

Küresel Nükleer Reaktör Yapımı: Bugünkü Projelerin Kapsamlı Analizi (2025-2026)

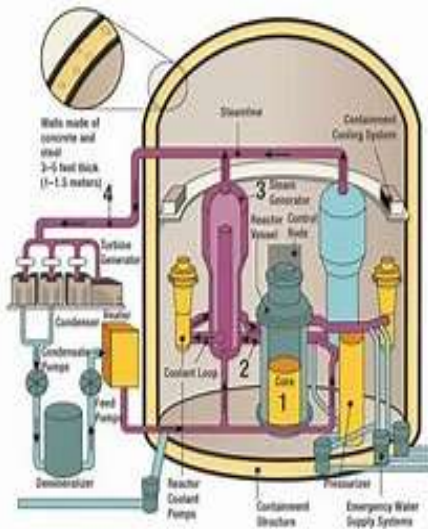
Hazırlayan: Yüksel Atakan, Radyasyon Fizikçisi ybatakan4@gmail.com, 15.01.2026 /I/

Özet

Bu rapor, 2025-2026 yılları itibarıyla dünya çapında inşaat aşamasındaki nükleer reaktör projelerinin kapsamlı bir analizini sunmakta, çok sayıda ülke ve teknolojik platform genelinde nükleer güç genişlemesinin mevcut durumunu incelemektedir. Analiz, küresel nükleer inşaatın önemli bir ivme yaşadığını ortaya koymaktadır; yaklaşık 74 GWe yeni kapasite temsil eden 63-68 reaktör inşaat aşamasındadır. Bu genişleme öncelikle üç büyük oyuncu tarafından yönlendirilmektedir: Çin (32 ünite, 34 GWe), Rusya (27 ünite) ve Hindistan (9 ünite, 7,3 GWe). Rapor, hem yerleşik nükleer tedarikçiler hem de gelişmekte olan ileri reaktör şirketleri tarafından üretilen, 5 MWe'nin altındaki mikroreaktörlerden 1.600 MWe'ye kadar büyük ölçekli ünitelere kadar değişen reaktör teknolojilerini incelemektedir.

Ana İstatistiklerin Özeti (2025/2026)

- **Bugün Küresel Olarak Yapım Aşamasındaki Toplam Reaktörler:** 63-68 ünite
- **Toplam Birleşik Kapasite:** 74 GWe (74.000 MWe)
- **Aktif Yapımı Olan Ülkeler:** 11 ülke
- **Kapasite Aralığı:** 1 MWe (mikroreaktörler) - 1.600 MWe (EPR)
- **En Büyük Uluslararası Tedarikçi:** 27 ünite ile Rosatom (20 uluslararası)
- **Başlıca Teknoloji Türleri:** PWR, PHWR, BWR, Sodyum Hızlı Reaktörler, Toryum Ergimiş Tuz Reaktörleri, HTGR
- **Toplam Tahmini Yatırım:** >300 milyar USD
- **Tahmini Yıllık CO2 Azaltımı:** Devreye girdiğinde ~440 milyon ton



Basınçlı Su Soğutmalı Bir Reaktör (PWR)

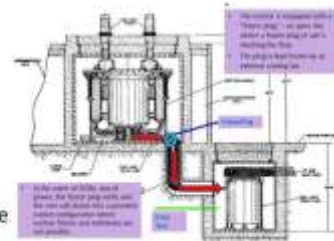
Thorium, Molten Salt Reactors, and Green Energy

MSR Reactors are fundamentally different from LWR Reactors

There cannot be a meltdown the fuel is already melted

They operate at low pressure; just above atmospheric pressure

They can be shut off with no power



Bir Ergimiş Tuz Reaktör Sistemi (TMSR)

Ana Özet Tablo: Şirketlere Göre Yapım Aşamasındaki Tüm Nükleer Reaktörler (2025)

Sıra	Şirket/Kuruluş	Ülke	Reaktör Modelleri	Kapasite Aralığı (MWe)	Reaktör Sayısı	Toplam Kapasite (GWe)	Uluslararası Projeler	Ana Pazarlar
1	Rosatom (Rusya)	Rusya	VVER-1000, VVER-1200, VVER-TOI	440-1.255	27	~28-30	Evet (7 ülkede 20 ünite)	Türkiye, Mısır, Bangladeş, Hindistan, Çin, İran, Slovakya
2	CNNC/CGN (Çin)	Çin	Hualong One (HPR1000), Linglong One	125-1.126	~18	~20	Sınırlı (Pakistan)	Çin, Pakistan
3	SNPTC (Çin)	Çin	CAP1000, CAP1400	1.000-1.500	~14	~15	Hayır	Çin yurtiçi
4	NPCIL (Hindistan)	Hindistan	PHWR-700, VVER-1000	700-1.000	8	6,8	Hayır	Hindistan yurtiçi
5	KHNP (Güney Kore)	Güney Kore	APR-1400	1.400	4-6	5,6-8,4	Evet	Güney Kore, BAE
6	BHAVINI (Hindistan)	Hindistan	PFBR	500	1	0,5	Hayır	Hindistan yurtiçi
7	Framatome/EDF (Fransa)	Fransa	EPR	1.600	2-3	3,2-4,8	Evet	Fransa, Finlandiya, İngiltere
8	Westinghouse (ABD)	ABD	AP1000	1.100	Planlama aşaması	-	Evet (planlanmış)	Polonya (2028 planlanmış)
9	GE Hitachi (ABD/Japonya)	ABD/Japonya	BWRX-300	300	1	0,3	Evet	Kanada (Ontario)
10	TerraPower (ABD)	ABD	Natrium	345	1	0,345	Hayır	Wyoming, ABD
11	NuScale (ABD)	ABD	NuScale SMR	77	Planlama/Geliştirme	-	Potansiyel	ABD (NRC onaylı)
12	Kairos Power (ABD)	ABD	Hermes 2 (FHSR)	~35 (demo)	1	0,035	Hayır	Tennessee, ABD
13	X-energy (ABD)	ABD	Xe-100	80	Geliştirme	-	Potansiyel	ABD, Kanada
14	Oklo (ABD)	ABD	Aurora Powerhouse	15-75	Planlama	-	Hayır	Idaho, ABD
15	Radiant (ABD)	ABD	Kaleidos	~1	1 (test)	0,001	Hayır	Idaho Ulusal Laboratuvarı
16	Rolls-Royce SMR (İngiltere)	İngiltere	Rolls-Royce SMR	470	Geliştirme	-	Evet (potansiyel)	İngiltere yurtiçi, ihracat planlanmış

TOPLAM ONAYLANMIŞ İNŞAAT: 63-68 reaktör, ~74 GWe

Tablo 2: Şirket Kategorisi ve Teknoloji Türüne Göre Özet

Şirket Kategorisi	Şirket Sayısı	Toplam Reaktör	Toplam Kapasite (GWe)	Birincil Teknoloji	Coğrafi Odak
Büyük Yerleşik Tedarikçiler	6	55-60	~65-68	Büyük PWR (1.000-1.600 MWe)	Asya, Doğu Avrupa, Orta Doğu
İleri SMR Geliştiricileri	7	3-5	0,5-1,0	SMR ve İleri Reaktörler (15-470 MWe)	Kuzey Amerika, Avrupa
Mikroreaktör Geliştiricileri	2-3	1-2	<0,01	Mikroreaktörler (<5 MWe)	ABD

Şirket Kategorisi	Şirket Sayısı	Toplam Reaktör	Toplam Kapasite (GWe)	Birincil Teknoloji	Coğrafi Odak
Yerli Programlar	3	8-10	7-8	PHWR, Hızlı Üretken Reaktör	Hindistan, Çin

Tablo 3: Reaktör Kapasite Sınıflandırmasına Göre Küresel Özet

Kapasite Kategorisi	Kapasite Aralığı (MWe)	Reaktör Sayısı	Toplam Kapasite (GWe)	Toplam Kapasitenin %	Başlıca Üreticiler
Mikroreaktörler	<5	1-2	<0,01	<0,1%	Radiant, Nano Nuclear
Çok Küçük	5-50	2-3	0,1	0,1%	Kairos Power
Küçük Modüler (SMR)	50-300	5-8	1,5-2,0	2-3%	NuScale, X-energy, Linglong One, BWRX-300
Orta Ölçekli	300-700	8-12	4-6	6-8%	TerraPower Natrium, VVER-440, PFBR, PHWR-700
Büyük Ölçekli	1.000-1.600	48-55	65-70	88-90%	Rosatom, CNNC/CGN, SNPTC, KHNP, Framatome

Ana Bulgu: Büyük reaktörler (1.000-1.600 MWe) mevcut inşaatı domine etmekte, inşaat aşamasındaki toplam kapasitenin yaklaşık %90'ını temsil etmektedir.

1. Giriş

1.1 Arka Plan ve Bağlam

Küresel enerji manzarası, ülkeler enerji güvenliği, ekonomik büyüme ve iklim değişikliğini azaltma arasında denge kurmaya çalışırken önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Nükleer güç, düşük karbonlu temel yük elektrik üretimi sunarak, birçok ülkenin enerji stratejilerinin kritik bir bileşeni olarak ortaya çıkmıştır. 2025'in başları itibarıyla, uluslararası nükleer endüstri hem geleneksel büyük ölçekli reaktörlerin inşaatı hem de yenilikçi küçük modüler reaktör (SMR) teknolojilerinin geliştirilmesiyle işaretlenmiş, yenilenmiş ilgi ve önemli yatırım yaşamaktadır.

1.2 Bu Raporun Amaçları

Bu akademik rapor şunları amaçlamaktadır:

- 10 MW ile 1.600 MWe kapasite aralığında dünya çapında şu anda inşaat aşamasında olan tüm nükleer reaktörleri belgelemek
- Projeleri üretici şirket, teknoloji türü ve kapasiteye göre kategorize etmek
- Coğrafi dağılım ve teknolojik eğilimleri analiz etmek
- Sunulan tüm veriler için doğrulanmış referanslar sağlamak

1.3 Yöntem

Bu rapor için veriler, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS), Dünya Nükleer Birliği raporları, ulusal nükleer düzenleyici kurumlar ve nükleer

şirketlerin resmi duyuruları dahil olmak üzere birden fazla yetkili kaynaktan derlenmiştir. Tüm bilgiler Ocak 2025 itibarıyla günceldir.

2. Nükleer İnşaatın Küresel Genel Görünümü

2.1 Mevcut İstatistikler

2025'in başları itibarıyla, küresel nükleer inşaat manzarası aşağıdaki ana metriklerle karakterize edilmektedir:

- **İnşaat aşamasındaki toplam reaktörler:** 63-68 ünite
- **Birleşik kapasite:** Yaklaşık 74 GWe (74.000 MWe)
- **Aktif inşaat projeleri olan ülkeler:** 11 ülke
- **Coğrafi yoğunlaşma:** Asya, küresel inşaat faaliyetinin %75'inden fazlasını oluşturmaktadır

Bu rakamlar, nükleer kapasitenin önemli bir genişlemesini temsil etmekte olup, inşaat zaman çizelgeleri genellikle reaktör tipine, düzenleyici ortama ve inşaat deneyimine bağlı olarak 5 ila 10 yıl arasında değişmektedir.

2.2 Bölgesel Dağılım

Nükleer inşaatın dağılımı Asya'da oldukça yoğunlaşmıştır; Çin, Rusya ve Hindistan projelerin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu yoğunlaşma çeşitli faktörleri yansıtmaktadır: nükleer enerji için güçlü hükümet desteği, artan elektrik talebi, iklim taahhütleri ve yerleşik nükleer endüstriyel yetenekler.

Tablo 4: İnşaat Aşamasındaki Nükleer Reaktörlerin Bölgesel Dağılımı

Bölge	Reaktör Sayısı	Toplam Kapasite (GWe)	Küresel Toplamın Yüzdesi
Doğu Asya (Çin, Güney Kore)	35-40	~40	~55%
Güney Asya (Hindistan)	9	7,3	~12%
Doğu Avrupa ve Rusya	8-10	~10	~13%
Orta Doğu ve Kuzey Afrika	8-10	~10	~13%
Kuzey Amerika	2-3	~0,5	~2%
Batı Avrupa	2-4	~3-5	~5%

3. Ülke ve Şirkete Göre Analiz

3.1 Çin: Nükleer Genişlemede Küresel Lider

Çin, Temmuz 2025 itibarıyla 34 GWe'yi temsil eden 32 reaktörle dünyanın en aktif nükleer inşaatçısı olarak kendini konumlandırmıştır. Bu benzeri görülmemiş genişleme, Çin'in hızla artan elektrik talebini karşılarken karbon emisyonlarını azaltma taahhüdünü yansıtmaktadır.

3.1.1 Çin Ulusal Nükleer Şirketi (CNNC) ve Çin Genel Nükleer (CGN)

Bu devlete ait işletmeler, yetenek ve güvenlik özellikleri açısından uluslararası tasarımlara rakip olan yerli nükleer teknolojiler geliştirmiştir.

Tablo 5: İnşaat Aşamasındaki Çin Nükleer Reaktörleri (CNNC/CGN)

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Teknoloji Nesli	İnşaat Aşamasındaki Sayı	Ana Özellikler
Hualong One (HPR1000)	1.126	Nesil III	~18 ünite	Yerli basınçlı su reaktörü tasarımı
Linglong One (ACP100)	125	Nesil III SMR	1 ünite	Dünyanın ilk kara tabanlı ticari SMR'si (2026 hedefi)

Hualong One, hem CNNC'nin ACP1000 hem de CGN'nin ACPR1000+ tasarımlarından özellikleri birleştiren Çin'in amiral gemisi nükleer teknolojisini temsil etmektedir. IAEA verilerine göre, Çin'de inşaat aşamasında veya işletmede olan 18 Hualong One ünitesi bulunmakta olup bu, bu yerli teknolojinin hızlı dağıtımını göstermektedir.

3.1.2 Devlet Nükleer Güç Teknolojisi Şirketi (SNPTC)

SNPTC, Westinghouse'un AP1000 tasarımından teknoloji transferine dayalı olarak CAP serisini geliştirmiş, giderek daha yetenekli varyantlar yaratmıştır.

Tablo 6: SNPTC Reaktör Geliştirmesi

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Temel Teknoloji	Durum	Dikkate Değer Başarı
CAP1000	1.000	AP1000 türevi	Birden fazla ünite inşaat aşamasında	Yerelleştirilmiş AP1000 teknolojisi
CAP1400	1.500	Geliştirilmiş CAP1000	İlk ünite operasyonel	İlk ünite Ekim 2024'te şebekeye bağlandı

1.500 MW kapasiteli ilk CAP1400 reaktörü Ekim 2024'te şebekeye bağlanmış olup Çin'in nükleer bağımsızlığında önemli bir kilometre taşı olmuştur.

3.2 Rusya: Uluslararası Nükleer Güç Merkezi

Rusya, devlet şirketi Rosatom aracılığıyla uluslararası nükleer inşaat pazarına hakim olmaktadır. 2025 itibarıyla, Rusya'nın inşaat aşamasında 27 ünitesi bulunmakta olup bunların 20'si 7 yabancı ülkede yer almaktadır; bu durum Rosatom'un küresel erişimini ve ihracat yeteneklerini göstermektedir.

3.2.1 VVER Teknoloji Platformu

Rosatom'un birincil ihracat ürünü, Atommashtesisinde üretilen VVER (su-su enerjilik reaktör) serisidir.

Tablo 7: İnşaat Aşamasındaki Rus VVER Reaktörleri

Reaktör Modeli	Kapasite (MWe)	Nesil	Ünite Sayısı	Ana Özellikler
VVER-1000	1.000	Nesil III	4	Kanıtlanmış tasarım, birden fazla ülkede işletmede
VVER-1200	1.200	Nesil III+	20+	Geliştirilmiş güvenlik sistemleri, pasif soğutma
VVER-TOI	1.255	Nesil III+	2+	En gelişmiş VVER varyantı

VVER-TOI (Tipik Optimize Bilgilendirici), Rus PWR teknolojisinin en son evrimini temsil etmektedir. Kursk 2-1'deki ilk VVER-TOI nükleer güç ünitesi 31 Aralık 2025'te şebekeye bağlanmış olup Rus reaktör tasarımındaki süregelen yeniliği göstermektedir.

3.2.2 Uluslararası Projeler

Rosatom'un uluslararası projeleri birden fazla kıtaya yayılmakta ve çeşitli jeopolitik ilişkileri temsil etmektedir.

Tablo 8: Rosatom Uluslararası İnşaat Projeleri

Ülke	Proje Adı	Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Ünite Sayısı	Toplam Proje Kapasitesi (MWe)	İnşaat Başlangıcı
Türkiye	Akkuyu NGS	VVER-1200	1.200	4	4.800	2018
Mısır	El Dabaa NGS	VVER-1200	1.200	4	4.800	Temmuz 2022
Bangladeş	Rooppur NGS	VVER-1200	1.200	2	2.400	2017-2018
Hindistan	Kudankulam Ünite 3-6	VVER-1000	1.000	4	4.000	Çeşitli
Çin	Çeşitli lokasyonlar	VVER varyantları	Değişken	4	~4.000	Çeşitli
İran	Bushehr genişletmesi	VVER-1000	~1.000	1	1.000	Çeşitli
Slovakya	Mochovce Ünite 4	VVER-440	440	1	440	1980'ler (yeniden başlatıldı)

Türkiye'deki Akkuyu projesi özellikle önemlidir; her biri 1.200 megavat kapasiteli dört VVER-1200 Nesil III+ reaktörü içermekte olup toplam kurulu kapasite 4.800 megavattır ve ilk ünitenin 2026 yılı için planlandığı belirtilmektedir.

3.3 Hindistan: Genişleyen Yerli Nükleer Kapasite

Hindistan, toplamda 7.300 MW'lık 9 reaktörle iddialı bir nükleer genişleme programı sürdürmektedir. Hindistan'ın yaklaşımı, yerli teknoloji geliştirmeyi uluslararası işbirliğiyle birleştirmektedir.

3.3.1 Hindistan Nükleer Güç Şirketi Limited (NPCIL)

NPCIL, Rusya tedarikli VVER üniteleriyle birlikte Hindistan'ın yerli basınçlı ağır su reaktörü (PHWR) programını işletmektedir.

Tablo 9: İnşaat Aşamasındaki Hint Nükleer Reaktörleri (NPCIL)

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Teknoloji Temeli	Ünite Sayısı	Ana Özellikler
PHWR-700	700	Yerli tasarım	4	Standartlaştırılmış Hint tasarımı, doğal uranyum kullanır
VVER-1000	1.000	Rus teknolojisi	4	Kudankulam Ünite 3-6

3.3.2 Bharatiya Nabhiya Vidyut Nigam Limited (BHAVINI)

BHAVINI, Hindistan'ın üç aşamalı nükleer programı için kritik olan hızlı üretken reaktör teknolojilerine odaklanmaktadır.

Tablo 10: Hint Hızlı Üretken Reaktör Geliştirmesi

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Amaç	Durum	Önemi
PFBR (Prototip Hızlı Üretken Reaktör)	500	Plütonyum üretimi ve güç üretimi	Yakıt yükleme Ekim 2025'te başladı	Toryum yakıt döngüsü geliştirme için kritik

Kalpakkam'daki Prototip Hızlı Üretken Reaktör, Hindistan'ın nükleer stratejisinde kritik bir kilometre taşını temsil etmektedir. Yakıt yükleme Ekim 2025'te başlamış olup projeyi operasyonel statüye yaklaştırmıştır.

3.3.3 Gelecekteki Hint SMR Geliştirmesi

Hindistan, çeşitli uygulamalar için birden fazla küçük modüler reaktör konsepti geliştirmektedir.

Tablo 11: Hint SMR Geliştirme Programları

Reaktör Türü	Kapasite (MWe/MWt)	Teknoloji	Geliştirme Aşaması	Amaçlanan Uygulama
BSMR-200	200 MWe	Basınçlı su	Tasarım aşaması	Şebeke güç üretimi
SMR-55	55 MWe	Küçük modüler	Tasarım aşaması	Bölgesel güç tedariki
HTGR	5 MWt	Yüksek sıcaklık gaz soğutmalı	Tasarım aşaması	Proses ısısı uygulamaları

3.4 Amerika Birleşik Devletleri: İleri Reaktör İnovasyonu

Amerika Birleşik Devletleri, Asya ülkelerine kıyasla aktif inşaat aşamasında daha az reaktöre sahip olsa da, ileri reaktör inovasyonu ve yeni nesil teknoloji geliştirmede öncülük etmektedir.

3.4.1 Başlıca İleri Reaktör Projeleri

Tablo 12: ABD İleri Nükleer Reaktör Projeleri

Şirket	Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Teknoloji	Lokasyon	Hedef Tamamlama	Ana İnovasyon
TerraPower	Natrium	345	Sodyum hızlı reaktör	Kemmerer, Wyoming	2030	Ergimiş tuz enerji depolama sistemi
Kairos Power	Hermes 2	~35 (demo)	Erimiş tuz	Oak Ridge, Tennessee	2030	Florür tuzu soğutmalı yüksek sıcaklık reaktörü
GE Hitachi	BWRX-300	300	Kaynayan su SMR	Darlington, Ontario (Kanada)	2030	Pasif güvenlik sistemleri
X-energy	Xe-100	80	Yüksek sıcaklık gazlı	ABD	Geliştirme	TRISO yakıt teknolojisi
NuScale	NuScale SMR	77	Basınçlı su SMR	ABD	Planlama	Tam NRC onayına sahip tek SMR
Oklo	Aurora	15-75	Sıvı metal hızlı	Idaho	2028	Mikroreaktör tasarımı
Radiant	Kaleidos	~1	Taşınabilir mikroreaktör	Idaho Ulusal Lab	2026 Test	Ultra-kompakt tasarım

Bill Gates destekli TerraPower'ın Natrium reaktörü, özellikle yenilikçi bir tasarımı temsil etmektedir. İnşaat Haziran 2024'te başlamış olup entegre erimiş tuz enerji depolamalı 345 MWe sodyum hızlı reaktör 2030 hedefliyle devreye alınacaktır.

Kairos Power Hermes 2 küçük gösteri ergimiş tuz reaktörü düzenleyici onay almış olup 2030 yılına kadar işletmeye alınması beklenmekte, bu da ileri reaktör lisanslamasında önemli ilerlemeyi temsil etmektedir.

3.4.2 Endüstri Desteği ve Yatırımı

İleri reaktör şirketleri önemli özel yatırım çekmiştir. X-energy, yüksek sıcaklık gaz soğutmalı reaktör geliştirmesi için Amazon desteğiyle 700 milyon dolar toplamıştır. Radiant, ilk taşınabilir nükleer mikroreaktörünü 2026'da Idaho Ulusal Laboratuvarı'nda test etmek için 300 milyon doların üzerinde fon toplamıştır.

3.5 Güney Kore: APR Teknolojisi İhracatı

Kore Hidro ve Nükleer Güç (KHNP), kanıtlanmış teknolojiye dayalı ve geliştirilmiş güvenlik özelliklerine sahip 1.400 MWe basınçlı su reaktörü olan APR-1400'ü (İleri Güç Reaktörü) üretmektedir.

Tablo 13: Güney Kore Nükleer İnşaatı

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	İnşaat Aşamasındaki Sayı	Lokasyonlar	İhracat Pazarları
APR-1400	1.400	Birden fazla ünite	Güney Kore, BAE	BAE'de başarıyla işletiliyor

3.6 Avrupa Nükleer Endüstrisi

3.6.1 Framatome (Fransa)

Tablo 14: Avrupa Basınçlı Reaktör (EPR) Projeleri

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Nesil	Mevcut Projeler	Ana Özellikler
EPR	1.600	Nesil III+	Fransa, Finlandiya, İngiltere	Dünyanın en yüksek kapasiteli tek reaktör tasarımı

3.6.2 Rolls-Royce SMR (Birleşik Krallık)

Tablo 15: İngiltere SMR Geliştirmesi

Reaktör Türü	Kapasite (MWe)	Durum	Hedef Pazar	Tasarım Temeli
Rolls-Royce SMR	470	Geliştirme/planlama	İngiltere ve ihracat	Fabrikada üretilmiş modüler tasarım

3.7 Diğer Dikkate Değer Gelişmeler

Polonya, 2028'de inşaatına başlaması planlanan üç Westinghouse AP-1000 ünitesi planlamakta olup bu, Orta Avrupa'da nükleer gücün önemli bir genişlemesini temsil etmektedir.

4. Teknoloji Sınıflandırması ve Analizi

4.1 Reaktör Boyut Kategorileri

Şu anda inşaat aşamasındaki reaktörlerin mevcut nesli, mikroreaktörlerden büyük ölçekli santrallere kadar geniş bir kapasite yelpazesine yayılmaktadır.

Tablo 16: Kapasite Aralığına Göre Reaktör Sınıflandırması

Kategori	Kapasite Aralığı (MWe)	Temsili Teknolojiler	Proje Sayısı	Birincil Uygulamalar
Mikroreaktörler	<5	Radiant Kaleidos, Nano Nuclear	1-2	Uzak lokasyonlar, askeri üsler, afet yardımı
Çok Küçük Reaktörler	5-50	Kairos Hermes, Hint HTGR-5	2-3	Endüstriyel proses ısısı, küçük şebekeler
Küçük Modüler Reaktörler (SMR)	50-300	NuScale (77), Xe-100 (80), Linglong One (125), BWRX-300 (300)	5-10	Dağıtılmış üretim, şebeke esnekliği
Orta Ölçekli Reaktörler	300-700	Natrium (345), VVER-440 (440), PFBR (500), PHWR-700 (700)	10-15	Bölgesel temel yük gücü
Büyük Reaktörler	1.000-1.600	VVER-1000/1200, Hualong One (1.126), CAP1000/1400, APR-1400 (1.400), EPR (1.600)	50+	Ana şebeke temel yük kapasitesi

4.2 Teknoloji Türleri

Tablo 17: Nükleer Reaktör Teknolojisi Sınıflandırması

Teknoloji Türü	Soğutucu	Moderatör	Temsili Reaktörler	Ana Avantajlar
Basınçlı Su Reaktörü (PWR)	Hafif su	Hafif su	AP1000, VVER, Hualong One, APR-1400, EPR	Olgun teknoloji, yüksek güvenlik kaydı
Basınçlı Ağır Su Reaktörü (PHWR)	Ağır su	Ağır su	Hint PHWR-700	Doğal uranyum yakıtı kullanır
Kaynayan Su Reaktörü (BWR)	Hafif su	Hafif su	BWRX-300	Basitleştirilmiş tasarım, daha az bileşen

Teknoloji Türü	Soğutucu	Moderatör	Temsili Reaktörler	Ana Avantajlar
Sodyum Hızlı Reaktör (SFR)	Sıvı sodyum	Yok	Natrium, PFBR, Oklo Aurora	Yakıt üretme yeteneği, atık azaltma
Ergimiş Tuz Reaktörü (MSR)	Florür tuzları	Grafit/tuz	Kairos Hermes	Sıvı yakıt, yüksek sıcaklık işletimi
Yüksek Sıcaklık Gaz Reaktörü (HTGR)	Helyum	Grafit	Xe-100, Hint HTGR	Çok yüksek sıcaklıklar, proses ısısı uygulamaları

5. Yapım ve Sağlayıcı Zinciri Analizi

5.1 Pazar Payına Göre Başlıca Nükleer Sağlayıcılar

Tablo 18: Yapım Çalışmalarına Göre Küresel Nükleer Reaktör Şirketleri

Yapan /Şirket	Ülke	Yapım Aşamasındaki Reaktör Sayısı	Teknoloji	Dışsatım Pazarları
Rosatom	Rusya	27	VVER-1000/1200/TOI	Türkiye, Mısır, Bangladeş, Hindistan, Çin, İran, Slovakya
CNNC/CGN	Çin	~18	Hualong One, Linglong One	Çin, Pakistan, potansiyel gelecek ihracatlar
SNPTC	Çin	Bir kaç	CAP1000, CAP1400	Öncelikle yurtiçi
NPCIL	Hindistan	8	PHWR-700	Yalnızca yurtiçi
KHNP	Güney Kore	Birden fazla	APR-1400	BAE, potansiyel gelecek ihracatlar
Westinghouse	ABD	Planlama	AP1000, AP-300	Polonya, Ukrayna (planlanmış)
Framatome/EDF	Fransa	Birkaç	EPR	Fransa, Finlandiya, İngiltere
GE Hitachi	ABD/Japonya	1	BWRX-300	Kanada, potansiyel ABD/uluslararası

5.2 Gelişmekte Olan İleri Reaktör Geliştiricileri

Tablo 19: Yeni Nesil Reaktör Şirketleri

Şirket	Teknoloji Odağı	Kapasite Aralığı (MWe)	Geliştirme Aşaması	Finansman Kaynakları
TerraPower	Sodyum hızlı reaktör	345	İnşaat aşamasında	Özel (Bill Gates), DOE
NuScale	Hafif su SMR	77	NRC onaylı	Halka açık şirket, DOE
Kairos Power	Ergimiş tuz	35-140	Gösteri	Özel, DOE
X-energy	Yüksek sıcaklık gazlı	80	Geliştirme	Amazon, DOE
Oklo	Sıvı metal hızlı	15-75	Planlama	Halka açık şirket
Radiant	Taşıyabilir mikroreaktör	~1	2026 Test	Özel yatırım

6. Coğrafi ve Jeopolitik Analiz

6.1 Bölgeye Göre Yapım

Asya'daki nükleer yapımın yoğunlaşması hem ekonomik büyüme modellerini hem de enerji politikası seçimlerini yansıtmaktadır. Çin'in egemenliği endüstriyel kapasite, hükümet desteği ve iklim sözleşmeleri tarafından yönlendirilmektedir. Rusya'nın uluslararası projeleri, nükleer enerjinin jeopolitik ilişkiler ve enerji diplomasisi rolünü göstermektedir.

6.2 Enerji Güvenliği Değerlendirmeleri

Nükleer reaktör yapımı isteyen ülkeler birden fazla motivasyon belirtmektedirler:

- **Enerji bağımsızlığı:** Fosil yakıt dışalım bağımlılığını azaltma (Bangladeş, Türkiye, Mısır)
- **İklim hedefleri:** Karbon azaltma yaptırımlarını karşılama (Çin, Hindistan, Fransa)
- **Ekonomik kalkınma:** Güvenilir temel yük gücüyle endüstriyel büyümeyi destekleme (birden fazla ülke)
- **Teknoloji egemenliği:** Yerli nükleer yapımını geliştirme (Çin, Hindistan, Güney Kore, Türkiye)

7. Zaman Çizelgesi Analizi

Tablo 20: Başlıca Projeler için Beklenen Tamamlanma Zaman Çizelgesi

Zaman Dönemi	Beklenen Tamamlanmalar	Dikkate Değer Projeler
2026	8-12 reaktör	Akkuyu Ünite 1 (Türkiye), Çeşitli Çin Hualong One üniteleri, Hint PFBR
2027-2028	12-15 reaktör	Birden fazla VVER-1200, Çin CAP/Hualong üniteleri, Oklo Aurora
2029-2030	15-20 reaktör	TerraPower Natrium, Kairos Hermes, BWRX-300, Birden fazla Hint/Çin ünitesi
2031 ve sonrası	25+ reaktör	Çeşitli büyük ölçekli projeler, ileri reaktör gösterileri

8. Ekonomik ve Finansal Analiz

8.1 Yatırım Ölçeği

Şu anda devam eden nükleer reaktör yapımına yapılan toplam yatırım küresel olarak **300 milyar doları** aşmakta olup modern tarihteki en büyük endüstriyel altyapı programlarından birini temsil etmektedir.

Tablo 21: Reaktör Türüne Göre Tahmini Proje Maliyetleri

Reaktör Türü	Tipik Kapasite (MWe)	Tahmini Maliyet (milyar USD)	kW başına Maliyet	İnşaat Süresi (yıl)
Büyük PWR (EPR, AP1000)	1.100-1.600	7-12 milyar \$	6.000-8.000 \$	8-12
VVER-1200	1.200	5-7 milyar \$	4.000-6.000 \$	6-8
Hualong One	1.126	5-6 milyar \$	4.500-5.500 \$	5-7
SMR (çeşitli)	50-300	0,5-2 milyar \$	5.000-7.000 \$	3-5
İleri reaktörler	15-350	0,3-3 milyar \$	Değişken	3-6

8.2 Finansman Modelleri

Nükleer projeler çeşitli finansman yaklaşımları kullanmaktadır:

- **Devlet finansmanı:** Çin, Rusya, Hindistan (yurtiçi projeler)
- **İnşa-Sahip Ol-İşlet:** Rusya (Akkuyu, Türkiye)
- **Uluslararası krediler:** Rusya (Mısır, Bangladeş hükümet kredileri yoluyla)
- **Kamu-özel ortaklıkları:** Amerika Birleşik Devletleri (ileri reaktörler)
- **İhracat kredi kuruluşları:** Çeşitli uluslararası projeler

9. Güvenlik ve Düzenleyici Çerçeve

9.1 III ve III+ Kuşak Özellikleri

Şu anda inşaat aşamasındaki tüm büyük reaktörler III veya III+Kuşak güvenlik özelliklerini içermektedir:

- Pasif güvenlik sistemleri (acil soğutma için aktif pompalar gerekli değil)
- Geliştirilmiş çevreleme (Containment), yapıları (çift çevreleme, uçak çarpma direnci)
- Uzatılmış otomasyon süreleri (operatör müdahalesi olmadan 72+ saat)
- Dijital araç ve kontrol sistemleri
- İyileştirilmiş sismik direnç

9.2 Düzenleyici Onay Durumu

Tablo 22: Teknolojiye Göre Düzenleyici Durum

Teknoloji	Tasarım Sertifikası	Onayı Olan Ülkeler	Uluslararası Lisanslama
AP1000	Tamamlandı	ABD, Çin, İngiltere	Birden fazla ülke için devam ediyor
VVER-1200	Tamamlandı	Rusya	Birden fazla ülkede kabul edildi
Hualong One	Tamamlandı	Çin, İngiltere (devam ediyor)	Pakistan, Arjantin (inceleme altında)
APR-1400	Tamamlandı	Güney Kore, ABD	BAE işletme lisansı
NuScale SMR	Tamamlandı	ABD	Kanada (inceleme altında)
BWRX-300	Devam ediyor	ABD, Kanada	Kanada inşaat izni verildi

10. Çevresel ve İklim Değerlendirmeleri

10.1 Karbon Emisyonu Azaltımı

İnşaat aşamasındaki 74 GWe (=74.000 MWe) nükleer kapasite, bir kez devreye girdiğinde CO₂ emisyonları, aşağıda gösterildiği gibi, önemli miktarda azalacaktır.

Tablo 23: Tahmini Yıllık Karbon Emisyonları Önlendi

Reaktör Kapasitesi (GWe)	Yıllık Elektrik Üretimi (TWh)	Önlenen CO ₂ Emisyonları (milyon ton/yıl)*	Eşdeğer Kaldırılan Arabalar
74	~550	~440	~95 milyon

*Kömürle çalışan üretimin 800g CO₂/kWh'de yer değiştirmesini varsayarak

10.2 Arazi Kullanım Verimliliği

11. Zorluklar ve Risk Faktörleri

11.1 İnşaat Zorlukları

Tablo 25: Nükleer İnşaat Başlıca Risk Faktörleri

Zorluk Kategorisi	Spesifik Riskler	Azaltma Stratejileri
Teknik	İlk türden mühendislik, bileşen imalatı	Standartlaştırılmış tasarımlar, fabrika imalatı
Finansal	Maliyet aşırımları, finansman mevcudiyeti	Sabit fiyat sözleşmeleri, hükümet desteği
Düzenleyici	Lisanslama gecikmeleri, değişen gereksinimler	Erken katılım, uluslararası uyumlaştırma
Tedarik Zinciri	Özel bileşenler, kalifiye satıcılar	Tedarikçi geliştirme, yedekli kaynak sağlama

Zorluk Kategorisi	Spesifik Riskler	Azaltma Stratejileri
İnsan Kaynakları	Kalifiye işgücü sıkıntısı	Eğitim programları, uluslararası işbirliği
Politik	Kamu muhalefeti, politika değişiklikleri	Paydaş katılımı, uzun vadeli taahhütler

11.2 Tarihi Performans Sorunları

Birkaç yüksek profilli proje önemli gecikmeler ve maliyet aşırımları yaşamıştır:

- Olkiluoto 3 (Finlandiya): 13+ yıl programın gerisinde
- Flamanville 3 (Fransa): 12+ yıl programın gerisinde
- Vogtle 3&4 (ABD): 7+ yıl programın gerisinde

Ancak, son Çin, Rus ve Güney Kore projeleri, zamanında, bütçe dahilinde inşaatın aşağıdakilerle başarılabilir olduğunu göstermektedir:

- Standartlaştırılmış tasarımlar
- Seri inşaat deneyimi
- Güçlü tedarik zinciri yönetimi
- İstikrarlı düzenleyici ortam
- Hükümet desteği ve gözetimi

12. Gelecek Görünümü ve Eğilimler

12.1 Teknoloji Eğilimleri

Mevcut inşaat faaliyetinden birkaç net eğilim ortaya çıkmaktadır:

1. **Standartlaştırma:** Standartlaştırılmış tasarımlara doğru hareket (Hualong One, VVER-1200, APR-1400)
2. **Modülerleştirme:** Artan fabrika imalatı ve modüler inşaat (tüm SMR'ler)
3. **Pasif Güvenlik:** Pasif güvenlik sistemlerinin evrensel kabulü (Nesil III+ standardı)
4. **Dijitalleşme:** Dijital I&C ve gelişmiş izleme sistemlerinin entegrasyonu
5. **Boyut Çeşitliliği:** Hem SMR'lere hem de büyük reaktörleri sürdürmeye artan ilgi

12.2 Pazar Projeksiyonları

Tablo 26: On Yıla Göre Öngörülen Nükleer Kapasite Eklmeleri

Dönem	Öngörülen Yeni Kapasite (GWe)	Birincil Katkıda Bulunanlar	Ana Teknolojiler
2025-2030	60-80	Çin, Rusya, Hindistan	Büyük PWR'ler, ilk SMR'ler
2031-2035	80-120	Çin, Hindistan, ABD, birden fazla	Büyük reaktörler ve SMR'lerin karışımı
2036-2040	100-150	Daha geniş uluslararası kabul	İleri reaktörler, SMR'ler, Nesil IV

12.3 Süregelen Büyüme için Olanak Sağlayan Faktörler

- Karbonsuzlaştırmayı yönlendiren iklim politikası
- Jeopolitik bozulmalardan sonra enerji güvenliği kaygıları
- Küçük modüler reaktör teknolojisindeki ilerlemeler
- Proses ısısı için artan endüstriyel talep
- Veri merkezi ve yapay zeka hesaplama yükü artışı

- Reaktör tasarımları ve standartlar üzerinde uluslararası işbirliği

13. Sonuçlar

13.1 Şirkete Göre Küresel Nükleer İnşaatın Özeti

Tablo 27: Son Özet - En İyi Nükleer Reaktör Üreticileri (2025-2026)

Şirket	Teknoloji Portföyü	İnşaat Aşamasındaki Reaktörler	Toplam Kapasite (GWe)	Pazar Pozisyonu	Ana Güçlü Yönler
Rosatom	VVER-1000/1200/TOI	27	~28-30	İhracatta küresel lider	Uluslararası finansman, anahtar teslim projeler, kanıtlanmış geçmiş
CNNC/CGN	Hualong One, Linglong One	~18	~20	Çin'de baskın	Hızlı dağıtım, maliyet verimliliği, artan ihracat potansiyeli
SNPTC	CAP1000, CAP1400	~14	~15	Çin yurtiçi lideri	İleri teknoloji, büyük kapasite üniteleri
NPCIL	PHWR-700, VVER-1000	8	6,8	Hindistan yurtiçi lideri	Yerli ağır su teknolojisi, yakıt bağımsızlığı
KHNP	APR-1400	4-6	5,6-8,4	İhracat başarısı	Kanıtlanmış BAE başarısı, rekabetçi fiyatlandırma
Framatome/EDF	EPR	2-3	3,2-4,8	Premium pazar	En yüksek kapasite, ileri güvenlik
ABD İleri Reaktör Şirketleri	Çeşitli SMR/İleri	3-5	0,5-1,0	İnovasyon liderleri	Yeni nesil teknoloji, özel yatırım

13.2 Ana Bulgular

2025-2026'daki küresel nükleer inşaatın bu kapsamlı analizi birkaç kritik bulguyu ortaya koymaktadır:

1. Benzeri Görülmemiş Ölçek ve Yoğunlaşma

- 74 GWe'yi temsil eden 63-68 reaktörle, nükleer endüstri on yıllardaki en önemli genişlemesini yaşamaktadır
- Üç şirket/ulusal grup (Rosatom, Çin devlet şirketleri, Hint NPCIL) küresel inşaat faaliyetinin yaklaşık %85'ini kontrol etmektedir
- Büyük ölçekli basınçlı su reaktörleri (1.000-1.600 MWe) inşaat aşamasındaki toplam kapasitenin %88-90'ını temsil etmektedir

2. İki Farklı Teknoloji Yolu

- **Yerleşik Büyük Reaktör Yolu:** Rosatom, Çin şirketleri (CNNC/CGN/SNPTC) ve KHNP tarafından domine edilmekte, ölçek ekonomileriyle kanıtlanmış Nesil III/III+ tasarımlara odaklanılmaktadır
- **İleri Reaktör İnovasyon Yolu:** ABD şirketleri (TerraPower, Kairos, X-energy, NuScale, Oklo, Radiant) tarafından yönetilmekte, yeni teknolojilerle daha küçük, daha esnek tasarımlara odaklanılmaktadır

3. Tedarikçi Manzarasının Dönüşümü

- **Geleneksel Hakimiyet:** Rosatom 27 ünite ve benzersiz uluslararası varlığı (7 ülke) ile küresel liderliğini sürdürmektedir

- **Çin Yükselişi:** Çin şirketleri toplu olarak giderek daha rekabetçi yerli tasarımlarla hacimde liderlik etmektedir (32+ reaktör, 34 GWe)
- **Batı Yeniden Yönlendirilmesi:** ABD ve Avrupa şirketleri büyük reaktörlerden ileri/SMR teknolojilerine kayıyor

4. Uluslararası Pazar Dinamikleri

- Rosatom'un 20 uluslararası projesi, nükleer enerjinin jeopolitik ilişkiler ve enerji diplomasisi rolünü göstermektedir
- Çin'in Hualong One'u ihracat pazarları için Batı/Rus tasarımlarına alternatif olarak ortaya çıkmaktadır
- Güney Kore'nin APR-1400'ü ticari olarak başarılı olduğunu kanıtlamaktadır (BAE operasyonel deneyimi)

5. Teknoloji Çeşitlendirmesi

- Kapasite aralığı üç büyüklük mertebesine yayılmaktadır: 1 MWe mikroyükten 1.600 MWe EPR'ye
- İnşaat aşamasında altı farklı reaktör teknolojisi türü: PWR, PHWR, BWR, Sodyum Hızlı

Referanslar

Birincil Kaynaklar

1. **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA).** Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS). Viyana: IAEA, 2025. Erişilebilir: <https://pris.iaea.org>
2. **Dünya Nükleer Birliği.** Dünya Nükleer Performans Raporu 2025. Londra: WNA, 2025. Erişilebilir: <https://world-nuclear.org>
3. **Dünya Nükleer Endüstri Durum Raporu.** Dünya Nükleer Endüstri Durum Raporu 2025. Paris/Londra: Mycle Schneider Danışmanlık, 2025. Erişilebilir: <https://www.worldnuclearreport.org>

Ulusal Nükleer Şirketler

4. **Devlet Atom Enerjisi Şirketi Rosatom.** Yıllık Raporlar ve Basın Bültenleri. Moskova: Rosatom, 2024-2025. Erişilebilir: <https://rosatom.ru>
5. **Çin Ulusal Nükleer Şirketi (CNNC).** Kurumsal Raporlar ve Proje Güncellemeleri. Pekin: CNNC, 2024-2025.
6. **Çin Genel Nükleer Güç Grubu (CGN).** Geliştirme Raporları. Shenzhen: CGN, 2024-2025.
7. **Hindistan Nükleer Güç Şirketi Limited (NPCIL).** Yıllık Raporlar ve Proje Durumu. Mumbai: NPCIL, 2024-2025.
8. **Kore Hidro ve Nükleer Güç (KHNP).** İşletme ve İnşaat Raporları. Seul: KHNP, 2024-2025.

İleri Reaktör Şirketleri

9. **TerraPower.** Natrium Proje Güncellemeleri. Bellevue, WA: TerraPower, 2024-2025. Erişilebilir: <https://www.terrapower.com>
10. **NuScale Power.** Düzenleyici ve Geliştirme Raporları. Portland, OR: NuScale, 2024-2025.
11. **Kairos Power.** Hermes Reaktör Geliştirme Güncellemeleri. Alameda, CA: Kairos Power, 2024-2025.
12. **X-energy.** Xe-100 Geliştirme Raporları. Rockville, MD: X-energy, 2024-2025.

Düzenleyici ve Teknik Kaynaklar

13. **ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu (NRC).** Lisanslama ve Sertifikasyon Belgeleri. Washington, DC: NRC, 2024-2025.
14. **Avrupa Nükleer Güvenlik Düzenleyicileri Grubu (ENSREG).** Stres Testleri ve Güvenlik Değerlendirmeleri. Brüksel: ENSREG, 2024-2025.

Endüstri ve Pazar Analizleri

15. **BloombergNEF.** Küresel Nükleer Görünüm 2025. New York: Bloomberg Finance LP, 2025.
16. **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).** Nükleer Güç ve Güvenli Enerji Geçişleri. Paris: IEA, 2025.
17. **S&P Global Platts.** Nükleer Pazar Analizi ve Projeksiyonları. Londra: S&P Global, 2024-2025.

Akademik ve Araştırma Kurumları

18. **Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT).** Nükleer Enerjinin Geleceği: Güncellenmiş Bir Değerlendirme. Cambridge, MA: MIT Enerji İnisiyatifi, 2024.
19. **Stanford Üniversitesi.** İleri Reaktör Kavramları ve Dağıtım Stratejileri. Stanford, CA: Stanford Üniversitesi, 2024.

Proje-Spesifik Kaynaklar

20. **Akkuyu Nükleer A.Ş.** Proje Güncellemeleri ve İlerleme Raporları. Ankara: Akkuyu Nuclear, 2024-2025.
21. **El Dabaa Nükleer Güç Santrali.** İnşaat İlerlemesi ve Kilometre Taşları. Kahire: Mısır Elektrik ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı, 2024-2025.
22. **Rooppur Nükleer Güç Projesi.** Proje Durumu Raporları. Dakka: Bangladeş Atom Enerjisi Komisyonu, 2024-2025.

Finansal ve Yatırım Kaynakları

23. **Dünya Bankası.** Nükleer Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma. Washington, DC: Dünya Bankası Grubu, 2024.
24. **Aşya Kalkınma Bankası (ADB).** Aşya-Pasifik Enerji Görünümü. Manila: ADB, 2025.

Çevresel ve İklim Değerlendirmeleri

25. **Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).** İklim Değişikliğini Azaltma: Enerji Sistemleri. Cenevre: IPCC, 2024.
26. **Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP).** Emisyon Açığı Raporu 2024. Nairobi: UNEP, 2024.

İstatistik ve Veri Derlemeleri

27. **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).** Dünya Enerji İstatistikleri 2025. Paris: IEA, 2025.
28. **BP İstatistiksel Dünya Enerjisi İncelemesi.** Londra: BP plc, 2025.

Ekler

Ek A: Kısaltmalar ve Terimler Sözlüğü

- **APR:** İleri Güç Reaktörü (Advanced Power Reactor)
- **BHAVINI:** Bharatiya Nabhikiya Vidyut Nigam Limited
- **BWR:** Kaynayan Su Reaktörü (Boiling Water Reactor)
- **CAP:** Çin İleri Pasif Reaktör
- **CGN:** Çin Genel Nükleer
- **CNNC:** Çin Ulusal Nükleer Şirketi
- **DOE:** Enerji Bakanlığı (Department of Energy - ABD)
- **EDF:** Électricité de France
- **EPR:** Avrupa Basıncılı Reaktör (European Pressurized Reactor)
- **GWe:** Gigavat elektrik
- **HTGR:** Yüksek Sıcaklık Gaz Soğutmalı Reaktör
- **IAEA:** Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
- **KHNP:** Kore Hidro ve Nükleer Güç
- **MWe:** Megavat elektrik
- **MWt:** Megavat termal
- **NGS:** Nükleer Güç Santrali
- **NRC:** Nükleer Düzenleme Komisyonu (Nuclear Regulatory Commission - ABD)
- **NPCIL:** Hindistan Nükleer Güç Şirketi Limited
- **PFBR:** Prototip Hızlı Üretken Reaktör
- **PHWR:** Basıncılı Ağır Su Reaktörü
- **PRIS:** Güç Reaktörü Bilgi Sistemi
- **PWR:** Basıncılı Su Reaktörü (Pressurized Water Reactor)
- **SFR:** Sodyum Hızlı Reaktör
- **SMR:** Küçük Modüler Reaktör
- **SNPTC:** Devlet Nükleer Güç Teknolojisi Şirketi
- **VVER:** Su-Su Enerjik Reaktör (Rusça: Vodo-Vodyanoy Energetichesky Reaktor)

Ek B: Metodolojik Notlar

Bu raporda kullanılan veriler aşağıdaki kaynaklardan derlenmiştir:

- IAEA PRIS veritabanı sorguları (Ocak 2025)
- Ulusal nükleer düzenleyici kurumların resmi yayınları
- Üretici şirket basın bültenleri ve yıllık raporlar
- Endüstri dergileri ve teknik konferans bildirileri
- Hükümet enerji politikası belgeleri

Reaktör sayımları, farklı kaynaklar farklı tanımlar kullandığı için (örneğin, "inşaat aşamasında" vs. "ilk beton dökülmüş" vs. "resmi olarak başlatılmış") küçük farklılıklar gösterebilir. Bu rapor, mümkün olduğunda IAEA PRIS verilerini referans standardı olarak kullanmaktadır. Kapasite rakamları brüt elektrik kapasitesi olarak ifade edilmektedir (MWe veya GWe). Net kapasite genellikle yaklaşık %5-7 daha düşüktür.

Maliyet tahminleri çeşitli kaynaklardan alınmıştır ve proje spesifik koşullarına, para birimi dalgalanmalarına ve enflasyona bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir.

Ek C: Gelecek Araştırma Yönlere

Bu rapor, gelecekteki araştırmalar için çeşitli alanları tanımlamaktadır:

1. **Tedarik Zinciri Analizi:** Kritik nükleer bileşenler için küresel imalat kapasitesinin detaylı haritalanması
2. **Maliyet Düşürme Stratejileri:** Başarılı maliyet kontrolü olan projelerin karşılaştırmalı analizi
3. **Düzenleyici Uyumlaştırma:** Uluslararası reaktör lisanslamasını hızlandırmak için standartlaştırma fırsatları
4. **İşgücü Geliştirme:** Küresel genişlemeyi desteklemek için gerekli eğitim programları
5. **İleri Reaktör Ticarileştirilmesi:** Yeni teknolojilerin pazara girişi için yollar
6. **Şebeke Entegrasyonu:** Değişken yenilenebilirlerle nükleer güç koordinasyonu
7. **Yakıt Döngüsü Altyapısı:** Genişletilmiş nükleer filo için uranyum tedariki ve atık yönetimi
8. **Finansman Yeniliği:** Sermaye yoğun nükleer projeler için yeni finansman modelleri

/I/ Not: Bu Analiz YZ destekli olarak bir dizi yazışma ve düzeltme ile hazırlanmıştır. Rakamlar ilkili kaynaklarda yer alan verilerden derlenmiş olup, yaklaşık değerler olarak görülmelidir.