

KADIR HAS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**2050 YILINA KADAR SIFIR KARBON EMİSYON  
HEDEFİ: TÜRKİYE'DE %100 TEMİZ ELEKTRİĞİN  
UYGULANABİLİRLİĞİ**

YASEMİN YAĞMUR YALÇIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL, KASIM, 2021

Yasemin Yağmur Yalçın

Yüksek Lisans Tezi

2021



**2050 YILINA KADAR SIFIR KARBON EMİSYON  
HEDEFİ: TÜRKİYE'DE %100 TEMİZ ELEKTRİĞİN  
UYGULANABİLİRLİĞİ**

YASEMİN YAĞMUR YALÇIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Anabilim Dalı Finans Mühendisliği Programı'nda  
Yüksek Lisans derecesi için gerekli kısmi şartların yerine getirilmesi amacıyla Kadir  
Has Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne teslim edilmiştir.

İSTANBUL, KASIM, 2021

## ARAŞTIRMA ETİĞİ VE YAYIN YÖNTEMLERİ BİLDİRİMİ

Ben, YASEMİN YAĞMUR YALÇIN;

- hazırladığım bu Yüksek Lisans Tezinin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve başka çalışmalardan yaptığım alıntıların kaynaklarını kurallara uygun biçimde tez içerisinde belirttiğimi;
- bu Yüksek Lisans Tezinin başka bir eğitim kurumunda bir derece veya diplomaya sunulan veya kabul edilen herhangi bir materyal içermediğini;
- "Yükseköğretim Kurulu Etik Davranış İlkeleri" uyarınca hazırlanan "Kadir Has Üniversitesi Akademik Etik İlkeleri"ni takip ettiğimi onaylıyorum.

Buna ek olarak, bu çalışma ile ilgili ortaya çıkabilecek herhangi bir haksız iddianın, üniversite mevzuatına uygun olarak disiplin işlemi ile sonuçlanacağını kabul ediyorum.

Ayrıca, çalışmalarımın hem basılı hem de elektronik kopyaları, aşağıda belirtilen şartlar çerçevesinde Kadir Has Bilgi Merkezi'nde saklanacaktır:

Tezimin tamamı her türlü erişime açılabılır.

YASEMİN YAĞMUR YALÇIN

---

01.11.2021

KADIR HAS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KABUL VE ONAY**

**YASEMİN YAĞMUR YALÇIN** tarafından hazırlanan “**2050 YILINA KADAR SIFIR KARBON EMİSYON HEDEFİ: TÜRKİYE’DE %100 TEMİZ ELEKTRİĞİN UYGULANABİLİRLİĞİ**” başlıklı bu çalışma **30 KASIM 2021** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Prof. Dr., Ayşe Hümevra Bilge    Danışman    Kadir Has Üniversitesi \_\_\_\_\_

Prof. Dr., Ahmet Deniz Yücekaya Eş-Danışman Kadir Has Üniversitesi \_\_\_\_\_

Doç Dr., Gökhan Kirkil                      Jüri Üyesi    Kadir Has Üniversitesi \_\_\_\_\_

Dr. Öğr. Üyesi, Emre Çelebi                Jüri Üyesi    Yeditepe Üniversitesi \_\_\_\_\_

Dr. Öğr. Üyesi, Ayşe Peker    Jüri Üyesi    İstanbul Teknik Üniversitesi \_\_\_\_\_

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Mehmet Timur Aydemir  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü  
ONAY TARİHİ: 30/11/2021

# İÇİNDEKİLER

ABSTRACT .....	i
ÖZET.....	ii
TEŞEKKÜRLER .....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR .....	vi
GİRİŞ .....	1
<b>1. ELEKTRİK ÜRETİM KAPASİTESİNİN ÜRETİM TÜRÜNE GÖRE İNCELENMESİ .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Fosil Kaynaklı Elektrik Üretimi .....</b>	<b>5</b>
1.1.1 Kömür .....	5
1.1.1.1 Yerli .....	5
1.1.1.2 İthal .....	5
1.1.2 Doğal Gaz.....	7
<b>1.2 Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretimi .....</b>	<b>9</b>
1.2.1 Hidroelektrik (HES) .....	9
1.2.2 Rüzgar (RES) .....	10
1.2.2.1 On Shore .....	10
1.2.2.2 Off Shore .....	11
1.2.3 Güneş (GES) .....	11
1.2.4 Diğer.....	12
1.2.4.1 Jeotermal (JES) .....	12
1.2.4.2 Biyokütle .....	12
<b>1.3 Nükleer Kaynaklı Elektrik Üretimi.....</b>	<b>13</b>
<b>2. ELEKTRİK TÜKETİMİNİN KİŞİ, HANE VE SANAYİ BAZINDA DEĞERLENDİRİLMESİ VE TEKNOLOJİ ETKİSİ .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Hane Tüketimi.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Sanayi ve Ticarethane Tüketimi.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Türkiye Nüfus Tahmini ve Kişi Başına Düşen Enerji .....</b>	<b>15</b>

2.3.1 Nüfus Tahminleri .....	15
2.3.2 Kişi Başına Düşen Enerji .....	17
<b>2.4 Teknolojik Gelişmelerin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisi .....</b>	<b>17</b>
<b>3. 2050 YILI ELEKTRİK İHTİYACI TAHMİNİ VE BUNA KARŞILIK</b>	
<b>POTANSİYEL YENİLENEBİLİR KAYNAKLARIN KAPASİTESİ.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 2050 Yılı Elektrik Talep Projeksiyonu.....</b>	<b>18</b>
3.1.1 Literatür Araştırması .....	18
3.1.2 Verilerin Hazırlanması ve Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi .....	20
3.1.3 Tahmin Sonuçlarının Yapılan Diğer Tahminler ile Karşılaştırılması.....	21
<b>3.2 Yenilenebilir Kaynakların Güvenilir Elektrik Üretim Potansiyeli .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Covid-19 Notu.....</b>	<b>27</b>
<b>4. SONUÇ.....</b>	<b>28</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>30</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>35</b>

# ZERO CARBON EMISSIONS GOAL BY 2050: APPLICABILITY OF 100% CLEAN ELECTRICITY IN TURKEY

## ABSTRACT

The aim of this study is to make projections about how much resources Turkey needs to meet its electricity demand within the framework of zero carbon emissions by 2050, and to make evaluations about renewable energy capacity to meet this need. The data used in this study were obtained through World Bank, Turkish Electricity Transmission Corporation and Energy Exchange İstanbul. In the first part, electricity supply sources, capacities and potentials in Turkey are discussed. In the second part, the current state of electricity consumption is examined; analyzes on the effects of population, national income and technology on electricity consumption are evaluated. In the third part, the level that the electricity demand will reach in 2050 depending on national income, population and technology has been estimated in various scenarios and the predicted demand is compared with the renewable energy potential. In the fourth and last part, evaluations have been made on the potential renewable electricity capacity and projected energy demand scenarios.

**Keywords:** Electricity demand projection based on population, national income and technology, Zero carbon emissions



# 2050 YILINA KADAR SIFIR KARBON EMİSYON HEDEFİ: TÜRKİYE'DE %100 TEMİZ ELEKTRİĞİN UYGULANABİLİRLİĞİ

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, 2050 yılı sıfır karbon emisyonu hedefi çerçevesinde, Türkiye'nin, elektrik talebini karşılamak için ne kadar kaynağa ihtiyacı olduğuna dair projeksiyonlar yapmak ve bu ihtiyacı karşılamak için yenilebilir enerji kapasitesi ile ilgili değerlendirmelerde bulunmaktır. Çalışmada kullanılan veriler, Dünya Bankası, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi ve Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi tarafından kullanıma sunulan Şeffaflık Platformu üzerinden elde edilmiştir. İlk bölümde Türkiye'de elektrik arz kaynakları, kapasiteleri ve potansiyelleri ele alınmıştır. İkinci bölümde elektrik tükeminin mevcut durumu incelenerek; nüfus, milli gelir ve teknolojinin elektrik tüketimi üzerindeki etkilerine ilişkin analizler değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde; 2050 yılında elektrik ihtiyacının nüfusa, milli gelir ve teknolojiye bağlı olarak ulaşacağı seviye çeşitli senaryolarla tahmin edilerek öngörülen talebin yenilebilir enerji potansiyeli ile karşılaştırması yapılmıştır. Dördüncü ve son bölümde ise yenilebilir kaynaklı elektrik arz potansiyeli sonuçları ile projekte edilen enerji talep senaryolarının sonuçları değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Nüfus, milli gelir ve teknolojiye bağlı elektrik talep projeksiyonu, Sıfır karbon emisyonu

## TEŐEKKÖRLER

Bu çalışmada desteklerini esirgemeyen Tez Danıőmanım, Sayın Hocam Prof. Dr. Ayşe Hümeyra Bilge ve Eő Danıőmanım Sayın Hocam Prof. Dr. Ahmet Deniz Yücekaya'ya bilgi ve destekleri için ve bu süreçte sürekli yanımda hissettiğim aileme teşekkür ederim.



## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> 2020 yılı kaynaklara göre toplam kurulu güç (Elektrikport.com, 2021) .....	4
<b>Tablo 2:</b> Enerji hammadde ithalatları, (MTA, 2021) .....	6
<b>Tablo 3:</b> Taş kömürü ithal edilen ülkeler, (MTA, 2021).....	6
<b>Tablo 4:</b> Türkiye'nin gaz ithalatının kaynak bazında dağılımı, (Petform, 2020).....	7
<b>Tablo 5:</b> Türkiye'nin gaz ithalat anlaşmaları, (Petform, 2021).....	8
<b>Tablo 6:</b> Dünya doğal gaz reverzi, (EIA, 2021) .....	8
<b>Tablo 7:</b> Toplam HES potansiyeli kurulu ve planlanan ile birlikte toplam kapasiteleri, (DSİ, 2020).....	9
<b>Tablo 8:</b> Mesken elektrik tüketimi, (EPDK, 2021) .....	15
<b>Tablo 9:</b> Sanayi ve ticarethane elektrik tüketimi, (EPDK, 2021).....	15
<b>Tablo 10:</b> Nüfus tahmini ana senaryo varsayımları, (TÜİK, 2021) .....	16
<b>Tablo 11:</b> Dünya genelinde elektrik üretimi kaynaklı karbon salımını sıfırlama hedefleri, (IEA, 2021) .....	23
<b>Tablo 12:</b> Yenilenebilir kaynakların 2023 yılı kurulu güç hedeflerinin 2020 yılı ile karşılaştırması, (ETKB, 2021) .....	24
<b>Tablo 13:</b> 2050 yılı yenilenebilir kaynaklı elektrik kurulu güç ve arz tahmini.....	24

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1:</b> 2020 yılında Türkiye'nin elektrik üretiminin (lisanssız üretim hariç), üretim türüne göre dağılım tablosu (EPIAŞ, 2021).....	3
<b>Şekil 2:</b> 2020 yılında Dünyada elektrik üretiminin üretim türüne göre dağılım tablosu (Ember global electricity review, 2021).....	4
<b>Şekil 3:</b> Rüzgar Enerjisi Potansiyeli (Globalwindatlas.info, 2021).....	10
<b>Şekil 4:</b> Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Gepa.enerji.gov.tr, 2021) .....	11
<b>Şekil 5:</b> Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası (ETKB, 2021) .....	12
<b>Şekil 6:</b> 2020 Yılı Faturalanan Elektrik Tüketiminin Tüketici Türüne Göre Yüzdesel Dağılımı (EPDK, 2021) .....	14
<b>Şekil 7:</b> Nüfus Projeksiyonu 2018-2080, (TÜİK, 2021).....	16
<b>Şekil 8:</b> İller bazında Türkiye'de kişi başına düşen elektrik yoğunluğu, (TEDAŞ, 2021) .....	17
<b>Şekil 9:</b> Elektrik talep tahmin grafiği, 2020 - 2050 .....	21
<b>Şekil 10:</b> Elektrik talep tahmin sonuçlarının ETKB tahminleri ile karşılaştırılması, 2040 .....	22
<b>Şekil 11:</b> Kaynak bazında 2050 yılı yenilenebilir kaynak kapasitelerinin toplam üretimdeki paylarının tahmini .....	25
<b>Şekil 12:</b> Baz senaryo 2050 yılı puant talep ile kurulu emre amade güç karşılaştırması.....	25
<b>Şekil 13:</b> GES, RES ve HES'lerin 2019 yılı saatlik üretim grafiği, (EPIAŞ, 2021) .....	26
<b>Şekil 14:</b> Talep senaryoları ve arz tahminlerinin karşılaştırması.....	29

## KISALTMALAR

**ABD:** Amerika Birleşik Devletleri

**BP:** British Petrol

**CSP:** Concentrated Solar Power

**DSİ:** Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

**EIA:** United States Energy Information Administration

**EKK:** En Küçük Kareler

**EPDK:** Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Denetleme Kurumu

**EPIAŞ:** Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi

**ETKB:** Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

**GEPA:** Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

**GES:** Güneş Enerjisi Santrali

**GSYH:** Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

**GWh:** Gigawatt-Hour

**HES:** Hidroelektrik Santrali

**IEA:** International Energy Agency

**IIEEC:** İstanbul International Center for Energy and Climate

**JES:** Jeotermal Enerji Santrali

**Kcal:** Kilocalories

**Kg:** Kilogram

**KWh:** Kilowatt-Hour

**m:** Metre

**m<sup>3</sup>:** Metreküp

**MMO:** Makina Mühendisleri Odası

**MTA:** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

**MTEP:** Milyon Ton Eşdeğer Petrol

**MW:** Megawatt

**MWh:** Megawatt Saat

**OLS:** Ordinary Least Squares

**PWC:** Price Waterhouse Coopers

**PV:** Photovoltaics

**REPA:** Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası

**RES:** Rüzgar Enerjisi Santrali

**SDG:** Sustainable Development Goals

**Sm<sup>3</sup>:** Standart metre küp

**TEDAŞ:** Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

**TEİAŞ:** Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

**TKİK:** Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu

**TÜİK:** Türkiye İstatistik Kurumu

**TWh:** Terawatt-Hour

**UN:** United Nations

**USD:** United States Dollar

**WWF:** World Wide Fund for Nature

## GİRİŞ

Günümüz dünyasında elektrik enerjisi her alanda kullanılmakta, son yüzyılda gelişen sanayi, artan nüfus ve teknolojik ilerlemeler ile birlikte ihtiyaç duyulan elektrik miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminde fosil, nükleer ve yenilenebilir gibi birçok farklı birincil kaynak kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin en temel sorunlarından biri depolanamaması olup bu da beraberinde arz-talep dengesinin iyi kurulmasını gerektirmektedir. Bunun yanı sıra; küresel ısınma nedeniyle başlatılan çalışmalar, karbon salımı yüksek olan ve 2020 yılında dünyada ve Türkiye’de toplam elektrik üretiminde sırasıyla %61 ile %60 oranında paya sahip, kömür ve doğal gaz gibi kaynaklardan elektrik üretmeyi çok daha maliyetli hale getirmektedir. Birleşmiş Milletlerin başlatmış olduğu çalışmalar çerçevesinde küresel ölçekte ilki Kyoto protokolü ve ikincisi Paris anlaşması olan, iklim değişikliğini önlemeye yönelik adımlar atılmış ve Paris anlaşması kapsamında, Avrupa Birliği’nin 2019 yılında hayata geçirdiği Yeşil Mutabakat ile Karbon Ayak İzine göre ek vergilerin uygulanacağı duyurulmuştur. Karbon Ayak İzi, hem dünyada hem de Türkiye’de Ekolojik Ayak İzi’nin en büyük bileşenidir. Karbon Ayak İzi’nde ciddi paya sahip olan elektrik sektöründen kaynaklanan karbondioksit salımının azaltılması, atmosferdeki karbon yoğunluğunu azaltarak, Karbon Ayak İzi’ni düşürmede ciddi bir adım olarak öne çıkmaktadır. Tüketilen tüm mal ve hizmetlerin üretim sürecinde bir girdi olarak kullanılan elektriğin üretilmesinde, fosil kaynaklara dayalı üretimin azaltılmasının yanı sıra enerji verimliliğinin artırılması Karbon Ayak İzi’nin azaltılmasına en büyük katkıyı sağlayacaktır.

Dünya Bankası’nın verilerine göre Türkiye’nin Karbon Ayak İzi 2000-2016 yılları arasında %27 artış göstermiştir. Bunun yanı sıra, Kapluhan (2020) araştırmasında 2007 ve 2023 yılları arasında düşük elektrik talep senaryosuna göre 16 yıl boyunca Karbon Ayak İzi sadece %7 artış gösterirken, bu oran yüksek talep senaryosuna göre %21

olarak hesaplamıştır. “Bu fark, elektrik üretiminde alternatif kaynakların payını artırmanın ve enerji verimliliğinin rolünü gözler önüne sermektedir” (Kaplunan, E., 2020).

Kaypak (2013), Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi'nin, sahip olduğu yenilenebilir doğal kaynakların iki katı olduğunu, bununla birlikte Ekolojik Ayak İzi'nin yaklaşık yarısını Karbon Ayak İzi'nin oluşturduğunu vurgulamaktadır. “Bu veriler bize, yaşadığımız çevreyi büyük bir hızla tüketmekte olduğumuzu, karbon yoğunluğunu azaltmadan ulusal biyolojik kapasite sınırları dahilinde yaşayamayacağımızı göstermektedir” (Kaypak, Ş., 2013).

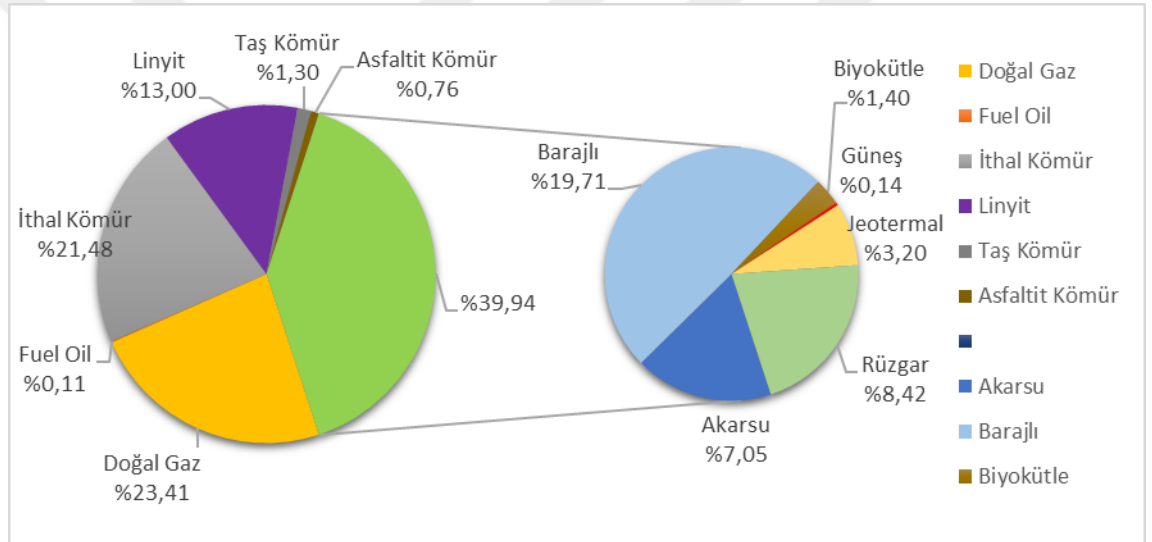
WWF (2012) raporunda, Türkiye'nin 2050 yılına kadar Ekolojik Ayak İzi iki farklı senaryoda incelenmiştir. Mevcut durumun aynen devam ettiği senaryoda Ekolojik Ayak İzi'nin 2050 yılına kadar %63 artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu rapora göre; “mevcut durumun devamında büyüyecek olan ekolojik açıkla refah artışının sağlanması, ekolojik krizlerin aşılması ve ekosistem hizmetlerinin devam ettirilmesi zorlaşacaktır” (WWF, 2012).

Diğer taraftan, şimdiye kadar artan nüfusun ve gelişen sanayinin elektrik tüketimini arttırıcı ve teknolojik iyileşmelerin ise elektrik tüketimini azaltıcı etkisi olmuştur. Fakat ilerleyen yıllarda, Türkiye'de nüfusun ve sanayi gelişiminin aynı artış hızıyla artmayacağı, elektronik aletlerin enerji tasarrufu açısından iyileşme göstereceği buna bağlı elektrik tüketiminin azalacağı öte yandan elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması nedeniyle ise elektrik tüketiminin artacağı tahmin edilmektedir. Bu noktada talep edilecek elektrik enerjisinin doğru tahmini ve bu talebi karşılayacak kaynakların tespiti bugünden gelecek için atılması gereken önemli bir adım olarak öne çıkmaktadır.



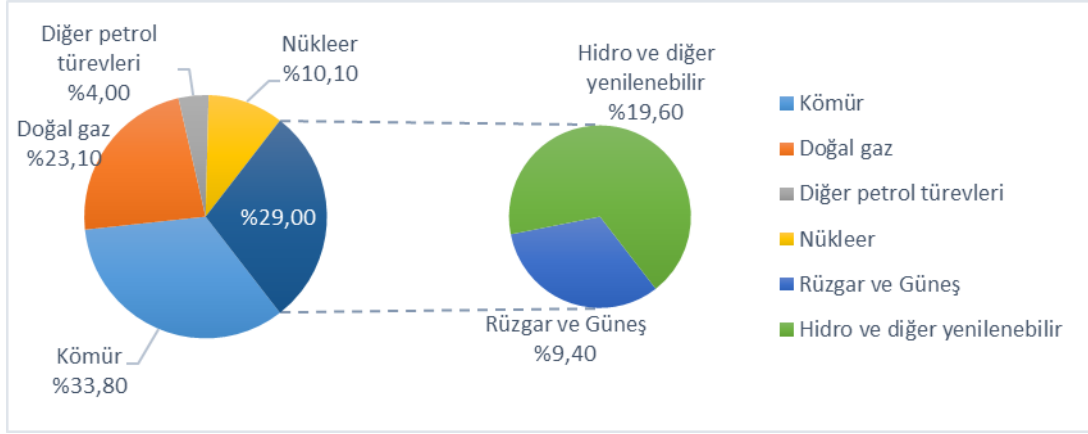
## 1. ELEKTRİK ÜRETİM KAPASİTESİNİN ÜRETİM TÜRÜNE GÖRE İNCELENMESİ

Türkiye’de 2020 yılında toplam elektrik üretimi 290.227 GWh olarak gerçekleşmiştir. Toplam üretimin %40’ı yenilenebilir kaynaklardan sağlanmıştır, kaynak dağılımı Şekil 1’de sunulduğu üzere, baraj ve akarsu kaynaklı elektrik üretiminin lider konumda olduğu, güneş kaynaklı üretimin ise yüzdesel dağılımda çok düşük kaldığı görülmektedir.



**Şekil 1:** 2020 yılında Türkiye’nin elektrik üretiminin (lisanssız üretim hariç), üretim türüne göre dağılım tablosu (EPIAŞ, 2021)

Dünyada ise 2020 yılında elektrik üretiminin %34’ü kömür, %23’ü doğal gaz ve %4’ü petrol olmak üzere toplam %61’i fosil kaynaklardan karşılanmıştır. Şekil 2’de sunulan dünya toplam elektrik üretiminin %39’u düşük karbon salımlı kaynaklardan sağlanmaktadır ve bunlar içerisinde nükleer enerjinin payı %10 olmuştur.



**Şekil 2:** 2020 yılında Dünyada elektrik üretiminin üretim türüne göre dağılım tablosu (Ember global electricity review, 2021)

Mevcut durumda yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik dünyada %29 iken Türkiye’de %40 olup, dünya genelinin üzerindedir.

Kapasite yönünden ele alındığında ise Türkiye’de toplam kurulu güç 95.891 MW olup, toplam kurulu güç içerisinde hidroelektrik santrallerin payı %32 ile ilk sırada yer alırken, onu % 27 ile doğal gaz ve %21 ile kömür kaynaklı santraller izlemektedir, Tablo 1’de kaynak bazında 2020 yılı toplam kurulu güç sunulmuştur.

**Tablo 1:** 2020 yılı kaynaklara göre toplam kurulu güç (Elektrikport.com, 2021)

KAYNAK TÜRÜ	TOPLAM (MW)
DOĞAL GAZ	26.041,93
BARAJLI HİDROLİK	22.933,68
LİNYİT	10.119,92
İTHAL KÖMÜR	8.986,85
RÜZGAR	8.832,40
AKARSU	8.050,23
JEOTERMAL	1.613,19
BİYOKÜTLE	1.115,59
TAŞ KÖMÜRÜ	810,77
GÜNEŞ	6.667,41
ASFALTİT	405,00
FUEL OİL	305,93
NAFTA, LNG, MOTORİN	7,73
<b>TOPLAM</b>	<b>95.890,63</b>

## **1.1 Fosil Kaynaklı Elektrik Üretimi**

Türkiye'nin elektrik üretiminde en büyük paya sahip olan fosil kaynakların, sıfır karbon emisyonu hedefi çerçevesinde kullanım oranlarının ciddi ölçüde düşürülmesi bir gerekliliktir. Devam eden bölümde detayları bulunan fosil kaynaklar aynı zamanda büyük bir hızla tükenmektedir, kömür rezervlerinin yaklaşık ömrü 132 yıl (BP, 2020), doğalgazın ise 51 yıl (EIA, 2021) olarak hesaplanmaktadır.

### **1.1.1 Kömür**

Türkiye'de kömür santrallerinin toplam kurulu gücü 2020 sonu itibarıyla toplam kurulu gücün %21,2'sine karşılık gelmektedir. Toplam kurulu güçte yerli kömüre dayalı kurulu güç oranı %11,8 ve ithal kömüre dayalı kurulu güç oranı %9,34 olmuştur.

#### **1.1.1.1 Yerli**

“Linyit, asfaltit ve taşkömürü ile birlikte Türkiye'nin toplam kömür kaynağı 20,84 milyar ton'dur. Dünya toplam kömür kaynağının yaklaşık %2,1'i Türkiye'de bulunmaktadır” (TKİK, 2021).

Kaynağın miktarı kadar açığa çıkardığı enerji de önemlidir, kömürün yanması sonucu açığa çıkan enerji kalorifik değer veya ısıl değer olarak adlandırılır. “Türkiye taşkömürlerinin alt ısıl değeri 6.200 - 7.250 kcal/kg arasında değişmektedir. Linyit kaynağının ısıl değerleri 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık %90'ının alt ısıl değeri 3.000 kcal/kg'ın altındadır” (ETKB, 2021).

#### **1.1.1.2 İthal**

“İthal edilen kömürlerin kalorifik değerleri genellikle 6000 kcal/kg mertebesindedir” (Türkyılmaz O., 2017). Türkiye'nin 2020 yılı kömür ithalatı toplamda 2.890.435.815 USD olarak gerçekleşmiştir. Tür bazında ithal edilen kömürler Tablo 2'de sunulmuştur.

**Tablo 2:** Enerji hammadde ithalatları, (MTA, 2021)

<b>TÜR</b>	<b>MİKTAR (KG)</b>	<b>DEĞER (USD)</b>
<b>TAŞ KÖMÜRÜ</b>	40.106.208.193	2.724.662.008
<b>LİNYİT</b>	1	24
<b>TURBA</b>	80.775.162	15.574.823
<b>KOKLAŞABİLİR KÖMÜRLER</b>	669.492.005	147.190.876
<b>BİTÜMLER</b>	6.131.615	3.008.084
<b>TOPLAM</b>	<b>40.862.606.976</b>	<b>2.890.435.815</b>

2020 yılında Türkiye kömür ithalatının %94'ü taş kömürü olmuştur. Tablo 3'te Türkiye'nin taş kömürü ithal ettiği ülkeler miktar ve değer bazında sunulmuştur:

**Tablo 3:** Taş kömürü ithal edilen ülkeler, (MTA, 2021)

<b>ÜLKELER</b>	<b>MİKTAR (TON)</b>	<b>DEĞER (USD)</b>
<b>RUSYA</b>	16.047.134	1.188.356.934
<b>KOLOMBİYA</b>	17.211.672	873.593.356
<b>ABD</b>	2.497.696	303.053.955
<b>GÜNEY AFRİKA CUMHURİYETİ</b>	1.976.286	111.584.086
<b>KANADA</b>	915.283	110.495.542
<b>AVUSTRALYA</b>	904.261	101.757.287
<b>KAZAKİSTAN</b>	455.681	26.437.730
<b>DİĞER ÜLKELER</b>	98.195	9.383.118
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>40.106.208</b>	<b>2.724.662.008</b>

“Dünya kömür rezervleri 1,07 trilyon ton olarak olup, ağırlıklı olarak sadece birkaç ülkede yoğunlaşmaktadır, bunlar ABD (%23), Rusya (%15), Avustralya (%14) ve Çin (%13)'dir. Dünya kömür rezervlerinin mevcut üretim durumuna göre yaklaşık 132 yıllık ömrü olduğu hesaplanmaktadır” (BP, 2020).

### 1.1.2 Doğal Gaz

Doğal gaz doğrudan sanayi ve hizmet sektörleri ile konutlarda kullanılmakla birlikte elektrik üretiminde de önemli bir payı vardır.

“Türkiye’de 2020 yılında yaklaşık 48,26 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz tüketilmiş ve yaklaşık 331 milyon m<sup>3</sup> üretim yapılmıştır. Türkiye’de kalan üretilebilir rezerv yaklaşık 3 milyar m<sup>3</sup>tür. Tüketilen doğalgazın yaklaşık %25’lik kısmı elektrik üretiminde kullanılmıştır” (ETKB, 2021).

Türkiye’de yapılan doğal gaz üretimi toplam tüketimin yaklaşık %1’i seviyesinde olup, doğal gazın tedariki için çeşitli ülkelerden alım yapılmaktadır. 2020 yılında en çok alım %34 pay ile Rusya’dan yapılmıştır. Diğer ülkelerin payları Tablo 4’te sunulmuştur.

**Tablo 4:** Türkiye’nin gaz ithalatının kaynak bazında dağılımı, (Petform, 2020)

KAYNAK	MİLYON SM <sup>3</sup>	%
RUSYA	16.178	34%
İRAN	5.321	11%
AZERBAYCAN	11.548	24%
LNG (CEZAYİR + NİJERYA + SPOT)	15.079	31%
TOPLAM	48.126	100%

Türkiye’nin yaptığı doğal gaz alım anlaşmalarının detayına ilişkin bilgiler Tablo 5’te bulunmaktadır. Türkiye Azerbaycan, İran ve Rusya’dan boru hatları ile alım yapmaktadır, diğer ülkelerden ise yoğunlukla sıvılaştırılmış gaz alımı yapmaktadır. Boru yoluyla gaz alımında Türkiye’nin çeşitli taahhütleri bulunmaktadır, bu çerçevede taahhüt edilen seviyeden azı gerçekleşse bile alım seviyesine tamamlamaktadır. Bu da ek maliyet olarak yansımaktadır.

**Tablo 5:** Türkiye'nin gaz ithalat anlaşmaları, (Petform, 2021)

ANLAŞMA	İMZA TARİHİ	İŞLETİM TARİHİ	MİKTAR (MİLYAR M <sup>3</sup> / YIL)	BİTİŞ TARİHİ
NİJERYA (LNG)	1995	1999	1,2	2021
CEZAYİR (LNG)	1988	1994	4	2021
AZERBAYCAN	2001	2007	6,6	2021
İRAN	1996	2001	10	2026
RUSYA (BALKAN ROTASI)	1998	1998	4	2021
RUSYA (BALKAN ROTASI)	1998	1998	8	2021
RUSYA (BALKAN ROTASI)	2013	2013	1	2036
RUSYA (BALKAN ROTASI)	2013	2013	5	2043
RUSYA (MAVİ AKIM)	1997	2003	16	2028
TÜRKMENİSTAN	1999	-	16	-

Dünyada kanıtlanmış toplam doğalgaz rezervi 204,68 Trilyon Sm<sup>3</sup> olup, rezervleri bulunduran ilk 10 ülke Tablo 6'da listelenmiştir. Toplam tüketim yaklaşık 4 trilyon Sm<sup>3</sup> olup, doğalgaz rezervlerinin tahmini ömrü 51 yıl olarak hesaplanmaktadır (EIA, 2021).

**Tablo 6:** Dünya doğal gaz rezervi, (EIA, 2021)

ÜLKE	REZERVE (MİLYAR SM <sup>3</sup> )
RUSYA	47.805
İRAN	33.721
KATAR	24.072
ABD	15.484
SUUDİ ARABİSTAN	9.200
TÜRKMENİSTAN	7.504
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ	6.091
VENEZUELA	5.740
NİJERYA	5.475
ÇİN	5.440
TÜRKİYE	5
DİĞER	44.146
<b>TOPLAM</b>	<b>204.683</b>

## 1.2 Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretimi

2020 yılında Türkiye'nin elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı %40 olarak iyi bir seviyede bulunmasına rağmen sıfır karbon emisyonu hedefinde bu kaynakların payının ve etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Devam eden bölümde kaynak bazlı detayları ile sunulan yenilenebilir kaynaklı elektrik üretiminde en ciddi problem kaynağın kesintisiz ve dolayısıyla güvenilir enerji sağlayamamasıdır.

### 1.2.1 Hidroelektrik (HES)

Hidroelektrik santraller; işletme giderlerinin düşük olmasının yanı sıra, yüksek verimli, çevreci ve uzun ömürlü santrallerdir. "Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynakların teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar KWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar KWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 160 milyar KWh/yıl'dır" (ETKB, 2021).

Hidroelektrik santrallerin genel durumu Tablo 7'de yer almaktadır.

**Tablo 7:** Toplam HES potansiyeli kurulu ve planlanan ile birlikte toplam kapasiteleri, (DSİ, 2020)

HES Aşaması	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Toplamdaki Payı (%)
İşletmede	714	31.391	108.005	68
İnşa Halinde	37	1.279	4.578	2,9
İnşaata Henüz Başlanmayan	493	15.317	46.216	29,1
<b>Toplam</b>	<b>1.244</b>	<b>47.897</b>	<b>158.799</b>	<b>100</b>

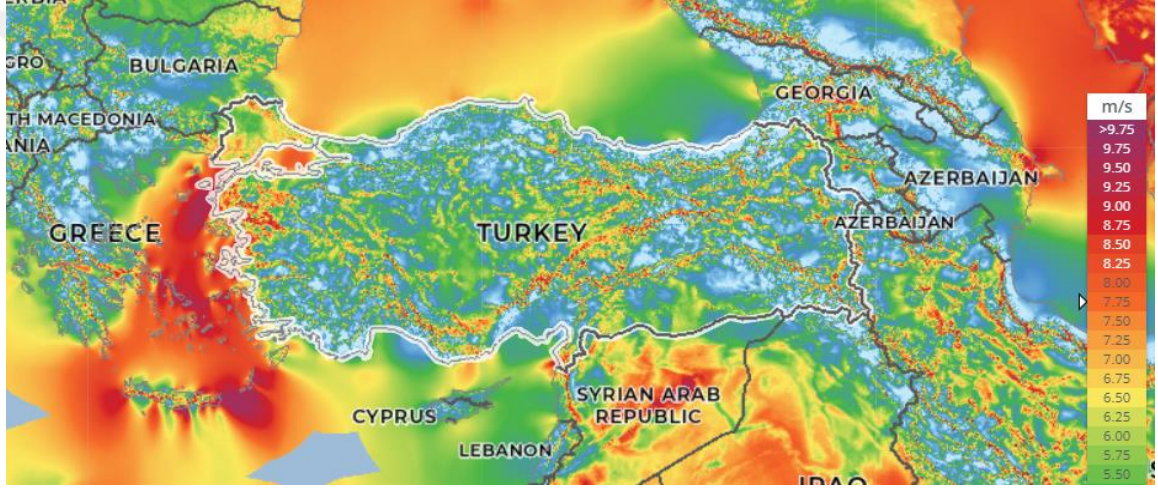
İşletmede olan 714 adet kurulu gücün 124 adedi (22.934 MW) barajlı ve 590 adedi (8.050 MW) akarsu HES'lerinden oluşmaktadır.

### 1.2.2 Rüzgar (RES)

Rüzgar enerjisi santralleri coğrafi özelliklerin elverişli olduğu bölgelerde, başka bir ifadeyle rüzgar hızının sürekli olarak belirli bir büyüklükte ve rüzgar yönünün de fazla değişkenlik göstermediği alanlarda kurulur.

Rüzgardan karada olduğu kadar deniz üstünde de elektrik üretimi yapılabilmesi kapasiteye artı değer sağlaması nedeniyle önemlidir.

Aşağıdaki görselde Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyeli görülmektedir. Görselde de görüleceği üzere deniz üstünde özellikle Ege'de büyük bir rüzgar enerji potansiyeli bulunmaktadır.



Şekil 3: Rüzgar Enerjisi Potansiyeli (Globalwindatlas.info, 2021)

#### 1.2.2.1 On Shore

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bankalığı'nın 2020 yılı verilerine göre; "Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir" (ETKB, 2021). Bu üretimi yapmak için gereken alan ise yaklaşık 9.600 km<sup>2</sup> olup, kıyaslama amacıyla, Türkiye'de rüzgar gücü en yüksek olan Çanakkale ve Balıkesir illerinin yüzölçümleri sırasıyla 9.737 ve 12.496 km<sup>2</sup>'dir. Tablo 1'de sunulan 2020 yılı kurulu güç miktarlarına göre, Türkiye'de işletmede olan rüzgar enerjisi santrallerin toplam kurulu gücü 8.832 MW'tır. Bu da yaklaşık olarak 1.766 km<sup>2</sup>'lik alana halihazırda rüzgar santrallerinin kurulduğunu göstermektedir.

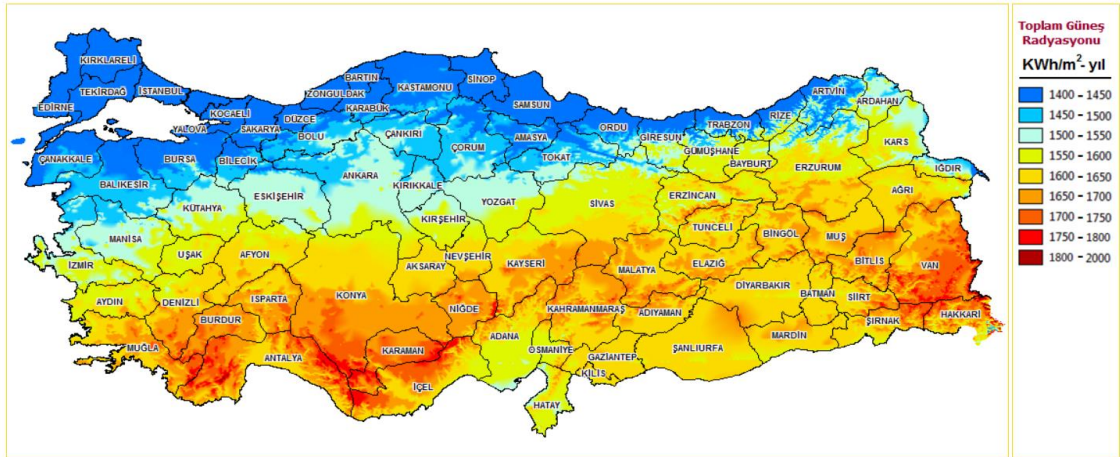


### 1.2.2.2 Off Shore

Dünya Bankası'nın verilerine göre; Türkiye'de yaklaşık 70.000 MW deniz üstü rüzgar enerji potansiyeli olup, deniz derinliği 50 metreden az olan bölgelerde 12.000 MW, yüksek olan bölgelerde ise 57.000 MW olduğu tahmin edilmiştir (World Bank Group, 2019). Türkiye'de henüz kurulmuş deniz üstü rüzgar santrali bulunmamaktadır.

### 1.2.3 Güneş (GES)

Türkiye orta kuşakta yer alması nedeniyle coğrafi olarak ılıman iklim kuşağında bulunmaktadır. Bu nedenle güneşli gün sayısı oldukça yüksektir. Şekil 4'te GEPA'nın hazırladığı toplam güneş ışınım şiddeti haritası sunulmuştur. Harita'ya göre; Türkiye'nin yıllık toplam ışınım şiddeti ortalama 1.527,46 KWh/m<sup>2</sup> olup, günlük olarak ise 4,18 KWh/m<sup>2</sup>'dir. Güneşlenme süreleri açısından değerlendirildiğinde yıllık ortalama 2.741,07 saat ve günlük 7,5 saat güneşlenme süresi hesaplanmıştır (ETKB, 2021). Türkiye Kalkınma Bakanlığı'nın raporuna göre "Türkiye coğrafyasının 38.5° paraleli ve altında GES yatırımı için uygun sahanın yaklaşık 11.000 km<sup>2</sup> ve yıllık güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyeli en az 363 TWh olarak bulunmuştur" (Cebeci, S., 2017).



Şekil 4: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Gepa.enerji.gov.tr, 2021)



Biyokütlesel yakıt, atıkların çevreye zararını önlemek amacıyla uygun bir şekilde bertaraf edilerek dönüştürülen yakıt olarak tanımlanabilir. Bu anlamda, biyokütlesel enerji üretebilmek için bu yakıtların yakılması gerektiğinden bir miktar karbon salımı gerçekleşmektedir. Fakat bu karbon, fosil yakıtlara kıyasla çok daha düşük olduğu için ve atıkların diğer zararları da gözönüne alınarak yenilenebilir sınıfa alınmıştır.

“Türkiye’nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarınının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir” (ETKB, 2021).

### **1.3 Nükleer Kaynaklı Elektrik Üretimi**

Atomların parçalanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemle elde edilen enerji türü nükleer kaynaklı enerji olarak sınıflandırılmıştır.

Günümüzde nükleer santrallerde yakıt olarak uranyum elementi kullanılmaktadır. 2019 yılı tüketim seviyeleri gözönüne alındığında, uranyum rezervlerinin 135 yıldan uzun bir süre yeterli olacağı tahmin edilmektedir (NEA, 2020). Uranyuma alternatif yakıt olarak düşünülen toryum elementinin fizibilite çalışmaları ise dünya genelinde henüz devam etmektedir.

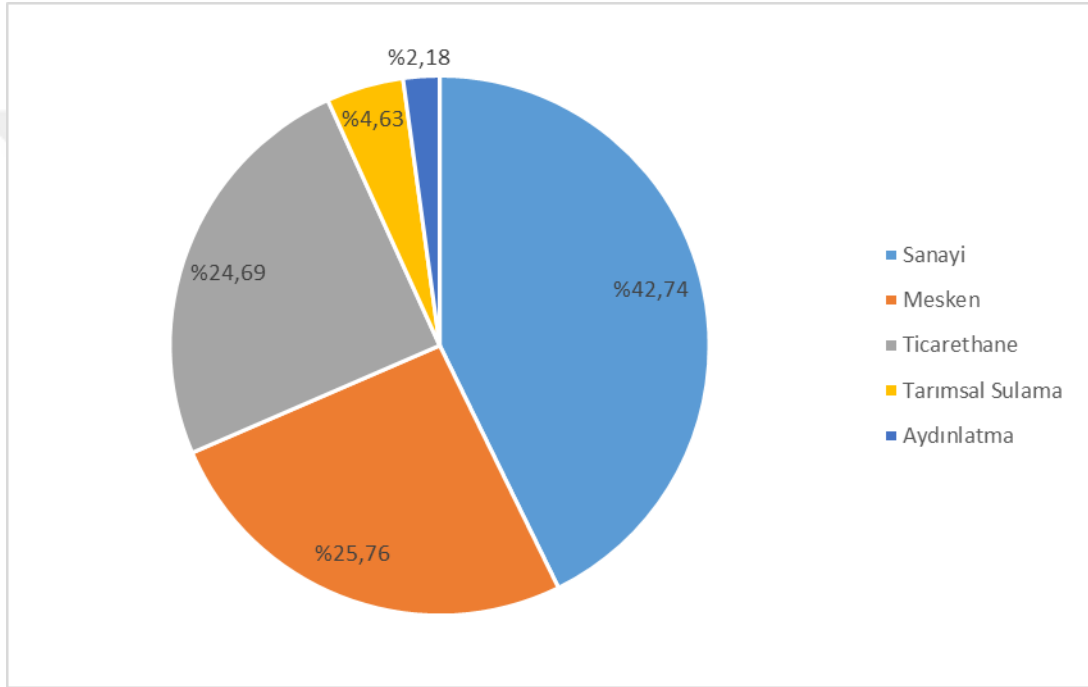
“Temmuz 2020 itibariyle, 31 ülkede 440 nükleer reaktör işletmede, 19 ülkede 54 adet nükleer reaktör de inşa halindedir. Ülke bazında Fransa elektrik talebinin yaklaşık %71’ini, Ukrayna %54’ünü, İsveç %34’ünü, Belçika %48’ini, Güney Kore %26’sını ve ABD %20’sini nükleer enerjiden karşılamaktadır” (ETKB, 2021).

Türkiye’de ise Akkuyu ve Sinop nükleer santrallerinin inşası devam etmektedir. Akkuyu Projesinde ilk santral ünitesinin 2023 yılında tamamlanarak hizmete alınması planlanmaktadır. Bu santrallerde kullanılacak yakıtların rezerv olarak kaynakları da Türkiye’de mevcuttur. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü raporunda, Türkiye’de 12.614 ton uranyum ve 374.000 ton toryum rezervi bulunmaktadır (Eroğlu G., Şahiner, M., 2017).

Nükleer santraller diğer santraller ile kıyaslandığında birim alanda üretilen elektriğin diğer santrallere göre çok yüksek ve kesintisiz olduğu görülmektedir. Diğer yandan, sıfır karbon emisyonu hedefine uygun olarak karbon salımı yapmayan temiz bir enerji türüdür.

## 2. ELEKTRİK TÜKETİMİNİN KİŞİ, HANE VE SANAYİ BAZINDA DEĞERLENDİRİLMESİ VE TEKNOLOJİ ETKİSİ

2020 yılı elektrik tüketimi 290 milyon MWh seviyesinde gerçekleşmiştir (EPIAŞ, 2021). Türkiye'nin elektrik tüketim talebindeki en büyük pay sanayi sektörüne aittir. Sanayi sektörünün elektrik talebi GSYH'ye bağlı olarak değişim gösterir. Şekil 6'da elektrik tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı sunulmuştur, en yüksek paya sahip olan sanayi tüketimini ticarethaneler ve hane halkı tüketimi takip etmektedir.



**Şekil 6:** 2020 Yılı Faturalanan Elektrik Tüketiminin Tüketici Türüne Göre Yüzdesel Dağılımı (EPDK, 2021)

### 2.1 Hane Tüketimi

Hane halkının elektrik tüketim talebi doğrudan nüfus artışı ve mevsimsel koşullardan etkilenmektedir. Tablo 8'de, yıllar itibarıyla hane halkı elektrik tüketiminin sürekli artışı gözlemlenmektedir.

**Tablo 8:** Mesken elektrik tüketimi, (EPDK, 2021)

Tüketici Türü	Tüketim Miktarı (MWh)			
	2017	2018	2019	2020
Mesken	53.531.710,78	54.769.979,56	56.389.775,22	60.133.987,76

## 2.2 Sanayi ve Ticarethane Tüketimi

Bireysel olmayan elektrik tüketimi GSYH ile oldukça ilişkilidir. Bu nedenle sanayi elektrik talebi ile ticarethanelerin elektrik talebi paralel bir değişim sergiler. Tablo 9’da 2017-2020 yılları arasında sanayi ve ticarethane elektrik tüketiminin değişimi gösterilmektedir.

**Tablo 9:** Sanayi ve ticarethane elektrik tüketimi, (EPDK, 2021)

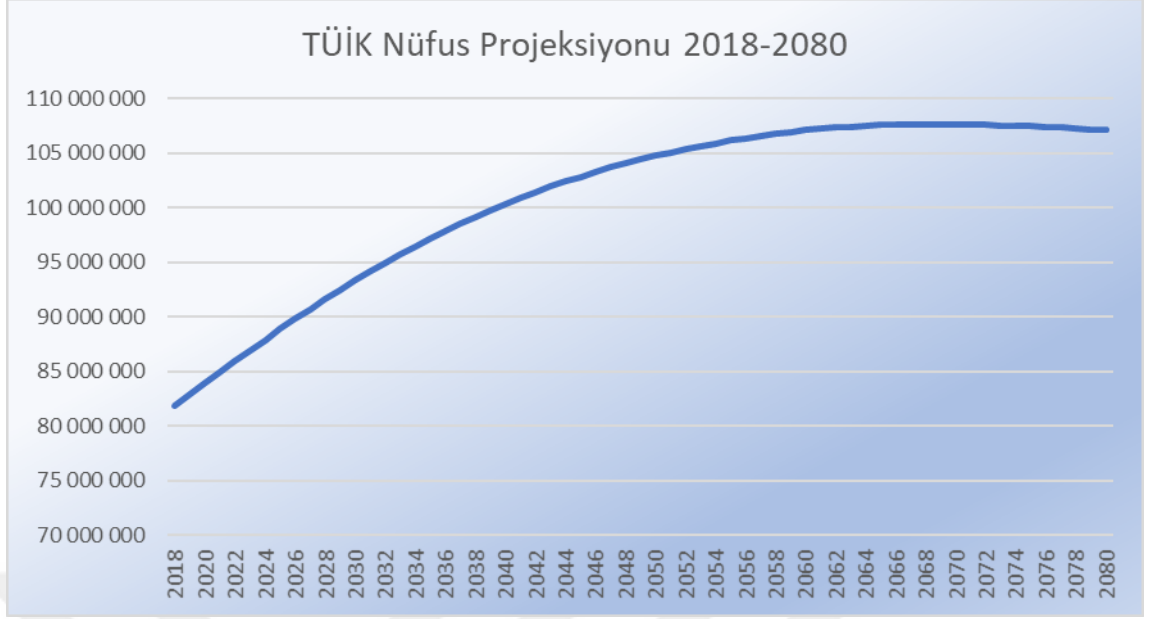
Tüketici Türü	Tüketim Miktarı (MWh)			
	2017	2018	2019	2020 (*)
Sanayi	94.965.625,60	96.995.848,19	94.462.698,78	99.767.340,58
Ticaretane	66.454.453,03	68.289.253,67	65.150.389,26	57.633.481,86

(\*) 2020 yılı COVID-19 salgını etkisi nedeniyle ticarethane elektrik tüketimi toplamı diğer yıllara göre farklı gerçekleşmiştir.

## 2.3 Türkiye Nüfus Tahmini ve Kişi Başına Düşen Enerji

### 2.3.1 Nüfus Tahminleri

Şekil 7’de Türkiye’nin 2080 yılına kadar nüfus tahmini yer almaktadır (TÜİK, 2021). Nüfusun 2060 yılından itibaren stabil kalacağı öngörülmekte ve 2070 yılından sonra azalışa geçeceği ve 2080 yılında yaklaşık olarak 2060 yılındaki seviyelere gerileyeceği tahmin edilmiştir. Bu hesaplama göre 2080 yılında Türkiye’nin nüfusu 107.100.904 kişi olarak tahmin edilmiştir.



**Şekil 7:** Nüfus Projeksiyonu 2018-2080, (TÜİK, 2021)

Şekil 7’de sunulan bilgiler ana senaryo sonuçlarıdır. “Toplam doğurganlık hızı ve uluslararası net göç varsayımlarının bileşik etkisinden oluşmaktadır” (TÜİK, 2021). Varsayımlar Tablo 10’da sunulmuştur. Yüksek ve düşük olarak 2 farklı senaryo üzerinde projeksiyonlarda bulunan TÜİK, her 2 senaryonun ana senaryo üzerindeki sapma etkisini yaklaşık +/- %13 olarak hesaplamıştır.

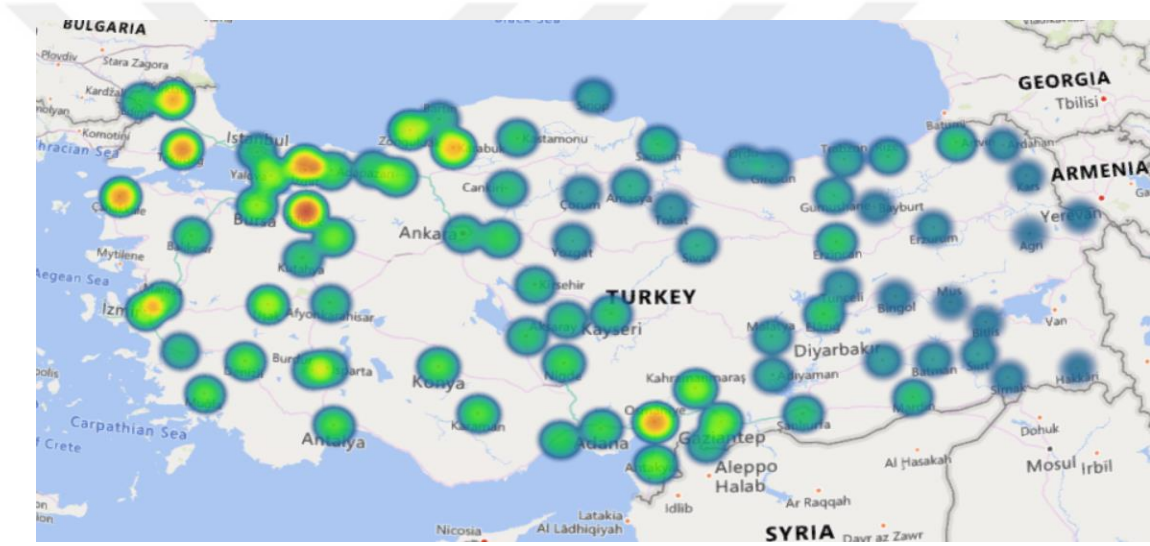
**Tablo 10:** Nüfus tahmini ana senaryo varsayımları, (TÜİK, 2021)

	<b>TOPLAM DOĞURGANLIK HIZI</b>	<b>ULUSLARARASI NET GÖÇ</b>
<b>2020</b>	2,10	150.000
<b>2030</b>	2,05	100.000
<b>2040</b>	1,95	60.000
<b>2050</b>	1,85	40.000
<b>2080</b>	1,80	40.000

### 2.3.2 Kişi Başına Düşen Enerji

2019 yılı verilerine göre Türkiye’de kişi başına düşen elektrik miktarı 3.489 KWh’tir. Kişi başına düşen elektrik miktarında dünya ortalaması 3.132 KWh olup, Türkiye’nin o tarihteki kişi başına düşen elektrik miktarı 2.847 KWh ile dünya ortalamasının altında kalmaktadır (World Bank Group, 2014).

Türkiye’de iller bazında kişi başına düşen elektrik, Şekil 8’de görüleceği üzere, sanayi ve ticaretin fazla olduğu illerde yoğunlaşmaktadır. GSYH ile elektrik talebinin doğrudan ilişkisi açıkça görülmektedir.



**Şekil 8:** İller bazında Türkiye’de kişi başına düşen elektrik yoğunluğu, (TEDAŞ, 2021)

### 2.4 Teknolojik Gelişmelerin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisi

Teknolojik gelişmeler ile enerji tüketimi arasında oldukça sıkı bir sebep-sonuç ilişkisi vardır. Ekonomik büyüme teknolojik gelişmeleri hızlandırmakta, bu teknolojik gelişmelerden özellikle elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması, kripto para üretim sunucularının artması gibi talebi doğrudan etkileyecek unsurların GSYH ile elektrik talebi arasındaki korelasyonu azaltması beklenmektedir. Bunun doğal sonucu olarak gelecekte elektrik talebinde sürekli bir artış gözlemlenebilir (İnce, O., 2020).

Dünya ortalamasında ve Türkiye’de fosil yakıtların en çok kullanıldığı alan olan taşımacılık sektörünün, 2050 yılı sıfır karbon hedefi doğrultusunda tamamen elektrikli

araçlarla yer değiştireceği varsayımı göz önüne alındığında, önümüzdeki yıllarda elektrik tüketimine ciddi oranda etki edecek teknolojik gelişmenin, elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması olacağı bir gerçektir.

Kapustin ve Gruhevenko (2019), elektrikli araçların elektrik tüketimindeki uzun dönemli etkilerini ele almışlardır. Yaptıkları araştırma sonucunda 2040 yılına kadar olan dönemde elektrikli araçların dünya genelinde en iyi ihtimalle %28 oranında kullanılacağı ve bunun da elektrik tüketiminde %20'lik bir artışa neden olacağı sonucuna varmışlardır (Kapustin, N.O., Grushevenko, D.A., 2019).

Türkiye özelinde yapılan çalışmada, 2030 yılında Türkiye elektrikli araç filosunu 2,5 Milyon adet ve bu araçlar için gereken elektriği yaklaşık 4,1 TWh olarak hesaplamışlardır (SHURA, 2019).

### **3. 2050 YILI ELEKTRİK İHTİYACI TAHMİNİ VE BUNA KARŞILIK POTANSİYEL YENİLENEBİLİR KAYNAKLARIN KAPASİTESİ**

#### **3.1 2050 Yılı Elektrik Talep Projeksiyonu**

##### **3.1.1 Literatür Araştırması**

Elektrik enerjisi talep tahminleri birçok farklı yöntem ve data seti ile akademik araştırmalara konu olmuştur.

Akan ve Tak (2003), 30 yıllık bir zaman serisi kullanarak 2003 yılında, Türkiye'nin 2005 yılına kadar 5 yıllık bir talep projeksiyonunu ekonometrik yöntemler ile hesaplamışlardır (Akan, Y., Tak. S., 2003).

Angelopoulos, Siskos ve Psarras (2017), Yunanistan'ın 2017 ile 2027 dönemi elektrik talebini, regresyon yöntemi kullanarak tahmin etmişlerdir, tahminlerinde 16 yıllık bir data seti kullanmışlardır (Angelopoulos, D., Siskos, Y., Psarras, J., 2017).

Ceylan ve Öztürk (2004), genetik algoritma yöntemi kullanarak, Türkiye'nin GSYH, nüfus, ithalat, ihracaat verileri ile 2020 – 2025 yılları arasındaki enerji talebi tahmin etmişlerdir (Ceylan, H., Öztürk, H. K., 2004).



Tunç, Çamdali ve Parmaksızoğlu (2006), 2010 – 2020 yılları arasında Türkiye'nin elektrik tüketim oranlarını regresyon yöntemini kullanarak tahmin etmişlerdir (Tunç, M., Çamdali, Ü., Parmaksızoğlu, C., 2006).

Önay (2017), 20 yıllık bir tahmin yaparak, 3 farklı senaryoda 2037 yılı elektrik tüketim talebini sigmoid fonksiyon yöntemini kullanarak tahmin etmiştir (Önay, S., 2017).

Say ve Yücel (2006), nüfus, GSYH, toplam enerji tüketimi ve karbon emisyonu verileri ile regresyon yöntemini kullanarak, Türkiye'nin 2015 yılı enerji talebini tahmin etmişlerdir (Say, N. P., Yücel, M., 2006).

Ülkü ve Yalpır (2020), Türkiye'de uzun dönemli talep tahmininde, farklı iki modelin karşılaştırmasını ele almışlardır. Çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağları ile yaptıkları tahminde 2009 – 2018 yılı verilerini kullanarak 2030 yılına kadar tahmin geliştirmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır (Ülkü, H., Yalpır, Ş. 2020).

Bir diğer karşılaştırmalı yöntemle Türkiye'nin uzun dönemli elektrik talep tahmininde, Uzun (2019), 2019 – 2028 yıllarını kapsayan dönemi ele alarak, çoklu regresyon ve yapay sinir ağları ile oluşturduğu modellerden, çoklu regresyon modelinin gerçeğe daha yakın tahmin sağladığı sonucuna ulaşmıştır (Uzun, E., 2019).

Yumurtacı ve Asmaz (2004), Türkiye'nin 1980-2050 dönemi enerji kullanım projeksiyonunu, nüfus artışı ve kişi başına düşen enerji tüketimi artış oranlarını esas alarak doğrusal regresyon modeli ile tahmin etmişlerdir (Yumurtacı, Z., Asmaz, E., 2004).

Çoklu regresyon yöntemini kullanarak, Türkiye'de elektrik tüketim talebini etkileyen faktörleri inceleyen Karaca ve Karacan (2016), GSYH, ortalama yaşam süresi ve internet kullanım oranları ile elektrik tüketim talebi arasında anlamlı ilişkiler olduğu sonucuna varmışlardır (Karaca, C., Karacan, H., 2016).

Türkiye için sadece birincil enerji talep tahmini yapan Bayramoğlu, Pabuçcu ve Boz (2017), GSYH, nüfus ve enerji fiyatlarını açıklayıcı değişken olarak kullandıkları anfis model sonucunda 2030 yılında fosil kaynaklı enerji üretiminin 2016 yılı seviyelerinde olacağı sonucuna ulaşmışlardır (Bayramoğlu, T., Pabuçcu, H., Boz, F. Ç., 2017). Başka bir ifadeyle, yenilebilir kaynaklı elektrik üretiminin artış göstereceği sonucuna ulaşmışlardır.

### 3.1.2 Verilerin Hazırlanması ve Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Elektrik enerjisi talep tahminlerinde kullanılan başlıca değişkenler GSYH ve nüfus olmuştur. Bunların yanı sıra, yağış miktarı, hava sıcaklıkları vb. hava şartlarının etkisi, kişi başına düşen elektronik aletlerin adetleri ve teknolojik gelişmelerin etkisi, sanayi üretim endeksleri gibi finansal belirleyiciler ve daha birçok başka değişken modellerde kullanılmıştır.

2050 yılı elektrik ihtiyacının tahmini için kullanılacak data seti hazırlanırken gözlem kümesi mümkün olduğunca geniş tutulmak istenmiştir. Bu doğrultuda TÜİK tarafından yayımlanan elektrik tüketim verileri 1975 yılından itibaren alınmıştır. Nüfus ve GSYH verileri ise Dünya Bankası tarafından yayımlanan veri setinden yine 1975 yılından itibaren alınmıştır.

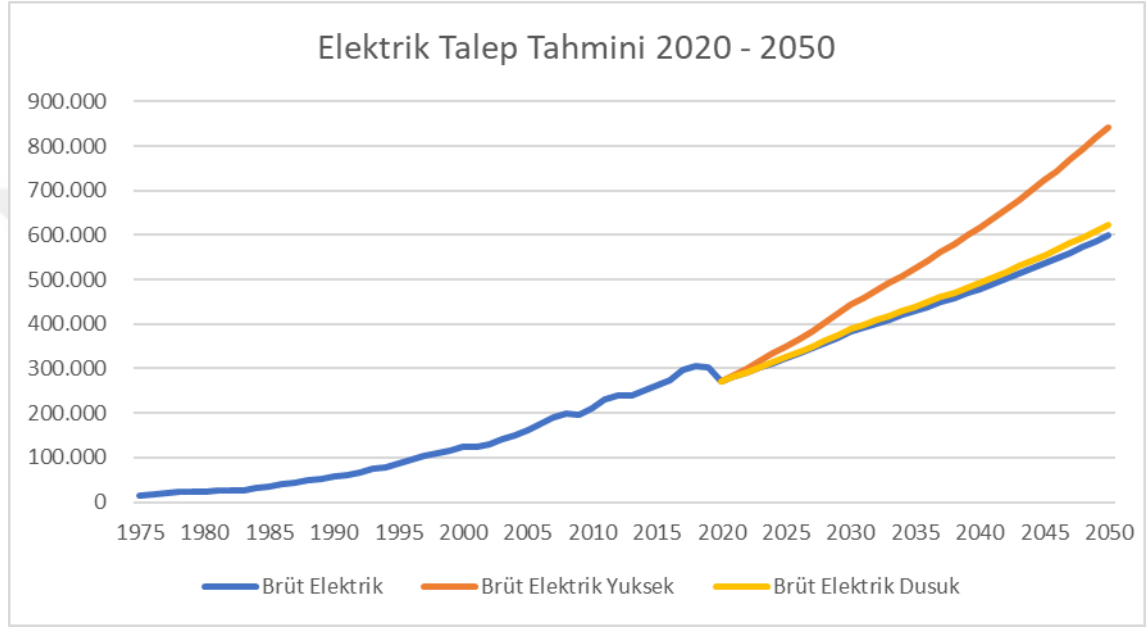
İlk etapta bağımsız değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiş ve nüfus ile GSYH arasında yüksek korelasyon gözlemlenmesi sebebiyle, GSYH'nın, kişi başına düşen milli gelir olarak alınması uygun bulunmuştur.

2050 yılı elektrik ihtiyacını tahmin etmek amacıyla kullanılacak değişkenleri tespit ederken, bu tarihte güvenilir bir şekilde tahmin edilebilecek verilerin kullanılması amaçlanmıştır. Buradan hareketle, TÜİK tarafından 2080 yılına kadar yapılan nüfus projeksiyonu güvenilir bir tahmin olarak kabul edilmiştir. Bunun yanı sıra, PWC tarafından 2017 yılında yayımlanan "Global Ekonomik Düzen" başlıklı araştırmada Türkiye'nin 2030 ve 2050 yılları GSYH tutarı sırasıyla, 1.705 ve 4.087 Milyar Dolar olarak hesaplanmıştır ve bu çalışmada da bu tahminlerden yararlanılmıştır.

Elektrik talep tahminlerinde çoğunlukla doğru sonuçlar vermesi nedeniyle regresyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile yapılan tahmin sonucunda 2050 yılındaki baz elektrik talebi 599.752 GWh olarak hesaplanmıştır. Ancak bu talep tahmininde teknolojik gelişmelerin etkisi hariç tutulmuştur ve baz senaryo olarak adlandırılmıştır.

Teknoloji alanında, özellikle son çeyrek yüzyılda, her geçen gün yeni bir gelişme ve ilerleme kaydedilmekle birlikte, çalışma alanının ve tahmin döneminin genişliği sebebiyle, marjinal etkiyi göstermesi beklenen elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması çalışma alanı içerisinde 2 farklı senaryoda ele alınmıştır. Düşük teknolojik etki senaryosunda SHURA tarafından elektrikli araç kullanımının talep üzerinde 2030 yılında 4.1 TWh olan etkisi, doğrusal olarak 2050 yılına ilerletilmek

suretiyle dikkate alınmıştır. Yüksek teknolojik etki senaryosunda ise Nikita ve Dmitry'nin 2040 yılında elektrikli araç kullanımının elektrik talebine %20 etki sonuçları doğrusal yöntem ile 2050 yılına ilerletilerek modele eklenmiştir. Buna göre, elektrikli araçların yaygınlaşmasının etkisi ile 2050 yılındaki düşük talep senaryosunda tahmini elektrik talebi 624.086 GWh, yüksek talep senaryosunda ise 843.100 GWh olarak bulunmuştur. Senaryo sonuçları Şekil 9'da sunulan grafikte karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

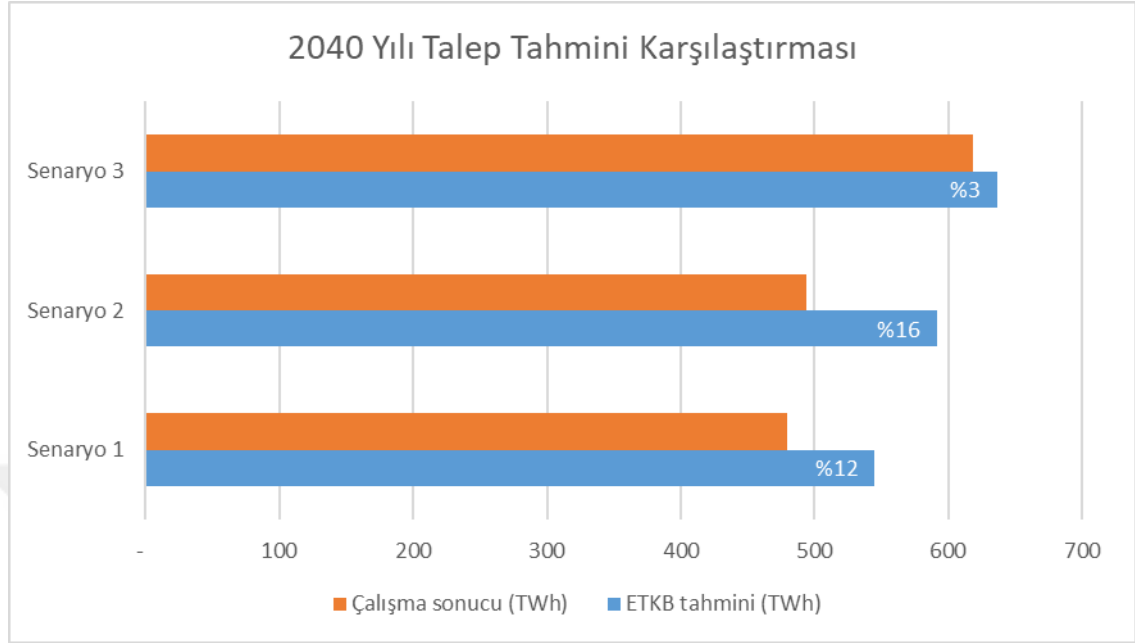


Şekil 9: Elektrik talep tahmin grafiği, 2020 - 2050

### 3.1.3 Tahmin Sonuçlarının Yapılan Diğer Tahminler ile Karşılaştırılması

ETKB (2021) tarafından, 2020 – 2040 yılları arasındaki talep tahminleri 3 farklı senaryo ile yapılmıştır. Temelde ekonomik büyüme oranı öngörülerine göre farklılaşan düşük, referans ve yüksek senaryolar çalışılarak, elektrik talebinin önümüzdeki 20 yıllık dönemde yıllık ortalama %2,9 - 3,7 arasındaki artış oranı ile 545 - 636 TWh bandında, referans senaryo için ise 591 TWh olması öngörülmektedir. (ETKB, 2021).

Çalışma sonuçları ile ETKB'nin tahminleri Şekil 10'da karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



**Şekil 10:** Elektrik talep tahmin sonuçlarının ETKB tahminleri ile karşılaştırılması, 2040

ETKB'nin sonuçları ile yapılan kıyaslamada, çalışma sonuçlarının konservatif kalmasının yanı sıra, yüksek talep senaryosunda tahminlerin %3 farkla yakınsadığı gözlemlenmektedir.

### 3.2 Yenilenebilir Kaynakların Güvenilir Elektrik Üretim Potansiyeli

Birleşmiş Milletler'in 2050 yılında dünya genelinde karbon salımını sıfırlama hedefine ulaşmak için, Uluslararası Enerji Ajansı bir yol haritası hazırlamıştır. Buna göre, elektrik üretiminin mevcut durumu ve 2050 yılına kadar kademeli şekilde yenilenebilir enerjiye geçiş planı Tablo 11'de sunulmuştur.

**Tablo 11:** Dünya genelinde elektrik üretimi kaynaklı karbon salımını sıfırlama hedefleri, (IEA, 2021)

	Elektrik ve Isınmada Enerji Arzı					Paylar (%)		
	2019	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2050
<b>Elektrik ve ısıtma</b>	<b>233</b>	<b>230</b>	<b>240</b>	<b>308</b>	<b>371</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Yenilenebilir	36	38	107	220	284	17	44	77
GES	2	3	25	61	84	1	10	23
RES	5	6	29	67	89	2	12	24
HES	15	16	21	27	30	7	9	8
Biyoenerji	9	10	18	35	39	4	8	10
Diğer yenilenebilir	4	4	14	30	42	2	6	11
Hidrojen	-	-	5	11	11	-	2	3
Amonyak	-	-	1	2	2	-	0	0
Nükleer	30	29	41	54	61	13	17	16
Doğalgaz	56	55	49	4	2	24	21	-
Doğalgaz (*)	-	-	1	5	5	-	1	1
Fueloil	9	8	2	-	-	4	1	-
Kömür	102	100	30	-	-	43	12	-
Kömür (*)	-	-	3	10	7	-	1	2

(\*) Karbon yakalama, kullanma ve depolama özellikli santrallerdir.

Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin, toplam üretimdeki payının 2020 yılında %17 seviyesindeyken, 2050 yılında %77 seviyesinde hedeflenmesi dikkat çekicidir. Çalışmada 2020 yılında toplam enerji arzındaki payı %43 ve %24 olan kömür ve doğalgazın yerini tamamen yenilenebilir kaynaklara bırakması hedeflenmiştir.

Türkiye, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde hazırladığı Birinci Ulusal Bildiri'de yerli kaynaklara mümkün olduğu kadar öncelik vererek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırarak, karbon salımının azaltılmasına katkıda bulunacak olan enerji verimliliğini geliştirmeyi amaçlamıştır.

Türkiye'de elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı 2020 yılında %50 seviyesindedir. ETKB (2021), 2019-2023 stratejik planında 2023 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu gücün payının %54 seviyesine çıkarılması hedeflenmiştir (ETKB, 2021). Karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 12'de sunulmuştur.

**Tablo 12:** Yenilenebilir kaynakların 2023 yılı kurulu güç hedeflerinin 2020 yılı ile karşılaştırması, (ETKB, 2021)

KAYNAK TÜRÜ	2020 YILI TOPLAM (MW)	2020 YILI TOPLAM KURULU GÜÇTEKİ PAYI	2023 YILI TOPLAM (MW)	2023 YILI TOPLAM KURULU GÜÇTEKİ PAYI	ARTIŞ ORANI
HES	30.984	32%	32.037	31%	3%
RES	8.832	9%	11.883	11%	35%
GES	6.667	7%	10.000	10%	50%
JES	1.613	2%	2.884	3%	79%
<b>TOPLAM YENİLENEBİLİR TOPLAM KURULU GÜÇ</b>	<b>48.097</b>	<b>50%</b>	<b>56.804</b>	<b>54%</b>	
	<b>95.891</b>	<b>100%</b>	<b>104.980</b>	<b>100%</b>	

Tablo 13'te kurulu güç potansiyeli ETKB'nin verileri ve TEİAŞ'ın yaptığı çalışmalardan derlenerek bir araya getirilmiş ve buna bağlı olarak tüm yenilenebilir potansiyelinin kullanılması durumunda elde edilecek elektrik miktarı 662.542 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 13:** 2050 yılı yenilenebilir kaynaklı elektrik kurulu güç ve arz tahmini

Kaynak	Toplam Potansiyel (MW)	Emre Amadelik Oranı Sabiti <sup>(5)</sup>	Yıllık Kullanılabilir Tahmini Kapasite (MWh/yıl)
HES <sup>(1)</sup>	47.897	-	158.799.000
RES <sup>(2)</sup>	48.000	29,2	122.738.112
GES <sup>(3)</sup>	196.390	21,1	362.999.421
JES <sup>(4)</sup>	2.884	71,3	18.005.539
<b>Toplam</b>	<b>295.171</b>		<b>662.542.071</b>

(1) HES'in yıllık kullanılabilir tahmini kapasitesi Tablo 7'de sunulan verilerden alınmıştır. Bu nedenle emre amadelik oranı sabiti kullanılmamıştır.

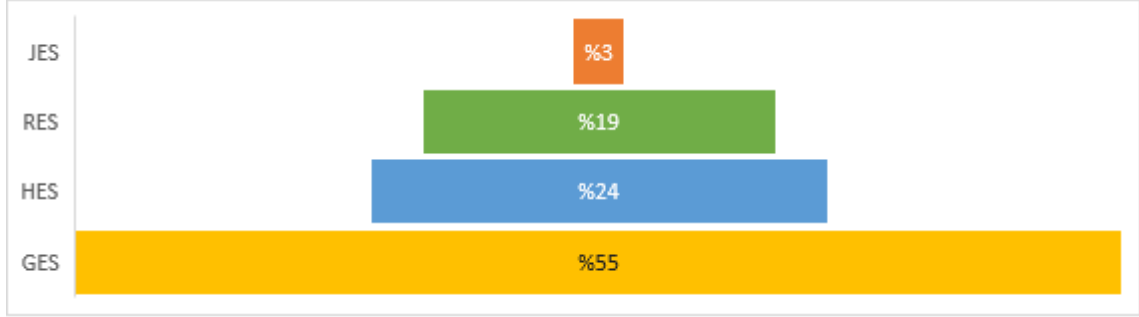
(2) RES potansiyelinde kullanılan emre amadelik oranı sadece on shore için bulunduğundan, off shore potansiyeli dikkate alınmamıştır. On shore potansiyelinin detayı için 1.2.2.1 numaralı başlığa bakınız.

(3) GES'in yıllık kullanılabilir tahmini kapasitesi için 1.2.3 numaralı başlığa bakınız.

(4) JES potansiyeli için yeterli kaynak bulunmadığından ve toplamda payı çok küçük olduğu için ETKB'nin 2023 yılı kurulu güç tahmini baz alınarak, gelecek yıllar sabit bırakılmıştır.

(5) Emre amadelik oranları, TEİAŞ'ın 2020 – 2024 yılları arası, 5 yıllık üretim kapasite projeksiyon raporundan 2024 yılı sabit olarak kullanılmıştır (TEİAŞ, 2020).

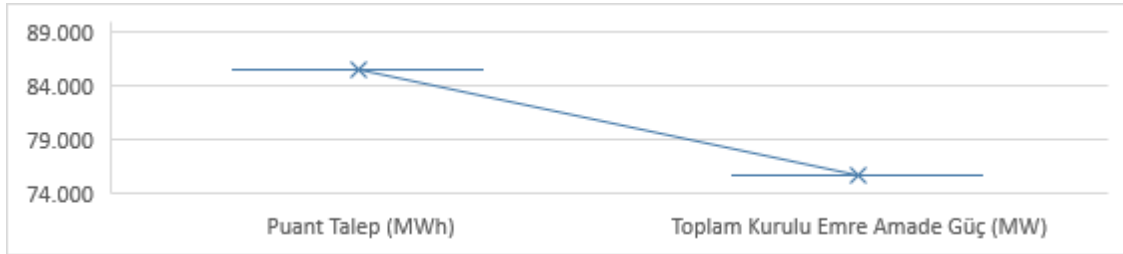
Mevcut olarak potansiyelleri bilinen ve kullanımda olan tüm yenilenebilir kaynaklar elektrik üretimine katıldığında, emre amadelikleri bazında hesaplanan tahmini kapasitelerine göre üretimdeki payları Şekil 11’de sunulmuştur.



**Şekil 11:** Kaynak bazında 2050 yılı yenilenebilir kaynak kapasitelerinin toplam üretimdeki paylarının tahmini

Her ne kadar GES özelinde 30 yıl içerisinde belirtilen kurulu güç hedefleri çok yüksek görünse de, 2020 yılı itibarıyla dünyada GES kurulu gücünde birinci sırada olan Çin’in kurulu gücü 10 yılı içerisinde (2009 – 2019) 25 MW’tan 204.180 MW’a ulaşmıştır (Chinaenergyportal.org, 2019). Buradan hareketle, Türkiye için benzer kurulu güç büyüklüklerine daha uzun vadede ulaşmak nispeten gelişmiş bir teknoloji ve dolayısıyla daha düşük maliyetlerle olacağı için, mümkün görünmektedir.

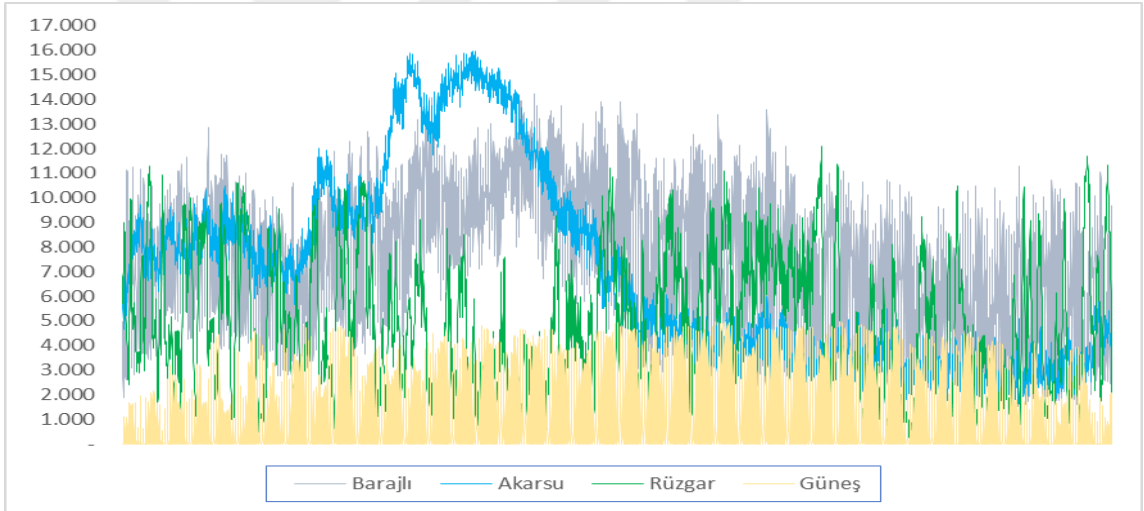
Temelde ETKB’nin ölçümleri neticesinde paylaştığı potansiyellere ve TEİAŞ’ın hesapladığı emre amadelik oranlarına göre belirlenen 662.542 GWh kapasite, baz senaryo ve düşük teknoloji gelişim senaryosunda yıllık elektrik talebini karşılıyor gibi görünse de, baz senaryoda puant talebi karşılamada yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar Şekil 12’de sunulmuştur.



**Şekil 12:** Baz senaryo 2050 yılı puant talep ile kurulu emre amade güç karşılaştırması

Öte yandan, yenilenebilir kaynakların tamamından üretilen elektriğin tüm yıl boyunca kesintisiz bir şekilde ve belirli bir düzeyde gerçekleşmesi, atmosfer olayları nedeniyle mümkün olmayacaktır. Örneğin, HES üretim kapasitesi doğrudan yağışlardan, GES üretim kapasitesi bulutlu ve kapalı havalardan ve RES üretim kapasitesi rüzgarın şiddetindeki düşüşlerden etkilenmektedir. Bu nedenle emre amadelik oranı sabiti hesaplamalarda dikkate alınmıştır.

Şekil 13'te GES, RES ve HES'lerin 2019 yılına ait saatlik üretim grafiği sunulmuştur. Grafikte özellikle RES üretiminin dengesizliği ve bazı saatler tamamen sıfırlanması ile Akarsu HES'lerindeki mevsim etkisi net bir şekilde gözlemlenmektedir. GES tarafında ise en yüksek 4.000 MWh civarında olan saatlik üretimin ortalaması, gece herhangi bir üretim olmaması nedeniyle, 1.000 MWh seviyelerindedir. Fakat diğer taraftan yılın büyük çoğunluğunda GES'ten 10:00 – 14:00 saatleri arasında ortalama 3.300 MWh seviyesinde elektrik üretimi yapılmıştır.



**Şekil 13:** GES, RES ve HES'lerin 2019 yılı saatlik üretim grafiği, (EPIAŞ, 2021)

Yukarıda sunulan problemlerin yanı sıra, Atılğan ve Azapagic (2017), Türkiye'de tamamen yenilenebilir kaynaklı elektrik üretiminin ekonomik açıdan maliyetli olacağını savunmaktadır. Çalışmalarında 2050 yılında karbon salımını 1990 seviyesine düşürecek 19 sürdürülebilirlik indikatörü ile 14 adet senaryo oluşturmuşlardır. Sürdürülebilirlik hedeflerine en yakın senaryoda elektrik üretiminin %79 oranında yenilenebilir kaynaklardan, %5 oranında nükleer kaynaklardan ve %11 oranında karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojisine sahip santrallerde fosil kaynaklardan sağlanması, en yüksek maliyet sonuçlarını doğurmaktadır. Uygulanabilir olan en iyi senaryo



sonuçları ise nükleer kaynaklı elektrik üretimi ile desteklenen yenilenebilir kaynaklı elektrik üretimi olmuştur. Buna göre, en efektif senaryo sonucu yenilenebilir kaynaklardan %49, nükleer kaynaklardan %35, karbon yakalama, kullanma ve depolama özellikli santrallerde fosil kaynaklardan %16 elektrik üretimidir (Atılğan, B., Azapagic, A., 2017).

### 3.3 Covid-19 Notu

Covid-19 salgını, ekonomik toparlanmanın ne kadar süreceği konusundaki belirsizliklerle birlikte sadece ulaşım sektöründe değil aynı zamanda sanayi ve diğer sektörlerde de enerji talebini azaltmıştır. 2020'nin ilk çeyreğinde küresel enerji talebi %4 düşmüş ve en fazla etki, dünya genelinde sıkı karantina önlemlerinin uygulanmasıyla Mart ve Nisan aylarında hissedilmiştir. Ekonomik ve sosyal faaliyetlerin serbestleşmesinin eşlik ettiği makroekonomik politika çabalarına rağmen, tahminler enerji talebinin yakın zamanda eski eğilimleri yeniden yakalayacağını göstermemektedir (IEA, 2021).

Tam karantina önlemleri talebi düşürdüğünden, küresel elektrik talebi önemli ölçüde azalmıştır. Bu dönemde, elektrik talebi ortalama %20 azalış göstermiştir. Avrupa genelinde bir önceki yıla göre %40 daha fazla kaydedilen, konutlarda kullanılan elektrik talebindeki artış, pandemi nedeniyle ticaret ve sanayi sektörlerinde azalan talebin etkisinin daha yüksek olması sebebiyle, toplam etki değerlendirmesine artış olarak yansımamıştır (IICEC, 2020).

Yenilenebilir kaynaklı elektrik, sıkı karantina önlemlerinin alındığı dönemde büyük ölçüde etkilenmemiştir. Esas olarak daha yüksek kurulu kapasite ve öncelikli dağıtım (sıfıra yakın marjinal maliyeti nedeniyle) tarafından yönlendirilen yenilenebilir kaynaklı enerji, şimdiye kadar en dirençli enerji kaynağı ve pandemi döneminde büyüme yaşayan tek kaynak olmuştur. 2020'nin ilk çeyreğinde, tüm sektörlerde küresel yenilenebilir kaynaklı enerji kullanımı, 2019'un ilk çeyreğine kıyasla %1,5 artış göstermiştir (IEA, 2021).

Covid-19 salgını ve alınan önlemler neticesindeki tam kapanma dönemleri sebebiyle 2020 yılında başlıcaları elektrik tüketimi, GSYH olmak üzere tüm veriler olağandışı etkilediği için, bu çalışmada 1975 – 2019 tarihleri arasındaki veriler baz alınmıştır.

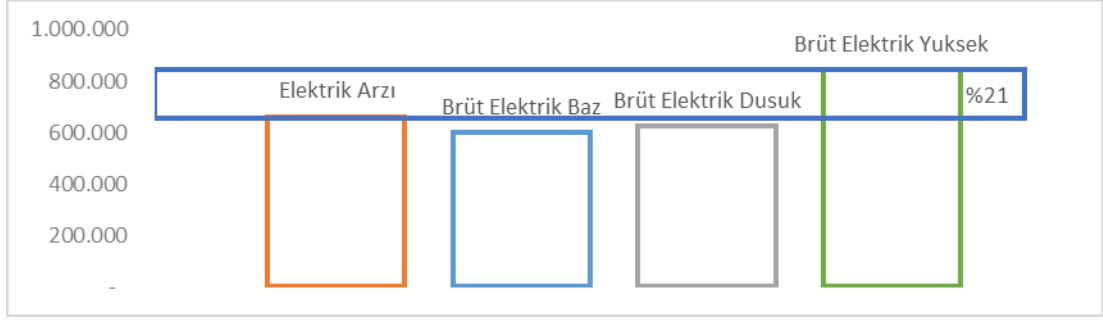
#### 4. SONUÇ

Yenilenebilir enerjinin, çevreyi iyileştirici, yakıt çeşitliliğini artırıcı, enerji fiyatlarındaki oynaklık nedeniyle ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri azaltıcı, üretim süreçlerindeki verimliliği artırıcı etkisi ile GSYH ve ulusal ekonomik güvenliği artırıcı gibi birden çok kamu yararı bulunmaktadır. Dünyada fosil yakıt kaynaklarına aşırı derecede bağımlılığın ve sera gazlarının neden olduğu hasarın iyi bir şekilde anlaşılmasıyla birlikte, sürdürülebilir bir gelecek yaratmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiği artık genel kabul görmüş bir gerçektir.

Türkiye son yıllarda yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimine teşvik edici politikaları sayesinde, 2020 yılı itibarıyla toplam üretimdeki yenilenebilir elektrik payını %40 seviyesine yükseltmiştir. Hidroelektrik potansiyelinin yarından fazlasını aktif olarak kullanan Türkiye'nin, rüzgar ve güneşten elektrik üretimi ise hala potansiyelinin başındadır.

2050 yılında 599.752 GWh olarak tahmin edilen elektrik talebini karşılamada yenilenebilir kapasitesi yaklaşık olarak 662.542 GWh olup, burada ele alınan yenilenebilir kapasitesi hali hazırda kullanımda olan enerji kaynakları özelinde değerlendirilmiş ve teorik olarak talebi karşılayabilir kapasitenin mevcut olduğu sonucuna varılmakla birlikte puant talebin karşılanamadığı görülmüştür.

Öte yandan, teknolojik gelişme ve ilerlemeler nedeniyle, en yüksek etkiyi göstermesi beklenen elektrikli araçların yaygınlaşmasının ise, 2050 yılı toplam elektrik talebine yüksek talep senaryosunda %30 etki etmesi beklenmektedir. Bu etki dikkate alındığında, bu çalışmada hesaplanan teorik yenilenebilir elektrik üretim kapasitesinin talebi karşılamada yetersiz kalacağı açıkça görülmüştür. Şekilde 14'te sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



**Şekil 14:** Talep senaryoları ve arz tahminlerinin karşılaştırması

Bunun yanı sıra, teorik yenilenebilir kaynaklı elektrik kapasitesi, rüzgarın esmediği, güneşin ışınmadığı ve kurak geçen dönemlerde elektrik talebine uyum sağlayamayacağından, nükleer kaynaklı veya karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojilerine sahip santrallerde fosil kaynaklı elektrik üretimi ile desteklenerek, beklenmeyen doğa olaylarına karşın tedbir alınabilir.

2050 yılı elektrik talebinin tamamen yenilenebilir kaynaklardan karşılanması mümkün görülmemekle birlikte, Türkiye’de henüz ölçüm çalışmaları yapılmamış offshore, dalga, gelgit, atık sularından elektrik üretimi gibi birçok farklı yenilenebilir kaynağın etkisi ilerleyen çalışmaların konusu olabilir.

## KAYNAKÇA

- Akan, Y., Tak. S., 2003. “Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi” *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: J7 Nisan, Sayı: 2
- Angelopoulos, D., Siskos, Y., Psarras, J., 2017. “Disaggregating time series on multiple criteria for robust forecasting: The case of long-term electricity demand in Greece”, *European Journal of Operational Research* (2019), Sayı:275, Sayfa: 252–265
- Atılgan, B., Azapagic, A., 2017. “Energy challenges for Turkey: Identifying sustainable options for future electricity generation up to 2050”, *Sustainable Production and Consumption* (2017), Sayı: 12, Sayfa: 234-254
- Bayramoğlu, T., Pabuçcu, H., Boz, F. Ç., 2017. “Türkiye İçin Anfis Modeli İle Birincil Enerji Talep Tahmini”, *Ege Akademik Bakış (Temmuz 2017)*, Cilt: 17, Sayı: 3, Sayfa: 431 – 446
- BP, 2020. “Statistical Review of World Energy 2020”, *British Petrol*, Baskı: 69, Sayfa: 45
- Cebeci, S., 2017. “Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, *Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler Koordinasyon Genel Müdürlüğü* (2017), No: 2977
- Ceylan, H., Öztürk, H. K., 2004. “Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach”, *Energy Conversion and Management* (2004), Cilt: 45, Sayı: 15–16, Sayfa: 2525-2537
- Chinaenergyportal, 2019. Erişim Tarihi: Ekim 2021  
<https://chinaenergyportal.org/en/2019-detailed-electricity-statistics-update-of-jan-2021/>
- DSİ, 2020. “Faaliyet Raporu” Erişim Tarihi: Haziran 2021  
<https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/759>
- EIA, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021  
<https://www.eia.gov/international/data/world>

Elektrik Üreticileri Derneği, 2021. “Elektrik Tüketimi 3 Yıldır Artmıyor” Erişim tarihi: Haziran 2021

<http://www.eud.org.tr/2021/01/04/elektrik-tuketimi-3-yildir-artmiyor/>

Ember Global Electricity Review, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021

[Global Electricity Review 2021 - Ember \(ember-climate.org\)](https://ember-climate.org/)

EPDK, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021

<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/yillik-sektor-raporu>

EPIAŞ Şeffaflık Platformu, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021

<https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/gerceklesen-uretim/gercek-zamanli-uretim.xhtml>

Eroğlu, G., Şahiner, M., 2017. “Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara (2017)*, Maden Serisi: 3

ETKB, 2021. “Enerji” Erişim tarihi: Haziran 2021

<https://enerji.gov.tr/enerji>

ETKB, 2021. “ETKB 2019-2023 Stratejik Plan” Erişim Tarihi: Haziran 2021

[https://sp.enerji.gov.tr/bir\\_bakista.html](https://sp.enerji.gov.tr/bir_bakista.html)

Global Wind Atlas, 2021. Erişim tarihi: Haziran 2021

<https://globalwindatlas.info/area/Turkey>

IEA, 2021. Erişim Tarihi: Ekim 2021

<https://www.iea.org/news/global-energy-demand-to-plunge-this-year-as-a-result-of-the-biggest-shock-since-the-second-world-war>

IICEC, 2020. “Turkey Energy Outlook 2020”, *Sabancı University IICEC (November 2020)*, Sayfa: 417 – 418

İnce, O. 2020. “Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme”, *KPMG, Kış 2020 Gündem*, Sayı: 37 Sayfa: 56-59

Kapluhan, E., 2020. “Sosyal bilimlerde güncel araştırmalar, Bölüm 14 Türkiye Özelinde Karbon Ayak İzi’nin Azaltılmasında Nükleer Enerjinin Etkisi”, *Ankara: İksad Publising House*, Sayfa: 470-471

Kapustin, N.O., Grushevenko, D.A., 2019. “Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid”, *Energy Policy (2020)*, Sayı: 137

Karaca, C., Karacan, H., 2016. “Çoklu Regresyon Metoduyla Elektrik Tüketim Talebini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi”, *Selçuk Ünivesitesi, SUJEST (2016)* Cilt: 4, Sayı: 3

Kaypak, Ş., 2013. “Ekolojik Ayak İzinden Çevre Barışına Bakmak”, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1)*, Sayfa: 154-159

MTA, 2021. “Madencilik Sektörü Dış Ticaret Verileri” Erişim tarihi: Ekim 2021

<https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/turkiyede-madencilik/2020-yili-maden-dis-ticaret.pdf>

Önay, S., 2017. “Türkiye Elektrik Piyasası İçin Arz ve Talep Değerlendirmesi ve Projeksiyonları 2010 – 2016 Dönemi”, *Kadir Has Ünivesitesi (2017)*

Petform, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021

<https://www.petform.org.tr/dogal-gaz-piyasasi/turkiye-dogal-gaz-piyasasi/>

Say, N. P., Yücel, M., 2006. “Energy consumption and CO2 emissions in Turkey: Empirical analysis and future projection based on an economic growth”, *Energy Policy (2006)*, Cilt: 34, Sayı: 18, Sayfa: 3870-3876,

SHURA, 2019. “Türkiye ulaştırma sektörünün dönüşümü: Elektrikli araçların Türkiye dağıtım şebekesine etkileri”, *SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (2019)* Erişim Tarihi: Ekim 2021

<https://shura.org.tr/turkiye-ulasirma-sektorunun-donusumu-elektrikli-araclarin-turkiye-dagitim-sebekesine-etkileri/>

TEDAŞ, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021

[https://www.tedas.gov.tr/#!Sektor\\_rapor](https://www.tedas.gov.tr/#!Sektor_rapor)

TEİAŞ, 2020. “Üretim kapasite projeksiyonu 2020 – 2024”, *Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Planlama ve Yatırım Yönetimi Dairesi Başkanlığı (Haziran 2020)*, Sayfa 29

TKİK, 2021. Erişim Tarihi: Haziran 2021

<https://www.tki.gov.tr/tr-TR/istatistikler>

Tunç, M., Çamdali, Ü., Parmaksizoğlu, C., 2006. “Comparison of Turkey's electrical energy consumption and production with some European countries and optimization of future electrical power supply investments in Turkey”, *Energy Policy (2006)*, Cilt: 34, Sayı: 1, Sayfa: 50-59

TUREB, 2019. Erişim Tarihi: Temmuz 2021

<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/yillik-sektor-raporu>

TÜİK, 2021. “Nüfus” Erişim tarihi: Haziran 2021

<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>

Türkyılmaz O., 2017. “Yerli Kömür Kaynakları Elektrik Üretiminde Kullanılmalı mı, neden?” Sayfa: 378, Erişim tarihi: Haziran 2021

<https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/Sayfa%20159%20sonrasi.pdf>

Uzun, E., 2019. “Farklı Yöntemler Kullanılarak Bursa ve Türkiye İçin Elektrik Enerjisi Talep Tahmini”, *Bursa Teknik Üniversitesi (2019)*

Ülkü, H., Yalpir, Ş. 2020. “Enerji talep tahmini için metodoloji geliştirme: 2030 yılı Türkiye örneği” *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (2021)*, Sayı: 10(1), Sayfa: 188- 201

Yumurtacı, Z., Asmaz, E., 2004. “Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050”, *Energy Sources (2004)*, Cilt: 26, Sayı: 12, Sayfa: 1157-1164

World Bank Group, 2014. “Electric Power Consumption (kWh Per Capita)” Erişim tarihi: Haziran 2021

<https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>

World Bank Group, 2019. “Going Global, Expanding Offshore Wind to Emerging Markets” Erişim tarihi: Haziran 2021

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/716891572457609829/pdf/Going-Global-Expanding-Offshore-Wind-To-Emerging-Markets.pdf>

WWF, 2012. “Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu”, *WWF Rapor TR 2012*. Erişim Tarihi: Haziran 2021

[https://www.footprintnetwork.org/content/images/article\\_uploads/Turkey\\_Ecological\\_Footprint\\_Report\\_Turkish.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf)





## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler**

Adı Soyadı : Yasemin Yağmur Yalçın

### **Eğitim Durumu**

Lisans Öğrenimi : Bilkent Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Kadir Has Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Fransızca

### **İş Deneyimi**

Çalıştığı Kurumlar ve Tarihleri:

DRT Bağımsız Denetim ve SMMM A.Ş. (2013 – Halen)