

DÜNYA NÜKLEER ENERJİ LİĞİNDE TÜRKİYE’NİN SERÜVENİ

Doç. Dr. Mehmet BULUT - *EMO Ankara Şubesi Enerji Komisyonu Üyesi / Müşavir / Öğretim Görevlisi*
Elektrik - Elektronik Mühendisi
mehmet.bulut06@emo.org.tr

1. GİRİŞ

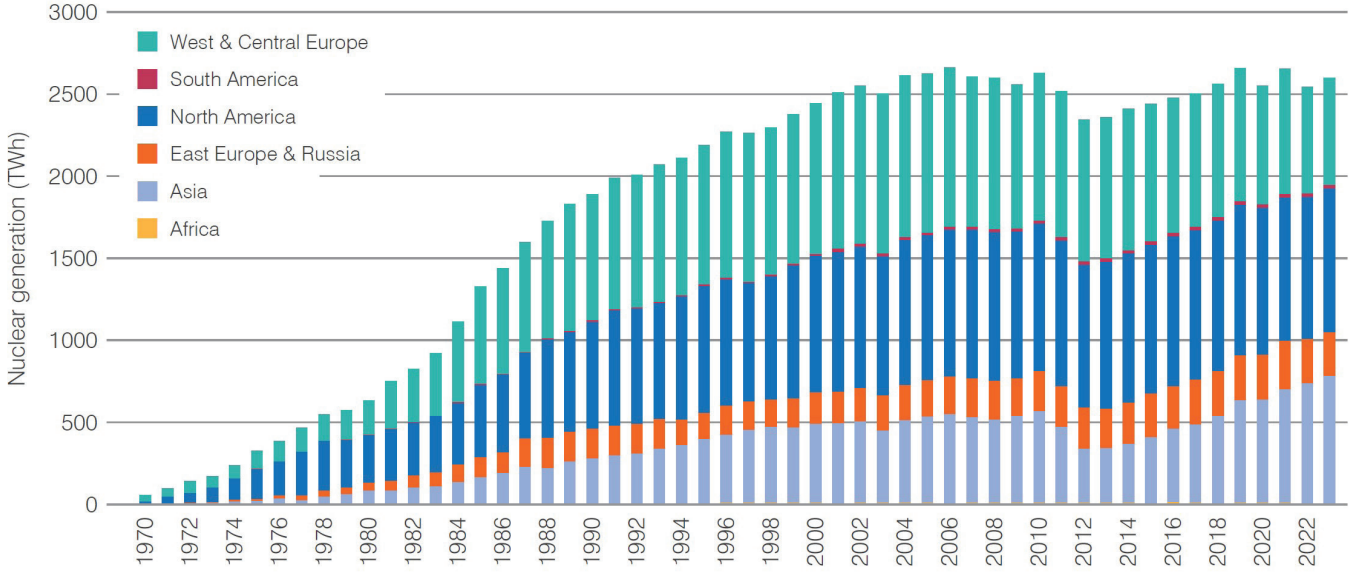
Dünya, ilk nükleer reaktör ile 1942 yılında, ABD’nin Illinois eyaletindeki Chicago kentinde Enrico Fermi’nin yürüttüğü proje sonucunda tanışmıştır. Fizyon yöntemi kullanılarak nükleer enerjiye dayalı elektrik üretimi ilk olarak 20 Aralık 1951’de ABD’nin Idaho eyaletindeki Experimental Breeder Reactor I adlı deneysel nükleer reaktöründe gerçekleşmiştir. Ancak Dünya şebeke bağlantılı, nükleer enerji santrali ile elektrik üretim uygulamasına ilk olarak 17 Haziran 1954 yılında Rusya’da Obninsk şehrindeki Kaluga Oblast Nükleer Santrali ile kavuşmuştur. Bu reaktör, bir elektrik şebekesi için elektrik üreten dünyanın ilk nükleer güç santrali olarak faaliyete geçmiştir. Tek ünite reaktörden oluşan bu nükleer santral, 30 MW termak kapasite gücünde ve 6 MW elektriksel güçte, hafif su grafit reaktörü teknolojisine sahip olup 29 Nisan 2002 yılına kadar 48 yıl süreyle faaliyette kalmış, 5 yıl elektrik üretmesinin ardından nükleer enerji teknolojilerinin geliştirilmesi için kullanılmıştır. Rusya’nın nükleer santral projesinin hemen ardından, 27 Ağustos 1956’da İngiltere’de ilk ticari nükleer santral olarak plütonyum üretmesi de amaçlanan 50 MW gücündeki Calder Hall 1 devreye girmiştir. Bundan bir sene sonra da 18 Aralık 1957’de sadece elektrik üretim amaçlı kurulan dünyanın tam ölçekli nükleer enerji santrali ABD’nin Pensilvanya kentinde inşa edilen 60 MW gücündeki Shippingport Atom Enerjisi Santrali şebekeye bağlanmıştır, bunu 1959’da Fransa’da 38 MW gücünde Marcoule Nükleer Tesisi G-2 izlemiştir.

Dünyada nükleer teknolojinin yaygınlaşması ve peşpeşe nükleer santraller kurulması beraberinde nükleer enerjinin bir yapı altında takip edilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Nitekim, 1953’te ABD Başkanı Eisenhower’ın Birleşmiş Milletler Genel Kurulu’nda yaptığı "Barış İçin Atomlar"

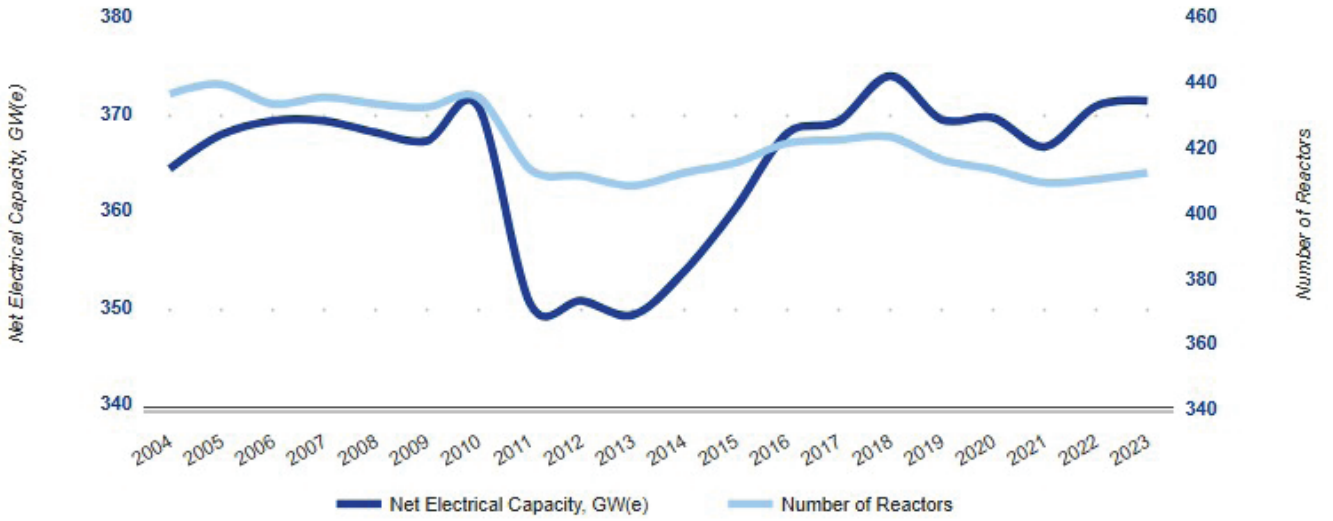
konuşması paralelinde, ABD Başkanı tarafından 29 Temmuz 1957’de tüzüğünün onaylanması ile Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı resmen kurulmuş olur. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) yapısı gereği, Birleşmiş Milletler bünyesinde kurulmuş olan hükümetler arası nükleer iş birliği için faaliyet gösteren bilim ve teknoloji temelli bağımsız bir kuruluş niteliğinde yapılandırılmıştır.

Sonraki yıllarda farklı nükleer reaktör teknolojileri geliştirilerek dünyadaki nükleer güç santrali kapasitesi artmıştır. 1976 yılına gelindiğinde, yıl sonunda 19 ülkede 192 ticari nükleer güç reaktörü faaliyette olup, elektrik enerjisi üretmekteydi. Dünyada nükleer enerji bazı zamanlarda meydana gelen nükleer kazalar sebebiyle yavaşlama ve duraklama dönemlerine girmiş olsa bile sürekli bir gelişme kaydetmiştir. 2025 yılı itibarıyla 31 ülkede faaliyette olan nükleer güç reaktörleri sayısı 416 ve bunların toplam kapasitesi 376 591 MW, inşaat halindeki nükleer güç reaktörleri sayısı 62 ve bunların toplam kapasitesi 64 461 MW, işletimi geçici askıya alınan nükleer güç reaktörleri sayısı ise 23’tür. İşletmedeki santraller vasıtasıyla dünya elektriğinin yaklaşık yüzde 9’u 440 civarındaki reaktörden oluşan nükleer enerjiden sağlanmaktadır.

Dünyada nükleer enerjiden üretilen elektriğin miktarı Şekil 1’de görüleceği üzere 2010 yılından sonra tekrar yükselme eğilimine girmiş ve sonraki yıllarda artan bir seyir izlemektedir. Dünyanın halen işletmedeki reaktör sayısı 400’ün üzerindedir ve toplam güç kapasitesi de 377.000 MW mertebesinde olup 2023 yılında 2.552.070 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1: Nükleer elektrik üretimi 1970-2023 (kaynak: Dünya Nükleer Birliği, IAEA PRIS)



Şekil 2: Dünyadaki Nükleer reaktör sayısı ve elektrik kapasitesi 2004-2023 (Kaynak :IAEA PRIS)

Türkiye’de ise nükleer enerji kullanımında ilk nükleer santralin kurulduğu 1954 yılından itibaren nükleer enerjiye ilgisini göstererek bu konuda gerekli adımları atmasına rağmen, ülkede ilk nükleer santralının inşaat lisansı alarak yapımına 50-60 yıl sonra ancak başlanabilmektedir.

2. TÜRKİYE’NİN NÜKLEER ENERJİ GİRİŞİMLERİ

Türkiye, dünyada hızla yaygınlaşan nükleer enerji konusuna ilgisiz kalmamış, 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu (AEK) kurularak nükleer enerji alanında çalışmalar başlatılmış, 1957 yılında Türkiye yeni kurulan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)’na üye olmuştur. Türkiye’de

ülkenin ilk nükleer tesisinin temeli 1959 yılında atılmış ve 1962 yılında Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nde 1 MW gücündeki Havuz' tipi TR-1 Araştırma Reaktörü işletmeye alınmıştır. 1970 yılında Türkiye'nin radyoizotop ihtiyacının karşılanması amacıyla aynı bina ve havuz içine ikinci bir reaktörün yapılmasına karar verilerek, 5 MW gücünde TR-2 araştırma reaktörü işletmeye alınmıştır.

Türkiye'de 1960'lı yıllarda nükleer enerji ile ilgili çalışmalara bir araştırma reaktörü kurulması yönünde karar verilmiş ve 1962 yılında Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezince (ÇNA-EM) 1 MW gücünde TR-1 adında "Havuz" tipi bir deney reaktörü işletmeye alınmıştır. Sonrasında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 1966 yılında 300 MW'lık bir nükleer santral yapımı için fizibilite çalışmaları için hazırlıklar yapılmaya başlanmıştır.

Tablo 1: Dünyada ve Türkiye'de nükleer enerjinin gelişimi

DÜNYA		TÜRKİYE	
1954	Rusya'da Obninsk, 6 MW Kaluga Oblast Nükleer Santrali kuruldu	1954	-
1956	İngiltere'de 50 MW gücünde ilk ticari nükleer santral kuruldu	1956	Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği kuruldu
1957	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) kuruldu	1957	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)'na üye oldu
1963	Pakistan, bilim danışmanı olan Abdus Salam öncülüğünde nükleer santral için ideal yerleri belirledi.	1962	Çekmece Nükleer Araştırma Merkezinde, TR-1 Araştırma Reaktörü işletmeye alındı.
1971	Pakistan'da Karaçi Nükleer Güç santrali (KANUPP), K-1 ünitesi işletmeye alındı ve Karaçi şehrine elektrik enerjisi sağladı	1970	400 MWe kapasiteli Nükleer Santralin fizibilite çalışması yapıldı
1972	Kazakistan'da 135 MWe gücünde dünyanın ilk ticari prototip hızlı nötron reaktörü (BN-350) devreye girdi ve Hazar üçünde tuzdan arındırmak için elektrik ve ısı üretti.	1974	Yapılacak nükleer santral için Akkuyu uygun lokasyon olarak belirlendi.
1976	Yıl sonunda 19 ülkede 192 ticari nükleer güç reaktörü faaliyette olup, elektrik enerjisi üretmekteydi	1976	Akkuyu Nükleer Santrali için yer lisansı verildi.
-----		-----	KAYIP 42 YIL
2018	Nükleer santraller, 2017'de ve 2018'in ilk yarısında dünya elektrik şebekelerine toplam 7000 MW kapasite ekledi, dünyada toplam nükleer reaktör sayısı 450.	2018	Akkuyu Nükleer Santrali 1. güç ünitesinin inşaat lisansı alındı.
2023	Dünyada işletmede toplam 371.500 MW gücünde olan toplam nükleer reaktör sayısı 413 ve 61.100 MW gücünde inşaat halindeki nükleer reaktör sayısı 59.	2023	Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) projesinde 1. güç ünitesi için taze nükleer yakıt sahaya getirildi ve ilk güç ünitesine işletmeye alma izni verildi.
2025	Dünyada faaliyette olan nükleer güç reaktörleri sayısı 416 ve bunların toplam kapasitesi 376 591 MW. İnşaat halindeki nükleer güç reaktörleri sayısı 62 ve bunların toplam kapasitesi 64 461 MW. İşletimi geçici askıya alınan Nükleer Güç Reaktörleri sayısı 23.	2025	Türkiye'nin ilk nükleer güç santrali olan Akkuyu NGS, Rus tasarımı VVER-1200 reaktörü ile donatılmış 4 güç ünitesi inşaat lisansı almış olup aynı anda inşa edilmektedir.

Ülkede kalkınma planları döneminin başladığı 1960'lı yıllarda, nükleer enerji konusu kalkınma planlarında da Türkiye'nin öncelikli konusu olarak yer almıştır. Bu anlamda ilk olarak, İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968-1972) döneminde de enerji ihtiyacının karşılanması için nükleer enerji kaynaklarının araştırılmaya başlandığı ve nükleer santral kurulmasının yararlı olacağına değerlendirildiği görülmektedir. Planda, nükleer enerji kaynaklarından faydalanma imkânları araştırılacak ve nükleer enerji santralleri kurulmasına çalışılacağı belirtilmektedir. Sanayi enerji ihtiyacı için mevcut enerji kaynaklarından en yüksek verimi sağlayacak tedbirler alınırken, nükleer enerji gibi geleceğin enerji kaynaklarından da faydalanma imkânları araştırılacağı vurgulanmıştır.

Görüleceği üzere Türkiye'de nükleer enerji ile ilgili çalışmalar dünya ile birlikte başlamış ve bu konuda araştırma reaktörleri kurularak, nükleer güç santrali yapımında tecrübe ve bilgi kazanımı sağlanmaya başlanmıştır. Bu anlamda 1970 yılında 400 MW kapasiteli bir basınçlı ağır su Nükleer Santralının kurulmasıyla ilgili fizibilite çalışması yapılmıştır.

Türkiye'nin Uzun Dönemli Kalkınma ve Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973-1977) Temel Hedefleri ve Stratejisi olarak Enerji ihtiyacının karşılanması için yerli enerji kaynaklarına ağırlık verileceği, nükleer enerji kaynaklarından faydalanma imkânları araştırılacağı planda yer almaktadır. Yatırım programına alınarak, **prototip, eğitim amaçlı nükleer santralin yapım faaliyetlerine başlanacağı hedefler arasına konulmuştur.** *Üçüncü Plan döneminde tesisine başlanacak olan eğitim amaçlı prototip nükleer santral, uzun dönemde nükleer teknolojiye girişi sağlamak için nükleer enerji santrallerinin planlama, projelendirme ve tesisinde yararlar sağlayacak ayrıca elektrik enerjisi üretileceği belirtilmiştir.* Ayrıca uzun dönemde enerji kaynaklarını geliştirme programı çerçevesinde uranyum ve toryum'un kullanma olanakları ortaya konulmaya çalışılacağı vurgulanmıştır.

1970'li yılların başlarında, nükleer santral sahası için yer seçimi çalışmaları kapsamında yapılan araştırmalar neticesinde, Türkiye'de kurulacak nükleer güç santrali için ele alınan kriterler neticesinde en uygun lokasyonlar olarak Mersin-Akkuyu, Sinop-İnceburun ve Kırklareli-İğneada sahaları belirlenmiştir. Yapılacak nükleer santral

için yer seçimine ilişkin bilimsel/teknik kriterler ve güvenlik faktörler neticesinde 1974 yılında, Güney Mersin, Gülnar ilçesindeki Akkuyu sahası ilk nükleer santralin kuruluş yeri olarak tespit edilmiştir. Akkuyu Sahası için saha lisans çalışmaları için yapılan yer etüt ve çalışmalara dayanarak "Yer Raporu" hazırlanmış, lisanslama otoritesi olan Başbakanlık Atom Enerjisi Komisyonu tarafından 1976 yılında Akkuyu Sahası için "yer lisansı" verilmiştir.

Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1983) ise Nükleer enerji santralleri yapımı ve nükleer enerji girdisinin kendi doğal kaynaklarımızdan sağlanmasını amaçlayan çalışmalar hızlandırılacağı, saptanacak «Ana planı» çerçevesinde ikinci nükleer santralin etütleri ile yer seçimi sonuçlandırılacağı belirtilmiştir. V. Plan döneminin enerji sektörünün iki büyük projesi Atatürk Barajı ve nükleer santral olduğu, nükleer enerjinin uzun dönemde sektördeki önemi dikkate alınarak, nükleer enerji teknolojisine geçiş için V. Plan döneminde çalışmaların başlatılacağı vurgulanmıştır.

1981 yılında ÇNAEM'de, TR-1 araştırma reaktörü havuzunun bir diğer köşesinde, TR-2 araştırma reaktörü kurulmuş ve 1982 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) kurularak ve nükleer enerji alanında lisanslama otoritesi olarak görevlendirilmiştir.

Nisan 1986'da Rusya'da meydana gelen ve büyük bir felakete yol açan Çernobil nükleer santral kazasının dünyada oluşturduğu olumsuz ortam ve bunun Türkiye'deki yansımaları neticesinde Türkiye'de nükleer santrallerle ilgili çalışmalar askıya alınsa da 1993 yılında Akkuyu Nükleer Santrali Projesi Resmi Gazete'de yayımlanan ülke yatırım programına yeniden alınmıştır.

Gelinen süreçte, Akkuyu sahasında nükleer santral yapımına yönelik yapılan ihalelerden sonuç alınamaması sebebiyle devletlerarası işbirliği metodu kararlaştırılmış, 2010 yılında Rusya ile Akkuyu'da NGS inşa edilmesine dair işbirliğine dair hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır. Anlaşma, Rusya Federasyonu ile 4.800 MW gücünde 4 adet birbirinden bağımsız nükleer reaktörden oluşan Akkuyu Nükleer Güç Santralinin (NGS) yapımı kararlaştırılmıştır. Akabinde 2013 yılında Japonya ile Sinop'ta 4.480 MW gücünde ikinci bir NGS'nin kurulması konusunda işbirliğine dair hükümetler arası anlaşma imzalanmış

ve anlaşma 2015 yılında onaylanarak yürürlüğe girmiştir. Bu anlamda Akkuyu ve Sinop'ta santral yapılmasına ilişkin karar teyit edilerek, Akkuyu NGS'den yılda 35 milyar kWh, Sinop NGS'den ise 34 milyar kWh elektrik üretilmesi planlanmıştır.

Akkuyu sahasına yer lisansı verilmesinden 42 yıl sonra 2018 yılında Akkuyu Nükleer Santrali 1. güç ünitesinin inşaat lisansı verilerek inşaatı başlanmıştır (Tablo 1). Böylece Türkiye dünya-daki inşa halinde nükleer santral listesinde yerini almış, nükleer enerji ligine ilk adımını atmıştır. 2023 yılında Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) projesinde 1. güç ünitesi için taze nükleer yakıt sahaya getirilmiş ve ilk güç ünitesine işletmeye alma izni verilmiştir. Yapımı devam eden Türkiye'nin ilk nükleer güç santrali olan Akkuyu NGS, Rus tasarımı VVER-1200 reaktörü ile donatılmış 4 güç ünitesi inşaat lisansı almış olup aynı anda inşa edilmektedir.

Türkiye nükleer enerjide hedef büyütürken Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2014-2018) döneminde 5.000 MW'lık üçüncü bir NGS için saha belirleme, ön fizibilite ve yatırım hazırlıklarına başlanacağı belirtilmiştir. On Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2019-2023) döneminde ise Nükleer Güç Santralleri (NGS) elektrik enerjisi üretim portföyüne dâhil edileceği, nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretimindeki payının artırılmasına ilişkin çalışmalar sürdürülecek ve kurumsal kapasite güçlendirileceği belirtilmiştir. Nükleer Santrallerin kurulumunda ihtiyaç duyulacak çok yüksek ısıya dayanıklı kompozit malzemeleri yerli üretimden tedarik edebilen firmaların desteklenmesi, NGS'lerde teknoloji transferi sayesinde nükleer teknolojide dışa bağımlılığı azaltacak önlemler alınması kararlaştırılmıştır.

On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)'nda Nükleer enerji yatırımlarına yönelimlerin yeniden artma eğiliminde olduğu, yenilenebilir enerji kay-

naklarını nükleer enerjiyle destekleme politikası kapsamında pek çok ülke hâlihazırda var olan santrallerini yeniden aktifleştirme ve yenilerini inşa etme yönünde kararlar aldığı, bu çerçevede, mikro, küçük ve yeni nesil reaktörlerin geliştirilmesi öne çıkmakta olduğu vurgulanmıştır. Türkiye'nin de Akkuyu NGS'ye ilave yeni nükleer santraller ve yerli küçük modüler reaktörler (SMR)'le elektrik üretimi artırılarak nükleer enerjinin ülkemizde kullanımı yaygınlaşacağı, küçük modüler reaktörler, füzyon teknolojileri ve ileri nesil reaktörler gibi yeni teknolojilere yönelik çalışmalar yapılacak, nükleer atıkların güvenli

bir şekilde bertarafı için atık tesisi kurulmasına yönelik çalışmaların yürütülmesi öngörülmüştür.

Böylece, 2018 yılında temeli atılan Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nde (NGS) dört ünitenin inşaat süreci devam etmekte birlikte yeni nükleer santrallerin kurulmasına yönelik çalışmalar

yürütülmüş, ayrıca Akkuyu NGS'ye ilave yeni nükleer santraller ve yerli küçük modüler reaktörler (SMR)'le elektrik üretimi artırılarak nükleer enerjinin ülkemizde kullanımı yaygınlaşması ülke hedefine konulmuştur.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde dünya elektriğinin yaklaşık yüzde 9'u 440 civarındaki reaktörden oluşan nükleer enerjiden sağlanmaktadır. Nükleer enerji aynı zamanda, dünyanın düşük karbonlu elektriğinin yaklaşık dörtte birini sağlayan bir konumda bulunmaktadır. Dünyada 50'den fazla ülke yaklaşık 220 araştırma reaktöründe nükleer enerjiyi geliştirme çalışması yapmakta, bu reaktörler araştırmanın yanı sıra tıbbi ve endüstriyel izotopların üretimi ve eğitim için de kullanılmaktadır. 2023 yılında nükleer santraller 2022 yılında 2545 TWh elektrik sağlarken, 2023 yılında bu rakam 2602 TWh'ye yükseldi. 2023'te on dört ülke elektriğinin en az dörtte birini nükleerden üretti. Fransa elektriğinin yaklaşık %70'ini nükleer enerjiden



elde ederken, Ukrayna, Slovakya ve Macaristan yaklaşık yarısını nükleerden elde etmektedir.

Tablo 2. Dünyada inşaatı devam nükleer santral projeleri kapasite ve reaktör sayıları

ÜLKE	TOPLAM KAPASİTESİ [MW]	REAKTÖR SAYISI
ARJANTİN	25	1
BANGLADEŞ	2160	2
BREZİLYA	1340	1
ÇİN	29638	28
MISIR	4400	4
HİNDİSTAN	5398	7
İRAN	974	1
JAPONYA	2653	2
G. KORE	2680	2
PAKİSTAN	1117	1
RUSYA	3850	4
SLOVAKYA	440	1
TÜRKİYE	4456	4
UKRAYNA	2070	2
BİRLEŞİK KRALLIK	3260	2
Toplam	64461	62

Günümüzde dünya üzerinde toplam 31 ülkede nükleer santral bulunmakta ve Nükleer santrallerin bulunduğu ülkelere bakıldığında gelişmiş ülkelerin bu konuda ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)'nın 2025 yılı verilerine göre dünyada toplam enerji ihtiyacının %9'u toplam işletmede olan 416 adet nükleer santralden üretilmektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu 15 ülkede 62 adet nükleer santral yapım aşamasındadır. Nükleer santrallerin kurulması ve nükleer enerji üretimi gelecekte de artış gösterecektir (Tablo 2).

On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) belirtildiği şekilde dünyada nükleer enerjiye yönelimlerin yeniden artma eğiliminde olduğu ülkelerin hâlihazırda var olan santrallerini yeniden aktifleştirme ve yenilerini inşa etme yönünde kararlar aldığı dikkate alınarak ülkemizin nükleer

projelerde gözlenen zorlukların bir kısmının üstesinden gelinmesi için fırsat görülen bir teknoloji seçeneği olarak küçük modüler reaktörler (SMR'ler) başta olmak üzere mikro, küçük ve yeni nesil reaktörlerin geliştirilmesine ayrı bir önem vermesi gerektiği görülmektedir. Yerli küçük modüler reaktörler (SMR)'le elektrik üretimi artırılarak nükleer enerjinin ülkemizde kullanımı yaygınlaşmasının sağlanması, Küçük modüler reaktörler, füzyon teknolojileri ve ileri nesil reaktörler gibi yeni teknolojilere yönelik çalışmalar yapılarak yol alınması ülkenin teknolojik gelişimi ve enerjinin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] World Nuclear Performance Report 2023, World Nuclear Association, <https://world-nuclear-org>, Erişim tarihi : 21 Mart 2025
- [2] The Annual Report For 1976, International Atomic Energy Agency, Austria - July 1977
- [3] The Database on Nuclear Power Reactors, The Power Reactor Information System (PRIS), International Atomic Energy Agency (IAEA), <https://pris.iaea.org/pris/>
- [4] M. Bulut, İ. Öz, Türkiye Kalkınma Planlarında Elektrik Enerjisi Sektörüne Yaklaşım ve Gerçekleşmelere Bakış, Enerji Stratejileri Konferansı - ESK2024, Ankara
- [5] Tüba-Nükleer Enerji Raporu Ankara - 2019, Editör: Prof. Dr. İbrahim DİNÇER
- [6] Küçük Modüler Reaktörler: Zorluklar ve Fırsatlar Raporu Özeti <https://dunyaenerji.org.tr/kucuk-moduler-reaktorler-zorluklar-ve-firsatlar-raporu-ozeti/>, Erişim tarihi : 28 Mart 2025
- [7] N.L. Char and B.J. Csik, Nuclear power development: History and Outlook Events have changed the global prospects for nuclear power, IAEA BULLETIN, 3/1987