

Dünyada ve Türkiye’de Nükleer Enerji

Nuclear Energy in The World and Turkey

Asst. Prof. Dr. İsmail Kavaz (Fırat Üniversitesi, Turkey)

Abstract

Although the usage of nuclear power has been severely criticised, it tends to increase worldwide. Especially developing countries and the countries that prioritize increasing the energy supply security are taking steps to generate electricity by using nuclear power technologies. In other respects, countries that utilised from nuclear energy extensively in the past are now highlighting the harms of this energy type and they defend the usage of nuclear power should be limited. Turkey, on the other hand, carried its nuclear power adventure, which lasted more than half-century, to a new stage with the Akkuyu Power Plant. With this step, it is aimed primarily to enrich the energy profile of the country. In addition, it is projected to make a significant contribution of the energy supply security of the country with this power plant, which is planned to be set into operation in 2023. In this study, the general situation of nuclear energy in the world will be examined. Furthermore, the positive and negative aspects of nuclear power will be emphasized. For this purpose, the current data on the usage of nuclear power in the world will be utilized. In addition, the process of establishing a nuclear power plant in Turkey will be evaluated. Lastly, several suggestions will be presented within the framework of possible opportunities and risks that the country may face in terms of the nuclear energy.

1 Giriş

Küresel enerji sistemi genel olarak fosil yakıtların hakimiyeti altındadır. Birçok ülkenin enerji profili incelendiğinde elektrik üretiminden ısınmaya, ulaşımdan sanayiye kadar çeşitli alanlarda konvansiyonel fosil yakıt kullanımının yoğun olduğu görülmektedir. Bunun yanında alternatif enerji kaynaklarına olan yöneliş de küresel ölçekte devam etmektedir. Bu alanda öne çıkan kaynakların başında yenilenebilir enerji gelirken özellikle son dönemde nükleer enerji kullanımı artış eğilimine girmiştir.

Nükleer kelimesi Latince “çekirdek” anlamına gelmektedir. Nükleer enerji ise atomun çekirdeğindeki parçalanma sonucunda oluşmaktadır. Ancak açığa çıkan bu enerjinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle nükleer yakıt elementleri (genel olarak uranyum, toryum ve plütonyum) bir reaktör içerisinde kontrollü bir şekilde parçalanır. Burada bahsi geçen reaksiyon sırasında oldukça yüksek seviyelerde ısı açığa çıkmaktadır. Isıyı iletebilmek için ise su kullanılmaktadır. Reaktör içerisinde meydana gelen sıcaklık suyu kaynatır ve buhara çevirir. Oluşan buhar ise basınçlı borular vasıtasıyla büyük tribünleri döndürmek için kullanılmaktadır. Nükleer güç santrallerindeki bu tribünlerin dönme eylemine başlamasıyla birlikte oluşan hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Elektrik üretim teknolojileri alanının en gelişmiş ürünlerinden biri konumundaki nükleer güç, enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil yakıtlara bağımlı olan ülkeler açısından önemli bir alternatif durumundadır. Uranyum atomunun parçalanması yoluyla açığa çıkan enerjinin kömür, petrol veya doğal gaz kullanılarak elde edilen enerjiden çok daha fazla enerji ürettiği bilinmektedir. Öyle ki 1 pelet uranyum (yaklaşık 6 gram) takriben 1 ton kömür, 3,5 varil (yaklaşık 563 litre) petrol ve 481 metreküp doğal gaz ile eşdeğerde enerji üretme kapasitesine sahiptir (Nuclear Energy Institute, 2021). Dolayısıyla enerji üretiminde nükleer kaynak kullanımının geçmişten günümüze artarak devam ettiği görülmektedir.

Dünyanın ilk nükleer güç santrali, Sovyetler Birliği döneminde inşa edilen ve 1954 yılında devreye alınan Obninsk Nükleer Enerji Santralidir (Anadolu Ajansı, 2013). Sonraki süreçte, 1970’li yılların başında gerçekleşen petrol krizinin ardından nükleer enerji santralleri tüm dünyada hızla yayılmaya başlamıştır. Fosil yakıtlara sahip olmayan ülkeler elektrik ihtiyaçlarını karşılamak adına nükleer enerjiye yönelmişlerdir. İlerleyen yıllarda nükleer santrallerde meydana gelen bir takım kazalar söz konusu santrallere yönelik algıyı olumsuz etkilese de günümüzde teknolojik ilerlemeler ve alınan tedbirler neticesinde nükleer enerji yeniden popülerlik kazanmaktadır.

Dünya tarihinde iki defa nükleer enerji santrallerinde önemli ölçüde radyasyon sızıntısı meydana gelmiştir. Bunlardan ilki 1986 yılında Ukrayna’da meydana gelen Çernobil, ikincisi ise 2011’de Japonya’da olan Fukuşima patlamalarıdır. Özellikle Fukuşima’dan sonra küresel nükleer enerji üretiminde bir düşme eğilimi gözlemlense de mevcut durum ve gelecek projeksiyonları söz konusu alanda yeniden yükselişe geçileceğine işaret etmektedir.

Küresel enerji sistemi bugün iki önemli meydan okumayla karşı karşıyadır. Bunlardan ilki daha fazla enerji üretimi, ikincisi ise daha az karbon salınımıdır. Daha açık bir ifadeyle ucuz ve sürdürülebilir enerji temini amaçlanırken, çevreye en az zarar veren üretim teknolojilerinin kullanılması için çalışılmalar sürmektedir. Bu bağlamda, nükleer enerji kullanımı her ne kadar bazı riskleri bünyesinde barındırsa da önemli avantajlar sunmaktadır.

Bu avantajlardan bir kısmı; nükleer güç kullanılarak elektrik üretiminin sürekli ve kesintisiz bir şekilde devam etmesi, nükleer santrallerde diğer santrallere (termik, yenilenebilir vb.) kıyasla daha uygun maliyetlerle elektrik

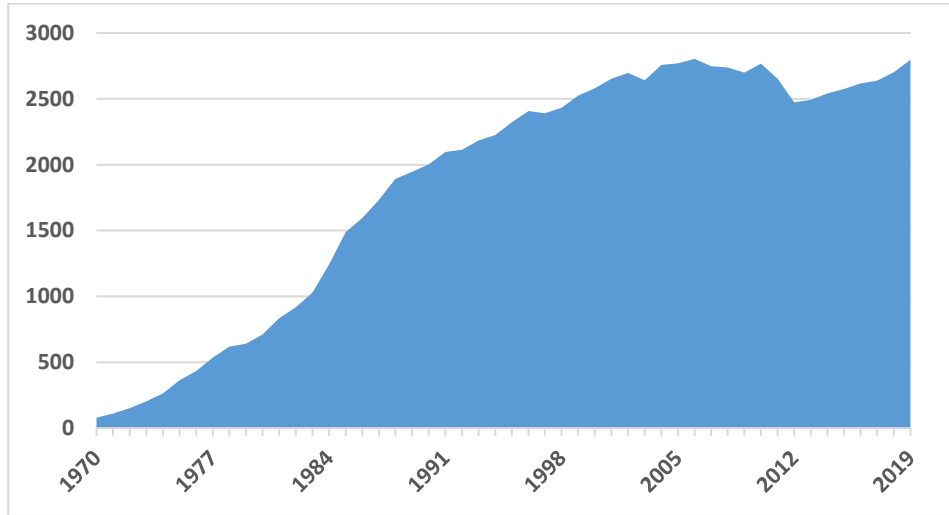
üretimi, sera gazı salınımının yok denecek kadar az olması ve nükleer teknolojinin enerji üretiminin yanı sıra fizik, tıp, ulaşım, tarım gibi birçok alanda kullanılması olarak sıralanabilir (Ram ve diğ., 2017).

Nükleer enerji, burada değinilen avantajlarının yanında birtakım olumsuzlukları da bünyesinde barındırmaktadır. Bu alanda öne çıkan en önemli başlık ise nükleer atıklar ve bunların depolanma süreçleridir. Nükleer enerji elde edilirken fazla miktarda radyoaktif atık oluşmaktadır ve bu atıkların muhafaza edilmesi ciddi bir risk unsurunu beraberinde getirmektedir. Ayrıca nükleer yakıt olarak kullanılan uranyum, toryum gibi elementlerin rezervlerinin sınırlı olması da bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir.

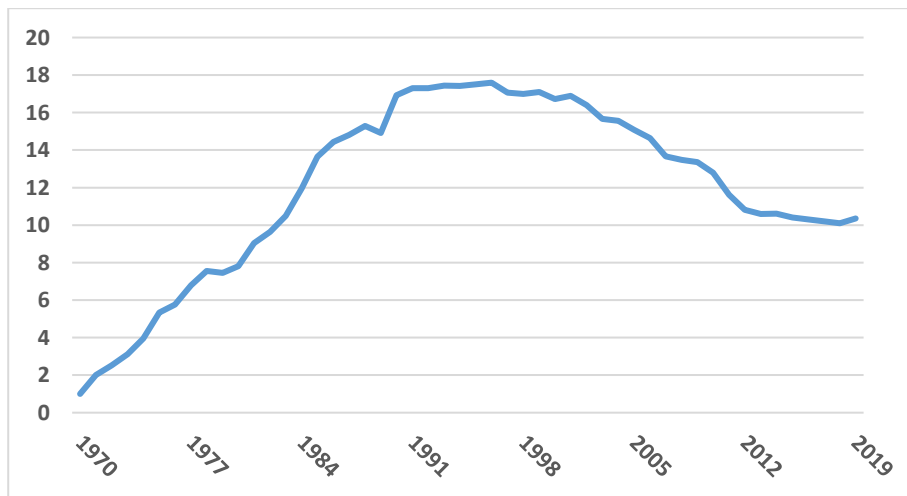
Bu çalışma, nükleer enerjinin dünyadaki genel durumunu ve Türkiye'deki gelişim sürecini incelemektedir. Bu amaçla nükleer enerji kullanımı ile ilgili güncel verilerden istifade edilecektir. Ayrıca Türkiye'de nükleer enerji santrali kurulması süreci değerlendirilip ülkenin kazanımları ve karşı karşıya kaldığı riskler çerçevesinde birtakım öneriler sunulacaktır.

2 Dünyada Nükleer Enerji

1973 yılında meydana gelen birinci petrol krizinin ardından küresel enerji üretim eğilimi fosil yakıtlardan nükleer gibi alternatif kaynaklara yönelmeye başlamıştır. Söz konusu dönemde kaynak sahibi ülkelerin petrol arzını azaltması sonucu fiyatlar kısa bir süre içerisinde haddinden fazla yükselmiştir. Dolayısıyla fosil yakıtları ithal eden ülkeler, ekonomik olarak düzlüğe çıkmak ve enerji ihtiyaçlarını karşılamak adına çeşitli alternatifler üzerine çalışmalarını hızlandırmışlardır. Bu süreçte dönemin teknolojik ilerlemelerine paralel olarak nükleer enerji seçeneği ön plana çıkmıştır. Şekil 1'den de görülebileceği üzere, 1970'li yılların başından 2011'de meydana gelen Fukuşima patlamasına kadar geçen sürede nükleer kaynaklı elektrik üretimi genel olarak artan bir seyir izlemiştir. Sonraki süreçte düşen nükleer enerji üretimi günümüzde yeniden yükselme trendi içerisinde.



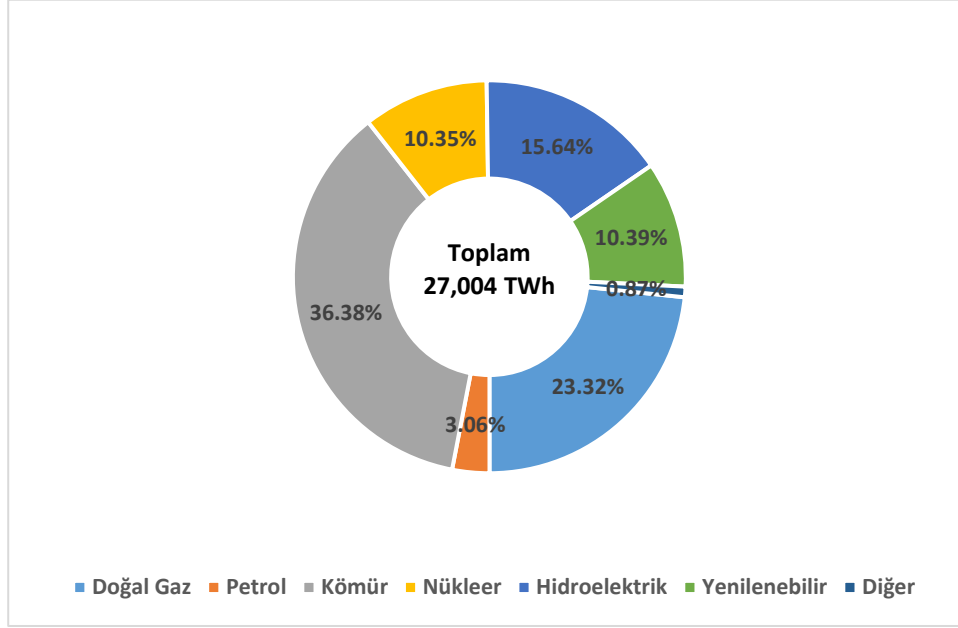
Şekil 1. Dünya Nükleer Elektrik Üretimi (1970-2019, Twh) **Kaynak:** Dünya Nükleer Birliği (World Nuclear Association-WNA)



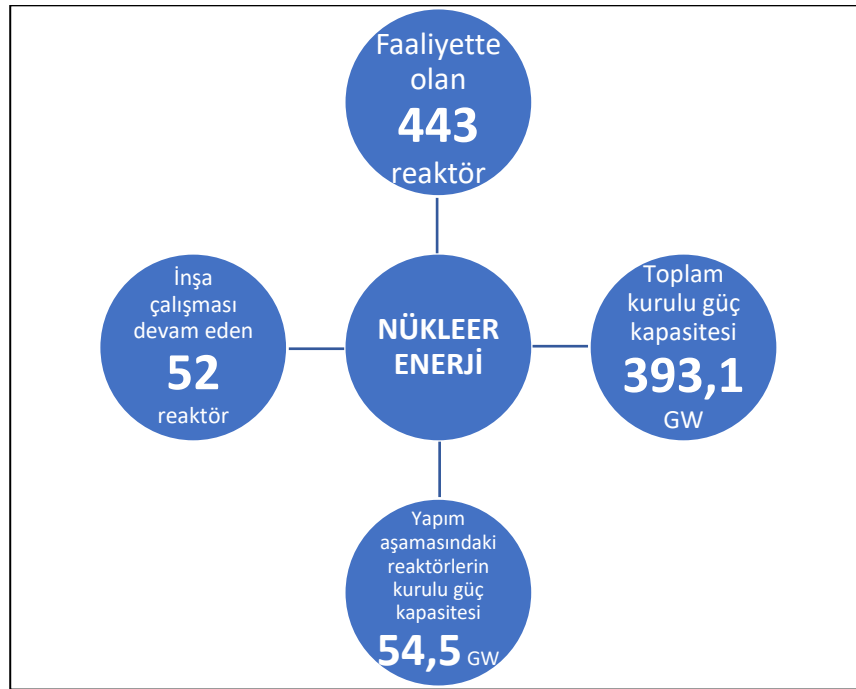
Şekil 2. Nükleer Gücün Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Payı (1970-2019, Yüzde) **Kaynak:** Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency-IEA)

Bununla beraber, Şekil 2’de verilen nükleer enerjinin küresel elektrik üretimi içerisindeki kullanım payları incelendiğinde, 1970’ten 1990’lı yıllara kadar istikrarlı bir şekilde artış gösteren eğilimin, 2000’li yılların başından itibaren düşüşe geçtiği anlaşılmaktadır. Bu durum aslında elektrik üretiminde 2000’den sonra özellikle doğal gaz ve yenilenebilir kaynakların kullanımının artması ve nükleer enerji yatırımlarının azalması ile açıklanabilir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2019). Ayrıca 1970’li yılların henüz başlarında işletmeye alınan nükleer santrallerin günümüzde faaliyetlerine son vermeleri söz konusu azalmanın sebepleri arasında sayılmaktadır.

Şekil 3’ten görülebileceği üzere, günümüz küresel elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımında fosil yakıtların yoğunluğu gözlemlenirken nükleer enerjinin payının yüzde 10 seviyesinin üzerinde olması dikkat çekmektedir. Küresel enerji sisteminin başlıca meydan okumaları olan daha fazla enerji üretimi ve daha az karbon salınımının sağlanmasında nükleer enerji önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla gelecek projeksiyonlarında söz konusu oranların nükleer enerji lehine gelişerek 2040 yılında yaklaşık yüzde 12’ye ulaşacağı beklenmektedir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2019).



Şekil 3. Küresel Elektrik Üretim Kaynak Bazlı Dağılımı (2019, Yüzde) **Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy 2020

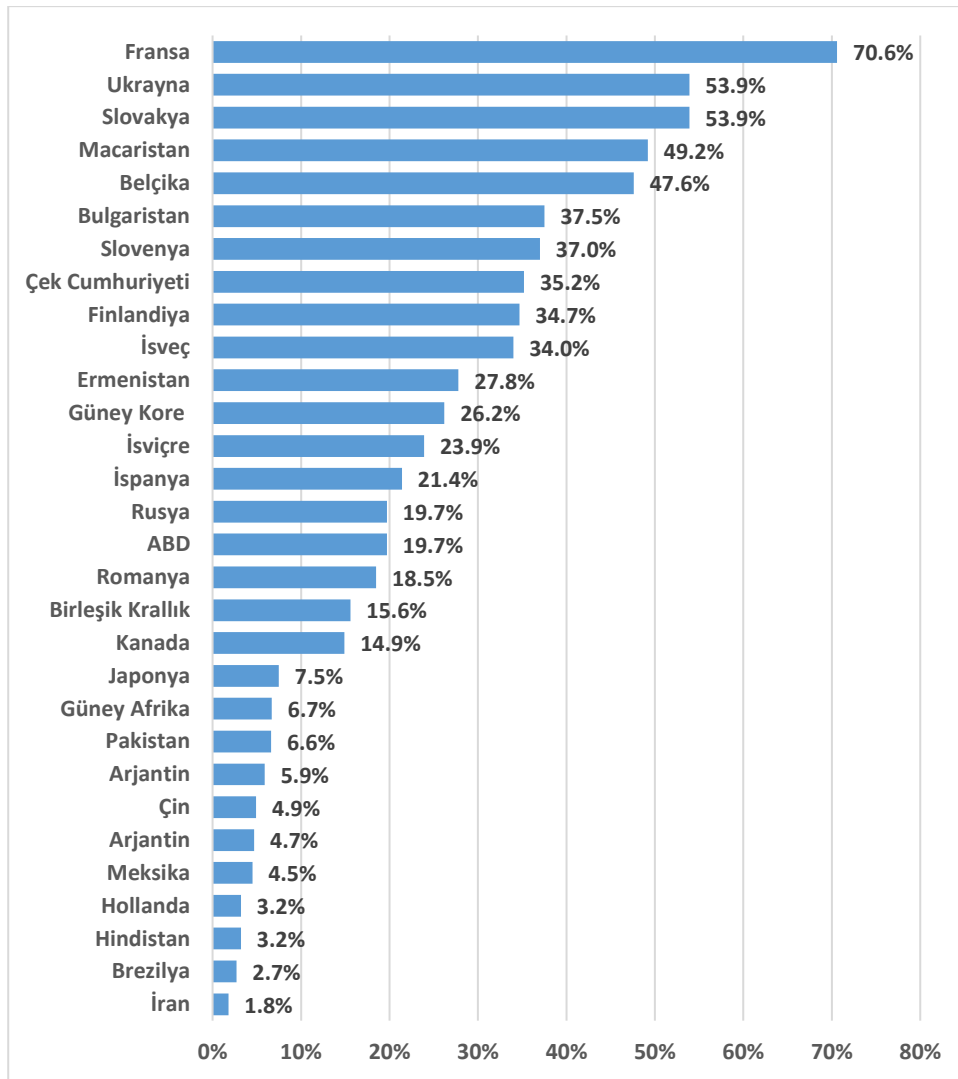


Şekil 4. Nükleer Enerjinin Genel Görünümü (2019) **Kaynak:** Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency)

Bugün dünya üzerinde faaliyette olan toplam 443 adet nükleer güç reaktörü bulunurken, 52 yeni reaktörün inşaa çalışmaları devam etmektedir. Mevcut durumda küresel nükleer enerji kurulu gücü yaklaşık 400 GW seviyesine yaklaşmıştır (Şekil 4). Bununla beraber ilave kurulu güç yatırımları neticesinde bu kapasitenin 450 GW seviyesini aşması planlanmaktadır.

2019 yılında toplam 30 ülke nükleer santrallerden enerji üretirken 28 ülke ise bu kaynağı enerji altyapılarına eklemeyi planlamaktadırlar (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, 2020). Bu ülkelerden Bangladeş, Belarus, Türkiye ve Birleşik Arap Emirlikleri ilk nükleer güç santrallerini kurmaktadır. Öte yandan birtakım ülkeler ise nükleer güç seçeneğini enerji profillerinden çıkartmak adına çalışmalarını sürdürmektedir. Bunlar arasında öne çıkan ülkelerin başını Almanya ve Belçika çekmektedir. Bu iki ülke hali hazırda işletmede olan yaklaşık 15 GW kapasitesindeki nükleer güç santrallerini aşamalı olarak kapatmayı planlamaktadır (Uluslararası Enerjisi Ajansı, 2019). Bununla beraber Güney Kore'nin de 2040 yılına kadar toplam 12,5 GW kapasitesindeki santrallerini emekliye ayırması beklenmektedir. Ayrıca yine Avrupa kıtasında bulunan İspanya ve Fransa'nın 1970'li yılların sonlarından itibaren işletmeye aldıkları nükleer santraller artık ömürlerini tamamlamak üzerelerdir. Bu sebepten ötürü 2035 yılına kadar İspanya tüm nükleer enerji santrallerini kapatmayı, Fransa ise nükleer elektrik üretimindeki payını yüzde 50 seviyesine indirmeyi planlamaktadır. Söz konusu ülkeler genel olarak nükleer enerjiden yeteri kadar faydalanmış ve ilerleyen dönemde enerji profillerini değiştirmeyi düşünen kesimlerdir.

Nükleer enerji günümüzde elektrik üretimi noktasında tercih edilen önemli bir kaynak konumundadır. Şekil 5'ten ülkelerin elektrik üretimlerinde söz konusu kaynağı kullanma oranlarına bakıldığında ilk sırayı yüzde 70,6 ile Fransa'nın aldığı görülmektedir (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı,2019). Fransa'dan sonra ise genel olarak Avrupa kıtasında bulunan ülkelerin enerji profillerinde nükleer gücün önemli yer tuttuğu gözlemlenmektedir.



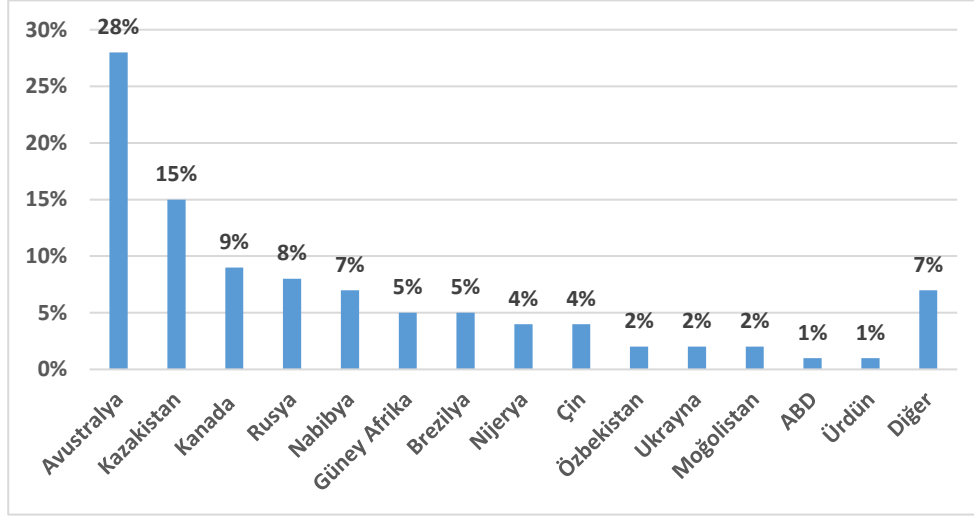
Şekil 5. Ülkelerin Elektrik Üretiminde Kullandıkları Nükleer Güç Oranları (2019, Yüzde) **Kaynak:** Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı

Buradan hareketle özellikle fosil enerji bakımından dış tedarikçilere bağımlı yapıdaki ülkelerin nükleer enerjiyi tercih ettikleri söylenebilir. Enerji arz güvenliğini artırma noktasında önemli bir alternatif olarak ön plana çıkan

nükleer güç, fosil yakıtlarda dışa bağımlılığı azaltırken uzun vadede enerji harcamalarının ülke ekonomileri üzerindeki baskısını hafifletmektedir.

Nükleer enerji konusunda bir diğer önemli başlık da nükleer yakıtlardır. Bilindiği üzere nükleer reaktörlerde kullanılan yakıtlar bakımından en yaygın olan element uranyumdur. Dolayısıyla bu kaynak bakımından zengin ülkeler, nükleer enerji kullanımının yanında söz konusu kaynağı ihraç etme konusunda da bariz bir avantaja sahiplerdir.

Şekil 6'da dünya genelindeki uranyum rezervlerinin ülkelere göre dağılımı verilmektedir. Bu alanda önde gelen ülkelerin başında sırasıyla Avustralya, Kazakistan, Kanada, Rusya ve Namibya gelmektedir. Uranyum üretiminde ise Kazakistan toplam üretimin yüzde 41'ini elinde bulundurarak ilk sırada yer alırken bu ülkeyi yüzde 13 ile Kanada, yüzde 12 ile Avustralya ve yüzde 10 ile Namibya takip etmektedir (Dünya Nükleer Birliği, 2020).



Şekil 6. Küresel Uranyum Rezervinin Ülkelere Göre Dağılımı (2019, Yüzde) **Kaynak:** Dünya Nükleer Birliği (World Nuclear Association)

Uranyum kaynağına sahip ülkelerle bu kaynağı nükleer güç elde etmek amacıyla kullanan ülkeler arasında bir tutarsızlık göze çarpmaktadır. Şöyle ki, küresel uranyum rezervlerinin neredeyse yarısına sahip olan Avustralya, Kazakistan ve Namibya'nın nükleer güç santralleri bulunmamaktadır. Öte yandan rezerv bakımından üçüncü ve dördüncü sırada yer alan Kanada ve Rusya, toplam elektrik üretimlerinin yaklaşık yüzde 15'ini nükleer santraller vasıtasıyla karşılamaktadır. Bu durumun başlıca sebepleri olarak bahsi geçen ülkelerin enerji altyapılarının fosil yakıt bağımlılığı ve nükleer santral kurmanın yüksek maliyetli bir süreç olması sayılabilir.

Nükleer enerji, artıları ve eksileriyle tartışılırken gelişmiş ülkeler nükleer enerji bağlamındaki kurulu güçlerini giderek azaltma, gelişmekte olan ülkeler ise nükleer yatırımlara hız verme eğilimindedir. Projeksiyonlar, eğer farklı girişimler olmaz ve mevcut eğilimler bu şekilde devam ederse, gelişmiş ülkelerde kullanılan nükleer gücün 2040 yılına kadar 3'te 2 oranında azalacağını göstermektedir. Buna karşın gelişmekte olan ülkeler yeni nükleer enerji santralleri kurmak adına girişimlerine devam etmektedir. Riskler bir tarafa bırakıldığında, nükleer enerjinin ülke ekonomilerine ve enerji arz güvenliğinin artırılması alanlarına olumlu katkılar sağlayacağı açıktır.

3 Türkiye'de Nükleer Enerji

Türkiye'de nükleer güç santrali (NGS) kurma çalışmalarının geçmişi 1968 yılına dayanmaktadır (Türkiye Bilimler Akademisi-TÜBA, 2019). Bu tarihte ilk olarak 300-400 MW güç kapasitesine sahip bir NGS inşa etmek üzere yabancı şirketler aracılığıyla fizibilite çalışmaları başlatılmıştır. Ancak uygun yer seçimi ve o dönemki maliyetler nedeniyle söz konusu proje gerçekleştirilememiştir. Ardından 1977 yılında Mersin-Akkuyu bölgesi için yer raporu alınarak burada 600 MW gücünde bir nükleer santralin kurulması adına uluslararası ihaleye çıkılmış fakat kredi garantisi konusunda yaşanan olumsuzluklar nedeniyle ihale sonuçsuz kalmıştır. 1980 yılında Sinop'ta yeni bir NGS sahası belirlenmiş ancak bu çalışmalar daha sonra durdurulmuştur. 1983'te ise birtakım uluslararası firmalardan Türkiye'de nükleer santral kurulması için teklif alınmış ancak o dönemki politik ve ekonomik sebeplerden ötürü istikrarlı bir çalışma yapılmadığından bahsi geçen projeler sonuçlandırılmamıştır.

Türkiye'de nükleer enerji ile ilgili ilk olarak 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği kurulmuştur. 1982'de ise aynı kurum Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) olarak yeniden yapılandırılarak faaliyetlerine devam etmiştir. Son olarak 28 Mart 2020'de kısa adı TENMAK olan Türkiye Enerji Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu kurularak TAEK bu kurum bünyesine dahil edilmiştir (Resmi Gazete, 28 Mart 2020). TENMAK'ın idari ve mali açıdan özerk bir hüviyete sahip olmasının yanında nükleer enerji alanında araştırma enstitülerinin kurulmasına ve bu alanda çalışmalara devam edilmesine imkan sağlaması düşünülmektedir.

Türkiye'nin yarım asırdan fazla süren nükleer güç santrali kurma gayretleri, 12 Mayıs 2010 tarihinde Türkiye ile Rusya arasında imzalanan "Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma" sonucunda nihayet gerçekleşme aşamasına geçmiştir (Resmi Gazete, 6 Ekim 2010). Anlaşmanın ardından ilk olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporu ve Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu'ndan (EPDK) elektrik üretim lisansı alınarak santralin birinci ünitesinin inşaat çalışmaları başlatılmıştır. Akkuyu NGS ile ilgili gelişim aşamaları Şekil 7'de sunulmaktadır.



Şekil 7. Mersin-Akkuyu NGS Projesinin Hazırlık, İnşaat Ve İşletme Aşamaları **Kaynak:** Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency-IEA)

Projeyi 2010 yılında Ankara'da kurulan Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş. üstlenmektedir. Söz konusu şirket santrallerin tasarımı, yapımı, bakımı, işletmesi ve devreden çıkarma yükümlülüklerini yerine getirmektedir. İlk etapta Akkuyu NGS projesi tamamen Rusya tarafından finanse edilirken, günümüzde bu oran hükümetler arası varılan mutabakat sonucunda hisselerin en az yüzde 51'i Rus şirketlerine ait olacak ve yüzde 49'unun ise Türkiye'nin onay vereceği yatırımcılar tarafından satın alınabilecek şekilde revize edilmiştir. Bunun sonucunda Türkiye'de kurulan bir konsorsiyum (Cengiz Holding, Kalyon İnşaat ve Kolin İnşaat) ile Akkuyu NGS Elektrik Üretim şirketinin yüzde 49'u Türk şirketler tarafından satın alınmasının önu açılmıştır. Ancak projenin büyük miktarlarda finansman ihtiyacına sahip olması bu konuda ilerleme sağlanmasına engel teşkil etmektedir. Sonraki süreçte Elektrik Üretim A.Ş.'nin projeye yüzde 49 oranında ortak olabileceği duyurulsa da şimdiye kadar bu konu ile ilgili herhangi bir gelişme yaşanmamıştır.

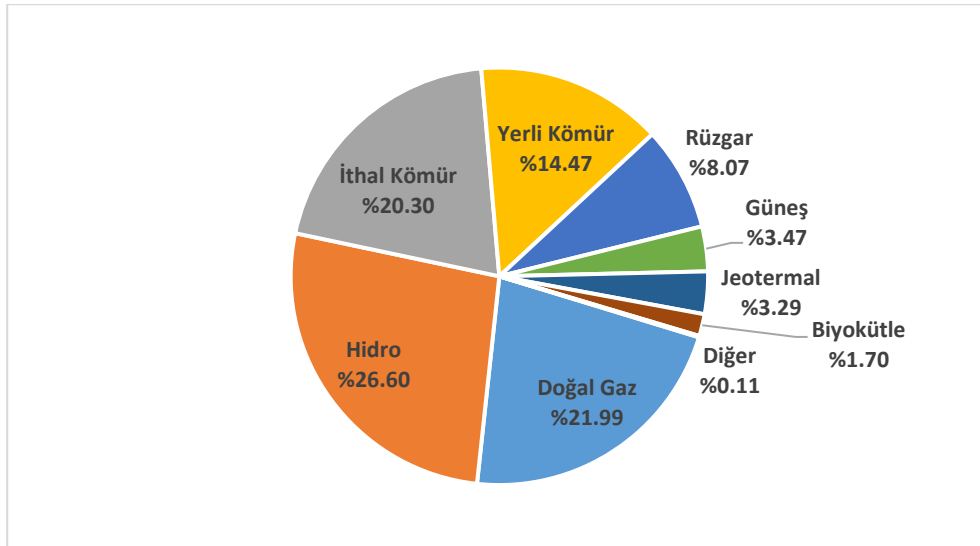
Temeli 2018 yılında atılan Akkuyu NGS projesinin ilk ünitesinin 2023 yılında, diğer ünitelerin ise birer yıl arayla 2026 yılı sonuna kadar işletmeye alınması adına çalışmalar devam etmektedir (T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019). Söz konusu proje tamamlandığında her biri 1.200 MW kapasitesinde 4 ünite olmak üzere toplam 4 bin 800 MW kurulu güç potansiyeline sahip bir tesis Türkiye'nin enerji profiline dahil olacaktır. Bu tesisin toplam maliyetinin 20 milyar dolar civarında olması tahmin edilirken, tamamlanması durumunda Türkiye'nin toplam elektrik talebinin yaklaşık yüzde 10'unu karşılaması öngörülmektedir (Anadolu Ajansı, 9 Nisan 2018).

Türkiye'nin 2019 yılındaki elektrik enerjisi tüketimi 304,4 milyar kWh, elektrik üretimi ise 305,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Şekil 8'den görülebileceği üzere, söz konusu üretimin yüzde 34,8'i kömürden, yüzde 26,6'sı hidrolik enerjiden, yüzde 21,9'u doğal gazdan, yüzde 8,1'i rüzgârdan, yüzde 3,5'i güneşten, yüzde 3,3'ü jeotermal kaynaklardan ve yüzde 1,7'si biyokütle kaynaklarından karşılanmıştır. Yerli kaynaklar kullanılarak üretilen elektrik toplam üretimin yaklaşık yüzde 60'ına tekabül etmektedir. Geçmiş dönemlerle kıyaslandığında 2020, söz konusu yerli üretim alanında önemli ilerlemenin görüldüğü bir yıl olmuştur. Ancak Türkiye'de genel olarak yerli kaynakların toplam elektrik üretimi içerisindeki

payının ortalaması yüzde 50'nin altında seyretmektedir. Bu nedenle Türkiye'de hem yerel üretim çeşitliliğini artırmak hem de enerji arz güvenliğine katkı sunmak adına nükleer enerji alanındaki çalışmalara hız verilmiştir.

Konum	Mersin-Akkuyu
Reaktör Tipi	VVER 1200 (AES 2006)
Toplam Kurulu Güç Kapasitesi (MW)	4 bin 800
Toplam Elektrik Üretimi (kWh)	35 Milyar
Reaktörlerin Ömrü	60 Yıl
Reaktörlerin Çalışmaya Başlama Yılları (Tahmini)	1. Ünite: 2023 2. Ünite: 2024 3. Ünite: 2025 4. Ünite: 2026
Santralin Sahibi	Akkuyu NGS Elektrik Üretim A. Ş.
Finansörü	Rusya ve Türkiye tarafından yetkilendirilen şirketler
Anlaşmaya Göre Santralde Üretilen Elektrik Alım Garantisi Fiyatı (15 Yıl)*	12.35 Sent/kWh (KDV hariç), Tavan Fiyat: 15.33 Sent/kWh
Santralin Toplam Maliyeti	20 Milyar Dolar
Santralin Amortisman Süresi	15 Yıl
Yatırım ve Hizmet Finansmanı Modeli	Yap-Sahip Ol-İşlet
*Bu alım garantisi Ünite-1 ve Ünite-2'de üretilen elektriğin yüzde 70'i ile Ünite-3 ve Ünite-4'te üretilen elektriğin yüzde 30'unun her bir güç ünitesinin işletmeye alınma tarihinden itibaren 15 yıl süreyle satın alınmasını kapsamaktadır.	

Tablo 1. Akkuyu Nükleer Güç Santrali Hakkında Genel Bilgiler **Kaynak:** Resmî Gazete ve Anadolu Ajansı



Şekil 8. Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretim Kaynak Bazlı Dağılımı (2020, Yüzde)

Kaynak: EPDK Elektrik Piyasası Yıllık Sektör raporlarından derlenmiştir.

Türkiye'deki nükleer enerji santrali projeleri uluslararası konsorsiyumların oluşturulması neticesinde gerçekleşmektedir. Bunlardan ilki olan Akkuyu Nükleer Santrali Türkiye-Rusya ortaklığıyla hayata geçmiştir. İkinci proje olan Sinop Nükleer Santrali için Türkiye ile Japonya hükümetleri arasında 3 Mayıs 2013 tarihinde mutabakat sağlanarak bu alandaki çalışmalar başlatılmıştır. Anlaşma çerçevesinde Sinop'un İnceburun mevkiinde toplam kapasitesi 4 bin 480 MW olan bir santral kurulmasına karar verilmiştir. Ancak gelinen nokta itibarıyla fizibilite çalışması takvim ve maliyet yönünden tatmin edici olmadığından dolayı Japonya ile bu konudaki iş birliğine devam etmeme kararı alınmıştır (Sabah Gazetesi, 2020). Bu nedenle Sinop NGS yapımı için başka bir tedarikçi arama çalışmaları başlamıştır.

Bununla beraber üçüncü nükleer güç santralinin yapılması adına fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Bu santralin hangi ülke ile ortaklaşa yapılacağı ve konumu ile ilgili henüz resmi bir anlaşma yapılmamıştır. Ancak yapılan açıklamalar söz konusu santralin Çin merkezli firmalarla birlikte ve Trakya bölgesinde inşa edileceğine işaret etmektedir (CNNTURK, 2018).

Bahsi geçen santrallerden ilk ikisinin devreye alınması ile birlikte Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin en az yüzde 10'unun nükleer enerji kullanılarak karşılanması hedeflenmektedir (Karagöl ve diğ., 2017). Bununla beraber, Mersin-Akkuyu ve Sinop-İnceburun projelerinin tamamlanmasıyla, Türkiye'nin toplam kurulu gücüne 9 bin 280 MW düzeyinde katkı sağlanması öngörülmektedir. Mevcut durum itibarıyla ülkenin toplam kurulu gücü yaklaşık 97 bin 376 MW (Nisan 2021) seviyesindedir (Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2021). Bu aşamada söz konusu santrallerin bugün faaliyete başlamaları varsayımı altında Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün yüzde 10 civarında artacağı hesaplanmaktadır.

Bununla beraber Türkiye'nin toplam elektrik talebinin gelecek dönemlerde giderek artacağı tahmin edilmektedir. Bu beklentiye paralel bir şekilde nükleer enerjinin elektrik üretimi içerisindeki payının da artırılması, ülke açısından bir amaçtan ziyade bir zorunluluk halini almaktadır. Daha açık bir ifadeyle Türkiye'de gelecek dönemde fosil enerji kaynakları açısından dış tedarikçilere olan bağımlılığın azaltılması, enerji arz güvenliğinin artırılması ve enerji harcamalarının makul bir seviyede tutulması isteniyorsa nükleer enerji santralleri vasıtasıyla elektrik üretiminin üzerinde hassasiyetle durulması gerekmektedir.

4 Sonuç ve Öneriler

Dünyada güvenilir, öngörülebilir ve temiz elektrik üretim ihtiyacı hiçbir zaman günümüzdeki kadar artmamıştır. Bu nedenle özellikle nükleer santraller anlamında küresel ölçekli bir artış trendi gözlemlenmektedir. Dünya üzerinde elektrik üreten toplam nükleer güç reaktörü sayısı 2000'li yılların başlarında 400 civarı iken günümüzde yaklaşık 450 seviyesine ulaşmıştır. Dolayısıyla nükleer enerjiye olan küresel talebin giderek yükseldiği söylenebilir. Bu reaktörlerden bir kısmı zaman zaman içerisinde emekliye ayrılırken yeni tesislerin kurulmasıyla toplam reaktör sayıları artmaktadır.

Türkiye'de ise ilk ünitesinin 2023 yılında işletmeye alınması planlanan nükleer enerji santrali ile birlikte yeni bir dönem başlayacaktır. Enerjiye olan talebin en hızlı arttığı ülkeler arasında yer alan Türkiye'de, petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılarak elektrik üretim altyapısının çeşitlendirilmesi adına nükleer enerji ciddi bir alternatif sunmaktadır. Ülkede 50 yıldan fazla süredir nükleer enerji santrali kurma çalışmalarının devam ettiği göz önüne alınırsa, bugün gelinen seviye memnuniyet vericidir. Elbette ki Türkiye'nin nükleer enerji alanındaki çalışmaları titizlikle sürdürmesi gerekmektedir. Bu bakımdan aşağıdaki hususlar üzerinde durulmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Nükleer enerji alanında Rusya'da yüksek lisans eğitimlerini tamamlayarak yurda dönen öğrenci sayısı 130'a yaklaşmıştır. 2029'a kadar bu sayının 470 seviyesine ulaşması planlanmaktadır. Söz konusu rakamların artırılması ve nükleer enerji konusunda önde gelen diğer ülkelere de öğrenci gönderilmesi bu alanda ilerleme gösterilmesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca Türkiye'deki üniversitelerin de nükleer enerji alanında nitelikli eğitim verebilmesinin önü açılmalıdır. Bu bağlamda üniversitelerde araştırma merkezlerinin kurulması gerekmektedir.

Türkiye'de nükleer enerji alanında çalışacak teknik personel ve ara eleman eksikliği bulunmaktadır. Bu nedenle Milli Eğitim Bakanlığı ve üniversiteler ile ortak hareket edilerek nükleer alanında teknik liselerin kurulması faydalı olacaktır.

Nükleer enerji konusunda gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda elde edilecek tecrübe fizik, tıp, ulaşım ve savunma gibi birçok farklı alana etki edecektir. Dolayısıyla bu süreç iyi bir şekilde değerlendirilip Türkiye'nin sosyal ve teknolojik kalkınmasına katkı sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir.

Dünya genelinde nükleer atıklarla ilgili uzun vadeli bir çözüm henüz getirilememiştir. Ancak Finlandiya'da ilk derin yer altı nükleer atık depolama ve imha etme ünitesi inşa edilmektedir. Burada, kullanılmış nükleer atıkların yerin yaklaşık 400 metre altına gömülmesi hedeflenmektedir. Bu örneğin tüm dünyada yaygınlaştırılması gerekmektedir. Aksi takdirde yerküre ve doğal yaşam nükleer atıklar nedeniyle büyük risk altına girecektir. Türkiye ise söz konusu alanda yeni teknolojik gelişmeleri kullanarak atık yönetimi konusunda tedbirlerini henüz yolun başındayken almalıdır.

Bilindiği üzere Türkiye'de inşa edilecek olan Akkuyu Nükleer Güç Santrali uranyum elementi kullanılacaktır. Söz konusu kaynak ise Rusya tarafından tedarik edilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin enerji üretimi noktasında kaynak bakımından dışa bağımlılığı devam edecektir. Bu nedenle ülkenin uranyum rezervlerinin yeniden belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu sayede ileride kurulması planlanan nükleer santrallerde kullanılacak yakıtın temininde dışa bağımlılık engellenebilir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde nükleer enerji yatırımları giderek artmaktadır. Buna karşın söz konusu ülkelerin nükleer enerjiye yönelmelerini engellemek adına ciddi bir önyargı oluşturma çalışması yürütülmektedir. Söz konusu önyargıların taraflı ve gerçeklikten uzak olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla görsel, yazılı ve sosyal medya vasıtasıyla nükleer enerji konusunda daha fazla bilgilendirme yapılmalı ve bu konudaki farkındalık artırılmalıdır.

Türkiye'de önemli bir toryum rezerv potansiyelinin olduğu bilinmektedir. Türkiye'nin bazı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi uranyum yerine toryum yakıtlı nükleer santral çalışmalarında ilerlemesi ve bu kaynağı ekonomiyeye kazandırmak için AR-GE faaliyetlerini hızlandırması gerekmektedir.

