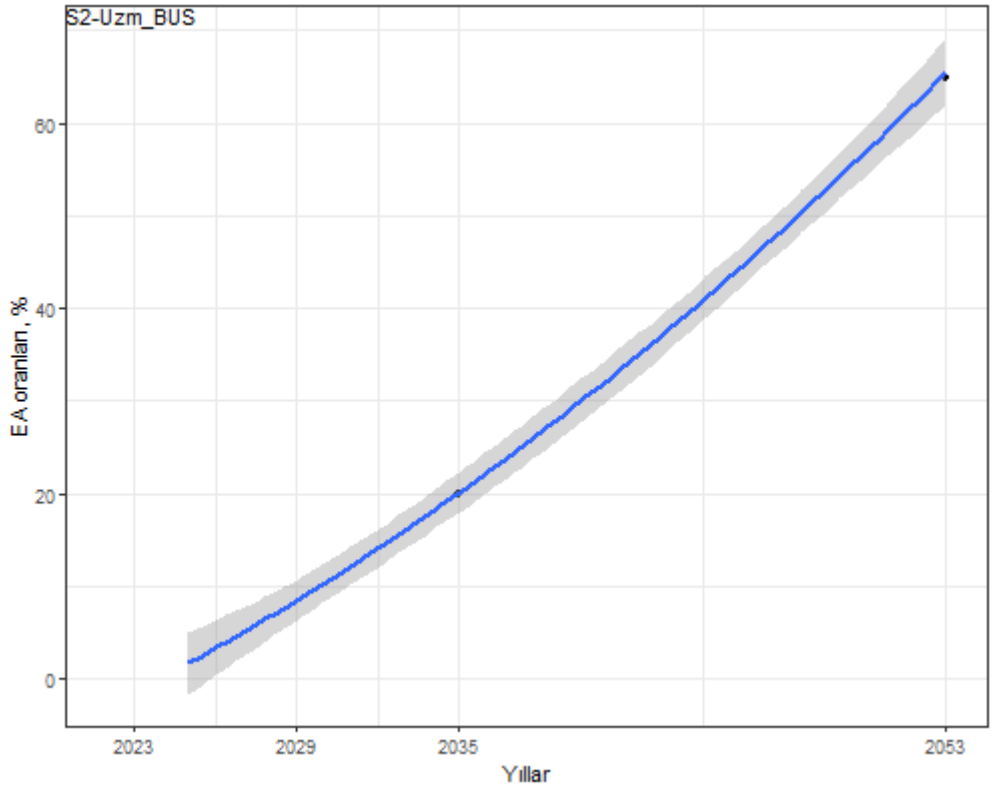
Elektrikli Otobüsler için ise aşağıda verilen tahmin modeli kullanılmıştır. Bu model sayesinde, hedef yıllar için yapılan tahmin değerleri kullanılarak ara yıllar tahmin edilmiştir.

Tablo 2.19 Senaryo 2 İçin Elektrikli Otobüs Tahmin Modeli

$$\mathrm{S2-Otobüs} = 27.5230 + 115.2245\mathrm{t} + 10.5065\mathrm{t}^2$$

S2-BUS	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	27.5230	0.4924	55.8998	0.0000	937.3644	0.0001	0.9973
t	115.2245	2.9100	39.5965	0.0000			
t^2	10.5065	2.6323	3.9914	0.0282			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.16'da verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Otobüs sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.16 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Satış Oranlarının Değişimi (Senaryo 2)

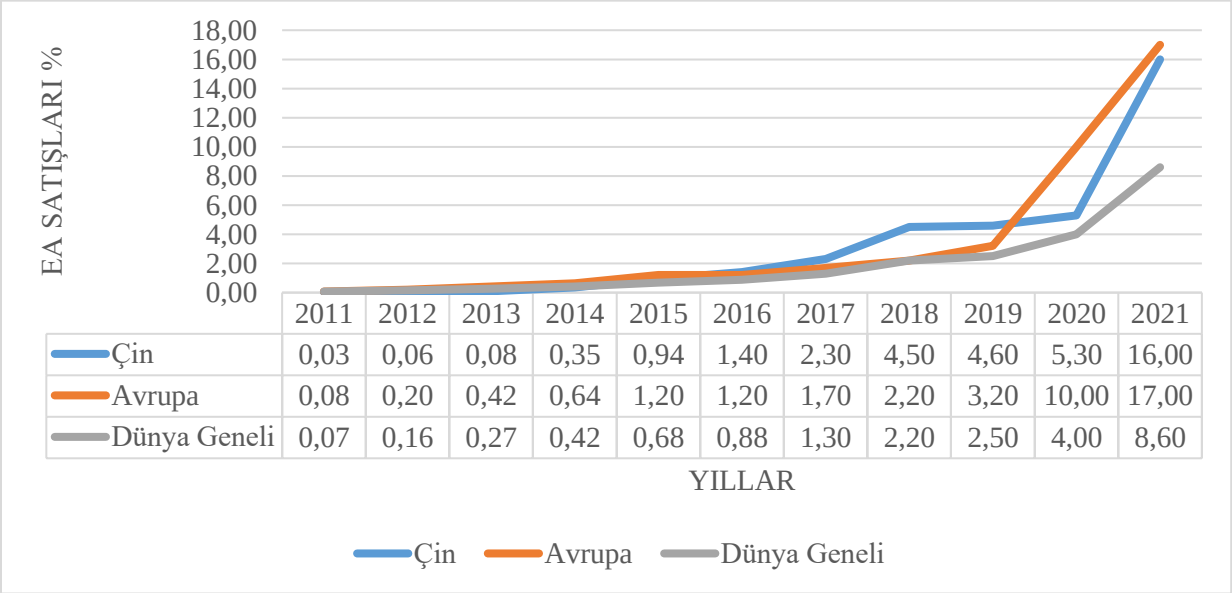
Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Otobüs sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.20'de verilmiştir.

Tablo 2.20 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Sayıları (Senaryo 2)

Yıl	Toplam Otobüs Sayısı	Yıllık Otobüs Satış Sayısı	Yıllık E-Otobüs Satış Sayısı	Toplam E-Otobüs Sayısı	E- Otobüs Oranı (%)
2025	227.582	6.568	110	260	0,11
2026	234.345	6.763	223	483	0,21
2027	241.309	6.964	346	829	0,34
2028	248.480	7.171	480	1.309	0,53
2029	255.864	7.384	624	1.933	0,76
2030	263.468	7.603	781	2.714	1,03
2031	271.297	7.829	950	3.664	1,35
2032	279.359	8.062	1.133	4.797	1,72
2033	287.661	8.302	1.329	6.126	2,13
2034	296.209	8.548	1.540	7.666	2,59

Yıl	Toplam Otobüs Sayısı	Yıllık Otobüs Satış Sayısı	Yıllık E-Otobüs Satış Sayısı	Toplam E-Otobüs Sayısı	E- Otobüs Oranı (%)
2035	305.012	8.802	1.768	9.434	3,09
2036	314.076	9.064	2.011	11.445	3,64
2037	323.409	9.333	2.272	13.717	4,24
2038	333.020	9.611	2.552	16.269	4,89
2039	342.916	9.896	2.851	19.120	5,58
2040	353.106	10.190	3.170	22.290	6,31
2041	363.600	10.493	3.511	25.802	7,10
2042	374.405	10.805	3.875	29.677	7,93
2043	385.531	11.126	4.263	33.940	8,80
2044	396.987	11.457	4.676	38.616	9,73
2045	408.785	11.797	5.115	43.731	10,70
2046	420.932	12.148	5.583	49.314	11,72
2047	433.441	12.509	6.080	55.394	12,78
2048	446.322	12.880	6.607	62.001	13,89
2049	459.585	13.263	7.167	69.168	15,05
2050	473.242	13.657	7.762	76.930	16,26
2051	487.306	14.063	8.392	85.322	17,51
2052	501.787	14.481	9.059	94.381	18,81
2053	516.698	14.911	9.767	104.148	20,16

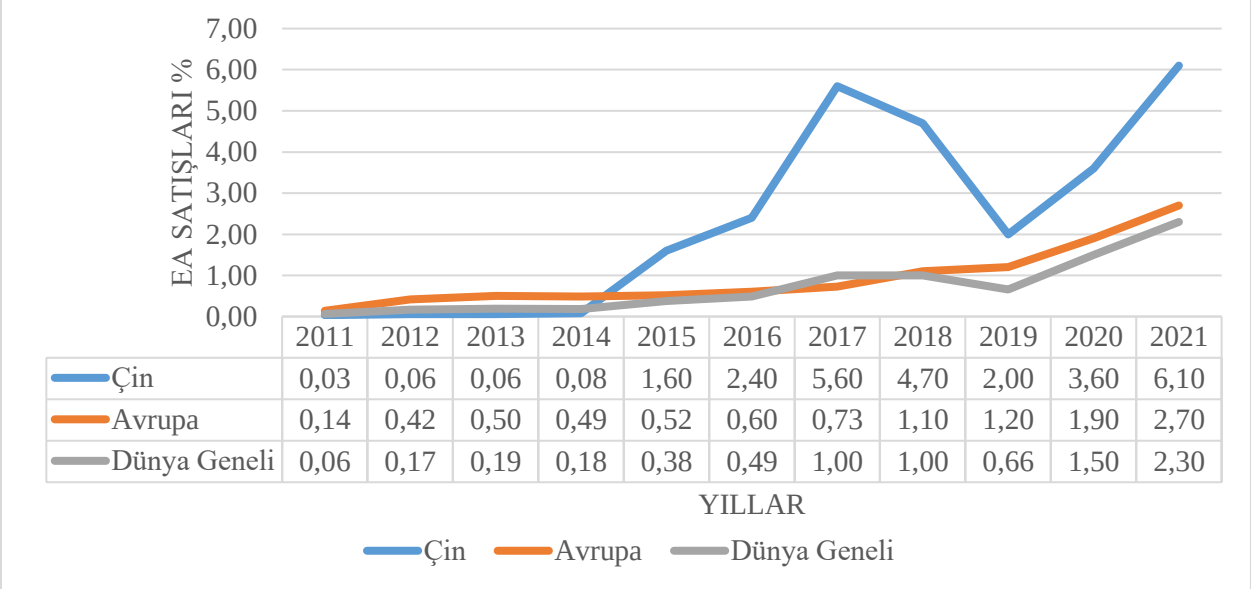
Matematiksel Tahmin Modelleri geliştirilirken, Columbia SIPA uzman görüşlerinin yanı sıra Elektrikli Araçların Dünya istatistikleri de dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, Şekil 2.17'de Çin, Avrupa ve Dünya genelindeki elektrikli otomobillerin 10 yıllık pazar pay yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 2.17 Elektrikli Araç (Otomobil) Satışları [5]

Şekil 2.17 incelendiğinde, Çin'deki elektrikli otomobil pazar payının 2021 yılında, Avrupa'da ise 2020 yılında ciddi artış gösterdiği görülmektedir. Şekil 2.18'de yer alan grafikte ise Çin,

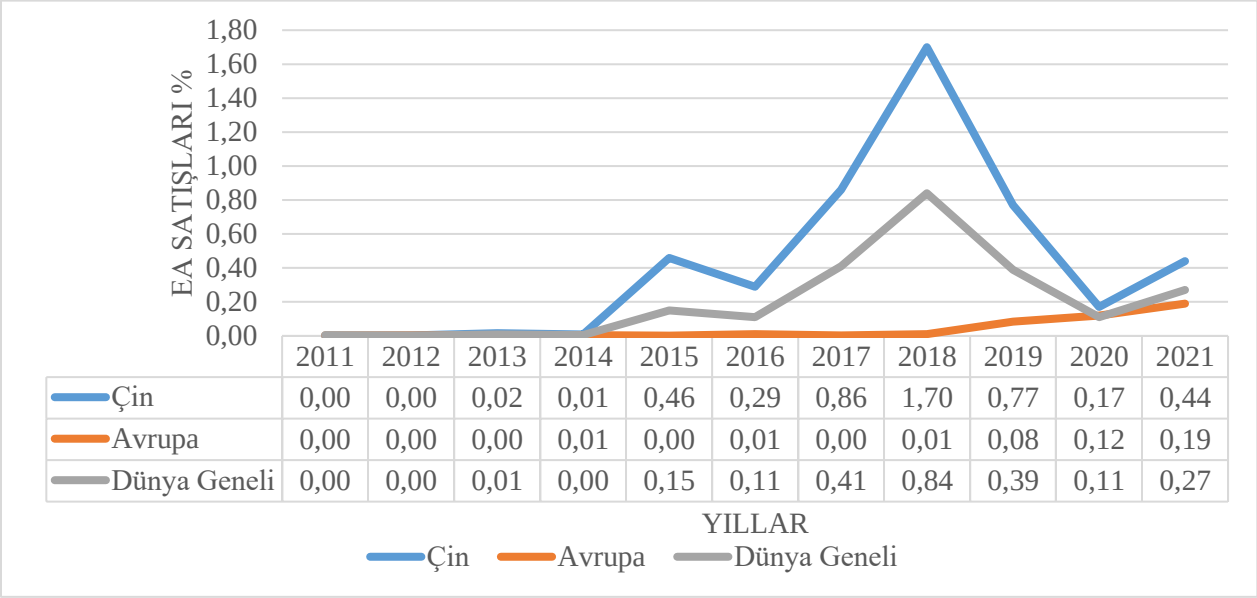
Avrupa ve Dünya genelindeki elektrikli hafif ticari araçların 10 yıllık pazar payları yüzdeleri verilmiştir.



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	0,03	0,06	0,06	0,08	1,60	2,40	5,60	4,70	2,00	3,60	6,10
Avrupa	0,14	0,42	0,50	0,49	0,52	0,60	0,73	1,10	1,20	1,90	2,70
Dünya Geneli	0,06	0,17	0,19	0,18	0,38	0,49	1,00	1,00	0,66	1,50	2,30

Şekil 2.18 Elektrikli Araç (Hafif Ticari) Satışları [5]

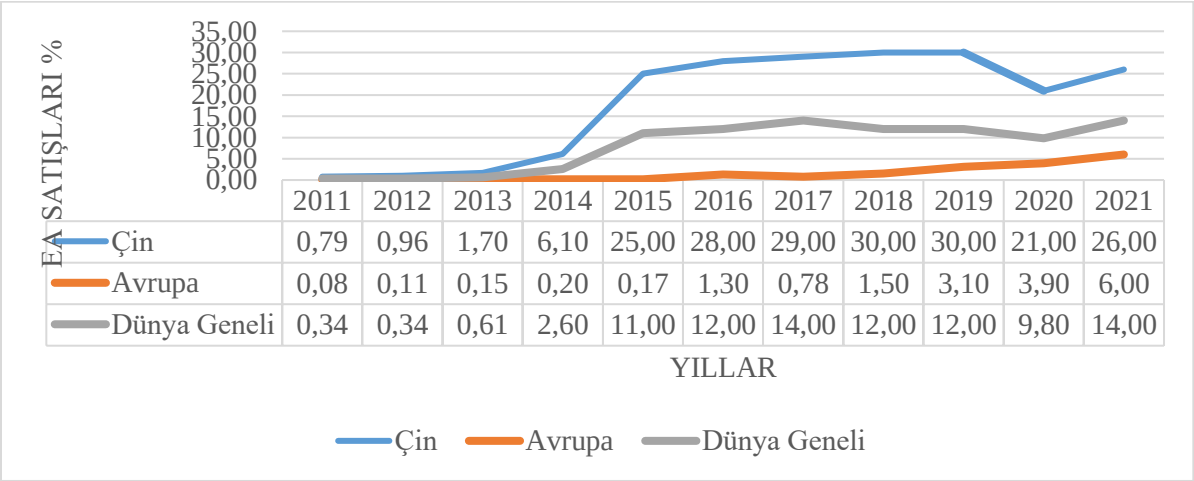
Şekil 2.18 incelendiğinde, Çin'deki elektrikli hafif ticari araçların pazar payının 2014 yılında yükselişe geçtiği, ancak 2017 yılında düşüş göstermeye başladığı görülmektedir. Ayrıca elektrikli araçların son yıllarda popüler olmaya başlamasıyla birlikte, elektrikli hafif ticari araçların pazar payının 2019 yılında tekrar yükselişe geçtiği görülmektedir. Avrupa ve dünya geneline bakıldığında ise artış miktarlarının daha stabil olduğu görülmektedir. Şekil 2.19'da yer alan grafikte ise Çin, Avrupa ve Dünya genelindeki elektrikli ağır ticari araçların 10 yıllık pazar payları yüzdeleri verilmiştir.



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	0,00	0,00	0,02	0,01	0,46	0,29	0,86	1,70	0,77	0,17	0,44
Avrupa	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,08	0,12	0,19
Dünya Geneli	0,00	0,00	0,01	0,00	0,15	0,11	0,41	0,84	0,39	0,11	0,27

Şekil 2.19 Elektrikli Araç (Ağır Ticari) Satışları [5]

Şekil 2.19 incelendiğinde, Avrupa'daki elektrikli ağır ticari araçların pazar payının artışı stabil olsa da Çin ve Dünya genelinde bakıldığında durumun daha inişli çıkışlı olduğu görülmektedir. Şekil 2.20'de yer alan grafikte ise Çin, Avrupa ve Dünya genelindeki elektrikli otobüslerin 10 yıllık pazar payları yüzdeleri verilmiştir.



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	0,79	0,96	1,70	6,10	25,00	28,00	29,00	30,00	30,00	21,00	26,00
Avrupa	0,08	0,11	0,15	0,20	0,17	1,30	0,78	1,50	3,10	3,90	6,00
Dünya Geneli	0,34	0,34	0,61	2,60	11,00	12,00	14,00	12,00	12,00	9,80	14,00

Şekil 2.20 Elektrikli Araç (Otobüs) Satışları [5]

Şekil 2.20 incelendiğinde, Çin'deki elektrikli otobüslerin pazar payının, Avrupa ve Dünya geneline göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Dünya Geneli Artış Trendi Senaryosun 'da dikkate alınacak bir diğer istatistik ise Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) geleceğe yönelik hazırladığı senaryolarda kullanılacak tahminlerdir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın hazırladığı söz konusu senaryolar, Mevcut Politikalar Senaryosu

(Stated Policies Scenario - STEP) ve Taahhüt Senaryosudur (Announced Pledges Scenario – APS). Mevcut Politikalar Senaryosu, hükümetlerin mevcut politikalarının ve önlemlerin uygulanmaya devam ettiği aynı zamanda geliştirilmekte olan önlemleri de dikkate alındığı senaryodur. Tablo 2.21'de Mevcut Politikalar Senaryosuna göre elektrikli araç pazar payı tahminleri bütün olarak verilmiştir.

Tablo 2.21 Mevcut Politikalar Senaryosuna Göre Elektrikli Araç Pazar Payı Tahminleri [5]

Ülke	Hibrit/EA	Otomobil	Hafif Ticari Araç (LGV)	Ağır Ticari Araç (HGV)	Otobüs
Çin	**2025**	35%	31%	3%	35%
	2030	53%	51%	11%	48%
Avrupa	**2025**	26%	21%	2%	19%
	2030	39%	39%	7%	40%
Dünya Geneli	**2025**	17%	11%	2%	14%
	2030	25%	22%	5%	17%

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) geleceğe yönelik hazırladığı senaryolardan bir diğeri ise Taahhüt Senaryosudur (Announced Pledges Scenario – APS).

Taahhüt Senaryosu, hükümetlerin mevcut politikalarının ve önlemlerin uygulanmaya devam ettiği aynı zamanda geleceğe yönelik taahhütlerin de yerine getirildiği kabul edilen senaryodur.

Tablo 2.22'de ise Taahhüt Senaryosuna göre elektrikli araç pazar payı tahminleri bütün olarak verilmiştir.

Tablo 2.22 Taahhüt Senaryosuna Göre Elektrikli Araç Pazar Payı Tahminleri [5]

Ülke	Hibrit/EA	Otomobil	Hafif Ticari Araç (LGV)	Ağır Ticari Araç (HGV)	Otobüs
Çin	**2025**	37%	34%	4%	49%
	2030	54%	58%	12%	60%
Avrupa	**2025**	29%	29%	4%	27%
	2030	52%	52%	17%	53%
Dünya Geneli	**2025**	20%	15%	2%	20%
	2030	36%	34%	8%	25%

2.2.3 Senaryo 3 (Küresel Isınma ve Sıfır Emisyon Hedefi)

İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın dikkate alındığı üçüncü senaryoda ise, ülkemizdeki ve dünyadaki elektrikli araç satışlarındaki artış trendleri ve gelecek tahminleri 2053 yılında otomobillerin büyük çoğunluğunun elektrikli olması hedefine uygun olarak düzenlenmiştir. Ayrıca, 2022 yılında gerçekleştirilen İklim Şurası Sonuç Bildirgesi'ne göre 2053 yılı Net Sıfır

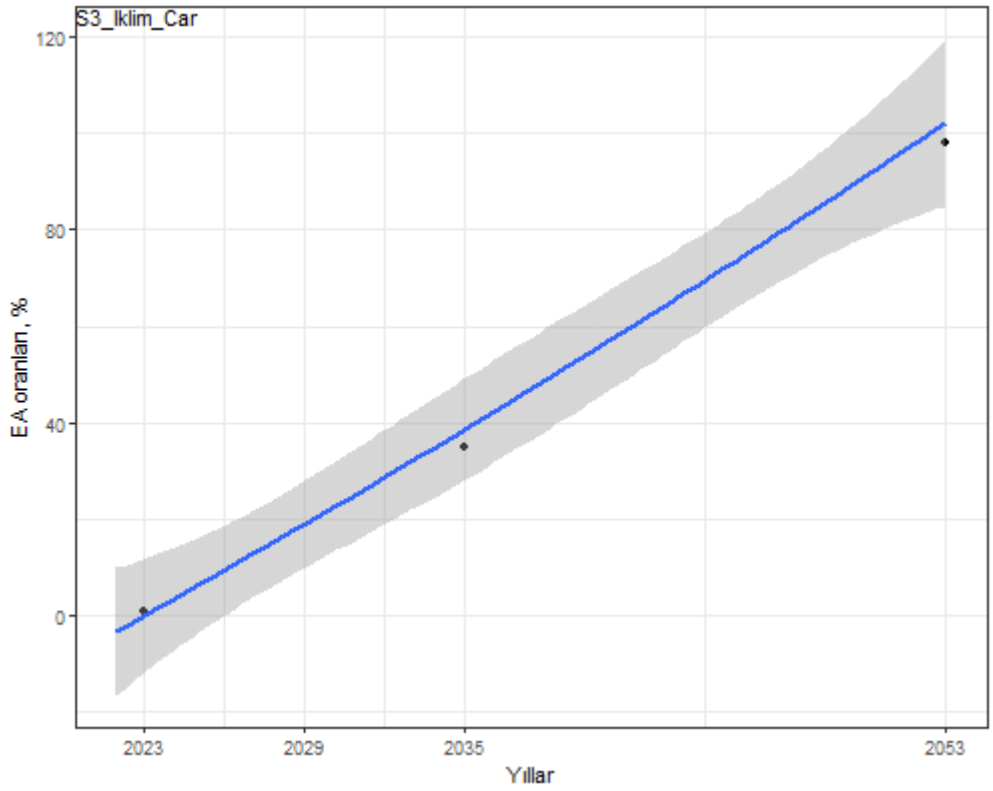
Emisyon Hedefi deklare edilmiştir [60]. Bu senaryoda, EA sayıları dikkate alındığından, araçla ilgili 2053 yılına ilişkin öngörüler, yine tüm otomobillerin tümüne yakının elektrikli olması hedefine dayanmaktadır. Bu kapsamda; 2053 yılına kadar, ara hedef yıllara ait değerler, uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenmiş ve bu doğrultuda Matematiksel Tahmin Modeli geliştirilmiştir. (Tablo 2.23)

Tablo 2.23 Senaryo 3 İçin Elektrikli Otomobil Tahmin Modeli

$$S3 - \text{Otomobil} = 47.8139 + 195.6227t + 3.8654t^2 - 24.1858t^3$$

S3-Otomobil	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	47.8139	0.3446	138.7395	0.0000	4104.0742	0.0000	0.9995
t	195.6227	2.0200	96.8415	0.0000			
t^2	3.8654	1.4188	2.7245	0.0723			
t^3	-24.1858	1.5862	-15.2473	0.0006			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.21'de verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Otomobil sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



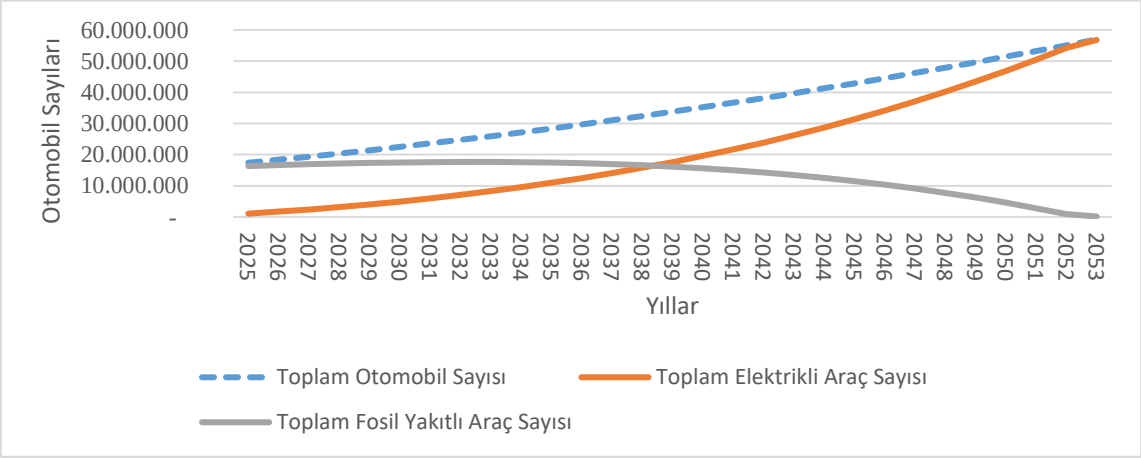
Şekil 2.21 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Oranlarının Değişimi (Senaryo 3)

Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Otomobil sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.24'te verilmiştir.

Tablo 2.24 Yıllara Göre Elektrikli Otomobil Sayıları (Senaryo 3)

Yıl	Toplam Otomobil Sayısı	Yıllık Otomobil Satış Sayısı	Toplam Elektrikli Otomobil Sayısı	Toplam Fosil Yakıtlı veya Alternatif Yakıtlı Otomobil Sayısı
2025	17.401.294	906.511	1.062.134	16.339.161
2026	18.342.730	941.436	1.699.366	16.643.364
2027	19.319.091	976.361	2.404.288	16.914.803
2028	20.330.377	1.011.286	3.180.814	17.149.563
2029	21.376.588	1.046.211	4.032.900	17.343.689
2030	22.457.724	1.081.136	4.964.543	17.493.181
2031	23.573.785	1.116.061	5.979.783	17.594.003
2032	24.724.771	1.150.986	7.082.700	17.642.072
2033	25.910.682	1.185.911	8.277.416	17.633.266
2034	27.131.519	1.220.836	9.568.097	17.563.422
2035	28.387.280	1.255.761	10.958.946	17.428.333
2036	29.677.966	1.290.686	12.454.213	17.223.753
2037	31.003.577	1.325.611	14.058.184	16.945.393
2038	32.364.114	1.360.536	15.775.192	16.588.922
2039	33.759.575	1.395.461	17.609.608	16.149.968
2040	35.189.962	1.430.386	19.565.845	15.624.117
2041	36.655.273	1.465.311	21.648.359	15.006.914
2042	38.155.510	1.500.237	23.861.648	14.293.861
2043	39.690.671	1.535.162	26.210.249	13.480.422
2044	41.260.758	1.570.087	28.698.743	12.562.014
2045	42.865.769	1.605.012	31.331.752	11.534.017
2046	44.505.706	1.639.937	34.113.939	10.391.767
2047	46.180.568	1.674.862	37.050.009	9.130.558
2048	47.890.354	1.709.787	40.144.709	7.745.645
2049	49.635.066	1.744.712	43.402.828	6.232.238
2050	51.414.703	1.779.637	46.829.195	4.585.508
2051	53.229.265	1.814.562	50.428.681	2.800.584
2052	55.078.752	1.849.487	54.206.200	872.551
2053	56.963.164	1.884.412	56.795.443	167.720

Tablo incelendiğinde, 2031 yılı sonrasında fosil kaynaklı yakıt kullanan otomobil sayısının azaldığı görülmektedir. Ancak bunun aksine, Elektrikli Otomobillerin sayısı artış göstermektedir. Bu durum Şekil 2.22'de verilen grafikte net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 2.22 Yakıt Türüne Göre Otomobil Sayılarının Yıllık Değişimi

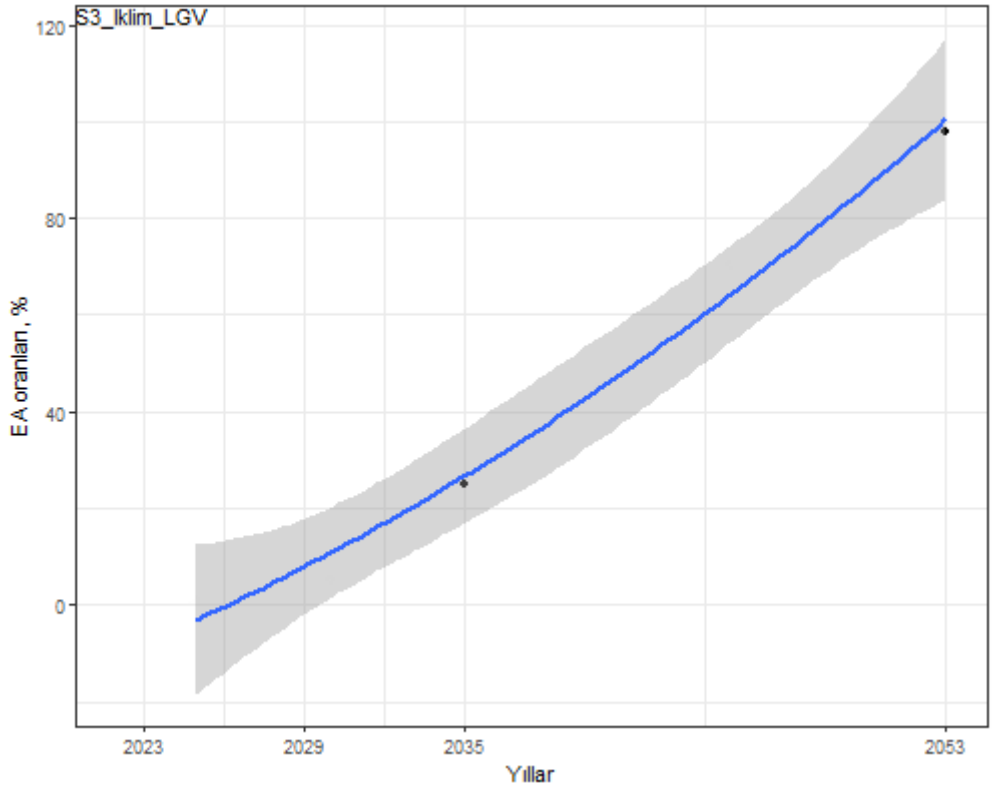
Gelecek tahminleri yapılırken otomobillerin yanı sıra her bir araç türü için farklı matematiksel tahmin modeli kullanılmıştır. Elektrikli Hafif Ticari Araçlar için ise Tablo 2.25'te verilen tahmin modeli kullanılmıştır.

Tablo 2.25 Senaryo 3 İçin Elektrikli Hafif Ticari Araç Tahmin Modeli

$$\text{S3} - \text{Hafif Ticari Araç} = 40.2031 + 187.5423\text{t} + 30.7273\text{t}^2 - 23.0986$$

S3- LGV	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	40.2031	0.7819	51.4165	0.0004	752.5999	0.0013	0.9978
t	187.5423	4.3319	43.2935	0.0005			
t^2	30.7273	4.7089	6.5253	0.0227			
t^3	-23.0986	4.5281	-5.1012	0.0363			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.23'te verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Hafif Ticari Araç sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.23 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Oranlarının Değişimi (Senaryo 3)

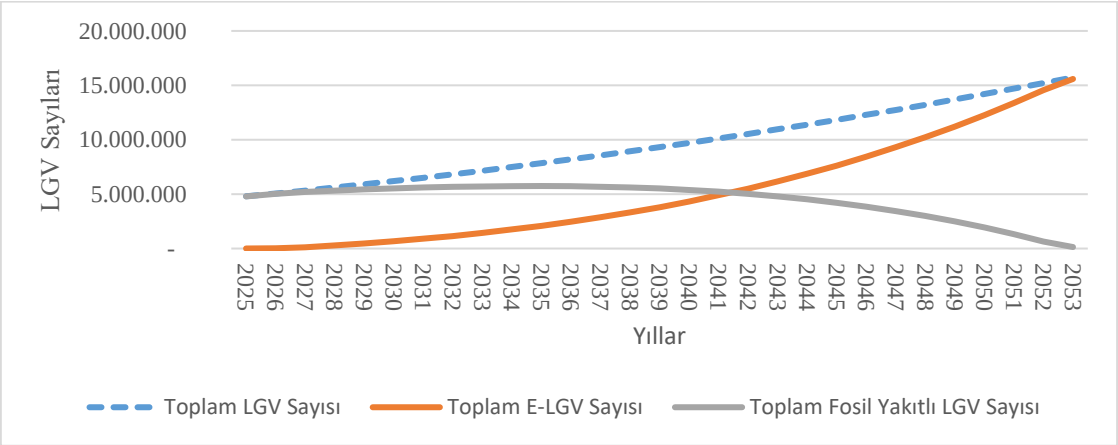
Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Hafif Ticari Araç sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.26'da verilmiştir.

Tablo 2.26 Yıllara Göre Elektrikli Hafif Ticari Araç Sayıları (Senaryo 3)

Yıl	Toplam LGV Sayısı	Yıllık LGV Satış Sayısı	Toplam E-LGV Sayısı	Toplam Fosil Yakıtlı LGV Sayısı
2025	4.803.489	250.235	4.803	4.798.685
2026	5.063.365	259.876	25.317	5.038.048
2027	5.332.881	269.517	119.529	5.213.353
2028	5.612.039	279.157	281.304	5.330.735
2029	5.900.837	288.798	464.067	5.436.770
2030	6.199.276	298.439	669.344	5.529.932
2031	6.507.356	308.080	898.705	5.608.651
2032	6.825.076	317.721	1.153.768	5.671.308
2033	7.152.438	327.361	1.436.199	5.716.238
2034	7.489.440	337.002	1.747.709	5.741.731
2035	7.836.083	346.643	2.090.056	5.746.027
2036	8.192.366	356.284	2.465.045	5.727.321
2037	8.558.291	365.924	2.874.528	5.683.763

Yıl	Toplam LGV Sayısı	Yıllık LGV Satış Sayısı	Toplam E-LGV Sayısı	Toplam Fosil Yakıtlı LGV Sayısı
2038	8.933.856	375.565	3.320.403	5.613.453
2039	9.319.062	385.206	3.804.616	5.514.446
2040	9.713.909	394.847	4.329.158	5.384.750
2041	10.118.396	404.488	4.896.068	5.222.328
2042	10.532.525	414.128	5.507.432	5.025.093
2043	10.956.294	423.769	6.165.380	4.790.913
2044	11.389.704	433.410	6.872.093	4.517.610
2045	11.832.754	443.051	7.629.795	4.202.959
2046	12.285.446	452.691	8.440.760	3.844.686
2047	12.747.778	462.332	9.307.305	3.440.473
2048	13.219.751	471.973	10.231.796	2.987.955
2049	13.701.365	481.614	11.216.646	2.484.719
2050	14.192.619	491.255	12.264.314	1.928.305
2051	14.693.515	500.895	13.377.306	1.316.209
2052	15.204.051	510.536	14.558.174	645.877
2053	15.724.228	520.177	15.586.740	137.487

Tablo incelendiğinde, 2031 yılı sonrasında fosil kaynaklı yakıt kullanan araçların sayısının azaldığı görülmektedir. Ancak bunun aksine, Elektrikli Hafif Ticari Araçların sayısı artış göstermektedir. Bu durum Şekil 2.24'te verilen grafikte net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 2.24 Yakıt Türüne Göre Hafif Ticari Araçların Sayılarının Yıllık Değişimi

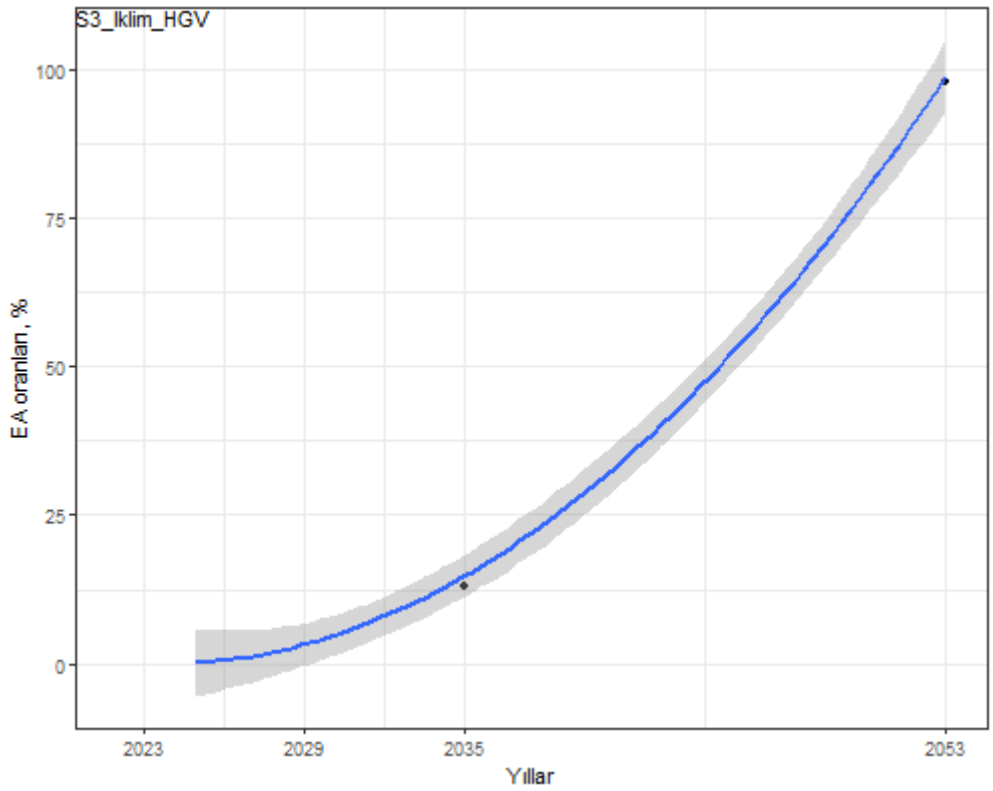
Elektrikli Ağır Taşıtlar için ise Tablo 2.27'de verilen tahmin modeli kullanılmıştır.

Tablo 2.27 Senaryo 3 İçin Elektrikli Ağır Taşıt Tahmin Modeli

$$S3 - \text{Ağır Ticari Araç} = 31.7996 + 166.4167t + 49.2512t^2$$

S3- HGV	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	31.7996	0.8111	39.2064	0.0000	882.2214	0.0001	0.9972
t	166.4167	4.7937	34.7160	0.0001			
t^2	49.2512	4.3363	11.3580	0.0015			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.25'te verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Ağır Taşıt sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



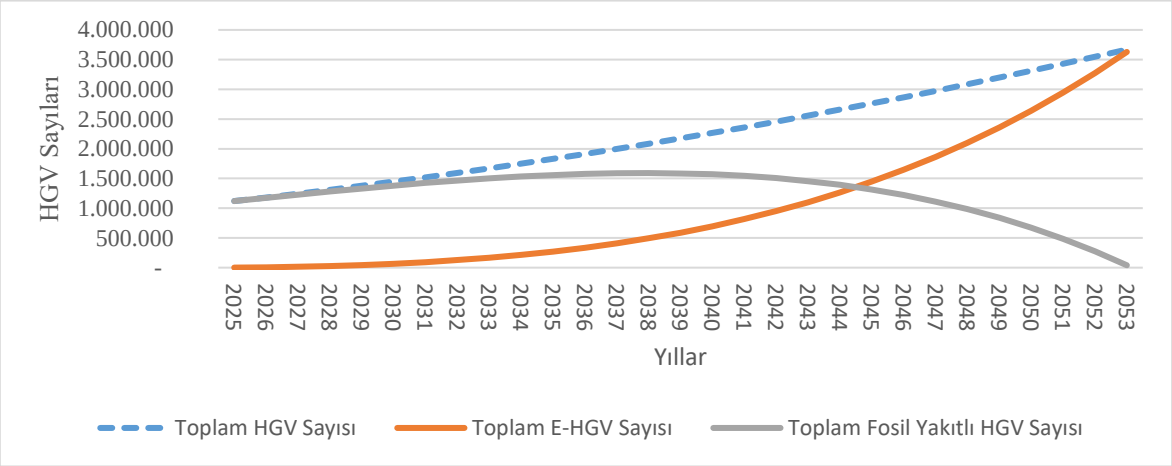
Şekil 2.25 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Oranlarının Değişimi (Senaryo 3)

Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Ağır Taşıt sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.28'de verilmiştir.

Tablo 2.28 Yıllara Göre Elektrikli Ağır Taşıt Sayıları (Senaryo 3)

Yıl	Toplam HGV Sayısı	Yıllık HGV Satış Sayısı	Toplam E-HGV Sayısı	Toplam Fosil Yakıtlı HGV Sayısı
2025	1.120.861	58.391	1.019	1.119.842
2026	1.181.502	60.640	6.294	1.175.208
2027	1.244.391	62.890	14.972	1.229.419
2028	1.309.531	65.139	27.531	1.282.000
2029	1.376.920	67.389	44.478	1.332.442
2030	1.446.559	69.639	66.352	1.380.207
2031	1.518.447	71.888	93.721	1.424.726
2032	1.592.585	74.138	127.187	1.465.398
2033	1.668.972	76.388	167.379	1.501.593
2034	1.747.610	78.637	214.961	1.532.649
2035	1.828.496	80.887	270.625	1.557.872
2036	1.911.633	83.136	335.094	1.576.539
2037	1.997.019	85.386	409.123	1.587.895
2038	2.084.654	87.636	493.498	1.591.156
2039	2.174.539	89.885	589.036	1.585.504
2040	2.266.674	92.135	696.582	1.570.093
2041	2.361.059	94.384	817.015	1.544.044
2042	2.457.693	96.634	951.245	1.506.448
2043	2.556.576	98.884	1.100.210	1.456.366
2044	2.657.710	101.133	1.264.882	1.392.828
2045	2.761.092	103.383	1.446.262	1.314.831
2046	2.866.725	105.632	1.645.382	1.221.343
2047	2.974.607	107.882	1.863.306	1.111.301
2048	3.084.739	110.132	2.101.128	983.611
2049	3.197.120	112.381	2.359.972	837.148
2050	3.311.751	114.631	2.640.996	670.755
2051	3.428.631	116.881	2.945.384	483.247
2052	3.547.762	119.130	3.274.356	273.405
2053	3.669.141	121.380	3.629.159	39.982

Tablo incelendiğinde, 2038 yılı sonrasında fosil kaynaklı yakıt kullanan araçların sayısının azaldığı görülmektedir. Ancak bunun aksine, Elektrikli Ağır Taşıtların sayısı artış göstermektedir. Bu durum Şekil 2.26'da verilen grafikte net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 2.26 Yakıt Türüne Göre Ağır Taşıt Sayılarının Yıllık Değişimi

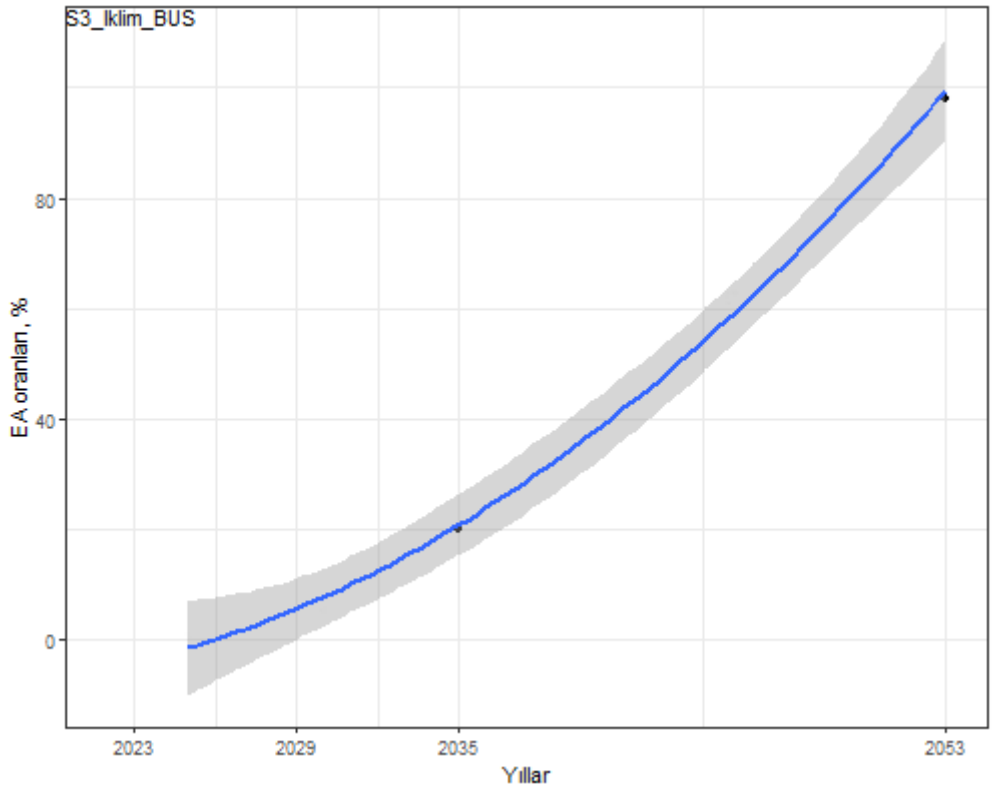
Elektrikli Otobüsler için ise Tablo 2.29'da verilen tahmin modeli kullanılmıştır.

Tablo 2.29 Senaryo 3 İçin Elektrikli Otobüs Tahmin Modeli

$$S3 - \text{Otobüs} = 35.2674 + 176.3615t + 32.9901t^2$$

S3-BUS	Tahmin	S.E.	t	p_1	F	p_2	$adj - R^2$
(Sabit)	35.2674	1.2446	28.3366	0.0001	375.7019	0.0003	0.9934
t	176.3615	7.3558	23.9759	0.0002			
t^2	32.9901	6.6539	4.9580	0.0158			

Tahmin modeline ilişkin denklem, Şekil 2.27'de verilen ve hedef yıl tahmin değerlerini en iyi fit eden eğriye ait denklemdir. Bu denklem kullanılarak Elektrikli Otobüs sayılarının projeksiyon yılları için tahmini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.27 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Oranlarının Değişimi (Senaryo 3)

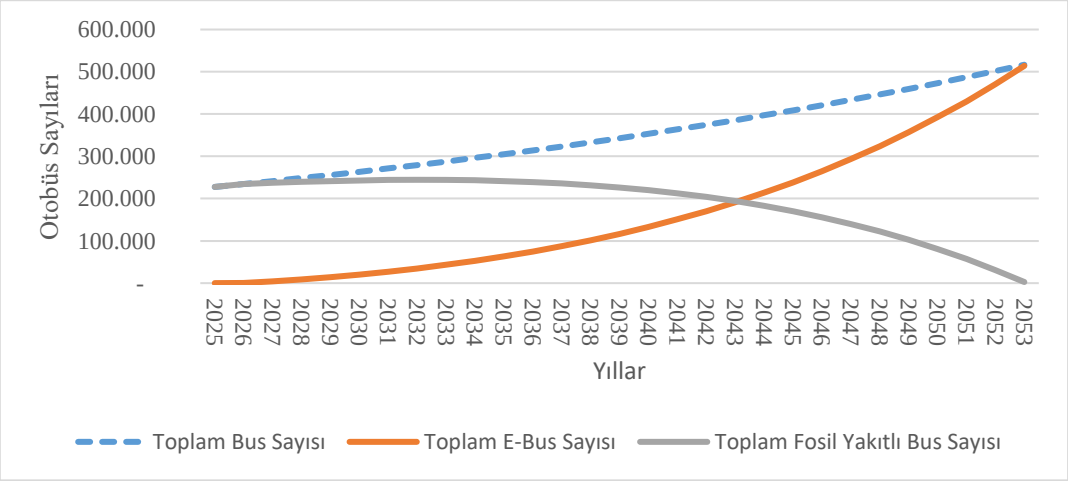
Hedef yıllar için hazırlanan matematiksel model kullanılarak, Elektrikli Otobüs sayıları belirlenmiş olup Tablo 2.30'da verilmiştir.

Tablo 2.30 Yıllara Göre Elektrikli Otobüs Sayıları (Senaryo 3)

Yıl	Toplam Otobüs Sayısı	Yıllık Otobüs Satış Sayısı	Toplam E- Otobüs Sayısı	Toplam Fosil Yakıtlı Otobüs Sayısı
2025	227.582	6.568	46	227.537
2026	234.345	6.763	85	234.260
2027	241.309	6.964	4.169	237.140
2028	248.480	7.171	8.877	239.603
2029	255.864	7.384	14.253	241.612
2030	263.468	7.603	20.344	243.124
2031	271.297	7.829	27.200	244.098
2032	279.359	8.062	34.873	244.486
2033	287.661	8.302	43.419	244.242
2034	296.209	8.548	52.896	243.313
2035	305.012	8.802	63.365	241.646
2036	314.076	9.064	74.891	239.185
2037	323.409	9.333	87.542	235.867
2038	333.020	9.611	101.388	231.632

Yıl	Toplam Otobüs Sayısı	Yıllık Otobüs Satış Sayısı	Toplam E- Otobüs Sayısı	Toplam Fosil Yakıtlı Otobüs Sayısı
2039	342.916	9.896	116.505	226.411
2040	353.106	10.190	132.972	220.134
2041	363.600	10.493	150.872	212.728
2042	374.405	10.805	170.292	204.113
2043	385.531	11.126	191.323	194.207
2044	396.987	11.457	214.062	182.925
2045	408.785	11.797	238.610	170.174
2046	420.932	12.148	265.073	155.859
2047	433.441	12.509	293.562	139.879
2048	446.322	12.880	324.193	122.128
2049	459.585	13.263	357.090	102.495
2050	473.242	13.657	392.381	80.861
2051	487.306	14.063	430.201	57.105
2052	501.787	14.481	470.690	31.097
2053	516.698	14.911	513.997	2.701

Tablo incelendiğinde, 2032 yılı sonrasında fosil kaynaklı yakıt kullanan araçların sayısının azaldığı görülmektedir. Ancak bunun aksine, Elektrikli Otobüslerin sayısı artış göstermektedir. Bu durum Şekil 2.28'de verilen grafikte net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 2.28 Yakıt Türüne Göre Otobüs Sayılarının Yıllık Değişimi

Yukarıda her bir senaryo ve taşıt türü için verilen modeller polinom regresyonla tahmin edilmiştir. Ancak, bu şekilde polinom regresyonlarda bağımsız değişkenler olan t, t^2, t^3 vb. arasında bir bağımlılık söz konusu olacağı için bunların ortogonalleştirilerek (dikleştirilerek) tahmin edilmesi gerektiğinden verilen sonuçlar ortogonal polinom denklemlerdir. Dolayısıyla manuel olarak ara yıllarda kestirimler yapabilmek için bu denklemlerdeki katsayılar doğrudan

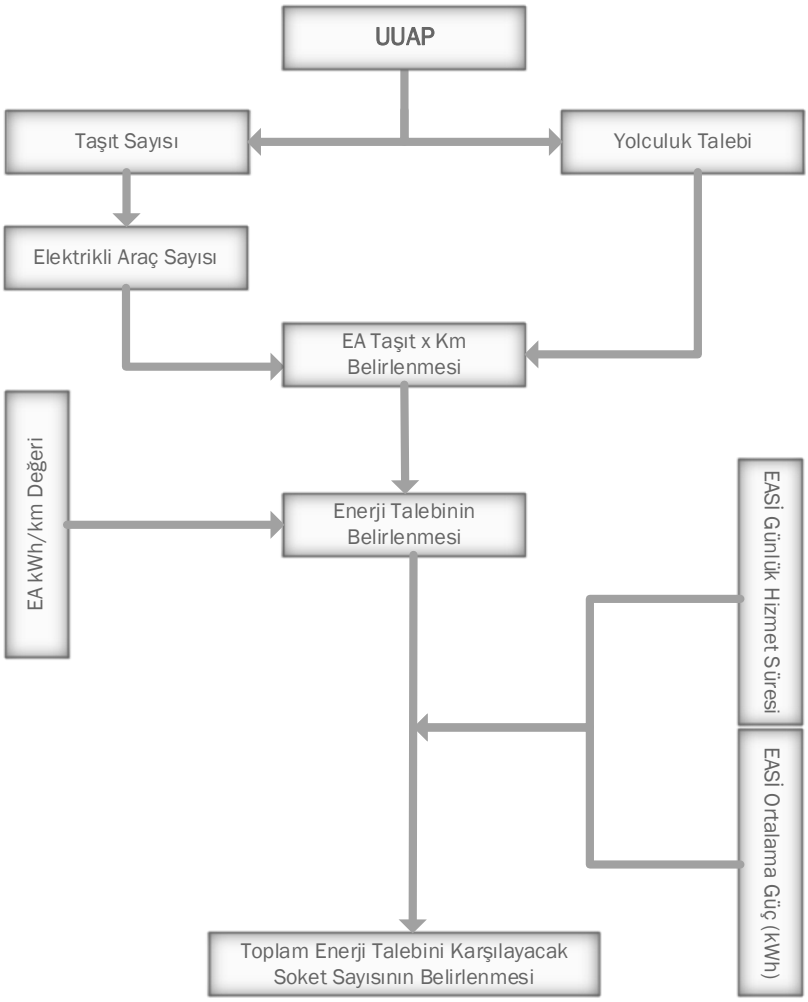
kullanılamaz. Bu kestirimleri yapabilmek için kullanılacak katsayı tahminleri her bir model için Tablo 2.31'de verilmiştir.

Tablo 2.31 Senaryo ve Taşıt Türlerine Ait Polinom Denklemler

	Sabit	1.Derece (t)	2.Derece (t^2)
S1-Ağır Ticari Araç (HGV)	-120407.2046645020	116.8832373608	-0.0283556992
S1-Otobüs	-198102.1107423840	192.7976779507	-0.0468968094
S2-Otomobil	-289572.6417462350	281.2510546036	-0.0682681224
S2-Hafif Ticari Araç (LGV)	-246212.5241656890	239.8730364958	-0.0584111897
S2-Ağır Ticari Araç (HGV)	-2276.8046754250	1.1254829985	-
S2-Otobüs	96799.5639437625	-97.1990886951	0.0243939081
S3-Otomobil	34349.2420065336	-37.0699749256	0.0099310620
S3-Hafif Ticari Araç (LGV)	160403.3986709620	-160.9953510256	0.0403863139
S3-Ağır Ticari Araç (HGV)	468247.5363125420	-462.7940496912	0.1143509844
S3-Otobüs	311130.9431190830	-308.7530129177	0.0765962277

2.3 ELEKTRİKLİ ARAÇ ARJ TALEP VE ARZININ HESAPLANMASI

Elektrikli araçların şarj talepleri hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu konu hakkındaki literatür incelendiğinde, elektrikli araçların sayılarının ve trafik hacimlerinin elektrikli araç şarj talebi hesaplama yöntemlerinin önemli girdileri olduğu belirtilmektedir [61]. Bu kapsamda, söz konusu çalışmada gerçekleştirilen metodoloji ve analitik yöntem, literatürdeki yöntemlere paralel olmakla birlikte proje danışmanları ve uzman görüşlerinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Söz konusu yönteme ait akış şeması Şekil 2.29'da verilmiştir.



Şekil 2.29 İş Akış Şeması

Bu metodolojiye göre: Elektrikli araçların şarj talebi, aracın kullanım süresi boyunca kat ettiği toplam mesafeye bağlı olduğu kabul edilmiştir. Bu mesafe, "Taşıt x Km" olarak ifade edilir ve bir aracın Taşıt x Km değeri, o aracın ne kadar mesafe kat ettiğinin bir ölçüsüdür. Örneğin, bir elektrikli araç 10.000 km mesafe kat ederse, Taşıt x Km değeri 10.000'dir. Bu aracın şarj talebi, kat edilen bu mesafe boyunca harcadığı enerji miktarına bağlıdır. Enerji miktarının belirlenmesinde ise aracın sürüş özellikleri, sürücü davranışları ile yol koşulları etkilidir. Aracın enerji tüketimi (kWh/km), aracın sürüş özellikleri, sürücü davranışları ve yol koşullarına bağlıdır. Örneğin, artan eğimli sürüşlerde araç daha fazla enerji harcar, ancak düz yollarda daha az enerji harcamaktadır. Ayrıca, hızlı sürüş ve ani hızlanmalar da aracın enerji tüketimini arttırmaktadır. Genel olarak, bir elektrikli aracın şarj talebi, aracın Taşıt x km değeri ile doğru orantılıdır. Buna göre, araç ne kadar mesafe kat ederse, aracın şarj talebi de o kadar artmaktadır.

Kullanılan metodolojiye göre, elektrikli araç şarj talebinin hesaplanmasında ihtiyaç duyulan parametreler şunlardır;

- Araç Sayısı ve Hedef Yıllara Göre Araç Sayıları
- Elektrikli Araç Sayısı ve Hedef Yıllara Göre Elektrikli Araç Sayıları
- Yolculuk Talepleri
- Elektrikli Araçla Yapılan Yolculuk Uzunlukları (Taşıt x Km)
- 100 Km'de Harcanan Ortalama Enerji Miktarı (kWh)

Ayrıca elektrikli araç şarj talebini karşılamak üzere sunulması gereken elektrik şarj istasyonu arzının hesaplanmasında ihtiyaç duyulan parametreler ise şunlardır;

- Şehirler Arası Bir Şarj İstasyonunun Günlük Efektif Çalışma Süresi (sa/gün)
- Şehirler Arası Bir Şarj İstasyonunun Ortalama Gücü (kWh)

Bu parametreler kullanılarak öncelikle elektrikli araç enerji talebi hesaplanmış sonrasında ise bu talebi karşılayacak elektrik arzı bulunmuştur. Bunun için EA sayılarının toplam araç sayısındaki oranı ve çalışma alanı içerisindeki yol ağında gerçekleştirilen karayolu Taşıt x Km değerleri belirlenmiştir. Bunun için UUAP verileri ve gelecek projeksiyonları kullanılmıştır. Bu kapsamda Elektrikli araç sayısı, senaryolarda öngörüldüğü şekilde dikkate alınmıştır. Söz konusu Elektrikli araç şarj talebi ve arz hesabı aşağıdaki formül yardımıyla elde edilmiştir:

$$SS = \frac{\left(M * \frac{R}{100}\right) * \mathrm{W1}}{S * W2}$$

Formülde;

SS= Soket Sayısı

M = Taşıt * Km (km)

R = EA Oranı (%)

W_1 = Harcanan Ortalama Enerji Miktarı (kWh/100 km)

W_2 = Şehirler Arası Bir Şarj İstasyonunun Ortalama Gücü (kWh/sa)

S = Şehirler Arası Bir Şarj İstasyonunun Günlük Efektif Çalışma Süresini (sa/gün) ifade etmektedir.

Taşıt x Km değeri UUAP hedef yıl projeksiyonlarından elde edilmiştir. Tablo 2.32'de bu değerler kullanılarak Senaryo 1 için elde edilen elektrik araç şarj talep ve arzı verilmiştir.

Tablo 2.32 Senaryo 1 İçin Elektrik Araç Şarj Talep ve Arzı

Senaryo 1	2029	2035	2053
Karayolu (Taşıt x Km)	295.585.062	386.982.697	613.869.422
EA (Taşıt x Km)	38.426.058	166.402.560	429.708.595
EA Elektrik Talebi (kWh)	5.763.909	24.960.384	64.456.289
EA Elektrik Talebi (GWh)	5,76	24,96	64,46
EA Şarj Soket Sayısı	5.570	24.121	62,287

Tabloda yer alan Karayolu Taşıt x Km değeri ve Senaryo 1'de öngörülen Elektrikli Araç oranı kullanılarak, Elektrikli Araçlara ait günlük Taşıt x Km değeri hesaplanmıştır. Bir Elektrikli Aracın 100 km'deki elektrik tüketimi ortalama 15 kW olduğu yapılan literatür araştırmalarında görülmüştür [62] [63]. Buna göre, 2029 yılı için toplam Elektrikli Araç enerji talebi 5.763.909 kWh, yani 5,76 GWh/gün olarak hesaplanmıştır. Şarj istasyonları verimlilik açısından 24 saat boyunca sürekli hizmet vermemektedir. Ayrıca, herhangi bir elektrikli aracın şarj etme süreci tamamlandığında, diğer bir aracın şarj işlemine başlaması sırasında zaman kayıpları meydana gelmektedir. Şarj istasyonlarında meydana gelebilecek bakım – tamir işlemleri gibi birtakım aksaklıklar da göz önünde bulundurularak, bir şarj istasyonunun günde 18 saat hizmet verdiği kabul edilmiştir. Çalışma alanı şehirler arası yolculukları kapsayacağı için şarj istasyonlarının gücünün belirlenmesinde ise EPDK'den elde edilen KGM sınırında bulunan elektrikli araç şarj istasyonları verilerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda KGM sınırında bulunan elektrikli araç şarj istasyonlarının AC ve DC şarj istasyonları güç ve sayılarına göre ağırlıklandırılarak ortalaması alınmıştır. Buna göre AC şarj istasyonlarının ağırlıklı ortalama gücü 22,3 kWh iken DC şarj istasyonlarının ağırlıklandırılmış ortalama gücü 117,4 kWh olduğu belirlenmiştir. AC ve DC şarj istasyonlarının da kendi aralarında ağırlıklandırılmış ortalaması alınarak, bir şarj istasyonunun ortalama 57,49 kWh şarj kapasitesine sahip olduğu kabul edilmiştir. Böylelikle şehirler arası yolculuklarda ihtiyaç duyulan şarj soket sayısı 5.570 adet olarak hesaplanmıştır. Benzer yöntemle; 2035 ve 2053 yılları için gerekli şarj soket sayıları hesaplanarak Tablo 2.32'de verilmiştir.

Yukarıda belirtilen yöntem kullanılarak, Senaryo 2 için Elektrikli Araç şarj talep ve arzı Tablo 2.33'te verilmiştir.

Tablo 2.33 Senaryo 2 İçin Elektrik Araç Şarj Talep ve Arzı

Senaryo 2	2029	2035	2053
Karayolu Taşıt x km	295.585.062	386.982.697	613.869.422
EA Taşıt x km	22.635.546	70.866.303	318.221.954
EA Elektrik Talebi (kWh)	3.395.332	10.629.946	47.733.293
EA Elektrik Talebi (GWh)	3,40	10,63	47,73
EA Şarj Soket Sayısı	3.281	10.272	46.127

Tabloda yer alan Karayolu Taşıt x Km değeri ve Senaryo 2'de öngörülen Elektrikli Araç oranı kullanılarak, Elektrikli Araçlara ait günlük Taşıt x Km değeri hesaplanmıştır. Senaryo 1'deki hesap yöntemi kullanılarak 2029 yılı için toplam Elektrikli Araç enerji talebi 3.395.332 kWh, yani 3,40 GWh/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle, bir şarj istasyonunun günde 18 saat hizmet verdiği ve ortalama 57,49 kWh şarj kapasitesine sahip olduğu kabulüne dayanarak ihtiyaç duyulan şarj soket sayısı 3.281 adet olarak hesaplanmıştır. Benzer yöntemle; 2035 ve 2053 yılları için gerekli şarj soket sayıları hesaplanarak Tablo 2.33'de verilmiştir.

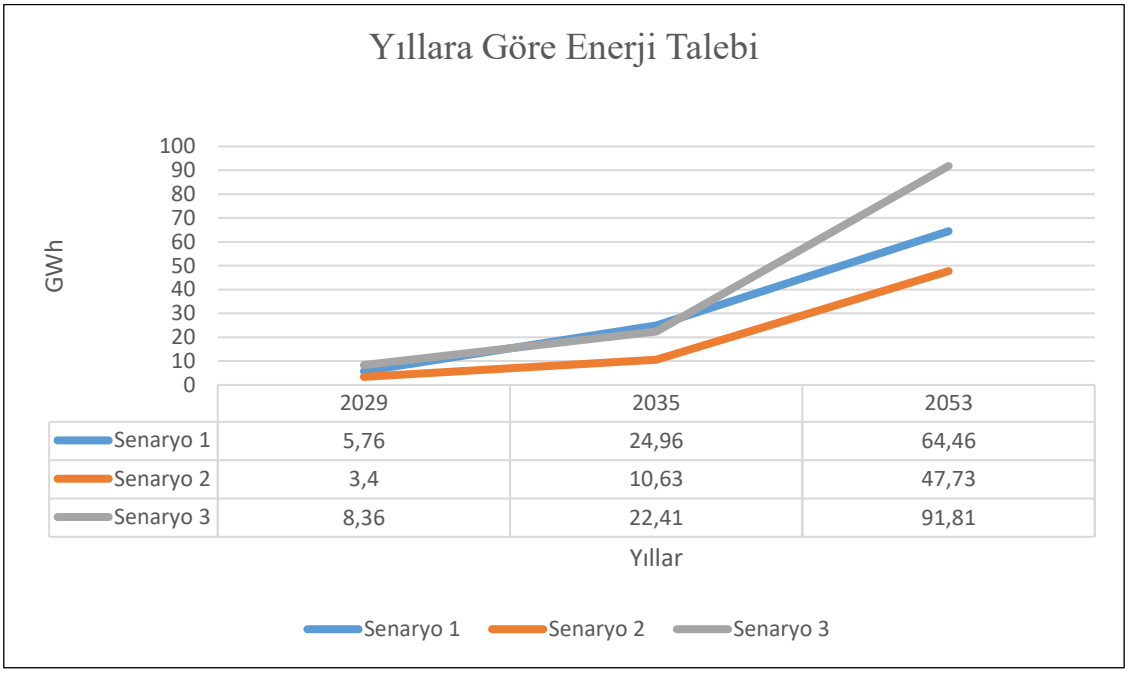
Senaryo 1 ve 2'de belirtilen yöntem kullanılarak, Senaryo 3 için Elektrikli Araç şarj talep ve arzı Tablo 2.34'te verilmiştir.

Tablo 2.34 Senaryo 3 İçin Elektrik Araç Şarj Talep ve Arzı

Senaryo 3	2029	2035	2053
Karayolu Taşıt x km	295.585.062	386.982.697	613.869.422
EA Taşıt x km	55.764.974	149.395.174	612.061.965
EA Elektrik Talebi (kWh)	8.364.746	22.409.276	91.809.295
EA Elektrik Talebi (GWh)	8,36	22,41	91,81
EA Şarj Soket Sayısı	8.083	21.655	88.720

Tabloda yer alan Karayolu Taşıt x Km değeri ve Senaryo 3'te öngörülen Elektrikli Araç oranı kullanılarak, Elektrikli Araçlara ait günlük Taşıt x Km değeri hesaplanmıştır. Senaryo 1 ve 2'deki hesap yöntemi kullanılarak 2029 yılı için toplam Elektrikli Araç enerji talebi 8.364.746 kWh, yani 8,36 GWh/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle, bir şarj istasyonunun günde 18 saat hizmet verdiği ve ortalama 57,49 kWh şarj kapasitesine sahip olduğu kabulüne dayanarak ihtiyaç duyulan şarj soket sayısı 8.083 adet olarak hesaplanmıştır. Benzer yöntemle; 2035 ve 2053 yılları için gerekli şarj soket sayıları hesaplanarak Tablo 2.34'te verilmiştir.

Her bir senaryo için elde edilen Elektrikli Araç şarj talebi, yıllara göre konsolide edilerek Şekil 2.30'da verilmiştir. Buna göre, 2053 yılı için en yüksek enerji talebinin Senaryo 3'te olduğu görülmektedir.



Şekil 2.30 Yıllara Göre Elektrikli Araç Şarj Talebi

Şekil 2.30'da verilen senaryolar incelendiğinde, Senaryo 1'de 2035 yılına kadar lineer bir artış olduğu, 2035 – 2053 yılları arasında enerji talebinin hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu durum, Elektrikli Araç sayısı artış hızının 2035 yılından sonra artması sonucu meydana gelmektedir. Bu artış 2053'e kadar devam ederek 64,46 GWh'e ulaşmaktadır.

Senaryo 2 ve 3'te 2029'a kadar benzer oranda artışlar oluşsa da 2035 yılında ayrışma başlayıp Senaryo 3'ün 2053 yılı Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda tüm araçların Elektrikli Araç olması amacıyla enerji talebinde ciddi bir artış yaşanacağı görülmektedir. Senaryo 2 Dünya Geneli Artış Trendine göre 2053 yılında Elektrikli Araç oranının %51,58 hedefini yakalamak üzere artış hızının diğer senaryolara göre daha düşük olacağı öngörüldüğünden, enerji talebindeki artış da diğer senaryolara göre yatay bir seyir izlemektedir.

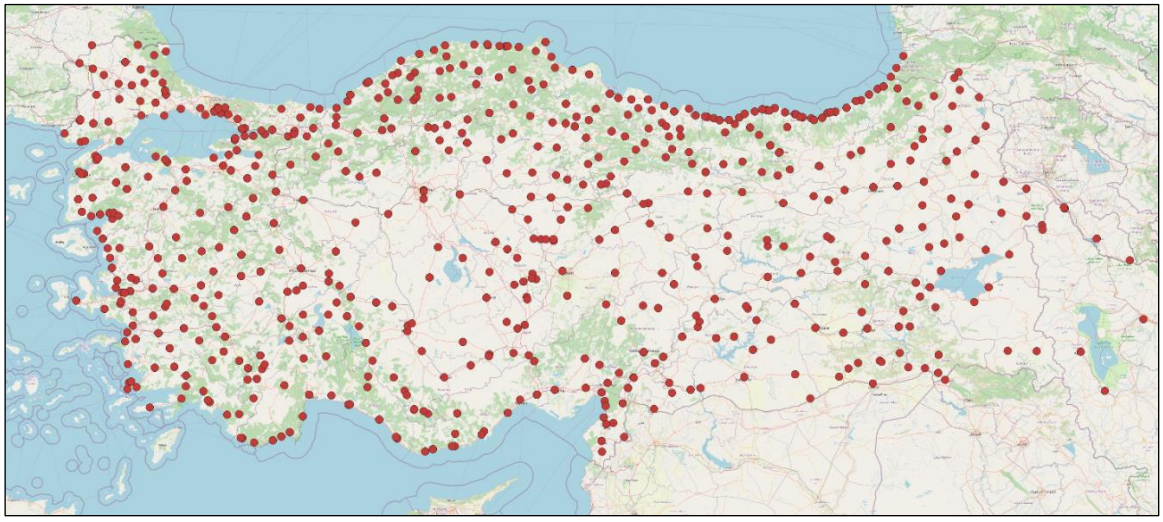
Çalışma kapsamında hazırlanan 3 senaryo birlikte değerlendirilecek olursa, Senaryo 3'e ait sıfır emisyon hedefini yakalamak nihai hedef olarak düşünülebilir. Ancak, ülkemiz şartları dikkate alındığında gerçekçi bir senaryo olarak öngörülmemektedir. Senaryo 2'de ise dünya geneli artış trendi dikkate alınmış olup, ülkemizin şu an için gelişmekte olan ülkeler statüsünde bulunduğu ve 2053 yılı hedefleri doğrultusunda gelişmiş ülkeler statüsünde bulunacağı öngörülmektedir. Bu yüzden, Elektrikli Araç kullanımındaki hedeflerimizin de dünya standardının üzerinde ve gelişmiş ülkeler seviyesinde olmasını öngören UUAP hedefleri kapsamında hazırlanan Senaryo

1 en uygun senaryo olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte, çalışmamız kapsamında sektör paydaşlarıyla birlikte gerçekleştirilecek olan çalıştay neticesinde Senaryo 1 hedefleri güncellenmiş ve elektrikli araç gelecek projeksiyonu yeniden şekillendirilmiştir.

2.4 KAMUSAL VE ÖZEL ALANLARDA ŞARJ ALTYAPISININ BELİRLENMESİ

Ülkemizdeki elektrikli araç şarj altyapısı geliştirilirken kamusal alandaki şarj istasyonları için hassas bir çalışma yapılması gerekmektedir. "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" işi kapsamında kamusal alan olarak, otogarlar, havalimanları, demiryolu istasyonları, limanlar, lojistik merkezler ve OSB'ler tariflenmiş olup, çalışmada kullanılacak trafik hacimleri, şehirler arası yolculukları kapsadığı için şehirler arası dinlenme tesisleri ve akaryakıt istasyonları da özel alan tanımına dahil edilmiştir. Ayrıca paydaşlar ile yapılacak görüşmeler neticesinde hastaneler, okullar ve üniversiteler de kamusal alan tanımına dahil edilebilir. Bu sınıflandırma projenin diğer aşaması olan, Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması aşamasında şekillenecektir. Şekil 2.31'de ülkemizde yer alan otogarların konumları verilmiştir.

Şekil 2.31 incelendiğinde otogarların ülkemiz geneline yayıldığı görülmektedir. En fazla otogarın özellikle Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Karadeniz Bölgesinde ve Karadeniz sahil kesiminde yer aldığı görülmektedir. Ülkemizdeki otogarlar genellikle tüm il ve ilçe merkezlerinde bulunmakta olup, şehirler arası ulaşımın vazgeçilmez unsurlarındandır. İl ve ilçe merkezinde bulunan otogarların yanı sıra şehirler arası yollarda bulunan cep otogarı şeklinde yol kenarı otogarları da bulunmaktadır.

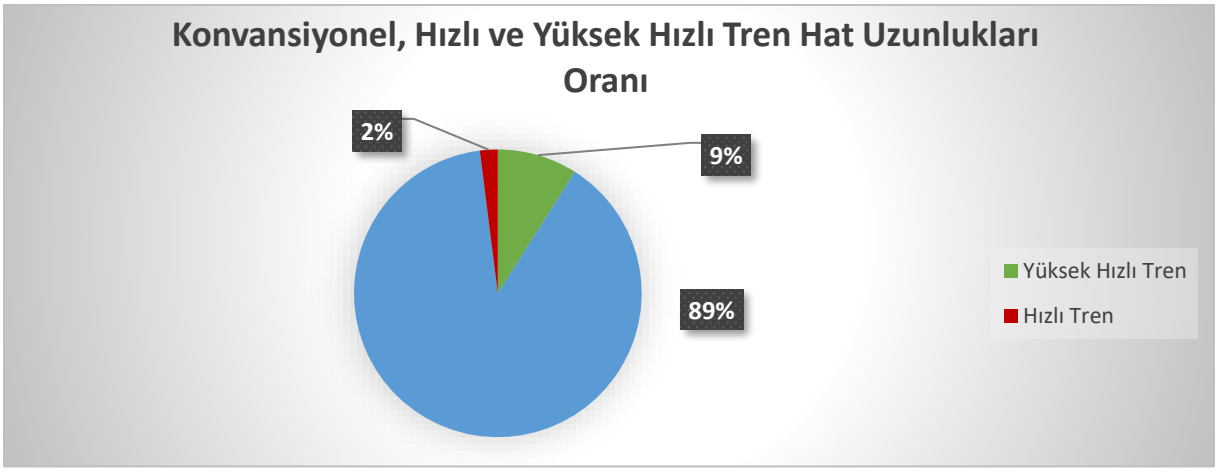


Şekil 2.31 Ülkemizde Yer Alan Otogarların Konumları [58]

Ülkemizdeki otogarlar kapasiteleri bakımından incelendiğinde ise en yüksek kapasiteye sahip otogarlar, ülkemizin en büyük iki şehrinde yer alan İstanbul Otogarı ve Ankara Şehirler arası Otobüs Terminali (AŞTİ)'dir. Bu otogarlar en fazla otobüs hattının bulunduğu otogarlar olarak da ön plana çıkmaktadırlar. Bunun dışında İstanbul Otogarı, günlük ortalama 100 bin ziyaretçi sayısı, günlük ortama 2.500 otobüs giriş-çıkışı ve içinde hizmet veren 271 adet farklı otobüs firması bulundurmaktadır. Ankara Şehirler arası Otobüs Terminali (AŞTİ) ise günlük ortalama 40 bin ziyaretçi sayısı, günlük ortalama 2.600 otobüs giriş-çıkışı ve içinde hizmet veren 200 adet farklı otobüs firması bulundurmaktadır.

İlerleyen yıllarda yolcu taşımacılığında içten yanmalı motorlara sahip şehirler arası otobüslerin yerini alacak olan elektrikli otobüslerin enerji ihtiyaçlarının giderilmesi ve sefer aralarında şarj edilebilmeleri amacıyla özellikle hızlı şarj istasyonlarının otogarlarda konumlandırılması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca otogarlarda kurulacak elektrikli araç şarj istasyonları sayesinde, seyahat eden kişilerin daha fazla elektrikli araç kullanmaları teşvik edilecektir. Bunun yanı sıra otogarlarda kurulacak şarj istasyonları ek bir gelir kaynağı haline gelebilir, otogarların vatandaşlara daha kaliteli hizmet sunması sağlanabilir.

Şekil 2.33'de ülkemizde yer alan demiryolu istasyonlarının konumları verilmiştir. TCDD'nin yayınladığı 2021 yılı sektör raporuna göre ülkemizde toplam 10.003 km uzunluğunda demiryolu hattı bulunmaktadır. Bu hatların 7.036 km'sini elektriksiz hatlar oluşturmaktadır. 5.986 km'lik elektrikli demiryolu hattının ise 1.213 km'sini YHT hatları, 219 km'sini ise Hızlı Tren Hatları oluşturmaktadır (Şekil 2.32).



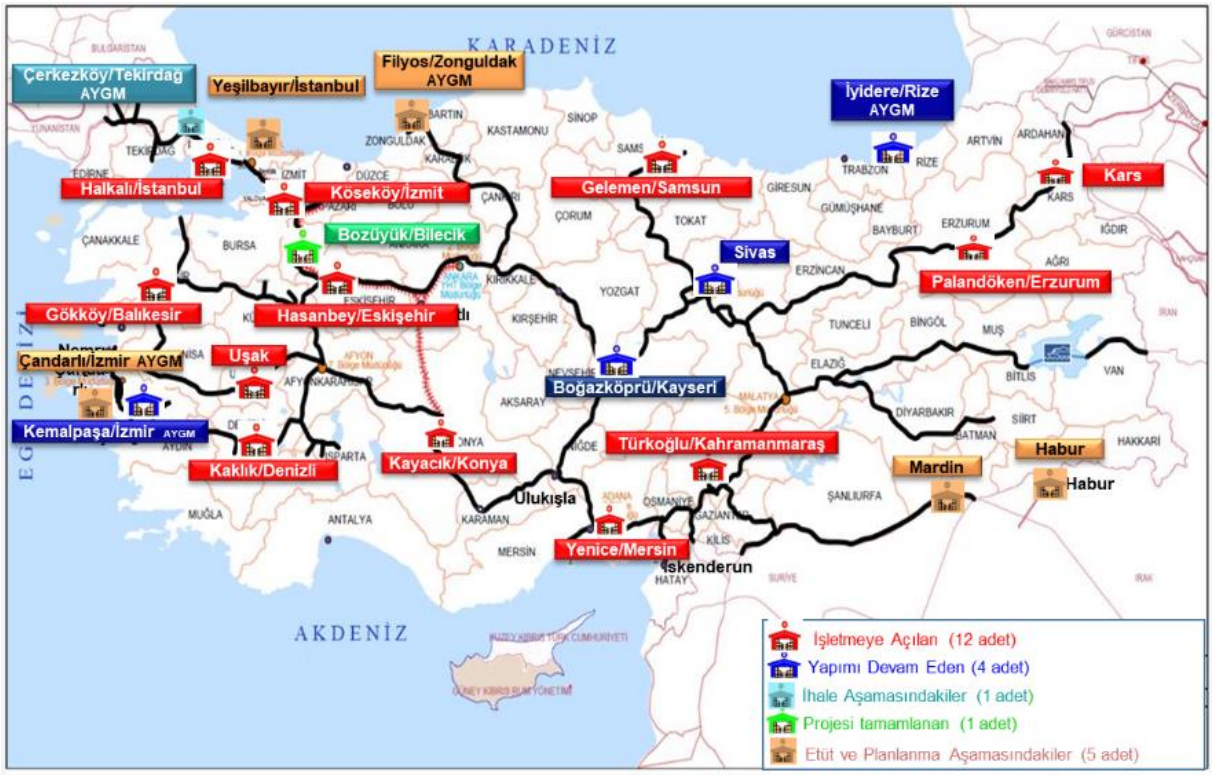
Şekil 2.32 Ülkemizde Yer Alan Demiryolu Hatlarının Sınıflandırılması [64]

Ayrıca ülkemizde 2021 yılında demiryolu hatlarıyla 191,6 milyon yolcu taşınmış olup, bu yolcuların 4,4 milyonu YHT hatları ile, 5,7 milyonu konvansiyonel hatlar ile taşınmıştır. 181,5 milyon ise Marmaray, Başkentray ve İzban gibi banliyö hatları taşınmıştır [64].

Şekil 2.33 Ülkemizde Yer Alan Demiryolu İstasyonlarının Konumları [58]

Şekil 2.33 incelendiğinde demiryolu istasyonlarının ülkemiz geneline yayıldığı görülmektedir. İstasyonlar hat bazlı sınıflandırıldığında, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planında belirtilen ve 2023 yılında tamamlanması planlanan hatların hizmete girmesiyle beraber YHT istasyonunun sayısı 28 olacaktır. Ülkemizdeki toplam demiryolu istasyon sayısı ise 2022 yılı itibari ile 900 yakındır. Bu istasyonları bir kısmı sadece yolcuya hizmet vermekte, bir kısmı ise sadece yük taşımacılığına hizmet vermektedir. Ayrıca bu istasyonlardan bazıları da işletmeye kapalı olabilmesine karşın potansiyel şarj istasyon noktası olabilecektir. Ülkemiz genelinde demiryolu yatırımlarının artış hızı dikkate alındığında istasyon sayılarının da buna paralel artacağı öngörülmektedir.

Şekil 2.34'te ülkemizde yer alan lojistik merkezlerin konumları verilmiştir. Şekil 2.34'te görüldüğü üzere ülkemiz geneline yayılmış 12 adeti işletmeye açılan, 4 adet yapımına devam edilen, 1 adet ihale aşamasında olan, 1 adet projesi tamamlanan ve 5 adet etüt ve planlama aşamasında olan toplam 23 adet lojistik merkezi bulunmaktadır. Bu merkezlerin ülkemizin batı tarafında Marmara ve Ege Bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun nedeni karayolu, demiryolu ve denizyolu bağlantılarının bir arada olduğu lokasyonların lojistik merkezi açısından uygun olmasıdır.



Şekil 2.34 Ülkemizde Yer Alan Lojistik Merkezlerin Konumları [65]

TCCD'den elde edilen bilgilere göre lojistik merkezlerin tamamı hizmete alındığında ülkemiz lojistik sektörüne 73,2 milyon yon ilave taşıma imkanı ile yaklaşık 19,0 milyon m^2 lik açık alan, stok alanı, konteyner stok ve elleçleme sahası kazandırılması planlanmaktadır [65].

Gelecek yıllarda yük taşımacılığı için kullanılan ağır taşıtlarında elektrikli olmasıyla beraber lojistik merkezlerde planlanacak büyük kapasiteli elektrikli araç şarj istasyonları da önem kazanacaktır.

Şekil 2.35'te ülkemizde yer alan havalimanlarının konumları verilmiştir. Şekil 2.35 incelendiğinde ülkemiz genelinde sivil hava trafiğine hizmet veren 56 adet havalimanı olduğu görülmektedir. Bu havalimanlarından en yüksek yolcu sayısına sahip havalimanları şunlardır; İstanbul Havalimanı, Antalya Havalimanı, Sabiha Gökçen Havalimanı, Adnan Menderes Havalimanı ve Esenboğa Havalimanıdır. Söz konusu havalimanlarına ilişkin 2022 yılı yolcu iniş-biniş sayıları dikkate alındığında en yüksek yolcu sayısına sahip ilk 10 havalimanı ve yıllık yolcu sayıları Tablo 2.35'te verilmiştir.

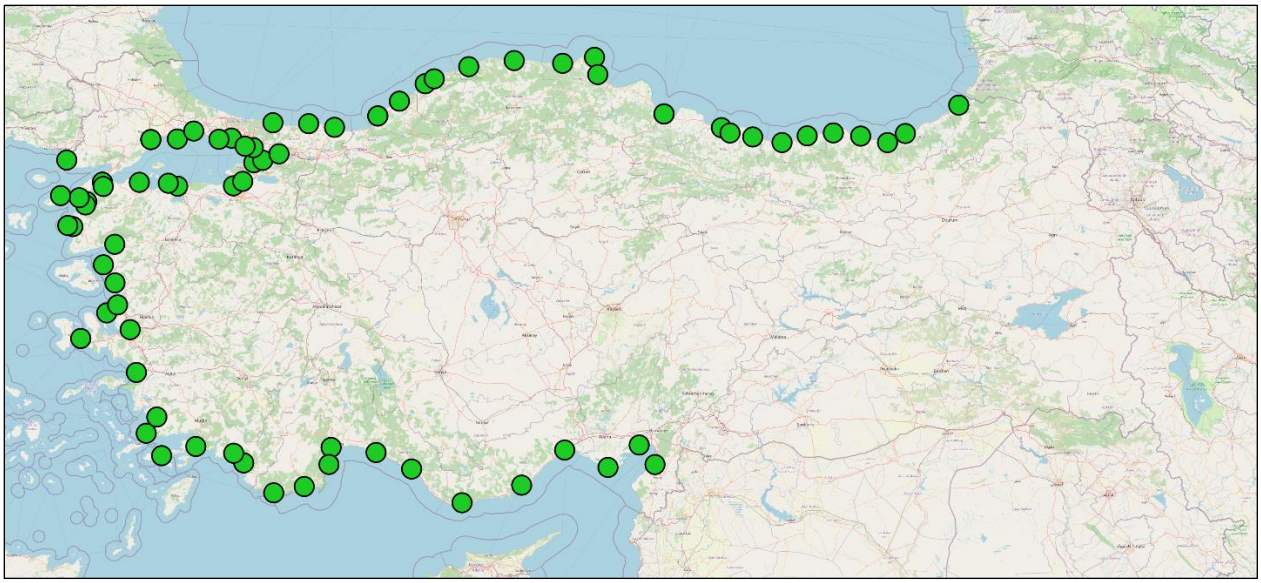
Şekil 2.35 Ülkemizde Yer Alan Havalimanlarının Konumları [58]

Tablo 2.35 En Yüksek Yolcu Sayısına Sahip İlk 10 Havalimanı [66]

Havalimanı	Yolcu Sayısı/yıl
İstanbul Havalimanı	64.486.178
Antalya Havalimanı	31.210.119
İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı	30.769.728
İzmir Adnan Menderes Havalimanı	9.837.110
Ankara Esenboğa Havalimanı	8.644.967
Muğla Dalaman Havalimanı	4.622.280
Muğla Milas-Bodrum Havalimanı	3.904.083
Adana Havalimanı	3.871.433
Trabzon Havalimanı	3.174.800
Gaziantep Havalimanı	2.350.266

Şekil 2.36'da ülkemizde yer alan limanların konumları verilmiştir. Şekil 2.36'ya göre ülkemiz genelinde 43 adet liman başkanlığı, 217 liman tesisi bulunmaktadır. Ülkemizdeki limanların rolü; ülke çapında taşımacılık modlarının entegre edilmesi, aynı zamanda bölgesel ve uluslararası ulaşım koridorlarını doğudan batıya ve kuzeyden güneye bağlamak için giderek daha da önem kazanmaktadır. Bu sebeple liman sektörü, özellikle dış ticarette olmak üzere ülkemiz ekonomisinde hayati bir rol oynamaktadır. Ayrıca ülkemizdeki limanlardan, Haydarpaşa Limanı, İzmir Limanı, Bandırma Limanı, Derince Limanı, İskenderun Limanı,

Mersin Limanı ve Samsun Limanı gibi bazı limanlar TCDD tarafından işletilmekte olup demiryolu bağlantılarına da sahiptir.

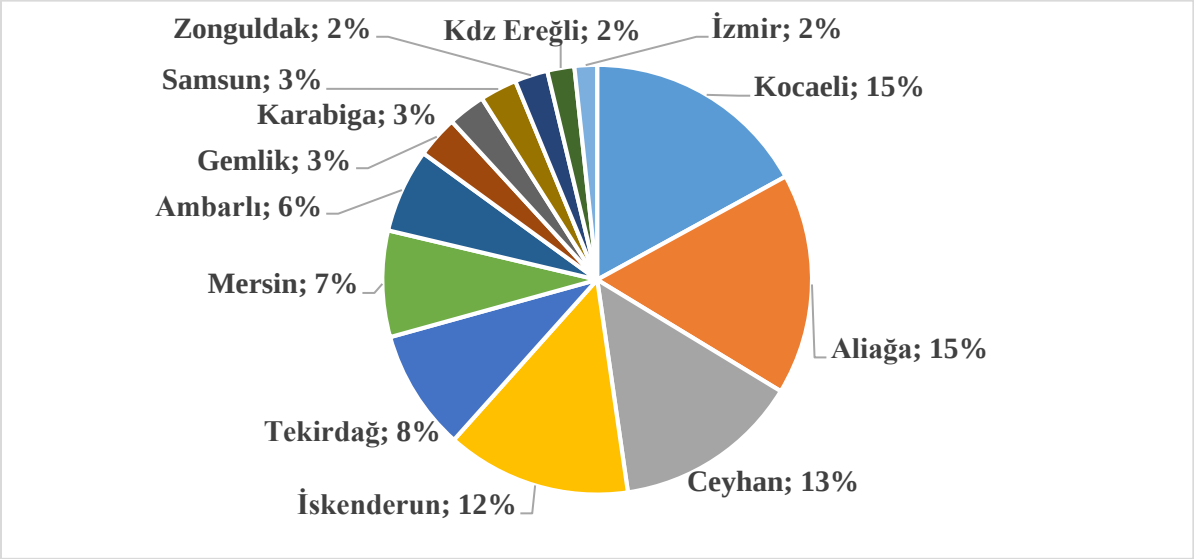


Şekil 2.36 Ülkemizde Yer Alan Limanların Konumları [58]

Bu limanlar vasıtasıyla 2022 yılında toplam 572.610.283 ton yük elleçlenmektedir. Elleçlenen yük miktarının %90'ının elleçlendiği liman başkanlıkları ve elleçlenen yük miktarları Tablo 2.36'da verilmiştir. Şekil 2.37'de ise elleçlenen yükün liman başkanlıklarına göre yüzdesel dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 2.36 Liman Başkanlıkları ve Elleçlenen Yıllık Yük [67]

Liman Başkanlığı	Elleçlenen Yük Miktarı (ton/yıl)	Toplam Yük İçindeki Oranı (%)
Kocaeli	82.799.204	15%
Aliağa	81.056.935	15%
Ceyhan	68.227.434	13%
İskenderun	67.635.537	12%
Tekirdağ	44.172.813	8%
Mersin	38.896.567	7%
Ambarlı	30.732.465	6%
Gemlik	15.393.111	3%
Karabiga	13.691.307	3%
Samsun	13.584.153	3%
Zonguldak	12.085.143	2%
Kdz Ereğli	9.900.057	2%
İzmir	8.262.826	2%



Şekil 2.37 Elleçlenen Yükün Liman Başkanlığınca Dağılımı [67]

Dünya ticaret hacminin büyümesiyle uluslararası ticaretinde büyük bir kısmı denizyolu ile yapılacağı düşünüldüğünde, limanlarda elleçlenen yüklerin karayoluyla dağıtılmasında ağır taşıtlar daha fazla rol oynamaya başlayacaktır. Ağır taşıtlardaki elektrikli araç dönüşümü de gelecek yıllarda hızlanacağından limanlarda kurulacak elektrikli araç şarj istasyonları ve bu şarj istasyonlarının altyapısını geliştirmek önem arz etmektedir.

2.5 TÜRKİYE ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ ALTYAPISININ GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YOL HARİTASI

Ülkemizin gelişen teknolojiye ayak uydurması ve dünya ile entegrasyonunun sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Dünyada ve ülkemizde giderek artan elektrikli araçlardan kaynaklanan enerji talebinin karşılanması ve elektrikli araç altyapısının geliştirilmesi amacıyla bir yol haritasının oluşturulması gerekmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'na göre karayolu taşımacılığının petrole bağımlı eksende devam etmesi halinde enerji arz güvenliğinin sağlanması, çevre, hava ve gürültü kirliliği, doğal alanların bozulması ve sağlık sorunları gibi birçok problemi de beraberinde getireceğini belirtmektedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Türkiye Ulaştırma Politika Belgesi'ne göre bir numaralı ana hedef; sürdürülebilir, akıllı ulaşım ve iletişim altyapısının kurulmasıdır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası kapsamında 2023, 2025 ve 2030 yılları için elektrikli araç altyapı hedefleri belirlenmiştir.

İlgili bakanlıkların hedefleri doğrultusunda Türkiye elektrikli araç şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik bir yol haritası oluşturulmuştur. Buna göre,

- İlgili bakanlıkların EA sayısı hedeflerinin sağlanabilmesi için gerekli destek mekanizmalarının sürdürülmesiyle beraber artan talebin karşılanmasına yönelik şarj istasyonu altyapı çalışmalarının arttırılması,
- Yeni yerli araç ve şarj istasyonu markalarının oluşturulması amacıyla üretime ve fabrika kurulumuna yönelik desteklerin bakanlıklarca arttırılması,
- Yerli şarj istasyonu üreticileri için gerekli destek mekanizmaları oluşturulması ve desteklerin sürdürülmesi,
- Şarj hizmeti sağlayıcılarıyla iş birliğinin yapılarak kullanımı arttırmak amacıyla kampanyalar oluşturulması,
- Kamuya açık DC hızlı şarj istasyonlarının yaygınlaştırılması amacıyla altyapı maliyetlerinin desteklenmesi için hızlı şarj istasyonlarına özel teşviklerin oluşturulması,
- Kullanıcıların şarj istasyonlarına erişiminin kolaylaştırılması amacıyla herkesin erişimine açık bir yerli yazılım uygulamasının geliştirilmesi,
- Şarj istasyonlarının hizmet kalitesinin sürdürülebilir olması amacıyla istasyonların düzenli olarak denetlenmesi ve bakım maliyetleri için gerekli destek mekanizmalarının oluşturulması,
- Şehirler arası yolculuklarda şarj ihtiyacının giderilmesi amacıyla öncelikle ülkemizin otoyolları başta olmak üzere şehirler arası yollarda kamuya açık şarj istasyonlarının kurulmasına yönelik fizibilite ve planlama çalışmalarının yapılması,
- Başlıca büyükşehir belediyeleri olmak üzere ülkemizdeki belediyelere envanterlerine elektrikli toplu taşıma araçları katmaları ve bu araçları besleyecek şarj altyapılarının kurulması amacıyla özel teşviklerin ve desteklerin uygulanması,
- Kamuya açık mevcut otoparkların altyapısının uygun hale getirilmesi ve yeni yapılacak olan otoparkların yönetmeliklere uygunluğunun sıkı bir şekilde ilgili belediyelerce denetlenmesi,
- Yerel yönetimlerin şarj altyapısı için ön fizibilite çalışmalarının yaptırılması ve eylem planlarının oluşturulması amacıyla harekete geçirilmesi ve belediyeler ile iş birliği yapılması,
- Şarj talebiyle birlikte enerji yükünün artabileceği iller belirlenerek illere yönelik detaylı etki ve ihtiyaç analizi çalışmalarının yapılması,

- Sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda şarj altyapılarının çevreci olan ve yenilenebilir enerji ile beslenmesi,
- Yerli ve Milli şarj altyapısı teknolojilere yönelik Ar-Ge çalışmalarına tam destek verilmesi,
- Mevcut politikaların ilgili bakanlıklar tarafından ilerleyen yıllarda güncellenerek geliştirilmesi.
- Şarj istasyonu kurulumu ile ilgili lisans süreçlerinde bürokratik işlemlerin azaltılması ve hızlandırılması

3. BÖLÜM: ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU PROJEKSİYONU

Elektrikli Araçların sayısının hızla artmasıyla birlikte Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarına duyulan ihtiyaç da artmakta ve buna bağlı olarak ihtiyaç duyulan elektrikli araç şarj talebinin karşılanabilmesi hedefiyle şarj istasyonlarının sayısı ve gelişimi için yıllara göre çeşitli tahminler ve çalışmalar yapılmaktadır.

Mevcut durumda Elektrikli Araçların sayısının analizi ile ülkemizde yer alan Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının sayısı ve konumları "Mevcut Durum Analizi Raporu" adıyla birinci rapor kapsamında sunulmuştur. "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu" adıyla sunulan ikinci raporda ise, mevcut durum ve projeksiyon yılları dikkate alınarak ihtiyaç duyulan elektrikli araç şarj talebi ve elektrikli araç şarj istasyonları sayısı verilmiştir. Belirtilen raporlar dikkate alınarak, elektrikli araç şarj istasyonlarının mikro, mezo, makro ölçekte optimum lokasyonlarda konumlandırılması amacıyla mekansal analizler yapılmış olup, projeksiyon yıllar için Elektrikli Araç Şarj İstasyonu (EAŞİ) yer seçimleri yapılmış olup bu rapor kapsamında değerlendirilmiştir.

3.1 ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TALEBİ

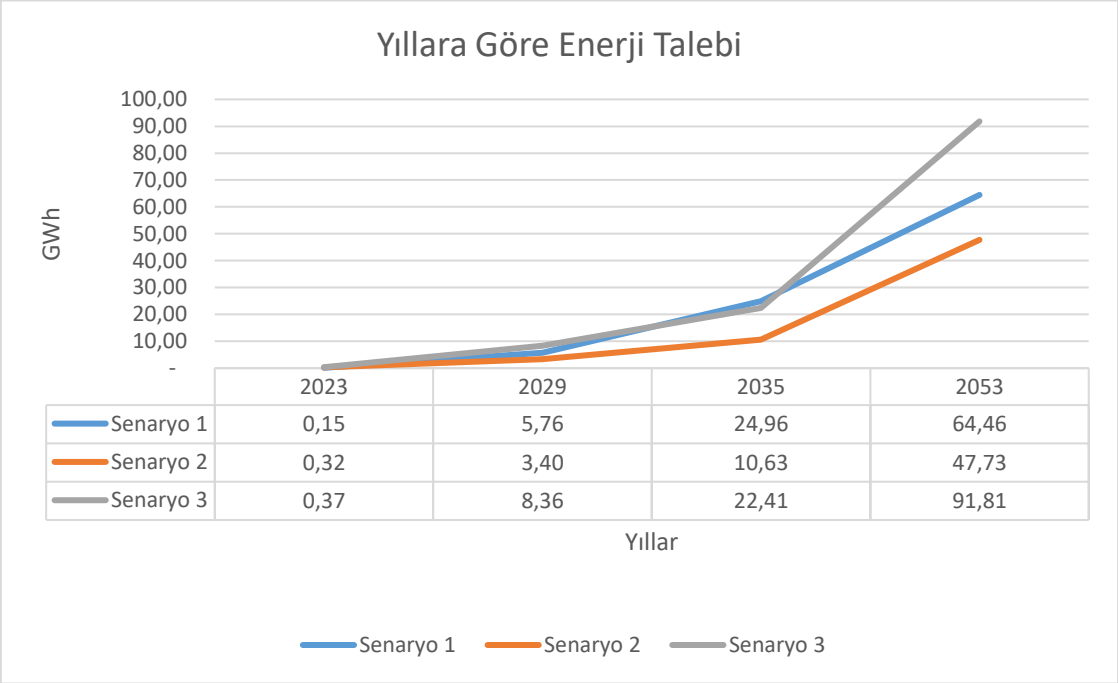
"Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu'nda" verilen şarj talep ve arzları, belirtilen raporda senaryolara göre kıyaslandığında, yıllar içerisinde Tablo 3.1'de verildiği şekilde özetlenmiştir.

Tablo 3.1 Senaryolara Göre Yıllar İçerisindeki Elektrik Talebi ve EA Şarj İstasyon Sayısı

Senaryolar	Yıllar	**Karayolu (Taşıt x Km)**	**EA (Taşıt x Km)**	**EA Elektrik Talebi (kWh)**	**EA Elektrik Talebi (GWh)**	**EA Şarj Soket Sayısı**
Senaryo 1	**2029**	295.585.062	38.426.058	5.763.909	5,76	5.570
	2035	386.982.697	166.402.560	24.960.384	24,96	24.121
	2053	613.869.422	429.708.595	64.456.289	64,46	62.287
Senaryo 2	**2029**	295.585.062	22.635.546	3.395.332	3,40	3.281
	2035	386.982.697	70.866.303	10.629.946	10,63	10.272
	2053	613.869.422	318.221.954	47.733.293	47,73	46.127
Senaryo 3	**2029**	295.585.062	55.764.974	8.364.746	8,36	8.083
	2035	386.982.697	149.395.174	22.409.276	22,41	21.655
	2053	613.869.422	612.061.965	91.809.295	91,81	88.720

Tablo 3.1'de verildiği üzere, her bir senaryoya göre değişen öngörülen Elektrikli Araç oranları ve buna bağlı olarak değişen EA Karayolu Taşıt x Km değerleri tabloda verilmiştir. Bu değerler ile birlikte, her bir senaryoda öngörülen EA'ların her birinin 100 km'deki ortalama elektrik tüketim miktarları, yapılan literatür araştırmalarında da belirtildiği üzere 15 kWh olarak belirtilmektedir. Buradan hareketle, senaryolara göre yıllık EA elektrik talebi tabloda verilmiştir. Tabloda verilen elektrik talepleri, "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu'nda" da verilen, EPDK'dan gelen veriler dikkate alınarak yapılan kabullere göre, her bir şarj ünitesinin 18 saat hizmet vererek ortalama 57,49 kWh şarj kapasitesine sahip olduğu belirtilen şarj istasyonlarının ihtiyaç duyulan soket sayısının belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Bahsi geçen elektrik talebine göre, ihtiyaç duyulan Elektrikli Araç Şarj Soket sayısı senaryolara göre değişkenlik göstermekle birlikte Tablo 3.1'de verilmiştir.

İhtiyaç duyulan şarj soket sayıları ve buna bağlı olarak da elektrikli araçların şarj taleplerinin yıllara ve senaryolara göre özetlenmiş hali Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Yıllara Göre Elektrikli Araç Şarj Talebi

Şekil 3.1'e göre, 3.senaryo 2053 yılında en fazla Elektrikli Araç Şarj Talebine sahip olacak senaryo, 2. Senaryo ise en az Elektrikli Araç Şarj Talebine sahip olacak senaryodur. Söz konusu grafik ve değerlendirmeler "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu'nda" detaylıca verilmiştir.

Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu'nun bir sonraki bölümünde, ülkemizde bulunan Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarına ilişkin altyapı analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2 MEVCUT ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU ALTYAPISININ ANALİZİ

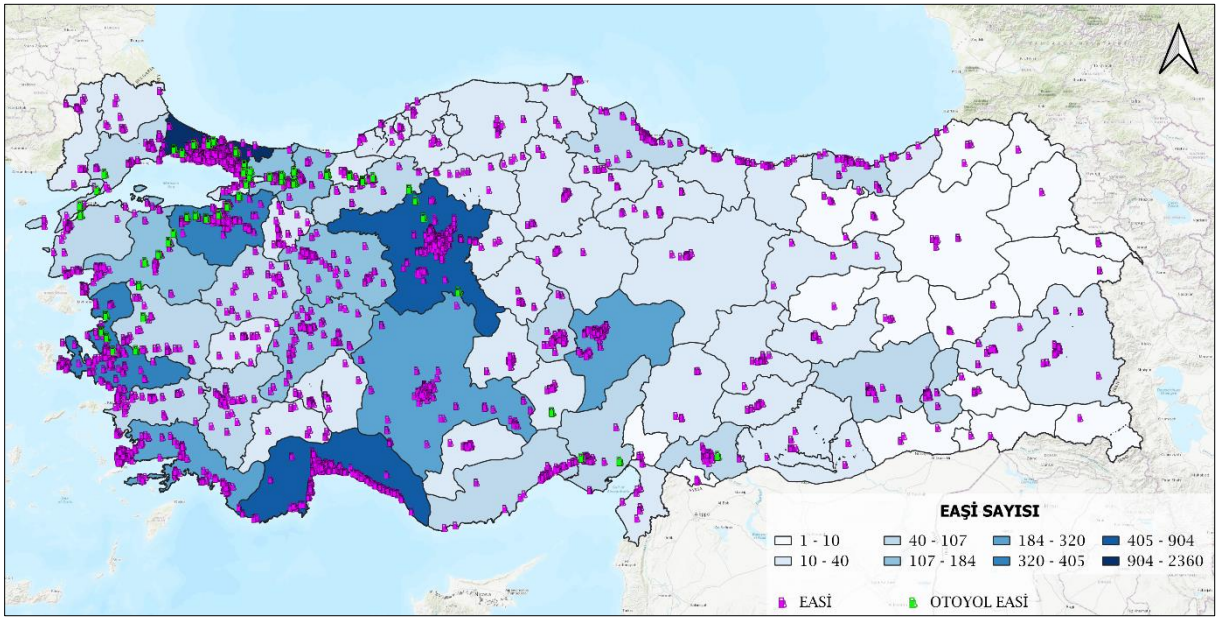
Çevre dostu ve sürdürülebilir bir ulaşım seçeneği olarak elektrikli araçların kullanımı son yıllarda ülkemizde de hızla artmaktadır. Ancak, bu araçların yaygınlaşması ile birlikte şarj istasyonlarına duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Elektrikli araçlar için doğru yerleştirilmiş şarj istasyonları, kullanıcıların bu araçları daha yaygın bir şekilde benimsemelerine ve kullanmalarına yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda elektrikli araç şarj istasyonları kurulmadan önce mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarının mekansal analizi ve potansiyel elektrikli araç şarj istasyonlarının mekansal analizleri ile altyapı analizlerinin yapılması gerekmektedir.

3.2.1 Mevcut Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Mekansal Analizi

Elektrikli araç şarj istasyonlarının mekansal analizi, elektrikli araç şarj istasyonlarının en uygun yerlerinin belirlenmesi için önemlidir. Mekansal analiz, belirli bir bölgedeki elektrikli araç sayısı, kullanım yoğunluğu, yol ağının yoğunluğu, bölgesel nüfus dağılımı ve diğer faktörlerin değerlendirilmesini içerebilmektedir. Söz konusu hususların analizi, şarj istasyonlarının en uygun yerlere konumlandırılmasını sağlamakta ve elektrikli araç sahiplerinin ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun yerlere yerleştirilmesine olanak sunacaktır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının mekansal analizi yapılırken, sadece elektrikli araçların sayısı ve kullanım yoğunluğu değil, aynı zamanda araçların günlük başlangıç – varışları da dikkate alınmalıdır. Elektrikli araçlar genellikle evlerde veya işyerlerinde şarj edilmektedirler ve bu nedenle bu yerlerin yakınlarına şarj istasyonları yerleştirilmesi araç sahiplerine kolaylık sağlamaktırlar. Ayrıca, şehir içi ve şehirler arası yolculuklar için konumlandırılan şarj istasyonlarının da seyahat eden kullanıcıların araçlarını şarj etmelerine yardımcı olacak şekilde tasarlanması ve konumlandırılması gerekmektedir.

Ülkemizde bulunan elektrikli araç şarj istasyonlarının mekansal analizi, illere, ilçelere ve trafik analiz bölgelerine göre dağılım şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bunula birlikte trafik hacimleri ve otomobil sahipliği gibi veriler kullanılarak analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda ülkemizdeki elektrikli araç şarj istasyonlarının illere göre dağılımı Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun İllere Göre Dağılımı

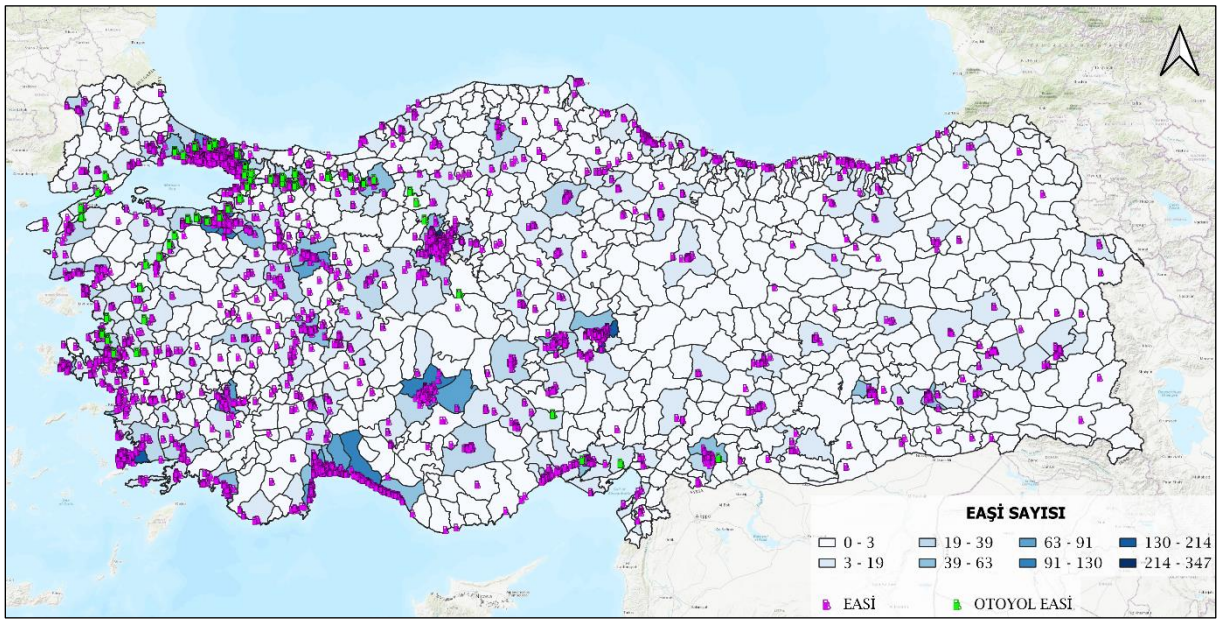
Şekil 3.2, ülkemizdeki elektrikli şarj istasyonlarının genellikle İstanbul, Ankara, Antalya ve İzmir gibi ülkemizin önemli şehirlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca şekil üzerinde, otoyollar üzerindeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonları yeşil renk ile işaretlenmiş olup, toplam 290 adettir. Devlet yollarındaki Elektrikli Araç Şarj İstasyonu 4.258 adet, il yollarındaki Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı ise 1.483 adettir. Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının kalan 2.493 adedi ise söz konusu şehirler arası yolların dışında veya şehir merkezlerinde yer alan cadde ve sokaklarda bulunmaktadır.

Tablo 3.2'de en yüksek Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısına sahip ilk on il ve bu illerdeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı verilmektedir.

Tablo 3.2 İllere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı

İl	Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı
İstanbul	2.360
Ankara	904
Antalya	677
İzmir	410
Bursa	395
Muğla	323
Konya	275
Kayseri	270
Eskişehir	181
Kocaeli	168

Ülkemizdeki elektrikli araç şarj istasyonlarının ilçelere göre dağılımı incelendiğinde ise Şekil 3.3'te yer alan harita karşıya çıkmaktadır.



Şekil 3.3 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun İlçelere Göre Dağılımı

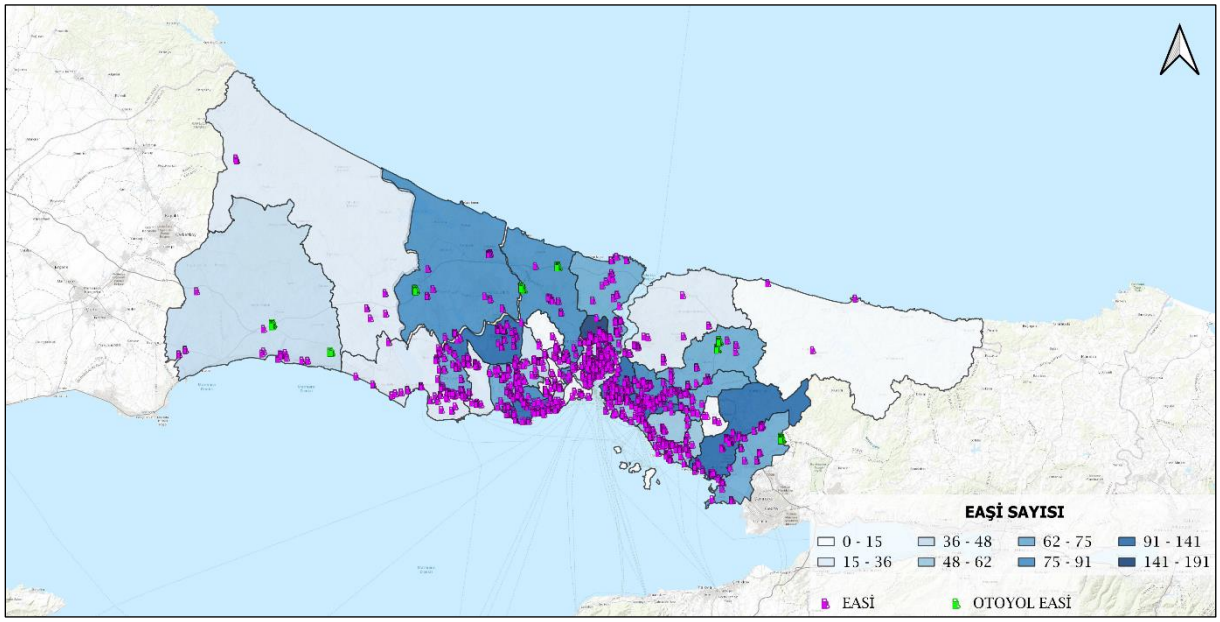
Şekil 3.3'teki haritada yer alan ilçelerden en fazla elektrikli araç şarj istasyonuna sahip olan ilk on ilçe ve bu ilçelerdeki elektrikli araç şarj istasyonu sayıları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 İlçelere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı

İlçe	Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı
Ankara Çankaya	347
Ankara Yenimahalle	214
İstanbul Sarıyer	191
Kayseri Melikgazi	178
Muğla Bodrum	166
İstanbul Üsküdar	141
Bursa Nilüfer	131
İstanbul Ataşehir	122
Antalya Manavgat	120
Konya Selçuklu	118

Tablo 3.3 incelendiğinde en fazla elektrikli araç şarj istasyonuna sahip ilçenin Ankara iline bağlı Çankaya ilçesi olduğu görülmektedir. Çankaya ilçesini sırasıyla, Ankara Yenimahalle, İstanbul Sarıyer, Kayseri Melikgazi ve Muğla Bodrum ilçeleri takip etmektedir.

Ülkemizdeki en yüksek Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısına sahip İstanbul İli ve Ankara ili özelinde analiz yapılırken ise İstanbul ili için Şekil 3.4, Ankara ili için ise Şekil 3.5'teki haritalar ile karşılaşılmaktadır.



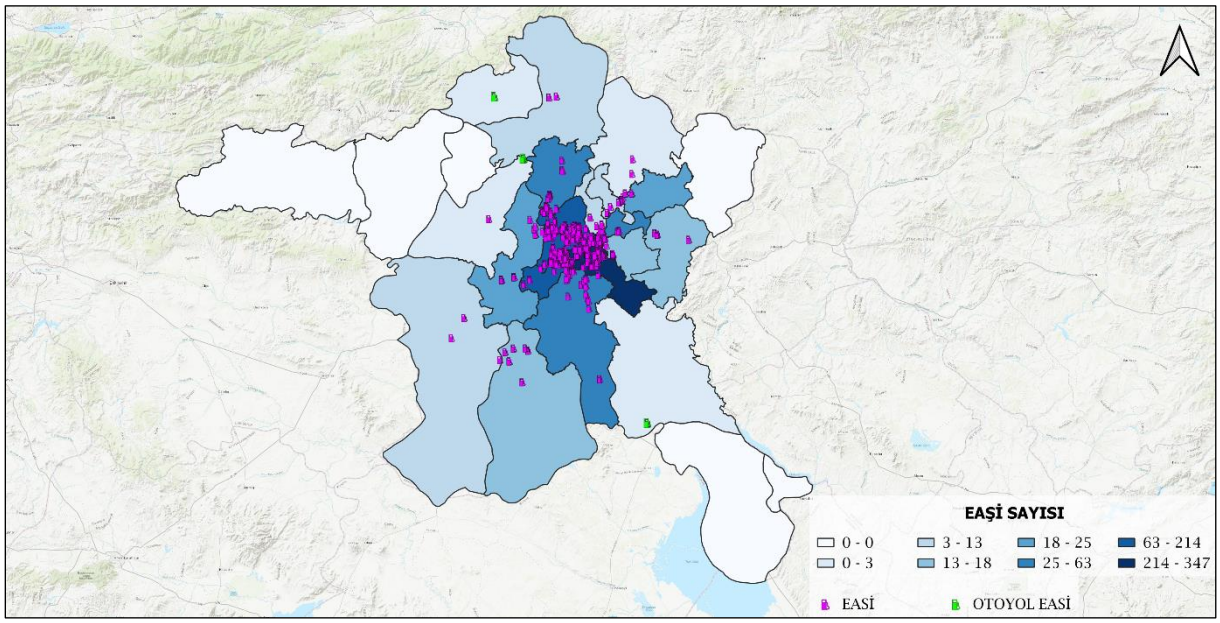
Şekil 3.4 İstanbul İlindeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının İlçelere Göre Dağılımı

Şekil 3.4'teki görselde yer alan Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının ilçeler bazında sayısı ise Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 İstanbul İlinin İlçelere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı

İlçe	Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı
Sarıyer	191
Üsküdar	141
Ataşehir	122
Pendik	116
Başakşehir	115
Bakırköy	103
Beşiktaş	93
Şişli	89
Ümraniye	87
Bahçelievler	87

Tablo 3.4 incelendiğinde İstanbul ilinde en fazla Elektrikli Araç Şarj İstasyonuna sahip ilçelerin Sarıyer, Üsküdar ve Ataşehir ilçeleri olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5 Ankara İlindeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının İlçelere Göre Dağılımı

Şekil 3.5'teki görselde yer alan Ankara ilindeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının ilçeler bazında sayısı ise Tablo 3.5'te verilmiştir.

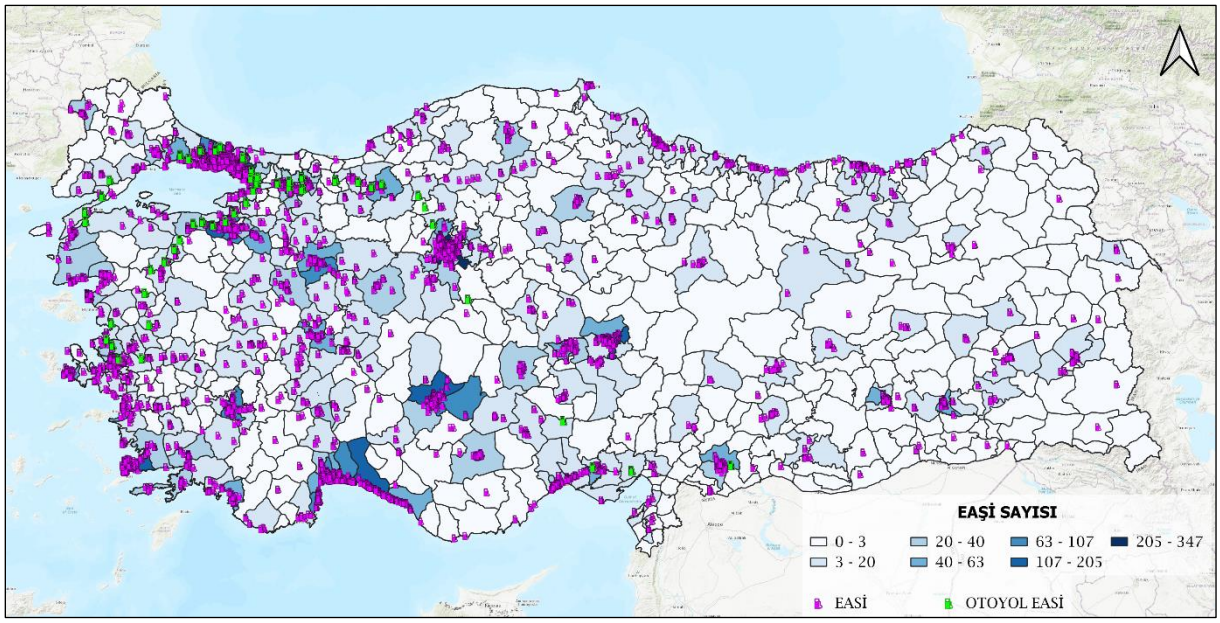
Tablo 3.5 Ankara İlinin İlçelere Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı

İlçe	Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sayısı
Çankaya	347
Yenimahalle	214
Etimesgut	85
Kahramankazan	63
Gölbaşı	45
Altındağ	29
Sincan	26
Akyurt	23
Mamak	21
Elmadağ	15

Tablo 3.5 incelendiğinde Ankara ilinde en fazla Elektrikli Araç Şarj İstasyonuna sahip ilçelerin Çankaya, Yenimahalle ve Etimesgut ilçeleri olduğu görülmektedir.

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının yer seçimi belirlenirken Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı ulaşım modeli kullanılacağı için, Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının ulaşım modelinde yer alan Trafik Analiz Bölgeleri özelinde analiz edilmesi TAB'lara göre şarj istasyonu yoğunluğunu ortaya koymak üzere gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ülkemizdeki elektrikli

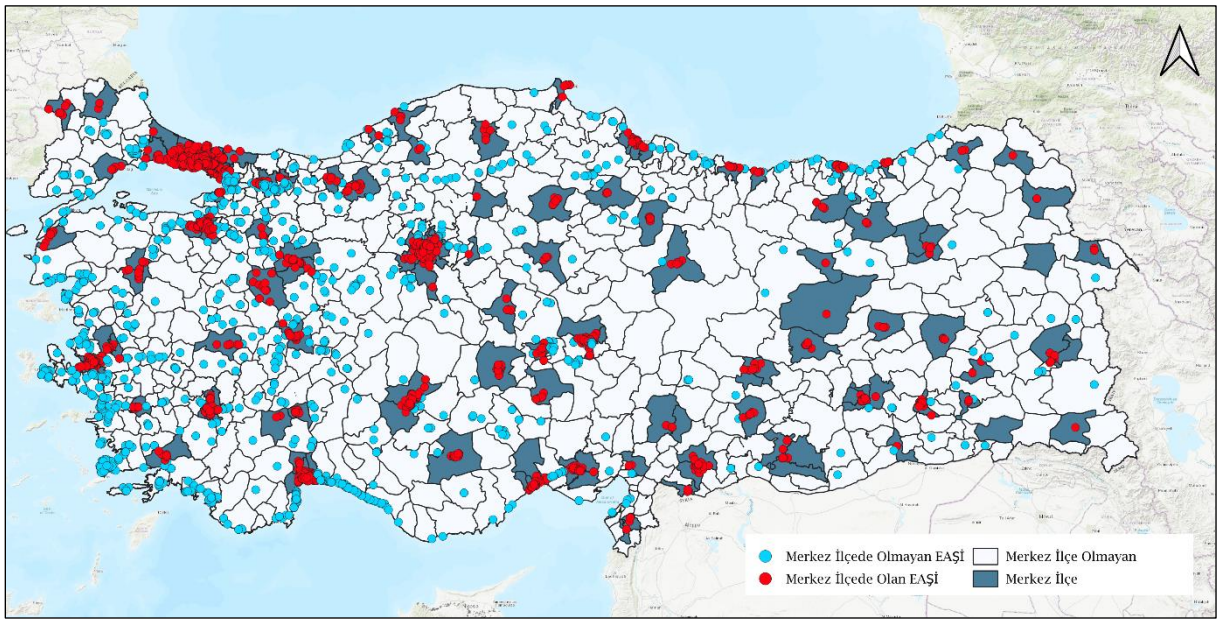
araç şarj istasyonlarının Ulusal Ulaşım Ana Plan'ında yer alan Trafik Analiz Bölgeleri (TAB)'lara göre dağılımı ise Şekil 3.6'daki haritada yer almaktadır.



Şekil 3.6 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun TAB'lara Göre Dağılımı

Şekil 3.6 incelendiğinde elektrikli araç şarj istasyonlarının TAB'lara göre dağılımının ilçelerdeki dağılıma benzer olduğu görülmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonu sayısı bakımından ilk 10 TAB ise ilçelerdeki durumun aynısıdır. Bu durumun sebebi, söz konusu ilçelerin nüfus, GSYİH, otomobil sahipliği gibi çeşitli faktörler göz önünde bulundurularak UUAP çalışmasında hazırlanan ulaşım modelinde ayrı TAB'lar olarak kabul edilmiş olmasıdır. Bu durum en basit tabirle, söz konusu ilçelerin ayrı bir TAB olarak oluşturulması olarak açıklanabilir.

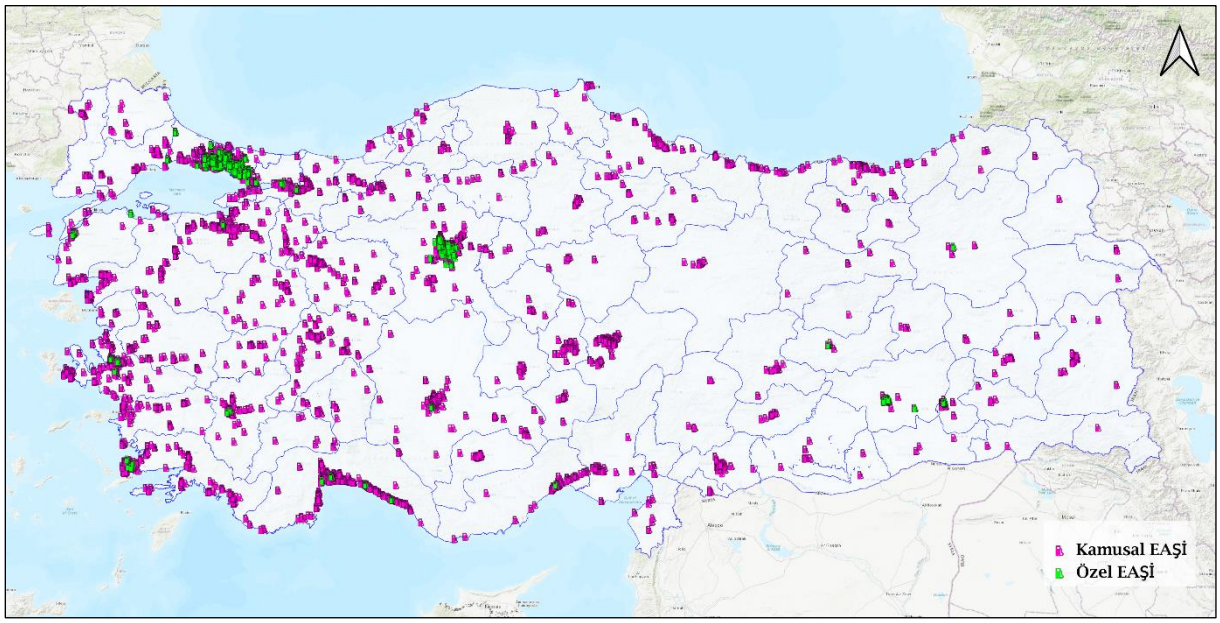
Ülkemizde yer alan elektrikli araç şarj istasyonları ile yapılan analizlerden bir diğeri ise söz konusu istasyonların illerdeki merkez ilçelerde olup olmadığı ile ilgilidir. Bu kapsamda Şekil 3.7'de verilen haritada elektrikli araç şarj istasyonlarının merkez ilçelere ve merkez olmayan ilçelere dağılımı verilmektedir.



Şekil 3.7 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun Merkez İlçelerde Olma Durumu

Şekil 3.7 incelendiğinde kırmızı ile gösterilen noktaların merkez ilçelerde bulunan elektrikli araç şarj istasyonları, mavi noktaların ise merkez ilçelerde bulunmayan elektrikli araç şarj istasyonları olduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ülkemizdeki 8.524 elektrikli araç şarj istasyonunun 5.828'i merkez ilçelerde, 2.696'sı ise merkez olmayan ilçelerde bulunmaktadır.

Ülkemizde yer alan elektrikli araç şarj istasyonlarının sahiplik durumu ile ilgili harita Şekil 3.8'de görülmektedir.

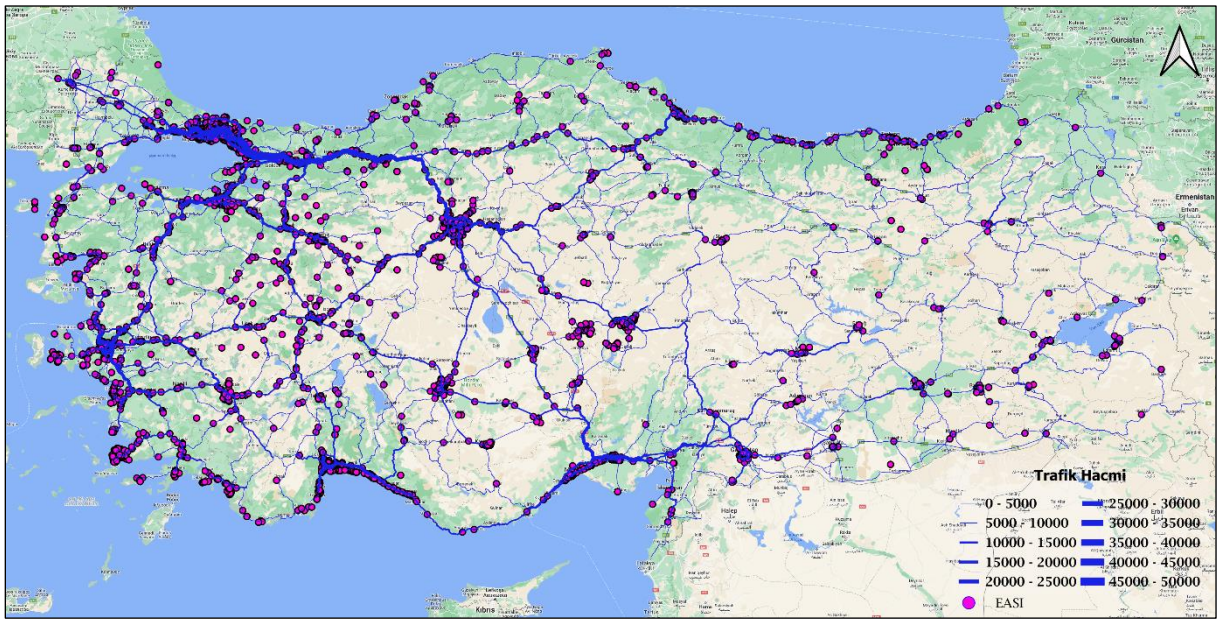


Şekil 3.8 Ülkemizde Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Sahiplik Durumu

Şekil 3.8 incelendiğinde ülkemizdeki Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının büyük çoğunluğunun kamusal (halka açık) olduğu görülmektedir. Buna göre özel kullanıma ait Elektrikli Araç Şarj İstasyon sayısı 692 adet, halka açık Elektrikli Araç Şarj İstasyon sayısı ise 7.832'dir.

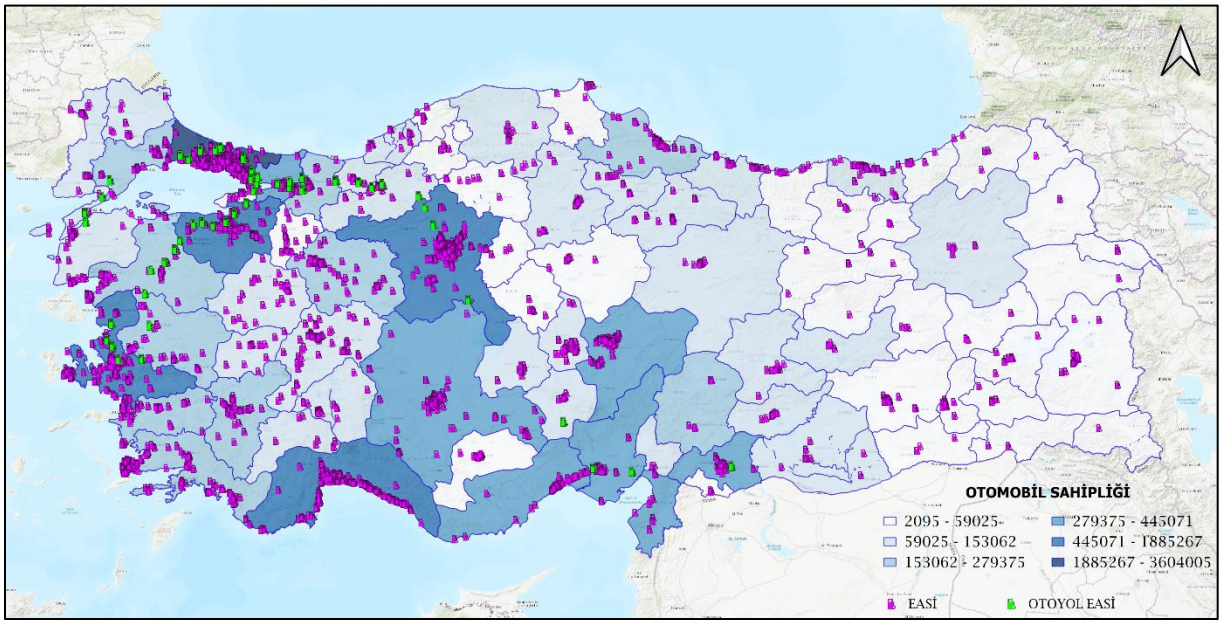
Elektrikli araç şarj istasyonlarının, trafik hacminin yoğun olduğu bölgelerde kurulması, elektrikli araç kullanıcılarının şarj taleplerini karşılamak adına önemlidir. Bu nedenle, büyükşehirlerdeki ana yollar, otoyollar ve yoğun trafiğin olduğu alanlar, elektrikli araç sahiplerinin şarj istasyonları için en çok ihtiyaç duyacağı yerler olmakla birlikte bu bölgelerde şarj istasyonlarına yoğunlaşma olması gerekmektedir. Söz konusu durum Şekil 3.9'da verilen görselde daha iyi anlaşılmaktadır.

Şekil 3.9'da verilen görsel Ulusal Ulaştırma Ana Planı (UUAP) çalışması kapsamında hazırlanan 2023 yılı ulaşım modelinin trafik hacim çıktılarını ve elektrikli araç şarj istasyonu konumlarını göstermektedir. Şekilden de görüleceği üzere trafik yoğunluğunun arttığı bölgelerde elektrikli araç şarj istasyonları da yoğunlaşmaktadır. Özellikle İstanbul, Ankara ve Antalya illeri çevresinde bu durum net bir şekilde görülmektedir.



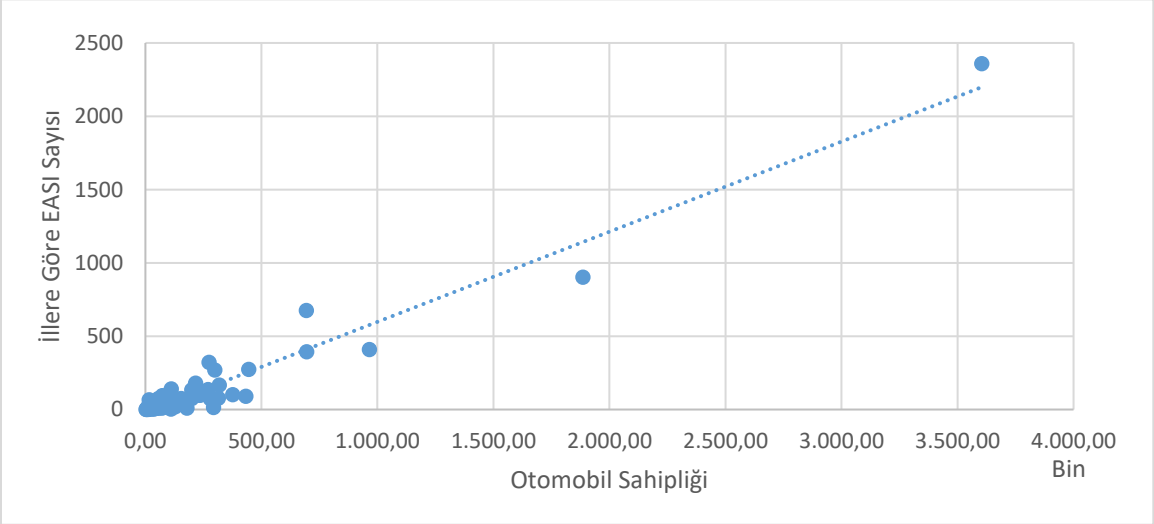
Şekil 3.9 Trafik Hacimleri ve Elektrikli Şarj İstasyonları

Ülkemizdeki elektrikli şarj istasyonlarının konumları ve bulunduğu illere ait otomobil sahipliği ilişkisi Şekil 3.10'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde otomobil sahipliğinin yüksek olduğu illerde, elektrikli araç şarj istasyonu sayılarının da fazla olduğu anlaşılmaktadır. Otomobil sahipliği arttığında elektrikli otomobil sayısı da artmakta, buna bağlı olarak elektrikli araç şarj istasyonu sayısında da artış olduğu Şekil 3.10'da açıkça görülmektedir.



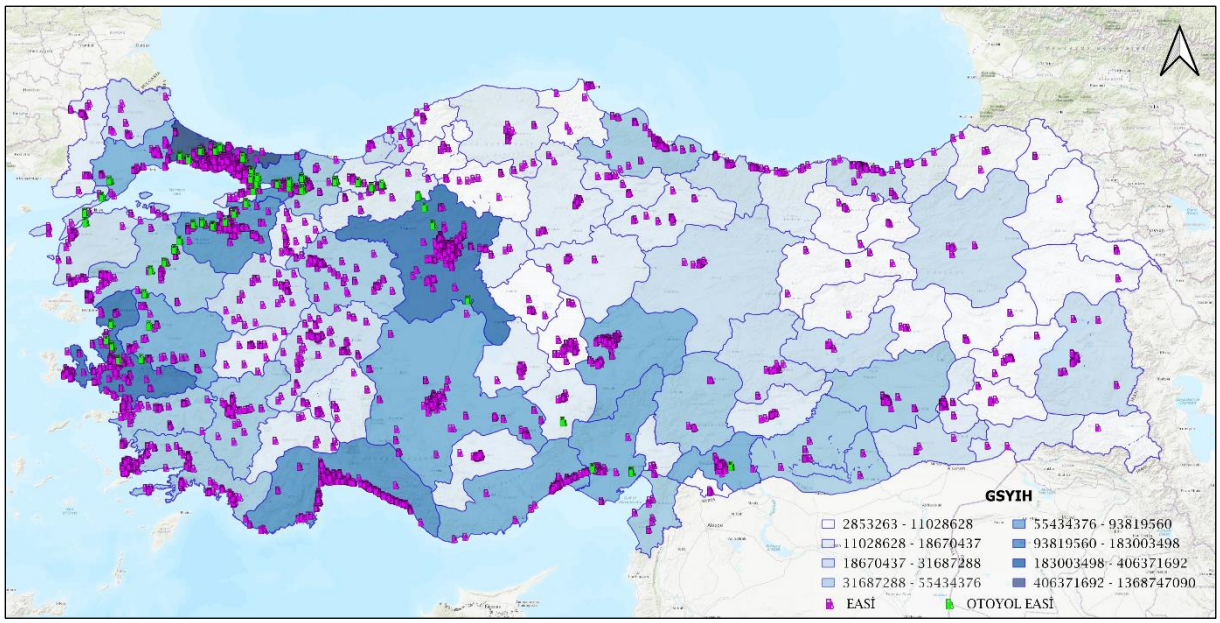
Şekil 3.10 İllere Göre Otomobil Sahipliği ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Buna göre illerdeki elektrikli araç şarj istasyonu sayısı ile otomobil sahipliği değerleri arasındaki ilişki Şekil 3.11'de verilmiştir. Bu grafikte otomobil sahipliği ve illere göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini belirten R^2 =0,95 olarak bulunmaktadır. Bu değerin 1'e yaklaşması iki değişken arasındaki ilişkinin kuvvet derecesini göstermekte olup, bu grafiğe göre otomobil sahipliği ile Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı arasında oldukça kuvvetli doğrusal bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır.



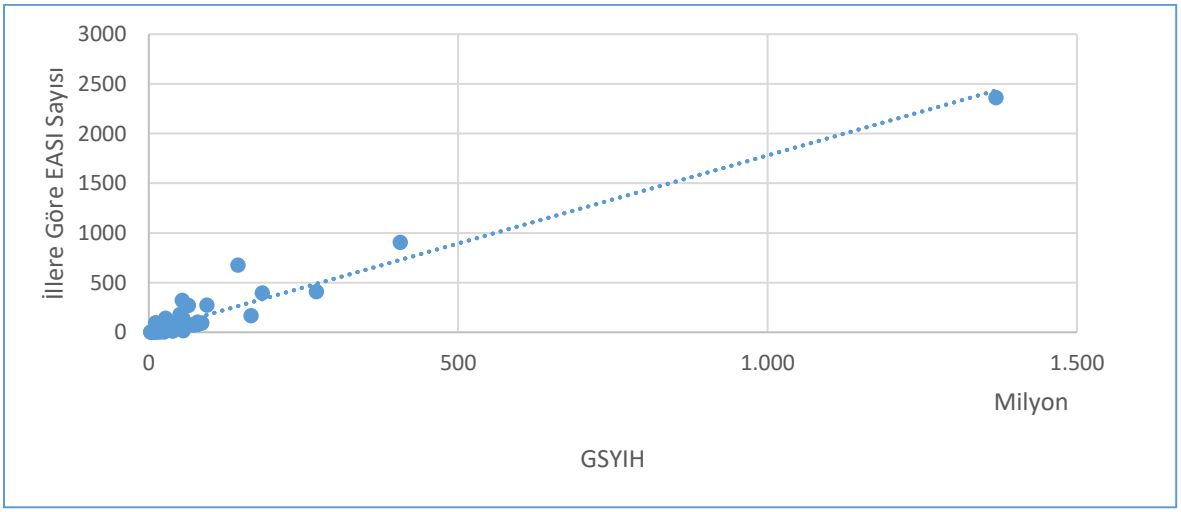
Şekil 3.11 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı ve Otomobil Sahipliği İlişkisi

Ülkemizdeki elektrikli şarj istasyonlarının konumları ve bulunduğu illere ait GSYİH incelendiğinde ise Şekil 3.12'deki harita ile karşılaşılmaktadır. Buna göre GSYİH değerinin yüksek olduğu illerde, elektrikli araç şarj istasyonu sayıların da yüksek olduğu şekil üzerinden görülebilmektedir. Bu durum, GSYİH değeri yüksek olan illerde otomobil sahipliği değerinin de yüksek olması ve buna bağlı olarak elektrikli araç sayısının da yüksek olması şeklinde yorumlanabilmektedir.



Şekil 3.12 İllere Göre GSYİH ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Buna göre illerdeki elektrikli araç şarj istasyonu sayısı ile GSYİH değerleri arasındaki ilişki Şekil 3.13'ten görülebilmektedir.

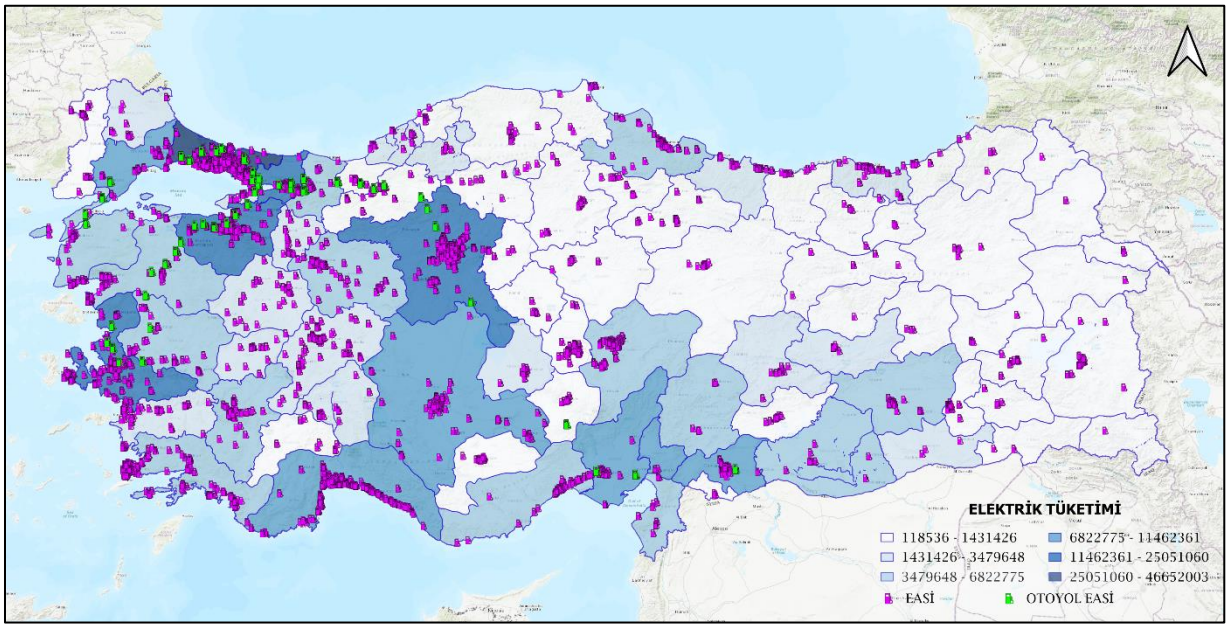


Şekil 3.13 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı ve GSYİH İlişkisi

Bu grafikte GSYİH ve illere göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini belirten R^2=0,94 olarak bulunmaktadır. Bu değerin 1'e yaklaşması iki değişken arasındaki ilişkinin kuvvet derecesini göstermekte olup, bu grafiğe göre GSYİH ile Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı arasında oldukça kuvvetli doğrusal bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır.

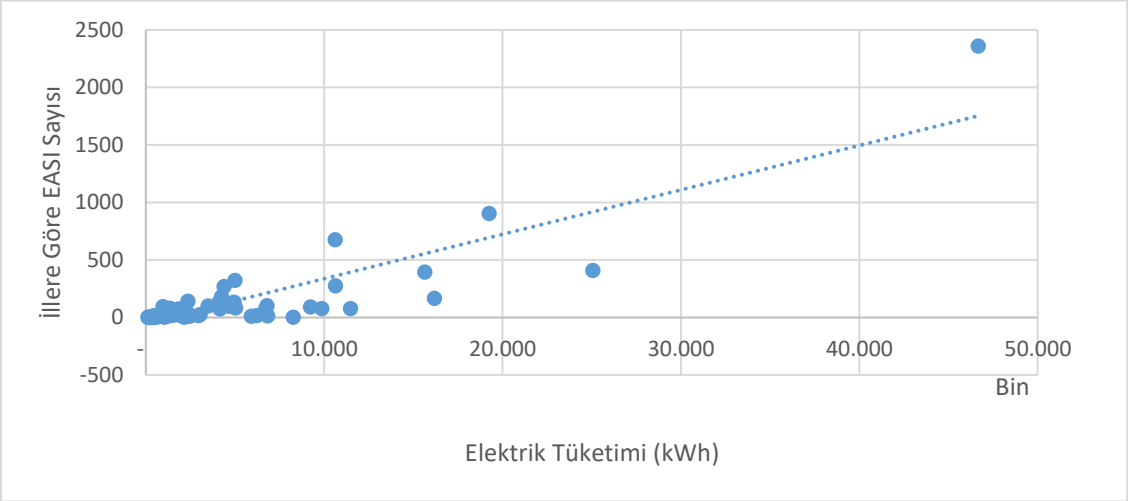
3.2.2 Mevcut Elektrik Altyapısının Analizi

Ülkemizdeki elektrikli şarj istasyonlarının konumları ve bulunduğu illere ait elektrik tüketimi incelendiğinde Şekil 3.14'teki harita ile karşılaşılmaktadır. Buna göre elektrik tüketim değerlerinin yüksek olduğu illerde, elektrikli araç şarj istasyonu sayıların da yüksek olduğu şekil üzerinden görülebilmektedir.



Şekil 3.14 İllere Göre Elektrik Tüketimi ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Buna göre illerdeki elektrikli araç şarj istasyonu sayısı ile elektrik tüketim değerleri arasındaki ilişki Şekil 3.15'ten de görülebilmektedir.



Şekil 3.15 Elektrikli Araç Şarj İstasyon Sayısı ve Elektrik Tüketimi İlişkisi

Bu grafikte Elektrik Tüketimi ve illere göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini belirten R^2 = 0,77 olarak bulunmaktadır. Buna göre Elektrik Tüketimi ile Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısı arasında nispeten bir ilişki bulunsa da diğer değişkenlere göre kuvvetli bir ilişkinin bulunmadığı görülmüştür.

3.2.2.1 Elektrik Üretim Kaynaklarına Göre Dağılım

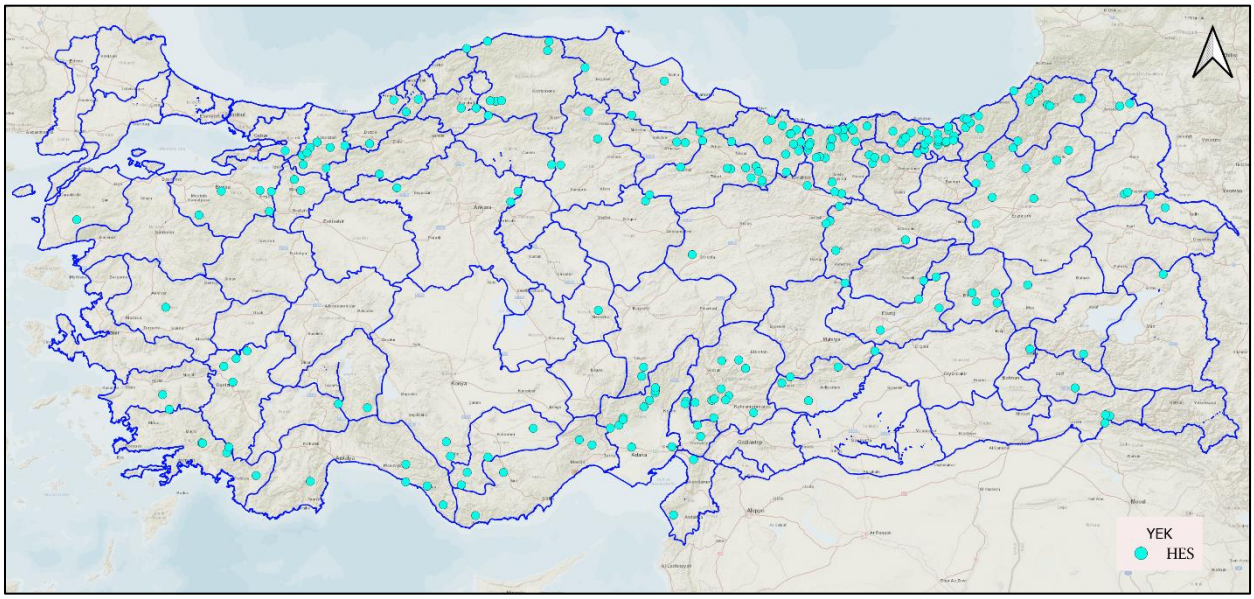
Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin sağlanabilmesi için elektrik üretim kaynaklarının önemi oldukça fazladır. Ülkemizde elektrik üretimi Hidroelektrik Enerji, Rüzgar Enerjisi, Güneş Enerjisi, Biyokütle Enerjisi ve Jeotermal Enerji gibi yenilenebilir kaynakların yanı sıra, termik santrallerden de sağlanmaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevre dostu, yerli ve doğal kaynaklar olması sebebiyle enerjide dışa bağımlılığın azalmasına yardımcı olmaktadır. Bu amaçla ülkemizde, 5 farklı yenilenebilir enerji kaynağı olmakla beraber, EPDK'dan alınan verilere göre bu enerji kaynaklarıyla ilgili oluşturulan santrallerin sayısı Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Ülkemizde Bulunan YEK ve Santral Sayıları

YEK	Adet
Hidroelektrik Enerji	315
Biyokütle Enerjisi	285
Rüzgar Enerjisi	196
Jeotermal Enerji	55
Güneş Enerjisi	36
Toplam	**887**

Tabloda görüldüğü üzere, ülkemizde yer alan YEK santralleri incelendiğinde, Hidroelektrik, Biyokütle ve Rüzgar enerjisinin, Jeotermal ve Güneş enerjilerine göre daha yaygın olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır.

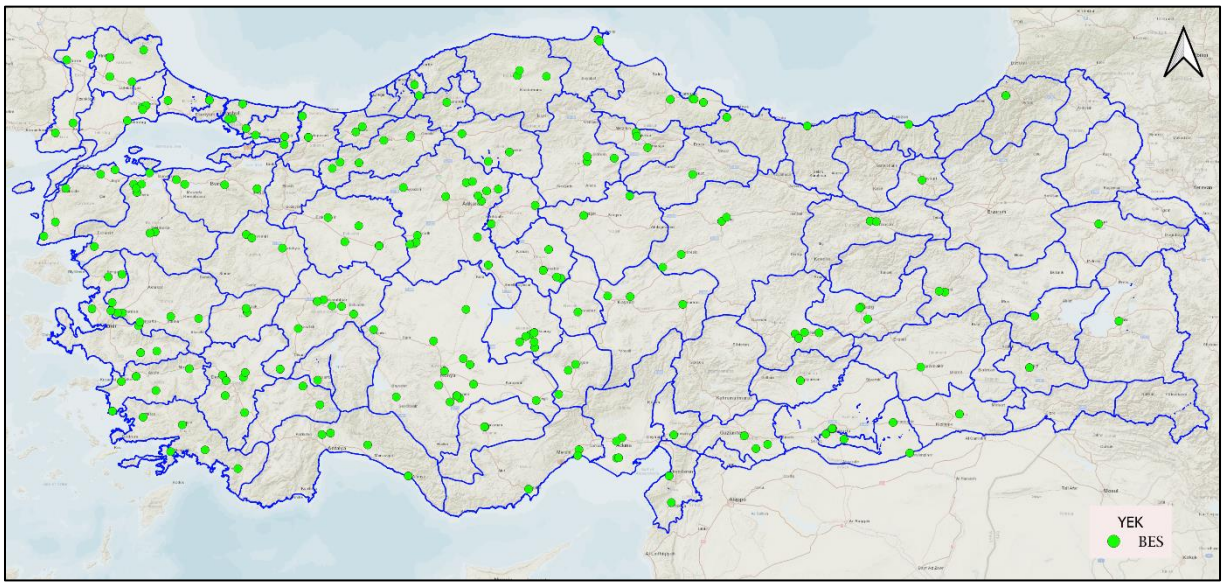
EPDK'dan gelen veriler dikkate alınarak, ülkemizde yer alan ve coğrafi koşullara göre dağılım gösteren Hidroelektrik Santrallerinin konumları Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 Hidroelektrik Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları

Şekilden de anlaşılacağı üzere, Hidroelektrik kaynaklı elektrik üretimi, yoğun olarak Doğu Karadeniz Bölgesinden sağlanmaktadır. Bu bölgeye ek olarak, Marmara Bölgesi'nin Güney Doğusu ve Akdeniz Bölgesi Hidroelektrik Santrallerinin yoğun olduğu noktaları göstermektedir.

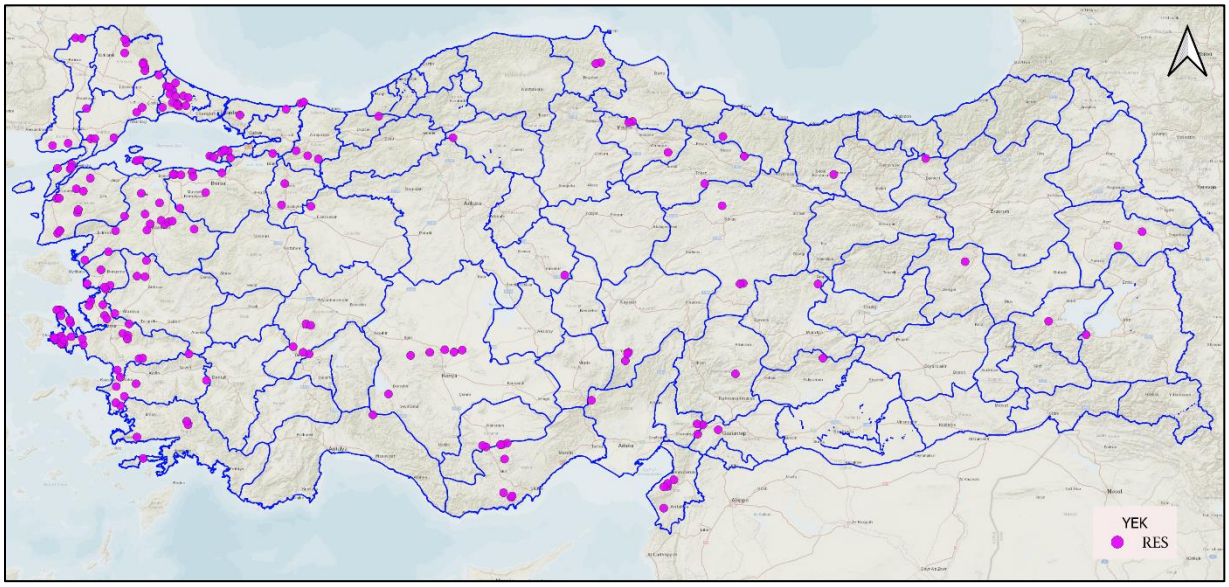
Ülkemizde yer alan ve coğrafi koşullara göre dağılım gösteren Biyokütle Santrallerinin konumları Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17 Biyokütle Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları

Şekilden de anlaşılacağı üzere, Biyokütle santralleri ülkemizin her bir bölgesine neredeyse eşit olarak dağılım göstermektedir.

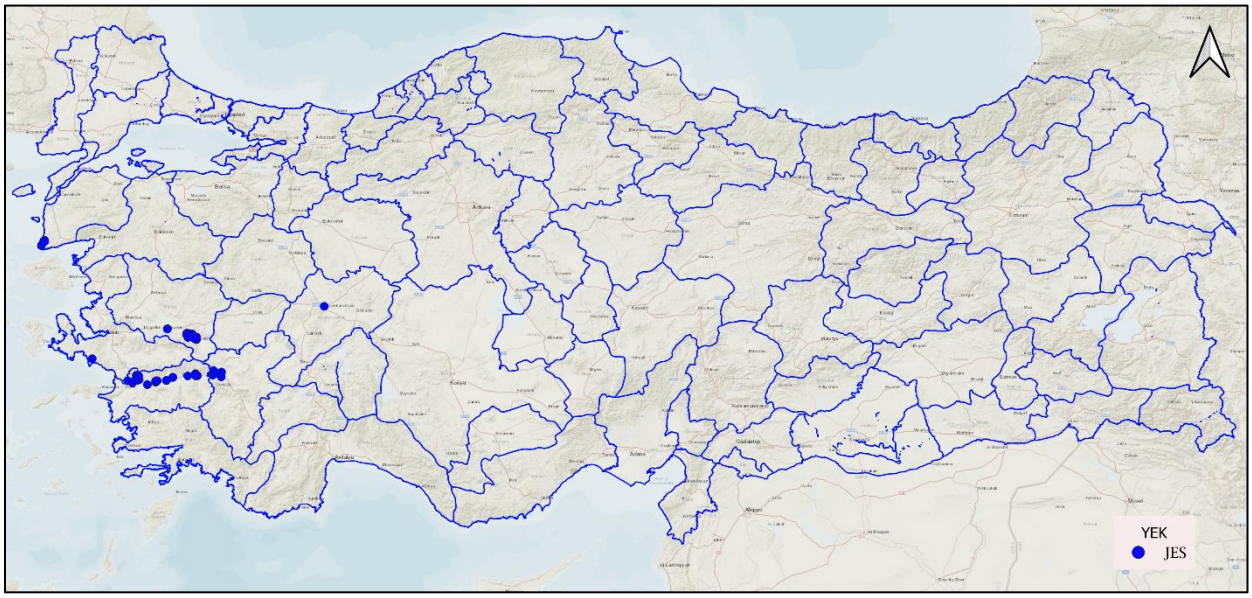
Ülkemizde yer alan ve coğrafi koşullara göre dağılım gösteren Rüzgar Enerjisi Santrallerinin konumları Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18 Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları

Şekil 3.18 incelendiğinde, Rüzgar Elektrik Santrallerinin yoğun olarak Marmara Bölgesinin Batısı ve Ege Bölgesinde yer aldığı görülmektedir.

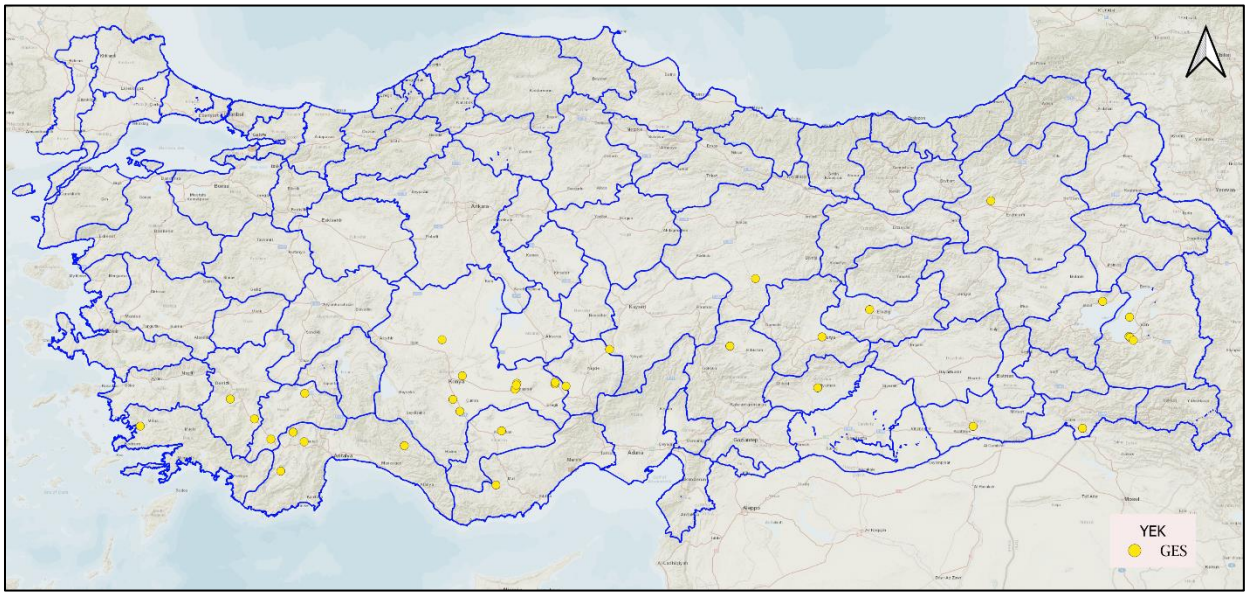
Ülkemizde yer alan ve coğrafi koşullara göre dağılım gösteren Jeotermal Enerji Santrallerinin konumları Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19 Jeotermal Enerji Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları

Şekilden de anlaşılacağı üzere, Jeotermal Enerji kaynaklı elektrik üretimi, diğer enerji kaynakları kadar yaygın olmamakla birlikte, ülkemizde yalnızca Ege Bölgesi ve Çanakkale ilinde yer aldığı görülmektedir.

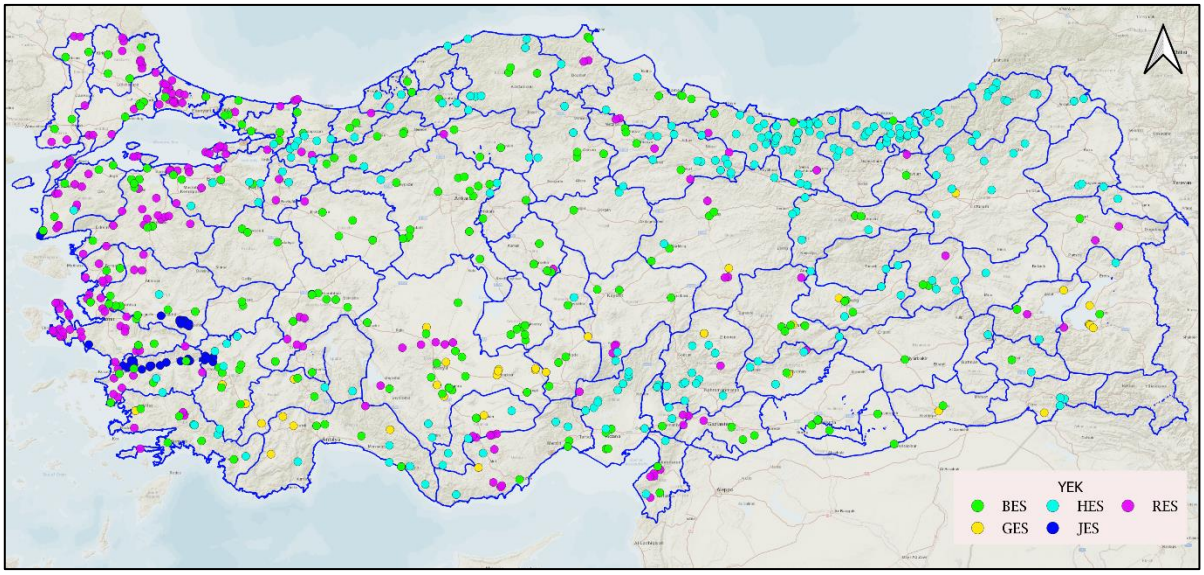
Ülkemizde yer alan ve coğrafi koşullara göre dağılım gösteren Güneş Enerji Santrallerinin konumları ise Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20 Güneş Enerji Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları

Güneş Enerji Santrallerinin ülkemizde konumları şekle göre incelendiğinde, bu santrallerin; yıl içerisinde yoğun güneş alan bölgelerde yer aldığı ve diğer enerji kaynaklarına kıyasla oldukça düşük sayıda olduğu anlaşılmaktadır.

Ülkemizde yer alan YEK santrallerinin konumları ve ülkemizdeki dağılımlarının incelenmesinin ardından, Hidroelektrik, Biyokütle, Rüzgar, Jeotermal ve Güneş Enerji Santrallerinin tümünün ülkemizdeki dağılımları ve yoğunlukları Şekil 3.21'de verilmiştir.

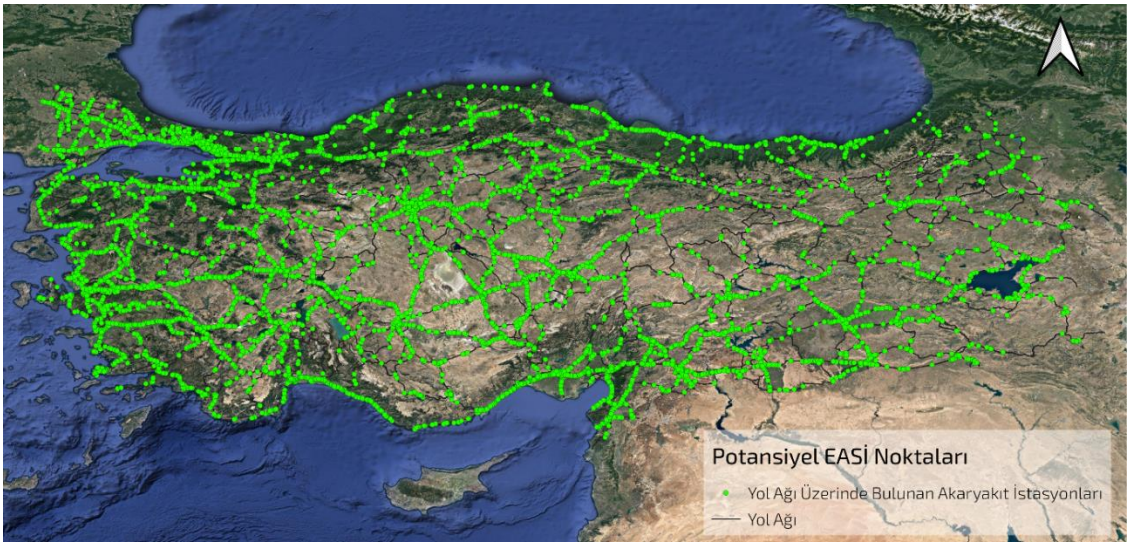


Şekil 3.21 YEK Santrallerinin Ülkemizdeki Konumları

3.2.3 Potansiyel Elektrikli Araç Şarj İstasyon Noktalarının Analizi

Dünyada elektrikli araç kullanımın hızla artması ve elektrikli araçların son yıllarda hızla gelişen bir pazar olması sebebiyle elektrikli araç şarj istasyonu konumlarının planlanması ciddi önem taşımaya başlamıştır. EA talebinin artmasıyla birlikte Elektrikli Araç Şarj İstasyonu talebinin de artacağı karşı konulamaz bir gerçektir. Bu sebeple ihtiyacın karşılanabileceği bir şarj ağı altyapısını vakit kaybetmeksizin kurmak gereklidir. Şarj ağı altyapısı kurulurken yeterli miktarda Elektrikli Araç Şarj İstasyonu sayısının temin edilmesi kadar bu istasyonların az maliyetle en çok hizmet verebileceği noktalara konumlandırılması gerekmektedir.

Bu kapsamda, özellikle şehirler arası yolculuklarda enerji ihtiyacının karşılanması için ülkemizde bulunan devlet yollarındaki ve otoyollardaki akaryakıt istasyonları, şarj ağı altyapısının geliştirilmesi amacıyla kurulacak olan Elektrikli Araç Şarj İstasyonu için birer potansiyel noktalardır. Türkiye'de devlet yollarındaki ve otoyollardaki akaryakıt istasyonu sayısı yaklaşık olarak 9 bin adettir. Şekil 3.22'de akaryakıt istasyonların dağılımları ve konumları verilmiştir.



Şekil 3.22 Devlet Yollarındaki ve Otoyollardaki Akaryakıt İstasyonları

Bu akaryakıt istasyonlarının bölgesel dağılımı incelendiğinde, sahip olduğu akaryakıt istasyonu bakımından ilk üçünün sırasıyla; İç Anadolu Bölgesi, Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesi olduğu görülmektedir. En az sayıda akaryakıt istasyonuna sahip bölge ise Güney Doğu Anadolu Bölgesi'dir.

Akaryakıt istasyonları haricinde Türkiye'deki otoyollarda sürücülerin ihtiyaçlarını karşılamak için hizmet veren Otoyol Hizmet Tesisleri (OHT) de şarj altyapısının geliştirilmesi amacıyla Elektrikli Araç Şarj İstasyonu kurulabilecek potansiyel noktalardan biridir. Şekil 3.23'te Türkiye'deki otoyollar üzerinde bulunan OHT'ler verilmiştir.

Şekil 3.23 Otoyol Hizmet Tesisleri

Sürücüler, araçlarını şarj ettikleri sırada OHT içerisinde vakit geçirebilecekleri alanların ve şarj altyapısı için gerekli ihtiyaçların bulunması sebebiyle öne çıkan potansiyel noktalardır.

Gelecek yıllarda ihtiyaç duyulacak Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının yer seçiminin belirlenmesi için öncelikle mevcut durumun eksiksiz şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarına ilişkin altyapı analizleri ve mekansal analiz çalışmaları tamamlandıktan sonra Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçimi Problemi (EAŞİYP) hakkında literatür araştırması yapılmıştır. Geniş kapsamlı gerçekleştirilen literatür araştırması sonrası bu çalışmada kullanılacak metodoloji geliştirilmiştir. Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu'nun bir sonraki bölümünde söz konusu çalışmalar ve yöntemler açıklanmaktadır.

3.3 ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YER SEÇİMİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI

3.3.1 Literatür Taraması

Doğru planlanmış bir elektrikli araç şarj altyapısının elektrikli araç sahipliği ve kullanımının artması üzerinde stratejik bir etkisi vardır. Şarj istasyonu yer seçimi problemi, tesis yerleştirme problemleri kategorisinde yer almaktadır. Son yıllarda bu konuda giderek artan bir literatür gelişmiştir. Ayrıca sorunun doğasında bulunan dinamik ve stokastik bileşenleri dikkate alarak sorunu modellemek için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Ek olarak, Şarj İstasyonu Yer Seçimi Problemini verimli bir şekilde çözmek, özellikle gerçek hayattaki örnek olay incelemelerine uygulandığında, pratikte zorlayıcı olabilir. Araştırmacılar tarafından, kısa hesaplama sürelerinde kaliteli çözümler elde etmek için kesin veya sezgisel yaklaşımlara dayalı yenilikçi çözüm yöntemleri geliştirmek için önemli çaba sarf edilmiş olup problem, literatürde akış tabanlı olarak dikkate alınarak farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir.

3.3.1.1 Akış Tabanlı Yaklaşım

Klasik tesis yer seçimi modellerinde müşteri talebi ağın düğüm noktalarında ortaya çıkmaktadır. Akış tabanlı Şarj İstasyonu Yer Seçimi Probleminde ise, sürüş menzilini aşan uzun mesafeli yolculuklarda aracın menziline bağlı olarak Elektrikli Araçların başlangıç-varış noktaları arasında şarj edilmesi gerekliliği bulunmaktadır. Bu nedenle şarj talebi başlangıç-varış (O-D) yolculuk çiftleri kümesi olarak tanımlanır; öyle ki Şarj İstasyonları, iki ardışık hızlı şarj istasyonu arasındaki mesafenin sürüş menzilini aşmayacak şekilde yeteri sayıda yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu model, sürücülerin yolculuk başlangıç noktalarından varış noktalarına seyahat etmelerine ve şarjları bitmeden geri dönmelerine olanak tanır. Akışa dayalı konum modellerini tanıtan ilk makalelerden biri Hodgson'a aittir [68]. Bu çalışmada sunulan akış yakalama modeli, ağ üzerindeki akışı en üst düzeye çıkaracak şekilde önceden belirlenmiş sayıda tesisin p konumunu belirler. Önerilen model, maksimum kapsama yer belirleme (Maximal Covering Location Model) modelinin bir uzantısıdır ve tek fark, talep kapsamının tanımındadır. Belirli bir O-D çiftine ait akış, o yol boyunca en az bir tesis varsa kapsandığı anlamına gelir. Ancak bu model, EA sürücülerinin karşılaştığı ana kısıtlama olan sınırlı sürüş menzilini dikkate almamaktadır. Kuby ve Lim, bu nedenle EA sürüş menzili sınırlamasını dikkate alan, akış yakıt ikmali konum modelini tanıtmaktadır [69]. Yani, bir EA sürücüsünün

yolculuk güzergahına, başlangıç noktasından varış noktasına ve geri dönüşüne, şarjı bitmeden seyahat etmesine izin verecek yeterli sayıda şarj istasyonu yerleştirilirse, bir EA akışının kapsandığı kabul edilir. Çoğu makale, araç akış kapsamı maksimizasyonunu amaç fonksiyonu olarak kabul etmektedir. Bu, EA şarj altyapı projelerinde sınırlı finansal kaynaklarla açıklanabilir, bu nedenle önceden belirlenmiş sayıda istasyon için en uygun yeri seçmek, belirli bir bütçe dahilinde, en yüksek akış kapsamını elde etmek için en uygun yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Diğer modeller, EA akışlarının tam olarak kapsanmasını sağlarken maliyetin en aza indirilmesine odaklanan bir dizi kapsama yaklaşımı kullanmaktadır. Yani tüm EA sürücüleri yolculuklarını şarjları bitmeden tamamlayabilmektedir [70], [71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78].

Her O-D yolculuğu için seyahat eden EA sürücülerinin sayısı göz önüne alındığında, akış tabanlı modellerin amacı, bu yolculuklar sırasında şarj istasyonlarının en iyi konumlarını belirleyerek maksimum sayıda EA sürücüsünün yolculuklarını şarjları bitmeden tamamlamalarına olanak sağlamaktır. Bu nedenle, literatürde elektrikli araç şarj talebinin boyutuyla başa çıkmak için farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Aşağıda, şarj talebini modellemek için en çok kullanılan yöntemler verilmektedir. Modellerde dikkate alınan varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Her O-D güzergahında tek bir yol (genellikle en kısa yol) kullanılır.
- EA sürücüleri başlangıç noktalarından varış noktalarına gidiş-dönüş yaparlar, bu nedenle aynı yolu izleyerek ve şarj istasyonlarına her iki yönde erişerek döngüsel olarak başlangıçtan varışa ve tekrar başlangıç noktasına seyahat ederler.
- Enerji tüketim oranı tüm araçlar için sabit ve eşittir, bu da tüketimin mesafe eşdeğeri olarak ölçülmesini sağlar.
- Enerji tüketimi simetriktir, yani bir yolculuğun gidiş ve dönüş yönlerinde aynı güce ihtiyaç vardır.
- Tüm araçlar aynı akü kapasitesine veya eşdeğer sürüş mesafesine sahiptir.
- Yolculuğun başlangıç noktasında bir istasyon varsa, araç dolu batarya (depo) ile çalışacaktır, yoksa bataryanın (depo) en az yarısı dolu olmalıdır ki sürücü dönüş yolculuğunda ilk istasyondan başlangıç noktasına giden yolda şarjı bitmeden geri dönebilsin.
- İstasyonlar yalnızca yol ağının düğüm noktalarında bulunabilir ve kapasiteleri dikkate alınmamaktadır.

Parametre ve İndisler:

N	Karayolu ağındaki düğüm noktaları kümesi (bölgeler)
A	Karayolu ağındaki linkler kümesi (yollar), $i \in N, j \in N$
Q	Ağdaki EA sürücüleri tarafından gerçekleştirilen başlangıç-varış (O-D) güzergahları seti
N_q	$q \in Q$ güzergahına ait düğümler kümesi
A_q	$q \in Q$ güzergahına ait yönlü linkler kümesi
K_{ij}^{q}	Aday tesisler kümesi q yolculuğundaki (i,j) yönlü linkine yakıt ikmali yapabilen aday tesisler kümesi
H	Tüm kombinasyonlar kümesi ($h \in H$)
h	Bir veya daha fazla güzergahta yakıt ikmali yapabilen $k \in$ N tesislerin bir kombinasyonunu temsil etmek için kullanılan indis
b_{qh}	Düğüm kombinasyonu h, q. O-D çiftine yakıt ikmali sağlayabilirse 1, diğer durumlarda 0
f_q	q. güzergahtaki EA akış hacmi
P	Kurulacak Şarj İstasyonu sayısı
R	EA menzili

Karar Değişkenleri:

y_q	q. güzergahtaki EA akışı kapsanıyorsa 1, diğer durumlarda 0
x_k	k. düğümde istasyon varsa 1, diğer durumlarda 0
v_h	h. kombinasyona ait bütün düğümlerdeki istasyonlar açıksa 1, diğer durumlarda 0

3.3.1.2 Akış Yakalama Konum Modeli

Akış yakalama konum modeli, Church ve Revelle [79] tarafından hazırlanan maksimal kapsama tesisi konum modeline dayalı olarak Hodgson [68] tarafından geliştirilmiştir. Modelde, q boyunca en az bir Şarj İstasyonu açılırsa q güzergahının kapsandığı anlamına gelmektedir. Model, her düğüm noktasındaki k istasyon konumunu temsil eden x_k ve q güzergahının kapsanmasını temsil eden y_q ikili değişkenlerini içermekte olup, aşağıdaki gibi formüle edilmiştir:

$$Mak\ z = \sum_{q \in Q} f_q\, y_q \qquad (1)$$

$$\sum_{k \in N_q} x_k \geq y_q \qquad \forall q \in Q \qquad (2)$$

$$\sum_{k \in N} x_k = P \qquad (3)$$

$$x_k, y_q \in \{0,1\} \qquad \forall q \in Q, \mathrm{k} \in \mathrm{N} \qquad (4)$$

Amaç fonksiyonu (1), açık istasyonlar tarafından yakalanabilen toplam EA akışını maksimize etmektedir. Kısıt (2), q güzergahı boyunca en az bir istasyon açılırsa, q güzergahının kapsanmasını sağlar. Kısıt (3), açık istasyonların sayısını p olarak ayarlar ve Kısıt (4) ise değişken tanımlı kısıtlamadır. Modelin dezavantajı, EA'ların sınırlı sürüş menzilini hesaba katmamasıdır.

3.3.1.3 Akış Yakıt İkmali Modeli

Kuby ve Lim tarafından tanıtılan akış yakıt ikmali konum modeli, EA'lar için sürüş menzili sınırlamasını hesaba katan ilk akış tabanlı konum modelidir [69]. Sabit bir sürüş aralığı R verildiğinde, güzergah kapsamı bir ön işleme adımında oluşturulan istasyon kombinasyonları kullanılarak tanımlanmaktadır. Kombinasyon h, bir EA sürücüsünün kombinasyon h'ye ait Şarj İstasyonlarında aracını şarj etmesi sayesinde, O_q başlangıç noktasından D_q varış noktasına seyahat edebildiği ve şarjı bitmeden geri dönebildiği bir q yolculuğunu kapsar. Dolayısıyla, q'ya yakıt ikmali yapabilen kombinasyonlardan en az biri kullanıldıysa, diğer bir deyişle bu kombinasyona ait tüm düğüm noktalarında Şarj İstasyonu açılmışsa güzergah q kapsanmış sayılır. Model, konum değişkenlerine x_k ve güzergah kapsama değişkenlerine y_q ek olarak, istasyonların h kombinasyonunun tüm düğüm noktalarında açılıp açılmadığını belirten v_h ikili değişkenlerini kullanmakta olup, aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$Mak\ z = \sum_{q \in Q} f_q\, y_q \qquad (5)$$

$$\sum_{h \in H} b_{qh}\, v_h \geq y_q \qquad \forall q \in Q \qquad (6)$$

$$a_{hk} x_k \geq v_h \qquad \forall h \in H, k \in N \mid a_{hk} = 1 \qquad (7)$$

$$\sum_{k \in N} x_k = P \qquad (8)$$

$$x_k, y_q, v_h \in \{0,1\} \qquad \forall q \in Q, \mathrm{k} \in \mathrm{N}, \mathrm{h} \in \mathrm{H} \qquad (9)$$

Amaç fonksiyonu (5), kapsanan toplam EA akışını maksimize eder. Kısıt (6), q'ya yakıt ikmali yapabilen en az bir h tesisler kombinasyonu açılırsa (bu durumda v_h = 1 ve b_{qh} = 1), q yolculuğun kapsanabildiğini belirtir. Kısıt (7), h kombinasyonundaki tüm tesisler açık olmadığı sürece v_h'yi sıfır olarak belirler. Kısıt (8), tam olarak p tesislerin inşa edilmesini gerektirir ve Kısıt (9), değişken tanımlı kısıtlamadır. Modelin dezavantajı, kombinasyonların üretilmesinin gerçek hayattaki örnekler için zaman alıcı olmasıdır ve Capar ve Kuby tarafından bir yol boyunca düğüm noktası sayısı arttıkça sürenin katlanarak büyüdüğü kanıtlanmıştır [80].

3.3.1.4 Link Kapsama Modeli

Akış yakıt ikmali modelinde kombinasyon oluşturma ile ilgili zorluğun üstesinden gelmek için Capar ve ark., q'ye ait her bir link kapsanırsa q'nun kapsandığını kabul eden yeni bir problem formülasyonu önermektedir [81]. Bu yeni formülasyonun en önemli özelliği, q güzergahındaki (i,j) linkini kapsayan düğümler kümesi olan K_{ij}^{q}'nin tanıtılmasıdır. K_{ij}^{q}, bataryanın tamamen yeniden şarj edilmesinin, araç güzergahının i'den j'ye kadar olan kısmını şarjı bitmeden geçmesine izin veren aday düğümler kümesi olarak tanımlanabilir. Problem şu şekilde formüle edilmiştir:

$$Mak\ z = \sum_{q \in Q} f_q\, y_q \qquad (10)$$

$$\sum_{k \in K_{ij}^{q}} x_k \geq y_q \qquad \forall q \in Q, (i,j) \in A_q \qquad (11)$$

$$\sum_{k \in N} x_k = P \qquad (12)$$

$$x_k, y_q \in \{0,1\} \qquad \forall q \in Q, \mathrm{k} \in \mathrm{N} \qquad (13)$$

Amaç fonksiyonu (10), kapsanan toplam EA akışını maksimize eder. q'nun kapsanmasını, eğer q güzergahına ait her bir (i,j) linki için K_{ij}^{q} kümesindeki düğümlerden bir tanesinde en az bir istasyon açılırsa garanti eder. K_{ij}^{q}, bir EA sürücüsünün aracı k noktasında R menziliyle tamamen şarj etmesi durumunda i düğümünden j düğümüne kadar tüm mesafeyi kat etmesine izin veren aday düğümler k kümesidir. Önceki modellere benzer şekilde, Kısıt (12) ve Kısıt (13) sırasıyla inşa edilecek istasyon sayısını belirler ve karar değişkenlerini tanımlar.

Literatürde bu modeller dışında yol segmenti ve batarya takibi gibi farklı modeller de önerilmektedir. Diğer tesis yer seçimi problemlerinde olduğu gibi, akış tabanlı şarj istasyonu yer seçimi problemini çözmek, çok sayıda değişken ve kısıt içermesine bağlı olarak büyük

boyutlu örnekler için zordur. Ayrıca, O-D çiftine ait güzergahın kapsanması ve elektrikli araçların başlangıç noktalarından varış yerlerine giden güzergahta farklı düğüm noktalarında yeniden şarj edilmesini sağlayan yakıt ikmali mantığı kısıtlamalarıyla ilgili akış değişkenleri de problemi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, büyük boyutlu reel problemlerin çözümünde sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Berman ve ark. [82] ve Hodgson ve ark. [83] kısa hesaplama sürelerinde kaliteli çözümler üretmek amacıyla aç gözlü sezgisel algoritmalar geliştirmişlerdir. Lim ve Kuby [84], problemi Florida'nın reel vaka çalışmasına uygularken çok sayıda yakıt ikmali kombinasyonunun üstesinden gelmek için açgözlü sezgisel yöntemler kullanmıştır. Sayısal testlerin sonuçları, açgözlü sezgisel ekleme yöntemlerinin sorunun büyük boyutlu örneklerini çözmede iyi performans gösterdiğini ortaya koysa da bir genetik algoritmanın (GA) daha iyi çözümler sağlayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Genetik algoritma şarj istasyonu yer seçimi problemi literatüründe en çok kullanılan yöntem meta-sezgisel algoritmadır [84], [85], [86], [87], [88], [89], [90], [91], [92]. Genetik algoritma ve açgözlü sezgisel algoritmaya ilave olarak, tavlama benzetimi algoritması (Ghamami ve ark. [70], Lee ve ark. [93], Zockaie ve ark. [94]), uyarlanabilir geniş komşuluk araması (adaptive large neighborhood search) (Guo ve ark. [78]), Lagranj gevşetme tabanlı sezgisel algoritmalar (Hosseini and MirHassani) [95], Tabu arama (Kchaou-Boujelben and Gicquel) [96], ve parçacık sürü optimizasyonu (Xu et al.) [97] da literatürde söz konusu problemi çözmek üzere kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır.

3.3.2 Yer Seçim Modeli Metodolojisi

Proje kapsamında elektrikli araç şarj istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi için üç aşamalı bir çözüm yöntemi önerilmektedir. Ele alınan problem boyutunun büyüklüğü dikkate alındığında probleme kesin sonuç veren (optimal) yöntemler ile çözüm aramak imkansızdır. Bu nedenle literatür araştırmasında da görüldüğü üzere sezgisel bir yöntem önerilmektedir. Sezgisel yöntemler, probleme kesin çözüm veren yöntemler ile çözüm bulmanın olanaksız olduğu ya da çözüm süresinin çok uzun olduğu durumlarda kullanılan optimale yakın sonuçları kabul edilebilir zaman içerisinde verebilen yöntemlerdir. İlk aşama araç menzilini dikkate alan probleme özgü geliştirilmiş bir sezgisel algoritmadır. Bu aşamada istasyonların şarj kapasiteleri sınırsız olarak kabul edilir. İkinci aşama ise iyileştirme yaklaşımlarından oluşur. İlk aşama sonucu elde edilen tesis lokasyonlarının yerlerini birden fazla kriter bazında değerlendirilir. Değerlendirmenin bu aşamasında istasyonların kapasiteleri, soket sayıları da hesaplanarak dikkate alınır.

Önerilen araç menzili tabanlı sezgisel algoritma (1.aşama) tüm güzergahlardaki trafik hacminin tamamımın karşılanmasını sağlayacak şekilde en az sayıda elektrikli şarj istasyonunun kurulması amacıyla tesislerin yerlerini tespit eder. Burada yapılan varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Elektrikli Araç (EA) yolculuğun kalkış noktasından itibaren model kapsamında kullanılan menzil uzunluğu kadar gidebilecek seviyede bataryası dolu olarak harekete başlar [98], [99].
- Elektrikli Araç, şarj istasyonunda durduğunda bu istasyonda tamamen şarj olur ve yola tekrar maksimum menzil ile devam eder [99].
- Enerji tüketim oranı tüm araçlar için sabit ve eşittir, bu da tüketimin mesafe eşdeğeri olarak ölçülmesini sağlar.
- Tüm araçlar aynı batarya kapasitesine veya eşdeğer sürüş mesafesine sahiptir.
- Şarj istasyonlarının kapasiteleri sınırsızdır.

Yukarıda belirtilen kabullerin sonucu olarak model kapsamında kullanılan menzil uzunluğunun 250-300 km civarında alındığı görülmüştür [100] [101]. Ayrıca yapılan literatür araştırmasında araç bataryalarının gerek ömür gerekse şarj edilme hızları açısından %20 - %80 seviyeleri arasında olması tavsiye edilmektedir [102] [103]. Bunun dışında bataryalara genellikle 8 – 10 yıllık ömür garantisi verilmekte olup, 8. yılında bataryaların kapasitesinin ancak %70 kapasite ile kullanabilmektedir. Bu yüzden 2023 yılı için menzil uzunluğu 250 km olarak alınmıştır.

Elektrikli araç menzilinin gelecek 20 yıl içerisinde 1.000 km'ye [104], [105] ve DC şarj kapasitesinin de 400 kWh'ın [105], [106] üzerine çıkacağı, bunun sonucu olarak, fosil yakıtlı araçların mevcut durumda akaryakıt istasyonlarında harcadıkları süreler zarfında EA bataryalarının şarj olabileceği öngörülmektedir. Buna göre, bataryanın ömrü ve verimli şarj olma aralığının değişmeyeceği kabulü ile Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporunda da verildiği üzere EA ortalama menzili 2030 yılı için 440 km ve sonraki projeksiyon yılları için ise 500 km olarak seçilmiştir.

Literatürde yapılan varsayımların aksine, bir güzergahta mevcutta birden fazla yol var ise tüm yollar dikkate alınır. Yine benzer şekilde literatürde yapılan varsayımın aksine, O'dan D'ye giden yol ile D'den O'ya giden yol aynı değildir, dolayısıyla gidiş ve dönüş yönlerinde enerji tüketimi sabit değildir. Ayrıca istasyonlar ağ üzerinde linklerde ya da düğümlerde yer alabilir.

Tüm bu farklı varsayımlar, problemin literatürde dikkate alındığından daha gerçekçi şekilde ele alınmasından kaynaklanmaktadır. Önerilen algoritmanın sözde kodu Şekil 3.24'te verilmiştir.

```
Parametreler:
T: Kalkış ve varış bölgeleri kümesi
Q: Kalkış ve varış bölgeleri arasındaki alternatif yollar kümesi
N: Yollara ait kalkış ve varış linkleri kümesi
Link uzunluğu
R: Araç menzili
S: Mevcut istasyonlar kümesi, I (yeni açılacak istasyonlar kümesi) =∅
Algoritma:
for t=1 to T {
    for q=1 to Q {
        for n=1 to N {
            toplam_uzunluk= toplam_uzunluk+ link uzunluğu
            if (toplam_uzunluk)>R
                Sn: n linkine yeni tesis aç
                I=I U { Sn }
                S =SUI (Mevcut istasyonlar listesini güncelle)
                Toplam_uzunluk=0
            Else if (Toplam_uzunluk<R) ve Sn =1
                Toplam_uzunluk=0
        }
    Toplam_uzunluk=0
    }
Toplam_uzunluk=0
}
S ve I kümelerini raporla
```

Şekil 3.24 Önerilen Algoritmanın Sözde Kodu

Şekil 3.24'te görüldüğü üzere, algoritma ağ üzerindeki tüm başlangıç ve varış noktaları arasındaki güzergahları tek tek ele almaktadır. Bir güzergaha başlarken araç şarjı tamamen dolu olduğu için menzili de maksimum değerdedir. Güzergaha ait ilk link geçildiğinde aracın şarjı ilk linkin uzunluğu ile eşdeğer olarak azalır. Araç ancak menzilinin yetebildiği linkleri tamamlayabilir. Menzil bittiği linkte bir şarj istasyonu kurulması gereklidir. Algoritma bu

noktada şarj istasyonu açar ve araç bu istasyonda tamamen şarj olur ve yola tekrar maksimum menzil ile devam eder. Bu süreç, ağdaki tüm başlangıç ve varış noktaları arasındaki güzergahların linkleri değerlendirilene kadar devam eder. Buna ilaveten, algoritma halihazırda var olan şarj istasyonlarını ve konumlarını da dikkate alır. Araç, gidecek menzili olsa dahi, eğer hedefine erişemeyecek mesafede bulunuyorsa, mevcut bir şarj istasyonuna ulaştığında bu istasyonda şarjını, hedefe erişecek şekilde tamamlayacaktır. Bir link birden fazla O-D tarafından kapsanıyor olabilir. Bu nedenle, herhangi bir O-D güzergahı için o link üzerinde şarj istasyonu kurulması gerekli değilken, aynı linki kullanan başka bir O-D güzergahı için o link üzerinde şarj istasyonu kurulabilir. Bu nedenle, Şekil 3.24'de verilen algoritma diğer güzergahlar sebebiyle açılan şarj istasyonlarını mevcut istasyonlar kümesi (S) içerisine atarak algoritmayı tekrar çalıştırır. Bu durum fazladan şarj istasyonu açılmasına sebebiyet verebilir. Ancak başlangıç ve varış noktaları arasındaki hacmin tamamının kapsanması isteniyorsa algoritmanın çalışma prensibi de yukarıda anlatıldığı şekilde olmalıdır.

3.3.2.1 Duyarlılık Analizi

Bölüm 3.3.2'de anlatıldığı üzere önerilen algoritmada tek parametre araç menzilidir. Bu nedenle küçük boyutlu örnek bir veri seti üzerinde araç menzilinin değişimin algoritmanın performansına olan etkisi incelenmiştir. Söz konusu veri seti, çalışmada kullanılan UUAP ulaşım modelinde PTV VISUM yazılımının "Sub Network Generator" modülü ile oluşturulmuş, az sayıda O-D Çifti Rota verisidir. Veri seti üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde beklendiği üzere menzilin azalması daha fazla şarj istasyonunun kurulmasına, menzilin artması ise daha az sayıda şarj istasyonunun kurulmasına sebep olur (Tablo 3.7). Ancak algoritmanın davranış şeklinin gözlemlenmesi gereken diğer bir durum algoritmanın işlemeye hangi güzergahtan başladığı ile ilişkilidir. Bu nedenle, algoritmanın başlangıç noktasının performansına olan etkisini gözlemleyebilmek için 7 farklı varyant geliştirilmiştir. A, B, C, D, E, F, G varyantları ile elde edilen istasyon sayıları Tablo 3.7'de verilmektedir.

Tablo 3.7 Varyantlara Göre Elde Edilen İstasyon Sayıları

Menzil	A	B	C	D	E	F	G	Min	Max
20	175	196	175	179	174	184	176	174	196
40	98	132	127	122	110	116	110	98	132
50	91	120	104	102	101	95	91	91	120
60	90	99	84	84	78	76	88	76	99
80	63	104	73	73	64	65	70	63	104
100	49	87	62	62	57	51	59	49	87
200	17	51	27	29	25	28	31	17	51
Min	17	51	27	29	25	28	31		
Max	175	196	175	179	174	184	176		

Varyantlar güzergahların uzunluk ve akış hacmi açısından farklı şekillerde sıralanmasıyla elde edilmiştir. Her bir varyant için güzergahlar sıralanarak alternatif işlemler gerçekleştirilmiştir. A varyantında, güzergahlar uzunluklarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak yer seçim algoritması çalıştırılmıştır. B varyantında ise A varyantının tersi bir işlem uygulanarak uzunluklar küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve algoritma bu şekilde çalıştırılmıştır.

C varyantında, öncelikle güzergahların hacim değerlerine göre büyükten küçüğe sıralama yapılmış, sonrasında ise güzergah uzunluk değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak algoritma çalıştırılmıştır.

D varyantında, öncelikle güzergahların hacim değerlerine göre büyükten küçüğe sıralama yapılmış, sonrasında ise güzergah uzunluk değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak algoritma çalıştırılmıştır.

E varyantında, öncelikle güzergahların hacim değerlerine göre küçükten büyüğe sıralama yapılmış, sonrasında ise güzergah uzunluk değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak algoritma çalıştırılmıştır.

F varyantında, öncelikle güzergahların hacim değerlerine göre küçükten büyüğe sıralama yapılmış, sonrasında ise güzergah uzunluk değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak algoritma çalıştırılmıştır.

G varyantında ise güzergahların hacim değerleri ve güzergah uzunluk değerlerine göre rastgele sıralama yapılarak algoritma çalıştırılmıştır.

A= Güzergahın Uzundan → Kısaya Sıralanması,

B= Güzergahın Kısadan → Uzuna Sıralanması,

C= Hacmin En Büyük Akıştan → En Küçük Akışa **ve** Güzergahın Uzundan → Kısaya Sıralanması,

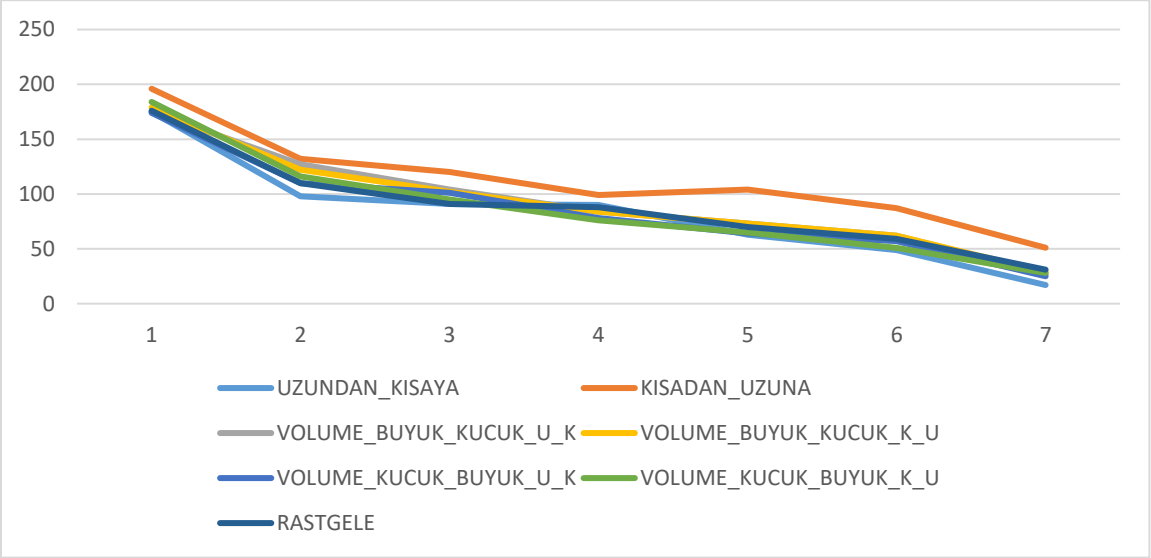
D= Hacmin En Büyük Akıştan → En Küçük Akışa **ve** Güzergahın Kısadan → Uzuna Sıralanması,

E= Hacmin En Küçük Akıştan → En Büyük Akışa **ve** Güzergahın Uzundan → Kısaya Sıralanması,

F= Hacmin En Küçük Akıştan → En Büyük Akışa **ve** Güzergahın Kısadan → Uzuna Sıralanması,

G= Rastgele Sıralama

Rastgele sıralamada 10 farklı çalıştırma sonucu elde edilen değerlerin ortalaması G sütununda verilmiştir. Algoritmanın farklı varyantları için performans karşılaştırması Tablo 3.7'deki değerlere ait grafik Şekil 3.25'te verilmektedir.



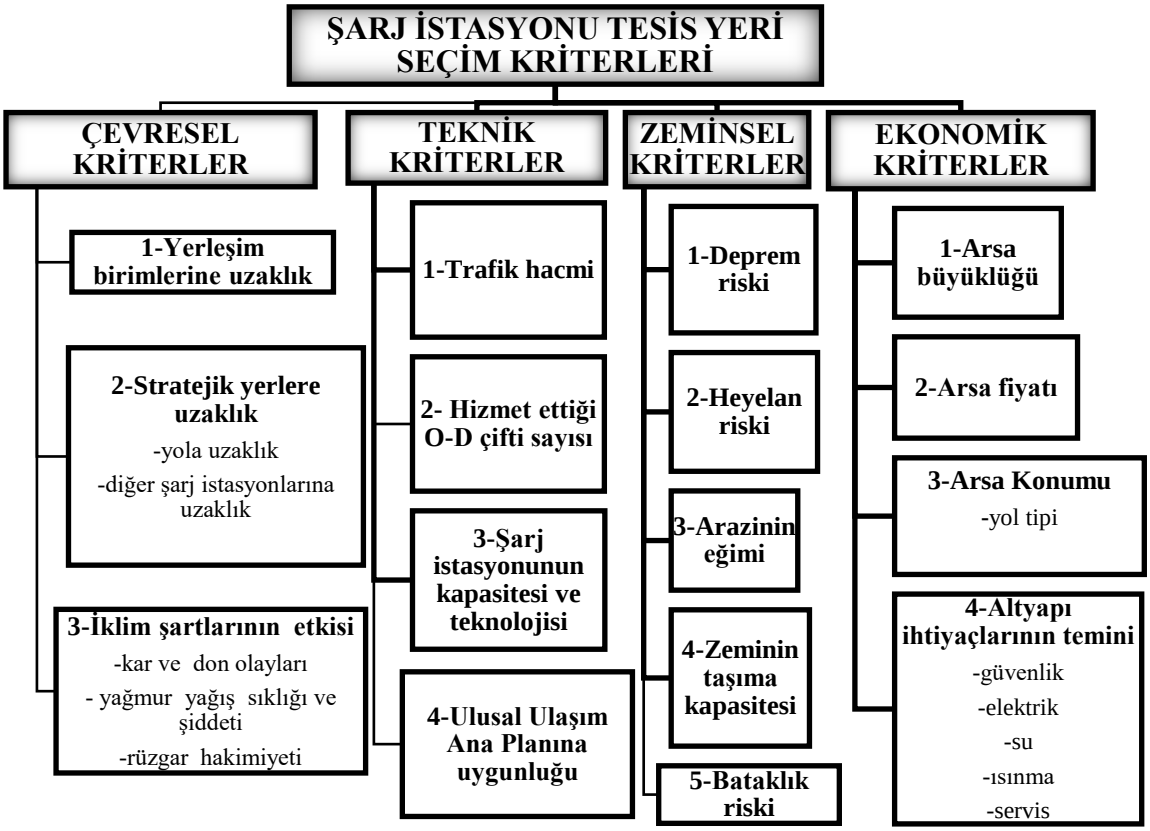
Şekil 3.25 Algoritmanın Farklı Varyantları İçin Performans Karşılaştırması

Grafik, yukarıda sıralanan 7 farklı varyantın 20, 40, 50, 60, 80, 100 ve 200 km. araç menzilleri ile çalıştırılması sonucu elde edilen şarj istasyonu sayısını göstermektedir. Beklendiği üzere menzil arttıkça açılması gereken istasyon sayısı tüm varyantlarda azalmaktadır. Ancak varyantların arasından en az sayıda istasyon açarak tüm ağ üzerindeki toplam akışı kapsamayı garanti eden varyant A varyantıdır. Yani yol ağındaki tüm güzergahların mesafe açısından en

uzundan başlayarak en kısaya doğru sıralanarak algoritmanın işlendiği versiyonudur. Bu nedenle gerçek boyutlu mevcut yol ağının çözülmesinde A varyantı kullanılacaktır.

3.3.2.2 Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterleri karar verme yöntemleri, birden fazla alternatifin çok sayıda kriter altında değerlendirilmesi ve en iyi alternatif ya da alternatiflerin seçilmesi ihtiyacında kullanılan bir yöntemdir. AHP, VİKOR, ELECTREE, TOPSIS gibi çok kriterleri karar verme yöntemlerine ilaveten özellikle yer seçimi problemlerinde sıklıkla kullanılan, objektif ve subjektif faktörleri birlikte değerlendirme imkanı sunan Brown-Gibson ve Melez Yöntemler de bulunmaktadır. Ancak, problemin çözümünde sadece çok kriterli karar verme yöntemleri kullanarak, şarj istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi ve tüm ağdaki akış hacmini kapsayacak şekilde yeterli sayıda istasyonun uygun yerlere konumlandırılması mümkün değildir. Bu nedenle, Bölüm 3.3.2'de verilen ve menzili dikkate alarak tüm güzergahların en az sayıda tesis ile kapsanmasını sağlayan algoritma kullanılmalıdır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, ancak alternatif tesis konumları arasında tercih yapma gerekliliği ortaya çıkarsa kullanılabilir. Burada çalışan mantık, uzmanlar tarafından kriterlerin birbirilerine göre önem derecelerini saptamak, daha sonrasında ise her bir kriter bazında şarj istasyonlarını değerlendirmek ve sonuç olarak alternatifler arasından en yüksek ağırlık derecesine sahip olan alternatifi seçmektir. Şarj istasyonlarının konumları Şekil 3.26'da verilen kriterler bazında değerlendirilebilir. Kriterler Çevresel, teknik, zeminsel ve ekonomik olmak üzere dört ana başlık altında toplanmıştır. Bu kriterler daha sonra alt kriterlere ayrılmaktadır.

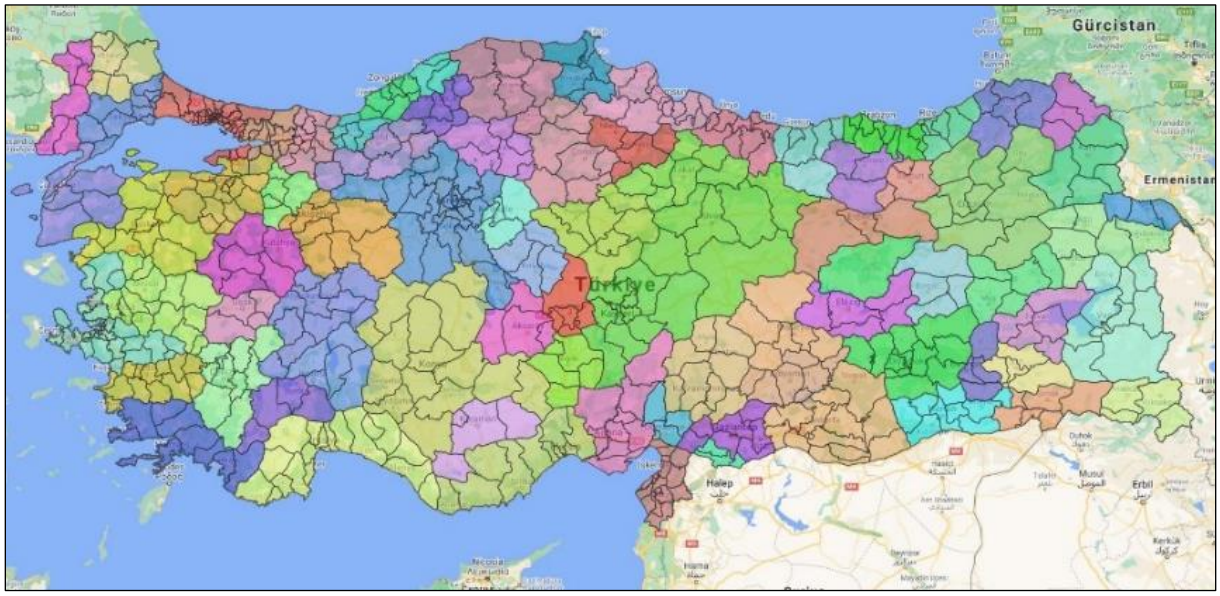


Şekil 3.26 Şarj İstasyonu Tesis Yeri Seçim Kriterleri [107]

3.3.2.3 Çözüm Metodolojisinin UUAP Veri Setinde Uygulanması ve Yer Seçiminin Yapılması

Çalışmada, projenin önceki aşamalarında belirtildiği üzere UUAP projesinde kullanılan ulaşım planlama modelinden faydalanılmıştır. Söz konusu model 2023, 2029, 2035 ve 2053 projeksiyon yılları için ulaşım ağı envanteri, sosyo-ekonomik veriler ve yolculuk talebi verileri gibi bir dizi değişkenler kullanarak gelecekte oluşacak yolculukları tahmin edebilmekte ve yolculuk talebi bazlı analizlerin gerçekleştirilmesini sağlayabilmektedir.

UUAP ulaşım modeli 642 iç Trafik Analiz Bölgesi (TAB) ve 65 dış TAB olmak üzere toplamda 707 TAB'dan oluşmaktadır. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu yer seçimi modeli için 642 adet iç TAB kullanılmıştır. Söz konusu 642 adet iç TAB Şekil 3.27'de gösterilmiştir.



Şekil 3.27 UUAP İç TAB Yapısı

EAŞİ yer seçim modelinde yine UUAP modeli ulaşım ağı mevcut durum ve hedef yıl projeksiyonları için kullanılmıştır. UUAP ulaşım ağına ait özet bilgi Tablo 3.8'de verilmiştir. Ayrıca, EAŞİ yer seçimi için mevcut şarj istasyonları ile gelecekte şarj istasyonu olarak seçilmesi muhtemel otoyol üzeri dinlenme tesisleri, akaryakıt istasyonları gibi tesisler üzerinde bulundukları linke ait başlangıç ya da son noktası olacak şekilde linkler parçalara ayrılmıştır. EAŞİ olması muhtemel tesislerin konumlarına göre düzenlenen ulaşım ağı üzerinde yer seçim modelinin hassasiyetini arttırmaya yönelik olarak 20 km üzerindeki linkler parçalanarak ulaşım ağında en uzun link parçası 20 km olacak şekilde düzenlenmiştir. Buna bağlı olarak, ulaşım ağında bulunan düğüm noktası sayısı da değişmiştir. Söz konusu bu EAŞİ yer seçimi modeli için gerçekleştirilen bu düzenlemeler sonrasında ulaşım ağına ait özet bilgiler Tablo 3.8'e eklenmiştir.

Tablo 3.8 UUAP Modeli Ulaşım Ağı Bilgileri

	Mevcut Model	**EAŞİ Model**
En Uzun Link Uzunluğu (km)	79.079	19.996
En Kısa Link Uzunluğu (m)	0,1	0,1
Ortalama Link Uzunluğu (km)	1.346	1.113
Link Sayısı	69.573	84.096
Düğüm Noktası Sayısı	47.537	59.984

EAŞİ yer seçim modeli çalışmaları kapsamında;

- İç TAB'ların toplulaştırılması (TAB sayısının 164'e indirilmesi),

- EAŞİ/TAB yapısı (164 x 164 O-D çifti) ve ulaşım ağı üzerinden oluşturulan O-D çiftleri arası yolculuk güzergahları esas alınarak EAŞİ konumlarının belirlenmesi için;
    - Alternatif EAŞİ konumları; dinlenme tesisleri, mevcut EAŞİ konumlarının bulunduğu linkler veri tabanında ilgili alana "1" yazılmak suretiyle önceliklendirilerek tüm ulaşım ağında yer alan linkler muhtemel EAŞİ konumları olarak değerlendirilmiştir. Buna göre algoritma ilgili alanda "1" değeri bulunan noktaları önceliklendirerek bu noktada istasyon oluşturmaktadır.
    - Yolculuk güzergahlarının tespiti aşamasında O-D çiftleri arası UUAP çalışmasında kullanılan, link uzunluğu, seyahat süresi, yakıt tüketimi ve otoyol ücretlerinden oluşan genelleştirilmiş maliyet denklemi kullanılmıştır.
    - Seyahat süresinin belirlenmesinde Link- Kapasite Fonksiyonu yani linkler üzerinde oluşan trafik hacimleri kullanılmıştır.
    - Bu aşamada, EA menzil bilgisi, yol türünün (Otoyol, devlet yolu, vb.) ve link üzerinde bulunan tesis tipi (dinlenme tesisi, EAŞİ bulunması ve akaryakıt istasyonu) bilgisinin yanı sıra yer seçiminde dolaylı olarak link uzunluğu, seyahat süresi, otoyol ücreti ve trafik hacmi değerleri seçim kriterleri de kullanılmıştır.
- EAŞİ/TAB yapısı esas alınarak EAŞİ konumlarının belirlenmesinden sonra, UUAP modelindeki iç TAB yapısına göre 642 x 642 O-D çifti için; belirlenen EAŞİ konumlarının doğrulamaları yapılmıştır.
- EAŞİ yer seçimi ve doğrulamasının yapılmasından sonra seçimi yapılan her bir şarj istasyonu için 642 x 642 O-D çifti yolculuk güzergahları ile yolculuk amaçları esas alınarak soket sayıları tespit edilmiştir.

Yukarıda verilen modelleme aşamaları UUAP hedef yıllar olan 2023, 2029, 2035 ve 2053 yılları için yol ağının gelişmesinden dolayı, her bir hedef yıl için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Her bir hedef yıl için hazırlanan algoritmaların çalıştırıldığı bilgisayar konfigürasyonu Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9 Bilgisayar Konfigürasyonu

Bileşenler	Özellikleri
İşlemci (CPU)	Intel(R) CPU E5-2678 v3 @ 2.50 GHz (48CPUs), ~2.5 GHz
Ekran Kartı (GPU)	Radeon RX Vega GPU Approx. Total Memory 40827 Mb Display Memory (VRAM) 8119 Mb
Bellek (RAM)	65536 MB

Tablo 3.9'da verilen özelliklere sahip bilgisayarda çalıştırılan algoritmaların çalışma süreleri ise Tablo 3.10'da verilmiştir. Tablo 3.10'dan da görüleceği üzere, her bir hedef yıl için algoritmaların çalıştırılma süresi yaklaşık 24 saat olmaktadır.

Tablo 3.10 Kullanılan Algoritmalar ve Çalışma Süreleri

Algoritma	Süresi
Yer Seçimi Algoritması	1:54:42
İstasyon Kullanım Algoritması	0:06:39
Kümülatif Toplam Algoritması	13:39:12
Soket Sayısı Algoritması	8:16:21
Toplam	23:56:54

EAŞİ ulaşım ağını oluşturan linkler üzerinde konumlandırılmaktadır. Yani, bir şarj istasyonu konumlandığı link üzerinde herhangi bir noktaya yerleştirilmesi mümkün olabilecektir. Bu aşamada proje kapsamında UUAP ulaşım ağı kullanılarak EAŞİ yer seçimleri üst ölçekten tespit edilmiş olup; ölçek büyüklüğünden dolayı Zeminsel, Çevresel ve Ekonomik kriterler, mikro ölçekte EAŞİ yer seçimi modellerinde dikkate alınabilir. Mikro ölçekte yer seçimi aşamasında dikkate alınması gerekli bu kriterler Şekil 3.26'da verilmiştir.

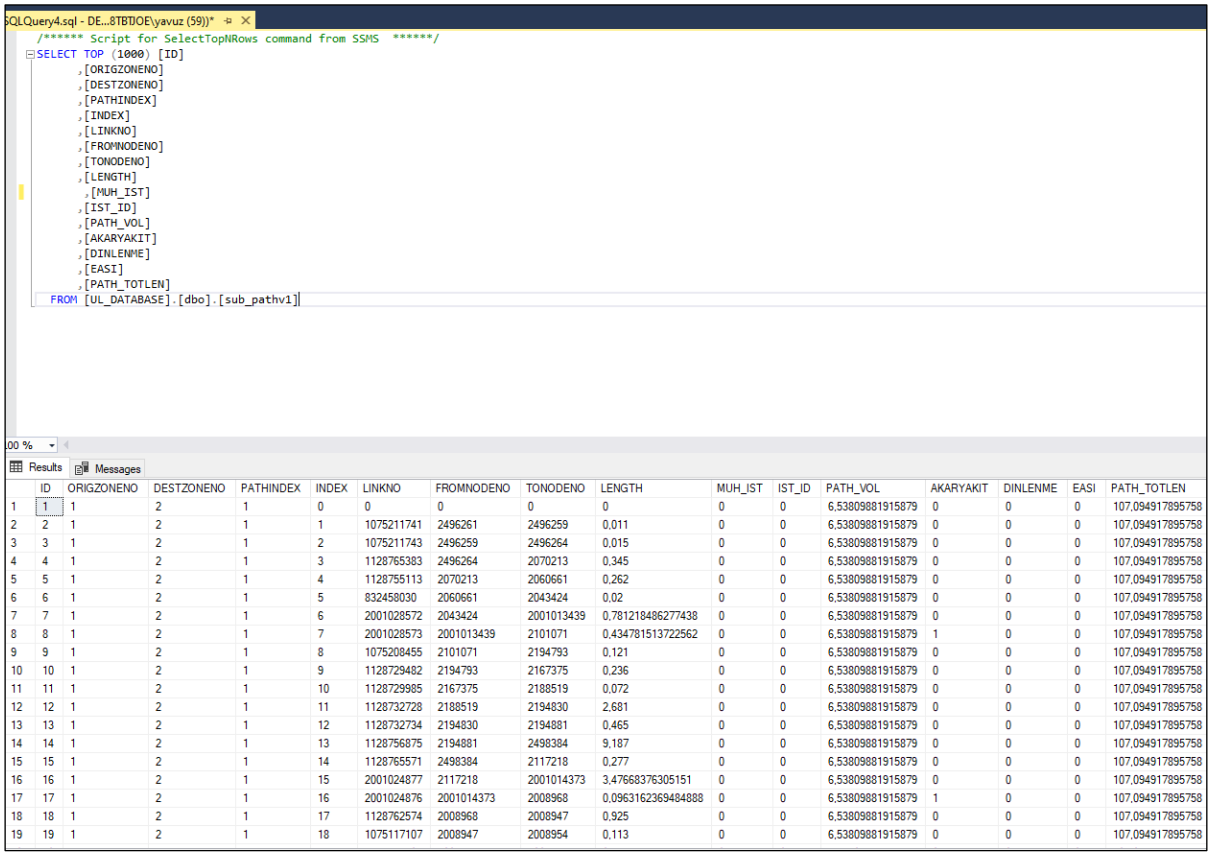
Ulaşım ağına ilişkin düzenlemeler tamamlandıktan sonra UUAP modelindeki mevcut durum ve hedef yıllar için tahmin edilen yolculuk matrisleri nihai yol ağına atanarak her bir O-D çifti için kullanılan rotalar elde edilmiştir. UUAP modelinde yolculuk ataması yapılırken, yol ağı genelleştirilmiş maliyet değeri dikkate alınarak rota seçimi yapılmaktadır. Buradan hareketle, UUAP modelinde 642 adet Trafik Analiz Bölgesi (TAB) bulunduğu dikkate alındığında, toplam 642 x 642 = 412.164 adet O-D çiftine ilişkin rota (PrT_Paths) oluşmaktadır. Şekil 3.28'de rotalara ait link ve düğüm noktası ilişkileri verilmiştir. Bu tablodaki her bir satır ilgili rotaya ait bir linke ilişkin detay bilgiyi içermektedir. Bu kapsamda linklere ait link numarası, linkin başladığı ve bittiği düğüm noktası numaraları, rota içerisindeki sırası gibi bilgiler bulunmaktadır. Bu bilgiler toplam 252 milyon satırdan oluşmakta olup, Bölüm 3.3.2'de verilen yer seçimine ilişkin algoritma bu bilgilerden oluşan veri tabanı üzerinde uygulanmıştır.

☑ Only active links Format: Suitable for databases (with header)

Number: 252,007,675	OrigZoneNo	DestZoneNo	PathIndex	Index	LinkNo	FromNodeNo	ToNodeNo	Link\Length	PrTPath\ Vol(AP)	Link\From Node\	Link\From Node\	Link\From Node\EASI	PrTPath\ Length
1	1	2	1	0					6.538				107.095
2	1	2	1	1	1075211741	2496261	2496259	0.011	6.538	0	0	0	107.095
3	1	2	1	2	1075211743	2496259	2496264	0.015	6.538	0	0	0	107.095
4	1	2	1	3	1128765383	2496264	2070213	0.345	6.538	0	0	0	107.095
5	1	2	1	4	1128755113	2070213	2060661	0.262	6.538	0	0	0	107.095
6	1	2	1	5	832458030	2060661	2043424	0.020	6.538	0	0	0	107.095
7	1	2	1	6	2001028572	2043424	2001013439	0.781	6.538	0	0	0	107.095
8	1	2	1	7	2001028573	2001013439	2101071	0.435	6.538	1	0	0	107.095
9	1	2	1	8	1075208455	2101071	2194793	0.121	6.538	0	0	0	107.095
10	1	2	1	9	1128729482	2194793	2167375	0.236	6.538	0	0	0	107.095
11	1	2	1	10	1128729985	2167375	2188519	0.072	6.538	0	0	0	107.095
12	1	2	1	11	1128732728	2188519	2194830	2.681	6.538	0	0	0	107.095
13	1	2	1	12	1128732734	2194830	2194881	0.465	6.538	0	0	0	107.095
14	1	2	1	13	1128756875	2194881	2498384	9.187	6.538	0	0	0	107.095
15	1	2	1	14	1128765571	2498384	2117218	0.277	6.538	0	0	0	107.095
16	1	2	1	15	2001024877	2117218	2001014373	3.477	6.538	0	0	0	107.095
17	1	2	1	16	2001024876	2001014373	2008968	0.096	6.538	1	0	0	107.095
18	1	2	1	17	1128762574	2008968	2008947	0.925	6.538	0	0	0	107.095
19	1	2	1	18	1075117107	2008947	2008954	0.113	6.538	0	0	0	107.095
20	1	2	1	19	1128714309	2008954	2008936	0.281	6.538	0	0	0	107.095
21	1	2	1	20	1128755538	2008936	2234179	0.052	6.538	0	0	0	107.095
22	1	2	1	21	923313954	2234179	2008945	0.402	6.538	0	0	0	107.095
23	1	2	1	22	1128753874	2008945	2350867	5.913	6.538	0	0	0	107.095
24	1	2	1	23	1128750639	2350867	2350853	1.697	6.538	0	0	0	107.095
25	1	2	1	24	1128752486	2350853	2365020	1.741	6.538	0	0	0	107.095
26	1	2	1	25	1074871132	2365020	2257894	0.055	6.538	0	0	0	107.095
27	1	2	1	26	1128749091	2257894	2336363	0.200	6.538	0	0	0	107.095
28	1	2	1	27	1128749093	2336363	2336355	0.134	6.538	0	0	0	107.095
29	1	2	1	28	1128728975	2336355	2162293	0.109	6.538	0	0	0	107.095
30	1	2	1	29	1128759524	2162293	2390531	1.413	6.538	0	0	0	107.095
31	1	2	1	30	1128754910	2390531	2394006	0.480	6.538	0	0	0	107.095
32	1	2	1	31	1128759523	2394006	2063743	0.904	6.538	0	0	0	107.095
33	1	2	1	32	1128759838	2063743	2173318	0.398	6.538	0	0	0	107.095
34	1	2	1	33	1128730006	2173318	2173314	0.045	6.538	0	0	0	107.095

Şekil 3.28 PTV VISUM UUAP Ulaşım Modeli O-D Çifti Rotaları

Şekil 3.28'de verilen O-D Çifti Rota verisi, her bir O-D çiftinin sahip olduğu farklı rotalar, bu rotalara ait uzunluklar ve trafik hacimleri hazırlanan algoritmaya girdi olacak şekilde UUAP modelinden veri tabanına aktarılmıştır. Söz konusu veri tabanına ait görsel Şekil 3.29'da verilmiştir.



```
SQLQuery4.sql - DE...8TBTJOE\yavuz (59))*
/****** Script for SelectTopNRows command from SSMS  ******/
SELECT TOP (1000) [ID]
      ,[ORIGZONENO]
      ,[DESTZONENO]
      ,[PATHINDEX]
      ,[INDEX]
      ,[LINKNO]
      ,[FROMNODENO]
      ,[TONODENO]
      ,[LENGTH]
      ,[MUH_IST]
      ,[IST_ID]
      ,[PATH_VOL]
      ,[AKARYAKIT]
      ,[DINLENME]
      ,[EASI]
      ,[PATH_TOTLEN]
  FROM [UL_DATABASE].[dbo].[sub_pathv1]
```

Results | Messages

	ID	ORIGZONENO	DESTZONENO	PATHINDEX	INDEX	LINKNO	FROMNODENO	TONODENO	LENGTH	MUH_IST	IST_ID	PATH_VOL	AKARYAKIT	DINLENME	EASI	PATH_TOTLEN
1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
2	2	1	2	1	1	1075211741	2496261	2496259	0,011	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
3	3	1	2	1	2	1075211743	2496259	2496264	0,015	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
4	4	1	2	1	3	1128765383	2496264	2070213	0,345	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
5	5	1	2	1	4	1128755113	2070213	2060661	0,262	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
6	6	1	2	1	5	832458030	2060661	2043424	0,02	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
7	7	1	2	1	6	2001028572	2043424	2001013439	0,781218486277438	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
8	8	1	2	1	7	2001028573	2001013439	2101071	0,434781513722562	0	0	6,53809881915879	1	0	0	107,094917895758
9	9	1	2	1	8	1075208455	2101071	2194793	0,121	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
10	10	1	2	1	9	1128729482	2194793	2167375	0,236	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
11	11	1	2	1	10	1128729985	2167375	2188519	0,072	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
12	12	1	2	1	11	1128732728	2188519	2194830	2,681	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
13	13	1	2	1	12	1128732734	2194830	2194881	0,465	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
14	14	1	2	1	13	1128756875	2194881	2498384	9,187	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
15	15	1	2	1	14	1128765571	2498384	2117218	0,277	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
16	16	1	2	1	15	2001024877	2117218	2001014373	3,47668376305151	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
17	17	1	2	1	16	2001024876	2001014373	2008968	0,0963162369484888	0	0	6,53809881915879	1	0	0	107,094917895758
18	18	1	2	1	17	1128762574	2008968	2008947	0,925	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758
19	19	1	2	1	18	1075117107	2008947	2008954	0,113	0	0	6,53809881915879	0	0	0	107,094917895758

Şekil 3.29 MSSQL O-D Çifti Rotaları Veri Tabanı

Şekil 3.29'da verilen veri tabanına ait alanlara ilişkin açıklamalar Tablo 3.11'de verilmiştir. Buna göre toplam 16 adet alan bulunmaktadır. Veri tabanının toplam boyutu ise 23.162.500 MB'tır. Veri oldukça büyük olduğu için UUAP modelinde çalışmak mümkün olmamaktadır. Bu yüzden MSSQL veri tabanı kullanılarak Elektrikli Araç Şarj İstasyonu yer seçim algoritması uygulanmıştır.

Tablo 3.11 Veri Tabanında Yer Alan Alanlar ve Açıklamaları

ALAN ADI	AÇIKLAMA
ID	Sıra Numarası
ORIGZONENO	Yolculuğun başlangıç TAB numarası
DESTZONENO	Yolculuğun bitiş TAB numarası
PATHINDEX	Rota indeks numarası
INDEX	Linklerin rota içerisindeki indeks numarası
LINKNO	Link numarası
FROMNODENO	Linkin başlangıç düğüm noktası numarası
TONODENO	Linkin bitiş düğüm noktası numarası
LENGTH	Link uzunluğu (km)
MUH_IST	Linkte istasyon bulunma durumu (var=1, yok=0)

ALAN ADI	AÇIKLAMA
IST_ID	Yer seçimi yapılan istasyon ID numarası
PATH_VOL	Rotaya ait trafik hacmi
AKARYAKIT	Linkte akaryakıt istasyonu bulunma durumu (var=1, yok=0)
DINLENME	Linkte dinlenme tesisi bulunma durumu (var=1, yok=0)
EASI	Linkte Elektrikli Araç Şarj İstasyonu bulunma durumu (var=1, yok=0)
PATH_TOTLEN	Rotaya ait toplam uzunluk (km)

Yukarıda verilen verilerden yararlanılarak oluşturulan Algoritmaya ait Python Yazılımı Kodu ise 259 satırdan oluşmakta olup, Şekil 3.30'da verilmiştir.

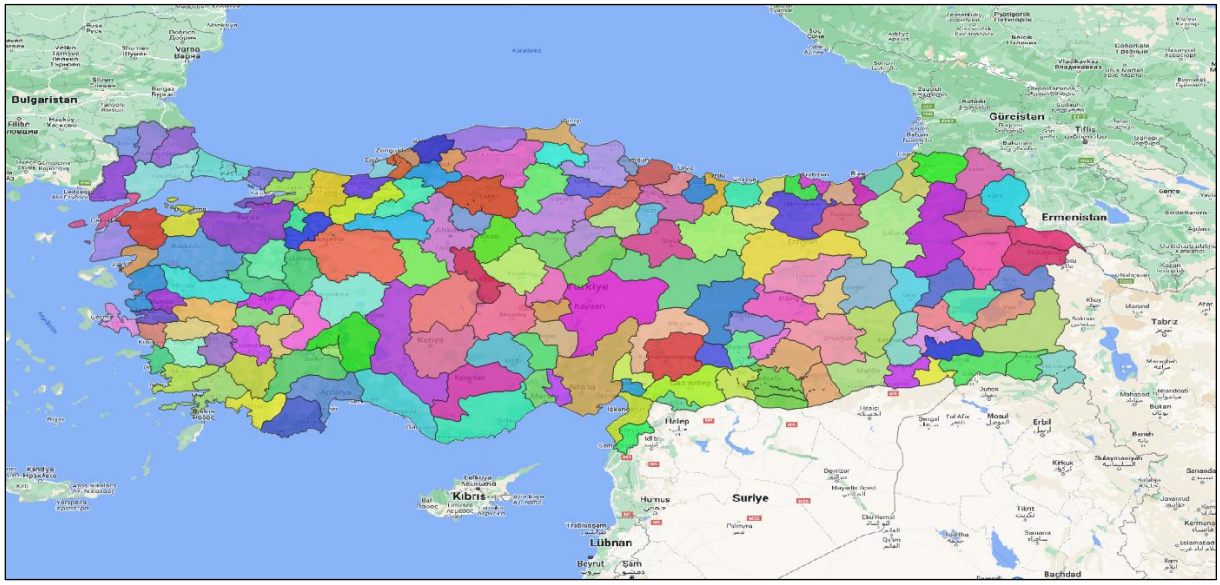
```
230
231             if IST_ID_DB > 0:
232                 lg=0
233                 for CHK_IST in M_IST_UPDATE:
234                     if CHK_IST[2] == IST_ID_DB:
235                         lg=1
236                         break
237                     else:
238                         lg=2
239                 if lg==2:
240                     M_IST_UPDATE.append((ID, LINK_NO, IST_ID_DB, FROMNODE, x + 1))
241
242             ISTASYON = 0
243             IST_ID_DB = 0
244
245     #
246         print("4: yazdırma öncesi süre:",datetime.now()," ", datetime.now() - stardate)
247         gh1=0
248         for sat1 in M_IST_UPDATE:
249             gh1 = gh1 + 1
250             if gh1 == 1:
```

Şekil 3.30 Algoritmaya Ait Yazılım Kodu (Python)

Şekil 3.30'da verilen Python Yazılımı Kodu 252 milyon satırdan oluşan veri tabanı üzerinde çalıştırıldığında, "Out of Memory Error" hatası ile karşılaşılmaktadır. Söz konusu hatanın sebebi 252 milyon satırdan oluşan verinin boyutundan kaynaklanmaktadır. Bu durum, büyük veri seti kullanarak, elektrikli araç şarj istasyonlarının yer seçim problemini çözmenin zor olduğunu ve eldeki donanım imkanları ile bu işlemleri gerçekleştirmenin mümkün olmadığını göstermektedir.

Söz konusu hatanın giderilmesi için kullanılan veri setinin büyüklüğünün azaltılması gerekmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmada UUAP projesinde hazırlanan 642 iç TAB'dan oluşan ulaşım modelinin TAB sayısı, algoritmayı sorunsuz bir şekilde çalıştırarak yer seçim

problemini çözebilecek duruma getirilmesi amacıyla azaltılmıştır. TAB sayısı azaltılırken yani her bir ile ait TAB'lar birleştirilirken, birleşim işlemi için coğrafi uygunluğa sahip olan komşu TAB'lar gruplanmıştır. TAB'ların coğrafi uygunluğuna bakılırken, birleştirilen TAB'larda komşuluk ilişkisi (fiziksel olarak birleştirilmeye uygunluk), merkez ilçe olması şartları aranmıştır. Gruplanan TAB'lardan merkez TAB seçiminde ise TAB'ların nüfus değerlerine ve modeldeki diğer TAB'lara olan maksimum mesafesine dikkat edilmiştir. TAB grubundaki en yüksek nüfusa sahip olan TAB, merkez TAB olarak seçilirken, nüfusları birbirine yakın olan TAB'lar arasındaki seçimde de diğer TAB'lara olan maksimum mesafeye dikkat edilerek, mesafesi en yüksek olan TAB seçilmiştir. Bu yöntemin amacı ise şu şekilde açıklanabilir; En uzak TAB seçildiğinde seçilmeyen diğer TAB'ı da kapsayacaktır. Böylece tamamlanan çalışmayla beraber TAB sayısı, algoritmanın yer seçimi problemini çözebilecek kadar azaltılmış ve 164 olarak güncellenmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 UUAP Güncellenmiş İç TAB Yapısı

TAB'lar güncellendikten sonra O-D Çifti Rotaları UUAP modelinde yukarıda belirlenen 164 TAB için düzenlenmiş ve veri tabanına aktarılmaya uygun hale getirilmiştir (Şekil 3.32).

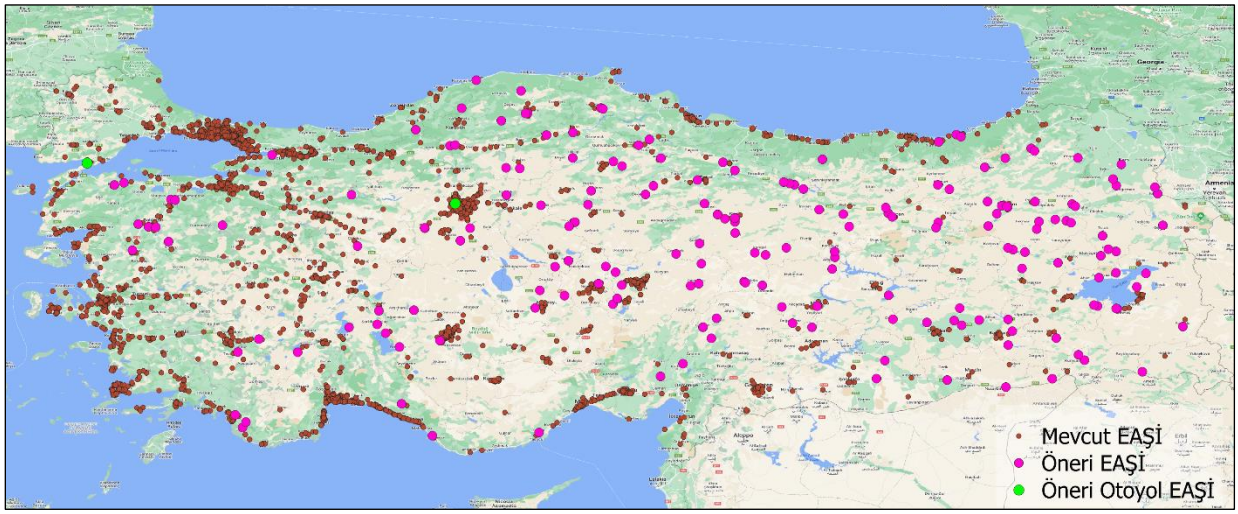
Number: 16,517,365	OrigZoneNo	DestZoneNo	PathIndex	Index	LinkNo	FromNodeNo	ToNodeNo	Link\Length	PrTPath\Vol(AP)	Link\From Node\AKARYAKIT	Link\From Node\DINLENME	Link\From Node\EASI	PrTPath\Length
1	2	11	1	0					0.627				239.572
2	2	11	1	1	832366537	2066868	2095217	0.027	0.627	0	0	0	239.572
3	2	11	1	2	2001025492	2095217	2001014349	1.993	0.627	0	0	0	239.572
4	2	11	1	3	2001025493	2001014349	2001006956	8.473	0.627	1	0	0	239.572
5	2	11	1	4	2001026288	2001006956	2001013846	0.847	0.627	0	0	0	239.572
6	2	11	1	5	2001029648	2001013846	2001014366	3.872	0.627	1	0	0	239.572
7	2	11	1	6	2001029649	2001014366	2001016190	0.079	0.627	1	0	0	239.572
8	2	11	1	7	2001028507	2001016190	2135898	5.741	0.627	1	0	0	239.572
9	2	11	1	8	2001025642	2135898	2001013437	0.105	0.627	0	0	0	239.572
10	2	11	1	9	2001025643	2001013437	2293851	0.811	0.627	1	0	0	239.572
11	2	11	1	10	1128743109	2293851	2059801	0.555	0.627	0	0	0	239.572
12	2	11	1	11	878384045	2059808	2348786	0.054	0.627	0	0	0	239.572
13	2	11	1	12	1128750518	2348786	2335859	0.051	0.627	0	0	0	239.572
14	2	11	1	13	878384040	2335859	2193035	0.116	0.627	0	0	0	239.572
15	2	11	1	14	1128749599	2193035	2019125	2.036	0.627	0	0	0	239.572
16	2	11	1	15	1128714016	2019125	2005880	0.189	0.627	0	0	0	239.572
17	2	11	1	16	765968480	2005880	2081419	0.118	0.627	0	0	0	239.572
18	2	11	1	17	765861806	2081416	2483440	0.040	0.627	0	0	0	239.572
19	2	11	1	18	826712529	2483440	2483451	0.031	0.627	0	0	0	239.572
20	2	11	1	19	826712530	2483451	2483482	0.293	0.627	0	0	0	239.572
21	2	11	1	20	765968515	2483482	2334612	0.358	0.627	0	0	0	239.572
22	2	11	1	21	1128748706	2334612	2334608	0.120	0.627	0	0	0	239.572
23	2	11	1	22	1128825223	2334608	2000001479	0.071	0.627	0	0	0	239.572
24	2	11	1	23	1128825224	2000001479	2423937	0.136	0.627	0	0	0	239.572
25	2	11	1	24	765856535	2423937	2336042	0.076	0.627	0	0	0	239.572
26	2	11	1	25	1128749014	2336042	2231408	0.795	0.627	0	0	0	239.572
27	2	11	1	26	1121687956	2231408	2231409	0.377	0.627	0	0	0	239.572
28	2	11	1	27	2001013730	2231409	2001006831	7.122	0.627	0	0	0	239.572
29	2	11	1	28	2001013731	2001006831	2054199	3.533	0.627	1	1	0	239.572
30	2	11	1	29	1128753246	2054199	2202544	0.450	0.627	0	0	0	239.572
31	2	11	1	30	1128754529	2202544	2450110	19.707	0.627	0	0	0	239.572
32	2	11	1	31	1128757010	2450110	2450113	0.348	0.627	0	0	0	239.572
33	2	11	1	32	1128763458	2450113	2187627	3.357	0.627	0	0	0	239.572
34	2	11	1	33	1128762889	2187627	2470763	0.602	0.627	0	0	0	239.572
35	2	11	1	34	2001013446	2470763	2001006884	3.644	0.627	0	0	0	239.572
36	2	11	1	35	2001013447	2001006884	2294961	1.653	0.627	0	1	0	239.572
37	2	11	1	36	1128743271	2294961	2294963	0.394	0.627	0	0	0	239.572
38	2	11	1	37	1128757201	2294963	2347998	9.162	0.627	0	0	0	239.572
39	2	11	1	38	1128762963	2347998	2400177	9.374	0.627	0	0	0	239.572
40	2	11	1	39	1128762919	2400177	2034894	5.790	0.627	0	0	0	239.572
41	2	11	1	40	1128746863	2034894	2460482	0.390	0.627	0	0	0	239.572
42	2	11	1	41	2001013686	2460482	2001006833	14.088	0.627	0	0	0	239.572
43	2	11	1	42	2001014612	2001006833	2001007409	11.252	0.627	1	1	0	239.572
44	2	11	1	43	2001014613	2001007409	2207714	10.975	0.627	0	0	0	239.572
45	2	11	1	44	1128733908	2207714	2249797	0.222	0.627	0	0	0	239.572

Şekil 3.32 2023 Yılı UUAP Modeli Güncellenmiş O-D Çifti Rotaları Tablosu

Şekil 3.32 incelendiğinde bir önceki aşamada 252 milyon satır olan veri setinin 16 milyon satıra düştüğü görülmektedir. Her ne kadar satır sayısında yüksek bir azalma olsa da güncel veri seti, literatürdeki veri setlerinden oldukça büyüktür. Literatür kapsamında incelenen çalışmaların büyük çoğunluğu varsayımsal (hypothetical) modeller üzerinde kurgulanmıştır. Gerçek veri üzerinde yapılan çalışmalar oldukça az, elenmiş veya eksiltilmiş yol ağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında Elektrikli Araç Şarj İstasyonu yer seçim probleminin böylesine büyük veri ile çözümlenebilmesi, hazırlanan algoritmanın başarısını ortaya koymaktadır.

Algoritma çalıştırıldıktan sonra oluşturulan 2023 yılı öneri elektrikli araç şarj istasyonları ve istasyonların bulundukları link numaraları Ek 1'de verilmiştir.

Ek 1'de verilen lokasyonlar Coğrafi Bilgi Sistemi programı ile görüntülenmiş ve öneri elektrikli araç şarj istasyonu konumları Şekil 3.33'te verilmiştir.

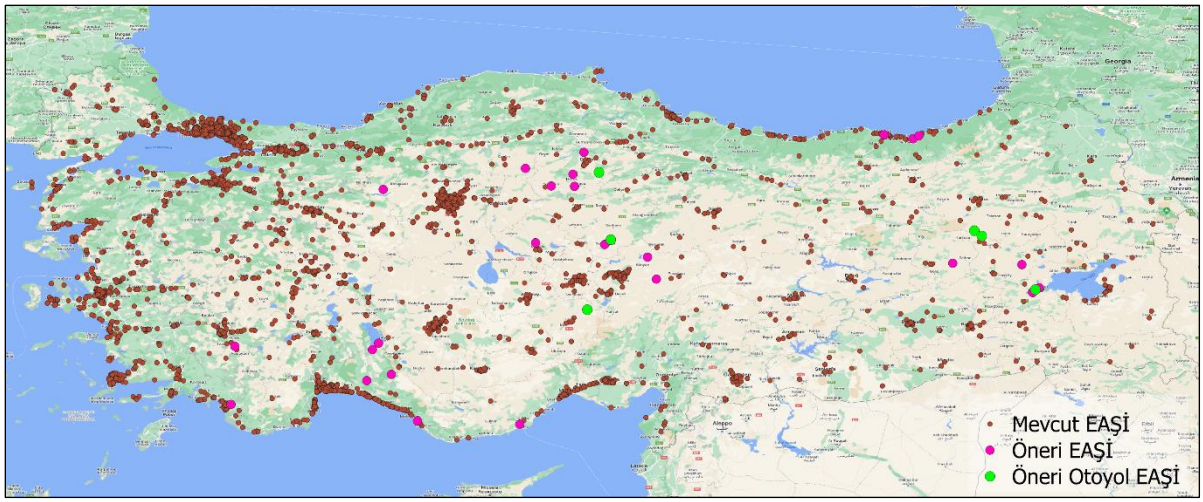


Şekil 3.33 2023 Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları

Şekil 3.33 incelendiğinde kahverengi renk ile gösterilen istasyonlar, mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarını ve dinlenme tesislerini; pembe istasyonlar ise algoritma çıktısı olarak elde edilen öneri elektrikli araç şarj istasyonlarını göstermektedir. Ayrıca şekil üzerindeki yeşil renk ile gösterilen istasyonlar otoyollar üzerindeki öneri EAŞİ'leri belirtmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere 250 km menzil baz alındığında, ülkemizin batı bölgelerindeki öneri istasyonların doğu bölgelerdeki istasyonlara göre nispeten az olması bu bölgedeki elektrikli araç şarj istasyonlarının lokasyon olarak yeterli olduğunu göstermektedir. Yani bu lokasyonlar 2023 yılı için batı bölgelerdeki O-D çifti rotalarını kapsamaktadır. Buna karşın ülkemizin doğu bölgelerine bakıldığında pembe noktaların daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, doğu bölgelerindeki O-D çifti rotalarını kapsayacak sayıda mevcut EAŞİ bulunmamasıdır. EPDK verileri dikkate alındığında mevcut şarj istasyonu sayısı 1969 adettir. EAŞİ yer seçim algoritması sonuçları incelendiğinde 2023 yılı için ilave 192 EAŞİ lokasyonu hesaplanmıştır. Buna göre 2023 yılı için EAŞİ lokasyonu olarak toplam 2161 adet şarj istasyonu lokasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır.

2029 yılı için 2023 yılında oluşturulan öneri istasyonlar, mevcut EAŞİ olarak kabul edilmiştir. Ortalama menzil değeri ise 440 km olarak alınmış ve hesaplarda %20 güvenlik payı ile yaklaşık 350 km olacağı tahmin edilerek algoritmada kullanılmıştır. Ek 1'de EAŞİ yer seçim algoritması çalıştırıldıktan sonra oluşturulan öneri elektrikli araç şarj istasyonları ve bulundukları link numaraları verilmiştir.

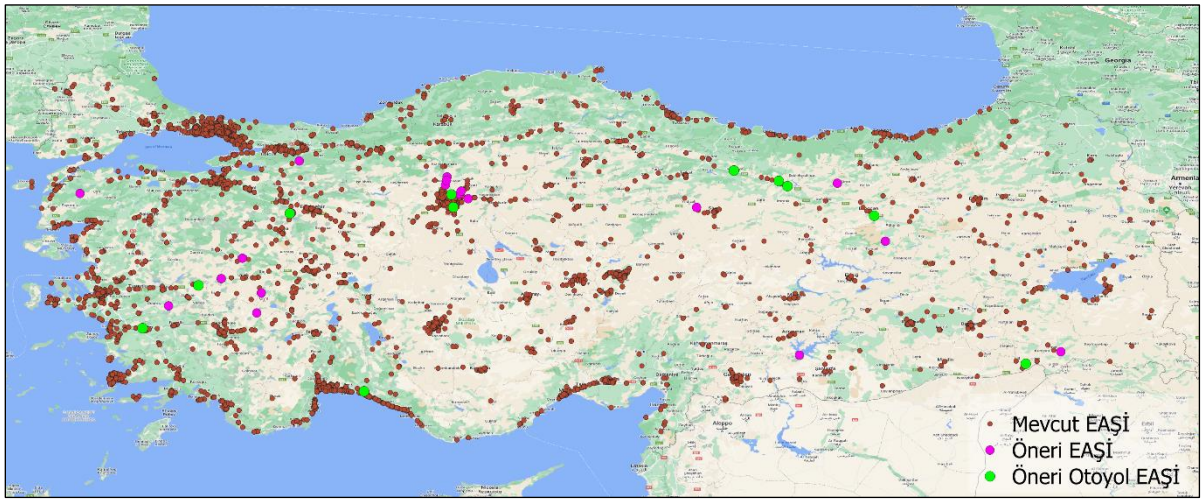
Ek 1'de verilen lokasyonlar Coğrafi Bilgi Sistemi programı ile görüntülenmiş ve öneri elektrikli araç şarj istasyonu konumları Şekil 3.34'te verilmiştir.



Şekil 3.34 2029 Yılı Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları

Şekil 3.34 incelendiğinde kahverengi renk ile gösterilen istasyonlar, mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarını ve dinlenme tesislerini; pembe istasyonlar ise algoritma çıktısı olarak elde edilen öneri elektrikli araç şarj istasyonlarını göstermektedir. Ayrıca şekil üzerindeki yeşil noktalar otoyollar üzerindeki öneri EAŞİ'leri belirtmektedir. Şekil 3.34'ten anlaşılacağı üzere 350 km menzil baz alındığında, ortalama menzil 2023 yılına göre artış gösterdiğinden, 2029 yılı için 32 adet ilave öneri EAŞİ lokasyonu tespit edilmiştir. Buna göre 2029 yılı için toplam 2193 adet EAŞİ lokasyonuna ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Söz konusu ilave lokasyonlar, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı kapsamında yatırım programına alınıp, 2029 yılı için hizmete girmesi hedeflenen Samsun – Mersin Otoyolu ve Trabzon – Habur Otoyolu üzerinde bulunmaktadır.

2035 yılı için 2023 ve 2029 yılında oluşturulan öneri istasyonlar, mevcut EAŞİ olarak kabul edilmiştir. Ortalama menzil değeri ise 500 km olarak alınmış ve hesaplarda %20 güvenlik payı ile yaklaşık 400 km olacağı tahmin edilerek algoritmada kullanılmıştır. Ek 1'de EAŞİ yer seçim algoritması çalıştırıldıktan sonra oluşturulan öneri elektrikli araç şarj istasyonları ve bulundukları link numaraları verilmiştir. Ek 1'de verilen lokasyonlar Coğrafi Bilgi Sistemi programı ile görüntülenmiş ve öneri elektrikli araç şarj istasyonu konumları Şekil 3.35'de verilmiştir.

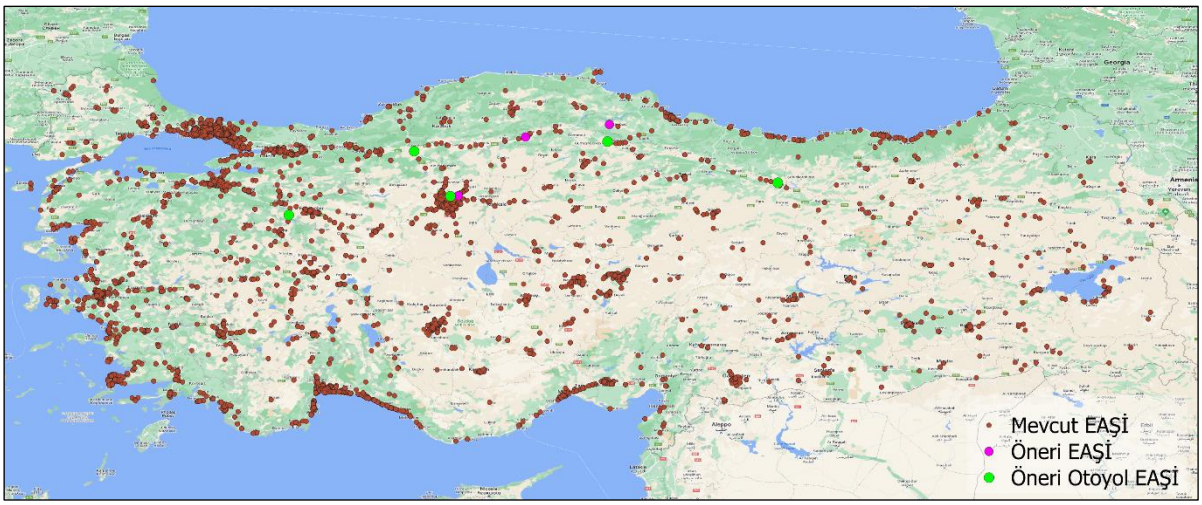


Şekil 3.35 2035 Yılı Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları

Şekil 3.35 incelendiğinde kahverengi renk ile gösterilen istasyonlar, mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarını ve dinlenme tesislerini; pembe istasyonlar ise algoritma çıktısı olarak elde edilen öneri elektrikli araç şarj istasyonlarını göstermektedir. Ayrıca şekil üzerindeki yeşil noktalar otoyollar üzerindeki öneri EAŞİ'leri belirtmektedir. 2035 yılı için elektrikli araç menzili 400 km olarak tahmin edilmiştir. Bu menzil değeri 2029 yılına göre artış göstermektedir. Araç menzil değeri arttığında ihtiyaç duyulan EAŞİ lokasyon sayısında azalma olması beklenmektedir. Ancak menzil artışı ile birlikte yolağı uzunluğunda da artış meydana geldiği için EAŞİ lokasyonları menzil değeri ve yolağı bilgilerinin birlikte değerlendirildiği yer seçim algoritması çıktısına göre 2035 yılı için ilave 32 EAŞİ lokasyonu tespit edilmiştir. Buna göre 2035 yılı için toplam 2.225 adet EAŞİ lokasyonuna ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Söz konusu ilave lokasyonlar incelendiğinde, Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı kapsamında yatırım programına alınıp, hedef yıllar için hizmete girmesi hedeflenen Antalya – Alanya Otoyolu, Aydın - Denizli Otoyolu, İzmir - Ankara Otoyolu, Afyonkarahisar – Sapanca Otoyolu, Gerede – Gürbulak Otoyolu ve Şanlıurfa – Habur Otoyolu üzerinde ve yolağına ilave edilen otoyolların etkisi ile O-D çifti rotalarının değişmesi ile ortaya çıkan lokasyonlar olduğu görülmektedir.

2053 yılı için 2023, 2029 ve 2035 yılında oluşturulan öneri istasyonlar, mevcut EAŞİ olarak kabul edilmiştir. Ortalama menzil değeri ise 500 km olarak alınmış ve hesaplarda %20 güvenlik payı ile yaklaşık 400 km olacağı tahmin edilerek algoritmada kullanılmıştır. Ek 1'de EAŞİ yer seçim algoritması çalıştırıldıktan sonra oluşturulan öneri elektrikli araç şarj istasyonları ve bulundukları link numaraları verilmiştir. Ek 1'de verilen lokasyonlar Coğrafi Bilgi Sistemi

programı ile görüntülenmiş ve öneri elektrikli araç şarj istasyonu konumları Şekil 3.36'da verilmiştir.



Şekil 3.36 2053 Yılı Öneri Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Konumları

Şekil 3.36 incelendiğinde kahverengi renk ile gösterilen istasyonlar, mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarını ve dinlenme tesislerini; pembe istasyonlar ise algoritma çıktısı olarak elde edilen öneri elektrikli araç şarj istasyonlarını göstermektedir. Ayrıca şekil üzerindeki yeşil renk ile gösterilen istasyonlar, otoyollar üzerindeki öneri EAŞİ'leri belirtmektedir. 2053 yılı için elektrikli araç menzili 2035 yılı araç menzili ile aynı olacak şekilde kabul edilmiştir. Bunun nedeni araç menzili arttıkça ihtiyaç duyulacak EAŞİ lokasyon sayısının azalma eğilimine girmesidir. Bu çalışmada yıllara göre ihtiyaç duyulan istasyon sayısı kümülatif olarak belirlendiğinden, istasyon lokasyonlarında azalma olacağı öngörülmemektedir. Dolayısıyla hesaplarda kullanılan en yüksek menzil 400 km olacak şekilde 2053 yılı EAŞİ lokasyon sayısı belirlenmiştir. Buna göre 2053 yılı için ilave 8 adet EAŞİ lokasyonu bulunmakta olup, 2053 yılı için toplam 2233 adet EAŞİ lokasyonuna ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Bu lokasyonlar Türkiye genelindeki O-D çifti rotalarını kapsayacak şekilde ülke geneline dağılmaktadır. Söz konusu lokasyonlarda bulunması gereken soket sayıları bir sonraki bölümde hesaplanmıştır.

3.3.3 Soket Sayısının Belirlenmesi

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının yer seçimi yapılırken, doğrudan ve dolaylı olarak dikkate alınan parametreler önceki bölümde açıklanmıştı. Buna göre, elektrikli araç menzil bilgisi, yol türü ve link üzerinde bulunan tesis tipi bilgisi doğrudan hesaba katılırken; link uzunluğu, seyahat süresi, otoyol ücreti ve trafik hacmi değerleri ise dolaylı olarak dikkate alınmıştır. Soket sayısının belirlenmesi aşamasında ise yine bu parametrelerden bir kısmı doğrudan ve bir kısmı ise dolaylı olarak hesap işlemlerinde kullanılmıştır. Soket sayısının belirlenmesine ilişkin hazırlanan algoritmaya bu aşamada değinilerek, söz konusu parametrelerin kullanıldığı aşamalar tariflenmiştir.

Soket sayısı belirlenirken dikkate alınan en önemli parametrelerden birisi güvenli sürüş süresidir. Bu süre, şehirler arası yolculuklarda sürücünün dikkat kaybı yaşamadan güvenle sürüş yapabildiği süre olarak tariflenmektedir. Şehirler arası yolculukların uzun süreli olması durumunda sürüşün monotonlaşması ve yol hipnozu olarak tabir edilen durum meydana gelmektedir. Yol hipnozu, sürücünün dikkat ve konsantrasyonunun azaldığı bir durumdur ve bu durum trafik güvenliği açısından tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Sürücünün reaksiyon süresi uzadığı için, yol hipnozu durumunda trafik koşullarını izlemekte ve tehlikeleri fark etmekte geç kalmaktadır. Yolculuk esnasında dikkat dağılmasını önlemek ve güvenliği sağlamak adına mola vermek, sürücünün enerjisini ve dikkatini koruyarak yol güvenliğini arttırmaya yardımcı olacaktır. Bu sebeple, birçok uzman, uzun süreli araç kullanımının ve yolculuğun ardından 2 ila 4 saatlik süre içinde sürüş yorgunluğunun ve yol hipnozunun başlayabileceğini belirtmektedir. Bu durum sürüş koşulları ve sürücü özelliklerine göre değişiklik göstereceğinden, güvenli tarafta kalmak üzere, şehirler arası yolculuklarda güvenli sürüş süresinin 2 saat olarak dikkate alınması uygun olacaktır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarına ait soket sayısı hesaplanırken güvenli sürüş mesafesi de dikkate alınan diğer bir parametredir. Şehirler arası yolculuklarda güvenli sürüş mesafesi, ortalama hız ve güvenli sürüş süresi dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Ortalama hız değeri UUAP ulaşım modeli baz alınarak 100 km/saat ve güvenli sürüş süresi 2 saat olarak dikkate alındığında güvenli sürüş mesafesi 200 km olarak hesaplanmaktadır. Bu yüzden, soket sayısını belirlemek üzere hazırlanan algoritmada güvenli sürüş mesafesi olarak 200 km dikkate alınmıştır.

Soket sayısının belirlenmesi için ayrıca elektrikli araç kullanımı talebi ve sunulan arz dikkate alınmaktadır. Bunun için öncelikle elektrikli araç talebinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu

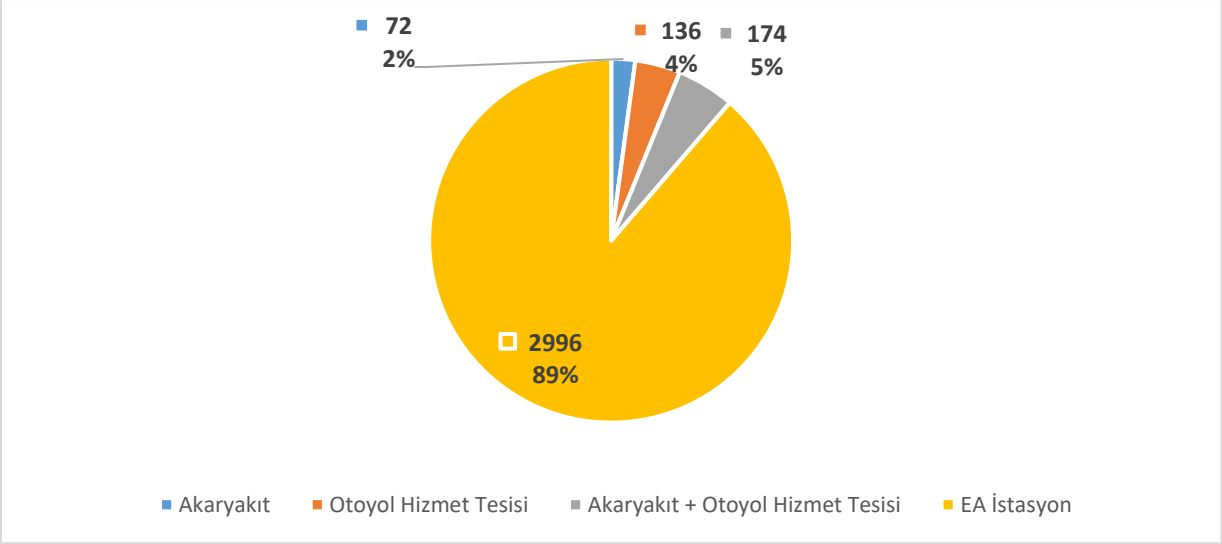
amaçla yapılan çalışmalar kapsamında, öncelikle konumu belirlenen EAŞİ noktalarına ilişkin taşıt talebinin yani söz konusu EAŞİ noktasını kullanan O-D çiftlerine ait trafik hacminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu hacim değerleri UUAP modelinden elde edilmiştir. Sonrasında ise taşıt hacimleri her bir O-D çifti güzergahı için yolculuk başlangıç TAB'ının elektrikli araç oranı dikkate alınarak, elektrikli araç hacim değerleri hesaplanmıştır. Elektrikli araç yolculuk talepleri belirlendikten sonra elektrikli araç şarj istasyonları için gerekli ünite ve soket sayısı bulunmuştur.

Soket sayısı belirlenirken Python kodları ile hazırlanan algoritma kullanılmıştır. Ayrıca, işlemler esnasında UUAP modelinin hazırlandığı VISUM programı ile VISUM programından elde edilen O-D çiftlerine ait rota (PrT_Paths) verilerinin bulunduğu SQL veri tabanına erişilerek sorgulama işlemleri yapılmaktadır. Söz konusu algoritma, UUAP modelinin hazırlandığı VISUM yazılımına bağlanarak O-D çiftlerine ait trafik hacim verilerini almakta ve her bir O-D çiftine ait güzergaha ilişkin sorgu yapmak üzere SQL veri tabanına bağlanmaktadır. Algoritmanın çalışma aşamaları aşağıda verilmiştir:

1. UUAP VISUM modelindeki atamaya esas yolculuk matrisleri, her bir yolculuk amacı için alınıyor ve dizi formatında tutuluyor.
2. Elektrikli araç hacim değerleri yani yolculuk talep matrisi, her projeksiyon yılı için UUAP'dan elde edilen elektrikli araç oranları kullanılarak oluşturuluyor.
3. SQL veri tabanına bağlanarak O-D çiftlerine ait güzergah verilerine erişiliyor.
4. SQL sorgu kodları çalıştırılıyor.
5. Her bir EAŞİ için günlük elektrikli araç hacim değeri çıktısı elde ediliyor.
6. Günlük hacim değeri, zirve saat faktörü kullanılarak zirve saat hacim değerine dönüştürülüyor.
7. Şarj süresinin ortalama 30 dk olduğu dikkate alınarak, zirve saat hacim değerinin ikiye bölünmesiyle gerekli soket sayısı bulunuyor.
8. Her bir EAŞİ ünitesinde 2 soket bulunduğu dikkate alınarak, soket sayısının ikiye bölünmesi ile gerekli ünite sayısı hesaplanmış oluyor.

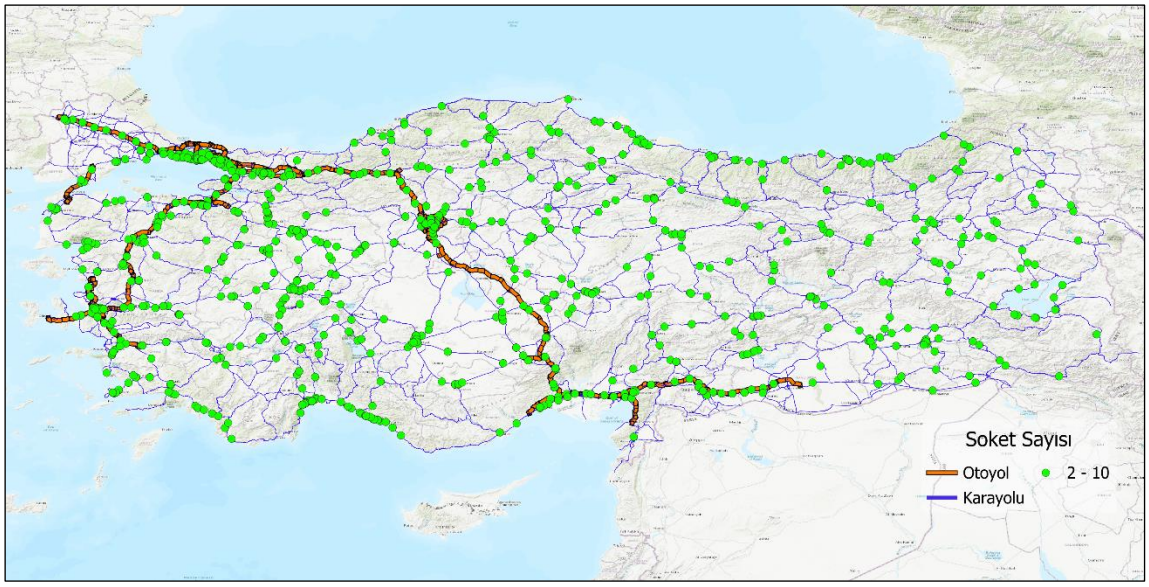
Bu kapsamda 2023 yılı için hazırlanan soket sayısı algoritması çalıştırıldıktan sonra elektrikli araç şarj istasyonlarının soket sayılarına ilişkin harita Şekil 3.38'de verilmiştir. Algoritma çıktılarına göre 2023 yılı için gerekli soket sayısı toplam 3.378 adet olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan soket sayılarının, bulunduğu lokasyona göre sınıflandırılması Şekil 3.37'de verilmiştir.



Şekil 3.37 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2023)

Şekil 3.37 incelendiğinde, soketlerin 72 adedi ile %2'si akaryakıt istasyonlarında, 136 adedi ile %4'ü otoyol hizmet tesislerinde, 174 adedi ile %5'i akaryakıt ve otoyol hizmet tesisi bir arada olan lokasyonlarda bulunmaktadır. Geri kalan 2.996 adet soket sayısı ise mevcut ve algoritma çıktısı olarak yeni önerilen EA şarj istasyonu lokasyonlarında bulunmaktadır.



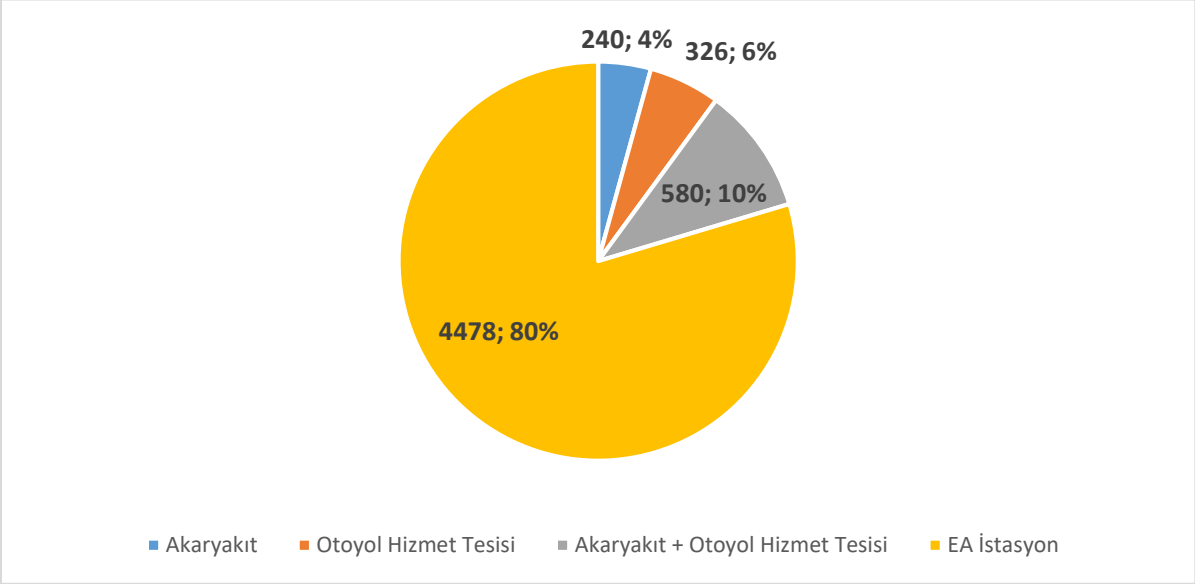
Şekil 3.38 2023 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekil 3.38 incelendiğinde, EAŞİ yer seçimi algoritması sonuçlarının Türkiye geneline dağılımı net olarak görülmektedir. Bu dağılım üzerinden soket sayısı hesabına ilişkin algoritma

çalıştırılarak, her bir istasyonda en az 2 soket yani 1 ünite olacak şekilde şehirler arası yolculuklar için ihtiyaç duyulan soket sayısı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuca göre İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya çevresinde istasyonların ve soket sayılarının yoğunlaştığı görülmektedir.

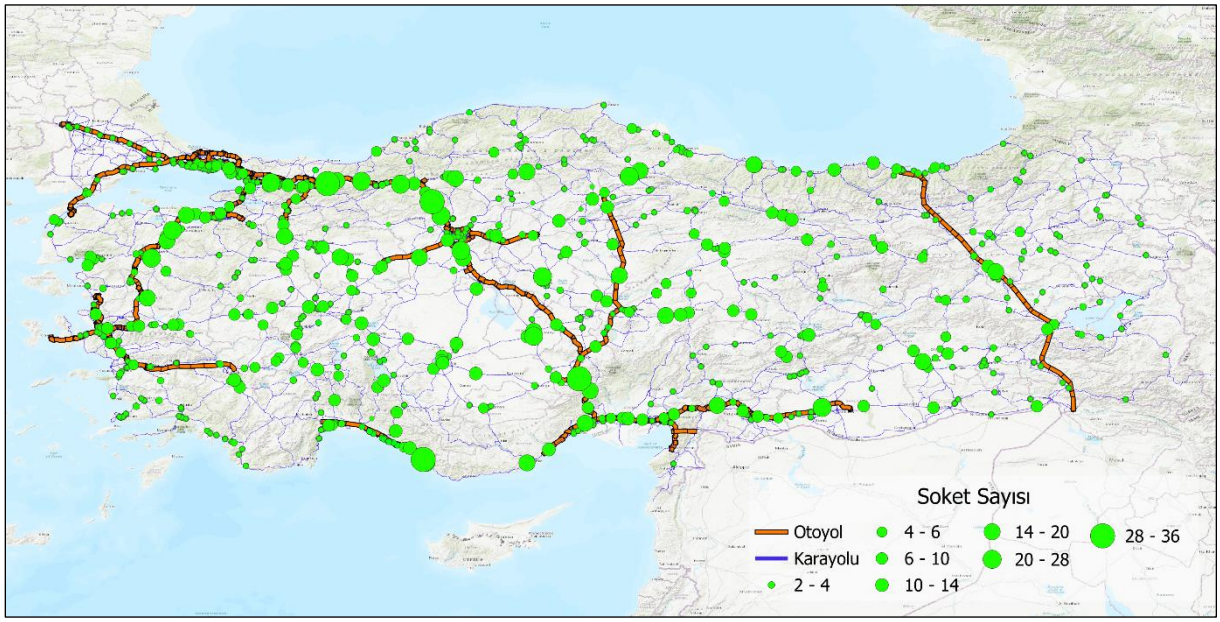
2029 yılı için hazırlanan soket sayısı algoritması çıktıları ile elde edilen elektrikli araç şarj istasyonlarının soket sayılarına ilişkin görsel Şekil 3.40'ta verilmiştir. Buna göre 2029 yılında şehirler arası yolculuklar için gerekli soket sayısı toplam 5.624 adet olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan soket sayılarının, bulunduğu lokasyona göre sınıflandırılması Şekil 3.39'da verilmiştir.



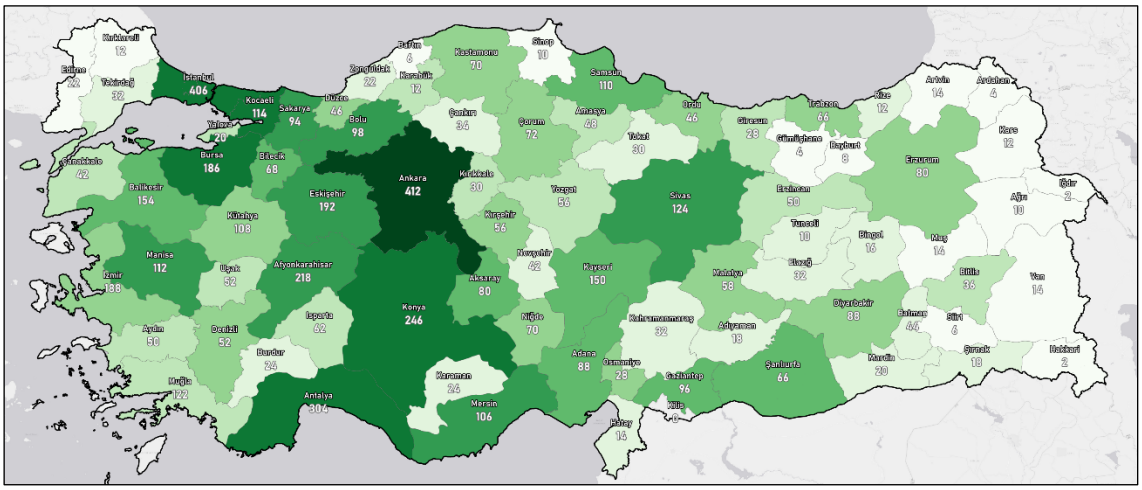
Şekil 3.39 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2029)

Şekil 3.39 incelendiğinde, soketlerin 240 adedi ile %4'ü akaryakıt istasyonlarında, 326 adedi ile %6'sı dinlenme tesislerinde, 580 adedi ile %10'u akaryakıt ve dinlenme tesisi bir arada olan lokasyonlarda bulunmaktadır. Geri kalan 4.478 adet soket sayısı ise mevcut ve algoritma çıktısı olarak yeni önerilen EA şarj istasyonu lokasyonlarında bulunmaktadır.

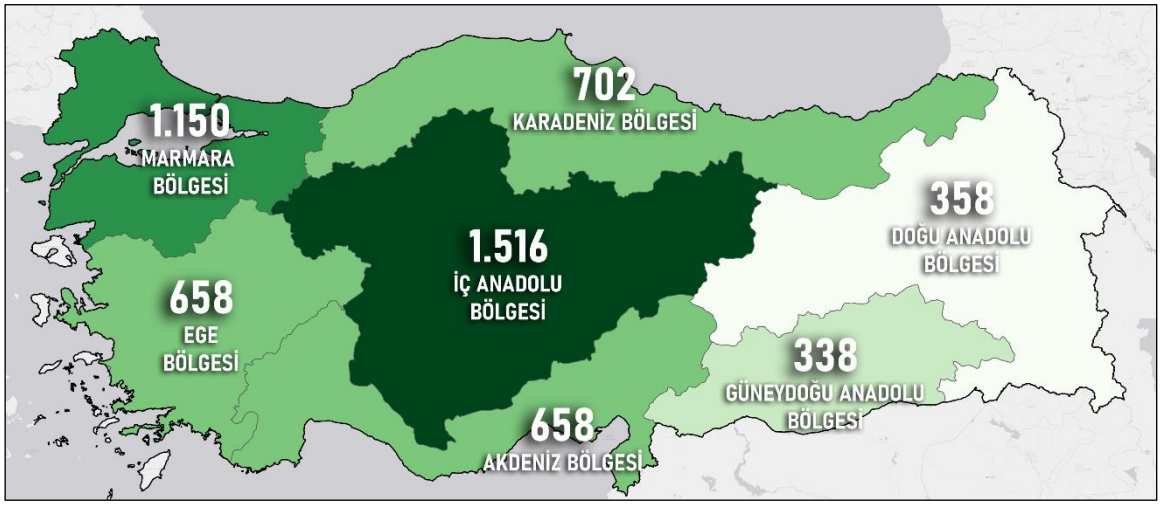


Şekil 3.40 2029 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekil 3.40 incelendiğinde, en yüksek soket sayısı ihtiyacının, Anadolu Otoyolunun İstanbul – Ankara güzergahı üzerinde bulunan dinlenme tesisleri olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Antalya – Alanya, Ankara – Niğde ve İzmir – İstanbul güzergahında oldukça yüksek soket sayısına ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Afyonkarahisar, Konya, Aksaray, Gaziantep, Şanlıurfa, Kayseri ve Amasya illeri çevresinde soket sayısı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı kapsamında yatırım programına alınıp, 2029 yılı için hizmete girmesi hedeflenen Samsun – Mersin Otoyolu ve Trabzon – Habur Otoyolu üzerinde ve çevresindeki istasyonlarda da soket sayısına ilişkin değerler şekil üzerinden görülebilmektedir. Ayrıca, 2029 yılında şehirler arasında ihtiyaç duyulan soket sayılarının il bazlı ve bölgesel bazlı dağılımı sırasıyla Şekil 3.41 ve Şekil 3.42'de verilmiştir. İl bazlı sayılar tablo halinde Ek 2'de verilmiştir.



Şekil 3.41 2029 Yılı İl Bazlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

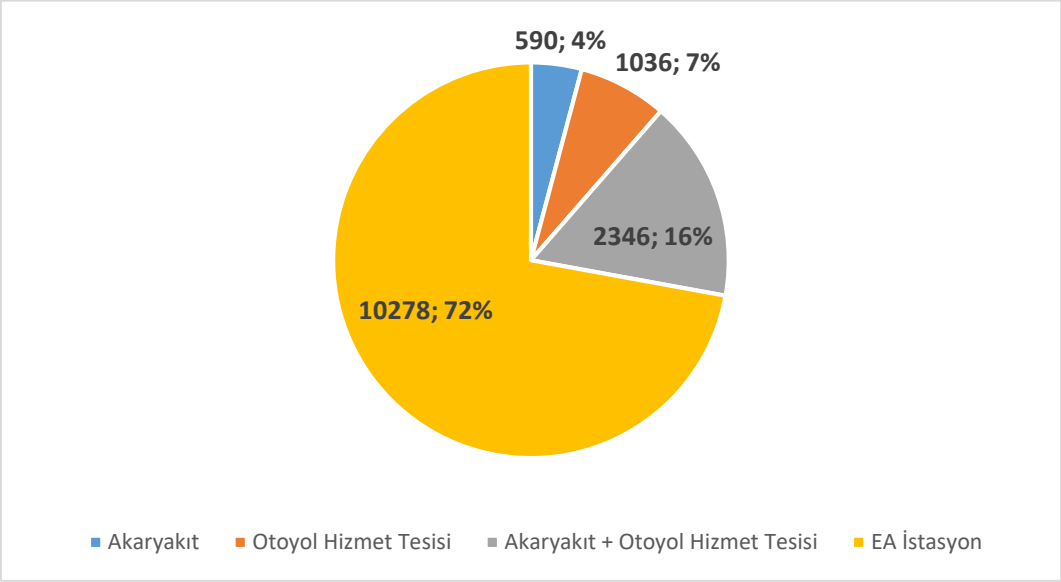


Şekil 3.42 2029 Yılı Bölgesel Bazda Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekiller incelendiğinde en fazla soket sayısına ihtiyaç duyulan bölgelerin İç Anadolu Bölgesi ve Marmara Bölgesi olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi ise, şehirler arası yolculukların bu bölgelerde yoğunlaşmasıdır.

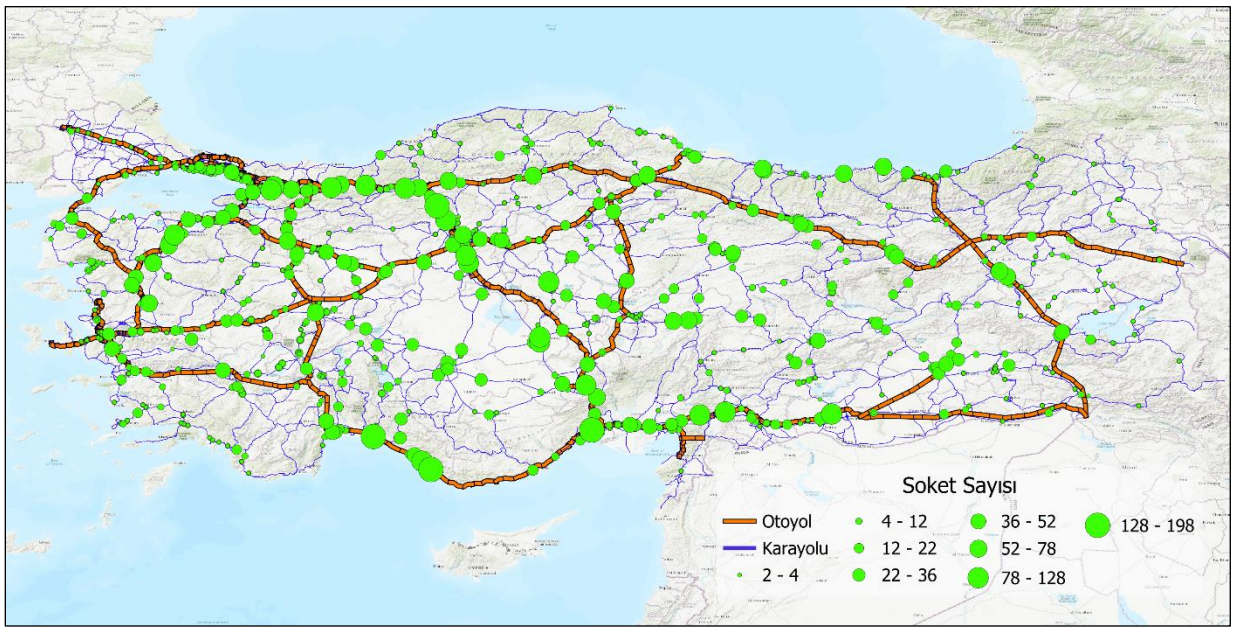
2035 yılı için hazırlanan soket sayısı algoritması çıktıları ile elde edilen elektrikli araç şarj istasyonlarının soket sayılarına ilişkin görsel Şekil 3.44'te verilmiştir. Buna göre 2035 yılında şehirler arası yolculuklar için gerekli soket sayısı toplam 14.250 adet olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan soket sayılarının, bulunduğu lokasyona göre sınıflandırılması Şekil 3.43'te verilmiştir.



Şekil 3.43 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2035)

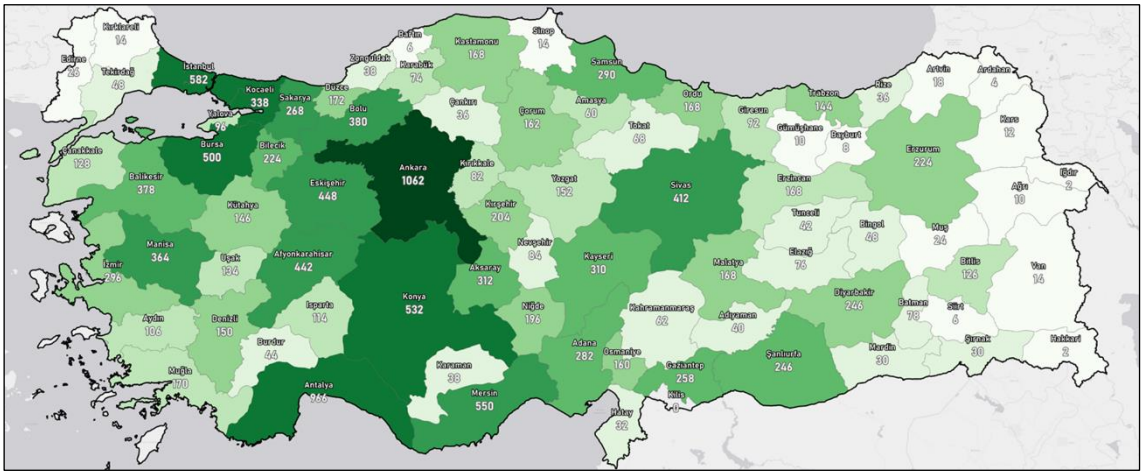
Şekil 3.43 incelendiğinde, soketlerin 590 adedi ile %4'ü akaryakıt istasyonlarında, 1.036 adedi ile %7'si dinlenme tesislerinde, 2.346 adedi ile %16'sı akaryakıt ve dinlenme tesisi bir arada olan lokasyonlarda bulunmaktadır. Geri kalan 10.278 adet soket sayısı ise mevcut ve algoritma çıktısı olarak yeni önerilen EA şarj istasyonu lokasyonlarında bulunmaktadır.



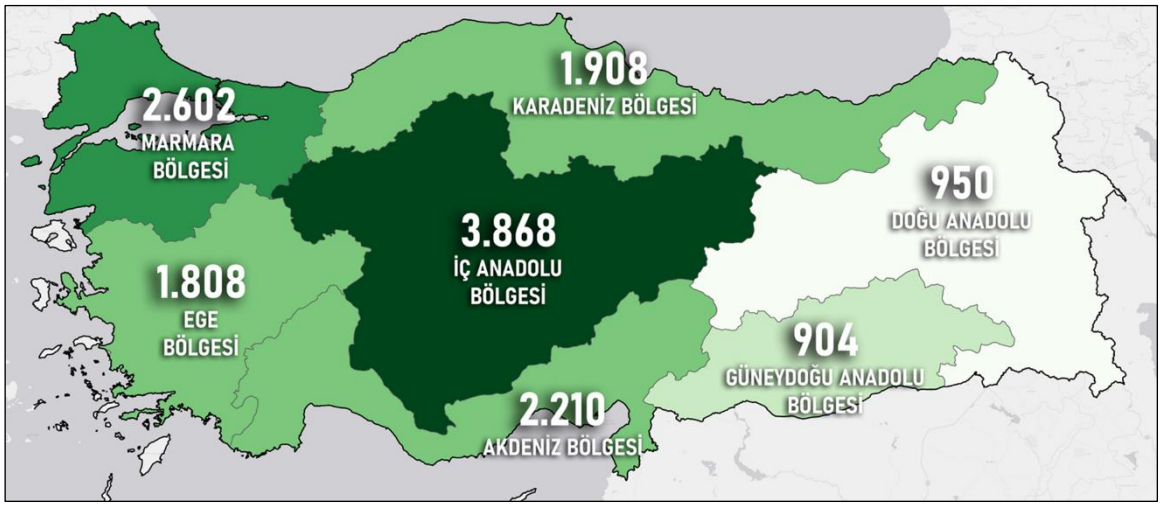
Şekil 3.44 2035 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekil 3.44 incelendiğinde, soket sayısı ihtiyacının koridor bazında 2029 yılı sonuçları ile benzer çıktığı, buna ilave olarak elektrikli araç sayısı ve hacminin artmasından dolayı soket sayısı değerlerinde artış yaşandığı görülmektedir. Buna göre en yüksek artışın yaşandığı kesimler

İstanbul – Ankara, İstanbul – İzmir, Sakarya – Eskişehir – Antalya, Antalya – Alanya – Mersin, Ankara – Niğde – Mersin ve Adana – Gaziantep – Şanlıurfa olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 2035 yılında şehirler arasında ihtiyaç duyulan soket sayılarının il bazlı ve bölgesel bazlı dağılımı sırasıyla Şekil 3.45 ve Şekil 3.46 verilmiştir. İl bazlı sayılar tablo halinde Ek 2'de verilmiştir.



Şekil 3.45 2035 Yılı İl Bazlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

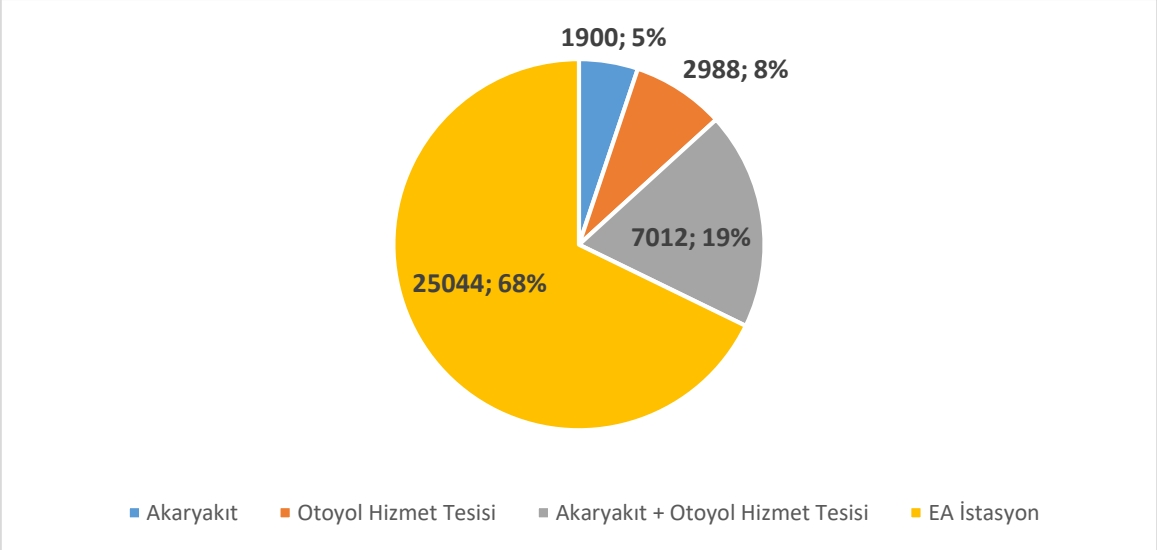


Şekil 3.46 2035 Yılı Bölgesel Bazda Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekiller incelendiğinde en fazla soket sayısına ihtiyaç duyulan bölgelerin İç Anadolu Bölgesi ve Marmara Bölgesi olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi ise, şehirler arası yolculukların bu bölgelerde yoğunlaşmasıdır.

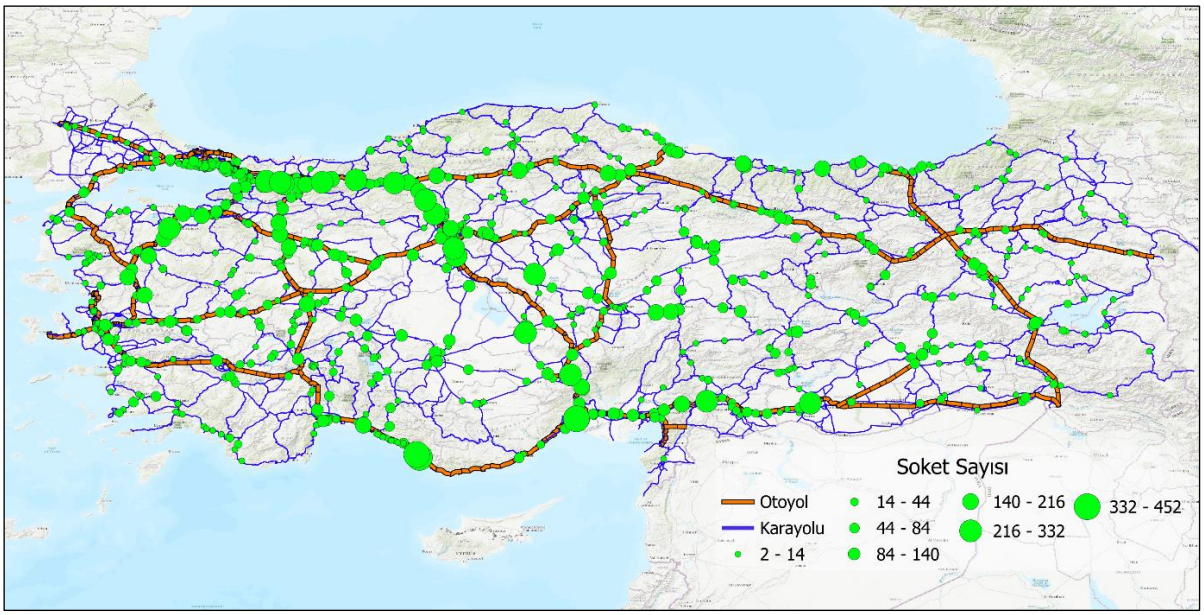
2053 yılı için hazırlanan soket sayısı algoritması çıktıları ile elde görsel Şekil 3.48'de verilmiştir. Buna göre 2053 yılında şehirler arası yolculuklar için gerekli soket sayısı toplam 36.944 adet olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan soket sayılarının, bulunduğu lokasyona göre sınıflandırılması Şekil 3.47'de verilmiştir.



Şekil 3.47 Bulunduğu Lokasyona Göre Soket Sayısı (2053)

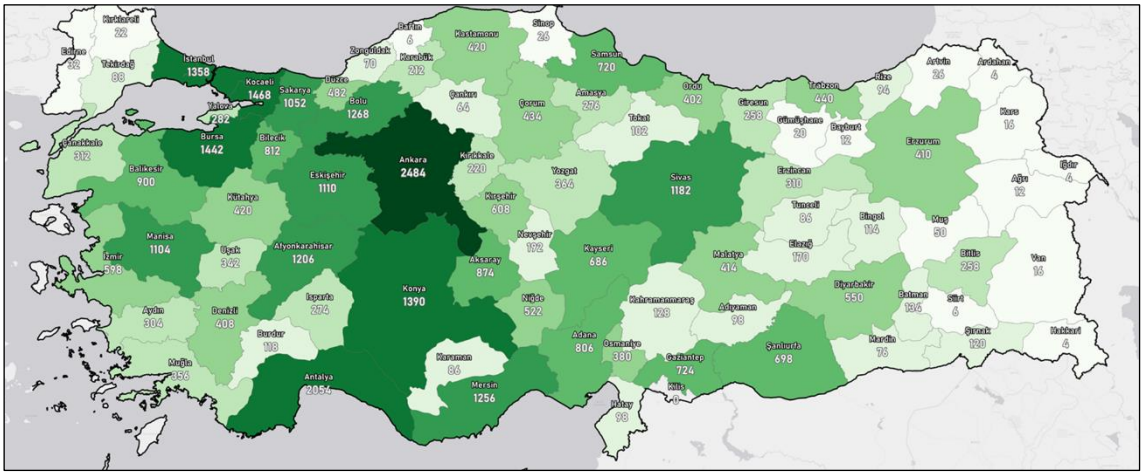
Şekil 3.47 incelendiğinde, soketlerin 1.900 adedi ile %5'i akaryakıt istasyonlarında, 2.988 adedi ile %8'i dinlenme tesislerinde, 7.012 adedi ile %19'u akaryakıt ve dinlenme tesisi bir arada olan lokasyonlarda bulunmaktadır. Geri kalan 25.044 adet soket sayısı ise mevcut ve algoritma çıktısı olarak yeni önerilen EA şarj istasyonu lokasyonlarında bulunmaktadır.



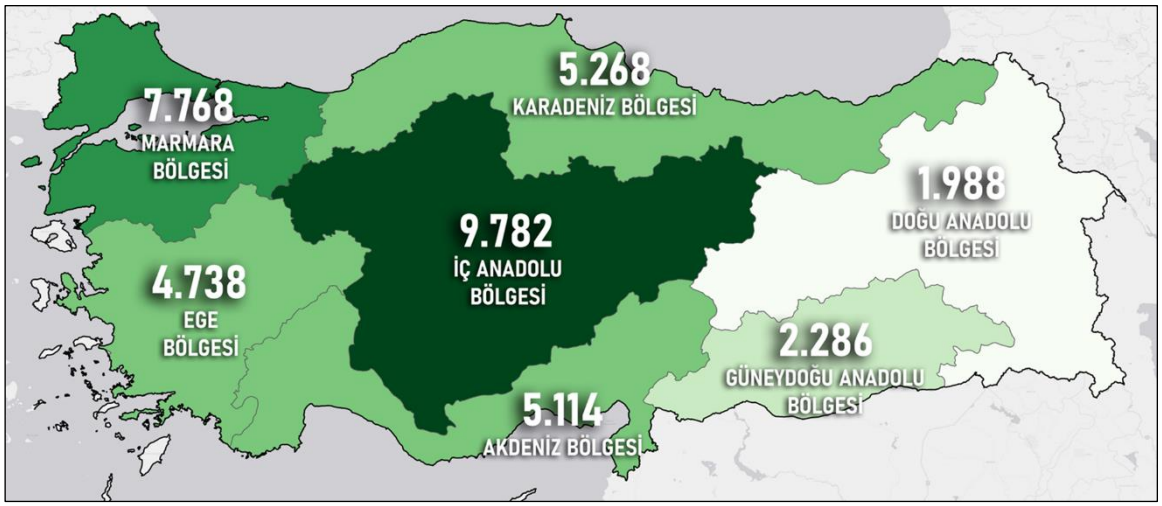
Şekil 3.48 2053 Yılı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekil 3.48 incelendiğinde, soket sayısı ihtiyacının koridor bazında 2029 ve 2035 yılı sonuçları ile benzer çıktığı, buna ilave olarak elektrikli araç sayısı ve hacminin artmasından dolayı soket sayısı değerlerinde artış yaşandığı görülmektedir. Buna göre en yüksek artışın yaşandığı kesimler İstanbul – Ankara, İstanbul – İzmir, İzmir – Ankara, Ankara – Samsun, Sakarya – Eskişehir – Antalya, Antalya – Alanya – Mersin, Ankara – Niğde – Mersin, Samsun – Ordu – Trabzon ve Adana – Gaziantep – Şanlıurfa olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, 2053 yılında şehirler arasında ihtiyaç duyulan soket sayılarının il bazlı ve bölgesel bazlı dağılımı sırasıyla Şekil 3.49 ve Şekil 3.50'de verilmiştir. İl bazlı sayılar tablo halinde Ek 2'de verilmiştir.



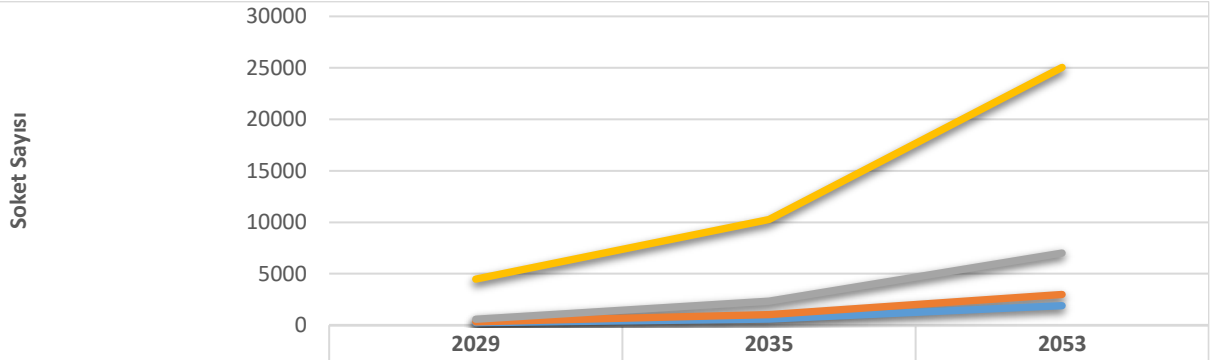
Şekil 3.49 2053 Yılı İl Bazlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları



Şekil 3.50 2053 Yılı Bölgesel Bazda Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şekiller incelendiğinde en fazla soket sayısına ihtiyaç duyulan bölgelerin İç Anadolu Bölgesi ve Marmara Bölgesi olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi ise, şehirler arası yolculukların bu bölgelerde yoğunlaşmasıdır.

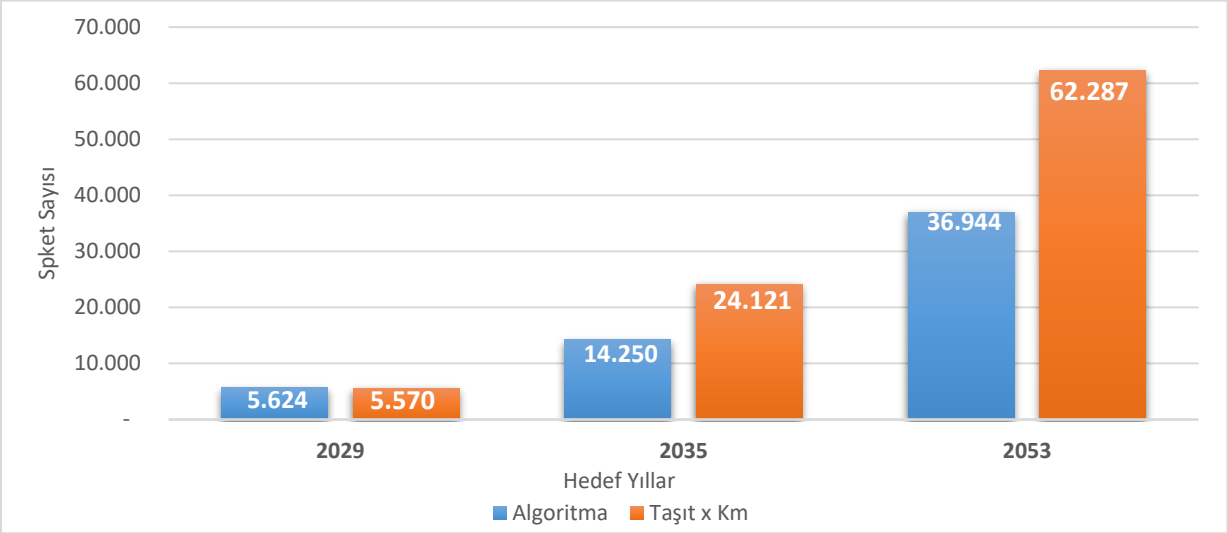
Elektrikli araç şarj istasyonu soket sayılarının tüm hedef yıllar için, bulunduğu lokasyona göre sınıflandırılması ise Şekil 3.51'de verilmektedir.



	2029	2035	2053
Akaryakıt	240	590	1900
Dinlenme	326	1036	2988
Akaryakıt ve Dinlenme	580	2346	7012
EA İstasyon	4478	10278	25044

Şekil 3.51 Bulunduğu Lokasyona Göre Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

Şehirler arası yolculuklarda ihtiyaç duyulan elektrikli araç şarj istasyonu soket sayıları Bölüm 3.1'de taşıt x km değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bölüm 3.3.3'te ise bu sayılar hesap algoritmaları kullanılarak ortalama araç menzili ve güvenli sürüş mesafesi gibi parametreler kullanılarak hesaplanmıştır. Yıllara göre hesaplanan soket sayıları karşılaştırıldığında iki hesap sonucu arasında farklılık oluştuğu görülmektedir. Taşıt x km değeri baz alınarak elde edilen soket sayısı ülke genelindeki tüm yolculukların dikkate alınması ile hesaplanmıştır. Buna karşın algoritma ile elde edilen soket sayısı ise ortalama araç menzilinin altında kalan O-D rotalarını dikkate almamaktadır. Dolayısı ile taşıt x km değeri baz alınarak elde edilen soket sayısının algoritma sonucuna göre yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Bu durumu gösteren değerler hedef yıllar için Şekil 3.52'de verilmiştir.



Şekil 3.52 Hedef Yıllara Ait Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Soket Sayıları

3.4 ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çevresel etkiler, sektör bazlı incelendiğinde ulaşım kaynaklı etkilerin önemli bir oran oluşturduğu görülmektedir. Ulaşım kaynaklı etkilerde ise en önemli kaynağı karayolu ulaşımı olmaktadır. Karayolu ulaşımı, sera gazı salınımı, hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve doğal yaşam alanlarının tahribatı gibi bir dizi olumsuz etkiyle ilişkilendirilmektedir. Bu etkilerin bazıları şöyle sıralanabilir:

Sera Gazı Salınımı: Karayolu taşımacılığı, özellikle fosil yakıtların (benzin ve dizel) kullanıldığı araçlarla gerçekleştirildiğinde, büyük miktarda karbondioksit (CO_2) ve diğer sera gazlarının atmosfere salınmasına neden olmaktadır.

Hava Kirliliği: Karayolu taşımacılığı, egzoz emisyonları nedeniyle hava kirliliğine sebep olan ulaşım modlarından birisidir. Karbon dioksit (CO_2), Kloroflorokarbon (CFC), Metan gazı (CH_4), Azot dioksit (NO_2) ve ince partikül madde gibi zararlı kirleticiler karayolu ulaşımı ile havaya salınmaktadır. Havaya salınan sera gazı emisyonu bileşenleri ve bu bileşenlere ait oranlar Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12 Sera Gazı Emisyonu Bileşenleri

SERA GAZI EMİSYONU (GHG)	Oran (%)
CO_2 (ton)	55
CFC (ton)	24
CH_4 (ton)	15

SERA GAZI EMİSYONU (GHG)	Oran (%)
NO_2 (ton)	6
TOPLAM	**100**

Trafik Sıkışıklığı: Yoğun karayolu trafiği, trafik sıkışıklığına ve uzun süreli beklemelere neden olmaktadır. Bu durum hem zaman kaybına yol açmakta hem de fazladan yakıt tüketimine sebep olarak sera gazı emisyonlarını arttırmaktadır.

Gürültü Kirliliği: Yoğun trafik, gürültü kirliliğine neden olmaktadır ve bu durum, insanların yaşam kalitesini düşürmektedir.

Karayolu ulaşımının sera gazı salınımına etkisi büyük ölçüde taşıt türüne, yakıt türüne, taşıma mesafesine ve sürüş tarzına bağlıdır. Karayolu ulaşımı kaynaklı sera gazı salınımı genel olarak, taşıtın türü, yakıt türü, yakıt verimliliği, sürüş koşulları ve taşınan yük gibi çeşitli parametrelerle ilişkilidir. Uluslararası literatürde bu parametreler dikkate alınarak fosil yakıtlı bir aracın 100 km'de ortalama 7 – 8 litre yakıt harcadığı ve buradan hareketle 1 km başına 250 gram CO_2 salınımı gerçekleştirdiği hesaplanmıştır [108]. Buna göre UUAP sonuçları dikkate alındığında hedef yıllar için taşıt x km değerleri üzerinden CO_2 salınımı miktarı hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalara ilişkin sonuçlar Tablo 3.13'te verilmiş olup; karayolu taşıt x km, EA taşıt x km değerleri her bir hedef yıl için belirlenmiştir. Karayolu taşıt x km değeri kullanılarak karayolu kaynaklı CO_2 salınımı hesaplanmıştır. Bu değerler elektrikli araçlar dikkate alınmadan hedef yıllardaki araç artışları ve tüm araçların fosil yakıtlı olması durumu için belirlenmiştir. Bunun yanı sıra UUAP raporuna göre hedef yıllar için elektrikli araç oranları dikkate alınarak elektrikli araç kaynaklı CO_2 salınımı da hesaplanmıştır. Elektrikli araçların egzoz emisyonu bulunmadığından bu değerler tasarruf olarak yani doğaya salınmayan CO_2 miktarı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 3.13 Şehirler Arası Karayolu Ulaşımı Kaynaklı CO_2 Emisyonu

	2029	2035	2053
Karayolu Taşıt x km	295.585.062	386.982.697	613.869.422
EA Taşıt x km	38.426.058	166.402.560	429.708.595
Karayolu CO_2 (kg) Salınımı	73.896.265	96.745.674	153.467.355
EA Kaynaklı CO_2 (kg) Tasarrufu	9.606.515	41.600.640	107.427.149

Tablo 3.13'e göre CO_2 salınımı toplam sera gazı salınımı içerisinde %55'lik bir paya sahiptir. Yani Tablo 3.13'da verilen CO_2 miktarları dikkate alınarak toplam sera gazı emisyonu hesaplanmıştır. Buna göre hedef yıllar için Karbon dioksit (CO_2), Kloroflorokarbon (CFC),

Metan gazı (CH_4) ve Azot dioksit (NO_2) değerleri karayolu CO_2 salınımı baz alınarak hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14 Şehirler Arası Karayolu Ulaşımı Kaynaklı GHG Emisyonu

SERA GAZI EMİSYONU (GHG)	Oran (%)	2029	2035	2053
CO_2 (ton)	55	73.896	96.746	153.467
CFC (ton)	24	32.246	42.216	66.968
CH_4 (ton)	15	20.154	26.385	41.855
NO_2 (ton)	6	8.061	10.554	16.742
TOPLAM	**100**	**134.357**	**175.901**	**279.032**

Karayolu ulaşımı kaynaklı sera gazı emisyonu hedef yıllar için tüm araçların fosil yakıtlı olması durumu için belirlenmişti. Bu aşamada elektrikli araç oranları dikkate alınarak sera gazı emisyonundaki azalma miktarları hesaplanmış olup Tablo 3.15'te sera gazı emisyonu bileşen türlerine göre verilmiştir.

Tablo 3.15 EA Kaynaklı GHG Emisyonu Tasarrufu

SERA GAZI EMİSYONU (GHG)	Oran (%)	2029	2035	2053
CO_2 (ton)	55	9.607	41.601	107.427
CFC (ton)	24	4.192	18.153	46.877
CH_4 (ton)	15	2.620	11.346	29.298
NO_2 (ton)	6	1.048	4.538	11.719
TOPLAM	**100**	**17.466**	**75.638**	**195.322**

3.5 ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYON SİMÜLASYONU

Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu Bölüm 2.2: Senaryoların oluşturulması kapsamındaki alternatifler arasından kabul gören Senaryo 1: UUAP Artış Trendi Senaryosuna ilişkin veriler esas alınarak simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre Senaryo 1 kapsamında gerçekleştirilen öngörüler her bir hedef yıl için simüle edilerek, elde edilen sonuçlar bu bölüm kapsamında sunulmuştur.

Elektrikli araç şarj istasyonu konumlarının belirlenmesine ilişkin kullanılan modeller ile uygun yer seçimi yapılmıştır. Elektrikli araç yer seçimi yapıldıktan sonra her bir istasyon için, o istasyonu kullanan O-D çiftlerine ait trafik hacim değerleri toplanarak talepler belirlenmiş ve soket sayıları bulunmuştur. Buna göre simülasyon çalışması yapmak üzere gerekli olan trafik hacmi, elektrikli araç hacmi, soket sayısı gibi parametreler elde edilmiştir. Bu değerlere ilave

olarak simülasyon hazırlanması gerekli olan diğer bir veri ise şarj istasyonu ortalama kullanım süresidir. EAŞİ ortalama kullanım süresi, yaygın olarak kullanılan istasyon tipi ve ortalama araç batarya kapasiteleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu parametreler kullanılarak simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş ve performans analizi yapmak için kullanılan ortalama gecikme, durma sayısı, egzoz emisyonu, yakıt sarfiyatı gibi sonuçlar elde edilmiştir.

3.5.1 Hedef Yıl Simülasyon Çalışmaları

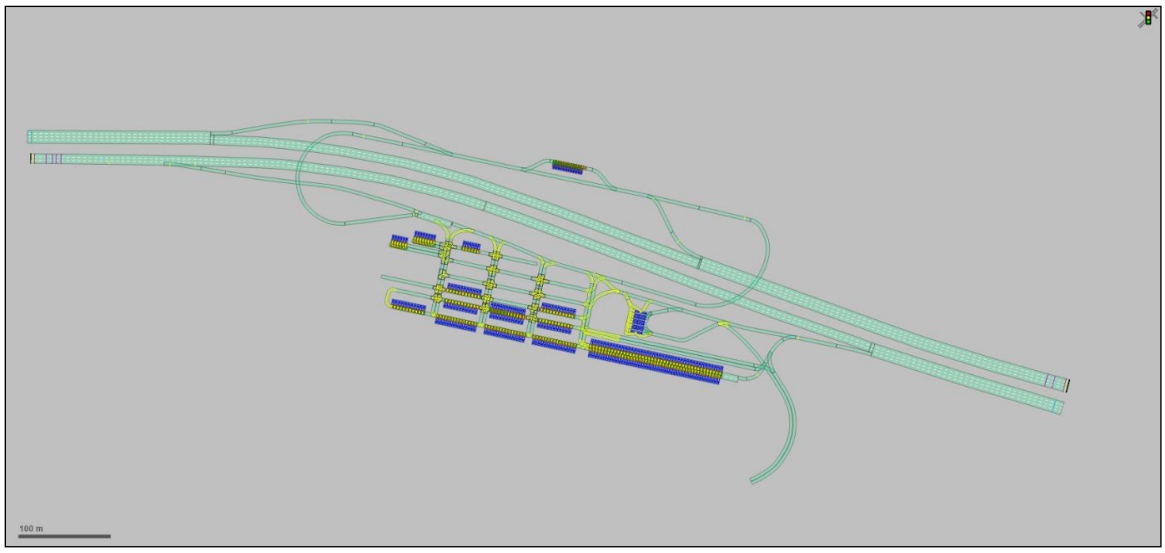
Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının, 2029, 2035 ve 2053 hedef yılı için yer seçimi ve soket sayısı hesabı tamamlanmıştır. Buradan elde edilen lokasyon ve soket sayıları ile taşıt hacimleri kullanılarak oluşturulan simülasyon çalışmaları bu başlık altında incelenmiştir. Bu simülasyon çalışması kapsamında; hedef yıl elektrikli araç şarj altyapısı ve elektrikli araçların zirve saat sayım değerleri kullanılmıştır.

3.5.2 Simülasyon Girdileri

Simülasyon yeri seçiminde Anadolu Otoyolu'nun 227. kilometresi üzerinde bulunan Highway Outlet AVM açık otoparkı ele alınmıştır. Söz konusu tesis, akaryakıt istasyonlarını, elektrikli araç şarj istasyonları, alışveriş merkezini ve dinlenme tesislerini içinde bulunduran karma bir kompleks şeklindedir. Otoyol hizmet tesisinin bulunduğu konum mekânsal olarak otoyola yakınlık, altyapı tesislerinin uygunluğu, elektrikli araç şarj talep ve arzı dikkate alınarak, ayrıca sağladığı imkanlar sebebiyle araç sirkülasyonunun yüksek olması gibi kriterlere uygun olduğu için seçilmiştir. Bununla beraber Şekil 3.53'te konumu belirtilen Highway Outlet AVM, Anadolu Otoyolu üzerinde ve Bolu ili sınırları içerisinde bulunan Avrupa'nın en büyük otoyol kenarı alışveriş merkezi olması sebebi ile alternatif lokasyonlara göre ön plana çıkmıştır. Simülasyon çalışmaları kapsamında İstanbul – Ankara güzergahında bulunan ve şehirler arası yolculuk talepleri açısından en önemli lokasyonlardan birisi olan Highway Outlet dinlenme tesisleri simüle edilerek sonuçları elde edilmiştir.

Şekil 3.53 Highway Outlet AVM Uydu Görüntüsü

Simülasyon ortamında Highway Outlet AVM otoparkının kuzey cephesinin modellemesi yapılmış olup Anadolu Otoyolu ve tesisten otoyola olan bağlantılar modellenmiştir. Şekil 3.54'te simülasyon yol ağı verilmiştir.



Şekil 3.54 Simülasyon Yol Ağı

UUAP ulaşım modeli 2029, 2035 ve 2053 hedef yılları saatlik trafik hacim verileri baz alınarak İstanbul ve Ankara istikameti trafik hacimleri belirlenmiştir. Bu hacim değerleri kullanılarak, ilgili yol kesiminden bir saatte geçecek her bir araç türü için elektrikli araç hacimleri hesaplanarak simülasyona girilmiştir. Bunun yanı sıra istasyonu kullanan elektrikli araç sayısı ise algoritma çıktılarından elde edilen elektrikli araç sayısıdır. Bu sayı, istasyondan geçen her

bir O – D güzergahının hacim değeri ve elektrikli araç oranı kullanılarak hesaplanmıştır. Böylelikle bu noktadan geçen O – D güzergahlarındaki, istasyonda şarj edilmesi gereken trafik hacim değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda girilen trafik hacim değerleri Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16 Simülasyona Girilen Input Değerleri (taşıt/saat)

	Araç Tipi	İstanbul Yönü	Ankara Yönü
2029	Otomobil	**1.514**	**1.538**
	LGV	**49**	**51**
	OGV1	**154**	**153**
	OGV2	**90**	**92**
	İstasyonu Kullanan EA	**1**	**4**
2035	Otomobil	**2.027**	**2.075**
	LGV	**52**	**53**
	OGV1	**161**	**161**
	OGV2	**95**	**103**
	İstasyonu Kullanan EA	**18**	**16**
2053	Otomobil	**2.941**	**3.194**
	LGV	**66**	**69**
	OGV1	**192**	**194**
	OGV2	**120**	**136**
	İstasyonu Kullanan EA	**34**	**117**

Highway Outlet AVM bünyesinde yaklaşık 1.900 adet otopark alanı bulundurmakta ve bu otoparkların yaklaşık 50 adedi engelli park aracı olarak kullanılmaktadır. Bu park alanlarının yaklaşık 750 tanesi kuzey cephesinde geri kalanı ise güney cephesinde yer almaktadır. Bölüm 3.3.3'de gerçekleştirilen soket sayısı hesabına göre, Highway Outlet AVM içerisinde 2053 yılı için şehirler arası yolculuklarda ihtiyaç duyulan toplam 39 adet elektrikli araç şarj ünitesi ve 78 adet soket simülasyon ortamında modellenmiştir. Diğer park alanları normal araçlar için modellenmiş olup alışveriş ya da akaryakıt ihtiyacı için tesise geldikleri kurgulanmıştır. Alışveriş için ortalama bekleme süresi 20 ile 25 dakika, akaryakıt ihtiyacı için ise bekleme süresi 2,5 ile 3,5 dakika arasında rastgele olacak şekilde simülasyonda modellenmiştir.

Simülasyonda kullanılan Elektrikli araçlar için ortalama şarj süresinin belirlenmesinde ise ülkemizdeki elektrikli araç modelleri ve bu araçların sayısı ile ortalama şarj süreleri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda ortalama elektrikli araç şarj süresi 30 ile 40 dakika arasında olacak şekilde simülasyona girilmiştir (Tablo 3.17).

Tablo 3.17 Simülasyonda Kullanılan Ortalama Şarj Süresi

Marka - Model	Satış (2022)	Şarj Süresi (dk)	Ağırlıklandırılmış Şarj Süresi
BMW iX	1.502	31	1.023
Skywell ET5	1.150	30	720
Mercedes Benz EQE	704	32	448
Mercedes Benz EQS	528	31	310
Volvo XC40	417	28	224
BMW iX3	408	32	224
DFSK SERES 3	352	30	180
Hyundai KONA	231	41	164
BMW i4	189	31	124
Porsche TAYCAN	182	22	66
Audi eTRON	179	41	123
Mercedes Benz EQB	156	32	96
Mercedes Benz EQC E7	137	40	120
Volvo C40	102	32	96
MG ZS EV	101	40	120
Citroen C4	81	30	60
Mini Hatch 3 Kapı	55	45	90
Hyundai IONIQ	54	54	108
Opel MOKKA e	53	30	60
Kia NIRO	47	43	86
Jaguar I-PACE E7	46	45	90
Kia EV6	41	18	18
Peugeot 2008e	41	30	30
BMW i4 M50	40	31	31
Mercedes Benz EQA	34	30	30
Opel CORSA e	30	30	30
BMW i7	23	34	34
Subaru SOLTERRA	22	56	56
Ford eTransit	10	34	34
BMW i3 (i3s)dhl C2	2	45	45
BMW 4	1	31	31
MG MARVEL R	1	40	40
ORTALAMA ŞARJ SÜRESİ			**32,52**

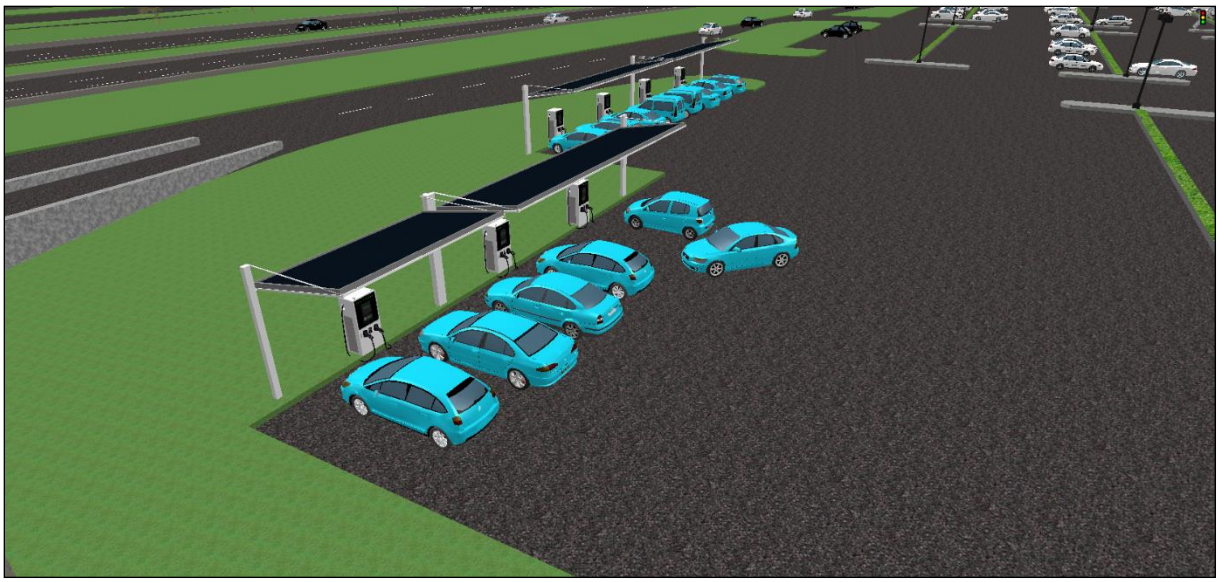
Tablo 3.17'de elektrikli araç modellerine ilişkin satış sayıları verilmiştir. Buna göre en fazla satış yapılan araç modeli BMW iX modelidir. Mikro simülasyon modelinde şarj istasyonunu kullanan araçlar belirlenirken, Tablo 3.17'de verilen araç sayıları kullanılmış, buradan her bir modele ait ağırlık katsayısı hesaplanmıştır. Mikro simülasyon uygulamasında, elektrikli araç

taşıt hacimleri, algoritma çıktısı toplam değer olarak alındığından söz konusu ağırlık katsayıları kullanılarak modellere ilişkin adetler hesaplanmıştır. Elde edilen değerler ışığında simülasyonda kullanılan ortalama şarj istasyonu kullanım süresi belirlenmiştir.

Şekil 3.55'de Highway Outlet'in İstanbul – Ankara güzergahı üzerindeki simülasyon görüntüsü verilmiştir.

Şekil 3.55 Highway Outlet AVM Simülasyon Görüntüsü

Highway Outlet AVM içerisinde modellenen elektrikli araç şarj istasyonlarının görüntüsü ise Şekil 3.56'da verilmiştir.



Şekil 3.56 Highway Outlet AVM Elektrikli Şarj İstasyonları

3.5.3 Simülasyon Sonuçları

Mikro simülasyon çalışması her bir hedef yıl için gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmuştur. Simülasyonlar çalıştırılırken; simülasyon süresi 3.600 saniye, random seed değeri 42 ve simülasyon çalıştırılma sayısı 3 olacak şekilde belirlenmiştir. Simülasyon çalıştırılarak; ortalama gecikme (sn), otoparkın hizmet düzeyi, ortalama durma sayıları (adet), ortalama durmaya bağlı gecikme (sn), ortalama kuyruk boyu (m), CO emisyonu (gr), NOx emisyonu (gr), VOC emisyonu (gr), CO_2 ve yakıt tüketimi (galon) değerleri hesaplanmıştır. CO_2 değerleri hesaplanırken "Statistics Netherlands (CBS) dönüşümü" [109] kullanılarak NOx emisyonu eşdeğeri bulunmuştur. Bu kapsamda elde edilen değerler Tablo 3.18'de değerlere ilişkin açıklamalar ise Tablo 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.18 Simülasyon Sonuçları

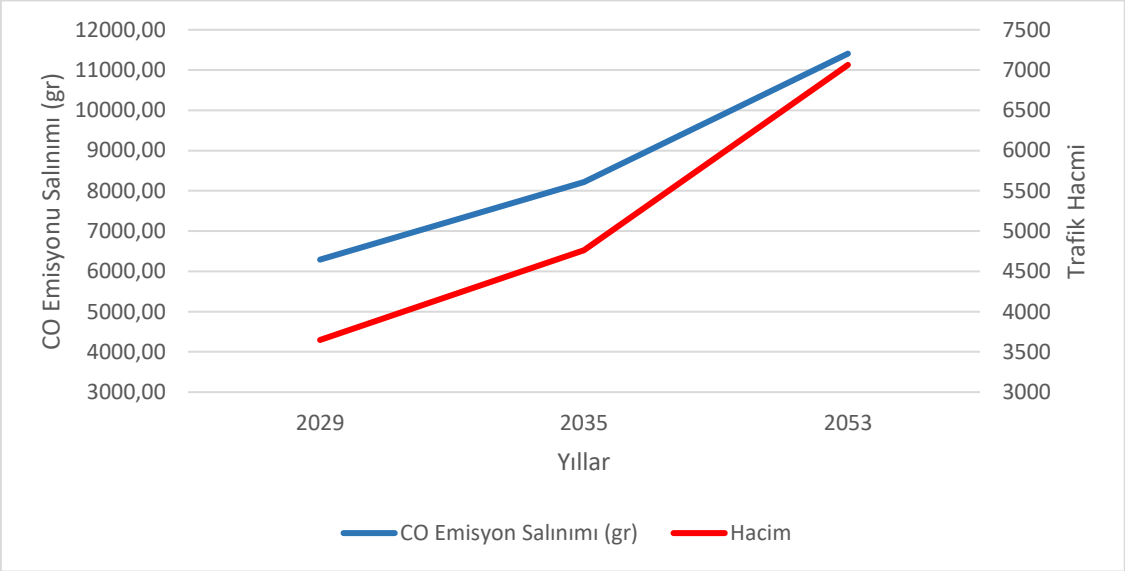
Tüm	2029	2029 (UUAP)	2035	2035 (UUAP)	2053	2053 (UUAP)
Ortalama Gecikme (Sn)	2,87	2,87	3,35	3,35	4,99	4,99
Hizmet Düzeyi	A	A	A	A	A	A
Ortalama Durma (Adet)	0,12	0,12	0,13	0,13	0,06	0,06
Ortalama Durma Gecikmesi (Sn)	0,21	0,21	0,23	0,23	0,25	0,25
Ortalama Kuyruklanma Mesafesi (m)	0,10	0,10	0,15	0,15	0,16	0,16
CO Emisyon Salınımı (gr)	6.291.77	5.473.84	8.220.61	4.685.75	11.408.11	3.422.43
NOx Emisyon Salınımı (gr)	1.224.15	1.065.01	1.599.43	911.68	2.219.60	665.88
VOC Emisyon Salınımı (gr)	1.458.18	1.268.62	1.905.21	1.085.97	2.643.94	793.18
CO_2 Salınımı (kg - NOx Eşdeğeri)	364.80	317.37	476.63	271.67	661.44	198.43
Yakıt Tüketimi (galon)	90.01	78.31	117.61	67.04	163.21	48.96
Hacim	3.648.00	3.648.00	4.762.00	4.762.00	7.064.00	7.064.00

Tablo 3.19 Elde Edilen Parametreler ve Açıklamaları

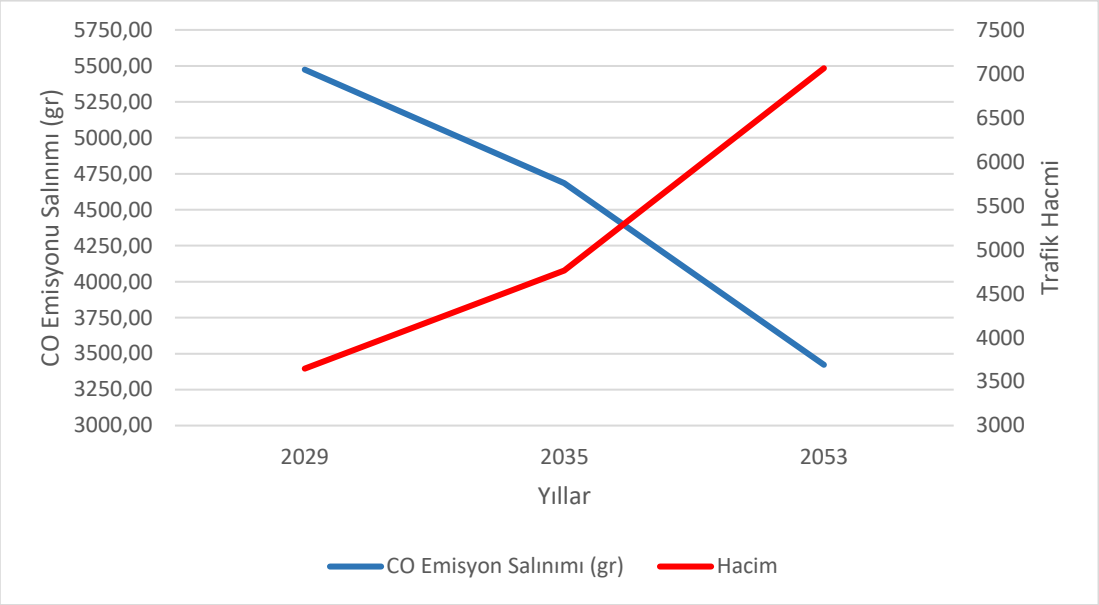
Parametre	Açıklama
Ortalama Gecikme (Sn)	Araç başına ortalama gecikme: Toplam gecikme / (Ağdaki araç sayısı + gelen araç sayısı)
Hizmet Düzeyi	Highway Capacity Manual standartlarına göre Ortalama gecikmesi süresi baz alınarak hesaplanmaktadır.
Ortalama Durma (Adet)	Araç başına ortalama durma sayısı: Toplam durma sayısı / (Ağdaki araç sayısı + gelen araç sayısı)
Ortalama Durma Gecikmesi (Sn)	Araç başına ortalama durma süresi: Toplam durma süresi / (Ağdaki araç sayısı + gelen araç sayısı)
Ortalama Kuyruklanma Mesafesi (m)	Bir alandaki tüm ortalama kuyruk uzunluklarının ortalaması: Program, kuyruk uzunluklarını tespit etmek için bir alanda otomatik olarak kuyruk uzunluk hesaplayıcı oluşturur. Program, bir alandaki kuyruk

Parametre	Açıklama
	uzunluk hesaplayıcıları tarafından tespit edilen ortalama kuyruk uzunluğunu hesaplamaktadır.
CO Emisyon Salınımı (gr)	Karbonmonoksit miktarı [gram]
NOx Emisyon Salınımı (gr)	Nitrojen oksit miktarı [gram]
VOC Emisyon Salınımı (gr)	Uçucu organik bileşiklerin miktarı [gram]
CO_2 Salınımı (kg - NOx Eşdeğeri)	Statistics Netherlands (CBS) dönüşümü esas alınmış NOx emisyonu eşdeğeri
Yakıt Tüketimi (galon)	Yakıt tüketimi [ABD sıvı galonu]

Tablo 3.18'de verilen simülasyon çıktılarına göre: 2029, 2035 ve 2053 yılı değerleri, elektrikli araçların etkisi dikkate alınmadan bulunan değerlerdir. UUAP olarak belirtilen sütunlardaki değerler ise hedef yıllarda UUAP senaryosu elektrikli araç öngörüleri kapsamında hesaplanan elektrikli araç oranları nispetinde elde edilen değerlerdir. Bu oranlar yıllara göre değişmekte olup; 2029, 2035 ve 2053 hedef yılları için sırasıyla %13, %43 ve %70 şeklindedir. Şekil 3.57 ve Şekil 3.58'de bu oranlar kullanılarak hesaplanan CO emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerine ilişkin grafikler verilmiştir. Ayrıca her bir hedef yıl için verilen ortalama gecikme sürelerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Bu durum istasyondaki soket sayısının elektrikli araç talebini karşıladığını göstermektedir.



Şekil 3.57 Hedef Yıllara Ait Trafik Hacmi İle CO Emisyonu Salınımı İlişkisi



Şekil 3.58 Hedef Yıllara Ait Trafik Hacmi İle CO Emisyonu Salınımı İlişkisi (UUAP Artış Trendi Senaryosu)

Şekil 3.57 incelendiğinde, hedef yıllara göre trafik hacmi artarken, doğaya salınan CO emisyonu miktarının da artığı görülmektedir. Ancak Şekil 3.58'da incelenirse, 2035 yılından itibaren trafik hacminin artmasına karşın doğaya salınan CO emisyonu miktarının azaldığı görülmektedir. Bu durum, UUAP Artış Trendi Senaryosunda öngörülen elektrikli araç sayısındaki artıştan kaynaklanmaktadır.

4. BÖLÜM: BAKANLIK HİZMET ALANLARINDA ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

Mevcut durumda elektrikli araç sayısının analizi ile ülkemizde yer alan elektrikli araç şarj istasyonlarının sayısı ve konumları "Mevcut Durum Analizi Raporu" adıyla birinci rapor kapsamında sunulmuştur. "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu" adıyla sunulan ikinci raporda, mevcut durum ve projeksiyon yılları dikkate alınarak ihtiyaç duyulan elektrikli araç şarj talebi ve elektrikli araç şarj istasyonları hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu çalışmalar ile hazırlanan raporlar ve literatür taramasından elde edilen bilgiler kullanılarak "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" hazırlanmış olup elektrikli araç şarj istasyonlarının optimum konumlarda konumlandırılması amacıyla mevcut elektrikli araç şarj altyapısı analizleri yapılarak elektrikli araç şarj istasyonlarının yer seçim modeli hazırlanmıştır.

Tüm bu çalışmalar ve hazırlanan raporlar dikkate alınarak T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı hizmet alanlarında elektrikli araç şarj istasyon kapasitesinin belirlenmesi amacıyla sorumlu idareler ile görüşmeler yapılarak bilgilendirilmiş olup elde edilen veriler kullanılarak "T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı" sorumluluğunda bulunan karayolu ağı, demiryolu ağı, havaalanları, limanlar vb. alanlardaki elektrikli araç şarj istasyon ihtiyaçlarının belirlenmesi, bu rapor kapsamında çalışılarak sunulmuştur.

Elektrikli Araç Şarj İstasyon İhtiyaç Raporu:

- Giriş,
- Sorumlu İdareler ile Yapılan Görüşmeler,
- Yapılan Çalışmalar ve İhtiyaçların Belirlenmesi,
- Potansiyel Bakanlık Hizmet Alanlarında Elektrikli Araç Şarj Altyapısının Belirlenmesi,

başlıkları altında dört ana bölümde incelenmiştir.

Bu raporun ilk bölümünde elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyacı belirlenirken oluşturulan metodoloji ve rapor genelinde belirlenen akış yaklaşımı açıklanarak raporun genel kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlar ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen veriler ve ön değerlendirmeler hakkında bilgiler verilmiştir. Yapılan çalışmalar ve ihtiyaçların belirlenmesi bölümünde, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı sorumluluğunda bulunan tüm bu kuruluşlara

ait taşınmazlar özelinde elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyaçlarının belirlenmesi için kullanılan kriterler tespit edilerek sorumlu idarelerden elde edilen veriler ile tercih edilen kriterler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Benzer çalışma alanları için yapılan yurt içi ve yurt dışı örnek uygulamalar değerlendirmelere alınarak "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması Hizmet Alımı İşi" kapsamında daha önce hazırlanan ve "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" ile elektrikli araç şarj istasyonlarının yer seçiminin belirlenmesi için hazırlanmış olan simülasyon programı üzerinde yapılan değerlendirmeler ilişkilendirilerek sunulmuştur.

Potansiyel Bakanlık hizmet alanlarında elektrikli araç şarj altyapısının belirlenmesi bölümünde ise önceki bölümlerde yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler ve yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak, bakanlık sorumluluk alanlarında elektrikli araç şarj altyapısı belirlenmesi için uygunluk ve ihtiyaç değerlendirmeleri yapılmıştır.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlık sorumluluk alanlarında elektrikli araç şarj istasyon ihtiyacı ve kapasitesi belirlenirken öncelikle T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlık Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve diğer kurum/kuruluşlarına ait taşınmazlarda elektrikli araç şarj istasyon ihtiyacı için konum uygunlukları belirlenecektir. Konumların belirlenebilmesi için T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde bulunan Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlar bünyesinde olan Genel Müdürlükler, Başkanlıklar, Bölge Müdürlükleri, Bölge Liman Başkanlıkları ve Bağlı Liman Başkanlıkları, Ulusal Deniz Emniyeti Başkanlıkları ve Denizdibi Tarama Başmühendislikleri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, DHMİ Genel Müdürlüğü, Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü, TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü, TÜRASAŞ, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, PTT A.Ş. Genel Müdürlüğü, ve TÜRKSAT A.Ş. Genel Müdürlüğü' ne ait taşınmazlar (Genel müdürlük, bölge müdürlüğü, şube müdürlüğü, ek bina, sosyal tesis, misafirhane vb.) için gerekli bilgiler (Adres, Konum Koordinat Bilgisi, Personel Sayısı, otopark/bahçe araç kapasitesi vb.) kurum ve kuruluşlar ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilmiş olup bu bilgiler Bölüm 4.3.1'de detayları açıklanan karar verme yönteminde kullanılmıştır. Karar verme yöntemi, karar destek sistemi ve sezgisel değerlendirme (uzman teknik ekip görüşleri) olmak üzere iki aşamalı bir metot olarak uygulanmıştır. Geliştirilen yöntem için çalışmaları yürüten uzman ekip; elektrik elektronik mühendisliği, çevre mühendisliği, harita mühendisliği, inşaat mühendisliği ve yazılım mühendisliği disiplinleri bir araya getirilerek oluşturulmuş ve disiplinler arası bir çalışma yapılmıştır. Bakanlık hizmet alanlarında bulunan kuruluşlar ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen veriler

kullanılarak hazırlanmış olan ve Bölüm 4.1'de belirtilen bakanlık hizmet alanlarındaki kurum/kuruluşlara ait konumların elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu uygunlukları ve kapasiteleri Bölüm 4.2'de belirtilen kriterlere göre geliştirilen çoklu karar verme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İki aşamalı olarak geliştirilen karar verme yöntemi uygulanarak belirtilen kriterlere göre bakanlık hizmet alanları değerlendirilmiştir. Bakanlık hizmet alanlarındaki belirlenen uygun elektrikli araç şarj istasyonu yerleri, raporda Bölüm 4.3.3'te elektrikli araç şarj istasyonu kapasitelerinin değerlendirilmesi kapsamında karar verme yöntemi çıktısı olarak uygun görülen her bir farklı alan için şarj hızı, tipi, kapasitesi, ücreti, vb. parametreler yurt içi ve yurt dışı uygulamalar göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

"Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" işi kapsamında yürütülen "Elektrikli Araç Şarj İstasyon İhtiyaç Raporu" iş kalemi çalışmaları yürütülürken literatürde benzer projeler için geliştirilmiş çözümler ile yurtiçi ve yurtdışı örnek uygulamalar incelenerek çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmayı yürüten uzman mühendisler tarafından geliştirilen karar verme yöntemi Şekil 4.1'de gösterilen kurgu ile belirlenmiştir.

Şekil 4.1 Karar Verme Yöntemi Çalışma Aşamaları

Şekil 4.1'de aşamaları gösterilmiş olan karar verme yönteminin detayları Bölüm 4.3.1'de açıklanmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen bu yöntem ile T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı hizmet alanlarında elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyacı ve kapasitesi belirleme çalışmalarının yürütülmüştür. Bu kapsamda yapılan görüşmeler ve ilgili kurum ve kuruluşlar Bölüm 4.1'de açıklanmıştır.

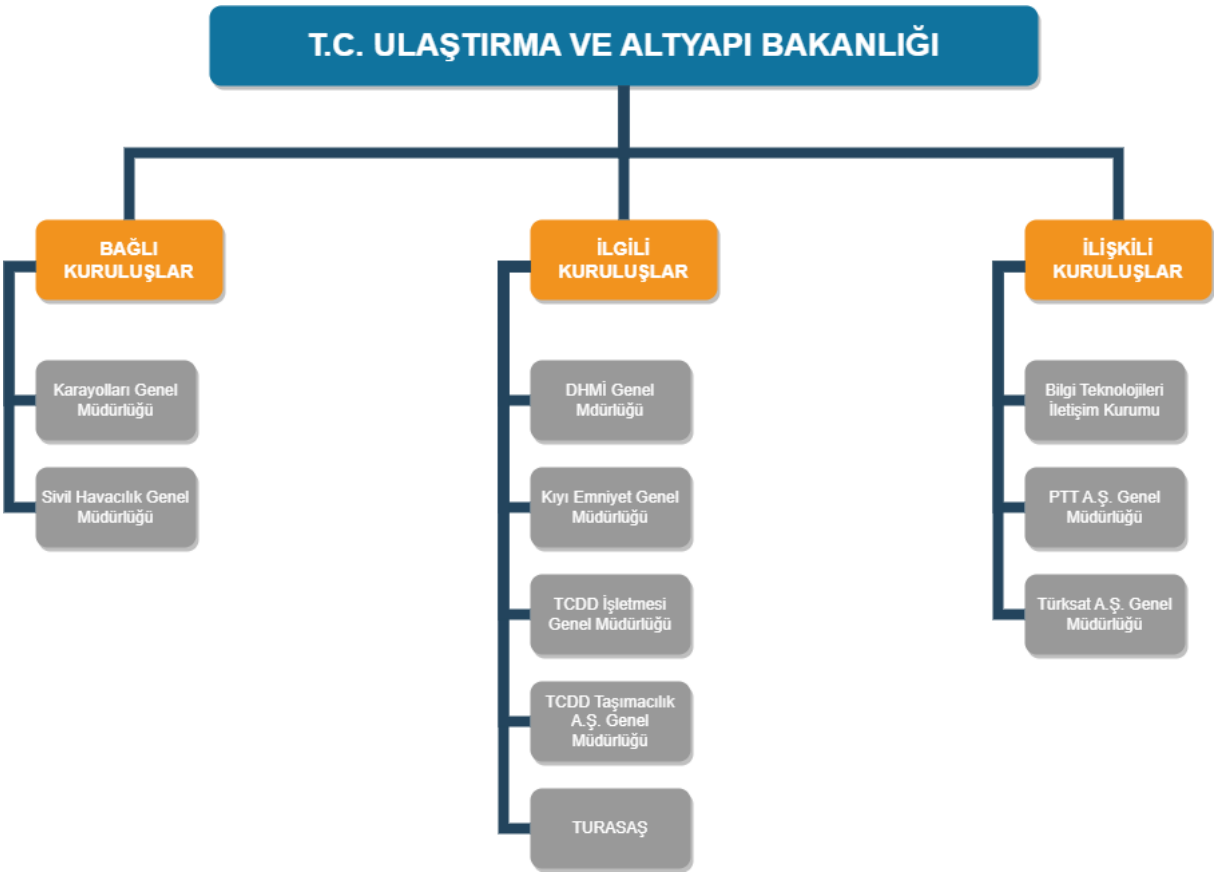
4.1 BAKANLIK BİRİMLERİ İLE YAPILAN GÖRÜŞMELER VE DEĞERLENDİRMELER

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde hizmet veren Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlar ile görüşmeler yapılarak bakanlık hizmet alanlarında bulunan kurum ve kuruluşlara ait taşınmazlarda elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyaç ve kapasitelerinin

belirlenmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Şekil 4.2'de çalışmanın yürütüldüğü T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı birimleri göstertilmektedir.

Şekil 4.2 T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Birimleri

Şekil 4.2'de görüldüğü üzere Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlar T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde hizmet yürüten birimleridir. Diğer Kuruluşlar olarak hizmet yürüten Bağlı/İlgili/İlişkili Kuruluşlar bünyelerinde birçok Kurum/Kuruluş bulundurduğu için ayrıca incelenmelidir.



Şekil 4.3 T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Diğer Kuruluşları

Şekil 4.3'te T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde Diğer Kuruluşlar olarak hizmet yürüten Karayolları Genel Müdürlüğü, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, DHMİ Genel Müdürlüğü, Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü, TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü, TÜRASAŞ, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, PTT A.Ş. Genel Müdürlüğü ve TÜRKSAT A.Ş. Genel Müdürlüğü gösterilmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen karar verme yöntemi kullanılarak bu birimlere ait taşınmazlarda elektrikli araç şarj istasyonu uygunluk ve kapasiteleri belirlenmiştir. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı sorumluluğunda bulunan Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlar olarak hizmet veren Genel Müdürlükler, Başkanlıklar, Bölge Müdürlükleri, Bölge Liman Başkanlıkları ve Bağlı Liman Başkanlıkları, Ulusal Deniz Emniyeti Başkanlığı ve Denizaltı Tarama Başmühendislikleri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, DHMİ Genel Müdürlüğü, Kıyı Emniyet Genel Müdürlüğü, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü, TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, TÜRASAŞ ve Türksat A.Ş. Genel Müdürlüğü kuruluşları ile görüşmeler yapılmış olup tüm bu kurum ve kuruluşlara, T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı ile TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. arasında imzalanan "Elektrikli Araç Şarj

İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması Hizmet Alımı İşi" kapsamında "Bakanlık hizmet Alanlarında Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Kapasitesinin Belirlenmesi" iş kalemi hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Bu iş dahilinde çalışılmış olan mevcut durum analizi ve elektrikli araç şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik yol haritası hakkında süreç anlatılarak ulusal politikalar, hedef projeksiyon ve yürütülen çalışmalar açıklanmıştır. Çalışman kapsamı ve amacı belirtilmiş olup farkındalığının anlaşılması için ülkemizde elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması ve gelecek projeksiyonun belirlenmesinde erişilebilir şarj istasyonlarının varlığının önemi açıklanmıştır. Ülkemizin, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde imzaladığı, 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile onayladığı ve 31621 sayılı resmî gazetede yayımlayarak yürürlüğü girdiği hatırlatılmıştır. Bu kapsamda Paris anlaşmasının yürürlüğe girmesini takiben ülkemiz "2053 Net Sıfır Emisyon" ve "2040 Sıfır Emisyonlu Araçlara Geçiş" hedefleri açıklanarak kuruluş ile bilgi paylaşılmıştır. Ayrıca mevcut ve gelecek ihtiyaçlar dikkate alınarak elektrikli araç şarj istasyon noktalarının bütünsel bir bakış açısıyla planlanması, araç şarj ihtiyacı için kat edilen mesafeyi optimum düzeyde tutarak gereksiz enerji tüketiminin düşürülmesi, karbon salınımının azaltılması ve geleneksel içten yanmalı motorlu araç kullanımından tamamen elektrikli araçlara geçiş yapma hedefleri hakkında bilgilendirmeler yapılmıştır.

Elektrikli araç şarj istasyonları, sürdürülebilir ulaşımın anahtar bileşenlerinden biridir ve dünya genelinde hem yurt içinde hem de yurt dışında hızla gelişen bir alandır. Bu şarj istasyonları, karayolları, limanlar, havaalanları, tren garları ve kamu binaları gibi çeşitli yerlerde kurularak elektrikli araçların daha yaygın ve etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Yurt İçi Örnekler:

Karayolları: Türkiye'de, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen projelerle birlikte, otoyol güzergahlarında ve büyükşehirlerde elektrikli araç şarj istasyonları hızla yaygınlaşmaktadır. Örneğin, İstanbul-Ankara otoyolu üzerindeki dinlenme tesisleri ve yol kenarlarındaki şarj istasyonları, uzun yolculuk yapan sürücüler için önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Limanlar: İstanbul ve İzmir gibi büyük limanlar, liman içinde elektrikli araç şarj istasyonlarına yer vermesi halinde, liman tesislerinde çevre dostu taşımacılığı desteklemiş olacaktır. Bu, hem

liman işletmecileri hem de limanı kullanan taşımacılık şirketleri için sürdürülebilir bir çözüm olacaktır.

Tren Garları: Büyükşehirlerdeki tren garları, iç ve dış hat tren istasyonları, elektrikli araç sahiplerine yönelik şarj imkanları sunarak sürdürülebilir ulaşımı desteklemelidir. İnsan yoğunluğunun üst düzeylerde olduğu istasyonlarda elektrikli araç şarj istasyonu olması sürdürülebilir ulaşım için bir gerekliliktir. Ancak Türkiye'de tren istasyon yerleşkelerinde elektrikli araç şarj istasyonlarının olmadığını gören firmalar yüksek kapasiteyi kullanmak için tren istasyonlarının çevresine kurulum yapmayı tercih etmektedirler. Örneğin, Ankara Garı çevresinde ve İstanbul Sirkeci Garı çevresinde gibi önemli istasyonların çevrelerinde elektrikli araç şarj noktaları bulunmaktadır.

Yurt Dışı Örnekler:

Karayolları: Norveç, Almanya, Hollanda gibi ülkeler, otoyollar üzerinde geniş bir elektrikli araç şarj istasyonu ağına sahiptir. Özellikle Norveç, elektrikli araç sahiplerine özel şeritler ve ücretsiz şarj imkanları sunan birçok otoyola sahiptir.

Limanlar: Hollanda'nın Rotterdam Limanı, sadece liman içinde değil, çevresindeki bölgelerde de elektrikli araç şarj altyapısını genişletmiştir. Bu, liman trafiğinde çevre dostu bir taşıma sistemini teşvik etmektedir.

Havaalanları: İngiltere'deki Heathrow Havalimanı gibi büyük havaalanları, terminal binalarında ve otopark alanlarında elektrikli araç şarj istasyonlarına sahiptir. Bu tesisler genellikle farklı şarj hızlarına ve şarj tiplerine uygun istasyonları içermektedir.

Tren Garları: Almanya'nın Frankfurt ve Münih gibi büyük tren istasyonları hem şehir içi hem de uzun mesafe tren yolcularına yönelik elektrikli araç şarj imkanları sunmaktadır.

Kamu Binaları: Avusturya ve İsveç gibi ülkelerde, şehir merkezlerindeki kamu binaları ve otoparklar, elektrikli araç şarj istasyonlarına ev sahipliği yapmaktadır. Bu istasyonlar genellikle şehir içi ulaşımı teşvik etmek ve çevre dostu hareketliliği desteklemek amacıyla konumlandırılmaktadır.

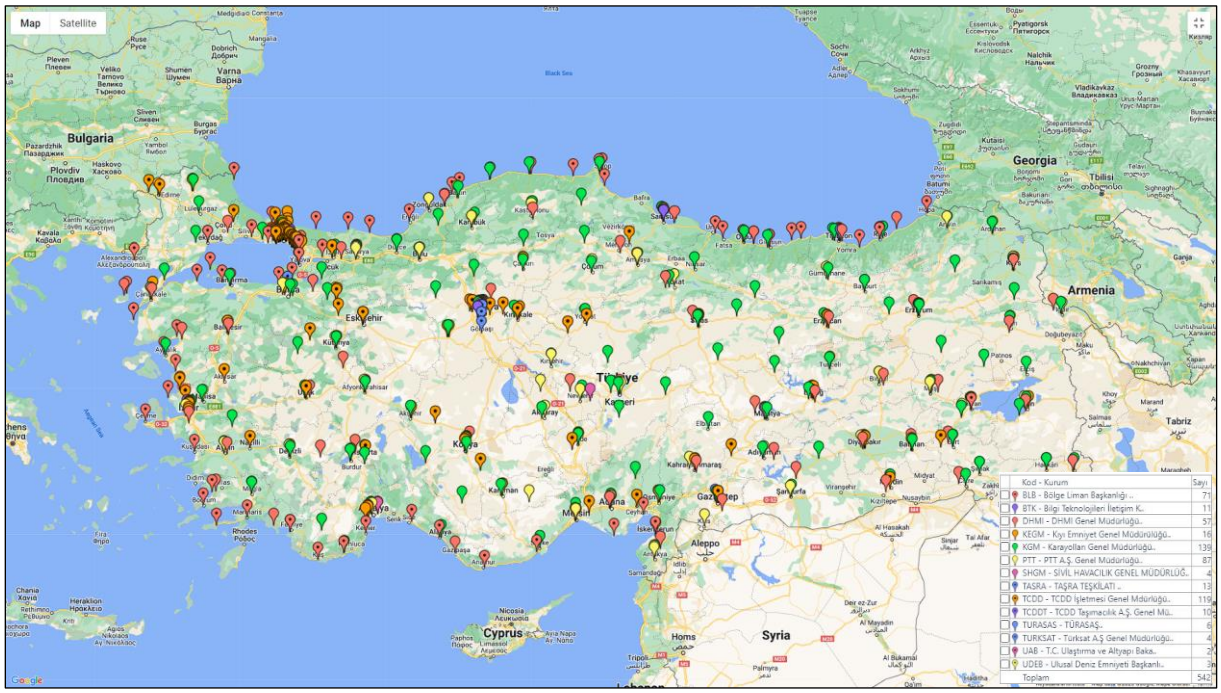
Hız, Tip ve Kapasite: Elektrikli araç şarj istasyonlarının hızları genellikle hızlı şarj (50 kW'dan fazla) ve süper hızlı şarj (150 kW ve üzeri) olarak kategorize edilir. Şarj istasyonlarının tipi genellikle AC (alternatif akım) ve DC (doğru akım) olarak ayrılır. Kapasiteleri ise düşük (20-50 kWh), orta (50-100 kWh) ve yüksek (100 kWh ve üzeri) olarak farklılık gösterir.

Örneğin, Tesla Supercharger istasyonları süper hızlı şarj sağlar (120 kW ila 250 kW), genellikle DC tipindedir ve yüksek kapasiteye sahiptir. IONITY ise Avrupa genelinde hızlı şarj istasyonları sunar (150 kW ila 350 kW), genellikle DC tipindedir ve yüksek kapasiteye sahiptir.

AC şarj istasyonları genellikle şehir içindeki park alanları veya alışveriş merkezleri gibi yerlerde bulunur ve genellikle orta kapasiteye sahiptir (7 kW ila 22 kW). EVBox gibi şarj altyapı sağlayıcıları hem AC hem de DC şarj istasyonları sunarak geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmektedir.

Bu örnekler, elektrikli araç şarj altyapısının çeşitli alanlarda nasıl geliştiğini ve farklı özelliklere sahip istasyonları nasıl içerdiğini göstermektedir.

Bakanlık sorumluluğunda bulunan karayolu ağı, demiryolu ağı, havaalanları, limanlar vb. konumlarda elektrikli araç şarj istasyonları ihtiyaçlarına yönelik yapılacak çalışmada kullanılmak üzere yukarıda adı geçen tüm bu kuruluşlardan varlıklarında bulunan genel müdürlük, bölge müdürlükleri, il/ilçe müdürlükleri, hizmet binaları, ek hizmet binaları ve kuruluşa ait taşınmazlar hakkında adres, iletişim, personel sayısı, taşınmaz cinsi, otopark kapasitesi, otopark/taşınmaz konumu, otopark/taşınmaz alanı ve günlük araç giriş/çıkış sayısı bilgilerine ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir. Kuruluşlardan talep edilen bu veriler bazı kuruluşlara ait birimler tarafından eksik olarak paylaşıldığı için çalışma kapsamında belirlenen yöntemler her birim için tam olarak uygulanmamıştır. Ancak elde edilen veriler rapor kapsamında açıklanan karar verme yöntemi çalışmalarımızı aksatmayacak yeterliliği sağlanmış olduğundan çalışma metodolojisi bozulmadan yürütülmüştür. Elde edilen veriler incelenerek ön değerlendirme çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda elde edilen veriler kategorilere göre ön değerlendirmeye tabi tutulmuş olup kuruluşlardan gelen varlıklarındaki bazı konumlarda ön eleme yapılarak çalışma yürütülmüştür. Ön eleme değerlendirmesinde kuruluşlara ait alanlar harita üzerinde teknik, jeolojik, ekonomik, çevresel ve altyapısal durumlar açısından uzman mühendisler tarafından incelenmiştir. Bu süreç kapsamında ön değerlendirme aşamasında elenen konumlar çıkarılarak ön değerlendirme aşamasında yeterli gereklilikleri sağlayan alanlar bu çalışma kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Bakanlık hizmet alanlarında bulunan kuruluşlara ait taşınmazlardan değerlendirmeye alınan genel müdürlük, bölge müdürlüğü, şube müdürlüğü, ek bina, sosyal tesis, misafirhane vb. konumlar harita üzerinde Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4 Değerlendirmeye Alınan Bakanlık Hizmet Alanları Konumları

Şekil 4.4'te harita üzerinde gösterilen bakanlık hizmet alanlarının her birimi için farklı bir renkte simge kullanılmıştır. Harita üzerinde görülen simgelerin lejant çizelgesi bakanlık bünyesinde hizmet veren her bir birim için kaç adet konumun değerlendirmeye alındığını gösterir. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı sorumluluğunda bulunan kuruluşlar için ön değerlendirme aşamasında herhangi bir olumsuzluk görülmeyen Merkez Teşkilatına ait 2 adet taşınmaz , Taşra Teşkilatı'na ait 13 adet taşınmaz , Bölge Liman Başkanlıklarına ait 71 adet taşınmaz, Ulusal Deniz Emniyeti Başkanlığına ait 3 adet taşınmaz, Karayolları Genel Müdürlüğüne ait 139 adet taşınmaz, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğüne ait 4 adet taşınmaz, DHMİ Genel Müdürlüğüne ait 57 adet taşınmaz, Kıyı Emniyet Genel Müdürlüğüne ait 16 adet taşınmaz, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğüne ait 119 adet taşınmaz, TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğüne ait 10 adet taşınmaz, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumuna ait 11 adet taşınmaz, TÜRASAŞ 'a ait 6 adet taşınmaz ve Türksat A.Ş. Genel Müdürlüğüne ait 4 adet taşınmaz olmak üzere toplamda 542 adet taşınmaz rapor kapsamında açıklanan ve bakanlık hizmet alanlarında elektrikli araç şarj istasyonlarının belirlenmesi için geliştirilen karar verme yöntemi kullanılarak değerlendirmeye alınmıştır. Bu çalışma sonucunda ön değerlendirme aşamasından geçen Merkez Teşkilatına ait 2 adet taşınmaz , Taşra Teşkilatı'na ait 13 adet taşınmaz , Bölge Liman Başkanlıklarına ait 34 adet taşınmaz, Ulusal Deniz Emniyeti Başkanlığına ait 3 adet taşınmaz, Karayolları Genel Müdürlüğüne ait 120 adet taşınmaz, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğüne ait 4 adet taşınmaz, DHMİ Genel Müdürlüğüne ait 49 adet

taşınmaz, Kıyı Emniyet Genel Müdürlüğüne ait 10 adet taşınmaz, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğüne ait 114 adet taşınmaz, TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğüne ait 10 adet taşınmaz, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumuna ait 10 adet taşınmaz, TÜRASAŞ 'a ait 6 adet taşınmaz ve Türksat A.Ş. Genel Müdürlüğüne ait 4 adet taşınmaz olmak üzere toplamda 449 adet taşınmaz şarj istasyonu kurulumu için uygun bulunmuştur. Ön değerlendirmeyi geçen taşınmazlar ve şarj istasyonu kurulumuna uygun bulunan taşınmazlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Ön Değerlendirmeyi Geçen Taşınmazlar

Kuruluşlar	Taşınmaz Sayısı	Şarj İstasyonu Kurulumuna Uygun Taşınmaz Sayısı
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Merkez Teşkilatı	2	2
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Taşra Teşkilatı	13	13
Bölge Liman Başkanlıkları	71	59
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Başkanlığı	11	10
Devlet Hava Meydanları İşletmesi	57	49
Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü	16	10
Karayolları Genel Müdürlüğü	139	120
Posta ve Telgraf Teşkilatı	87	45
Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü	4	4
Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları	119	114
TCDD Taşımacılık A.Ş.	10	10

Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş.	6	6
Türksat A.Ş Genel Müdürlüğü	4	4
Ulusal Deniz Emniyeti Başkanlığı	3	3
Toplam	542	449

Bu değerlendirme sürecinde alanların uygunluğunun ve şarj kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi için geliştirilen karar verme yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak geliştirilmiş iki aşamalı bir yöntem olarak belirlenmiştir. Geliştirilen karar verme yöntemi ile değerlendirmeye tabi tutularak elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için uygunluk ve kapasiteleri Bölüm 4.2'de belirlenen kriterlere göre Bölüm 4.3'te geliştirilen karar verme yöntemi ile belirlenmiştir.

4.2 ALANLARIN UYGUNLUĞUNUN VE İHTİYAÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlık hizmet alanlarında bulunan kurum/kuruluşlara ait taşınmazlarda kurulması düşünülen elektrikli araç şarj istasyonlarının planlamasında, kuruluşlara ait alanların elektrikli araç şarj istasyonu açısından öncelikle uygunlukları değerlendirilecek ve sonrasında uygun görülen alanlar için elektrikli araç şarj ihtiyacı belirlenecektir. Kuruluşlara ait taşınmazların elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından uygunluklarının belirlenmesi için geliştirilen karar verme yönteminin birinci aşamasında karar destek sistemi kullanılacak, ikinci aşamasında uzman ekipler tarafından sezgisel değerlendirmeleri gerçekleştirilecek ve nihai uygun alanlar bu iki değerlendirmeden elde edilen çıktılar ağırlıklandırılarak belirlenecektir. Bakanlık hizmet alanlarında bulunan kuruluşların kamuya açık olarak hizmet verebilecek durumda olması sayesinde elektrikli araç şarj istasyonları konumları için Türkiye genelinde optimizasyon sağlanmış olacaktır. Böylece elektrikli araç ve alternatif yakıtlı araçlar teşvik edilmiş olacak ve elektrikli araç sahiplerine daha stabil yolculuk imkanları sunulmuş olacaktır. Uygun alanların belirlenmesinde farklı birçok amaç ve hedef parametrelerinin etkileri göz önünde bulundurularak değerlendirmeler yapılmıştır. Literatürde benzer problemler için geliştirilmiş birçok çözüm uygulamalarında amaca yönelik uygun alanların belirlenmesi için karar destek sistemleri ve mekânsal analiz

yöntemleri geliştirilmiştir. Burada ele aldığımız problem, literatürde sıkça karşılaşılan bu tür problemlerden ve "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" çalışmalarında var olan problemden farklıdır. "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" çalışmalarında geliştirilen çözüm metodolojisi ülke genelinde mevcut haritada potansiyel elektrikli araç şarj istasyonu noktalarını belirlemektedir. Literatürde geliştirilen birçok model de aynı probleme çözüm sunacak şekilde geliştirilmiştir. Ancak bu çalışmada ele aldığımız problemin, mevcut konumun elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından mekânsal uygunluğunun ve kapasitesinin değerlendirilmesi olduğu belirlenmiştir. Literatürde benzer problemlere geliştirilen çözümler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda çözüm yöntemlerimizin de farklı olmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Mevcut konumların mekânsal analiz çalışmaları ile amaca yönelik alan belirleme mekânsal analizlerinin farklılıkları çözüm yöntemlerinde farklılıklara sebebiyet vermektedir. Bu rapor kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda mevcut konumlara elektrikli araç şarj istasyonu kurulumlarının mekânsal uygunluklarının belirlenmesi için bu çalışmaya özgü yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bölüm 4.3.1'de açıklanan karar verme yöntemi kullanılarak, bakanlık hizmet alanlarında kurulması planlanan elektrikli araç şarj istasyonu alanlarının uygunluklarının ve kapasitelerinin belirlenmesi için karar verme yöntemi sırasıyla karar destek sistemi aşaması ve sezgisel değerlendirme aşaması olarak uygulanacaktır. Bu sayede çıktıların kararlılık ve doğruluklarının yüksek olması hedeflenmiş ve sağlanmış olacaktır. Bu kapsamda geliştirilen yöntem için belirlenen ve uygulanan kriterler Bölüm 4.2.1'de açıklanmıştır.

4.2.1 Alanların Uygunluğunun ve İhtiyaç Duyulan Kapasitelerinin Belirlenmesi İçin Uygulanacak Kriterler

Elektrikli araç şarj istasyonlarının en doğru konumlarda kurulumunun belirlenmesi için "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" işi kapsamında hazırlanan mevcut durum analizi raporunda belirtilen ülkemizdeki mevcut elektrikli araç ve elektrikli araç şarj istasyonlarının varlıkları ve ulusal politikalar bu rapor kapsamında çalışılacak olan bakanlık hizmet alanlarındaki elektrikli araç şarj istasyonları alanlarının belirlenmesinde rol oynamıştır. Mevcut elektrikli araç kullanıcılarına hizmet veren elektrikli araç şarj istasyonların artışının ve potansiyel elektrikli araç kullanıcılarını etkileyeceği düşünülen ulusal ve uluslararası politikaların ülkemizdeki ve dünyadaki gelecek projeksiyon yıllar için elektrikli araç sahiplenme ve kullanım oranını

arttıracağı öngörüldüğünden, bu aşamada bakanlık bağlı/ilgili/ilişkili kuruluşlara ait alanların uygunluğunun ve kapasitelerin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemi ve coğrafi bilgi sistemi üzerinde mesafe analizlerinin yapılarak çalışmaların yapılmasına karar verilmiştir. "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu" ile belirlenen şarj talep ve arzları; 2053 UUAP artış trendi, dünya geneli artış trendi, küresel ısınma ve sıfır emisyon hedefi senaryolarına göre hesaplanmış ve elektrikli araç şarj istasyonu projeksiyonu raporu çalışmalarında kıyaslanarak belirtilmiştir. Bu sayede elektrikli araçların ihtiyaç duyacağı talep gücü ve soket sayıları ilgili raporda açıklanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" çalışmaları ile ülkemizde bulunan elektrikli araç şarj istasyonlarına ilişkin altyapı analizleri gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda elektrikli araç şarj istasyonları kurulmadan önce mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarının mekânsal analizi ve potansiyel elektrikli araç şarj istasyonlarının mekânsal analizleri ile altyapı analizlerinin yapılması çalışmaları açıklanmıştır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının mekânsal analizi, ülkemiz genelinde elektrikli araç şarj istasyonu projeksiyonu oluşturulması amacı ile çalışılmış ve ülkemizde elektrikli araç şarj istasyonları için en uygun alanların belirlenmesinde kullanılmıştır. Mekânsal analiz kapsamında belirlenmiş olan bölgesel elektrikli araç sayısı, elektrikli araç ve şarj istasyonu kullanım yoğunluğu, yol ağının yoğunluğu, bölgesel nüfus dağılımı ve diğer faktörlerin değerlendirilmesi kriter olarak Bölüm 4.3.1'de ikinci aşama olan sezgisel karar çıktılarının oluşturulması aşamasında göz önünde bulundurulacaktır.

"Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" çalışmalarında elektrikli araç şarj istasyonları için bir projeksiyon oluşturulmuştur. Gelecek projeksiyon yıllar için "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu" ile elde edilen bilgiler ve mevcut elektrikli araç şarj istasyonu konumları dikkate alınarak öneri elektrikli araç şarj istasyonları belirlenmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan elde edilen bilgi ve çıktılar bakanlık hizmet alanlarındaki alanların elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından uygunluklarını belirlerken dikkate alınmıştır. Elektrikli araç şarj istasyonu için uygun alanların belirlenmesinde birçok parametre değerlendirilmiştir. Değerlendirme parametreleri Bölüm 4.3.1'de açıklanan karar verme yönteminin tüm değerlendirme süreçlerine etki edecek şekilde kullanılmıştır. Bu sayede elektrikli araç şarj istasyonlarının en uygun yerlere konumlandırılması sağlanmış ve bakanlık hizmet alanlarındaki kuruluşlarda elektrikli araç sahiplerinin ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun kapasiteler belirlenmiştir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri, birden fazla alternatifin çok sayıda kriter altında değerlendirilmesi ve en iyi alternatif ya da alternatiflerin seçilmesi ihtiyacında kullanılan bir

yöntemdir [110] . Bu tür problemlerde AHP, VİKOR, ELECTREE, TOPSIS gibi çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır [111].

Yapılan literatür araştırmaları ve mevcut uygulamalardan elde edilen deneyimler, bu çalışma yönteminin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Ayrıca, karar verme yöntemi için seçilen kriterler, daha önceki çalışmalar ve alan çalışmaları ile belirlenmiş ve her bir kriter için şarj istasyonlarının mekansal uygunluğunu belirleme çalışmaları yapılmıştır [112] . Bu kriterler arasında, elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu için alan uygunluk kriterleri ve kapasite belirleme kriterleri yer almaktadır.

AHP, çok kriterli karar verme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılanlardan biridir [112]. Elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi gibi karmaşık karar verme problemlerini ele almak için özellikle uygundur. AHP'nin esnekliği, karmaşık karar problemlerini yapısallaştırma ve analiz etme yeteneği, araştırmacıların ve karar vericilerin ilgisini çekmektedir. AHP, farklı alternatiflerin ve kriterlerin karşılaştırılmasını sağlar ve tutarlılık kontrolünü ve içsel geçerliliği sağlamak için yapısal bir çerçeve sunar [112]. Ayrıca, subjektif değerlendirmelere dayalı kararlar alınmasına da olanak tanır ve farklı uzmanların veya paydaşların görüşlerini dikkate alabilir [113]. AHP, VİKOR, ELECTREE ve TOPSIS, çok kriterli karar verme (MCDM) alanında yaygın olarak kullanılan dört yöntemdir. Bu yöntemler, birden fazla kritere göre karar verilmesi gereken durumlarda, karar vericinin en iyi alternatifi seçmesine yardımcı olur.

AHP, 1971 yılında Saaty tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem, karar kriterleri ve alternatifler arasında hiyerarşik bir yapı oluşturarak karar vericinin kriterlerin önem derecesini ve alternatiflerin performansını belirlemesine yardımcı olur.

VİKOR, 1982 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem, alternatiflerin performansını kriterlerin önem derecesine göre karşılaştırarak, karar vericinin en iyi alternatifi seçmesine yardımcı olur.

ELECTREE, 1971 yılında Roy tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem, alternatiflerin performansını kriterlerin önem derecesine göre karşılaştırarak, karar vericinin en iyi alternatifi seçmesine yardımcı olur.

TOPSIS, en yakın alternatif (nearest-to-ideal) ve en uzak alternatif (farthest-from-ideal) kavramlarını kullanarak karar vericinin en iyi alternatifi seçmesine yardımcı olan bir yöntemdir [111].

Literatür incelendiğinde, AHP yönteminin diğer yöntemlere göre daha yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri şunlardır:

AHP yöntemi, basit, anlaşılır ve performanslı bir yapıya sahiptir. AHP yöntemi, karar vericinin kriterlerin önem derecesini ve alternatiflerin performansını kolayca belirlemesine yardımcı olur.

VİKOR yöntemi, AHP yöntemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Ayrıca VİKOR yöntemi yüksek veri girdisinde veriler arası etkileşim için stabilizasyon sorunları çıkarabilmektedir. Bu nedenle, VİKOR yöntemi, AHP yöntemine göre daha az kullanılmaktadır. ELECTREE ve TOPSIS yöntemleri, AHP yöntemine göre daha basit bir yapıya sahiptir. Ancak, AHP yöntemine göre daha az esnektirler. Bu nedenle, ELECTREE ve TOPSIS yöntemleri, genellikle AHP yönteminin kullanılamadığı durumlarda kullanılmaktadır.

AHP yöntemi, farklı kriter tipleri için kullanılabilir. Literatürde, mevcut alanların elektro mobilite (elektrikli bisiklet, scooter vb.), araç paylaşım noktaları, elektrikli araç şarj istasyonları, akaryakıt istasyonları vb. çalışmalarda kurulum planlanan alanların uygunlukları ve kapasiteleri belirlenirken genellikle aşağıdaki parametreler değerlendirmelere alınmıştır.

Yoğun Trafikli Alanlar: Elektrikli araç sahiplerinin yoğun olarak kullandığı bölgelerde şarj istasyonları kurmak, talebe cevap vermek açısından önemlidir. Büyükşehirler, alışveriş merkezleri, iş merkezleri ve turistik bölgeler gibi yoğun trafiğe sahip alanlar öncelikli olarak düşünülebilir [114].

Uzun Mesafe Yol Rotaları: Elektrikli araç sahiplerinin şehirler arası yolculuklarında kullanabilecekleri şarj istasyonları, uzun mesafe yol rotalarında stratejik bir şekilde konumlandırılmalıdır. Ana otoyol güzergahları, transit noktalar ve otoyol çıkışları gibi yerler bu noktada önemlidir [115].

Otoparklar ve Alışveriş Merkezleri: Araç sahiplerinin araçlarını park ettikleri otoparklar ve alışveriş merkezleri, elektrikli araç sahiplerine kolaylık sağlayan şarj istasyonlarına ev sahipliği yapabilir. Bu tür yerlerde araç sahiplerinin uzun süreli beklemeleri veya alışveriş yapmaları elektrikli araçlarını şarj etmeleri için fırsatlar sunulabilir [116].

Kamu Hizmet Binaları: Elektrikli araç şarj istasyonları, kamu hizmeti veren binaların çevresine konumlandırılabilir. Hastaneler, belediye binaları, üniversiteler ve hükümet kurumları gibi yerlerde şarj istasyonlarına ihtiyaç duyulabilir [117].

Toplu Ulaşım İstasyonları: Otobüs terminalleri, tren istasyonları ve metrolar gibi toplu taşıma noktaları yakınında şarj istasyonları bulunması, elektrikli araç kullanıcılarına bütünleşmiş bir ulaşım deneyimi sunar. Bu şekilde toplu taşıma kullanıcıları da elektrikli araçlara geçmeye teşvik edilebilir [118].

Turistik ve Rekreasyon Alanları: Turistik bölgeler, plajlar, milli parklar ve tatil köyleri gibi rekreasyon alanlarında da elektrikli araç şarj istasyonları bulunması turistler ve yerli halk için önemlidir. Bu şekilde turizm sektöründe çevre dostu bir seçenek sunulabilir [119].

Kentsel Planlama: Şehirlerin kentsel planlaması ve büyüme projeksiyonları da dikkate alınmalıdır. Gelecekteki konut, sosyal donatı alanları, altyapı ve iş merkezi projeleri göz önüne alınarak, gelecekteki nüfus yoğunluğunu ve talebi tahmin etmek önemlidir. Bu bilgiler, şarj istasyonlarının stratejik olarak kurulması için kullanılabilir [120].

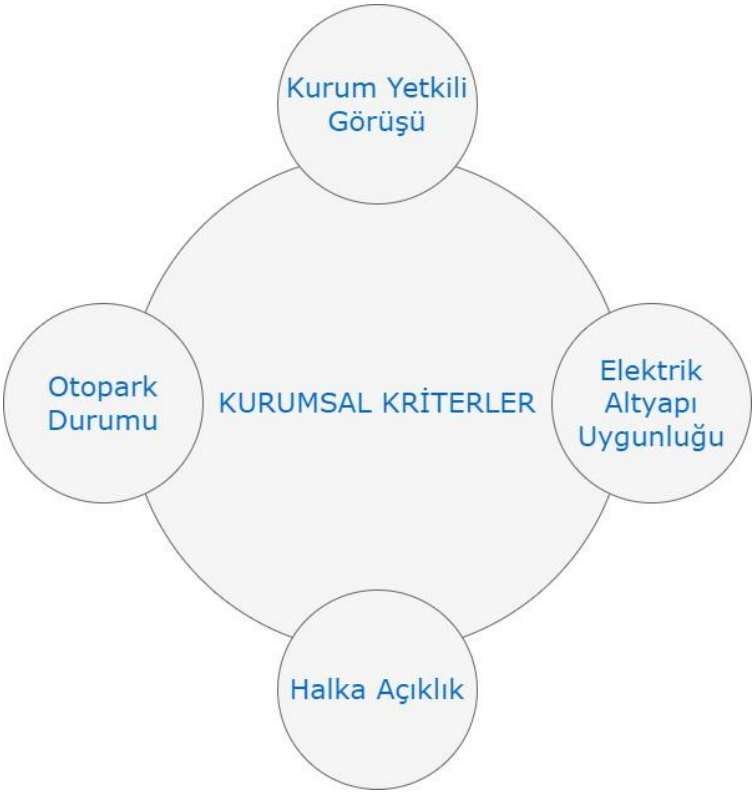
Coğrafi Dağılım: Elektrikli araç şarj istasyonlarının coğrafi olarak dengeli bir şekilde dağıtılması önemlidir. İlleri ve ilçeleri temsil eden bir harita üzerinde potansiyel konumları işaretlemek ve bölgeler arasında eşitlik sağlamak için analiz yapmak faydalı olacaktır [121].

Altyapı ve Elektrik Bağlantısı: Şarj istasyonlarının kurulacağı konumlarda elektrik altyapısı, güç kaynağı ve bağlantı olanakları dikkate alınmalıdır. Elektrikli araçların hızlı ve güvenilir bir şekilde şarj edilmesi için yeterli enerji kaynağına sahip olmak önemlidir [122].

Veri Analizi: Elektrikli araç kullanımı, şarj talepleri ve mevcut şarj noktalarıyla ilgili verilerin analizi, potansiyel konumları belirlemek için değerli bir araç olabilir. Bu veriler, mevcut talep ve kullanım desenlerini anlamak, eksiklikleri tespit etmek ve yeni şarj istasyonları için öncelikli bölgeleri belirlemek açısından yardımcı olabilir [123].

Tüm bu kriterler göz önünde bulundurularak, bakanlık hizmet alanlarındaki kuruluşlara ait taşınmazlarda elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulması için en uygun konumların belirlenebileceği ve böylece Türkiye genelinde etkili bir elektrikli araç şarj altyapısı oluşturulabileceği ön görülmüştür. Ancak literatürde ağırlıklı olarak kullanılan bu kriterlerin bu çalışma kapsamında geliştirilen karar verme yöntemine entegre edilerek yeni bir metodoloji geliştirilmesi, ele alınan projeksiyon ve problem açısından daha uygun görülmüştür. Bu çalışma kapsamında kamusal alanların değerlendirmeye tabi tutulacak olması sebebi ile genel olarak kullanılan bu kriterlere ilave olarak yeni kriterler eklenmiş ve geliştirilmiş olan karar verme yöntemi iki aşamalı olacak şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen bu karar verme yöntemi karar

destek sistemi ve sezgisel karar verme alt yöntemlerini kapsamaktadır. Bölüm 4.2'de belirtildiği gibi bakanlık kuruluşlarından toplanan veriler geliştirilen karar verme yöntemi dahilinde her iki aşamada da kullanılmıştır. Bu yöntem içerisinde kullanılmak üzere kriterler literatürde kullanılan genel kriterler geliştirilerek ve detaylandırılarak ayrıştırılmış ve ayıklanmıştır.



Şekil 4.5 Kurumsal Kriterler

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi belirlenmiş olan kurumsal kriterler gösterilmektedir. Alanların uygunlukları değerlendirilirken bu kriterlerin değerlendirmelere dahil edilmesi karar çıktılarının tutarlılığını ve doğruluğunu arttıracaktır. Bakanlık Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlar ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen veriler ile alanların yol ile bağlantıları yukarıda açıklanan kriterler çerçevesinde değerlendirmelere alınmıştır. Benzer şekilde değerlendirmeye tabi tutulan alanların otopark varlığı, otopark araç kapasitesi, halka açıklık durumu, elektrik altyapı uygunluğu gibi durumların kriter olarak belirlenmesi gerekliliği kabul edilerek kurumsal kriterler olarak belirlenmiştir.

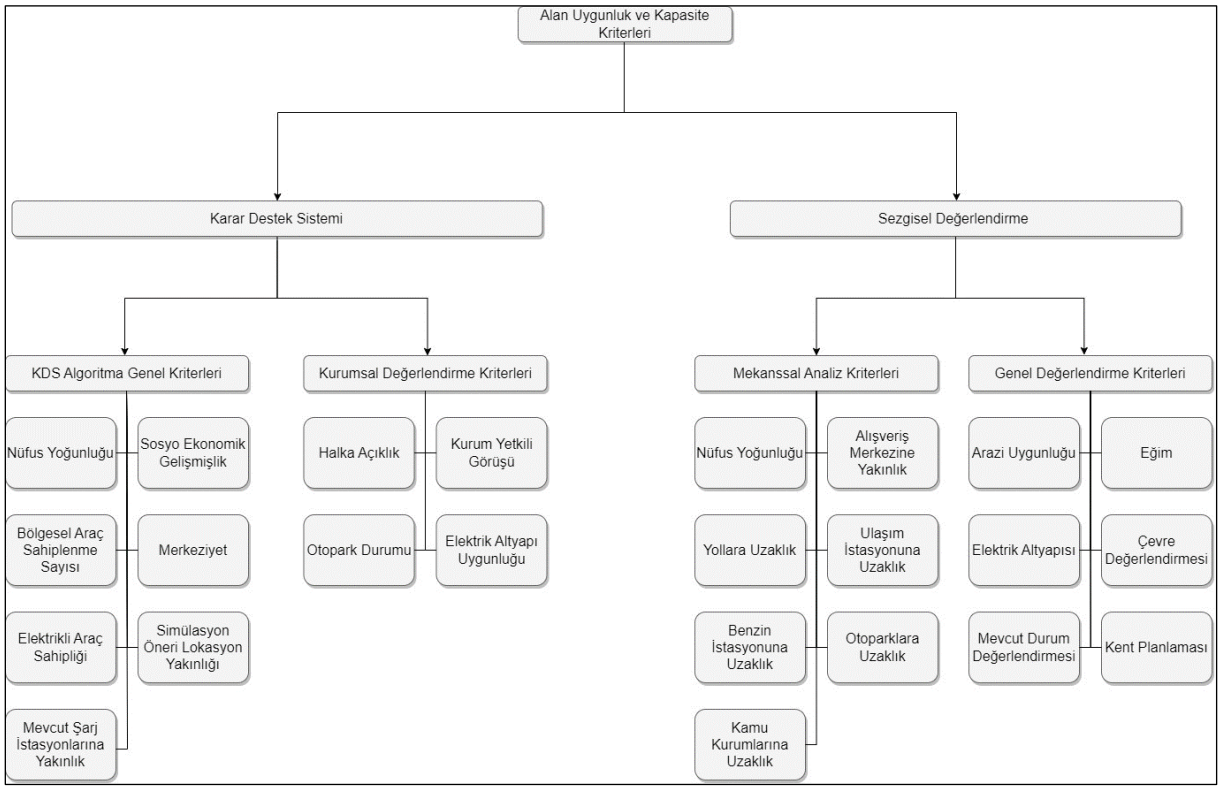
Ele alınan problem için belirlenmiş olan ve rapor kapsamında açıklamaları yapılmış olan karar destek sisteminde kullanılması için belirlenen genel kriterler, literatürde benzer problemler için geliştirilmiş çözümlerden elde edilen bilgiler ve geliştirmeler ile seçilerek Şekil 4.6'da verilmiştir.

Şekil 4.6 Karar Destek Sistemi Algoritması Genel Kriterleri

Bu çalışma kapsamında geliştirdiğimiz karar yöntemi metodunun birinci adımında kullanılacak olan karar destek sisteminin genel kriterleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Karar destek sistemleri benzer problemlerde çok kriterli karar verme yöntemleri olarak sıkça kullanıldığından literatürde genel olarak kabul görmüş genel kriterler vardır. Bu kriterler herhangi bir konumun belirli bir amaç için yatırım uygunluğu, verimliliği, arz talep faktörü hesaplaması gibi farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu çalışmada kuruluşlara ait konumların elektrikli araç şarj istasyonu açısından uygunluklarını belirlemek için kuruluşlara ait alanların bağlı oldukları il, ilçe nüfus yoğunlukları, sosyoekonomik gelişmişlik, merkeziyet, simülasyon öneri konum yakınlığı, yıllara sâri elektrikli araç sahipliği ve bölgesel araç sahipliği karar destek sistemi genel kriterleri olarak kullanılmıştır. Karar destek sistemi için belirlenen kriterler literatürde benzer çalışmalarda belirlenen kriterler geliştirilerek seçilmiştir. Kuruluşa ait alanın bağlı olduğu il/ilçe nüfus yoğunluğunun elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu değerlendirilmesinde etkin bir rol üstlendiği geliştirilen modelde kabul edilmiştir. Yatırımın uygunluğunu belirlemede, yenilikçi teknolojilere geçişteki hız ve gelişim esnekliği, il ve ilçelerin maddi durumu gelişme seviyesi gibi faktörlerin rolü, il/ilçe sosyo-ekonomik gelişmişlik kriteri

üzerinde etkili olmuştur. Kuruluşlara ait alanların bağlı oldukları il ve ilçede otomobil sahiplenme oranının araç talebinde olan rağbete ve elektrikli araçlara geçiş oranına direkt olarak etkisi olacağından yine bu çalışma kapsamında bölgesel araç sahipliği ve elektrikli araç sahipliği karar destek sisteminin kriterleri olarak seçilmiştir. "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" kapsamında hazırlanan ve çalıştırılan simülasyon programının çıktılarından hareketle belirlenen öneri şarj istasyonu konumlarına olan yakınlık uzaklık ilişkisi bu çalışmada geliştirilen karar destek sistemi için başka bir kriter olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışılan tüm bu alanların mevcut durumda kurulumu tamamlanarak hizmete alınmış elektrikli araç şarj istasyonları ile mesafe analizleri yapılarak bu analiz sonucu elde edilen mesafe çıktıları çalışma kapsamında belirlenen alan uygunluk, öncelik ve kapasitelerin belirlenmesinde kriter olarak kullanılmıştır. Karar destek sistemi için belirlenen bu kriterlerin detayları, ağırlıklandırmaları ve algoritmada çalışma prensipleri Bölüm 4.3'te açıklanmıştır. Ayrıca Alan uygunluğunun belirlenmesi için, mevcut durum analizi raporunda yer alan Türkiye'deki elektrikli araç sayısı, batarya kapasiteleri, tipleri ve diğer detaylar gibi veriler temel alınarak çıkarılan mevcut elektrikli araç şarj istasyonlarının bölgesel dağılımı incelenmiştir. Aynı zamanda dünya ve Türkiye'deki elektrikli araç pazarı, üretim kapasitesi ve talep tahminleri çalışmalarından elde edilen bilgiler de değerlendirilmiştir. Bu veriler ışığında, Türkiye'deki elektrikli araç şarj istasyonlarının konumları, tipleri, kapasiteleri, günlük kullanım sayıları ve süreleri göz önünde bulundurularak, bakanlık hizmet alanlarındaki elektrikli araç şarj istasyonu ihtiyaçları belirlenmiş ve bakanlığa ait kamu/kuruluşlara ait alanların elektrikli araç şarj istasyonları kurulumu açısından uygunlukları değerlendirilmiştir. "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporunda geliştirilmiş olan senaryolar ve talep tahmin modeli kullanılarak hesaplanmış olan hedef yıllara göre şarj talep- arzı vb. bilgiler de bu çalışmada kriter verileri olarak karar yöntemi sisteminin ikinci adımı olan sezgisel değerlendirme aşamasında uzman ekiplerce değerlendirilmiş ve bakanlık hizmet alanlarındaki kuruluşlara ait taşınmazlarda elektrikli araç şarj istasyonu uygunluklarının ve kapasitelerinin belirlenmesine etki yapacak şekilde çıktılar elde edilmiştir.

Kriterlerin etkileri bu çalışma kapsamında geliştirilen karar verme yönteminde iki aşamalı olarak gerçeklenerek karar sonuç çıktısını oluşturacaktır. Bu kapsamda kriterler Şekil 4.7'de gösterildiği gibi gruplandırılmıştır.



Şekil 4.7 Alan Uygunluk ve Kapasite Kriterleri

Şekil 4.7'de gösterildiği üzere alanların uygunluklarının belirlenmesi için seçilen kriterler karar destek sistemi ve sezgisel değerlendirme kriterleri olarak iki grup altında ve her grup için alt gruplar belirlenerek dağıtılmıştır. Çalışma sürecinde geliştirilen karar verme yöntemi çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak karar destek sistemi ve sezgisel değerlendirme çıktıları oluşturacak şekilde iki aşamalı olarak belirlenmiştir. Karar destek sistemi için belirlenen kriterler ise karar destek sistemi algoritma genel kriterleri ve kurumsal değerlendirme kriterleri olarak iki alt başlıkta gruplanmıştır.

Sezgisel değerlendirme aşaması ile ilgili detaylar Bölüm 4.3.1.2'de açıklanmıştır. Bu aşamada belirlenen kriterler mekânsal analiz kriterleri ve genel değerlendirme kriterleri olarak iki başlık altında gruplandırılmıştır. Bazı kriterlerin, benzer ve aynılarının karar destek sisteminde de kullanıldığını görülmektedir. Ancak benzer problemlere geliştirilen yaklaşımlarda altyapısı kazanılmış bilgilerle sezgisel aşamalarında uygulanmasının kararlılık ve doğruluk oranını arttırdığını ve nihai kararların bu aşamada verildiğini gözlemlediğimiz için bu çalışma kapsamında geliştirilen yöntemde birinci aşamada karar destek sisteminden elde edilen alan uygunluk ve kapasite çıktıları ikinci aşamada uzman mühendisler tarafından tekrar değerlendirilmiştir. Bu hususta belirlenen kriterler ise Şekil 4.7'de görüldüğü gibi nüfus

yoğunluğu, alışveriş merkezlerine yakınlık, yollara uzaklık, benzin istasyonlarına uzaklık, eğitim öğretim kurumlarına uzaklık, ulaşım istasyonlarına uzaklık, kamu kurum ve kuruluşlarına uzaklık olmak üzere mekânsal analiz kriterleri olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca yine karar destek sisteminin çıktıları sezgisel değerlendirme kriterleri olarak arazi uygunluğu, eğim, elektrik altyapısı, çevre değerlendirmesi, kentsel ulaşım planı olmak üzere genel değerlendirme kriterleri olarak sezgisel değerlendirme aşamasında göz önünde bulundurulmuştur.

Karar destek sistemi ve sezgisel değerlendirme kriterlerinin karar destek sistemi kapsamında kullanılması hakkında detaylar ve işlevselliği Bölüm 4.3'te açıklanmıştır.

4.3 BAKANLIK HİZMET ALANLARINDA POTANSİYEL ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU ALANLARI VE KAPASİTELERİN BELİRLENMESİ

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlık sorumluluk alanlarında bulunan Elektrikli Araç Şarj İstasyon ihtiyacı ve kapasitesi belirlenirken öncelikle T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Merkez Teşkilatı, Taşra Teşkilatı ve Diğer Kuruluşlarına ait taşınmazlarda elektrikli araç şarj istasyon ihtiyacı için konum uygunlukları ve kapasiteleri belirlenecektir. Belirlenen elektrik araç şarj istasyonu alanları detaylı olarak Bölüm 4.3.2'de açıklanmıştır. Bölüm 4.2.1'de açıklanan kriterlere göre Bölüm 4.3.1'de açıklanan ve bu çalışmaya özgü geliştirilen karar verme yöntemi kullanılarak karar destek algoritması ve uzman teknik ekip görüşleri ile sezgisel olarak değerlendirilerek uygun görüş çıktısı alan konumlar belirlenmiştir. Geliştirilen karar verme yöntemi, yapılan literatür taramaları ile benzer problemler için geliştirilmiş uygulama deneyleri kullanılarak karar verilmiştir. Kullanılacak yöntem karar sonuçlandırma seviyesine göre sırasıyla konsept karar çıktısı ve detaylı karar çıktısı verecek ve hatayı minimize edecek şekilde tasarlanmıştır.

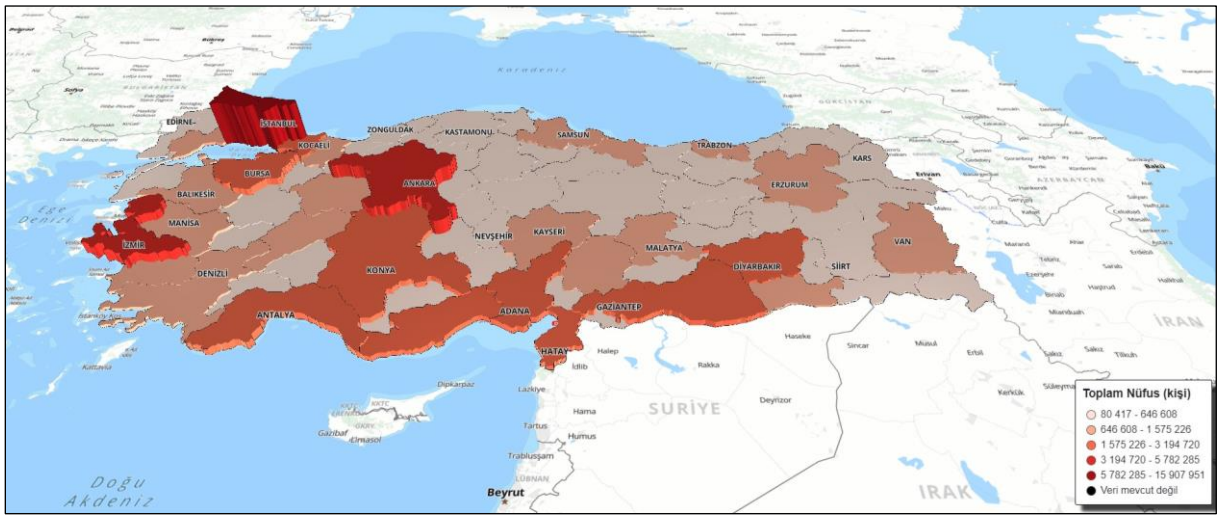
Nüfus yoğunluğunun il/ilçe bazında yıllara sâri olarak veri tablosu Türkiye İstatistik Kurumu tarafından daha önce yapılan çalışmalarda elde edilmiş olup bu veriler kullanılarak hedef yıllar için yıllara sâri olarak gerçekleşen artış interpolasyon yöntemi kullanılarak yıllara göre artış trendi hesaplanmıştır. Bu artış trendi hem alanın elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından uygunluğunu hem de alanın gelecek yıllara göre projeksiyonunu değerlendirmeye katarak şarj istasyonu kapasiteleri belirlenirken Bölüm 4.3.3'te kullanılmıştır. T.C. Sanayi ve Teknoloji bakanlığı tarafından yayınlanan sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması ile ilçelerin birinci kademeden altıncı kademeye kadar gelişmişlik sıralamaları demografik

değişkenler, istihdam ve sosyal güvenlik değişkenleri, eğitim değişkenleri, sağlık değişkenleri, finans değişkenleri, rekabetçilik değişkenleri, yenilikçilik değişkenleri ve yaşam kalitesi değişkenleri gibi parametrelerine göre değerlendirilerek sıralanmıştır. Bu sıralamalara göre kurum ve kuruluşlara ait konumların elektrikli araç şarj istasyonu uygunluk ve kapasiteleri belirlenirken alanların bağlı oldukları ilçelere göre sosyo-ekonomik gelişmişlik seviyesi karar destek sistemi açısından bir etki kriteri olarak değerlendirilmiştir. Benzer yaklaşımla alanların konum bilgilerine bölgesel yaklaşımlar yapılarak araç sahiplenme oranlarının ve elektrikli araç sahipliğinin geliştireceğimiz çözümde etki değeri olacağı literatürde ve birçok gerçeklenmiş uygulamada görüldüğünden yakıt tiplerine, model yıllarına ve kullanım amacına göre araç sahiplenme oranlarının yıllara sâri olarak değişim ve artış trendleri karar destek sisteminde genel kriter olarak kullanılmıştır. Yine literatürde ve benzer problemler için geliştirilmiş birçok çözüm algoritmasında karar destek sistemleri için en önemli kriter merkeziyet olarak belirlenmiştir. Çalışılan konumun ana yollara, karayollarına, otoyollara ve tali yollara olan uzaklıkları ile merkeziyet konumlarına olan uzaklıkları bu kapsamda değerlendirilmektedir. Kurum ve kuruluşlara ait alanların alışveriş merkezlerine, kavşak noktalarına, trafik ağ akışlarına, ilk/orta/yüksek öğretim kurumlarına, çarşı merkezlerine, ulaşım noktalarına (metro, otobüs, metrobüs, minibüs, tramvay, tren, otogar, havalimanı vb.) ve diğer kurum ve kuruluşlara olan uzaklıkları coğrafi bilgi sistemleri üzerinden mesafe analizleri yapılarak bu mesafeler karar destek sisteminde alanların uygunluklarını ve kapasitelerini belirlemek için kriter olarak kullanılmıştır. Ayrıca karar destek sisteminin üzerinde çalışılan bu probleme özgü geliştirilmesi sebebi ile "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" çalışmaları kapsamında hazırlanan simülasyon programı çalıştırılarak elde edilen öneri elektrikli araç şarj istasyonlarının konumları ile kuruluşlardan elde edilen mevcut alanların konumları mesafe analizi yapılarak karar destek sisteminde alanların uygunluk ve kapasitelerini belirlemede kriter olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Karar verme yöntemi için Bölüm 4.2.1'de belirlenen kriterlerin Bölüm 4.3.1.1'de açıklanan karar destek sisteminde kullanılabilmesi için bu kriterlere ait veri tabloları hazırlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar ve kriterlere göre kullanılacak veri tablolarının oluşturulması sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

Nüfus Yoğunluğu: Geliştirilen karar destek sisteminde kullanılmak üzere ülke genelinde illere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye İstatistik

Kurumu tarafından coğrafi istatistik portalı ve nüfus istatistikleri portalı üzerinden kamuya açık paylaşılan veriler karar destek sisteminde kullanılmak üzere tablo olarak hazırlanmıştır. Yıllık nüfus artış hızı ve il nüfus sayıları kullanılarak bakanlık hizmet alanlarının elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından uygunluk ve kapasitelerinin belirlenmesinde kriter olarak kullanılacak olan nüfus yoğunluğu hesaplamalarında kullanılmıştır.



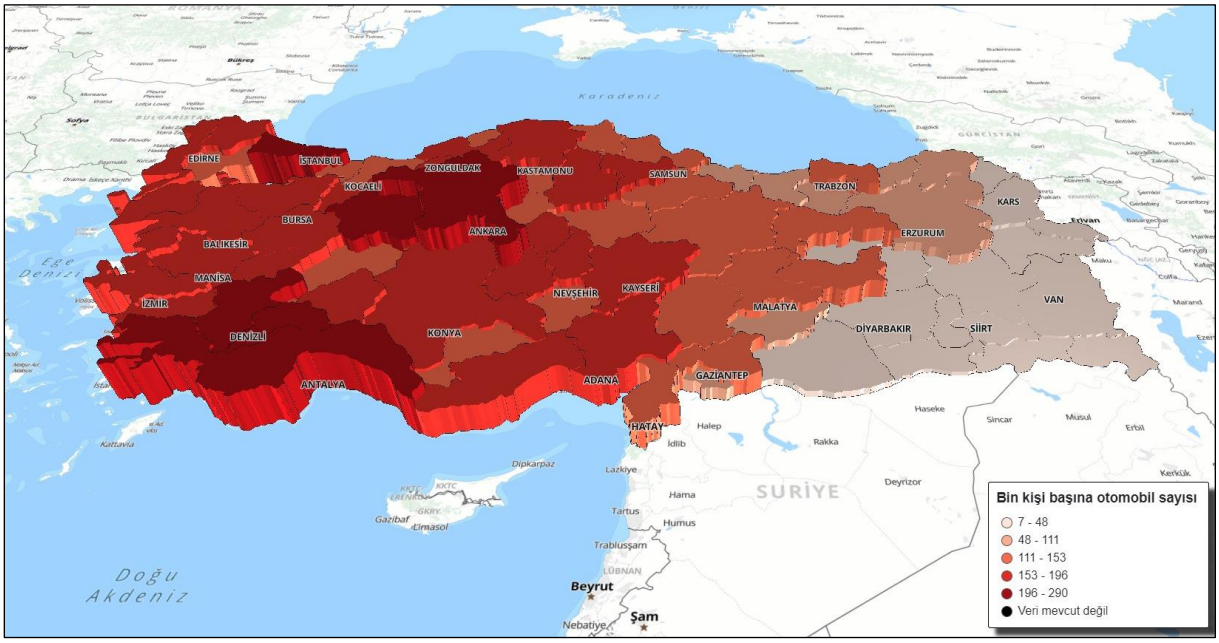
Şekil 4.8 İllere Göre İl/İlçe Merkezi, Belde/Köy Nüfusu [124]

Şekil 4.8'de TÜİK tarafından 2022 verilerine göre işlenerek hazırlanmış olan illere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu haritasını görmekteyiz. Coğrafi istatistik portalı üzerinden görülen bu haritanın oluşturulmasında kullanılan veriler tablo olarak elde edilmiştir. İllere göre nüfus oranlarını, net göç hızını ve yıllık nüfus artış hızının kullanarak nüfus yoğunluğu başlığı altında illere göre bir değerleme hesaplanarak karar destek sisteminde kullanılmak üzere veri tablosu hazırlanmıştır. Hesaplanan illere göre nüfus yoğunluğu veri tablosu değerleri bakanlık hizmet alanlarındaki değerlendirmeye alınan konumların elektrikli araç şarj istasyonu uygunluk ve kapasiteleri belirlenirken kullanılmıştır. Geliştirilen karar verme yönteminin ilk aşaması olan karar destek sisteminde, konumların bağlı oldukları İl'e göre nüfus yoğunluğu değeri, ikili karşılaştırma matrisinden gelen ağırlık değerleri ile çarpılarak uygunluk ve kapasite çıktısı elde edilecektir [124].

Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Şubat 2022 yılında yapılan ilçelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması çalışmaları sonucundan yayınlanan rapor ile ülkemiz genelinde ilçeler demografik, istihdam ve sosyal güvenlik, eğitim, sağlık, finans, rekabetçilik, yenilikçilik, yaşam kalitesi olmak üzere sekiz ana başlık altında toplanan 56 farklı değişken kullanılarak birinci kademeden altıncı kademeye kadar sıralanmıştır. Bu çalışma kapsamında ilçelerin 1-6 arasında belirlenen sosyo-ekonomik

gelişmişlik kademe değerlemeleri karar destek sisteminde ilgili kriter ağırlık değeri ile çarpılarak etki değerleri konum bazlı olarak uygunluk ve kapasite belirlenmesinde kullanılacaktır [125].

Bölgesel Araç Sahiplenme Sayısı: İllere yönelik nüfus yoğunluğunun etkisi mekânsal uygunluk değerlendirmeleri için geliştirilen karar destek sistemlerinde sıklıkla yalnız başına kullanılsa da ele aldığımız bu probleme özgü olarak geliştirilen sistemde nüfusa oranla araç sahiplenme oranının da öncelikli kriterlerden birisi olmasına karar verilmiştir. Bu sebeple ele alınan probleme özgü olarak geliştirilen karar destek sisteminin, ülkemiz genelindeki illere göre bin kişi başına düşen otomobil sayısı verileri kullanılarak veri tablosu hazırlanılmıştır.



Şekil 4.9 İllere Göre Bin Kişi Başına Düşen Otomobil Sayısı [126]

Şekil 4.9'da TÜİK tarafından 2022 yılı verilerine göre hazırlanan ve coğrafi istatistik portalı üzerinden yayınlanan veriler kullanılarak, ilgili kritere göre değerlendirmelerin yapılması için karar destek sisteminde kullanılmak üzere veri tablosu hazırlanmıştır. Tüm illerimizde bin kişi başına düşen otomobil sayısı, 4.3.1.1'de açıklanan karar destek sisteminde ikili karşılaştırma matrisi ile hesaplanan ilgili kriter ağırlık değeri ile çarpılarak bakanlık hizmet alanlarında elektrikli araç şarj istasyonu uygunluk ve kapasitelerinin belirlenmesinde konum bazlı etki edecektir [126].

Elektrikli Araç Sahipliği: Elektrikli araç sahiplenme oranı, stratejik şarj istasyonlarının konumlandırılmasında anlamlı bir veri sağlar. Bu veri, bölgeler arası eşitsizlikleri göz önünde

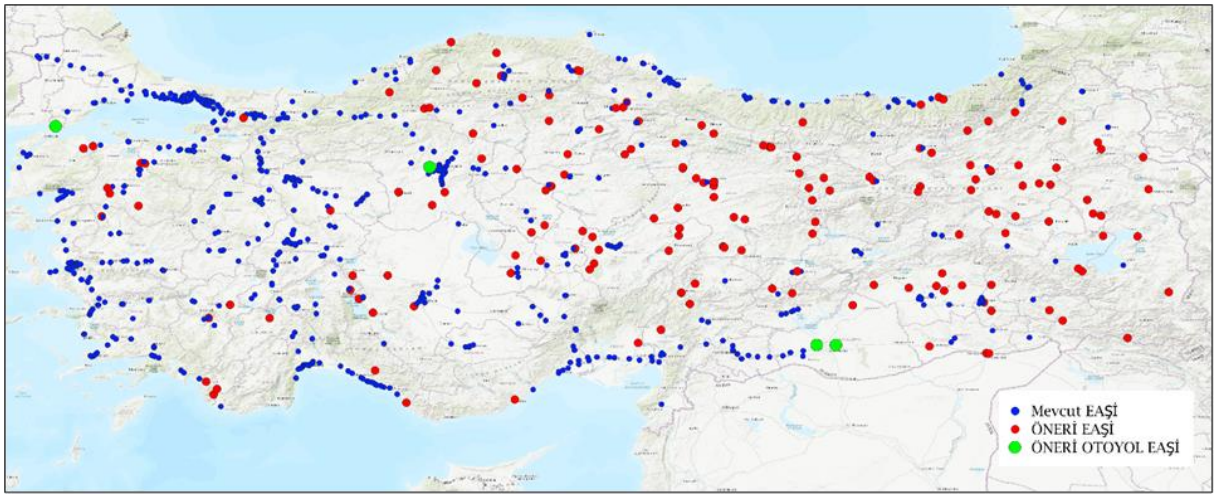
bulundurarak, öncelikli olarak elektrikli araçların daha düşük sahiplenme oranına sahip bölgelerde yaygınlaşmasını hedeflemektedir. Böylelikle, sürdürülebilir ulaşım dönüşümü daha kapsayıcı bir şekilde gerçekleştirilirken, elektrikli araç sahiplenme oranının artırılması ve çevresel faydaların yayılması amaçlanmaktadır. İllere göre elektrikli araç sahiplenme oranı bu çalışma kapsamında, karar destek sisteminin geliştirilmesinde ve çalışmasında önemli olan kriterlerden biridir. "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" iş kalemi çalışmalarında ülkemizin elektrikli araç ekosistemindeki varlıklarının durumu doğru bir şekilde analiz edilmiştir. Elektrikli Araçlar (EV), Batarya Elektrikli Araçlar (BEV), Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV), Hafif Hibrit Elektrikli Araçlar (MHEV), Plug – in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV) ve Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar (FCEV) arasından tamamen elektrikli araçlar (EV) ülkemizde kullanılan elektrikli araç türleridir. Bu kapsamda elektrikli araçların ülkemizdeki yıllara sâri olarak artış trendleri, pazar payı yüzdeleri, marka ve modele göre ülkemizdeki satış rakamları, illere göre elektrikli otomobil sayısı gibi verileri elde edilmiş ve ilgili raporda daha önceden açıklanmıştır. Bu veriler güncellenerek bu çalışma kapsamında karar destek sisteminde regresyon yöntemi ile etki değeri olarak ikili karşılaştırma matrisinden gelen ağırlık değerleri ile çarpılarak uygunluk ve kapasite çıktısının elde edilmesinde kullanılmıştır [126].

Merkeziyet: Elektrikli araçların yaygınlaşması ve sürdürülebilir ulaşımın teşvik edilmesi, şehir planlamasında ve altyapı geliştirmesinde yeni yaklaşımları gündeme getirmiştir. Bu bağlamda, geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemini temel alan karar destek sistemi, elektrikli araç şarj istasyonlarının optimal konumlarını belirlerken merkeziyet kriterine de özel bir vurgu yapmaktadır.

Merkeziyet, belirlenen şarj istasyonlarının mevcut şehir merkezleri, yoğun nüfuslu bölgeler ve işlek ulaşım ağları gibi stratejik konumlarda konumlandırılmasını ifade etmektedir. Bu yaklaşım, kullanıcıların kolay erişim sağlamasını, toplu taşıma entegrasyonunu ve mevcut altyapıyı en iyi şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylelikle, elektrikli araç sahiplerinin günlük yaşantılarında şarj ihtiyaçlarını karşılamaları daha pratik hale gelirken, şehir içi trafiğin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi hedeflenmektedir. Merkeziyet kriteri, aynı zamanda enerji dağıtım altyapısının daha etkin kullanılmasını sağlar. Şarj istasyonlarının merkezi noktalarda konumlandırılması, enerji akışını optimize ederek ağın yük dengesini daha iyi yönetme imkânı sunar. Bu durum elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte artan enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilmesine olanak tanır.

Bu çalışma kapsamında bakanlık hizmet alanlarındaki konumlardan ön değerlendirme aşamasından geçerek karar verme yöntemi kapsamında çalışılan konumların, alışveriş merkezi, eğitim öğretim kurumları, kamu kuruluşları, kafe/park/bahçe/restoran, ulaşım istasyonları gibi konumlara uzaklık/yakınlık ilişkileri coğrafi bilgi sistemi kullanılarak yapılan mesafe analizleri çıktılarına göre değerlendirmeye alınmıştır.

Simülasyon Öneri Konum Yakınlığı: "Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Yer Seçiminin Belirlenmesi ve Simülasyon Programının Oluşturulması" işi kapsamında daha önce hazırlanan "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" ile yer seçim modeli belirlenmiş ve Türkiye genelinde elektrikli araç şarj istasyonlarının en uygun konumlarda konumlandırılması için bu iş kapsamında daha önceden hazırlanmış simülasyon programı kullanılmıştır. Bu simülasyon programı çalıştırılarak Türkiye genelinde 264 adet öneri elektrikli araç şarj istasyonu konumu belirlenmiştir. Türkiye genelinde mevcut elektrikli araç şarj istasyonları ve mevcut projeksiyon kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ile elde edilen öneri şarj istasyonları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Mevcut ve Öneri Şarj İstasyonları

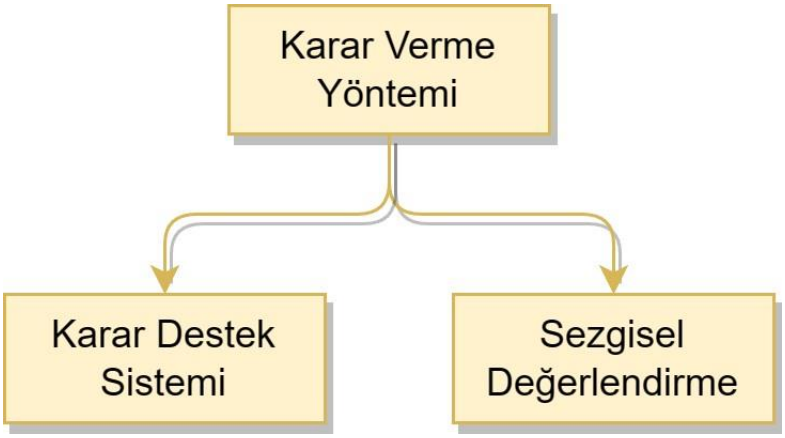
Şekil 4.10'da harita üzerinde görmekte olduğumuz önerilen elektrikli araç şarj istasyonlarının seçim kriterleri "Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Projeksiyonu Raporu" kapsamında açıklanmıştır. "Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Projeksiyonu Raporu" için hazırlanan simülasyon programında kullanılan bu kriterler mevcut çalışmamızda bizim için kolaylık sağlayacak öneri şarj istasyonlarını vermektedir. Daha önce hazırlanan bu simülasyon yazılımının çıktı olarak verdiği öneri elektrikli araç şarj istasyonu konumlarının bu çalışmada değerlendirmeye tabi tutulan bakanlık hizmet alanlarındaki kuruluşlara ait konumlarla arasında mesafe analizleri

yapılarak yakınlık/uzaklık ilişkileri karar destek sistemi tarafından kullanılmak üzere bir etki değeri oluşturacaktır.

Mevcut Şarj İstasyonlarına Yakınlık: Yürütülen bu çalışma kapsamında kullanılmak üzere EPDK' dan güncel olarak elde edilen kurulumu tamamlanarak hizmet vermeye hazır olan mevcut elektrikli araç şarj istasyonları ile bu çalışma kapsamında değerlendirmeye alınmış olan bakanlık hizmet alanlarının mesafe analizleri yapılarak elde edilen veriler ile yakınlık/uzaklık ilişkileri karar destek sistemi tarafından kullanılmak üzere bir etki değeri oluşturacaktır.

4.3.1 Karar Verme Yöntemi

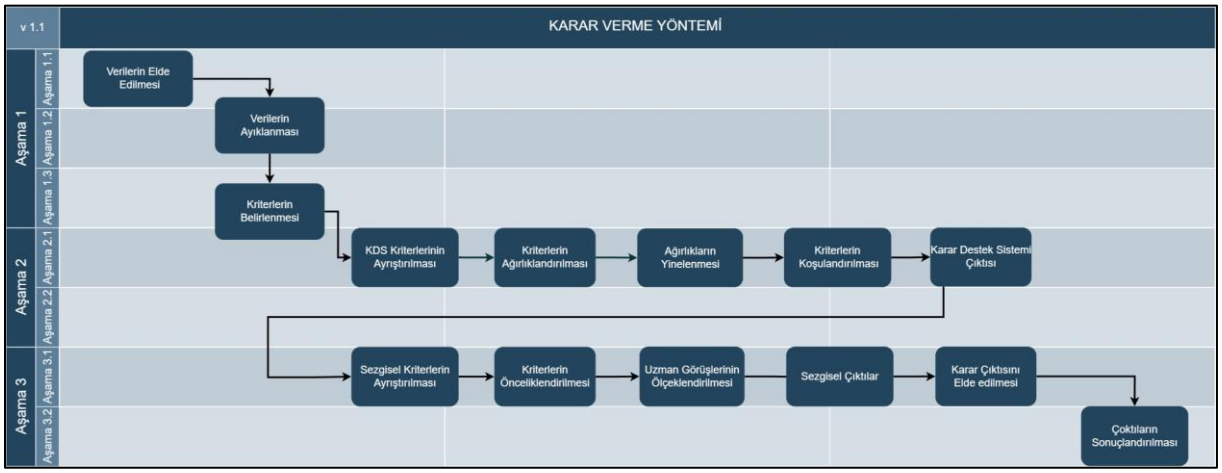
Uzman ekiplerimiz tarafından oluşturulan karar verme yöntemi iki aşamalı olarak planlanmıştır. Birinci aşama yazılım ekibimiz tarafından hazırlanan karar destek sistemi yazılımıdır. Karar Destek Sistemi yazılımı detaylı olarak Bölüm 4.3.1.1'de anlatılmıştır. İkinci aşama ise uzman ekipler tarafından gerçekleştirilecek olan sezgisel değerlendirme sürecidir. Sezgisel Değerlendirme Sistemi ise detaylı olarak Bölüm 4.3.1.2'de anlatılmıştır. Bu aşamaları kapsayan karar verme yöntemine ait blok şeması Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Karar Verme Yöntemi Aşamaları

Karar verme yöntemi süreci üç aşamadan oluşmaktadır. Bu süreçlerin başarılı şekilde gerçekleşmesi sonucunda uygun lokasyonlar ve bu lokasyonlarda önerilen kapasiteler belirlenecektir. Sürecin ilk aşaması ön hazırlık sürecidir. Bu aşamada verilerin elde edilmesi, verilerin ayıklanması ve kriterlerin belirlenmesi adımları vardır. Sürecin ikinci aşaması karar destek sistemi yazılımının uygulandığı aşamadır. Bu aşama sonucunda, değerlendirmeye alınan uygun lokasyonların elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından kurulum uygunluk ve kapasite etki değerlerini temsil eden yüzdesel oranlar öncelik listesi olarak elde edilecektir. Üçüncü ve son aşama olan sezgisel değerlendirme aşamasında karar destek sistemi

yazılımından elde edilecek öncelik listesi göz önünde bulundurularak 10 kişilik uzman mühendisle ekibimiz tarafından Şekil 4.7'de gösterilen sezgisel değerlendirme kriterlerine göre potansiyel alanların kapasitesi belirlenecektir. Mühendis ekibimiz 3 elektrik mühendisi, 2 çevre mühendisi, 2 harita mühendisi, 2 inşaat mühendisi, 2 yazılımcı ve 1 jeoloji mühendisi tarafından oluşmaktadır. Karar verme yönteminin süreç akış şeması Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



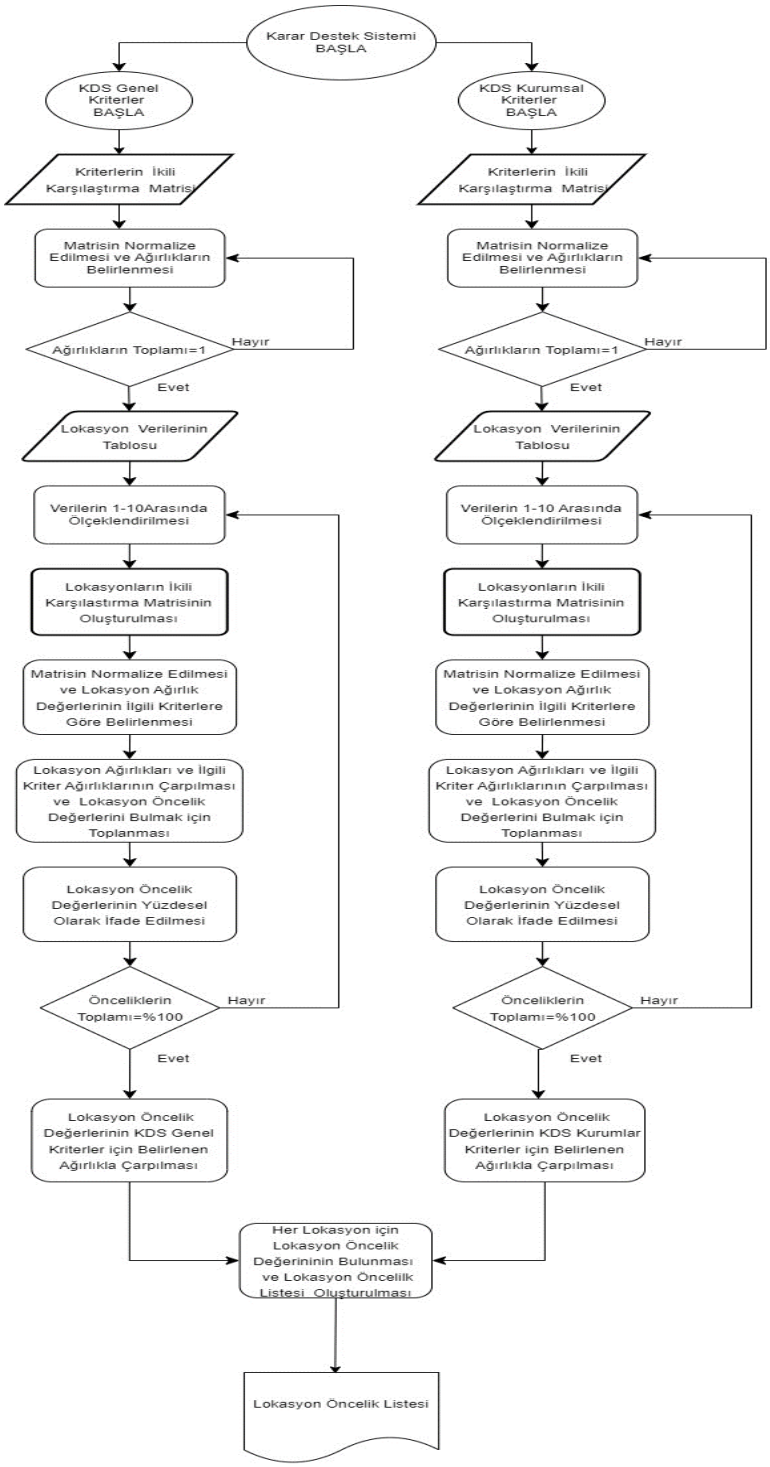
Şekil 4.12 Karar Verme Yöntemi Süreç Akış Şeması

4.3.1.1 Karar Destek Sistemi

Karar destek sistemleri, karmaşık veri analizi süreçlerini basitleştirmek ve alternatifler arasındaki önceliklendirmeyi sağlamak amacıyla kullanılan önemli araçlardır. Bu yazılımın amacı, farklı kriterlere dayalı olarak alternatiflerin öncelik sıralamalarını ve uygunluk değerlerini belirlemek ve veri analizi işlemlerini daha anlaşılır ve yönetilebilir hale getirmektir. Yazılımın geliştirilme süreci, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi temel alınarak tasarlanmıştır. AHP yöntemi, çoklu kriterli karar verme problemlerini ele almak için kullanılan bir matematiksel modeldir. Bu modelde, farklı kriterler ve alt kriterler arasındaki ilişkiler ağırlıklandırılır ve sonuç olarak alternatiflerin öncelik sıralamaları belirlenir. Yazılım ekibimiz tarafından geliştirilen karar destek sistemi yazılımında iki ana kriter grubu bulunmaktadır. 4.2.1'de belirtildiği gibi ana kriterler; kurumsal değerlendirme kriterleri ve KDS algoritma genel kriterleridir. Kurumsal kriterler dört alt kritere ayrılmaktadır. KDS algoritma genel kriterleri ise altı alt kritere ayrılmıştır.

Yazılımın tasarımı, veri analizi ve önceliklendirme süreçlerini daha erişilebilir ve etkili hale getirmeyi amaçlar. Yazılım aracılığıyla farklı kriterlere dayalı olarak alternatiflerin öncelik sıralamaları ve uygunlukları hızlı ve güvenilir bir şekilde elde edilmektedir. Ayrıca, bu

yazılımın esnek yapısı sayesinde farklı veri setleri ve kriterler üzerinde çalışarak farklı karar senaryolarını değerlendirmek mümkündür. Şekil 4.13'de bu çalışmada ele aldığımız probleme çözüm üretmek için geliştirilen algoritma gösterilmektedir.



Şekil 4.13 Karar Destek Sisteminin Algoritması

Rapor kapsamında ele aldığımız bu probleme özgü geliştirilen yazılımın detayları hakkında bilgi sahibi olmak veri analizi ve karar destek süreçlerine daha derinlemesine bir bakış açısı

kazanılmasında yardımcı olacaktır. Rapor kapsamında açıklanan karar destek sistemi için tasarlanan algoritmada iki ana kriter için de yapılacak işlemler aynıdır. Bu sebeple tekrara düşmemek için detaylı olarak KDS algoritma genel kriterlerine uygulanan yöntem aşağıda adım adım açıklanmıştır.

Adım 1: Kütüphanelerin ve Dosyaların İçe Aktarılması

Yazılımı başlatmak için, bazı özel yardımcı işlevleri yerine getirecek Python kütüphanelerini içe aktarmanız gerekecek. NumPy ve Pandas adındaki bu kütüphaneler, verileri işlemek ve analiz etmek için kullanılır. NumPy kütüphanesi, Python programlama dilinin bilimsel ve matematiksel hesaplamalar için kullanılan temel bir kütüphanesidir. NumPy, çok boyutlu dizileri ve matrisleri hızlı ve etkili bir şekilde işlemek için araçlar sağlar. Bilimsel hesaplamalar, veri analizi, istatistik gibi alanlarda sıkça kullanılır. Pandas kütüphanesi, veri analizi ve manipülasyonu için kullanılan bir Python kütüphanesidir. Pandas, verileri tablo benzeri bir yapı olan "DataFrame" içinde saklayarak, verileri filtrelemek, dönüştürmek, birleştirmek ve analiz etmek gibi işlemleri kolaylaştırır. Veri analisti ve veri bilimciler tarafından yaygın şekilde kullanılır.

İkili Karşılaştırma Matrisi, AHP uygulamalarında farklı öğeleri birbiriyle karşılaştırarak, hangi öğenin diğerine göre daha öncelikli olduğunu belirlemek için kullanılan bir araçtır. Bu matris, genellikle ölçekli değerler veya tercihler kullanılarak oluşturulmaktadır. Karşılaştırmaları yapabilmek için bir ölçek belirlenmesi gerekmektedir.

Genellikle 1 ile 5 arasında bir ölçek kullanılmaktadır:

1: İki kriter arasında kesinlikle tercih yok.

2: Bir kriter diğerinden biraz daha önemli.

3: Bir kriter diğerine göre orta derecede daha önemli.

4: Bir kriter diğerine göre oldukça daha önemli.

5: Bir kriter diğerine göre kesinlikle daha önemli.

Ayrıca, ters yönde karşılaştırmalar için ters sayılar (örneğin 1/3, 1/5) kullanılır.

Bu raporda bahsedilen metotta Çok katmanlı AHP (Analytic Hierarchy Process), karar verme süreçlerini karmaşık ve çok boyutlu problemlerde kullanılan bir yöntemdir. AHP, bir dizi kriteri

ve bu kriterlere dayalı olarak alternatifleri değerlendirmek için kullanılır. Çok katmanlı AHP, daha büyük ve daha karmaşık problemleri ele almak için temel AHP yöntemini genişletir.

Çok katmanlı AHP'nin temel bileşenleri şunlardır:

Üst Düzey Kriterler (Üst Kriterler): İlk adım, karar verme sürecini genel amaçlar veya hedeflerle tanımlayan üst düzey kriterleri belirlemektir. Bu kriterler, kararın temel odak noktalarını temsil eder. Tasarlanan Karar Destek Sisteminde üst kriterlerimiz KDS genel kriterler ve KDS kurumsal kriterlerdir.

Orta Düzey Kriterler (Alt Kriterler): Üst düzey kriterlerin altında yer alan ve daha spesifik olan orta düzey kriterleri tanımlamak önemlidir. Bu kriterler, kararın alt bileşenlerini veya farklı faktörlerini temsil eder. Tasarlanan Karar Destek Sisteminde Kurumsal kriterler dört alt kritere ayrılmaktadır. KDS algoritma genel kriterleri ise altı alt kritere ayrılmaktadır.

Her bir ana kriterin diğer ana kriterle karşılaştırılması yapılarak bir matris oluşturulmaktadır. Ancak Uzman ekibimize yapılan anketler sonucunda iki kriterimiz ölçeklendirilirken eşit puanlar almışlardır. Bu sebeple üst kriterlerin ağırlık değerleri eşit olmuştur. Algoritma tasarlanırken bu eşitlik dikkate alınmış olup veri çokluğu sebebiyle yazılımın daha efektif çalışması için yazılım içinde üst kriterlerin ağırlık değerleri hesaplanmamıştır. Üst kriterlerin yapılan uzman görüşlerine göre etkileri eşit olduğu için ağırlıkları 0,5 olarak yazılıma sabit değişken olarak dahil edilmiştir. Oluşturulan ölçekleri kullanarak, her bir alt kriterin diğer alt kriterlerle karşılaştırmasını yaparak bir matris oluşturulmaktadır. Sonuç olarak, oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi, her bir alt kriterin diğer alt kriterlerle olan önem düzeyini gösterir. Bu matrisi kullanarak, hangi kriterlerin daha önemli olduğunu ve sonuçta hangi seçeneğin daha avantajlı olduğu değerlendirilmektedir. Tablo 4.2'de karar destek sistemi uygulamasında kullanılacak olan KDS algoritma genel kriterlerinin ikili karşılaştırma tablosu gösterilmektedir.

Tablo 4.2 Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Nüfus Yoğunluğu	Sosyoekonomik Gelişmişlik	Bölgesel Araç Sahipliği	Merkeziyet	Elektrikli Araç Sahipliği	Simülasyon Öneri Lokasyon Yakınlığı	Mevcut Şarj İstasyonlarına Uzaklık
Nüfus Yoğunluğu	1,00	0,67	1,00	0,40	0,67	0,50	0,50
Sosyoekonomik Gelişmişlik	1,50	1,00	1,50	0,75	1,00	0,75	0,75
Bölgesel Araç Sahipliği	1,00	0,67	1,00	0,50	0,67	0,50	0,50

Merkeziyet	2,50	1,67	2,50	1,00	1,67	1,25	1,25
Elektrikli Araç Sahipliği	1,50	1,00	1,50	0,75	1,00	0,75	0,75
Simülasyon Öneri Yakınlık	2,00	1,33	2,00	1,00	1,33	1,00	1,00
Mevcut Şarj İstasyonlarına Uzaklık	2,00	1,33	2,00	1,00	1,33	1,00	1,00

Yazılımın çalıştırılması için gerçekleştirilmiş kurguda karar verme yöntemi için belirlenen kriterlere ait lokasyon bazlı verilerin yazılım kapsamında kullanılması için Şekil 4.14'te gösterilen "kdsVeriler.xlsx" kaynak dosyasına ihtiyaç duyulmaktadır.

```
In [454]: kararDestek_df= pd.read_excel("kdsveriler.xlsx")
          kararDestek_df.set_index('Unnamed: 0', inplace=True)
          kararDestek_df
```

Out[454]:

Unnamed: 0	Nüfus Yoğunluğu	Sosyoekonomik Gelişmişlik	Bölgesel Araç Sahiplenme	Merkeziyet	Elektrikli Araç Sahipliği	Simülasyon Öneri Lokasyon Yakınlığı
UAB I. Bölge Müdürlüğü	3052	6	4940010	10	7941	13
UAB II. Bölge Müdürlüğü	236	6	2387460	10	1546	37
UAB III. Bölge Müdürlüğü	371	6	1650646	10	1300	7
UAB IV. Bölge Müdürlüğü	307	6	1051526	10	559	7
UAB V. Bölge Müdürlüğü	163	6	745670	10	218	33
...	...	...	...	...	...	...
Zonguldak PTT Başmüdürlük	178	5	166743	8	9	38
Türksat A.Ş. Ankara Ünv. Teknoloji Geliştirme Böl. Yerleşkesi	236	6	2387460	10	1546	30
Türksat A.Ş. Genel Müdürlük Kampüsü	236	6	2387460	10	1546	9

Şekil 4.14 "kdsveriler.xlsx" Veri Kaynak Dosyası

Adım 2: Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Bulunması

Geliştirilen çözüm için belirlenen alt kriterlerin ağırlık değerlerini hesaplamak, karar destek sisteminin en önemli adımlardan biridir. Şekil 4.15'te bu adım için yazılan fonksiyon belirtilmektedir.

```python
def ahp_dfOncelik(ahp_df):
    toplam_diziSutun = np.array(ahp_df.sum(numeric_only=True))
    normalised_df=ahp_df.div(toplam_diziSutun,axis=1)
    priority_df= pd.DataFrame(normalised_df.mean(axis=1),index=ahp_df.index,columns=["Ağırlıklar"])
    priority_df = priority_df.transpose()
    return priority_df
```

```python
priority_index_attr  = ahp_dfOncelik(ahp_df)
priority_index_attrT = priority_index_attr.transpose()
priority_index_attr
```

Kriterler	Nüfus Yoğunluğu	Sosyoekonomik Gelişmişlik	Bölgesel Araç Sahiplenme Oranı	Merkeziyet	Elektrikli Araç Sahipliği	Simülasyon Öneri Yakınlık	Mevcut Şarj İstasyonlarına Uzaklık
Ağırlıklar	0.085963	0.13323	0.08882	0.214907	0.13323	0.171925	0.171925

Şekil 4.15 Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Bulunması

Şekil 4.15'te gösterilen bu adım, her bir alt kriterin diğer alt kriterlere kıyasla ağırlığını belirlemek için kullanılır. Fonksiyonun oluşturulması için aşamalar sırasıyla şöyledir;

1. **Karşılaştırma Matrisi Sütunlarının Ortalaması:** Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra, her sütunun ortalaması alınır. Her sütunun ortalaması, o sütundaki alt kriterin diğer tüm alt kriterlere görece önceliğini yansıtır.
2. **Özdeğerlerin Hesaplanması:** Sütun aritmetik ortalamaları, özdeğerler olarak adlandırılır. Bu özdeğerler, her bir alt kriterin diğer alt kriterlere göre önceliğini belirler.
3. **Özdeğerlerin Normalizasyonu:** Özdeğerleri, 0 ile 1 arasında normalleştirilir. Normalleştirme işlemi, özdeğerlerin toplamını 1'e eşitlemek için yapılır. Bunu yaparken her bir özdeğer, özdeğerlerin toplamına bölünür.
4. **Ağırlıkların Hesaplanması:** Normalleştirilmiş özdeğerler, alt kriterlerin önceliklerini ifade eder. Normalize edilmiş özdeğerler, her bir kriterin ağırlığını belirler. Örneğin, Nüfus Yoğunluğunun, Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik gibi alt kriterler arasında ne kadar önemli olduğunu gösterir.
5. **Ağırlıkların Yorumlanması:** Elde edilen ağırlıklar, her bir kriterin önem derecesini belirtir. Bu ağırlıkları kullanarak farklı alternatifler değerlendirilir. Daha yüksek ağırlığa sahip olan kriterler, daha fazla öneme sahip olarak kabul edilmektedir.

Adım 3: Lokasyon Verilerinin Kriterlere Göre Normalize Edilmesi

Normalizasyon, verileri belirli bir aralığa getirerek karşılaştırılabilir hale getirme işlemidir. Bu işlem, farklı ölçeklerdeki verileri aynı ölçekte ifade etmek amacıyla kullanılır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının uygun alan ve kapasitelerini belirlemek için kullanılan verileri normalleştirirken, her bir veri noktasını belirli bir aralığa getirerek daha anlamlı bir karşılaştırma yapmak mümkün olmaktadır.

Örneğin farklı bölgelerdeki nüfus yoğunluğu ve elektrikli araç sayısı değerlendirilmektedir. Nüfus yoğunluğu kişi sayısı/alan olarak ifade edilirken bölgesel elektrikli araç sayısı sayı olarak ifade edilmektedir. Bu farklı ölçeklerdeki verileri doğrudan karşılaştırmak yanıltıcı olmaktadır. Bu durumda normalizasyon devreye girmektedir. Nüfus yoğunluğu kriteri için yazılan normalleştirme fonksiyonunun yazılım içinde kullanılması Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

```
def nufusYogunlugu(nufus_yogunluk) :
    if (nufus_yogunluk>=179):
        normalizasyon=5
    else:
        nufusYogunlukMax = 179
        nufusYogunlukMin = 11
        normalizasyon = (nufus_yogunluk - nufusYogunlukMin) / (nufusYogunlukMax - nufusYogunlukMin)
        normalizasyon= normalizasyon * 5
        normalizasyon= round(normalizasyon)
        if (normalizasyon==0):
            normalizasyon=1

    return normalizasyon
```

Şekil 4.16 Normalleştirme Fonksiyonu

Şekil 4.17'de normalleştirme fonksiyonu sonucunda oluşan yeni değerler gösterilmiştir.

Unnamed: 0	Nüfus Yoğunluğu	Sosyoekonomik Gelişmişlik	Bölgesel Araç Sahiplenme	Merkeziyet	Elektrikli Araç Sahipliği	Simülasyon Öneri Lokasyon Yakınlığı
T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	10	10	10	10	10	7
Ulaşım Emniyeti İnceleme Merkezi	10	10	10	10	10	5
UAB I. Bölge Müdürlüğü	10	10	10	10	10	2
UAB II. Bölge Müdürlüğü	10	10	10	10	10	6
UAB III. Bölge Müdürlüğü	10	10	10	10	10	1
...	...	...	...	...	...	...
Türksat A.Ş. Öveçler Hizmet Binası	10	10	10	10	10	2
Sivil Havacılık Genel Müdürlük	10	10	10	10	10	9
Sivil Havacılık İstanbul Temsilciliği	10	10	10	10	10	5
Sivil Havacılık Antalya Temsilciliği	7	10	10	10	10	4
Sivil Havacılık Nevşehir Temsilciliği	3	7	2	6	1	8

Şekil 4.17 Normalleştirme Fonksiyonu Sonucunda Oluşan Yeni Değerler

Geliştirilen kurgu için yapılan çalışmalar ile yazılan yazılım içerisindeki normalizasyon adımları şu şekilde sıralanabilir:

1. **Minimum ve Maksimum Değerlerin Belirlenmesi:** Normalizasyon yapılacak veri kümesindeki minimum ve maksimum değerler belirlenmektedir. Bu değerler, verilerin hangi aralıkta olduğunu anlamak için kullanılmaktadır. Verilerin daha iyi

ölçeklenebilmesi için en uç değerlere sahip veriler ölçeklendirilmeye dahil edilmeden en yüksek ve en düşük sayı ile ölçeklenmiştir. Uç değerlere sahip veriler bulunurken çeyrekler açıklığı metodu kullanılmıştır. Bu sayede veriler birbirine daha yaklaşmış olmaktadır ve ölçeklendirme işlemi daha stabil ve kullanılabilir olmaktadır.

2. **Verilerin Normalleştirilmesi:** Her veri noktası için, minimum ve maksimum değerler kullanılarak normalizasyon hesaplamaları yapılmaktadır. Bu hesaplamalar, veriyi 0 ile 1 arasında bir aralığa getirmektedir. Normalizasyon işlemi için X= (X- Xmin) / (Xmax-Xmin) formülü kullanılır. Burada X bir veri kümesindeki herhangi bir veriyi temsil eder. Bu veri kemesindeki en düşük değerli veri ise Xmin değerini ifade ederken Xmax bu veri kümesindeki en yüksek değerli veriyi temsil etmektedir.
3. **Sonuçların İstenilen Aralığa Ölçeklendirilmesi**: Bu adımda normalleştirilmiş değerler istenilen aralığa getirilmektedir. Bu çalışmada normalleştirilmiş değerler 1 ile 10 aralığında ölçeklendirilmiştir.

Bu adımlar sayesinde farklı ölçeklerdeki veriler aynı ölçekte ifade edilerek, daha anlamlı bir karşılaştırma yapılmaktadır. Normalizasyon, verileri düzenli ve karşılaştırılabilir hale getirerek, karar verme süreçlerini daha sağlam hale getirmektedir. İkili karşılaştırılma matrisinde veriler birbirlerine bölündüğü için normalleştirilmiş değerler arasında 0 olmamalıdır. Bu sebeple sıfır olan normalize edilmiş veriler bire yuvarlanmaktadır.

Adım 4: Lokasyonların Ağırlık Değerlerinin İlgili Kriterlere Göre Bulunması

Lokasyon ağırlık değerlerinin bulunması için ilk olarak ilgili kriterler için normalize edilmiş lokasyon verilerinden ikili karşılaştırma matrisi oluşturmamız gerekmektedir. Her bir kriter için normalize edilmiş lokasyon verilerinden 6 adet ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Bu adım, ilgili kriter için her bir lokasyonun diğer lokasyonlara göre ağırlığını belirlemek için kullanılır. Örneğin nüfus yoğunluğu kriterini ele aldığımızda her bir lokasyonun normalize edilmiş nüfus yoğunluğu verilerinden oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

```
kds_öncelikNüfus = kds_nüfusÖncelik(kds_nüfus, kds_Tnüfus)
kds_öncelikNüfus = pd.DataFrame(kds_öncelikNüfus, index=kds_yeni.index, columns=kds_yeni.index)
kds_öncelikNüfus.head(6)
```

Unnamed: 0 Unnamed: 0	Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü	Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü	Karayolları 14. Bölge Müdürlüğü	Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü	Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü	Karayolları 18. Bölge Müdürlüğü	Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü
Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü	1.0	2.50	2.50	10.0	2.50	10.0	1.428571
Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü	0.4	1.00	1.00	4.0	1.00	4.0	0.571429
Karayolları 14. Bölge Müdürlüğü	0.4	1.00	1.00	4.0	1.00	4.0	0.571429
Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü	0.1	0.25	0.25	1.0	0.25	1.0	0.142857
Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü	0.4	1.00	1.00	4.0	1.00	4.0	0.571429
Karayolları 18. Bölge Müdürlüğü	0.1	0.25	0.25	1.0	0.25	1.0	0.142857

Şekil 4.18 Lokasyonların İkili Karşılaştırma Matrisi

Şekil 4.18'de yazılımla oluşturulan nüfus yoğunluğu kriterine göre lokasyon verilerinin ikili karşılaştırma matrisi 6 lokasyon için gösterilmiştir.

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra ilgili kriterlere göre lokasyonların ağırlık değerlerini hesaplamak, karar destek sistemi için önemli adımlardan biridir. Bu adım Her bir kriter için lokasyonların diğer lokasyona görece ağırlığını belirlemekte kullanılır. Bu adımın aşamaları;

1. **Karşılaştırma Matrisi Sütunlarının Ortalaması:** Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra, her sütunun ortalaması alınır. Her sütunun ortalaması, o sütundaki alt kriterin diğer tüm alt kriterlere görece önceliğini yansıtır.
2. **Özdeğerlerin Hesaplanması:** Sütun aritmetik ortalamaları, özdeğerler olarak adlandırılır. Bu özdeğerler, her bir alt kriterin diğer alt kriterlere göre önceliğini belirler
3. **Özdeğerlerin Normalizasyonu:** Özdeğerler, 0 ile 1 arasında normalleştirilir. Normalleştirme işlemi, özdeğerlerin toplamını 1'e eşitlemek için yapılır. Bunu yaparken her bir özdeğer, toplam özdeğerlere bölünür.
4. **Ağırlıkların Hesaplanması:** Normalleştirilmiş özdeğerler, ana kriterlerin önceliklerini ifade eder. Bu özdeğerler, her bir kriterin ağırlığını belirler. Örneğin, "Nüfus Yoğunluğu", kriteri için "Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü", "PTT Kırıkkale Başmüdürlüğü" gibi lokasyonların birbirlerine göre ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

5. **Ağırlıkların Yorumlanması:** Elde edilen ağırlıklar, her bir lokasyonun ilgili kritere göre önem derecesini belirtir. Bu ağırlıkları kullanarak farklı alternatifleri değerlendirebilirsiniz. Daha yüksek ağırlığa sahip olan lokasyonlar, daha fazla öneme sahip olarak kabul edilir.

Adım 5: Lokasyon Öncelik Değerlerini Bulunması

Her bir kriter için belirlenen ağırlıklar ve her lokasyonun o kritere göre ağırlığı bir önceki aşamada hesaplanmıştır. Her bir alt kriter için elde edilen ağırlık değerleri her lokasyonun o kritere göre ağırlıklarıyla çarpılmaktadır ve her bir lokasyon için elde edilen çarpım sonuçları toplanarak lokasyonların öncelik değeri bulunmaktadır. Örneğin "Karayolları 1.bölge Müdürlüğü" için nüfus yoğunluğu kriterine göre ağırlık değeri nüfus yoğunluğu kriterinin ağırlık değeri ile çarpılmaktadır. Bu işlem "Karayolları 1.Bölge Müdürlüğü" için tüm kriterlere uygulanmaktadır. Elde edilen değerler toplanarak "Karayolları 1.Bölge Müdürlüğü" için öncelik değeri bulunmaktadır. 0 ile 1 arasında olan bu değerler 100 ile çarpılarak yüzdesel olarak belirtilmektedir. Öncelik değerlerinin toplamı %100 yapmaktadır.

Adım 6: Lokasyon Elektrik Araç Şarj İstasyonu Uygunluk Değerlerinin Bulunması

Lokasyon Verilerinin Kriterlere Göre Normalize Edilmesi aşamasında elde edilen KDS verileri tablosunda her bir lokasyonun ilgili kriterlere göre normalize edilmiş değerleri bulunmaktadır. Lokasyonların uygunluğunu bulmak için lokasyonların ilgili kriterlere göre normalize edilmiş değerleri ilgili kriterlerin ağırlık değerleri çarpılarak lokasyon uygunluk tablosu oluşturulmuştur. Yeni oluşturulan tabloda her lokasyon için kriter ağırlıklarıyla çarpılan veriler toplanılarak lokasyonun ilgili kriterlere göre uygunluğunu belirtilmektedir. Sonuç olarak Karar Destek Sisteminin sonucunda genel olarak Büyükşehirlerde araç şarj istasyonu kurulumunun uygun olacağı görülmüştür. Bunun sebebi en yüksek ağırlıklara sahip kriterlerinin gerekliliklerini daha çok sağlamaktadırlar. Nüfusu milyonun üzerinde olan şehirler ise şarj istasyonlarına yakınlık kriteri hariç tüm kriterlere yüksek uygunluk göstermektedir. Şarj istasyonlarına yakınlık kriteri ise daha çok nüfusu 200.000 altında olan illeri etkilemektedir. Çalışma kapsamında tüm Türkiye hedeflenerek çalışıldığı için her ile en az bir adet kurulması planlanmaktadır. Bu kriter sayesinde nüfus yoğunluğu sosyo-ekonomik gelişmişlik ve bölgesel araç sahipliği gibi kriterlere göre kuruluma uygun olmayan lokasyonlarında yakın çevrelerinde elektrikli araç şarj istasyonu bulunmadığı için elektrikli araç şarj istasyonu kurulumuna uygun olacağı düşünülmüştür. Şehir merkezlerinde, tarihi ve turistik yerlerde ise lokasyonların otoparklarının yeterli büyüklükte olmadığı görülmüş bu sebeple otopark uygunluğu kriteri etkili

olmuştur. Örneğin PTT'ye bağlı başmüdürlüklerin çoğunluğu ve Liman başkanlıkları otopark uygunluğu kriteri sebebiyle kurulama uygun olmadığı veya az sayıda elektrikli araç şarj istasyonu kurulumuna uygun olduğu görülmüştür.

KGM'ye bağlı lokasyonlarda ise en çok etkili olan kriter merkeziyet kriteri olduğu görülmüştür. Çünkü KGM lokasyonları ana yollar üzerinde ve şehir merkezlerinde bulunmaktadır.

4.3.1.2 Sezgisel Değerlendirme

Bakanlık hizmet alanlarında bulunan kuruluşlara ait taşınmazların elektrikli araç şarj istasyonu açısından uygunluklarının değerlendirmesinde rapor kapsamında açıklanan karar verme yöntemi kullanılırken, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bağlı/ilgili/ilişkili kuruluşları ile gerçekleştirilen görüşmeler ile elde edilen veriler ile hazırlanmış olan veri setinde bulunan konumlar ve bu konumlara ait genel nitelik bilgileri kullanılarak karar destek sistemi için geliştirilen algoritma çalıştırılmış ve ilk aşama için konsept karar çıktıları elde edilmiştir. Elde edilen bu çıktılar T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlık hizmet alanlarındaki önerilen elektrikli araç şarj istasyonları olarak ikinci aşama olan uzman teknik ekip değerlendirmelerine tabi tutularak detaylı karar çıktısı için karar yöntemi metodu içinde sezgisel değerlendirme aşamasında kullanılacaktır.

Sezgisel değerlendirme aşaması, elde edilen öneri konum çıktılarının genel kabul görmüş kriterlere uygunluğunu belirlemek amacıyla uzman mühendislerin görüşlerinin alındığı bir evre olarak öne çıkmaktadır. Bu aşamada, bakanlık hizmet alanlarında elektrikli araç şarj istasyonlarının en uygun kapasitelerini belirlemek üzere geliştirilen karar destek sisteminin sonuçları ve keşif çalışmaları yapılarak mekânsal analiz kriterlerine ve genel değerlendirme kriterlerine göre yeniden değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu kriterlerden herhangi bir ağırlık değerine sahip değildir. Kriterler uzman ekibimizin saha ve keşif deneyimleri kullanılarak lokasyonlar yerinde ziyaret edilerek değerlendirilmiştir. Sezgisel değerlendirme kriterlerinden elde edilen veriler ve yerinde keşif çalışmaları sonucunda elde edilen keşif verileri uzman mühendis ekibimiz tarafından fikir alışverişi yapılarak şarj istasyonu kurulumuna uygun bulunan taşınmazlarda şarj istasyonu kapasitelerinin belirlenmesi sağlanmıştır.

Mekânsal Analiz Kriterleri: Mekânsal analiz kriterleri, öneri konumların fiziksel çevre ve altyapı unsurlarıyla olan ilişkilerini ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Bu kriterler, konumların çeşitli faktörler açısından ne kadar avantajlı olduğunu belirlemek için önemli bir rol oynamıştır.

Analizde kullanılan mekânsal analiz kriterleri coğrafi bilgi sistemi üzerinde mesafe analizleri yapılarak kullanılmış olup şunlardır:

- **Nüfus Yoğunluğu:** Değerlendirmeye alınan konumun yakınında yaşayan nüfus yoğunluğu, şarj istasyonunun potansiyel kullanıcı kitlesini belirlemede kritik bir faktördür.
- **Erişilebilirlik:** Değerlendirmeye alınan konumun ana yollara olan uzaklığı, erişilebilirliği ve konumun trafik akışı üzerindeki etkisini değerlendirmede kullanılmıştır.
- **Alışveriş Merkezlerine Uzaklık:** Değerlendirmeye alınan konumun alışveriş merkezlerine yakınlığı, kullanıcıların şarj ihtiyaçlarını günlük aktiviteleri sırasında karşılayabilme potansiyelini gösterir.
- **Ulaşım İstasyonlarına Uzaklık:** Toplu taşıma noktalarına olan uzaklık, şarj istasyonunun ulaşılabilirliğini artırabilir ve sürdürülebilir ulaşımı destekleyebilir.
- **Benzin İstasyonlarına Uzaklık:** Benzin istasyonlarına yakınlık, geleneksel taşıtların kullanıcıları arasında da tercih edilebilirliği etkileyebilir.
- **Otoparklara Uzaklık:** Öneri konumunun otoparklara uzaklığı, kullanıcıların şarj ihtiyaçlarını park ederken karşılayabilme olanağını değerlendirmede kullanılmıştır.
- **Kamu Kurumlarına Uzaklık:** Kamu kurumlarına özellikle de eğitim kurumlarına yakınlık yoğun zaman dilimlerinde etkili bir kullanım senaryosunu temsil edebilir.

Bu mekânsal analiz kriterleri, öneri konumların şarj istasyonlarının konumlandırılması için stratejik avantajlarını ve dezavantajlarını belirlemede temel ölçütler olarak kullanılmıştır.

Genel Değerlendirme Kriterleri: Genel değerlendirme kriterleri, öneri konumların elektrikli araç şarj istasyonlarının optimal konumlandırılması için taşıdığı önemi detaylı bir şekilde incelemek üzere kullanılmıştır. Bu kriterler, teknik, çevresel, altyapısal ve stratejik faktörleri içermektedir. Bu kriterler şunlardır:

- **Arazi Uygunluğu**: Öneri konumların arazi uygunluğu, fiziksel altyapının kurulumu ve işletilmesi açısından belirleyici bir faktördür. Düzgün arazi yapısı, altyapının inşası ve bakımının kolaylaştırılmasına yardımcı olabilir. Eğimli bölgelerde ise bu süreçler daha fazla zorluklarla karşılaşabilir.
- **Eğim:** Öneri konumların eğimi, şarj istasyonlarının erişilebilirliğini ve kullanılabilirliğini etkileyebilir. Düşük eğimli bölgeler, kullanıcılar için daha rahat erişim sağlarken, dik eğimli alanlar altyapı kurulumunu zorlaştırabilir.

- **Elektrik Altyapısı:** Öneri konumların mevcut elektrik altyapısıyla uyumluluğu, şarj istasyonlarının verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Altyapının yeterli kapasiteye sahip olması, istasyonların düzgün bir şekilde işlemesini destekler.
- **Çevre Değerlendirmesi:** Öneri konumların çevresel etkileri, şarj istasyonlarının çevresel sürdürülebilirlikle uyumunu belirlemede önemlidir. Çevresel faktörlerin dikkate alınması, yer seçiminin doğal yaşam ve çevre üzerindeki etkilerini minimize etmeyi amaçlar.
- **Mevcut Durum Değerlendirmesi:** Öneri konumların çevresindeki yapılar ve kullanım alanları, istasyonların etkin kullanımını etkileyebilir. Mevcut altyapının ve aktivitelerin analizi, istasyonların konumlandırılmasını daha iyi anlamayı sağlar.
- **Kentsel Ulaşım Ana Planı:** Öneri konumların kentsel ulaşım ana planına uygunluğu, şehir içi ulaşım stratejileriyle uyum içinde olmalarını sağlayabilir. Bu, toplu taşıma, bisiklet yolları ve diğer sürdürülebilir ulaşım modlarıyla entegrasyonu kolaylaştırabilir.

Bu genel değerlendirme kriterlerine göre yapılan analizler, elektrikli araç şarj istasyonlarının konumlandırılmasının teknik, çevresel ve stratejik boyutlarını ayrıntılı bir şekilde incelenmesi içi kullanılmıştır. Bu analizler, optimal konumların belirlenmesinde çoklu perspektiflerin birleştirilmesine yardımcı olmuştur. Sezgisel değerlendirme aşamasında ayrıca T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına ait lokasyonlara elektrikli araç şarj istasyonu kurulumuna yönelik araç paylaşım uygulamaları, yenilenebilir enerji kullanımı, rejeneratif enerji geri kazanımı, kombine taşımacılık vb. akıllı ulaşım sistemleri uygulamaları da göz önünde bulundurulmuştur. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı lokasyonlarına yönelik akıllı ulaşım sistemleri ve sürdürülebilir ulaşım uygulamaları, çeşitli önemli alanlarda etkili olabilir. Sektör araştırmaları ve bu alandaki örneklerin incelenmesi sonucunda aşağıdaki çıkarımlara ulaşılmıştır.

Araç Paylaşım Uygulamaları, Bakanlığın büyük otogarları ve havaalanları, seyahat edenlerin elektrikli araçlarına erişimini kolaylaştırmak amacıyla elektrikli araç paylaşım istasyonlarına ev sahipliği yapabilir. Seyahat edenler, varış noktalarında çevre dostu taşıma araçlarını kullanabilir. Bakanlık binaları ve ofisleri çevresinde, şehir içindeki hareketliliği desteklemek adına elektrikli araç paylaşım istasyonları kurulabilir. Bu, bakanlık personeli ve ziyaretçiler için sürdürülebilir taşıma seçenekleri sunabilir. Bu sebeple alanların keşifleri yapılırken araç paylaşım istasyonu olabilecek alanlarında yer seçiminde etkisi olmuştur.

Ulaştırma Bakanlığı'nın lokasyonlarına yönelik elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumunda yenilenebilir enerji kullanımını göz önünde bulundurmak, sürdürülebilirlik ve çevre dostu taşımacılığı desteklemek açısından önemli bir adımdır.

Şarj istasyonlarının çatılarına veya çevresine güneş enerjisi panelleri entegre edilerek, elektrikli araçların şarj edilmesinde kullanılan enerjinin bir kısmı veya tamamı yenilenebilir güneş enerjisiyle karşılanabilir. Güneş enerjisi panellerinden elde edilen enerji, akü depolama sistemleri kullanılarak depolanabilir. Bu sayede, güneşli olmayan dönemlerde veya gece saatlerinde bile güneş enerjisi kullanımı devam edebilir.

Bakanlığın kontrolündeki demiryolu ve metro sistemlerinde, tren ve metro araçlarının frenleme esnasında ortaya çıkan enerjiyi geri kazanacak rejeneratif frenleme teknolojileri kullanılabilmektedir. Bu enerji depolanabilir ve sistem içinde tekrar kullanılabilir. Şirketimiz demiryolu alanında büyük bir yetkinliğe sahip bulunduğu için bu alanda AR-GE çalışmaları yürütmektedir. Bu çalışmalar depolama sistemi ile rejeneratif enerji kullanımının elektrikli araç şarj istasyonunun enerji ihtiyacının bir kısmın veya tamamını karşılayabileceği görülmektedir.

Otogarlar ve tren istasyonları, farklı ulaşım modlarını entegre eden kombine taşımacılık sistemlerine ev sahipliği yapabilir. Seyahat edenler, bir otogardan diğerine geçiş yaparken farklı taşıma modlarını kolayca birleştirebilir. Şehir merkezlerinde ve ulaşım noktalarında, Bakanlık kontrolündeki alanlarda bisiklet paylaşım sistemleri kurulabilir. Elektrikli bisikletler ve scooterler, kısa mesafeli ulaşımda çevre dostu alternatifler sunmaktadır.

Yukarıda verilen çıkarımlar sezgisel değerlendirme aşamasında yapılan keşifler sırasında değerlendirilmiştir. Lokasyonların kapasiteleri belirlenirken bu öneriler göz önünde bulundurulmuştur.

Karar verme yönteminin birinci aşamasında karar destek sisteminden elde edilen çıktılar yine karar verme yönteminin ikinci aşaması olan sezgisel değerlendirme aşamasında mekânsal analiz kriterleri ve genel değerlendirme kriterlerine göre incelenerek değerlendirilmiştir. Karar destek sistemi çıktıları, çalışmanın başından sonuna kadar çözüm geliştiren ve süreci yürüten uzman elektrik elektronik mühendisleri, uzman harita mühendisi, uzman inşaat mühendisleri, uzman jeoloji mühendisi ve uzman çevre mühendisleri tarafından, belirlenen kriterlere göre öncelik ve kapasite etki değerine göre gerçekleştirilen keşif gözlemleri sonucu sezgisel olarak değerlendirilmiştir. Karar verme yönteminin nihai çıktıları, potansiyel alanların öncelik sıralamalarının belirlenmesi ve potansiyel alanlarda şarj istasyonu kapasitelerinin belirlenmesi başlığı altında sırasıyla Bölüm 4.3.2 ve Bölüm 4.3.3’te açıklanarak verilmiştir.

4.3.2 Potansiyel Alanların Belirlenmesi

Potansiyel alanlar rapor kapsamında açıklanan yöntem ile yazılım ekibimiz tarafından geliştirilen karar destek sistemi yazılımı kullanılarak ve uzman teknik ekip görüşleri ile sezgisel değerlendirme kriterlerine göre belirlenmiştir. Lokasyonların yüzdesel öncelikleri potansiyel alanların karar destek sistemindeki ilgili kriterlere göre önceliklerini belirtmektedir. Kapasite etki değerleri ise ilgili lokasyonun şarj istasyonu kurulumu açısından uygunluklarının ve kapasitelerinin belirlenmesi için etki düzeyini göstermektedir.

4.3.3 Potansiyel Alanlarda Şarj İstasyonu Kapasitelerinin Belirlenmesi

Potansiyel alanlarda şarj istasyonu kapasitesi belirlenirken raporda anlatılan karar verme yönteminin tüm adımları uygulanmıştır. Karar verme yöntemimizin ilk aşaması olan karar destek sistemi yazılımı ile elde edilen potansiyel alanların elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu açısından uygunluk ve kapasite yüzdesel etki değerleri belirlenmiştir. Karar verme yöntemimizin ilk aşaması olan karar destek sisteminden elde edilen çıktı; uzman ekiplerimiz tarafından ikinci aşamada belirtilen sezgisel değerlendirme kriterleri, yurt içi ve yurt dışı çalışmaları, bu iş kapsamında daha önce hazırlanmış "Mevcut Durum Analizi Raporu", "Elektrikli Araç Şarj Talebinin Hesaplanması ve Öngörü Raporu" ve "Elektrikli Araç Şarj İstasyon Projeksiyonu Raporu" çalışmalarından elde edilen bilgiler göz önünde bulundurularak yapılan keşif çalışmaları ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde hizmet alanları için uygun görülen ve önerilen potansiyel alanlar yerinde ziyaret edilerek yapılan keşfe göre değerlendirilerek uygun şarj kapasiteleri, tipleri ve soket sayıları belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] «Thomas Davenport,» [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Davenport_(inventor). [Erişildi: Şubat 2023].

[2] Y. BIYIK ve G. CİVELEKOĞLU, «Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi,» *Bilge International Journal of Science and Technology Research,* cilt 2, no. 157-166, 2018.

[3] «Ford Şarj Edilebilir Hibrit Araçlar,» Ford, [Çevrimiçi]. Available: https://www.ford.com.tr/gelecegi-bugunden-yasa/elektrik-ve-hibrit/sarj-edilebilir-hibrit. [Erişildi: Şubat 2023].

[4] «İklim Değişikliği,» [Çevrimiçi]. Available: https://tr.wikipedia.org/wiki/İklim_değişikliği. [Erişildi: Şubat 2023].

[5] IEA, «Global EV Outlook Securing Supplies For An Electric Future,» International Energy Agency, 2022.

[6] IEA, «Global EV Policy Explorer Electric Vehicle Deployment Policies,» International Energy Agency, 2021.

[7] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, «İklim Şurası Komisyon Tavsiye Kararları,» Ankara, 2022.

[8] IEA, «Policies Database,» International Energy Agency, [Çevrimiçi]. Available: https://www.iea.org/policies. [Erişildi: Şubat 2023].

[9] Sabancı Üniversitesi, «Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü,» Sabancı Üniversitesi IICEC, İstanbul, 2021.

[10] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, «Türkiye Ulaştırma Politikası Belgesi,» Ankara, 2020.

[11] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, «Stratejik Plan,» Ankara, 2019-2023.

[12] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, «Sanayi ve Teknoloji Stratejisi,» Ankara, 2019.

[13] T.C. Ticaret Bakanlığı, «Yeşil Mutabakat Eylem Planı,» Ankara, 2021.

[14] T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, «Mevzuat Bilgi Sistemi,» Ankara.

[15] R. Irle, «Global EV Sales For 2022,» EV Volumes, [Çevrimiçi]. Available: https://www.ev-volumes.com/news/global-ev-sales-for-2022/. [Erişildi: Şubat 2023].

[16] IEA, «Global EV Data Explorer,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer. [Erişildi: Şubat 2023].

[17] «Electric Vehicle (EV) Charging Stations Market,» Eylül 2021. [Çevrimiçi]. Available: https://www.fortunebusinessinsights.com/electric-vehicle-ev-charging-stations-market-102058. [Erişildi: Şubat 2023].

[18] «Plugshare,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.plugshare.com.

[19] B. Venditti, «The Top 10 EV Battery Manufacturers in 2022,» 5 Ekim 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://www.visualcapitalist.com/the-top-10-ev-battery-manufacturers-in-2022/). [Erişildi: Şubat 2023].

[20] «Elektrikli Araç Türleri Nelerdir?,» [Çevrimiçi]. Available: https://ev.hedeffilo.com/ev-gundem/blog/elektrikli-arac-turleri-nelerdir. [Erişildi: Şubat 2023].

[21] TÜİK, [Çevrimiçi]. Available: https://www.tuik.gov.tr. [Erişildi: Şubat 2023].

[22] [Çevrimiçi]. Available: https://www.tehad.org.

[23] T. KARADAĞ ve M. NURMUHAMMED, «Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması ve Enerji Şebekesi Üzerine,» *GU J Sci,* cilt 8(2), no. 218-233, 2021.

[24] F. KARAPINAR ve F. DALDABAN, «Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri ve Şarj İstasyon Tipleri,» *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitusu Dergisi,* cilt 38, no. 3, 2022.

[25] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, «EPDK,» Ankara, 2023.

[26] Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, «Tekno Yatırım,» [Çevrimiçi]. Available: https://sarjdestek.sanayi.gov.tr/turkiye-icin-elektrikli-arac-sarj-altyapisi. [Erişildi: Şubat 2023].

[27] Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, «Elektrikli Araçlar ve Depolama Teknolojileri Bilgilendirme Notu,» 2021.

[28] «https://www.aspilsan.com/kurumsal/hakkimizda/,» [Çevrimiçi]. [Erişildi: 2023].

[29] 2023. [Çevrimiçi]. Available: https://www.aspilsan.com/cozumler/e-mobilite/hafif-elektrikli-arac-bataryasi/.

[30] [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/12/20211218-1.pdf.

[31] «Kamuyu Aydınlatma Platformu,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.kap.org.tr/tr/Bildirim/1115697.

[32] «KARSAN,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.karsan.com/tr/basin-odasi/guncel-haberler/aselsan-ve-karsandan-yerli-ve-milli-elektrikli-minibus.

[33] Simla Yasemin Özkaya, «Girişimci ve İnsani Dış Politika,» Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, [Çevrimiçi]. Available: https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa.

[34] Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, «Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı,» 2023.

[35] TEİAŞ, «Elektrik İstatistikleri,» TEİAŞ, 2021. [Çevrimiçi]. Available: https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri. [Erişildi: Şubat 2023].

[36] «Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» 17 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik. [Erişildi: Şubat 2023].

[37] «Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» 17 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar. [Erişildi: Şubat 2023].

[38] «Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» 26 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes. [Erişildi: Şubat 2023].

[39] «Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» 17 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal. [Erişildi: Şubat 2023].

[40] «Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» 26 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle. [Erişildi: Şubat 2023].

[41] EPDK, Elektrik Piyasası Sektör Raporu, 2022.

[42] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, «ŞARJ HİZMETİ YÖNETMELİĞİ,» 2 Nisan 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/04/20220402-2.htm. [Erişildi: Şubat 2023].

[43] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, «Resmi Gazete,» 12 Mayıs 2019. [Çevrimiçi]. Available: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190512-1.htm. [Erişildi: Şubat 2023].

[44] «EEA,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.eea.europa.eu. [Erişildi: Şubat 2023].

[45] «How clean are electric cars?,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/. [Erişildi: Şubat 2023].

[46] «Alternative Fuels Data Center,» [Çevrimiçi]. Available: https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions_sources.html. [Erişildi: Şubat 2023].

[47] A. USTABAŞ, «MİKRO VE MAKRO ETKİLERİ YÖNÜNDEN ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER (TÜRKİYE EKONOMİSİ ÖRNEĞİ),» *Marmara Üniversitesi İ. İ. B. Dergisi,* cilt 36, no. 1, 2014.

[48] IEA, «Average Lifetime Emission For Vehicles Sold,» Paris, 2019.

[49] Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi, «Elektrikli Araçlar,» *Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü,* 2003.

[50] O. Gündüz ve S. Yakar, «Avrupa Birliği Ve Türkiye'de Elektrikli Otomobillere Yönelik Vergi Teşviklerinin Değerlendirilmesi,» *Avrupa Birliği Ve Türkiye'de Elektrikli Otomobillere Yönelik Vergi Teşviklerinin Değerlendirilmesi,* cilt 29, no. 4, pp. 204-222, 2020.

[51] «ENERJİSA,» [Çevrimiçi]. Available: https://m.enerjisa.com.tr/tr/enerjisa-hakkinda/medya-merkezi/haberler-ve-duyurular/ebrdden-turkiyede-elektrikli-araclarin-yayginlasmasini-desteklemek-icin-kredi.

[52] 2021. [Çevrimiçi]. Available: https://mrc-tr.com/mrc-turkey-is-awarded-deployment-of-electric-vehicle-ev-charging-infrastructure-and-incentives-to-support-the-scale-up-of-electromobility-technologies-in-turkey-project/.

[53] T.C Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, «Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası,» 2022.

[54] «BMW,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.bmw.com.tr/tr/topics/fascination-bmw/bmw-i-ve-e-mobilite/elektrikli-otomobil-turleri.html. [Erişildi: Şubat 2023].

[55] M. RİGAN, «Elektrikli Araçlarda Batarya Yönetim Sistemi Tasarımı,» *Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilimdalı,* 2020.

[56] «WLTP Standardı,» Şubat 2023. [Çevrimiçi]. Available: https://www.dsautomobiles.com.tr/ds-evreni/teknoloji/wltp.html. [Erişildi: Şubat 2023].

[57] «Useable Battery Capacity, Energy Consumption and Range,» [Çevrimiçi]. Available: https://ev-database.org/cheatsheet/useable-battery-capacity-electric-car. [Erişildi: Şubat 2023].

[58] T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, «2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı,» Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara, 2022.

[59] K. Mariannae, L. Samantha, C. Jasmine ve X. W. Hon, «Forecasts of Electric Vehicle Penetration And Impact On Global Oil Demand,» Columbia University School of International and Public Affairs, Columbia, 2022.

[60] «2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi İçin Stratejimizi Hazırlıyoruz,» 24 Ağustos 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://iklim.gov.tr/2053-net-sifir-emisyon-hedefimize-giden-yolda-uzun-donemli-stratejimizi-hazirliyoruz-haber-33. [Erişildi: Şubat 2023].

[61] H. Jiming, K. Lingyu, S. Yaqi, L. Ying, X. Wenting ve W. Hao, «A Review of Demand Forecast for Charging Facilities of Electric Vehicles,» %1 içinde *2017 2nd Asia Conference on Power and Electrical Engineering*, Shangai, 2017.

[62] A. H. a. S. S. W.J. Sweeting, «Factors affecting electric vehicle energy consumption,» *International Journal of Sustainable Engineering*, cilt 4, no. 3, pp. 192-201, 2011.

[63] H. S. Ahmet Onur Kiyakli, «Modeling of an Electric Vehicle with MATLAB/Simulink,» *INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMOTIVE SCIENCE AND TECHNOLOGY*, cilt 2, no. 4, pp. 9-15, 2018.

[64] TCDD, «DEMİRYOLU SEKTÖR RAPORU 2021,» Ankara, 2022.

[65] TCDD, «Lojistik Merkezler,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/lojistik-merkezler.

[66] DHMİ, «DHMİ,» Aralık 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx.

[67] UAB, «Ulaştırma Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri,» Ulaştırma Bakanlığı , 2022. [Çevrimiçi]. Available: https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/yuk-istatistikleri.

[68] M. Hodgson, «A Flow Capturing Location-Allocation Model,,» *Geographical Analysis*, pp. 270-279, Temmuz 1990.

[69] M. Kuby ve S. Lim, «The Flow-Refueling Location Problem for Alternative-Fuel Vehicles,» *Socio-Economic Planning Sciences*, pp. 125-145, Haziran 2005.

[70] G. Mehrnaz, Z. Ali ve N. Yu (Marco), «A General Corridor Model For Designing Plug-In Electric Vehicle Charging Infrastructure to Support Intercity Travel,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, pp. 389-402, Temmuz 2016.

[71] G. Fang, Y. Jun ve L. Jianyi, «The Battery Charging Station Location Problem: Impact of Users Range Anxiety and Distance Convenience,» *Transportation Research Part E: Logistcs and Transportation Review,* pp. 1-18, Haziran 2018.

[72] H. Yi, S. Ziqi ve L. Zhaocai, «Fast-Charging Station Deployment for Battery Electric Bus Systems Considering Electricity Demand Charges,» *Sustainable Cities and Society,* p. 101530, Temmuz 2019.

[73] H. Yongxi, L. Shengyin ve Q. Zhen Sean, «Optimal Deployment of Alternative Fueling Stations on Transportation Networks Considering Deviation Paths,» *Networks and Spatial Economics,* pp. 184-204, 2015.

[74] «Electrification of a City Bus Network - An Optimization Model For Cost Effective Placing of Charging Infrastructure and Battery Sizing of Fast-Charging Electric Bus Systems,» *International Journal of Sustainable Transportation,* pp. 707-720, 2017.

[75] W. Ying-Wei, «An Optimal Location Choice Model for Recreation-Oriented Scooter Recharge Stations,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* pp. 231-237, Mayıs 2007.

[76] W. Ying-Wei ve L. Chuah-Chih, «Locating Road-Vehicle Refueling Stations,» *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* pp. 821-829, Eylül 2009.

[77] W. Xu, S. Mohammad, J. Chuanwen ve L. Zhiyi, «Coordinated Planning Strategy for Electric Vehicle Charging Stations and Coupled Traffic-Electric Networks,» *IEEE Transactions on Power Systems,* pp. 268-279, Ocak 2019.

[78] X. Zhang, R. David ve S. Waller, «Multitype Recharge Facility Location for Electric Vehicles,» *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering,* pp. 943-965, 2018.

[79] C. Richard ve R. Charles, «The Maximal Covering Location Problem,» *Papers of The Regional Science Association,* pp. 101-118, 1974.

[80] I. Capar ve K. Michael, «An Efficient Formulation of The Flow Refueling Location Model For Alternative-Fuel Stations,» *IIE Transactions,* pp. 622-636, Ağustos 2012.

[81] I. Capar, M. Kuby, V. Leon ve Y.-J. Tsai, «An Arc Cover-Path-Cover Formulation and Strategic Analysis of Alternative-Fuel Station Locations,» *European Journal of Operational Research,* pp. 142-151, 2013.

[82] B. Oded, C. L. Richard ve F. Nikoletta, «Optimal Location of Discretionary Service Facilities,» *Transportation Science,* pp. 201-211, Ağustos 1992.

[83] H. M.John, R. K.E., L. A. ve S. G., «Applying the Flow-Capturing Location - Allocation Model To an Authentic Network: Edmonton, Canada,» *European Journal of Operational Research,* pp. 427-443, Mayıs 1996.

[84] L. Seow ve K. Michael, «Heuristic Algorithms for Siting Alternative-Fuel Stations Using The Flow-Refueling Location Model,» *European Journal of Operational Research,* pp. 51-61, Temmuz 2010.

[85] D. Jing, L. Changzheng ve L. Zhenhong, «Charging Infrastructure Planning For Promoting Battery Electric Vehicles: An Activity-Based Approah Using Multiday Travel Data,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* pp. 44-55, 2014.

[86] H. Fang, Y. Yafeng ve Z. Jing, «Deploying Public Charging Stations For Electric Vehicles on Urban Road Networks,» *Transportation Research Part C: Emerging Techologies,* pp. 227-240, Kasım 2015.

[87] K. Ahmet Abdelmoumene, P. Romain, B. Mouna Kchaou ve G. Celine, «A Multi-Stage Stochastic Integer Programming Approach For Locating Electric Vehicle Charging Stations,» *Computers & Operations Research,* Mayıs 2020.

[88] K. Namwoo, F. Fred ve P. Panos, «Integrated Decision Making in Electric Vehicle and Charging Station Location Network Design,» *Journal of Mechanical Design,* Haziran 2015.

[89] L. Shengyin, H. Yongxi ve J. Scott, «A Multi-Period Optimization Model For The Deployment of Public Electric Vehicle Charging Stations on Network,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* pp. 128-143, Nisan 2016.

[90] W. Yue, S. Jianmai, W. Rui, L. Zhong ve W. Ling, «Siting and Sizing Of Fast Charging Stations in Highway Network With Budget Constraint,» *Applied Energy,* pp. 1255-1271, 15 Ekim 2018.

[91] X. Fei, L. Changzheng, L. Shengyin, L. Zhenhong ve H. Yongxi, «Long-Term Strategic Planning of Inter-City Fast Charging Infrastructure for Battery Electric Vehicles,» *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* pp. 261-276, Ocak 2018.

[92] Y. Peng-Sheng ve H. Yi-Chih, «A Hybrid Heuristic Approach To The Problem of The Location of Vehicle Charging Stations,» *Computers&Industrial Engineering,* pp. 195-204, Nisan 2014.

[93] G. Lee Y., S. Kim H., Y. Kho S. ve C. Lee, «User Equilibrium–Based Location Model of Rapid Charging Stations for Electric Vehicles with Batteries that have Different States of Charge,» *Transportation Research Record,* pp. 97-106, 2014.

[94] Z. Ali, A. Hedayat Z., G. Mehrnaz ve N. Yu (Marco), «Solving Detour-Based Fuel Stations Location Problems,» *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering,* pp. 132-144, 16 Eylül 2015.

[95] H. Meysam ve M. S.A., «A Heuristic Algorithm For Optimal Location of Flow-Refueling Capacitated Stations,» *International Transactions in Operational Research,* pp. 1377-1403, Ekim 2015.

[96] B. Mouna Kchaou ve G. Celine, «Efficient Solution Approaches For Locating Electric Vehicle Fast Charging Stations Under Driving Range Uncertainty,» *Computers & Operations Research,* pp. 288-299, Eylül 2019.

[97] X. Hao, M. Shihong, Z. Chunyong ve S. Dongyuan, «Optimal Placement of Charging Infrastructures For Large-Scale Integration of Pure Electric Vehicles Into Grid,» *International Journal of Electrical Power & Energy Systems,* pp. 159-165, Aralık 2013.

[98] M. Mruzek, I. Gajdáč, Ľ. Kučera ve D. Barta, «Analysis of Parameters Influencing Electric Vehicle Range,» *Procedia Engineering,* cilt 134, pp. 165-174, 2016.

[99] B. Mouna Kchaou, «Charging Station Location Problem: A Comprehensive Review on Models and Solution Approaches,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* Kasım 2021.

[100] L. Hu, J. Dong, Z. Lin ve J. Yang, «Analyzing Battery Electric Vehicle Feasibility from Taxi Travel Patterns: The Case Study of,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* cilt 87, pp. 91-104, 2018.

[101] S. Hardman, A. Jenna, G. Tala ve v.d, «A review of consumer preferences of and interactions with electric,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* cilt 62, pp. 508-523, 2018.

[102] E. Figenbaum, «Battery Electric Vehicle Fast Charging–Evidence fromthe Norwegian Market,» *Worl Electric Vehicle Journal,* pp. 11-38, 2020.

[103] [Çevrimiçi]. Available: https://www.nrdc.org/stories/electric-vehicle-charging-explained.

[104] J. Verma ve D. Kumar, «Metal-ion batteries for electric vehicles: current state of the technology, issues and future perspectives,» *Nanoscale Advances,* cilt 3, pp. 3384-3394, 2021.

[105] C. Cunanan, T. Manh-Kien, L. Youngwoo ve K. Shinghei , «A Review of Heavy-Duty Vehicle Powertrain Technologies: Diesel Engine Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles,» *Clean Technologies,* pp. 474-489, 2021.

[106] T. S. Bryden, G. Hilton, B. Dimitrov, C. P. de León ve A. Cruden, «Rating a Stationary Energy Storage System Within a Fast Electric Vehicle Charging Station Considering User Waiting Times,» *IEEE Transactions on Transportation Electrification,* pp. 879-889, 2019.

[107] A. K. Aydemir, «Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi İçin Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı.,» *International Journal of Engineering Research and Development,* pp. 211-225, 2019.

[108] «U.S. Environmental Protection Agency,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle#burning%20The.

[109] S. Netherlands. [Çevrimiçi]. Available: https://www.cbs.nl/en-gb.

[110] T. L. Saaty, «The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill.,» 1980.

[111] Y. Wang ve Q. Wang, «A Hybrid Multi-criteria Decision-making Model for Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations. Renewable Energy.,» 2020.

[112] D. Malczewski, «Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental Sciences: Ten Years of Applications and Trends,» *Science of the Total Environment.*

[113] T. L. Saaty, «Decision Making with the Analytic Hierarchy Process,» *International Journal of Services Sciences,* 2008.

[114] J. e. a. Smith, «Geographic Location Analysis for Electric Vehicle Charging Station Placement,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* cilt 72, pp. 160-175, 2019.

[115] H. e. a. Zhang, «Optimal Deployment of Electric Vehicle Fast Charging Stations Considering Accessibility and Traffic Congestion,» *Applied Energy,* cilt 268, p. 115042, 2020.

[116] S. e. a. Kim, «Optimal Placement of Fast Charging Stations for Electric Vehicles in Recreational Areas,» *International Journal of Sustainable Transportation,* cilt 12, no. 3, pp. 219-231, 2018.

[117] Y. e. a. Chen, «Planning Electric Vehicle Charging Infrastructure in Urban Areas for Effective Use: A GIS Approach,» *Applied Geography,* cilt 82, pp. 62-74, 2017.

[118] Y. e. a. Zheng, «Optimal Location of Electric Vehicle Charging Stations Near Public Transportation Stops: A Case Study in Beijing,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* cilt 126, p. 102988, 2021.

[119] X. e. a. Wang, «Optimal Deployment of Electric Vehicle Fast Charging Stations in Tourist Attractions,» *Journal of Cleaner Production,* cilt 230, pp. 49-61, 2019.

[120] H. e. a. Lim, «Electric Vehicle Charging Infrastructure Planning for Sustainable Urban Development,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* cilt 67, pp. 63-75, 2019.

[121] R. e. a. Sioshansi, «Electric Vehicle Charging Infrastructure Planning: A Critical Review,» *Energy Strategy Reviews,* cilt 26, p. 100423, 2019.

[122] L. e. a. Hao, «Optimal Location and Sizing of Fast Charging Stations for Electric Vehicles Considering Grid Constraints,» *IEEE Transactions on Sustainable Energy,* cilt 11, no. 1, pp. 285-297, 2020.

[123] N. e. a. Nourbakhshnia, «Data-Driven Charging Station Placement for Electric Vehicles: A Comprehensive Review,» *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* cilt 14, no. 11, pp. 4997-5004, 2018.

[124] 11 Eylül 2023. [Çevrimiçi]. Available: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685.

[125] «Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı,» 11 Eylül 2023. [Çevrimiçi]. Available: https://www.sanayi.gov.tr/merkez-birimi/b94224510b7b/sege.

[126] TÜİK, «Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri,» 2022.

EK 1

2023 Yılı Algoritma Sonucu Elde Edilen İstasyonlara Ait Link Numaraları

LINK NO	İSTASYON NO	LINK NO	İSTASYON NO
2001032168	10001	1128788210	10097
1128798863	10002	1128813457	10098
2001014565	10003	2001014279	10099
2001024954	10004	2001026698	10100
1128713027	10005	906061711	10101
923455681	10006	1128827861	10102
2001028341	10007	2000003425	10103
1128816665	10008	902203093	10104
1128816112	10009	2001022353	10105
2001015008	10010	2001032306	10106
1128795355	10011	2000001249	10107
2000004136	10012	1128696286	10108
1128713781	10013	2000002034	10109
1128599823	10014	2001014797	10110
2001036577	10015	1128701559	10111
1128807710	10016	772785346	10112
1128814659	10017	2001030244	10113
2001031354	10018	1128817161	10114
1128757750	10019	2001015103	10115
2001027038	10020	1128805702	10116
2001036716	10021	2001025240	10117
2001023987	10022	1128825513	10118
1128824126	10023	1128586617	10119
2001014264	10024	2001031817	10120
1128828245	10025	945335446	10121
2001038087	10026	2001015100	10122
2001023578	10027	2001013985	10124
925713535	10028	2001014224	10125
2001025453	10029	1128810178	10126
1128800289	10030	2001025511	10127
1128769484	10031	1128812443	10128
2001031363	10032	1128750284	10129
1128804767	10033	1128761445	10130
2001035060	10034	1128709635	10131
2001020906	10035	1128810924	10132
1128695163	10036	2001014201	10133
2001029101	10037	2001010149	10134
1128772163	10038	2001014717	10135

LINK NO	İSTASYON NO	LINK NO	İSTASYON NO
2001013826	10039	2001004561	10136
1128816434	10040	2001036609	10137
1128710638	10041	2000003590	10138
1128658526	10042	2001014270	10139
779394570	10043	2001014946	10140
2001033824	10044	945195693	10141
1128808647	10045	2001036219	10142
2001013822	10046	2001032478	10143
2001014872	10047	1128795394	10144
2001031826	10048	1128808289	10145
1128815617	10049	2001002574	10146
2001021691	10050	906874628	10147
1128697321	10051	2001013270	10148
1128807311	10052	2001013946	10149
1128799115	10053	1128817213	10150
1128767583	10054	1128815620	10151
1128699640	10055	2001027135	10152
1200000292	10056	1128812338	10153
2001013957	10057	1128795396	10154
1128804354	10058	1128712674	10155
906060953	10059	2001015122	10156
1112561435	10060	998633511	10157
2001013799	10061	945209214	10158
2001020583	10062	1128808776	10159
1128755117	10063	1128685071	10160
2001002497	10064	1128578093	10161
2001013871	10065	2001020295	10162
1128807888	10066	1128824470	10163
2001011291	10067	773769703	10164
2001023133	10068	956206366	10165
1128802254	10069	1128816029	10166
835969162	10070	2001014243	10167
2001036362	10071	1128818345	10168
907734450	10072	1128814660	10169
2001014972	10073	1128788320	10170
2001015052	10074	1119125887	10171
2001028428	10075	1091993839	10172
1128681865	10076	1128655342	10173
906552665	10077	2001014685	10174
2001014232	10078	976827878	10175
1128762813	10079	2001031100	10176
2001023908	10080	2001027580	10177
2000004659	10081	2001024598	10178

LINK NO	İSTASYON NO	LINK NO	İSTASYON NO
2001014985	10082	1128815554	10179
2001034739	10083	2001002951	10180
2001020273	10084	1128704171	10181
1128827237	10085	1128759269	10182
1128741550	10086	907018557	10183
2001026602	10087	2001032278	10184
2001029897	10088	1128587106	10185
2001025405	10089	1128774394	10186
2001014033	10090	2001028493	10187
2001023508	10091	2001014108	10188
2001027546	10092	2001029822	10189
2001034051	10093	2001023276	10190
2001023535	10094	1128574459	10191
1128705010	10095	1128688975	10192
2001030462	10096	1128680727	10193

Algoritma Sonucu Elde Edilen 2029 Yılı Öneri İstasyonlara Ait Link Numaraları

LINK NO	İSTASYON NO	LINK NO	İSTASYON NO
2001012252	20001	2001021785	20018
2001034369	20002	2000003263	20019
2001038493	20003	2001033193	20020
1128806917	20005	2001038408	20021
1128804171	20006	2001032353	20022
2001031330	20007	2001038458	20023
989675285	20008	2001038506	20024
2001038231	20009	2001021095	20025
2001022543	20010	1128817882	20026
1128617761	20011	905108560	20027
2001038019	20012	1128827289	20028
1128687403	20013	1128794800	20029
2001001925	20014	1128764855	20030
2001026584	20015	1128812972	20031
1128818232	20016	2001037631	20032
2001038468	20017	2001031347	20033

Algoritma Sonucu Elde Edilen 2035 Yılı Öneri İstasyonlara Ait Link Numaraları

LINK NO	İSTASYON NO	LINK NO	İSTASYON NO
907732046	30001	1128817583	30017
2001024272	30002	1128790167	30018
2001017908	30003	2001019666	30019
2001038568	30004	1128661090	30020
1128780878	30005	2001024430	30021
2001038300	30006	1128706977	30022
1128637586	30007	2001035878	30023
2001038576	30008	300215	30024
2001032982	30009	1128663019	30025
2001038662	30010	2001017438	30026
1128669824	30011	2001038888	30027
1128592750	30012	1128702387	30028
907982881	30013	1128690057	30029
1112615779	30014	786401848	30030
2001038449	30015	1128676381	30031
1128650739	30016	1128549518	30032

Algoritma Sonucu Elde Edilen 2053 Yılı Öneri İstasyonlara Ait Link Numaraları

LINK NO	İSTASYON NO	LINK NO	İSTASYON NO
910706545	50001	1128692064	50005
2001038848	50002	1128708669	50006
1112615781	50003	1128698075	50007
2001012765	50004	1128694140	50008

EK 2

Plaka Kodu	İl Adı	Öneri Soket Sayısı (2029)	Öneri Soket Sayısı (2035)	Öneri Soket Sayısı (2053)
1	Adana	88	282	806
2	Adıyaman	18	40	98
3	Afyonkarahisar	218	442	1.206
4	Ağrı	10	10	12
5	Amasya	48	60	276
6	Ankara	412	1.062	2.484
7	Antalya	304	966	2.054
8	Artvin	14	18	26
9	Aydin	50	106	304
10	Balıkesir	154	378	900
11	Bilecik	68	224	812
12	Bingöl	16	48	114
13	Bitlis	36	126	258
14	Bolu	98	380	1.268
15	Burdur	24	44	118
16	Bursa	186	500	1.442
17	Çanakkale	42	128	312
18	Çankırı	34	36	64
19	Corum	72	162	434
20	Denizli	52	150	408
21	Diyarbakır	88	246	550
22	Edirne	22	26	32
23	Elazığ	32	76	170
24	Erzincan	50	168	310
25	Erzurum	80	224	410
26	Eskişehir	192	448	1.110
27	Gaziantep	96	258	724
28	Giresun	28	92	258
29	Gümüşhane	4	10	20
30	Hakkari	2	2	4
31	Hatay	14	32	98
32	Isparta	62	114	274
33	Mersin	106	550	1.256
34	İstanbul	406	582	1.358
35	İzmir	188	296	598
36	Kars	12	12	16
37	Kastamonu	70	168	420

Plaka Kodu	İl Adı	Öneri Soket Sayısı (2029)	Öneri Soket Sayısı (2035)	Öneri Soket Sayısı (2053)
38	Kayseri	150	310	686
39	Kırklareli	12	14	22
40	Kırşehir	56	204	608
41	Kocaeli	114	338	1.468
42	Konya	246	532	1.390
43	Kütahya	108	146	420
44	Malatya	58	168	414
45	Manisa	112	364	1.104
46	Kahramanmaraş	32	62	128
47	Mardin	20	30	76
48	Muğla	122	170	356
49	Muş	14	24	50
50	Nevşehir	42	84	192
51	Niğde	70	196	522
52	Ordu	46	168	402
53	Rize	12	36	94
54	Sakarya	94	268	1.052
55	Samsun	110	290	720
56	Siirt	6	6	6
57	Sinop	10	14	26
58	Sivas	124	412	1.182
59	Tekirdağ	32	48	88
60	Tokat	30	68	102
61	Trabzon	66	144	440
62	Tunceli	10	42	86
63	Şanlıurfa	66	246	698
64	Uşak	52	134	342
65	Van	14	14	16
66	Yozgat	56	152	364
67	Zonguldak	22	38	70
68	Aksaray	80	312	874
69	Bayburt	8	8	12
70	Karaman	24	38	86
71	Kırıkkale	30	82	220
72	Batman	44	78	134
73	Şirnak	18	30	120
74	Bartın	6	6	6
75	Ardahan	4	4	4
76	Iğdır	2	2	4
77	Yalova	20	96	282
78	Karabük	12	74	212

Plaka Kodu	İl Adı	Öneri Soket Sayısı (2029)	Öneri Soket Sayısı (2035)	Öneri Soket Sayısı (2053)
79	Kilis	0	0	0
80	Osmaniye	28	160	380
81	Düzce	46	172	482
Toplam		**5.624**	**14.250**	**36.944**