

Atf İçin: Demirel, İ. H. ve Tiğrek, Ş. (2024). Elektrik Piyasasında Kurumsal Yapı, Reformlar ve Yenilenebilir Enerji: Analiz ve Gelecek Perspektifleri. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(4), 1512-1528.

To Cite: Demirel, İ. H. & Tigrek, Ş. (2024). Institutional Structure, Reforms, and Renewable Energy in the Electricity Market: Analysis and Future Perspectives. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(4), 1512-1528.

Elektrik Piyasasında Kurumsal Yapı, Reformlar ve Yenilenebilir Enerji: Analiz ve Gelecek Perspektifleri

İbrahim Halil DEMİREL^{1*}, Şahnaz TİĞREK²

Öne Çıkanlar:

- Türkiye elektrik piyasasının gelişimi
- Fiyatlandırma mekanizmaları
- Elektrik piyasa analizi

Anahtar Kelimeler:

- Elektrik
- Enerji piyasası
- Yenilenebilir enerji
- Kurumsal yapı
- Elektrik fiyatlandırma

ÖZET:

Bu çalışmada, 2001 yılından itibaren Türkiye'nin elektrik piyasasının kurumsal yapısı ve bu yapıdaki reformlar detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Çalışmanın hedefi, liberalleşen piyasa yapısının yenilenebilir enerjiye olan etkilerini ve bu alandaki düzenlemeleri analiz ederek enerji üretimi ve tüketiminin piyasa fiyatlarına nasıl yansıtıldığını ortaya koymaktır. Literatüre katkı sağlamak amacıyla, elektrik piyasasındaki fiyatlandırma mekanizmaları, piyasa dinamikleri ve yenilenebilir enerjiye yönelik desteklerin etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Analizler sonucunda, piyasa fiyatlarının istihdam oluşturma, dışa bağımlılığın azaltılması, teknoloji ve ürün ihracatı perspektifleri doğrultusunda belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, uzun vadeli enerji politikası hedefleri, talep beklentileri ve sistem maliyet gelişimi bağlamında farklı teknolojiler ve ağlar için üretim kapasitesinin entegre senaryo planlamasının önemi üzerinde durulmaktadır.

Institutional Structure, Reforms, and Renewable Energy in the Electricity Market: Analysis and Future Perspectives

Highlights:

- Development of the Turkish electricity market
- Energy pricing mechanisms
- Electricity market analysis

Keywords:

- Electricity
- Energy market
- Renewable energy
- Institutional structure
- Electricity pricing

ABSTRACT:

This study thoroughly examines the institutional structure of Turkey's electricity market and the reforms within this structure since 2001. The aim of the study is to analyze the effects of the liberalizing market structure on renewable energy, the regulations in this field, and how energy production and consumption are reflected in market prices. To contribute to the literature, the study comprehensively investigates the pricing mechanisms in the electricity market, market dynamics, and the impacts of supports for renewable energy. The analyses emphasize the necessity of setting market prices in line with perspectives on job creation, reduction of external dependence, and technology and product exportation. Additionally, the importance of integrated scenario planning for production capacity across different technologies and networks is highlighted in the context of long-term energy policy objectives, demand expectations, and system cost developments.

¹ İbrahim Halil DEMİREL ([Orcid ID: 0000-0002-4932-9443](https://orcid.org/0000-0002-4932-9443)), Batman Üniversitesi, Kozluk Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Kozluk, Batman, Türkiye

² Şahnaz TİĞREK ([Orcid ID: 0000-0002-1510-8618](https://orcid.org/0000-0002-1510-8618)), İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği, İskenderun, Hatay, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İbrahim Halil DEMİREL, e-mail: ihalil.demirel@batman.edu.tr

GİRİŞ

İklim değişikliğinin meydana getirdiği zorluklar arttıkça, küresel ölçekte, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak amacıyla giderek daha fazla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme eğilimi gözlenmektedir (IEA, 2022a, IEA, 2023a). Bununla birlikte, COVID-19 salgını ve Ukrayna krizi gibi son olaylar, enerji sektöründe önemli belirsizliklere neden olmuş ve artan talebin etkisiyle enerji krizini daha da derinleştirmiştir (IEA, 2022a; Zahang ve ark., 2024; IEA, 2023b). Bu etkilerin sonucunda, ekonomik teşviklerde alternatif ve daha verimli enerji çözümlerini keşfetmeyi hedefleyen fiyat artışları yaşanmıştır. Fiyat artışları, enerji piyasasında arz ve talep dengesini etkileyerek piyasayı yeniden şekillendirme potansiyeline sahiptir. Karar vericiler, enerji güvenliğini artırmak için baskı altındadır, ancak bu çaba özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından bazı riskler taşımaktadır. Bu riskler, mevcut karmaşık enerji sorunlarının finansal zorluklarıyla yakından ilişkilidir (IEA, 2022a; Attanayake ve ark., 2024).

Pandemi sonrasında, küresel çapta elektrik piyasalarında olağanüstü talep artışları yaşanmıştır. Güçlü ekonomik büyüme, ortalamadan daha soğuk bir kış da dahil olmak üzere 2020'ye göre daha zorlu hava koşullarıyla birleştiğinde, küresel elektrik talebini %6'dan fazla artırdı; bu, 2010'daki mali krizden sonra toparlanmadan bu yana en büyük artıştır. Ancak, enerji sektöründeki bu hızlı artış, kömür ve doğal gaz gibi kaynaklara olan talebi artırmış ve bu da tedarik zincirlerini zorlamıştır, nihayetinde elektrik fiyatları yükselmiştir. Yenilenebilir enerjinin etkileyici büyümesine rağmen, kömür ve doğal gaz kaynaklı elektrik üretimi rekor seviyelere ulaşmıştır (IEA, 2022a).

2022'nin ilk yarısında, özellikle Avrupa'da, birçok elektrik piyasasında, hem fosil yakıt kaynakları hem de ekonomik görünüm üzerindeki derin belirsizlikler nedeniyle fiyatlar hızla yükselmeye devam etmiştir. Bununla birlikte, Rusya'nın Ukrayna'yı işgali sonrası; 2021'in ikinci yarısında görülen güçlü artışların ardından, enerji fiyatlarının yakın vadede düşme olasılığı büyük ölçüde azalmıştır (IEA, 2022a).

Başlangıçta, dünya genelinde elektrik sektörü, fiyatların düzenleyiciler tarafından belirlendiği ve üretim, iletim ve dağıtım maliyetlerini yansıttığı dikey olarak entegre bir endüstriydi. Bu bağlamda, elektrik fiyatları genellikle nadir ve esasen deterministik bir şekilde değişiyordu. Ancak son yıllarda, büyük ülkeler üretim ve tedarik faaliyetlerinde deregülasyon sürecine girmiş ve birçok ülke yeniden yapılandırma sürecine girmiştir. Bu yeniden yapılanmanın önemli sonuçlarından biri, fiyatların artık temel ekonomik arz ve talep kuralına göre belirleniyor olmasıdır. Üreticilerin ertesi gün elektrik satmak için verdikleri tekliflerin satın alma emirleriyle karşılaştırıldığı bir "piyasa havuzu" oluşturulmuştur. Bu süreçle paralel olarak, enerji endüstrisinin serbestleştirilmesi, hem spot hem de türev piyasalarda önemli miktarda ticaret faaliyetinin önünü açmıştır. Özellikle fiyat riski, sektörü on yıllardır yazılan enerji sözleşmelerinde belirtilen seçenekleri belirlemeye, fiyatlandırmaya ve riskten korunmaya zorlamıştır. Elektriğin fiyat riski halen çok düşük oranda ve sınırlı zaman için depolanabilir olması, elektrik fiyatlarının spot talep ve arz değerlendirmeleri tarafından yönlendirilme olasılığı, kısa vadeli piyasadaki talebin yeteri kadar esnek olmamasıyla birlikte, diğer herhangi bir ürününden (meta) çok daha fazladır (Geman ve Roncoroni, 2006).

Türkiye, fosil yakıt kaynakları açısından sınırlı bir zenginliğe sahip bir ülke olarak değerlendirilebilir; bu da, gerek ekonomik kalkınma gerekse siyasi açıdan arzu edilen gelişmeleri geciktirici bir faktör olmaktadır. Öte yandan, Türkiye büyük bir yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. Ancak, 2000'li yıllara kadar öncelik yerel kaynak olan hidroelektrik santrallerine verilmiş ve yatırımlar daha çok devlet kurumları tarafından yapılmıştır. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar KWh, jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MWt, güneş enerjisi potansiyeli 500

Mtep/yıl ve rüzgar enerjisi potansiyeli 400 milyar KWh olarak belirlenmiştir (Özkaya, 2024). 2000’li yıllardan itibaren elektrik piyasasındaki yasal reformlar ve Avrupa ülkelerini örnek alan liberalleşme çabaları, durumu değiştirmiştir. Bununla birlikte, Türkiye, hidroelektrik enerji üretiminde coğrafi avantajlarından dolayı dünya standartlarının çok üzerinde bir potansiyele sahiptir. Ancak, mevcut tekno-ekonomik kapasite belirli bir seviyenin üstünde olmasına rağmen, bu potansiyelin tamamı henüz değerlendirilememiştir (Yüksel ve Demirel, 2018; Yüksel ve ark., 2020; Yüksel ve Demirel, 2021). Özel sektörün enerji alanına katılımı, 2001 yılında çıkarılan Elektrik Piyasası Kanunu ve 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu ile hızlanmış ve Türkiye’de yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi konusunda yeni bir dönemi başlatmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kapasite kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu yeni dönemin başlangıcından itibaren, uygulama politikalarının hedeflerine ulaşma çabası devam etmektedir. Ancak yenilenebilir alandaki süreç hala erken bir aşamadır ve tüm yenilenebilir kaynakların kullanımının çok ötesindedir. Bu yeni çağın başlangıcından sonra geçen zaman dikkate alındığında, geçmiş çabaların ve deneyimlerin dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir (Demirdizen, 2013).

Bu çalışmada Türkiye elektrik piyasasının 2001 yılı sonrasındaki gelişimi ve analizine ilişkin genel bir bakış yer almaktadır. Çalışmanın önemi, Türkiye’nin elektrik piyasasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik politikaların ve stratejilerin etkilerini analiz etmesinde yatmaktadır. Literatürde, Türkiye’nin enerji politikalarının yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ele alan çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, mevcut literatürdeki bu boşluğu doldurarak, Türkiye’nin enerji politikasındaki değişimlerin ve özel sektörün katılımının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemektedir. Ayrıca, bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik ekonomik teşviklerin ve düzenlemelerin etkinliğini değerlendirmektedir. Diğer çalışmalardan farkı ise, hem yerel hem de küresel ekonomik faktörlerin enerji piyasası üzerindeki etkilerini birlikte ele alması ve bu bağlamda yenilenebilir enerji politikalarının uzun vadeli sürdürülebilirlik üzerindeki rolünü vurgulamasıdır.

Türkiye Elektrik Piyasasının Genel Yapısı

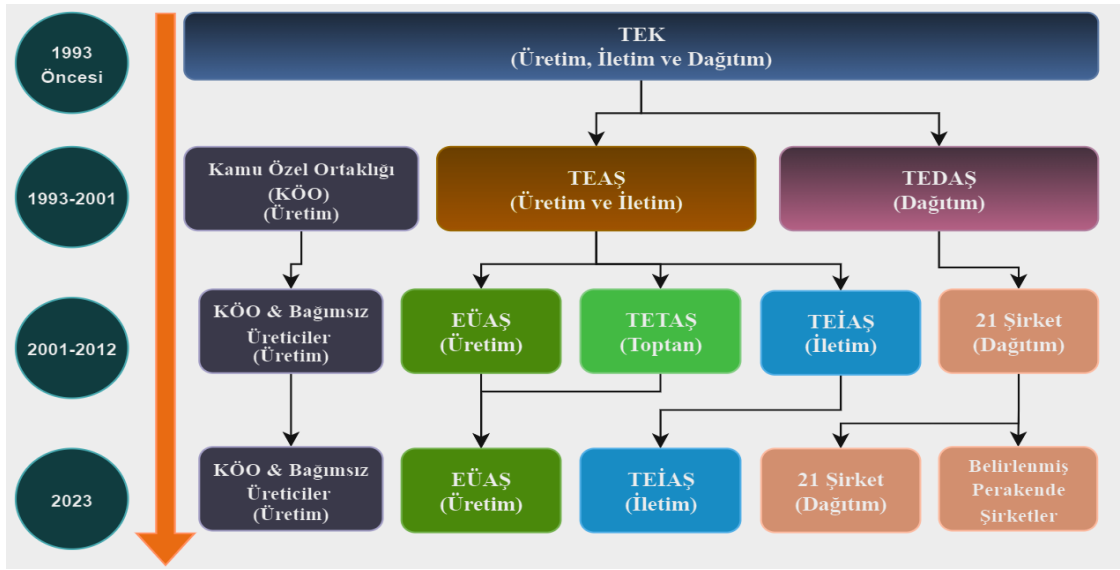
Kurumlar ve piyasa yapısı

Elektrik üretimi ve dağıtımını, 1914 yılında Osmanlı padişahının özel izniyle kurulan şirketler tarafından ilk olarak İstanbul’da başlamıştır. Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşundan sonra elektrik devlet kurumları tarafından üretilmiştir (Altınbilek ve ark., 1999, Tiğrek ve Kibaroglu, 2011). Ancak Türkiye’de tekelci piyasa yapısına 1970’li yıllardan sonra başlanmıştır. Türk elektrik sektörü 1970-1994 yılları arasında Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) dönemi, 1994-2001 yılları arasında ayrıştırma dönemi ve 2001 sonrasında ise piyasa yapılanması dönemi olmak üzere üç farklı dönemde incelenebilir (Deloitte, 2010).

Türkiye elektrik piyasası reformu, piyasada rekabeti sağlamayı ve sürdürülebilir büyümeyi sürdürmeyi amaçlayan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun (EPK) Mart 2001’de yürürlüğe girmesiyle başlamıştır. Türkiye elektrik piyasasının gelişimi Şekil 1’de özet olarak verilmiştir.

1993 yılında TEK, Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) olmak üzere iki ayrı kamu iktisadi teşebbüsüne dönüştürülmüştü. Daha sonra, TEAŞ, 20 Şubat 2001 tarih ve 4628 sayılı kanun ile Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Taahhüt ve Ticaret A.Ş. (TETAŞ) adları altında anonim şirket statüsünde üç ayrı kamu iktisadi teşebbüsüne bölündü. Bu kuruluşlar sırasıyla iletim, üretim ve toptan satış işlerinden sorumlu hale geldiler. Elektrik dağıtımını ise TEDAŞ’ın sorumluluğunda kalmıştır (ETBK, 2024a).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), ilgili diğer bakanlıklarla koordinasyon ve işbirliği içinde elektrik sektörüyle ilgili politikaların oluşturulması ve uygulanmasından sorumludur. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), elektrik de dahil olmak üzere enerji sektörüne ilişkin merkezi düzenleyici kurumdur. Bağımsız bir düzenleyici olarak EPDK, lisansların verilmesinden ve yenilenmesinden, piyasa katılımcılarının faaliyetlerini denetlemek, piyasa performansını izleyerek performans standartlarının oluşturulması, ikincil mevzuatın hazırlanması, iyileştirilmesi ve yürütülmesi, lisansların denetlenmesi, düzenlenmiş tarifelerin hazırlanması, değiştirilmesi ve uygulanması, piyasa faaliyetlerinin EPDK'ya uygunluğunu sağlamaktır. Bu nedenle EPDK, üreticiler, iletim sistemi operatörleri, piyasa operatörleri ve dağıtım sistemi operatörleri gibi lisans sahiplerini yakından takip etmektedir (EPDK, 2024a).



Şekil 1. Türkiye Elektrik Piyasasının Tarihsel Gelişimi (PwC Türkiye, 2023)



Şekil 2. Türkiye'nin Enerji Akış Sisteminin Şematik Gösterimi (Barbaros ark., 2021)

Özel şirketler üretim kapasitesinin yaklaşık %79'una sahipken, kamuya ait üretim şirketi Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), kalan payı doğrudan veya sözleşmeli olarak elinde tutmaktadır. Gelecekte EÜAŞ, yeni Akkuyu nükleer santrali ve yeni (yerli kaynaklı) kömür üretim kapasitesi için önceden belirlenmiş enerji satın alma anlaşmaları kapsamında üstlenici olarak görev yapacaktır.

Sorunsuz bir enerji piyasasının temeli, kesintisiz, düzenli ve kontrollü enerji akış sistemidir. Türkiye'nin enerji akışı, genellikle özel şirketler ve EÜAŞ tarafından üretilen enerjinin TEİAŞ tarafından dağıtım şirketlerine ve sonunda tüketicilere iletilmesi şeklinde gerçekleşir. Türkiye'nin enerji akış sistemi şematik olarak Şekil 2'de verilmiştir. Özel üreticiler ise dağıtım hatlarını kullanarak doğrudan müşterilere enerji sağlayabilmektedirler. İletim hatları TEİAŞ'a aittir ve dağıtım şirketleri, dağıtım hatlarını işletme yetkisine sahiptir. TEİAŞ, elektrik iletimiyle birlikte sistemi dengeleme ve

uzlaştırma sorumluluğunda üstlenmiştir. Bu görevler, Milli Yük Tevzi Merkezi (MYTM) ve Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM) adlı iki kuruluş tarafından yürütülür.

Dengeleme ve uzlaştırma

2009 yılında kabul edilen Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi, rekabetçi ve güvenli bir pazarın oluşturulmasını hedeflemiştir (DPT, 2024). Bu strateji belgesi, arz güvenliği, sürdürülebilir elektrik piyasası, kayıpların en aza indirilmesi ve verimliliğin artırılması, elektrik fiyatlarında düşüş, yerli yenilenebilir kaynakların maksimum düzeyde kullanılmasıyla kaynak çeşitliliğinin artırılması ve sektörde özel yatırım payının artırılması gibi amaçları içermektedir. Yeni tasarlanan pazar, alıcılar ve satıcılar arasında entegre edilen ikili sözleşmelere dayanmaktadır. Bu mekanizma, dengeleme ve uzlaşma süreçlerini içerir. Dengeleme, şebekedeki arz ve talep dengesinin korunmasını sağlamaktadır, uzlaşma ise piyasa katılımcıları arasındaki borç ve alacakların hesaplanmasını içermektedir. Bu mekanizmaları yönetmek amacıyla, MYTM dengeleme ve PMUM uzlaşma için kurulmuştur.

MYTM TEİAŞ'ın organizasyonel yapısı içinde yer alarak, elektrik şebekesinin gerçek zamanlı dengelenmesinden sorumlu olan bir sistem operatörüdür. Her piyasa katılımcısı, arz ve/veya talep miktarlarını ikili anlaşmalar veya gün öncesi planlama yoluyla raporlamak zorundadır. Bu nedenle, santrallerin arızalanması veya üretimin durması gibi çeşitli sebeplerden dolayı arz ve talep arasındaki dengesizlikleri denetleyecek bir dengeleme otoritesine ihtiyaç duyulmaktadır. İletim veya dağıtım hatlarında meydana gelen arızalar, yanlış tahminler veya aşırı yüklenme gibi nedenlerle frekansta salınımlar oluşabilir. MYTM, teknik altyapısını kullanarak şebekedeki her hareketi takip edebilir ve frekansı dengelemek için yukarı ve aşağı düzenleme talimatlarını uygular.

Türkiye Elektrik Piyasasındaki diğer bir sistem operatörü ise TEİAŞ'a bağlı olarak faaliyet gösteren PMUM'dur. PMUM, piyasanın finansal uzlaşması için kurulmuştur. Şu anda, Gün Öncesi Piyasası (GÖP) ve Dengeleme Güç Piyasası (DGP) olmak üzere iki aktif piyasa bulunmaktadır. GÖP, üretim ve tüketim tahminlerine dayanarak bir gün önce oluşturulan ve gerçek zamanlı olarak sistem dengesi ve fiyat uzlaşmasını sağlayan bir yapıdır. DGP ise, PMUM'un inişli çıkışlı düzenleme talimatlarından faydalanan gerçek zamanlı bir pazardır.

Gün öncesi piyasası (GÖP)

Türkiye elektrik toptan satış piyasası, çoğunlukla spot piyasa ve dengeleme mekanizmasıyla tamamlanan ikili sözleşmelere dayanmaktadır. Liberal ve rekabetçi bir enerji piyasası modeline geçiş kapsamında, piyasa katılımcılarına dürüstlük, şeffaflık ve rekabete dayalı bir ticaret platformu sunmak amacıyla gün öncesi, gün içi ve dengeleme güç piyasaları oluşturulmuştur.

Her üretici veya tüketici, İkili Sözleşme Piyasası'nda (İSP) faaliyet gösterebilir veya göstermez, PMUM'un web arayüzünden ertesi güne ait üretim ve tüketim kapasitesini saatlik olarak bildirmek zorundadır. İSP katılımcıları, piyasada faaliyette bulduklarını beyan etmelidirler. Beyanname tamamlandıktan sonra, PMUM, her saat için arz ve talebi keserek her ticaret bölgesinde ilgili saat için elektrik fiyatını belirler. Bu fiyat, Gün Öncesi Piyasa (GÖP) olarak adlandırılır. GÖP, ikili sözleşmelerde belirlenen elektrik fiyatlarından farklıdır ve diğer piyasalardaki fiyatları etkilemez. GÖP fiyatlandırma sürecinde tahmin edilen üretim gerçekleşirse, elektrik GÖP Piyasa Takas Fiyatı (PTF) üzerinden satılır; aksi takdirde, dengesizlik meydana gelir. Dengesizlik durumunda ödeme farklı şekillerde hesaplanır ve Dengeleme Güç Piyasası (DGP) Sistem Marjinal Fiyatı (SMF) önemli bir rol oynar. Bu prosedür aynı zamanda GÖP ile DGP birbiriyle güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermektedir. Şebekedeki dengesizlikler durumunda SMF kullanılır. SMF, enerji açığı için yukarı

regülasyon talep edildiğinde saatlik tekliflerin maksimumunu veya enerji fazlası için aşağı regülasyon talep edildiğinde saatlik tekliflerin minimumunu ifade eder (Kaya, 2012; EPDK, 2024b).

2013 yılında yapılan yasa değişikliği, Gün İçi Piyasası (GİP) ve Türev Piyasası olmak üzere iki yeni piyasanın tanımını içermektedir. GİP, operatörlere daha fazla esneklik sağlayarak, sözleşmelerin gerçek zamanlıdan iki saat öncesinde yapılmasına imkan tanıyarak işleyişi düzenler. Elektrik üretiminde devlete ait tesislerin büyük bir payı ve düzenlenmiş doğal gaz fiyatları gibi etmenler nedeniyle, GÖP fiyatları gerçek arz-talep dengesini yansıtmamaktadır (Bademli, 2013). Ancak, GİP gerçek zamanlıya göre iki saat gecikmeli olarak işleyecek ve bu durum, şebekede dengeleme işlemlerinin daha etkili bir şekilde yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Ayrıca, Enerji Piyasaları İşletme Şirketi (EPIAŞ), İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'na (İMKB) da katılacaktır. İstanbul Enerji Borsası (EXIST), gün öncesi ve gün içi elektrik spot piyasasını işletmektedir. EXIST'in ana faaliyetleri arasında piyasa işletim lisansında belirtilen enerji piyasalarının planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesi yer almaktadır, bunların sağlanması verimli, şeffaf ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilir. EXIST, sağlayıcılar arasında ayırım yapmadan güvenilir referans fiyat belirlemeyi sağlayacak konumdadır. EXIST'te TEİAŞ ve İMKB'nin % 30'ar hissesi bulunurken, özel piyasa katılımcılarının hisse payı %40'dır. EXIST'in yürüttüğü başlıca faaliyetleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (IEA, 2021):

- Gün öncesi piyasa işlemleri
- Gün içi piyasa işlemleri
- Gün öncesi piyasası, gün içi piyasası, dengeleme güç piyasası, yenilenebilir enerji kaynakları, dengesizlikler ve kayıplar ile ilgili uzlaşmaların yapılması
- Faturalandırma süreçlerinin yönetilmesi (piyasa katılımcılarının alacak ve borç bildirimleri)
- Uygun müşteri değiştirme ve ödeme süreçlerinin işletilmesi
- EXIST şeffaflık platformunda piyasa verilerinin sağlanması.

Yenilenebilir enerji kaynakları destek mekanizması

Yenilenebilir enerjiye ilişkin politika, 2005 yılında kabul edilen 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da yer alan kurallara dayanmaktadır ve büyük ölçüde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının (ETKB) dışına (özel sektöre) yönlendirilmektedir. 2013 yılında kabul edilen 6446 sayılı Enerji Piyasası Kanunu (EPK) ile bu yönlendirme daha da pekiştirilmiştir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji destek programlarının gözetiminden ETKB sorumludur. EPDK ise, tarife garantisi ve rekabetçi ihale süreçlerini yönetmektedir. Yönetmelik gereği; PMUM, portföye toplanan tüm katılımcıları bir havuz olarak yönetir ve mekanizma katılımcılarından elektrik satın alır ve güç tedarikçileri adına GÖP'te satar. Ödenecek fiyatlar, üretimleri ile çarpılarak oluşturulan teşvik fiyatlarına göre hesaplanmaktadır. Mekanizma katılımcılarına ödenecek ücretler Türk lirası cinsinden hesaplanmaktadır. Garanti edilen fiyatın ABD dolarından Türk lirasına çevrilmesi, her işlem tarihi için Merkez Bankası döviz alış kuru kullanılarak yapılmaktadır.

Son dönemde Türkiye, yenilenebilir enerji kapasitesinin genişletilmesini teşvik etmek amacıyla, garantili tarifeler, rekabetçi ihaleler ve çatı üstü güneş enerjisi tarifesi (aylık net ölçüm şeklinde) dahil olmak üzere çeşitli destek mekanizmaları sunmuştur. 01 Mayıs 2023 tarihli 32177 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 7189 Karar Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı uyarınca, 01.07.2021 tarihinden 31.12.2030 tarihine kadar işletmeye girecek Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına (YEK) dayalı elektrik üretim tesisleri için 2023 yılında uygulanacak fiyatlar Çizelge 1'de belirtilmiştir (EPIAŞ, 2024a).

Dünyada yaygın olarak kullanılan ancak bizde olmayan bazı yenilenebilir enerji teşvik mekanizmaları da vardır: Besleme tarifeleri (Feed-in Tariffs), yeşil sertifikalar (Green Certificates) ve karbon piyasaları (Carbon Markets) gibi. Ancak Türkiye yerli enerji kaynaklarının artırılması ve yerli aksamların üretilmesinin artırılmasını öncelemiştir.

EPDK, başvuru süresinin bitiminden itibaren bir yıl boyunca Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) katılımcılarının listesini yayınlamaktadır. 2011 yılında destek mekanizması katılımcı sayısı 20 iken, 2024 Şubat ayı itibarıyla bu rakam 778'e yükselmiştir (EPDK, 2024c). Bu durum, Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin ve yapılan yatırımların arttığını göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında, özellikle Türk lirasındaki değer kaybı ve yüksek nominal faiz oranlarından kaynaklanan kredi maliyetleri, uygun fiyatlı finansmanın önemli bir zorluk olmaya devam etmesine neden olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), makroekonomik koşulların iyileştirilmesi, yeni dağıtılmış Fotovoltaik (PV) düzenlemesinin sorunsuz bir şekilde uygulanması (daha hızlı dağıtım olanak sağlayacak şekilde) ve rekabetçi ihaleler aracılığıyla daha fazla kapasite tahsis edilmesi durumunda Türkiye'nin yenilenebilir enerji kapasitesinin %30'dan daha fazla ve hızlı bir şekilde artabileceğini öngörmektedir (IEA, 2019).

Çizelge 1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destek Mekanizmasının 2023 Fiyat Tarifesi (EPIAŞ, 2024a)

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	01.10.2023 YEKDEM Fiyat (TL kr/kWh)	01.10.2023 YEKDEM Yerli Aksam Desteği (TL kr/kWh)
Rezervuarlı Hidroelektrik üretim tesisi	191.99	38.40
Nehir Tipi Hidroelektrik üretim tesisi	179.99	38.40
Karasal Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	141.32	38.40
Deniz Üstü Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	191.99	51.26
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	269.32	38.40
Çöp Gazı / Atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	141.32	38.40
Biyometanizasyon	230.65	38.40
Termal Bertaraf (Belediye atıkları, bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları)	179.86	28.77
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	141.32	38.40
Rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı üretim tesisi ile bütünleşik elektrik depolama tesisi	166.65	51.26
Pompaj depolamalı hidroelektrik üretim tesisi	269.32	51.26
Dalga veya akıntı enerjisine dayalı üretim tesisi	179.99	51.26

Türkiye'nin elektrik arzı ve talebi

Toplam Enerji Arzı (TEA), bir ülkede üretilen veya ithal edilen enerjinin ihracat ve depolama gibi çıkarılmış miktarını içerir. TEA, ülkedeki son kullanıcılara tedarik edilmek üzere gereken tüm enerjiyi temsil eder. Bu enerji kaynaklarının bir kısmı doğrudan kullanılırken, büyük bir miktarı yakıt olarak tüketilir veya elektriğe dönüştürülür. Türkiye, son on yılda enerji üretim kaynaklarını önemli ölçüde çeşitlendirmiştir. Yenilenebilir elektrik üretimi üç katına çıkarken, ülkenin ilk nükleer enerji santralini devreye girmesi, enerji karışımını daha da çeşitlendirecektir. Ancak fosil yakıtlar enerjide

halen büyük bir paya sahip olmalarına karşılık petrol ve doğalgazın büyük bir bölümünün ithal olması sebebiyle ülke ekonomisini yönlendirmektedirler. Bu nedenle, Türkiye, enerji arz güvenliğini sağlamak ve ekonomik istikrarı korumak amacıyla fosil yakıtların kullanımına yönelik stratejilerini sürdürmektedir. Bu stratejiler arasında, yerli kömür üretiminin artırılması, doğal gaz depolama kapasitesinin genişletilmesi ve yeni fosil yakıt rezervlerinin keşfi yer almaktadır.

Toplam elektrik üretimi, ekonomik büyüme ve nüfus artışıyla birlikte ekonominin yapısındaki değişikliklere bağlı olarak artma eğilimindedir. Ocak 2024 sonu itibarıyla Türkiye'nin kurulu gücü 107.271 MW'a yükselmiştir. Elektrik üretimi ise 2022 yılına göre %0.6 azalarak 326.3 TWh'ye ulaşmıştır. 2024 Ocak sonu itibarıyla kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı Şekil 3'de verilmiştir (ETBK, 2024b).



Şekil 3. Türkiye'deki Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (ETBK, 2024b)

Gelişmiş ülkeler arasında, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, Japonya ve Güney Kore gibi ülkeler, enerji verimliliği çabaları ve daha az enerji yoğun ekonomik faaliyetlere geçiş gibi faktörlerle elektrik talebindeki büyümeyi yavaşlatmış veya tersine çevirmiştir. Ancak, Çin ve Hindistan gibi birçok yükselen piyasa ve gelişmekte olan ülkede, özellikle de nüfusun önemli bir kısmının hala elektriğe erişim sağlayamadığı bölgelerde, elektrik talebi hızla büyümektedir (IEA, 2022b).

Elektrik tüketimi, küresel mali krizden kaynaklanan küçük bir düşüş dışında, 2000 yılından bu yana istikrarlı bir şekilde artmıştır. 2008'den 2018'e kadar olan on yıllık dönemde elektrik talebi %60 artmıştır. En hızlı büyüme, hizmetler sektöründe %82'lik bir artışla gerçekleşmiştir, ancak sanayi sektörü %58 ve konut sektörü %38 oranlarında önemli bir büyüme göstermiştir (IEA, 2021). Türkiye'de 2023 yılında yıllık brüt elektrik tüketimi bir önceki yıla göre %0.2 azalarak 330.3 TWh olarak gerçekleşmiştir (ETBK, 2024b).

Türkiye, hidroelektrik enerjinin yüksek payı ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında yaşanan son dönemdeki büyüme ile birlikte, 2019 yılında elektrik üretiminde fosil yakıtların payı açısından IEA üyesi ülkeler arasında ortalamanın üzerinde bir konumda yer almıştır. Hidroelektrik payı yedinci en yüksek seviyede bulunurken, Türkiye'nin jeotermal enerji üretim kapasitesi, Yeni Zelanda'dan sonra dünyada ikinci en yüksek paya sahiptir (IEA, 2021).

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerjinin ikinci büyük kaynağıdır. 2009'da 1.5 TWh olan üretim, 2019'da 21.8 TWh'ye yükselmiştir. Güneş PV üretimi ise daha da hızlı bir büyüme göstermiştir; 2017'de 3.7 TWh iken, 2018'de 10.6 TWh'ye ulaşarak, bu iki yılda %182'lik etkileyici bir artış kaydetmiştir.

Elektrifikasyonun artmasıyla artan enerji talebi daha fazla arzı gerektireceğinden yenilenebilir enerji kullanımını da artıracaktır ancak bu kaynakların sürekli olmaması sebebiyle enerji piyasasında dalgalanmalara sebep olabilir.

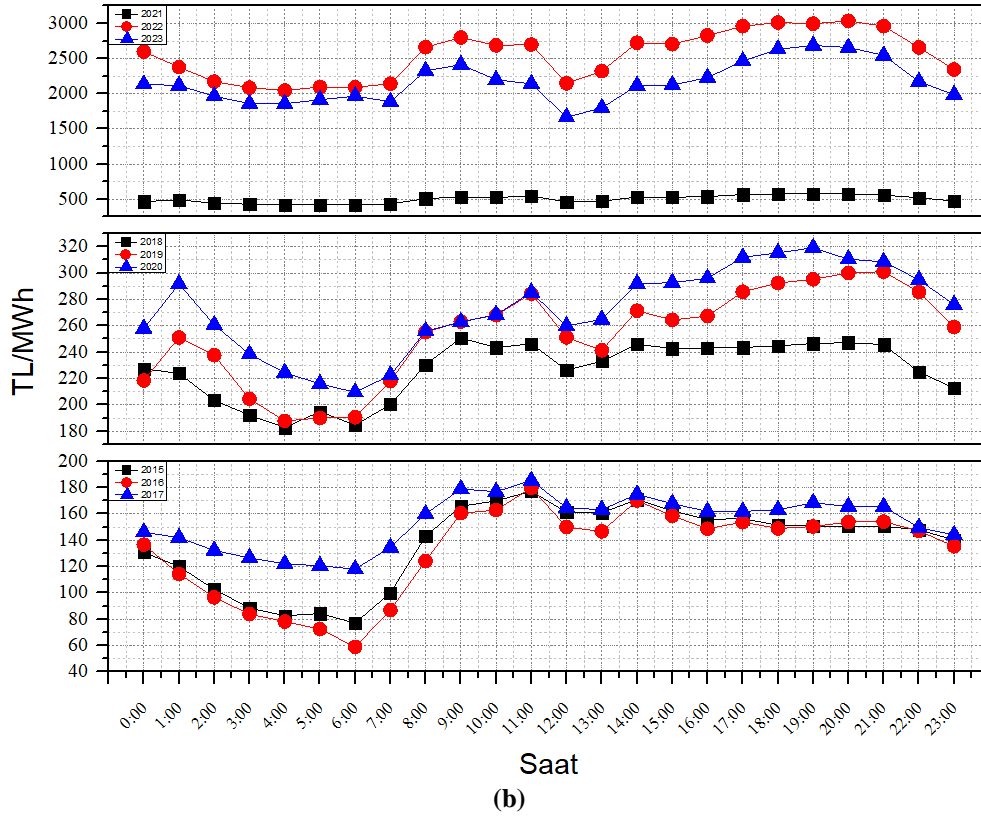
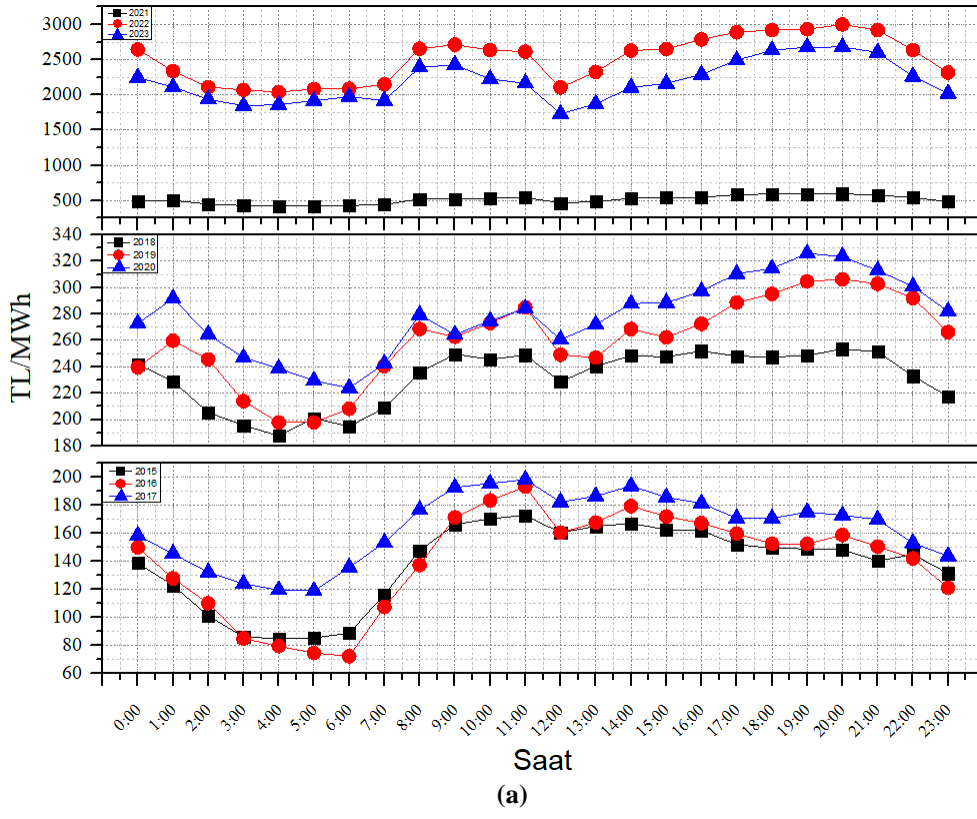
Elektrik fiyatlarının analizi

Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmeden önce, küresel ekonomilerin kademeli olarak karantina önlemlerinden çıkmasıyla birlikte petrol ve gaz talebinde belirgin bir artış gözlemlendi. Ancak, çeşitli nedenlerle arz, genel talep artışına tam olarak uyum sağlayamamıştır. Gaz fiyatlarının yükselmesi, elektrik fiyatlarını da artırmıştır. Ukrayna krizi, arzda olası aksamalar nedeniyle petrol ve gaz fiyatlarında keskin bir yükselişe ve dalgalanmalarına yol açarken, Rusya'ya karşı uygulanan yaptırımlar ve Rus petrolüne uygulanan ambargo ise petrol ve gaz fiyatlarını daha da yükseltmiştir (Adolfsen ve ark., 2024; Guan ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2024).

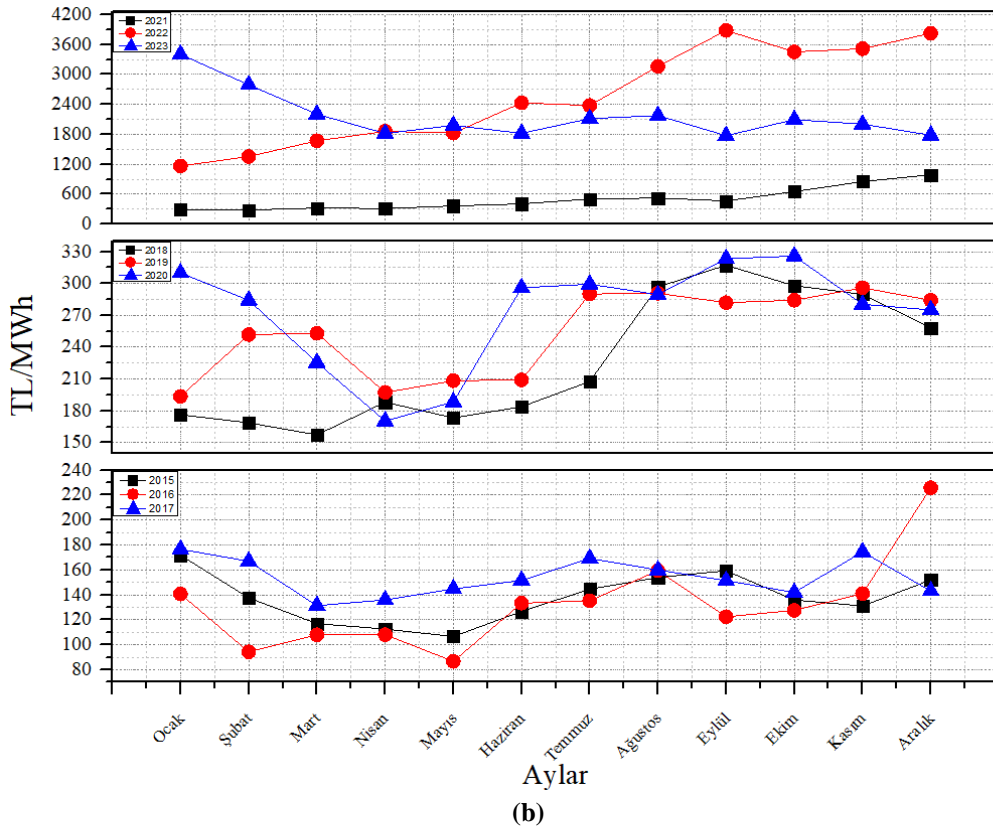
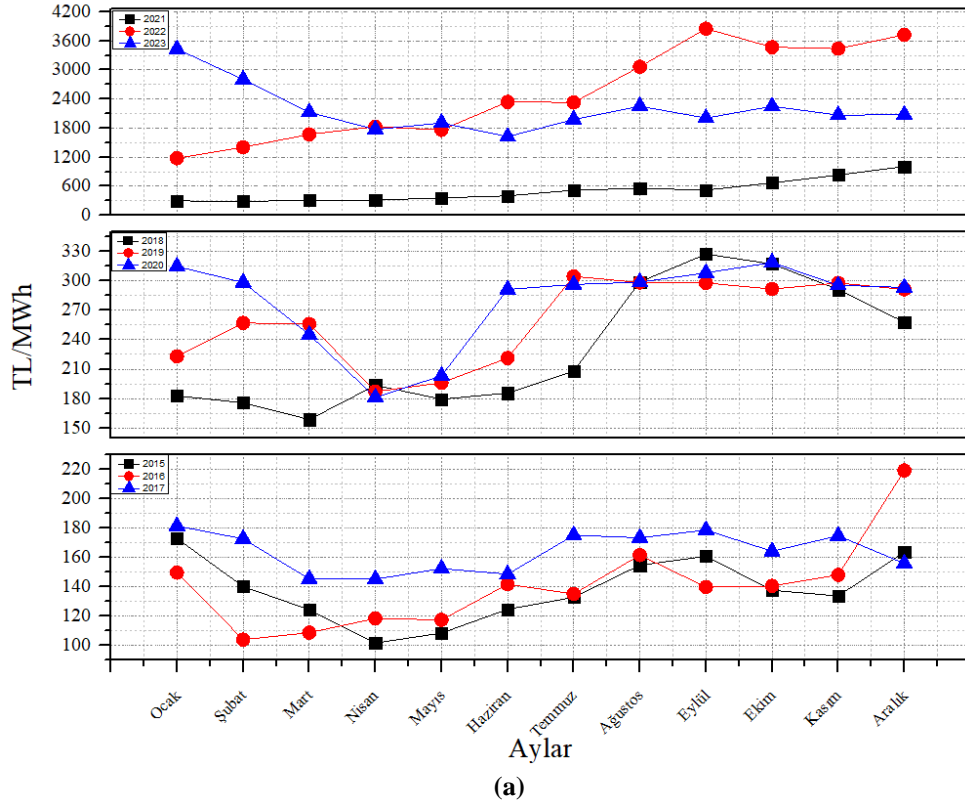
Ülkemizdeki elektrik piyasasını daha iyi analiz edebilmek amacıyla bu çalışmada, 1 Ocak 2015 ile 31 Aralık 2023 tarihleri arasındaki süre boyunca elektrik fiyatları saatlik, aylık ve yıllık bazda incelenmiştir ve bu fiyatlar şeffaflık platformundan alınmıştır (EPIAŞ, 2024b).

Şeffaflık platformundan elde edilen elektrik fiyatları düzenlenmiş ve elektrik fiyatlarının saatlik ile aylık ortalamalar Şekil 4 ve Şekil 5'te sunulmuştur. Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, günlük fiyat ortalamalarının piyasa istikrarsızlığını oldukça iyi yansıttığı görülmektedir. Grafiklere bakıldığında, 2015 ile 2023 yılları arasındaki dönem dört kategoriye ayrılabilir. 2015, 2016 ve 2017'deki ortalama piyasa fiyatları, 2018, 2019 ve 2020 yıllarında neredeyse iki katına kadar yükselmiştir. 2021 yılında artış devam ederken, 2022 ve 2023 yıllarında piyasa fiyatları inanılmaz derecede yükselmiştir. Bu yükselmenin sebepleri arasında küresel ekonomik faktörler, jeopolitik gerilimler, artan enerji talebi, fosil yakıt fiyatlarındaki artış, yenilenebilir enerji kaynaklarının yetersizliği ve piyasa dinamikleri bulunmaktadır. Bunlarla birlikte COVID-19 salgınının neden olduğu ekonomik durgunluk ve ardından gelen hızlı toparlanma, enerji talebinde önemli artışlara yol açmıştır. Rusya'nın Ukrayna'yı işgali, enerji arzını olumsuz etkileyerek petrol ve doğal gaz fiyatlarının hızla artmasına neden olmuştur. Sert kış koşulları ve sıcak yaz ayları gibi hava koşulları da enerji tüketimini artırarak fiyatları yükseltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi, talebi karşılamada yetersiz kalmış ve bu nedenle fosil yakıtlara olan bağımlılık devam etmiştir.

Türkiye'deki elektrik kullanım eğilimini gösteren verilere göre, gece ve gündüz saatleri arasındaki fiyat farklarına dair beklenen standart eğilimden farklı bir durum söz konusudur. Genellikle, diğer ülkelerde olduğu gibi, fiyatların gece yarısından sonra düşük, geceleri ise yüksek olması beklenirken, Türkiye'de farklı bir durum görülmektedir. Her yıl, Türkiye'de en pahalı elektrik fiyatları saat 10.00-11.00 arasında kaydedilmekte olup, bu dönemde saat 11.00'de en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (ortalama 180,72 TL/MWh, 2015-2017). İkinci pahalı dönem ise pandemi sonrası dönemde 19:00-20:00 arası olarak belirlenmiş ve bu saatlerde en yüksek fiyatlar, yaklaşık olarak saat 19.00 civarında kaydedilmektedir (2020-2023 arası ortalama 2997.16 TL/MWh). Bu veriler, Türkiye'deki elektrik kullanım alışkanlıklarının ABD, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, Japonya ve Güney Kore gibi ülkelere farklılık gösterebileceğini ve zaman içinde değişebileceğini göstermektedir.



Şekil 4. 2015-2023 Yıllarına Ait Saatlik Ortalama Piyasa Takas Fiyatları (PTF) ve Sistem Marjinal Fiyatlarının (SMF) Değişimleri: (a) PTF, (b) SMF



Şekil 5. 2015-2023 Yıllarına Ait Aylık Ortalama Piyasa Takas Fiyatları (PTF) ve Sistem Marjinal Fiyatlarının (SMF) Değişimleri: (a) PTF, (b) SMF

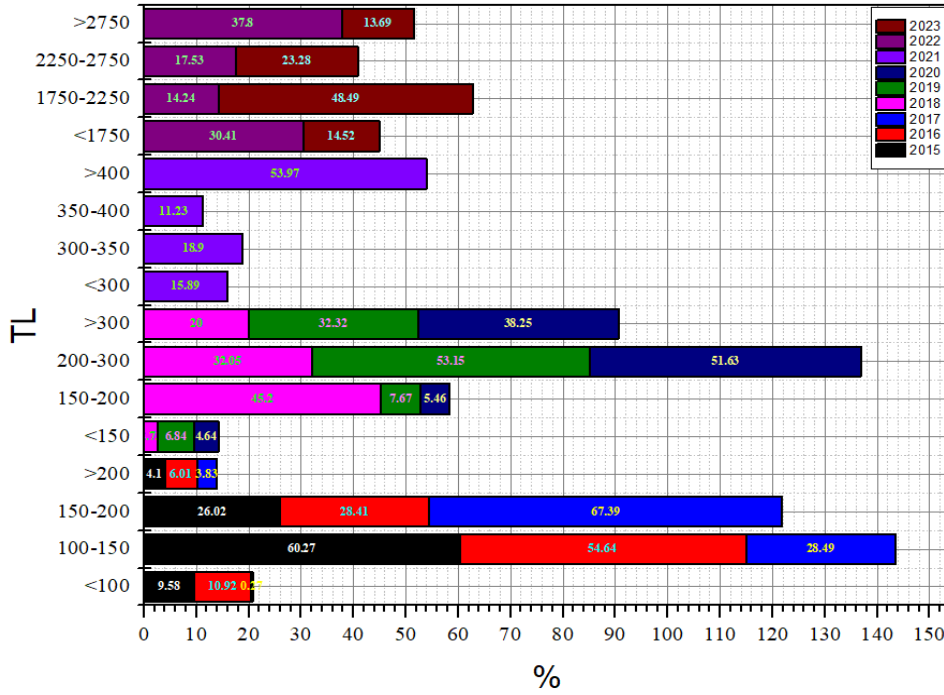
Türkiye’de elektrik fiyatları, doğrudan hidroelektrik ve doğal gaz kaynaklı elektrik üretimiyle ilişkilidir. Hem kış aylarında hem de suların yükseldiği bahar döneminde (Çizelge 2) fiyatlar, yaz

sezonuna göre daha düşüktür. Yaz aylarında ise artan elektrik talebi ve düşük hidroelektrik üretimi, elektrik fiyatlarının artmasına neden olmaktadır (Şekil 4 ve 5). Bahar mevsimi boyunca, elektrik fiyatlarının davranışı, su akışının yüksek olduğu dönemlere doğrudan bağlıdır. Türkiye’de doğal gaz kaynakları sınırlı olmasına rağmen, toplam elektrik üretiminde en büyük paya sahiptir. Bu nedenle, doğal gaz ithalatı, elektrik fiyatlarının belirlenmesi açısından son derece önemlidir (TEİAŞ, 2024). Ek olarak, enerji piyasasındaki regülasyonlar, döviz kurlarındaki dalgalanmalar, küresel enerji fiyatları ve ekonomik büyüme gibi faktörler de fiyat artışlarına katkıda bulunmaktadır. Elektrik iletim ve dağıtım ağlarındaki altyapı sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonundaki zorluklar ve enerji arz güvenliği ile ilgili endişeler de fiyatların dalgalanmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca, enerji piyasasındaki rekabet koşulları ve piyasa katılımcılarının stratejik davranışları, elektrik fiyatlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Piyasa Takas Fiyatı (PFT) ve Sistem Marjinal Fiyatının (SMF) günlük ortalama fiyat aralıkları, sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir. Grafikler, değişen artış miktarlarına göre dört gruba ayrılmıştır. Bu analize göre, 2015-2017 döneminde fiyatların büyük çoğunluğu 100 TL ile 200 TL arasında değişirken, 2018-2020 yıllarında bu aralık 200 TL ile 350 TL arasında değişmektedir. PFT’deki bu artış eğilimi, 2021 yılına gelindiğinde fiyatların çoğunlukla 400 TL’nin üstüne çıktığını (%54) göstermektedir. 2022-2023 yıllarında ise fiyatlar dramatik bir şekilde artmış ve 1750 TL ile 2750 TL arasında değiştiği görülmektedir. SMF’de de benzer bir eğilim gözlemlenmiştir (EPİAŞ, 2024b). Türkiye’de elektrik fiyatlarındaki bu artışlar, hidroelektrik ve doğal gaz kaynaklı üretim, mevsimsel değişiklikler, döviz kurlarındaki dalgalanmalar, küresel enerji fiyatları ve ekonomik büyüme gibi faktörlerden etkilenmektedir. COVID-19 salgınının neden olduğu ekonomik durgunluk ve hızlı toparlanma süreci, Rusya’nın Ukrayna’yı işgali, sert kış koşulları ve sıcak yaz ayları da fiyatların yükselmesine sebep olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminin talebi karşılayamaması ve fosil yakıtlara bağımlılığın devam etmesi, fiyat artışlarını daha da tetiklemiştir.

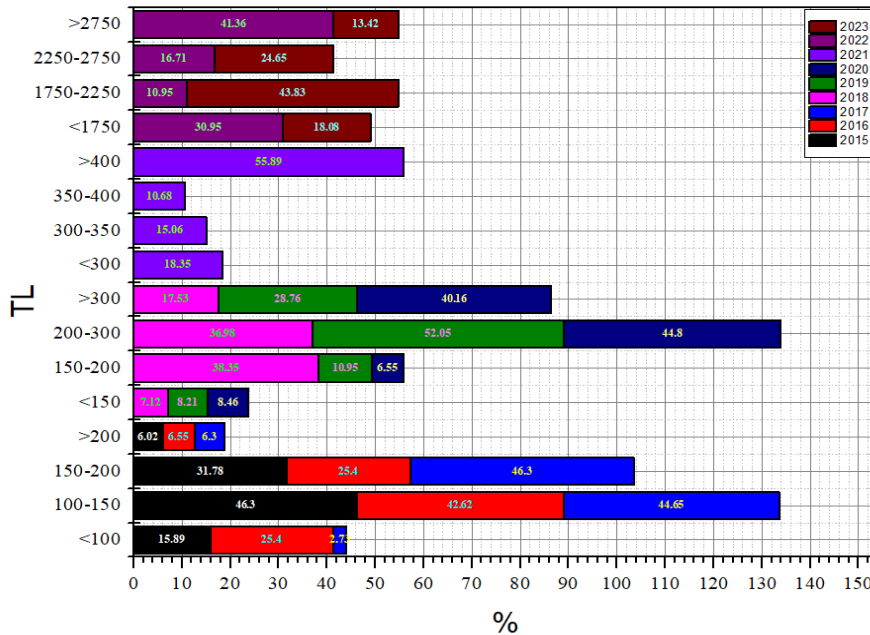
Çizelge 2. 2019-2023 Yılları Boyunca Aylık Hidroelektrik Brüt Elektrik Üretimi (GWh) (TEİAŞ, 2024)

Aylar/Yıllar	2019	2020	2021	2022	2023
Ocak	7664.7	5480.5	4326.2	4716.4	2949.5
Şubat	7180.1	7172.7	4029.1	5040.9	2408.6
Mart	7725.0	9627.6	6206.4	8054.6	5343.2
Nisan	9991.9	9140.0	8074.6	8681.8	7415.4
Mayıs	11607.9	9023.4	5818.7	8668.4	7501.5
Haziran	9618.8	6583.4	4579.1	6950.1	7533.6
Temmuz	7647.2	6741.4	5065.2	5608.5	6510.2
Ağustos	6966.1	7025.9	4841.9	5415.1	5433.0
Eylül	5696.9	5558.6	2881.4	3936.0	3893.4
Ekim	5120.9	4463.9	3289.3	3298.1	3853.7
Kasım	4512.9	3316.3	3125.1	3155.0	4189.3
Aralık	5090.3	3960.5	3689.8	3277.6	6808.5



Şekil 6. 2015-2023 Yıllarındaki Piyasa Takas Fiyatının (PTF) TL Cinsinden Yüzde Dağılımı

Yapılan bir çalışmada 2015-2023 yılları boyunca GÖP'ün değişmesinde rol oynayan yerel ve küresel ana faktörler belirlenmiştir (Pwc Türkiye, 2023). Petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar, elektrik üretim maliyetlerini doğrudan etkileyerek piyasa fiyatlarını yükseltmiştir. COVID-19 salgını, başlangıçta ekonomik durgunluğa yol açarak enerji talebini azaltmış, ancak ardından gelen hızlı toparlanma süreci enerji talebinde ani artışlara ve dolayısıyla fiyatların yükselmesine neden olmuştur (IEA, 2022a; IEA, 2023c). Rusya-Ukrayna silahlı çatışması ise enerji arzını olumsuz etkileyerek, özellikle doğal gaz ve petrol fiyatlarında hızlı artışlara yol açmış ve bu durum Türkiye'deki elektrik fiyatlarına da yansımıştır (Zhang, 2024). Yerel faktörler arasında ise iklim olayları ve yağış rejimindeki değişim ile döviz krizi önemli rol oynamıştır. Özellikle sert kış koşulları ve sıcak yaz ayları, enerji tüketimini artırarak fiyatların yükselmesine neden olmuştur. Döviz kurlarındaki dalgalanmalar ise enerji ithalat maliyetlerini artırarak elektrik fiyatlarını doğrudan etkilemiştir.



Şekil 7. 2015-2023 Yıllarındaki Sistem Marjinal Fiyatının (SMF) TL Cinsinden Yüzde Dağılımı

Avrupa piyasalarında da gerek Rusya-Ukrayna arasındaki silahlı çatışmaların enerji piyasalarında oluşturduğu sıkıntılar gerekse COVID-19 salgını nedeniyle talebin toparlanmasıyla birlikte, Avrupada elektrik fiyatları 2021 başından itibaren istikrarlı bir yükseliş eğilimi göstermiştir (Eurostat, 2023). Ancak, Türkiyede konut elektrik fiyatları Avrupa Birliği ülkeleri ile kıyaslandığında daha düşüktür. Satın alma gücü paritesine (Purchasing Power Parity - PPP) göre 2023 yılı ikinci yarısında Türkiye için konut elektrik fiyatları 0.2246 €/kWh iken, Avrupa Birliği ülkeleri ortalaması 0,2843 €/kWh olarak hesaplanmıştır (Eurostat, 2023). Satın alma gücü paritesi, ülkeler arasındaki fiyat seviyelerini ve yaşam maliyetlerini karşılaştırmak için kullanılan bir ölçüttür. Bu hesaplama yöntemi, Türkiye'deki elektrik fiyatlarının AB ortalamasına kıyasla daha düşük olduğunu ve ülkeler arası gelir düzeyleri dikkate alınarak adil bir karşılaştırma yapılmasını sağlamaktadır. Bu durum, Türkiye'deki elektrik piyasasının dinamiklerinin ve fiyat oluşum mekanizmalarındaki farklılıkları göstermektedir. Çizelge 3'te 2022 yılı sektörel bazdaki elektrik tüketim miktarları verilmiştir (EPDK, 2022).

Çizelge 3. 2021-2022 Yılları Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (MWh-%) (EPDK, 2022)

Tüketici Türü	2021		2022		Değişim (%)
	Miktar (MWh)	Pay (%)	Miktar (MWh)	Pay (%)	
Aydınlatma	525708.12	2.63	521965.50	2.47	-0.71
Mesken	5630563.90	28.20	6035243.91	28.51	7.19
Sanayi	9092379.45	45.53	8693393.18	41.06	-4.39
Tarımsal Sulama	181006.80	0.91	302621.61	1.43	67.19
Ticarethane	4540155.39	22.74	5617326.68	26.53	23.73
Genel Toplam	19969813.67	100	21170550.87	100	6.01

İstanbul Enerji Borsası (EXIST), gün öncesi ve gün içi piyasaları aracılığıyla gerçek zamanlı ticaret fırsatları sunarak, piyasa katılımcılarına kısa vadeli portföyleri yönetme imkânı sağlayan ve giderek daha şeffaf, verimli ve likit hale gelen bir elektrik piyasasını başarıyla kurmuştur. 2018'de EXIST, elektrik ticaretinin %40'ını gerçekleştirmiş ve ikili anlaşmalar, piyasanın daha büyük bir kısmını ele geçirmiştir. EXIST, likiditeyi artırmak ve piyasaya erişimi genişletmek için ek adımlar planlamaktadır. Gelecekteki elektrik piyasaları üzerinde çalışmak için başlangıçta fiziksel yerleşim olmak üzere 2020'de planlanan bir lansman mevcuttur. Gün içi ticaret ile fiziksel teslimat arasındaki sürenin mevcut 60 dakikanın altına düşürülmesi, gün içi piyasayı daha fazla yenilenebilir enerji üreticisine ve talep yanıtına açabilir ve dengeleme ihtiyaçlarını azaltabilir. Ayrıca Avrupa'dan Almanya, Benelüks ülkeleri ile Nordik ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Southwest Power Pool ile ERCOT gibi bölgelerde birçok piyasa 15 dakikalık aralıklara geçmiştir. Bu geçiş, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha iyi entegrasyonunu sağlamayı ve sistem maliyetlerini düşürmeyi amaçlamaktadır (IRENA, 2019; Wartsila, 2023).

Ülkemizin elektrik sistemine ilişkin mevcut ve gelecekteki esneklik potansiyeli ile yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli dikkate alınarak, kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle rüzgâr ve güneş enerjisinin toplam elektrik üretimindeki payının artırılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, 2035 yılına yönelik kurulu güç hedefleri şu şekildedir: Rüzgâr enerjisi için 29.6 GW (24.6 GW karada, 5 GW denizde), Güneş enerjisi için 52.9 GW seviyesine yükseltilmesi planlanmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları için ise, hidroelektrik santrallerde 35.1 GW, jeotermal ve biyokütle enerji santrallerinde ise toplamda 5.1 GW'lık bir kurulu güç hedeflenmektedir (ETBK, 2022).

SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin elektrik piyasasının 2001 yılından itibaren geçirdiği yapısal değişiklikler ve reformlar kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Elektrik piyasasındaki fiyatlandırma mekanizmaları, piyasa dinamikleri ve yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerin etkileri detaylı olarak analiz edilmiştir.

Çalışma sonuçları, Türkiye'nin enerji piyasasının gelecekte daha sürdürülebilir, rekabetçi ve verimli hale getirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Özellikle, Türkiye'de elektrik fiyatlarının son yıllarda hızla yükselmesinin arkasındaki küresel ekonomik faktörler, jeopolitik gerilimler ve artan enerji talebi gibi nedenler belirlenmiştir. Elektrik fiyatlarının 2019 ve 2023 yılları arasında %150 oranında artmasının başlıca nedenleri arasında, fosil yakıt fiyatlarındaki %75'lik artış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yeterli seviyede olmaması yer almaktadır. Ayrıca, COVID-19 salgını sonrası hızlı ekonomik toparlanma ve Rusya-Ukrayna çatışmasının da enerji fiyatları üzerindeki etkisi büyüktür.

Bununla birlikte, Türkiye'nin sınırlı doğal gaz kaynaklarına sahip olması ve bu kaynağa olan ithalat bağımlılığı, elektrik fiyatlarının belirlenmesinde önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Elektrik iletim ve dağıtım altyapısındaki zorluklar, enerji arz güvenliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu da elektrik fiyatlarında dalgalanmalara yol açmaktadır. Sonuç olarak, Türkiye enerji piyasasının sürdürülebilir ve rekabetçi bir yapıya kavuşması için:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması,
- Enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi,
- Uzun vadeli ve entegre enerji politikalarının uygulanması gerektiği tespit edilmiştir.

Bu adımlar, enerji arz güvenliğini sağlamak, dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmaları önlemek açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin enerji politikalarının bu hedeflere ulaşması, piyasa istikrarının korunması ve ekonomik büyümenin desteklenmesi açısından kritik rol oynamaktadır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Adolfson, F., K., Friderike, E.M., Lis and S., & Tobias. (2024). The impact of the war in Ukraine on euro area energy markets, *European Central Bank (ECB) Economic Bulletin*, Issue 4/2022. Erişim adresi: https://www.ecb.europa.eu/press/economicbulletin/focus/2022/html/ecb.ebbox202204_01~68ef3c3dc6.en.html, (Erişim tarihi: 03 Mayıs, 2024).
- Altınbilek, H. D., Bayram, M., & Hazar, T. (1999). The new approach to development project-induced resettlement in Turkey. *Journal of Water Resources Development*, 15(3), 291-300. <https://doi.org/10.1080/07900629948817>.
- Attanayake K., Wickramage I., Samarasinghe U., Ranmini Y., Ehalapitiya S., Jayathilaka R., et al. (2024). Renewable energy as a solution to climate change: Insights from a comprehensive study across nations. *Plos One* 19(6):e0299807. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299807>.)
- Bademli, I. (2013) Turkey:regulations in the new turkish electricity market law regarding the organised wholesale power markets. Retrieved 11 06, 2013, from Mondaq: Erişim adresi: <http://www.mondaq.com/x/241894/Commodities+Derivatives+Stock+Exchanges/Regulations+In+The+New+Turkish+Electricity+Market+Law+Regarding+The+Organised+Wholesale+Power+Market>, (Erişim tarihi: 29 Mayıs, 2013).
- Barbaros, E., Aydın, I., & Celebioglu K. (2021). Feasibility of pumped storage hydropower with existing pricing policy in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110449. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110449>.
- Deloitte. (2010). Turkish electricity market: developments and expectations 2010-2011. Deloitte Türkiye.

- Demirdizen, H. G. (2013). *Market development of renewable energy in Turkey* (Master's Thesis). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>.
- DPT, Devlet Planlama Teşkilatı. (2024). Elektrik enerjisi piyasası ve arz güvenliği strateji belgesi. Erişim adresi: <https://ww4.ticaret.edu.tr/enerji/wp-content/uploads/sites/79/2015/11/Elektrik-Enerjisi-Piyasas%C4%B1-Ve-Arz-G%C3%BCvenli%C4%9Fi-Strateji-Belgesi.pdf>, (Erişim tarihi: 20 Mayıs, 2024).
- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2022). Elektrik Piyasası Sektör Raporu (Ocak).
- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2024a) Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr>, (Erişim tarihi: 23 Mayıs, 2024).
- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2024b). Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-8129/-dengeleme-guc-piyasasi-kapsaminda-etiket-degerle>, (Erişim tarihi: 10 Mayıs, 2024).
- EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2024c). Elektrik piyasası YEKDEM listesi. Erişim adresi: <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-72/elektrikyekdem>, (Erişim tarihi: 02 Mayıs, 2024).
- EPİAŞ, Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (2024a) YEKDEM 2023 fiyat tarifesi. Erişim adresi: <https://www.epias.com.tr/tum-duyurular/piyasa-duyurulari/elektrik/kayit-ve-uzlastirma/01-07-2021-tarihinden-31-12-2030-tarihine-kadar-isletmeye-girecek-yek-belgeli-yenilenebilir-enerji-kaynaklarina-dayali-elektrik-uretim-tesisleri-icin-uygulanacak-fiyatlar-hk-4>, (Erişim tarihi: 02 Mart, 2024).
- EPİAŞ, Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (2024b). Erişim adresi: <https://seffaflik.epias.com.tr/home> (Erişim tarihi: 15 Ocak, 2024).
- ETBK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022).
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024a). Tarihçe. Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/kurumsal-tarihce>, (Erişim tarihi: 23 Mayıs, 2024).
- ETBK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024b). Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı, Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/infobank-energy-electricity> (Erişim tarihi: 01 Mart, 2024).
- Eurostat. (2023). Electricity price statistics.
- Geman H. ve Roncoroni A. (2006). Understanding the fine structure of electricity prices. *The Journal of Business*, 79 (3), 1225-1261. <https://doi.org/10.1086/500675>.
- Guan, Y., Yan, J., Shan, Y. et al. (2023). Burden of the global energy price crisis on households. *Nature Energy*, 8, 304–316. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01209-8>.
- IEA, International Energy Agency. (2019). Renewables 2019, Erişim adresi: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>, (Erişim tarihi: 01 Şubat, 2024.)
- IEA, International Energy Agency. (2021). Turkey 2021-energy policy review. Erişim adresi: www.iea.org (Erişim tarihi: 24 Eylül, 2022)
- IEA, International Energy Agency. (2022a). Electricity Market Report-January 2022. Erişim adresi: www.iea.org (Erişim tarihi: 24 Kasım, 2022)
- IEA, International Energy Agency. (2022b). Energy Efficiency 2022. Erişim adresi: www.iea.org (Erişim tarihi: 24 Eylül, 2023)
- IEA, International Energy Agency. (2023a). Renewables 2023. Erişim adresi: www.iea.org (Erişim tarihi: 10 Şubat, 2024)
- IEA, International Energy Agency. (2023b). World Energy Outlook 2023. Erişim adresi: www.iea.org (Erişim tarihi: 10 Mart, 2024)
- IEA, International Energy Agency. (2023c). World Energy Investment 2023. Erişim adresi: www.iea.org (Erişim tarihi: 01 Mart, 2024)
- IRENA, The International Renewable Energy Agency. (2019). Innovation landscape brief: Increasing time granularity in electricity markets, Abu Dhabi.

- Kaya, F. T. (2012). Worth of Imbalance. *Bulletin of Energy Market*, pp.17-20.
- Özkaya, Y. S. (2024). Enerji, Su Kaynakları ve Çevre Haber Bülteni, Dışişleri Bakanlığı Yayınları, Sayı XIV, Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Erişim adresi: <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa#:~:text=T%C3%BCrkiye'nin%2C%20hidroenerji%2C%20jeotermal,%C5%9Fansl%C4%B1%20b%C3%B6lgelerinden%20birinde%20yer%20almaktad%C4%B1r> (Erişim tarihi: 07 Ağustos, 2024)
- PwC Türkiye. (2023). Overview of the Turkish electricity market. Erişim adresi: <https://www.pwc.com.tr/overview-of-the-turkish-electricity-market> (Erişim tarihi: 7 Ağustos 2024).
- TEİAŞ, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2024). Aylık Elektrik Üretim-Tüketim Raporları, Erişim adresi: <https://www.teias.gov.tr/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari> (Erişim tarihi: 02 Mayıs, 2024).
- Tigrek, Ş. ve Kibaroğlu, A. (2011). Strategic role of water resources for Turkey. In A. Kibaroğlu, & W. Scheumann, *Turkey's Water Policy*, Springer, pp. 27-42.
- Wärtsilä. (2023). How shorter time resolution is the key to decarbonising energy markets. Erişim adresi: <https://www.wartsila.com/insights/article/how-shorter-time-resolution-is-the-key-to-decarbonising-energy-markets> (Erişim tarihi: 07 Ağustos, 2024).
- Yuksel, I. ve Demirel, I.H. (2018). Determination of hydroelectric potential in Sakarya in Turkey by using trend analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (11), 7257-7264.
- Yuksel, I., Arman, H., & Demirel, I.H. (2020). Determining of small hydropower in The Eastern Black Sea Basin in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29 (04), 2411-2420.
- Yuksel, I. ve Demirel, I.H. (2021). Investigation of the optimal method for determining hydropower potential of small streams: a case study Batman Basin in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 14 (580), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06877-y>.
- Zhang, Q., Hu, Y., Jiao, J. et al. (2024). The impact of Russia-Ukraine war on crude oil prices: an EMC framework. *Humanit Soc Sci Commun* 11 (8). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02526-9>.