

## Avrupa, Nükleerde de Rusya'ya Bağımlı!

### Yüksel Atakan

Gerek doğalgaz ve petrolde Rusya'ya bağımlılığın azaltılması gerekse nükleer reaktörlerin CO<sub>2</sub> salmamları sonucu iklimi korumakla ilgili katkıları nedenleriyle, nükleer reaktörlerin bugünkü işletme sürelerinin uzatılması ve yeni reaktörlerin yapımı Avrupa'da gitgide olumlu karşılanıyor. Ancak reaktörlerin Uranyum yakıtının sağlanmasında Rusya'ya bağımlılık büyük sorun!

Bu yazımızda nükleer santraller ve nükleer teknolojiyle ilgili olarak Avrupa'daki gelişmeleri, Türkiye'deki durumu ve Rusya'ya bağımlılığı gözden geçireceğiz.

### İngiltere'de durum

Başbakan Johnson Nükleer enerjiye dönmekle ilgili kapsamlı planları olduğu geçenlerde açıkladı /1/. Uzmanlar ise nükleer reaktörlere dünyanın en pahalı santralleri gözüyle bakıyorlar. Johnson, - doğal gaz ve petrolde Rusya'ya daha fazla bağımlılığımıza izin veremeyiz diyor ve 2030 yılına kadar her yıl yeni bir nükleer reaktör yapımını planlıyor. İngiltere'de hükümet, Almanya'dakinin aksine nükleer enerjiye olumlu bakıyor.

İngiltere'de 2030 yılına kadar elektrik üretiminin % 95'i kömür yakıt kullanılmadan, rüzgar, güneş, su ve nükleer enerjiden sağlanacak diye de ekliyor. Bu aynı zamanda 40.000 kişiye iş demek. 2050 yılına kadar nükleer enerji kurulu gücünün 24 GWatt artırılması ya da şimdikinin 3 katına yükselmesiyle elektrik tüketiminin % 25'inin karşılanması planlanıyor. Johnson'un bu planı ülkede, muhalefet dahil destek buluyor.

Öte yandan 2017 yılından beri yapılmakta olan 2 reaktörlü (her biri 1600 MWe gücündeki) Hinkley Point santralinin bugünkü fiyatı yaklaşık 30 milyar Avro'ya yükselerek dünyada rekor kırdı. Johnson ayrıca küçük modül reaktörlerle (SMR) 1 milyon eve elektrik sağlamayı da planlıyor. 2021 Kasım ayında Hükümet SMR araştırmaları için 210 .000 Sterlin yatırım yaptı. SMR cinsi küçük reaktörleri Rolls Royce şirketi geliştirecek.

### Almanya

Almanya'da, bu yıl sonu durdurulması planlanan son 3 nükleer reaktörün işletilme süresinin uzatılması tartışılıyor. Bunlar: **Isar 2, Emsland und Neckarwestheim 2 reaktörleridir**. Bir çok kurum ve CDU/CSU partileri bunu olumlu karşılarlarken, yeni hükümette yer alan Yeşiller Patisi bugünkü modern reaktörlerde olasılığı artık olmayan Çernobil ve Fukuşima kazalarını örnek gösterip nükleer reaktörlerin sürelerinin uzatılmasına olumlu bakmıyor. Baviera Başbakanı M.Söder - nükleer enerjiye son vermek doğru değildi, diyerek ortak olduğu 2011'deki Merkel hükümetinin kararını dolaylı olarak eleştirmiş oldu.

Bu 3 reaktörü işleten şirketler de, reaktörlerin eskiden planlanan zamandan önce kapatılmaları sonucu, daha önce yargı yoluyla aldıkları tazminatla yetineceklerini, nükleer karşıtlarla artık uğraşmak istemediklerinden, sürenin uzatılmasını istemiyorlar. Bugün Almanya'da yeşiller partisinin de ortak olduğu

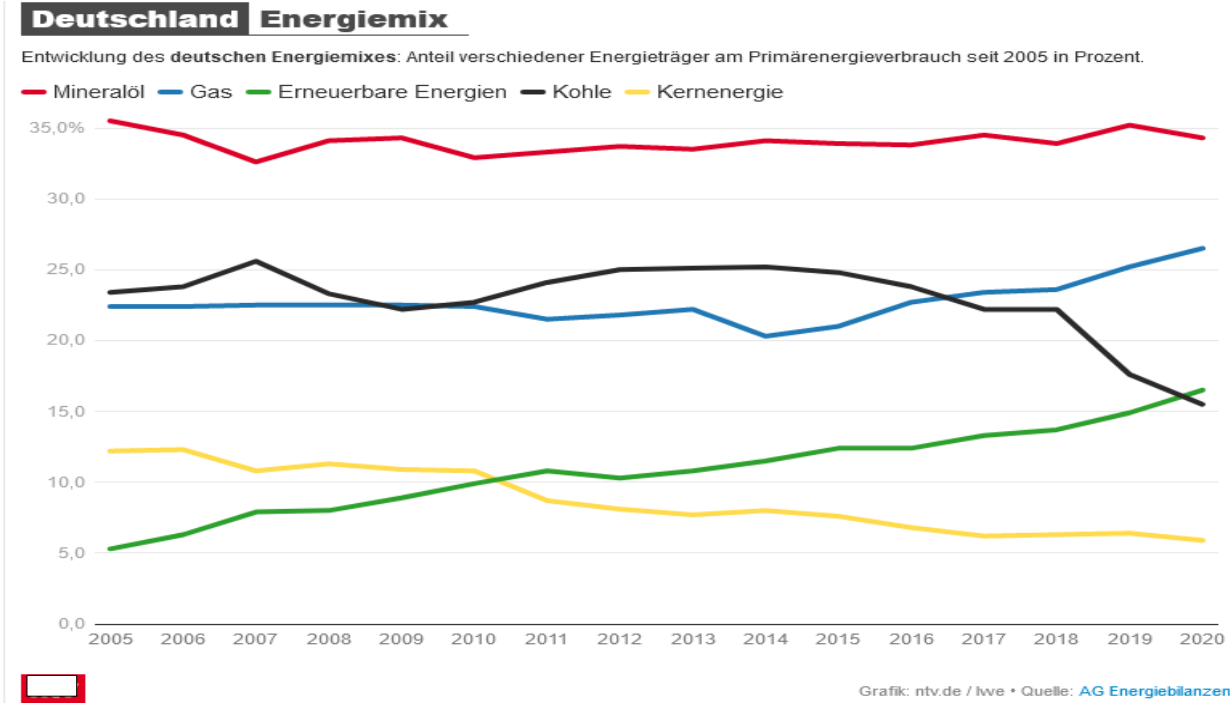
hükümet – ,Bu 3 reaktörün işletilme süresini uzatsak bile, önümüzdeki kış aylarında bunlardan elde edilecek elektrik, çok daha büyük açığı kapatamayacak ! diyerek' uzatmayı kabul etmiyorlar.

Öte yandan, dünyadaki bir çok reaktörde olduğu gibi, Almanya'daki reaktörlerin de uranyum yakıtı Rusya'dan geldiğinden, 3 reaktörün sürerlerinin uzatılmasına karşı çıkanlar – o zaman Rusya'nın uranyumuna bağımlılığımız, onların doğalgaz ve petrolünden daha çok olur diyorlar

Almanya'da nükleer enerjiden çıkış kararının alındığı 2011 yılından beri nükleer reaktörlerin sırayla kapatılması sonucu, bunların toplam elektrik üretimine katkısı da gitgide azalarak 2020 yılda % 14,2 kadar oldu. 2020 Corona yılında Almanya'daki reaktörler yaklaşık olarak 61 TWh (TeraWattSaat) elektriği elektrik ağına verdiler. Karşılaştırmak için: Kömür: 125, Doğalgaz: 68, Rüzgar/Güneş birlikte 236 TWh. Almanya'da yenilenebilir enerjilerden elektrik üretimi gitgide artmasına rağmen, fosil enerji kaynaklara (kömür, doğalgaz) bağımlılık sürüyor ve bunlar önemli miktarda Rusya'dan geliyor. Bunların Rusya'dan gelen oranları: Doğalgaz: % 53, Petrol: % 34 ve Taşkömür: % 57

**Almanya'da son durum (Haziran 2022):** Hükümetteki Yeşiller dışındaki partiler ve muhalefet yıl sonu kapatılacak 3 nükleer reaktörün sürelerinin uzatılmasını düşünmeye başladılar. Ancak bu 3 reaktörün yakıt elemanlarının ismarlanabilmesi için önce Atom Yasası'nın meclisten geçmesi sonra da üretilebilmeleri için en az 1,5 yıl gerekiyor. Tüm bu hazırlıklar yapılırsa bile, nükleer yakıt elemanları Almanya'da ancak 2024 kışına yetişebilecek. Bu arada doğal gaz açığı da kapatılamayacağından, Yeşiller, aslında hiç istemedikleri kömür santrallerini şimdi daha fazla devreye almayı planlıyorlar. Almanya'ya da nükleer yakıt elemanları önceki yıllarda Rusya ve Kazakistan'dan ve az miktarda da Kanada'dan geliyordu. Ancak ileride ismarlanırlarsa nereden ismarlanacağı henüz açıklanmadı. Nükleer yakıt elemanları sağlayan başka ülkeler/şirketler de var (Örneğin Brezilya, Çin, Hindistan, İspanya, Framatom (Almanya, İngiltere), ABD/Westinghouse gibi). Ancak yakıt elemanlarının istenilen form, içerik ve saflıkta özel olarak ismarlanması gerektiğinden, yapımı en az 1,5 yıl sürüyor. Almanya'da durum, ilerideki gelişmelere göre değişebilir.

**Şekil:** Almanya’da birincil enerji kaynaklarındaki 2005’den 2021 yılına kadar gelişme % olarak (Kırmızı:Petrol, Mavi: Doğalgaz,Yeşil: YE, Siyah: Kömür, Sarı: Nükleer)



## Fransa

Fransa, Rus doğalgazına, Almanya kadar bağımlı değil. Çünkü ülkede 56 nükleer reaktörü var. Ancak bugün (2022) bunların yarısından çoğu çalışmıyor. Nedeni, bakım ve onarım çalışmalarının yanı sıra eskiyen reaktör su devrelerinde korozyonun başgöstermesi. Soğutma suyu taşıyan boru hatlarının korozyon sonucu çatlaklara neden olduğu ortaya çıktığından reaktörlerin durdurulması gerekti ve korozyonun hangi boru hatlarını, ne ölçüde kapsadığı da belli değil

diyor uzmanlar. Bu nedenle Fransa'da daha uzun süre 29 reaktör çalışmayacak. Reaktörler, Nisan 2022'de toplam kurulu gücün sadece % 37 ile % 54 arası çalışabildi. Reaktörleri işleten Electricite de France 2022 yılında 18 milyar Avro daha az gelir sağlayacağını ve kış aylarında elektrik dar boğazı bekenebileceğini açıkladı.

Öte yandan Fransa, Rosatom'a, Ukrayna savaşı sonucu, artık, başka ülkelerdeki reaktörleri için türbin satamayacak. Örneğin Finlandiya, Rosatom'un yapacağı yeni reaktör projesini durdurunca, Fransa'dan gelecek türbine de gerek kalmadı. Aslında daha önce Fransa türbin sektöründe Rosatom'a % 20 ile katılmayı tasarlıyordu ama artık bu söz konusu değil. Artık Rosatom, Fransa için daha başka sektörlerde de müşteri olamayacak.

Öte yandan, Macron 6 yeni nükleer reaktör yapılmasını öngörüyor.

### **Belçika**

Belçika hükümeti, Ukrayna savaşı nedeniyle doğabilecek enerji darboğazını önlemek amacıyla nükleer enerjiden çıkış planlarını 10 yıl erteledi. Almanya sınırına yakın ve sık sık sorun çıkaran Thimex 3 reaktörüyle, Antwerpen yakınlarındaki Doel 4 reaktörleri en azından 2035 yılına kadar elektrik üretmeyi sürdürecekler. Ancak önceden 2025 yılında kapatılması gereken bu reaktörlerle ilgili yeni durumun, şimdi yeniden reaktörü işleten şirketle görüşülmesi ve epey tazminat ödenmesi de gerekiyor. Belçika'da toplam 7 reaktör işler durumda ve bunların en eskisi 1970 yılında yapılmış. Almanya kendi sınırına yakın bu reaktörlerin özellikle binalarının iyice eski olduğunu, bunların durdurulması gerektiğini son yıllarda bildiriyor ama bugüne kadar bir sonuç alınmış değil.

### **Avrupa Birliğinde genel durum**

Avrupa Birliği (AB) ülkeleri enerji kaynaklarında büyük ölçüde Rusya'ya bağımlıdır. AB, 300 milyar Avro yatırım yaparak Rusya'ya bağımlılığı en kısa sürede azaltmayı planlıyor. AB ülkelerinin, Rusya yerine başka ülkelerden doğalgaz ve diğer kaynakları sağlama girişimleri olduğu ve bunda, Ukrayna saldırısı nedeniyle, Rusya'yı cezalandırma amacı olduğu da biliniyor. Tüm bu çalışmalarda önemli bir enerji kaynağı olan ,uranyum' ise sanki unutulmuş gibi yer almıyor. Euroatom verilerine göre bugün AB ülkelerindeki nükleer santrallerin yakıtının (uranyum) % 40'ı Rusya'dan ve ona sadık Kazakistan'dan geliyor. Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri, sadece Rus uranyumuna değil, aynı zamanda Rus nükleer teknolojisine de bağımlı. Bu bölgede Rus yapısı 18 nükleer reaktör şu ülkelerde bulunuyor: 2 adet Bulgaristan'da, 6 adet Çek Cumhuriyeti'nde, 2 adet Finlandiya'da, 4 adet Macaristan'da ve 4 adet de Slovakya'da.

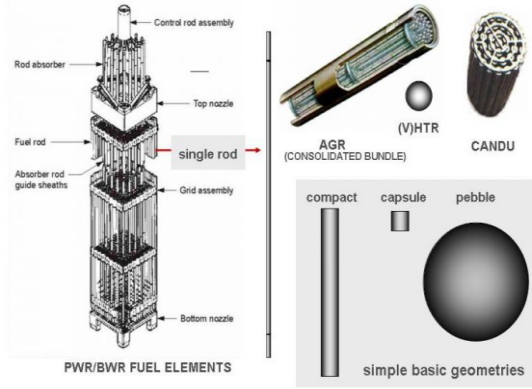
Rusya son yıllarda, yeni nükleer yakıt elemanlarının üretilmesi ve ayrıca kullanılmış nükleer yakıt elemanlarının arındırılması çalışmalarında çok büyük yatırımlar yaparak kendisini diğer ülkelere bağımlı duruma getirdi. Bazı AB ülkelerindeki, örneğin 1-2 yılda bir değiştirilmesi gereken Rus tipi yakıt elemanları altıgen kesitli yapıda olup, bunlarla ilgili olarak bugünkü AB ülkelerinin bir deneyimi bulunmuyor. Bunların ileride de ya Rusya'dan getirilmesi ya da reaktörlerin durdurulması gerekecek. Bu model nükleer yakıt elemanlarını ise sadece Rosatom üretiyor.

Kanada, ABD ve Kazakistan'daki uranyum madenlerine katkısı nedeniyle de Rosatom, Kazakistan'dan sonra dünyada ikinci büyük uranyum üreticisi durumunda. Dünya'da zenginleştirilmiş uranyum dışatımının % 30'unu Rusya yapıyor. Dünya'da ikinci olan Hollanda ise Rusya'nın yarısı kadar uranyum satamıyor.

**Şekil: Nükleer santraller için yakıt elemanları temel tipleri**

Yukarıdan aşağıya: Yakıt çubuğu adsorber, Yakıt çubuğu, Kılavuz borusu, Sağda: .En uç parça, tek çubuk, grid ve dip uç  
En sağda: Yakıt elemanları, çubuk ve kapsüller çeşitli reaktörler için

Belçika'da, Almanya sınırı yakınındaki Tihange 3 nükleer santrali



**Rosatom Dünya'da Nükleerde Öncü**

AB ülkelerinin, Rus devlet şirketi olan Rosatom ile olan işbirliği devasa büyük. 2007 yılında kurulan Rosatom doğrudan Putin'e bağlı olup Dünya Uranyum ve Nükleer çalışmaları sektöründe öncü. Rosatom'a 350 şirket bağlı, hatta Almanya nükleer enerji teknolojileri şirketi olan Nukem de Rosatom içinde. Öte yandan, Rosatom, 2020 yılında 3 adedi Rusya'da, 35 adedi de çeşitli ülkelerde olmak üzere, aynı zamanda, toplam 38 adet reaktör kurmaktadır. Dünya'da bu kapasitede başka bir şirket bulunmuyor. Bugün (2022) Rus yapısı nükleer reaktörlerden (2022) Rusya'da 38, Rusya dışında da 42 reaktör çalışıyor ve 15 adet de yapılıyor. Bugün Rusya, elektrik üretiminin % 20 kadarını nükleer enerjiden sağlıyor. Rusya'nın Dünya uranyum sektöründeki öncülüğünü uzaydan çekilen LiveEO fotoğrafları göstermekte: Rusya'daki 4 uranyum tesisinden biri olan Nowouralsk tesisleri son 12 yılda iki katına çıkarıldı. Rusya'nın nükleer sektörde bu atılımları Dünya'da, öncülüğünü perçinledi. Bugün Ukrayna savaşına rağmen AB'nin Rusya ile olan işbirliğinin sürmesinde ve nükleer sektörün, Rusya'ya yaptırımların dışında turtulmasında, Rusya'nın bu sektördeki geçmişteki

hazırlıklarının meyvaları olduğu görülüyor. Her ne kadar uranyum sektörü, doğal gaz ve petrol kadar gelir sağlamıyorsa da yine de Rusya için pek de az değil. Bu arada Dünya piyasasında, uranyumun fiyatı şimdiye kadar 11 yıldır hiç olmadığı kadar % 30 arttı. Putin'in uranyum musluğu kapatma korkusunu bugün bir çok nükleer santral işletenler yaşamakta. Böyle bir durum, Batı ülkelerini alarm durumuna getirebilir ve bir çok ülkede elektrik üretimini durdurabilir. Rusya sadece uranyum yakıtı sağlamada değil, kullanılmış uranyum yakıtlarının arındırılmasında da Dünya'da öncü ve bir çok ülke Rusya'ya bağımlı. Eğer Rusya, Avrupa ülkelerine nükleer santrallerin uranyumlu yakıt elemanlarını yollamayı keserse, bunun başka ülkelere sağlanması kolay değil. Çünkü her nükleer santrale uygun yakıt elemanları piyasada hemen bulunamıyor, bulunsa da yollanma süresi çok uzun. Böyle bir durumda ilgili ülkelerde elektriklerin kesilmesi ortaya çıkabilir ve elektrik de çabucak başka ülkelere istenildiği kadar sağlanamıyor. Bu durum, özellikle Slovakya ve Macaristan'da büyük sorun yaratabilir, çünkü bu ülkeler yaklaşık olarak elektriklerinin yarısını nükleer santrallerden sağlıyorlar. Bir örnek verilirse: Mart ve Nisan 2022 aylarında, Rusya/ Ukrayna savaşı sürmesine rağmen, bu iki ülkeye Rusya'dan nükleer yakıt elemanları getiren nakliye uçaklarının inişlerine özel izin verilmesi, bu ülkelerin nükleerde Rusya'dan vazgeçemeyeceklerini göstermekte. Her ne kadar nükleer enerjiden çıkan Almanya, nükleerde Rusya'ya bağımlı görülme de, bu doğru değil: Alman Nukem şirketini, Rosatom'un devralması sonucu Almanya'da depolanan radyoaktif maddeler işine karşılık Rosatom para aldığı gibi, Nekarwestheim ve Philippsburg nükleer santrallerinin sökülmesi işinden de para kazanıyor (Bu yazımızdaki kaynaklar için: Bkz: 1-10).

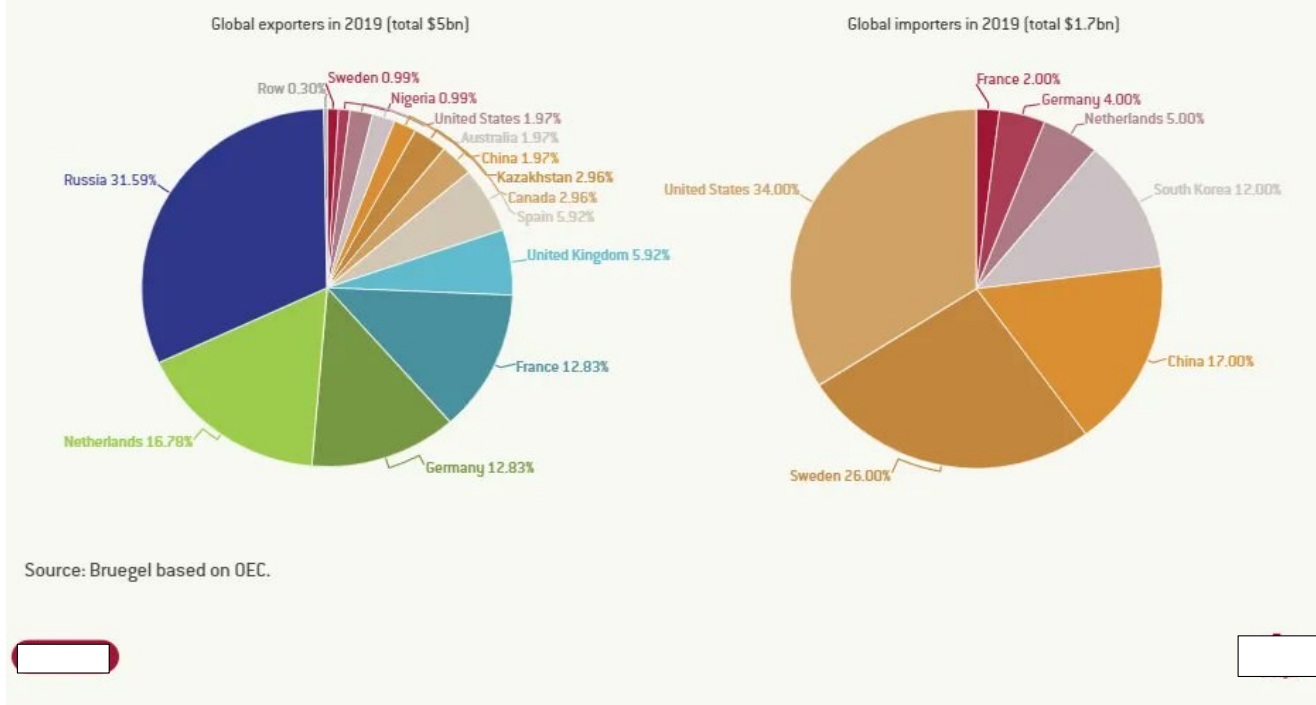
**Çizelge: Dünya Uranyum kaynaklarında baştaki ilk ülkeler 2021 (World Nuclear Association)**

	<b>Ton U</b>	<b>Dünya %</b>
<b>Australya</b>	1,692,700	28%
<b>Kazakistan</b>	906,800	15%
<b>Kanada</b>	564,900	9%
<b>Rusya</b>	486,000	8%
		7%
<b>Namibiya</b>	448,300	
	... Dünya toplam: 6,147,800 ton	

Eğer Rusya, Avrupa'daki 2-3 ülkeye uranyumlu yakıt elemanları yollamayı keserse, bu ülkelerde daha az üretilecek elektrik Almanya'yı da etkileyecektir. Çünkü AB ülkeleri ortak elektrik ağındalar. Elektrik az bulunabildiğinde ise fiyatların aşırı artacağı açık (Not: Her reaktörde 200 kadar yakıt elemanlarının 1/3'ü , yaklaşık olarak 1,5 yılda bir yenileriyle değiştirilmek durumunda).

Şekil : Uranyum ve plütonyum bileşikleri Satan Ülkeler Toplam 5 milyar usd (sol),  
Satın Alan Ülkeler Toplam 1,7 milyar usd (sağ) %

: Exporters (left-hand side: total value \$5bn) and importers (right-hand side: total value \$1.7bn) of Uranium (enriched U235), plutonium compounds, alloys (2019)



Kommentiert [YA1]:

Kommentiert [YA2R1]:

ABD’de nükleer santral işleten şirketler, Avrupa’daki olumsuz durumun ABD’de de ortaya çıkmaması için, Rusya’dan almakta oldukları uranyumlu yakıt elemanlarına yaptırım konmamasını, hükümetlerinden rica ettiler. Not: ABD’de uranyumlu yakıt elemanları üretilmesine rağmen, Rusya pazarı daha ucuz. Bugün (2022) ABD’de 93 nükleer reaktör çalışıyor ve bunlar toplam elektriğin % 20’ni üretiliyorlar.

Sonuç: Bugün dünyadaki bir çok ülkenin daha epey bir süre Rusya’dan uranyumlu yakıt elemanları ve nükleer teknoloji almalarından başka bir seçenekleri bulunmuyor. Ancak nükleerde Rusya’ya bağımlılıktan kurtulmak için ülkeler artık düşünmeye başlıyorlar ve onlara, uzun sürede pahalı da olsa alternatif yolları bulmaktan başka yol görünmüyor. AB’de reaktör kurmaya aday ülke olarak Çin öne çıkıyor. Çin 2030 yılına kadar tüm dünyada toplam 150 reaktör kurmayı ve bunun için 500 milyar usd yatırım yapmayı planlıyor. Küçük modül reaktörlerle (SMR) de denemeler yapmakta olan Çin, ileride ABD’nin nükleer teknoloji araştırmalarındaki öncülüğünü sonlandırabilir.

### **Türkiye’de nükleerde durum**

Akkuyu’da 4 adet Rus yapısı nükleer reaktörlerini, Rosatom şirketinin 2010 yılından beri kurmakta olduğu biliniyor.

Görüldüğü gibi Türkiye’nin Rusya’ya bağımlılığı nükleerde: % 100. Zaten Akkuyu reaktörleri, Rosatom’un malı ve Rosatom uranyum yakıt elemanlarını da Rusya’dan getirecek, kullanılmış olanları da Rusya’ya götürecektir ve santrali 60 yıl boyunca işletecek. Türkiye, Rosatom’dan Akkuyu’da sadece elektrik satın alacak (Bu konuda, BG dergimizdeki son yazımıza bkz /10/).

Yüksel Atakan, Dr.Y.Müh. [ybatakan3@gmail.com](mailto:ybatakan3@gmail.com), Almanya

Not: Bu yazımız Bilim ve Gelecek dergisinin Temmuz 2022 sayısında yayımlanmıştır.

### **Kaynakça**

- /1/ <https://www.n-tv.de/politik/Es-ist-ein-Fehler-ueberstuerzt-aus-der-Atomkraft-auszusteigen-article23180450.html>
- /2/ <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/ukraine-krieg-den-deutschen-atomkraftwerken-fehlt-das-uran-17860197.html>
- /3/ <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Wir-haengen-auch-an-Russlands-Atomtropf-article23343954.html>
- /4/ <https://www.montelnews.com/news/1317249/fennovoima-severs-12-gw-reactor-contract-with-rosa>
- /5/ <https://www.n-tv.de/politik/Es-ist-ein-Fehler-ueberstuerzt-aus-der-Atomkraft-auszusteigen-article23180450.html>
- /6/ <https://www.bruegel.org/2022/04/the-decoupling-of-russia-european-vulnerabilities-in-the-high-tech-sector/>
- /7/ <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/weltwirtschaft/frankreich-atomindustrie-101.html>
- /8/ "Hohe Energiepreise durch Krieg": Belgien verschiebt Atomausstieg um zehn Jahre - n-tv.de
- /9/ <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/fuel-fabrication.aspx>
- /10/ Akkuyu nükleer reaktörleri gecikebilir, Y.Atakan, Bilim ve Gelecek Haziran 2022