



Pandeminin Elektrik Enerji Sistemlerinin İşletilmesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

Ali Ajder^{1*}

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9411-4452), aliajder@yildiz.edu.tr

(4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, November 10 - 13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1210114)

ATIF/REFERENCE: Ajder, A., (2022). Pandeminin Elektrik Enerji Sistemlerinin İşletilmesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (43), 121-125.

Öz

Dünya Sağlık Örgütü koronavirüsü (COVID-19) 11 Mart 2020'de küresel salgın ilan etmiştir. Bu tarihten sonra farklı ülkelerde karar vericiler almış oldukları kısmi kapanma, tam kapanma ve kademeli normalleşme tedbirleri ile epidemiyi pikini zayıflatmaya çalışmışlardır. Kapanma tedbirlerinden kaynaklı küresel elektrik talebi 2020 yılında ortalama %4 azalmıştır. Ayrıca pandeminin özellikle ilk döneminde dünyanın birçok bölgesinde elektrik tüketim profilleri değişmiştir. Hem enerji tüketimindeki azalma hem de tüketim profillerinin değişliği, elektrik şebekesi operasyonunun güvenilirliğini ve uyarlanabilirliğini inceleme fırsatı sağlamıştır. Bu çalışmada, COVID-19 küresel salgınının elektrik enerjisi talebine, elektrik enerji üretimine, iletim/ dağıtım sistemine, elektrik piyasalarına etkisine ait dünyadan çeşitli örnekler verilerek, pandemi sürecinin Türkiye elektrik enerjisi sistemlerine etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik piyasaları, Elektrik üretimi, Enerji tüketimi, Güç sistemleri, İletim ve dağıtım sistemleri, Koronavirüs pandemisi.

Investigation of the Impact of the Pandemic on the Power System Operations

Abstract

The World Health Organization (WHO) declared the coronavirus (COVID-19) a global pandemic on March 11, 2020. After this date, decision-makers in different countries tried to weaken the epidemic peak with partial lockdowns, complete lockdowns, and gradual normalization measures. The average decrease in global electricity demand was 4% in 2020 due to these measures. In addition, electricity consumption profiles have changed in many regions of the world, particularly in the first period of the pandemic. Both the decrease in energy consumption and the variability of consumption profiles allowed examining the reliability and adaptability of the power system operation. In this study, various examples from around the world are given to observe the impact of the COVID-19 pandemic on electricity demand, electricity generation, transmission/ distribution systems, electricity markets, and the impact of the pandemic on Turkey's power systems is examined.

Keywords: COVID-19 pandemic, Electricity generation, Electricity markets, Energy consumption, Power systems, Transmission and distribution systems.

* Sorumlu Yazar: aliajder@yildiz.edu.tr

1. Giriş

2019'un aralık ayında bilinen ilk koronavirüs vakası Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıkarak birkaç ay içerisinde tüm dünyaya yayılmıştır (Haochen, 2020). 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından küresel pandemi olarak ilan edilmiştir. 630 milyon insana bulaşıp, 6,5 milyondan daha fazla insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur (*World Health Organization*). Tartışmasız en önemli etkisi sağlık alanında olmakla beraber, 2020'nin şubat ayından itibaren ekonomik olarak tüm dünya COVID-19 resesyona maruz kalmıştır. Özellikle ülkelerin almış olduğu kapanma tedbirleri kararları tüm sektörleri farklı şekilde etkilemiştir (Abu-Shanab vd., 2021; Gonçalves vd., 2022; Rai vd., 2020b, 2020a). Hiç olmazsa daha sonra ortaya çıkması muhtemel benzer senaryolar için bu etkilerin konularının uzmanları tarafından multidisipliner olarak değerlendirilmesi zorunludur.

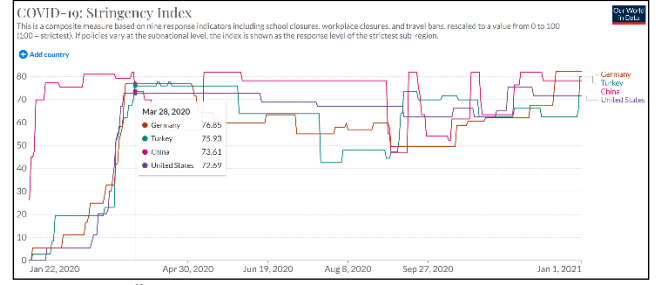
Hükümetlerin sağlık kuruluşlarındaki yoğunluğu ötelemek adına almış oldukları kapanma kararları kaçınılmaz olarak enerji sektörünü de etkilemiştir (Agdas & Barooah, 2020; Zhong vd., 2020). Elektrik enerjisinin modern toplum açısından gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda güç sistemlerinin en kötü senaryo durumunda bile güvenilirliğinin ve adaptasyonunun önemi daha iyi anlaşılabilir. Enerji sektörü açısından ilk olarak söylenmesi gereken kapanma tedbirleri ve uzaktan çalışma neticesinde elektrik enerjisine olan talebin neredeyse tüm ülkelerde ciddi anlamda düştüğüdür.

Türkiye'de ilk koronavirüs vakası 11 Mart 2020 tarihinde görülmüştür (*T.C. Sağlık Bakanlığı*). Bu tarihten sonra insanların hem bireysel aldıkları tedbirler hem de kamusal alınan önlemler ile evlere kapanma ve sosyal iletişimin kesilmesi kendini göstermiştir. Bunun doğal sonucu olarak meskenlerde elektrik enerjisi kullanımı artarken, işyerlerinin ve üretim tesislerinin üretimlerini tamamen veya kısmen durdurması sanayide enerji kullanımında azalma trendini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada koronavirüs pandemisinin dünyaya yayılmasıyla elektrik enerji sektöründe yaşanan değişimler araştırılmıştır. 2020 Mart ayından itibaren vaka sayılarının artmasının getirdiği değişikliklerin ve düzenlemeye tabii toplumsal değişiminin elektrik tüketime, elektrik enerji üretiminin kaynaklara dağılımına etkisi incelenmiştir. Ayrıca pandemi sürecinin iletim ve dağıtım sistemlerinde ne gibi problemlere neden olabileceği tartışılarak, elektrik piyasaları üzerindeki etkisi özetlenmiştir. Türkiye'de pandemi sürecinde elektrik enerji sistemlerindeki durumun analizinde EPİAŞ (Enerji Piyasaları İşletme AŞ) ve TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim AŞ)'nin kamuya açık kaynaklarından faydalanılmıştır (*EPİAŞ; TEİAŞ*).

2. Elektrik Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi

İnsan davranışında meydana gelen değişiklikler bilindiği gibi elektrik talebini doğrudan etkilemektedir. Koronavirüse bağlı olarak yayılma riskini azaltmak için sosyal ilişkiler azalmıştır. 2020'nin ilk aylarından itibaren farklı ülkelerin elektrik yükünde önemli miktarda azalma ve yük profilinde değişiklikler meydana gelmiştir. Kuşkusuz bunun en önemli nedeni hükümetlerin almış olduğu kapanma tedbirleridir.



Şekil 1. Ülkelerin almış olduğu kapanma kararlarının karşılaştırılması

Şekil 1'de görüldüğü gibi öncelikle Çin'den başlayan kapanma tedbirleri kısa sürede diğer ülkelere de yansımıştır (*COVID-19 Data Explorer- Our World in Data*). Şekilde verilen kapanma tedbirleri sıklık indeksi okul ve iş yerlerinin kapanması ya da seyahat yasakları gibi dokuz göstergenin birlikte değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur; 100 en sıkı durumu gösterirken, 0 herhangi bir kapanma tedbirinin alınmadığı durumu göstermektedir. Ülkelerde karar vericilerin almış oldukları kapanma tedbirlerinin doğal sonucu olarak elektrik yükü düşmeye başlamıştır. Birçok şebeke operatörünün raporlarından, okul ve iş yerlerinin kapanması nedeniyle sabah ve akşamüstü yaşanan pik yükte bir gecikme yaşandığı bilgisine ulaşılabılır. Pandemi başlangıcı için genel bir değerlendirme yapılmak istendiğinde, işletmeler tarafından kullanılan elektrik miktarı azaldığı, ancak insanlar evden çalıştığı için konut tüketiminin arttığı söylenebilir. Bunun yanında seyahat yasakları ile işe gidip gelmenin tamamen olmadığı durumda, insanlar evlerinde daha geç uyanarak hayatlarına başlamışlardır. Evde gün boyunca daha geç vakitlerde başladıkları çalışmalarına tutarlı bir şekilde çalıştıkları (birçok şirketin uzaktan çalışmaya dönmesi ile) varsayımı ile yapılacak enerji tüketim profili çalışmaları ele alınmalıdır.

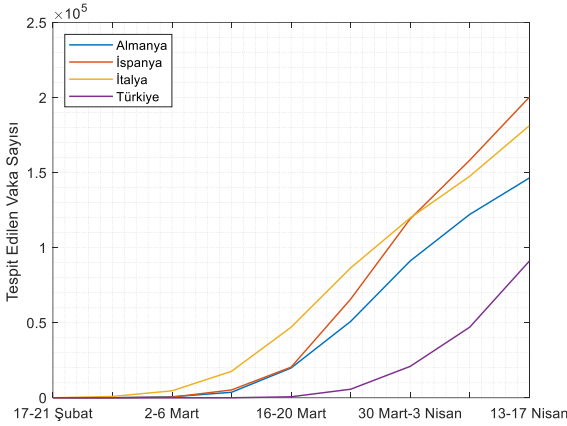
Amerika'daki durumdan bahsetmeden önce elektrik şebeke yapısının Türkiye'den farklı olduğunu söylemek gerekmektedir. Elektrik sistemi tek bir sistem işletmecisi tarafından yönetilmeyip, Kuzey Amerika için dokuz bağımsız sistem işletmecisi (Independent System Operator- ISO) bulunmaktadır; CAISO - California ISO, NYISO - New York ISO, PJM - Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection gibi (*FERC*).

Örneğin PJM'deki durum ele alınırsa, mart ayının ortalarında işletmeler ve okullar için kapanma kararı verilmiştir ve tüketiciler alınan kapanma tedbirleri ile evde kalmaya başlamışlardır. Bu durumun doğal sonucu olarak elektrik enerji kullanım rutinleri değişmeye başlamıştır. PJM işletmecilerinin 17 ile 19 Mart arasındaki gözlemleri, sabah pik yükünün tahmin modellerinin tipik olarak öngördüğünden 1-2 saat sonra ulaştığını, kabaca sabah 8'den sabah 9-10'a kaydığını göstermektedir. Ayrıca hem sabah hem de akşam pik yükü beklenenden yaklaşık %5 daha düşük gerçekleşmiş ve toplam enerji kullanımı da azalmıştır. Pandeminin etkileri en çok 2020 baharında gerçekleşmiştir. 2021'in başında, hafta içi pik yük yaklaşık %1 oranında azalmışken, daha sonra günlük pik yük pandemi öncesi seviyelere geri dönmüştür (Chen vd., 2022).

Çin'deki elektrik enerji tüketimi, karantinanın başladığı 2020 yılının ocak ayında hızlı bir şekilde düşmüştür ve şubat ayında bu düşüş daha belirgin bir hale gelmiştir. 2020 yılı şubatında 2019 şubat ayına kıyasla azalma %13 civarındadır. Bu durumda her ne kadar şubat ayının 2019 ve 2020'deki sıcaklık farkı etkili olsa da hava durumu düzeltildikten sonra şubat 2020'de şubat 2019'a kıyasla enerji tüketiminde düşüş yaklaşık %11 civarındadır.

Karantina kararlarındaki sıklık hafifletildikçe, elektrik enerji tüketimi biraz artış eğilimi göstermiştir. 2020'nin nisan ayından itibaren Çin'deki enerji tüketimi tamamen pandemi öncesi seviyelere dönmüştür. Ağustos ayından sonra ise hava durumu düzeltmeli elektrik enerji tüketimi 2019 yılındaki seviyesinden %6 daha yüksek olarak gerçekleşmiştir (Chen vd., 2022).

Koronavirüs Çin'de ortaya çıktıktan sonra birkaç ay içerisinde Avrupa'ya ulaşmıştır. Şekil 2 Johns Hopkins Üniversitesi Sistem Bilimi ve Mühendisliği Merkezi'nin (CSSE) COVID-19 Veri Deposu'ndan alınan verilere göre Almanya, İspanya, İtalya ve Türkiye'de toplam teyit edilen vakaları göstermektedir (JHU CSSE).

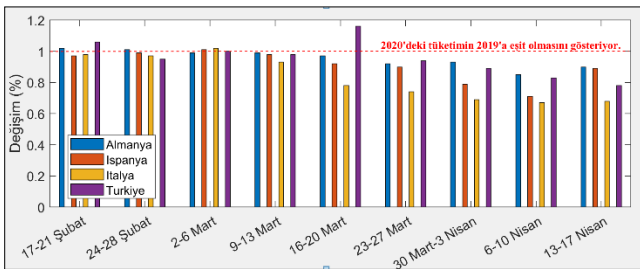


Şekil 2. Pandeminin ilk süreçlerinde vaka sayılarının ülkelere göre karşılaştırılması

Vaka sayılarının hızla yükselmesi ile neredeyse tüm Avrupa ülkelerinde tüketimin genel olarak azaldığı söylenebilir. ENTSO-E den alınan verilere göre kıta Avrupası'nda en yüksek enerji tüketimine sahip olan Fransa, Almanya, İtalya ve İspanya'da enerji tüketimi düşmüştür; İspanya ve İtalya'da bu düşüş yaklaşık %25'e ulaşmıştır (ENTSO-E).

Türkiye'de de ilk vaka tespit edildikten (11 Mart 2020) sonraki birkaç hafta içerisinde elektrik tüketiminde hızlı bir düşüş trendi kendini göstermiştir. Tabii ki bu durumun nedeni alınan tedbirlerdir. Türkiye'de gelişmekte olan bir ülkedir; hem bu sebeple hem de nüfus artmasına paralel olarak elektrik enerjisi tüketimi geçmiş yıllar ile kıyaslandığında genel olarak artış eğilimindedir. Koronavirüs sürecine bakıldığında mart- haziran ayları elektrik tüketimi geçmiş 3 senenin aynı aylarının ortalama değerinden %15- %20 daha düşük gerçekleşmiştir (Bulut, 2020).

Şekil 3 pandeminin ilk dönemi için Almanya, İspanya, İtalya ve Türkiye elektrik tüketimlerinin haftalar bazında karşılaştırılmasını göstermektedir.



Şekil 3. Ülkelerin elektrik enerji tüketimlerinin haftalar bazında karşılaştırılması

Şekil 3'te hafta içi saat 08:00-18:00 aralığındaki elektrik tüketimi esas alınmıştır. Bir önceki yıl aynı haftada gerçekleştirilen tüketim ile 2020 yılı tüketimi karşılaştırılmıştır. Kırmızı kesikli çizgi ile yatay ekseninde değişim miktarının 1 olması şekil üzerinde de belirtildiği gibi 2020 ile 2019 tüketimlerinin birbirine eşitliğini göstermektedir (TEPAV).

3. Elektrik Üretimi Üzerindeki Etkisi

COVID-19 salgınının elektrik üretimine etkisi ülkelere göre farklılık göstermektedir. Genel durum değerlendirildiğinde yaygın bir bulgu, üretim kesintilerinin etkilendiği, daha düşük yük nedeniyle genel üretimin azaldığı ve enerji üretiminin yenilenebilir kaynaklara kaydığı olarak söylenebilir.

PJM'de genel olarak planlı bakımlar yapıldığı zaman ilkbahar mevsimidir. Pandeminin başlangıcından itibaren PJM, potansiyel olarak daha büyük kesintilere dönüşmelerini önlemek için daha önceden belirlenmiş bakım faaliyetlerini üretim ve iletim lisans sahipleriyle koordineli bir çalışmayla yeniden planlamıştır. Tüm bunlara ek olarak, ekipman sorunlarını ele almak ve sistem katılımcılarının mağduriyetlerini engellemek adına çeşitli kılavuzlar yayımlayıp, tavsiye niteliğinde görüşler bildirmiştir. 2020 yılı PJM için genel olarak değerlendirildiğinde COVID-19 nedeniyle planlı bakımlar başlangıçtaki ilk düşüşlere rağmen, üretim lisansı sahipleri bakım faaliyetlerini yılın sonraki zamanlarına erteleyerek ya da daha büyük planlı kesintileri daha kısa bakım kesintilerine bölerek pandemi döneminde önemli bakım çalışmalarını yapabilmişlerdir.

Avrupa'da planlı bakım çalışmaları takvimi yeniden ele alınmış; yapılan değerlendirmeler neticesinde bir kısmı ertelenirken, bir kısmı ise tamamen iptal edilmiştir. Pandemi aynı zamanda üretim planlamasındaki kaynak kullanımını da etkilemiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 2020 mart ayından itibaren en fazla üretim doğal gaz santrallerinden yapılırken, kapanma kararlarının etkilerinin iyice hissedildiği bahar aylarından itibaren yenilenebilir enerji kaynakları kömürle çalışan elektrik santrallerinin katkısını geride bırakmıştır. Mart ayının ikinci yarısında California ISO'da (CAISO) güneş enerjisi kesintisi üç katına çıkmıştır ve aynı dönemde rüzgâr kesintisi %50'den fazla artmıştır. 2020 yaz aylarında talepte olan artışa cevap verebilmek adına kömür ve nükleer enerjiden yapılan üretim pik yapmıştır. 2020 sonbahar ve kışında yenilenebilir kaynakların mevsimsel eğilimleri takip ettiği söylenebilir. ABD'nin enerjiyle ilgili toplam karbon emisyonları 2020'de %11 veya bir başka deyişle 2019'a göre 570 milyon metrik ton düşmüştür. Küresel düzeyde enerji ile ilgili karbon emisyonları incelendiğinde %5,8 veya 2 milyar ton düştüğü söylenebilir (Zhong vd., 2020).

Tablo 1. Türkiye yıllar bazında elektrik üretiminin aylara dağılımı

	2019 (GWh)	2020 (GWh)	2021 (GWh)
Ocak	26058,6	27131,9	27290,7
Şubat	23522,1	25010,2	24645,9
Mart	24843,6	24754,1	28213,9
Nisan	23808,4	20363,3	26395,9
Mayıs	25013,3	20937,8	25499,4
Haziran	24258,1	23537,4	27228,9
Temmuz	28789,7	28650,8	31266,1
Ağustos	27713,5	29343,5	33024
Eylül	25418,7	27743	28148,5
Ekim	24248,6	25675	26713,2
Kasım	23997	25931,7	27040,9
Aralık	26226	27624,3	29255,7
Toplam	303897,6	306703,1	334723,1

Tablo 1, Türkiye'nin aylık elektrik üretiminin yıllara göre değişimini göstermektedir. Özellikle mart ayından sonra talepteki düşüşle elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımında değişiklikler meydana gelmiştir. Özetle söylenmesi gereken konvansiyonel santrallerin üretimi azalmışken, özellikle rüzgâr ve güneş olmak üzere yenilenebilir enerji santrallerin üretim içindeki payları artmıştır.

4. İletim ve Dağıtım Sistemleri Üzerindeki Etkisi

Pandemi süreci sadece elektrik şebekeleri açısından değil aslında tüm sektörler için tedarik zincirlerinin önemini bir kez daha göstermiştir. Özellikle global olarak üretilen uzun üretim tedarik sürelerine sahip ekipmanlar bu süreçten doğrudan etkilenmişlerdir. Bir başka önemli alınacak ders stok yönetiminin nasıl yapılması gerektiği ile alakalı olmuştur. Doğru yedek ekipmana sahip olmak, mevcut hasarı azaltmak ve sistemi zamanında çalışır hale getirmek için çok önemlidir. Pandemi sürecinde imalat şirketlerinin üretimi hem personel kaynaklı hem de bu şirketlerin de hammaddeye erişiminden kaynaklı etkilenmiş, bunun sonucunda tüm dünyada ekipman üretimi yavaşlamıştır.

Amerika'daki genel durum incelendiğinde kamu hizmetlerinde acil durumlarda kullanılacak bazı yedek ekipman stoklarının zaten mevcut olduğu görülmektedir. PJM ve kamu hizmetleri, tedarik zinciri ve ilgili yakıt güvenliği konusunda sorunları birlikte belirleyerek daha bütünsel bir yaklaşım içinde çalışmışlardır. Örneğin, etkilenen alanları hızlı bir şekilde aktif duruma getirmek için, ekstra yüksek voltajlı transformatörler ve diğer yedek ekipman gibi kritik varlıkları önceden belirleyerek ve hızlı müdahale planları oluşturarak potansiyel tedarik zinciri gecikmelerini azaltmışlardır.

Hindistan'da özellikle tam kapanmanın olduğu dönemlerde daha az planlı iletim kesintisi gerçekleştirilmiştir.

Avustralya, İtalya, Brezilya ve Türkiye'de büyük bir iletim veya dağıtım problemi olmamıştır.

Pandemi süresince Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin entegre edildiği trafo merkezi otomasyonu kullanılarak kritik

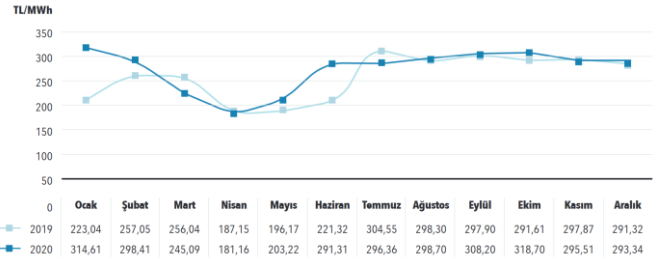
bölgelerin gerçek zamanlı ekipman durumu izlenebilir ve bunların konfigürasyonları için iş gücü ihtiyacını önemli ölçüde azaltabilir.

5. Elektrik Piyasaları Üzerindeki Etkisi

Elektrik piyasalarının dünya genelinde pandemi süresince olağan şekilde işlediği söylenebilir. Tam kapanmaların olduğu karantina döneminde enerji tüketimindeki düşüş elektrik piyasalarını doğrudan etkilemiştir. Elektrik talebinin azalmasının doğal sonucu olarak enerji fiyatının düştüğü söylenebilir.

Avustralya WEM'de pandemi sürecinde düşük spot fiyatlar ve artan negatif fiyat oluşumları yaşanmıştır. Bununla birlikte, pandeminin başlangıcında enerji fiyatlarının düşük gerçekleşmesinin en önemli nedeni akaryakıt fiyatlarındaki düşüş olarak söylenebilir, diğer bir neden ise tabii ki de kapanma tedbirlerine bağlı olarak talebin azalmasıdır.

Avrupa'da tüketimin azalması, birçok ülkede gün öncesi piyasasında talebin düşmesine neden olarak, elektrik fiyatları üzerinde ciddi bir etki yaratmıştır. Örneğin, İtalya'da 2019 yılında 53,11 €/MWh olan piyasa takas fiyatı, 2020 yılının mart ve nisan ayında tek tip alım fiyatının ortalama değeri %46'lık bir düşüşle 28,45 €/MWh olarak gerçekleşmiştir. Almanya'da, bir önceki yılın aynı döneminde daha fazla negatif fiyat oluşmasına rağmen ortalama piyasa takas fiyatı 2020 yılında yarı yarıya azalmıştır. Özellikle nisan ayının ikinci yarısında güneş santrallerinden, kara ve deniz rüzgarından sağlanan yenilenebilir enerji miktarı önemli ölçüde artarak, piyasa takas fiyatı üzerinde olumsuz etkilere neden olmuştur.



Şekil 4. Türkiye aylık ortalama piyasa takas fiyatının karşılaştırılması

Türkiye aylık ortalama piyasa takas fiyatlarının 2020 ile 2019 yılları için karşılaştırılması Şekil 4'te verilmiştir. 2020 yılında Elektrik Gün Öncesi Piyasası'nda yıllık işlem hacmi 103,71 milyar TL olarak gerçekleşmişken, Gün İçi Piyasası'nda ise, 3,831 milyar TL tutarında işlem gerçekleştirilmiştir.

Bunun yanı sıra Gün Öncesi Piyasası'nda 2019'da 152,12 TWh olan GÖP eşleşme miktarı, 2020 yılında yüzde 19,22 artarak, 181,36 TWh; Gün İçi Piyasası'nda 2019'da 5,45 TWh olan GİP eşleşme miktarı, 2020 yılında yüzde 26,21 artarak 6,88 TWh şeklinde gerçekleşerek geçmiş tüm yıllar dikkate alındığında en yüksek değerler elde edilmiştir (EPİAŞ Faaliyet Raporu 2020).

6. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Küresel pandemiden kaynaklı sosyal ve ekonomik faaliyetler farklılık göstermekle birlikte ülkelerin çoğunda azalmıştır. Epidemiy pikinin ötelenmesine yönelik alınan tam ya da kısmi kapanma kararları neticesinde insan davranışlarında değişiklikler

meydana gelmiştir. Ancak özellikle sağlık alanında artan yoğunluk, eğitim ve çalışma şeklinin uzaktan eğitim ve uzaktan çalışmaya dönüşmesi... vb. ihtiyaçlar modern toplumun güvenilir bir elektrik altyapısına ve yeterli iş gücünün hazır olmasına ne kadar ihtiyacı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma elektrik sektörü açısından pandeminin etkilerini incelemek istediğimizde her ülkenin kendi dinamiklerine göre değerlendirilmesinin gerektiğini göstermiştir. Yine de bu dinamikler göz önünde bulundurularak bazı genellemeler yapılabilir.

Ülkelerin birçoğunda alınan tam kapanma kararlarından sonra tüketim değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bazı yük üretim santrallerin ve pik yük üretim kaynaklarının dağılımlarında alınan kapanma kararlarının etkisi olmuştur. Bu konuda yaşanması muhtemel haksız rekabet için detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. İletim ve dağıtım sistemleri için pandemi kritik ekipmanların lojistiğinde yaşanacak gecikmeler dikkate alınarak stok yönetiminin önemini göstermiştir. Ayrıca trafo merkezi otomasyon sistemleri ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerin adaptasyonunun hızlandırılması pandemi gibi süreçlerin en az hasarla atlatılmasını sağlayabilir. Elektrik piyasalarında genel olarak azalan elektrik talebine bağlı fiyatların düşmesi gözlenmiştir. Yine yenilenebilir santrallerinin üretim dağılımı içindeki payının artması sonucu sifıra yakın ya da negatif fiyat oluşumunun artması konusu ayrıca değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada çok fazla detayına girilmeyen insan sağlığı konusu tabii ki de enerji sistemleri açısından da çok önemlidir. Sistem işletmecisi konusunda uzman personelin sayılarının artması karantina süreçlerinde önem arz edecektir. Yine sistem işletmecilerinin uzaktan çalıştırılmaları düşünüldüğünde siber güvenlik ile alakalı konular göz önünde bulundurulmalıdır.

Pandemi süreci, yaşanan doğal felaketler, karbon emisyon oranları... vb. enerji sistemlerinin her türlü yeni teknolojilere, çalışmalara ihtiyacını göstermektedir. Örneğin yenilenebilir enerjinin üretimdeki payının artması konusunda arz güvenliği göz ardı edilmemelidir; depolama teknolojileri bu konuda çözüm sağlayabilir. Yeni enerji sistemlerinin gerektirdiği sisteme uygun piyasa tasarımları planlanmalı ve bunlarla alakalı gerekli kanunlar, yönetmelikler, regülasyonlar hazırlanmalıdır. Pandemi enerji sistemleri konusunda farklı tecrübeler kazandırmıştır, bundan ders çıkarılarak sonraki benzer süreçlere adaptasyonu kolaylaştıracak planlamalar yapılmalıdır.

7. Teşekkür

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FKD-2021-4481 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

References

- Abu-Shanab, R., Al-Hattami, A., Salman, N., & Ahmed, A. (2021). The Effectiveness of the Performance Appraisal of Public Sector Employees During Covid-19 Pandemic. *2021 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies, 3ICT 2021*, pp. 685-692.
- Agdas, D., & Barooah, P. (2020). Impact of the COVID-19 Pandemic on the U.S. Electricity Demand and Supply: An Early View From Data. *IEEE Access*, 8, vol. 8, pp. 151523-151534, August 2020

- Bulut, M. (2020). Covid19 Sürecinin Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, BMBAD*, cilt. 3, sayı. 1, s. 18- 28. Kasım 2020.
- Chen, H., Bryson, M., Sharafi, D., Rossi, S., Narasimhan, S. R., & Barroso, L. (2022). Operating the Power Grid During a Pandemic: COVID-19 Experiences. *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 20, no. 6, pp. 26- 37, November/December 2022.
- COVID-19 Data Explorer- Our World in Data. Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://ourworldindata.org/explorers/coronavirus-data-explorer>
- ENTSO-E | Home Page | European Network of Transmission System Operators for Electricity website, Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://www.entsoe.eu/>
- EPIAŞ | Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://www.epias.com.tr/>
- EPIAŞ | 'Enerji Piyasaları 2020 Faaliyet Raporu', Şubat 2021.
- FERC | Federal Energy Regulatory Commission. Erişim tarihi 07 Kasım 2022, <https://www.ferc.gov/>
- Gonçalves, C. P., Ramos, D. S., Rosa, P. S., Balan, M. H., Bezerra, B., Cavalieri, M., & Mello, R. F. de. (2022). The impact of COVID-19 on the Brazilian Power Sector: operational, commercial, and regulatory aspects. in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 20, no. 4, pp. 529-536, April 2022.
- Haochen, W. (2020). Western perspectives of the COVID-19 in China. *Proceedings - 2020 International Conference on Public Health and Data Science, ICPHDS 2020*, pp. 116-119.
- JHU | The John Hopkins University CSSE. Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://systems.jhu.edu/research/public-health/ncov/>
- Rai, J., Tripathi, R. C., & Gulati, N. (2020a). A Comparative Study of Implementing Innovation in Education Sector Due to COVID-19. *2020 9th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)*, 2020, pp. 94- 97.
- Rai, J., Tripathi, R. C., & Gulati, N. (2020b). A Comprehensive Survey of IT Sectors Affected by Covid-19. *2020 9th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)*, pp. 52-54
- T.C. Sağlık Bakanlığı | Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://www.saglik.gov.tr/>
- TEİAŞ | Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://www.teias.gov.tr/>
- TEPAV | Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://www.tepav.org.tr/>
- WHO | World Health Organization. Erişim tarihi 08 Kasım 2022, <https://www.who.int/>
- Zhong, H., Tan, Z., He, Y., Xie, L., & Kang, C. (2020). Implications of COVID-19 for the electricity industry: A comprehensive review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 6(3).