

**Küresel İnovatif Nükleer Güç Sanayi Gelişmeleri Doğrultusunda Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA 2050 Nükleer Elektrik Üretimi Projeksiyonları**

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası FMO ([canguzel.taner@gmail.com](mailto:canguzel.taner@gmail.com))

Güneş sistemi içinde yaşanabilir yegâne mavi gezegenimizin fosil yakıtlar bağımlılığı neticesi küresel karbondioksit konsantrasyonları yükselişleri, dünya sıcaklık artışları rakamlarının 1.5°C ile limitlenmesi çalışmalarını başarısız kılmaktadır. Aşırı derecede kullanımı artan global fosil yakıtların kullanılması ve tüketilmesinin sınırlandırılması faaliyetlerine yönelik Birleşmiş Milletler BM 2015 Paris İklim Anlaşması hükümleri ışığı altında düşük karbon ekonomisi çerçevesinde hükümetler, global karbon nötr ülkeler sınıfına dahil olmak üzere kararlar almaktadır. Three Mile Island, Çernobil ve Fukushima Daiichi global nükleer yakıt erimesi kazaları ile birlikte küresel düşük karbon teknolojileri kategorisinde olan nükleer güç endüstrisi; dünya kamuoylarında nükleer nefret, nükleer korku ve nükleer dehşet atmosferi yaratmıştır. Ancak, çevreci temel enerji kaynakları baz yüklü yeni kuşak karbonsuz nükleer güç santralleri NGS reaktörleri kompleksleri kurulması, nükleer yakıt erimesi kazaları vuku bulması olasılıkları olmayan iklim dostu küçük modüler reaktörler (Small Modular Reactors - SMR) ve yenilikçi dördüncü nesil ergimiş tuz santrali ETS reaktörleri araştırma geliştirme Ar-Ge çalışmalarının olumlu yönde ilerlemesi sonucu kamuoyu nükleer güç endişeleri ve nükleer enerji kaygıları giderek azalmaktadır. Diğer taraftan, özellikle kullanılmış ve tüketilmiş yüksek radyoaktif nükleer atıklar kaynaklı global baz yüklü karbonsuz yeni nesil hızlı üretken reaktörler (Fast Breeder Reactors - FBR) üniteleri yapımları da sürdürülmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA (International Atomic Energy Agency - IAEA) tarafından son hazırlanan 2050 yılı küresel karbonsuz nükleer güç projeksiyonları bu yazıda ele alınmaktadır.

On yıl önce doğal felaketler zinciri sonrası gerçekleşen Japon konvansiyonel Fukushima Daiichi nükleer güç santrali NGS reaktörleri nükleer yakıt erimesi kazaları meydana gelmesinden beri Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA (International Atomic Energy Agency - IAEA) tarafından gelecek yıllar için küresel elektrik üretimi kompozisyonu kapsamında muhtemel global güç kapasitesi büyümesi projeksiyonları ilk kez revize edilmiştir. Düşük karbon teknolojisi kaynağı nükleer elektrik üretimi UAEA öngörüsü, yıllık değişimdeki yeni trendi henüz içermemektedir. Ancak, söz konusu IAEA düşük karbon ekonomisi küresel nükleer elektrik üretim projeleri ise ülkelerin yeryüzünün ısınması ve iklim değişikliği mekanizmaları sorunları mücadelesi kapsamında global fosil yakıtlar kullanımının terk edilmesi hedefleri doğrultusunda dünya gündemine ciddi biçimde gelmektedir. Çok sayıda ülke doğa dostu, güvenilir ve temiz enerji üretimi artırılması yönünden karbonsuz nükleer güç yatırımları planlamaktadır. UAEA son küresel nükleer güç projeksiyonu yüksek olasılıklı senaryosu, dünya net nükleer elektrik üretimi kapasitesi rakamının 2020 yılında 393 GW(e) düzeyinde iken 2050 yılında iki kat artarak 792 gigawatt düzeyine yükselmesini öngörmektedir. Daha önce IAEA 2050 global nükleer güç kapasitesi tahmini olan 715 GW(e), sadece %10 oranında revize edilmektedir. Bununla beraber UAEA 2050 yılı dünya karbonsuz nükleer güç kapasitesi öngörüsü gerçekleşmesi için küresel acil çevre eylem planları ve enerji eylem planları içeriğinde inovatif nükleer teknolojiler ve yenilikçi nükleer tekniklerin hızlı olarak devreye girmesi

gerekmektedir. Düşük ihtimalli dünya nükleer güç kapasitesi projeksiyonu ise 2050 yılı global karbonsuz nükleer elektrik üretimi kapasitesi rakamının 392 **GW(e)** olarak günümüzdeki gibi aynı seviyede sabit kalacağını tahmin etmektedir. **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA** Genel Direktörü **Rafael Mariano Grossi**, yeni **IAEA** 2050 karbonsuz nükleer elektrik üretim projeksiyonları rakamlarının sürdürülebilir küresel düşük karbon enerjisi güç üretimleri için kaçınılmaz bir rol oynayacağını işaret etmektedir. Ayrıca, söz konusu **UAEA** 2050 yılı nükleer güç tahmini bulgularının ise işletilmesi sırasında karbondioksit emisyonları olmayan **nükleer güç santrali NGS** reaktörleri ünitelerinin global çevre dostu elektrik enerjisi üretimi yatırımlarının teşviki ve cesaretlendirilmesi açısından önemli bir farkındalık oluşturacağı da ifade edilmektedir. Böylece, karbonsuz baz enerji kaynağı nükleer güç üretimi yatırım projeleri sayesinde 2050 yılına kadar ülkelerin karbon nötr ülke olma programları ve sıfır emisyon düzeyine ulaşma planları da kolaylaşacaktır. **UAEA** 2050 nükleer güç kapasitesi öngörüsü raporu 2021 yılı projeksiyonları, yerkürenin ısınması ve global iklim değişiklikleri mekanizmaları problemlerinin büyümesini ve küresel elektrik üretimi portföyü kapsamında dünya karbondioksit emisyonlarının azaltılması, sınırlandırılması, kontrol ve denetim altına alınması bağlamında alternatif temel enerji kaynağı karbonsuz nükleer enerji seçeneğinin önemini yansıtmaktadır. **Birleşmiş Milletler BM** 2015 Paris Uluslararası İklim Mutabakatı hükümleri sayesinde küresel karbonsuz nükleer gücün gelişimi bir anlamda desteklenmektedir. Ayrıca, dünya nükleer güç üretimlerinin yaygınlaşması yönünden gerekli olan enerji politikalarının yürürlüğe girmesi ve yasal market düzenlemeleri adımlarının atılması halinde global düşük karbon teknolojileri yatırımları da uygun bir duruma gelecektir. Öte yandan, 2050 yılı küresel nükleer elektrik kapasitesi rakamlarını iki kat artacağını öngören **UAEA** yüksek ihtimalli nükleer enerji projeksiyonları aynı zamanda "**Net Sıfır 2050 – Global Enerji Sektörü için Yol Haritası (Net Zero by 2050: a Roadmap for the Global Energy Sector)**" başlıklı **Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency - IEA)** nükleer güç projeksiyonları ve küresel karbon nötr olma tahminleri içerikli Mayıs 2021 tarihli yayını ile uyum içinde bulunmaktadır. Küresel elektrik üretimi görünümü açısından gelecek 30 yıl zarfında global nükleer güç üretimi profili rakamlarının iki kat artarak halihazırdaki dünya elektrik üretim portföyü içindeki yerini koruması beklenmektedir. **UAEA** yüksek olasılıklı projeksiyonu, nükleer elektrik üretim rakamlarının 2050 yılındaki küresel güç üretimi rakamlarına %12 oranında katkı sağlamasını tahmin etmektedir. Diğer taraftan, 2020 yılında yapılan 2050 yılı yüksek ihtimalli projeksiyonlar ise %11 oranında katkı teminini öngörmüştür. Öte yandan, küresel nükleer güç üretimi rakamları 2020 dünya elektrik üretimi kompozisyonu içinde yaklaşık %10 oranında yer almıştır. Düşük olasılıklı senaryo ise toplam elektrik üretimi içeriğinde global nükleer güç istihali payının %6 oranında temsil edilerek değişmeyeceğini hesaplamaktadır. Ayrıca, dünyanın en kirli fosil yakıtı karaelmas kömür tüketimi biraz azalarak 2020 yılında küresel elektrik enerjisi üretimi portföyü içinde en yüksek konumda olan %37 temsil payını, ne yazık ki, muhafaza etmektedir. Yenilikçi düşük karbon teknolojileri, örneğin, nükleer hidrojen üretimi aynı zamanda gelecekte yaygınlaşması beklenen karbonsuz yenilikçi küçük ve ileri nükleer reaktörler ile birlikte yeğane mavi gezegen dünyanın sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda iklim dostu küresel karbon nötr olma planlarının başarılması yönünden çok önemli bir rol oynayacaktır. İnovasyona dayalı nükleer güç üretimleri sayesinde hüküm süren ve tehlikeli boyutlara ulaşan çevre kirliliğinin önlenmesi, hava kalitesinin artırılması aynı zamanda küresel enerji arz güvenliği sorunlarının çözümü olası kabul edilmektedir. Ayrıca, inovasyonların yaygınlaştığı ısı ve hidrojen üretimi gibi çok sayıda alanda nükleer tekniklerin kullanımı da giderek artmaktadır.

Baz yüklü karbonsuz yeni nesil eritilmiş tuz santrali (ETS) reaktörleri ünitelerinin soğutulması için su kullanılmaması nedeni ile kurak bölgelere yapımı da mümkün görülmektedir. Sodyum soğutmalı hızlı reaktör (Sodium-Cooled Fast Reactor - SFR) tipi nükleer elektrik tesisinin şematik görünümü aşağıdaki resimde verilmektedir.

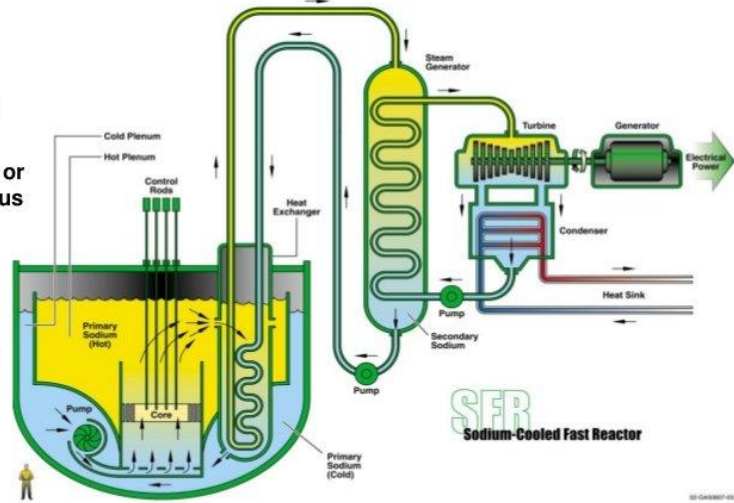
## Sodium-Cooled Fast Reactor (SFR)

### Characteristics

- Sodium coolant
- 550C outlet temperature
- 600-1500 MWe large size, or
- 300-600 MWe intermediate size
- 50 MWe small module option
- Metal fuel with pyroprocessing or MOX fuel with advanced aqueous separation

### Benefits

- High thermal efficiency
- Consumption of LWR actinides
- Efficient fissile material generation



<http://www.gen-4.org/Technology/systems/index.htm> 10

Yaşlanan nükleer güç tesisleri ünitelerinin yönetimi ve uzun vadeli işletilmesine yönelik çalışmalar, çok sayıda nükleer elektrik reaktörü kompleksleri kapsamında artarak sürdürülmektedir. Dünyadaki iklim dostu karbonsuz nükleer enerji reaktörleri sistemlerinin takribi üçte ikisi 30 yılın üzerinde global nükleer elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Küresel nükleer güç santrali NGS reaktörleri komplekslerinin büyük bir kısmının işletilmesi ömürleri 60 hatta 80 yıla kadar uzatılmaktadır. Bununla beraber çalışma ömürlerini tamamlanmış nükleer reaktörlerin global nükleer elektrik üretimi potansiyelinin korunması açısından önemli oranda yeni nükleer güç kapasitesine gereksinim duyulmaktadır. Küresel enerji portföyü içinde nükleer gücün rolünü sürdürebilmesi için pek çok yeni nükleer güç santrali yatırımları yapılması gerekmektedir. Özellikle, Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde yeni nükleer elektrik reaktörleri kurulması projeksiyonları ise halen belirsiz bir konumda seyretmektedir. Diğer taraftan, 2050 yılına kadar enerji, elektrik ve nükleer güç tahminleri içerikli **Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050** adlı yayının 41. baskısı; nükleer güç ile ilgili küresel trendleri ve bölgesel eğilimleri ayrıntılı olarak gözden geçirmektedir. Söz konusu yayın, dünyada nükleer gücün gelişmesi ve yaygınlaşması hakkındaki farklı senaryoları düşük ve yüksek olasılıklı öngörüler halinde ele almaktadır. Sonuçta, "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050" UAEA yayını, yüksek ve düşük ihtimalli nükleer güç kapasitesi rakamları makul ölçülerde kalmak suretiyle küresel nükleer enerjinin geleceğine dair bilgileri sunmaktadır.

## **Kaynaklar:**

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Santraller ve Gelecekteki Nükleer Enerji Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Fukushima Nükleer Güç Santralleri Kazaları Sonrası Modern Nükleer Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Çin, Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri, Global Yenilikçi Nükleer Santral İnşaatları ve Dünya Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Japonya 2011 Fukushima (Fukuşima) Daiichi Nükleer Güç Santrali NGS Kazaları Sonrası Nükleer Enerji Teknolojisinin Yeniden Canlanması, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Japonya 2011 Yılı Deprem ve Süpürtü Dalgaları Doğal Felaketler Sonucu Fukushima Nükleer Elektrik Santrali Kapatılması Sonrası Nükleer Enerji Teknolojileri Stratejisi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Polonya Farklı Enerji Transformasyon (**Energiewende**) Politikası, Kömür Yakıt Kaynaklı Elektrik Üretimlerinden Nükleer, **YEK** ve Gaz Üretimlerine Dönüşüm, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Ortadoğu Ülkeleri Mısır, Suudi Arabistan, Ürdün ve Birleşik Arap Emirlikleri Baz Enerji Kaynağı Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri NGS Kurulması Projeleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Japonya Mart 2011 Deprem ve Tsunami Süpürtü Dalgaları Tabii Afetler Zinciri Sonrası Japon Nükleer Enerji Santralleri Projeksiyonları Dirilişi Süreci, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Rusya Federasyonu Küresel Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri Yatırımları ile Çin, Güney Kore, Fransa ve Amerika Nükleer Enerji Projeleri Rekabeti, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Karbonsuz Hızlı Nükleer Santraller veya Hızlı Üretken Reaktörler ile Baz Yüklü Küçük Modüler Nükleer Güç Reaktörleri (**SMR**) Yatırımları Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2019.
- Temel Güç Kaynakları Karbonsuz Mini Nükleer Elektrik Reaktörleri ve Global Nükleer Yakıt Erimesi Kazaları Karşısındaki Teknolojik Üstünlükleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Japon Fukushima Daiichi Nükleer Güç Santrali (**NGS**) Reaktörleri Kazaları Sonrası Baz Yüklü Yeni Kuşak Nükleer Elektrik Santralleri Gelişimi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Onuncu Yılında Fukushima Daiichi Nükleer Santral Kazası, Yüksel Atakan ve Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Kitap, Nisan 2021.
- Çin Karbonsuz Toryum Yakıtlı Dördüncü Nesil Ergimiş Tuz Santralleri **ETS** Kompleksleri Kurulması ve Ticari Nükleer Güç Üretimi Başlatılması Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2021.
- IAEA Increases Projections for Nuclear Power Use in 2050, **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA (International Atomic Energy Agency - IAEA)** Yayını, 16 Eylül 2021.

**Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:**  
[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)