

Covid-19 pandemisinin oluşturduğu davranış değişikliklerinin elektrik tüketimleri ve fider yükleri üzerindeki etkisi: bir elektrik dağıtım fideri üzerinde vaka çalışması

The effect of behavior changes caused by the covid-19 pandemic on electricity consumptions and feeder loads: a case study on an electricity distribution feeder

Hüseyin ÖZTÜRK¹, Kıvanç BAŞARAN²

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniv., Manisa, Türkiye.

²Elektrik Mühendisliği Bölümü, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniv., Manisa, Türkiye.

huyenozturk@hotmail.com, kivanc.basaran@cbu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 29.11.2021

Düzeltilme Tarihi/Revision: 02.07.2022

doi: 10.5505/pajes.2022.72829

Kabul Tarihi/Accepted: 22.10.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Aralık 2019'da Çin'in Hubei eyaletinin Wuhan kentinde ortaya çıkan COVID-19 (Sars CoV-2) virüsü kısa sürede tüm dünyayı etkisi altına almış ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 11 Mart 2020 tarihi itibarıyla küresel salgın ilan edilmiştir. Bu tarihten sonra virüsün yayılımı önlemek için tüm dünyada kapanma tedbirleri uygulanmaya başlanmıştır. Getirilen tedbirler nedeniyle elektrik enerjisi tüketiminde önceki yıllara göre değişimler yaşanmıştır. Kısıtlamaların insan hayatını en çok etkilediği 2020 yılı Mart, Nisan ve Mayıs aylarında tüm dünyada enerji talebinde dinamik değişimler meydana gelmiştir. Bu durum uluslararası enerji piyasalarını, enerji üretimi ve şebeke yük planlamalarını etkilemiştir. Türkiye'de toplam elektrik tüketimi bir önceki yıla göre artmasına rağmen ticarethane tarifesindeki tüketimlerde azalış meydana gelmiştir. Bu çalışmada, Türkiye ve İzmir ilinin elektrik tüketimlerinin tarifeler özelinde zamana bağlı olarak analizi yapılarak COVID-19 salgınının elektrik tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. COVID-19'un elektrik dağıtım şebekeleri üzerindeki etkisini görmek için ise bir elektrik dağıtım fideri üzerinde vaka çalışması yapılmıştır. Vaka çalışması için abone yoğunluğunun %99'u mesken ve ticarethane tarife grubunda yer alan bir elektrik dağıtım fideri seçilmiştir. Fider için 2018, 2019 ve 2020 yılı verilerine göre yapay sinir ağları makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak yük tahmini yapılmıştır. Yapılan yük tahmin çalışmasında, verilerin %75'i öğrenme için, %25'i ise test için seçilmiştir. Çalışma sonucunda 2020 yılı gerçek ve tahmin yük verileri karşılaştırılmıştır. COVID-19 pandemisinin bir elektrik dağıtım fiderinin yükü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, yük tahmininin en iyi performans değerleri mse, 0.0024 ve R², 0.83 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: COVID-19, Yük tahmini, Elektrik dağıtım şebekesi, Yapay sinir ağları.

Abstract

The COVID-19 (Sars CoV-2) virus, which emerged in Wuhan city of Hubei province of China in December 2019, affected the whole world in a short time and was declared a global epidemic by the World Health Organization (WHO) as of March 11, 2020. After this date, closure measures have been implemented all over the world to prevent the spread of the virus. Due to the provisions taken, there have been changes in electrical energy consumption compared to previous years. In March, April and May 2020, when the restrictions affected human life the most, dynamic changes occurred in energy demand all over the world. This has affected international energy markets, energy production and grid load planning. Although the total electricity consumption in Turkey increased compared to the previous year, there was a decrease in the consumption in the commercial tariff. In this study, the effects of the COVID-19 pandemic on electricity consumption were analyzed by analyzing the electricity consumption of Turkey and İzmir, depending on the tariffs, based on time. A case study was conducted on an electricity distribution feeder to see the impact of COVID-19 on electricity distribution networks. For the case study, an electricity distribution feeder with 99% of the subscriber density in the residential and commercial tariff group was selected. For the feeder, load forecasting was made using artificial neural networks machine learning method according to 2018, 2019 and 2020 data. In the load forecasting study, 75% of the data was selected for learning and 25% for testing. As a result of the study, the actual and forecasted load data of 2020 were compared. The effects of the COVID-19 pandemic on the load of an electricity distribution feeder were investigated. In the study, the best performance values of load forecasting were found mse as 0.0024 and R² as 0.83.

Keywords: COVID-19, Load forecasting, Electricity distribution grid, Artificial neural networks.

1 Giriş

COVID-19 (Sars CoV-2) virüsü Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 11 Mart 2020 tarihi itibarıyla küresel salgın ilan edilmiştir. COVID-19 virüsünün hızlı bulaş özelliğinin olması sebebiyle, yayılımı önlemek için birçok ülkede ciddi tedbirler alınmıştır. Bu tedbirlerin çalışma düzeni, eğitim, ticaret, turizm gibi sosyal ve ekonomik faaliyetlerde ülkeleri etkilemesiyle enerji tüketiminde de değişiklikler oluşturmuştur [1].

Vaka artışı önlemek amacıyla birçok ülkede getirilen sokağa çıkma yasakları, kamu kurumlarının, ticarethanelerin kapatılması/esnek çalışması, eğitim kurumlarının kapatılarak uzaktan eğitim modellerine geçilmesi enerjinin özellikle talep tarafında farklılıklar meydana getirmiştir. Bu durum elektrik şebekelerinde talep dengesini etkilemiştir. Meskenlerdeki elektrik tüketimi artmasına rağmen, sanayi ve ticarethane tarifelerinde elektrik tüketimi de azalmıştır [2],[3]. Bu durum elektrik piyasası ve şebekeleri üzerine yapılan birçok araştırmanın konusu haline gelmiştir. Özellikle salgının ilk çıkış

*Yazışılan yazar/Corresponding author

noktası olan Çin'de vakaların artması sebebiyle sanayi üretimi askıya alınmış, elektrik talebi %12 azalmıştır. Gulati ve diğ. (2020), Hindistan'ın Haryana bölgesinde COVID-19 virüsü nedeniyle sokağa çıkma kısıtlamalarının olduğu günlerdeki konut, sanayi ve tarımsal sulama tarifeleri için elektrik yükü tahmini yapmışlardır. Bu tahmin kısa dönem yük tahmini olup veri setinde tüketim ve gün bilgileri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada sokağa çıkma kısıtlamalarının olduğu günlerde, konutlardaki elektrik tüketiminin diğer günlere göre önemli oranda arttığı görülmüştür [4]. Abu-Rayash ve Dinçer (2020), Ontario şehrinin 2020 Nisan ayında uygulanan sokağa çıkma kısıtlamalarının olduğu günlerdeki saatlik elektrik yükü için tahmin yapmışlardır. Çalışmada 2020 yılı Nisan ayı elektrik tüketiminin, 2019 yılı Nisan ayına göre ortalama %14 azaldığı belirtilmiştir [5]. Edomah ve diğ. (2020), Nijerya'da sokağa çıkma yasağına bağlı elektrik tüketiminin değişimini 259 adet elektrik dağıtım fideri üzerinde sokağa çıkma yasağının olmadığı, kısmi sokağa çıkma yasağının olduğu ve tam kapanmanın olduğu günler için gözlemlemiştirler. Sokağa çıkma yasaklarına bağlı olarak mesken tipi tüketim miktarının %43-%49 arasında değiştiği, sanayi tipi %18-%24 arasında değiştiği ve gözlem yapılan günlerde ticarethane tüketiminin değişmediği belirtilmiştir [6]. Özbay ve Dalcalı (2021), Türkiye'nin Ocak- Nisan 2019'a ait elektrik yükü, hava durumu ve tarih verileri ile 2020 yılının ilk altı ayı için yapay sinir ağları ile yük tahmini yapmışlardır. Yapay sinir ağlarının farklı modelleri ile yapılan tahminler ile gerçek tüketim verileri karşılaştırılmış ve tüketime COVID-19 salgının etkisi incelenmiştir [7]. Alasali ve diğ. (2021), Ürdün'ün üç farklı şehri için Ocak 2016- Ekim 2018 arası önceki yük verileri ve sıcaklık verileri ile 2018-2019-2020 yılı için ARİMA ve YSA yöntemleri ile yük tahmini yapmışlardır. İki model çıktılarını arasında karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca bölgelerdeki elektrik tüketimine COVID-19 etkisi incelenmiştir [8]. Bompard ve diğ. (2021), Mart 2020'nin başından Haziran 2020'ye kadar en çok etkilenen ülkelere odaklanarak Avrupa'daki güç sistemleri ve pazarları üzerindeki COVID-19 salgını etkilerini incelemiştirler. Nisan 2020'de AB ülkeleri için ortalama tüketim, Nisan 2019'a göre %12.6, gün öncesi ortalama elektrik fiyatının ise %60 düştüğü belirtilmiştir [9]. Bielecki ve diğ. (2021), Varşova'da bir sitedeki yaklaşık 7000 konutun, COVID-19 salgınının nedeniyle kapanma sırasında ortalama günlük enerji talebi profillerinin pandemiden önceki yılın benzer dönemine kıyasla nasıl değiştiğini incelemiştirler. Çalışmada, 6 Mart 2020 saat 00:00 ve 18 Nisan 2020 saat 23:00 (815 saat) ile pandemiden 2 yıl öncesine denk gelen dönemden, 16 Mart 2018 saat 00:00'dan 18 Nisan 2018 saat 23:00'e kadar olan zamana ait verileri incelenmiştirler. Kapanma süresi boyunca bir hanenin ortalama aktif enerji tüketimi, pandemiden iki yıl öncesine göre yaklaşık %16 arttığını belirtmişlerdir [10]. Norouzi ve diğ. (2020), COVID-19'un Çin'deki elektrik ve petrol talebi üzerindeki etkilerini analiz etmek için karşılaştırmalı bir regresyon ve yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir. İki farklı senaryo ile çalışma yapılmıştır. Senaryolarda, elektrik tüketimlerinin seçilen nüfus, vaka sayısı gibi parametrelere göre %0.65 ile %10.57 arasında değiştiği belirtmişlerdir. [11]. Mofijur ve diğ. (2021), Avrupa, Asya ve Amerika kıtasındaki ülkelerde COVID-19'un ekolojik alan, enerji sektörü, toplum ve ekonomi üzerindeki etkisini incelemiştirler. Dünya enerji talebinin 2020'nin ilk çeyreğinde 2019'un aynı dönemine göre %3.8 düştüğü belirtmişlerdir [12]. Firik ve İrmak (2021), COVID-19 salgının Türkiye'de belirgin bir etki gösterdiği Nisan 2020 ve Mayıs 2020'deki sokağa çıkma yasaklarının olduğu günlerdeki tüketim profillerini saatlik olarak önceki yıllarla

karşılaştırarak incelemiştirler. 2020 yılında, brüt elektrik tüketiminin 2019 yılına göre sokağa çıkma yasaklarının olduğu günlerde %8.09 ile %22.11 arasında azaldığı belirtilmiştir [13]. Abdeen ve diğ. (2021), Kanada, Ottawa'daki 500 evin tüketim verileri üzerine çalışma yapmışlardır. Ortalama günlük elektrik tüketiminin 2019 yılına göre 2020 yılında %12 arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, 2020 yılı içerisindeki COVID-19 dolayı yapılan kapanma dönemlerinde ise %16.3 ile %29.1 arasında evlerin tüketimde artış meydana geldiği belirtilmiştir [14]. Al-Abdullah ve diğ. (2021), Kuveyt elektrik şebekesi üzerindeki COVID-19 etkisini incelemiştirler. Ortalama saatlik elektrik talebinin 2020 yılında 2019 yılına göre %0.3 azaldığı, aynı döneme göre saatlik maksimum değerinin ise kapanmalar nedeniyle %3.7 arttığı belirtilmiştir [15]. García ve diğ. (2021), İspanya'nın Manzanilla kasabasındaki elektrik abonelerinin tüketimlerini akıllı sayaç verilerine göre analiz etmişlerdir. Tam karantina döneminde konut tipi tüketiminin %15 arttığı, konut dışı tüketimin ise %38 azaldığı belirtilmiştir [16]. Gerald ve diğ. (2021), Florianópolis'teki idari binaların tam kapanma dönemindeki elektrik tüketimlerine COVID-19 pandemisinin etkilerini incelemiştirler. Çalışmada, yılın aynı dönemine 2020 yılında, sağlık ocakları, kamu binaları, ilköğretim okulları ve anaokullarının elektrik tüketimlerinin derinlemesine bir değerlendirmesi yapılmış ve sırasıyla %11.1, %38.6, %50.3 ve %50.4'lük ortalama elektrik tüketimi azalmaları meydana geldiği belirtilmiştir [17].

Bu çalışmanın birinci bölümünde literatürde yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde, Türkiye ve İzmir ilindeki 2016-2020 yılları arasındaki tarife bazlı elektrik tüketimlerine COVID-19 pandemisinin etkisi incelenmiştir. Üçüncü bölümde, COVID-19 pandemisinin elektrik dağıtım şebekeleri üzerindeki etkisinin analiz edilmesi için, bir elektrik dağıtım fiderinin önceki yük, tarih ve bölge meteorolojik verilerine göre yük tahmini yapılmıştır. Tahmin için kullanılan yöntem ve veri setini hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü ve beşinci bölümlerde ise çalışma sonuçları değerlendirilmiştir. Vaka çalışması yapılan fider üzerindeki COVID-19 pandemisi etkisi analiz edilmiştir.

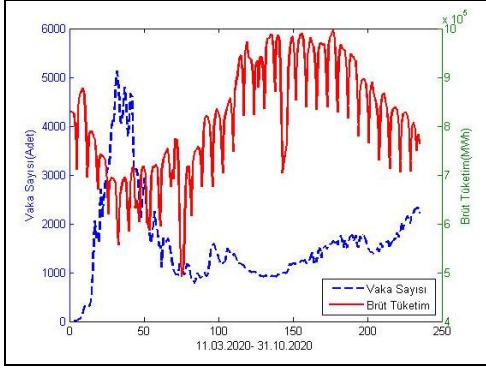
Bu çalışmanın özgün yanı, yük tahmini için veri seti oluşturulurken fiderin beslediği bölgedeki elektrik kesinti sayısı verilerinin kullanılmasıdır. Ayrıca çalışmada COVID-19 pandemisinin elektrik şebekeleri ve tüketimleri üzerindeki etkileri ulusal ve bölgesel olarak incelendiği için literatüre ve bu alanda yapılacak olan çalışmalara önemli katkısı olacağı öngörülmektedir.

2 Genel bilgiler

2.1 COVID-19'un Türkiye elektrik tüketimlerine etkisi

Dünyayı etkileyen COVID-19 pandemisinin Türkiye'de her sektörde ciddi etkileri olmuştur. 11 Mart 2020 tarihinde Türkiye'de ilk COVID-19 vakası tespit edilmiştir. Tespit edilen ilk vaka sonrası, salgının yayılımını önlenmesi için devlet tarafından birçok önlem alınmıştır. Bu alınan önlemler Türkiye'de enerjide arz-talep dengesini etkilemiştir. Günlük, haftalık ve aylık bazda tarife yönünden tüketimlerde ciddi farklılıklar oluşturmuştur. Şekil 1'de Türkiye'deki vaka sayısına göre elektrik tüketiminin değişimi gösterilmiştir. 2020 yılı içinde Türkiye'de pandemisinin etkisinin en çok görüldüğü aylar Nisan ve Mayıs aylarıdır. 2020 yılı Nisan ayında toplam brüt tüketim 2019 yılı Nisan ayına göre %13.98, 2020 yılı Mayıs ayında ise toplam brüt tüketim 2019 yılı Mayıs ayına göre %15.05 azalmıştır. 2020 yılında 2019 yılına göre mesken

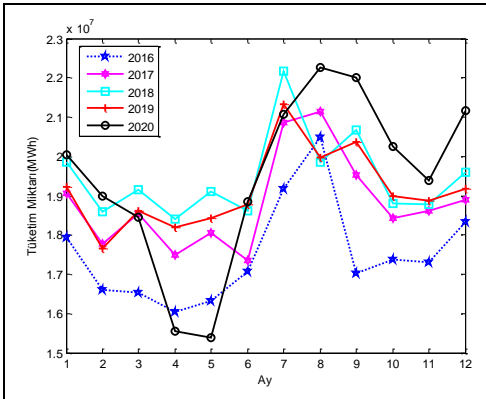
tarifesindeki tüketimde %5 artış, ticarethane tarifesindeki tüketimde %10.26 azalış, sanayi üretiminde ise %5.62 artış meydana gelmiştir. 2020 yılındaki toplam faturalanan tüketim miktarı 233437047.20 MWh, 2019 yılında faturalanan tüketim miktarı ise 229597913.67 MWh'tir [18].



Şekil 1. 2020 yılı mart-ekim ayları vaka sayısı-brüt tüketim grafiği.

Figure 1. Graph of case-gross consumption for march-october 2020.

2020 yılında COVID-19 pandemisi etkisine rağmen 2019 yılına göre %1.67'lik bir artış meydana gelmiştir. Şekil 2'de Türkiye'nin 2016-2020 yılları arası aylık faturalanan elektrik tüketiminin değişimi gösterilmektedir [18].



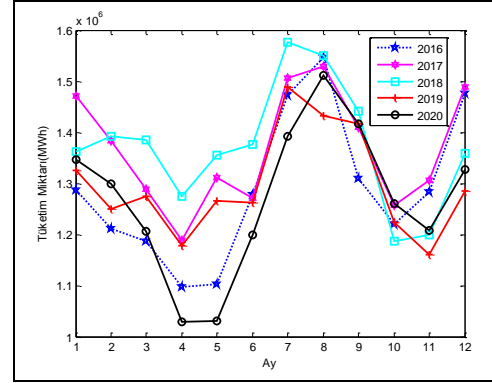
Şekil 2. Türkiye aylık toplam elektrik tüketim grafiği.

Figure 2. Graph of Turkey monthly total electricity consumption.

2.2 COVID-19'un İzmir elektrik tüketimlerine etkisi

COVID-19 pandemisinin tüm dünyada olduğu gibi İzmir ilindeki elektrik tüketimlerine ve dağıtım şebekelerine etkisi olmuştur. Nüfusa göre Türkiye'nin en büyük üçüncü ili olan İzmir'de turizm, tarım ve sanayi gelişmiştir. Bu gelişmişliğe paralel olarak elektrik tüketimi de diğer illere göre fazladır. Elektrik tüketimi, yıl içinde özellikle yaz aylarında, tarımsal sulamanın artması ve turizm sezonunun açılması ile artış göstermektedir. Şekil 3'te görüleceği üzere, 2016 -2020 yılları arasındaki Nisan, Mayıs ve Haziran aylarına ait en az tüketim, COVID-19 pandemisi etkisi nedeniyle 2020 yılında kaydedilmiştir. İzmir ilinde COVID-19 pandemisi etkisi ile mesken ve tarımsal sulama tarifelerinde tüketimde artış, ticarethane ve sanayi tarifelerinde ise tüketimde azalış meydana gelmiştir. İzmir'de 2020 yılında sanayi tarifesindeki toplam elektrik tüketiminde 2019 yılına göre toplam %4.73 azalış meydana gelmiştir. Türkiye'de sanayi tarifesindeki toplam tüketim %5.62 artış göstermesine rağmen İzmir'de azalmıştır. İzmir'de, ticarethane

tarifesindeki tüketiminde ise 2020 yılında, 2019 yılına göre %10.04 azalış meydana gelmiştir. İzmir'de meskenlerdeki elektrik tüketimi 2020 yılının Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında artmıştır. 2016-2020 arasındaki en yüksek mesken tarifi elektrik tüketimi 2020 yılında gerçekleşmiştir. 2019 yılına göre, 2020 yılı mesken tarifesindeki elektrik tüketimi %8.37 artış göstermiştir. 2020 yılında, 2019 yılına göre %17.11 tarımsal sulama tarifesinde elektrik tüketim artışı meydana gelmiştir [18].



Şekil 3. İzmir iline ait aylık toplam elektrik tüketim değerleri.

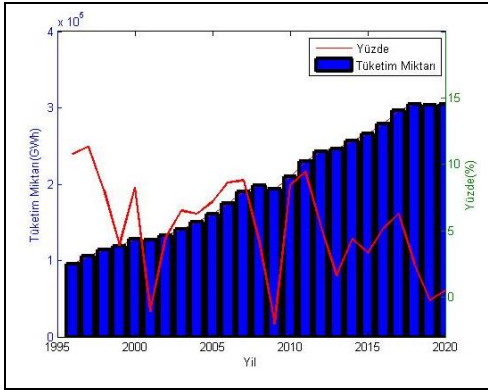
Figure 3. Monthly total electricity consumption values of İzmir.

3 Materyal ve yöntem

Yük tahmini veya yük tayini olarak ifade edilen yük belirleme gelecek için şebeke yükünün belirlenmesi anlamına gelmektedir. Yükün değişimini etkileyen parametreler veri madenciliği esaslarına göre belirlenerek tahmin çalışmaları yapılır. Yük tahmin çalışmalarının sonuçlarına göre mevcut şebeke kapasite yeterliliği analiz edilip, şebeke genişleme planları yapılmaktadır [19]. Yük tahminleri döneminin uzunluğuna göre genel olarak kısa, orta ve uzun dönem yük tahminleri olacak şekilde sınıflandırılır. Yük tahmini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunların bazıları ekonomik, meteorolojik, demografik, zaman ve öngörülemez faktörlerdir.

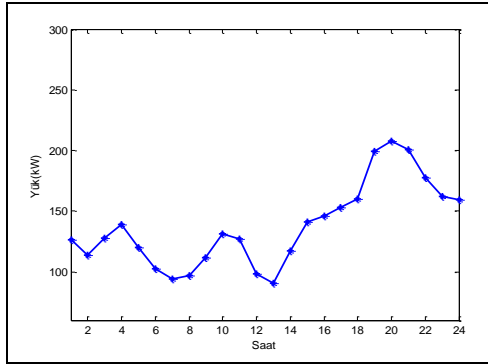
- ✓ Ekonomik faktörler, ülkelerin ekonomik durumundaki iyileşme, örneğin ihracatın artması, sanayinin birçok alanında üretimin arttığını göstermekte, üretimin artması da benzer şekilde enerji tüketimini artırmaktadır. Ülkelerin yaşamış olduğu krizler ve olumsuz etkilerde ise elektrik talebi azalmaktadır. Şekil 4'teki Türkiye brüt tüketim grafiğinde görüldüğü üzere, Türkiye'nin 2001, 2009, 2013 ve 2019 yıllarındaki brüt elektrik tüketimi bir önceki yıla göre sırasıyla %1.09, %2.02, %1.54 ve %0.28 azalış göstermiştir [20]. Bu yıllarda Türkiye'deki siyasi ve ekonomik krizler ile birlikte oluşan maliyet artışı ve kur dalgalanmaları nedeniyle elektrik tüketimini bir önceki yıla göre oranla azaltmıştır,
- ✓ Meteorolojik faktörler, yük tahmini çalışmalarında en çok kullanılan parametreler arasındadır. Sıcaklık, nem, bulutluluk oranı, güneş ışınımı, rüzgâr hızı gibi faktörlerin değişimi kullanılan ısıtıcı ve soğutucuların kullanım miktarını etkileyerek yük eğrilerinin sıklıkla değişmesine sebep olmaktadır,

- ✓ Demografik faktörler, bölgelerin nüfusunun ve gelir düzeylerinin artışı, elektrik tüketimini artıran/azaltan parametreler arasındadır,
- ✓ Zaman faktörü, en önemli parametrelerden biridir. Elektrik tüketimi veya şebeke yükü mesai saatleri, boş zaman, öğle saati ve uyku süresi gibi insanların yaşam tarzlarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Şekil 5'te bir elektrik dağıtım trafosunun zamana bağlı yük değişimi gösterilmiştir,
- ✓ Öngörülemeyen faktörler, salgın hastalık, deprem ve doğal afetlerin olması önceden öngörülemediği için bu etkenler yük tahminlerine pozitif ve negatif etki yapmaktadır. COVID-19 pandemisi ve İzmir depremi öngörülemeyen faktörlerin yakın zamandaki örnekleri arasında gösterilebilir.



Şekil 4. Türkiye'nin yıllık brüt elektrik tüketim değerleri.

Figure 4. Turkey's annual gross electricity consumption values.



Şekil 5. Bir dağıtım trafosu yükünün zamana göre değişim grafiği.

Figure 5. Graph of a distribution transformer's load change according to time.

3.1 Materyal

Bu çalışmanın veri seti, İzmir ilindeki bir elektrik dağıtım fiderine ait 02.01.2018 ve 31.12.2020 tarihleri arasındaki yük, kesinti sayısı ve fiderin enerji sağladığı bölgeye ait sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yağmurluluk verilerine göre hazırlanmıştır. Günlük ortalama verilere göre veri seti oluşturulmuştur. Veri seti oluşturulurken, 01.01.2018, 10.04.2018, 11.04.2018, 12.04.2018, 28.02.2018 ve 29.02.2020 tarihlerine ait yük verisi bulunmadığı için veri setinin bozulmaması için, bu tarihlere ait veriler veri setinden çıkarılmıştır. Yük verisi bulunmayan günlerde tüm bölgeyi etkileyen kesinti olduğu veya yük verilerini kayıt altına alan

sisteminin bakımında olduğu öngörülmektedir. Veri seti toplam 1090 satırlı veriden oluşmaktadır. Bu verileri içerisinde çıkarılan altı güne ait verilerin oranı %0.55 olup, yük tahmini sonuçlarını önemli boyutta etkilememektedir.

- ✓ Yük verileri, megavat (MW) olarak günlük ortalama değerlere göre oluşturulmuştur,
- ✓ Kesinti sayısı, fiderin beslediği yerleşim yerinin enerji aldığı tüm enerji nakil hatlarına ait günlük ortalama kesinti sayısı verilerinden oluşmaktadır,
- ✓ Ortalama hava sıcaklığı (°C); Yerden 2 m yükseklikte ölçülen günlük ortalama sıcaklık değerleridir,
- ✓ Ortalama rüzgâr hızı (m/s); Yerden 10 m yükseklikte ölçülen günlük ortalama rüzgâr hızını ifade eder,
- ✓ Ortalama yağmurluluk (kg/m²); 1 m² alandaki kilogram (kg) başına düşen günlük ortalama yağmur miktarını ifade eder,
- ✓ Ortalama bağıl nem (%); Yerden 2 m yükseklikteki havadaki su buharının günlük ortalama miktarını ifade eder.

Meteorolojik veriler, NASA'nın MERRA-2 adlı sistemi tarafından verileri oluşturulan soda-pro isimli web sitesinden WGS-84 koordinat sistemine göre temin edilmiştir. Kesinti sayısı verileri, dağıtım şirketleri tarafından aylık periyotlar halinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'na bildirilen kesinti süre ve sayılarını içeren verilerinden alınmıştır. Yük verileri ise gerçek zamanlı ölçüm olarak alınmıştır.

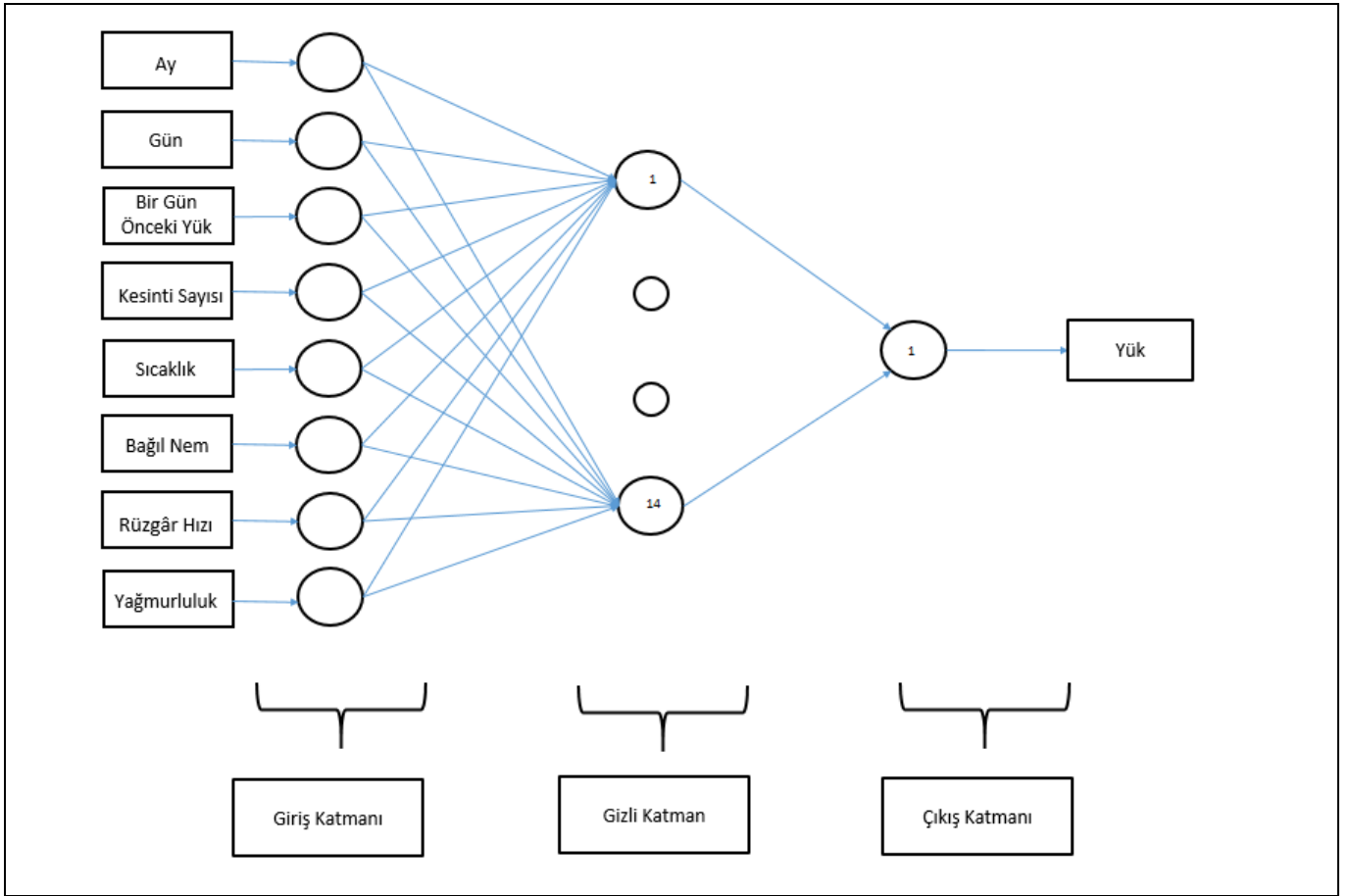
3.2 Yöntem

Bu çalışmada, yapay sinir ağları makine öğrenmesi yöntemi tercih edilmiştir. Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliği olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme yeteneğini kendiliğinden gerçekleştirmek amacı ile biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek geliştirilen sistemlerdir. Biyolojik sinir hücresi, bilgiyi yorumlayıp uygun kararlar üreten bir yapıdır. Sinir sisteminin temel elemanları nöron (neuron) adı verilen özel sinir hücreleridir [17].

Yapay sinir ağları yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli sinir ağları olarak sınıflandırılmaktadır. İleri beslemeli sinir ağlarında sinyal iletimi, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü olarak gerçekleştirilmektedir. Geri beslememeli ağ modellerinde, veri akışını ileriye ve geriye doğru yapılmaktadır. Geri beslemeli ağlarda, ağ çıktısı aynı zamanda girdi olarak da kullanılabilir. Geri beslemeli ağlarda, ağ çıktısı aynı zamanda girdi olarak da kullanılabilir.

Yapay sinir ağlarında girdilere göre çıktı üretebilmesi için yapılan işleme öğrenme denir. Yapay sinir ağları öğrenme yöntemlerine göre danışmanlı, danışmansız ve destekleyici öğrenme olmak üzere üçe ayrılır.

Bu çalışmada, Yapay sinir ağları modeli, MATLAB programında Levenberg-Marquardt ve Bayesian Regularization eğitim ve üç farklı farklı aktivasyon fonksiyonu kullanılarak eğitilmiştir. Verileri ağa uygun hale getirmek için, Eşitlik 1'de gösterilen minimum-maksimum normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Girdi verileri 1090 satırlı ve 9 sütunlu matris, çıktı verileri ise 1090 satırlı ve 1 sütunlu bir matris olarak belirlenmiştir. Ağ yapısı Şekil 6'da gösterildiği gibidir. Verilerin %75'i eğitim verisi olarak seçilmiştir. %25'i ise test verisi olarak seçilmiştir.



Şekil 6. Yapay sinir ağı modeli.

Figure 6. Model of artificial neural network.

$$x_n = \frac{x - x_{min}}{x_{mak} + x_{min}} \quad (1)$$

Burada, x hedef veya gerçek değer, x_{min} gerçek değer minimum değerini ve x_{mak} gerçek değer maksimum değerini göstermektedir [21].

Çalışmada performans değerleri Eşitlik 2'de gösterilen ortalama karesel hata (Mean Squared Error-MSE) ve Eşitlik 3'te gösterilen R^2 değerlerine göre belirlenmiştir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{gerçek} - y_{tahmin})^2 \quad (2)$$

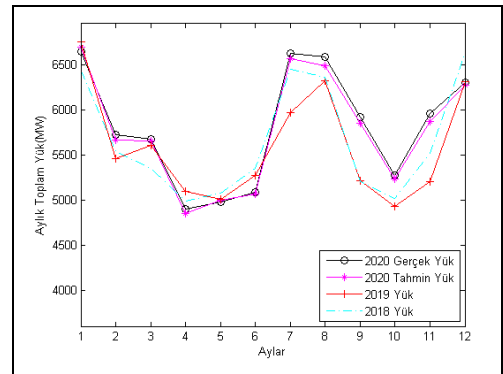
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{gerçek} - y_{tahmin})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{gerçek} - y_{gerçek ort.})^2} \quad (3)$$

Burada, $y_{gerçek}$ hedef veya gerçek değer, y_{tahmin} çıkış ya da tahmin edilen değeri, $y_{gerçek ort.}$ değerlerin aritmetik ortalamasını ve n veri sayısını göstermektedir [22].

4 Araştırma bulguları

Bu çalışmada, COVID-19 pandemisi etkileri Türkiye ve İzmir geneli elektrik tüketimleri ile bir elektrik dağıtım fideri yüklerinin değişimi perspektifinde incelenmiştir. Yük tahmini yapılan fiderde 2018 ile 2020 yılları arasındaki Nisan, Mayıs ve Haziran aylarına en düşük toplam aylık yük, 2020 yılına ait

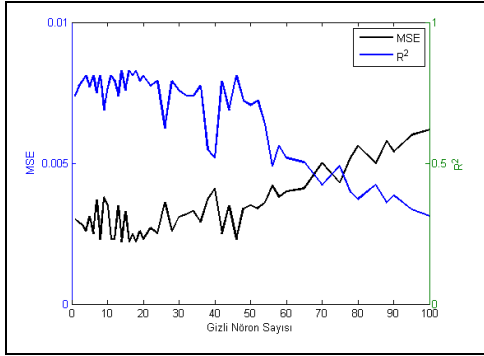
olduğu görülmüştür. Bu değer Türkiye geneli ve İzmir'e ait tüketim sonuçları ile paralellik göstermektedir. Şekil 7'de görüleceği üzere, yük tahmini yapılan fiderde, mart ayı ortası ve Mayıs ayı sonu arasındaki günlük fider yükünün 2019 yılına göre 2020 yılında ortalama %0.61 ile %4.06 arasında azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum temel sebepleri olarak, uzaktan eğitim ve esnek çalışma sistemine geçilmesi, ticarethane faaliyetlerine ara vermesi, sokağa çıkma yasakları uygulaması gösterilebilir.



Şekil 7. 2018-2020 yılları arası fider yük değişim grafiği.

Figure 7. Graph of feeder load change between 2018-2020 years.

Bu çalışma sonucunda Levenberg-Marquardt ve Bayesian Regularization eğitim fonksiyonlarının kullanıldığı modellerdeki farklı iterasyonlar için en iyi performansın ölçüldüğü gizli nöron sayısının 14, transfer fonksiyonunun lojistik sigmoid transfer fonksiyonu (logsig) olduğu görülmüştür. En uygun YSA yapısını bulmak için gizli katmandaki nöron sayısı 2'den başlayarak 100'e kadar sırasıyla değiştirilmiştir. Tüm gizli katmanlar için maksimum iterasyon sayısı 1000 olarak belirlenmiştir. Ağ çıktıları ve değişimleri Şekil 8 ve Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 8. MSE ve R² değişim grafiği.

Figure 8. Graph of MSE and R² change.

Tablo 1. YSA model performans tablosu.

Table 1. YSA model performance table.

Gizli Nöron Sayısı	Model Performansı	
	MSE	R ²
2	0.0029	0.79
5	0.0031	0.77
7	0.0037	0.75
10	0.0035	0.76
14	0.0024	0.83
15	0.0033	0.76
17	0.0025	0.81
20	0.0037	0.75

Şekil 8'de görüleceği üzere MSE değerleri arttığında R² değeri azalmakta, MSE değerleri azaldığında ise R² değeri artmaktadır. MSE ve R² değerleri arasında ters orantı bulunmaktadır. Tablo 1'de ise bazı gizli nöron sayıları için ağ performansı değerleri verilmiştir.

5 Sonuçlar

Bu çalışmada, COVID-19 pandemisinin elektrik şebekeleri üzerindeki etkisi elektrik tüketim değerleri ve fider yükleri kullanılarak incelenmiştir. Şekil 1'de görüleceği üzere pandemi sürecinde, elektrik tüketimlerinin COVID-19 vaka sayılarına göre ters orantılı bir şekilde değiştiği tespit edilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3'de görüleceği üzere, 2016-2020 yılları arasında Türkiye ve İzmir'e ait elektrik tüketim değerlerinde 2020 yılı Mart-Haziran ayları arasında önceki yıllara göre artış beklenmesine rağmen azalmıştır. Aynı şekilde, yük tahmini çalışması yapılan dağıtım fiderinin yükünde de önceki yıllara göre 2020 yılında mart ve nisan aylarında büyük değişimler meydana gelmiştir. Bu durumun temel sebebi COVID-19 pandemisinin yayılımını engellenmesi için alınan önlemlerdir.

Yük tahmini çalışmasının sonuçlarında, MSE değerleri 0.0024-0.0030, R² değerleri ise 0.7-0.9 değerleri arasında bulunmuştur. Tablo 1'de görüleceği üzere gizli nöron sayısı artırıldığında, MSE ve R² değerlerinde önemli miktarda

değişim oluşmamakta, ağır hesaplama ve işlem süresi artmaktadır. Dolayısıyla modelde doğru gizli nöron sayısı, aktivasyon fonksiyonu ve eğitim fonksiyonu belirlenerek optimum sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır. Çalışma sonucunda, fiderin gerçek ve tahmin yük değerleri arasında ortalama %4.24 fark olduğu görülmüştür. Elde edilen değerler veri setinin çalışma için uygun seçildiğini ve modelin doğru kurgulandığını göstermektedir. Gerçek ve tahmini yük arasındaki farkın yaz ve kış mevsimlerinde %5.12, ilkbahar ve son bahar mevsimlerinde ise %3.36 olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, meteorolojik verilerin yük tahminine ve ağ eğitime etkisini ortaya koymaktadır.

Veri setindeki meteorolojik büyüklükler dışında yer alan gün, ay, kesinti sayısı ve bir gün önceki yük değerleri modelde gerçek yük değerlerine yakın sonuç elde edilmesinde önemli bir etki gösterdiği için korelasyon analizleri ile tespit edilmiştir.

Makine öğrenmesi yöntemleri ile algoritmalar oluşturularak bu çalışmada olduğu gibi mevcut durum analizleri ve öngörülemez durumlar içinde tahminler yapılabilir. Bu durum dinamik şebeke yönetimi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağları yönteminin yanı sıra farklı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak elektrik dağıtım şebekelerindeki COVID-19 pandemisinin etkisi detaylı olarak incelenebilir.

6 Conclusions

In this study, the impact of the COVID-19 pandemic on electrical grids was investigated using electricity consumption values and feeder loads. As can be seen in Figure 1, it has been determined that electricity consumption has changed inversely according to the number of COVID-19 cases during the pandemic process. As can be seen in Figure 2 and Figure 3, although an increase is expected in the electricity consumption values of Turkey and İzmir in March-June, electricity consumption values decreased in March-June 2020 compared to previous years. Likewise, there were great changes in the load of the distribution feeder for which the load estimation was carried out, in March and April of 2020 compared to previous years. The main reason for this situation is the measures taken to prevent the spread of the COVID-19 pandemic.

In the results of the load forecasting study, MSE and R² values were found between 0.0019-0.0030 and 0.79-0.9 respectively. As can be seen in Table 1, when the number of hidden neurons is increased, there is no important change in MSE and R² values, and the calculation and processing time of the network increases. Therefore, optimum results were obtained by determining the correct number of hidden neurons, activation function and training function in the model. As a result of the study, it was seen that there was an average of 4.24% difference between the actual and forecasted load values of the feeder. The obtained values show that the data set was selected appropriately for the study and the model was constructed correctly. It has been determined that the difference between the actual and estimated load is 5.12% in summer and winter seasons, and 3.36% in spring and autumn seasons. This situation reveals the effect of meteorological data on load estimation and network training.

The day, month, number of interruptions and the load values of the previous day, which are out of the meteorological magnitudes in the data set, have been determined by

correlation analysis since they have a significant effect on obtaining results close to the actual load values in the model.

By creating algorithms with machine learning methods, can be made current situation analysis and predictions to unpredictable situations, as in this study. This is important in terms of dynamic grid management. In addition, the effect of the COVID-19 pandemic on the electricity distribution networks can be examined in detail by using different machine learning methods as well as the artificial neural network method used in this study.

7 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Hüseyin ÖZTÜRK fikrin oluşması, tasarımın yapılması ve literatür taraması başlıklarında; Kıvanç BAŞARAN elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, süreç yönetimi ve makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuştur.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9 Kaynaklar

- [1] Açıkgöz Ö, Günay A. "The early impact of the covid-19 pandemic on the global and Turkish economy". *Turkish Journal of Medical Sciences*, 50, 520-526, 2020,
- [2] Bulut M. "Effects of new normal life on electricity consumption in covid-19 process". *Journal of Scientific, Technology and Engineering Research*, 1(1), 4-6, 2020.
- [3] Elavarasan RM, Shafiullah GM, Raju K, Mudgal V, Arif MT, Jamal T, Subramanian S, Balaguru VSS, Reddy KS, Subramaniam U. "COVID-19: Impact analysis and recommendations for power sector operation". *Applied Energy*, 279, 1-10, 2020.
- [4] Gulati P, Kumar A, Bhardwaj R. "Impact of covid19 on electricity load in haryana (India)". *International Journal of Energy Research*, 1, 1-13, 2020.
- [5] Abu-Rayash A, Dincer İ. "Analysis of the electricity demand trends amidst the COVID-19 coronavirus pandemic". *Energy Research & Social Science*, 68, 1-10, 2020.
- [6] Edomah N, Ndulue G. "Energy transition in a lockdown: An analysis of the impact of COVID-19 on changes in electricity demand in Lagos Nigeria". *Global Transitions*, 2, 127-137, 2020.
- [7] Özbay H, Dalcalı A. "Effects of COVID-19 on electric energy consumption in Turkey and ANN-based short-term forecasting". *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 29, 78-97, 2021.
- [8] Alasali F, Nusair K, Alhmoud L, Zarour E. "Impact of the covid-19 pandemic on electricity demand and load forecasting". *Sustainability*, 13(3), 1-10, 2021.
- [9] Bompard E, Mosca C, Colella P, Antonopoulos G, Fulli G, Masera M, Poncela-Blanco M, Vitiello S. "The immediate impacts of covid-19 on European electricity systems: a first assessment and lessons learned". *Energies*, 14(1), 1-10, 2021.
- [10] Bielecki S, Skoczkowski T, Sobczak L, Buchoski J, Dukat P. "Impact of the lockdown during the covid-19 pandemic on electricity use by residential users". *Energies*, 14(4), 1-10, 2021.
- [11] Norouzi N, Rubens G, Choupanpiesheh S, Enevoldsen P. "When pandemics impact economies and climate change: Exploring the impacts of COVID-19 on oil and electricity demand in China". *Energy Research & Social Science*, 68, 1-10, 2020.
- [12] Mofijur M, Fattaha I, Alamb M, Islamc A, Onga H, Rahmand S, Najafie G, Ahmedf S, Udding M, Mahlia T. "Impact of COVID-19 on the social, economic, environmental and energy domains: Lessons learnt from a global pandemic". *Sustainable Production and Consumption*, 26, 343-359, 2021.
- [13] Firik B, Irmak E. "Early period impacts of the covid-19 pandemic on Turkish electricity profile". *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 9, 40-56, 2021.
- [14] Abdeen A, Kharvari F, O'Brien W, Günay B. "The impact of the COVID-19 on households' hourly electricity consumption in Canada". *Energy & Buildings*, 250, 1-10, 2021.
- [15] Al-Abdullah YM, Al-Saffar M, Al-Azmi A, Sahraei-Ardakani M. "Impacts of COVID-19 on Kuwait's electric power grid". *The Electricity Journal*, 34(9), 1-11, 2021.
- [16] García S, Parejo A, Personal E, Guerrero JI, Biscarri F, Leon C. "A retrospective analysis of the impact of the COVID-19 restrictions on energy consumption at a disaggregated level". *Applied Energy*, 287, 1-10, 2021.
- [17] Geraldi MS, Bavaresco MV, Triana MT, Melo AP, Lamberts R. "Addressing the impact of COVID-19 lockdown on energy use in municipal buildings: A case study in Florianopolis, Brazil". *Sustainable Cities and Society*, 69, 1-12, 2021.
- [18] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. "Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporları". Ankara, Türkiye, 12, 2021.
- [19] Uyanık Gamze. Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Kayıpların İncelenmesi: Kütahya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2020.
- [20] Türkiye Elektrik İletim AŞ. "Yük Tevzi Bilgi Sistemi". <https://ytbs.teias.gov.tr> (10.05.2021).
- [21] Zhou S, Li J, Zhang Y, Liu X, Zhang W. "Prediction of the ground temperature variations caused by the operation of GSHP system with ANN". *Geothermics*, 95, 1-10, 2020.
- [22] Aksoy AB, Solmaz Ö, Aksoy Y. "Baca gazlarının ekserji analizi ve yapay sinir ağı ile modellenmesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(4), 610-615, 2018.