



**SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ**  
**Sosyal Bilimler Enstitüsü**  
**İşletme Ana Bilim Dalı**

**ÇOKLU REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE  
TÜRKİYE ENERJİ TALEP TAHMİNİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Feyyaz YÜZÜK**

**Sivas**  
**Ekim 2019**

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Ana Bilim Dalı Başkanlığı

**ÇOKLU REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SINIR AĞLARI  
İLE TÜRKİYE ENERJİ TALEP TAHMİNİ**

Yüksek Lisans Tezi

Feyyaz YÜZÜK

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN

Sivas

Ekim 2019

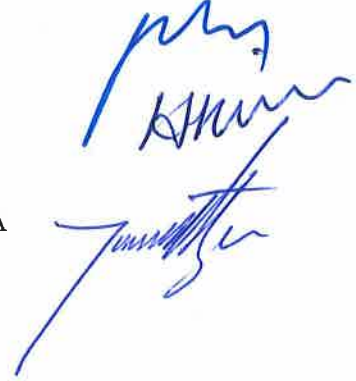
## KABUL VE ONAY

**Üniversite:** : Sivas Cumhuriyet Üniversitesi  
**Enstitü** : Sosyal Bilimler Enstitüsü  
**Ana Bilim Dalı** : İşletme Ana Bilim Dalı  
**Tezin Başlığı** : Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Enerji Talep Tahmini  
**Savunma Tarihi** : 29.08.2019  
**Danışmanı** : Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN

### Unvanı - Adı Soyadı

### İmza

**Jüri Başkanı** : Prof. Dr. Erkan OKTAY  
**Üye** : Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN  
**Üye** : Prof. Dr. Ziya Gökalp GÖKTOLGA  
**Oy Birliği**   
**Oy Çokluğu**



Feyyaz YÜZÜK tarafından hazırlanan “Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Enerji Talep Tahmini” başlıklı tez, kabul edilmiştir.

..!.....!.....

**Prof. Dr. Ahmet ŞENGÖNÜL**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Yüksek Lisans Yeterlik tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Başkalarına ait alıntılanan tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dahil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntıladığım metinlerini, tırnak içerisinde veya farklı dizerek verdiğim yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

25.10.2019  
Feyyaz YÜZÜK  


## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim dönemimde ve tez çalışmamın her aşamasında sabırla yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Hüdaverdi Bircan'a anlayışı ve özverisi için teşekkür ederim. Ayrıca çalışma sürecinde desteklerini esirgemeyen başta Doç.Dr. Necati Alp Erilli ve Doç.Dr. Serkan Akkoyun hocalarım olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma, dostlarıma ve aileme çok teşekkür ederim.





# İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>i</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESİM LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>Literatür Taraması</b> .....	<b>4</b>
1. Enerji Piyasası Literatür Taraması .....	4
2. Regresyon Analizi Literatür Taraması .....	5
3. Yapay Sinir Ağları Literatür Taraması.....	7
<b>BÖLÜM 1</b> .....	<b>11</b>
<b>TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ÜRETİM TARİHİ VE ELEKTRİK PİYASASI..</b>	<b>11</b>
1.1. Osmanlı Dönemi.....	11
1.2. Cumhuriyet Dönemi .....	14
1.3. 2000 Yılı ve Sonrası .....	20
1.4. Özelleştirilen Dağıtım Bölgeleri .....	28
1.4.1. AKEDAŞ (Göksu) Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	29
1.4.2. ADM (Menderes) Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	29
1.4.3. Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	30
1.4.4. Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	31
1.4.5. Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.....	31
1.4.6. Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	32
1.4.7. Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	32
1.4.8. Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	33
1.4.9. Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	33
1.4.10. Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	34
1.4.11. Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş.....	34
1.4.12. Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.....	35

1.4.13. Akdeniz Elektrik A.Ş. ....	35
1.4.14. Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	36
1.4.15. Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	36
1.4.16. Aras Elektrik A.Ş. ....	37
1.4.17. Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	37
1.4.18. İstanbul Anadolu Yakası Elektrik D. A.Ş. ....	38
1.4.19. Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	38
1.4.20. Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş. ....	39
1.4.21. Kayseri ve Civarı Türk A.Ş. ....	40
<b>BÖLÜM 2.....</b>	<b>41</b>
<b>REGRESYON ANALİZİ .....</b>	<b>41</b>
2.1 Giriş .....	41
2.2. Doğrusal Regresyon Analizi.....	41
2.3. Basit Doğrusal Regresyon .....	43
2.3.1. En Küçük Kareler Yöntemi .....	44
2.3.1.1 Parametrelerin Tahmini .....	44
2.3.1.2 Kareler Toplamı İle Katsayı Tahmini.....	46
2.3.1.3 Belirlilik Katsayısı .....	47
2.4. Çoklu Doğrusal Regresyon.....	47
2.4.1 Parametrelerin Tahmini .....	48
2.4.2. Belirlilik Katsayısı .....	51
<b>BÖLÜM 3.....</b>	<b>53</b>
<b>YAPAY SINİR AĞLARI.....</b>	<b>53</b>
3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri.....	53
3.2. Yapay Sinir Ağlarının Kullanıldığı Alanlar .....	55
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı .....	57
3.4. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	62
3.4.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları .....	64
3.4.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	65
<b>BÖLÜM 4.....</b>	<b>67</b>
<b>UYGULAMA .....</b>	<b>67</b>
4.1. Araştırmanın Amacı .....	67



4.2. Araştırmanın Önemi .....	67
4.3. Araştırmanın Sınırları ve Giriş Verilerinin Belirlenmesi .....	67
4.4. Modellerin Kurulması .....	69
4.4.1 Model 0 .....	70
4.4.1.1 Tüm Değişkenler ile Çoklu Regresyon Modeli .....	70
4.4.1.1.1 Normallik Dağılımın Sınanması .....	70
4.4.1.1.2 Çoklu Doğrusal Bağımlılığın Sınanması .....	73
4.4.1.1.3 Otokorelasyonunun Sınanması .....	75
4.4.1.2 Tüm değişkenler ile Yapay Sinir Ağı Modellemesi .....	76
4.4.2. Model 1 .....	79
4.4.2.1. Çoklu Regresyon Modeli .....	79
4.4.2.2. Yapay Sinir Ağı Modeli .....	82
4.4.2.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması .....	83
4.4.3. Model 2 .....	84
4.4.3.1 Çoklu Regresyon Modeli .....	84
4.4.3.2 Yapay Sinir Ağı Modeli .....	85
4.4.3.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması .....	86
4.4.4 Model 3 .....	87
4.4.4.1 Çoklu Regresyon Modeli .....	87
4.4.4.2 Yapay Sini Ağı Modeli .....	89
4.4.4.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması .....	90
4.4.5 Model 4 .....	91
4.4.5.1 Çoklu Regresyon Modeli .....	91
4.4.5.2 Yapay Sinir Ağı Modeli .....	92
4.4.5.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması .....	93
4.4.6 Model 5 .....	94
4.4.6.1 Çoklu Regresyon Modeli .....	94
4.4.6.2 Yapay Sinir Ağı Modeli .....	96
4.4.6.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması .....	97
4.4.7 Model 6 .....	98
4.4.7.1 Çoklu Regresyon Modeli .....	98
4.4.7.2 Yapay Sinir Ağı Modeli .....	100

4.4.7.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması.....	101
4.4.8 Model 7 .....	102
4.4.8.1 Çoklu Regresyon Modeli .....	102
4.4.8.2 Yapay Sinir Ağı Modeli.....	104
4.4.8.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması.....	105
<b>BÖLÜM 5.....</b>	<b>107</b>
<b>TARTIŞMA VE SONUÇLAR .....</b>	<b>107</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>111</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ.....</b>	<b>118</b>



## KISALTMALAR

<b>TEDAŞ</b>	:Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
<b>YSA</b>	:Yapay sinir Ağları
<b>Kw</b>	: Kilowatt
<b>MW</b>	: Megawatt
<b>GWh</b>	: GigaWatt Saat
<b>kWh</b>	:KiloWatt Saat
<b>EİEİ</b>	:Elektrik İşleri Etüd İdaresi
<b>MTA</b>	:Maden Tetkik Arama
<b>DSİ</b>	:Devlet Su İşleri
<b>ÇEAŞ</b>	:Çukurova Elektrik A.Ş.
<b>KEPEZ</b>	:Kepez Elektrik A.Ş.
<b>HES</b>	: Hidro Elektrik Santrali
<b>ETKB</b>	:Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>TEK</b>	:Türkiye Elektrik Kurumu
<b>YİD</b>	:Yap – İşlet – Devret
<b>TEAŞ</b>	:Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş.
<b>TEDAŞ</b>	:Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
<b>EPDK</b>	:Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu
<b>TEİAŞ</b>	:Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
<b>TETAŞ</b>	:Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.
<b>EÜAŞ</b>	:Elektrik Üretim A.Ş.
<b>PMUM</b>	:Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
<b>EPIAŞ</b>	:Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
<b>BİST</b>	:Borsa İstanbul A.Ş.

**GTŞ** :Görevli Tedarik Şirketi  
**VIF** :Varyans Şişkinlik Faktörü  
**DW** :Durbin Watson Testi  
**EKKY** :En Küçük Kareler Yöntemi



## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1.1</b> Dağıtım Lisansı Verilen İşletmeler .....	23
<b>Tablo 1.2</b> EPDK onaylı lisans türleri .....	24
<b>Tablo 1.3</b> Türkiye Yıllar İtibariyle Kurulu Gücü .....	27
<b>Tablo 2.4</b> Dağıtım Şirketlerinin Özelleştirme Durumu.....	28
<b>Tablo 2.1</b> Varyans Analiz Tablosu.....	47
<b>Tablo 3.1</b> Örnek Toplama Fonksiyonları .....	61
<b>Tablo 3.2</b> Örnek Aktivasyon Fonksiyonları .....	62
<b>Tablo 4.1</b> Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Tablosu.....	68
<b>Tablo 4.2</b> Bağımlı değişken ve Bağımsız değişkenlerin Normallik dağılım katsayıları .....	73
<b>Tablo 4.3</b> Bağımlılık Testi sonucu VIF değerleri.....	74
<b>Tablo 4.4</b> Modeller için Durbin Watson Katsayıları .....	76
<b>Tablo 4.5</b> 2018 yılında aylara göre tüketimin YSA ile tahmini .....	79
<b>Tablo 4.6</b> Model 1 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	80
<b>Tablo 4.7</b> Model 1 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	80
<b>Tablo 4.8</b> Model 1 Anova Test Sonucu.....	81
<b>Tablo 4.9</b> Model 1 YSA Eğitim Sonuçları .....	82
<b>Tablo 4.10</b> Model 2 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	84
<b>Tablo 4.11</b> Model 2 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	84
<b>Tablo 4.12</b> Model 2 Anova Test.....	84
<b>Tablo 4.13</b> Model 2 YSA Eğitim Sonuçları .....	86
<b>Tablo 4.14</b> Model 3 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	87
<b>Tablo 4.15</b> Model 3 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	88
<b>Tablo 4.16</b> Model 3 Anova Test Sonucu.....	88
<b>Tablo 4.17</b> Model 3 YSA Eğitim Sonuçları .....	89
<b>Tablo 4.18</b> Model 4 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	91
<b>Tablo 4.19</b> Model 4 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	91
<b>Tablo 4.20</b> Model 4 Anova Test Sonucu.....	91
<b>Tablo 4.21</b> Model 4 YSA Eğitim Sonuçları .....	93
<b>Tablo 4.22</b> Model 5 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	95
<b>Tablo 4.23</b> Model 5 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	95

<b>Tablo 4.24</b> Model 5 Anova Test Sonucu .....	95
<b>Tablo 4.25</b> Model 5 YSA Eğitim Sonuçları .....	97
<b>Tablo 4.26</b> Model 6 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	99
<b>Tablo 4.27</b> Model 6 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	99
<b>Tablo 4.28</b> Model 6 Anova Test Sonucu .....	99
<b>Tablo 4.29</b> Model 6 YSA Eğitim Sonuçları .....	101
<b>Tablo 4.30</b> Model 7 Katsayıları ve Anlamlılıkları .....	103
<b>Tablo 4.31</b> Model 7 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri .....	103
<b>Tablo 4.32</b> Model 7 Anova Test Sonucu .....	103
<b>Tablo 4.33</b> Model 7 YSA Eğitim Sonuçları .....	105
<b>Tablo 5.1</b> Modeller ve Uygulama sonuçları .....	108

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 TEDAŞ Yapılanma Süreci.....	20
Şekil 1.2 AKEDAŞ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	29
Şekil 1.3 ADM Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	30
Şekil 1.4 Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	30
Şekil 1.5 Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	31
Şekil 1.6 Meraç Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	31
Şekil 1.7 Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	32
Şekil 1.8 Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	33
Şekil 1.9 Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	33
Şekil 1.10 Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	34
Şekil 1.11 Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	34
Şekil 1.12 Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	35
Şekil 1.13 Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	35
Şekil 1.14 Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	36
Şekil 1.15 Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	36
Şekil 1.16 Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	37
Şekil 1.17 Aras Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	37
Şekil 1.18 Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	38
Şekil 1.19 AYEDAŞ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	38
Şekil 1.20 Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	39
Şekil 1.21 Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı.....	39
Şekil 1.22 KCETAŞ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı .....	40
Şekil 3.1 Yapay sinir ağlarının kara kutu benzetmesi (Karahan 2011:72). .....	58
Şekil 3.2 YSA'yı oluşturan tabakalar (Barutçu 2013). .....	58
Şekil 3.3 Yapay Sinir Ağı Örneği (Öztemel 2012:30).....	59
Şekil 3.4 YSA Matematiksel Modeli .....	60
Şekil 3.5 Çeşitli YSA Sınıflandırması (Kartalopoulos 1996).....	63
Şekil 3.6 Çeşitli ileri beslemeli yapay sinir ağı mimarileri (Barutçu 2013). .....	64
Şekil 4.1 Bağımlı değişken ve Bağımsız değişkenlerin Normallik dağılımları.....	72
Şekil 4.2 Durbin Watson Karar modeli.....	75

<b>Şekil 4.3</b> Kullanılan YSA'nın yapısı .....	77
<b>Şekil 4.4</b> Eğitim verileri üzerinde YSA sonuçlarının gerçek sonuçlarla karşılaştırılması .....	78
<b>Şekil 4.5</b> 2018 yılında aylara göre gerçek tüketimin YSA ile tahmininin karşılaştırılması .....	79
<b>Şekil 4.6</b> Model 1 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	81
<b>Şekil 4.7</b> Model 1 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	82
<b>Şekil 4.8</b> Model 1 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	83
<b>Şekil 4.9</b> Model 2 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	85
<b>Şekil 4.10</b> Model 2 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	86
<b>Şekil 4.11</b> Model 2 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	87
<b>Şekil 4.12</b> Model 3 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	88
<b>Şekil 4.13</b> Model 1 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	89
<b>Şekil 4.14</b> Model 3 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	90
<b>Şekil 4.15</b> Model 4 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	92
<b>Şekil 4.16</b> Model 4 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	93
<b>Şekil 4.17</b> Model 4 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	94
<b>Şekil 4.18</b> Model 5 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	96
<b>Şekil 4.19</b> Model 5 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	97
<b>Şekil 4.20</b> Model 5 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	98
<b>Şekil 4.21</b> Model 6 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	100
<b>Şekil 4.22</b> Model 6 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	101
<b>Şekil 4.23</b> Model 6 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	102
<b>Şekil 4.24</b> Model 6 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği.....	104
<b>Şekil 4.25</b> Model 7 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği.....	105
<b>Şekil 4.26</b> Model 7 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri.....	106



## RESİM LİSTESİ

<b>Resim 1.1</b> Tarsus 1935 .....	11
<b>Resim 1.2</b> Silahtarağa Elektrik Santrali 1914.....	12
<b>Resim 2.1</b> Regresyon Analizinde Sapmalar .....	46





## ÖZET

Enerji, bir ülkenin ekonomik büyümesinin en önemli unsurlarındandır. Üretimi artan bir ülkenin enerji talebi de artacaktır. Bu kapsamda enerji kaynaklarının yönetimi ve yeni yatırımların doğru bir şekilde yapılması için en önemli husus gelecekteki elektrik tüketiminin tahminidir. Doğru tahmin modelleri ülkelerin elektrik üretimini, yatırım ve alt yapı kararlarını içeren önemli kararların alınmasına yardımcı olacaktır.

Elektrik enerjisi kullanımı ve dağıtımı en kolay olan enerji kaynaklarından biri olmakla beraber ne yazık ki depolanamayan bir enerji kaynağıdır. Bu sebeple elektrik enerjisi arz, talep seviyesine dikkat edilerek, gelecekte ne kadar elektrik enerjisi kullanılacağı tahminlenmesi çok önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin 2010-2017 yılları arasında aylık olarak gerçekleşen elektrik enerjisi verileri kullanılarak Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir ağları modelleri ile elektrik enerjisi tüketimi tahmin modeli oluşturmaktır. Oluşturulan model sonuçları 2018 yılı gerçekleşen elektrik enerjisi tüketimleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada üretim kaynak tiplerine göre Elektrik üretim değerleri (Doğal Gaz, Barajlı, Linyit Kömür, Akarsu, İthal Kömür, Rüzgar, Fuel Oil, Jeotermal, Asfaltit Kömür, Taş Kömür, Biyokütle, Uluslararası Ticaret, Diğer ) nüfus, sıcaklık, çalışılan ve tatil gün sayıları bağımsız değişken olarak kullanılmış bağımlı değişken olarak ise elektrik tüketimi alınmıştır. Tüm değişkenler kullanılarak oluşturulan modelin Çoklu Regresyon Analizi faraziyeleri kontrol edilmiş, faraziyelere uygun olmayan değişkenler modelden çıkarılmış yeni modeller elde edilmiştir. Modeller içinde en uygun modelin 13 bağımsız değişkenli Model1 (HKO=257.541 ve Düzeltilmiş  $R^2=0.96$ ) olmasına rağmen, bu model kararsızlık bölgesine düşmüştür.

Tüm değişkenlerin kullanıldığı yapay sinir ağı modelinin en uygun sonucun verdiği tespit edilmiştir. Kurulan bu yapay sinir ağı modelinin kolerasyon katsayısı 0,9988 ve Hata Kareler Ortalaması ise 15.465 olarak elde edilmiştir. Farklı değişkenler kullanılarak oluşturulan diğer modeller de de Yapay sinir Ağı Modelleri ile yapılan tahminlerin gerçekleştirmelere daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bunun

temel nedeninin Yapay Sinir Ağlarının Çoklu Regresyon Analizinde olduğu gibi bir takım faraziyelere bağlı kalmadan farklı birçok denemeden sonra en optimal sonucu verebilmesi olduğu düşünölmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Elektrik, Yapay Sinir Ağları, Çoklu Regresyon Analizi



## ABSTRACT

Energy is one of the most important elements of a country's economic growth. Energy demand of a country with increasing production will also increase. In this context, the most important aspect for the management of energy resources and for the realization of new investments is the prediction of future electricity consumption. Powerful and correct forecasting models will help to make important decisions that include countries' electricity generation, investment and infrastructure decisions.

Although electrical energy is one of the easiest energy sources to use and distribute, it is unfortunately not an backed-up energy source. For this reason, it is very important to estimate how much electricity will be used in the future by paying attention to the level of electricity supply and demand.

The aim of this study, to get Turkey's electric predictions with Multiple Regression Analysis and Neural networks using electricity data held on a monthly basis between the years 2010-2017. The model results are also compared with the 2018 electricity consumption.

In the study it was taken electricity consumption as dependent variable and electricity generation values (Natural Gas, Dams, Lingite Coal, Stream, Imported Coal, Wind, Fuel Oil, Geothermal, Asphaltite Coal, Stone Coal, Biomass, International Trade, Other), Population, temperature, number of worked and holiday days were used as independent variables. Applying Multiple Regression Analysis, assumptions of the model which were formed by using all variables were checked and the variables which were not suitable for the assumptions were removed from the model and new models were obtained. Although the most appropriate model among the models was Model.1 with 13 independent variables (RMSE = 257.541 and Adjusted R2 = 0.96), this model fell into the zone of inconclusive.

The best result among the different models created in this study was obtained with artificial neural network model using all variables. The correlation coefficient of this artificial neural network model was 0.9988 and the mean error squares was 15.465. Other models created by using different variables have also been found to be

more suitable for predictions made by Artificial Neural Network Models. The main reason for this is thought that Artificial Neural Networks can give the most optimal results after many different trials without being bound to a number of assumptions as in the Multiple Regression Analysis.

**Keywords:** Energy, Electricity, Artificial Neural Networks, Multiple Regression Analysis



## GİRİŞ

Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminin ana etmenlerinden biri olarak, toplumsal yaşamın devam edebilmesi için ihtiyaç duyulan bir çok süreç için vazgeçilmez bir olgudur. Dünyada ve ülkemizde tüketilen elektrik enerjisi, birçok farklı kaynaktan elde edilirken; doğal gaz, kömür ve petrol gibi fosil kaynaklar, bu kaynakların yaklaşık olarak %87'sini oluşturmaktadır. Dünya da birincil enerji tüketiminde en yüksek orana petrol sahip olurken, petrolü kömür ve doğal gaz izlemektedir. Türkiye’de ise durum biraz farklıdır, birincil enerji tüketiminde birinci sırada doğal gaz yer alırken, bunu kömür ve petrol izlemektedir. (Çalışkan 2009)

Elektrik enerjisi ülkelerin büyümesinde ve kalkınmasında ki en önemli etkenlerden biridir. Yaşamın her anında enerji tüketilmekte, olası kesintiler ise büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir.

Elektrik enerjisi, kömür, doğalgaz, su, rüzgar gibi çok değişik ve farklı kaynaktan üretilebilmektedir. Üretim kaynağı yelpazesinin geniş olması ve en büyüğünden en küçüğüne kadar milyonlarca tüketiciye, istenilen kalitede uzak mesafelere iletiminin sağlanabilmesi açısından, kullanımının kolaylığı ve en önemli özelliği olan temizliği nedeni ile diğer enerji türlerine göre bir üstünlüğe sahiptir. Elektrik enerjisinin kullanıldığı alanların çok geniş olması, enerjinin verimli bir türü olması ve hızlı iletilebilmesi nedeni ile nihai tüketimde payı giderek artan tek enerji çeşididir. (Özdemir 2011:25)

Günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçası olan enerji, sosyo-ekonomik yapılarıdaki önemini ve yerini korurken, enerjinin bir parçası olan elektrik enerjisi ağırlığını giderek arttırmaktadır. Nüfus artışı ile beraber sanayileşme ve şehirleşmenin de artacak olması elektrik enerji talebinin de yükselmesine neden olacaktır.

Türkiye’de ki endüstriyel gelişmeler, artan nüfus oranı, ekonomik gelişmeler ve küreselleşme elektrik enerjisi talebinin giderek artmasına neden olmaktadır. Bu durum Türkiye’yi elektrik enerjisi üzerine yoğun araştırmalar yapmaya yöneltmektedir. Türkiye sürdürülebilir bir büyüme ve kalkınma politikasıyla, doğru verilerden de hareket ederek var olan koşulları da dikkate almalıdır. Türkiye

uygulayabileceği enerji politikasını enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, bütün yerli ve yenilenebilir kaynakların tespit ve tüketime sunması, AR-GE çalışmalarının teşvik edilmesi üzerine kurması faydalı olacaktır. Tüm bu nedenlerdir ki yerli ve yenilenebilir kaynaklara ağırlık vererek rekabetçi enerji stratejileri ve politikaları ile enerji arz-talep dengesini oluşturmalıdır. (Özdemir 2011:24)

Dünyada yoğun olarak kullanılan fosil yakıtların Türkiye’de görünen rezervi yeterli düzeyde olmamakla birlikte ülkemizde var olan kömür, hidrolik ve jeotermal enerji kaynakları dünya enerji kaynaklarının yüzde 1’ini oluşturmaktadır. (“BP Statistical Review of World Energy” BP Haziran 2017: [https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de\\_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf))

Ülkemiz bir çok birincil enerji kaynaklarına sahiptir. Ülkemiz petrol, linyit, taş kömürü, uranyum ve toryum gibi fosil rezervleri ile hidrolik, jeotermal, rüzgar, güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir kaynak potansiyeline sahiptir. Bu kapsamda Türkiye’de tüketilmesi öngörülen enerjinin ülkemiz sınırları içerisinde ki kaynaklardan karşılanıyor olması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması beklenmektedir.

İkincil bir enerji türü olan elektrik enerjisi depo edilememekte bu sebeple de talebin olduğu anda talep kadar üretilmesi hayati önem arz etmektedir. Enerji piyasaları üretilmesi gereken enerjiyi istatistiksel sonuçlara göre belirlemekte ve bu doğrultuda üretim planlaması yapmaktadır. Bu sebeple elektrik enerjisi talebinin doğru ve optimum bir şekilde tahmin edilmesi artan bir öneme sahiptir.

Elektrik enerjisi talebinin ekonomik, kaliteli ve güvenilir şekilde karşılanması için üretim, iletim ve gelişim planlamaları yapılmamıştır. Elektrik enerjisinin arz güvenliğinin sağlanarak sürekli bir şekilde kullanıma sunulması, elektrik enerjisini girdi olarak kullanan tüm sektörler açısından hayati öneme sahiptir. 2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, elektrik enerjisinin sürekli, maliyeti düşük, kaliteli ve çevreye uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulabilmesi için elektrik enerjisi talep tahmin çalışmalarının önemini arttırmıştır. (Yavuzdemir 2014:2)



Doğru bir Şekilde yapılacak olan elektrik enerjisi talep tahminleri ile üretim, iletim ve dağıtım sistemlerine yönelik yatırımların ne zaman ve hangi doğrultuda yapılması gerektiği tahmin edilebilir. Bununla birlikte elektrik enerjisi arz güvenliği doğrultusunda stratejiler geliŐtirmek ve yatırım kararları alınması da mümkün kılınabilir.

Elektrik enerjisi tahminin olması gerekenden fazla yapılması özellikle ve uzun vadeli yatırım kararlarının bu doğrultuda alınması, büyük miktardaki kapasitenin atıl hale gelmesine, yatırımlar için harcanan kaynakların yanlış dağılımına ve israfına neden olacaktır. Tahminin olması gerekenin altında yapılması ve bu kapsamda sistem tasarımının ve planlamasının yanlış yapılması halinde ise; bu durumda zaruri enerji kesintileri gibi pek çok sıkıntının ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu da bireysel refah artışının ve ekonomik büyümenin sekteye uğramasına sebep olacaktır. (KeleŐ 2005:2)

Bu çalışmada 2009-2017 yılları arasında Türkiye’de gerçekteŐen elektrik enerjisi aylık üretim ve tüketim değerleri üzerinden regresyon ve Yapay Sinir Ağları yöntemleriyle elektrik tüketimi tahmin edilerek yapılan uygulamanın sonuçları karşılaŐtırılıp yorumlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümde daha önce yapılan çalışmalara atıflarda bulunularak literatür taraması yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümde Türkiye’de elektrik üretiminin kısa tarihçesi verilmiş, belli yıllar için ülkemizin kurulu güçlerine atıfta bulunulmuştur. Elektrik piyasası aktörlerinin tarihsel gelişimi ve elektrik piyasası işleyişinin son durumundan bahsedilerek TEDAŞ özelleŐtirmesi sonrası Türkiye’deki enerji bölgeleri hakkında bilgi verilmiŐtır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde regresyon modellerinin genel yapısı tanımlanarak doğrusal basit regresyon ve doğrusal çoklu regresyon hakkında bilgiler verilmiŐtır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde yapay sinir ağları tanıtılmıŐtır.

Çalışmanın beŐinci bölümünde ise daha önce belirlenen değişkenler ile elektrik enerjisi tüketim tahmini, farklı değişkenlerin kullanıldığı regresyon

modelleri ve yapay sinir ağıları ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Kurulan bu modeller ile Türkiye 2018 yılı elektrik tüketimi tahmin edilerek, 2018 yılı tüketim gerçekleştirmeleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Çalışmanın altıncı bölümünde ise yapılan analizlerin değerlendirmesi yapılarak en uygun modellere belirlenmiş ve elektrik üretimi ve tüketimi konusunda değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## **Literatür Taraması**

### **1. Enerji Piyasası Literatür Taraması**

*Erol (1999)*, bu çalışmasında, kamu hizmeti imtiyaz yönetiminin Türkiye uygulaması anlatılmıştır. Çalışmada Osmanlı Döneminde verilen kamu hizmeti imtiyazlarından bahsedilmiş daha sonra Cumhuriyet Dönemi imtiyazları ele alınmıştır. Çalışma hukuki yön ağırlıklı yapılmıştır.

*Dolun (2002)*, Türkiye'deki Elektrik Enerjisi ve Kullanılan kaynaklar anlatılarak bu kaynakların Türkiye'deki Potansiyellerinin açıklanmaya çalışılmıştır.

*Akgül (2007)*, özelleştirme süreci ve bu süreçte Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin özelleştirilmesi ve bu özelleştirme sonrası Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. nin yeniden yapılandırılmasını incelemiştir. Özelleştirmenin amacının Özel sektör tarafından elektriğin kesintisiz karşılanması ve serbest piyasa kuralları içinde rekabet ortamının yaratılması ve verimliliğin artırılması amaçlandığı kanısına varmıştır.

*Esenduran (2010)* bu çalışmasında, Türkiye'deki elektrik enerjisi serüveni özellikle İstanbul ili için anlatılmıştır. Özellikle Silahtarağa santrali ve İstanbul İlini besleyen santraller detaylı kuruluşlarından itibaren detaylı olarak incelenmiştir.

*Özdemir (2011)* Türkiye'de elektriğin tarihini 1900 ve 1938 yılları arasında anlatmıştır. Çalışma ile Türkiye'de ki elektrik uygulamalarına geçiş sürecinin anlaşılabilmesi amaçlanmıştır.

*Yavuzdemir (2014)*, Türkiyede elektrik enerjisi tahminini parametrik yöntemlerini ve yapay zeka tabanlı yöntemlerini kullanarak yapmaya çalışmıştır. Bu kapsamda bulanık mantık kullanılmıştır. Çalışmada Türkiye'nin kısa dönem brüt elektrik enerjisi talebi farklı yöntem ile (Zaman serisi, bulanık mantık ve regresyon)

çalışılmıştır. Kısa dönem yıllık brüt elektrik enerjisi talebinin tahmin edilmesinde Zaman serisi modelinin diğer iki modele göre daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur.

*Ertlav (2014)*, çalışmasında, Türkiye'deki özelleştirme süreçlerini anlatmaktadır. Bu çalışmada özelleştirilme süreci tamamlanmış olan Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. üzerine örnekleme yapmış özelleştirme sürecinin, esas, usul, ve kısa vadeli hedefler doğrultusunda başarılı olduğu görülmüştür

*Karagöl ve Tür (2017)*, Türkiye'de Enerji Tarihi ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılan santral tipleri, özellikleri ve potansiyellerini detaylandırmıştır. Enerji üretim santrallerinin ülke genelindeki mevcut durumlarına dair bilgilerin de yer aldığı çalışmada elektrik enerjisi talep projeksiyonları çerçevesinde dış kaynaklara bağımlılığın azaltılması doğrultusunda, yatırımların hangi üretim santraline ilişkin gerçekleştirilmesi gerektiği yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## **2. Regresyon Analizi Literatür Taraması**

*Binder (1985)*, varlık fiyatları (asset prices) etkisini ölçmek amacıyla çok değişkenli regresyon modelini kullanmıştır.

*Yumurtacı ve Asmaz (2004)*, doğrusal regresyon tekniğini kullanarak Türkiye'nin 2050 yılına kadar elektrik enerjisi tüketimini tahminini elde etmişlerdir. Bununla birlikte 2050 yılında Türkiye'nin elektrik tüketiminin 688 Milyar kWh olmasını beklediklerini ifade etmişlerdir.

*Özdemir (2005)*, Türkiye petrol piyasasında, ham ve işlenmiş petrol fiyatlarının makroekonomik büyüklüklere olan etkisini incelenmiştir. Çalışma sonucunda, petrol ürünleri imalatı fiyatında ham petrol giderlerinin payı ile orantılı olarak bir artışın meydana geleceği, elektrik- gaz üretimi, suyun arıtımı ve dağıtılması piyasaları fiyatında, ham petrol giderlerinin ve bu piyasaların üretim maliyeti içerisindeki payı ile orantılı olarak bir artışın meydana geleceğini tahmin etmiştir. Ayrıca yapılan regresyon analizi sonucunda, ham ve işlenmiş petrol ürünleri fiyatlarının makroekonomik büyüklükleri etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

*Demirbugan (2006)*, 1987-2002 dönemi yıllık verilerini kullanarak Türkiye'deki linyit kömürü tüketici fazlasını yıllık linyit kömürü talep miktarının reel linyit kömürü fiyatı, ikame ürün doğal gazın reel fiyatı, reel Gayrı Safi Milli Hasıla (GSMH) ve zaman değişkenlerine bağlı olduğu regresyon modeli ile tahmin etmiştir. Araştırma sonucunda kömür satış fiyatındaki değişimler karşısında toplam tüketici sayısındaki değişim çok düşük olduğu ve bu sonucun yine bu çalışmada saptanan kömür talebi fiyat esnekliğinin çok düşük olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

*Bernard vd. (2007)*, Enerji talep modelleri üzerinden çok değişkenli regresyon modelinde yapısal değişim sınavasının Monte Carlo benzetimini uygulamışlardır. Çalışma talep tahmini ve katsayıların incelemesi değil Monte Carlo benzetimi üzerine odaklanmaktadır.

*Catalina vd. (2008)*, çalışmalarında dizayn mühendisleri ve mimarlar tarafından sıcak iklimlerde tek aileli konut sektörü için aylık olarak ısıtma talebi tahminine etkili enerjik çözümlerin bulunmasında, regresyon modelinin geliştirilmesini amaçlamışlardır. Enerji tahmin modelleri Fransa'daki 16 büyük şehir için dinamik simülasyon ile elde edilen veri tabanına dayanmaktadır. Regresyon modelinde kullanılan değişkenler, bina şekil faktörü, bina sabitleri, bina ısı geçirgenlik katsayısı, pencere döşeme alanı oranı, iklim değişkenler ile 270 farklı senaryo analiz edilmiştir. Modellerin elde edilmesinde çoklu regresyon analizi kullanılmıştır.

*Doğan (2009)*, Türkiye'nin birincil enerji kaynakları olan petrol, doğalgaz ve kömür için istatistiksel analiz yapılarak, çoklu regresyon analizinde kullanılan değişkenler belirlenmiş, doğrusal, logaritmik ve kareli modeller kurularak her üç enerji kaynağı içinde istatistiksel ve iktisadi olarak anlamlı modellere ulaşılmaya çalışmıştır.

*Al-Ghandoor vd. (2009)*, Ürdün'ün konut sektöründeki elektrik ve yakıt tüketimindeki değişim için, çoklu lineer regresyon analizine dayanan iki ampirik model geliştirmişlerdir. Çok değişkenli regresyon modelinde konut elektrik ve yakıt tüketimi simülasyonları kullanılmıştır. Elektrik ve yakıt fiyatlarının elektrik ve yakıt tüketim modelleri üzerinden etkisi olmadığını öne sürmüşlerdir.

*Özkan (2016)*, Türkiye enerji piyasasında, enerji verimliliğine etki eden faktörler, 1975-2013 yılları arasındaki veriler kullanılarak kurulmuş olan regresyon modeli ile analiz etmiştir. Türkiye enerji piyasasının, piyasada rekabetin varlığı ve enerji verimliliği açısından değerlendirildiğinde, reformlarla hedeflenen rekabet edebilirlik düzeyinden ve verimliliğin artırılması hedeflerinden uzak kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

*Karaca ve Karacan (2016)* elektrik tüketim talebini etkileyen faktörleri çoklu regresyon modeli ile incelemiştirler. Elektrik üretimi ve tüketimi ile Gayri safi yurt içi hasıla ile ilişkili olduğu ve ekonomik büyüme politikalarının Türkiye'deki elektrik enerjisi tüketimi, talep tahmini, üretim programları ve yatırımlarını doğrudan belirleyicisi olduğunu ortaya koymuşlardır.

### **3. Yapay Sinir Ağları Literatür Taraması**

*Kermanshahi (1998)*, çalışmasında, Recurrent Neural Network (RNN) ve üç katmanlı Feed Forward Back Propagation (FFBP) modelleri kullanılarak uzun dönem elektrik yük tahmini yapılmıştır. 1975-1994 yılları arası yük verilerini kullanarak ağ eğitilmiş, 1995,1997, 2000 ve 2005 yılları için tahminde bulunulmuş ve ortalama hata oranı %1,3 olarak hesaplanmıştır.

*İnan (1999)*, bilimsel ve matematiksel problemlerin çözümünde daha çok matematiksel modellemeler kullanılmaktansa bunun yerine YSA gözleme dayanan ve deneyler sonucunda ortaya çıkan benzetimlerin kullanılabilceğini belirtmiştir.

*Akın (2001)*, çalışmasında, YSA'nın genel olarak yeterli veri bulunan her türlü doğrusal olmayan regresyon analizinden özellikle borsalarda kullanılan zaman serilerinin modellenmesinde iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Sosyal bilimler alanında da aynı kalitede sonuçlar vermesi ile kullanım alanının da hızla artması planlanmaktadır. Özellikle zaman serilerinin modellenmesine bağlı olarak borsalarda ve genel olarak yeterli veri seti bulunan her çeşit doğrusal olmayan regresyon uygulamalarında oldukça başarılı sonuçlar veren YSA'ların kullanım alanının artmasında sosyal bilimler alanında da etkili olması beklenmektedir.

*Ringwood ve Bofelli (2001)*, İrlanda'nın YSA yöntemi ile 1972-1994 yıllarına ait GSYİH, ortalama elektrik fiyatı, toplam kullanıcı sayısı ve hava sıcaklığı verileri

kullanılarak kısa, orta ve uzun dönem elektrik enerjisi talebini tahmin etmişlerdir. YSA modelinde, Box–Jenkins transfer fonksiyonu ile sanayi, mesken ve ticaret sektörlerinin talep tahminleri yapılmış ve ortalama mutlak yüzde hata (OMYH), sanayi sektörü için % 50, mesken sektörü için %20, ticarethane sektörü için % 55 olarak elde edilmiştir.

*Hsu ve Chen (2003)*, Çalışmalarında Tayvan dört bölgeye ayırarak her bölge için 1981- 2000 yılları arası elde edilen verilerin 1997 yılı sonrası test verisi olarak kullanılarak 2010 yılına kadar yük tahmini yapılmış YSA modellerinin, regresyon tekniği kullanılarak bulunan sonuçlara nazaran daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

*Hamzaçebi ve Kutay (2004)*, Elektrik tüketimi ve nüfus değişkenlerini kullanarak geleneksel ekonometrik modellerle YSA modellerini karşılaştırmış ve YSA'ların elektrik enerjisi talep tahmininde bir tahmin aracı olarak kullanılabilir olduğu ve oldukça iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

*Koç vd. (2004)*, YSA'nın yapay sinir hücrelerinin katmanlar şeklinde bağlanmasıyla oluşturulan veri tabanlı bir sistem olup insan beyninin öğrenme ve farklı koşullar altında hızlı bir şekilde karar verebilme gibi özelliklerinin, sadeleştirilmiş modeller yardımıyla karmaşık sorunların çözülmesinde kullanılmasını amaçlamışlardır. Çalışmalarında taş dolgu dalgakıranların yapımında, doğrusal olmayan YSA ile tasarlanmasının, deterministik yöntemlerle yapılan tasarımlarda karşılaşılan belirsizliklerin azaltılmasına olanak sağladığı görülmüştür.

*Sözen vd. (2005)*, nüfus, toplam üretim, kurulu kapasite değişkenlerini kullanarak Türkiye'nin gelecekteki net enerji tüketimini YSA yöntemiyle tahmin etmek için model oluşturmuşlar ve modelin kabul edilebilir olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır.

*Pao (2006)*, Tayvan'ın yapay sinir ağları ve doğrusal/doğrusal olmayan istatistiksel yöntemler ile milli gelir, brüt iç üretim, nüfus ve tüketici fiyat endeksi gibi değişkenler kullanılarak elektrik enerjisi talep gelişim projeksiyonu yapmış ve anlamlı sonuçlar elde etmiştir.

*Sözen vd. (2006)*, çalışmalarında, Türkiye'nin YSA yöntemi ile 1953 - 2000 yılları arasındaki nüfus, brüt üretim, kurulu güç ve yıllar bağımsız değişken olarak

alınarak net elektrik tüketim tahmini yapılmış ve modelin geçerliliğinin bir göstergesi olan  $R^2$  güvenilirlik katsayısı 0.99 olarak bulunmuştur.

*Sözen ve Arcaklıoğlu (2007)*, Türkiye'nin enerji talebi, yapay sinir ağıları yöntemi ile kurulu kapasite, enerji üretimi, enerji ithalat ve ihracatı ile ekonomik faktörlerin etkisini, üç farklı modelde tahmin edilmiştirler. Bu üç model ile 1968-2005 verileri kullanılmış, elde edilen tahmin sonuçlarına göre ekonomik değişkenlerin enerji talebindeki değişimleri daha iyi açıkladığı sonucuna varılmışlardır.

*Hamzaçebi (2009)*, Türkiye'nin YSA yöntemi ile sektörel bağımsız değişkenler kullanılarak 2003 - 2020 yılları arasında sektörel bazlı net elektrik tüketim tahminini yapmış ve Türkiye sektörel elektrik tüketim tahminlerinin gerçek değere yakın olduğu sonucu elde edilmiştir.

*Kavaklıoğlu vd. (2009)*, Türkiye'nin yapay sinir ağıları yöntemiyle, ekonomik büyüme, nüfus, ihracat ve ithalatını değişken olarak kullanarak 2025 yılına kadar elektrik enerjisi talebinin yaklaşık 300 milyon kWh olacağı tahmin edilmiştir.

*Asilkan ve Irmak (2009)*, çalışmalarında, otomotiv sektöründe ikinci el otomobillerin geleceğe yönelik fiyat tahminlerinde uygun parametreler belirlendiğinde YSA'nın yeni ve ileriye dönük fiyat tahminlerinde başarı sağladığı belirlenmiştir.

*Ekonomou (2010)*, Bu çalışmada, Yunanistan'ın YSA yöntemi ile ortam sıcaklığı, kurulu güç kapasitesi, konut başı yıllık elektrik tüketimi ve brüt elektrik üretimi geçmiş verileri değişken olarak alınıp uzun dönemli elektrik tüketim tahminleri yapılmış ve anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

*Geem ve Roper (2010)*, Güney Kore'nin YSA yöntemi ile brüt elektrik üretimi, nüfus, ithalat ve ihracat ekonomik ve sosyal değişkenler alınarak uzun dönemli tüketim tahminini yapmışlardır.

*Erdoğan ve Özyürek (2012)*, YSA'nın birçok geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanıldığını düşünerek. İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında işlem gören beyaz eşya firmalarının günlük fiyat tahminlerinin yapılmasını amaçlamışlardır. Hisse senedi fiyat tahmininde YSA'nın klasik yöntemlere alternatif olarak

uygulanabileceği ve elde edilen sonuçların ışığında yatırım yapılacak hisse senetlerine karar verilebileceği ortaya koymuşturlar.

*Erilli vd. (2011)*, En uygun olan küme sayısının belirlenmesinde, ileri beslemeli yapay sinir ağları ve diskriminant analizini kullanılmışlar sonuçları PC, CE gibi küme geçerlilik indekslerinden elde edilen sonuçları ile karşılaştırarak. en uygun küme hakkında karar vermeye çalışmışlardır.

*Takma vd. (2012)*, çalışmalarında, laktasyon süresi (LS), servis periyodunun (SP) etkisi ve buzağılama yılının (BY) laktasyon süt verimlerinde siyah alaca inekler üzerinde ki etkisi çoklu regresyon ve yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve modellerin uyum yetenekleri karşılaştırılmıştır. Süt verimlerinin tahminlenmesinde yapay sinir ağı modelinin çoklu doğrusal regresyon modelinden daha iyi uyum sağladığı gözlemlenerek yapay sinir ağlarının regresyon analizine alternatif bir metot olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

*Yüksel ve Akkoç (2016)*, altın fiyatlarını gümüş fiyatları, Brent petrol fiyatları, ABD Doları/Euro paritesi, EuroNext100, Dow Jones endeksi, ABD bonusu faiz oranı ve ABD TÜFE endeksini kullanarak yapay sinir ağı algoritmasıyla tahmin etmiştirler. Araştırmacılar belirledikleri kriterlere göre yaptıkları değerlendirme sonucunda yapay sinir ağlarının altın fiyatlarını tahmin etmekte kullanılabileceğini göstermiştirler.

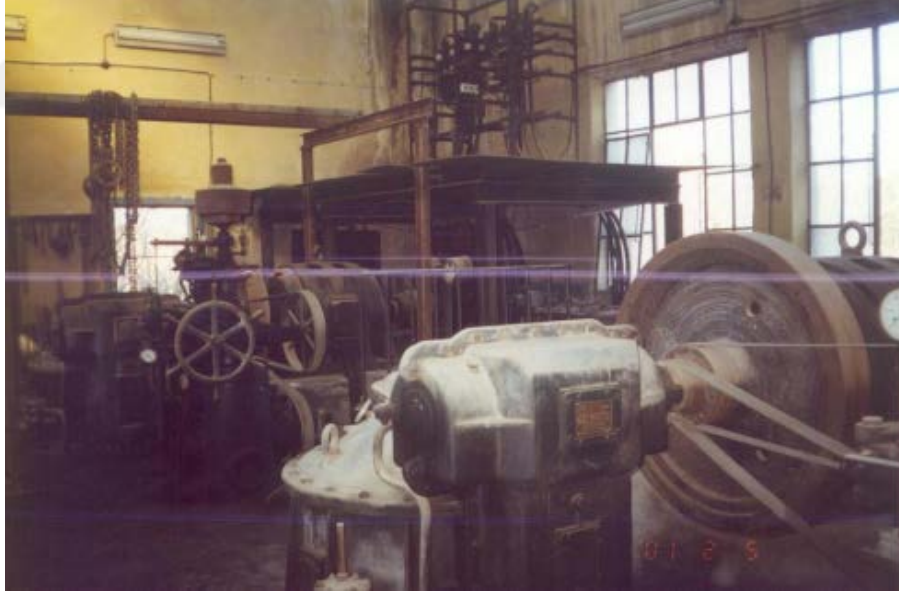


## BÖLÜM 1

# TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİM TARİHİ VE ELEKTRİK PİYASASI

### 1.1.Osmanlı Dönemi

Ülkemizde ilk elektrik üretimi, II. Abdülhamit döneminde 1902 yılında Mersin'in Tarsus ilçesinde gerçekleşmiştir. Berdan Nehri üzerinde su değirmeniyle çalışan bir santral oluşturulmuştur. 2 Kw'lık dinamo ile oluşturulan santral ilçeye elektrik sağlamıştır. Resim 1.1 de kurulan bu ilk elektrik üretim santralinin 1935 yılındaki görüntüsü yer almaktadır. 1902 yılında kurulan bu santralin ardından 1904 yılında Şam'da ve 1906 yılından Beyrut'ta ufak çapta elektrik üretimine başlanmıştır (Esenduran M 2010:1).



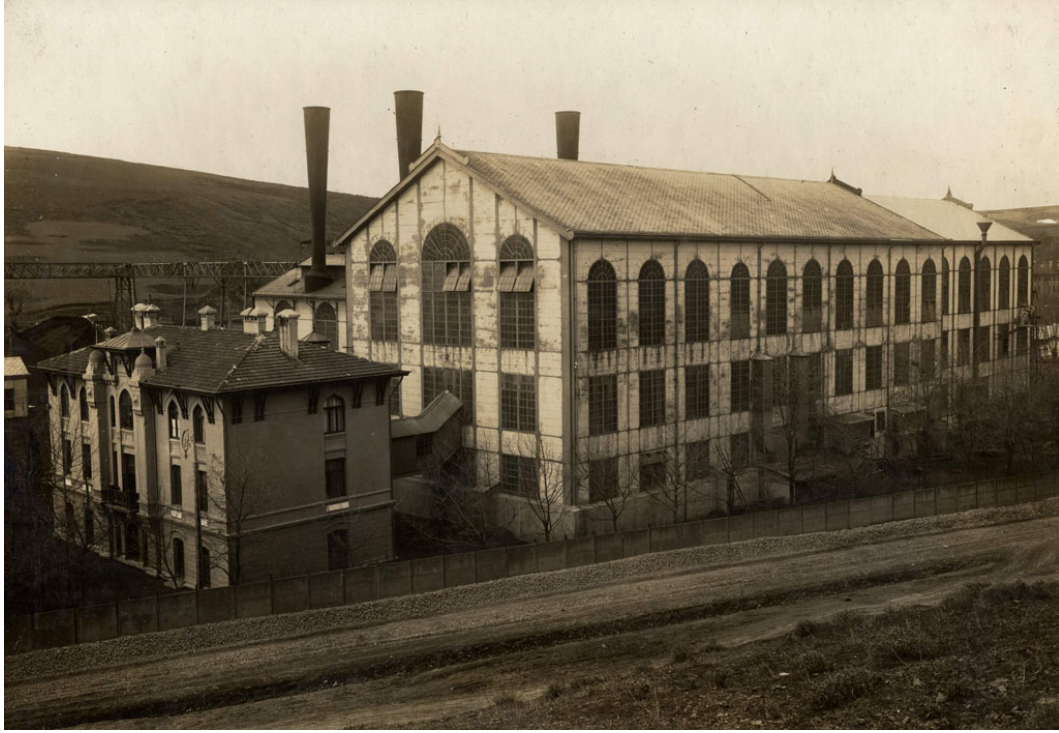
**Resim 1.1** Tarsus 1935

Kaynak: <http://www.adanafikirplatformu.org/yazi.php?id=444>

Faaliyete geçen bu santrallerden sonrası, yeni üretim santralleri için yapılacak yatırımlar ve teknolojik gelişmeler yasal düzenlemelerin oluşturulmasını zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda Elektrik sektöründe ilk yapılan çalışma, 10.06.1910 tarihinde “982 Sayılı Menafi-i Umumiyyeye Müteallik İmtiyazat” yani “Kamu Yararına İlişkin

İmtiyazlar” kanunu çıkarılmıştır. Bu kanunla birlikte yabancı sermayeye, enerji alanındaki imtiyazların kolaylıkla verilebilmesi sağlamıştır. 1910 yılında İstanbul’un elektrik imtiyazı için düzenlenen ihaleye 8 firma katılmış ve Macar Ganz Anonim Şirketine 50 yıllık çalışma yetkisi sunulmuştur ( Yavuz vd., 2011).

İstanbul’da imtiyaz hakkını kazanan Ganz Şirketi Generale de Credit Hongrois ve Banque de Bruxelles bankalarının ortaklığında Osmanlı Anonim elektrik Şirketi’ni kurmuştur. İstanbul’a elektrik sağlamak için ilk olarak hidrolik santrali kurulması düşünülmüş fakat yeterli akarsu yataklarının olmaması üzerine Termik santral yapılması uygun görülmüştür.



**Resim 1.2** Silahtarağa Elektrik Santrali 1914

Kaynak:<https://www.kontrolkalemi.com/osmanlida-elektrik-uretiminin-tarihi/>

Şehir merkezine yakınlığı, deniz yolu ile bağlantılı olması ve kömür taşımacılığına uygunluğu ayrıca elektrik dağıtım şebekesinin kurulması ve şehre iletilmesi açısından da uygunluğu sebebi ile yapılacak Termik santral için Silahtarağa tercih edilmiştir. 1911 yılında yapımına başlanan Silahtarağa Elektrik Santrali, altı buhar kazanıyla birlikte her biri 5 MW’lık 3 adet turbojeneratör grublu toplam 15 MW güce sahip olarak 11 Şubat 1914 yılında faaliyete geçmiştir. 1950’li yıllara kadar İstanbul’un tek santrali olan Silahtarağa Elektrik santralinde, Zonguldak’tan

getirilen kömür elektrik üretiminde kullanılmıştır. Resim 1.2 de yapılan silahtarağa termik santralinin ilk yıllarından görüntüsü yer almaktadır.

Elektrik enerjisi talebinin artması ile birlikte kömür ihtiyacı da artmış, ihtiyaç duyulan kömürün İstanbul'a nakledilmesi bir zaman sonra kömür havzalarını ve iletim araçlarını zorlamaya başlamıştır. Kömürün taşınmasının maliyetini en aza indirmek amacı ile Anadolu'da enerji kaynağı açısından uygun olan yerlere üretim santralleri kurularak, üretilen enerjinin iletim hatları ile birlikte İstanbul'a iletilmesi fikri benimsenmiştir. Bu doğrultuda 1952 yılında önce Çatalağzı Termik santrali daha sonra Kuzey Anadolu Santraliyle üretilen elektrik enerjisi, iletim hatları ile İstanbul'un kullanımına sunulmuştur (Esenduran 2010:153).

Osmanlı Devleti'nde yürütülen İstanbul'un elektrikleştirilmesi üzerine çalışmaların yanında İzmir, Beyrut, Şam, Edirne, Halep, Adana, Eskişehir ve Samsun gibi belli başlı şehirlerde de aydınlatmanın elektrikle yapılması için imtiyaz almak için verilen teklifler ve elektrik üretme girişimleri yapılmıştır.

İstanbul Merkezli "Selanik ve İzmir Tenvirat ve Kudret-i Elektrikiye Anonim Osmanlı Şirketi"nin kurulması ile 1905 yılında İzmir'e elektrik gelmiştir (Özdemir 2011).

Beyrut'ta 1906 yılında elektrikli tramvay kurmak, işletmek ve şehrin aydınlatılmasını elektrik enerjisi ile sağlamak amacıyla merkezi İstanbul'da yer alan Beyrut Tramvay ve Elektrik Osmanlı Anonim Şirketi kurulmuştur (Özdemir 2011).

Şam'da elektrikli tramvaylar kurmak ve işletmek, şehri elektrikle aydınlatmak ve aynı zamanda şehirde telefon şebekesini kurmak ve işletmek amacıyla 16.04.1903 tarihli imtiyaz sözleşmesi ile merkezi İstanbul'da olan "Şam-ı Şerif Elektrik Tramvay ve Tenviri Anonim Şirket-i Osmaniyyesi (Société Anonyme Impériale Ottomane de Tramways et d'Eclairage Electriques de Damas)" 1904 yılında kurulmuştur (Özdemir 2011).

Osmanlı Devleti'nde elektrik imtiyazları yerli veya yabancı şahıslara olduğu gibi bazı şehirlerde ise belediyelere aittir. Örneğin, Edirne'de 1909 yılında ilk yerli imtiyaz belediyeye, 1913 yılında Adana'da elli yıl süreli olarak Osman Vehbi Bey'e, 1914 yılında Halep'te Mühendis Osman Vehbi Bey'e elektrik üretim imtiyazı verilmiştir. 1919 yılında belediyeye verilen elektrik imtiyazıyla Eskişehir'in

elektriklendirilmesi gerçekleştirilmiştir. 1920 yılından itibaren 60 yıllığına Samsun'un elektrik imtiyazı da belediyeye verilmiştir (Özdemir 2011).

## **1.2. Cumhuriyet Dönemi**

Cumhuriyet ilan olduğunda Türkiye'de ki 38 santralin toplam kurulu gücü ( Kurulu Güç: Elektrik üretim tesislerinin, birim zamanda üretebileceği enerji miktarıdır. Watt ve bin-katları (kW - KiloWatt; MW - MegaWatt; GW - GigaWatt; TW - TerraWatt) cinsinden ifade edilmektedir. ) 32.8 MW ve yıllık elektrik enerjisi üretimi 44.5 GWH seviyelerindeydi. Büyük bir kısmı motor gücü ile üretim yapan bu santrallerin 11 adeti belediyelere, 13 adeti ortaklıklara ve 14 adeti özel kişilere aitti. Bu dönemde elektrikli kent durumunda sadece İstanbul, Tarsus ve Adapazarı bulunmaktadır (Özdemir 2011).

Cumhuriyet'ten sonra sanayileşmeye yönelik yapılan atılım politikaları enerji sektörüne önem verilmesini gerekli kılmıştır. Cumhuriyet'in ilk dönemlerinde kurulan enerji santralleri yabancı ortaklar, tarafından finanse edilmekte ve imtiyazlı ortaklıklar tarafından yönetilmekteydi. Osmanlı döneminde verilen imtiyazlar da devam etmiştir. Bu imtiyazların devam etmesi ve imtiyaz verilmesine devam edilmesinin en büyük nedenleri kalifiye personel yetersizliği, kaynak, sermaye sıkıntısı ve teknik yetersizlik olarak görülmektedir. Adana ve Ankara'da Alman menşeli şirketlere, İtalyan menşeli şirketlere Bursa, Balıkesir, Tekirdağ, Edirne, Mersin ve Gaziantep'te elektrik üretimi ve satışı imtiyazı vermiştir. İzmir'de Belçika menşeli, Trakya'da ise Macar menşeli şirketlere elektrik imtiyazları verilmiştir (Erol 1999:66).

Başkentimiz Ankara, sürdürülen bu imtiyazlı ortaklıklar stratejisi neticesinde 1925 yılında Alman MAN ve Alman AEG şirketlerine yönelik verilen imtiyazlarla kurulan dizel jeneratör sayesinde elektriğe kavuşturulmuştur (Ültanır 1998).

Yabancı ortaklıklarının yoğunlukta olduğu elektrik sektöründe ilk yerli özel şirket, Kayseri ve çevresindeki yerleşim yerlerinin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere; elektrik enerjisi üretimi, elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımını ayrıca elektrik enerjisi ticaretini yapmak üzere 1926 yılında imtiyaz sözleşmesi imzalanması ile kurulan Kayseri ve Civarı Elektrik Türk Anonim Şirketi olmuştur.

İmzalanan İmtiyaz sözleşmesinin 50 yıllık süresinin dolması ile şirkete ait tesisler bedelsiz olarak Türkiye Elektrik Kurumuna devredilmiş, şirketin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına yapmış olduğu başvurular sonucunda, gerçekleşen aşamalı süreçler ile birlikte 1990 yılında işletme hakkı tekrar şirkete devredilmiştir. Ülkemizde elektrik enerjisi Üretim ve dağıtım Şirketlerinin öncülerinden olup o tarihten bu yana halen faaliyetini sürdüren tek şirkettir.

1923 yılında, İstanbul'da elektrik imtiyazına sahip olan Osmanlı Anonim Şirketi ile Cumhuriyet Hükümeti arasında yapılan görüşmeler sonucunda, imtiyazlarına devam etmesi kararlaştırılmış 17 Haziran 1923 yılında yapılan anlaşma ile adını Türk Elektrik Anonim Şirketi olarak değiştirmiştir (Özdemir 2011).

1929 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde başlayan sermaye ve para bunalımı tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Türkiye bu krizden olabildiğince az etkilenmek adına bir takım önlemler almıştır. 1930 yılında çıkarılan Türk Parasını Koruma Yasasında bunlardan birisidir. Bu yasa kapsamında yurt dışına para çıkışı zorlaştırılmış ve denetimler arttırılmıştır. Bu durum imtiyazlı ortaklıkların sözleşme maddelerine uymamalarına sebep olmuş, Türkiye'de imtiyazlı ortaklıklara ve yabancı sermayeye ayrıcalık tanınmaması düşüncesinin de benimsenmesiyle birlikte 1930 yılında belediyelere elektrik üretim yetkisi veren "Belediye Kanunu" çıkarılmıştır (Özdemir 2011).

1933 yılında "Belediyeler Bankası (İller Bankası)" kurulmuş, Banka'ya belediyelere finansman temini ve elektrik tesisleri yapımı görevi verilmiştir. 2805 sayılı Kanun ile 1935 yılında, kurulan Etibank'ın 3 ana işlevinden biri elektrik işletmeciliği olarak düzenlenmiştir. Yine aynı yıl, 2804 sayılı Kanun ile Maden Tetkik Arama (MTA), 2819 sayılı Kanun ile Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ), kurulmuştur. 1954 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) kurulana kadar hidroelektrik tesisler dahil tüm elektrik üretimi ve dağıtımı Etibank önderliğinde ki bu kuruluşların katkılarıyla yürütülmüştür. Küçük kapasiteli dizel ve hidrolik santralleriyle birlikte bir çok sanayi kuruluşunun ve belediyelerin işlettiği dizel santrallerinde katkılarıyla şehirlerin elektrik ihtiyaçlarını karşılanmaya çalışılmıştır. İller Bankası elektrik enerjisi ile ilgili olan işlerini Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Etibank ile beraber yürütmüştür (Özdemir 2011).

Elektrik kullanımının artması, elektrik imtiyazına sahip şirketlerin sayısını arttırmış, fakat bu şirketlerin sözleşme koşullarına uymamaları, gerekli yatırımları yapmamaları ve hizmet odaklı gerçekleşmeyen davranışları ayrıca yaklaşan II. Dünya Savaşının yarattığı huzursuzluklarında etkisi ile birlikte yabancı sermaye yatırımları ve imtiyazların kaldırılması yönünde, özel kanunlar çıkarılarak elektrik sektörü devletleştirilmiştir. Bu sürecin sonunda özel sermayeli ve yerli olan “Kayseri ve Civarı Elektrik TAŞ” haricinde tüm şirketler satın alınarak elektrikleştirme işlemi belediyelere devredilmiştir.

Türkiye’de 1938 yılında kurulu gücü 178.5 MW’a ulaşmış, tüketilen enerji 282 milyon kWh dolayında gerçekleşmiştir (Özdemir 2011).

Bir bölge santrali olarak, 1941 yılında yapımına başlanmış olan Etibank’a ait Çatalağzı Termik Santrali 1948 yılında devreye girmiş ve bugünkü enterkonekte sisteminin ilk bağlantı özelliğini taşıyan elektrik iletim hattı ile İstanbul’a elektrik enerjisi desteği sağlamıştır. Üretim aşamasındaki gelişmelerle birlikte elektrik iletimi aşamasında da gelişmeler kaydedilmiş, ülkemiz ulusal bir iletim hattı ile örülmüş ve değişik güç ve tipte birçok trafo hizmete girmiştir (Yavuz H, vd. 2011).

1950’li yıllara gelindiğinde devlet, her alanda olduğu gibi enerji alanında da karma ekonomik politika benimsenmeye başlanmıştır. Bu politika ile birlikte devletin yanında özel sektör tarafından da elektrik santralleri yapılmaya başlanmıştır. Enterkonekte sisteme geçiş dönemi olan o yıllarda, Türkiye’nin elektrik enerjisi üretimi potansiyeli 789.5 milyon kWh, toplam kurulu gücü ise 407.8 MW olarak gerçekleştirilmiştir (Yavuz vd. 2011).

1952 ve 1956 yıllarında Adana ve İçel bölgesinde faaliyette bulunmak üzere Çukurova Elektrik A.Ş.( ÇEAŞ), Antalya bölgesinde faaliyette bulunmak üzere Kepez Elektrik A.Ş.( KEPEZ), Kuzeybatı Anadolu bölgesinde faaliyette bulunmak üzere Kuzeybatı Anadolu Elektrikleştirme A.Ş., Ege bölgesinde faaliyette bulunmak üzere Ege Elektrik T.A.Ş. yerli sermayeli özel şirketler olarak kurulmalarına izin verilmiş ve imtiyazlar tanınmıştır, fakat özel sektörün sermaye teminindeki zorlukları nedeni ile en büyük ortakları Etibank olmuştur. Bu şirketlerden Kuzeybatı Anadolu

Elektriklendirme A.Ş. Kuruluşunu tamamlayamamış, Ege Elektrik T.A.Ş. ise başarılı olamamış ve tasfiye edilmiştir (Esenduran 2010:112).

Bu dönemlerde Türkiye yaygın olarak kullanılan Fosil yakıtlı elektrik üretim santrallerinin yanı sıra hidroelektrik santrallerine doğru yönelmeler başlamıştır. 1953 yılında büyük ve güçlü hidroelektrik santrallerinin (HES) yapılması amaçlanarak, Su İşleri Teşkilatı yeniden düzenlenmiş; 6200 sayılı kanun ile yetkileri artırılarak, Bayındırlık Vekâleti'ne bağlı, katma bütçeli, tüzel kişiliğe sahip Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü (DSİ) kurulmuştur. 1956 yılında dönemin en büyük elektrik santrali olan Sarıyar Hidroelektrik Santrali Sakarya nehri üzerinde Etibank tarafından kurulmuştur. 40 MW'lık 4 alternatör ile çalışmaya başlayan Sarıyar HES toplam 160 MW'lık kurulu güce sahiptir. 1959 yılında ise 128 MW'lık kurulu gücü ile Hirfanlı Barajı (HES) devreye alınmıştır (Yavuz vd., 2011).

1960'lı yıllar yaklaşırken özel sektörün de desteği ile kamu ve özel sektör yatırımları Türkiye üretim kurulu gücünü 1.272 MW'a yükseltmiş, üretim ise 2.8 milyar kWh seviyelerine ulaşmıştır. 1963 yılında enerji sektöründe çalışan kurumlar arasında koordinatör görevini yerine getirmesi için 4951 Sayılı Kanunun ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), kurulmuştur. 1967 yılında ise Devlet Su İşleri'ni işletmekte olduğu santraller Etibank'a devredilmiştir (Yavuz vd., 2011).

Elektrik enerjisinin üretim ve tüketim miktarında ki artış, Türkiye'de üretim, iletim, dağıtım ve ticaretinin entegre bir sistemde ve kamu kurum çatısında altında birleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda artan üretim, dağıtım ve tüketim miktarları ve hizmetin yaygınlaşması ile birlikte kurumsal bir yapının oluşturulması zaruri hale gelmiştir. 1970 yılında Bu hedef ve strateji doğrultusunda, 1312 sayılı Kanun'la Devletin genel enerji ve ekonomi politikasına uygun olarak, ülkenin ihtiyacı olan elektriğin üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini yapmak amacıyla, kamu iktisadi kuruluşu statüsünde, Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur. Belediyeler ve Birlikler dışında tüm santraller TEK'e devredilmiştir (Yavuzdemir 2014:6).

1970–1980 tarihleri arasındaki yıllarda, Dünya'daki enerji krizinden Türkiye'de etkilenmiş, termik santrallerin yakıtlarında, çoğunlukla dışa bağımlı olmasından dolayı arz ve talep dengesi bozulmuş, dolayısıyla zorunlu enerji

kısıtlamalarına başvurulmuştur. Bu nedendir ki hidroelektrik santrallerinden enerji üretilmesi önem kazanmış ve bu santrallerin yapımı hız kazanmıştır (Yavuzdemir 2014:6).

Bütün bu olumsuzluğa karşın 1972 yılında, Eskişehir yakınlarında Türkiye'nin o güne kadar ki en büyük baraj ve HES'i olan 300 MW gücündeki Gökçekaya barajı ve HES'i (Eskişehir-Sakarya Nehri) ve yine en büyük termik santral projesi olan Seyit Ömer Termik santrali devreye alınmıştır. 1975 yılında 1.330 MW kurulu güce sahip Keban Barajı HES (Şanlıurfa-Fırat) yapılmıştır. Fırat Nehri üzerindeki ilk gururumuz olan Keban barajımız, kurulu gücü ile o yıla kadar kurulan tüm barajlı elektrik üretim santrallerimizin toplamından daha fazla bir kurulu güce sahiptir. 1980 yılında Türkiye'nin elektrik üretim kurulu gücü 5.118 MW üretim miktarı ise 23.3 milyar kWh'tır (Yavuz vd., 2011).

1982 yılında yürürlüğe giren 2705 sayılı Kanunla; Belediye ve Birlik Elektrik Tesisleri TEK'e devredilmiş, Kanun kapsamı dışında kalan İller Bankası'nın elektrik enerjisi dalında çalışan personeli ve işleri, kuruluşlar arasında yapılan anlaşma ile 1986 yılında tüm fonksiyonları ile TEK'e devredilerek kamu kesiminde hedeflenen bütünleşme sağlanmıştır (Yavuzdemir 2014:7).

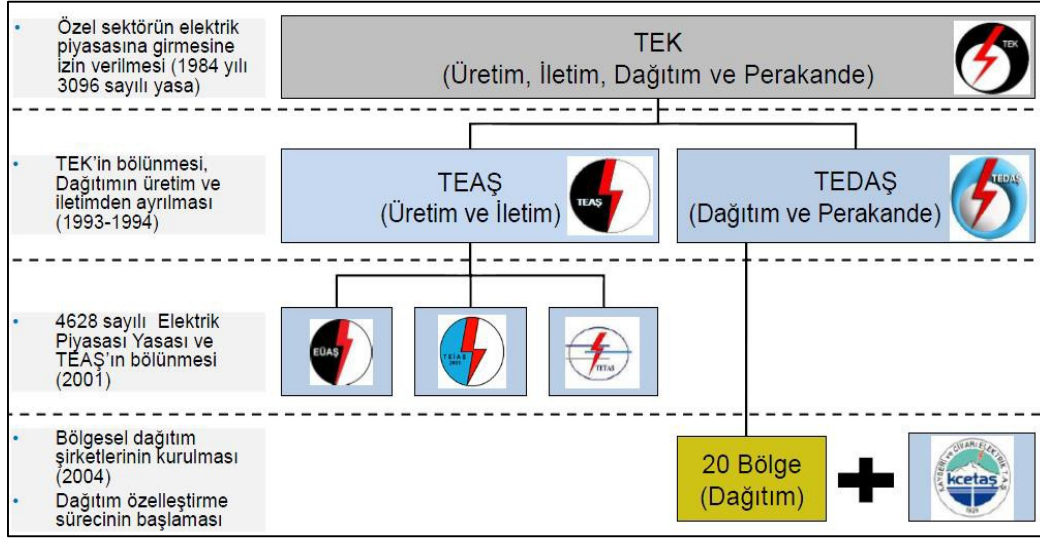
Elektrik üretiminde TEK'in tek elden hizmetleri yürütmesi düşüncesinden 1984 yılında vazgeçilerek çıkarılan 3096 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtım ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanunu ile birlikte, o zamana kadar devlet tarafından yürütülen elektrik faaliyetleri için özel sektör yolu açılmıştır. Günümüzde adını sıkça duymakta olduğumuz Yap – İşlet – Devret (YİD) modeli bu kanun ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Kurulacak olan şirketlere gerekli izinlerin alınması ile elektriksel faaliyetler konusunda çeşitli olanaklar sağlanmıştır. Ayrıca yine bu yılda TEK'in yapısı, organları ve hukuki bünyesi düzenlenerek Kamu İktisadi Kuruluşu haline getirilmiştir. 1988-1992 yıllarında, kendi bölgesinde elektrik enerjisi faaliyetlerini yürütmek üzere sermaye şirketleri görevlendirilmiş, imtiyazlı olan şirketlerden ÇEAŞ ve KEPEZ A.Ş. kendi bölgelerinde elektrik faaliyetleri yapma görevi verilmiştir (Dolun 2002).



Yine 1984 yılında, 1.355 MW gücüyle günümüzde dahi ülkemizin en büyük termik santrali olma özelliğini taşıyan; Afşin Elbistan Termik Santrali devreye alınmıştır.

1990'lı yılların başlarında Tamamlanan ve Türkiye'nin en büyük santrali olan 2.400 MW kurulu güce sahip olan Atatürk Barajı'nın (Şanlıurfa-Fırat) devreye alınması ve diğer elektrik üretim santrallerinin de katkıları ile kurulu gücümüz 16.318 MW, üretimimiz 65,3 milyar kWh seviyelerine yükselmiştir. 1990'lı yıllar öncelikle özel sektörün enerji yatırımlarına katılması ve özelleştirmeler için uygun olan yasal alt yapının hazırlanması çalışmaları ile geçilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile ilgisi devam etmek üzere 513 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK), kuruluşundan 24 yıl sonra tüm Türkiye'de elektrik üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini daha etkin, daha verimli ve çağdaş bir şekilde sürdürebilmesi amacı ile özelleştirme kapsamına alınmıştır. Bu düzenlemenin devamı olarak Bakanlar Kurulunun 93/4789 Sayılı kararı ile kurum iki ayrı İktisadi Devlet Teşekkülüne ayrılarak, üretim ve iletimden sorumlu Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ), elektrik dağıtımından sorumlu Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) adı altında ayrılmıştır. Şekil 1.1 de bu ayrışma ve alt ayrışmalar belirtilmiştir (Yavuzdemir 2014:7).



**Şekil 1.1 TEDAŞ Yapılanma Süreci**

Kaynak: Bilal Şimşek, Fotovoltaik Çalıştayı Sunumu, s.6.

(<http://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2013/01/calistay-sunumlari/2-oturum/bilal-simsek.pdf> (18.01.2013))

### 1.3. 2000 Yılı ve Sonrası

2000’li yılların başlarında Türkiye kurulu gücü 27.264 MW, üretimi ise 124,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Bu yıllar geçmişten gelen bu süreçlerin yeniden yapılandırılması, mevzuatlarının oluşturulması ve mevcut mevzuatların ile yenilenmesi ile geçmiştir. Yaşanan bu değişimler ile Türkiye’nin enerji piyasasının oluşturulması üzerine çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Bu kapsamda enerji sektöründe faaliyet gösteren kamu kurum ve kuruluşlarının da dönüşümü sağlanmıştır.

2001 yılında elektrik piyasasının yeniden yapılandırılmasına ve sektörde yaşanan sıkıntılarında bir kanun ile giderilmesi amaçlanarak; “elektriğin kaliteli, yeterli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreye verdiği zararın minimuma indirilerek tüketiciye sunulması; rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine uygun olarak faaliyet gösterebilecek mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik piyasasının oluşturulması ve bu piyasanın düzenlenip; denetlenmesini sağlamak” amacıyla 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu çıkartılmıştır (EPDK, <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-0-2256/kanunlar>).

Bu kanunla elektrik üretimini, iletimi, dağıtımını, toptan satışı ve perakende satış hizmetlerini ve enerji ithalatı ve ihracatı faaliyetlerini yürüten tüm tüzel ve gerçek kişilerin hak ve yükümlülüklerini belirlemek, denetlemek ve Elektrik Piyasası Kanununa uygun davranılmasını sağlamak amacı ile Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu ( EPDK) kurulmuştur. Ayrıca 4628 sayılı Enerji Piyasaları Kanunu EPDK'nın kurulması ile çalışma usul ve esaslarını kapsadığı gibi elektrik üretim ve dağıtım varlıklarının da özelleştirilmesinde izlenecek usulünü de kapsamaktadır (Yavuzdemir 2014:8).

2001 yılı; Elektrik sektöründe radikal kararların alındığı önemli süreçlerin yer aldığı bir dönem olarak tamamlanmıştır. Bakanlar Kurulunun almış olduğu bir karar ile TEAŞ; Elektrik İletim faaliyetlerini yürütmesi için Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Elektrik ticareti faaliyetleri için Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) ve elektrik üretim faaliyetlerinin yürütülmesi için ise Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) olmak üzere üçe ayrılmıştır (Karagöl, Tür 2017:18).

TEİAŞ'ın alt birimi olarak 2003 yılında 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununda ki "Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği hükümleri doğrultusunda, gerçekleşen alım-satımlar ile sözleşmeye bağlanmış miktarlar arasındaki farkları esas alarak, piyasada faaliyet gösteren tüzel kişilerin borçlu yada alacaklı oldukları tutarları hesaplamak suretiyle, mali uzlaştırma sistemini çalıştırır" hükmü gereğince kurulan Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi ( PMUM) ile piyasada arz ve talep dengesinin kurulması ve kayıpların önüne geçilmesi adına büyük bir adım atılmıştır (Karagöl, Tür 2017:18).

Elektrik Piyasası Kanunun çıkarılmasının ardından, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından piyasada dağıtım faaliyeti gösteren imtiyazlı ortaklıklar üzerinde Enerji Piyasası Kanunu hükümlerine uygun çalışılıp çalışılmadığı yönünde denetlemelere başlamıştır. Bu denetlemeler neticesinde, İstanbul Anadolu yakasında elektrik enerjisi dağıtımının verildiği imtiyazlı şirket AKTAŞ firmasının sözleşmesi kamu yararına hareket etmediği gerekçesiyle 2002 yılında Danıştay tarafından iptal edilip; tüm görev ve sorumlulukları TEDAŞ'a devredilmiştir.

1950 yılından beri elektrik enerjisi dağıtım faaliyetleri yürüten ÇEAŞ ve KEPEZ Elektrik in sözleşmeleri 2003 yılında yine aynı kanunun hükümlerine uymadıkları gerekçesiyle iptal edilerek, işletmesini yürüttükleri elektrik tesisleri TEİAŞ, TEDAŞ ve EÜAŞ' a devredilmiştir. Bu denetlemeler sonucunda tüm Türkiye'de, Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş. haricinde elektrik enerjisi dağıtım faaliyetleri TEDAŞ bünyesinde yürütölmeye başlanmıştır.

2004 yılında 2004/3 sayılı Yüksek planlama Kurulu kararı ile de TEDAŞ bünyesinde bulunan elektrik dağıtım şebekesi yirmi bir bölgeye ayrılmış olup, Kayseri bölgesi dışındaki bölgelerin özelleştirilecek olan tesisler kapsamına alınmasına karar verilmiştir. Tablo 1.1 de TEDAŞ'ın bu ayrışımı sonrası oluşan bölgeler belirtilmiştir (Ertlav 2014:135).

**Tablo 1.1** Dağıtım Lisansı Verilen İşletmeler

SIRA	LİSANS NO	ŞİRKET ADI	LİSANS TARİHİ	DAĞITIM BÖLGESİ
1	ED/295 8- 2/1769	AKEDAŞ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.01.2011	ADIYAMAN-KAHRAMANMARAŞ
2	ED/217 4- 1/1527	KAYSERİ VE CİVARI ELEKTRİK TÜRK A.Ş.	15.07.2009	KAYSERİ
3	ED/167 8- 1/1215	ADM ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	16.08.2008	AYDIN-DENİZLİ-MUĞLA
4	ED/874- 51/705	YEŞİLIRMAK ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	AMASYA-ÇORUM-ORDU-SAMSUN-SİNOP
5	ED/874- 43/699	OSMANGAZİ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	AFYONKARAHİSAR-BİLECİK-ESKİŞEHİR- KÜTAHYA-UŞAK
6	ED/874- 39/697	İSTANBUL ANADOLU YAKASI ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	İSTANBUL
7	ED/874- 35/695	ULUDAĞ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	BALIKESİR-BURSA-ÇANAKKALE-YALOVA
8	ED/874- 33/693	GDZ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	İZMİR-MANİSA
9	ED/874- 31/691	AKDENİZ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	ANTALYA-BURDUR-İSPARTA
10	ED/874- 25/689	TOROSLAR ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	ADANA-GAZİANTEP-HATAY-KİLİS-MERSİN- OSMANIYE
11	ED/874- 23/687	ÇAMLİBEL ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	SİVAS-TOKAT-YOZGAT
12	ED/874- 21/685	FIRAT ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	BİNGÖL-ELAZIĞ-MALATYA-TUNCELİ
13	ED/874- 19/683	ÇORUH ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	ARTVİN-GİRESUN-GÜMÜŞHANE-RİZE- TRABZON
14	ED/874- 17/681	ARAS ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	AĞRI-ARDAHAN-BAYBURT-ERZİNCAN- ERZURUM-İĞDIR-KARS
15	ED/874- 15/679	VANGÖLÜ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	BITLİS-HAKKARİ-MUŞ-VAN
16	ED/874- 13/677	DİCLE ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	01.09.2006	BATMAN-DİYARBAKIR-MARDİN-SİİRT- ŞANLIURFA-ŞIRNAK
17	ED/101- 25/032	MERAM ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	13.03.2003	AKSARAY-KARAMAN-KIRŞEHİR-KONYA- NEVŞEHİR-NİĞDE
18	ED/101- 23/030	SAKARYA ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	13.03.2003	BOLU-DÜZCE-KOCAELİ-SAKARYA
19	ED/101- 22/029	BOĞAZIÇI ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	13.03.2003	İSTANBUL
20	ED/101- 21/028	BAŞKENT ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	13.03.2003	ANKARA-BARTIN-ÇANKIRI-KARABÜK- KASTAMONU-KIRIKKALE-ZONGULDAK
21	ED/101- 20/027	TRAKYA ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.	13.03.2003	EDİRNE-KIRKLARELİ-TEKİRDAĞ

Kaynak: EPDK, <http://lisans.epdk.org.tr/epvys-web/faces/pages/lisans/elektrikDagitim/elektrikDagitimOzetSorgula.xhtml> (21.06.2018)

Elektrik Piyasası Kanununa göre iletim: gerilim seviyesi 36 kV üzerindeki hatlar üzerinden enerji nakli olarak tanımlanmaktadır. Türkiye’de iletim faaliyeti TEİAŞ tarafından yürütülmektedir. Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu ( EPDK) 13.03.2013 tarihli kararı ile TEİAŞ’a 49 yıllık süreyle bu iletim faaliyetlerini

yürütülebilmesi amacıyla İletim Lisansı verilmiştir. Dağıtım ise, gerilim seviyesi 36 kV ve altı olan hatlar üzerinden enerji nakli olarak tanımlanmaktadır. Dağıtım faaliyeti, dağıtım şirketleri tarafından ilgili lisanslarında belirtilen bölgelerde yapılmaktadır. İlgili dağıtım şirketi kendi bölgesinde dağıtım sistemini rekabet şartlarına uygun olarak işletmek, yeni yatırımlar yapmak ve yenilemek, sayaçların okunması, bakımı ve işletilmesi hizmetlerini yapmakla sorumludur.

2013 yılında çıkarılan 6446 Sayılı Elektrik Piyasaları Kanunu ile Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. ( EPİAŞ) temelleri atılmıştır. Faaliyetlerine tamamen 2015 yılında başlayan EPİAŞ'ın görevi elektrik piyasalarında fiyatların güvenilir bir şekilde oluşmasını sağlamak ve piyasayı işletmektir. EPİAŞ'ın kurulması ile enerji piyasalarının şeffaf, güvenilir, etkin olacak şekilde planlanması, kurulması, işletilmesi ve geliştirilmesi hedef alınmıştır. (EPİAŞ, <https://www.epias.com.tr/epias-kurumsal/hakkimizda/>)

Toptan satış, elektrik enerjisi ve/veya kapasitesinin EPDK tarafından verilen lisanslar çerçevesinde satışı olarak ifade edilebilir. Bu faaliyet tedarik lisansına sahip 221 adet tüzel kişilik tarafından yürütülmektedir.(EPDK) Tablo 1.2 de EPDK tarafından verilen lisansların türlerine yönelik tablo yer almaktadır.

**Tablo 1.2** EPDK onaylı lisans türleri

LİSANS TÜRÜ	ADET
DAĞITIM	21
İLETİM	1
OSB DAĞITIM	170
TEDARİK	221
ÜRETİM	1.542
TOPLAM	1.955

Kaynak: EPDK, <http://lisans.epdk.org.tr/epvysweb/faces/pages/lisans/elektrikIstatistik/elektrikIstatistik.xhtml>(21.06.2018)

Elektrik enerjisinin ticari faaliyetlerini yürütmesi ve kullanıcılara elektrik enerjisi temininde bulunması amacıyla kurulan tedarik şirketleri; 30.03.2018 tarihi 30436 sayılı Tüketici Hizmetleri Yönetmeliğinde “Elektrik enerjisinin ve/veya kapasitenin toptan ve/veya perakende satılması, ithalatı, ihracatı ve ticareti faaliyetleri ile işteğal edebilen tüzel kişiyi” olarak tanımlamaktadır. Bu şirketler bir bölge sınırlaması olmaksızın tüm ülke genelinde yer alan serbest tüketicilere toptan

ya da perakende elektrik enerjisi sağlayabilmektedirler. Yine aynı yönetmelikte ise serbest tüketici; “Kurul tarafından belirlenen elektrik enerjisi miktarından daha fazla tüketimde bulunması veya iletim sistemine doğrudan bağlı olması veya organize sanayi bölgesi tüzel kişiliğini haiz olduğu için tedarikçisini seçme hakkına sahip gerçek veya tüzel kişiyi” olarak tanımlamaktadır. Serbest tüketiciler istedikleri, tedarik lisansına sahip şirketi ile yapacakları ikili anlaşmalarla elektrik tedariki şartlarını ve fiyatını belirleyerek temininde bulunabileceklerdir (Mülga;Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği,08/05/2014, Sayı:28994).

EPDK Kararı ile 2019 yılı için serbest tüketici limiti yıllık tüketimi 1600 kWh yani aylık ortalama 62 TL tutarında fatura ve üzeri olarak belirlenmiştir. Bu tüketim limiti her sene başında EPDK tarafından yeniden değerlendirilmekte ve uygun görüldüğü ölçüde değiştirilmektedir (EPDK 20-12-2018 8261 sayılı Kurul Kararı).

Daha önce özelleştirilmesi tamamlanan Dağıtım şirketleri; 01.01.2013 tarihine kadar dağıtım ve perakende satış faaliyetlerini birlikte yönetmekteydi ve dağıtım şirketi, faaliyet gösterdikleri bölgelerde, tüketim değeri Serbest tüketici limiti altında kalan serbest olmayan tüketici ve herhangi bir tedarikçi ile anlaşma yapmayan serbest tüketicilere Perakende Satış lisansı olarak EPDK'nın kurul kararı ile belirlediği fiyatlar üzerinden perakende satış hizmeti vermeye sorumludur.

4628 sayılı Enerji Piyasası Kanunu ve EPDK'nın 12.09.2012 tarih ve 4019 sayılı kararı gereğince dağıtım şirketinin, dağıtım ve perakende satış faaliyetlerinin 01.01.2013 tarihinde itibaren ayrı tüzel kişilikler olarak yürütmesine karar verilmiş ve bu kapsamda gerekli hukuki ayırışmanın usul ve esasları belirlenmiştir.

Dağıtım şirketinin bölünmesiyle oluşan perakende satış şirketi, 30.12.2012 tarih ve 28513 sayılı karar ile yayınlanan değişikliklerle “Görevli Perakende Satış Şirketi”, 6446 sayılı Enerji Piyasası kanunu ve 17.04.2014 tarihli ve 4968-35 sayılı EPDK kararı ile Elektrik enerjisi ve/veya kapasite ticareti yapması için “Görevli Tedarik Şirketi” ( GTŞ) olarak adlandırılmıştır. Bu düzenlemelerdeki temel amaç, elektrik enerjisi tedarikinde sürekliliği sağlamaktır.

Hukuki ayırıştırma sonrasında varlığını sürdüren dağıtım şirketleri, temel olarak lisanslarında belirtilen bölgelerde elektrik enerjisi dağıtım faaliyetlerini

yürütmekle görevli olup, görevli oldukları bölgelerdeki sayaçların okunması ve elde edilen verilerin ilgili tedarik şirketlerine bildirilmesinden sorumludur. Görevli Tedarik Şirketleri ise tüm serbest tüketicilere elektrik enerjisi ve/veya kapasite ticareti yapabilecekleri gibi görevli oldukları dağıtım bölgelerinde ki serbest olmayan tüketicilere ve herhangi bir tedarikçi ile ikili anlaşma yapmayan serbest tüketicilere EPDK tarafından belirlenen fiyatlar üzerinden enerji ticareti yapmak ve elektrik enerjisinin kesintisiz tedarikini karşılamakla yükümlüdürler.

Türkiye 2017 yılındaki toplam kurulu gücü 83.275 MW olup üretimi ise 273.1 milyar kWh seviyelerine ulaşmıştır. Tablo 1.3 te Türkiye kurulu güç gelişimi gösterilmekte olup, bu kurulu güç ile Avrupa'nın en büyük güçleri arasında olan Türkiye 2010 yılında başlayan Avrupa Enterkonnekte Sistemi (ENTSO-E; European Network of Transmission System Operators for Electricity) ile paralel çalışmaya başlamıştır. Türkiye'nin 50 hertz olan şebeke frekansı (Güç sistemindeki alternatif akımın hertz olarak ifade edilen bir saniyedeki devir hızı) ENTSO-E sistemine bağlanarak arz güvenli desteklenmiş ve daha istikrarlı hale gelmiştir. Bu sayede Türkiye Elektrik Piyasası katılımcıların Avrupa iç pazarına erişim imkanı sağlanmıştır. Deneme sürecinin ardından 15.04.2015 tarihinde ENTSO-E ile "Uzun Dönem İşletme Anlaşması" İmzalanmıştır (Karagöl, Tür 2017:21).



**Tablo 1.3** Türkiye Yıllar İtibariyle Kurulu Gücü

<b>TÜRKİYE KURULU GÜCÜNÜN YILLAR İTİBARIYLA GELİŞİMİ</b>					
<b>YIL</b>	<b>KURULU GÜÇ (MW)</b>	<b>YIL</b>	<b>KURULU GÜÇ (MW)</b>	<b>YIL</b>	<b>KURULU GÜÇ (MW)</b>
1913	17,3	1954	516,9	1986	10.115,2
1923	32,8	1955	611,6	1987	12.495,1
1924	32,9	1956	886,1	1988	14.520,6
1925	33,4	1957	939,4	1989	15.808,2
1926	48,6	1958	1.030,0	1990	16.317,6
1927	51,9	1959	1.161,0	1991	17.209,1
1928	65,9	1960	1.272,4	1992	18.716,1
1929	72,1	1961	1.323,9	1993	20.337,6
1930	78,0	1962	1.370,8	1994	20.859,8
1931	101,9	1963	1.381,1	1995	20.954,3
1932	103,3	1964	1.418,3	1996	21.249,4
1933	107,8	1965	1.490,5	1997	21.891,9
1934	117,4	1966	1.644,3	1998	23.354,0
1935	126,2	1967	1.959,1	1999	26.119,3
1936	138,5	1968	1.966,6	2000	27.264,1
1937	167,1	1969	1.967,2	2001	28.332,4
1938	178,5	1970	2.234,9	2002	31.845,8
1939	215,6	1971	2.577,9	2003	35.587,0
1940	217,0	1972	2.711,3	2004	36.824,0
1941	222,0	1973	3.192,5	2005	38.843,5
1942	226,7	1974	3.732,1	2006	40.564,8
1943	236,4	1975	4.186,6	2007	40.835,7
1944	241,9	1976	4.364,2	2008	41.817,2
1945	245,9	1977	4.727,2	2009	44.761,2
1946	247,5	1978	4.868,7	2010	49.524,1
1947	251,4	1979	5.118,7	2011	52.911,1
1948	305,5	1980	5.118,7	2012	57.059,4
1949	381,8	1981	5.537,6	2013	64.267,7
1950	407,8	1982	6.638,6	2014	69.519,8
1951	423,2	1983	6.935,1	2015	73.146,7
1952	437,8	1984	8.461,6	2016	78.497,4
1953	499,5	1985	9.121,6	2017	83.275,4

Kaynak: <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-2016-yili-istatistikleri> [www.emo.org.tr](http://www.emo.org.tr)

#### 1.4. Özelleştirilen Dağıtım Bölgeleri

Tablo 1.4' te TEDAŞ Özelleştirme sürecinde, 21 dağıtım bölgesinin özelleştirme sonrası yatırımcı şirketleri ve ihale rakamları detaylı olarak verilmiştir. Son olarak 01.09.2013 tarihinde 3 bölgenin devri ile TEDAŞ özelleştirme süreci tamamlanmış olup 12,9 Milyar Dolar gelir edilmiştir (Ertlav 2014).

**Tablo 2.4** Dağıtım Şirketlerinin Özelleştirme Durumu

	ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETİ	İHALE TARİHİ	YATIRIMCI	İHALE TUTARI (\$)
1	Göksu (AKEDAŞ) Elektrik Dağıtım A.Ş.	07.01.1999	AKEDAŞ	60.000.000
2	Menderes (ADM) Elektrik Dağıtım A.Ş.	17.07.2008	AYDEM	110.000.000
3	Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.	01.07.2008	ENERJİSAVERBUND	1.225.000.000
4	Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.	01.07.2008	AKCEZ	600.000.000
5	Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.	25.09.2008	ALORKO-CENGİZ	440.000.000
6	Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş.	06.11.2009	ETİ GÜMÜŞ	485.000.000
7	Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş.	18.02.2010	LİMAK-KOLİN-CENGİZ	258.500.000
8	Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş.	18.02.2010	LİMAK-KOLİN-CENGİZ	940.000.000
9	Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş.	06.11.2009	AKSA ELEKTRİK	227.000.000
10	Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş.	06.11.2009	ÇALIK ENERJİ	441.500.000
11	Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş.	18.02.2010	AKSA ELEKTRİK	230.250.000
12	Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.	09.08.2010	IC HOLDİNG	575.000.000
13	Akdeniz Elektrik A.Ş.	12.11.2012	LİMAK-KOLİN-CENGİZ	546.000.000
14	Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş.	14.12.2012	LİMAK-KOLİN-CENGİZ	1.960.000.000
15	Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş.	19.12.2012	ELSAN-TÜMAŞKARAÇAY	1.231.000.000
16	Aras Elektrik A.Ş.	25.09.2008	KİLER ALIŞVERİŞ HİZ.	128.500.000
17	Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.	15.03.2013	İŞKAYA-DOĞU	387.000.000
18	İstanbul Anadolu Yakası Elektrik D. A.Ş.	15.03.2013	ENERJİSA	1.227.000.000
19	Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş.	15.03.2013	ENERJİSA	1.725.000.000
20	Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş.	15.03.2013	TÜRKERLER	118.000.000
TOPLAM:				12.914.750.000

Kaynak: ÖİB, 86039450-622 sayılı resmi yazı, 2013 (Bilgi Edinme Talebine Cevap)( Türkiye’de özelleştirme: TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi-Murat Ertlav- Yüksek Lisans Tezi)

Çalışmanın bu kısmında özelleştirme bilgileri verilen dağıtım bölgeleri için özelleştirme rakamları Tablo 1.4 ten alınmış nüfus bilgileri için TÜİK 2018 yılı için nüfus verileri kullanılmıştır. ([http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059) (9-10-2019)).

#### **1.4.1. AKEDAŞ (Göksu) Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Göksu (AKEDAŞ) Elektrik Dağıtım A.Ş. 1.769.364 nüfusa sahip, Kahramanmaraş ve Adıyaman şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.2). AKEDAŞ, yatırımcılar konsorsiyumu tarafından kurulmuştur. Göksu (AKEDAŞ) Elektrik Dağıtım A.Ş. özelleştirilerek, AKEDAŞ'a devredilmiştir. İhale bedeli 60 milyon dolardır.



**Şekil 1.2** AKEDAŞ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.2. ADM (Menderes) Elektrik Dağıtım A.Ş**

Menderes (ADM) Elektrik Dağıtım A.Ş. (AYDEM EDAŞ), 3.093.015 nüfusa sahip Aydın, Denizli ve Muğla şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.3). Menderes (ADM) Elektrik Dağıtım A.Ş. özelleştirilerek, ADM Elektrik Dağıtım A.Ş'ye devredilmiştir. İhale bedeli 110 milyon dolardır. Bereket Şirketler grubu tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.3** ADM Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

### 1.4.3. Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.

Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş. (Başkent EDAŞ), 7.437.033 nüfusa sahip Ankara, Zonguldak, Kastamonu, Kırıkkale, Karabük, Çankırı ve Bartın şehirlerinde Elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.4). Başkent Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, özelleştirilerek Başkent EDAŞ'a devredilmiştir. Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan özelleştirmenin bedeli 1 Milyar 225 Milyon dolardır. Başkent EDAŞ, Enerjisa tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.4** Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### 1.4.4. Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.

Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. (SEDAŞ), 3.616.745 nüfusa sahip Kocaeli, Sakarya, Düzce ve Bolu şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.5). Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan özelleştirmenin bedeli 600 Milyon Dolardır. SEDAŞ, Akkök-Akenerji-CEZ Energy tarafından işletilmektedir.



Şekil 1.5 Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### 1.4.5. Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.

Meram Elektrik Dağıtım A.Ş. (MEDAŞ), 3.774.608 nüfusa sahip Konya, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Karaman ve Kırşehir şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.6). MERAM Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, özelleştirilerek MERAM EDAS'a devredilmiştir. Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan özelleştirmenin bedeli 440 Milyon Dolardır MEDAŞ, Alarko Holding, Cengiz Holding tarafından işletilmektedir.



Şekil 1.6 Meram Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### 1.4.6. Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş.

Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş. (OEDAŞ - Osmangazi EDAŞ), 2.765.658 nüfusa sahip Eskişehir, Afyon, Kütahya, Uşak ve Bilecik şehirlerine Elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.7). Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan özelleştirmenin bedeli 485 Milyon Dolar olmakla birlikte, Osmangazi EDAŞ adıyla Eti Gümüş şirketine devredilmiştir.

01.08.2013 tarihinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun toplantısında alınan kararla, Elektrik Piyasası Kanunu'nun 16. maddesinin 4.fıkrası gereğince faaliyetlerini yerine getiremediği belirlenerek, Osmangazi Elektrik Dağıtım AŞ ve Osmangazi Elektrik Perakende Satış AŞ'nin yönetimine el konulmuştur. Daha sonraki süreçte, Şubat 2017 tarihinde Zorlu Osmangazi Enerji Sanayi ve Ticaret AŞ tarafından devir alınmıştır. OEDAŞ - Osmangazi EDAŞ, Zorlu Enerji tarafından işletilmektedir.



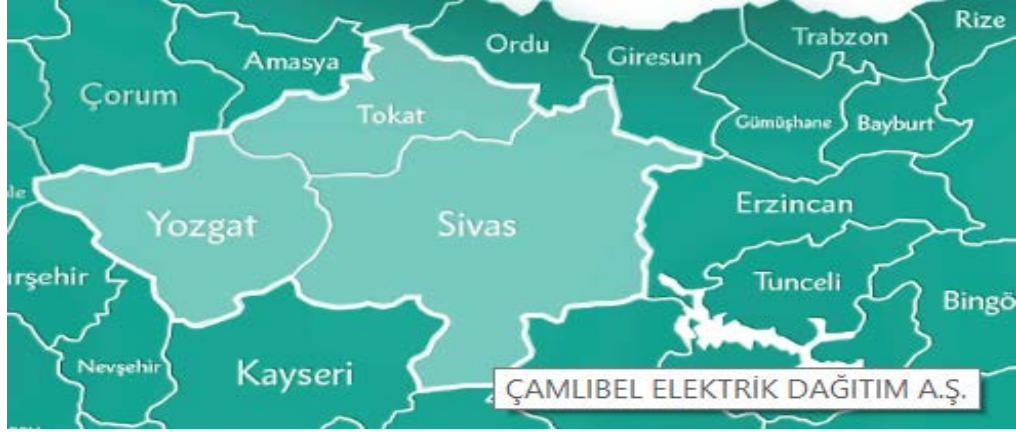
Şekil 1.7 Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### 1.4.7. Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş.

Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. (ÇEDAŞ), 1.684.235 nüfusa sahip Sivas, Tokat ve Yozgat şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.8). Özelleştirilerek ÇEDAŞ'a devredilen bölgenin bedeli 285 Milyon 500 bin dolardır. ÇEDAŞ, Kolin İnşaat ve Cengiz Holding tarafından işletilmektedir.





**Şekil 1.8** Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri)

#### **1.4.8. Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. (Uludağ EDAŞ), 5.023.992 nüfusa sahip Bursa, Balıkesir, Çanakkale ve Yalova şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.9). Özelleştirilerek Uludağ EDAŞ'a devredilen bölgenin özelleştirilme bedeli 940 Milyon dolardır. Uludağ EDAŞ, Limak Holding tarafından işletilmektedir.



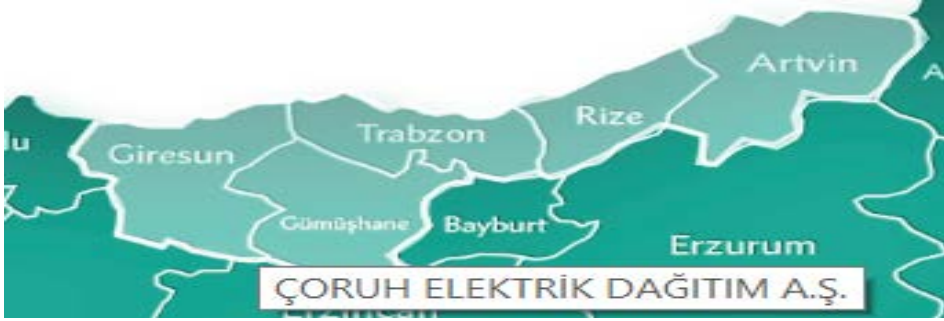
**Şekil 1.9** Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.9. Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş. (Çoruh EDAŞ), 1.947.181 nüfusa sahip Artvin, Giresun, Trabzon, Rize ve Gümüşhane şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.10). Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan

özelleştirmenin bedeli 227 Milyon Dolardır. Çoruh EDAŞ, Aksa (Kazancı holding) Enerji tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.10** Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.10. Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş. (YEDAŞ), 3.201.372 nüfusa sahip Ordu, Samsun, Amasya, Sinop ve Çorum şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.11). Özelleştirilerek Yeşilirmak EDAŞ'a devredilen bölgenin özelleştirme bedeli 441 Milyon 500 bin dolardır. YEDAŞ, Çalık Holding tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.11** Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.11. Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş. (Fırat EDAŞ), 1.762.077 nüfusa sahip Malatya, Elazığ, Tunceli ve şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.12). Özelleştirilerek Fırat EDAŞ'a devredilen bölgenin özelleştirme bedeli 230 Milyon



250 bin dolardır. Fırat EDAŞ, Aksa (Kazancı holding) Enerji tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.12** Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.12. Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş. (TREDAŞ), 1.802.315 nüfusa sahip Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.13). Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan özelleştirmenin bedeli 575 Milyon Dolardır. TREDAŞ, IC İçtaş Enerji tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.13** Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.13. Akdeniz Elektrik A.Ş.**

Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş. (Akdeniz EDAŞ), 3.137.694 nüfusa sahip Antalya, Isparta ve Burdur şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.14). Elektrik dağıtımını yapılan bölge 546 Milyondolar ihale bedeli ile

özelleştirilerek Akdeniz EDAŞ'a devredilmiştir. Akdeniz EDAŞ, Kolin İnşaat ve Cengiz Holding tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.14** Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.14. Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş**

Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. (BEDAŞ), 15.067.724 nüfusa sahip İstanbul'un Avrupa Yakasına elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.15). Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan özelleştirmenin bedeli 1 Milyar 960 Milyon Dolar'dır. BEDAŞ, Cengiz Holding ve Kolin İnşaat tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.15** Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.15. Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş. (Gediz EDAŞ), 5.750.162 nüfusa sahip İzmir ve Manisa şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.16). Elektrik dağıtımını yapılan bölge özelleştirilerek Gediz EDAŞ'a devredilmiştir. Özelleştirme

bedeli 1 milyar 231 Milyon dolardır. Gediz EDAŞ, Bereket Şirketler grubu tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.16** Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Bkz:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.16. Aras Elektrik A.Ş.**

Aras Elektrik Dağıtım A.Ş. (Aras EDAŞ), 2.211.054 nüfusa sahip Ağrı, Kars, Erzincan, Erzurum, Iğdır, Ardahan ve Bayburt şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.17). Elektrik dağıtımı yapılan bölge özelleştirilerek Aras EDAŞ'a devredilmiştir. Özelleştirme bedeli 128 Milyon 500 bin dolardır. Aras EDAŞ, Kiler Holding ve Çalık Holding ortaklığı tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.17** Aras Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.17. Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. (Dicle EDAŞ), 6.052.363 nüfusa sahiptir Diyarbakır, Şanlıurfa, Mardin, Batman, Siirt ve Şırnak şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.18). Elektrik dağıtımı yapılan bölge özelleştirilerek

Dicle EDAŞ'a devredilmiştir. Özelleştirilme bedeli. 387 Milyon dolardır. Dicle EDAŞ, Eksim Holding Enerji Grubu tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.18** Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.18. İstanbul Anadolu Yakası Elektrik D. A.Ş.**

İstanbul Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım A.Ş. (AYEDAŞ), 15.067.724 nüfusa sahip İstanbul'un Anadolu Yakasına elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.19). Elektrik dağıtımını yapılan bölge özelleştirilerek AYEDAŞ'a devredilmiştir. Özelleştirme bedeli 1 milyar 227 Milyon dolardır. AYEDAŞ, Enerjisa tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.19** AYEDAŞ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.19. Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş.**

Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş. (Toroslar EDAŞ), 8.349.968 nüfusa sahip Adana, Mersin, Hatay, Gaziantep, Osmaniye ve Kilis şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.20). Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan



özelleştirmenin bedeli 1 Milyar 725 Milyon Dolardır. TOROSLAR EDAŞ, Enerjisa tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.20** Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### **1.4.20. Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş**

Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş. (VEDAŞ), 2.167.642 nüfusa sahip Van, Muş, Bitlis ve Hakkari şehirlerine elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.21). Elektrik dağıtımı yapılan bölge 118 Milyon dolar olan ihale bedeli ile özelleştirilmesi tamamlanarak Vangölü EDAŞ'a devredilmiştir. VEDAŞ, Türkerler Holding tarafından işletilmektedir.



**Şekil 1.21** Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

#### 1.4.21. Kayseri ve Cıvırı Türk A.Ş.

Kayseri ve Cıvırı Elektrik Türk A.Ş. (KCETAŞ), 1.389.680 nüfusa sahip Kayseri Őehrine Kayseri BüyükŐehir Belediyesi tarafından iŐletilerek elektrik dağıtım hizmeti vermektedir (Şekil 1.22). 10 Haziran 1326 (Miladi 1910) tarihli ‘‘Menâfi-i Umumiye Müteallik İmtiyazat Hakkında Kanun’’ a istinaden kurulan KCETAŞ, Kayseri ve çevresindeki yerleşim yerlerinin elektrik enerjisi üretimini, üretilen enerjinin iletimini ve dağıtımını ayrıca elektrik enerjisinin ticaretini yapmak üzere 18 Ağustos 1926 tarih ve 4022 sayılı Bakanlar Kurulu Kararnamesine istinaden 11.10.1926 tarihinde imzalanan İmtiyaz Sözleşmesi ile Cumhuriyetin ilânından sonra da görevine devam etmiştir. O tarihten bu yana halen faaliyetini sürdüren tek Şirket olan KCETAŞ, lkemizde elektrik enerjisi üretim ve dağıtım Şirketlerinin nclerindedir .



Şekil 1.22 KCETAŞ Elektrik Dağıtım A.Ş. Hizmet Alanı

Kaynak:[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_dagitim\\_sirketleri](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_dagitim_sirketleri) (21.06.2018)

## BÖLÜM 2

### REGRESYON ANALİZİ

#### 2.1 Giriş

Regresyon analizi ile ilgili ilk çalışmalar; 19. Yüzyılın sonlarında Francis Galton tarafından yapılmıştır. Galton çalışmasında; çocuklarının boyları ile anne-babaların boyları arasındaki var olan ilişkiyi incelemiş ve kısa boylu çocukların anne-babalarının boylarının da kısa, uzun boylu çocukların anne-babalarının boylarının da uzun olmasına rağmen, çocukların boylarının anakitle boy ortalamasına yönelik yaklaşma eğiliminde olduğunu görmüştür. Galton'un çalışmaları bugün değişkenler arasındaki istatistiki ilişkileri inceleyen Regresyon Analizi 'nin başlangıcı olmuştur (Galton 1886).

Değişkenler arasında ilişkinin var olup olmadığı, var olması durumunda bu ilişki derecesinin belirlenmesi istatistiksel analizlerde sıkça karşılaşılan bir problemdir. İstatistiksel olarak iki değişken arasındaki bu ilişki, değişken değerlerinin karşılıklı değişiminin bağıllığı şeklinde tanımlanmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkinin analizinde en sık kullanılan yöntem regresyon analizidir (Karaca 2016).

Regresyon yönteminin amaçlarından biri bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir. Bu amaçla öncelikle parametrelerin tahmin edilmesi gerekmektedir. Modelin parametreleri belirlendiğinde bağımsız değişkenlere ait her farklı değer için bağımlı değişkenin alacağı değer tahmin edilmesi regresyonun bir diğer amacıdır. Eğer bağımsız değişkenlerin her farklı değerinde bağımlı değişken sabit oluyorsa araştırmaya çalışılacak bir problem yoktur denilmektedir.

#### 2.2. Doğrusal Regresyon Analizi

İstatistiksel çalışmaların çoğunda olduğu gibi regresyon analizinde de verilerin tümü (anakitle) yerine bu verilerden seçilen örnekler ile analiz gerçekleştirilmektedir. Anakitle verilerinin sayısı çok fazla olduğundan, zaman ve

araştırma masraflarını hesaba katarak tüm anakitle verileri yerine, bu anakitleden tesadüfen belirli sayıda seçilen verilerle istatistiksel analizler yapılmaktadır. Örnek veriler ile elde edilen sonuçlar anakitledeki ilişkinin tahmininde kullanılmaktadır. Anakitle veya örnek verilerle yapılan istatistikî uygulama teknikleri aynıdır, lâkin istatistik tekniklerinin uygulanmasının sonrasında örnekleme teorisinden faydalanılarak anakitleye ait parametrelerin test ve tahminleri yapılmaktadır. Regresyon analizinde de uygulama aynıdır ve anakitleye ait veriler büyük harf ile, örnek veriler ise küçük harf ile gösterilmektedir.

Doğrusal regresyon yönteminin en doğru sonucu vermesi için bazı varsayımları sağlaması gerekmektedir. Varsayımlardan herhangi birinin gerçekleşmemesi durumunda doğru sonuçlara ulaşılamaz. Bu varsayımları aşağıda verildiği gibi sıralayabiliriz (Berry 1993:84):

1-Bağımsız değişkenlerin hepsi nicel veya nitel olarak ölçülmüş olması, bağımlı değişken **Y**'nin ise nicel ve sürekli olması gerekmektedir. **X** ve **Y** değişkenleri doğru olarak ölçülmelidir.

2-Tüm bağımsız değişkenlerin varyansının sıfırdan farklı olması gerekmektedir.

3-Bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmaması gerekmektedir.

4-Hata terimleri ortalaması sıfırdır.  $E(\varepsilon_i) = 0$

5-Bağımsız değişkenler ve hata terimi arasında korelasyon olmamalıdır.

6-Hata terimlerinin varyansı sabit olmalıdır.  $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$

7-Hata terimleri arasında otokorelasyon olmamalıdır.  $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ , ( $i \neq j$ )

8-Hata terimleri  $\varepsilon_i$ , normal dağılmalıdır.



### 2.3. Basit Doğrusal Regresyon

Regresyon analizinde, değişkenler bağımlı ve bağımsız değişken (ler) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni açıklamaya çalışılan değişkenlerdir. Eşitlik 1.1’de gösterildiği gibi bağımlı değişken  $y$  ile, bağımsız değişkenler de  $x$  ile gösterilmektedir. Hata terimi  $\varepsilon$ , modele dâhil edilemeyen değişkenleri içerir. Modelde yer alan parametreler  $\beta_0$ , doğrusal fonksiyon sabit parametresidir.  $X$  sıfır olduğunda regresyon doğrusunun dikey eksen olan  $y$  ile kesiştiği noktayı gösterir.  $\beta_1$  ise doğrusal fonksiyonun eğimidir ve  $\beta_1$  parametresi regresyon analizinde bağımsız değişken olan  $x$ ’deki bir birimlik değişimin bağımlı değişken  $y$ ’de ne kadarlık bir değişim yarattığını gösteren regresyon katsayısıdır (Karaca, 2016).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1.1)$$

Basit Doğrusal Regresyon Analizi,  $Y$  bağımlı değişkeninin tek bağımsız (açıklayıcı) değişken  $X$  ile arasındaki ilişkinin doğrusal bir fonksiyonla ifade edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli,  $Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$  şeklinde gösterilmektedir.  $\beta_0$  doğrusal fonksiyonun sabit terimidir ve  $\mathbf{X} = \mathbf{0}$  olduğunda regresyon doğrusundaki dikey eksen ile kesiştiği noktayı göstermektedir.  $\beta_1$  ise bu fonksiyona ait eğimi nitelemektedir ve aynı zamanda regresyon analizinde bağımsız değişken  $\mathbf{X}$ ’de meydana gelen bir birimlik değişimin bağımlı değişkende ne kadarlık bir değişime neden olduğunu gösteren regresyon katsayısıdır.  $\varepsilon$  hata terimini ifade etmektedir (Karaca 2016).

Modelde yer alan hata terimini; gerçek  $Y$  değerleri ile tahminî  $Y$  değerlerinin farkını en aza indirmek ve gerçek hayatta olması gereken katsayılara en yakın sonuçları bulabilmek amacıyla “En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi” kullanılır. EKK yöntemi; bir regresyon yöntemi olarak, Legendre (1805) ve Gauss (1809) tarafından açıklanmıştır ve gerçek değerlerle tahmin edilmiş değerler arasındaki hataların karelerini minimum yapmaktadır.

### 2.3.1. En Küçük Kareler Yöntemi

Regresyon analizinde gözlem noktalarını temsil eden en iyi eğriyi bulma işleminde en çok kullanılan yöntem En Küçük Kareler (EKK) yöntemidir. En küçük kareler yöntemi, oluşacak hataların kareleri toplamı minimum olacak şekilde bir eğri denklemini bulma mantığına dayanır. Bu yaklaşımla bulunacak bir denklem en az hatalı ve en gerçekçi değeri verecek bir eğri denklemini olacaktır. EKK yönteminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için birçok varsayım gerekmektedir. Bu varsayımların en önemlisi verilen noktalardaki ölçüm hatalarının normal dağılım göstermesidir (Koutsoyiannis 1989:61).

#### 2.3.1.1 Parametrelerin Tahmini

$\beta_0$  ve  $\beta_1$  'i tahmin etmek için kullanılan En Küçük Kareler yönteminde,

$Y = \beta_0 + \beta_1 X + u_i$  denklemindeki  $\beta_0$  ve  $\beta_1$  öyle tahmin edilmelidir ki hata kareler toplamı  $\sum_{i=1}^n u_i^2$  en küçük olsun. Bunun için önce denklemden  $u$  çekilir,

$$u_i = Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i$$

Eşitliği elde edilir. Bu eşitliğin her iki tarafının karesi alınıp toplanırsa,

$$\sum_{i=1}^n u_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i)^2 = \text{Min.}$$

Elde edilir.  $\beta_0$  ve  $\beta_1$  parametrelerinin gerçek değerleri bilinmediğinden  $u_i$  nin de gerçek değeri bilinmez. Regresyon modelinde  $\beta_0$  ve  $\beta_1$  parametrelerinin yerine onların tahmin değerleri yazılarak ve hata terimi içinde tahmin değeri yazılarak, eşitliğin sağ tarafındaki  $\beta_0$  ve  $\beta_1$  için, ayrı ayrı kısmi türeci alınarak sıfıra eşitlenip çözümlürse;

1-)  $\hat{\beta}_0$  parametresini bulmak için  $\sum_{i=1}^n u_i^2$  ifadesinin  $\hat{\beta}_0$  parametresine göre türevi alınıp 0'a eşitlenir.

$$\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{\partial \hat{\beta}_0} = 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i)(-1) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_0 - \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_1 X_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i - n\hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i$$

2-)  $\hat{\beta}_1$  parametresini bulmak için  $\sum_{i=1}^n u_i^2$  ifadesinin  $\hat{\beta}_1$  parametresine göre türevi alınıp 0'a eşitlenir.

$$\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{\partial \hat{\beta}_1} = 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i)(-X_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \hat{\beta}_0 - \sum_{i=1}^n X_i \hat{\beta}_1 X_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n X_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 = 0$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n X_i + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i^2$$

Böylece denklemlerimiz;

$$\sum_{i=1}^n Y_i = n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i \quad (1.2)$$

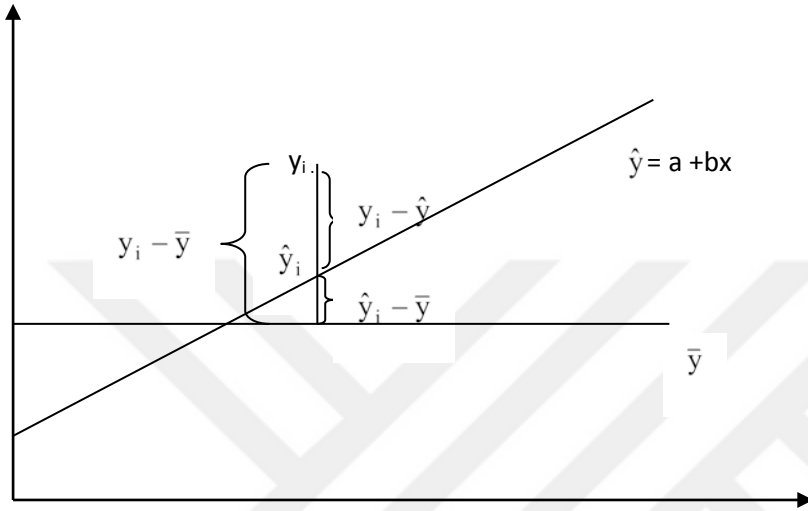
$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n X_i + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 \quad (1.3)$$

Eşitlik 1.2 ve Eşitlik 1.3'deki gibi iki denklem elde edilir. Bu denklemlere 'Normal Denklemler' denir. Bunların çözümü ile parametreler tahmin edilir. Denklemlerden türetilen farklı formüller parametre tahmininde kullanılabilir (Gujarati,2004:84).

En Küçük Kareler Regresyonu aşırı değerlerin etkisinde kalabilir. Hatalar normal dağılıyorsa değişkenler arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde açıklar ancak

hataların normal dağılmadığı durumlarda (aşırı değerlerin olması durumunda hatalar normal dağılmayabilir) En Küçük Kareler tahminleri ve testleri iyi sonuç vermezler (Tarı, 2015:64).

### 2.3.1.2 Kareler Toplamı İle Katsayı Tahmini



**Resim 2.1** Regresyon Analizinde Sapmalar

(Uygulamalı İstatistik Prof. Dr. Necati YILDIZ-Ydr. Doç. Dr. Hüdaverdi Bircan Syf:340)

Regresyon Analizinde, Resim 2.1 'de olduğu gibi varyasyon iki kısma ayrılır.

$$\begin{aligned}
 (y_i - \bar{y}) &= (y_i - \hat{y}_i) + (\hat{y}_i - \bar{y}) \\
 \sum (y_i - \bar{y})^2 &= \sum [(y_i - \hat{y}_i) + (\hat{y}_i - \bar{y})]^2 \\
 \underbrace{\sum (y_i - \bar{y})^2}_{\text{GKT}} &= \underbrace{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}_{\text{HKT}} + \underbrace{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}_{\text{RKT}} + \underbrace{2\sum (y_i - \hat{y}_i)(\hat{y}_i - \bar{y})}_0
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

Eşitlik 1.4 'te varyasyon analizi formül gelişimi verilmiştir. Formülde;

**GKT:** Genel Kareler Toplamı

**HKT:** Hata Kareler Toplamı

**RKT:** Regresyon Kareler Toplamı'nı ifade etmektedir.

**Tablo 2.1** Varyans Analiz Tablosu

VARYANS ANALİZİ TABLOSU				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F hesap değeri
Regresyon	1	$b\sum(y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})$	KT/SD	$\frac{RKO}{HKO}$
Hata	n-2	$\sum(y_i - \hat{y}_i)^2$		
Genel	n-1	$\sum(y_i - \bar{y})^2$		

(Uygulamalı İstatistik Prof. Dr. Necati YILDIZ-Ydr. Doç. Dr. Hüdaverdi Bircan Syf:340)

### 2.3.1.3 Belirlilik Katsayısı

Bağımlı değişkendeki değişimlerin bağımsız değişken veya değişkenler tarafından açıklanma oranını belirten katsayıya “Belirlilik Katsayısı ( $R^2$ )” adı verilmektedir. Basit regresyonda tek bağımsız değişken olduğundan, bağımlı değişkendeki değişimler sadece bu değişken tarafından açıklanmaktadır.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{RKT}{GKT} \quad (1.5)$$

bu katsayı eşitlik 1.5’te gösterildiği gibi elde edilir.  $0 \leq R^2 \leq 1$  aralığında değer alır.

$R^2$ ’nin 1’e yaklaşması bağımlı değişkendeki değişimlerin bağımsız değişken tarafından iyi açıklandığını ortaya koyacaktır (Gujarati,2004:124).

### 2.4. Çoklu Doğrusal Regresyon

Basit regresyon analizinde bağımlı değişken  $Y$  ile gösterilirken, bağımsız değişken  $X$  ile gösterilmektedir. Çoklu regresyon analizinde ise bağımlı değişken  $Y$  ile bağımsız değişkenlerde  $x_1, x_2, \dots, x_k$  ile gösterilmektedir. Buna bağlı olarak Eşitlik 1.6’te gösterilmektedir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1.6)$$

Çoklu doğrusal regresyonda; bağımsız (açıklayıcı) değişkenleri dahil ederken, korelasyon katsayısı (R) ve belirlilik katsayısı (R<sup>2</sup>)'na bakılır ve ayrı ayrı veya topluca anlamlılık testi (F Testi) yapılır. Öncelikle, değişkenlerin birbiriyle ilişkili olup olmadığına ve yönüne R değerlerine bakılarak karar verilir. R değeri pozitif veya negatif yönde 1'e ne kadar yakınsa aradaki ilişki o kadar kuvvetlidir denir. Sonrasında değişkenler bağımlı ve bağımsız değişkenlere ayrılır, R<sup>2</sup> değerlerine göre bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenlerce açıklanabileceği açıkça görülür ve regresyon analizi gerçekleştirilir (Koutsoyiannis 1989:89).

#### 2.4.1 Parametrelerin Tahmini

Çoklu doğrusal regresyon modelinin parametreleri basit doğrusal regresyon modelinin parametreleri gibi aynı yöntemlerle tahmin edilebilir. Anakitle çoklu doğrusal regresyon modeli, Eşitlik 1.7 gibi gösterilir.

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon \quad (1.7)$$

En Küçük Kareler Yönteminde  $Y_i$  ile  $E(Y_i)$  arasındaki farkların kareleri toplamı minimize edileceğinden yapılan işlemler sonucunda,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Y_i &= n\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{ik} \\ \sum_{i=1}^n X_{i2} Y_i &= \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i2} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2}^2 + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{i2} X_{ik} \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ \sum_{i=1}^n X_{ik} Y_i &= \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{ik} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{ik} X_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n X_{ik}^2 \end{aligned} \quad (1.8)$$

Eşitlik 1.8' de gösterilen denklemler elde edilir. Bu denklemler çoklu doğrusal regresyonun normal denklemleridir. Elde edilen normal denklemler gerçek değerlerle ifade edilmiştir. Bu denklemler yardımcı ile,

$$\hat{\beta}_1 = \bar{Y} - \hat{\beta}_2 \bar{X}_2 - \hat{\beta}_3 \bar{X}_3 - \dots - \hat{\beta}_k \bar{X}_k \quad (1.9)$$

Eşitlik 1.8’de gösterildiği gibi tahmin edilecektir.

Çoklu doğrusal regresyonda tahmin edilecek parametre sayısı arttıkça tahmincilerin formüllerle ifadesi güçleşir. Bu nedenle parametrelerin tahmininde matris yöntemi kullanılır (Wooldridge, 2013).

Matris yönteminde ise

$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) gibi çok açıklayıcı değişkene sahip bir model, aşağıdaki gibi bir eşanlı denklem modelini göstermektedir.

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{21} + \dots + \beta_k X_{k1} + u_1$$

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 X_{12} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_k X_{k2} + u_2$$

.....

$$Y_n = \beta_0 + \beta_1 X_{1n} + \beta_2 X_{2n} + \dots + \beta_k X_{kn} + u_n$$

Bu modelin matrislerle ifadesi ise aşağıdaki gibidir.

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ & \vdots & & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}$$

veya

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$$

Burada

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \text{ nx1 boyutlu bağımlı değişken gözlemleri vektörü,}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ & \vdots & & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \text{ nxk boyutlu açıklayıcı değişken verileri matrisi,}$$

$$\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \text{ kx1 boyutlu katsayılar vektörü}$$

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} \text{ nx1 boyutlu hata terimleri vektörüdür.}$$

Çoklu Regresyon analizinde, genel doğrusal model

$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \dots + \beta_k X_{ik} + u_i$ ,  $i = 1 \dots n$  veya  $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$  olarak ifade edilmektedir.

$$\text{En Küçük Kareler yöntemi } \hat{\mathbf{u}}' \hat{\mathbf{u}} = [\hat{u}_1 \quad \hat{u}_2 \quad \dots \quad \hat{u}_n] \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \\ \vdots \\ \hat{u}_n \end{bmatrix} = \hat{u}_1^2 + \hat{u}_2^2 + \dots + \hat{u}_n^2 = \sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2$$

yi minimize eder.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u} \text{ ilişkisinden } \hat{\mathbf{u}} = \mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}, \hat{\mathbf{u}}' = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})'$$
 ve böylece

$$\hat{\mathbf{u}}' \hat{\mathbf{u}} = (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})' (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}) = \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - 2\hat{\boldsymbol{\beta}}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \hat{\boldsymbol{\beta}}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} \text{ bulunur.}$$

Minimizasyon için bu fonksiyonun  $\boldsymbol{\beta}$  ya göre türevi sıfıra eşitlenmelidir:

$$\frac{\partial \hat{\mathbf{u}}' \hat{\mathbf{u}}}{\partial \hat{\boldsymbol{\beta}}} = -2\mathbf{X}'\mathbf{Y} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{0}$$

ve bunun sonucu

$$\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (1.10)$$



Eşitlik 1.10 bulunur ve bu eşitlik en küçük kareler normal denklemdir. (<http://kisisel.ankara.edu.tr/politics.ankara.edu.tr/burca/ekonometri/6-%20Matris.pdf>)

#### 2.4.2. Belirlilik Katsayısı

Çoklu doğrusal regresyonda birden fazla bağımsız değişken olduğundan, belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) bağımlı değişkendeki değişimlerin bağımsız değişkenler tarafından açıklanma oranını verecektir. Basit regresyonda olduğu gibi teorik değerler çoklu regresyonda da hesaplanacak ancak işlem kolaylığı sağlaması açısından matrisler kullanılacaktır (Koutsoyiannis 1989:101).

Aynı bağımlı değişkendeki değişimler farklı regresyon modelleri ile açıklanabilir. Bu modellerin matematiksel yapıları, gözlem sayıları ve değişken sayıları farklı olabilir. Bu sebeptendir ki çoklu regresyon modellerinde belirlilik katsayısı kullanımı uygun olmamaktadır. Çoklu regresyon modellerinde modele yeni değişken ilave edildiğinden belirlilik katsayısı değeri her zaman artmaktadır. Bu sebeple bağımlı değişkeni aynı, bağımsız değişken sayıları farklı regresyon modellerinin karşılaştırılması için düzeltilmiş belirlilik katsayısı  $\bar{R}^2$  kullanılır (Koutsoyiannis,1989:101).

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k} \cdot (1 - R^2) \quad (1.10)$$

Düzeltilmiş belirlilik katsayısı, Eşitlik 1.10'da gösterildiği gibi hesaplanır.



## BÖLÜM 3

### YAPAY SİNİR AĞLARI

İnsan beyninin öğrenme yapısına benzer nitelikte, biyolojik nöron hücresinin yapısı ve öğrenme karakteristikleri örnek alınarak geliştirilmiş olup, bilgisayarlarda yapılan birlikte çalışan çok sayıda nöronlardan oluşan bir hesaplanma ve işleme sistemini Yapay sinir ağları (YSA) olarak tanımlayabiliriz. Bu sistemler beynin işleme süreciyle iki şekilde uyumludur. (Haykin 1999)

- Bilgi, bir öğrenme süreci ile çevresinden kazandırılır.
- Edinilen bilgiyi depolamak için, sinaptik olarak bilinen yani Nöronlar (işlem birimleri) arası bağlama kuvvetleri kullanılır.

Günümüzde bilgisayar sistemlerinin bir çok alanda kullanılmasıyla birlikte YSA'lar da bir çok alanda kullanılmaya başlamıştır. Temel olarak Yapay sinir ağları, yeni bilgileri keşfedebilme ve oluşturabilme gibi kabiliyetleri yardım almadan ve otomatize olarak yapabilmeyi amaçlamaktadır. Bunu da insan beyninin öğrenme prosesini matematiksel olarak modelleyerek gerçekleştirmektedir. Bu nedendir ki konu üzerindeki ilk çalışmalar insan beyninin nörofiziksel yapısının incelenmesi sonucunda kurulan nöron modellerinin bilgisayar sistemleri ile uyarlanmasıyla başlamıştır.

#### 3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağları, beyin fonksiyonlarının bir sonucu olan örnekleri kullanarak öğrenebilen ve çevreden gelen uyarıcılara yönelik nasıl tepkiler üretilebileceğini belirleyen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer olarak sınıflama, özellik belirleme, ilişkilendirme, genelleme, öğrenme ve optimizasyon yapma gibi yeteneklere sahip olan bu sistemler başarılı sonuçlar ortaya koyabilmektedir (Öztemel, 2012:33).

Literatürde “Nöro Bilgisayarlar”, “Paralel Dağıtılmış Ağlar” ve “Bağlantılı Ağlar” gibi de adlandırılmaktadırlar. (Haykin 1999). Yapay sinir ağlarını oluşturan hücrelerin birbirleriyle paralel çalışabilmesi ve hiyerarşik olarak bağlı olması bu

tanımları ortak noktasıdır. Bütün modeller için geçerli olabilecek genel karakteristik özellikler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztemel 2012:33).

Doğrusal olmayan karmaşık problemlerin de çözülmesini mümkün kılan paralellik özelliğidir. Yani yapay sinir ağlarında işlemler bütün ağa yayılmış durumdadır ve doğrusal değildir (Tolon vd. 2008 ).

Yapay sinir ağlarının temel işlevi, benzer olaylar karşısında benzer karar vermeye çalışarak bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktır.

Geleneksel programlamanın yaratmış olduğu birçok olumsuzluğu ortadan kaldırmaktadır. Çünkü çalışma stili yapay zekâ yöntemlerinin ve geleneksel programlama yöntemlerinin kullandığı bilgi işleme metodlarından tamamen farklıdır(Tolon vd. 2008).

Yapay sinir ağının üzerindeki bilgilerin yorumlanması ve ortaya çıkartılması oldukça zordur. Çünkü Yapay sinir ağları, bilgileri ağın tamamında dağınık olarak saklamaktadır. Geleneksel programlamadaki gibi bilgiler belirli bir düzende dosyalarda ya da veri tabanlarında tutmaz bu sayede hücrelerden işlevini yitirenlerin olması anlamlı bilginin kaybolmasına neden olmaz (Öztemel 2012).

Yapay sinir ağlarının öğrenmesi ve eğitilmesi, örnekler olmadan mümkün değildir.

YSA'nın başarısı, seçilmiş olan örneklerin durumu ile doğrudan orantılıdır. Çünkü YSA'nın öğrenmesi seçilecek olan örneklerin belirlenmesi ve bu örneklerin ağa gösterilerek ağın istenilen çıktılara göre eğitilmesiyle YSA'dan sonuç alınabilir ve olay YSA'ya bütün yönleri ile gösterilmezse ağ yanlış sonuçlar üretebilir (Öztemel 2012).

YSA'lar kendilerine gösterilen örneklerle yapılan eğitimlerde, örneklerden genellemeler yapabilirler ve bu genellemelerle birlikte yeni örnekler hakkında bilgi de üretebilirler. Bunu var olan organize etme ve kendi kendine öğrenebilme yetenekleri sayesinde yaparlar. Burada önemli olan elde bulunan örnekleri, eğitim seti ve test seti olarak ikiye bölmektir. Bu sayede eğitimin ardından test seti ile YSA'nın performansı ölçülmüş olur (Öztemel 2012:34).

Algılamaya ve öğrenmeye yönelik bilgilerin işlenmesinde YSA'lar, bilgiye dayalı çözümlerde ise uzman sistemler kullanılmaktadır. Yapılan uygulamalar, YSA'ların algılamaya yönelik uygulamalarda başarılı olduklarını göstermektedir.

YSA'lar kendisine verilen eksik bilgiler içeren bir örüntü (Pattern) veya şeklin eksikliklerini, ilişkilendirebilme yetenekleri sayesinde bulabilirler. Ayrıca YSA'lar verilen örneklerin kümelenmesi ile daha sonraki verinin dahil olacağı kümenin belirlenmesi gibi konularda da kullanılabilirler (Çayırılıoğlu Ders Notu).

Bu sayede YSA'lar eğitildikten sonra eksik bilgiler ile çalışabilir ve sonuç üretebilme özellikleri ile geleneksel yöntemlerden ayrılmaktadırlar.

Yapay sinir ağlarının dezavantajı sadece numetik bilgiler ile çalışmasıdır. Bu sebeple ağa verilecek olan sembolik ifadeler ile gösterilen bilgilerin, nümerik gösterime çevrilmesi gerekir (Tolun vd. 2008).

Daha önce de belirtildiği üzere YSA'lar eksik bilgiler ile de çalışabilmektedirler. Bu özellikleri sayesinde ağlara ait bazı hücrelerin bozulması ile çalışamaz hale gelmesinin ağların işleyebilmesi için sakıncası yoktur. Bu durumda ağları hatalara karşı daha toleranslı kılmaktadır. Yapay sinir ağları, bilgileri ağın tamamında dağınık olarak saklamaktadır. Ağın bilgisini, hücrelerin ağırlık ve bağlantı dereceleri göstermektedir. Bu nedenle tek bir bağlantının kendi başına anlamı yoktur (Öztemel 2012:32).

YSA'lar kendilerine gösterilen örneklere çevrimiçi olarak adapte olarak öğrenebilir bu durumda YSA'lara kendi kendilerine öğrenebilme yeteneği kazandırmaktadır (Tolun vd. 2008).

Ağırlıkların tekrar yapılandırılabilir olması YSA'lara, daha belirlenmiş olan sorunun çözümü adına eğitilmiş olan ağın ilgili sorundaki değişikliklere karşı tekrardan eğitilebilmesini ve değişik koşullara uyarlanabilmesini sağlamaktadır.

### **3.2. Yapay Sinir Ağlarının Kullanıldığı Alanlar**

Yapay Sinir Ağları, normal olmayan verileri işleyebilme, eksik veriler ile çalışabilmesi kendini ve tekrardan yapılandırılabilme yetenekleri ile günümüzde birçok yerde kullanılabilirler. YSA'lar üzerine yapılan çalışmalar yılar önce

başlamış ve farklı alanlarda yapılan pek çok uygulamanın sonuçlarının başarılı olduğu görülmüştür.

Günlük hayatta kullanmakta olduğumuz ev aletlerimizden gündelik hayatımızın vazgeçilmesi olan cep telefonlarına kadar hemen hemen her alan YSA uygulamalarına rastlamak mümkündür. Çünkü geçmişte kullanılan verilerin benzetilmesi yoluyla elde edilen ve laboratuvarlarda yürütülen çalışmalar, YSA'lar sayesinde gerçek veriler ve günlük hayatta yapılabilir hale gelmiştir (Öztemel 2012:54).

Yapay sinir ağları uygulamaları; sanayi uygulamaları, arıza analizi ve tespit uygulamaları, muhasebe-finansal uygulamalar, savunma ve askeri uygulamalar, sağlık uygulamaları ve diğer alanlardaki uygulamalar şeklinde ayrıştırılabilir. Uygulamalar incelendiğinde ise yapay sinir ağlarının genel olarak veri tanıma ve Eşleştirme, veri ilişkilendirme ve filtreleme, sınıflandırma, teşhis, yorumlama ve tahmin gibi fonksiyonları gerçekleştirmek için kullanıldığı gözlemlenmiştir. YSA'ların değişik uygulama alanlarına yönelik örneklemeler aşağıda yer verilmiştir (Öztemel 2012:54)

Yapay sinir ağlarının Sanayi alanında sayısız uygulaması bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Üretim kontrol ve planlama çalışmalarındaki optimizasyon işlemleri, kimyasal süreçlerin etkin modellenmesi, araçlarda yer alan otomatik rehber sisteminin geliştirilmesi, imalatta makine bakım ve hataların bulunması, bir sanayi tesisinde fırınların ürettiği gaz seviyesinin tahmini, işlerin makinelere yönlendirilmesi ve tablolanması gibi daha pek çok örnek sanayii alanındaki uygulamalar için verilebilir. (Karahana 2011:66).

Arıza analizi ve tespiti de diğer önemli uygulama alanıdır. Bir cihazın, sistemin ya da çalışanın düzenli ve verimli çalışma şeklini öğrenen bir YSA yardımıyla, bu sistemde yada uygulamada meydana gelebilecek hataların önceden belirlenmesi mümkündür. Bu sebeple yapay sinir ağları; elektrikli makinelerin, uçakların, tümleşik devrelerin, vs. gibi elektronik cihazların arıza analizinde kullanılmaktadır (Öztemel 2012:54).

Çalışma prensibinin temel dayanağı insan beyninin nörolojik yapısı olan YSA'lar, tıp ve sağlık alanında da pek çok uygulamanın geliştirilmesini sağlamıştır.

Kanserli hücrelerin belirlenmesi, solunum hastalıklarının teşhisi, Tıbbi işaretlerin analizi ve hastalıkların teşhisi ve resimlerden tanı yapılması, anne karnındaki çocukların kalp atışlarının izlenmesi, hastane giderlerinin optimizasyonu gibi pek çok faydalı YSA uygulaması mevcuttur (Karahana 2011:67).

Muhasebe-Finans alanında oldukça yaygın olarak kullanılan ve önemli işleve sahip olan YSA uygulamalarına ise, ekonomik tahminler, indekslerin tahmin edilmesi, kredi kartı kurumlarında iflas tahminleri, banka kredilerinin değerlendirilmesi, gayrimenkul kredilerinin yönetilmesi, kur tahminleri, risk analizleri gibi örnekler verilebilir (Karahana 2011:67).

Yapay sinir ağlarının sivil hayattaki uygulamaları kadar, askeri alandaki uygulamaları da dikkat çekmektedir. Askeri uçakların uçuş rotalarının belirlenmesi, hedef alma ve takip sistemleri, radar ve görüntü işaretlerinin işlenmesi, silah sistemleri, mayın tarama, gürültü giderme gibi uygulamalar bunlardan bazılarıdır (Erilli vd., 2010).

Yapay sinir ağları günlük hayatta karşı karşıya kalınan sorunlarla oldukça geniş bir uygulama alanı kazanmıştır. Yukarıda verilen uygulama alanları bunlardan sadece bazılarıdır.

Potansiyel YSA alanları ise, insan beyninin kolaylıkla çözümlenebildiği fakat bazı teknik kısıtlar sebebi ile klasik bilgisayarların hantal veya yetersiz kaldığı durumlar olarak ifade edilebilir.

### **3.3. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı**

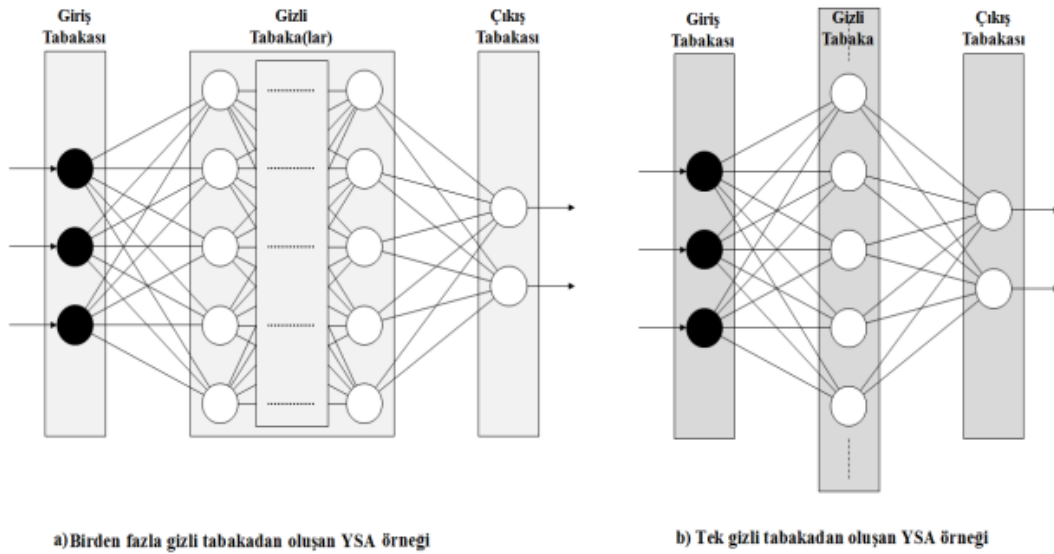
Yapay sinir ağlarının temel çalışma ilkesi, girdi setini (örnekleri) alarak çıktı setine dönüştürmek olan yapay sinir ağlarının doğru çıktıyı üretebilmesi için eğitilmesi şarttır.

Yapay sinir ağları için, birbirleri ile ilişkili birçok basit işlemcinin yapılan veri girişleri ile çıktılar ortaya koyabildiği Kara Kutu benzetmesi de yapılmaktadır Şekil 3.1'te gösterildiği gibi kara kutu, içeriye dışardan bilgileri alır ve dışarıya ürettiği çıktıları verir ve kutu içerisinde ise neler olduğu bilinmez. Bu benzetmeden de anlaşıldığı gibi, yapay sinir ağının sonuçları nasıl oluşturduğunu gösterme yada açıklama gibi bir özelliği yoktur (Öztemel 2012:52).



**Şekil 3.1** Yapay sinir ağlarının kara kutu benzetmesi (Karahana 2011:72).

Bu kara kutunun görevi, basitçe matematiksel bir fonksiyonu ifade etmektedir. Fakat YSA bu matematiksel fonksiyonun karşılığına ihtiyaç duymaz, çünkü ihtiyacı olan şey veri girdisi yani örneklerdir. Kısaca, modelin öğrenmeyi gerçekleştirmesi için geçmiş ile ilgili örneklerin olması yeterlidir. Fakat burada kullanılacak örneklerin öğrenilmesi gereken ilişkileri doğru şekilde taşıması ve sağlıyor olması gerekmektedir. Sorunun ağa gösterim şekli, ağın sahip olduğu topolojik yapı, ağın kullandığı öğrenme stratejisi ve öğrenme kuralı, ağın bilgi toplama ve sonuç üretme mekanizmalarının tercihi ve ağın performansı üzerinde etkili olacaktır (Toktaş, Aktürk 2004:7).



**Şekil 3.2** YSA'yı oluşturan tabakalar (Barutçu 2013).

Şekil 3.2 de görüldüğü üzere YSA 'lar birden çok gizli tabakaya sahip olabilirler. YSA'lar her ne kadar birden çok gizli tabaka içerebilirlerse de, teorik olarak yeterli sayıda nörona sahip tek gizli tabakaya sahip bir YSA'nın birden çok



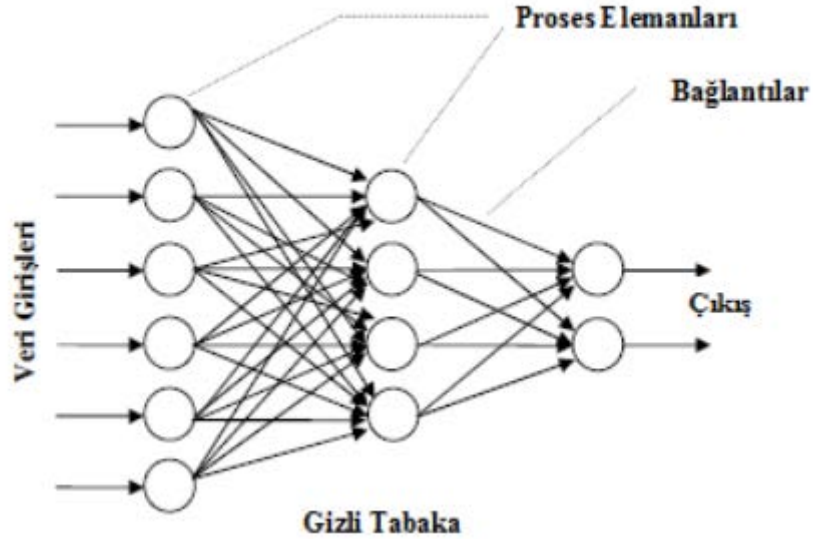
gizli tabakaya sahip YSA'nın yaptığı işi yapabildiği ispatlanmıştır (Barutçu 2013). YSA'yı meydana getiren tabakaları şu şekilde açıklamak mümkündür:

Giriş tabakası, en az bir girdi elemanının bulunduğu bölümdür. Bu tabakadaki süreç elemanları dış dünyadan örnek bilgilerini alarak ara tabakalara iletmekle yükümlüdür. Bu tabakada genellikle herhangi bir bilgi işle süreci olmaz (Öztemel 2012:52).

Gizli tabaka, tek bir tabakadan oluşabildiği gibi birçok tabakadan da oluşabilen gizli tabaka, giriş tabakasından gelen bilgilerin analizinin yapılması ve işlenmesi sonucu çıkış tabakasına gönderildiği kısımdır. Seçilen ağ yapısına göre işlem yapılan tabakanın fonksiyonu ve yapısı da değişebilir (Karahana 2011:78).

Çıkış tabakası, giriş tabakasından sunulan girdi seti için oluşturulması gereken çıktıyı, gizli tabakadan gelen bilgileri işleyerek üretir. Üretilen çıktı bilgileri buradan dış dünyaya iletilir.

Örnek bir Yapay Sinir ağı Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Birbirine paralel olarak çalışabilen ve hiyerarşik olarak da bağlı olan yapay sinir hücreleri bir bütün olarak YSA'yı oluşturmaktadır.

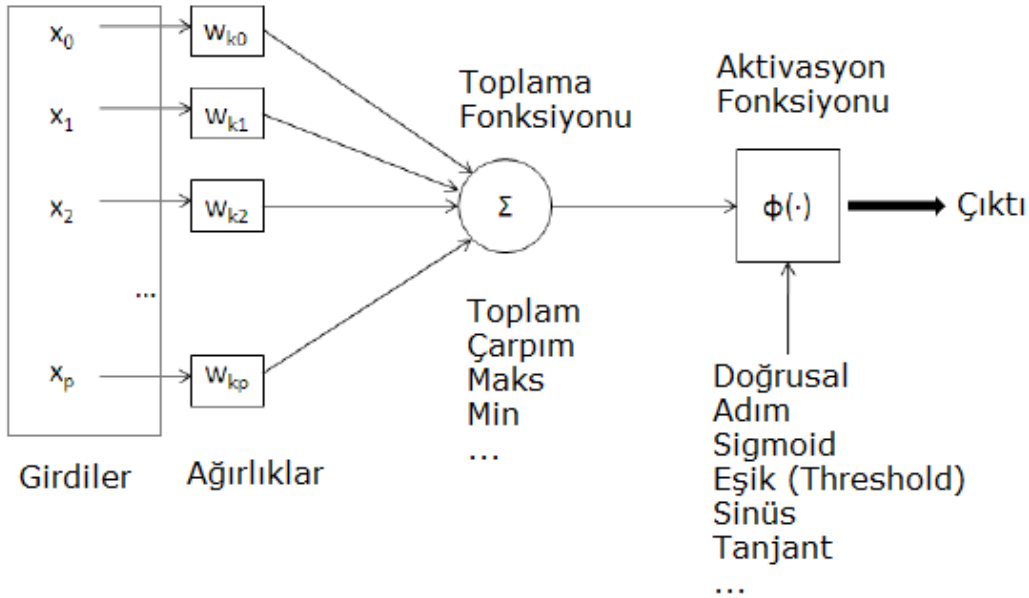


Şekil 3.3 Yapay Sinir Ağı Örneği (Öztemel 2012:30).

Süreç elemanları da denilen bu nöronların birbirleri ile ilişkilendiği ve her ilişkininde bir değeri olduğu kabul edilmektedir (Öztemel 2012:30). Bu ilişkilerin

ağırlık değerleri öğrenme işleminde belirlenmektedir. Ağ için girdiyi oluşturan örneklerle eğitilerek, ağın her girdi setine karşılık gelen çıktı setini oluşturduğu genelleme işlemi öğrenme süreci olarak adlandırılır.

Bu kapsamda elimizde var olan veri setini giriş katmanı olarak değerlendirebiliriz. Yapay sinir ağı elimizdeki verileri giriş verisi olarak aldıktan sonra başlangıç olarak vereceğimiz değerlere göre bir çıktı üretecektir ve bu çıktıların doğruluğuna göre uygun olan ağırlık değerlerini bulana kadar bu işlemi tekrarlayacaktır. Yapay sinir ağının ağırlıkları belirlemesi ve çıktıları oluşturması belirli bir matematiksel model ile tanımlanmıştır. Bu model Şekil 3.4'te gösterilmiştir (<http://mesutpiskin.com/blog/yapay-sinir-agi-derin-ogrenme.html>)



**Şekil 3.4** YSA Matematiksel Modeli

(<http://mesutpiskin.com/blog/yapay-sinir-agi-derin-ogrenme.html>)

Tanımlanan bu matematiksel modelde;

**Girdiler:** Girdiler YSA'nın öğrenmesi için kullanılacak olan veri setidir. Girdiler dış dünyadan örnek olarak alınabileceği gibi yapay sinir hücresine bir diğer hücreden de gelebilir (Öztemel 2012:45).

**Ağırlıklar:** YSA da girdi olarak kullanılan veri seti matematiksel fonksiyona dahil olurken geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpılarak bir sonraki adıma

iletirler. Bu sayede girdi verilerinin çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıkların değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan girdilerin çıktı üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır (Öztemel 2012:52).

**Toplama Fonksiyonu (Birleştirme Fonksiyonu):** Bir YSA da ağırlıklarla çarpılarak gelen girdileri, toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplayan bir fonksiyondur. YSA da her toplama fonksiyonunun aynı olması gerekmemektedir. Bazen girdilerin değerleri dikkate alınırken bazen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Genelde deneme yanılma yöntemi ile toplama fonksiyonu belirlenmektedir. Toplama fonksiyonunun yapısına karar verecek olan kullanıcıdır (Öztemel 2012:52). Tablo 3.1 de bazı örnek toplama fonksiyonları gösterilmektedir.

**Tablo 3.1** Örnek Toplama Fonksiyonları

Toplam $Net = \sum_{i=1}^N X_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleriyle toplanarak Net girdi hesaplanır.
Çarpım $Net = \prod_{i=1}^N X_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleriyle çarpılarak Net Girdi Hesaplanır.
Maksimum $Net = \text{Max}(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en büyüğü Net girdi olarak kabul edilir.
Minimum $Net = \text{Min}(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en küçüğü Net girdi olarak kabul edilir.
Çoğunluk $Net = \sum_{i=1}^N \text{Sgn}(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden girdilerle ağırlıklar çarpıldıktan sonra pozitif ile negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif Toplam $Net = \text{Net}(\text{eski}) + \sum_{i=1}^N X_i * W_i$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır. Daha önce hücreye gelen bilgilere yeni hesaplanan girdi değerleri eklenerek hücrenin net girdisi hesaplanır.

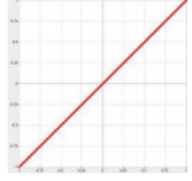
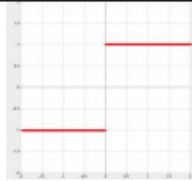

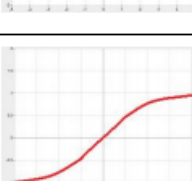
(<http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf>)

**Aktivasyon Fonksiyonu:** Bu fonksiyon hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Günümüzde yaygın olarak olarak “Sigmoid fonksiyonu” kullanılır. Tablo 3.2 de örnek olarak kullanılacak aktivasyon fonksiyonları gösterilmektedir (Öztemel 2012:52).

**Çıktı:** Aktivasyon fonksiyonu sonrasında oluşan değer çıktı değeri olmaktadır. Bu değer ister YSA'nın çıktısı olarak dış dünyaya verilir isterse tekrardan ağırlık içinde

kullanılabilir. Her YSA'nın birden fazla girdisi olmasına rağmen bir tek çıktısı olmaktadır (Öztemel 2012:52).

**Tablo 3.2** Örnek Aktivasyon Fonksiyonları

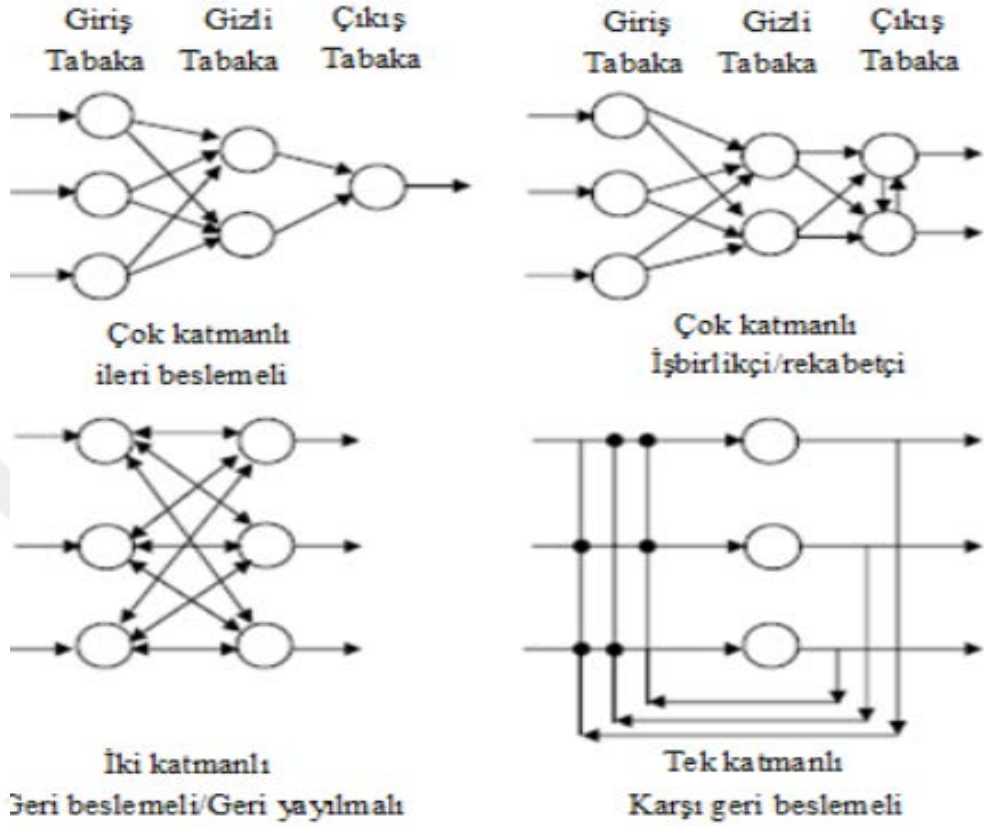
Doğrusal (Lineer) Aktivasyon Fonksiyonu		$F(\text{NET})=A \cdot \text{NET}$ (A sabit bir sayı)	Doğrusal problemler çözmek amacıyla aktivasyon fonksiyonu doğrusal bir fonksiyon olarak seçilebilir. Toplama fonksiyonundan çıkan sonuç, belli bir katsayı ile çarpılarak hücrenin çıktısı olarak hesaplanır.
Adım (Step) Aktivasyon Fonksiyonu		$F(\text{Net})= \begin{cases} 1 & \text{if Net} > \text{Eşik Değer} \\ 0 & \text{if Net} \leq \text{Eşik Değer} \end{cases}$	Gelen Net girdinin belirlenen bir eşik değerin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu		$F(\text{Net})= \frac{1}{1+e^{-\text{Net}}}$	Sigmoid aktivasyon fonksiyonu sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyondur. Doğrusal olmayışı dolayısıyla yapay sinir ağı uygulamalarında en sık kullanılan fonksiyondur. Bu fonksiyon girdi değerlerinin her biri için 0 ile 1 arasında bir değer üretir.
Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu		$F(\text{Net})= \frac{e^{\text{Net}} + e^{-\text{Net}}}{e^{\text{Net}} - e^{-\text{Net}}}$	Tanjant hiperbolik fonksiyonu, sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Sigmoid fonksiyonunda çıkış değerleri 0 ile 1 arasında değişirken hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıkış değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir.
Eşik Değer Fonksiyonu		$F(\text{Net})= \begin{cases} 0 & \text{if Net} \leq 0 \\ \text{Net} & \text{if } 0 < \text{Net} < 1 \\ 1 & \text{if Net} \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerin 0 dan küçük-eşit olduğunda 0 çıktısı, 1 den büyük-eşit olduğunda 1 çıktısı, 0 ile 1 arasında olduğunda ise yine kendisini veren çıktılar üretilebilir.
Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu		$F(\text{Net}) = \text{Sin}(\text{Net})$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.

(<http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf>)

### 3.4. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Birbirleriyle farklı şekillerde bağlanan Nöron hücreleri yapay sinir ağını oluşturur. Nöron hücrelerinin öğrenme kuralları, aktivasyon fonksiyonları ve bağlantı şekillerine göre çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bir çok nöron hücrenin bir araya

gelmesi ile oluşan ağlar, belli topolojilerle (mimariler) tanımlanabilir. En yaygın olarak kullanılan Şekil 3.5'te gösterilmiştir (Kartalopoulos 1996).



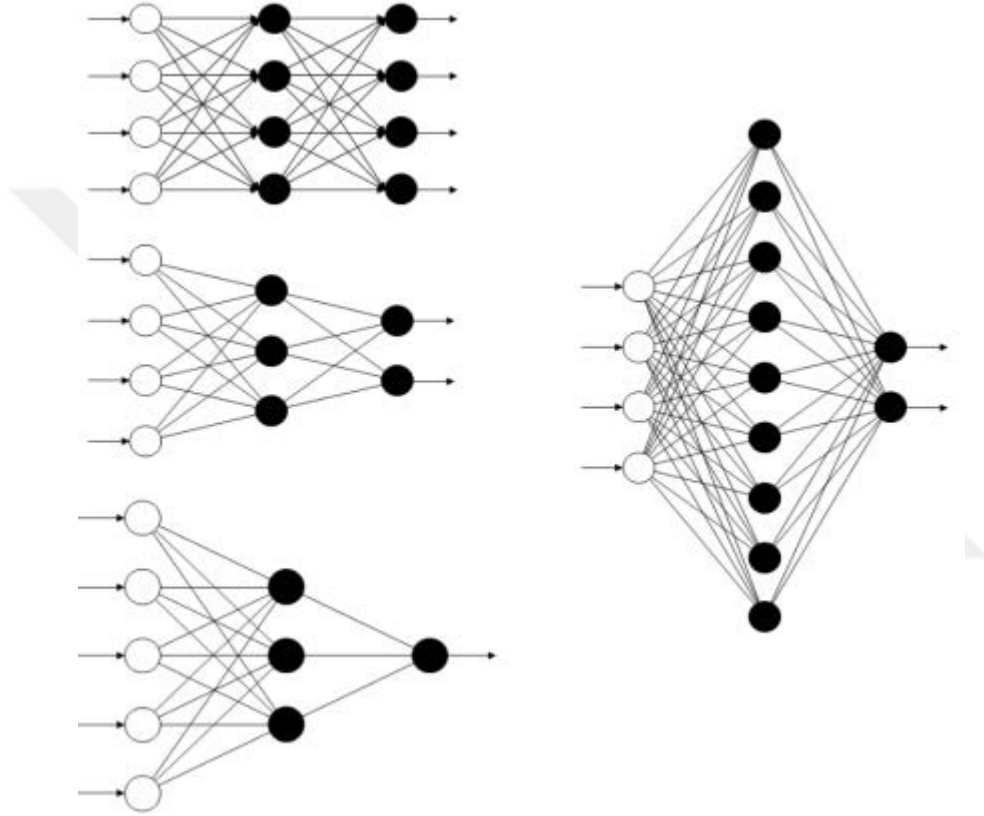
Şekil 3.5 Çeşitli YSA Sınıflandırması (Kartalopoulos 1996).

Tek tabakalı olabileceği gibi yapay sinir ağları çok sayıda tabakaya da sahip olabilirler. Genel olarak YSA sınıflandırmasına bakıldığında, istenilen çıkış için oluşturulan giriş tabakası, çıkışların oluşturulduğu çıkış tabakası ve bu tabakalar arasında en az bir gizli tabakanın olduğu yapıya sahiptirler. Giriş tabakasındaki işaretlerini çıkış tabakasına gönderen, dış ortamla herhangi bir bağlantısı bulunmayan nöronlardan oluşan tabaka arada bulunan gizli tabakadır (Tolon, Tosunoğlu 2008). Çıkış değerinin gizli tabaka olmadan oluşturulamayacağı için, her ağda gizli tabaka olmalı ve bu tabakanın sayısı bir veya birden fazla olmalıdır (Kartalopoulos 1996).

Süreç şekillerine göre ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) olmak üzere yapay sinir ağları iki farklı yapıda incelenebilir.

### 3.4.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İşaretlerin sadece giriş tabakasından çıkış tabakasına doğru tek bir yönde ilerlediği ağlar ileri beslemeli YSA olarak tanımlanabilir. Bu ağlarda bir tabakadan elde edilen çıktı değeri, değer oluşturduğu tabakadaki nöronları etkilemeyecektir. Farklı mimarilere sahip olan ileri beslemeli YSA örnekleri Şekil 3.6’te gösterilmektedir.(Barutçu 2013)



Şekil 3.6 Çeşitli ileri beslemeli yapay sinir ağı mimarileri (Barutçu 2013).

Nöronların sadece bir sonraki tabakada ki nöronlarla bağlantıya sahip olduğu ileri beslemeli ağlarda, Şekil 3.6’te gösterilen örneklerde olduğu gibi aynı tabakada bulunan nöronların asla birbirleri ile bağlantısı bulunmaz (Barutçu, 2013). Bu modeller ağın çıktısının tamamen, girdi değerlerine bağlı olduğu modellerdir. Doğrusal ve doğrusal olmayan kararlı problemlerin olduğu alanlarda, herhangi bir dinamiklik özelliği taşımayan ve sergiledikleri özellikler bakımından ileri beslemeli ağların uygulanması mümkündür (Tolon, Tosunoğlu 2008).

### 3.4.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Nöronların sadece bir sonraki tabakada ki nöronlarla bağlantıya sahip olduğu ileri beslemeli ağların aksine geri beslemeli ağlarda bir tabakada yer alan nöronlar kendisinden, diğer tabakalardan ya da aynı tabakada yer alan diğer nöronlardan işaret alabilmektedirler. Bu şekilde oluşturulan ağlar dinamik hafızalara sahiptirler. Bu durum, bir nöronun çıkışının, nöronun o andaki ağırlık değerleri ve girdileri ile belirlenebilmesinin yanında bazı nöronların bir önceki sürecin çıktı değerlerinden de etkilenebilmesi olarak ifade edilebilir. (Tolon, Tosunoğlu 2008). Bir tür geri beslemenin olduğu bu ağ yapıları, bir gecikme elemanı üzerinden geri besleme yapılması ile oluşmaktadır. Geri besleme, bir katmanda yer alan nöronlar arasında olduğu gibi farklı katmanlarda yer alan nöronlar arasından da olabilir. Bu yapısı gereği geri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan dinamik bir yapı gösterir. Bu sebeptendir ki geri beslemenin yapılış şekline göre farklı davranışlarda ve yapılarda yapay sinir ağları elde edilebilir fakat bu ağlarda işaretin yönü yine de girdi tabakasından çıktı tabakasına doğru oluşmaktadır (Kabalıcı 2015).





## BÖLÜM 4

### UYGULAMA

#### 4.1. Araştırmanın Amacı

Elektrik enerjisi ülkelerin büyümesinde ve kalkınmasında ki en önemli etkenlerden bir tanesidir. Yaşamın her anında enerji tüketilmekte, olası kesintiler ise büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir. Elektrik enerjisinin depolanabilirlik seviyesinin oldukça maliyetli ve henüz istenilen miktarlarda olmaması sebebi ile enerji talep ve arz durumları hayati önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile Türkiye elektrik enerjisi talep ve tahminlerinin Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağı Modelleriyle yapılabilirliği kontrol edilerek, bu yöntemler arasından en iyi sonucu veren yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır.

#### 4.2. Araştırmanın Önemi

Elektrik enerjisi talebi doğru bir şekilde tahmin edilmesi ve kaynakların buna göre dağıtılması, hem enerji maliyetlerinin azaltılmasında hem de olası kesintilerin önüne geçilmesinde oldukça önemlidir. Bu sebeptendir ki elektrik enerjisi tüketiminin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, üretim kaynaklarının ve yatırımların buna göre ayarlanması hayati öneme sahiptir. Bu kapsamda doğru talep tahmin yöntemi yapılacak olan çalışmalar adına temel taşı niteliğinde olacaktır.

#### 4.3. Araştırmanın Sınırları ve Giriş Verilerinin Belirlenmesi

Son yıllarda elektrik tüketimi tahmini için birçok yöntem geliştirilmiş ve değişik algoritmalar kullanılmıştır. Yine bu çalışmalarda girdi olarak birçok farklı bağımsız değişken kullanılmış, farklı model ve uygulamalar tercih edilmiştir.

Türkiye elektrik enerjisi tüketim dinamiklerine göre üretim değerlerinin tüketim üzerinde doğrudan etkili olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda Türkiye üretim kaynaklarına göre elektrik üretim verileri çalışmamızda bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Tüketim noktaları incelendiği zaman çalışılan ve tatil gün sayılarının tüketim yerleri üzerinde etkisi olduğu aynı zamanda günlük sıcaklıklarında etkisi ile tüketimlerin değişebildiği de bilinmektedir.

Nüfusun yoğun olduğu bölgelerde ise özellikle konut ve kamu kuruluşlarının elektrik tüketimleri ülkemizdeki elektrik tüketimleri üzerinde etkili olmaktadır. Tüm bu bilgilerin ışığında, çalışmamızda kullanılacak olan bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken Tablo 4.1 de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1** Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Tablosu

Bağımlı Değişken	Tüketim (GWh)
Üretim Kaynakları Bağımsız Değişkenleri	Doğal Gaz (GWh)
	Barajlı (GWh)
	Linyit Kömür (GWh)
	Akarsu (GWh)
	İthal Kömür (GWh)
	Rüzgar (GWh)
	Fuel Oil (GWh)
	Jeotermal (GWh)
	Asfaltit Kömür (GWh)
	Taş Kömür (GWh)
	Biyokütle (GWh)
	Uluslararası Ticaret (GWh)
	Diğer (GWh)
	Bağımsız Değişken
Bağımsız Değişken	Türkiye yıllık Nüfus
Bağımsız Değişken	Çalışılan Gün Sayısı
Bağımsız Değişken	Tatil Gün Sayısı

**Bağımlı Değişken;** Bağımlı değişken olarak ülkemizde tüketilen elektrik enerjisi miktarı, yıllara safi aylık bazda GWh olarak belirlenmiştir.

**Bağımsız Değişkenler;** Bağımsız değişken olarak

a-) Türkiye de yıllık olarak üretilen elektrik enerjisinin, üretim kaynağına göre ayrıştırılarak yıllara safi aylık bazda GWh olarak miktarı

b-) Türkiye yıllara safi aylık bazda ortalama sıcaklık değerleri

c-) Türkiye yıllık nüfus sayıları, (artış oranlarına göre aylık baza çevrilmiştir)

d-) Yıllık olarak hesaplanan çalışma gün sayısı

e-) Yıllık olarak hesaplanan resmi ve hafta sonu tatil gün sayısı

olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada çoklu regresyon modellerinin kurulması ve yapay sinir ağları eğitiminde kullanarak elektrik tüketim ve üretim verileri, Elektrik Piyasaları İşletme A.Ş. Şeffaflık Platformu Veri tabanı, Nüfus bilgileri için ise TÜİK veri tabanı kullanılmıştır. Çalışılan ve Tatil gün sayıları ilgili yıllardaki resmi tatil ve hafta sonu gün sayıları baz alınarak hesaplanmıştır. Sıcaklık verilerinde ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü veri tabanı kullanılmıştır.

İlgili bağımsız değişkenlerin verileri Ocak 2010-Aralık 2017 arası 96 ay olarak kullanılmış, oluşturulan modeller ile tahminlenen 2018 yılı aylık tüketim miktarları ise 2018 yılı gerçekleşen elektrik enerjisi tüketim verileri ile kıyaslanmıştır.

#### **4.4. Modellerin Kurulması**

Uygulamada Elektrik Tüketimi önceden belirlenen 17 değişken ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu değişkenlerin tamamı ile kurulan Model 0' ın çoklu regresyon analizinde VIF değeri yüksek olan değişkenler belirlenmiştir. VIF değeri yüksek olan çıkarılarak modeller oluşturulmaya çalışılmıştır. En Küçük Kareler Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları kullanılarak 8 farklı tahmin modeli oluşturulmuş, katsayıların anlamlılıkları test edilmiş, Durbin-Watson test sonuçları değerlendirilmiştir. Her model için YSA uygulaması tekrarlanmıştır. Farklı yapıdaki modeller için yöntemler karşılaştırılırken Çoklu Regresyon Analizinde Korelasyon (R) ve Belirlilik Katsayısına ( $R^2$ ), aynı modellerin Yapay Sinir Ağları ile yapılan analizlerinde ise Korelasyon Katsayısına ( R ) göre yorum yapılmış olup ilgili katsayı daha yüksek olan modelin daha iyi olduğu varsayımı sonucunda sonuçlar yorumlanmıştır. Analizlerde SPSS.23 ve MATLAB.2015 paket programları kullanılmıştır.

#### **4.4.1 Model 0**

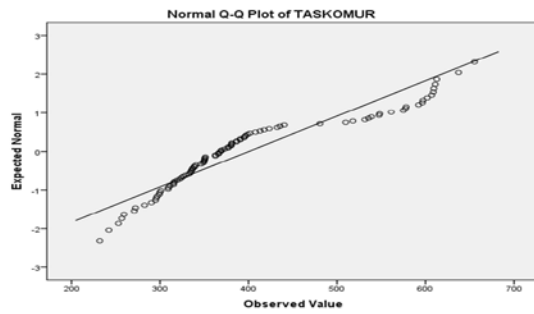
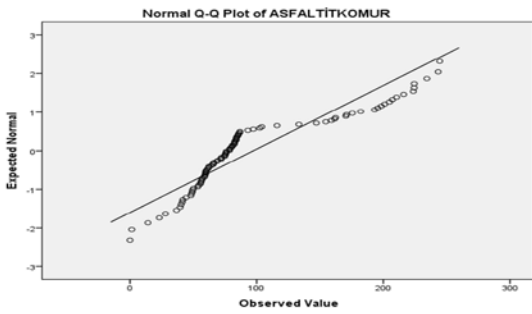
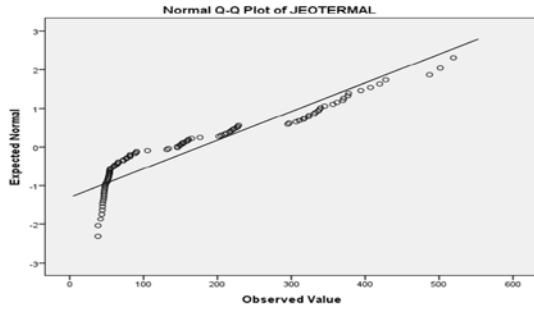
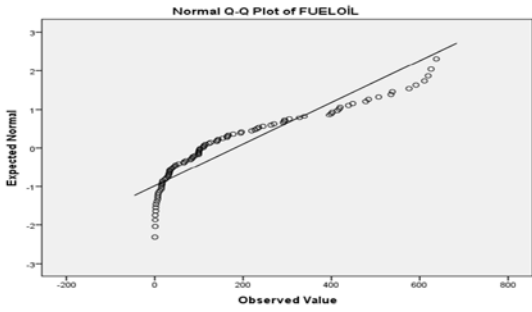
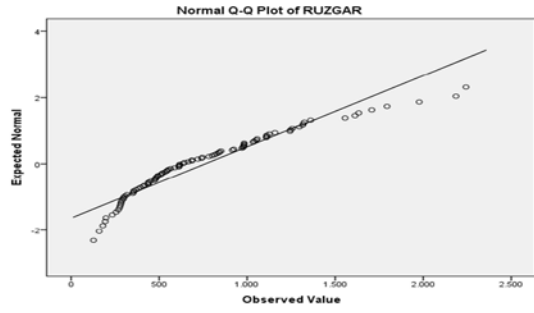
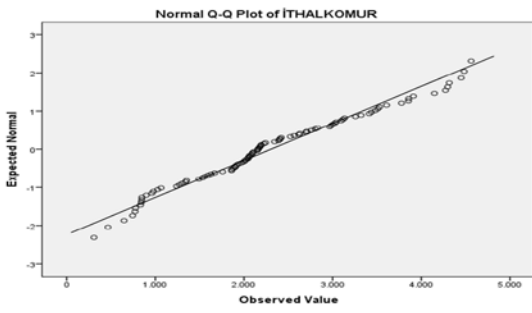
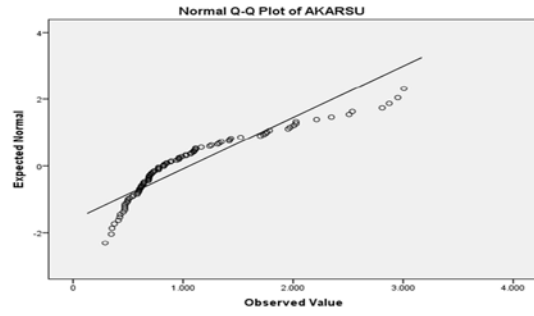
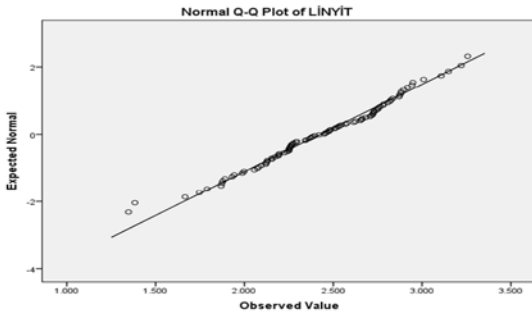
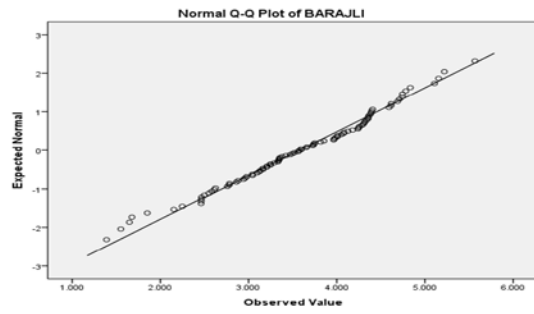
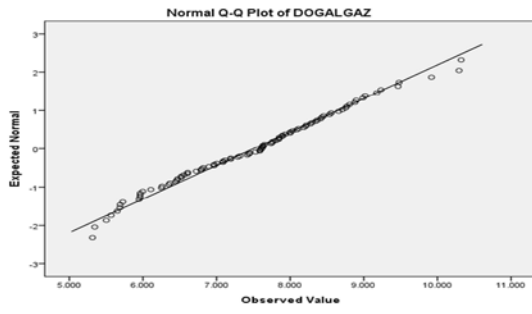
##### **4.4.1.1 Tüm Değişkenler ile Çoklu Regresyon Modeli**

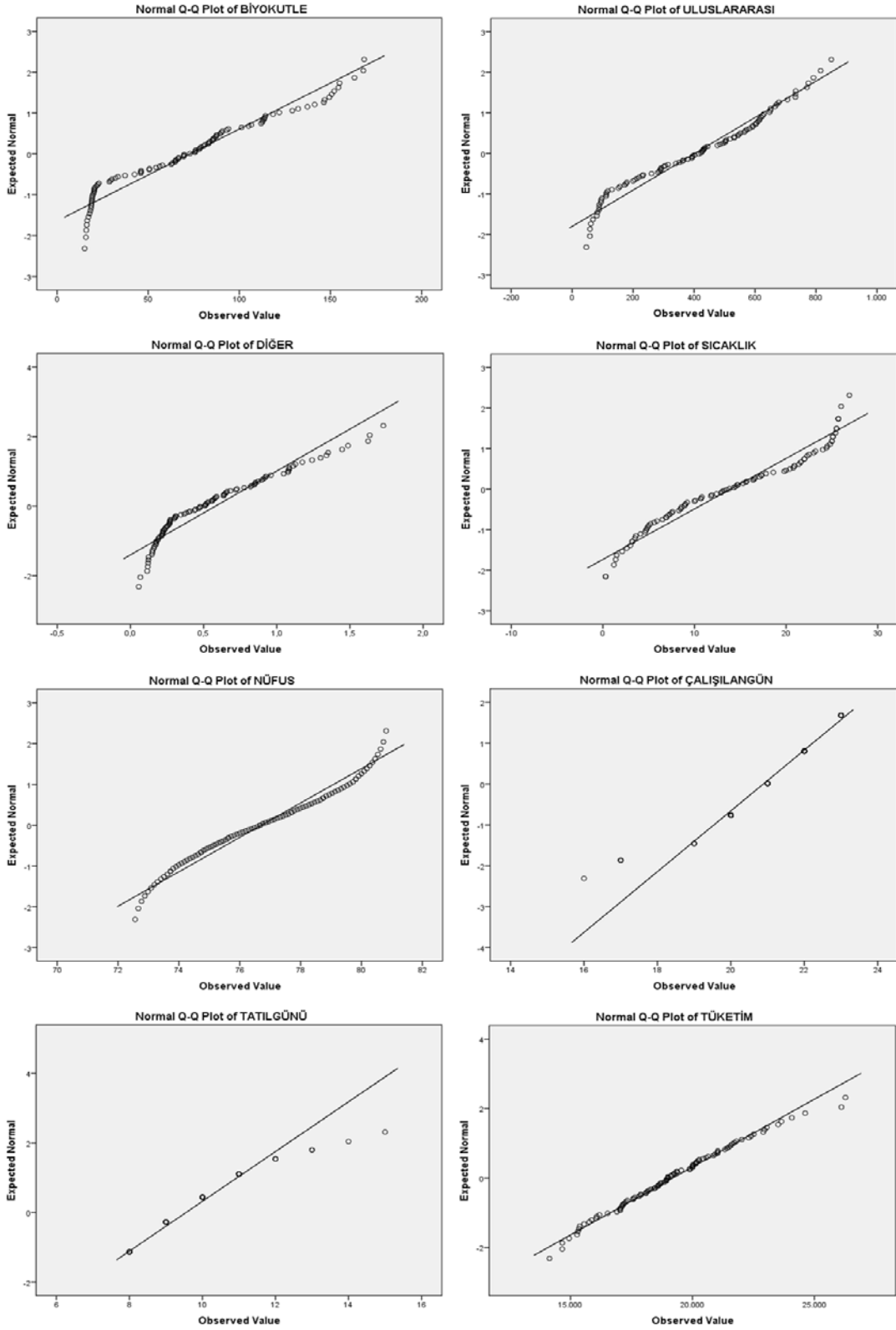
###### **4.4.1.1.1 Normallik Dağılımın Sınanması**

Çalışmada ilk olarak veri setinde yer alan değişkenlerin dağılım durumları analiz edilmeye çalışılmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin dağılımlarının analizinde Kolmogorov-Smirnov Testi veya Shapiro-Wilk Testi kullanılmaktadır.

Kurulan modellerde kullanılan değişkenlerin normallik varsayımları Şekil 4.1' de verilen grafikler üzerinde incelenmiştir. Grafikler incelendiği zaman; akarsu, fuel oil, jeotermal, asfaltit kömür, taş kömür, biyokütle, diğer, çalışılan gün sayısı ve tatil gün sayısı değişkenlerinin normal dağılmadıkları gözlemlenmektedir. Tablo 4.2 de ise, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin Kolmogorov-Smirnov Test katsayı değerleri ve normallik durumları belirtilmiştir.

Bağımsız değişkenlerin Tablo 4.2 de yer alan Kolmogorov-Smirnov Katsayılarına bakıldığı zaman değişkenlerin normal dağılım göstermediği gözlemlenmiştir. Bunun ilgili değişkenlerin kullanım durumlarının sabit olmaması ve kaynak dağılımına göre dönem dönem artış göstermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.





Şekil 4.1 Bağımlı değişken ve Bağımsız değişkenlerin Normallik dağılımları

**Tablo 4.2** Bağımlı değişken ve Bağımsız değişkenlerin Normallik dağılım katsayıları

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		Shapiro-Wilk	
	Statistic	P.	Statistic	P.
DOGALGAZ	0,061	,200	0,986	0,381
BARAJLI	0,067	,200	0,987	0,458
LİNYİT	0,066	,200	0,987	0,447
AKARSU	0,174	0**	0,843	0
İTHALKOMUR	0,097	0,027	0,973	0,048
RUZGAR	0,82	0,113	0,914	0,002
FUELOİL	0,182	0**	0,846	0
JEOTERMAL	0,195	0**	0,862	0
ASFALTİTKOMUR	0,267	0**	0,853	0
TASKOMUR	0,183	0**	0,887	0
BİYOKUTLE	0,109	0,007**	0,931	0
ULUSLARARASI	0,081	0,136	0,953	0,002
DİĞER	0,139	0**	0,906	0
SICAKLIK	0,106	0,069	0,937	0,004
NÜFUS	0,065	,200	0,958	0,004
ÇALIŞILANGÜN	0,19	0**	0,887	0
TATILGÜNÜ	0,187	0**	0,862	0
TÜKETİM	0,057	,200	0,985	0,361

\*\* P<0,01 seviyesinde anlamlıdır

#### 4.4.1.1.2 Çoklu Doğrusal Bağımlılığın Sınanması

Varyans Şişkinlik Faktörü (VIF, Varance Inflation Faktor); açıklayıcı değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantının olup olmadığını test etmekte kullanılmaktadır. Yüksek değer alan VIF katsayısı regresyon katsayılarının varyansını büyütür ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin yanlış yorumlanmasına neden olmaktadır. Bu durumda regresyon modeli geçersiz olur (Özdamar 2011:566).

VIF değeri aşağıdaki gibi değerlendirilir (Özdamar 2011:566);

- **VIF=1** ise çoklu doğrusal bağımlılık yoktur

- $1 < VIF \leq 5$  ise orta düzeyde çoklu doğrusal bağımlılık vardır. Modelde düzeltme yapılmasına gerek yoktur. Ancak verilere göre düzeltme planlanabilir
- $5 < VIF \leq 10$  ise çoklu doğrusal bağımlılık vardır. Bağımsız değişkenlerde düzeltme yapılmalıdır. Önemsiz ilişki düzeylerine sahip değişkenler ( $P > 0,25$ ) sırasıyla modelden çıkarılır ve model yenilenir. Çoklu bağımlılığa neden olan bağımsız değişken bulunarak düzeltilir yada modelden çıkarılır. Analiz yenilenir.
- $VIF > 10$  ise çok yüksek düzeyde önemli çoklu doğrusal bağımlılık vardır. Model geçersizdir. Uygun yöntemlerle bağımsız değişkenler düzeltilir yeniden model oluşturulur.

**Tablo 4.3** Bağımlılık Testi sonucu VIF değerleri

Bağımsız Değişkenler	VIF
DOGALGAZ	4,533
BARAJLI	2,673
LİNYİT KÖMÜR	2,262
AKARSU	5,393
İTHALKÖMÜR	19,334
RUZGAR	8,731
FUELOİL	3,192
JEOTERMAL	41,485
ASFALTİTKOMUR	4,807
TASKOMUR	3,596
BIYOKUTLE	60,075
ULUSLARARASI	3,226
DİĞER	5,384
SICAKLIK	2,327
NÜFUS	81,581
ÇALIŞILANGÜN	5,104
TATILGÜNÜ	4,468

Tablo 4.3 te bağımsız değişkenler için Varyans Şişkinlik Faktörü sonucu yer almakta olup Varyans Şişkinlik Faktörü (VIF) değeri 10 üzerinde olan bağımsız değişkenler kurulacak modellere dahil edilmemiştir.



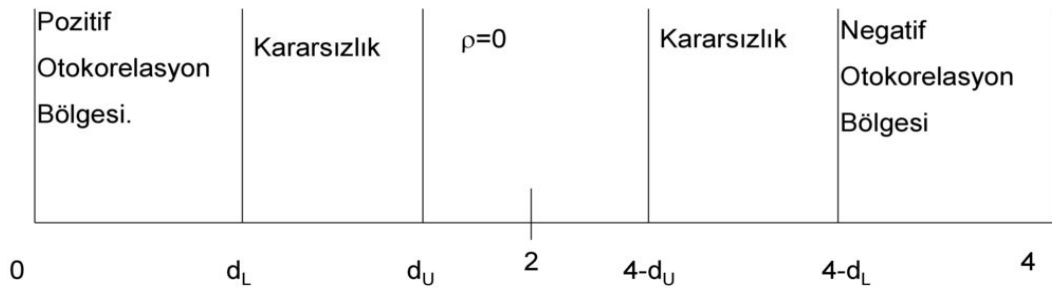
#### 4.4.1.1.3 Otokorelasyonunun Sınanması

Otokorelasyonun sınanmasında yaygın olarak kullanılan Durbin-Watson testi, hata terimleri yada ardışık gözlemler arasında otokorelasyonun var olup olmadığını ya da hata terimleri arasında bağımlılık gösterip göstermediğini belirler. Ardışık bağımlılık varsa regresyon katsayılarının varyansları çok düşük çıkar ve önemli etkiye sahip olmayan açıklayıcı değişkenler önemli etkiye sahip gibi değerlendirilebilir (Özdamar 2011:567).

DW testi küçük örneklere uygulanabilen bir yöntemdir ve ancak verilerdeki 1. Dereceden ardışık bağımlılığı test etmek için uygundur. DW testi uygulanırken gözlemlerin zaman sırasına göre dizildiği varsayılır. Bu çalışmada yer alan verilerin sıralaması da tam olarak bu doğrultudadır. Bu kapsamda DW istatistiği zaman serileri söz konusu olduğunda çok anlamlı bilgiler vermektedir.

DW testi sonrasında bulunan katsayılar değişkenlerin sayısına göre belirlenen teorik dağılımının  $D_\alpha$  kritik değerine göre belirlenen üst ( $d_U$ ) ve alt ( $d_L$ ) sınır değerlerine göre değerlendirilir. Değerlendirme aşağıdaki durumlara göre yapılacağı gibi Şekil 4.2 de verilen karar modeline göre de sınanabilir (Özdamar, 2011:567).

- $d < d_L$  ise hata terimleri arasında otokorelasyon vardır. Model geçersizdir
- $d > d_U$  ise otokorelasyon yoktur. Model Geçerlidir
- $d_L < d < d_U$  ise test yetersizdir ve karar verilemez. Farklı bir model denenmelidir.



Şekil 4.2 Durbin Watson Karar modeli

Bu çalışmada 17 bağımsız değişken içeren çoklu regresyon modeli oluşturulmuştur. Bu modele ve diğer modellere ait Durbin Watson katsayıları Tablo

4.4 te verilmiştir. Kurulan ilk model için Durbin Watson katsayısı kararsızlık bölgesine düşmüş ve modelin yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. İlk modelin yeterli olmaması sebebi ile bağımsız değişkenler farklılaştırılarak 7 farklı yeni model kurulmuş ve bu modellerle elektrik tüketim tahminleri gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 4.4** Modeller için Durbin Watson Katsayıları

MODELLER	DURBİN-WATSON KATSAYISI	dL TABLO DEĞERİ	dU TABLO DEĞERİ	DURBİN-WATSON BÖLGESİ
Model 0	1,889	1,270	2,097	Kararsızlık bölgesi
Model 1	1,631	1,370	1,984	Kararsızlık bölgesi
Model 2	1,807	1,602	1,732	Otokorelasyon yok
Model 3	1,851	1,535	1,802	Otokorelasyon yok
Model 4	1,850	1,512	1,827	Otokorelasyon yok
Model 5	1,715	1,535	1,802	Kararsızlık bölgesi
Model 6	1,915	1,465	1,877	Otokorelasyon yok
Model 7	1,911	1,442	1,903	Otokorelasyon yok

#### 4.4.1.2 Tüm değişkenler ile Yapay Sinir Ağı Modellemesi

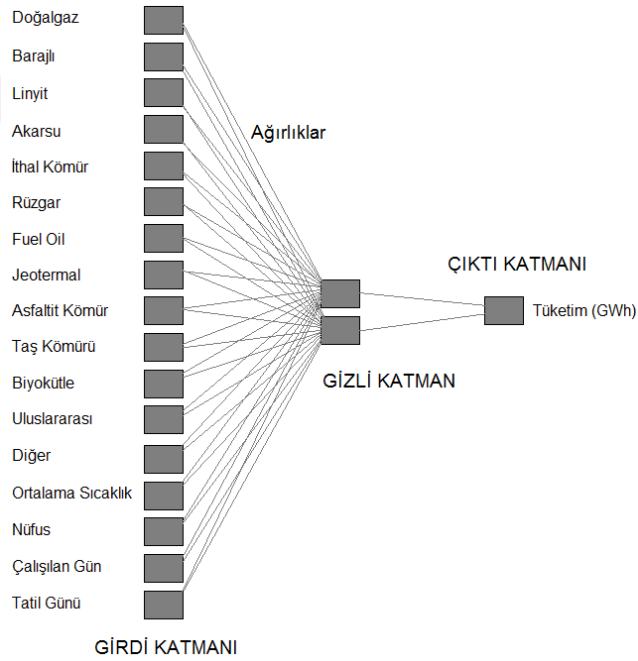
Yapay sinir ağı modellerinin avantajı, regresyon analizlerinde olduğu gibi doğru sonuçları vermesi için herhangi bir varsayımı sağlamasına gerek olmaksızın modelleme yapabilmesidir.

Yapay Sinir Ağı uygulamasında Tablo 4.1 de gösterilen tüm bağımsız değişkenlere ait 2010-2017 yılları arasında aylık değerler, YSA'nın eğitimi için girdi verisi olarak kullanılmıştır. YSA'nın girdileri,

- Doğalgaz (GWh)
- Barajlı (GWh)
- Linyit Kömürü (GWh)
- Akarsu (GWh)
- İthal kömür (GWh)
- Rüzgar (GWh)
- Fuel Oil (GWh)
- Jeotermal (GWh)
- Asfaltit Kömür (GWh)
- Taş Kömür (GWh)

- Biyokütle (GWh)
- Uluslararası (GWh)
- Diğer (GWh)
- Türkiye Sıcaklık Ortalaması
- Türkiye Yıllık Nüfus
- Çalışılan Gün Sayısı
- Tatil Gün Sayısı

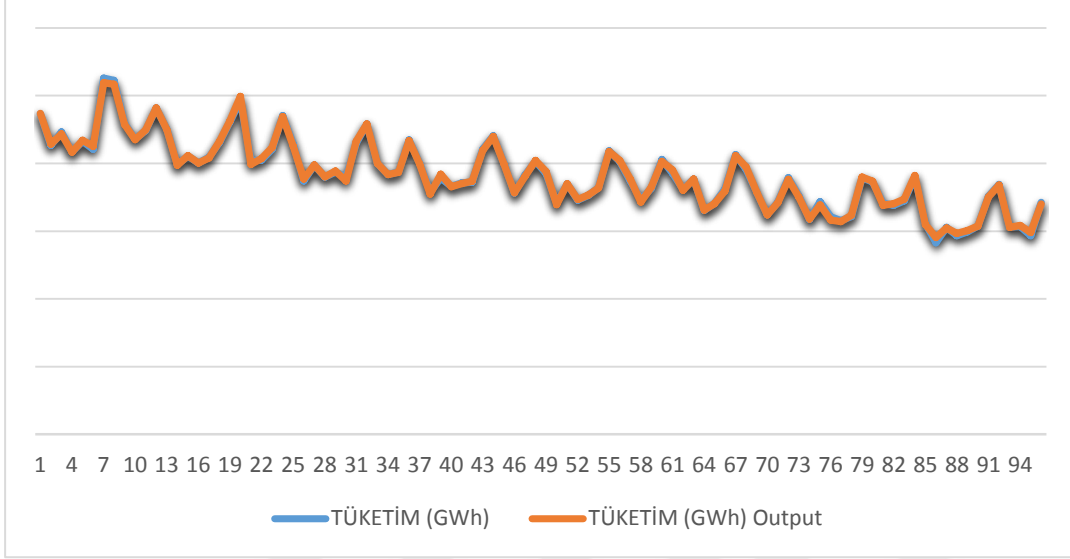
olmak üzere 17 farklı bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Yapay sinir ağı analizlerinde ileri beslemeli yapay sinir ağı modelleri kullanılmıştır. Pek çok denemeden sonra en uygun sonucu nöron sayısının 2 olduğu gizli katmanın verdiği görülmüş ve problem çözümünde 17-2-1 YSA yapısı kullanılmıştır. Burada 1 değeri ise, çıktıya ait tüketimi temsil etmektedir. Şekil 4.3'de bu probleme ait YSA'nın katmanlı yapısı verilmiştir. Nöronlar arasındaki ağırlıkları belirlenen toplam bağlantı sayısı 36'dır.



**Şekil 4.3** Kullanılan YSA'nın yapısı

Şekil 4.4'de, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan

veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 1,4736 ve 387,7899 GWh'dır. Korelasyon katsayısı ise  $R=0,9988$  hata kareler ortalaması 15464,75 olarak bulunmuştur.

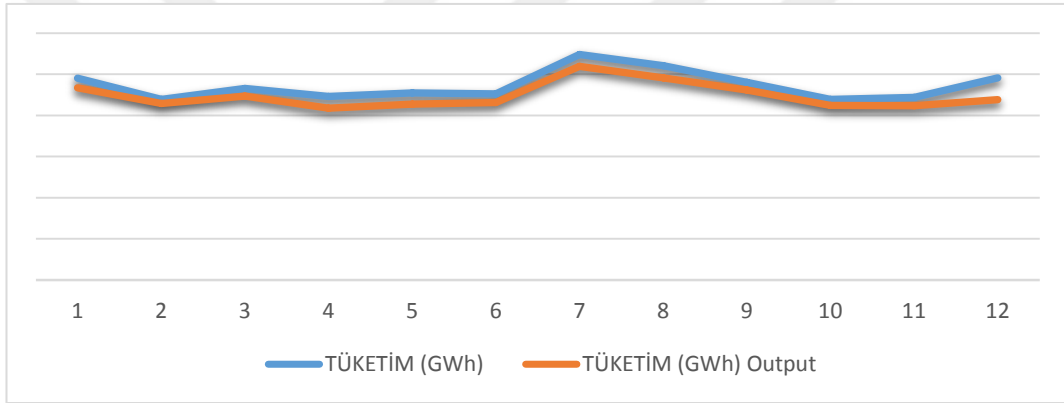


**Şekil 4.4** Eğitim verileri üzerinde YSA sonuçlarının gerçek sonuçlarla karşılaştırılması

Problem için kurulan YSA'nın geçerli bir model olabilmesi için, bu parametrelerle tanımlanan her türlü tüketim verisi üzerinde iyi tahminde bulunması gerekmektedir. Bu çalışmada, 2018 tüketim verileri bu amaçla kullanılmıştır. Tablo 4.5 ve Şekil 4.5'de, YSA'nın, test verileri olan 2018 verileri üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 511,7319 ve 2661,6980 GWh'dır. Korelasyon katsayısı ise  $R=0,9518$ , hata kareler ortalaması 1772872,35 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.5** 2018 yılında aylara göre tüketimin YSA ile tahmini

AYLAR	TÜKETİM (GWh)	TÜKETİM (GWh) YSA
1	24.543,53	23.370,85
2	21.995,31	21.483,58
3	23.309,38	22.348,08
4	22.336,76	20.896,75
5	22.750,86	21.400,49
6	22.630,01	21.593,51
7	27.420,92	25.991,96
8	26.063,68	24.577,78
9	24.043,97	23.110,13
10	21.962,41	21.220,59
11	22.192,52	21.200,03
12	24.589,60	21.927,90



**Şekil 4.5** 2018 yılında aylara göre gerçek tüketimin YSA ile tahmininin karşılaştırılması

#### 4.4.2. Model 1

##### 4.4.2.1. Çoklu Regresyon Modeli

VIF değeri yüksek olan değişkenler ayrıştırıldıktan sonra kalan 13 adet değişken ile kurulan modeldir. Bu modelde yer alan bağımsız değişkenler aşağıdaki gibidir;

- Doğalgaz (GWh)
- Barajlı (GWh)
- Linyit Kömürü (GWh)
- Akarsu (GWh)

- Rüzgar (GWh)
- Fuel Oil (GWh)
- Asfaltit Kömür (GWh)
- Taş Kömür (GWh)
- Uluslararası (GWh)
- Diğer (GWh)
- Türkiye Sıcaklık Ortalaması
- Çalışılan Gün Sayısı
- Tatil Gün Sayısı

13 bağımsız değişken ile tüketim üzerine yapılan çoklu regresyon analizi sonuçları Tablo 4.6 da verilmiştir.

**Tablo 4.6** Model 1 Katsayıları ve Anlamlılıkları

Model 1	B	Std. Hata	t	P	VIF
(Sabit)	150,373	2001,738	,075	,940	
DOGALGAZ	1,196	,092	13,052	,000	4,057
BARAJLI	,857	,093	9,242	,000	2,455
LİNYİT	,894	,196	4,557	,000	2,105
AKARSU	1,094	,142	7,723	,000	3,137
RUZGAR	2,822	,222	12,720	,000	3,927
FUELOİL	,563	,463	1,217	,227	2,694
ASFALTİTKOMUR	3,929	1,627	2,415	,018	3,613
TASKOMUR	1,661	,726	2,287	,025	2,318
ULUSLARARASI	1,056	,338	3,125	,002	2,094
DİĞER	216,668	247,631	,875	,384	3,895
SICAKLIK	-3,560	9,246	-,385	,701	2,031
ÇALIŞILANGÜN	,754	80,565	,009	,993	4,328
TATILGÜNÜ	-14,406	73,035	-,197	,844	3,847

**Tablo 4.7** Model 1 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri

R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std. Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
,983 <sup>a</sup>	,966	,961	507,48487	1,631

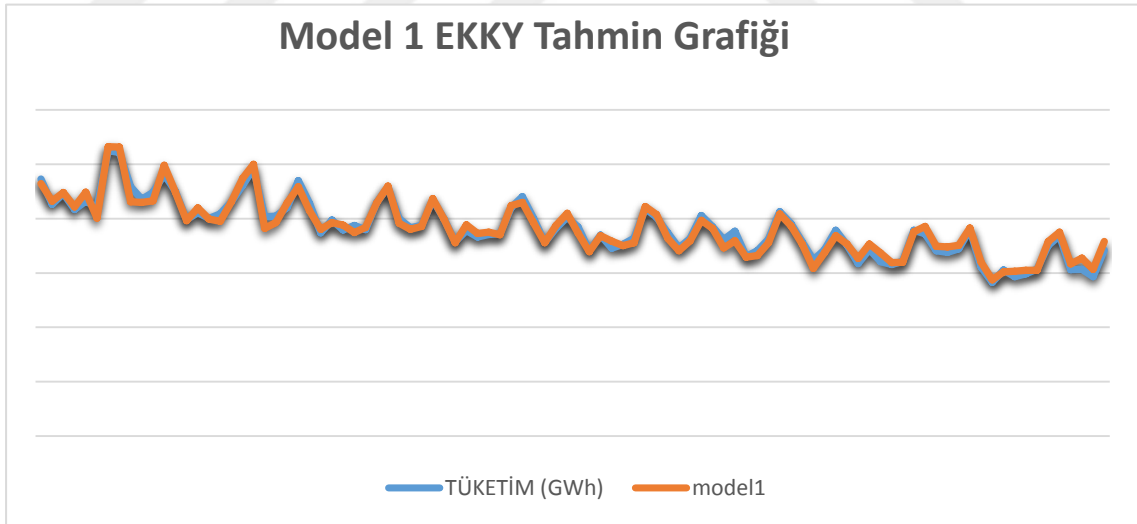
**Tablo 4.8** Model 1 Anova Test Sonucu

Model 1	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	601000104,636	13	46230777,280	179,508	,000 <sup>b</sup>
Hata	21118353,150	82	257540,892		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.6' da verilen çoklu regresyon analiz sonucuna bakıldığı zaman fuel oil, uluslararası, diğer, sıcaklık, çalışılan gün ve tatil günü değişkenleri katsayıları anlamsız çıkmıştır ( $p < 0,05$ ). VIF Değerleri istenilen aralıktadır. Tahmin edilen regresyon Eşitlik 4.1' de verilmiştir

$$\text{TÜKETİM} = 150,373 + 1,196(\text{DG}) + 0,857(\text{BRJ}) + 0,894(\text{L}) + 1,094(\text{A}) + 2,822(\text{R}) + 0,563(\text{FO}) + 3,929(\text{AK}) + 1,661(\text{TK}) + 1,056(\text{U}) + 216,668(\text{D}) - 3,560(\text{S}) + 0,754(\text{ÇG}) - 14,406(\text{TG}) \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1' de elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde sıcaklık ve tatil günü değişkenleri ters yönlü etki yaparken bunların dışındaki değişkenlerin pozitif yönlü etki yaptığı sonucu elde edilmiştir. Eşitlik 4.1 ile oluşturulan tüketimlerin gerçekleşmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.6 da verilmiştir.



**Şekil 4.6** Model 1 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği

Tablo 4.8' da yer alan ANOVA tablosundaki sonuçlara bakıldığı zaman çoklu regresyon modelinin korelasyon ( $R$ )=0,981 ve belirlilik katsayısına ( $R^2$ )= 0,966 olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelinin ( $\alpha=0,001$ ) anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir.

düzeltilmiş  $R^2=0,961$  olarak bulunmuştur yani bağımsız değişkenlerimiz %96,1 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması 257540,89 olarak bulunmuştur. Fakat Tablo 4.6' te yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığı zaman  $d=1,631$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL=1,370$ ,  $dU=1,984$  olması sebebi ile kararsızlık bölgesinde kalmıştır.

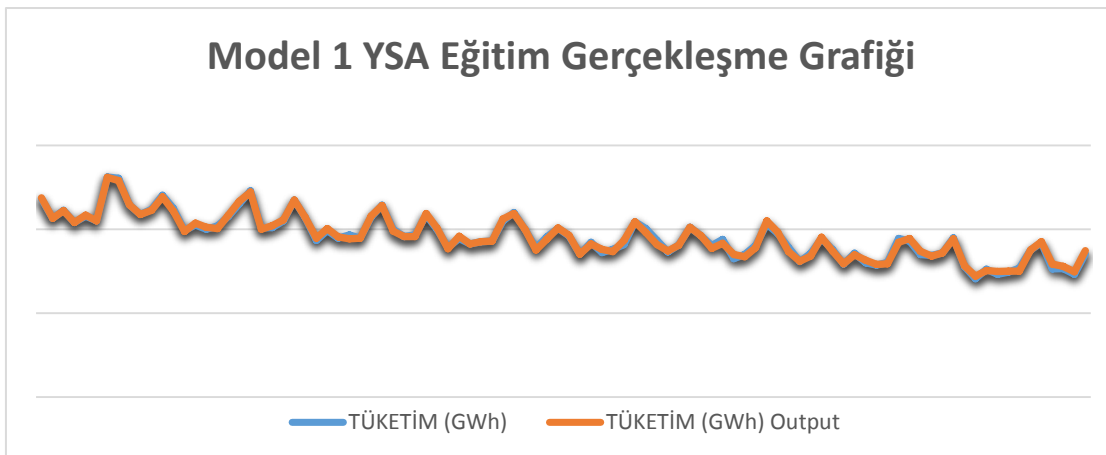
Model 1 için Durbin-Watson test sonucu  $dL < d < dU$  ise test yetersizdir ve karar verilemez.

#### 4.4.2.2. Yapay Sinir Ağı Modeli

Model 1 için kurulan YSA modelinde ise; aynı 13 değişken kullanılarak girdi katmanı oluşturulmuş, birçok denemeden sonra en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 3 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 13-3-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.9).

**Tablo 4.9** Model 1 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	56410,7783
NMSE	0,0087
MAE	184,6407
Min Abs Error	0,0513
Max Abs Error	575,5185
R	0,9957



**Şekil 4.7** Model 1 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.7'de, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan

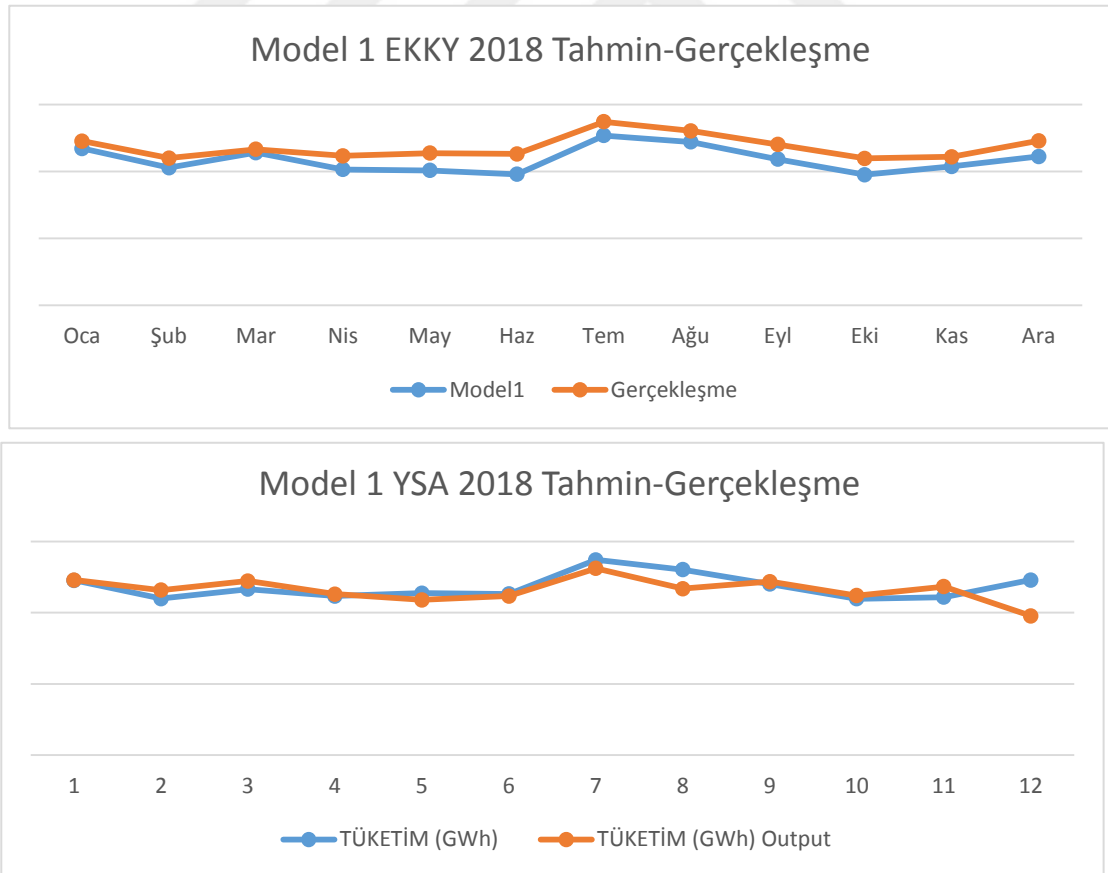


veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.9 da YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 0,0513 ve 575,5185 GWh hata kareler ortalaması 56410,78 ve korelasyon katsayısı ise  $R= 0,9957$  olarak bulunmuştur.

#### 4.4.2.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması

Model 1 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 4.8’de verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. YSA Modeli ile yapılan tahmin ise gerçekleşme ile daha çok kesişim sağlamıştır.

Model 1 için Durbin-Watson test sonucu elde edilen katsayı  $dL < d < dU$  olması sebebi ile kararsızlık bölgesinde kalmıştır. Bu durumda model yetersiz ve karar verilemez olarak yorumlanmıştır. Bu sonuca göre farklı bir modellerin oluşturularak sonuçların yorumlanması yönünde hareket edilmiştir.



**Şekil 4.8** Model 1 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri

### 4.4.3. Model 2

#### 4.4.3.1 Çoklu Regresyon Modeli

Farklı modeller oluşturulurken bağımsız değişken sayısı azaltılarak, yeni modeller kurulmuş ve sonuçları yorumlanmıştır. Bu kapsamda üretilen elektrik enerjisinin, üretim kaynağı nitelikte olan barajlı (GWh), akarsu (GWh) ve rüzgar (GWh) bağımsız değişkenleri kullanılarak model 2 oluşturulmuştur.

**Tablo 4.10** Model 2 Katsayıları ve Anlamlılıkları

Model 2	B	Std. Hata	t	P	VIF
1 (Sabit)	15179,646	495,800	30,616	,000	
BARAJLI	,101	,140	,724	,471	1,142
AKARSU	-,130	,192	-,677	,500	1,184
RUZGAR	4,975	,255	19,475	,000	1,067

**Tablo 4.11** Model 2 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri

Model 2	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std.Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
1	,902 <sup>a</sup>	,814	,808	1121,16690	1,807

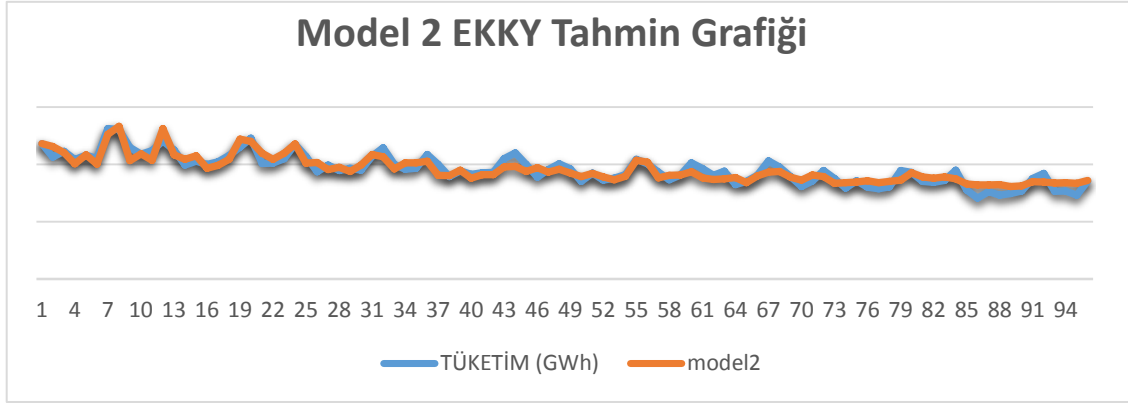
**Tablo 4.12** Model 2 Anova Test

Model 2	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	506473057,284	3	168824352,428	134,306	,000 <sup>b</sup>
Hata	115645400,503	92	1257015,223		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.10' da verilen Çoklu Regresyon Analiz sonucuna bakıldığı zaman anlamsız çıkan herhangi bir değişken gözlemlenmemiştir. VIF Değerleri istenilen aralıktadır. Tahmin edilen regresyon Eşitlik 4.2' de verilmiştir

$$\text{TÜKETİM} = 15179,646 + 0,101(\text{BRJ}) - 0,130(\text{A}) + 4,975(\text{R}) \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.2' de elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde akarsu ters yönlü etki yaparken diğer değişkenler ise pozitif yönlü etki yaptığı sonucu elde edilmiştir. Eşitlik 4.2 ile oluşturulan tüketimlerin gerçekleşmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.9 da verilmiştir.



**Şekil 4.9** Model 2 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği

Tablo 4.12’ da yer alan ANOVA tablosundaki sonuçlara bakıldığı zaman çoklu regresyon modelinin çoklu korelasyon ( $R$ )=0,902 ve belirlilik katsayısına ( $R^2$ )= 0,814 olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelinin  $\alpha < 0,001$  anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2=0,808$  olarak bulunmuştur yani Bağımsız değişkenlerimiz %80,8 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması 1257015,22 olarak bulunmuştur. Tablo 4.11’ te yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığı zaman  $d=1,807$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL=1,602$   $dU=1,732$  olması sebebi otokorelasyon oluşmamıştır.

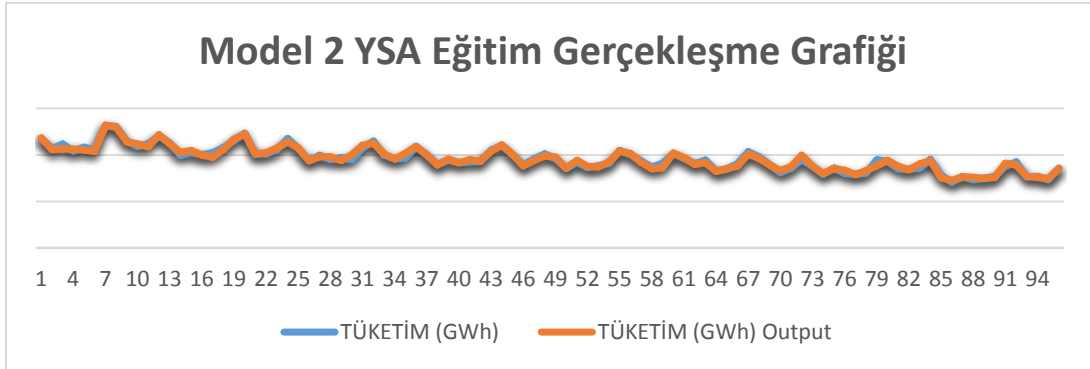
Model 2 için Durbin-Watson test sonucu  $d > dU$  ise otokorelasyon yoktur. Model geçerlidir.

#### 4.4.3.2 Yapay Sinir Ağı Modeli

Model 2 de kullanılan bağımsız değişkenler ile kurulan YSA modelinde ise; aynı 3 değişken kullanılarak girdi katmanı oluşturulmuş pek çok denemeden sonra en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 8 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 3-8-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.13).

**Tablo 4.13** Model 2 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	174662,3312
NMSE	0,0270
MAE	314,2539
Min Abs Error	5,6423
Max Abs Error	1252,9136
R	0,9864

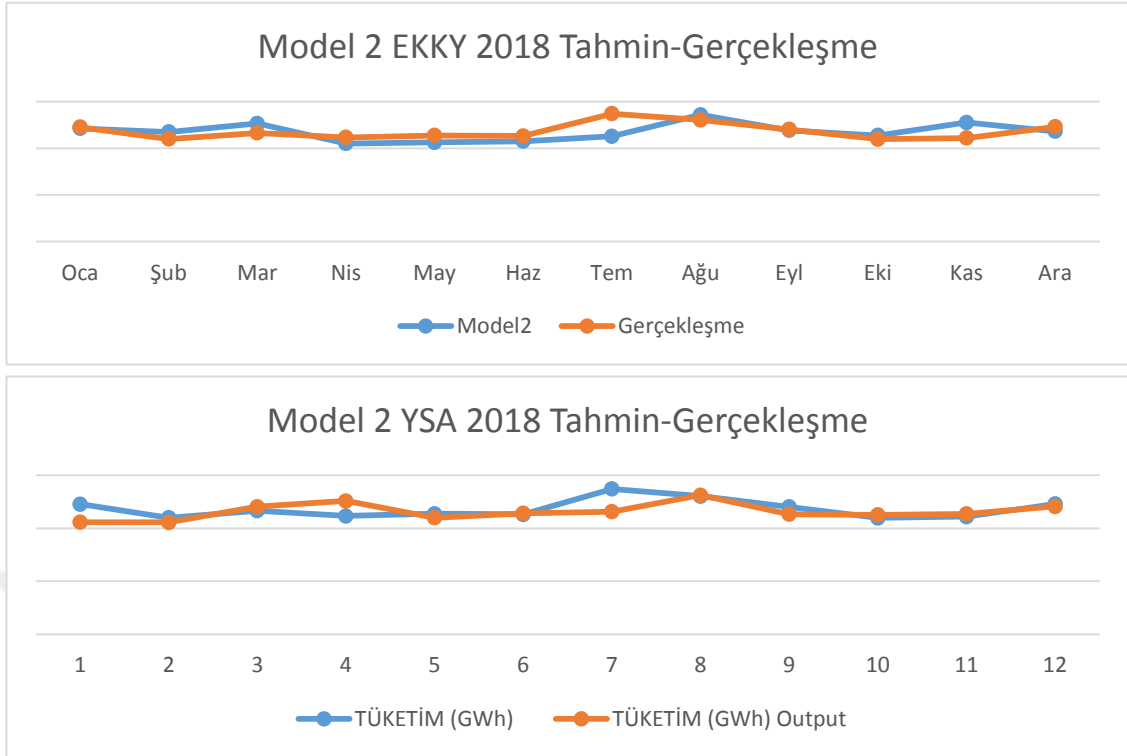


**Şekil 4.10** Model 2 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.10' da, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.13 te YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 5,6423 ve 1252,9136 GWh, hata kareler ortalaması 174662,33 ve korelasyon katsayısı ise  $R= 0,9864$  olarak bulunmuştur.

#### 4.4.3.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması

Model 2 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 4.11'de verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. YSA Modeli ile yapılan tahmin ise gerçekleşme ile daha çok kesişim sağlamıştır. Ayrıca YSA modelinde hem regresyon katsayısı hem de hata kareler ortalaması olarak daha uygun katsayılar elde edilmiştir.



**Şekil 4.11 Model 2 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri**

#### 4.4.4 Model 3

##### 4.4.4.1 Çoklu Regresyon Modeli

Model 2 de sonuçların anlamlı çıkması üzerine bağımsız değişken sayısı artırılarak yeni model oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan birçok denemeden sonra oluşturulan yeni modelde değişken olarak doğalgaz (GWh), barajlı (GWh), akarsu (GWh), rüzgar (GWh), uluslararası (GWh) ve diğer (GWh) kullanılmıştır.

**Tablo 4.14 Model 3 Katsayıları ve Anlamlılıkları**

Model 3	B	Std. Hata	t	P	VIF
1 (Sabit)	3040,467	956,160	3,180	,002	
DOGALGAZ	1,172	,091	12,946	,000	2,380
BARAJLI	,847	,109	7,733	,000	2,057
AKARSU	,858	,148	5,816	,000	2,046
RUZGAR	3,601	,185	19,444	,000	1,645
ULUSLARARASI	,921	,364	2,532	,013	1,460
DİĞER	538,742	238,078	2,263	,026	2,164

**Tablo 4.15** Model 3 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri

Model 3	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std.Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
1	,969 <sup>a</sup>	,939	,935	654,60748	1,851

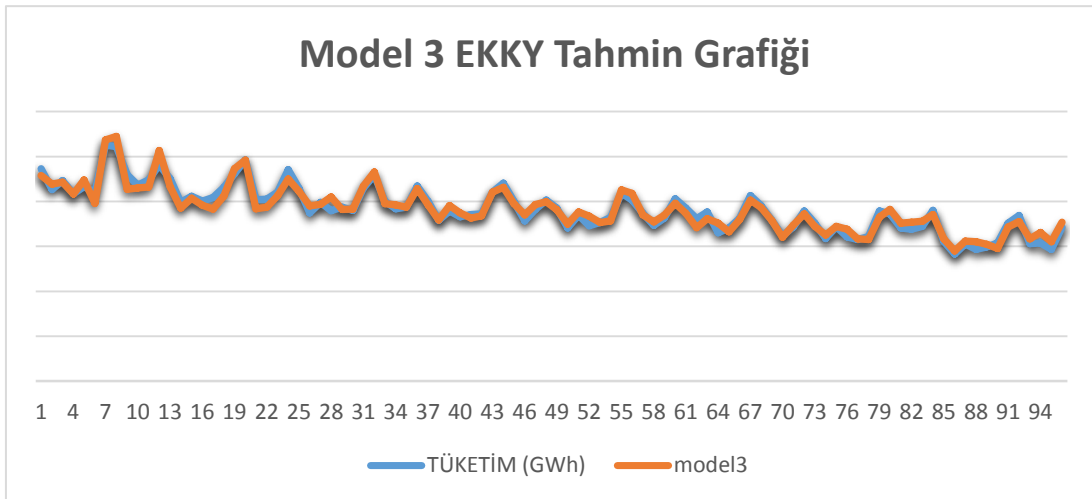
**Tablo 4.16** Model 3 Anova Test Sonucu

Model 3	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	583980982,537	6	97330163,756	227,136	,000 <sup>b</sup>
Hata	38137475,249	89	428510,958		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.14’ de verilen Çoklu Regresyon Analiz sonucuna bakıldığı zaman anlamsız çıkan herhangi bir değişken gözlemlenmemiştir. VIF Değerleri istenilen aralıktadır.Tahmin edilen regresyon modeli Eşitlik 4.3’ de verilmiştir.

$$\text{TÜKETİM} = 3040,467 + 1,172(\text{DG}) + 0,847(\text{BRJ}) + 0,858(\text{A}) + 3,601(\text{R}) + 0,921(\text{U}) + 538,742(\text{D}) \quad (4.3)$$

Eşitlik 4.3’ de elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde ters yönlü etki yapan değişken bulunmazken tüm değişkenler pozitif yönlü etki yaptığı sonucu elde edilmiştir. Eşitlik 4.3 ile oluşturulan tüketimlerin gerçekleştirmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.12 da verilmiştir.



**Şekil 4.12** Model 3 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği

Tablo 4.16’ da yer alan ANOVA sonuçlarına bakıldığı zaman çoklu regresyon modelinin çoklu korelasyon (R)=0,969 ve belirlilik katsayısına (R<sup>2</sup>)=0,939

olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelinin  $\alpha < 0,001$  anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2 = 0,935$  olarak bulunmuştur yani bağımsız değişkenlerimiz %93,5 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması 428510,96 olarak bulunmuştur. Tablo 4.14’ te yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığı zaman  $d = 1,851$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL = 1,535$   $dU = 1,802$  olması sebebi ile otokorelasyon oluşmamıştır.

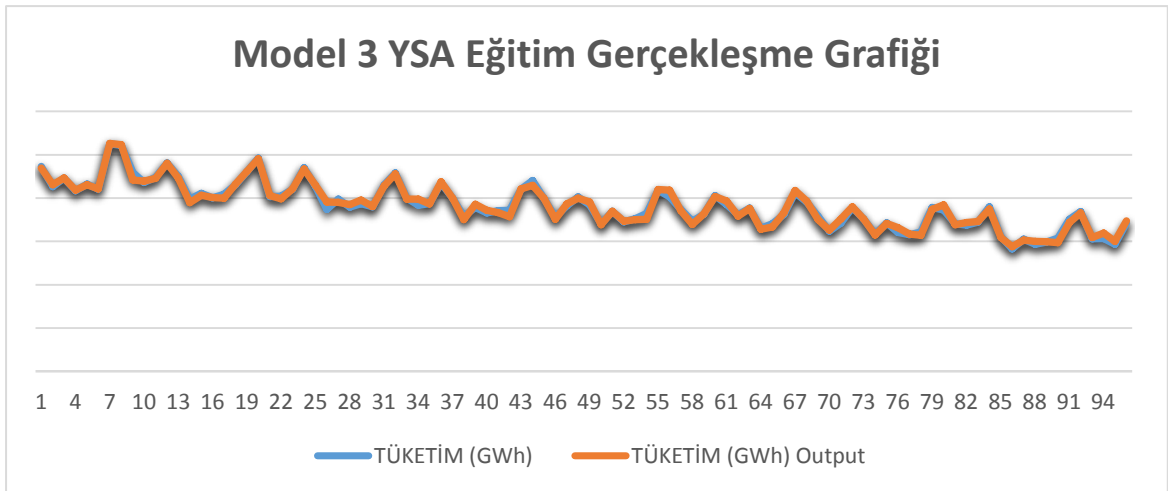
Model 3 için Durbin-Watson test sonucu  $d > dU$  ise otokorelasyon yoktur. Model geçerlidir

#### 4.4.4.2 Yapay Sini Ağı Modeli

Model 3 için kullanılan bağımsız değişkenler ile kurulan YSA modelinde ise; aynı 6 bağımsız değişken kullanılarak, girdi katmanı oluşturulmuş pek çok denemeden sonra en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 4 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 6-4-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.17).

**Tablo 4.17** Model 3 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	94802,2469
NMSE	0,0146
MAE	228,7000
Min Abs Error	0,8239
Max Abs Error	856,4873
R	0,9927

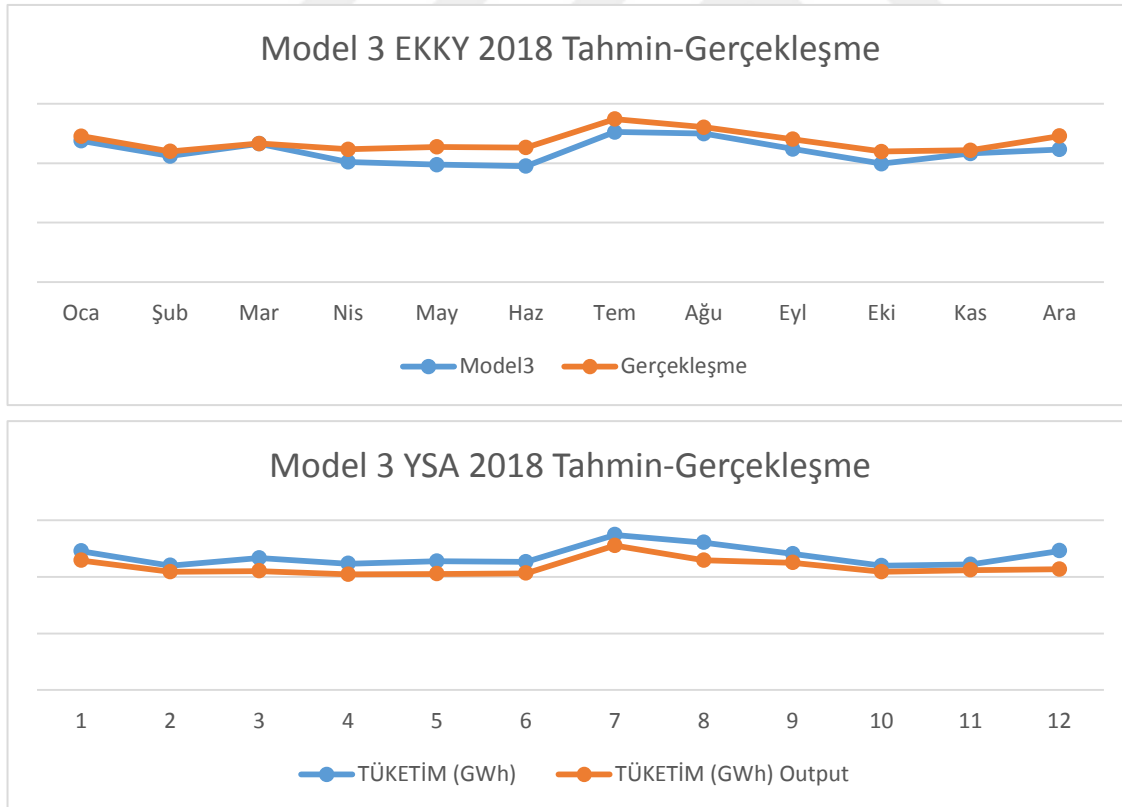


**Şekil 4.13** Model 1 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.13'de, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.17'de YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 0,8239 ve 856,4873 GWh, hata kareler ortalaması 94802,25 ve korelasyon katsayısı ise  $R=0,9927$  olarak bulunmuştur.

#### 4.4.4.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması

Model 3 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 5.14'de verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. YSA Modeli ile yapılan tahmin ise gerçekleşme ile daha çok kesişim sağlamıştır. Ayrıca YSA modelinde hem regresyon katsayısı hem de hata kareler ortalaması olarak daha uygun katsayılar elde edilmiştir.



Şekil 4.14 Model 3 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri



#### 4.4.5 Model 4

##### 4.4.5.1 Çoklu Regresyon Modeli

Model 3 de sonuçların Model 2 ye göre daha anlamlı çıkması sonucunda model 3'e yeni değişkenler eklenerek model geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan birçok denemeden sonra Fuel oil (GWh) bağımsız değişkeni eklenerek model 4 oluşturulmuştur.

**Tablo 4.18** Model 4 Katsayıları ve Anlamlılıkları

Model 4	B	Std. Hata	t	P	VIF
1 (Sabit)	3030,558	970,124	3,124	,002	
DOGALGAZ	1,174	,093	12,646	,000	2,472
BARAJLI	,847	,110	7,690	,000	2,057
AKARSU	,858	,148	5,781	,000	2,047
RUZGAR	3,597	,196	18,363	,000	1,819
ULUSLARARASI	,937	,422	2,222	,029	1,940
DİĞER	545,296	254,110	2,146	,035	2,437
FUELOİL	-,041	,531	-,077	,939	2,111

**Tablo 4.19** Model 4 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std.Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
1	,969 <sup>a</sup>	,939	,934	658,29418	1,850

**Tablo 4.20** Model 4 Anova Test Sonucu

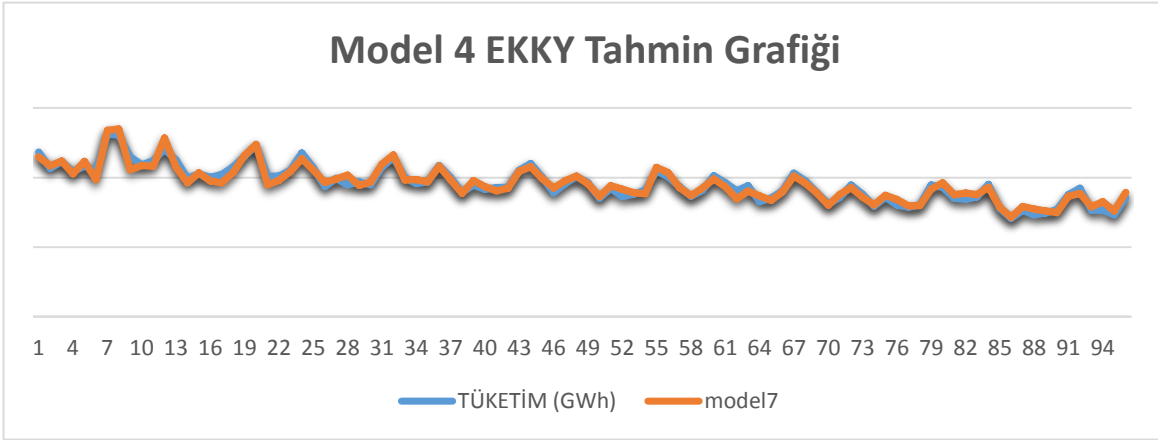
Model	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	583983549,896	7	83426221,414	192,514	,000 <sup>b</sup>
Hata	38134907,890	88	433351,226		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.19' da verilen Çoklu Regresyon Analiz sonucuna bakıldığı zaman fuel oil değişkeninin anlamsız çıktığı gözlemlenmiştir. VIF Değerleri istenilen aralıktadır. Tahmin edilen regresyon Eşitlik 4.4' de verilmiştir.

$$\text{TÜKETİM} = 3040,467 + 1,172(\text{DG}) + 0,847(\text{BRJ}) + 0,858(\text{A}) + 3,601(\text{R}) + 0,921(\text{U}) + 538,742(\text{D}) - 0,041(\text{FO}) \quad (4.4)$$

Eşitlik 4.4' de elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde Fuel oil ters yönlü etki yaparken diğer değişkenlerin pozitif yönlü etki yaptığı

görülmüştür. Eşitlik 4.4 ile oluşturulan tüketimlerin gerçekleştirmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.15 de verilmiştir.



Şekil 4.15 Model 4 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği

Tablo 4.20' de yer alan ANOVA sonuçlarına bakıldığı zaman çoklu regresyon modelinin çoklu korelasyon katsayısı ( $R$ )=0,969 ve belirlilik katsayısına ( $R^2$ )= 0,939 olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelinin  $\alpha < 0,001$  anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2=0,934$  olarak bulunmuştur yani bağımsız değişkenlerimiz %93,4 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması 433351,23 olarak bulunmuştur. Tablo 4.19' da yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığı zaman  $d=1,850$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL=1,512$   $dU=1,827$  olması sebebi ile otokorelasyon oluşmamıştır.

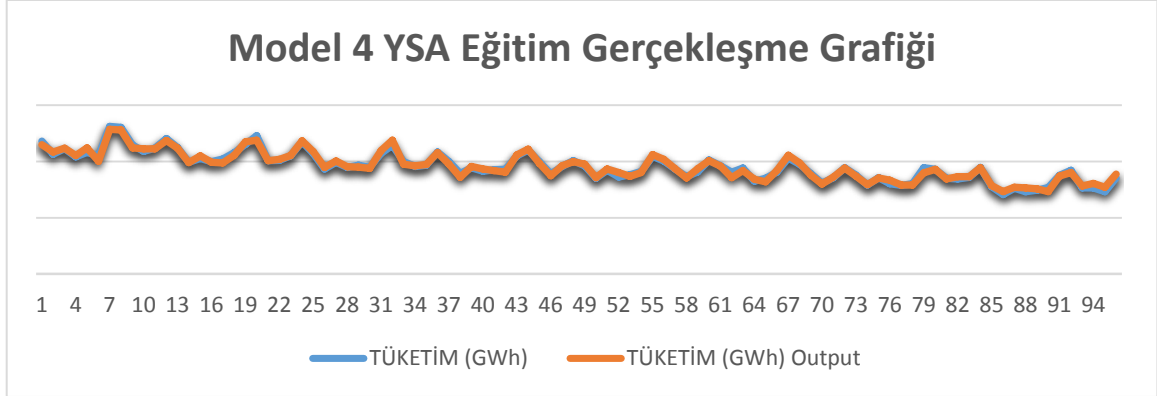
Model 4 için Durbin-Watson test sonucu  $d > dU$  ise otokorelasyon yoktur. Model geçerlidir

#### 4.4.5.2 Yapay Sinir Ağı Modeli

Model 4 için kullanılan bağımsız değişkenler ile kurulan YSA modelinde ise; aynı 7 değişken kullanılarak girdi katmanı oluşturulmuş pek çok denemeden sonra en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 3 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 7-3-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.21).

**Tablo 4.21** Model 4 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	171929,0956
NMSE	0,0265
MAE	333,9353
Min Abs Error	4,4246
Max Abs Error	987,1691
R	0,9867

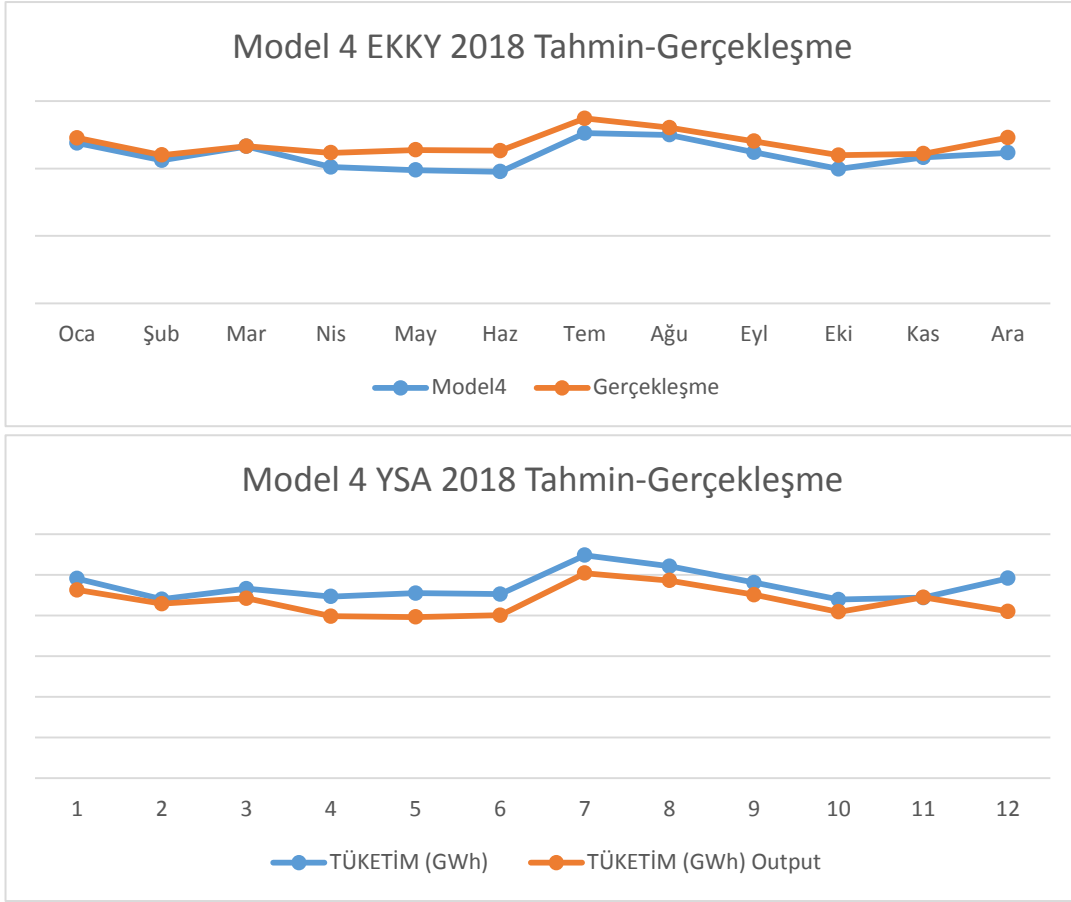


**Şekil 4.16** Model 4 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.16'da, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.21'de YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 4,4246 ve 987,1691 GWh, hata kareler ortalaması 171929,10 ve korelasyon katsayısı ise  $R = 0,9867$  olarak bulunmuştur.

#### 4.4.5.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması

Model 4 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 4.17'de verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. Çoklu Regresyon Modeli ile yapılan tahmin ile gerçekleşme grafiği, daha benzer ve daha çok kesişim sağlamış olmasına rağmen YSA modelinde hem regresyon katsayısı hem de hata kareler ortalaması olarak daha uygun katsayılar elde edilmiştir.



**Şekil 4.17 Model 4 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri**

Farklı değişkenler kullanılarak oluşturulan Model 2, 3 ve 4 te anlamlı katsayılara ve gerçeğe yakın tahmin sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu kapsamda Türkiye elektrik üretimi üzerinden etkisi merak edilen Türkiye sıcaklık ortalaması, çalışılan gün sayısı ve tatil gün sayısı ilgili modellere sırayla dahil edilerek yeni modeller kurulmuştur. Bu kapsamda;

#### **4.4.6 Model 5**

##### **4.4.6.1 Çoklu Regresyon Modeli**

Model 2 de yer alan elektrik üretim bağımsız değişkenlerine ilave edilen Türkiye sıcaklık ortalaması, çalışılan gün sayısı ve tatil gün sayısı değişkenleri ile yeni bir model oluşturulmaya çalışılarak bu yeni değişkenlerin model üzerinde nasıl bir etki doğuracağı incelenmeye çalışılmıştır.

**Tablo 4.22** Model 5 Katsayıları ve Anlamlılıkları

Model 5	B	Std. Hata	t	P	VIF
1 (Sabit)	-453,264	3990,963	-,114	,910	
BARAJLI	-,004	,130	-,031	,975	1,198
AKARSU	-,112	,176	-,635	,527	1,210
RUZGAR	4,930	,235	20,986	,000	1,096
SICAKLIK	19,665	13,933	1,411	,162	1,149
ÇALIŞILANGÜN	594,379	139,238	4,269	,000	3,219
TATILGÜNÜ	349,280	138,584	2,520	,014	3,449

**Tablo 4.23** Model 5 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std.Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
1	,923 <sup>a</sup>	,852	,842	1016,99662	1,715

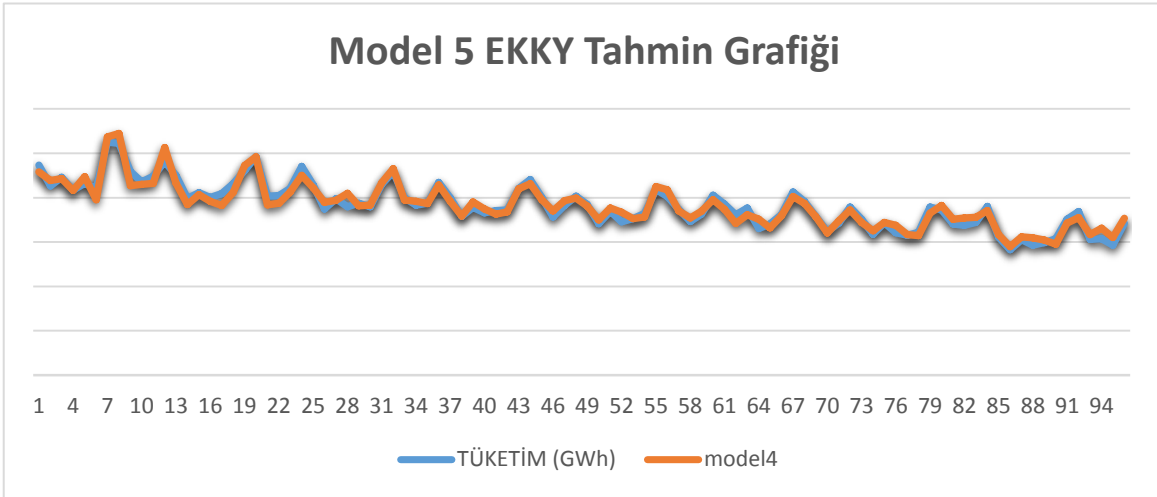
**Tablo 4.24** Model 5 Anova Test Sonucu

Model	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	530067349,549	6	88344558,258	85,416	,000 <sup>b</sup>
Hata	92051108,238	89	1034282,115		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.22' de verilen Çoklu Regresyon Analiz sonucuna bakıldığı zaman barajlı ve akarsu değişkenlerinin anlamsız çıktığı gözlemlenmiştir. VIF Değerleri istenilen aralıktadır. Tahmin edilen regresyon Eşitlik 4.5' de verilmiştir.

$$\text{TÜKETİM} = -453,264 - 0,004(\text{BRJ}) - 0,112(\text{A}) + 4,930(\text{R}) + 19,665(\text{S}) + 594,379(\text{ÇG}) + 349,280(\text{TG}) \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.5' de elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde barajlı ve akarsu değişkenleri ters yönlü etki yaparken diğer değişkenlerin pozitif yönlü etki yaptığı görülmüştür. Eşitlik 4.5 ile oluşturulan tüketimlerin gerçekleştirmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.18 de verilmiştir.



**Şekil 4.18** Model 5 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği

Tablo 4.24’ de yer alan ANOVA sonuçlarına bakıldığı zaman çoklu regresyon modelinin çoklu korelasyon katsayısı ( $R$ )=0,923 ve belirlilik katsayısı ( $R^2$ )= 0,852 olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelini  $\alpha < 0,001$  anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2=0,842$  olarak bulunmuştur yani bağımsız değişkenlerimiz %84,2 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması 1034282,12 olarak bulunmuştur.

Fakat Tablo 5.23’te yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığı zaman  $d=1,715$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL=1,535$ ,  $dU=1,802$  olması sebebi ile kararsızlık bölgesinde kalmıştır.

Model 5 için Durbin-Watson test sonucu  $dL < d < dU$  ise test yetersizdir ve karar verilemez

Model 2 ye dahil edilen elektrik üretimi hariç bağımsız değişkenler sonucunda kurulan yeni modelde her ne kadar katsayılar daha anlamlı çıkmış olsa da Durbin-Watson katsayısı olarak model kararsızlık bölgesine düşmüştür.

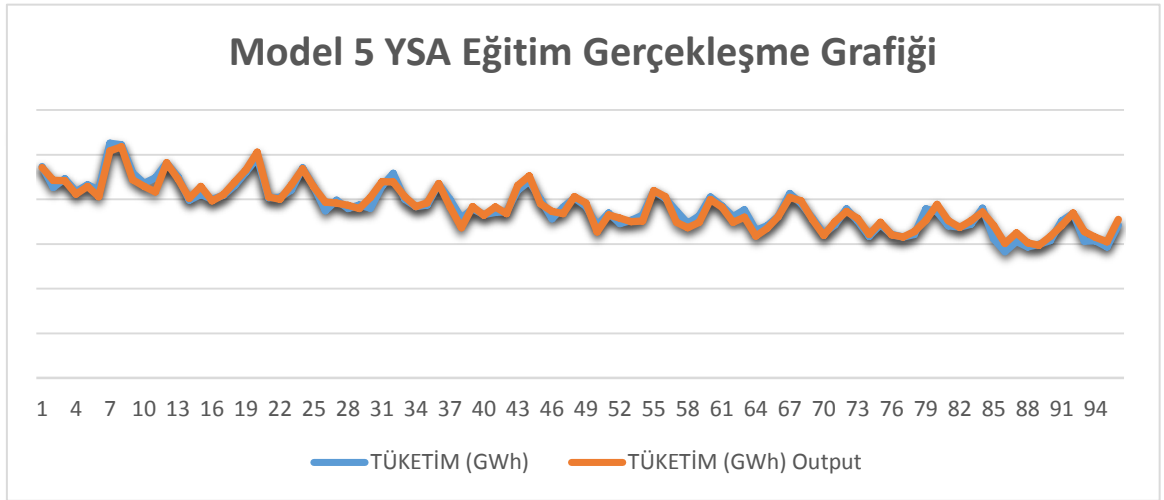
#### **4.4.6.2 Yapay Sinir Ağı Modeli**

Model 5 için kullanılan bağımsız değişkenler ile kurulan YSA modelinde ise; aynı 6 değişken kullanılarak girdi katmanı oluşturulmuş pek çok denemeden sonra en

iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 3 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 6-3-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.25).

**Tablo 4.25** Model 5 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	337210,3668
NMSE	0,0520
MAE	460,6331
Min Abs Error	1,5702
Max Abs Error	1576,5370
R	0,9737



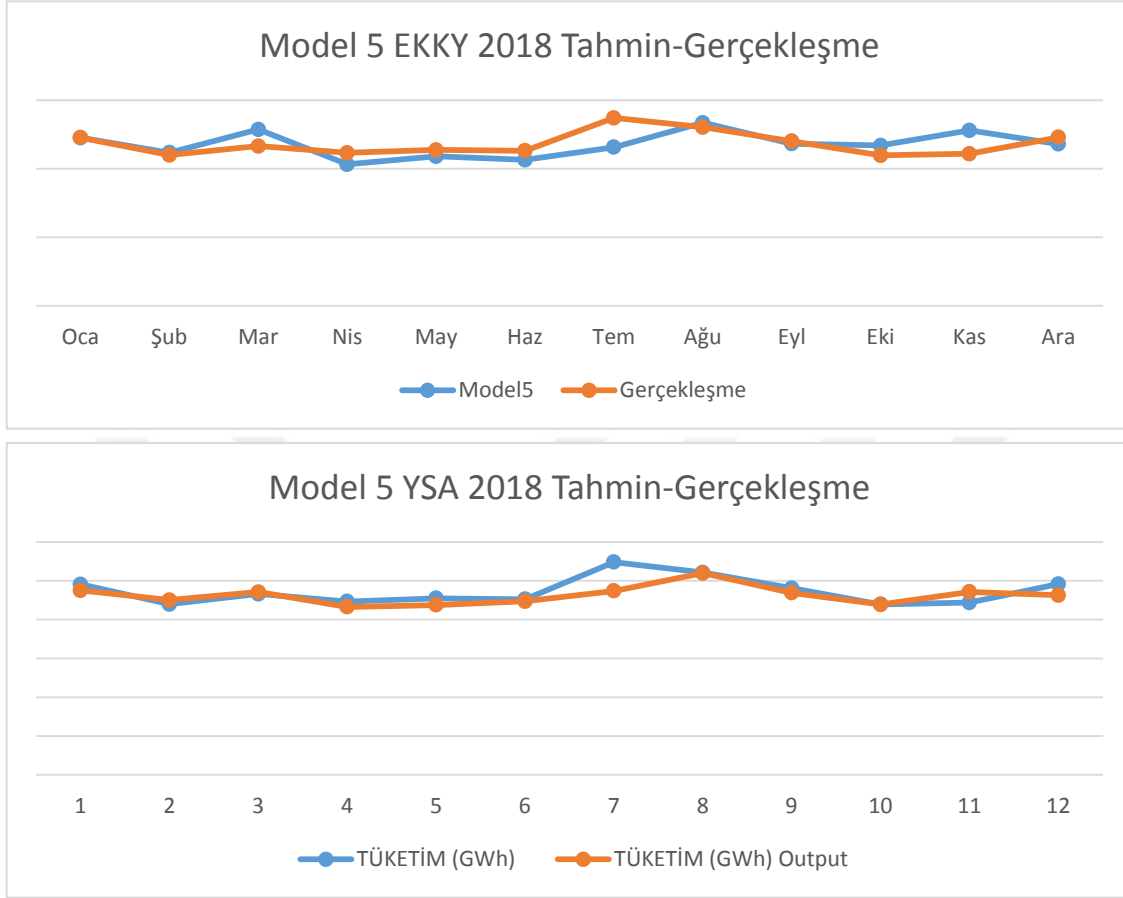
**Şekil 4.19** Model 5 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.19' da, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA' nın, eğitimde kullanılan veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.25 de YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 1,5702 ve 1576,5370 GWh, hata kareler ortalaması 337210,37 ve korelasyon katsayısı ise  $R= 0,9737$  olarak bulunmuştur.

#### 4.4.6.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması

Model 5 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 4.20'de verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. YSA modeli ile yapılan tahmin ise

gerçekleşme ile daha çok kesişim sağlamıştır. Ayrıca YSA modelinde hem regresyon katsayısı hem de hata kareler ortalaması olarak da uygun katsayılar elde edilmiştir.



Şekil 4.20 Model 5 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri

#### 4.4.7 Model 6

##### 4.4.7.1 Çoklu Regresyon Modeli

Model 3 te yer alan elektrik üretim bağımsız değişkenlerine ilave edilen Türkiye sıcaklık ortalaması, çalışılan gün sayısı ve tatil gün sayısı değişkenleri ile yeni bir model oluşturulmaya çalışılarak bu yeni değişkenlerin model üzerinde nasıl bir etki doğuracağı incelenmeye çalışılmıştır.



**Tablo 4.26** Model 6 Katsayıları ve Anlamlılıkları

Model 6	B	Std. Hata	t	P	VIF
1 (Sabit)	-210,101	2533,942	-,083	,934	
DOGALGAZ	1,086	,101	10,773	,000	3,030
BARAJLI	,774	,115	6,748	,000	2,318
AKARSU	,774	,154	5,028	,000	2,288
RUZGAR	3,693	,188	19,654	,000	1,740
ULUSLARARASI	,963	,364	2,645	,010	1,503
DİĞER	508,966	267,145	1,905	,060	2,801
SICAKLIK	5,104	10,449	,488	,626	1,603
ÇALIŞILANGÜN	170,843	96,119	1,777	,079	3,807
TATILGÜNÜ	56,878	91,595	,621	,536	3,739

**Tablo 4.27** Model 6 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayı değeri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std.Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
1	,971 <sup>a</sup>	,942	,936	645,59702	1,915

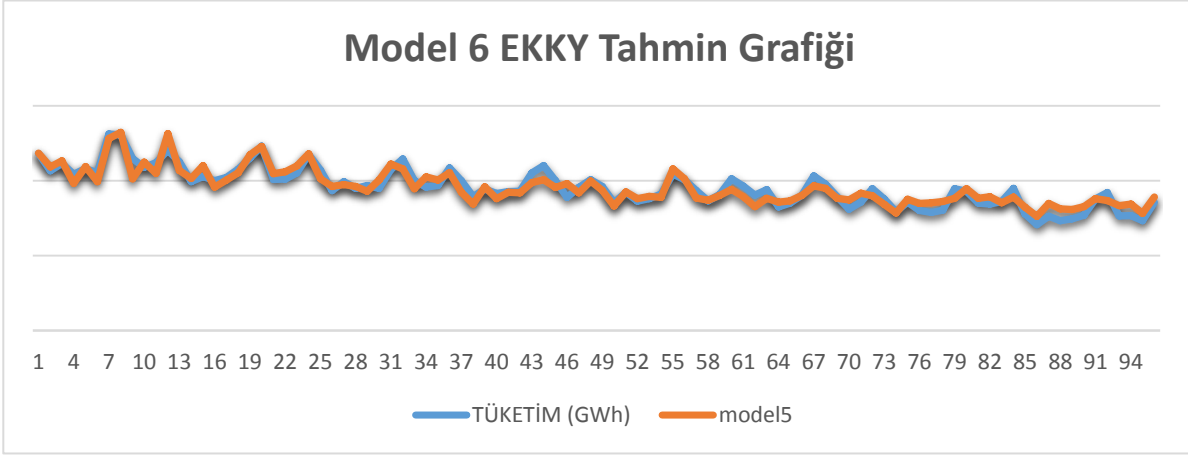
**Tablo 4.28** Model 6 Anova Test Sonucu

Model 6	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	586274044,278	9	65141560,475	156,291	,000 <sup>b</sup>
Hata	35844413,508	86	416795,506		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.26’ da verilen Çoklu Regresyon Analiz sonucuna bakıldığı zaman sıcaklık değişkeninin anlamsız çıktığı gözlemlenmemiştir. VIF Değerleri istenilen aralıktadır. Tahmin edilen regresyon Eşitlik 4.6’ de verilmiştir.

$$\text{TÜKETİM} = -210,101 + 1,086(\text{DG}) + 0,774(\text{BRJ}) + 0,774(\text{A}) + 3,693(\text{R}) + 0,963(\text{U}) + 508,966(\text{D}) + 5,104(\text{S}) + 170,843(\text{ÇG}) + 56,878(\text{TG}) \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.6’ da elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde tüm değişkenlerin pozitif yönlü etki yaptığı görülmüştür. Eşitlik 4.6 ile oluşturulan tüketimlerin gerçekleşmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.21 de verilmiştir.



**Şekil 4.21** Model 6 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği

Tablo 4.28’ de yer alan ANOVA tablosundaki sonuçlara bakıldığında zaman çoklu regresyon modelinin korelasyon katsayısı ( $R$ )=0,971 ve belirlilik katsayısı ( $R^2$ )= 0,942 olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelinin  $\alpha < 0,001$  anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2=0,936$  olarak bulunmuştur yani bağımsız değişkenlerimiz %93,6 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması 416795,51 olarak bulunmuştur. Tablo 4.27’ de yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığında zaman  $d=1,915$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL=1,465$   $dU=1,877$  olması sebebi ile otokorelasyon oluşmamıştır.

Model 6 için Durbin-Watson test sonucu  $d > dU$  ise otokorelasyon yoktur. Model geçerlidir

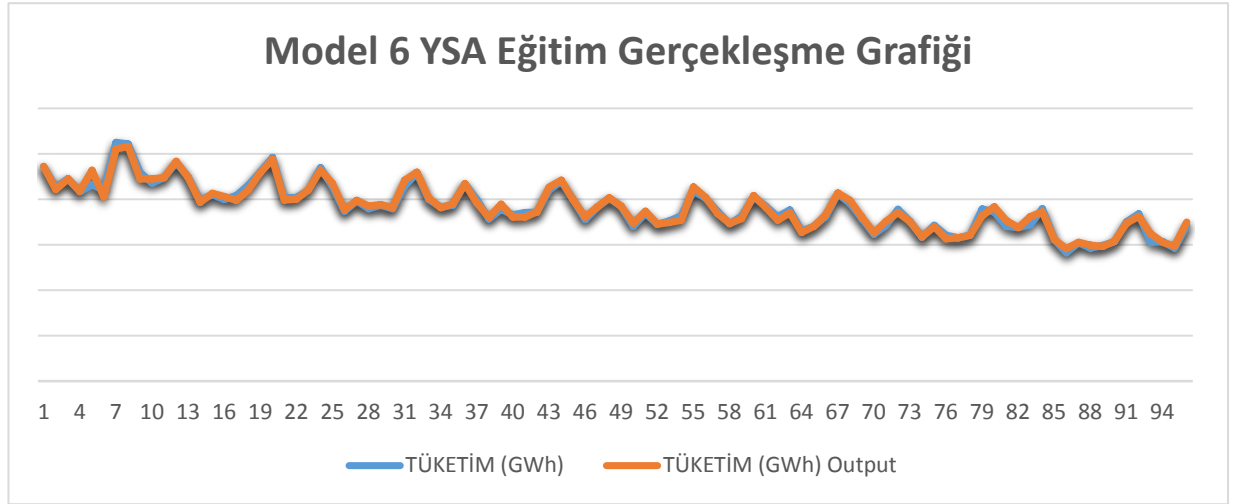
Model 3’e dahil edilen elektrik üretimi hariç, bağımsız değişkenler sonucunda kurulan yeni modelde, model 3’e göre daha anlamlı katsayılar elde edilmiştir.

#### 4.4.7.2 Yapay Sinir Ağı Modeli

Model 6 için kullanılan bağımsız değişkenler ile kurulan YSA modelinde ise; aynı 9 değişken kullanılarak girdi katmanı oluşturulmuş pek çok denemeden sonra en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 3 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 9-3-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.29).

**Tablo 4.29** Model 6 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	129982,7483
NMSE	0,0201
MAE	254,7339
Min Abs Error	1,3540
Max Abs Error	1595,5106
R	0,9900

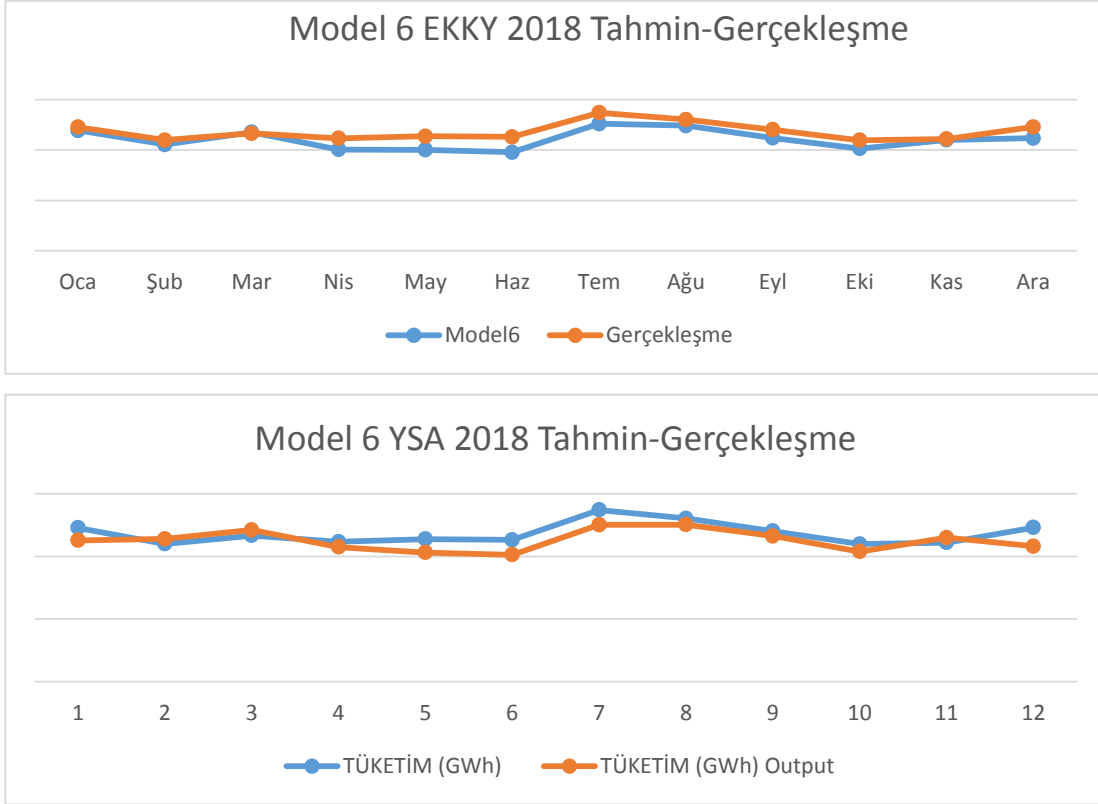


**Şekil 4.22** Model 6 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.22'de, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.29 da YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 1,3540 ve 1595,5106 GWh, hata kareler ortalaması 129982,75 ve korelasyon katsayısı ise  $R=0,9900$  olarak bulunmuştur.

#### 4.4.7.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması

Model 6 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 4.23'de verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. Çoklu regresyon modeli ile yapılan tahmin ile gerçekleşme arasındaki grafik daha uyumlu olmasına rağmen YSA modelinde hem regresyon katsayısı hem de hata kareler ortalaması olarak da uygun katsayılar elde edilmiştir.



**Şekil 4.23** Model 6 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri

#### 4.4.8 Model 7

##### 4.4.8.1 Çoklu Regresyon Modeli

Model 4 te yer alan elektrik üretim bağımsız değişkenlerine ilave edilen Türkiye sıcaklık ortalaması, çalışılan gün sayısı ve tatil gün sayısı değişkenleri ile yeni bir model oluşturulmaya çalışılarak bu yeni değişkenlerin model üzerinde nasıl bir etki doğuracağı incelenmeye çalışılmıştır.

**Tablo 4.30** Model 7 Katsayıları ve Anlamlılıkları

Model 7	B	Std. Hata	t	P	VIF
1 (Sabit)	-272,551	2550,609	-,107	,915	
DOGALGAZ	1,088	,101	10,728	,000	3,039
BARAJLI	,774	,115	6,715	,000	2,318
AKARSU	,764	,156	4,893	,000	2,336
RUZGAR	3,664	,201	18,228	,000	1,972
FUELOİL	-,240	,575	-,417	,678	2,550
ULUSLARARASI	1,050	,420	2,496	,014	1,985
DİĞER	569,660	305,398	1,865	,066	3,625
SICAKLIK	7,086	11,526	,615	,540	1,932
ÇALIŞILANGÜN	172,736	96,691	1,786	,078	3,815
TATILGÜNÜ	55,160	92,131	,599	,551	3,746

**Tablo 4.31** Model 7 Belirlilik Katsayısı ve Durbin-Watson Katsayısı değeri

Model 7	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Std.Tahmin Hatası	Durbin-Watson Katsayısı
1	,971 <sup>a</sup>	,943	,936	648,72108	1,911

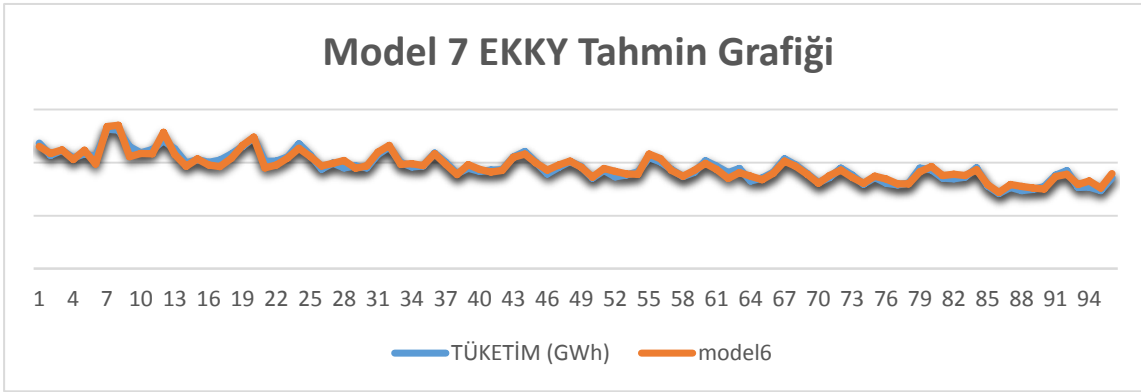
**Tablo 4.32** Model 7 Anova Test Sonucu

Model 7	Kareler Toplamı	s.d	Kareler Ortalaması	F	P
1 Regresyon	586347139,203	10	58634713,920	139,328	,000 <sup>b</sup>
Hata	35771318,584	85	420839,042		
Toplam	622118457,787	95			

Tablo 4.30' da verilen çoklu regresyon analiz sonucuna bakıldığında zaman fuel oil, sıcaklık ve tatil günü değişkenlerinin anlamsız çıktığı gözlemlenmiştir. VIF Değerleri istenilen aralıktadır. Tahmin edilen regresyon Eşitlik 4.7' de verilmiştir.

$$\text{TÜKETİM} = -272,551 + 1,088(\text{DG}) + 0,774(\text{BRJ}) + 0,764(\text{A}) + 3,664(\text{R}) - 0,240(\text{FO}) + 1,050(\text{U}) + 569,660(\text{D}) + 7,086(\text{S}) + 172,736(\text{ÇG}) + 55,160(\text{TG}) \quad (4.7)$$

Eşitlik 4.7' de elde edilen sonuçlara baktığımızda elektrik tüketimi üzerinde sadece fuel oil bağımsız değişkeninin ters yönlü etki yaptığı diğer değişkenlerin ise pozitif yönlü etki yaptığı görülmüştür. Eşitlik 4.7 ile oluşturulan tüketimlerin Gerçekleşmeler ile karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.24 de verilmiştir.



**Şekil 4.24 Model 6 EKKY Tahmin - Gerçekleşme grafiği**

Tablo 4.31’ de yer alan ANOVA tablosundaki sonuçlara bakıldığı zaman çoklu regresyon modelinin korelasyon katsayısı ( $R$ )=0,971 ve belirlilik katsayısı ( $R^2$ )= 0,943 olarak gerçekleşmiştir. Regresyon modelinin  $\alpha < 0,001$  anlamlılık düzeyinde önemli olması, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir. Düzeltilmiş  $R^2=0,936$  olarak bulunmuştur yani bağımsız değişkenlerimiz %93,6 oranında elektrik tüketimini açıklamaktadır. Hata kareler ortalaması ise 420839,04 olarak bulunmuştur. Tablo 5.31’de yer alan Durbin-Watson katsayısına bakıldığı zaman  $d=1,911$  olarak gerçekleşmiş ilgili tablo değerleri ise  $dL=1,442$   $dU=1,903$  olması sebebi otokorelasyon oluşmamıştır.

Model 7 için Durbin-Watson test sonucu  $d > dU$  ise otokorelasyon yoktur. Model geçerlidir

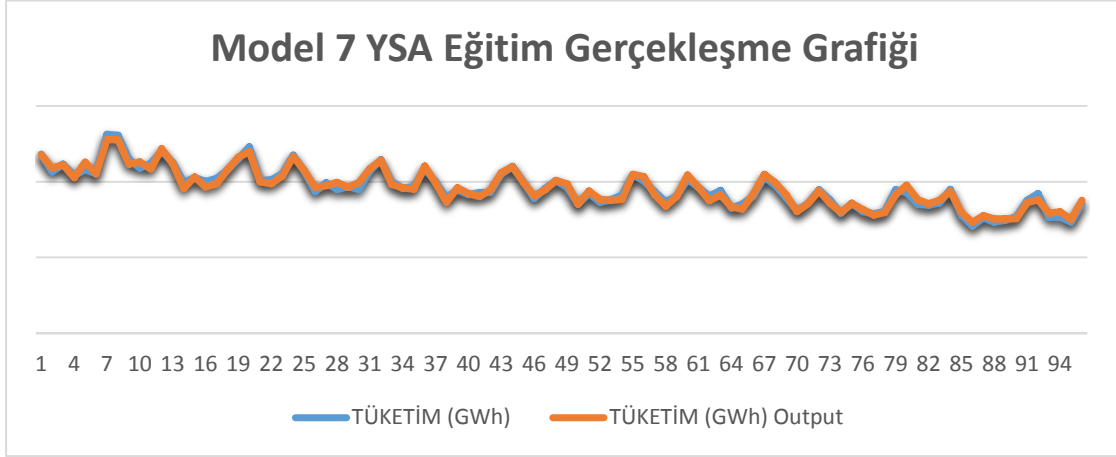
Model 4’e dahil edilen elektrik üretimi hariç, bağımsız değişkenler sonucunda kurulan yeni modelde, model 4’e göre daha anlamlı katsayılar elde edilmiştir.

#### **4.4.8.2 Yapay Sinir Ağı Modeli**

Model 7 için kullanılan bağımsız değişkenler ile kurulan YSA modelinde ise; aynı 10 değişken kullanılarak girdi katmanı oluşturulmuş pek çok denemeden sonra en iyi sonucu veren gizli katman nöron sayısının 2 olduğu görülmüş ve problem çözümünde 10-2-1 YSA yapısı kullanılmıştır (Tablo 4.33).

**Tablo 4.33** Model 7 YSA Eğitim Sonuçları

<i>Performance</i>	<i>TÜKETİM (GWh)</i>
MSE	183955,8826
NMSE	0,0284
MAE	348,1218
Min Abs Error	1,7221
Max Abs Error	961,6403
R	0,9858

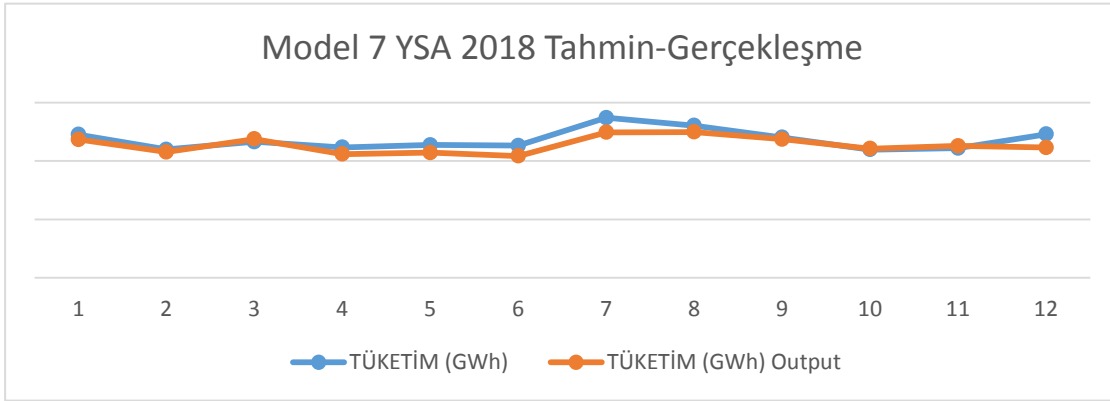
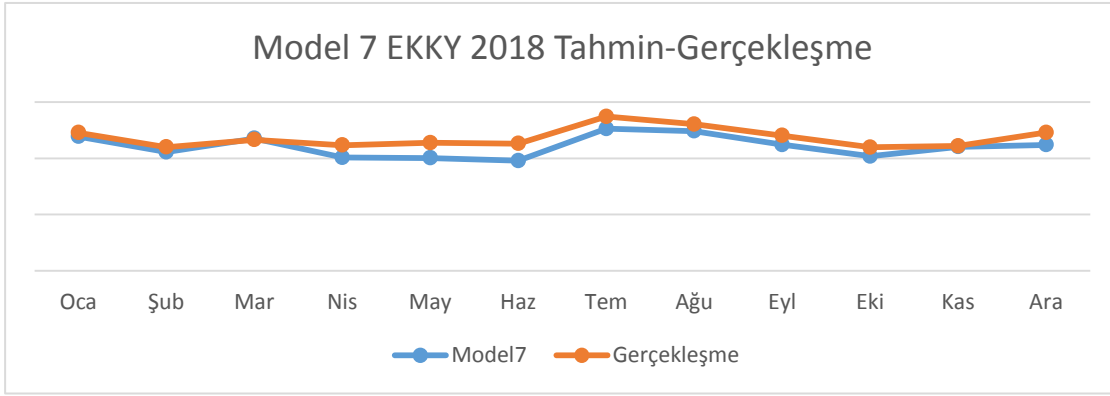


**Şekil 4.25** Model 7 YSA Eğitim ve Gerçekleşme grafiği

Şekil 4.25'de, YSA eğitiminin tamamlanmasının ardından probleme ait final bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile elde edilen YSA'nın, eğitimde kullanılan veriler üzerindeki tahminlerinin, gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Tablo 4.33'de YSA tahmini ile gerçek tüketim değerleri arasındaki en küçük ve en büyük sapmalar sırasıyla, 1,7221 ve 961,6403 GWh, hata kareler ortalaması 183955,88 ve korelasyon katsayısı ise  $R= 0,9858$  olarak bulunmuştur.

#### **4.4.8.3 Çoklu Regresyon Modeli ile YSA modeli Karşılaştırması**

Model 7 verileri kullanılarak tahmin edilen 2018 yılı tüketimleri ve gerçekleştirmelerinin karşılaştırılması Şekil 4.26'da verilmiştir. Bu grafiğe göre her iki modelde gerçekleşmeye yakın sonuçlar üretmiştir. Çoklu regresyon modeli ile yapılan tahmin ile gerçekleşme arasındaki grafik daha uyumlu olmasına rağmen YSA modelinde hem regresyon katsayısı hem de hata kareler ortalaması olarak da uygun katsayılar elde edilmiştir.



**Şekil 4.26** Model 7 2018 Tahmin-Gerçekleşme Grafikleri



## BÖLÜM 5

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Elektrik enerjisi ülkelerin büyümesinde ve kalkınmasındaki en önemli etkenlerden biridir. Yaşamın her anında enerji tüketilmekte, olası kesintiler ise büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir. Elektrik enerjisinin depolanabilirlik seviyesinin oldukça maliyetli ve henüz istenilen miktarlarda olmaması sebebi ile enerji talep ve arz durumları hayati önem arz etmektedir.

Bu sebeplerle ki elektrik enerjisi talebi doğru bir şekilde tahmin edilmesi ve kaynakların buna göre dağıtılması, hem enerji maliyetlerinin azaltılmasında hem de olası kesintilerin önüne geçilmesinde oldukça önemlidir.

Türkiye’de elektrik enerjisi piyasasının genel işleyişi, doğru yapılacak tahmin ve bu tahmin üzerinden doğru yapılacak olan tedarik üzerine kuruludur. Yani genel olarak elektrik piyasası, enerji tedarik şirketlerinin belirli süreler için ki bu süreler günümüzde saatlik olarak bile belirlenebilmektedir, ihtiyaç duydukları enerji miktarlarının karşılanabilmesi için enerji üretim santralleri ve üretici firmaların durumlarının eşleşmesi üzerine kuruludur. Yani piyasa tahmin edilen enerji tüketiminin kesintisiz, kaliteli ve en uygun maliyette üretilmesi üzerine çalışmaktadır. Bu kapsamda talep edilen enerji miktarlarına göre üretim tesisleri konumlandırılmaktadır. Bu durumda ise değişkenlerin tamamının da bir ilişkinin olması kaçınılmaz olmaktadır.

Bu çalışma ile enerji talep ve tahminlerinin Çoklu Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağı Modelleri ile yapılabilirliği kontrol edilmiş, bu yöntemler ile yapılacak tahminlerin doğrulukları test edilmiştir.

Öncelikle elektrik tüketimi önceden belirlenen 17 bağımsız değişken, çoklu regresyon analizi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak katsayıların anlamlılıkları test edilmiş, Varyans Şişkinlik Faktörü (VIF) yüksek çıkan 4 değişken modellerden çıkarılarak yeniden ayrı ayrı tahmin modelleri oluşturulmuş ve elektrik tüketim tahmin çalışmaları yapılmıştır.

Farklı yapıdaki modeller için yöntemler karşılaştırılırken Çoklu Regresyon Analizinde hata kareler ortalamasına ve belirlilik katsayısına ( $R^2$ ), aynı modellerin Yapay Sinir Ağları ile yapılan analizlerinde ise Hata Kareler Ortalamasına ve Korelasyon Katsayısına (R) göre yorumlar yapılmış olup uygun kat sayıya sahip modellerin daha iyi olduğu sonucunda yorumlamalar yapılmıştır.

Uygulamada çalışılan 8 model için çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağı analizi sonuçları Tablo 5.1’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 5.1** Modeller ve Uygulama sonuçları

MODELLER	DEĞİŞKENLER	ÇOKLU REGRESYON ANALİZİ			YAPAY SINIR AĞI		
		Durbin-Watson Bölgesi	Hata Kareler Ortalaması	Düzeltilmiş $R^2$	YSA Model	YSA R	Hata Kareler Ortalaması
Model 0	Tamamı	Kararsızlık bölgesi	-----	-----	17-2-1	0,9988	15.465
Model 1	Doğalgaz,Barajlı,Linyit,Akarsu,Rüzgar,Fueloil,Asfaltit,Taşkömür,Uluslararası,Diğer,Sıcaklık,ÇG,TG	Kararsızlık bölgesi	257.541	0,961	13-3-1	0,9957	56.411
Model 2	Barajlı,Akarsu,Rüzgar	Otokorelasyon yok	1.257.015	0,808	3-8-1	0,9864	174.662
Model 3	Doğlagaz,Barajlı,Akarsu,Rüzgar,Uluslararası,Diğer	Otokorelasyon yok	428.511	0,935	6-4-1	0,9927	94.802
Model 4	Doğlagaz,Barajlı,Akarsu,Rüzgar,Uluslararası,Diğer,FuelOil	Otokorelasyon yok	433.351	0,935	7-3-1	0,9867	171.929
Model 5	Barajlı,Akarsu,Rüzgar,Sıcaklı,ÇG,TG	Kararsızlık bölgesi	1.034.282	0,842	6-3-1	0,9737	337.210
Model 6	Doğlagaz,Barajlı,Akarsu,Rüzgar,Uluslararası,Diğer,Sıcaklık,ÇG,TG	Otokorelasyon yok	416.796	0,936	9-3-1	0,99	129.983
Model7	Doğlagaz,Barajlı,Akarsu,Rüzgar,Uluslararası,Diğer,FuelOil,Sıcaklık,ÇG,TG	Otokorelasyon yok	420.839	0,936	10-2-1	0,9858	183.956

Tablo 5.1’ de yer alan analiz sonuçlarına bakıldı zaman çoklu regresyon analizinde 13 adet bağımsız değişkenin kullanıldığı Model 1 HKO=257.541 ve Düzeltilmiş  $R^2 = 0.961$  ile en uygun katsayılarla sahip model olmasına rağmen, bu model kararsızlık bölgesine düşmüştür.

Çoklu Regresyon Analizinde olduğu gibi bir takım faraziyelerin sınanmasına tabi tutulmadan doğru ve düzgün verilerle optimum sonuçlar verebilen Yapay Sinir Ağı analizinde Tablo 5.1’ de en uygun sonucu tüm bağımsız değişkenler ile yapılan

tahmin modelinde elde edildiği görölmüştür. Bu modelde HKO=15.465 Korelasyon katsayısı  $R=0,9988$  olarak elde edilmiştir.





## KAYNAKÇA

- Akın, Melda (2001). “Yapay Sinir Ağları”. İstanbul Üniversitesi *Siyasi Bilgiler Fakültesi Dergisi*. 25: 7-19.
- Akyıldız, Ali (2001) *Osmanlı Dönemi Tahvil ve Hisse Senetleri*. İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları
- Asilkan, Özcan ve Irmak, Sezgin (2009). “İkinci El Otomobillerin Gelecekteki Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları İl Tahmin Edilmesi” *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*. 2: 375-391.
- Al-Ghandoor, A., Jaber, J.O., Al-Hinti, I. and Manasour, I.M. (2009). Residential Past and Future Energy Consumption: Potential Savings and Environmental Impact. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13,6-7,1262-1274
- Akgül Şen, Ahu. (2007) *Özelleştirme Sürecindeki TEDAŞ'ın Yeniden Yapılandırılması*, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar
- Barutçu, Burak (2013). *Signal Processing and Analysis in Renewable Energy Systems, Prediction Problem*, Ders Notları, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul
- Berry, William D. (1993). *Understanding Regresyon Assumptions*. America: SAGE Publications
- Bernard, Jean-Thomas., Idoud, Nadhem., Khalah, Lynda and Ye'lou, Clement (2007). “Finite Sample Multivariate Structural Change Tests With Application To Energy Demand Models”, *Journal of Econometrics*, 141,s. 1219–1244.
- Binder, John. (1985). “On the Use of the Multivariate Regresyon Model in Event Studies”, *Journal of Accounting Research*, Cilt: 23, Sayı:1, s. 370-383.
- Çalışkan, Şadan (2009). “Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, S.25 ss.297-309)
- Catalina, Tiberiu., Virgone, Joseph. and Blanco, Eric. (2008). “Development and Validation of Regresyon Models to Predict Monthly Heating Demand for Residential Buildings”. *Energy and Buildings*, 40,10, 1825-1832.

- Demirbuğan, M. Alper (2006). “Konut Sektörü İçin Linyit Kömürü ‘Tüketici Fazlası’”, *Madencilik Dergisi*, Cilt: 45, Sayı: 4, s. 29-40.
- Doğan, Tendü Beyza Vefa (2009). *Türkiye Birincil Enerji Kaynaklarının Piyasasının Zaman Serileri İle İstatistiksel Analizi*, Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Dolun, Leyla (2002). “*Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kullanılan Kaynaklar*”. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Yayınları, Sektörel Araştırmalar, Ankara.
- Ekonomou L. (2010). “Greek Long-Term Energy Consumption Prediction Using Artificial Neural Network”, *Energy*, 35: 512-517
- Erdoğan, Elif ve Özyürek, Hamide (2012). “Yapay Sinir Ağları İle Fiyat Tahminlemesi” *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*. 4(1): 85-92.
- Erilli, Necati Alp, Eğrioğlu Erol, Yolcu Ufuk, Aladağ Ç. Hakan, Uslu V. Revzan. (2010), “Türkiye’de Enflasyonun İleri ve Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağlarının Melez Yaklaşımı İle Öngörüsü”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(1), 42-55.
- Erilli, Necati Alp, Alparslan Faruk, Yolcu Ufuk, Eğrioğlu Erol. ve Aladağ Hakan (2011). “Bulanık Kümelemede En Uygun Küme Sayısının Yapay Sinir Ağları ve Diskriminant Analizi İle Belirlenmesi” *Atatürk Ü. İİBF Dergisi*, 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı 2011: 475-488.
- Ertılav Murat, (2014) *Türkiye’de Özelleştirme: TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi) Örneği*, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- Erol Gülhanım, (1999) *Kamu Hizmetlerinin Görülmesinde İmtiyaz Yöntemi ve Türkiye Uygulaması*, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Ankara
- Esenduran, Mustafa. (2010) *İstanbul’da Elektrik Üretiminin Başlangıcı ve Tarihi*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

- Geem, Z.W., Roper, W.E. (2010). “Energy Demand Estimation of South Korea Using Artificial Neural Network”, *Energy Policy*, 10: 6379-6380.
- Galton, F. (1886). “Regresyon Towards Mediocrity in Hereditary Stature”, *Journal of Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*. (15):246–263
- Gujirati, Damodar N. (2018). *Temel Ekonomi*, Literatür Ders Kitapları: “İstanbul
- Gül, Emre. (2013) “*Türkiye’de Elektriğin Serüveni*”, Erişim Tarihi (26-06-2018) <https://www.dunyabulteni.net/belge-tarih/turkiyede-elektrigin-seruveni-h247024.html>
- Haykin, Simon. (1999). *Neural Networks a Comprehensive Foundation*, Second Edition, Prentice Hall, 1999.
- Hamzaçebi, Coşkun. (2009). “*Türkiye’nin Sektörel Bazda Net Elektrik Enerjisi Tüketim Tahmini*” *Energy Policy* 2007;35–16.
- Hamzaçebi, Coşkun. ve Kutay, Fevzi. (2004). “Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. c. 19, s. 3, ss. 227-233*.
- Hsu, C., and Chen, C. (2003). “Regional Load Forecasting in Taiwan Applications of Artificial Neural Networks”, *Energy Conversion and Management*, 44, pp.1941-1949
- İnanlı, Kenan. Işık, Erdem ve Dağtekin, İhsan (2004). “Karakaya HES’de Verim ve Üretim Parametrelerinin Yapay Sinir Ağı ile Tahmini”. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 5(1): 59-68.
- Karagöl, Erdal Tanas. Tür Mehmet Rıda. (2017) *Türkiye’de Elektrik Enerjisi Tarihi*, SETA Yayınları 96 l. Baskı
- Karaca, Coşkun, Karacan, Hatice. (2016) “Çoklu Regresyon Metoduyla Elektrik Tüketim Talebini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi” *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. c. 4 s.3 ss.183-194
- Kavaklıoğlu, Kadir., Ceylan, Halim., Öztürk, Harun Kemal. ve Canyurt, Olcay Ersel. (2009). “YSA ile Türkiye’nin Elektrik Tüketim Tahmini ve Modellemesi”. *Energy Convers Management* ,50:2719–27.

- Karahan, Mehmet. (2011). İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: *Yapay Nöron Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması*, Sosyal bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi. Konya
- Kartalopoulos, V. Stamatios. (1996). Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic. Basic Concepts and Applications, New York: IEEE Press.
- Kermanshahi, Bahman. (1998).” Recurrent Neural Network For Forecasting Next 10 Years Loads of Nine Japanese Utilities”, *Neurocomputing*, 23, Pp.125-133.
- Kurtner, H.Michael., Nachtsheim J.Christopher., Neter John., Li William. (1996). *Applied Linear Statistical Models* (4. Baskı), McGraw Hill.
- Koutsoyiannis, Anna. (1989). *Ekonometri Kuramı: Ekonometri Yöntemlerinin Tanıtımına Giriş ve Teori*, Ankara.
- Koç, M. Levent., Balas, E. Can ve Arslan, Abdulsamet (2004). “Taş Dolgu Dalga Kıranların Yapay Sinir Ağları İle Ön Tasarımı” *İMO Teknik Dergisi*. 15(4): 3351-3375.
- Ratkowsky, D.A. (1983). *Nonlinear Regresyon Modeling*, Marcel Dekker, New York.
- Öztemel, Ercan. (2012). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul. Papatya Yayınları:İstanbul
- Özdamar, Kazım. (2011). *Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi*, Kaan Kitabevi: İstanbul
- Özdemir, Abdullah (2005). *Türkiye’deki Ham ve İşlenmiş Petrol Ürünü Fiyatlarının Makro Ekonomik Büyüklüklere Etkisi*, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Aydın.
- Özdemir, Naziye. (2011). “İmparatorluktan Cumhuriyete Türkiye’de Elektrikğin Tarihsel Gelişimi” *Osmanlı Medeniyeti Araştırmaları Dergisi* c2, s3, ss 18-30
- Özkan, Gökhan (2016). *Düzenleyici Reformların Türkiye Enerji Piyasası Üzerindeki Ekonomik Etkileri*, Kırıkkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale
- Pao Hsiao-Tien. (2006). “Comparing Linear and Nonlinear Forecasts for Taiwan’s Electricity Consumption” *Energy*, 31:2129–41.



- Ringwood, John.V. and Bofelli, D. (2001). "Forecasting Electricity Demand on Short, Medium and Long Time Scales Using Neural Networks", *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 31, pp.129–147.
- Sözen, Adnan., Akcayol, M.Ali. ve Arcaklıoğlu, Erol.(2006). "Forecasting Net Energy Consumption Using Artificial Neural Network". *Energy Sources, B: Economics, Planning, Policy* 1: 147–155.
- Sözen, Adnan., Arcaklıoğlu, Erol. ve Özkaymak, Mehmet.(2005). "Turkey's Net Energy Consumption". *Applied Energy*, 81:209–21.
- Sözen, Adnan., Arcaklıoğlu, Erol. (2007). "Türkiye'nin Temel Enerji Kaynakları için Projeksiyonlar ". *Energy Sources, B: Economics, Planning, Policy*, 2:183–201.
- Takma, Çiğdem, Atıl, Hülya ve Aksakal, Vecihi (2012). Çoklu Doğrusal Regresyon ve Yapay Sinir Ağı Modellerinin Laktasyon Süt Verimlerine Uyum Yeteneklerinin Karşılaştırılması, *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 18 (6): 941-944
- Tarı Recep. (2015). *Ekonometri*. Umuttepe Yayınları, Ankara.
- Toktaş, İhsan. ve Aktürk, Nizami. (2004). "Makine Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zeka Teknikleri ve Uygulama Alanları", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. c7 s20 ss 8-17
- Tolon, Metehan. ve Tosunoğlu, Nuray Güneri. (2008). "Tüketici Tahmini Verilerinin Analizi: Yapay Nöron Ağları ve Regresyon Karşılaştırması", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 10 / 2. s. 247-259.
- Ültanır, Mustafa Özcan. (1998). 21. "Yüzyıla Giderken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi" Yayın No. *TÜSİAD Dergisi*, T/98-12/239, ss38-54
- Yazıtaş, Fatih. (2017) *Elektrik Piyasaları Sunumu*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 27.01.2018 sunumu

Yavuz H, Gürkan F, Şimşek Z (2011), Enerji Verimliliği Derneği bültenleri  
http://www.enver.org.tr/UserFiles/Article/5e907eb0-43e2-44cf-ba0b-811db7b7b2d2.pdf

Yavuzdemir Mustafa, (2014). *Türkiye'nin Kısa Dönem Yıllık Brüt Elektrik Enerjisi Talep Tahmini*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Ankara

Yüksel, Rıdvan. ve Akkoç, Soner. (2016). "Altın Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Bir Uygulama". *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, c17 s1 ss 39-50

Yumurtacı, Zehra. ve Asmaz, Ercan. (2004). "Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050", *Energy Sources*, XXVI, 12, 1157-1164.

Wooldridge, Jeffrey M. (2013). *Ekonometriye Giriş*, Cilt:1 (Çev.: Ebru Çağlayan). Nobel Yayıncılık, Ankara.

#### **İnternet Adresleri:**

Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş (TEİAŞ) 2008-2017 Sektör Raporları (<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sektor-Raporlari>) (Erişim Tarihi:26-06-2018)

<http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/duyuru-2018-turkiye-nin-elektrik-seruveni-1-bolum/18501#ad-image-0> (Erişim Tarihi:26-06-2018)

<http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/duyuru-2018-turkiye-nin-elektrik-seruveni-2-bolum/18499#ad-image-0> (Erişim Tarihi:26-06-2018)

<http://www.enerjiatlas.com/elektrik-dagitim-sirketleri/> (Erişim Tarihi:26-06-2018)

<http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Enerji-Dagitim-Sirketleri-Haritasi> (Erişim Tarihi:26-06-2018)

[https://www.turkcebilgi.com/t%C3%BCrkiye'de\\_elektri%C4%9Fin\\_tarihi](https://www.turkcebilgi.com/t%C3%BCrkiye'de_elektri%C4%9Fin_tarihi) (Erişim Tarihi:26-06-2018)

<http://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/> (Erişim Tarihi:26-06-2018)

[http://www.emo.org.tr/ekler/0082ac261d74f5a\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/0082ac261d74f5a_ek.pdf) (Erişim Tarihi:26-06-2018)

<https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-0-2256/kanunlar> (Erişim Tarihi:09-10-2019)

<https://www.epias.com.tr/epias-kurumsal/hakkimizda/> (Erişim Tarihi:09-10-2019)

[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059) (Erişim Tarihi:09-10-2019)

<http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf> (Erişim Tarihi:09-10-2019)

Çayıroğlu Ders Notları,

<http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi/IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf> (Erişim Tarihi:09-10-2019)

Burça Kızılırmak Ders notları

<http://kisisel.ankara.edu.tr/politics.ankara.edu.tr/burca/ekonometri/6-%20Matris.pdf>  
(Erişim Tarihi:09-10-2019)



## ÖZ GEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Feyyaz Yüzük  
Uyuğu : T.C  
Doğum Tarihi ve Yeri : 1988 Kangal / SİVAS  
e-posta : feyyazyzk@gmail , yzkfeyyaz@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	2012
Yüksek Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	2019

### İŞ TECRÜBESİ

Tarih	Kurum	Görev
17-06-2013	Çamlıbel elektrik Perakende Satış A.Ş	Raporlama ve Analiz Yönetmeni
01-06-2018	CK Çamlıbel Elektrik Satış A.Ş.	Tarifeler ve Müşteri Operasyonları Müdürü

### YABANCI DİL BİLGİSİ

Yabancı Dilin Adı KPDS ( ) ÜDS ( ) TOEFL ( ) EILTS ( )