



## İÇİNDEKİLER

[İçeriklere geri dön](#)

### ROSATOM HABERLERİ

[Leningrad Nükleer Güç Santrali ve ardından gelen santraller](#)

[Vladivostok: Atom sanallaşıyor](#)

### ROSATOM YILDÖNÜMLERİ

[Santrifüjlerden akümülatörlere ve 3D yazıcılara](#)

### TRENDLER

[Yakıt türlerini birleştirme sanatı](#)

### TÜRKİYE

[Yeni Santraller, Yeni Kadro](#)



## Leningrad Nükleer Güç Santrali ve ardından gelen diğer santraller

Leningrad Nükleer Güç Santrali'nin 6 numaralı güç ünitesi, elektrik şebekesine bağlı olduğu için Rus nükleer endüstrisinin bir başka gurur kaynağı olma özelliği taşıyor. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (IAEA) göre tesis işlevsel olarak sınıflandırılmış durumda. Rusya'nın nükleer enerjisinin geliştirilmesindeki bir sonraki adım, VVER-TOI reaktörlerine dayanan örnek tesislerin tasarlanması olacak.

Leningrad Bölgesi, Sosnovy Bor'da bulunan Leningrad Nükleer Santrali'nin 6 numaralı güç ünitesi, 23 Ekim 2020'de ilk kez ulusal elektrik şebekesine elektrik dağıttı. Rusya Devlet Atom Enerjisi Kurumu Rosatom'un Operasyon Yönetimi Birinci Genel Müdür Yardımcısı Alexander Lokshin, **"Rusya 1.200 MW'lık bir güç ünitesi daha elde etti ve küresel nükleer enerji endüstrisindeki lider konumunu sağlamlaştırdı"** dedi.

Şu anda, reaktör gücünün yüzde 100'e aşamalı olarak artırılmasına yönelik hazırlıklar devam ettiği için santral deneme modunda faaliyet gösteriyor. Tesis, sürecin her aşamasında çeşitli güç seviyelerinde simüle edilen ana ekipmanın kapatılması prensibi ile yürütülen dinamik testlerden geçecek. Güç ünitesi deneme işletiminden sonra, ekipman kontrolü için kapatılacak ve ardından ticari işleme alınacak. Tesisin 2021 yılında işletmeye alınması planlanıyor.



## ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

VVER-1200 teknolojisine sahip güç üniteleri şu anda ekonomik verimlilik ve güvenlik açısından en üst sınıf olan güç üniteleri.

VVER-1200 reaktör ünitelerinin artık Rusya'da inşa edilmediği ve sadece ihraç edildiği doğru mu? Bu, Rosatom uzmanlarına Rusya dışında sık sık sorulan bir soru.

Bu doğru değil.

Öncelikle, Leningrad Nükleer Güç Santrali'nde VVER-1200 reaktörlü iki güç ünitesi daha kurulacak. Bu plan, Rusya Federasyonu Hükümeti tarafından onaylanan "2035 Yılına Kadar Üretim Kapasitelerinin Geliştirilmesi Stratejisi"ne dahil edildi. Yeni inşaat projelerinin hazırlıkları Haziran ayından bu yana sürüyor.

Ek olarak, Kursk Nükleer Güç Santrali'nde VVER-TOI Nesil III + tipi reaktörlü iki güç ünitesi daha inşa ediliyor. (VVER-TOI, Soğuk Su Kullanımlı Güç Reaktörü, Evrensel Optimize Edilmiş Dijital Enerji Reaktörü anlamına gelir).

VVER-TOI, VVER-1200 reaktörünün geliştirilmiş versiyonu olma özelliğini taşıyor. Her iki tip güç ünitesi de depreme dayanacak, yük takip modunda çalışacak, dış etkilere dayanacak ayrıca da harici güç ve su kaynaklarının olmadığı durumlarda çalışmayı sürdürecektir şekilde tasarlandı.

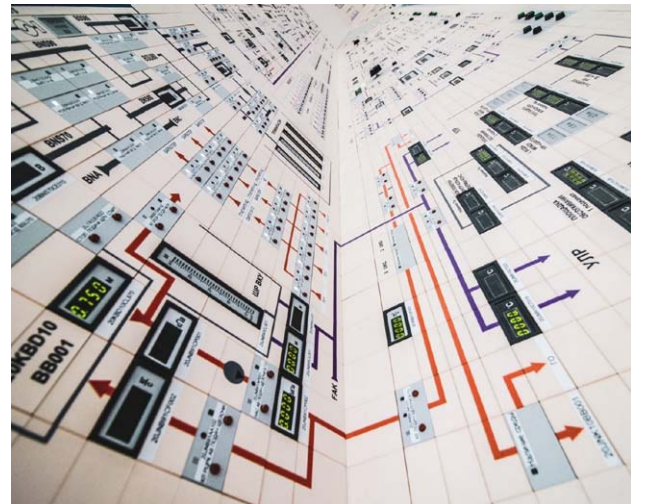
Buna karşın, VVER-TOI reaktör ünitesi biraz daha güçlü (her bir ünite 1.225 MW'ta çalışacaktır) ve ana ekipmanı daha uzun bir hizmet ömrüne sahip. Bu tesislerin yapımının daha az zaman alması ve daha düşük inşaat ve işletme maliyetleri gerektirmesi bekleniyor. Ayrıca reaktörler MOX yakıtla da çalışabiliyor.

Kursk NGS'deki iki VVER-TOI güç ünitesi, 1976 ve 1979'da sırasıyla inşa edilen Ünite 1 ve 2'nin yerini alacak. Yeni güç ünitelerinin toplam kapasitesi yaklaşık 2 bin 510 MW olacak. Her biri işletmeye alındıktan sonra 60 yıl boyunca ısı ve elektrik üretecek.

Smolensk Nükleer Santrali'nde iki adet daha VVER-TOI güç ünitesinin inşası için hazırlıklar sürüyor. Amaç tesisin mevcut gücünün artırılması.

VVER-TOI reaktörlerinin ihraç edilmemesinin nedeni ise, henüz örnek tesislerin olmaması. Rosatom, yeni teknolojileri dünya çapındaki müşterilere sunmadan önce Rusya'da denemeyi tercih ediyor.

Kalkınma Stratejisi, Beloyarsk NGS BN-1200 hızlı reaktörün ve Seversk'teki BREST-300 reaktör ünitesinin inşasını da içine alıyor. Her iki inşaat da, kapalı nükleer yakıt döngüsü programının uygulanması için büyük öneme sahip olacak.





## ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

Rosatom'un Kalkınma Stratejisi'nde belirtilen uzun vadeli planları, eskiyen kapasitelerini değiştirmek için sistematik çabaların gösterildiğini gözler önüne seriyor. Şirketin Rusya'da çok fazla güç ünitesi inşa etmediği doğru. Bununla birlikte, ülkedeki enerji tüketimi seviyesi durgun olduğundan, birçok üretim kapasitesini faaliyete geçirmenin hiçbir anlamı yok. Rusya Enerji Bakanlığı, 2019 yılında elektrik tüketiminin 1.075,2 milyar kW/saat'e ulaşarak 2018 yılındaki tüketim seviyesinde kaldığını bildirdi.

Bu koşullarda, en büyük öncelik verimliliği artırmak. Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre 1 Ocak 2020 itibarıyla nükleer santraller Rusya'nın nominal kapasitesinin yüzde 12,3'ünü (30,31 GW) oluşturuyor. Aynı zamanda, elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı yüzde 19,3 ve bu yıl bu payın büyümesi bekleniyor. Rusya'daki diğer şebeke ölçekli üreticilerle karşılaştırıldığında, nükleer santraller en yüksek kapasite kullanım oranını (yüzde 79,82) gösterirken, termik santraller yüzde 45,68 ile ikinci sırada yer alıyor.

Kalkınma Stratejisi'ne göre, nükleer üretim payının artması emisyonların azaltılmasına yardımcı olacak. Rosatom, bunu göz önünde bulundurarak hem Rusya'da hem de Rusya dışında ekonomik verimlilik ve çevre dostu ilkelere bağlı kalmayı amaçlıyor.



## Vladivostok: Atom sanallaşıyor

**Rosatom ve Uzak Doğu Federal Üniversitesi (FEFU) Russky Adası'nda Yenilikçi Nükleer Teknolojiler için Uluslararası Araştırma Merkezi'ni kurdu. Merkez, nükleer araştırma ve Rosatom teknolojilerinin uygulanması alanında uzman yetiştirmek için tasarlandı. Ayrıca bu merkez, Rosatom'un teknolojilerini sergilemesi ve bunların araştırma ve ticari projelerde pratik uygulamalarını gösterebilmesi için bir alan olacak.**

Üniversite kampüsünde bulunan yeni araştırma merkezi, Rosatom'un Bilim ve İnovasyon alt kuruluşunun bağımsız bir bölümü. Bu bölümde nesneleri sanal ve artırılmış gerçeklikte görselleştirmek için projektörler, büyük monitörler, bilgisayarlar, VR gözlük ve kumanda kolu ile donatılmış bir sergi salonu bulunuyor. Merkezde ayrıca idari ofisler, yönetici ofisi ve sunucu odası da yer alıyor. Merkezin toplam alanı yaklaşık 100 m2.

Şirket çalışanları, sanal gerçekliğin yeteneklerini gösteren ve bunları eğitim programlarına entegre eden yazılım



## ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

ürünlerinin (Ulusal Nükleer Araştırma Üniversitesi'nde geliştirilen sanal laboratuvar sınıfları) kurulumunu tamamlıyor. Enerji ve Nükleer Enerji Mühendisliği Kimya Teknolojisi Bölümü'nde ders alan FEFU öğrencileri, sanal laboratuvar dersleri alarak yeni mesleki becerilerde uzmanlaşmaya başladı.

Her laboratuvar sınıfı aynı adımları izliyor. Buna göre öğrenciler önce bir deney yaparak veriler elde ediyor ve ardından da gerekli hesaplamaları yapıyor. Bu uygulamanın farkı ise öğrencilerin derslere başlamadan önce VR gözlükleri takması. Bu gözlükler onları, altkritik bir yakıt takımının (yakıt olarak Uranyum ve moderatör olarak grafit veya hafif su), sensörler, veri okuyucular veya kaydediciler ve diğer gerekli ekipmanın üç boyutlu modelini gördükleri sanal bir laboratuvara götürüyor. Öğrenciler, yakıt takımıyla ödevin gerektirdiklerini yapabiliyor. Örneğin, takıma ek bir nötron kaynağı ekleyebiliyor ve ardından kaynağı olan ve olmayan nötronları sayabiliyorlar. Laboratuvarda ayrıca deneysel hesaplamalar için özel yazılım paketleri de bulunuyor.

Araştırma merkezinin de Logos yazılımı ile donatılması düşünülüyor. FEFU, iki Logos kullanıcı lisansı almayı planlıyor. Bunlardan biri, üniversite öğrencileri ve öğretim

görevlileri tarafından kullanılacak bir eğitim lisansı olacak. Diğer, başka kişiler tarafından yaptırılanlar da dahil olmak üzere, araştırma ve geliştirme projelerine yönelik ticari bir lisans olacak.

2021 yılında araştırma merkezinde dijital ikizlerin kurulması planlanıyor. Dijital ikizler, karmaşık nesnelerin ister endüstriyel, ister bu durumda olduğu gibi, araştırmaya dayalı sanal kopyaları olma özelliği taşıyor. Dijital ikizler için en olası adaylar arasında Rosatom Reaktör Malzemeleri Enstitüsü'nde (Zarechnoye, Sverdlovsk bölgesi) geliştirilen Ural Deneme Tesisi bulunuyor. Ural Deneme Tesisi, radyasyona karşı direnç için materyallerin sanal testlerinin yapılmasını mümkün kılacak. Kompleks, eğitimsel amaçlardan ziyade ticari araştırmada daha faydalı olacak.

Araştırma merkezinin bir başka işlevi de Bilim ve İnovasyon Alt Kuruluşu'nun temsil ettiği Rosatom ve FEFU'nun üç alanda ortak çabalarını koordine etmek. Bu alanlardan birincisi, Rosatom'un üniversitedeki araştırma faaliyeti ile, FEFU uzmanlarının şirket tarafından uygulanan projelere katılımı. Diğer bir alan ise kariyer gelişimi. Taraflar, Rosatom'un çalıştığı üniversitelerde yüksek lisans derecesi almalarına ve öğrencilerin stajyer olarak çalıştıkları araştırma ekiplerine geri dönmelerine de olanak tanıyarak, öğrencilere Bilim ve İnovasyon Alt Kuruluşu'nun işlettiği araştırma kuruluşlarında uzun vadeli staj imkanı sağlamayı planlıyor.

FEFU'daki Rosatom Bölümü'nün açılış töreninde konuşan FEFU rektörü Nikita Anisimov şunları söyledi: **“FEFU’da bir Rosatom Ar-Ge Merkezi’nin açılması, nükleer enerji ile dijital ekonominin kesişme noktasında çığır açan projeler için yeni fırsatlar yaratıyor ve yüksek nitelikli uzmanları birlikte eğitmemize olanak**



## ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

**tanıyor. Bu, Rusya'nın Uzak Doğu'sunun gelişimini hızlandıran ve ülkenin dünya liderliği konumunu güçlendiren önemli bir adımdır.** Yeni Ar-Ge merkezi, küçük modüler reaktörler, lazer teknolojileri, malzemelerin modifikasyonu, uzay radyasyonunun malzeme eskimesine etkileri, kompozit malzemeler, hidrojen enerjisi, kapalı nükleer yakıt döngüsü (Atılım Projesi) gibi alanlarda araştırma faaliyetlerine izin veriyor.

Merkezle işbirliği yapmak isteyenler merkez hakkındaki genel bilgilerin almak için müdür Anna Bondarenko veya Araştırma İşbirliği Müdür Yardımcısı Evgeny Papynov ile iletişime geçecek.

Üniversite, bu merkezi Asya-Pasifik ülkelerinde bulunan ofisleri ve bilim camiasındaki bağlantıları aracılığıyla tanıtabilecek.

**Evgeny Papynov konuyla ilgili olarak, "FEFU, Rosatom'un en son teknolojilerinin hem eğitim hem de bilimsel amaçlarla gösterilmesi ve uygulanması için bir erişim noktası haline gelmelidir. Hem Rusya'daki hem de Rusya dışındaki araştırmacılar ve uzmanlar merkezimizi zaten biliyorlar. İşlevleriyle, özellikle dijital ikizlerle ilgileniyorlar"** diye konuştu.

[Bölümün başına](#)



## ROSATOM YILDÖNÜMLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

## Santrifüjlerden akümülatörlere ve 3D yazıcılara

Rosatom Gazetesi, bu yıl 75. yılını kutlayan Rusya'nın nükleer endüstrisi hakkında hikayeler yayınlamaya devam ediyor. Ural Elektrokimya Fabrikası'nın (UEF) ana işlevi uranyum zenginleştirilmesi olarak öne çıkıyor. Günümüzde UEF ayrıca metalik tozlar, 3D yazıcılar, enerji depolama sistemleri ve otomotiv katalizörleri üretiyor.

UEF, Rosatom'un nükleer yakıt bölümünün bir parçası. Şirketin tarihi, Rus nükleer endüstrisinin başlangıcına, yani Sovyet hükümetinin Sverdlovsk bölgesindeki Sverdlovsk-44'te (şimdi Novouralsk) izotop üretimi için bir tesis kurmaya karar verdiği

Kasım 1945'e kadar uzanıyor. Tesis, Nisan 1949'da faaliyete geçti. Aynı yılın 11 Kasım tarihinde, 813 numaralı fabrikanın (şimdiki Ural Elektrokimya Fabrikası) ilk müdürü Alexander Churin, ilk 341 gram uranyum hekzaflorürün kalite kabul sertifikasını imzaladı. Tesis, uranyum izotoplarının endüstriyel olarak ayrışmasını yapan ülkenin ilk tesisi oldu.

Bu tesis, başlangıçta, yüzde 75 zenginleştirilmiş uranyum-235 hekzaflorür üretti. Tesis, Obninsk'te dünyanın ilk nükleer santralinin faaliyete geçtiği yıl olan 1945'te enerji üretimi için düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum üretmeye başladı.

UEF, operasyonunun ilk yıllarında gaz difüzyon teknolojisini kullandı. Bu teknoloji ile, uranyum-235, defalarca bir dizi membran yardımı ile ayıklandı. Bununla birlikte, gerekli özelliklere sahip bir ürün yaratmak çok zaman ve en önemlisi enerji



## ROSATOM YILDÖNÜMLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

gerektiriyordu. 1958’de, SSCB Orta Makine Yapımı Bakanlığı Bilimsel ve Teknik Konseyi, gaz difüzyonundan gaz santrifüjüne geçme konusunda tarihi bir karar verdi. Altı ay boyunca santrifüj kullanımından sonra, büyük miktarda elektrik tasarrufu sağladıkları ortaya çıktı. 1964 yılında tesis, uranyum izotoplarının ayrıştırılması için dünyanın ilk ticari gaz santrifüjü zincirini devreye soktu.

Şu anda, tüm zenginleştirilmiş uranyum üreticileri, Sovyet bilim adamları ve mühendisleri tarafından geliştirilen gaz santrifüj yöntemini kullanıyor.

Bu ucuz teknoloji, Sovyetler Birliği’nin 1973’te küresel pazara girmesine ve nükleer reaktör çalıştıran tüm ülkelere zenginleştirilmiş uranyum sağlamasına yardımcı oldu.

### Gaz santrifüjleri nasıl çalışır?

Gaz halindeki uranyum hekzaflorür, hızla dönen bir santrifüje verilir. Atomik kütle farklılıkları, izotopların farklı yörüngeler boyunca hareket etmesine neden olur. Daha ağır uranyum-238, rotor duvarlarında, daha hafif uranyum-235 ise eksende yoğunlaşır. Atık uranyum-238 özel tüplerden çıkarılırken, uranyum-238 yönünden zenginleştirilmiş ürün bir sonraki santrifüje gider. Tek bir santrifüjün ayırma verimliliği oldukça düşük olduğu için, on binlerce santrifüj kademeli olarak birleştirilir.

Rusya’da santrifüjler, her ikisi de Rosatom’un TVEL Petrol Şirketi’ne ait olan Kovrov Mekanik Fabrikası ve Centrotech’te üretiliyor.



1989’da tesis, silah nitelikli uranyum üretimini durdurdu. Altı yıl sonra, HEU-LEU programı kapsamında yüksek oranda zenginleştirilmiş uranyumu reaktör yakıtına dönüştürmeye başladı.

Bu arada santrifüjleme teknolojisini ve ekipmanını geliştirmeye devam etti. 1997 yılında UEF, yedinci nesil gaz santrifüjleriyle donatılmış ilk teknolojik üniteyi faaliyete geçirdi. 2013 yılında tesis, yedi kademeli yerleşim düzeni ve dokuzuncu nesil santrifüjlerle sektörün ilk teknolojik biriminin ticari faaliyetine başladı.

Şu anda Rosatom, pazarın yüzde 36’sına sahip olan uranyum zenginleştirmesinde dünya lideri olma konumunda.

Ancak zenginleştirme, UEF’nin tek işi değil. Şirket, EcoAlliance ve Centrotech olmak üzere iki alt kuruluş kurdu. Birinci kuruluş, otomotiv katalizörleri üretiyor. İkincisi ise, 3D yazıcılar, katmanlı imalat tozları ve enerji depolama sistemleri (akümülatör) üretiyor.

Katalizör üretimi 1994 yılında başladı. EcoAlliance’ta mühendisler, katalizör tuğlalarının boyutunu tanımlıyor, katalizör kaplama çamuru için en uygun formülleri geliştiriyor, tuğlaları kaplıyor ve performanslarını test etmek için bunları katalitik konvertöre yerleştiriyor. Şirket,



## ROSATOM YILDÖNÜMLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

Rusya'nın otomotiv katalizör pazarının yüzde 30'unu oluşturuyor.

UEF'de akümülatör üretimi 1999'da başladı. Şu anda Centrotech, endüstriyel ve lojistik ekipman (forkliftler, lojistik robotlar, madencilik ekipmanı, havaalanı ekipmanı) için lityum iyon pillere dayalı enerji depolama sistemleri ve yedek güç kaynağı olarak enerji depolama sistemlerini kullanan elektrik tüketiciler ve ayrıca kentsel elektrikli ulaşım (otonom güç beslemeli elektrikli otobüsler ve trolleybüsler) üretiyor. Şirket, UEF'de kendi lojistik taşımacılığını geliştirdi ve şimdi Rosatom Grubu'na dahil olmayan müşterilere hem standart hem de özelleştirilmiş hizmetler sunuyor.

Ayrıca Centrotech, Rosatom'un katmanlı üretim teknolojisi geliştirme merkezlerinden biri ve 3D baskı için önde gelen yerli toz üreticisi de olma özelliğini taşıyor. Bu yılın Mayıs ayında şirket, Rosatom tarafından geliştirilen iki çok ışınlı 3D yazıcının üretimine başladı. Tamamlandığında,



cihazların Rosatom'un Moskova'daki ilave üretim merkezine kurulması bekleniyor. Toz geri kazanım sistemleri, baskı işlemi sırasında iki tozu partikül boyutuna göre ayırarak ve geri kazanılan tozu baskı ünitesine geri döndürerek baskı maliyetlerini düşürmeye yardımcı oluyor.

[Bölümün başına](#)



## TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

## Yakıt türlerini birleştirme sanatı

Rosatom, nükleer enerjide maksimum güvenlik, ekonomik verimlilik ve çevre dostu olma konusundaki pazar talebine yanıt olarak, kazaya dayanıklı yakıt ve kapalı nükleer yakıt döngüsü (CNFC) gibi yeni nükleer yakıt türleri geliştirmenin yanı sıra, çalışan reaktörler için yakıt geliştirmeye çalışıyor.

### Kazaya dayanıklı yakıt

Kazaya dayanıklı yakıt, son on yılda nükleer enerjinin geliştirilmesinde bir öncelik oldu. Fukushima Daiichi Nükleer Santrali'nde soğutma sisteminin kapanması ve 1200 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşan zirkonyum buharı reaksiyonunun neden

olduğu kazanın araştırılmasının ardından, büyük kazaları olabildiğince önlemeye yardımcı olacak bir nükleer yakıt geliştirmeye ihtiyaç olduğu fark edildi. Şu anda teknolojiyi geliştirmenin iki yolu var: Reaktör çekirdeğindeki zirkonyum miktarını azaltmak veya kimyasal bileşimini değiştirerek yakıtın ısı iletkenliğini artırmak.

Tek başına yeni yakıtın kazaları önleyeceğini düşünmemeliyiz. Ancak bu, nadir olaylara ve kazalara müdahale etmek için daha fazla zaman sağlarken, reaktörün rutin çalışmasını teknoloji açısından daha ekonomik ve daha faydalı hale getirebilir.

Mühendislik çalışmaları hem yeni kaplama malzemeler, hem de yakıt bileşimleri oluşturmaya odaklanıyor. Krom kaplamalar, olası tüm çözümlerin en basiti. Daha detaylı çalışma gerektirmesine rağmen bir başka ilginç seçenek, yakıt kaplaması olarak silisyum karbür kompozitlerin kullanılması. Yakıt bileşimleri için araştırmacılar, krom veya molibden eklemeyi ve uranyum oksidi



## TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

uranyum silisit veya uranyum nitrür ile değiştirmeyi düşünüyor.

Krom kaplamalar daha yüksek korozyon direnci, dayanıklılık ve su geçirgenliği sağlayarak zirkonyum alaşımlarının esnek kalmasını sağlar.

Şimdiye kadar, genel olarak tercih edilen bir kaplama tekniği bulunmuyor. Birçok üretici en uygun buldukları çözümleri kullanıyor. Örneğin, Troitsk İnovasyon ve Füzyon Araştırma Enstitüsü'ndeki Atımlı İşlemler Bölümü'nden Alexei Yakushkin ve Moskova Devlet Üniversitesi Teorik Fizik Bölümü'nden Profesör Fyodor Vysikaylo, makalesinde, ağır alaşımlar gibi ince film biriktirme yöntemlerinin teknoloji açısından etkili, ancak çok pahalı olduğunu yazıyor. Onlara göre daha ümit verici olan ise, lazer biriktirme yöntemleri. Ayrıca, magnetron püskürtmenin, kaplamaların yüksek biriktirme hızı ve homojenliğinden dolayı yakıt elemanları kaplamalarında faydalı olabileceğinin de altını çiziyorlar.

Yeni yakıt bileşimleri arasında katkılı uranyum dioksit (UO<sub>2</sub>), yüksek yoğunluklu yakıtlar (örneğin U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>) ve metalik yakıtlar (ör. Uranyum-molibden yakıt) bulunur.

Rosatom, mevcut trendlere ayak uydurarak çeşitli kaplama ve yakıt bileşimleri kombinasyonları geliştiriyor. Geçen yıl, Atomik Reaktörler Araştırma Enstitüsü'ndeki MIR araştırma reaktörüne krom kaplı zirkonyum alaşımı ve kaplama malzemesi olarak kullanılan krom-nikel alaşımı ile iki deneme yakıt takımı yüklendi. Yakıt bileşimleri, artan yoğunluk ve termal iletkenliği olan geleneksel uranyum dioksit ve uranyum-molibden alaşımına sahip. Her yakıt takımı, farklı malzeme kombinasyonlarına sahip 24 yakıt elemanından oluşuyor.

Aynı yıl, Rosatom'un Bochvar Rusya İnorganik Malzemeler Araştırma Enstitüsü,

oksijen içeriği yüzde 10–12 olan silisyum karbür elyaf örnekleri yarattı. Bir sonraki adım, nükleer yakıt kaplamasında kullanılabilecek sıfır oksijen içeriğine sahip bir karbür fiber üretimi için bir teknoloji geliştirmek olacak. Bu konuyla ilgili olarak bir numune bankası da kuruldu. Burada lehimleme ve mühürleme teknolojileri test ediliyor. Proje 2021'de de devam edecek.

Pazara kazaya dayanıklı yakıt sunma hızı, yalnızca araştırma ve geliştirmedeki ilerlemeye değil, aynı zamanda belirli nükleer reaktörlerde kazaya dayanıklı belirli yakıtların kullanılmasının uygulanabilirliğine de bağlı olacak. Deneyimler, bunun birkaç yıl sürebileceğini gösteriyor.

### Kapalı nükleer yakıt döngüsü

Rosatom, kapalı nükleer yakıt çevrimi için yeni yakıt türleri oluşturmak üzere sistematik olarak çalışıyor.

Yeni yakıtlar, her biri halihazırda incelenmekte ve test edilmekte olan REMIX,

### Kapalı nükleer yakıt döngüsü (CNFC)

CNFC kavramı genel anlamda, kullanılmış nükleer yakıtın yeniden işlenebileceğini ve bir reaktöre yeniden yüklenebileceğini öne sürüyor. Bazı yakıt bileşimleri, depolarda boşta olan tükenmiş uranyumun yüzde 99'a kadar kullanılmasını sağlıyor. Bu, nükleer endüstri için taze hammadde sorununu çözmeye ve atıkları azaltmaya yardımcı oluyor. Diğer bir seçenek de, küçük aktinitler adı verilen oldukça radyoaktif olan elementleri yakmak.



## TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

MOX ve MUPN olmak üzere üç üründen oluşuyor.

Rosenergoatom'a (Rosatom'un bir bölümü olan Rus nükleer santral operatörü) göre, şu anda BN-800 reaktöründe 26 MOX yakıt takımı kullanılıyor. Bunlardan 18'i, pelet haline getirilmiş MOX yakıtı içeren ve Rosatom Madencilik ve Kimya Fabrikası'nda üretilerek Rosatom Petrol Şirketi tarafından Rosenergoatom'a tedarik edilen ilk standart yakıt takımları olma özelliğini taşıyor. Yakıt takımları, 2019'un sonunda Beloyarsk Nükleer Santrali'nin BN-800 reaktörüne yüklendi. Nükleer Reaktörler Araştırma Enstitüsü'nün deneme üretim hattında, vibro-paketlenmiş MOX yakıtı içeren 8 yakıt grubu daha üretildi. Pelet haline getirilmiş MOX yakıt takımları, bir buçuk yıl boyunca radyasyona maruz kalacak ve bu süre zarfında reaktöre üç kez yakıt ikmali yapılacak. Boşaltma zamanı gelene kadar, bu yakıt takımları yaklaşık 465 gün boyunca çalışmış olacak. Rosenergoatom'dan yapılan açıklamada, **"Şu anda, bu yakıt grupları tasarıma uygun olarak çalışıyor ve yaklaşık 310 gün boyunca etkin olarak çalıştı"** denildi.

Pelet haline getirilmiş MOX yakıtının performansı, BN-600 reaktöründe düzinelerce deneysel yakıt takımının radyasyona maruz kalmasıyla doğrulandı. 2015 yılında piyasaya sürülen BN-800 reaktörüne başlangıçta yüklenen yakıtın neredeyse dörtte biri, Nükleer Reaktörler Araştırma Enstitüsü ve Mayak Üretim Derneği deneme üretim hatlarında üretilen MOX yakıt takımlarından oluşuyordu. Bu takımların radyasyona maruz kalması, pelet haline getirilmiş MOX yakıtının güvenilirliğini doğruladı. Bu, Madencilik ve Kimya Tesisi'nde (MKT) BN-800'ün yalnızca üretilen pelet haline getirilmiş MOX yakıtı ile çalışmasını sağladı.

Rosatom, Beloyarsk Nükleer Santrali'nin tüm

### MOX yakıtında Plütonyum

Rusya'nın hızlı reaktörlerinde kullanılan MOX yakıtı, plütonyum oksitlerin tükenmiş veya doğal uranyum karışımını içeriyor. Plütonyumun kütle oranı, zenginleştirme alanına ve plütonyum izotoplarının içeriğine bağlı olarak ağırlıkça % 15–25'e ulaşır. Pelet haline getirilmiş MOX yakıt takımları, çeşitli kaynaklardan elde edilen plütonyum içerebilir:

- Düşük seviyeli plütonyum (Sodyum soğutmalı hızlı besleyici reaktörlerde kullanılmış nükleer yakıtın yeniden işlenmesiyle elde edilir)
- Yüksek seviyeli plütonyum (VVER reaktörlerinden gelen kullanılmış nükleer yakıtın yeniden işlenmesiyle elde edilir)
- Homojenleştirilmiş plütonyum (Bu bir silah sınıfı ve yakıt sınıfı plütonyum karışımıdır. Bu plütonyum türü, Rusya'nın üretim fazlası silah sınıfı plütonyumun idaresi ve elden çıkarılması için imzalanan ve "Plütonyum Yönetim ve Elden Çıkarma Anlaşması" olarak bilinen bir anlaşmayı askıya almış olması nedeniyle şu anda kullanılmıyor)

Şu anda BN-800'de radyasyona maruz kalan pelet haline getirilmiş MOX yakıt takımları, düşük seviyeli plütonyum içerir. Düşük seviyeli ve homojenleştirilmiş plütonyumdan izotopik içeriği ile farklı olan MOX yakıtında 2021–2022 yıllarında yüksek seviyeli plütonyum kullanılması planlanıyor. Örneğin, nükleer yakıtın güç reaktörleri (BN, VVER ve RBMK) radyasyona maruz kalması sırasında biriken daha fazla A-izotop içeriyor.



## TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

reaktör çekirdeğinin yakıt ikmali için ilk 168 MOX yakıt takımını şimdiden üretip teslim etti. Bu yakıt grupları, 2021'in ilk yarısında reaktöre yüklenecek. MOX yakıtına geçişin 2022'nin ikinci yarısında tamamlanması bekleniyor. Bakım programındaki değişiklikler nedeniyle yakıt ikmali programında küçük farklılıklar olma ihtimali bulunuyor.

MOX yakıtı gibi, REMIX yakıtı da uranyum ve plütonyum oksitlerin bir karışımı. Ancak bu yakıt daha düşük plütonyum içeriğine sahip. (ağırlıkça % 1–3) Ek olarak REMIX yakıtı, tükenmiş uranyum yerine zenginleştirilmiş uranyum içeriyor. (ağırlıkça yaklaşık % 3–4 U-235) MOX yakıtından farklı olarak, REMIX yakıtı hızlı besleyici reaktörlere değil güç reaktörlerine yükleniyor. (VVER veya RBMK) Bir diğer fark da, REMIX yakıtının, önceki modellere göre daha fazla yakıt içeren ve daha uzun yakıt çubukları (uranyum-gadolinyum yakıtlı olanlar dahil) ve raflar, geliştirilmiş hücre şekli ve daha ince alt ara ızgaraları içeren TVS-2M yakıt takımları ile kullanılması.

2016 yılından bu yana, her biri REMIX yakıtlı 6 çubuk içeren Balakovo NGS'nin 3 numaralı güç ünitesinde 3 yakıt takımı test edildi. Her yakıt paketinde toplam 312 yakıt çubuğu bulunuyor. Üçüncü 18 aylık radyasyona maruz kalma döngüleri 2020'de başladı. Bir sonraki adım, yalnızca REMIX yakıtı içeren yakıt takımlarını yüklemek olacak.

Ağustos 2020'de Rosatom'un Yatırım Komitesi, gerekli sayıda yakıt takımını sağlamak için madencilik ve kimya tesisinde yeni bir REMIX yakıt hattı oluşturmaya karar verdi. Yeni hat, deneme yakıt üretim hattının yenilenmesi, yakıt elemanları ve takımların üretimi için ekipman eklenmesiyle oluşturulacak. REMIX yakıt hattı, 2021 yılına kadar faaliyete başlayacak. Yeni üretim hattı test edildikten ve Balakovo NGS'deki deneme



yakıt takımları boşaltıldıktan sonra Rosatom, REMIX yakıtının endüstriyel üretimine başlama konusunda kararını verecek.

MUPN yakıtı, oksitlerden ziyade nitrürler içeriyor olması bakımından REMIX ve MOX'tan farklılık gösteriyor. (MUPN, karışık uranyum plütonyum nitrür anlamına gelir) Yakıt, BREST-OD-300 reaktöründe Atılım Projesi'nin (Breakthrough Project) parçası olarak kullanılacak. Ayrıca MUPN yakıtının şu anda tasarım aşamasında olan BN-1200 hızlı nötron reaktörüne yüklenmesi planlanıyor. Yeni reaktör için deneme yakıt takımları artık BOR-60 ve MIR araştırma reaktörlerinde ve BN-600 ticari reaktöründe üretilip test ediliyor. Bunların 20'den fazlası radyasyona maruz kalıyor ve yakıt tüketimi zaten yüzde 9'u aşılıyor. BREST-OD-300 reaktörü için Sibirya Kimya Fabrikası'nda inşa edilen yakıt üretim / yeniden üretim ünitesinde ekipman kurulumu devam ediyor.

REMX, MOX ve MUPN yakıtlarının ticari üretimini organize ederken en önemli sorun, yüksek seviyeli radyoaktif malzemelerin, (özellikle iki veya daha fazla kez radyasyona maruz kalan veya yeniden kullanılan nükleer yakıtın) uygun şekilde kullanılması.

### Geliştirme işlemlerinin önemi

Rosatom, sadece yeni reaktörler için yeni



## TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

yakıt geliştirmekle kalmıyor, aynı zamanda mevcut müşterileri için mevcut yakıt türlerini de geliştiriyor. Ekim ayında şirket, Macar Paks NGS'deki VVER-440 reaktörlerinde kullanılan yakıt takımlarının modifiye edilmiş bir versiyonunu tanıtmak için 2017'de başlatılan bir projeyi tamamladı. Optimize edilmiş Su/Uranyum oranı sayesinde, yeni yakıt takımları yakıt kullanımını iyileştiriyor ve reaktörü daha ekonomik hale getiriyor.

Bu Temmuz ayında Rosatom ve Çek enerji şirketi ČEZ a.s., Dukovany NGS'de VVER-

440 reaktörleri için yeni bir RK-3+ nükleer yakıt versiyonunun tedarik edilmesine ilişkin bir anlaşma imzaladı. Önceki versiyona göre geliştirmeler arasında kanal sisteminin köşebent çerçeveleme ile değiştirilmesi, yakıt çubukları arasında artırılmış aralık ve enine kesit zenginleştirme profilinde bir değişiklik yer alıyor. Bu geliştirmeler, Dukovany'deki yakıt döngülerinin uzatılmasına yardımcı olacak.

Rosatom ile Slovak şirketi Slovenské elektrárne a.s. arasındaki sözleşmeye uygun olarak Mochovce ve Bohunice Nükleer Santralleri için yeni bir nükleer yakıt ve yeni bir yakıt döngüsü stratejisinin geliştirilmesi için bir proje sürüyor. Yeni yakıt, optimize edilmiş bir enine kesit zenginleştirme profiline (U-235 zenginleştirme seviyesine bağlı olarak yerleştirilen yakıt elemanları ile) ve farklı bir uranyum sınıfından yapılmış yakıt peletlerine sahip olacak. Geliştirilmiş yakıtın, yakıt döngüsünü uzatması ve güç ünitelerinin maliyet verimliliğini artırması bekleniyor. NL

[Bölümün başına](#)



## Yeni Santraller, Yeni Kadro

**Türkiye Akkuyu Nükleer Güç Santrali ile nükleer güce kavuşacak. 2021 Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı'nda da belirtildiği üzere, önümüzdeki yıl iki tesisin daha inşası planlanıyor. Yani Akkuyu ilk olmasına karşın Türkiye'deki son nükleer santral olmayacak.**

Akkuyu Nükleer Santrali'nin inşasının yanı sıra ülke, ulusal nükleer endüstri için personel yetiştiriyor.

Akkuyu NGS Radyasyon Güvenliği Departmanı'nın ilk grup genç çalışanları, Ankara'daki Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu'nda (TENMAK)

eğitim kursunu tamamladı. Genç çalışanlar, birkaç gün boyunca radyasyondan korunma ve doz ölçümünün temellerini öğrendiler ve ölçüm aletlerinin kullanımı konusunda eğitim aldılar. Stajyerler ayrıca, acil durumlarda nasıl davranılacağı konusunda da pratik yaptılar. Stajyerlere buna ek olarak, Türk Radyasyon Güvenliği Kanunu, radyonüklid kaynaklarının ruhsatlandırılması prosedürleri ve radyoaktif malzemelerin güvenli taşınmasına ilişkin kurallar hakkında da dersler verildi. Katılan tüm stajyerler, final sınavlarında başarılı olarak Türkiye'de radyografik alet ve iyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarının kullanımı ile ilgili her türlü operasyonu denetlemek üzere sertifika almaya hak kazandı.

Stajyerler arasında bulunan Dozimetrist Okan Yıldız konuyla ilgili yaptığı açıklamada, **“Radyasyon güvenliği ile ilgili Türk kanun ve yönetmeliklerini öğrenme şansımız oldu.**



## TÜRKİYE

[İçeriklere geri dön](#)

**Eğitmenlerimiz son derece deneyimli kişilerdi ve eğitim sırasında sorduğumuz tüm soruları açık bir şekilde cevapladılar” dedi.**

Kısa bir süre önce, Akkuyu NGS’nin genç çalışanları, Obninsk’teki Rosatom Teknik Akademisi’nde bir ay boyunca dozimetri eğitimi almak için Rusya’ya geldi. Akkuyu Nükleer daha sonra ise, radyasyon güvenliğini sağlama konusunda staj ve pratik deneyim kazanabilmeleri için bu stajyerleri Rusya’nın en modern nükleer santralleri olan Novovoronezh ve Leningrad’a gönderecek. Akkuyu radyasyon güvenliği bölümünden Fikri Türkmen, **“Meslektaşlarımla birlikte staj yapacağım, Rusya üniversitelerinden diplomalarımızı aldık. Çalışmalarına devam etmekten ve yeni bilgi ve beceriler edinmekten mutluluk duyuyorum”** dedi.

Türkiye, Rus tasarımı olan VVER-1200 III + nesil reaktörler ile donatılacak ilk nükleer santralini hızla inşa etmeye devam ediyor. 1 No’lu güç ünitesinin inşası 2018 yılında başladı. Bu yılın Haziran ayında santralin ikinci güç ünitesi için ilk beton döküldü. 1 No’lu güç ünitesinin 2023 yılında işleme alınması planlanıyor. Kalan üç güç ünitesi ise, 2026 yılına kadar birbiri ardına işleme alınacak. Santral yılda 35 milyar kW/saat elektrik üretecek ve ülkenin elektrik ihtiyacının yaklaşık yüzde 10’unu karşılayacak.

10 Kasım’da birinci güç ünitesi için büyük

öneme sahip ekipmanlardan biri olan reaktör basınç kazanı (RPV) 3 bin kilometre mesafeyi aşarak Akkuyu NGS sahasına teslim edildi. RPV, nükleer yakıtın nükleer enerji santrali operasyonu aşamasında yerleştirildiği ve büyük miktarda ısının oluşmasıyla yüksek basınç altında nükleer reaksiyonun meydana geldiği büyük boyutlu bir ekipman olma özelliğini taşıyor.

Akkuyu Nükleer AŞ Genel Müdür Birinci Yardımcısı ve Yapı İşleri Direktörü Sergey Butskikh, konuya ilişkin yaptığı açıklamada, **“Akkuyu NGS sahasındaki inşaat ve kurulum işleri çok iyi bir hızla ilerliyor. İç muhafazanın ikinci kademesi olan konsol giriş ve destek girişi; koryum toplama ve soğutma cihazı ve reaktör kuru koruması tasarım konumuna göre kuruldu. Ana ekipman, planlandığı gibi sahaya teslim edildi. İtme ve destek halkaları ile tamamlanan gemi, Volgodonsk’taki AEM-teknoloji Atommasht A.Ş. şubesinden Türkiye’deki ilk nükleer santral olan Akkuyu NGS sahasına gelerek yaklaşık 3.000 kilometre mesafeyi kat etti. Gerekli tüm gümrük işlemlerinin tamamlanmasının ardından, basınçlı reaktör kazanı giriş muayenesinden geçecek”** diye konuştu.

2021 Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı’na göre Türkiye, nükleer enerjinin enerji dengesindeki payını artırmaya yönelik çalışmalarına devam edecek. Anadolu Ajansı, Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı’nda gelecek yıl iki nükleer enerji projesinin daha değerlendirilmesi konusunda bilgilerin yer aldığını açıkladı. Buna göre özellikle, bir şantiye seçilmesi ve bir proje için teknoloji tedarikçisi ile resmi bir anlaşma imzalanmasının yanı sıra, başka bir tesis için de inşaat ruhsatı başvurusu yapılması planlanıyor.

[Bölümün başına](#)