



**İZMİR BAKIRÇAY ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ A.B.D.**

**REGRESYON ANALİZİ  
KULLANARAK TÜRKİYE  
ORTALAMA ELEKTRİK TÜKETİMİ  
ANALİZİ**

**EE523 ENERJİ SİSTEMLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

**Yaşar ŞENTÜRK 6017023**

**Dr.Öğr.Üyesi Hatice Başak Yıldırım**

**Haziran 2023**



**REGRESYON ANALİZİ KULLANARAK  
TÜRKİYE ORTALAMA ELEKTRİK  
TÜKETİMİ ANALİZİ  
EE523 ENERJİ SİSTEMLERİNİN  
MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

**Yaşar ŞENTÜRK İzmir 2023  
6017023**

**REGRESYON ANALİZİ KULLANARAK TÜRKİYE  
ORTALAMA ELEKTRİK TÜKETİMİ ANALİZİ**

**Yaşar ŞENTÜRK**  
**6017023**

**EE523 ENERJİ SİSTEMLERİNİN  
MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Dr.Öğr.Üyesi Hatice Başak Yıldırım**

**İzmir**  
**İzmir Bakırçay Üniversitesi**  
**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**  
**Haziran 2023**

## ÖZET

### REGRESYON ANALİZİ KULLANARAK TÜRKİYE ORTALAMA ELEKTRİK TÜKETİMİ ANALİZİ

Yaşar ŞENTÜRK

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Nisan 2023

Dr.Öğr.Üyesi Hatice Başak Yıldırım

Elektrik üretiminde, enerjinin tüketicilere uygun fiyatlarla sunulabilmesi için önceden elektrik tüketiminin tahmin edilmesi gereklidir. Bu tahminler, çeşitli yöntemler kullanılarak matematiksel modellemeler temel alınarak yapılmaktadır. Çalışmada MATLAB ile regresyon analizi kullanılmıştır. Oluşturulmuş olan matematiksel modelde bağımlı değişken olan enerji tüketimi ile bağımsız değişkenlerin ilişkisinin anlamlılığı verilerle elde edilen eğriye eşleştirilerek  $R^2$  belirleme katsayısı değerine bakılmış ve yeterliliği yorumlanmıştır. Yapılan analizlerde, bağımlı değişken olarak tanımlanan enerji tüketiminin, bağımsız değişkenlerle anlamlı bir ilişkisinin olduğu  $R^2$  değerinin 1'e çok yakın olduğunun görülmesinden anlaşılmıştır. Buradan sonuç olarak tüketim tahminleri gerçekleştirileceği zaman hava sıcaklığı, güneşlenme süresi, elektrik kW/h ücreti, GSYİH değişimi gibi verilerin dikkate alınması gerektiği görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Elektrik Tüketimi; Regresyon; Matematiksel Modelleme.

## İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI .....	i
ÖZET .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
1. GİRİŞ .....	7
1.1. Amaç ve Yöntem .....	8
1.2. Literatür Araştırması .....	9
2. TÜRKİYE’ DE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEBİ .....	11
2.1. Fosil Yakıtlar .....	12
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	13
2.3. Nükleer Yakıtlar .....	14
3. ELEKTRİK ENERJİSİ TALEBİNİ ETKİLEMESİ BEKLENEN DEĞİŞKENLER .....	15
3.1. Hava Sıcaklıkları .....	15
3.2. Güneşlenme Süresi .....	15
3.3. Elektrik kW/h Ücreti .....	15
3.4. GSYİH Değişimi .....	16
4. MATEMATİKSEL MODELLEME .....	17
4.1. Modelleme Kavramı .....	17
4.2. Regresyon Analizi .....	17
4.2.1. Basit Doğrusal Regresyon Modeli .....	18
4.2.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli .....	19
4.2.3. Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri .....	20
4.2.4. Regresyon Analizinde Kullanılan Hata Yöntemleri .....	20
5. REGRESYON ANALİZİ İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN MODELLEME .....	22
5.1. Verilerin Analize Hazırlanması .....	22
5.2. Matlab ile Regresyon Analizi .....	22
5.3. Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması .....	25
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	28
KAYNAKÇA .....	29

## **TABLÖLAR DİZİNİ**

<b>Tablo 5.1. Uyum Kalitesi İçin İstatistiksel Değerler(Güneşlenme Süresi-Sıcaklık).....</b>	<b>23</b>
<b>Tablo 5.2. Uyum Kalitesi İçin İstatistiksel Değerler(kw/h Ücreti-GSYİH) .....</b>	<b>25</b>
<b>Tablo 5.3. Matematiksel Modellerin ve Katsayıların Karşılaştırılması .....</b>	<b>26</b>
<b>Tablo 5.4. Uyum Kalitesi İçin İstatistiksel Değerlerin Karşılaştırılması .....</b>	<b>26</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Enerji Kaynakları .....	11
Şekil 2.2. Fosil Yakıtların Elektrik Üretimindeki Payı .....	12
Şekil 2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payı.....	13
Şekil 4.1. Tüketimin, Sıcaklık ve Güneşlenme Süresi İle İlişkisi .....	23
Şekil 5.2. Tüketimin, kW/h ücreti ve GSYİH ile İlişkisi .....	24



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MW	:Megawatt
Kw/h	:Kilowatt/saat
°C	:Santigrat Derece
GSYİH	:Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	:Terawatt/saat
GWh	:Gigawatt/saat
GW	:Gigawatt
MSE	:Mean Squarred Error
MAE	:Mean Absolute Error
SSE	:Sum of Squarred Errors
RMSE	:Root Mean Squarred Error

## 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi, çağdaş dünyanın en temel gereksinimlerinden biridir. Yaşadığımız çağda elektrik, insanların hayatını kolaylaştıran, üretkenliği arttıran ve günlük işlerimizi hızlandıran birçok aracın çalışmasını sağlar. Bu nedenle elektrik enerjisi endüstriyel üretim, ulaşım, sağlık, haberleşme, ev aletleri gibi hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Ayrıca elektrik enerjisi, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebilmektedir ve bu şekilde çevreye duyarlı bir seçenek olarak da önem kazanmaktadır. Elektrik enerjisinin önemi günümüzde çağımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmesiyle birlikte giderek artmaktadır.

Elektrik enerjisi çok farklı kaynaklardan elde edilebilir. Bu kaynaklar arasında kömür, doğalgaz, hidroelektrik santraller, nükleer enerji santralleri, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi kaynaklar olabilir. Her bir kaynak farklı yöntemlerle elektrik enerjisi üretimine imkân sağlamaktadır. Her bir yöntemin kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları vardır.

Ülkemizde elektrik enerjisi talebi yükselen sanayileşme, nüfus, şehirleşme paralelinde son yıllarda artmıştır. Üretilen elektrik enerjisi, elektrik talebi olan bölgelere iletim ve dağıtım şebekeleri ile taşınmaktadır. Elektrik enerjisinin depolanamaması nedeniyle, elektrik tüketiminin tahmin edilmesi planlama açısından son derece önemlidir. Elektrik üretim ve dağıtım şirketleri talep edilen enerjiyi kesintisiz olarak sabit gerilim seviyesinde sağlamaları gerekmektedir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için en önemli basamak doğru tüketim analizinin yapılmasıdır. Enerji talebi sıcaklık gibi meteorolojik değişkenlere de bağlı olarak dönemsel dalgalanmalar yaşamaktadır. Elektrik tüketimini etkileyen bu gibi faktörlerin belirlenmesi ve tüketim tahminin yüksek doğrulukta yapılması enerji piyasası için çok büyük öneme sahiptir [1].

Enerji şirketleri, üreticileri ve dağıtıcıları için elektrik enerjisi tüketim tahmini oldukça önemlidir. Bu tahminler enerji arz ve talebin yönetimi, enerji kaynaklarının verimli kullanımı, kaynakların planlanması ve enerji fiyatlarının belirlenmesi gibi birçok karar verme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Doğru tüketim tahminleri gelecekteki enerji fiyatlarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Tüketim tahmini için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada regresyon analizi kullanılması planlanmaktadır. Bu yöntem ile bir matematiksel model

ortaya çıkarılacaktır. Dağılım grafiği çizilip regresyon eğrisi belirlenecektir. Ardından katsayılar belirlenecektir. Hata analizleri yapıp, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenin matematiksel model ile ilişkisinin ne kadar kuvvetli olduğu tartışılacaktır.

### 1.1.Amaç ve Yöntem

Eldeki veriler incelendiğinde elektrik tüketiminin sıcaklık, güneşlenme süresi, gayrisafi yurtiçi hâsıla, elektrik kW/h ücreti gibi değişkenlerden de etkilendiği görülmektedir.

Bu çalışmada Türkiye' nin elektrik tüketiminin bağımsız değişkenlerden (sıcaklık, güneşlenme süresi, gayrisafi yurt içi hâsıla, elektrik kW/h ücreti gibi) ne kadar etkilendiği gözlemlenmiştir. Mevsimsel ve aylık dönemlerde bağımlı değişken olan tüketim miktarının bağımsız değişkenlerden ne kadar etkilendiği gözlemlenmiş ve gözlemlenmiş olan bu etkinin ne derecede kuvvetli olduğu matematiksel bir model şeklinde aktarılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada bağımsız değişkenlerin (hava durumu, güneşlenme süresi, gayri safi yurt içi hâsıla, elektrik kW/h ücreti gibi) elektrik tüketimi üzerindeki etkisini gözlemlenmiş ve gözlemlenmiş olan etkinin ne derecede kuvvetli olduğu matematiksel bir şekilde aktarılmaya çalışılmıştır. Korelasyon araştırma modeli kullanılmıştır. Veriler doküman/kayıt incelemesi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Türkiye' ye ait sıcaklık (°C) ve güneşlenme süresi (saat) gibi meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi web sayfası [2] üzerinden elde edilmiştir. Bu meteorolojik veriler aylık ortalama veri şeklindedir. Çalışmada bir ayın ortalama verisi bir ayın her günü sabit kabul edilmiştir. Yük tevzi bilgi sistemi [3] üzerinden Türkiye' nin 3 yıllık MW cinsinden günlük ortalama elektrik tüketimi verileri elde edilmiştir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Web Sayfası üzerinden veri seti aralığına uygun tarihlerden 2 yıllık elektrik kW/h ücreti verileri elde edilmiştir[4]. Türkiye İstatistik Kurumu İstatistik Veri Portalı Üzerinden 2020-2023 arasında GSYİH verileri elde edilmiştir [5].

Elektrik tüketimi verileri bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Sıcaklık, güneşlenme süresi, gayrisafi yurtiçi hâsıla, elektrik kW/h ücreti vb. veriler bağımsız değişken olarak kabul edilecektir. Bu veriler kullanılarak tüketim tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu tahminde, regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Birden fazla bağımsız değişkenin aynı anda modele dâhil edilerek çoklu regresyon analizi

uygulanmıştır. MATLAB ile dağılım grafiği çizilip regresyon eğrisi belirlenmiştir. Ardından katsayılar (coefficients) belirlenmiştir. Bu yöntem ile bir matematiksel model ortaya çıkarılmıştır. Ortaya çıkarılan modelin bağımlı ve bağımsız değişkenler ile aralarındaki ilişkinin derecesini ölçmek ve hata oranını hesaplamak için belirleme katsayısı  $R^2$  kullanılmıştır. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenin, fonksiyon ile ilişkisinin ne kadar kuvvetli olduğu tartışılacaktır.

## 1.2.Literatür Araştırması

Literatür araştırması esnasında elektrik tüketim tahmininde kullanılan yöntemler incelenmiştir. Çalışmada kullanılacak yöntem olan regresyon analizi yöntemi incelenmiş, üzerinde yoğunlaşmıştır. Literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Nebati, Taş ve Ertaş, TÜİK’ den elde ettiği 1970-2019 yılları arasını kapsayan Türkiye’ de ki elektrik tüketim verilerinin 2007-2019 aralığını kullanarak analiz gerçekleştirmiştir. Bu aralıktaki veriler üzerinde elektrik tüketimini etkileyebilecek değişkenleri belirlemiştir. Belirlenen bu bağımsız değişkenler (nüfus, konut sayısı, kişi başına düşen milli gelir, beyaz eşya ve işyeri sayısı) olarak belirlenmiştir. Bağımlı değişken olarak elektrik tüketimi belirlenmiştir. Verilerin regresyon analizi yapılarak regresyon analizi sonucu elde edilmiştir. Elde edilen sonuçta beyaz eşya kullanımı ve iş yeri miktarı bağımsız değişkenlerinin P değerinin 0.05’ ten düşük olması bu değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Ardından regresyon denklemi elde edilerek bir matematiksel model oluşturulmuş ve geleceğe yönelik elektrik tüketim tahminleri yapılmıştır. Yapılan tahminlerin tutarlılığından emin olunduktan sonra ileriye yönelik planlamanın yapılması önerilmiştir [6].

Balcı, Esener ve Kurban, Türkiye’ nin 2003-2010 yılları arasındaki saatlik enerji tüketim verilerini kullanarak, 2004 yılından itibaren 2004-2010 arasında en küçük kareler yöntemiyle regresyon analizi yapılmış ve kısa dönemde günlük yük tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu tahminler, gerçek değerlerle karşılaştırılarak Ortalama Mutlak Yüzdelik Hata (MATE) hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, regresyon analiziyle yapılan günlük talep tahmininin ekonomik ve doğru bir seçenek olduğu ortaya çıkmıştır [7].

Uygur ve Aksoy, bir gıda işletmesinde Ocak 2016-Temmuz 2017 tarihleri arasındaki günlük verileri temel alarak enerji tüketimini etkileyen faktörleri incelemiştir. Kurulan modelde enerji tüketimi bağımlı değişken olarak belirlenmiş ve sıcaklık, tesis

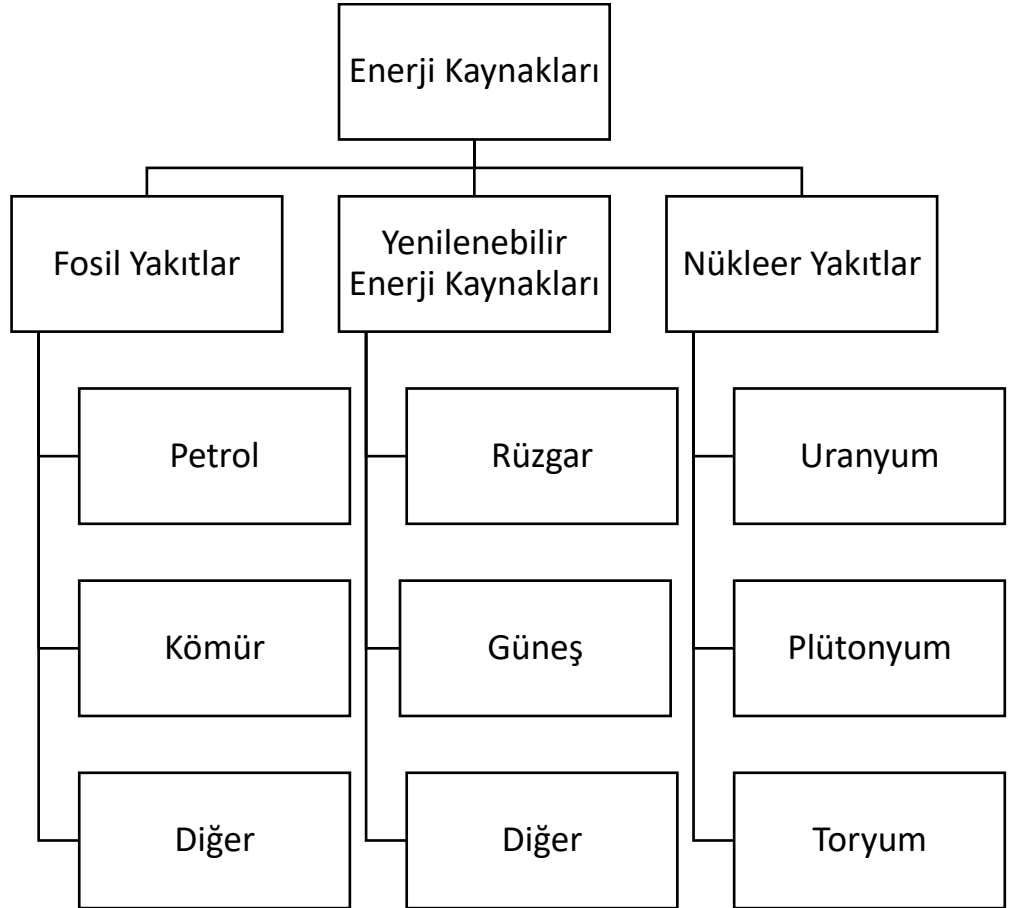
tarafından üretilen ham mısır, früktoz, glikoz, nişasta ve modifiye nişasta miktarları bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Modelin tahmin performansını değerlendirmek amacıyla kantil regresyonu adı verilen yöntem kullanılmıştır. Üç farklı kantil değeri belirlenerek ortalama kare hatası (MSE) değerleri karşılaştırılmış ve en düşük MSE değerine sahip model tespit edilerek en uygun model olarak belirlenmiştir. Yüksek değişkenlik gösteren modellerde istatistiksel yöntemlerin tutarlı analiz yapamadığı gözlemlenmiştir. Bu tür veri setleri için yapay zekâ yöntemleri önerilmiştir. [8].

Karaca ve Karacan, Türkiye’deki elektrik tüketimi ile ilişkisi olacağını düşündükleri bağımsız değişkenler arasında çoklu regresyon analizi uygulamışlardır. Yaptıkları uygulamanın sonucunda elektrik tüketimi ile gayri safi yurt içi hasılanın önemli bir etkisi olduğunu görmüşlerdir. Çoklu regresyon yöntemiyle yapılan çalışmaların tahmin sonuçlarının gerçekleşme değerleriyle kıyaslanmış ve oldukça başarılı sonuçlar elde ettikleri görülmüştür [9].

## 2. TÜRKİYE’ DE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEBİ

Türkiye’ de elektrik enerjisi talebi her yıl giderek artmaktadır. 2021 yılı itibariyle Türkiye’ nin elektrik talebi 286,691 TWh olarak gerçekleşmiştir [10]. Bu gerçekleşen talebin çok büyük bir kısmı yenilenebilir olmayan kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinden karşılanmıştır. Geriye kalan az bir miktar ise yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisinden karşılanmıştır. Son yıllarda Türkiye’ de yenilenebilir enerji politikalarına verilen önemim artmasıyla birlikte bu kaynakların kullanımında artış görülmektedir ancak hala fosil kaynakların gerisinde olduğu bilinmektedir.

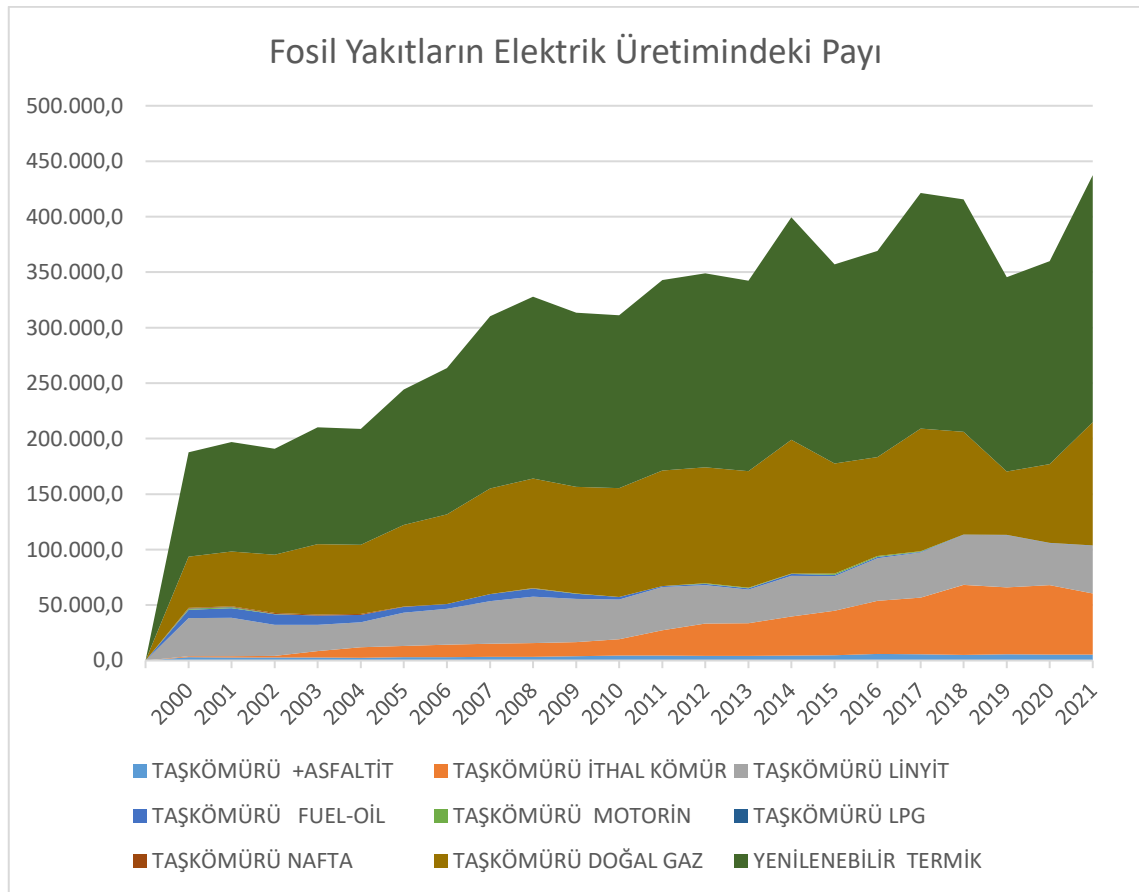
Genel olarak enerji kaynakları aşağıdaki şekilde gibi sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırılmaya göre Türkiye’ deki elektrik enerjisi talebini karşılayan enerji kaynakları değerlendirilecektir.



*Şekil 2.1. Enerji Kaynakları*

## 2.1.Fosil Yakıtlar

Fosil yakıtlar, milyonlarca yıl önce yaşamış canlıların kalıntılarından meydana gelen organik maddelerin jeolojik süreçler sonucunda oluşan ve insanlar tarafından enerji kaynağı olarak kullanılan yakıtlardır. Kömür, petrol, doğalgaz vb. yakıtlar bu sınıfta değerlendirilmektedir. Günümüzde Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminin çok büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Son yıllarda artan yenilebilir enerji kullanım oranına rağmen elektrik enerjisi üretiminde halen en büyük yeri kaplayan fosil yakıtların yakılması ile enerji elde edilmesi amaçlanan termik santraller 2021 yılı ile %66,5 ile brüt enerji üretimine göre diğer enerji kaynaklarıyla sıralandığında ilk sırada bulunmaktadır [11]. Aşağıdaki grafikte 2000-2021 yılları arasındaki enerji üretiminin, kullanılan enerji kaynakları ile ilişkisi incelenmiştir [12]. Tüketilen enerji kaynağı miktarına karşılık elde edilen GWh cinsinden elektrik enerjisi miktarı görülmektedir.

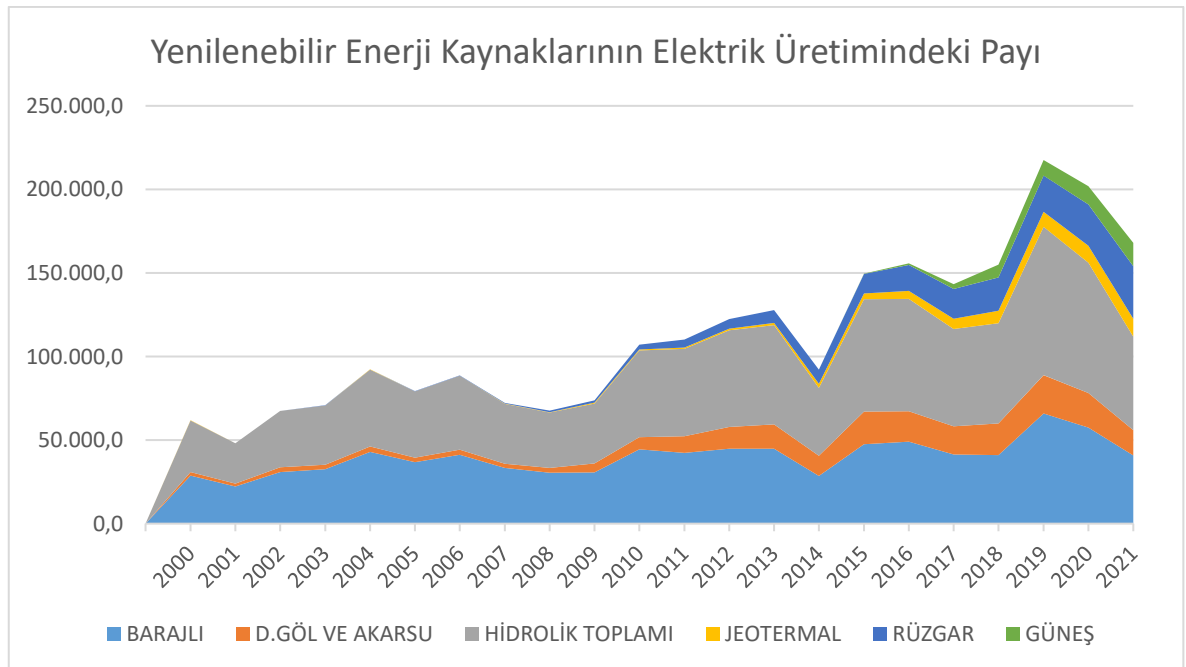


**Şekil 2.2. Fosil Yakıtların Elektrik Üretimindeki Payı**

## 2.2.Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal kaynaklar ve süreçler kullanarak sürekli yenilenen ve tükenmeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerjiye verilen addır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep fosil kaynakların kullanımı sonucunda doğada meydana gelen tahribatın giderek artması sonucunda yükselmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sırasında doğaya düşük karbon salınımı gerçekleşmektedir ve bu sebeple çevresel sorunları azaltılması için yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu sebeple günümüzde giderek kullanımları artmaktadır. Rüzgâr, hidrolik, jeotermal, güneş gibi kaynaklar bu sınıfa yer almaktadır.

Türkiye’ nin enerji üretiminde payı git gide artmakta olan yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr, hidrolik, jeotermal, güneş gibi kaynakların yüksek bir potansiyeli bulunmaktadır. Günümüzde rüzgâr potansiyeli yüksek alanlara rüzgâr santralleri, güneş potansiyeli yüksek alanlara güneş enerjisi santralleri kurulmaktadır ancak bu potansiyelden henüz yeterince yararlanılamamaktadır. Aşağıdaki grafikte 2000-2021 yılları arasındaki enerji üretiminin, yenilenebilir enerji kaynakları ile ilişkisi incelenmiştir [13]. Tüketilen enerji kaynağı miktarına karşılık elde edilen GWh cinsinden elektrik enerjisi miktarı görülmektedir.



**Şekil 2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payı**



### **2.3.Nükleer Yakıtlar**

Nükleer enerji üretiminde, nükleer yakıtlar kullanılmaktadır. Bu enerjiyi elde etmede uranyum, plütonyum ve toryum gibi radyoaktif elementler nükleer yakıt olarak kullanılmaktadır. Bahsedilen bu nükleer yakıtlar, nükleer santrallerdeki reaktörlerde reaksiyonlar tetiklenerek elektrik üretimini sağlamaktadır.

Nükleer yakıtların çok küçük miktarları ile bile çok büyük miktarda enerji elde edilebilmektedir ve bu enerji üretimi esnasında atmosfere sera gazı salınmaması gibi bir avantajı bulunmaktadır. Ancak kaza ve radyasyon sızıntısı gibi riskleri bulunmaktadır. Güvenliğe çok dikkat edilmesi gerekmektedir.

Türkiye’ de nükleer enerji üretimi konusunda uzun yıllardır çalışmalar yapılmaktadır. Nükleer enerjinin ülkenin enerji ihtiyacını karşılmada büyük bir öneme sahip olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle Akkuyu Nükleer Güç Santrali’ nin Mersin ilinde inşasına başlanılmıştır. 4 adet reaktör içeren nükleer güç santralinin tam kapasiteye ulaştıktan sonra 4,8 GW kapasiteye sahip olması beklenmektedir.

### **3. ELEKTRİK ENERJİSİ TALEBİNİ ETKİLEMESİ BEKLENEN DEĞİŞKENLER**

Elektrik enerjisi talebini etkilen çeşitli değişkenler göz önüne alarak incelenecek bu değişkenler ilerleyen bölümlerde analizde kullanılacaktır.

#### **3.1.Hava Sıcaklıkları**

Elektrik enerjisi talebini etkileyen en büyük değişkenlerden biri olarak hava sıcaklıkları değerlendirilmektedir. Hava sıcaklıklarının yüksek olduğu günlerde, insanlar serinlemek amacıyla çeşitli elektrikli aletleri(klima vb.) kullanabilmektedir. Bu nedenle elektrik talebi yükselmektedir. Sıcak havalarda elektrik talebinin yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Aynı şekilde çok soğuk havalarda ısınma ihtiyacı meydana geldiğinden çeşitli elektrikli aletler(klima vb.) ile bu ihtiyaç giderilmeye çalışmaktadır ve talep yükselmektedir. Kısaca çok sıcak ve çok soğuk günlerde elektrik enerjisi talebi yükselmektedir.

#### **3.2.Güneşlenme Süresi**

Güneşlenme süresi, bir gün boyunca güneşin doğduğu andan battığı ana kadar zaman dilimine verilen tanımlamadır. Elektrik enerjisi talebi, güneşlenme süresinden etkilenmektedir. Yaz aylarında artan güneşlenme süresiyle birlikte güneş enerjisinden daha fazla faydalanılabilmektedir. Bu durumda tüketicilerin elektrik talebi azalmaktadır. Kış aylarında azalan güneşlenme süresiyle birlikte güneş enerjisinde daha az faydalanılabilmektedir. Bu durumda tüketicilerin elektrik talebinin artmasına sebep olmaktadır.

#### **3.3.Elektrik kW/h Ücreti**

Elektrik kW/h ücreti, elektrik tedarikçilerinin elektrik enerjisi tedarikğinde tüketicilerden talep ettikleri birim fiyattır ve kilowattsaat (kW/h) başına ödenmektedir. Elektrik kW/h ücreti, elektrik tüketicilerinin kullanım alışkanlıklarını önemli bir şekilde etkilemektedir. Yüksek elektrik kW/h ücretleri, tüketicileri tasarruf yapmaya yöneltmektedir ve talebin azalmasına neden olmaktadır. Düşük elektrik kW/h ücretleri, talebin artmasına neden olabilmektedir. Enerji piyasalarında değişen ücretlere göre tüketicilerin davranışları bu duruma göre değişebilmektedir.

### **3.4.GSYİH Değişimi**

Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYİH), bir ülkenin belirli bir dönemde ürettiği mal ve hizmetlerin parasal değerini ölçen ekonomik bir göstergedir. GSYİH değişimi elektrik talebini etkilemektedir. GSYİH artışı ekonomik aktivitelerin artması anlamına gelmektedir ve bu durumda elektrik tüketim talebinin artmasına neden olmaktadır. Özellikle sanayi sektörü elektrik tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır ve sanayi sektöründe büyüme gerçekleştiği zamanlarda elektrik tüketim talebinin artabileceği görölmektedir. GSYİH düşüşü ekonomik aktivitelerin azalmasına neden olmaktadır bu sebeple elektrik tüketim talebinin azalmasına neden olmaktadır.

## **4. MATEMATİKSEL MODELLEME**

### **4.1.Modelleme Kavramı**

Modelleme, bir sistemi veya olayı basitleştirerek anlaşılabilir hale getirme olayıdır. Modelleme ile sistemin performansı ölçülebilmekte ve tahmin edilebilmektedir.

Matematiksel modelleme, matematiksel yöntemler kullanılarak bir sistemin veya olayın matematiksel olarak ifade edilip analiz edilmesidir. Fiziksel dünya problemlerinin matematiksel bir şekilde ifade edilerek risklerin hesaplanması, çözümlerin üretilmesi, analizlerin yapılması, tahminleme gibi amaçlarda yoğun bir şekilde başvurulmaktadır.

Matematiğin yüzlerce yıldır kanıtlanmış bir hesaplama dili olduğunu bilinmektedir. Güvenilirliği ispat edilmiş bu aracı kullanarak sistemimizi formüle edebilmektedir, gerekli hesaplamaları bu işlemleri hızlı yapan bilgisayarlara yaptırılabilir.

Matematiksel modelleme gerçekleştirilirken bir dizi adım takip edilir. Bu adımlar arasında problemi oluşturma, model oluşturma, tahmin etme ve raporlama bulunmaktadır. Problemi oluşturma adımında problemin anlaşılması ve matematiksel olarak ifade edilmesi yer almaktadır. Model oluşturma adımında, problemin matematiksel modele dönüştürülmesi ve bu modele giriş-çıkış verilerinin tanımlanmasını içermektedir. Tahmin etme adımında modelin giriş verileriyle çıkış verilerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. En son aşamada modelin performansı değerlendirilerek rapor haline getirilmektedir. Modelin performansının geliştirilmesi için öneriler sunulmaktadır.

İlerleyen bölümlerde matematiksel modelleme çalışması kapsamında, gerçek dünya probleminin matematiksel olarak ifade edilmesi için regresyon analizi yöntemi kullanılacaktır.

### **4.2.Regresyon Analizi**

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan bir bağımlı ve bir veya birden fazla bağımsız değişkenin birbiriyle olan ilişkisinin incelendiği istatistiksel bir yöntemdir. Bağımlı değişken ölçülen, incelenen değişken olarak değerlendirilmektedir. Bağımsız değişken ise bağımlı değişkenin değerini etkileyebilen değişken olarak değerlendirilmektedir. Bu istatistiksel yöntemde, bağımlı değişkeni en iyi açıklayan doğrusal veya doğrusal olmayan bir modelin açıklanması amaçlanmaktadır. Doğrusal regresyon modelleri basit ve çoklu model başlıkları altında incelenmektedir. Doğrusal olmayan regresyon modelleri ayrı başlık altında incelenmektedir.

#### 4.2.1. Basit Doğrusal Regresyon Modeli

Basit doğrusal regresyon modeli, bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla kullanılan bir regresyon yöntemidir. Bu doğrusal modelde, bağımlı değişken bağımsız değişkenin aldığı değerin oranı olarak temsil edilmektedir [14].

Basit doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \quad (4.1)$$

Modeldeki parametreler şu şekilde açıklanabilir;

$y$  = Bağımlı değişkenin değeri

$x$  = Bağımsız değişken

$\alpha$  = Kesme noktası ( $y$  eksenini kestiği nokta) sabit değer

$\beta$  = Regresyon doğrusunun eğimi. Regresyon katsayısı olarak tanımlanır

$\varepsilon$  = Hata terimi

Bu elemanlar arasında  $\alpha$  parametresinin değeri sabittir. Doğrunun  $y$  eksenini kestiği noktası belirtmektedir. Bağımsız değişkenin değerinin sıfır olduğu noktada bağımlı değişkenin aldığı değeri vermektedir.

$\beta$  regresyon doğrusunun eğimini veren parametredir. Bağımsız değişkendeki değişime dayalı olarak bağımlı değişkende meydana gelen değişimi temsil etmektedir. Eğimin alacağı katsayının işareti iki değişken arasındaki ilişkiye bağlı olarak pozitif ya da negatif olarak değişebilmektedir.

Parametrelerin tahmin edilmesi için aşağıdaki model kullanılmaktadır.

$$\hat{Y} = \alpha + bx \quad (4.2)$$

Tahmin modelindeki parametreler aşağıdaki gibi açıklanabilir;

$\hat{Y}$  = Tahmin edilen  $y$  değeridir. Bağımlı değişkenin tahminidir

$\alpha$  = Regresyon sabitinin tahminidir

$b$  = Regresyon eğiminin tahminidir

$x$  = Bağımsız değişken değeri

Tahmin edilen doğrunun değerleri  $x$  değerlerinin dağılımına göre çizilmektedir. En küçük kareler yöntemi kullanarak modeldeki hata miktarı minimize edilir ve parametre tahmini yapılmakta ve tahmin gerçekleştirilmektedir.

$\varepsilon$  hata parametrelerinin her biri istatistiksel olarak birbirinden bağımsızdır ve aldıkları değerler normal dağılım özelliği göstermektedir. Bağımsız değişkenler hatasız kabul edilmektedir. Regresyon modellerinde, bağımlı değişkenlerin hata terimi

hesaplanmaktadır. Hata terimi gözlenen değerden, tahmin edilen değer farkının alınması ile bulunmaktadır.

$$\varepsilon = y - \hat{Y} \quad (4.3)$$

Tahmin modelinde bulunan regresyon eğimi (b) ve regresyon sabiti (a) parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$b = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \hat{Y})}{\Sigma(x - \bar{x})^2} \quad (4.4)$$

$$a = \hat{Y} - b\bar{x} \quad (4.5)$$

Belirlilik (determinasyon) katsayısı, regresyon modelinin çıktı değerlerine uyumunu test için model sonuçları ile ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon katsayısının karesi alınarak hesaplanmaktadır. Belirlilik katsayısı 0 ile 1 arasında değer almaktadır ve 1 değerine ne kadar yakın olursa modelin başarısının arttığı görülmektedir. Aşağıda belirlilik katsayısı formülü verilmiştir.

$$\text{Belirlilik(Determinasyon)Katsayısı} = R^2 = 1 - \frac{\Sigma(y_{\text{model}} - y_{\text{ölçüm}})^2}{\Sigma(x_{\text{ölçüm}} - x_{\text{ort}})^2} \quad (4.6)$$

#### 4.2.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Bir bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişkenin aralarındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlayan regresyon modeline çoklu regresyon modeli denilmektedir[15]. Çoklu regresyon analizi için en yaygın kullanılan yöntem en küçük kareler yöntemidir. Bu yöntem ile hata karelerinin toplamı minimize edilerek model parametreleri tahmin edilmektedir. Çoklu regresyon modelleri, tahmin amacıyla kullanılabilir. Modelde yer alan bağımsız değişkenler bilindiği durumlarda bağımlı değişken tahmin edilebilmektedir. Aşağıda genel çoklu doğrusal regresyon modeli gösterilmiştir.

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_kX_k + e_i = a_0 + \Sigma a_rX_r + e_i \quad (4.7)$$

Denklem 4.7’de X değerleri bağımsız değişkenleri, Y değerleri ise bağımlı değişkenleri temsil etmektedir.

En küçük parametre yöntemi ile parametre tahminin gerçekleştirilmesi için ilk olarak hata karelerinin hesaplanması gerekmektedir. Hata kareleri, gerçek ve tahmin edilen değer arasındaki farkın karesinin alınması ile hesaplanmaktadır. Denklem 4.8’ de gösterilmektedir. Ardından katsayıların hesaplanmasının adımına hata karelerini minimize

eden “a” katsayılarını hesaplayarak geçilebilmektedir. Bu katsayılar denklem 4.9’da gösterilmektedir.

$$\text{Hata Kareleri Toplamı} = \sum (Y - \hat{Y})^2 \quad (4.8)$$

$$a = (X'X)^{-1} X'Y \quad (4.9)$$

Denklem 4.9’ da X bağımsız değişkenlerin matrisi, Y ise bağımlı değişkenlerin matrisi olarak tanımlanmaktadır. X’ matrisinin tersi  $(X'X)^{-1}$ , katsayıların hesaplanması için kullanılan matristir.

#### 4.2.3. Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri

Doğrusal olmayan regresyon modelleri, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin doğrusal olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Bu modeller, çeşitli fonksiyonlar kullanarak bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlere göre değişimini açıklamaya çalışmaktadır. Yaygın olarak logaritmik, üstel, polinomal, sigmoid ve Gauss fonksiyonları kullanılabilir. Bu modellerin temel amacı bağımsız değişkenlerdeki değişikliklerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini açıklamaktır. Bu nedenle, doğrusal olmayan regresyon modelleri, doğrusal regresyon modellerinden daha geniş bir veri setine uygulanabilmektedir ve daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak bu modellerin seçimi uygun bir fonksiyon seçmek gerekmektedir.

#### 4.2.4. Regresyon Analizinde Kullanılan Hata Yöntemleri

Regresyon analizinde yaygın olarak ortalama kare hatası (Mean Squared Error - MSE), ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error - MAE) ve R-Kare determinasyon katsayısı, düzeltilmiş R-kare, SSE ve RMSE kullanılmaktadır. Ortalama kare hatası tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden ne kadar uzak olduğunu ölçmektedir. MSE, tüm hataların karelerinin toplamının örnek sayısına bölümüyle elde edilmektedir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (y - \hat{Y})^2 \quad (4.10)$$

Denklem 4.10’ da n toplam örnek sayısını belirtmektedir. Y gerçek değerleri,  $\hat{Y}$  ise tahmin edilen değerleri belirtmektedir.

Ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error - MAE) gerçekler değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farkı mutlak değerlerini alarak ölçer.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |y - \hat{y}| \quad (4.11)$$

R-kare determinasyon katsayısı bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni ne kadar iyi açıkladığını göstermektedir. R-kare determinasyon katsayısı 0 ile 1 arasında değişmektedir ve 1'e yakın olması modelin kuvvetli olduğunu göstermektedir.

$$Belirlilik(Determinasyon)Katsayısı = R^2 = 1 - \frac{\sum (y_{model} - y_{ölçüm})^2}{\sum (x_{ölçüm} - x_{ort})^2} \quad (4.12)$$

Düzeltilmiş R-Kare (Adjusted R-square), bir modelin veriyi ne kadar iyi açıkladığını gösterirken aynı zamanda modelin karmaşıklığını da dikkate almaktadır. R-kare, bir modelin bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki varyasyonun yüzde kaçını açıkladığını gösterirken, düzeltilmiş R-kare ise ayrıca modelin insertbestlik derecesini dikkate almakta ve aşırı uyum durumunu kontrol etmektedir.

$$Adj.R - Square = 1 - [(1 - R_{kare}) \times (n - 1)/(n - k - 1)] \quad (4.13)$$

Burada n gözlem sayısını, k ise modeldeki bağımsız değişken sayısını temsil etmektedir.

SSE (Sum of Squared Errors) toplam kare hatası olarak adlandırılmaktadır. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden ne kadar uzak olduğunu ölçmek için kullanılmaktadır. SSE, tahminlerin gerçek değerlere olan farklarının karelerinin toplamını ifade etmektedir.

$$SSE = \sum (y - \hat{y})^2 \quad (4.14)$$

RMSE (Root Mean Squarred Error), tahminlerin gerçek değerlerden uzaklığı tahminler arasındaki farkların karelerinin ortalamasının karekökü alınarak hesaplanmaktadır. Burada n veri sayısını temsil etmektedir.

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \times \sum (y - \hat{y})^2\right)} \quad (4.15)$$



## **5. REGRESYON ANALİZİ İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN MODELLEME**

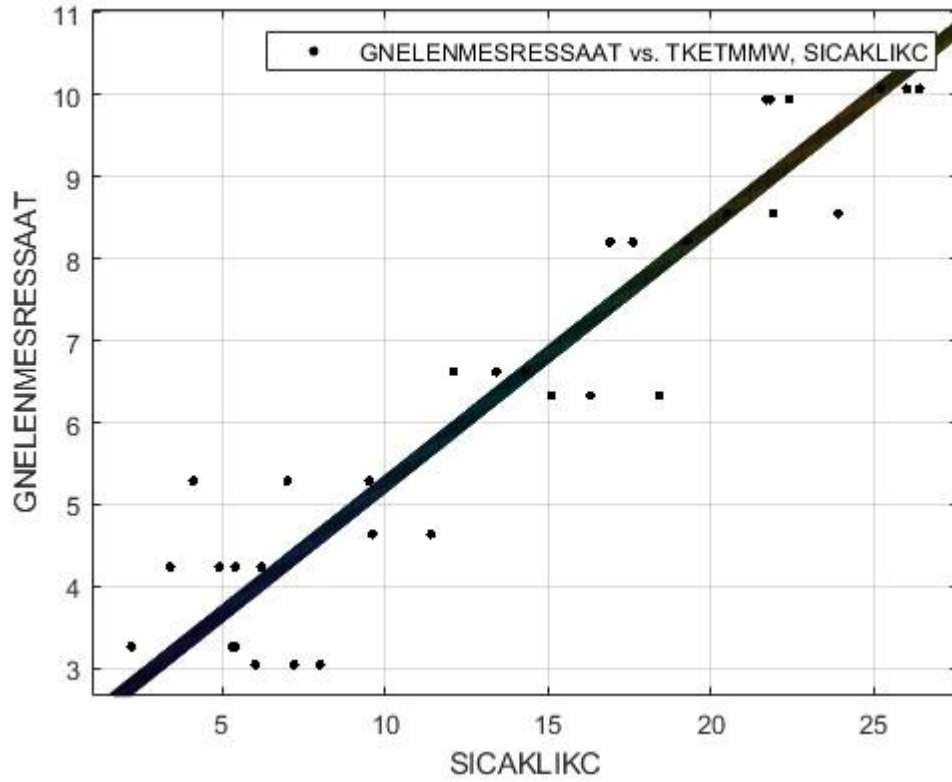
### **5.1.Verilerin Analize Hazırlanması**

Bu çalışmada, 2020-2023 yılları arasındaki bağımlı ve bağımsız değişkenlerle ilgili veriler kaynaklardan elde edilerek Excel tablosu haline getirilmiştir. Regresyon analizinin gerçekleştirilebilmesi için Excel tablosundaki veriler Matlab ortamına içeri aktarılmıştır. Matlab üzerine aktarılan veriler kullanılarak regresyon analizinin gerçekleştirilebilmesi için Curve Fitting Tool “cftool” aracı kullanılmıştır. Curve fitting tool üzerinde Matlab’ a aktarılan verilerden bağımlı ve bağımsız değişkenlerden “bağımlı değişken olarak enerji tüketim miktarı bağımsız değişkenler ise sıcaklık, güneşlenme süresi, elektrik kw/h ücreti ve GSYİH değeri olarak belirlenmiştir.” seçim yapılarak regresyon eğrisi elde edilmiştir ve katsayılar belirlenmiştir. Model için regresyon modellerin polinomal kullanılmıştır. Bu sayede modelin sayısal gösterimi de ifade edilebilmiştir.

### **5.2.Matlab ile Regresyon Analizi**

Analizde, çok değişkenli doğrusal olmayan regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Tüketim değeri bağımlı değişken olarak kabul edilirken, sıcaklık, güneşlenme süresi, elektrik kW/h ücreti vs. GSYİH bilgileri bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Tüketim miktarı ile sıralı bir şekilde sıcaklık-güneşlenme, sıcaklık-kW/h ücreti, sıcaklık-GSYİH, güneşlenme süresi-kW/h ücreti, güneşlenme süresi-GSYİH, kW/h ücreti-GSYİH arasındaki ilişki ayrı ayrı incelenmiştir. Aşağıda bu bahsedilen incelemeler sırasıyla verilmiştir.

Şubat 2020 – Şubat 2023 arasındaki tüketilen elektrik miktarı bağımlı değişken, sıcaklık ve güneşlenme süresi ise bağımsız değişken olarak kabul edilerek Curve Fitter arayüzüne girilmiştir. Regresyon eğrisinde x ve y değerleri birinci derece polinomal olarak hesaplanmıştır. Aşağıda oluşturulan regresyon eğrisi, bu eğrinin matematiksel modeli ve doğrunun uyum kalitesi için istatistiksel değerler tablo halinde aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.1. Tüketimin, Sıcaklık ve Güneşlenme Süresi İle İlişkisi**

Şekil 5.1’ de tüketim bağımlı değişkeninin, güneşlenme süresi ve sıcaklık ile olan ilişkisinin regresyon eğrisi ile oluşturulan grafiği görülmektedir. Grafik regresyon modellerinden polinomal model ile oluşturulmuştur. Aşağıdaki tabloda doğrunun uyum kalitesi için istatistiksel değerler verilmiştir.

**Tablo 5.1. Uyum Kalitesi İçin İstatistiksel Değerler(Güneşlenme Süresi-Sıcaklık)**

İstatistiki Yöntem	Değer
SSE	746.3
R-square	0.9015
Adjusted R-square	0.9013
RMSE	0.8159

Aşağıda modelin matematiksel ifadesi katsayılar ile birlikte verilmiştir. X ve Y değerleri birinci derece polinomal olarak hesaplanmıştır.

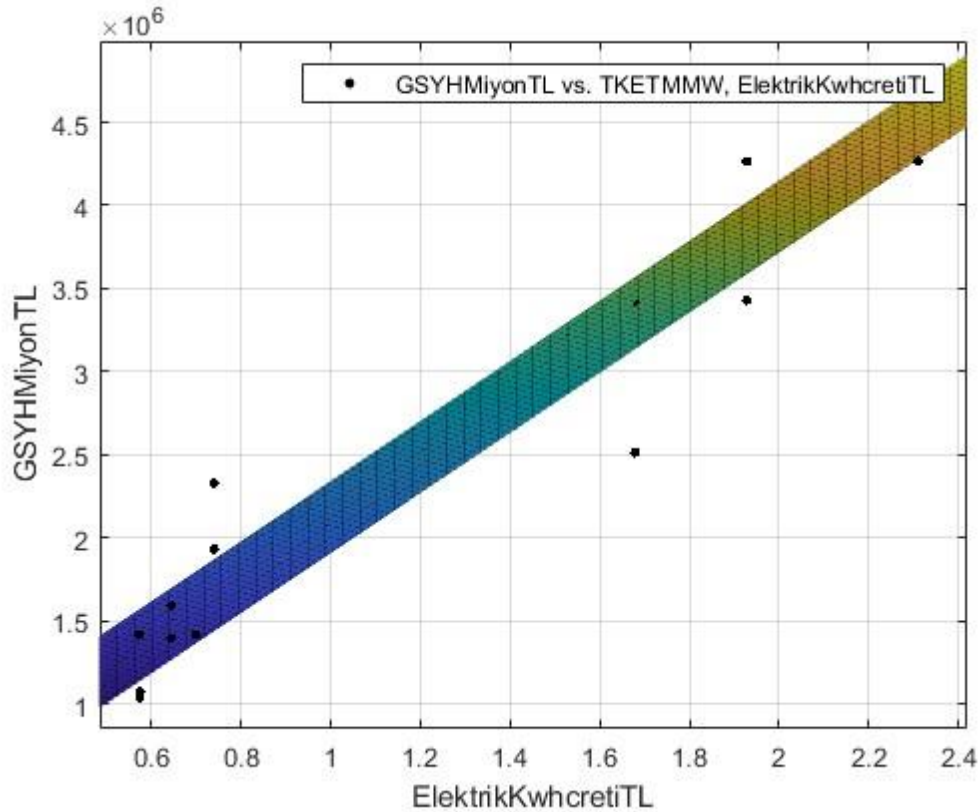
$$f(x,y) = p00 + p10 \times X + p01 \times Y \quad (5.1)$$

$$p00 = 2.354(1.919, 2.789) \quad (5.2)$$

$$p10 = -3.166e - 07 \quad (-8.246e - 07, 1.913e - 07) \quad (5.3)$$

$$p01 = 0.3158 \quad (0.3096, 0.322) \quad (5.4)$$

Şubat 2020 – Şubat 2023 arasındaki tüketilen elektrik miktarı bağımlı değişken, elektrik kW/h ücreti ve GSYİH değeri ise bağımsız değişken olarak kabul edilerek Curve Fitter ara yüzüne girilmiştir. Regresyon eğrisinde x ve y değerleri birinci derece polinomal olarak hesaplanmıştır. Aşağıda oluşturulan regresyon eğrisi, bu eğrinin matematiksel modeli ve doğrunun uyum kalitesi için istatistiksel değerler tablo halinde aşağıda verilmiştir.



**Şekil 5.2. Tüketime, kW/h ücreti ve GSYİH ile İlişkisi**

Şekil 5.2’ de tüketim bağımlı değişkeninin, elektrik kW/h ücreti ve GSYİH ile olan ilişkisinin regresyon eğrisi ile oluşturulan grafiği görülmektedir. Grafik regresyon modellerinden polinomal model ile oluşturulmuştur. Aşağıdaki tabloda doğrunun uyum kalitesi için istatistiksel değerler verilmiştir.

**Tablo 5.2. Uyum Kalitesi İçin İstatistiksel Değerler(kw/h Ücreti-GSYİH)**

İstatistiki Yöntem	Değer
SSE	1.591e+14
R-square	0.9158
Adjusted R-square	0.9157
RMSE	3.768e+05

Aşağıda modelin matematiksel ifadesi katsayılar ile birlikte verilmiştir. X ve Y değerleri birinci derece polinomal olarak hesaplanmıştır.

$$f(x,y) = p00 + p10 \times X + p01 \times Y \quad (5.5)$$

$$p00 = -1.709e + 05 \quad (-3.721e + 05, 3.036e + 04) \quad (5.6)$$

$$p10 = 0.5904 \quad (0.3587, 0.822) \quad (5.7)$$

$$p01 = 1.809e + 06 \quad (1.776e + 06, 1.842e + 06) \quad (5.8)$$

Elektrik tüketim miktarının, sıcaklık-kW/h ücreti, sıcaklık-GSYİH, güneşlenme süresi-kW/h ücreti ve güneşlenme süresi-GSYİH arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenmemiştir.

### 5.3.Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması

Matlab üzerinden gerçekleştirilen analizlerde elektrik tüketim miktarının, sıcaklık-güneşlenme süresi ve kW/h ücreti-GSYİH ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Elektrik tüketim miktarının, sıcaklık-kW/h ücreti, sıcaklık-GSYİH, güneşlenme süresi-kW/h ücreti ve güneşlenme süresi-GSYİH arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenmemiştir. Aşağıdaki tablolarda analizler sonucunda elde edilen uyum kalitesi için istatistiksel değerler ve oluşturulan matematiksel modeller karşılaştırılmalı verilmiş ve yorumlanmıştır.

Aşağıdaki tabloda model 1 olarak tüketim değerinin sıcaklık ve güneşlenme süresi ile ilişkisi göz önüne alınmıştır, model 2 olarak tüketim değerinin kW/h ücreti ve GSYİH değeri ile ilişkisi göz önüne alınmıştır. Bu modellerin fonksiyonları ve katsayıları aşağıda karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 5.3. Matematiksel Modellerin ve Katsayıların Karşılaştırılması**

Model ve Katsayı	Değer (model 1)	Değer (model 2)
$f(x, y)$	2.354(1.919,2.789)	$p00 + p10 \times X + p01 \times Y$
$p00$	2.354(1.919,2.789)	$-1.709e + 05$ ( $-3.721e + 05, 3.036e + 04$ )
$p10$	$-3.166e - 07$ ( $-8.246e - 07, 1.913e - 07$ )	0.5904 (0.3587, 0.822)
$p01$	0.3158 (0.3096, 0.322)	$1.809e + 06$ ( $1.776e + 06, 1.842e + 06$ )

Modellerin elde edilen bu katsayı değerleriyle birlikte grafik üzerinde gelecekte herhangi bir noktanın yeri tahmin edilebilmektedir. Bu durumda model için tahminler geliştirilebilmektedir.

**Tablo 5.4. Uyum Kalitesi İçin İstatistiksel Değerlerin Karşılaştırılması**

İstatistiki Yöntem	Değer (model 1)	Değer (model 2)
SSE	746.3	1.591e+14
R-square	0.9015	0.9158
Adjusted R-square	0.9013	0.9157
RMSE	0.8159	3.768e+05

Tablo 5.4' teki değerler göz önüne alındığında model 1' in (tüketimin, sıcaklık ve güneşlenme süresi ile ilişkisi) yorumu şu şekilde yapılabilir. Model 1' in SSE değeri modelin tahminlerinin gerçek verilerden ne kadar uzak olduğunu göstermektedir. SSE, tahminler ile gerçek veriler arasındaki değerler farklarının karelerinin toplamıdır. Eldeki SSE değeri anlamlı bir değer olarak yorumlanabilmektedir. R-square ve Adjusted R-square değerleri modelin bağımlı değişkenin varyansının ne kadarını açıkladığını göstermektedir. R-square değeri 1' e yaklaştıkça modelin açıklama gücü artmaktadır. Adjusted R-square değeri geniş bir veri seti olduğu durumlarda yani daha fazla bağımsız değişkenin olduğu durumlarda kullanışlıdır. Elde edilen R-square ve Adjusted R-square değerlerinin 1' e yakın olması sebebiyle modelin açıklama gücünün yüksek olduğu dolayısıyla anlamlı olduğu görülmektedir. RMSE, modelin gerçek verilere ne kadar yakın olduğunu ölçmektedir ve tahminler ile gerçek veriler arasındaki farkların karelerinin ortalama değerinin karekökünü temsil etmektedir. Tahminlerin gerçek verilere ortalama hata miktarını göstermektedir ve bu değer ufak olması nedeniyle anlamlı olduğu

görülmektedir. Model 1' in açıklama gücünün yüksek olduğu ve anlamlı olarak yorumlanabildiği söylenmektedir.

Model 2 incelendiğinde SSE ve RMSE değerinin yüksek olduğu yani gerçek verilerden uzak olduğu görülmektedir ancak SSE' nin tek başına modeli açıklamada yeterli olmadığı görülmektedir. R-square ve Adjusted R-square değerlerine bakıldığında yüksek ve 1' e yakın bir değer görülmektedir. Bu nedenle modelin açıklama gücünün yüksek olduğu ve anlamlı olarak yorumlanabildiği söylenmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye' nin elektrik tüketimini etkileyen faktörler arasındaki ilişkiyi matematiksel bir modelle açıklamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan regresyon analizleri sonucunda elektrik tüketiminin sıcaklık, güneşlenme süresi, gayrisafi yurtiçi hâsıla (GSYİH) ve elektrik kW/h ücreti gibi bağımsız değişkenlerden etkilendiği görülmüştür. Regresyon analizi yöntemi kullanılarak elde edilen matematiksel modeller bağımlı değişken olan elektrik tüketimi ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Bu modellerin belirleme katsayısı yüksek bir değere sahiptir bu da modelin bağımlı değişkeninin varyansının büyük bir kısmını açıkladığını göstermektedir. Elde edilen modellerin tahminlerinin gerçek verilere oldukça yakın olduğu ve tahmin hatalarının düşük olduğu görülmüştür. Bu durum modelin doğruluğunu ve güvenilirliğini göstermektedir. Regresyon analizleri sonucunda sıcaklık-kW/h, sıcaklık-GSYİH, güneşlenme süresi-kW/h ücreti ve güneşlenme süresi-GSYİH arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Tüketimin sıcaklık ve güneşlenme süresi ile ilişkisinde modelin SSE değerinin anlamlı bir şekilde düşük olduğu için tahminlerin gerçek verilere yakın olduğu söylenmiştir. R-square ve adjusted R-square değerlerinin 1' e çok yakın olması nedeniyle modelin açıklama gücünün yüksek olduğu söylenmiştir. RMSE değeri düşük olduğundan gerçeğe yakın tahmin yaptığı söylenmiştir.

Tüketimin kW/h ücreti ve GSYİH değeri ile ilişkisinde modelin SSE ve RMSE değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür ancak R-square ve adjusted R-square değerleri yüksek ve 1' e yakın olduğundan modelin açıklama gücünün halen yüksek olduğu söylenebilmiştir. Bu model uygun başka bağımsız değişkenler ile değerlendirilebilir ise veya mevcut bağımsız değişkenler güncellenebilir ise daha güvenilir sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

Elektrik tüketim tahminlerinde, sıcaklık, güneşlenme süresi, GSYİH ve elektrik kW/h ücreti gibi faktörler göz önüne alınmalı bu faktörlerin değişimi elektrik talebini etkileyebilmektedir. Tüketim tahmini gerçekleştirileceği zaman regresyon analizi yöntemi kullanılabilir.

## KAYNAKÇA

- [1] AYDIN, B.D. (2016). METEOROLOJİK DEĞİŞKENLERİN ELEKTRİK TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [2] http-1: <https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx> (Erişim Tarihi:27.03.2023)
- [3] http-2: [https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm\\_istatistikler.jsf](https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm_istatistikler.jsf) (Erişim Tarihi:27.03.2023)
- [4] http-3: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari> (Erişim Tarihi:12.05.2023)
- [5] http-4: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Ulusal-Hesaplar-113> (Erişim Tarihi:12.05.2023)
- [6] Nebati, A. Taş, M. Ertaş, G. (10 Aralık 2021). Türkiye’ de Elektrik Tüketiminde Talep Tahmini: Zaman Serisi Ve Regresyon Analizi İle Karşılaştırma. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. 348-357
- [7] Balcı, H. Esener, İ.I. ve Kurban, M. (2012). Regresyon Analizi Kullanarak Kısa Dönem Yük Tahmini. ELECO’2012’ de sunulan bildiri. [https://www.emo.org.tr/ekler/c0b04c9ee88a64e\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/c0b04c9ee88a64e_ek.pdf) (Erişim tarihi: 12.04.2023)
- [8] Uygur, S. Ve Aksoy,A. (2018). İstatistiksel Yöntemlerle Bir Gıda İşletmesinde Enerji Tüketim Tahmin Modeli. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi. Cilt 23. Sayı 4. 117-126
- [9] Karaca, C. Karacan, H. (2016). Çoklu Regresyon Metoduyla Elektrik Tüketim Talebini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi. 182-195
- [10] http-5: <https://webim.teias.gov.tr/file/5999ad34-fda7-4c1e-8496-e917716bad4e?download> (Erişim Tarihi:08.05.2023)
- [11] http-6: <https://webim.teias.gov.tr/file/50e375ad-f134-4c50-9ed3-254f75ae05a9?download> (Erişim Tarihi:08.05.2023)
- [12] http-7: <https://webim.teias.gov.tr/file/e90f5d8a-4fd5-458d-9c93-239e55cc4b45?download> (Erişim Tarihi:08.05.2023)
- [13] https-8: <https://webim.teias.gov.tr/file/3e01b8e9-36c9-48ca-92a8-65059ff38078?download> (Erişim Tarihi:08.05.2023)
- [14] https-9:<https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=25018>(Erişim Tarihi:11.05.2023)



- [15] [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/117326/mod\\_resource/content/1/11-Coklu%20Regresyon%201.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/117326/mod_resource/content/1/11-Coklu%20Regresyon%201.pdf) (Erişim Tarihi:11.05.2023)