

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
VE
TÜRKİYE HİDROELEKTRİK ENERJİ
PLANLAMASI**

**CLIMATE CHANGE AND TÜRKİYE HYDROELECTRIC
ENERGY PLANNING**

*Özgür SARHAN
Tuğba ATLI
Funda GÜNDOĞAN*

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TÜRKİYE HİDROELEKTRİK ENERJİ PLANLAMASI

Özgür SARHAN
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Tuğba ATLI
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Funda GÜNDOĞAN
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Özet

Bakanlığımızın strateji ve politikaları; enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yerli/yenilenebilir kaynakların ekonomiye kazandırılması temellerine dayanmaktadır. Bu çalışmanın ilk aşamasında Türkiye elektrik kurulu gücünde ve elektrik üretiminde hidroelektrik santrallerin payı incelenmiş, kısa ve uzun dönemli hava tahminleri ve yağış projeksiyonları çerçevesinde hidroelektrik üretim ve mevsimsellik ilişkisi ele alınmış ve değerlendirilmiştir. İklim değişikliğinin hidroelektrik santrallerden elde edilen elektrik enerjisi üzerindeki olumsuz etkisi nedeni ile enerji ithalatına olan bağımlılığımız artmaktadır. 2015 yılına kadar doğal gaz santralleri ile hidroelektrik santraller benzer üretim profili çizerken bu yıldan sonra yaşanan kuraklıklarla beraber birbirlerini tamamlayıcı şekilde bir çalışma rejimine geçmişlerdir. Son dönemde enerji emtia fiyatlarında yaşanan hızlı yükselişin ana sebepleri arasında pandemi sonrası hızla artan enerji talebi, tedarik zincirlerinde oluşan sorunlar sebebiyle arzın talebi karşılayamaması, küresel iklim değişikliği nedeniyle yaşanan kuraklık ve spekülasyon hareketleri ayrıca Rusya-Ukrayna krizi gösterilebilmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kurak dönemlerde hidroelektrik santrallerden üretilmeyen enerji açığının farklı kaynaklardan tedarik edilmesi gerekmekte olup bu da enerji ithalat maliyetlerinde ciddi artışlara sebep olmaktadır. Bu çalışmanın son aşamasında 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi esas alınarak 2035 yılına kadar olan dönemi kapsayan Türkiye Ulusal Enerji Planı tüm yönleriyle değerlendirilmiştir. Plan hazırlanırken nüfus, ekonomik gelişim, yakıt fiyatları gibi temel göstergeler dikkate alınarak sanayi, mesken, hizmetler, tarım ve ulaştırma sektörlerinde enerji talebi oluşturan sektörel aktiviteler tahmin edilmiştir. Mevcut durumda kurulu güç içinde en fazla paya sahip olan hidroelektrik santrallerin payı, maksimum kurulu güç potansiyeline yaklaşmış bulunmaktadır. Bu plana göre, hidroelektrik santrallerin kurulu gücünün orta-uzun dönemde 35,1 gigavat (GW)'a çıkacağı belirtilmiştir. Toplam elektrik üretimindeki artışın etkisiyle hidroelektrik santrallerin toplam üretimdeki payının 2035 yılında %17,3 olması beklenmektedir. Söz konusu çalışma yazarların kişisel çalışması olup Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının resmi görüşü olarak değerlendirilemez.

Anahtar Kelimeler

Enerji, Hidroelektrik santral, Enerji planlaması, İklim değişikliği, Elektrik fiyatları

CLIMATE CHANGE AND TÜRKİYE HYDROELECTRIC ENERGY PLANNING

Özgür SARHAN

Ministry of Energy and Natural Resources

Tuğba ATLI

Ministry of Energy and Natural Resources

Funda GÜNDOĞAN

Ministry of Energy and Natural Resources

Abstract

Strategies and policies of the Ministry are based on the principles of ensuring energy supply security, diversifying energy resources and bringing domestic/renewable resources into the economy. In the first stage of this study, the share of hydroelectric power plants in Türkiye's installed power and electricity production was examined, and the relationship between hydroelectric generation and seasonality was discussed and evaluated within the framework of short and long-term weather forecasts and precipitation projections. Due to the negative impact of climate change on the electrical energy obtained from hydroelectric power plants, our dependence on energy imports has been increasing. While natural gas power plants and hydroelectric power plants had a similar production profile until 2015, they switched to a complementary working regime with the droughts experienced after this year. Among the main reasons for the rapid increase in energy commodity prices in the recent period, the rapidly increasing energy demand after the pandemic, the inability of the supply to meet the demand due to the problems in the supply chains, the drought and speculative movements due to global climate change, as well as the Russia-Ukraine crisis can be shown. As in the whole world, the energy deficit, which cannot be produced from hydroelectric power plants in our country during dry periods, needs to be supplied from different sources, and this has led to serious increases in energy import costs. In the last stage of this study, Türkiye's National Energy Plan covering the period until 2035 was evaluated in all its aspects, based on the 2053 Net Zero Emission Target. While preparing the plan, energy demand and sectoral activities in the industry, housing, services, agriculture and transportation sectors were estimated by taking into account the basic indicators such as population, economic development and fuel prices. Currently, the share of hydroelectric power plants, which have the largest share in the installed power, has approached the maximum installed power potential. According to this plan, it is stated that the installed power of hydroelectric power plants will increase to 35.1 gigawatt (GW) in the medium-long term. With the effect of the increase in total electricity production, the share of hydroelectric power plants in total generation is expected to be 17.3% in 2035. The study is the personal work of the authors and cannot be considered as the official opinion of the Ministry of Energy and Natural Resources.

Keywords

Energy, Hydroelectric power plant, Energy planning, Climate change, Energy prices

1. Giriş

Bakanlığımızın strateji ve politikaları; enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yerli/yenilenebilir kaynakların ekonomiye kazandırılması temellerine dayanmaktadır. Bu kapsamda Ülkemiz, 2017 yılında Milli Enerji ve Maden Politikasını açıklamıştır. Enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerjide ve doğal kaynaklarda öngörülebilir piyasalar ve yerleştirme başlıkları bu belgenin sac ayaklarını oluşturmuştur. Bu bağlamda doğal gaz ve yenilenebilir enerji alanında önemli yatırımlar gerçekleştirilmiş ve arz güvenliği konularında ek önlemler alınmıştır.

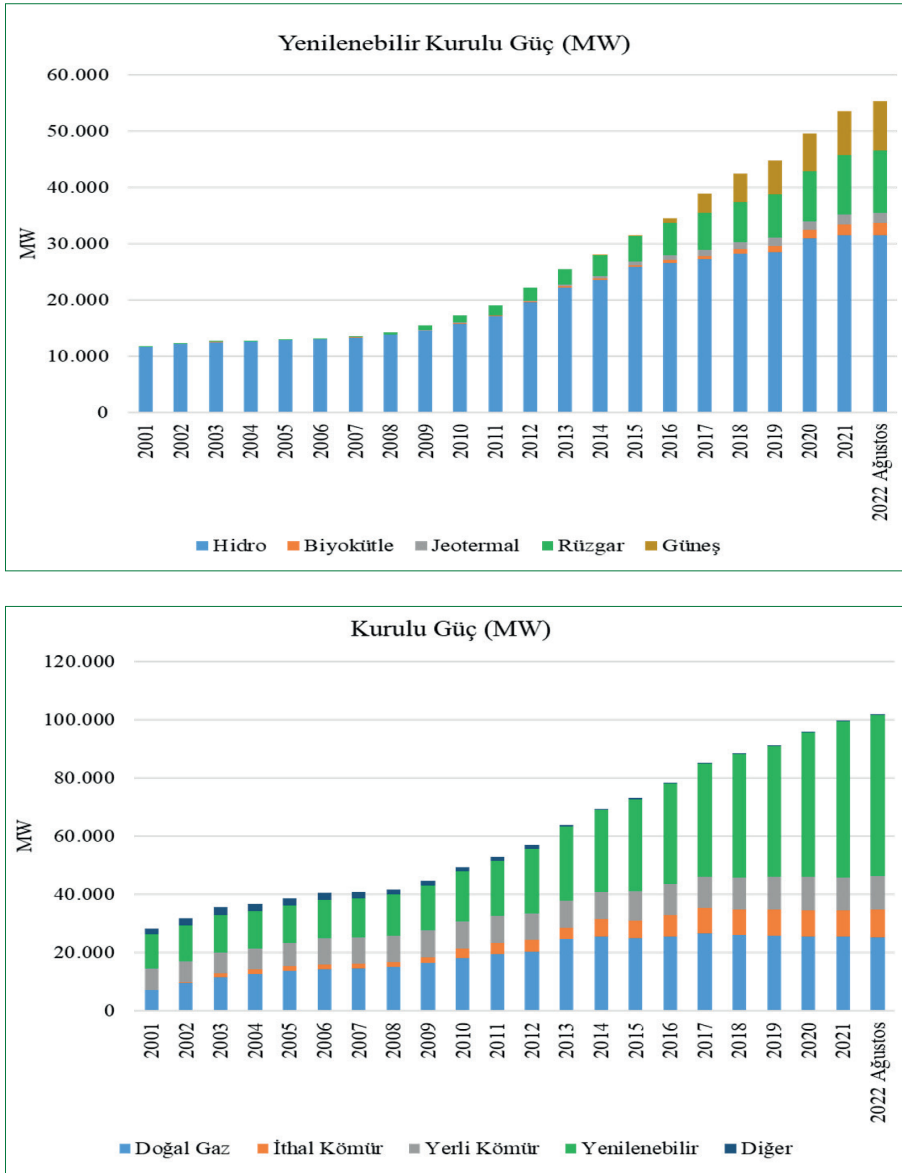
Bilindiği üzere enerji kaynaklarımızı verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde değerlendirerek ülke refahına en yüksek katkıyı sağlama misyonu çerçevesinde, enerjide ithalat bağımlılığını azaltma adına yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızdan maksimum seviyede faydalanarak elektriğin kaliteli, sürekli, uygun maliyetli ve çevreye duyarlı bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması doğrultusunda politikalar benimsenmektedir. Ayrıca 11. Kalkınma Planı ve Bakanlığımız 2019-2023 Stratejik Planı'nda da enerjide ithalat bağımlılığını azaltma doğrultusunda hedefler benimsenmiştir. Bu kapsamda özellikle son 10 yıllık dönemde yerli ve yenilenebilir elektrik kapasitemizde kayda değer bir ilerleme gerçekleşmiştir.

2. Türkiye Enerji Görünümü

2001 yılında 28.332 megavat (MW) olan elektrik kurulu gücümüzün %41,4'lük kısmına karşılık gelen yenilenebilir kaynaklara dayalı kurulu gücümüzde özellikle de 2017 yılında ilan edilen Milli Enerji ve Maden Politikası sonrasında gözle görülür bir ilerleme kaydedilmiştir. Bu doğrultuda 2016 yılının sonunda 78.497 MW değerinde olan elektrik kurulu gücümüz 2022 yılı ağustos ayı sonu itibarıyla 102.043 MW seviyesine ulaşmıştır. Bu kapasitenin %65,3'ü yerli, %54,3'lik kısmı ise yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır.

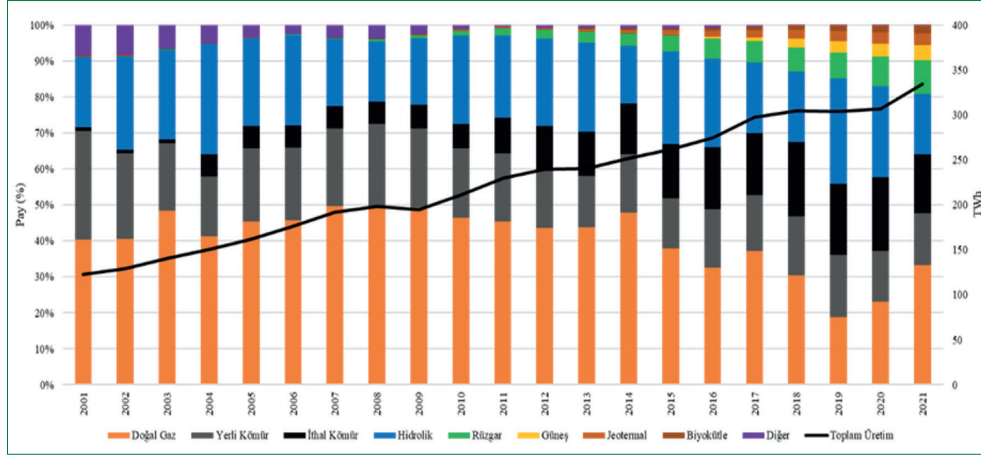
Enerji sektörüne ilişkin ana strateji belgesi olan Bakanlığımız 2019-2023 Stratejik Planında 2023 yılı sonuna kadar; rüzgâr enerjisinde 11.883 MW, güneş enerjisinde 10.000 MW, hidroelektrik enerjide 32.037 MW, jeotermal ve biyoküttele ise toplam 2.884 MW kurulu güce ulaşılması hedeflenmiştir. 2022 yılı ağustos ayı sonu itibarıyla ülkemizin elektrik kurulu gücünün 31.568 MW'ı hidroelektrik, 8.793 MW'ı güneş enerjisi, 3.894 MW'ı jeotermal ile biyokütle enerjisi, 11.137 MW'ı ise rüzgar enerjisinden oluşmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ETKB, 2022). (Şekil 1)

Kaynaklara göre üretim değerlerinin yer aldığı Şekil 2'de 2021 yıl sonu itibarıyla toplam elektrik üretiminin yaklaşık 335 teravat saat (TWh) olduğu görünmektedir. Oldukça kurak bir yıl olmasına rağmen 2021 yılı elektrik üretiminin %16,7'si hidroelektrik kaynaklardan karşılanmıştır. 2000'li yıllarda yıllık bazda elektrik üretiminde hidroelektrik kaynakların payı mevsimsel etkiler nedeniyle %16 ila %31 arasında değişiklik göstermiştir.

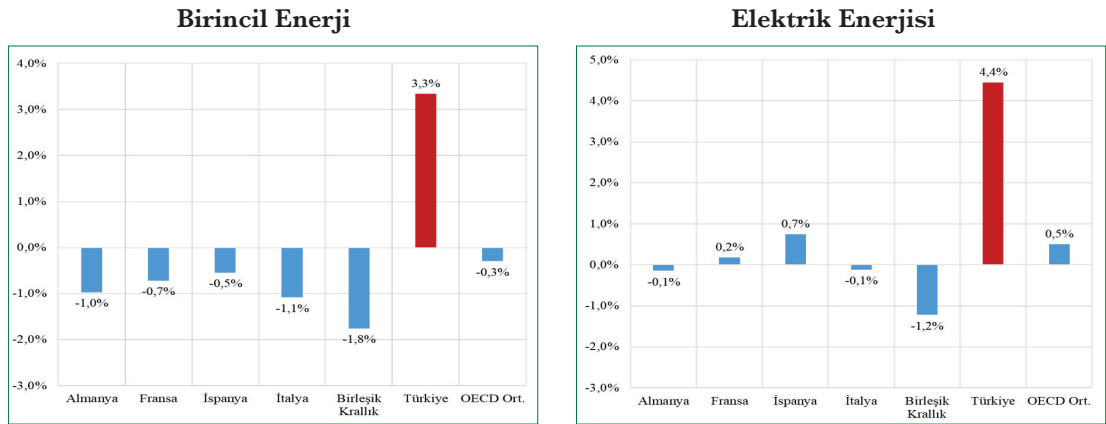


Şekil 1. Kurulu güç (MW) /yenilenebilir kurulu güç (MW) Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ, 2022)

Ülkelere göre talep artış oranlarının incelendiğinde, 2000-2020 arası yirmi yıllık dönemde ülkemizin birincil enerji ortalama enerji talep artış oranı benzer ülkelerden yüksek seyretmektedir. Şekil 3'te görüleceği üzere yirmi yıllık dönemde ülkemizin ortalama birincil enerji talep artışı %3,3'tür. Yine aynı dönem için elektrik enerjisi talep artış oranına baktığımızda ülkemiz %4,4'lük oran ile Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri içinde en yüksek orana sahip ülkelerden biridir.



Şekil 2. Kaynaklara göre elektrik üretimi (TEİAŞ, 2022)

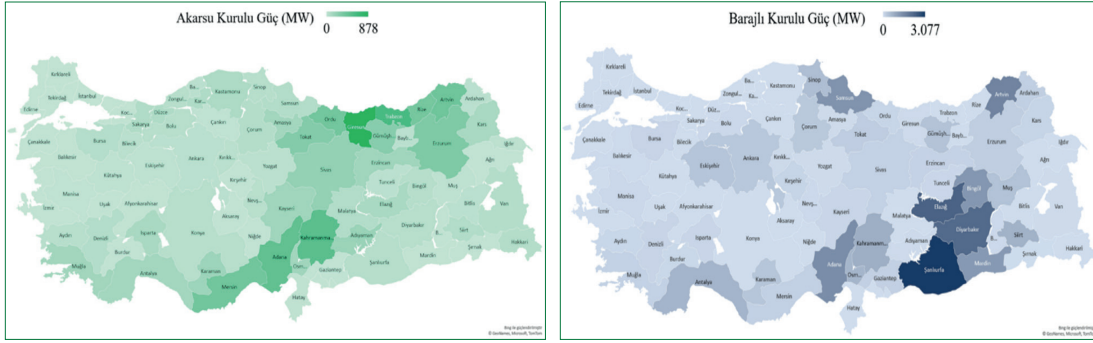


Şekil 3. 2000-2020 arası ortalama birincil enerji-elektrik enerjisi talep artış oranı. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA,2022)

3. Türkiye’de Hidrolik Enerji

2022 yılı ağustos sonu itibarıyla ülkemizde 8.293 MW kurulu gücünde 609 adet akarsu santrali ve 23.275 MW gücünde 141 adet barajlı hidroelektrik santral bulunmaktadır. Hidrolik kurulu gücünün %56’sı, barajlı kurulu gücünün %41’i özel sektöre aittir.

Ülkemizin hidroelektrik üretim kapasitesi genelde yurdumuzun doğu kesimlerinde yoğunlaşmaktadır. Bu durum hidroelektrik enerjinin, elektrik sistem yönetimi ve dengelemedeki önemini artırmaktadır. Tüketimin fazla olduğu iller batı bölgesinde yer almaktadır. En önemli tüketim merkezi İstanbul’dur. İzmir, Bursa, Antalya ve Kocaeli gibi iller de yine tüketimin yoğun olduğu illerdir. (Şekil 4)

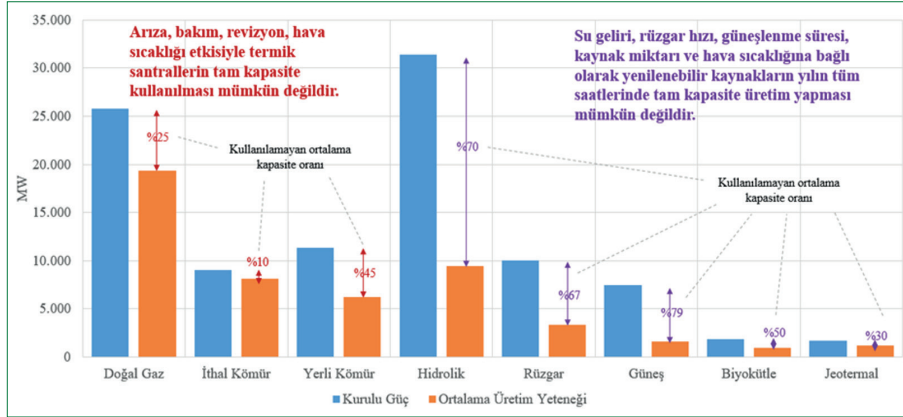


Şekil 4. Akarsu/barajlı hidroelektrik santrallerin kurulu güç dağılımı (TEİAŞ, 2022)

Hidrolik enerji, kurak ve sulak mevsim durumuna göre yıllık elektrik üretiminin önemli bir bölümünü karşılayabilmektedir. Elektrik üretimi amaçlı kullanımının yanı sıra hidrolik santraller özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında tarımsal sulama ihtiyacını karşılamada, feyzan dönemlerinde artan su seviyelerinin kontrollü bir şekilde depolanması neticesinde sel ve taşkın etkisinden yerleşim yerleri ve tarım alanlarının korunmasında, barajlar vasıtasıyla içme ve kullanma suyunun temininde, balıkçılık faaliyetleri yapılmasına imkan sağlayarak ülkemizde istihdam alanı sağlamakta ayrıca turizm, ulaşım ve çeşitli spor faaliyetlerinde de kullanılmaktadır. Bu nedenle hem elektrik arz güvenliği hem de diğer faaliyetler göz önüne alındığında hidrolik enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Elektrik sisteminde kurulu güç değeri üretim anlamı taşımamaktadır. Santrallerin arıza ya da bakımda olması, tesislerin yaşlanması ve sıcaklık etkisi ile verimlilik kaybı, şebeke kısıtı ve kaynak yetersizliği gibi nedenler kurulu gücün tam kapasite kullanımını engellemektedir. Çeşitli sebeplerle devre dışı kalan santrallerin sistemden çıkması ile üretim yeteneği olan kullanılabilir kapasite oluşmaktadır.

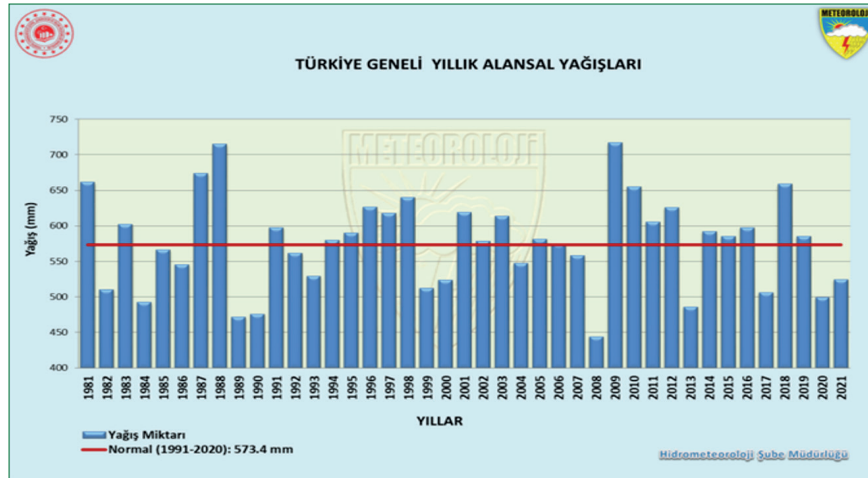
Şekil 5'te görüleceği üzere kurulu güce göre en yüksek ortalama üretim yeteneğine ithal kömür santralleri sahipken doğal gaz, yerli kömür, rüzgâr ve güneş gibi kaynaklarda bu oran düşmektedir. Hidrolik kaynaklarda ise yıllık ortalamada kurulu gücün neredeyse %70'i çalışmazken %30'luk kısmı emre amade kapasite olarak sistemde yer almaktadır. Kuraklık hidroelektrik santrallerin çalışma rejimlerini etkilemektedir. 2020 ve 2021 yıllarında yaşanan kuraklık nedeni ile uzun yıllar ortalama hidrolik üretimi 83 milyar kilowat saat (kWh)'ten 56 milyar kWh'e düşmüştür. 27 milyar kWh'lik açığın başka kaynaklardan üretilmesi gerekmiştir. Sistemde kesintili kaynakların yönetilmesi ancak baz yük olarak çalışan santrallerle olabilmektedir.



Şekil 5. Santrallerin kurulu güç ve ortalama kapasite kullanımı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB, 2022a)

4. Hidroelektrik Üretim ve Mevsimsellik İlişkisi

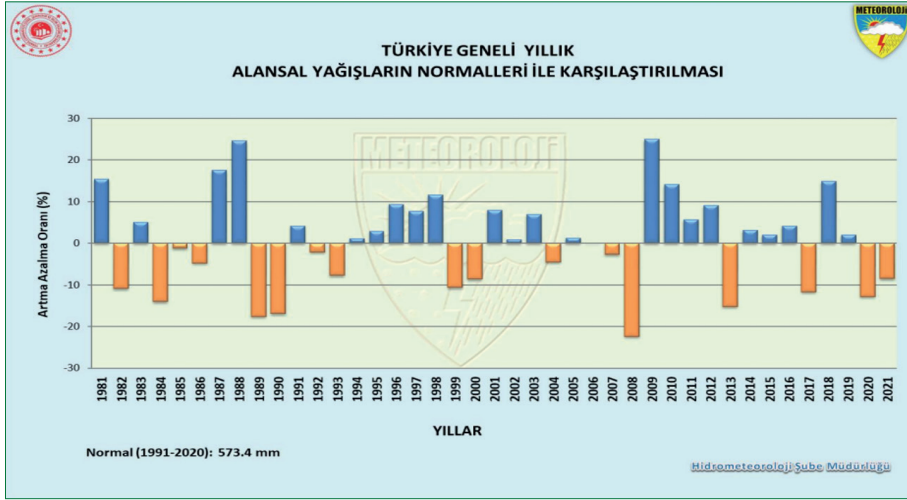
Türkiye geneli yıllık alansal yağışların uzun yıllar ortalaması 573,4 mm/yıl'dır. Yıllık alansal yağış ortalamalarına bakıldığında 2008, 2013, 2017, 2020 ve 2021 yılları mevsim normallerinin altında gerçekleşmiştir. Bu yıllar ve takip eden yılda feyzan döneminde kuraklık etkisinden dolayı beklenen suların gelmemesi neticesinde elektrik üretiminde hidroelektrik enerji payında dramatik düşüşler gerçekleşmiştir. (Şekil 6)



Şekil 6. Türkiye geneli yıllık alansal yağışları (Erkan vd., 2022)

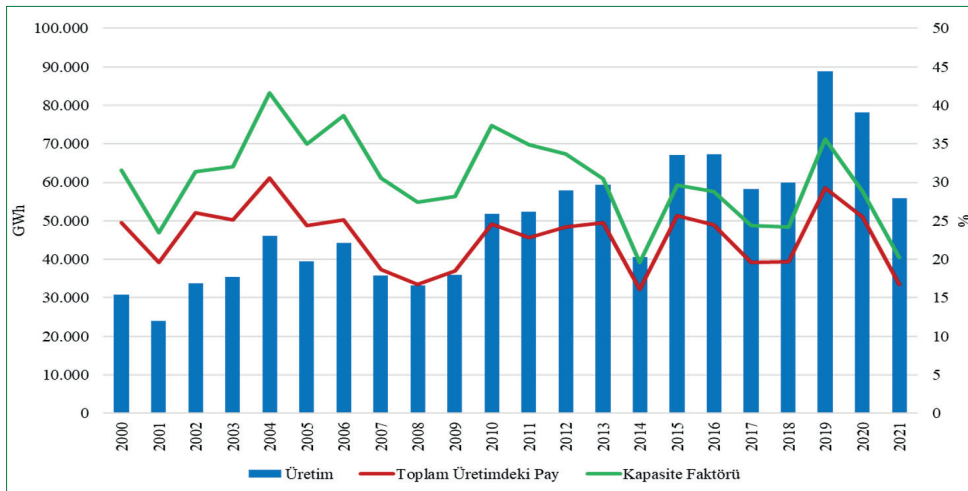
Ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz Havzası, küresel iklim değişikliğine karşı yerkürenin en hassas bölgelerinden birisidir. Akdeniz Havzası'nda gerçekleşecek 2°C'lik bir sıcaklık artışının, beklenmeyen hava olayları, sıcak hava dalgaları, orman yangınlarının sayısında ve etkisinde artış, kuraklık ve bunlar dolayısıyla biyolojik çeşitlilik kaybı, tarımsal verim kaybı ve en önemlisi kuraklık olarak etkilerini hissettirmesi beklenmektedir.

Türkiye geneli yıllık alansal yağışların normalleri ile karşılaştırıldığında 2020 ve 2021 yılı yağışları normallerin altında kalmıştır. Yaklaşık yedi yılda bir kuraklık döngüsü yaşanan ülkemizde son yedi yıllık periyotta birden fazla kuraklık yaşanmıştır. (Şekil 7)



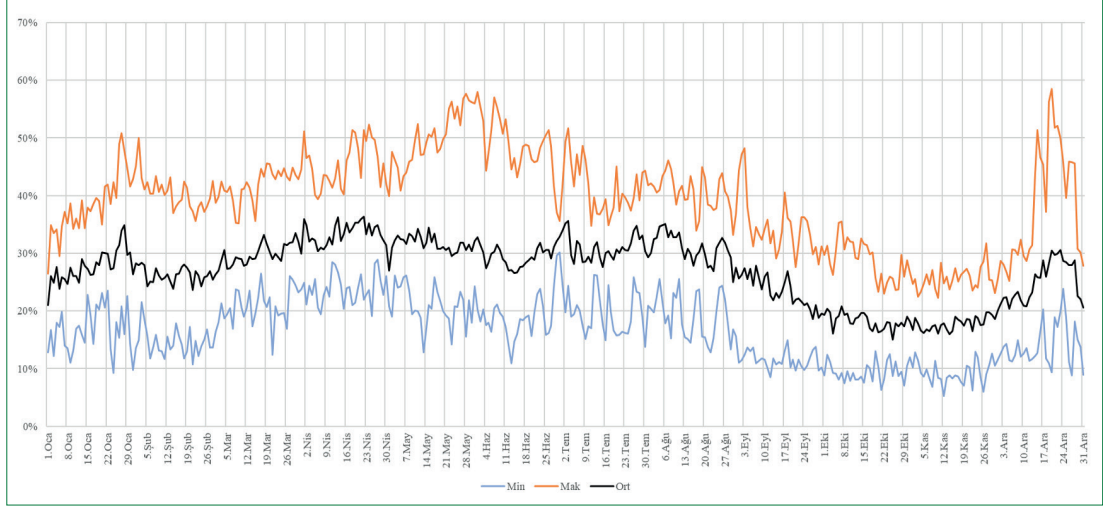
Şekil 7. Türkiye geneli yıllık alansal yağışların normalleri ile karşılaştırılması (Erkan vd., 2022)

Yaşanan kuraklık hidrolik kaynaklı elektrik üretimine doğrudan yansımaktadır. Şekil 8'de yıllara göre hidrolik kaynaklı elektrik üretimi ve hidrolik santrallerin kapasite faktörüne ilişkin bilgiler yer almaktadır. 2001 yılından bu yana santrallerin yıllık kullanım oranını gösteren kapasite faktörünün %20 ile %41 arasında gerçekleştiği görülmektedir. Örneğin 2019 yılı son yılların en yağışlı yılı olarak kayda geçmiş olup bu yıldaki üretim 88.823 TWh'e ulaşmıştır. 2021 yılında ise hidrolik kaynaklı üretim yağışların azalması ile birlikte 55.927 TWh'e gerilemiştir.



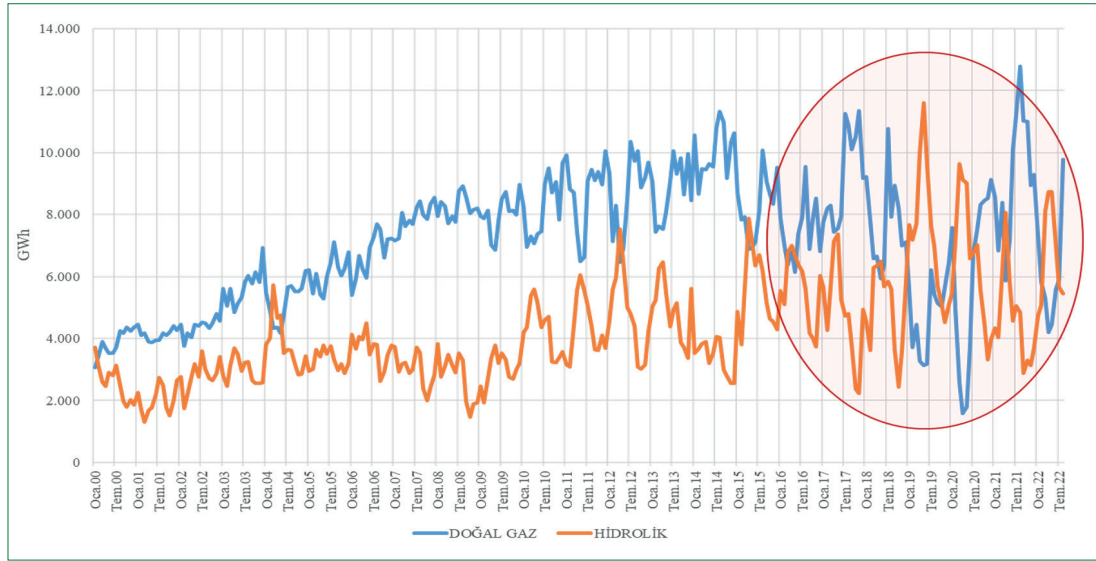
Şekil 8. Hidrolik santrallerde üretim ve kapasite faktörünün yıllara göre değişimi (TEİAŞ, 2022)

Barajlı hidrolik santrallerin günlük kapasite faktörü maksimumda %60'lara ulaşırken minimumda %7-8'lere kadar düşmektedir. Ortalamada feyazan döneminde Nisan-Mayıs aylarında barajlı hidrolik santrallerin kapasite faktörü değerlerinde artış görülmektedir. Yazın hidrolik üretime ihtiyaç duyulurken son dönemlerde kış döneminde hidrolik elektrik yoğun şekilde kullanılmaktadır. (Şekil 9)



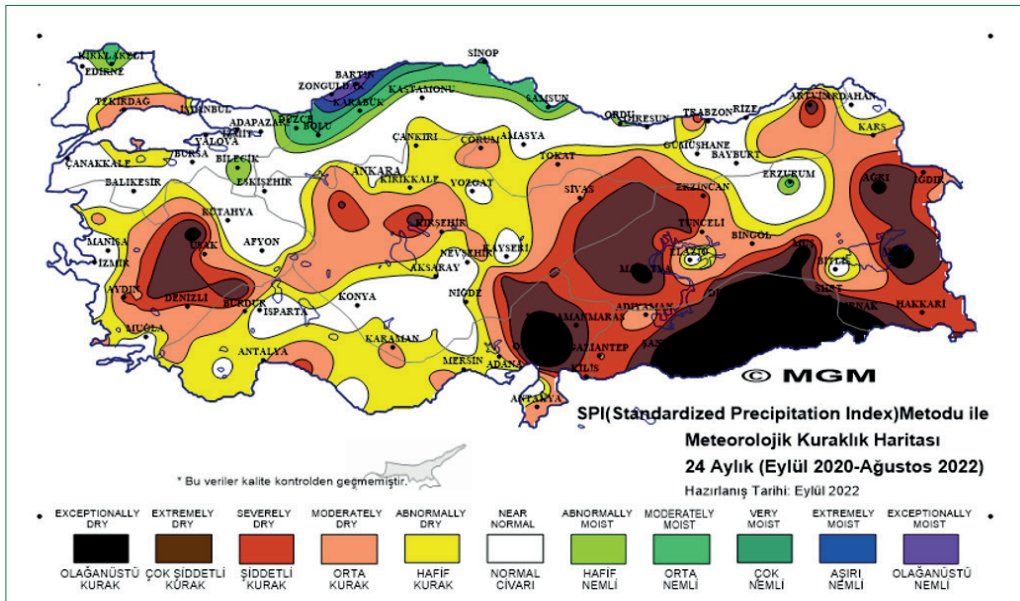
Şekil 9. Barajlı hidrolik santrallerin kapasite faktörü (TEİAŞ, 2022)

Hidrolik santraller ile doğal gaz santralleri elektrik üretiminde son dönemde birbirini tamamlayıcı rol oynamaktadır. 2015 yılına kadar birlikte artış yaşanırken bu yıldan sonra birbirlerini ikame etme yönünde çalışmaya devam ettikleri görülmektedir. Hidroelektrik tarafında üretim az ise doğal gaz santrallerinde üretim artmaktadır. Son iki senedir bu şekilde bir çalışma rejimi izlenirken suyun tutulması gerektiği zamanlarda doğal gaz santralleri çalışmıştır. Hidroelektrik santrallerin elektrik sistemine en büyük katkısı barajlarda suyun biriktirilebilmesi ile ihtiyaç duyulan zamanlarda üretime destek vermesi, diğer kaynaklardan üretim yapıldığında suyun depolanarak tutulabilmesidir. (Şekil 10)



Şekil 10. Barajlı hidrolik santraller ile doğal gaz santrallerinin kapasite faktörleri (TEİAŞ, 2022)

Türkiye iki yıllık kuraklık haritası incelendiğinde 2020 yılının Eylül ayından 2022 yılının ağustos ayına kadarki dönemde, yurdumuzun tamamında değişen şiddetlerde kuraklık yaşandığı görülmektedir. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinin neredeyse tamamında olağanüstü ve çok şiddetli kuraklık yaşanırken Doğu Anadolu Bölgesi'nde çok şiddetli kuraklık yaşandığı, Ege Bölgesi'nin iç kesimlerinde çok şiddetli kuraklık yaşandığı, yurdumuzun geri kalan bölgelerinde ise normalleri civarında olduğu değerlendirilmektedir. (Şekil 11)



Şekil 11. Türkiye kuraklık haritası (2 yıllık). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM,2022a)

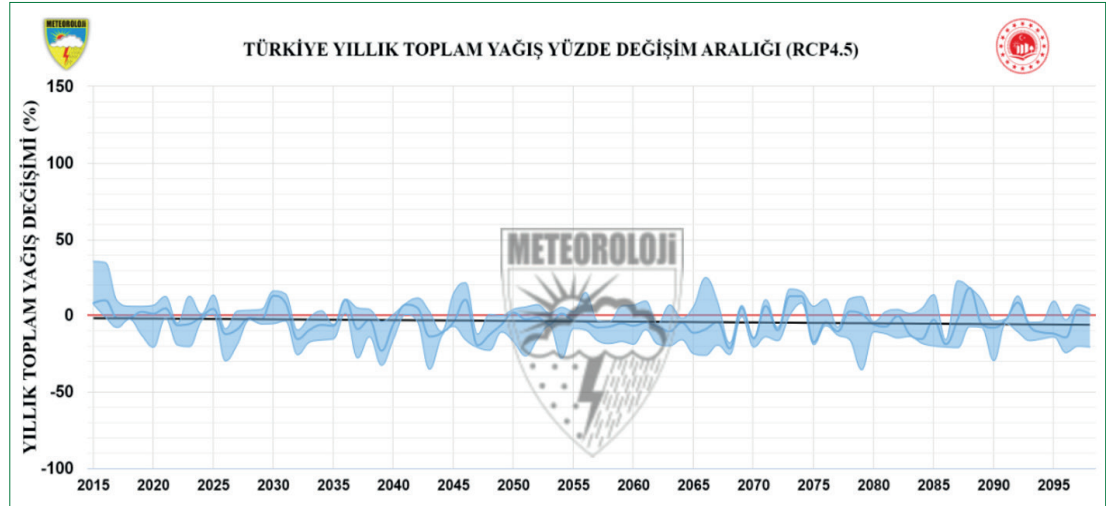
5. Kısa ve Uzun Dönemli Tahminler

Kısa dönemde, ulusal ve uluslararası kuruluşların tahminleri takip edilmektedir. On günlük tahminler genellikle tutarlı olurken altı aylık tahminlerde zaman zaman sapmalar yaşanmaktadır. Örneğin altı ay öncesinden çok yağışlı bir dönem tahmin edilirken, tahmin edilen ay döneminde kuraklık yaşanabilmektedir. Bu tarz değişiklikler hidroelektrik santrallerin elektrik sistemine vereceği katkıyı sürekli değiştirmektedir. Bu açıdan planlamaların iyi yapılması ve sürekli güncellenmesi gerekmektedir.

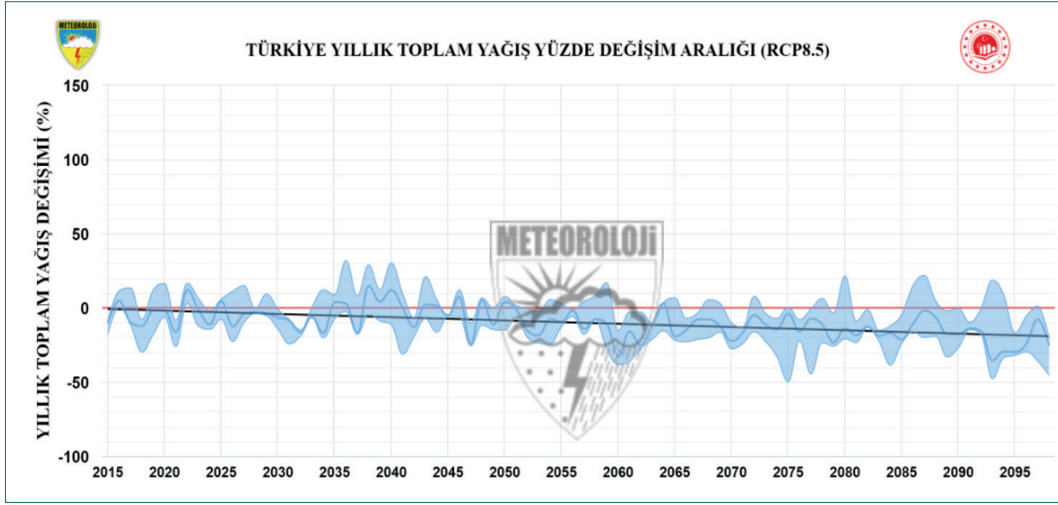
6. Yağış Projeksiyonları

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün iklim projeksiyon göre, yağışlarda genel olarak azalma beklenirken sürekli bir artış ya da azalış trendi olmadığı, bunun yanında yağış düzensizliklerinin artma eğiliminde olduğu Şekil 12 ve 13'te görülmektedir. Uzun vadede özellikle 2050 yılında Fırat ve Dicle Havzasında olması beklenen yağış azlığı hidroelektrik üretimini doğrudan etkileyecektir.

Temsili konsantrasyon rotası RCP4.5 senaryosuna göre 2016-2099 döneminde Türkiye yıllık toplam yağış anomalisinin ortalama olarak %3 ile %6 aralığında azalması beklenmektedir. Temsili konsantrasyon rotası RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2099 döneminde Türkiye yıllık toplam yağış anomalisi değişiminin ortalama olarak %12 ile %3 aralığında olması beklenmektedir.



Şekil 12. Türkiye yıllık toplam yağış %değişim aralığı (RCP4.5) (MGM,2022b)



Şekil 13. Türkiye yıllık toplam yağış %değişim aralığı (RCP8.5) (MGM, 2022b)

7. İklim Değişikliği

Küresel ısınma atmosferin dünya yüzeyine yakın kısımlarında ortalama sıcaklığının doğal olarak ya da insan etkisiyle artması olarak tanımlanmaktadır. Dünya yüzeyinde sıcaklık bazı faktöre göre tayin edilmektedir. Bunlar; dünyanın aldığı güneş ışığı miktarı, dünyanın yansıttığı güneş ışığı miktarı, sıcaklığın atmosfer tarafından tutulması ve su buharının evaporasyonu ve yoğunlaşmasıdır.

Ayrıca, jeolojik kayıtlar, buzulların hacminde azalma, denizlerin yükselmesi, göllerdeki su sıcaklığının artışı, güncel ölçümler, matematiksel modeller ve aerosoller küresel ısınmayı gösteren kaynaklardır (Aksay vd., 2005).

İklim değişikliği çerçevesinde dünyada atılan adımlar şu şekilde ilerlemiştir; 1896 yılında sera gazlarının yüzey sıcaklıkları değişimine etkilerine dair ölçümler yapılmaya başlanmış, 1958 yılında Mauna Loa gözleminde CO₂ konsantrasyonu ölçümleri gerçekleştirilmiş, yıl 1969 olduğunda NASA tarafından asit yağmurlarının sera gazı etkileri üzerine araştırmalar yürütülmüş, 1979 yılında ise 1. İklim Kongresi gerçekleştirilmiştir. 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuş ardından 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır. 1995 yılında Taraflar Konferansı (COP) toplantıları yapılmaya başlanmıştır. BMİDÇS'nin ilk uygulamam anlaşması niteliğinde olan Kyoto Protokolü, 1997 yılında kabul edilmiş olup 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir. 2020 sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe giren Paris Anlaşması, kabulünün üzerinden bir yıl geçmeden yürürlüğe giren ilk küresel anlaşmadır.

Ülkemiz, 20 Eylül 2015 tarihinde, 2030 yılı itibariyle gerçekleşmesi öngörülen “Niyet Edilen Ulusal Katkı” beyanını %21’e varan artıştan azaltım olarak açıklamıştır. (2015 yılında Paris Anlaşmasına henüz taraf olmadığımız için anılan beyan ‘Niyet Edilen’ olarak adlandırılmaktadır.) Paris Anlaşması 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Kararı ile onaylanmış olup, iç hukuk onay süreci tamamlanmıştır.

Paris Anlaşması, insan kaynaklı sera gazı salımlarının neden olduğu küresel sıcaklık artışını uzun vadede, sanayileşme öncesi döneme kıyasla 2 santigrat derecenin altıyla sınırlamayı hedeflemektedir; bu konuda 1,5 santigrat dereceyi yakalamanın önemine dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra, Paris Anlaşmasıyla ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadelede ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkesi çerçevesinde katkıda bulunmaları hususu teyit edilmiştir (Paris Anlaşması, 2023).

Ülkemizin iklim değişikliği kapsamındaki ulusal vizyonu Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi ile ortaya konulmuştur. Bu konuda ülkemiz ulusal vizyonu, iklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş; enerji verimliliğini yaygınlaştırmış; temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmış; iklim değişikliğiyle mücadelede özel şartları çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yüksek yaşam kalitesiyle refahı tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğu ile sunabilen bir ülke olmuştur.

Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023) belgesinde Türkiye’nin iklim değişikliğiyle küresel mücadele kapsamındaki temel amacı, insanlığın ortak kaygısı olan iklim değişikliğini önlemeye yönelik uluslararası taraflarla işbirliği içerisinde, tarafsız ve bilimsel bulgular ışığında ortak akılla belirlenmiş küresel çabalara, sürdürülebilir kalkınma politikalarına uygun olarak, ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar prensibi ve Türkiye’nin özel şartları çerçevesinde katılmak olarak ifade edilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2010).

İklim değişikliği ile deniz seviyesinin yükselmesi, gezegensel sınırların değişmesi ve okyanus asidifikasyonunun artması beklenirken başta sulama ve tarım gibi birçok sektörün bu değişimlerden etkilenmesi beklenmektedir. Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkemizde ise küresel ısınma aynı şekilde devam ederse, Türkiye’nin yıllık ortalama sıcaklıklarında artış olması, ülkemizdeki yağış miktarının azalması ve yağışlarda düzensizliklerin görülmesi özellikle hidroelektrik kapasitenin yüksek olduğu Fırat-Dicle havzasının su gelirlerinde yaşanabilecek düşüşlerin yenilenebilir elektrik üretimini olumsuz etkileyeceği beklenmektedir.

8. Türkiye Ulusal Enerji Planı

Türkiye Ulusal Enerji Planı çalışması 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun Arz Güvenliği başlıklı 20. maddesi ve 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu Ek Madde 2 gereğince hazırlanmış olup çalışma ufku ülkemizin 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi esas alınarak 2035 yılına kadar olan dönemi kapsamaktadır.

Rapor hazırlanırken nüfus, ekonomik gelişim, yakıt fiyatları gibi temel göstergeler dikkate alınarak sanayi, mesken, hizmetler, tarım ve ulaştırma sektörlerinde enerji talebi, oluşturan sektörel aktiviteler tahmin edilmiştir.

Ülkelerin net sıfır emisyon hedeflerine ulaşabilmesi için birçok alternatif bulunmakla birlikte her alternatif farklı zorluklar içermektedir. Bu süreç, tüm sektörlerde büyük bir dönüşümü ve önceki dönemden farklı bir sistem bakışını gerektirmektedir.

Bu çalışma kapsamında Bakanlığımız tarafından hazırlanan planda 2020-2035 döneminde; birincil enerji tüketimi yaklaşık 205 milyon ton eşdeğer petrol (Mtep)'e yükselmekte, elektrik tüketimi yaklaşık 510 TWh'e ulaşmakta, elektrik enerjisinin nihai enerji tüketimi içindeki payı %24,9 oranına erişmekte, enerji yoğunluğu %35,3 oranında azalmakta, elektrik kurulu gücü toplamda yaklaşık 190 GW'a, güneş enerjisinde 52,9 GW'a, rüzgâr enerjisinde 29,6 GW'a ve nükleer enerjide 7,2 GW'a çıkmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları için kurulu güç hidroelektrik santrallerde orta-uzun dönemde 35,1 GW, jeotermal ve biyokütle enerji santrallerinde toplam 5,1 GW seviyesine yükselmektedir.

Mevcut durumda kurulu güç içinde en fazla paya sahip olan hidroelektrik santrallerin payı, maksimum kurulu güç potansiyeline yaklaşmış olmalarının ve toplam elektrik üretimindeki artışın etkisiyle hidroelektrik santrallerin toplam üretimdeki payı 2035 yılında %17,3 olmaktadır.

Elektrik üretiminde kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %34,2'ye, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %54,7'ye yükselmektedir. Ayrıca, elektrik kurulu gücünde kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %43,5'e, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %64,7'ye yükselmektedir.

2021-2035 döneminde devreye alınması gereken yeni kapasite miktarı 96,9 GW düzeyindedir. Beşer yıllık dönemler açısından 2021-2025 döneminde 21,6 GW, 2026-2030 döneminde 34,3 GW, 2031-2035 döneminde ise 41,0 GW gücünde yeni kapasitenin devreye alınması planlanmaktadır.

Söz konusu kurulu güç artışının, büyük çoğunluğu güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere, %74,3'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Güneş ve rüzgâr enerjisi için yıllık yeni kapasite gereksinimi sırasıyla ortalama 3,1 ve 1,4 GW'tur. (ETKB, 2022b).

9. Sonuç

Bakanlığımızın strateji ve politikaları; enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yerli/yenilenebilir kaynakların ekonomiye kazandırılması temellerine dayanmaktadır. Enerji kaynaklarımızı verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde değerlendirerek ülke refahına en yüksek katkıyı sağlama misyonu çerçevesinde, enerjide ithalat bağımlılığını azaltma adına yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızdan maksimum seviyede faydalanarak elektriğin kaliteli, sürekli, uygun maliyetli ve çevreye duyarlı bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması doğrultusunda politikalar benimsenmektedir.

Hidrolik santraller, elektrik üretimi amaçlı kullanımının yanı sıra tarımsal sulama, sel ve taşkın kontrolü, içme suyunu karşılama, balıkçılık, turizm, ulaşım ve çeşitli spor faaliyetlerinde de kullanılmaktadır. Bu nedenle hem elektrik arz güvenliği hem de diğer faaliyetler göz önüne alındığında hidrolik enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir. İklim değişikliğinin tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz enerji sektörünün gidişatını da önemli derecede etkileyeceği aşikardır.

Önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğinden dolayı ülkemizin yıllık ortalama sıcaklıklarında artış olması, ülkemizdeki yağış miktarının azalması ve yağışlarda düzensizliklerin görülmesi, özellikle hidroelektrik kapasitenin yüksek olduğu Fırat-Dicle havzasının su gelirlerinde yaşanabilecek düşüşlerin yenilenebilir kaynaklı elektrik üretimini olumsuz etkileyeceği beklenmektedir. Bu çerçevede hidroelektrik planlamasının yakından takip edilerek güncel durum ve tahminlere göre gerekli çalışmaların yapılması önerilmektedir.

10. Kaynaklar / References

Aksay, C.S., Ketenoğlu, O., Kurt, L. (2005). *Küresel Isınma ve İklim Değişikliği*. Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi Sayı 25, s.29-41. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/214946> Erişim tarihi: 28.03.2023

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2010). *Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/strateji%20belgesi/Turkiye%20Iklim%20Degisikligi%20Strateji%20Belgesi_TR.pdf Erişim tarihi: 28.03 2023

Dışişleri Bakanlığı (2023). Uluslararası Süreçler ve Türkiye. İklim Değişikliği İle Mücadele. *Paris Anlaşması*. <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> Erişim tarihi: 08.03.2023

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2019). *2019-2023 Stratejik Plan*. https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plan.pdf Erişim tarihi:28.03.2023

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022a). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Yazarların kendi çalışması.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022b). *Türkiye Ulusal Enerji Planı*. https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf Erişim tarihi: 08.03.2023

- Erkan, M.A., Odabaşı, E., Güser, Y., Çamalan, G., Akgündüz, A.S., Kılıç, G., Soydam, M. (2022). *2021 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Araştırma Dairesi Başkanlığı, Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü. Ankara. s.90. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/afetlerraporu2021.pdf> Erişim tarihi:28.03.2023
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022a). Kuraklık Analizi. Aylık Kuraklık Analizi. *24 Aylık Değerlendirme*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=aylik#sfB> Erişim tarihi: Ocak 2023
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022b). Türkiye İçin İklim Projeksiyonları. *Türkiye Yıllık Toplam Yağış Yüzde Değişim Aralığı*. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=projeksiyonlar> Erişim tarihi: 28.03.2023
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (2022). *Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2021 Yılı İstatistikleri*. <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> Erişim tarihi: 28.03.2023
- Uluslararası Enerji Ajansı (2022). *Ajans veri tabanı*. <https://wds.iea.org/wds/Common/Login/Login.aspx> Erişim tarihi: 28.03 2023

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Özgür SARHAN | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı |
osarhan[at]enerji.gov.tr | ORCID: 0009-0009-3485-8033**

2010 yılında Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra kariyerine Elektrik Üretim Anonim Şirketi'nde Müfettiş Yardımcısı olarak başladı. Kamuya ait birçok santralin saha denetiminde yer aldıktan sonra Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Arz Güvenliği Dairesi Başkanlığında uzman yardımcısı olarak göreve başladı. 2017 Ağustos ayında “Elektrik Enerjisi Arz Güvenliğinin Bir Parçası Olarak Tüketici: Talep Tarafı Katılımı” başlıklı teziyle uzmanlığa atanan Sarhan, daha sonra sırasıyla Elektrik Grup Koordinatörü ve Daire Başkanı (V) olarak görev yaptı. 2019 Ocak ayından itibaren ise Enerji Arz Güvenliği, Piyasalar ve İstatistik Dairesi Başkanlığını sürdürmekte olup bu kapsamda enerji arz güvenliğinin izlenmesi, enerji politikalarının geliştirilmesi, enerji istatistiklerinin oluşturulması ve analiz raporlarının hazırlanması gibi konularda uzmanlaşmıştır. Sarhan, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yer Sistem Bilimleri Programı'nda enerji sistemlerinin dayanıklılığı konusu üzerine yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir.

**Özgür SARHAN | Ministry of Energy and Natural Resources |
osarhan[at]enerji.gov.tr | ORCID: 0009-0009-3485-8033**

After graduating from Bilkent University, Department of Industrial Engineering in 2010, he started his career at the State Electricity Generation Company of Türkiye as an assistant auditor. After taking roles in auditing many public power plants, he joined the Ministry of Energy and Natural Resources as an assistant specialist. He has been serving as the Head of Energy Security of Supply, Markets and Statistics Department since 2019. He specializes in monitoring energy security, preparing market analysis reports, developing long term energy policies and energy statistics. Sarhan continues his graduate studies on energy system resilience at Middle East Technical University.

**Tuğba ATLI | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı |
tatli[at]enerji.gov.tr | ORCID: 0000-0002-4009-510X**

2008 yılında Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Çalışma hayatına 2010 yılında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığında Müfettiş yardımcısı olarak başladı. Ardından 2013 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında uzman yardımcısı olarak göreve başladı. Sırasıyla Maden İşleri Genel Müdürlüğü ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğünde görev aldı. 2015 yılından beri Enerji Arz Güvenliği, Piyasalar ve İstatistik Dairesinde ETK Uzmanı olarak çalışmaktadır. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği bölümünde yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir.

**Tuğba ATLI | Ministry of Energy and Natural Resources |
tatli[at]enerji.gov.tr | ORCID: 0000-0002-4009-510X**

She graduated from Hacettepe University Mining Engineering Department in 2008. She started her career in 2010 as an Assistant Inspector at the Ministry of Labor and Social Security. Then she started working as an assistant specialist at the Ministry of Energy and Natural Resources in 2013. She worked in the General Directorate of Mining Affairs and the General Directorate of Energy Affairs, respectively. She has been working as an ETK Specialist in the Department of Energy Supply Security, Markets and Statistics since 2015. She is continuing her graduate studies at Hacettepe University, Institute of Science and Technology, Mining Engineering department.

**Funda GÜNDOĞAN | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı |
funda.gundogan[at]enerji.gov.tr | ORCID: 0009-0004-6440-8301**

2015 yılında İnönü Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Çalışma hayatına 2017 yılında TEDAŞ Genel Müdürlüğünde mühendis olarak başladı. Ardından 2021 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında uzman yardımcısı olarak göreve başladı. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Enerji Arz Güvenliği, Piyasalar ve İstatistik Dairesinde ETK Uzman Yardımcısı olarak çalışmaktadır. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir.

**Funda GÜNDOĞAN | Ministry of Energy and Natural Resources |
funda.gundogan[at]enerji.gov.tr | ORCID: 0009-0004-6440-8301**

She graduated from Inonu University, Department of Electrical and Electronics Engineering in 2015. She started her career as an engineer at TEDAŞ General Directorate in 2017. Then, she started to working as an assistant specialist at the Ministry of Energy and Natural Resources in 2021. She works as an ETK Assistant Specialist in the Department of Energy Supply Security, Markets and Statistics at the General Directorate of Energy Affairs. She continues her graduate studies at Gazi University, Institute of Science and Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering.