



**ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM STRATEJİSİNİN  
BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE  
BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Beyza ÖZDEM**

**2022  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ**

**ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM STRATEJİSİNİN BULANIK MANTIK  
YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Beyza ÖZDEM**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ**

**KARABÜK  
Ağustos 2022**

Beyza ÖZDEM tarafından hazırlanan “ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM STRATEJİSİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ

.....

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 29/08/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Fatih Emre BORAN (GÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KURTGÖZ (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Beyza ÖZDEM

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM STRATEJİSİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Beyza ÖZDEM**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ**

**Ağustos 2022, 77 sayfa**

Çağımızın olmazsa olmazı elektrik enerjisine ihtiyaç gün geçtikçe hızla artış göstermektedir. Elektrik kullanımını açısından kısıtlamalar yaşamamak, ihtiyaç duyulan elektrik üretiminin karşılanabilmesi ve fazla üretimin verimli şekilde değerlendirilebilmesi için üretim miktarı planlaması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, elektrik üretim stratejisinin belirlenebilmesi için, çalışmalarda doğruluk oranı yüksek sonuçlar verdiği tespit edilen bulanık mantık yöntemiyle bir üretim tahmin modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model ile bir önceki gün üretim miktarı, sıcaklık ve mevsim verileri kullanılarak günlük üretilmesi gereken elektrik enerjisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Kullanılan elektrik üretim verileri Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Şeffaflık Platformu'ndan alınan Türkiye'nin günlük toplam üretim verileridir. 2020 ve 2021 yıllarından rastral olarak seçilen 144 veri kullanılmıştır. Sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü sitesi Sıcaklık Analizi'nden alınmıştır. 2020 ve 2021 yılları sıcaklık analizleri incelenerek her ay için ortalama, en düşük ve

en yüksek sıcaklık verileri derlenmiştir. Elde edilen veriler oluşturulan Bulanık Mantık modelinde test edilmiştir. Bulanık mantık kullanılarak elde edilen tahmin verilerinin doğruluk oranları %95-%97 aralığında bulunmuştur. Doğruluk oranları Çoklu Doğrusal Regresyon modelinde elde edilen doğruluk oranları ile karşılaştırıldığında ortalama %1,58'lik iyileşme olduğu gözlenmiştir. Doğruluk oranları Bulanık Mantık modelinin, Çoklu Doğrusal Regresyona göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bulanık Mantık modelinde, hafta içi - hafta sonu ayrımı yapılarak ve mevsim ayrımı yapılarak doğruluk oranları incelenmiştir. Modelin sonbahar mevsiminde ve haftasonu günlerinde en yüksek doğrulukta çalıştığı tespit edilmiştir.

Değerlendirmeler sonucu Bulanık Mantık yöntemi kullanılarak oluşturulan modelin, yüksek doğruluk oranlarına sahip olması sebebiyle elektrik üretim stratejisinde kullanılabileceği, elektrik üretim santrallerinin modeli kendi bünyelerinde kullanmak için değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** Enerji, elektrik enerjisi, bulanık mantık, çoklu doğrusal regresyon, üretim stratejisi

**Bilim Kodu** : 90601

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DETERMINATION AND EVALUATION OF ELECTRIC ENERGY GENERATION STRATEGY USING FUZZY LOGIC METHOD**

**Beyza ÖZDEM**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Industrial Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Muharrem DÜĞENÇİ**

**August 2022, 77 pages**

The need for electrical energy, which is indispensable in our age, is increasing rapidly day by day. Production quantity planning is of great importance in order not to experience restrictions in terms of electricity use, to meet the required electricity production and to evaluate the excess production efficiently. In this study, a generation estimation model was created with the fuzzy logic method, which was found to give high accuracy in the studies, in order to determine the electricity generation strategy. With the created model, it is aimed to determine the electrical energy that needs to be produced daily by using the previous day's production amount, temperature and season data. The electricity generation data used is provided by Energy Markets Operations Inc. It is the daily total production data of Turkey taken from the Transparency Platform. 144 data randomly selected from 2020 and 2021 were used. Temperature data were taken from the website of the General Directorate of Meteorology, Temperature Analysis. By examining the temperature analyzes for 2020 and 2021, the

average, lowest and highest temperature data for each month were compiled. The obtained data were tested in the Fuzzy Logic model created. The accuracy rates of the prediction data obtained using fuzzy logic were found in the range of 95%-97%. When the accuracy rates were compared with the accuracy rates obtained in the Multiple Linear Regression model, an average improvement of 1.58% was observed. Accuracy rates showed that Fuzzy Logic model gave better results than Multiple Linear Regression. In the Fuzzy Logic model, the accuracy rates were examined by making a weekday-weekend distinction and a seasonal distinction. It has been determined that the model works with the highest accuracy in the autumn season and on weekend days.

As a result of the evaluations, it has been concluded that the model created using the Fuzzy Logic method can be used in electricity generation strategy due to its high accuracy rates, and that power generation plants can evaluate the model for use in their own structures.

**Key Word** : Energy, electrical energy, fuzzy logic, multiple linear regression, generation strategy

**Science Code** : 90601



## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın yürütölmesinde ve oluşumunda desteğini esirgemeyen, fikirleriyle her zaman yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ'ye teşekkür ederim.

Sadece Yüksek Lisans aşamasında değil, hayatım boyunca maddi-manevi yanımda olan aileme ve bu süreçte desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 .....	4
LİTERATÜR TARAMASI.....	4
BÖLÜM 3 .....	11
ELEKTRİK ENERJİSİ.....	11
BÖLÜM 4 .....	15
YÖNTEM.....	15
4.1. BULANIK MANTIK.....	15
4.1.1. Bulanık Mantık Kavramının Gelişimi.....	16
4.1.2. Bulanık Mantık Aşamaları .....	17
4.2. ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON .....	24
BÖLÜM 5 .....	26
UYGULAMA.....	26

## Sayfa

5.1. BULANIK MANTIK YÖNTEMİ UYGULAMA.....	26
5.2. ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON YÖNTEMİ UYGULAMA .....	37
5.3. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ANALİZİ .....	42
BÖLÜM 6 .....	46
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME .....	46
KAYNAKLAR .....	48
EK AÇIKLAMALAR A. ....	54
EK AÇIKLAMALAR B. ....	59
EK AÇIKLAMALAR C. ....	64
EK AÇIKLAMALAR D. ....	69
ÖZGEÇMİŞ .....	78

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Elektrik üretim oranları.....	1
Şekil 3.1. Türkiye'nin 21 yıllık elektrik toplam kurulu gücü. ....	13
Şekil 3.2. Türkiye 2021 yılı elektrik toplam kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı. ....	13
Şekil 4.1. Bulanık mantık aşamaları. ....	18
Şekil 4.2. Üçgen üyelik fonksiyonu. ....	19
Şekil 4.3. Yamuk üyelik fonksiyonu.....	20
Şekil 4.4. Gauss üyelik fonksiyonu.....	20
Şekil 4.5. Mamdani bulanık çıkarım süreci [56]......	22
Şekil 4.6. Sugeno bulanık çıkarım süreci [56]. ....	23
Şekil 5.1. Üretim miktarı modeli.....	27
Şekil 5.2. Bir önceki gün üretim miktarı üyelik fonksiyonu.....	28
Şekil 5.3. Mevsim üyelik fonksiyonu. ....	29
Şekil 5.4. Sıcaklık üyelik fonksiyonu. ....	29
Şekil 5.5. Üretim miktarı üyelik fonksiyonu.....	30
Şekil 5.6. MATLAB programında kural girişi ekran görüntüsü.....	31
Şekil 5.7. MATLAB programında kuralları gösteren ekran. ....	32
Şekil 5.8. Sıcaklık, mevsim girdilerinin üretim miktarına etkisi. ....	33
Şekil 5.9. Bir önceki gün üretim miktarı, mevsim girdilerinin üretim miktarına etkisi. ....	33
Şekil 5.10. Bir önceki gün üretim miktarı, sıcaklık girdilerinin üretim miktarına etkisi. ....	34
Şekil 5.11. Ortalama sıcaklık verileri ile tahmin.....	34
Şekil 5.12. En düşük sıcaklık verileri ile tahmin. ....	35
Şekil 5.13. En yüksek sıcaklık verileri ile tahmin.....	35
Şekil 5.14. Ortalama sıcaklık verileri ile çoklu doğrusal regresyon analizi (Minitab). ....	38
Şekil 5.15. En düşük sıcaklık verileri ile çoklu doğrusal regresyon analizi (Minitab). ....	39

## Sayfa

Şekil 5.16. En yüksek sıcaklık verileri ile çoklu doğrusal regresyon analizi (Minitab). .....	40
Şekil 5.17. Ortalama sıcaklık için çoklu doğrusal regresyon tahminleri. ....	41
Şekil 5.18. En düşük sıcaklık için çoklu doğrusal regresyon tahminleri. ....	41
Şekil 5.19. En yüksek sıcaklık için çoklu doğrusal regresyon tahminleri. ....	41

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 5.1. Üyelik fonksiyonları aralık değerleri. ....	30
Çizelge 5.2. Bulanık mantık yöntemi analiz sonuçları. ....	37
Çizelge 5.3. Çoklu doğrusal regresyon yöntemi analiz sonuçları. ....	42
Çizelge 5.4. Bulanık mantık-çoklu doğrusal regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması. ....	42
Çizelge 5.5. Bulanık mantık yöntemi günlere göre analiz. ....	43
Çizelge 5.6. Bulanık mantık yöntemi mevsimlere göre analiz. ....	44

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$\mu$	: Üyelik Derecesi
$x_t$	: Merkez Noktası
$\sigma$	: Genişlik
$A_i$	: Gerçek Değer
$P_i$	: Tahmin Değeri
$n$	: Veri Seti Büyüklüğü
$i$	: Ayrık Veri İndeksi

## KISALTMALAR

EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EPIAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
BUEMS	: Boğaziçi Üniversitesi Enerji Modellemesi Sistemi
RMSE	: Hata Kareler Ortalamasının Karekökü
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MAPD	: Ortalama Mutlak Yüzdeler Sapma
MATLAB	: Matrix Laboratory
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ANFIS	: Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi
GA	: Genetik Algoritma
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
BNN	: Torbalanmış Sinir Ağları
AI	: Yapay Zeka
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar verme
STLF	: Kısa Vadeli Yük Tahmini
GNN	: Genelleştirilmiş Sinir Ağı
TOU	: Ev Aletleri Kullanım Süresi
LIFE	: Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering
IBM	: International Business Machines Türk Limited Şirketi
SGS	: Supervise Gözetme Etüd Kontrol Servisleri Anonim Şirketi
MR	: Çoklu Regresyon
MLR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
ANOVA	: Varyans Analizi
MW	: MegaWatt
FDMT	: Bulanık Karar Verme Ağacı
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
FPI	: Bulanık Tercih Edilebilirlik İndeksi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
HES	: Hidroelektrik Santraller

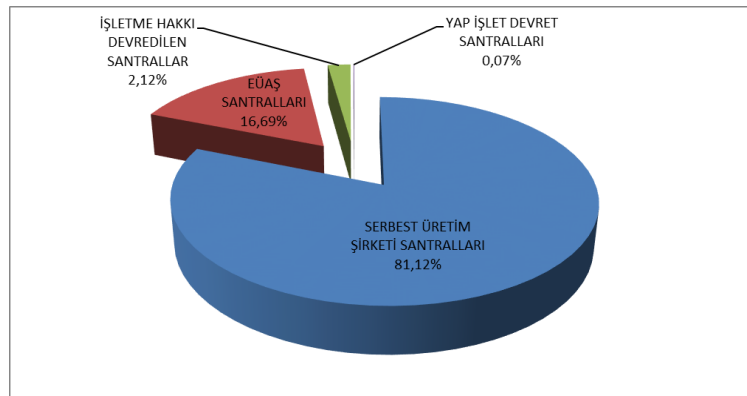


## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Günlük yaşamımızın vazgeçilmezi olan elektrik enerjisi; ulaşım, tıp, tarım, iletişim, sanayi gibi her alanda kullanılan bir enerji türüdür. Elektrik enerjisi doğal kaynaklardan elde edilmekte olup, kaynakların sınırlılığında dolayı kullanımında hassasiyet gösterilmesi gereken bir enerji türüdür.

Hayatımızda doldurulamaz bir yeri olan bu enerjinin, üretim planlaması da büyük ölçüde önem arz etmektedir. Elektrik üretimini gerçekleştiren serbest üretim şirketleri, EÜAŞ, işletme hakkı devredilen kuruluşlar ve yap-işlet-devret kuruluşları da talepleri karşılayabilmek için üretim stratejilerini doğru modeller kullanarak belirlemelidirler. Bu üretimi gerçekleştiren kuruluşların 2021 yılı itibarıyla ürettikleri elektrik oranları Şekil 1.1.'de gösterilmektedir. Doğru üretim tahminleri, talebin karşılanıp karşılanamayacağı, talep karşılanmazsa nasıl yol izleneceği, kurulu gücün ne kadar yeterli olacağı, santral yatırımı yapılıp yapılmaması kararı gibi önemli adımlara yol gösterici olacaktır.



Şekil 1.1. Elektrik üretim oranları.

Bu çalışmada elektrik üretim stratejisinin belirlenebilmesi için, bulanık mantık yöntemiyle bir model oluşturulmuştur ve oluşturulan model ile bir önceki gün üretim

miktarı, sıcaklık ve mevsim verileri kullanılarak günlük üretilmesi gereken elektrik enerjisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Üretim miktarının yüksek doğrulukta tahmin edilmesi üretim planlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Doğru tahminler sayesinde hem üretici firmalar gerektiği kadar elektrik üretecek ve fazla üretimin en verimli şekilde değerlendirilmesini planlayabilecek hem de devlet yatırım planlamalarında elektrik üretimine gerekli payı ayırabilecektir.

Çalışmada, EPIAŞ'ın Şeffaflık Platformu'ndan doğalgaz, barajlı, linyit, akarsu, ithal kömür, rüzgar, güneş, akaryakıt, asfaltit kömür, taş kömür, biyokütle, nafta, sıvılaştırılmış doğal gaz, uluslararası ve atık ısıdan elde edilen Türkiye toplam elektrik üretim miktarı kullanılmıştır. 2020 ve 2021 yılları için saat bazında olan veriler, günlük toplam elektrik üretim miktarı olarak derlenmiştir. Sıcaklık verileri MGM'nin Sıcaklık Analizleri sitesinden 2020 ve 2021 yıllarında her ay için ortalama, en düşük ve en yüksek değerler alınarak derlenmiştir.

Elektrik enerjisiyle ilgili daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, konuları elektrik enerjisi üretimi ve elektrik enerjisi üretim planlamaları olanlar üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan araştırmalarda, genellikle elektrik enerjisi talep tahmini, yük tahmini üzerine yoğunlaşıldığı ve belirli cihaz ya da mekanların elektrik enerjisi verimi üzerine durulduğu gözlemlenmiştir. Elektrik talep tahmini ve yük tahmini üzerine çalışmalarda bulanık mantık yöntemine rastlanmıştır. Hatta sonuçlar, özellikle Najmi ve Dalimi'nin çalışmasında da görüldüğü gibi doğruluk oranlarının diğer yöntemlere göre daha yüksek sonuçlar verdiğini göstermiştir. Üretim stratejisi belirleme üzerine bir çalışmada bulanık mantığa rastlanmaması ve doğruluk oranlarının bulanık mantık yönteminde yüksek sonuçlar vermesi nedeniyle problemimizin çözümünde Bulanık Mantık yöntemi tercih edilmiştir.

Bulanık Mantık yöntemiyle, literatürde en çok kullanılan parametrelerden tercih edilerek 3 girdi ve 1 çıktı parametresi olan bir model oluşturulmuştur. EPIAŞ ve MGM'den alınan verilerle test edilen modelin sonuçları Çoklu Doğrusal Regresyon yönteminin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Ortalama Sıcaklık verileri için Çoklu Doğrusal Regresyon için doğruluk oranı %94,62 iken Bulanık Mantık için %96,32 olarak elde edilmiştir. Bulanık Mantık ile doğruluk oranında %1,7 artış gözlenmiştir. RMSE değerinde ise 11463,74'lük azalma görülmüştür. En Düşük Sıcaklık verileri için Çoklu Doğrusal Regresyon için doğruluk oranı %94,34 iken Bulanık Mantık için %95,52 olarak elde edilmiştir. Bulanık Mantık ile doğruluk oranında %1,18 artış gözlenmiştir. RMSE değerinde de 2088,57'lik azalma görülmüştür. En Yüksek Sıcaklık verileri için Çoklu Doğrusal Regresyon için doğruluk oranı %94,63 iken Bulanık Mantık için %96,78 olarak elde edilmiştir. Bulanık Mantık ile doğruluk oranında %2,15 artış gözlenmiştir. RMSE değerinde de 14274,12'lik azalma görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde her sıcaklık verisi için Bulanık Mantık yöntemi doğruluk oranı yüksek performansa sahip olmuş, en iyi sonuçlar en yüksek sıcaklık verileri ile test edilen bulanık mantık yönteminde elde edilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde literatür taramasına, üçüncü bölümünde problem konusu olan elektrik enerjisine, dördüncü bölümünde yöntem olarak kullanılan bulanık mantık ve çoklu doğrusal regresyona, beşinci bölümünde uygulamaya ve son bölümünde sonuçlar ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümünde, elektrik enerjisiyle ilgili daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmalarda konuları, elektrik enerjisi üretimi ve elektrik enerjisi üretim planlamaları olanlar üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan araştırmalarda, genellikle elektrik enerjisi talep tahmini, yük tahmini üzerine yoğunlaşıldığı ve belirli cihaz ya da mekanların elektrik enerjisi verimi üzerine durulduğu gözlemlenmiştir. Elektrik talep tahmini ve yük tahmini üzerine çalışmalarda bulanık mantık yöntemine rastlanmıştır ancak üretim stratejisi belirleme üzerine bir modelde bulanık mantığa rastlanmamıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda en iyi sonuçların parçacık sürü optimizasyonu, ANFİS, yapay sinir ağları, bulanık mantık yöntemlerinde elde edildiği gözlenmiştir. İncelenen çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Kazemzadeh vd., yük tahmini, güç sistemi genişletme planlamasını ele almıştır. Yıllık pik yük ve enerji talebi verilerinde veri madenciliği tekniğine ve zaman serisine dayalı hibrit uzun vadeli tahmin yöntemi önerilmiştir. İlk olarak, bir tahmin algoritması geliştirilmiş ve optimizasyon yapılmıştır. İkinci olarak, tahmin hatasını en aza indirmek için, uzun vadeli yıllık elektrik pik yükü ve toplam elektrik enerjisi talebi için bir hibrit tahmin yöntemi sunulmuştur. Önerilen hibrit tahmin yöntemi, İran Ulusal Elektrik Enerji Sisteminin yıllık en yüksek yükünü ve toplam enerji talebini tahmin etmek için kullanılmıştır [1].

Williams vd., elektriğin tüketilme oranını tahmin etmek için basit ama etkili olduğu iddia edilen bir toplu model formüle etmişlerdir. Sunulan metodoloji, daha geniş birleşik gelecekteki enerji tüketimi oranı hakkında bilgi gerektiren yetersiz gerçek zamanlı enerji verilerine sahip bölgesel bir elektrik şebekesi operatörünün potansiyel benimsemesine odaklanmakta ve enerji talebinin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuçlar orta vadeli tahminler için oldukça umut verici görünmektedir [2].

Goodarz vd., yenilenebilir enerji çıktıları için tahminlerin kalitesini ve piyasada kullanılabilirliğini iyileştirmek için sistem operatörlerini teşvik etme politikasının yararlı olup olmayacağına ilişkin genel değerlendirmeye katkıda bulunmayı amaçlamıştır. Alman elektrik piyasasından alınan verileri kullanarak, rüzgar ve güneş enerjisi tahmin hatalarının dengesizlik hacimleri ve sonraki spot elektrik fiyatları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Sonuçlar, Almanya'daki rüzgar tahmincilerinin spot fiyatları güneş tahmin hatalarından daha fazla etkilediğini göstermektedir [3].

Memiş çalışmasında, Türkiye elektrik piyasasının serbestleşme sürecine geçişinde katkıda bulunmak için gün öncesi elektrik piyasası ve yan hizmetler birleştirilerek yeni bir piyasa mekanizması oluşturmuştur. Farklı amaç fonksiyonlarına sahip bu iki ayrı piyasa, birbirinden farklı optimizasyon modellerinden oluşturulmuştur. Modellerin amacı; iki farklı piyasayı risk yönetimi, verimlilik, bütünlük ve rekabet açısından tek bir optimizasyon algoritmasıyla bir araya getirmektir. Oluşan model, karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama modelidir. Aynı zamanda bu model, rezerv fiyatlarını ve enerji fiyatlarını belirleyip; enerji ve rezervlere yönelik kabul görmüş teklifleri ve bunların miktarlarını bulur [4].

Işık, bu çalışmada enerji üretimi, iletimi ve tüketimi kararlarının önemi üzerinde durmuş ve ülkemiz enerji sektörünü gerçekçi olarak temsil edecek mekanizma ve ilişkileri içeren bir model sunmuştur. Boğaziçi Üniversitesi Enerji Modellemesi Sistemi (BUEMS) modeli kurulmuş ve Türk ulusal enerji sektörü verilerine göre Entegre MARKAL-EFOM Sistemi (TIMES) modelleme sistemi ile elde edilen senaryolar ile elde edilen sonuçlar doğrulanmıştır. 2052 yılında kadar Türk enerji sisteminin nasıl davrandığını gösteren analitik sonuçlar sağlayacak, geniş ölçekte senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir [5].

Oliveira vd., daha doğru talep tahminleri elde etmek için elektrik enerjisi sektörüne kombine Bootstrapaggregating (Toralama) ve tahmin yöntemlerinin uygulama alanlarını genişletmektedir. Farklı ülkelerden aylık elektrik enerjisi tüketimi zaman serileri kullanılarak karşılaştırmalı bir numune dışı analiz yapılır. Sonuçlar, önerilen metodolojilerin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde enerji son kullanım

hizmetlerine yönelik talebin tahmin doğruluğunu önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir [6].

Gök, bu çalışmada, enerji ve enerji kaynakları anlatılarak elektrik enerjisinin enerji üretimi içerisindeki yeri ve hayatımızdaki vazgeçilmez seviyedeki öneminden bahsetmiştir. Türkiye'nin elektrik tüketimi yıllık, aylık, günlük ve saatlik olarak incelenerek değerlendirilmesi yapılmıştır. Elektrik tüketiminin değerlendirilmesi, Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak yapılmıştır. Yapılan değerlendirmelerde, elektrik tüketiminin yılın farklı dönemleri için fonksiyonel önemi belirlenmiştir [7].

Li vd., çalışmalarında, bir bina portföyünün ertesi gün toplam elektrik kullanımını ve en yüksek elektrik talebini tahmin etmek için küme analizi, Kübist regresyon modelleri ve Parçacık Sürü Optimizasyonu kullanan yeni bir strateji sunmuşlardır. Çalışmada 40 üniversite binasının elektrik kullanım verileri kullanılmış ve sonuçlar, ölçülen ve tahmin edilen günlük toplam elektrik kullanım arasındaki farkın, kök-ortalama-kare hatanın (RMSE) değişim katsayısı açısından% 4,7 ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) cinsinden% 3,3 olduğunu göstermiştir [15].

Runge vd., çalışmalarında, kurumsal bir binada kurulu tedarik fanlarını hedefleyen çok aşamalı kısa vadeli tahmin modellerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını sunmuşlardır. Gelecekteki elektrik talep tahmini için yapay bir sinir ağı (YSA) (kara kutu yaklaşımı) oluşturulmuştur. YSA modellerinin sonuçları, diğer makine öğrenimi teknikleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak en iyi tahmin, oluşturulan modelle elde edilmiştir [16].

Çevik ve Çunkaş çalışmalarında, kısa vadeli yük tahmini için bulanık mantık kullanılarak geliştirilen modeller ve nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) kullanmışlardır. Geçmiş veriler analizi sonrasında yük, sıcaklık farkı ve mevsim faktörleri girdiler olarak seçilir. Modellerin ortalama mutlak yüzde hataları tahmin doğruluğu açısından bulanık mantık ve ANFIS modelleri için sırasıyla 2.1 ve 1.85 olarak elde edilmiştir. Sonuçlara göre önerilen bulanık mantık ve ANFIS modellerin

Türkiye’de kısa vadeli yük tahmini için verimli ve alternatif modeller olduğu belirtilmiştir [29].

Baliyan vd., çalışmalarında, son yıllarda elektrik kısa vadeli yük tahmini konusunun en önemli araştırma alanlarından biri olduğunu savunarak, güç sisteminin verimli ve güvenilir çalışması için çizelgeleme, beklenmedik durum analizi, yük akışı analizi, güç sisteminin planlanması ve bakımı üzerinde durmuşlardır. Alanda yapay sinir ağının farklı varyantları üzerine yakın zamanda yayınlanmış kısa vadeli yük tahmini araştırma çalışmaları üzerinde durmuşlardır. Özellikle yapay sinir ağlarının birleşimi olan hibrit ağlar, genetik algoritma (GA), parçacık sürü optimizasyonu (PSO) vb. stokastik öğrenme tekniklerinin kısa vadeli yük tahmini başarıyla uygulanmış olup olmadığı tartışılmıştır [30].

Khawaja vd., çalışmalarında, torbalanmış sinir ağları (BNN) kullanılarak geliştirilmiş kısa vadeli yük tahmini sunmayı hedeflemişlerdir. BNN'ler, rastgele örnekleme yoluyla birden çok veri kümesi oluşturma, her bir veri kümesinde yapay sinir ağı eğitime ve eğitilen her bir veri kümesinden elde edilen sonuçların ortalamasını alma işlemlerinden oluşan sinir ağıdır. Torbalama işlemi sayesinde, yük tahmini hataları ve hataların varyasyonları tek bir sinir ağı kullanmaya kıyasla azaltılmıştır. Gerçek veriler içeren örneklerle, BNN'lerin kullanılmasının, mevcut çeşitli tekniklere kıyasla yük tahmin hatalarını azaltabileceğini göstererek, önerdikleri tekniklerin etkinliğini sunmaktadırlar [31].

Raza vd., çalışmalarında, elektrik yük tahmini için verimli enerji yönetimi, akıllı şebeke, ve güç sistemi planlaması gibi yeni nesil güç sistemi kavramı üzerinde durmuşlardır. Yapay Zeka (AI) tabanlı teknikleri karmaşık girdi ve çıktı ilişkilerini ele alma yeteneği sayesinde, çeşitli uygulamalarda dünya çapında geliştirilmekte olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmalarında Yapay Zeka tabanlı kısa vadeli yük tahmini tekniklerinin performanslarını görüntülemiş, tanımlamış, değerlendirmiş ve analiz etmişlerdir [32].

Pirbazari vd. çalışmalarında, konut binalarının günlük maksimum ve saatlik enerji tüketimini tahmin etmek için dört makine öğrenimi yöntemi kullanmışlardır. Kullanılan modeller sadece binaların geçmiş enerji tüketimine bağlıdır ve daha önce eğitim almamış profiller üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmaları, bilgilere erişimin sınırlı olduğu veya hesaplama prosedürlerinin maliyetli olduğu durumlarda, hava durumu ve bina verileri gibi dış bilgilerden yoksun veriye dayalı modellerin geliştirilmesi yönüyle büyük önem taşımaktadır. Ayrıca modellerin ayrılmış konut profilleri üzerindeki performans değerlendirmesi, görünmeyen tüketim profilleri için genelleme kabiliyetini belirlemektedir. Birleşik Krallık'taki birçok evin akıllı sayaç verileri üzerinde yapılan deneyler, modellerin yeterli geçmiş verilerle beslenmesi durumunda tatmin edici bir düzeye genelleştirilebileceğini ve tahmin değişkenleri olarak yalnızca geçmiş tüketim değerlerini kullansalar bile oldukça doğru sonuçlar üretebileceğini göstermiştir. Ayrıca, uygulanan dört model arasında, derin öğrenme ve topluluk tekniklerine dayalı olanlar, günlük pik yük tüketimini tahmin etmede diğerlerinden daha iyi performans göstermiştir [39].

Hassan vd. çalışmalarında, Bulanık mantık sisteminin optimize edilmiş bir tasarımı üzerinde durmuşlardır. Tek bir parametre için birden fazla uygun değer olabileceği için parametre sayısındaki artışla birlikte bir sistemin karmaşıklığının da artacağını göz önünde bulundurmuşlardır. Oluşturdukları optimize bulanık mantık sisteminde daha fazla parameter mevcuttur. En iyi konfigürasyonunu öğrenmek için aşırı öğrenmeli makine tabanlı aralıklı tip 2 bulanık mantık sistemi için optimal parametreler önermektedirler. Simülasyon sonuçları, önerilen kıyaslama veri setleri ile diğer modellere göre daha iyi performansını doğrulamıştır [40].

Hernandez vd. çalışmalarında, kendi kendini organize eden bir harita tarafından örüntü tanıma ile başlayan üç aşamalı bir mimariye dayanan, mikro şebekelerde kısa vadeli yük tahmini (STLF) için bir çözüm sunmayı amaçlamışlardır. Oluşturulan algoritma ile çok katmanlı bir algılayıcı ile her küme için talep tahmini yapılmıştır. Model doğrulaması, İspanyol şirketi Iberdrola tarafından sağlanan mikro şebeke boyutundaki bir ortamdan alınan verilerle gerçekleştirilmiştir [41].



Chaturvedi vd. çalışmalarında, elektrik yükü tahmini için Yapay Sinir Ağlarının (YSA) uygulanmasını önermişlerdir. YSA'ların, YSA'nın yapısına karar vermede zorluk, nöron tipi seçimi, uzun eğitim süresi, yerel minimumlara bağlı kalma vb. gibi bazı doğal dezavantajları ve sınırlamaları olduğunu açıklamışlar ve bunları Genelleştirilmiş Sinir Ağı (GNN) ile çözümlenmeyi amaçlamışlardır. Dalgacık dönüşümü, uyarlamalı genetik algoritma ve bulanık sistemi GNN ile entegre eden bir algoritma açıklamışlar ve kısa vadeli hafta içi elektrik yükü tahmin problemine uygulamışlardır [42].

Yükseltan vd. çalışmalarında, elektrik talebindeki değişimlerin harmoniklerini ve günlük periyodik değişimlerin mevsimsel değişimlerle modülasyonunu hesaba katan doğrusal bir model kullanılarak, yıllık, haftalık ve günlük ufuklarda saatlik bir talep tahmin yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, 2012-2014 dönemi verileri üzerinde Türkiye elektrik piyasasına uygulanmakta ve Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) normunda günlük ve haftalık dönemler boyunca talebi %3 hata payı içinde tahmin etmektedir [43].

Najmi ve Dalimi çalışmalarında, Bangka Belitung Eyaletindeki elektrik enerjisi ihtiyaçlarının projeksiyonunu tartışmışlardır. Öngörü için tahmin yöntemi olarak bulanık mantık yöntemi seçilmiştir. 2007'den 2018'e kadar çeşitli zaman dilimlerinde biriken geçmiş veya gerçek veriler kullanılarak Bulanık Mantık yöntemi ile projeksiyon değeri elde edilmiştir. Hesaplama ve analiz sonuçlarına göre 2033 yılına kadar elektrik enerjisi ihtiyacı 1060.0219 Gigawatt saat artacaktır. 2018 yılında bulanık mantıkla tahmin sonuçları ile gerçekleşen veriler arasındaki hata değeri yüzde 0,169 olarak bulunmuştur [44].

Busisiwe vd. çalışmalarında, Güney Afrika'da ev aletlerini kullanım süresi (TOU) tarifelerine göre programlayarak konut elektrik tüketimini optimize etmeyi hedeflemişlerdir. Bu optimize işlemi bulanık mantık elektrik enerjisi denetleyicisi aracılığıyla yapılmıştır. Optimizasyon, saat başına değişen yük tüketimiyle sağlanmış olup, bulanık kurallar, kullanım süresi tarifesi, kalan günlük limit ve yük tüketimi dikkate alınarak akıllı kararlar verecek şekilde tasarlanmıştır. Tercih edilen gün sayısı

tüketici tarafından belirlenmiş ve sistem, akıllı sayaçta mevcut elektrik miktarını dikkate alarak günlük limiti hesaplamıştır. Bulgular, bulanık mantığın ev aletlerini kullanım süresi (TOU) tarifelerine göre programlayarak konut elektrik tüketimini optimize ettiğini göstermiştir [45].

Rezk vd. çalışmalarında, katalizör olarak kömür taban külü kullanılarak hurma çekirdeği kabuğunun buharla gazlaştırılmasından metan üretiminin optimize edilmesiyle ilgilenmişlerdir. Deneysel veri kümesine dayalı olarak, bulanık mantık ANFIS yapısı ile temsil edilen teknik, biyokütle gazlaştırma yoluyla metan üretimini simüle etmek için sağlam bir model oluşturmak için kullanılmıştır. Önerilen strateji, literatürde bildirilen ANOVA metodolojisinden daha iyi bir sonuç vermiştir. Ayrıca, önerilen stratejinin çıktısı, hem deneysel olarak elde edilen sonuçları hem de ANOVA yöntemlerini sırasıyla %20.26 ve %29.69 oranında aşmıştır [26].

Tang vd. çalışmalarında, Çin'in kişi başına elektrik tüketimini ve bunun 2010-2030 dönemindeki değişim aralığını tahmin etmek için yeni bir uzun vadeli olasılık tahmin modeli önermişlerdir. Bulanık ilişki matrisi, ön tahmin ve bulanık Bayes formülü olmak üzere üç bileşen içeren model, uzun vadeli belirsizlikle başa çıkmak için, uzmanın deneyiminin avantajlarını olasılık perspektifinden diğer zamana dayalı yöntemlerle birleştirmek için önceki tahmin uygulanarak çalışır. Etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için bu yöntemin sonucu diğer 6 yaklaşım ve 4 kurumun sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Vaka çalışması, önerilen metodolojinin daha yüksek doğruluk ve uyarlanabilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. [28].

Sulandari vd. çalışmalarında, Endonezya elektrik yükü talebini tahmin etmek için çeşitli yöntemler sunar ve yöntemlerin performansını karşılaştırır. Linear Recurrent Formula dikkate alınarak zaman serisi verilerini modellemeyi ve ardından düzensiz bileşeni bulanık sistemler ve sinir ağları ile modellemeyi önermişlerdir. Önerilen yöntemlerin etkinliğini doğrulamak için bu çalışmada dört Endonezya elektrik yükü veri seti dikkate alınmıştır. Sonuçlar, önerilen yöntemlerin, RMSE'yi %83'e kadar azaltabileceğini göstermektedir [57].

## BÖLÜM 3

### ELEKTRİK ENERJİSİ

Enerji, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır ve çeşitli işlemlerle dönüştürülebilir ve çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Petrol, doğalgaz, kömür, odun, güneş vb. birincil enerji kaynakları, başka bir enerji türüne dönüştürülmeden doğrudan kullanılabilir. Elektrik ve akaryakıt tipik örnekleri olan ikincil enerji kaynakları, birincil enerji kaynaklarından dönüştürülen ve dönüşüm süreci nedeniyle kayıplara uğrayan daha pahalı olan enerji türleridir. Özellikle sanayi devrimi ile birlikte enerji ihtiyacının karşılanması ülkelerin en önemli kaygılarından biri olmuştur. 1970'li yıllardan başlayarak, özellikle enerji krizinin zorladığı insanoğlu, üretimin başlamasından bu yana yenilenebilir enerjiye yönelmiştir [46].

Sanayinin ana girdisi olan elektrik enerjisi; ülkelerin gelişmesi, kalkınması ve sanayileşme ile son derece önem taşımaktadır. Elektrik üretiminde, birincil enerji kaynakları olarak fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının neredeyse hepsi kullanılabilir. Petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların yanı sıra rüzgar, hidrolik kaynaklar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmaktadır.

Elektrik; ulaşımda, üretim sisteminin düzenlenmesinde, sanayinin işleminde ve insan ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli görevler üstlenmiştir. Mekanikleşen üretim süreçleri, tüm sektörlerde daha etkin ve verimli bir şekilde elektrik sayesinde kullanılır olmuştur.

Elektrik kullanımıyla birlikte yeni tekniklerin gelişmesi mümkün olmuş, odun, metal, cam, kâğıt ve kimyasal maddeler gibi katma değeri yükselten hammaddeler yarı mamul ya da mamul mallara dönüştürülebilmektedir. Gelişmişlik ve ekonomik kalkınmanın simgesi haline gelen elektrik, birçok alanda diğer enerji kaynaklarının

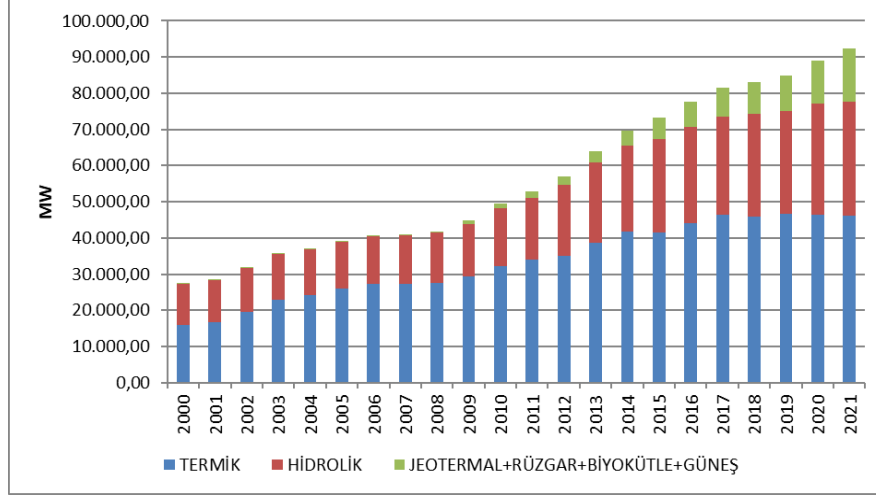
yerine kullanılmaya başlanmış ve hayatımızın her alanına yayılmıştır. Bulunduğundan beri sosyal, ekonomik ve endüstriyel hayatın vazgeçilmezi olan elektrik enerjisi başta aydınlatma daha sonra makineleşme, ulaşım ve ısınma olmak üzere hayatımızda büyük öneme sahip olmuştur [7].

Dünya’da enerji gelişimi incelendiğinde; enerji kullanımı için buhar, motor ve elektrik enerjisi teknolojik dönüşümü gerçekleştirmiştir. Buhar makinesinin keşfi ile 18. yüzyıl, enerji kullanımı için ilk dönüm noktası olmuştur. Sanayileşme yolunda atılan bu önemli adımla, enerji kaynağı olarak kullanılan su, odun, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmıştır. Son dönemlerde gündemde olan yenilenebilir enerji kaynakları, tarihte kullanılan ilk enerji kaynakları olduğu da söylenmektedir. Kömürün yaygınlaşmasına kadar olan süreçte, odun birinci enerji kaynağı haline gelmiştir [33].

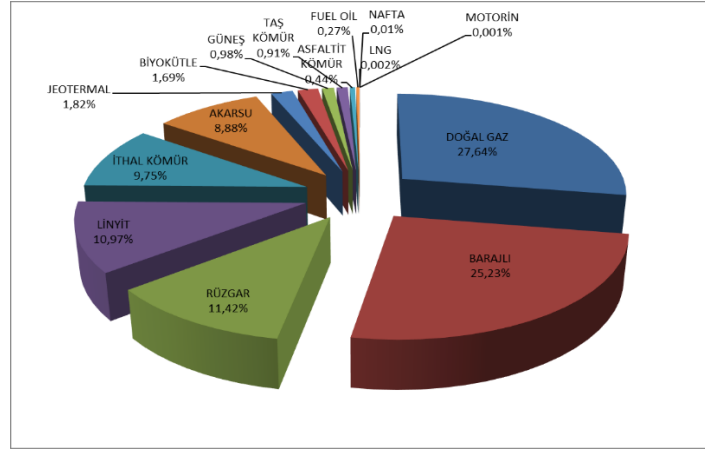
Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, elektrik de dahil olmak üzere enerji talebinde hızlı bir yıllık büyüme yaşamaktadır. Ancak Türkiye, sınırlı bir iç rezervle artan talebi karşılamak için ithal fosil yakıtlara büyük ölçüde bağımlıdır. Bu nedenle Türkiye'nin mevcut enerji politikası ithal edilen fosil yakıt miktarını azaltmak üzerine kuruludur. Güneş ve rüzgar enerjileri, şu anda kullanılan fosil yakıt miktarını azaltmada önemli rol oynayacak iki ana aday olarak bilinmektedir.

Son 21 yılda Türkiye'nin elektrik toplam kurulu güç, brüt üretim ve net tüketim açısından değişimi Şekil 3.1.'de gösterilmekte olup; 2021 yılında Türkiye'nin Toplam Kurulu Gücünün kaynaklara göre dağılımı Şekil 3.2.'de gösterilmektedir.

Türkiye’de elektrik toplam kurulu gücü 2000 yılından 2021 yılına kadar neredeyse 2,5 kat artış göstermiştir. 2010 yılına kadar kurulu güç hidrolik ve termi kaynaklardan oluşurken, 2010 yılı itibariyle bu kurulu güce, jeotermal, biyokütle, güneş ve rüzgar da eklenmiştir.



Şekil 3.1. Türkiye'nin 21 yıllık elektrik toplam kurulu gücü.



Şekil 3.2. Türkiye 2021 yılı elektrik toplam kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 3.1. ve Şekil 3.2. incelendiğinde toplam kurulu gücün sürekli olarak artış gösterdiği görülmektedir. Bundan sonra da nüfus artışı, ilerleyen teknoloji gibi sebeplerle kurulu gücün, brüt üretim ve net tüketimin sürekli artış göstermesi beklenmektedir.

Birçok ülke toplam enerji ihtiyacının büyük bir kısmını oluşturan elektrik enerjisini elde etmek için çeşitli kaynaklara yönelmekte ve doğal olarak elektrik enerjisi elde etmek için ilk tercihi kendi kaynakları olmaktadır. Birçok ülkenin enerji politikaları öncelikle bu kaynakların kullanımına odaklanmaktadır. Bu bağlamda elektrik kullanımının yaygınlaştığı Türkiye'de elektrik üretimi için en çok taşkömürü ve linyit kullanılmıştır. 1950'lere kadar elektrik, kurulu güçteki payları sırasıyla %96,6 ve %4,4

olan çoğunlukla konvansiyonel termik ve küçük bir miktar hidroelektrik ile üretilmiştir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji, HES'ler tarafından elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmıştır ve YEK'e yönelik eğilim özellikle son 15 yılda artarak devam etmiştir [52].

Son 15 yılda YEK'ten elektrik üretimi yıllık ortalama %8,2 büyüme oranına sahiptir. Bu oranlar hidro, jeotermal, rüzgar, güneş ve biyokütlede sırasıyla %4.6, 41.0, 32.5, 192,7 ve %29,2'dir. Yenilenebilir kurulu gücün yıllık ortalama büyüme oranı %9,3 iken, üretimde bu oran %8,2'dir. Bu iki değer birbirine yakın olmasına rağmen üretim tarafında sürekli bir artış olmadığı gözlemlenmektedir.

## BÖLÜM 4

### YÖNTEM

Bu bölümde uygulamada kullanılacak olan Bulanık Mantık yöntemi ve daha sonra sonuçlarının karşılaştırılacağı Çoklu Doğrusal Regresyon anlatılacaktır.

#### 4.1. BULANIK MANTIK

Bu bölümde uygulamada kullanılacak olan Bulanık Mantık yöntemi ve daha sonra sonuçlarının karşılaştırılacağı Çoklu Doğrusal Regresyon anlatılacaktır.

Teknolojinin gelişmesi ve insanoğlunun mükemmelliği arayışı ile daha hassas sistemlerin kurulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Özellikle yapay yollarla doğanın taklit edilmesi ile Yapay Zeka ve Yapay Sinir Ağları ile birlikte Bulanık Mantık kavramı da ortaya çıkmaya başlamıştır.

Genellikle, günlük yaşantıda rastlanan obje sınıfları kesin olarak tanımlanmış olup, fiziksel üyelik derecelerine sahip değildirler. Örnek olarak, hayvanlar sınıfında net olarak köpeklerin, atların, kedilerin vb. türler bulunur ve bu türler kesin bir şekilde hayvanlar sınıfının üyeleri olarak kabul edilir. Fakat bakteri, denizyıldızı gibi nesnelerin hayvan sınıfına göre kesin olmayan bir derecesi vardır [38]. Belirtilen bu kavram, bir bulanık kümeyi yani sürekli üyelik dereceleri olan bir "sınıf" kavramını ifade etmektedir. Bulanık küme kavramı, sıradan kümeler durumunda kullanılan çerçeveye birçok açıdan paralellik gösteren, ancak ikincisinden daha genel olan bir kavramsal çerçevesinin inşası için uygun bir hareket noktası sağlar. Potansiyel olarak, özellikle örüntü sınıflandırma ve bilgi işleme alanlarında çok daha geniş bir uygulanabilirlik kapsamına sahip olduğu kanıtlanabilir. Böyle bir çerçeve, belirsizliğin kaynağının rastgele değişkenlerin varlığından ziyade keskin bir şekilde tanımlanmış

sınıf üyeliği kriterlerinin yokluğu olduğu problemlerle başa çıkmanın doğal bir yolunu sağlar.

Günlük yaşantıda kullanılan kesin bilgiler, bütün durumları ifade etmek için yetersiz olduğundan, bir bulanıklık, belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Klasik mantık kavramında bir kümenin “elemanıdır-elemanı değildir” şeklinde tanımlanan bir varlık; bulanık mantıkta belirlenen kümeye üyelik derecesi olarak belirtilen “değer ölçüsünde aittir-değildir” şeklinde tanımlanır. Bu nedenle bir varlığın sadece herhangi bir kümenin elemanı olabileceğinin yanı sıra birden fazla kümeye üyeliği de bulunabilmektedir. Gelişen teknoloji bilimleri sayesinde sıfır veya bir, olumlu veya olumsuz, ak veya kara, sıcak veya soğuk gibi ikili mantık sistemlerinin çözümleyemediği, ifade edemediği modelleri Bulanık Mantık ile yapabilmek mümkün olmuştur [8-55].

Algısal organlar tarafından sağlanan eksik ve kesin duyuşsal bilgileri insan beyni yorumlar. Bulanık mantık teorisi, insan beyninin algıladığı kesin ve eksik duyuşsal bilgileri dilsel olarak ele almak için bir hesap sağlar. Üyelik fonksiyonlarının öngördüğü dil etiketleri kullanılarak sayısal hesaplamalar yapar. Belirsizliklerin ortadan kaldırılması için bir çerçeve sunar ve doğru seçim yapıldığında, belirli bir uygulamadaki insan deneyimini etkili bir şekilde modelleyebilir [13].

Bulanık mantık, gelişen kontrol sistemlerini gün geçtikçe daha da geliştirmek için günümüz teknolojilerinin en başarılı yöntemlerindedir. Bu yöntem sayesinde karmaşık ihtiyaçlar basit, bakımı kolay ve ucuz olarak uygulanabilir. Ancak bulanık mantık yönetiminin de diğer yöntemlerde olduğu gibi kullanımının uygun olmadığı problemler mevcuttur. Problemin iyi analiz edilmeli ve bulanık mantık esaslarının probleme uygun olup olmadığı ayrıntılı değerlendirilmelidir [47].

#### **4.1.1. Bulanık Mantık Kavramının Gelişimi**

1965 yılında Bulanık Mantık yönteminin kurucusu olan Zadeh, bu yöntemin yapısına ve ilkesine ait çok sayıda bilimsel yayın hazırlayarak alanın öncüsü olmuştur. Bulanık Mantık kavramı 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından, buhar makinası ile



kontrol sistemi bütünleştirilerek uygulamaya geçirilmiştir [9]. Sistem için türbinin hızlanma ivmesinin yükselmesine bağlı olarak basınç çok düştüğünde, buhar vanasının bir miktar açılması gibi kurallar oluşturularak meydana getirilmiştir. 1987 yılında Hitachi tarafından kendi firması olan Sendai Metrosuna bulanık mantık kavramı uygulanmış ve bu uygulama ile %10 oranında enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir. Trenin tahmin edilen hızda durması 3 kat daha iyileştirilmiştir. Yamaichi Securities tarafından bulanık mantık temelli akıllı sistem 1988 yılında Tokyo Borsasında kara Pazar olarak da isimlendirilen krizin 18 gün önceden sinyallerini vermiştir. Başarılı sonuçların elde edilmesi, ardından bulanık mantığa olan ilgiyi artırmıştır. Özellikle 1980 yılından sonra uygulama alanları gittikçe genişlemiştir. SGS, Omron, Thomson, IBM, Matsuhita ve Toshiba gibi firmaların aralarında bulunduğu toplam 51 firma, 1989 yılında bir araya gelerek Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering (LIFE) isimli laboratuvarı kurmuştur [10].

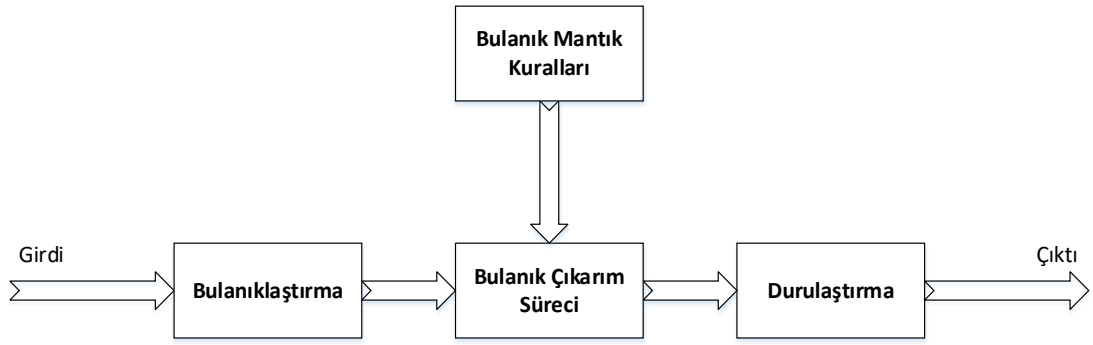
Bulanık Mantık yönteminin kurucusu olan ve konuyla ilgili pek çok çalışmalarla yöntemin öncülüğünü yapan Zadeh tarafından belirlenen temel ilkeler 5 madde ile aşağıda ifade edilmiştir [10];

- Bulanık mantık, kesin olan değerler yerine yaklaşık değerler kullanılır.
- Bulanık mantıkta bilgiler çok az, az, küçük, büyük şeklinde dilsel değişkenlerle ifade edilir.
- Bulanık mantıkta değerler [0-1] aralığındaki bir üyelik derecesi ile gösterilir.
- Her mantıksal ifade bulanık ifadeye dönüştürülebilir.
- Bulanık mantık, cebirsel modeli fazla karmaşık ve zorlayıcı sistemler için uygun bir yöntemdir.

#### **4.1.2. Bulanık Mantık Aşamaları**

Bulanık Mantık yönteminde süreç 3 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar bulanıklaştırma, bulanık çıkarım süreci ve durulaştırma [9]. Yöntem kullanılırken kesin bilgi olan girdi verilerine öncelikle bulanıklaştırma işlemi yapılır. Oluşturulan

bulanık girdiler bulanık mantık kuralları dikkate alınarak bulanık çıkarım sürecinden geçerek hesaplanır. Bu süreçten sonra bulanık çıktılar elde edilmiş olur. Durulaştırma işlemi sayesinde kesin bilgi olan çıktı verileri elde edilir. Bulanık bir sistemde, bulanıklaştırılmış bir girdinin değerleri, kendi öncüllerinin bir parçası olarak bulanıklaştırılmış girdiye sahip olan bilgi havuzundaki tüm kuralları yürütür. Bu süreç, her bir çıktıyı veya çözüm değişkenini temsil eden yeni bir bulanık küme oluşturur. Durulaştırma, bu yeni bulanık kümeden çıktı değişkeni için bir değer yaratır. Bulanık Mantık Aşamaları Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Bulanık mantık aşamaları.

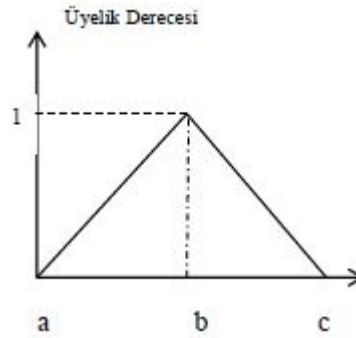
#### 4.1.2.1 Bulanıklaştırma

Çok değerli üyeliğe sahip olan bulanık kümeler, klasik kümeye göre daha esnek ve hassastır. 0 ile 1 arasında değişken değer alan öğeler belirsiz olur ve bu değerler “üyelik derecesi” olarak isimlendirilir. 1 değeri bulanık ifadenin küme ile ilişkisinin %100 oranında tam ilişkili olduğunu ifade ederken, 0 değeri ise bu ilişkinin olmadığını ifade etmektedir. Belirsizliklerin dilsel yapılar içeren, sayısal verileri içermemesi durumunda bulanıklıktan bahsedilir. Bulanıklaştırma yapmak için kullanılan üyelik fonksiyonları uygulanacak probleme uygun olmalıdır. Uygulamalarda en çok üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu ve Gauss üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır [35].

## Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonunun üyelik derecesi 0-1 arasındadır. Bu üyelik fonksiyonunda a: alt sınır, b: tepe değeri ve c: üst sınır olmak üzere üç parametre bulunmaktadır. Fonksiyonun gösterimi Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.

Üçgen üyelik fonksiyonunda üyelik derecesinin belirlenmesi için kullanılan eşitlik Denklem 4.1'de verilmiştir.



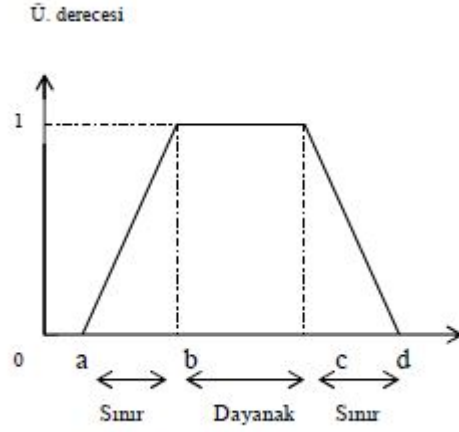
Şekil 4.2. Üçgen üyelik fonksiyonu.

$$\mu_A = \mu_A(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(x-a)}{(b-a)} \text{ eğer } a \leq x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} \text{ eğer } b \leq x \leq c \\ 0 \text{ eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{array} \right\} \quad (4.1)$$

## Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu üyelik derecesi 0-1 aralığındadır. Bu fonksiyonda a: alt sınır, b-c: tepe değeri, d: üst sınır olmak üzere dört parametre bulunmaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonu Şekil 4.3.'te gösterilmektedir.

Yamuk üyelik fonksiyonunda üyelik derecesinin belirlenmesi için kullanılan eşitlik Denklem 4.2'de verilmiştir.



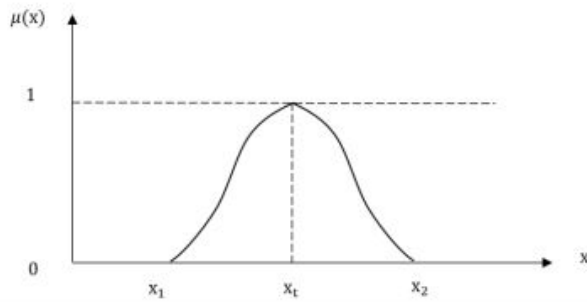
Şekil 4.3. Yamuk üyelik fonksiyonu.

$$\mu_A = \mu_A(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(x-a)}{(b-a)} \text{ eğer } a \leq x < b \\ 1 \text{ eğer } b \leq x < c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} \text{ eğer } c < x \leq d \\ 0 \text{ eğer } x > d \text{ veya } x < a \end{array} \right\} \quad (4.2)$$

### Gauss Üyelik Fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonu üyelik derecesi 0-1 aralığındadır. Bu fonksiyonda a: alt sınır, b: tepe değer, c: üst sınır olmak üzere üç parametre bulunmaktadır. Gauss üyelik fonksiyonu Şekil 4.4.'te gösterilmektedir.

Gauss üyelik fonksiyonunda üyelik derecesinin belirlenmesi için kullanılan eşitlik Denklem 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Gauss üyelik fonksiyonu.

$x_t$  : merkez noktası,  
 $\sigma$  : genişlik olmak üzere;

$$\mu(x) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_t}{\sigma}\right)^2} \quad (4.3)$$

#### 4.1.2.2. Bulanık Çıkarım Süreci

Bulanık mantık, kural tabanına göre işlemektedir. Kurallar eğer...ise olarak koşullu tanımlanır. Her girdi ve çıktı değişkenleri, sözel değişkenler ile ifade edilir. Girdi değişkenleri tanımlanan “eğer...ise” kurallarına göre çıktı değerleri elde eder. Bir restorandan örnek verirse, yemek siparişi verdiğimiz bir restorana puanlarken, servisin kalitesi ve yemeğin lezzetli olmasına dikkat ederiz. Kuralımız “eğer servis kalitesi yüksek ve yemek lezzetli ise yüksek puan ver” den oluşur. Kurallar tanımlanırken problemin yapısına uygun sözel üyelik kümeleri kullanılmalıdır. Böylece tüm girdilerden sonuç çıkararak kural tabanları oluşturulur [14].

Bulanık çıkarım sürecinde literatürde genellikle Mamdani ve Sugeno yöntemleri tercih edilmektedir [34].

#### Mamdani Yöntemi

Mamdani yöntemi, bulanık bağlantılı ifadeler olarak belirtilen kural kümelerinin yorumlayıcısı olarak uygulanmaktadır. Dil değişkenlerinden oluşur. Bulanıklaştırma, toplama işleminden sonra her bir çıktı değişkeninin bulanık kümesi için gereklidir. Tek çıktı üyeliği işlevini kullanmak, birçok sahnede dağıtılmış bulanık kümeden önemli ölçüde daha üretkendir. Mamdani yöntemi, iki boyutlu işlemlerin merkezini bulmaya odaklanır. Mevcut girdiler dikkate alınarak bulanık çıkarım sisteminin çıktısını hesaplamak için aşağıdaki adımlar kullanılır [12].

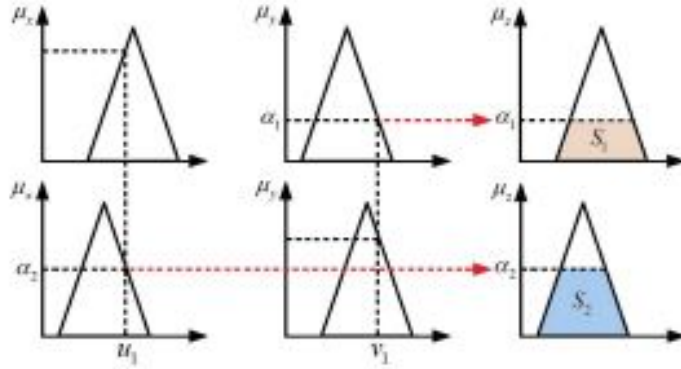
- Bulanık kural kümelerini tanımlama
- Üyelik işlevlerini dikkate alan girdiler için bulanıklaştırma işlemi
- Girişleri bulanık kurallarla bütünleştirme

- Kural sonuçlarının belirlenmesi
- Sonuçları birleştirmek için bir çıktı dağılımı elde etmek
- Çıktı için bulanıklaştırma işlemi

Mamdani çıkarım sürecinin yapısı Şekil 4.5.'te gösterilmektedir.

$\mu_x$  ve  $\mu_y$  : giriş üyelik fonksiyonları

$\mu_z$  : çıkış üyelik fonksiyonu olmak üzere;



Şekil 4.5. Mamdani bulanık çıkarım süreci [56].

## Sugeno Yöntemi

İlk olarak 1985 yılında kullanılmaya başlanan Sugeno modelinde, çıktı parametrelerinin üyelik fonksiyonlarındaki değerler bulanık kümeler yerine sabit bir değer ya da doğrusal bir fonksiyondur. Bundan dolayı, durulaştırma işlemine ihtiyaç duyulmadan bulanık mantık yöntemi tamamlanır. Durulaştırma işlemine ihtiyaç duyulmaması, kullanımının pratik olması ve sayısal verilerle çalışılması sebebiyle iyi performans göstermesinden dolayı tercih edilmektedir.

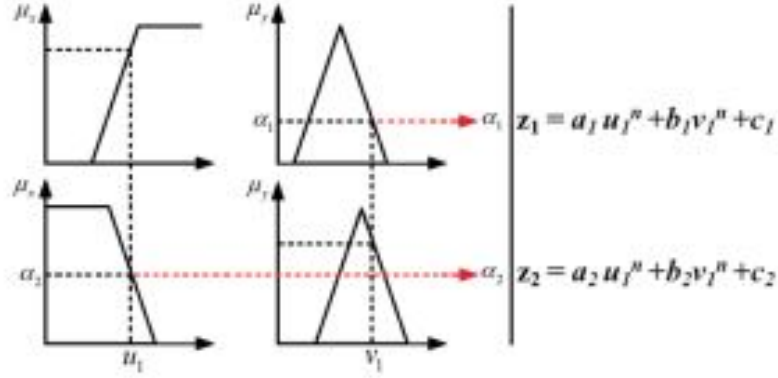
Model matematiksel analizlerdeki performansı ve sayısal sonuç çıkarma, uyarlama ve optimizasyon süreçlerindeki etkinliği yönünden başarılı sayılmasına karşın; yüksek derecedeki modellerde fazla karmaşık yapıya sahip olması ve insan sezgilerine uygun olmaması yönleriyle zayıf kalmaktadır [36].

Sugeno çıkarım sürecinin yapısı Şekil 4.6.'da gösterilmektedir.

$\mu_x$  ve  $\mu_y$  : giriş üyelik fonksiyonları

$\mu_z$  : çıkış üyelik fonksiyonu

Z : çıkarım sonucu olmak üzere;



Şekil 4.6. Sugeno bulanık çıkarım süreci [56].

#### 4.1.2.3. Durulaştırma

Bulanık mantıkta belirsizliğin daha iyi ifade edilmesi için bulanık ifadeler kullanılmaktadır. Ancak uygulama yapabilmek için kesin sayısal değerlere ihtiyacımız vardır. Bu nedenle bulanık çıktıları sayısal verilere, kesin sonuçlara dönüştürebilmek için durulaştırma işlemi yapılarak kesin sonuçlar elde edilir. Durulaştırmada ağırlıklı ortalama yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır [35].

#### Ağırlık Merkezi Yöntemi

Ağırlık merkezi yöntemi bulanık mantık yöntemi kullanılan uygulamalarda en çok tercih edilen durulaştırma tekniğidir. Bu teknikle, bulanık çıkarım sürecinden sonra elde edilen iki boyutlu ve geometrik yapının ağırlık merkezi Denklem 4.4'te verilen eşitlikle hesaplanır.

$$X^* = \frac{\int \mu(x)xdx}{\int \mu(x)dx} \quad (4.4)$$

## Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Ağırlıklı ortalama yöntemi çıktı parametresinin üyelik fonksiyonları simetrik şekilde belirlendiği hallerde kullanılır. Bu yöntem de ağırlık merkezi yöntemine yakın değerler sunmaktadır. Ağırlıklı ortalama yönteminin literatürde sıklıkla tercih edilmesinin sebebi diğer yöntemlere göre daha az işlem gerektirdiği için Pratik olmasıdır. Ağırlıklı ortalama yönteminde kesin değerler Denklem 4.5'te gösterilen eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$X^* = \frac{\sum \mu(x)x}{\sum \mu(x)} \quad (4.5)$$

## 4.2. ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON

Çoklu regresyon analizi (MR), bağımsız değişkenler koleksiyonunun tek bir bağımlı değişkenle ilişkisini incelemek için genel bir sistemdir. Çoklu regresyon oldukça esnek ve çok çeşitli soruların araştırılmasına olanak tanır. Bağımsız değişkenler nicel ölçüler olabilir; kişilik özellikleri, yetenekler veya aile geliri gibi; veya bir deneyde cinsiyet, etnik grup veya tedavi durumu gibi kategorik ölçümler olabilir. Bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişki doğrusal veya eğrisel olabilir veya etkileşimlerde olduğu gibi başka bir bağımsız değişkenin değerine bağlı olabilir [51].

Çoklu bağımsız ve bir veya daha fazla bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için çoklu doğrusal regresyon (MLR) kullanılır. Bu yöntem, bir veya daha fazla bağımsız değişken değiştirilirse bağımlı değişkenlerin nasıl değiştiğine dair bir model sağlar [49].

Çoklu doğrusal regresyon modeli,  $i = 1, 2, \dots, n$  için birden fazla tahmin değişkeni ve bir sonucu  $(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{i,p-1}, y_i)$  olan veriler için oluşturulan regresyon modelidir. Tek sürekli sonuç  $Y$  ile tahmin değişkenleri  $X_k$  ( $k = 1, 2, \dots, p - 1$ ) arasındaki eşzamanlı istatistiksel ilişkiyi Denklem 4.6 göstermektedir.



$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{i,p-1} + \epsilon_i \quad (4.6)$$

$$\epsilon_i \text{ indep } N(0, \sigma^2)$$

Çoklu Doğrusal Regresyonun varsayımları [50];

1.  $y_i$  birbirinden bağımsızdır,
2.  $y_i$  her biri normal bir dağılım izler,
3. Bu dağılımın ortalaması, her  $x_{ik}$ 'in doğrusal bir fonksiyonudur,
4. Bu dağılımın varyansı tüm  $y_i$  için aynıdır.

Regresyon analizi gerçekleştirmek için genel prosedür şu şekildedir [50];

1. Her tahmin edici için, bir veri grafiği aracılığıyla doğrusal bir ilişkinin uygun olabileceğini doğrulayın,
2. Doğrusal regresyon modelini tahmin etmek,
3. Modelin verilere uygun bir uyum sağlayıp sağlamadığını teşhis yoluyla değerlendirmek,
4. Eğer öyleyse, regresyon katsayıları hakkında çıkarımlar yapmak için modeli kullanın,
5. Uygunsa, anlamlı olmayan tahmin edicileri kaldırarak çalışma hedefleri için modeli azaltın,
6. Modelin verilere uygun bir uyum sağlayıp sağlamadığını tanılama yoluyla yeniden değerlendirin.

## BÖLÜM 5

### UYGULAMA

Çalışmada elektrik üretim stratejisinin belirlenebilmesi için Bulanık Mantık yöntemiyle bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model MATLAB programının Fuzzy Logic Toolbox'ında Elektrik Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ)'den elde edilen verilerle test edilmiştir. Sıcaklık verileri MGM'den elde edilmiştir.

EPIAŞ'ın Şeffaflık Platformu'ndan Şubat 2022 tarihinde, Türkiye toplam günlük üretim miktarı verileri alınmıştır. 2020 ve 2021 yılları içerisinde rastsal olarak seçilen, toplamda 144 veri kullanılmıştır. Sitede saat bazında verilen veriler günlük veriye çevrilerek derlenmiştir. EPIAŞ toplam elektrik üretimi doğalgaz, barajlı, linyit, akarsu, ithal kömür, rüzgar, güneş, akaryakıt, asfaltit kömür, taş kömür, biyokütle, nafta, sıvılaştırılmış doğal gaz, uluslararası ve atık ısıdan elde edilmektedir.

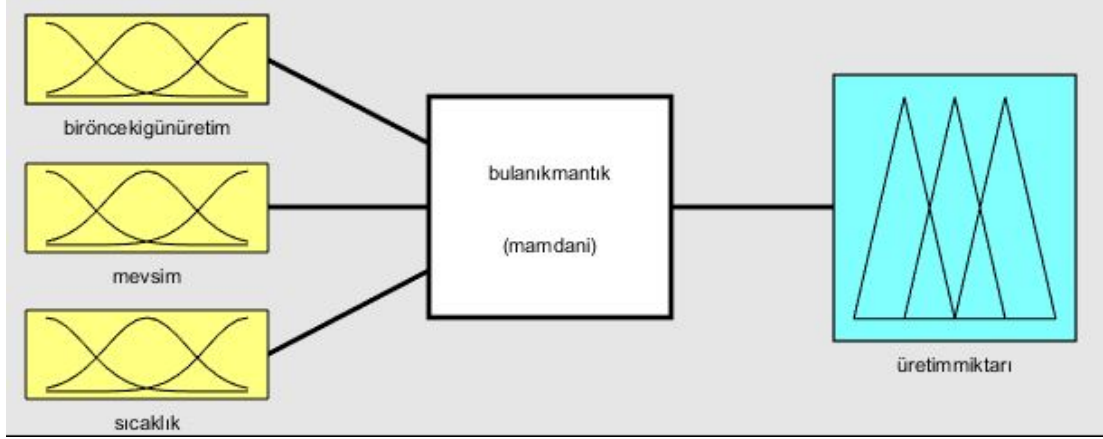
Sıcaklık verileri Şubat 2022 tarihinde MGM Sıcaklık Analizleri sitesinden alınmıştır. 2020 ve 2021 yıllarında her ay için ortalama sıcaklık, en düşük sıcaklık ve en yüksek sıcaklık verileri derlenmiştir.

Hem EPIAŞ'tan alınan günlük toplam elektrik üretimi verisi hem de MGM'den alınan ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklık verileri kamuya açık kaynaklı veriler olup internet siteleri kaynakçada belirtilmiştir.

#### 5.1. BULANIK MANTIK YÖNTEMİ UYGULAMA

Bulanık Mantık yöntemi ile oluşturulan modelde 3 girdi parametresi ve 1 çıktı parametresi kullanılmıştır. Kullanılan parametreler daha önce yapılan çalışmalar referans alınarak belirlenmiştir. Bir önceki gün üretim miktarı, mevsim ve sıcaklık modelin girdisi olarak belirlenen parametrelerdir. Tahmini üretim miktarı ise çıktı

parametresidir. Oluşturulan modelin MATLAB Fuzzy Logic Toolbox gösterimi Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Üretim miktarı modeli.

Modelde bir önceki gün üretilen elektrik miktarı, rastsal olarak seçilen tarihlere bağlı olarak mevsim ve sıcaklık verileri kullanılarak gün içinde üretilmesi gereken toplam elektrik miktarının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bir önceki gün üretilen elektrik miktarı MW biriminde verilerden oluşmaktadır. 2020-2021 yıllarında her aydan rastsal olarak seçilen günlere bağlı mevsim verileri oluşturulmuştur.

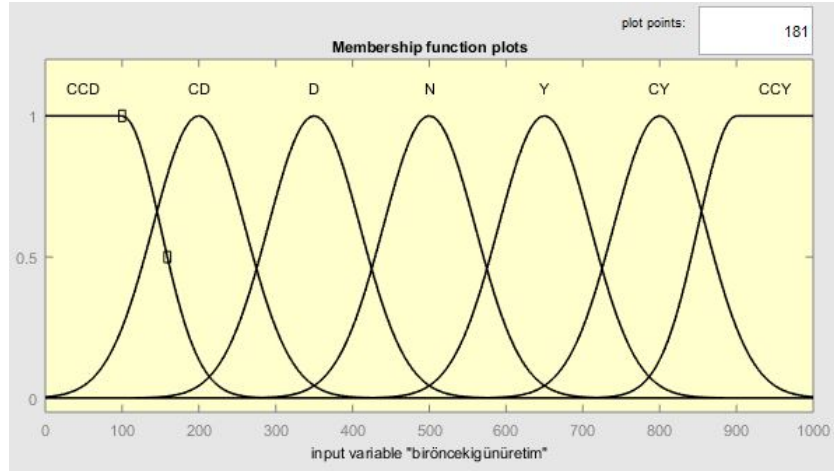
Sıcaklık verileri bakımından model 3 farklı veri seti ile test edilmiştir. Birinci veri seti olarak tahmini yapılacak gün için bir önceki yıl o ayın ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Örneğin tahmini yapılacak gün 11 Mart 2022 ise, sıcaklık değeri olarak 2021 Mart ayı için ortalama günlük sıcaklık verisi kullanılacaktır.

İkinci veri seti olarak aylık en düşük sıcaklık verileri kullanılmıştır. Örneğin tahmini yapılacak gün 29 Eylül 2022 ise, sıcaklık değeri olarak 2021 Eylül ayı için en düşük günlük sıcaklık verisi kullanılacaktır.

Üçüncü olarak da aylık en yüksek sıcaklık verileri kullanılarak model test edilmiştir. Örneğin tahmini yapılacak gün 5 Ağustos 2022 ise, sıcaklık değeri olarak 2021 Ağustos ayı için en yüksek günlük sıcaklık verisi kullanılacaktır. Kullanılan veriler Ek Açıklamalar A'da sunulmuştur.

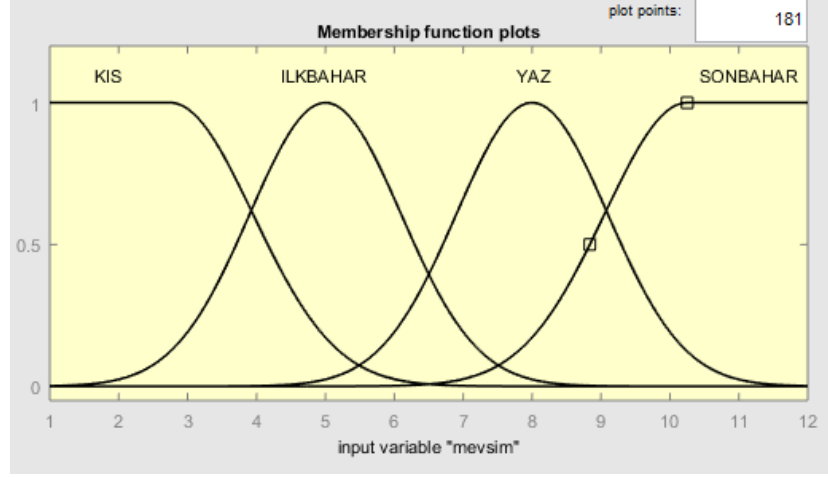
Belirlenen girdi ve çıktı parametreleri için üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Parametreler için üyelik fonksiyonları oluşturulurken literatürde elektrik talep tahmini modellerinde yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir.

Bir önceki gün üretim miktarı parametresi Gauss üyelik fonksiyonuyla oluşturulmuş olup, çok çok düşük-çok düşük- düşük-normal-yüksek-çok yüksek-çok çok yüksek olmak üzere 7 küme içermektedir. Bir önceki gün üretim miktarı parametresi için üyelik fonksiyonu Şekil 5.2.'de gösterilmektedir. Fonksiyonda veriler MW cinsinden olup 1000 ile sadeleştirilerek oluşturulmuştur.



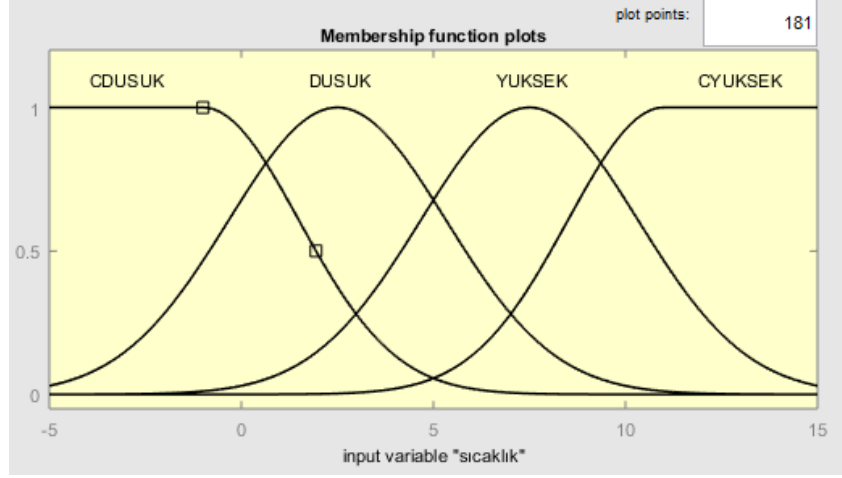
Şekil 5.2. Bir önceki gün üretim miktarı üyelik fonksiyonu.

Mevsim parametresi Gauss üyelik fonksiyonuyla oluşturulmuş olup, kış-ilkbahar-yaz-sonbahar olmak üzere 4 küme içermektedir. Mevsim parametresi için üyelik fonksiyonu Şekil 5.3.'te gösterilmektedir. Model oluşturulurken mevsimlerde Aralık ayı 1. ay olarak değerlendirilmiştir.



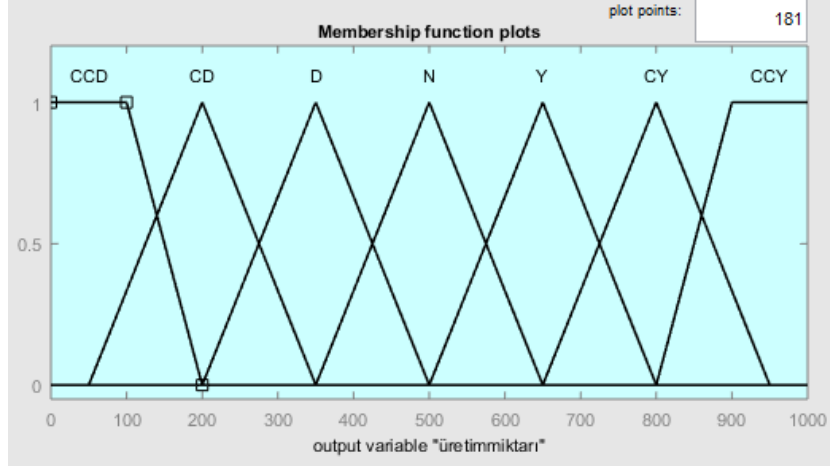
Şekil 5.3. Mevsim üyelik fonksiyonu.

Sıcaklık parametresi Gauss üyelik fonksiyonuyla oluşturulmuş olup, çok düşük-düşük-yüksek-çok yüksek olmak üzere 4 küme içermektedir. Sıcaklık parametresi için üyelik fonksiyonu Şekil 5.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Sıcaklık üyelik fonksiyonu.

Üretim miktarı parametresi üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonuyla oluşturulmuş olup, çok çok düşük-çok düşük-düşük- normal-yüksek-çok yüksek-çok çok yüksek olmak üzere 7 küme içermektedir. Üretim miktarı parametresi için üyelik fonksiyonu Şekil 5.5.'te gösterilmektedir. Fonksiyonda veriler MW cinsinden olup 1000 ile sadeleştirilerek oluşturulmuştur.



Şekil 5.5. Üretim miktarı üyelik fonksiyonu.

Üyelik fonksiyonlarındaki aralık değerleri Çizelge 5.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Üyelik fonksiyonları aralık değerleri.

		Küme	En Düşük	En Yüksek
GİRDİLER	Bir Önceki Gün Üretim Miktarı (MW)	Çok Çok Düşük	0	200
		Çok Düşük	50	350
		Düşük	200	500
		Normal	350	650
		Yüksek	500	800
		Çok Yüksek	650	950
		Çok Çok Yüksek	800	1000
	Mevsim	Kış	1	6,5
		İlkbahar	1,5	8,5
		Yaz	4,5	11,5
		Sonbahar	6,5	12,0
	Sıcaklık (C)	Çok Düşük	-5	5
		Düşük	-5	10
Yüksek		0	15	
Çok Yüksek		5	15	
ÇIKTI	Üretim Miktarı (MW)	Çok Çok Düşük	0	200
		Çok Düşük	50	350
		Düşük	200	500
		Normal	350	650
		Yüksek	500	800

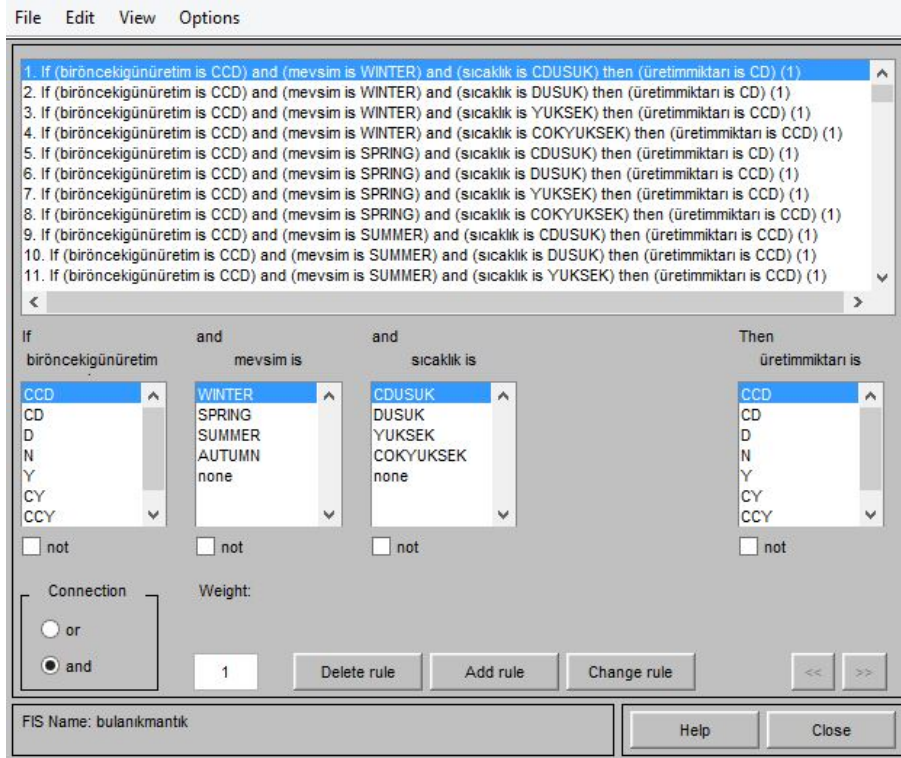
		Çok Yüksek	650	950
		Çok Çok Yüksek	800	1000

Modelde bulanık çıkarım yöntemi olarak, literatür çalışmalarında en çok tercih edildiği tespit edilen Mamdani Bulanık Çıkarım Yöntemi kullanılmıştır [34].

Girdi parametrelerinin üyelik fonksiyonlarından gelen küme sayılarına göre Bulanık Mantık yöntemindeki kurallar belirlenmiştir. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı parametresinde 7 küme, mevsim parametresinde 4 küme ve sıcaklık parametresinde 4 küme olduğu için 112 kural oluşturulmuştur. Oluşturulan kurallar Ek Açıklamalar D’de verilmiştir.

Oluşturulan kuralların MATLAB programı Fuzzy Toolbox’ına girildiği ekran görüntüsü Şekil 5.6.’da gösterilmektedir.

Kurallar girildikten sonra üretim miktarı tahminlerinin alınacağı ve kuralların gösterildiği Matlab ekranı Şekil 5.7.’de gösterilmektedir.



Şekil 5.6. MATLAB programında kural girişi ekran görüntüsü.

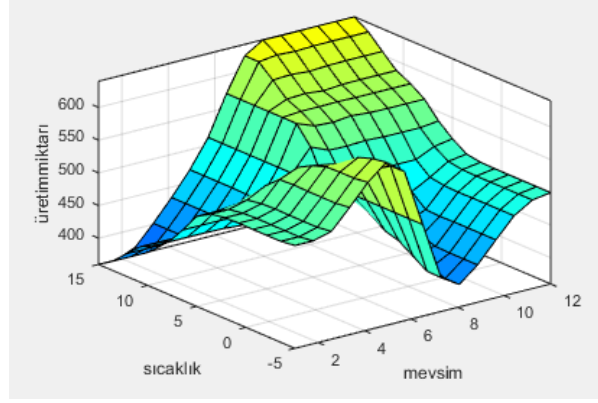


Şekil 5.7. MATLAB programında kuralları gösteren ekran.

Belirlenen kurallar çerçevesinde, girdi parametrelerinin çıktı ile ilişkisini MATLAB Fuzzy Toolbox'ındaki Surface'ler göstermektedir. İki girdi parametresinin çıktı parametresini nasıl etkilediğini gösteren surfacelerden, sıcaklık ve mevsim parametrelerinin çıktı ile ilişkisi Şekil 5.8.'de, bir önceki gün üretim miktarı ve mevsim parametrelerinin çıktı ile ilişkisi Şekil 5.9.'da, bir önceki gün üretim miktarı ve sıcaklık parametrelerinin çıktı ile ilişkisi Şekil 5.10.'da gösterilmiştir. Şekillerde üretim miktarı verileri ve bir önceki gün üretim miktarı 1000 ile sadeleştirilmiş olup MW birimindedir. Sıcaklık verileri Celsius biriminde olup, mevsim verilerindeki sayılar ayları temsil etmekte ve birinci ay aralık ayını göstermektedir.

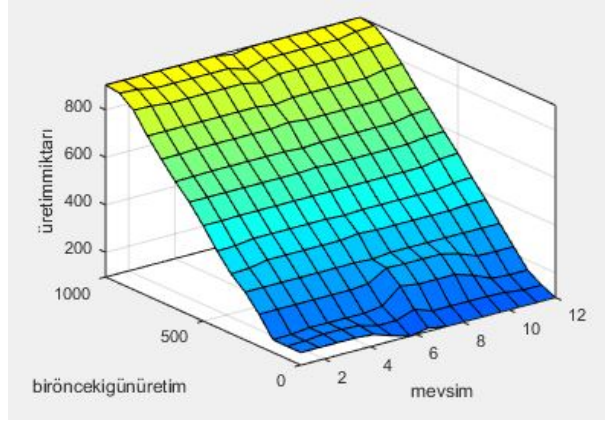
Şekil 5.8. incelendiğinde bir önceki gün üretim miktarı göz ardı edildiğinde mevsim ve sıcaklık girdilerinin üretim miktarına etkisinin doğrusal olmadığı, farklı mevsim ve sıcaklık değerlerinde aynı ya da zıt yönlü eğilimler gösterdiği görülmektedir.





Şekil 5.8. Sıcaklık, mevsim girdilerinin üretim miktarına etkisi.

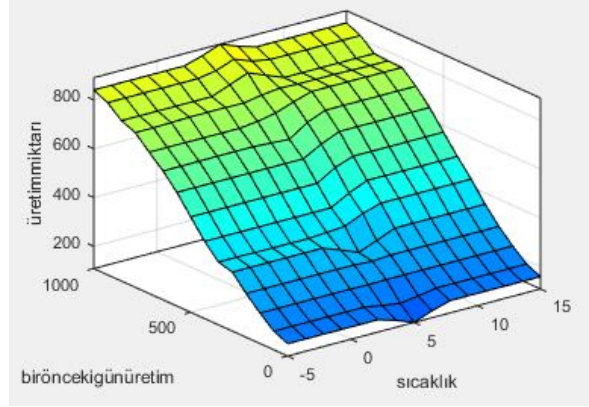
Şekil 5.9.'da sıcaklık verileri göz ardı edildiğinde bir önceki gün üretim miktarı ve mevsim verilerinin üretim miktarına etkisi gözlemlendiğinde, bir önceki gün üretim miktarının üretim miktarı üzerindeki etkisinin çok fazla olduğu görülmektedir. Bu etki küçük farklılıklar dışında doğrusal bir etki olup, bir önceki gün üretim miktarının değeri arttıkça üretim miktarının artması, bir önceki gün üretim miktarının değeri azaldıkça üretim miktarının azalması yönünde bir sonuç vermektedir.



Şekil 5.9. Bir önceki gün üretim miktarı, mevsim girdilerinin üretim miktarına etkisi.

Şekil 5.10.'da mevsim verileri göz ardı edildiğinde bir önceki gün üretim miktarı ve sıcaklık verilerinin üretim miktarına etkisi gözlemlendiğinde, bir önceki gün üretim miktarının üretim miktarı üzerindeki etkisinin çok fazla olduğu görülmektedir. Bu etki Şekil 5.9.'da olduğu gibi küçük farklılıklar dışında doğrusal bir etki olup, bir önceki gün üretim miktarının değeri arttıkça üretim miktarının artması, bir önceki gün üretim

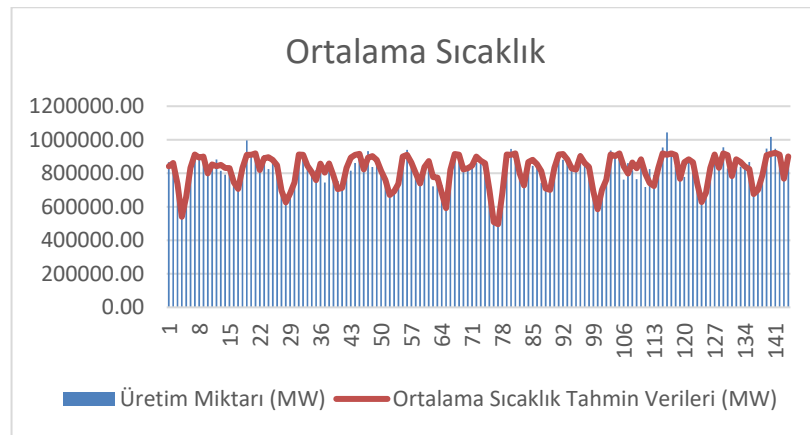
miktarının değeri azaldıkça üretim miktarının azalması yönünde bir sonuç vermektedir.



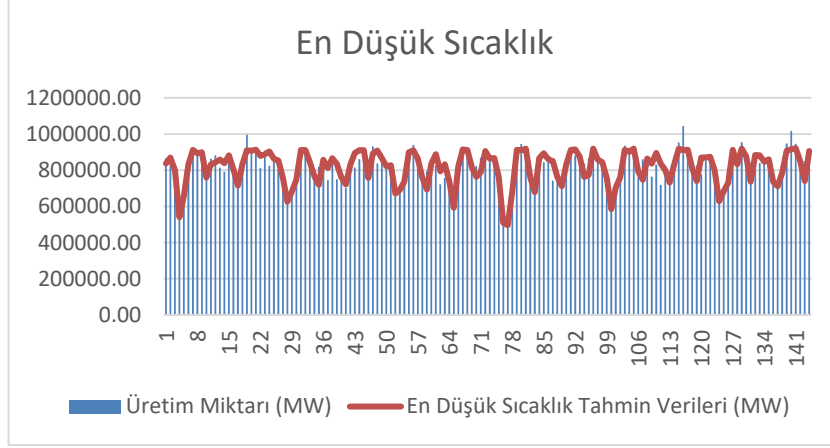
Şekil 5.10. Bir önceki gün üretim miktarı, sıcaklık girdilerinin üretim miktarına etkisi.

Oluşturulan kurallar sonrası model EPIAŞ'tan elde edilen bir önceki gün üretim miktarı verileriyle, 3 farklı sıcaklık kategorisinde test edilmiştir.

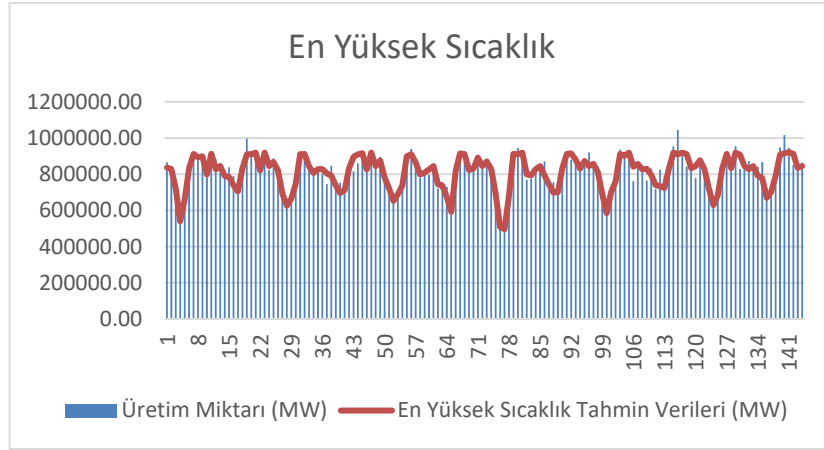
Aylık ortalama sıcaklık, ayın en düşük sıcaklığı ve ayın en yüksek sıcaklığı verileriyle test edilen modelde kullanılan veriler ve tahmini üretim miktarı verileri Ek Açıklamalar B'de sunulmuştur. Testler sonucunda elde edilen tahmin verileri Şekil 5.11., Şekil 5.12. ve Şekil 5.13.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Ortalama sıcaklık verileri ile tahmin.



Şekil 5.12. En düşük sıcaklık verileri ile tahmin.



Şekil 5.13. En yüksek sıcaklık verileri ile tahmin.

Gerçekleşen üretim miktarları ile tahmin edilen üretim miktarları arasındaki hata oranlarını hesaplamak için literatürde en çok tercih edilen doğruluk oranları, MAPE ve RMSE ölçütleri tercih edilmiştir.

### Ortalama Mutlak Hatalarının Yüzdesi (MAPE)

En sık kullanılan hata ölçüm yöntemi olan, ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE, Ortalama mutlak yüzdelik sapma (MAPD) olarak da adlandırılmaktadır. MAPE bir tahmin sisteminin doğruluğunu ölçer. Bu doğruluğu yüzde olarak ölçer ve her bir zaman periyodu için ortalama mutlak yüzde hata eksi gerçek değerler bölü gerçek değerler olarak hesaplanabilir. MAPE, muhtemelen değişkenin birimlerinin

anlaşılmasını kolaylaştıran yüzde birimlerine ölçeklenmesinden dolayı, hatayı tahmin etmek için kullanılan en yaygın ölçüdür. Verilerde uç noktalar yoksa (ve sıfırlar yoksa) en iyi sonucu verir. Genellikle regresyon analizi ve model değerlendirmesinde bir kayıp fonksiyonu olarak kullanılır. Hesaplama formülü Denklem 5.1’de gösterilmiştir.

$A_i$ : Gerçek değer,

$P_i$ : Tahmin değeri,

$e_i$ :  $A_i - P_i$ ,

$n$ : veri seti büyüklüğü

$i$ : ayırık veri indeksi olmak üzere;

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{|A_i|} \quad (5.1)$$

### **Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (RMSE)**

Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (RMSE), tahmin hatalarının standart sapmasıdır. Tahmin hataları, regresyon çizgisi veri noktalarından ne kadar uzakta olduğunun bir ölçüsüdür; RMSE, bu tahmin hatalarının ne kadar yayıldığıнын bir ölçüsü olup, verilerin en uygun çizgi etrafında ne kadar yoğun olduğunu gösteren hata ölçüsüdür. Hesaplama formülü Denklem 5.2’de gösterilmiştir.

$A_i$ : Gerçek değer,

$P_i$ : Tahmin değeri,

$e_i$ :  $A_i - P_i$ ,

$n$ : veri seti büyüklüğü

$i$ : ayırık veri indeksi olmak üzere;

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}} \quad (5.2)$$

Bulanık Mantık yöntemi ile 3 farklı sıcaklık veri setinden elde edilen tahminler için hesaplama sonuçları Çizelge 5.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Bulanık mantık yöntemi analiz sonuçları.

	MAPE (%)	RMSE	Doğruluk Oranları (%)
Ortalama Sıcaklık	3,68	39132,34	96,32
En Düşük Sıcaklık	4,48	48295,39	95,52
En Yüksek Sıcaklık	3,22	36294,84	96,78

Doğruluk oranında en iyi sonuç %96,78 olarak en yüksek sıcaklık verileriyle test edilen modelde elde edilmiştir. En kötü sonuç ise %95,52 olarak en düşük sıcaklık verilerinin kullanıldığı modelde görülmektedir. RMSE değerinde de aynı şekilde en iyi sonuç 36294,84 MW olarak en yüksek sıcaklık verilerinin kullanıldığı modelde, en kötü sonuç ise 48295,39 MW olarak en düşük sıcaklık verilerinin kullanıldığı modelde görülmektedir.

## 5.2.ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON YÖNTEMİ UYGULAMA

Oluşturulan modelin sonuçlarını değerlendirebilmek için, çalışmada kullanılan verilerle Minitab Programında Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi yapılarak, elde edilen sonuçların MAPE ve RMSE değerleri hesaplanmıştır.

Ortalama sıcaklık verileri ile yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde elde edilen Regression Equation, Coefficienta, Summary of Model, Analysis of Variance, Fits and Diagnostics for Unusual Observations sonuçları Şekil 5.14.'te gösterilmiştir.

```

Regression Equation
üretim = 190490 + 6806,98 ay + 0,675041 gecmisveri + 2297,52 sıcaklık

Coefficients
Term          Coef  SE Coef      T      P
Constant    190490 35195,8    5,4123 0,000
ay           6807   1311,0    5,1922 0,000
gecmisveri   1       0,0    16,4175 0,000
sıcaklık    2298   583,3     3,9387 0,000

Summary of Model
S = 51313,8          R-Sq = 70,26%      R-Sq(adj) = 69,62%
PRESS = 393091169971 R-Sq(pred) = 68,29%

Analysis of Variance
Source          DF      Seq SS      Adj SS      Adj MS      F      P
Regression      3  8,70933E+11  8,70933E+11  2,90311E+11  110,254  0,0000000
  ay            1  1,34042E+11  7,09864E+10  7,09864E+10   26,959  0,0000007
  gecmisveri    1  6,96044E+11  7,09709E+11  7,09709E+11  269,533  0,0000000
  sıcaklık     1  4,08477E+10  4,08477E+10  4,08477E+10   15,513  0,0001287
Error          140  3,68635E+11  3,68635E+11  2,63311E+09
  Lack-of-Fit  139  3,68635E+11  3,68635E+11  2,65205E+09      *      *
  Pure Error   1  0,00000E+00  0,00000E+00  0,00000E+00
Total          143  1,23957E+12

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs   üretim    Fit    SE Fit  Residual  St Resid
19   996349  893713  8429,6  102636   2,02772  R
77   485475  575164  15230,7 -89689   -1,83035  X
116  1043664  933055  9113,5  110609   2,19036  R

R denotes an observation with a large standardized residual.
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

```

Şekil 5.14. Ortalama sıcaklık verileri ile çoklu doğrusal regresyon analizi (Minitab).

En düşük sıcaklık verileri ile yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde elde edilen Regression Equation, Coefficients, Summary of Model, Analysis of Variance, Fits and Diagnostics for Unusual Observations sonuçları Şekil 5.15.'te gösterilmiştir.

Regression Equation  
|  
üretim = 203103 + 0,669927 geçmiş veri + 6637,86 ay + 2820,85 sıcaklık

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	203103	34527,8	5,8823	0,000
geçmiş veri	1	0,0	16,3766	0,000
ay	6638	1314,2	5,0508	0,000
sıcaklık	2821	687,7	4,1019	0,000

Summary of Model

S = 51098,7      R-Sq = 70,51%      R-Sq(adj) = 69,88%  
PRESS = 389888450590      R-Sq(pred) = 68,55%

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	8,74018E+11	8,74018E+11	2,91339E+11	111,578	0,0000000
geçmiş veri	1	7,06267E+11	7,00269E+11	7,00269E+11	268,192	0,0000000
ay	1	1,23818E+11	6,66099E+10	6,66099E+10	25,511	0,0000013
sıcaklık	1	4,39322E+10	4,39322E+10	4,39322E+10	16,825	0,0000692
Error	140	3,65550E+11	3,65550E+11	2,61107E+09		
Lack-of-Fit	139	3,65550E+11	3,65550E+11	2,62986E+09	*	*
Pure Error	1	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00		
Total	143	1,23957E+12				

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	üretim	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
77	485475	576369	15193,5	-90894	-1,86305	X
116	1043664	934099	9099,8	109565	2,17901	R

R denotes an observation with a large standardized residual.  
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Şekil 5.15. En düşük sıcaklık verileri ile çoklu doğrusal regresyon analizi (Minitab).

En yüksek sıcaklık verileri ile yapılan çoklu doğrusal regresyon analizinde elde edilen Regression Equation, Coefficients, Summary of Model, Analysis of Variance, Fits and Diagnostics for Unusual Observations sonuçları Şekil 5.16.'da gösterilmiştir.

#### Regression Equation

üretim = 177054 + 0,678679 geçmiş veri + 6850,69 ay + 2096,92 sıcaklık

#### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	177054	36007,9	4,9171	0,000
geçmiş veri	1	0,0	16,4946	0,000
ay	6851	1306,1	5,2453	0,000
sıcaklık	2097	529,5	3,9599	0,000

#### Summary of Model

S = 51286,1      R-Sq = 70,29%      R-Sq(adj) = 69,66%  
PRESS = 392669723628      R-Sq(pred) = 68,32%

#### Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	8,71331E+11	8,71331E+11	2,90444E+11	110,424	0,0000000
geçmiş veri	1	7,06267E+11	7,15622E+11	7,15622E+11	272,072	0,0000000
ay	1	1,23818E+11	7,23674E+10	7,23674E+10	27,513	0,0000006
sıcaklık	1	4,12455E+10	4,12455E+10	4,12455E+10	15,681	0,0001188
Error	140	3,68237E+11	3,68237E+11	2,63026E+09		
Lack-of-Fit	139	3,68237E+11	3,68237E+11	2,64919E+09	*	*
Pure Error	1	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00		
Total	143	1,23957E+12				

#### Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	üretim	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
19	996349	892628	8185,9	103721	2,04867	R
77	485475	574223	15198,6	-88748	-1,81184	X
116	1043664	933092	9094,9	110572	2,19070	R

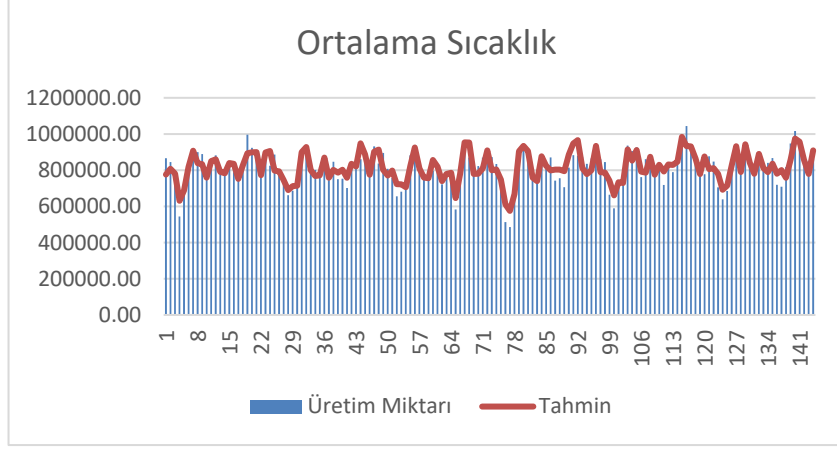
R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

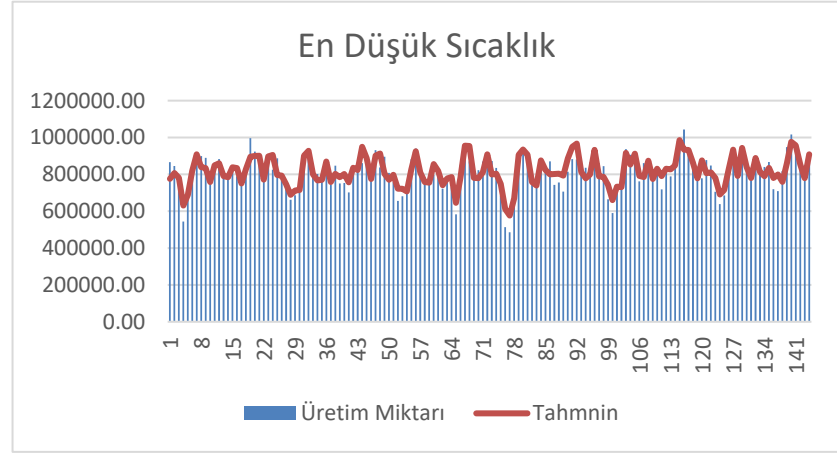
Şekil 5.16. En yüksek sıcaklık verileri ile çoklu doğrusal regresyon analizi (Minitab).

Çoklu Regresyon analizinde elde edilen denkleme göre oluşturulan üretim miktarı tahmin verileri Ek Açıklamalar C’de gösterilmiştir. Tahmin verileri ile gerçek üretim verileri kıyaslanarak hesaplanan MAPE ve RMSE değerleri Çizelge 5.3.’te; gerçek verilerle tahmin verilerinin karşılaştırıldığı grafikler Şekil 5.17., Şekil 5.18., Şekil 5.19.’da gösterilmiştir.

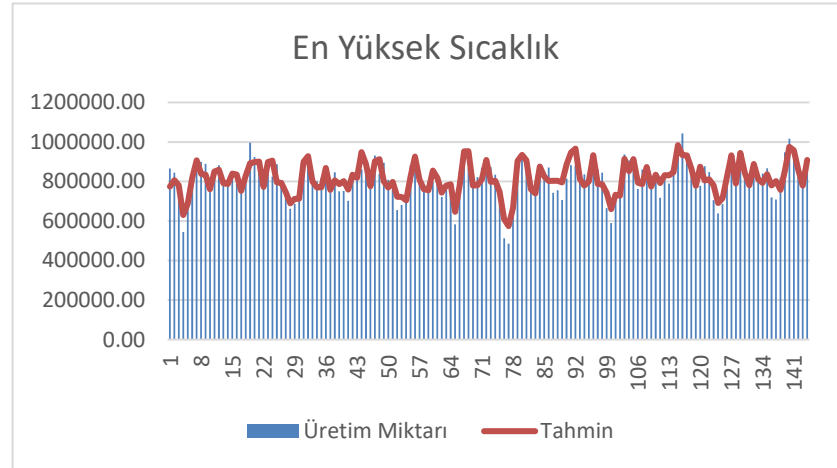




Şekil 5.17. Ortalama sıcaklık için çoklu doğrusal regresyon tahminleri.



Şekil 5.18. En düşük sıcaklık için çoklu doğrusal regresyon tahminleri.



Şekil 5.19. En yüksek sıcaklık için çoklu doğrusal regresyon tahminleri.

Çizelge 5.3. Çoklu doğrusal regresyon yöntemi analiz sonuçları.

	MAPE (%)	RMSE	Doğruluk Oranları (%)
Ortalama Sıcaklık	5,38	50596,08	94,62
En Düşük Sıcaklık	5,36	50383,96	94,64
En Yüksek Sıcaklık	5,37	50568,78	94,63

Çoklu Doğrusal Regresyon ile yapılan tahmin sonuçları incelendiğinde en iyi sonucu doğruluk oranı, MAPE ve RMSE için en düşük sıcaklık verileri ile hesaplanan veriler vermiştir. Ancak Bulanık Mantık modeli bütün sıcaklık verileri için daha iyi sonuçlar vermiştir.

### 5.3.YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ANALİZİ

Bulanık Mantık Yöntemi ile elde edilen sonuçlar ve Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4'te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.4. Bulanık mantık-çoklu doğrusal regresyon yöntemlerinin karşılaştırılması.

	Çoklu Regresyon			Bulanık Mantık			Karşılaştırma		
	MAPE (%)	RMSE	Doğruluk Oranları (%)	MAPE (%)	RMSE	Doğruluk Oranları (%)	MAPE (%)	RMSE	
Ortalama Sıcaklık	5,38	50596,08	94,62	3,68	39132,34	96,32	1,7	11463,74	
En Düşük Sıcaklık	5,36	50383,96	94,64	4,48	48295,39	95,52	0,88	2088,57	
En Yüksek Sıcaklık	5,37	50568,78	94,63	3,22	36294,84	96,78	2,15	14274,12	
							<b>Ortalama</b>	1,58	9275,48

Ortalama Sıcaklık verileri için Çoklu Doğrusal Regresyon ve Bulanık Mantık sonuçlarına bakıldığında, Çoklu Doğrusal Regresyon için doğruluk oranı %94,62 iken Bulanık Mantık için %96,32 olarak elde edilmiştir. Ortalama Sıcaklık verileri için Bulanık Mantık, Çoklu Doğrusal Regresyona göre doğruluk oranında %1,7 artış gözlenmiştir. RMSE değerinde de 11463,74'lük azalma görülmüştür. En Düşük Sıcaklık verileri için Çoklu Doğrusal Regresyon ve Bulanık Mantık sonuçlarına

bakıldığında, Çoklu Doğrusal Regresyon için doğruluk oranı %94,34 iken Bulanık Mantık için %95,52 olarak elde edilmiştir. En Düşük Sıcaklık verileri için Bulanık Mantık, Çoklu Doğrusal Regresyona göre doğruluk oranında %1,18 artış gözlenmiştir. RMSE değerinde de 2088,57'lik azalma görülmüştür. En Yüksek Sıcaklık verileri için Çoklu Doğrusal Regresyon ve Bulanık Mantık sonuçlarına bakıldığında, Çoklu Doğrusal Regresyon için doğruluk oranı %94,63 iken Bulanık Mantık için %96,78 olarak elde edilmiştir. En Yüksek Sıcaklık verileri için Bulanık Mantık, Çoklu Doğrusal Regresyona göre doğruluk oranında %2,15 artış gözlenmiştir. RMSE değerinde de 14274,12'lik azalma görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde her sıcaklık verisi için Bulanık Mantık yöntemi doğruluk oranı daha yüksek performansa sahip olmuş, en iyi sonuçlar en yüksek sıcaklık verileri ile test edilen bulanık mantık yönteminde elde edilmiştir.

### **Bulanık Mantık ile Gün Ayrımına Göre Analiz**

Bulanık Mantık modelinin daha az hata oranı verdiği için, performansını inceleyebilmek için kullanılan verilerde hafta içi ve hafta sonu ayrımı yapılarak farklı sıcaklık verileri kullanılarak test edilen 3 model incelenmiştir. Rastasal olarak seçilen gün verilerinde 91 adet hafta içi gün ve 53 adet hafta sonu günü kullanıldığı tespit edilmiş ve ortalama sıcaklık, en düşük sıcaklık ve en yüksek sıcaklık verileri kullanılarak elde edilen tahmin sonuçları için MAPE ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Bulanık mantık yöntemi günlere göre analiz.

		MAPE (%)	RMSE (MW)	Doğruluk Oranları (%)
Ortalama Sıcaklık	Hafta içi	3,24	37879,03	96,76
	Hafta sonu	4,3	40747,67	95,7
En Düşük Sıcaklık	Hafta içi	3,79	45170,51	96,21
	Hafta sonu	5,78	54526,18	94,22
En Yüksek Sıcaklık	Hafta içi	3,19	37719,68	96,81
	Hafta sonu	3,11	33000,76	96,89

Çizelge 5.5'teki MAPE ve RMSE değerlerine bakılarak hafta içi ve hafta sonu ayrımı yapıldığında, en yüksek sıcaklık verileri kullanılarak test edilen modelde hafta sonu verilerinde %96,89; hafta içi verilerinde %96,81 olarak en yüksek doğrulukta olduğu gözlenmektedir. Aynı şekilde RMSE değeri en düşük olan sonuç da en yüksek sıcaklık verileriyle test edilen hafta sonu günlerinde bulunmaktadır. Ortalama sıcaklık ve en düşük sıcaklık verileri kullanılarak test edilen verilerde hafta içi günlerde hata oranları hafta sonu günlerine göre daha düşükken, en yüksek sıcaklık verileri kullanılarak test edilen verilerde hafta sonu günlerde hafta içi günlere göre hata oranı daha düşük çıkmıştır.

### **Bulanık Mantık ile Mevsim Ayrımına Göre Analiz**

Bulanık Mantık modeli daha az hata oranı verdiği için, performansını inceleyebilmek için kullanılan verilerde 4 mevsime göre ayrılmış ve farklı sıcaklık verileri kullanılarak test edilen 3 model incelenmiştir. Ortalama sıcaklık, en düşük sıcaklık ve en yüksek sıcaklık verileri kullanılarak elde edilen tahmin sonuçları için MAPE ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Bulanık mantık yöntemi mevsimlere göre analiz.

		MAPE (%)	RMSE	Doğruluk Oranları (%)
Kış	Ortalama Sıcaklık	3,98	39262,53	96,02
	En Düşük Sıcaklık	4,65	44937,2	95,35
	En Yüksek Sıcaklık	3,3	35213,28	96,7
İlkbahar	Ortalama Sıcaklık	3,75	36336,71	96,25
	En Düşük Sıcaklık	4,42	46951,12	95,58
	En Yüksek Sıcaklık	3,79	38241,73	96,21
Yaz	Ortalama Sıcaklık	3,31	41265,88	96,69

	<b>En Düşük Sıcaklık</b>	3,54	43488,26	96,46
	<b>En Yüksek Sıcaklık</b>	3,3	41307,45	96,7
<b>Sonbahar</b>	<b>Ortalama Sıcaklık</b>	3,69	39504,22	96,31
	<b>En Düşük Sıcaklık</b>	5,29	56699,13	94,71
	<b>En Yüksek Sıcaklık</b>	2,47	29335,14	97,53

Mevsim ayırımına göre Ortalama Sıcaklık verileri için MAPE değerleri Yaz < Sonbahar < İlkbahar < Kış ; RMSE değerleri İlkbahar < Kış < Sonbahar < Yaz olarak sonuçlanmıştır. En Düşük Sıcaklık verileri ile yapılan MAPE değerleri Yaz < İlkbahar < Kış < Sonbahar ; RMSE değerleri Yaz < Kış < İlkbahar < Sonbahar olarak sonuçlanmıştır. En Yüksek Sıcaklık verileri için MAPE değerleri Sonbahar < Yaz = Kış < İlkbahar ; RMSE değerleri Sonbahar < Kış < İlkbahar < Yaz olarak sonuçlanmıştır. Genel olarak en yüksek doğruluk oranı Sonbahar mevsiminde en yüksek sıcaklık verileri ile test edilen modelde görülmektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sonuçlar, girdi olarak bir önceki gün üretim miktarı, mevsim ve sıcaklık verileri kullanılarak oluşturulan modelde, üretim miktarı hesaplanırken sıcaklık verisi olarak bir önceki yıl o ayda tespit edilen en yüksek sıcaklık verisinin kullanılması gerektiğini göstermektedir. Aynı zamanda bu veri kullanılırken en iyi sonuçların Sonbahar ayında tespit edildiğini, hafta içi ve hafta sonu olarak günler ayrıldığında büyük bir fark olmamakla beraber hafta sonu günlerinde daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Yapılan analizler sonucu doğruluk oranı, MAPE ve RMSE ölçütlerinde verdiği sonuçlara bakılarak ve çoklu doğrusal regresyon analizine göre daha iyi performansa sahip olması nedeniyle Bulanık Mantık yöntemi ile oluşturulan bu modelin elektrik üretim stratejinde kullanılabileceğinin değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bulanık mantık yöntemiyle doğruluk oranlarında her üç sıcaklık verisi için de iyileşme sağlanmıştır ancak en fazla artış %2,15 değerle en yüksek sıcaklık verileri ile test edilen modelde elde edilmiştir. En yüksek sıcaklık verileri ile test edilen model gün ve mevsim bazında daha ayrıntılı incelenmiştir. Hafta içi ve hafta sonu doğruluk oranları birbirine çok yakın olmakla beraber hafta sonu %96,89 başarı sağladığı tespit edilmiştir. Mevsim analizinde ise, sonbahar mevsiminde elde edilen tahminler %97,53 doğruluk oranına ulaşmıştır. Bu bulgular modelimizin sonbahar mevsiminde ve hafta sonu günlerde daha iyi tahmin performansına sahip olduğunu yansıtmaktadır.

EPİAŞ ve MGM'den alınan verilerle tamamlanan çalışma günlük üretim miktarı üzerinden yapılan bir çalışmadır. Oluşturulan model EPİAŞ'ta saatlik üretim miktarı belirlenmesi için değerlendirilebilir. Doğru üretim tahminleri, talebin karşılanıp karşılanamayacağı, talep karşılanmazsa nasıl yol izleneceği, kurulu gücün ne kadar yeterli olacağı, santral yatırımı yapılıp yapılmaması kararı gibi önemli adımlara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Üretim miktarının yüksek doğrulukta tahmin edilmesi üretim planlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Doğru tahminler sayesinde hem üretici firmalar gerektiği kadar elektrik üretecek ve fazla üretimin en verimli şekilde değerlendirilmesini planlayabilecek hem de devlet yatırım planlamalarında elektrik üretimine gerekli payı ayırabilecektir. Modelin hem elektrik üretim santrallerine hem de devlet yatırım planlamalarına destek olabileceği öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Kazemzadeh, M. R., Amjadian, A. and Turaj, A., “A hybrid data mining driven algorithm for long term electric peak load and energy demand forecasting”, *Energy*, 204: 117948 (2020).
2. Williams, S. and Short, M., “Electricity demand forecasting for decentralised energy management”, *Energy and abauilt Environment*, 1: 178-186 (2020).
3. Goodarzi, S., Perera, H. N. and Bunn, D., “The impact of renewable energy forecast errors on imbalance volumes and electricity spot prices”, *Energy Policy*, 134: 110827 (2019).
4. Memiş, R., “Gün öncesi elektrik piyasası vey an hizmetlerin birlikte optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 130 (2019).
5. Işık, M., “Energy economy and environment integrated large scale modeling and analysis of the Turkis energy system”, Doktora Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 219 (2016).
6. Olivera, E. M. and Olivera, F. L. C., “Forecasting mid-long term electric energy consumption through bagging ARIMA and exponential smoothing methods”, *Energy*, 144: 776-788 (2018).
7. Gök, K., “Elektrik enerjisi tüketimi, Türkiye değerlendirmesi ve analitik hiyerarşi süreci ile irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, 172 (2016).
8. Çetin, E., “Bulanık mantığın üretim planlamada uygulaması ve mevcut durum ile karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 117 (2019).
9. Janarthanan, R., Balamurali, R., Annapoorani, A. and Vimala, V., “Prediction of rainfall using fuzzy logic”, *Meterials Today: Proceedings*, 37: 959-963 (2021).
10. Keskenler, M. F., Keskenler, E. F., “Bulanık mantığın tarihi gelişimi”, *Takvim-i Vekayi*, 5(1): 1-10 (2017).



11. Karataş, İ., “Bulanık mantık ile klasik ve sembolik mantık ilişkisi(karşılaştırılması)”, *European Journal of Educational & Social Sciences*, 3(2): 144-163 (2018).
12. Çelik, N., “Designing a fuzzy logic controller for a single intersection: a case study in Gaziantep”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü*, 111 (2016).
13. Demirtaş, G., “Tekstil sektöründe tedarikçi seçiminin bulanık mantık ile uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 101 (2019).
14. Açıkgöz, N., “EFQM mükemmellik modeli ölçüm performansının bulanık mantık yaklaşımı ile iyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 94 (2019).
15. Li, K., Ma, Z., Robinson, D., Lin, W. and Li, Z., “A data-driven strategy to forecast next-day electricity usage and peak electricity demand of a building portfolio using cluster analysis, Cubist regression models and Particle Swarm Optimization”, *Journal of Cleaner Production*, 273:123115 (2020).
16. Runge, J., Zmeureanu, R. and Cam, M., “Hybrid short-term forecasting of the electric demand of supply fans usinh machine learning”, *Journal of Building Engineering*, 20:101144 (2020).
17. Özdülkar, K., Üneş, F., Demirci, M. ve Kaya, Y. Z., “Günlük buharlaşma miktarının bulanık mantık yöntemleri kullanılarak bölgesel olarak modellenmesi”, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (1) : 23-29 (2019).
18. İncekara, Ç. Ö., “Türkiye ve AB’nin enerji stratejileri ve politikaları”, *Journal of Turkish Operations Management*, 3 : 298-313 (2019).
19. Zadeh, L. A., “Fuzzy algorithms”, *Information and Control*, 12: 94-102 (1968).
20. Özkan, E., Güler, E. ve Aladağ, Z., “Elektrik enerjisi tüketim verileri için uygun tahmin yöntemi seçimi” *Endüstri Mühendisliği*, 31(2) :198-214 (2020).
21. Metin, H. H., “Yapay sinir ağları yöntemiyle Türkiye’de elektrik enerjisi tüketimi tahminlemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 94 (2018).

22. Çağlayan, N., “Türkiye’nin Alt Sektörler Bazında Yapay Sinir Ağları ile Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2030 yılına kadar tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 90 (2016).
23. Yükseltan, E., “Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin zaman serileri ile analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kadir Has Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 78 (2016).
24. Anfar, M. K., “Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikaları ile AB 2030 enerji stratejileri ile uyumu”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 107 (2017).
25. Tutun, S., “Yapay zeka teknikleri ile elektrik enerjisi net tüketim tahmini: Türkiye örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 152 (2012).
26. Rezk, H., Inayat, A., Abdelkareem, M. A., Olabi, A. G. and Nassef, A. M., “Optimal operating parameter determination based on fuzzy logic modeling and marine predators algorithm approaches to improve the methane production via biomass gasification”, *Energy*, 239 : 122072 (2022):
27. Yılmaz, M., “Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4 (2) : 33-54 (2012).
28. Tang, L., Wang, X., Wang, X., Shao, C., Liu, S. and Tian, S., “Long-term electricity consumption forecasting based on expert prediction and fuzzy Bayesian theory”, *Energy*, 167: 1144-1154 (2019).
29. Çevik, H.H. and Çunkaş, M., “Short-term load forecasting using fuzzy logic and ANFIS”, *Neural Computing Applications*, 26 : 1355-1367 (2015).
30. Baliyan, A., Gaurav, K. and Mishra, S. K., “A review of short term load forecasting using artificial neural network models”, *Procedia Computer Science*, 48 : 121-125 (2015).
31. Khwaja, A. S., Naeem, M., Anpalagan, A., Venetsanopoulos, A. and Venkatesh, B., “Improved short-term load forecasting using bagged neural networks”, *Electric Power Systems Research*, 125 : 109-115 (2015).
32. Raza, M. Q. and Khosravi, A., “A review on artificial intelligence based load demand forecasting techniques for smart grid and buildings”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50 : 1352-1372 (2015).

33. Akgül, H. ve Gözen, M., “Elektrik üretiminde kaynak tercihini etkileyen faktörlere ilişkin bir değerlendirme”, *Journal of Humanities and Tourism Research*, 10(4) : 919-938 (2020):
34. Özdemir, O. ve Kalıncara, Y., “Bulanık mantık: 2000-2020 yılları arası tez ve makale çalışmalarına yönelik bir içerik analizi”, *ACTA Infologica*, 4(2) : 155-174 (2020).
35. Ateş, V., “Türkiye’nin kısa dönemli elektrik tüketiminin yapay zeka teknikleri kullanılarak tahmin edilmesi”, Doktora Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 111 (2019).
36. Güneş, M. ve İncekırık, A., “Ege bölgesinde faaliyet gösteren KOSGEB kapsamındaki farklı ölçeklerdeki şirketlerin (KOBİ) bulanık kümeleme analizi ile gruplandırılması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(4) : 314-323 (2016).
37. Ross, T. J., “Fuzzy Logic With Engineering Applications 3<sup>rd</sup> ed.”, *A John Wiley and Soons*, New York, 602 (2010).
38. Zadeh, L. A., “Fuzzy sets”, *Information and Control*, 8 : 338-353 (1965).
39. Pirbazari, A., Farmanbar, M., Chakravorty, A. AND Rong, C., “Short-term load forecasting using smart meter data: a generalization analysis”, *Processes*, 8 : 484-505 (2020).
40. Hassan, S., Khanesar, M.A., Jaafar, J. and Khosravi, A., “Optimal parameters of an ELM-based interval type 2 fuzzy logic system: a hybrid learning algorithm”, *Neural Computing and Applications*, 29 : 1001-1014 (2018).
41. Hernandez, L., Baladron, C., Aguiar, J. M., Carro, B., E., Esguevillas, A. S. and Llort, J., “Optimal parameters of an ELM-based interval type 2 fuzzy logic system: a hybrid learning algorithm”, *Energy*, 75 : 252-264 (2014).
42. Chaturvedi, D. K., Sinha, A. P. and Malik, O. P., “Short term load forecast using fuzzy logic and wavelet transform integrated generalized neural network”, *Electrical Power and Energy Systems*, 67 : 230-237 (2015).
43. Yükseltan, E., Yücekaya, A. and Bilge A. H., “Forecasting electricity demand for Turkey: Modeling periodic variations and demand segregation”, *Applied Energy*, 193 : 287-296 (2017).

44. Najmi, M. and Dalimi, R., “Electrical energy needs projection of Bangka Belitung province in 2019-2033 using fuzzy logic”, *International Conference on Electrical Engineering and Computer Science*, Bandung, 176-180 (2019).
45. Busisiwe, R. L., Mbuyu, S. and Reginald, N. N., “A fuzzy logic based residential electrical energy optimization system based on time of use tariffs”, *International Energy Journal*, 21 : 415-426 (2021).
46. Çelik, A. N. and Özgür, E., “Review of Turkey’s photovoltaic energy status: Legal structure, existing installed power and comparative analysis”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134 : 1120344 (2020).
47. Internet: EPIAŞ, “Şeffaflık Platformu-Gerçek Zamanlı Üretim Verileri”, <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/gerçeklesen-uretim/gerçek-zamanli-uretim.xhtml> (2022).
48. Internet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Sıcaklık Analizleri”, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx> (2022).
49. Gosmann, L., Geitner, C., Wieler, N., “Data-driven forward osmosis model development using multiple linear regression and artificial neural networks”, *Computer and Chemical Engineering*, 165 : 107933 (2022).
50. Eberly, L. E., “Methods in Molecular Biology, vol. 404: Topics in Biostatistics Edited by: W. T. *Ambrosius* © *Humana Press Inc.*, Totowa, NJ 165 – 187 (2007).
51. Aiken, L. S., West, S. G., Pitts, S. C., Baraldi, A. N. and Wurpts, I. C., “*Handbook of Psychology, Second Edition, edited by Irving B. Weiner. John Wiley & Sons, Inc*, 511 – 542 (2012).
52. Şahin, H. and Esen, H., “The usage of renewable energy sources and its effects on GHG emission intensity of electricity generation in Turkey”, *Renewable Energy*, 192 : 859 – 869 (2022).
53. Hamam, A. and Georganas, N. D., “A comparison of mamdani and sugeno fuzzy inference systems for evaluating the quality of experience of haptic-audio-visual applications”, IEEE International Workshop on Haptic Audio visual Environments and Games, *Ottawa (Canada)*, (2008).
54. Kişi, Ö., “Applicability of Mamdani and Sugeno fuzzy genetic approaches for modeling reference evapotranspiration”, *Journal of Hydrology*, 504 : 160-170 (2013).

55. Uğur, D., “Mamdani Tip Bulanık Mantık Tabanlı Sera İklim Denetim Sistemi Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 63 (2021).
56. Ünsal, S. ve Alışkan, İ., “Mamdani ve Takagi-Sugeno Çıkarım Yöntemlerine Sahip Bulanık Mantık Denetleyicilerin Özgün Yazılım ve Araç Kutusu Performans Analizi”, *ELECO2016*, (2016).
57. Sulandari, W., Subanar, Lee, M. H. and Rodrigues, P. C. “Indonesian electricity load forecasting using singular spectrum analysis, fuzzy systems and neural networks”, *Energy*, 190 : 116408 (2020).
58. Internet: EPDK, “Elektrik Yıllık Sektör Raporu”, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24-3/elektrikyillik-sektor-raporu> (2022).

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**KULLANILAN VERİLER**

Tarih	Bir Önceki Gün Üretim Miktarı (MW)	Ortalama Sıcaklık	En Düşük Sıcaklık	En Yüksek Sıcaklık	Üretim Miktarı (MW)
3.01.2020	847481,76	2,8	-0,6	7,3	866071,5
15.02.2020	879283,58	4,4	0,5	9,2	845263,39
7.03.2020	813379,46	9,1	4,6	14,8	756687,03
19.04.2020	572006,6	11,8	6,4	17,9	544035,42
28.05.2020	628409,79	17,2	11,1	23,9	677486,94
25.06.2020	796162,01	21,3	14,9	28,1	809242,68
9.07.2020	904283,89	25,6	19	32,5	897385,03
7.08.2020	795227,78	24,8	17,9	32	899465,55
14.09.2020	781303,49	23,6	17	31	889343,54
12.10.2020	679345,88	18,1	11,9	25,6	783673,55
24.11.2020	834991,5	9,3	4,8	15,1	863151,57
8.12.2020	848571,82	6,7	3,1	11,5	882561,05
9.01.2021	863425,23	4,9	1	9,9	814352,49
13.02.2021	843068,29	4,4	1,1	11,6	791656,27
27.03.2021	909239,22	6,7	2,1	12,2	838665,64
3.04.2021	870213	13	7,7	19,2	789370,63
10.05.2021	716296,92	19	12,1	26,3	757334,5
8.06.2021	811463,56	21,3	15	28	844419,28
12.07.2021	882669,47	26	19,5	32,7	996349,09
30.08.2021	880701,59	25,7	19	32,8	923820,22
14.09.2021	892236,47	20,1	14,2	26,9	906665
11.10.2021	711206,9	14,7	9,1	21,4	813148,37
19.11.2021	899959,31	11	6,5	16,9	908727,92
26.12.2021	920324,4	5,6	2,2	10,2	824893,59
17.01.2020	879182,53	2,8	-0,6	7,3	886938,48
1.02.2020	858916,66	4,4	0,5	9,2	806365,33
25.03.2020	761294,38	9,1	4,6	14,8	759940,2
7.04.2020	659263,12	11,8	6,4	17,9	661779,09
12.05.2020	663683,66	17,2	11,1	23,9	686240,28
15.06.2020	641964,39	21,3	14,9	28,1	756352,89
3.07.2020	893648,22	25,6	19	32,5	903955,85
28.08.2020	927147,77	24,8	17,9	32	926806,38
28.09.2020	730998,37	23,6	17	31	831998,91
5.10.2020	693259,86	18,1	11,9	25,6	801560,37
15.11.2020	718229,73	9,3	4,8	15,1	818779,9
5.12.2020	862432,32	6,7	3,1	11,5	801263,22

10.01.2021	814352,49	4,9	1	9,9	744889,3
26.02.2021	870705,94	4,4	1,1	11,6	846738,21
7.03.2021	829870,54	6,7	2,1	12,2	750525,04
23.04.2021	821423,61	13	7,7	19,2	752867,27
2.05.2021	725408,36	19	12,1	26,3	702055,04
2.06.2021	821620,23	21,3	15	28	821472,78
24.07.2021	774583,07	26	19,5	32,7	815319,55
15.08.2021	955203,54	25,7	19	32,8	860774,83
21.09.2021	873432,02	20,1	14,2	26,9	888421,04
4.10.2021	715654,06	14,7	9,1	21,4	812864,04
24.11.2021	906138,16	11	6,5	16,9	931448,92
19.12.2021	931564,26	5,6	2,2	10,2	837403,67
7.01.2020	887514,65	2,8	-0,6	7,3	895498,78
26.02.2020	824633,04	4,4	0,5	9,2	808136,65
21.03.2020	838468,81	9,1	4,6	14,8	756768,53
4.04.2020	707728,6	11,8	6,4	17,9	655521,88
29.05.2020	677846,94	17,2	11,1	23,9	680983,84
8.06.2020	630692,9	21,3	14,9	28,1	743840,46
13.07.2020	780867,02	25,6	19	32,5	881788,02
19.08.2020	923190,36	24,8	17,9	32	939533,4
21.09.2020	746481,35	23,6	17	31	835975,7
19.10.2020	679761,61	18,1	11,9	25,6	782342,55
9.11.2020	695010,22	9,3	4,8	15,1	793718
31.12.2020	842706,17	6,7	3,1	11,5	796901,67
23.01.2021	904334,31	4,9	1	9,9	825854,4
28.02.2021	778821,68	4,4	1,1	11,6	721999,08
14.03.2021	818904,97	6,7	2,1	12,2	756581,97
18.04.2021	797315,02	13	7,7	19,2	729780,65
14.05.2021	560228,73	19	12,1	26,3	582938,04
21.06.2021	739714,77	21,3	15	28	852517,5
18.07.2021	971544,48	26	19,5	32,7	899816,03
22.08.2021	961890,11	25,7	19	32,8	870087,93
27.09.2021	713437,1	20,1	14,2	26,9	822445,01
18.10.2021	722457,1	14,7	9,1	21,4	822536,25
22.11.2021	770591,49	11	6,5	16,9	869843,66
31.12.2021	925526,42	5,6	2,2	10,2	863240,67
24.01.2020	882476,46	2,8	-0,6	7,3	872273,8
22.02.2020	874054,77	4,4	0,5	9,2	834557,75
15.03.2020	763848,16	9,1	4,6	14,8	683703,44



12.04.2020	542665,88	11,8	6,4	17,9	513058,89
26.05.2020	460893,7	17,2	11,1	23,9	485475,02
1.06.2020	576347,01	21,3	14,9	28,1	691574,43
18.07.2020	900609,71	25,6	19	32,5	872455,48
12.08.2020	937139,1	24,8	17,9	32	944804,79
15.09.2020	889343,54	23,6	17	31	908876,75
26.10.2020	679645,96	18,1	11,9	25,6	769439,91
2.11.2020	670986,15	9,3	4,8	15,1	776850,84
12.12.2020	872442,73	6,7	3,1	11,5	822815,56
30.01.2021	913261,82	4,9	1	9,9	843858
25.02.2021	866441,01	4,4	1,1	11,6	870705,94
21.03.2021	855010,72	6,7	2,1	12,2	742700,71
11.04.2021	823657,8	13	7,7	19,2	755540,82
23.05.2021	779923,26	19	12,1	26,3	706051
27.06.2021	897027,03	21,3	15	28	814288,94
11.07.2021	962382,29	26	19,5	32,7	882669,47
29.08.2021	980622,38	25,7	19	32,8	880701,59
20.09.2021	760567,48	20,1	14,2	26,9	873432,02
25.10.2021	720795,22	14,7	9,1	21,4	835590,68
15.11.2021	753521,02	11	6,5	16,9	865057,15
25.12.2021	961944,42	5,6	2,2	10,2	920324,4
29.01.2020	866795,7	2,8	-0,6	7,3	860185,19
19.02.2020	848251,35	4,4	0,5	9,2	844687,03
8.03.2020	756687,03	9,1	4,6	14,8	664786,68
26.04.2020	616062,9	11,8	6,4	17,9	589706,33
14.05.2020	695121,05	17,2	11,1	23,9	704045,46
22.06.2020	664831,86	21,3	14,9	28,1	769114,75
21.07.2020	915750,64	25,6	19	32,5	936123,65
10.08.2020	815638,23	24,8	17,9	32	906086,17
8.09.2020	897352,32	23,6	17	31	926157,52
30.10.2020	728747,09	18,1	11,9	25,6	762178,25
30.11.2020	740332,86	9,3	4,8	15,1	860576,86
19.12.2020	869131,64	6,7	3,1	11,5	817589,95
17.01.2021	839575,06	4,9	1	9,9	764483,94
20.02.2021	912670,23	4,4	1,1	11,6	831232,13
29.03.2021	838665,64	6,7	2,1	12,2	718133,95
7.04.2021	864840,78	13	7,7	19,2	825217,79
29.05.2021	831475,09	19	12,1	26,3	789138,26
17.06.2021	839734,21	21,3	15	28	842648,85

3.07.2021	1016930,82	26	19,5	32,7	954048,04
2.08.2021	931888,12	25,7	19	32,8	1043663,65
10.09.2021	938674,53	20,1	14,2	26,9	921218,3
20.10.2021	847018,68	14,7	9,1	21,4	842465,87
8.11.2021	722747,62	11	6,5	16,9	825958,86
12.12.2021	875530,99	5,6	2,2	10,2	778131,99
10.01.2020	892421,87	2,8	-0,6	7,3	877197,93
8.02.2020	885123,24	4,4	0,5	9,2	847722,66
1.03.2020	811978,31	9,1	4,6	14,8	705490,8
17.04.2020	661831,73	11,8	6,4	17,9	638701,77
5.05.2020	668402,79	17,2	11,1	23,9	685052,6
26.06.2020	809242,68	21,3	14,9	28,1	814914,32
25.07.2020	942058,68	25,6	19	32,5	905002,2
4.08.2020	723165,77	24,8	17,9	32	869047,83
3.09.2020	944571,96	23,6	17	31	954711,79
6.10.2020	801560,37	18,1	11,9	25,6	828858,12
23.11.2020	731836,55	9,3	4,8	15,1	834991,5
25.12.2020	891962,18	6,7	3,1	11,5	873304,4
16.01.2021	894630,39	4,9	1	9,9	839575,06
4.02.2021	851265,84	4,4	1,1	11,6	840208,95
12.03.2021	904041,92	6,7	2,1	12,2	867090,87
4.04.2021	789370,63	13	7,7	19,2	719398,63
30.05.2021	789138,26	19	12,1	26,3	708812,58
14.06.2021	708247,62	21,3	15	28	817781,74
5.07.2021	830776,8	26	19,5	32,7	947392,07
25.08.2021	994596,52	25,7	19	32,8	1016604,62
3.09.2021	977361,61	20,1	14,2	26,9	946076,78
26.10.2021	835590,68	14,7	9,1	21,4	851640,03
1.11.2021	723936,57	11	6,5	16,9	849872,38
31.12.2021	925526,42	5,6	2,2	10,2	863240,67

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**BULANIK MANTIK TAHMİN SONUÇLARI**

Üretim Miktarı (MW)	Ortalama Sıcaklık Tahmin Verileri (MW)	En Düşük Sıcaklık Tahmin Verileri (MW)	En Yüksek Sıcaklık Tahmin Verileri (MW)
866071,50	841000,00	837000,00	837000,00
845263,39	861000,00	870000,00	828000,00
756687,03	736000,00	800000,00	719000,00
544035,42	540000,00	540000,00	540000,00
677486,94	659000,00	659000,00	659000,00
809242,68	833000,00	833000,00	833000,00
897385,03	912000,00	912000,00	912000,00
899465,55	894000,00	894000,00	894000,00
889343,54	899000,00	899000,00	899000,00
783673,55	799000,00	759000,00	799000,00
863151,57	853000,00	832000,00	913000,00
882561,05	842000,00	844000,00	827000,00
814352,49	850000,00	859000,00	846000,00
791656,27	832000,00	839000,00	791000,00
838665,64	831000,00	882000,00	784000,00
789370,63	746000,00	805000,00	738000,00
757334,50	707000,00	715000,00	705000,00
844419,28	832000,00	832000,00	832000,00
996349,09	910000,00	910000,00	910000,00
923820,22	910000,00	908000,00	910000,00
906665,00	919000,00	913000,00	919000,00
813148,37	819000,00	879000,00	821000,00
908727,92	890000,00	888000,00	919000,00
824893,59	896000,00	903000,00	845000,00
886938,48	879000,00	863000,00	868000,00
806365,33	848000,00	854000,00	821000,00
759940,20	696000,00	759000,00	692000,00
661779,09	626000,00	626000,00	626000,00
686240,28	681000,00	681000,00	664000,00
756352,89	746000,00	747000,00	747000,00
903955,85	912000,00	912000,00	911000,00
926806,38	910000,00	910000,00	910000,00
831998,91	844000,00	844000,00	844000,00
801560,37	807000,00	766000,00	807000,00
818779,90	759000,00	719000,00	828000,00
801263,22	857000,00	857000,00	828000,00
744889,30	804000,00	812000,00	804000,00

846738,21	858000,00	866000,00	793000,00
750525,04	787000,00	835000,00	739000,00
752867,27	706000,00	760000,00	695000,00
702055,04	712000,00	721000,00	712000,00
821472,78	832000,00	832000,00	832000,00
815319,55	894000,00	895000,00	895000,00
860774,83	910000,00	910000,00	910000,00
888421,04	916000,00	910000,00	916000,00
812864,04	823000,00	757000,00	826000,00
931448,92	894000,00	892000,00	919000,00
837403,67	902000,00	909000,00	845000,00
895498,78	879000,00	867000,00	876000,00
808136,65	814000,00	822000,00	783000,00
756768,53	760000,00	827000,00	723000,00
655521,88	670000,00	671000,00	652000,00
680983,84	691000,00	691000,00	690000,00
743840,46	737000,00	737000,00	737000,00
881788,02	899000,00	899000,00	899000,00
939533,40	910000,00	910000,00	910000,00
835975,70	864000,00	864000,00	864000,00
782342,55	799000,00	760000,00	799000,00
793718,00	739000,00	693000,00	808000,00
796901,67	837000,00	837000,00	826000,00
825854,40	873000,00	888000,00	845000,00
721999,08	777000,00	794000,00	744000,00
756581,97	774000,00	833000,00	737000,00
729780,65	683000,00	740000,00	674000,00
582938,04	592000,00	592000,00	592000,00
852517,50	820000,00	820000,00	820000,00
899816,03	915000,00	915000,00	915000,00
870087,93	911000,00	911000,00	911000,00
822445,01	823000,00	816000,00	823000,00
822536,25	830000,00	764000,00	832000,00
869843,66	845000,00	789000,00	892000,00
863240,67	899000,00	906000,00	845000,00
872273,80	875000,00	864000,00	871000,00
834557,75	859000,00	867000,00	828000,00
683703,44	699000,00	762000,00	694000,00
513058,89	509000,00	510000,00	509000,00
485475,02	496000,00	496000,00	496000,00
691574,43	685000,00	685000,00	685000,00

872455,48	912000,00	912000,00	912000,00
944804,79	910000,00	910000,00	910000,00
908876,75	919000,00	919000,00	919000,00
769439,91	799000,00	760000,00	799000,00
776850,84	728000,00	679000,00	794000,00
822815,56	867000,00	867000,00	827000,00
843858,00	880000,00	894000,00	845000,00
870705,94	855000,00	861000,00	793000,00
742700,71	813000,00	850000,00	743000,00
755540,82	709000,00	763000,00	698000,00
706051,00	701000,00	711000,00	701000,00
814288,94	833000,00	833000,00	833000,00
882669,47	912000,00	912000,00	912000,00
880701,59	915000,00	915000,00	915000,00
873432,02	882000,00	874000,00	881000,00
835590,68	829000,00	763000,00	831000,00
865057,15	822000,00	774000,00	873000,00
920324,40	902000,00	919000,00	845000,00
860185,19	861000,00	858000,00	857000,00
844687,03	837000,00	844000,00	811000,00
664786,68	692000,00	756000,00	688000,00
589706,33	585000,00	585000,00	585000,00
704045,46	701000,00	704000,00	701000,00
769114,75	761000,00	761000,00	761000,00
936123,65	912000,00	912000,00	912000,00
906086,17	902000,00	902000,00	902000,00
926157,52	919000,00	919000,00	919000,00
762178,25	841000,00	791000,00	841000,00
860576,86	798000,00	747000,00	856000,00
817589,95	864000,00	864000,00	827000,00
764483,94	830000,00	836000,00	830000,00
831232,13	883000,00	895000,00	796000,00
718133,95	797000,00	836000,00	740000,00
825217,79	742000,00	801000,00	734000,00
789138,26	724000,00	732000,00	724000,00
842648,85	832000,00	832000,00	832000,00
954048,04	919000,00	919000,00	919000,00
1043663,65	910000,00	910000,00	910000,00
921218,30	919000,00	913000,00	919000,00
842465,87	909000,00	809000,00	911000,00
825958,86	767000,00	740000,00	833000,00

778131,99	866000,00	870000,00	845000,00
877197,93	883000,00	871000,00	877000,00
847722,66	865000,00	874000,00	828000,00
705490,80	735000,00	799000,00	719000,00
638701,77	628000,00	628000,00	629000,00
685052,60	684000,00	684000,00	684000,00
814914,32	832000,00	732000,00	832000,00
905002,20	912000,00	912000,00	912000,00
869047,83	833000,00	833000,00	833000,00
954711,79	919000,00	919000,00	919000,00
828858,12	908000,00	877000,00	908000,00
834991,50	783000,00	737000,00	845000,00
873304,40	883000,00	884000,00	827000,00
839575,06	867000,00	882000,00	845000,00
840208,95	840000,00	847000,00	792000,00
867090,87	825000,00	860000,00	779000,00
719398,63	676000,00	734000,00	670000,00
708812,58	701000,00	711000,00	701000,00
817781,74	787000,00	787000,00	787000,00
947392,07	908000,00	908000,00	908000,00
1016604,62	916000,00	916000,00	916000,00
946076,78	922000,00	922000,00	922000,00
851640,03	911000,00	851000,00	913000,00
849872,38	768000,00	741000,00	835000,00
863240,67	900000,00	906000,00	845000,00

**EK AÇIKLAMALAR C.**

**ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON TAHMİN SONUÇLARI**



Üretim Miktarı (MW)	Ortalama Sıcaklık Tahmin Verileri (MW)	En Düşük Sıcaklık Tahmin Verileri (MW)	En Yüksek Sıcaklık Tahmin Verileri (MW)
866071,50	775814,9708	775799,263	774380,2794
845263,39	807765,5151	806844,9559	806798,3448
756687,03	780882,8561	780897,3515	780664,0445
544035,42	630956,5633	630910,5455	630200,4953
677486,94	688244,6171	688592,4204	687912,3659
809242,68	817711,0554	818331,2519	817420,0288
897385,03	907384,0734	908968,3636	906877,2162
899465,55	838735,6918	839443,656	838665,3545
889343,54	833386,1812	834214,4931	833969,0013
783673,55	758731,2342	758161,8624	760299,8345
863151,57	850387,2132	849042,8906	850766,2782
882561,05	860387,9139	859983,1287	859284,7342
814352,49	791402,2587	790993,5841	790652,7697
791656,27	783318,7095	784275,8653	787252,396
838665,64	840078,0763	838064,2679	840270,0586
789370,63	835015,1337	834354,1695	835312,9126
757334,50	751707,5692	750291,2317	752592,1234
844419,28	828040,229	828864,2584	827595,1774
996349,09	893712,4617	895898,705	892627,3472
923820,22	898501,786	899807,8041	898352,1704
906665,00	900229,1709	900633,1116	900659,5132
813148,37	772427,161	771608,0399	773116,1757
908727,92	898148,9326	897362,0257	898633,0226
824893,59	906296,5753	905513,3543	905255,7075
886938,48	797214,2902	797036,4648	795894,9263
806365,33	794017,0091	793200,6063	792975,7439
759940,20	745723,2916	746004,1501	745314,9945
661779,09	689858,2918	689366,0442	689419,663
686240,28	712055,9255	712223,3383	711852,0007
756352,89	713621,3398	715030,1029	712769,3422
903955,85	900204,5601	901843,2411	899659,0103
926806,38	927787,0938	927820,4191	928196,6814
831998,91	799428,1627	800513,735	799827,9728
801560,37	768123,7412	767483,2132	769742,9605
818779,90	771568,2312	770821,0283	771522,5169
801263,22	869744,3197	869268,6518	868691,5645
744889,30	758276,1472	758118,4306	757348,1316
846738,21	801975,2564	802791,0733	806009,4887

750525,04	786500,9632	784893,0463	786404,2022
752867,27	802080,2951	801668,8398	802200,5782
702055,04	757858,1647	756395,2314	758775,8664
821472,78	834896,3977	835668,4858	834488,2961
815319,55	820749,7102	823488,7073	819271,3774
860774,83	948793,6568	949718,6719	948915,0793
888421,04	887535,3962	888035,5029	887897,3279
812864,04	775429,1763	774587,3125	776134,3698
931448,92	902319,9097	901501,4041	902826,4783
837403,67	913883,9416	913043,24	912883,9644
895498,78	802838,8129	802618,3769	801549,7611
808136,65	770874,16	770233,0836	769708,171
756768,53	797819,196	797705,3845	797691,6595
655521,88	722574,4779	721834,3778	722312,1665
680983,84	721616,7202	721711,702	721464,3214
743840,46	706012,6219	707479,0274	705119,6187
881788,02	824072,626	826288,0701	823116,7783
939533,40	925115,6798	925169,2433	925510,8703
835975,70	809879,809	810886,2014	810335,9461
782342,55	759011,869	758440,3711	760581,9817
793718,00	755894,1099	755265,6517	755763,9231
796901,67	856428,3597	856053,5713	855303,8407
825854,40	819017,565	818399,6813	818416,9032
721999,08	739949,6137	741235,3266	743649,571
756581,97	779098,7539	777546,9148	778962,1001
729780,65	785806,0084	785517,8444	785838,5845
582938,04	646355,1421	645736,9374	646671,9202
852517,50	779606,8541	780797,8067	778900,7804
899816,03	953706,7373	955438,4739	952944,9501
870087,93	953307,3657	954198,1857	953453,114
822445,01	779532,2654	780850,5861	779312,1356
822536,25	780021,5072	779144,8526	780751,4502
869843,66	810820,35	810695,0301	810833,7998
863240,67	909808,1521	908998,328	908786,2092
872273,80	799437,828	799243,1574	798130,4474
834557,75	804235,854	803342,0349	803249,6612
683703,44	747447,1978	747714,9963	747048,1914
513058,89	611150,3743	611254,405	610287,5648
485475,02	575164,3881	576368,8688	574222,7134
691574,43	669326,918	671071,2484	668236,2044
872455,48	904903,8512	906506,9312	904383,6274

944804,79	934531,6512	934513,8808	934977,5872
908876,75	906317,6446	906593,4397	907293,5144
769439,91	758933,8005	758362,894	760503,4925
776850,84	739676,8777	739171,2785	739459,2913
822815,56	876501,7569	875974,8958	875485,4196
843858,00	825044,0002	824380,4613	824475,8167
870705,94	799096,2538	799933,8815	803114,9702
742700,71	803471,6154	801735,1316	803466,3144
755540,82	803588,465	803165,584	803716,876
706051,00	794657,9574	792916,2348	795773,9842
814288,94	885799,0794	886185,5371	885665,3077
882669,47	947521,8834	949300,4754	946726,7642
880701,59	965952,416	966747,4392	966166,3122
873432,02	811347,2043	812424,5002	811298,5348
835590,68	778899,6701	778031,5143	779623,5671
865057,15	799297,0829	799259,0614	799248,4303
920324,40	934391,7952	933395,7295	933502,341
860185,19	788852,6721	788738,1929	787488,2449
844687,03	786817,4876	786055,6272	785737,422
664786,68	742613,1414	742917,5619	742188,0828
589706,33	660696,3721	660425,0504	660100,5809
704045,46	733277,4527	733284,0947	733187,8971
769114,75	729057,8196	730349,6385	728289,0139
936123,65	915124,5998	916650,249	914659,4586
906086,17	852513,5824	853117,1675	852517,4983
926157,52	911723,8994	911958,7377	912728,9052
762178,25	792079,0764	791257,0668	793827,3983
860576,86	786488,7501	785628,5119	786523,4471
817589,95	874266,6354	873756,7072	873238,2523
764483,94	775302,4161	775015,7112	774466,1601
831232,13	830302,8727	830904,0842	834489,771
718133,95	792438,0163	790785,1212	792373,2519
825217,79	831388,665	830755,1742	831666,8997
789138,26	829457,5562	827452,1976	830761,1286
842648,85	847124,0769	847803,5301	846781,8739
954048,04	984344,3777	985844,0085	983747,706
1043663,65	933054,7924	934099,0426	933091,3934
921218,30	931576,7654	931743,2219	932176,0493
842465,87	864105,6808	862592,0182	865288,7787
825958,86	778523,7762	778643,1298	778363,17
778131,99	876059,187	875505,0395	874855,3608

877197,93	806151,3875	805905,8561	804880,1883
847722,66	811707,5251	810757,1018	810761,5994
705490,80	779937,0224	779958,6833	779713,1135
638701,77	691592,2089	691086,8254	691162,9247
685052,60	715241,5318	715384,8109	715054,7751
814914,32	826541,0439	827094,3459	826297,6048
905002,20	932883,6054	934274,7153	932514,1729
869047,83	790090,8805	791167,3698	789758,3816
954711,79	943599,0925	943592,4494	944775,8832
828858,12	841231,0257	840036,649	843244,2424
834991,50	780753,3925	779936,6044	780757,1799
873304,40	889678,1859	889051,5024	888732,8604
839575,06	812467,0211	811898,7633	811831,0565
840208,95	788852,3919	789767,6254	792815,901
867090,87	836569,6857	834582,4563	836742,7602
719398,63	780443,2194	780195,683	780446,8938
708812,58	800878,4602	799089,6121	802028,0112
817781,74	758365,2377	759717,1133	757544,6865
947392,07	858682,7818	861134,4043	857408,8818
1016604,62	975385,5335	976109,0929	975650,2676
946076,78	957692,1306	957660,7413	958432,1581
851640,03	856391,3122	854936,0925	857532,8351
849872,38	779326,3661	779439,6395	779170,0854
863240,67	909808,1521	908998,328	908786,2092

**EK AÇIKLAMALAR D.**

**BULANIK MANTIK KURALLARI**

1. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
2. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
3. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
4. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
5. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
6. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
7. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
8. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
9. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
10. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
11. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
12. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
13. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
14. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
15. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*

16. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
17. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
18. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
19. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
20. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Düşük*
21. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*
22. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
23. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
24. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
25. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
26. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
27. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
28. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
29. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
30. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*

31. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
32. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
33. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
34. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*
35. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
36. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
37. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
38. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*
39. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
40. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
41. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Düşük*
42. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*
43. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
44. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
45. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*



46. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*
47. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
48. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Düşük; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
49. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
50. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
51. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
52. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Düşük*
53. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Yüksek*
54. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
55. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
56. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
57. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Düşük*
58. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
59. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
60. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek*

61. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
62. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
63. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
64. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Normal; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek*
65. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
66. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Yüksek*
67. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek*
68. *Geçmiş Veriler: Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Normal*
69. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
70. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Yüksek*
71. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek*
72. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek*
73. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Normal*
74. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Yüksek*
75. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek*

76. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Yüksek  
ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
77. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok  
Düşük ise Üretim Miktarı: Yüksek
78. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Düşük  
ise Üretim Miktarı: Yüksek
79. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Yüksek  
ise Üretim Miktarı: Yüksek
80. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok  
Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
81. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok  
Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
82. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük  
ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
83. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek  
ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
84. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok  
Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
85. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok  
Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek
86. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık:  
Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
87. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık:  
Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek
88. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok  
Yüksek ise Üretim Miktarı: Yüksek
89. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok  
Düşük ise Üretim Miktarı: Yüksek
90. Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Düşük  
ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek

91. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
92. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
93. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
94. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
95. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
96. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
97. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
98. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
99. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
100. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Kış; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
101. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
102. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
103. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
104. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: İlkbahar; Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
105. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Yaz; Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*

106. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Yaz;  
Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
107. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Yaz;  
Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
108. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Yaz;  
Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
109. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar;  
Sıcaklık: Çok Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Yüksek*
110. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar;  
Sıcaklık: Düşük ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
111. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar;  
Sıcaklık: Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*
112. *Bir Önceki Gün Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek; Mevsim: Sonbahar;  
Sıcaklık: Çok Yüksek ise Üretim Miktarı: Çok Çok Yüksek*

## ÖZGEÇMİŞ

Beyza ÖZDEM, 2012 yılında Safranbolu Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2018 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2019 yılında Karabük Üniversitesi- Sakarya Üniversitesi ortak programda Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, 2022 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamladı. 2021 yılında İstanbul Aydın Üniversitesi 'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.