

YAPAY ZEKÂ VERİ MERKEZLERİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ, NÜKLEER ENERJİNİN ROLÜ VE TÜRKİYE’de DURUM

Bu analiz farklı iki YZ desteğiyle hazırlanmıştır: Yüksel Atakan ybatakan4@gmail.com 11.06.2026

Akademik Araştırma Analizi Haziran 2026: YZ 1

ÖZET

Bu YZ 1 analizi, iki ayrı veri merkezi kategorisini incelemektedir:

Kategori A

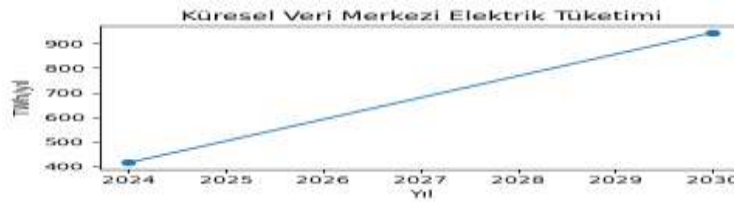
Geleneksel Veri Merkezleri

- İnternet
- E-posta
- Bankacılık
- Bulut hizmetleri
- Sosyal medya
- E-ticaret

Kategori B

Yapay Zekâ Veri Merkezleri

- ChatGPT
- Gemini
- Claude
- Copilot
- Grok
- Büyük GPU kümeleri



1. DÜNYA VERİ MERKEZİ SEKTÖRÜ

Toplam Veri Merkezi Elektrik Tüketimi (2024)

Kategori	TWh/yıl
Geleneksel Veri Merkezleri	300–350

Kategori	TWh/yıl
Yapay Zekâ Veri Merkezleri	65–115
Toplam	≈415

Şekil 1

Toplam tüketim içindeki paylar:

- Geleneksel veri merkezleri ≈ %75–85
- Yapay zekâ veri merkezleri ≈ %15–25

2. GELENEKSEL VERİ MERKEZLERİ

Bu merkezlerde:

- internet siteleri
- banka sistemleri
- e-devlet sistemleri
- bulut depolama
- sosyal medya

çalışmaktadır.

Yıllık tüketim

≈300–350 TWh

Nükleer Karşılığı

300 TWh ÷ 7,884

≈38 adet 1000 MW reaktör

veya

≈381 adet 100 MW SMR

3. YAPAY ZEKÂ VERİ MERKEZLERİ

Bu merkezlerde:

- ChatGPT
- Gemini
- Claude
- Copilot
- Grok

gibi sistemler çalışmaktadır.

Bugünkü YZ enerji tüketimi

≈65–115 TWh/yıl

Ortalama:

≈90 TWh/yıl

Nükleer Karşılığı

90 ÷ 7,884

≈11 adet 1000 MW reaktör

veya

≈114 adet 100 MW SMR

4. TEK BİR YZ MERKEZİ NE KADAR ELEKTRİK TÜKETİR?

Yapay Zekâ Veri Merkezi Türü Güç (MW) Yıllık Tüketim (MWh) Gerekli Nükleer Güç

Küçük	10	87.600	11 MW
Orta	50	438.000	56 MW
Hyperscale	100	876.000	111 MW
Süper Merkez	500	4.380.000	556 MW
Mega Kampüs	1000	8.760.000	1111 MW

5. 100 MW SMR VE 1000 MW REAKTÖR KARŞILAŞTIRMASI

Reaktör	Yıllık Üretim
100 MW SMR	788.400 MWh
1000 MW Reaktör	7.884.000 MWh
Akkuyu Ünitesi (1200 MW)	9.460.800 MWh

6. AKKUYU NGS İLE KARŞILAŞTIRMA**Bir Ünite**

1200 MW

≈9,46 TWh/yıl

Dört Ünite

≈37,84 TWh/yıl

Akkuyu Kaç YZ Merkezi Besleyebilir?**Yapay Zekâ Merkezi Adet**

Küçük	432
Orta	86
Hyperscale	43
Süper Merkez	8
Mega Kampüs	4

7. 2030 SENARYOSU**Toplam Veri Merkezi Tüketimi**

≈945 TWh/yıl

Bunun yaklaşık:

Kategori	TWh/yıl
Geleneksel Veri Merkezleri	500–600
Yapay Zekâ Veri Merkezleri	350–450

olabileceği öngörülmektedir.

Bu durumda yalnızca yapay zekâ sektörü için yaklaşık:

- 45–60 adet 1000 MW reaktör
- veya 450–600 adet 100 MW SMR

gerekebilir.

SONUÇ

Bu analizden çıkan sonuç:

Bugün veri merkezlerinin büyük kısmı hâlâ internet ve bulut hizmetlerinden kaynaklanmaktadır. Ancak 2030 sonrasında büyümenin ana motoru yapay zekâ veri merkezleri olacaktır. Büyük yapay zekâ kampüsleri artık tek başlarına bir nükleer santral büyüklüğünde elektrik talep etmektedir. Bu nedenle Microsoft, Google, Amazon ve diğer teknoloji şirketleri nükleer enerji ve SMR teknolojilerine yönelmektedir.

Bulut hizmetleri nelerdir?

Bulut hizmetleri (Cloud Services), kullanıcıların kendi bilgisayarlarında veya şirketlerinde sunucu kurmadan, internet üzerinden bilgi işlem kaynaklarını kullanabilmelerini sağlayan hizmetlerdir.

Basit bir örnekle:

Eskiden bir şirket:

- kendi sunucusunu satın alırdı,
- kendi veri merkezini kurardı,
- bakımını kendisi yapardı.

Bugün ise aynı hizmetleri internet üzerinden bir bulut sağlayıcısından kiralayabilmektedir.

Başlıca Bulut Hizmetleri**1. Veri Depolama (Cloud Storage)**

Dosyalar internet üzerindeki veri merkezlerinde saklanır.

Örnekler:

- Google Drive
- Dropbox
- Microsoft OneDrive
- iCloud

2. Sanal Sunucular

Şirketler fiziksel bilgisayar satın almak yerine internet üzerinden sunucu kiralar.

Örneğin:

- Web siteleri
- Bankacılık sistemleri
- Kurumsal yazılımlar

bu sunucularda çalıştırılır.

Başlıca sağlayıcılar:

- [Amazon Web Services \(AWS\)](#)
- [Microsoft Azure](#)
- [Google Cloud Platform](#)

3. Veritabanı Hizmetleri

Şirketler kendi veritabanılarını işletmek yerine bulutta kullanırlar.

Örnek:

- müşteri kayıtları
- sipariş bilgileri
- banka verileri

4. Yazılım Hizmeti (SaaS)

Yazılımlar internet üzerinden çalıştırılır.

Örnekler:

- [Microsoft 365](#)
- [Google Workspace](#)
- [Salesforce](#)

5. Yapay Zekâ Hizmetleri

Son yıllarda en hızlı büyüyen alan budur.

Örnekler:

- ChatGPT
- Gemini
- Copilot
- Claude
- Grok

Bu sistemler de aslında bulut veri merkezlerinde çalışır.

Bulut Hizmetleri Neden Çok Elektrik Tüketir?

Milyarlarca insan:

- e-posta gönderiyor,
- video izliyor,
- sosyal medya kullanıyor,
- dosya yedekliyor,
- çevrim içi alışveriş yapıyor.

Bütün bu işlemler dünyanın dört bir yanındaki veri merkezlerinde gerçekleşmektedir.

Örneğin:

- YouTube videosu izlemek,
- Gmail kullanmak,
- WhatsApp yedeği almak,
- Netflix izlemek,

hepsi veri merkezlerinde çalışan binlerce sunucu gerektirir.

Yapay Zekâ Veri Merkezi ile Bulut Veri Merkezi Arasındaki Fark

Özellik	Bulut Veri Merkezi	Yapay Zekâ Veri Merkezi
Temel Amaç	Depolama ve internet hizmetleri	Yapay zekâ hesaplamaları
İşlemci	CPU ağırlıklı	GPU ağırlıklı

Özellik	Bulut Veri Merkezi	Yapay Zekâ Veri Merkezi
Enerji Yoğunluğu	Orta	Çok yüksek
Kullanım Alanı	Web, e-posta, banka	ChatGPT, Gemini, Grok
Elektrik Tüketimi	Görece düşük	Çok yüksek

Bu nedenle raporunuzda "**Geleneksel Bulut ve İnternet Veri Merkezleri**" ile "**Yapay Zekâ Veri Merkezleri**" başlıklarını ayrı kullanmanız bilimsel olarak daha doğru olacaktır. Yapay zekâ veri merkezleri toplam veri merkezi sayısının küçük bir bölümünü oluştursa da, enerji tüketimindeki payları hızla artmaktadır.

YAPAY ZEKÂ VERİ MERKEZLERİNİN ELEKTRİK TÜKETİMİ, NÜKLEER ENERJİNİN ROLÜ VE TÜRKİYE’de DURUM

*Akademik Araştırma Analizi Haziran 2026: **YZ 2***

Birincil Kaynaklar:

International Energy Agency (IEA) – Energy and AI Special Report, 2025
Synergy Research Group – Hyperscale Data Center Quarterly Report, Q1 2025
Berkeley Lab / U.S. DOE – United States Data Center Energy Usage Report, 2024
International Atomic Energy Agency (IAEA) – Data Centres and Nuclear Energy Bulletin, 2024
Brookings Institution – Global Energy Demands within the AI Regulatory Landscape, 2026
arXiv – Concentrated Siting of AI Data Centers Drives Regional Power-System Stress, 2026
Statista / Data Center Map – Global Data Center Count by Country, Nisan 2026
ResearchAndMarkets / Arizton – Turkey Data Center Colocation Market Report, 2025-2030

ÖZET

Bu analiz, yapay zeka (YZ) veri merkezlerinin ülkelere göre dağılımını, geleneksel internet/e-posta veri merkezleri ile AI/hiperölçek merkezleri arasındaki farkı, tesislerin enerji tüketim profillerini ve nükleer enerjiye yönelik küresel stratejik hamlelerini uluslararası kuruluşların verilerine dayanarak akademik bir çerçevede ele almaktadır. Türkiye özel bir bölümle ayrıca incelenmiştir.

Temel bulgular şunlardır: 2024 itibarıyla küresel veri merkezi elektrik tüketimi 415 TWh'a ulaşmış; bu, dünya toplam elektrik tüketiminin %1,5'ini oluşturmaktadır. IEA'nın Temel Senaryosu bu rakamın 2030'da 945 TWh'a çıkacağını öngörmektedir. ABD %45, Çin %25 ve Avrupa %15 ile en yüksek paylara sahiptir. Öte yandan teknoloji devleri ABD'de tek başına 10 GW'ı aşan nükleer kapasite için bağlayıcı anlaşmalar imzalarken, Çin, Güney Kore ve BAE ulusal düzeyde yapay zekayı nükleer enerjiyle ilişkilendiren stratejik planlar hayata geçirmektedir.

1. GİRİŞ VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1 Geleneksel Veri Merkezi ile Yapay Zeka Merkezi Arasındaki Fark

Geleneksel veri merkezleri; e-posta, web barındırma, kurumsal veritabanları ve içerik dağıtım gibi standart BT iş yüklerini işler. Tipik güç yoğunlukları rayon başına 3-8 kW aralığındadır. Yapay zeka merkezleri ise büyük dil modellerinin (LLM) eğitimi ve çıkarımı (inference) için özel olarak tasarlanmıştır. GPU/TPU hızlandırıcılar rayon başına 30-100+ kW güç tüketir; bu oran geleneksel tesislerin 10-15 katına denk gelir.

Ayrımın somut göstergesi: **Geleneksel bir Google araması ~0,0003 kWh tüketirken, tek bir ChatGPT sorgusu ~0,3–0,34 Wh tüketir; bu, Google aramasının yaklaşık 1.000 katıdır.** GPT-4 eğitimi için gereken toplam enerji ~50 GWh olarak tahmin edilmekte; GPT-3 eğitimi ise ~1.287 MWh ve 552 ton CO₂ üretmiştir.

1.2 Rapor Kapsamı

- 20 ülkede geleneksel ve AI veri merkezi sayılarını karşılaştıran tablo (Türkiye dahil)
- Tesis türüne göre yıllık enerji tüketim profilleri
- Bölgesel enerji tüketimi ve 2030 projeksiyonları
- Kurumsal ve ulusal nükleer güç anlaşmaları ve stratejileri
- Türkiye'nin veri merkezi ekosistemi ve nükleer potansiyeli

2. ÜLKELERE GÖRE VERİ MERKEZİ DAĞILIMI (TOP 20)

Aşağıdaki tablo, Statista/Data Center Map (Nisan 2026), Synergy Research Group (Q1 2025) ve sektör raporlarına dayalı olarak hazırlanmıştır. "Geleneksel veri merkezi" sütunu; kurumsal, konum (colocation), telekom ve devlet tesislerini kapsar. "AI/Hiperölçek" sütunu; büyük dil modeli eğitimi ve çıkarımına optimize büyük ölçekli tesisleri ifade eder.

#	Ülke	Geleneksel Veri Merkezi Sayısı	AI / Hiperölçek Merkez Sayısı	Tahmini AI Kapasitesi	Pazar Notu
1	US ABD	~4.800 (kurumsal + konum)	600+	250.000+ MW	Küresel lider; N. Virginia en büyük tek pazar (~4.000 MW)
2	CN Çin	~430 (kurumsal)	190+	60.000+ MW	Alibaba, Tencent, Huawei; İç Moğolistan & Hebei yoğunlaşma
3	DE Almanya	~420 (kurumsal)	~55	8.000 MW	AB'de 1.; Frankfurt bölgesi 120+ tesis; Google €5,5 milyar yatırım
4	GB Birleşik Krallık	~430 (kurumsal)	~50	7.500 MW	B. Avrupa 2.; ~500 tesis; SMR & AMR düzenleyici çerçevesi gelişiyor
5	FR Fransa	~260 (kurumsal)	~30	5.000 MW	Elektriğin %75'i nükleer; veri merkezi sürdürülebilirlik avantajı
6	IE İrlanda	~60 (kurumsal)	~25	4.500 MW	Ulusal elektriğin %22'si veri merkezleri; Dublin hiperölçek üssü
7	NL Hollanda	~200 (kurumsal)	~20	3.200 MW	AMS-IX internet değişim noktası; finans merkezi
8	CA Kanada	~220 (kurumsal)	~30	5.000 MW	Microsoft 7,5 milyar CAD; soğuk iklim PUE avantajı
9	JP Japonya	~185 (kurumsal)	~20	4.000 MW	Tokyo & Osaka; AI talebi %34 büyümeye (2025-26)
10	SG Singapur	~50 (kurumsal)	~20	3.000 MW	G.D. Asya merkezi; kapasite kısıtı nedeniyle inşaat moratoryumu
11	AU Avustralya	~125 (kurumsal)	~15	2.500 MW	Okyanusya lideri; AWS, Google, Microsoft tesisleri
12	BR Brezilya	~145 (kurumsal)	~12	2.000 MW	L. Amerika lideri; São Paulo odağı

13	IN Hindistan	~210 (kurumsal)	~15	3.000 MW	Hızla büyüyen pazar; Mumbai, Chennai, Hyderabad
14	KR Güney Kore	~50 (kurumsal)	~10	1.800 MW	Samsung & SK Hynix; Stargate UAE ortaklığı; SMR planları
15	AE BAE	~18 (kurumsal)	~12	2.500 MW	G42 & Stargate UAE (1 GW); Barakah nükleer santrali aktif
16	SE İsveç	~70 (kurumsal)	~8	1.200 MW	Yenilenebilir enerji %98; düşük PUE; Kuzey Avrupa üssü
17	MY Malezya	~80 (kurumsal)	~10	1.500 MW	Singapur taşmasını karşılıyor; hızlı büyüme
18	ZA G. Afrika	~30 (kurumsal)	~5	600 MW	Sahra altı Afrika merkezi; Johannesburg Teraco kampüsü
19	PL Polonya	~40 (kurumsal)	~5	700 MW	D. Avrupa büyüyen pazarı; AB veri egemenliği talebi
20	TR Türkiye	~70 (kurumsal + konum)	~5	350 MW	32 konum tesisi; HIT-30 programı; Khazna 100 MW planı

Tablo 1. 20 ülkede geleneksel ve AI odaklı veri merkezi dağılımı. Kaynaklar: Statista/Data Center Map (Nisan 2026); Synergy Research Group (Q1 2025); Cargoson (Kasım 2025); DevelopmentAid (Şubat 2026); Mappr/Visual Capitalist (2026); ResearchAndMarkets Turkey Report (2025).

2.1 Bölgesel Değerlendirme

Kuzey Amerika

ABD, Synergy Research Group verilerine göre küresel hiperölçek kapasitenin %54'ünü barındırmaktadır. Kuzey Virginia, yaklaşık 4.000 MW kurulu kapasitesiyle dünyanın en büyük tek veri merkezi pazarıdır. Amazon, Google ve Microsoft 2025 yılı için veri merkezi altyapısına toplamda 370 milyar dolar harcama taahhüdünde bulunmuştur. Kanada ise soğuk iklim avantajı ve Microsoft'un 7,5 milyar CAD'lik yatırım taahhüdüyle hızla gelişmektedir.

Avrupa

Avrupa'da 45 ülkede yaklaşık 3.362 veri merkezi faaliyet göstermektedir. Almanya, Frankfurt bölgesinde 120'den fazla tesisin yer aldığı AB'nin lideridir. İrlanda'nın ulusal elektriğinin %22'si yalnızca veri merkezlerini beslemekte olup bu oran 2028'de %30'a çıkması beklenmektedir. Hollanda'nın AMS-IX internet değişim noktası, bölgenin bağlantısallığını pekiştirmektedir. Fransa ise elektriğinin %75'ini nükleer kaynaklardan sağlaması nedeniyle düşük karbonlu veri merkezi konumlandırması açısından stratejik üstünlüğe sahiptir.

Asya-Pasifik

Bölge, 1.818 tesisle küresel ikinci konumdadır. Singapur, güçlü bağlantısallığına karşın kapasite kısıtları nedeniyle yeni inşaat moratoryumları uygulamakta; bu durum Malezya'ya taşma talebini yönlendirmektedir. Çin, devlet politikalarıyla desteklenen hiperölçek büyümesiyle öne çıkmaktadır. Japonya ve Güney Kore'de AI kullanımı sırasıyla %34 ve %43 büyüme kaydetmektedir (2025-26).

Orta Doğu ve Afrika

BAE, Barakah nükleer santrali ve Stargate UAE projesiyle bölgesel yapay zeka altyapısı merkezi olma hedefindedir. G. Afrika, Johannesburg'daki Teraco kampüsüyle Sahra Altı Afrika'nın birincil veri merkezi üssü konumundadır.

3. VERİ MERKEZLERİNDE ENERJİ TÜKETİMİ

3.1 Tesis Türüne Göre Enerji Profili

IEA (2025) raporuna göre modern veri merkezlerinde sunucular toplam elektrik talebinin ortalama %60'ını oluştururken kalan %40'ı soğutma, güç dağıtımı ve yardımcı sistemlere aittir. Yapay zeka sunucuları, geleneksel CPU sunucularının (300-500 W) 7-10 katı enerji tüketir.

Tesis Türü	Kurulu Güç (MW)	Yıllık Enerji Tüketimi	Örnek Tesis / Operatör
Edge / Küçük Ölçekli	0,05 – 2 MW	< 1 GWh / yıl	Telekom PoP'ları, ofis kenar sunucuları
Kurumsal Orta Ölçek	2 – 20 MW	10 – 150 GWh / yıl	Banka, hastane, devlet kurumu veri merkezleri
Konum (Colocation)	20 – 100 MW	150 – 800 GWh / yıl	Equinix, Digital Realty, Turkcell DC tesisleri
Hiperölçek (Hyperscale)	100 – 650 MW	800 GWh – 5 TWh / yıl	AWS, Google Cloud, Azure büyük kampüsleri
AI Mega Kampüs	500 – 1.000+ MW	3 – 8+ TWh / yıl	Microsoft/OpenAI Stargate, Meta AI kampüsleri

Tablo 2. Veri merkezi türlerine göre güç kapasitesi ve yıllık enerji tüketimi. Kaynaklar: IEA (2025), IAEI Magazine (2025), Congress.gov CRS Raporu R48646 (2026), Berkeley Lab (2024).

3.2 Bölgesel Enerji Tüketimi ve Projeksiyonlar

Bölge	2024 Tüketimi	Ek Büyüme	Küresel Pay	Notlar
ABD	~186 TWh	~240 TWh (2030)	~45%	AI yatırımlarında küresel lider; 2028'de 2023'ün iki katına çıkması bekleniyor
Çin	~104 TWh	~175 TWh (2030)	~25%	Devlet destekli hızlı büyüme; 2030'da 400 TWh tahmini
Avrupa	~62 TWh	~45 TWh artış (2030)	~15%	Almanya, İrlanda, Hollanda odağı; %85 yenilenebilir + nükleer hedefi
Japonya & G.Kore	~21 TWh	~15 TWh artış	~5%	Japonya %80, G.Kore AI kullanımı %43 büyüme
G.D. Asya	~12 TWh	2030'a dek iki katı	~3%	Singapur, Malezya, Endonezya, Tayland
Orta Doğu & Afrika	~8 TWh	Hızlı büyüme	~2%	BAE, Suudi Arabistan, G.Afrika odağı
Diğer (L.Amerika vb.)	~22 TWh	Orta büyüme	~5%	Brezilya, Meksika, Kanada, Avustralya

KÜRESEL TOPLAM	~415 TWh (2024)	~945 TWh (2030)	100%	IEA Temel Senaryosu; 2035'te ~1.300 TWh
-----------------------	------------------------	------------------------	-------------	--

Tablo 3. Bölgesel veri merkezi enerji tüketimi ve 2030 projeksiyonları. Kaynak: IEA Energy and AI Report (2025); IEA Executive Summary (2025); DCD/IEA (Mayıs 2026).

3.3 Yapay Zeka Yüklerinin Enerji Etkisi

Üretken yapay zeka eğitim kümelerinin geleneksel yüklere kıyasla 7-8 kat daha fazla enerji tükettiği hesaplanmaktadır. Tek bir NVIDIA H100 GPU 700 watt çekerken, 100.000 birimlik bir küme kesintisiz 70 MW güç tüketir; bu, yaklaşık 50.000 hanenin yıllık elektrik tüketimine karşılık gelir. IEA'nın 2026 için öngördüğü küresel veri merkezi tüketim aralığı ise 650-1.050 TWh olarak belirlenmiştir.

ABD Kongresi Araştırma Servisi (CRS, 2026) raporuna göre Kuzey Amerika'da 2024 sonu itibarıyla inşaat halindeki veri merkezlerinin bilişim kapasitesi 6.350 MW'a ulaşmış; bu rakam bir yıl öncesinin iki katından fazladır. Yeni hiperölçek tesisler 100 MW ile 1.000 MW arasında kapasiteyle inşa edilmektedir.

4. NÜKLEER ENERJİ VE YAPAY ZEKA MERKEZLERİ

4.1 Nükleer Enerjiye Yöneliş Nedenleri

Güneş ve rüzgar enerjisi satın almada küresel lider konumundaki teknoloji şirketleri, bu kaynakların kesintili yapısının 7/24 kesintisiz güç gerektiren yapay zeka eğitim kampüsleri için yetersiz kaldığını fark etmiştir. Georgetown Journal of International Affairs'in (2025) analizine göre nükleer gücün dört temel avantajı öne çıkmaktadır:

- Yüksek kapasite faktörü (%90-95): Güneş ve rüzgara kıyasla çok daha güvenilir sürekli (baseload) güç
- Sıfır operasyonel karbon salınımı: Şirketlerin net sıfır taahhütleriyle tam uyumlu
- Uzun vadeli fiyat istikrarı: 20 yıllık PPA sözleşmeleri maliyet öngörülebilirliği sağlar
- Küçük Modüler Reaktörler (SMR): Doğrudan veri merkezi kampüslerine entegre edilebilir, fabrikada üretilebilir

4.2 Küresel Nükleer Anlaşmalar ve Stratejiler

Aktör	Proje / Anlaşma	Kapasite	Hedef Yıl	Yatırım	Açıklama
Microsoft	Three Mile Island Yeniden Açılışı (Constellation Energy)	835 MW	2028	16 milyar \$, 20 yıllık PPA	Pennsylvania'da Crane Clean Energy Center adıyla yeniden devreye; tarihte en büyük nükleer PPA
Amazon / AWS	Talen Energy – Susquehanna + X-energy SMR	960+ MW	2024–2042	20 milyar \$+	Pennsylvania; X-energy 5 GW SMR programına ortak yatırımcı; 10 yıllık sözleşme
Google	Kairos Power SMR + NextEra Iowa Nükleer	500 MW + 600 MW	2029–2030+	Açıklanmadı	Tarihte en büyük kurumsal SMR anlaşması; Iowa reaktörü 2029 devreye
Meta	Vistra + TerraPower + Oklo + Constellation Illinois	6,6 GW (2035'e dek)	2030–2035	Açıklanmadı	ABD tarihinde en büyük kurumsal nükleer alıcısı olmayı hedefliyor
Oracle	3 adet SMR (konum belirsiz)	~1 GW	TBD	Açıklanmadı	CEO L. Ellison inşaat izinlerinin alındığını

					açıkladı; 800 MW+ GPU kampüsü için
OpenAI	Oklo SMR ortaklığı (S. Altman yatırımcı)	Belirsiz	2030+	Stratejik yatırım	Stargate projesi kapsamında nükleer güç değerlendiriliyor
BAE / G42 – Stargate UAE	Barakah Nükleer + G.Kore altyapısı	1 GW (Faz 1)	2028+	Devlet destekli	OpenAI, Oracle, Nvidia, SoftBank ortaklığı; G.Kore nükleer enerji inşaatçısı
Çin (Devlet)	Linglong One SMR + 10 yeni reaktör	65 GW (2025) → 200 GW (2030)	2026–2030	200 milyar CNY	Dünyada ilk ticari kara SMR; AI kampüslerine doğrudan nükleer tahsis planı
Güney Kore (Devlet)	2 büyük santral + 1 SMR inşaatı	2 GW+	2038	349 milyon \$	Stargate UAE için nükleer altyapı; Barakah deneyimi; KHNP ihracat kapasitesi
Fransa (EDF)	Mevcut nükleer kapasite + yeni reaktörler	Ulusal ağ	Süregelen	Devlet programı	Elektriğin ~%75'i nükleer; AI merkezi PUE avantajı; 6 yeni EPR2 onayı

Tablo 4. Yapay zeka veri merkezleri için imzalanan başlıca nükleer güç anlaşmaları ve ulusal stratejiler. Kaynaklar: GJIA (2025); Introl Blog (2026); IEEE Spectrum (2024); datacenter.news (2026); Reuters (2026); Carbon Credits (2025); Nuclear Business Platform (2025).

4.3 Küçük Modüler Reaktörler (SMR) Ekosistemi

IAEA verilerine göre 90'dan fazla SMR tasarımı geliştirme aşamasındadır. Öne çıkan tasarımlar:

- Kairos Power (KP-FHR): Erimiş flor-tuz soğutmalı; Google ile 500 MW anlaşma imzalandı
- X-energy (Xe-100): Yüksek sıcaklıklı gaz soğutmalı; Amazon destekli; 5 GW ölçeklenme planı
- Oklo (Aurora): Hızlı nötron reaktörü, harcanan yakıt geri dönüşümü; NRC Mayıs 2026'da temel tasarım kriterlerini onayladı
- GE Vernova BWRX-300: Kanada Darlington'da inşaat (2029-30 hedefi)
- Çin Linglong One: Dünyada ilk ticari kara SMR; 2026'da devreye girmesi planlanıyor
- NuScale US460: NRC'den 2025'te Standart Tasarım Onayı aldı

4.4 IEA Enerji Karması Projeksiyonu

IEA'nın Energy and AI (2025) raporuna göre 2030'a kadar veri merkezlerinin ek elektrik talebini karşılayacak enerji kaynakları şu şekilde dağılacaktır: yenilenebilir kaynaklar yaklaşık %50, doğal gaz yaklaşık %25, nükleer enerji artan oranda ve kömür (özellikle Çin ve Güneydoğu Asya'da) yaklaşık %10-15. Avrupa'da yenilenebilir ve nükleer birlikte bu ek talebin %85'ini karşılayacaktır. Nükleer enerjinin önemi 2030'lar sonrasında daha da artacaktır.

5. TÜRKİYE VERİ MERKEZLERİ

Genel Durum

Türkiye'de 2025 yılı itibarıyla yaklaşık 32 konum (colocation) veri merkezi ve kurumsal tesisler dahil toplam 70'e yakın tesis faaliyet göstermektedir. Mevcut toplam IT yük kapasitesi yaklaşık 120 MW olup önümüzdeki dönemde 150 MW'lık ek kapasite eklenmesi planlanmaktadır. İstanbul, toplam transformator kapasitesinin %78'ini barındırmaktadır; İzmir ise deprem primleri ve şebeke sıklığı nedeniyle alternatif büyüme merkezine dönüşmektedir.

Türkiye veri merkezi konum piyasası 2024-2030 döneminde %19,8 CAGR büyümesi öngörülmektedir. Pazar büyüklüğü 2025'te 715 milyon dolara, 2031'de ise 1,79 milyar dolara ulaşması beklenmektedir.

5.2 Başlıca Tesisler ve Planlanan Yatırımlar

Operatör	Konum	Kapasite (IT Yüğü)	Tür	Notlar
Turkcell Veri Merkezi	İstanbul (Esenyurt, Maltepe, Ankara)	41,4 MW (2024 sonu)	Konum + Kurumsal	Pazar lideri; €467 milyon yatırım; 2025'te +8,4 MW hedefi
Türk Telekom (TT)	İstanbul, Ankara, İzmir	~30 MW	Konum + Devlet	Devlet bağlantılı; ulusal genişbant altyapısıyla entegre
Equinix IS1/IS2	İstanbul (Maslak)	~10 MW	Konum (Tier III)	Küresel operatör; finans sektörü odaklı
Vodafone – DAMAC Digital	İstanbul + İzmir	~10 MW + 6 MW	Konum + Karma	İzmir kampüsü 2025 devreye; 400G fiber altyapısı
Telehouse İstanbul	İstanbul	~8 MW	Konum	%100 yenilenebilir enerji taahhüdü
Khazna Data Centers (G42/BAE)	Ankara Başkent OSB	100 MW (planlanan)	AI Odaklı (yapım)	En az %50 AI donanımı şartı; HIT-30 uyumlu
Alibaba Cloud (planlanan)	Ankara	Açıklanmadı	Bulut / AI	Aktif planlama aşamasında
Sabancı Holding (planlanan)	Açıklanmadı	Açıklanmadı	Özel Sektör Girişimi	HIT-30 kapsamında sektöre giriş sinyali

Tablo 5. Türkiye'deki başlıca veri merkezi tesisleri ve yakında hayata geçecek projeler. Kaynaklar: Arizton Turkey Report (2025); ResearchAndMarkets (2025); BosphorusBits/Medium (Nisan 2026); Mordor Intelligence Turkey DC Market Report (2026).

5.3 Devlet Politikası: HIT-30 Programı

Türkiye, Temmuz 2024'te yüksek teknoloji yatırımlarını desteklemeye yönelik HIT-30 programını başlatmıştır. Ekim 2025'te programa eklenen veri merkezi çağrısı kapsamında 1,5 milyar dolar destek sunulmaktadır. Destek almak için tesislerin en az 30 MW IT kapasitesine sahip olması, donanımın en az %50'sinin AI uyumlu olması ve PUE değerinin 1,4'ü aşmaması gerekmektedir. 2024-2025 Ulusal Yapay Zeka Strateji Eylem Planı da yüksek kapasiteli veri merkezlerini öncelikli altyapı hedefleri arasında saymaktadır.

5.4 Türkiye ve Nükleer Enerji

Türkiye'nin Akkuyu'da inşaat halinde olan nükleer güç santrali (Rusya-ROSATOM ortaklığı, 4 x 1.200 MW APR-1200 reaktör), ülkenin elektrik portföyüne nükleer enerji katacaktır. Veri merkezleri açısından doğrudan bir nükleer güç anlaşması henüz kamuoyuna duyurulmamış olmakla birlikte bu kapasitenin ulusal şebeke aracılığıyla dolaylı biçimde veri merkezlerini beslemesi öngörülmektedir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji payı 2024 itibarıyla %45'e ulaşmıştır; Telehouse gibi operatörler zaten %100 yenilenebilir enerji taahhüdüyle faaliyet göstermektedir.

6. TARTIŞMA: ZORLUKLAR VE RİSKLER

6.1 Coğrafi Yoğunlaşma Riski

2026 tarihli arXiv çalışması ("Concentrated Siting of AI Data Centers Drives Regional Power-System Stress"), önde gelen yapay zeka operatörlerinin veri merkezi elektrik talebinin 2024'teki 118 TWh'tan 2030'da 239-295 TWh'a çıkacağını hesaplamaktadır. Bu, iki yılda bir orta büyüklükte bir ülkenin yıllık

tüketimine denk ek yük anlamına gelmektedir. İrlanda (%22 ulusal pay) ve Singapur (moratoryum) bu yoğunlaşmanın en belirgin örnekleridir.

6.2 Nükleer Gücün Kısıtları

- Uzun inşaat süreleri: SMR dahil yeni reaktörler için tipik geliştirme süresi 7-15 yıldır
- Yüksek başlangıç sermayesi: Microsoft/Constellation anlaşması tek başına ~16 milyar dolara ulaşmaktadır
- Düzenleyici belirsizlik: NRC ve muadili kurumların SMR onay süreçleri gelişmeye devam etmektedir
- Talep belirsizliği: DeepSeek gibi verimli modeller enerji talebini öngörülenden düşük tutabilir

6.3 Sürdürülebilirlik Boyutu

Brookings Institution (2026) raporuna göre büyük teknoloji şirketleri 2024 yılında küresel temiz enerji güç satın alma anlaşmalarının (PPA) %43'ünü tek başlarına imzalamış; bu durum PPA fiyatlarının ortalama %35 artmasına yol açmıştır. IEA, veri merkezlerinin 2030'da küresel CO₂ salınımlarının yaklaşık %1'inden sorumlu olacağını tahmin etmektedir; bu, küresel düzeyde azalma görülen az sayıdaki sektörden biridir.

7. SONUÇ VE ANA BULGULAR

Bu raporun temel bulguları aşağıda özetlenmiştir:

- Küresel veri merkezi sayısı 2025 itibarıyla 8.800'ü aşmış olup 2030'da 10.000'i geçmesi öngörülmektedir. ABD tek başına ~5.400 tesisle listeye hakimdir.
- Geleneksel internet/e-posta veri merkezleri ile AI merkezleri arasındaki güç yoğunluğu farkı 10-15 kat olup bu farklılık hem inşaat hem enerji maliyetlerini köklü biçimde etkilemektedir.
- Bir hiperölçek AI tesisi yılda 800 GWh – 5 TWh; bir AI mega kampüsü ise 8 TWh'a dek enerji tüketmektedir.
- 2024'te küresel veri merkezi elektrik tüketimi 415 TWh'a ulaşmış; IEA bu rakamın 2030'da 945 TWh olacağını öngörmektedir.
- Microsoft, Amazon, Google, Meta ve Oracle başta olmak üzere teknoloji şirketleri ABD'de 10 GW'ı aşan nükleer kapasite için bağlayıcı anlaşmalar imzalamıştır.
- Çin, Güney Kore ve BAE ulusal politika düzeyinde yapay zeka altyapısını nükleer güçle entegre etmektedir.
- Türkiye, 32 konum tesisi ve 120 MW toplam kapasitesiyle gelişmekte olan bir pazar konumundadır. HIT-30 ile yabancı yatırımcılar çekilmekte; Akkuyu santrali uzun vadede dolaylı nükleer güç katkısı sağlayacaktır.

Yapay zeka destekli elektrik talebindeki bu tarihi ivme, doğru planlama yapılmadığı takdirde hem güvenilirlik krizlerine hem de sürdürülebilirlik hedefleriyle ciddi çelişkilere yol açabilir. Nükleer güç — özellikle SMR teknolojisi — doğru zaman diliminde ve finansal yapıyla hayata geçirildiğinde bu talebi karbon-nötr biçimde karşılamada yapısal bir rol üstlenebilir.

EK BELGE

Veri Merkezi Tanımı, Teknik Özellikler ve Nükleer Reaktör Boyutlandırması

Bu ek belge; Ana Rapor'un (Yapay Zeka Veri Merkezleri — Haziran 2026) teknik altyapı bölümü olarak hazırlanmıştır.

1. VERİ MERKEZİ: KAVRAMSAL TANIM

Veri merkezi (İng. data center), bilgisayar sistemlerini, ağ ekipmanlarını, depolama donanımlarını ve bu sistemlerin kesintisiz çalışmasını sağlayan güç, soğutma ve fiziksel güvenlik altyapısını bir arada barındıran özel yapı ya da yapı kompleksidir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2025) veri merkezlerini; sunucular, depolama sistemleri, ağ teçhizatı ve ilgili bileşenlerin raylı dolaplarda sıra sıra düzenlendiği tesisler olarak tanımlamaktadır.

Uptime Institute sınıflandırmasına göre veri merkezleri dört kesintisizlik katmanına (Tier I–IV) ayrılmakta; üst katmanlar artan yedeklilik ve %99,999 erişilebilirlik hedeflerine karşılık gelmektedir. Yapay zeka altyapısına özgü tesisler ise bu standart sınıflandırmanın ötesine geçerek; ultra yüksek güç yoğunluğu (rayon başına 30–100+ kW), özel GPU küme mimarileri ve düşük gecikmeli ağ yapıları gerektirmektedir.

1.1 Veri Merkezinin Temel Bileşenleri

a) İşlem Altyapısı

Sunucular, bir veri merkezinin işlem çekirdeğini oluşturur ve toplam elektrik tüketiminin ortalama %60'ından sorumludur (IEA, 2025). Geleneksel veri merkezlerinde CPU tabanlı sunucular hakim olurken, yapay zeka merkezlerinde NVIDIA H100/H200, AMD MI300X veya Google TPU v5 gibi GPU/TPU hızlandırıcılar kritik rol üstlenir. Tek bir H100 GPU 700 watt çekerken, yüz bin birimlik bir küme kesintisiz 70 MW tüketir.

b) Bellek ve Depolama

Bellek katmanı; sunucu RAM'i (DRAM), GPU üzerindeki yüksek bant genişlikli bellek (HBM — High Bandwidth Memory) ve kalıcı depolama sistemlerini (NVMe SSD, SAS disk dizileri, nesne depolama) kapsar. Büyük dil modellerinin (LLM) parametre ağırlıkları belleğe yüklendiğinde terabayt (TB) – petabayt (PB) düzeyinde anlık bellek kapasitesi gerekir. GPT-4 ölçeğinde bir modelin 16-bit hassasiyetle bellekte tutulması yaklaşık 1,4 TB GPU belleği gerektirir.

c) İletişim ve Ağ Altyapısı

Veri merkezi içi ağlar (fabric) için InfiniBand (NDR/HDR: 400–800 Gbps) veya Ethernet (400G/800G) kullanılmaktadır. Sunucular arası gecikme (latency) üretken AI iş yüklerinde 1–10 mikrosaniye mertebesinde tutulmalıdır; aksi halde GPU'lar bekleme durumunda kalır ve enerji verimliliği düşer. Dış bağlantı (uplink) için büyük tesisler 1–100 Tbps kapasiteli özel transpasifik veya transatlantik fiber bağlantılar kullanır.

d) Güç ve Soğutma Altyapısı

Elektrik dağıtım sistemi; yüksek gerilim şebeke bağlantısı, trafo merkezleri, kesintisiz güç kaynakları (UPS) ve dizel/gaz yedek jeneratörlerden oluşur. Soğutma sistemi, geleneksel tesislerde hava soğutma (CRAC/CRAH üniteleri) ile yönetilirken AI merkezlerinde direkt sıvı soğutma (DLC), daldırma soğutma (immersion cooling) ve ikincil soğutma döngüleri giderek yaygınlaşmaktadır. PUE (Power Usage Effectiveness = Toplam Güç / IT Güç) değeri enerji verimliliğinin temel ölçütüdür; 1,0 mükemmel verimliliği, 2,0 ise her 1 watt IT gücü için 1 watt ek harcandığını gösterir.

2. BÜYÜKLÜK SINIFINA GÖRE TEKNİK ÖZELLİKLER

Aşağıdaki tablo, dört veri merkezi büyüklük sınıfının teknik parametrelerini karşılaştırmalı biçimde sunmaktadır. Değerler 2025 yılı itibarıyla endüstri standartları ve IEA, Berkeley Lab ile Uptime Institute verilerine dayanmaktadır.

Teknik Bileşen	Küçük Kurumsal (Edge / SME)	Orta Ölçek / Konum (Colo)	Büyük Hiperölçek (Cloud)	Mega AI Kampüsü (LLM / HPC)
Alan (Brüt m ²)	< 500 m ²	500 – 5.000 m ²	5.000 – 50.000 m ²	50.000 – 200.000+ m ²
Fiziksel Sunucu Sayısı	10 – 500	500 – 10.000	10.000 – 100.000	100.000 – 1.000.000+
İşlem Gücü (FLOPS)	< 1 PFLOPS	1 – 100 PFLOPS	100 – 10.000 PFLOPS (10 EFLOPS)	10 – 100+ EFLOPS

GPU / Hızlandırıcı Sayısı	0 – 100 GPU	100 – 10.000 GPU	10.000 – 100.000 GPU	100.000 – 1.000.000+ GPU
Toplam RAM (Bellek)	< 10 TB	10 – 500 TB	500 TB – 50 PB	50 PB – 1 EB+
HBM / GPU Belleği	Yok / Sınırlı	< 1 PB	1 – 100 PB	100 PB – 10 EB+
Depolama Kapasitesi (Toplam)	< 1 PB	1 – 100 PB	100 PB – 10 EB	10 EB – 1 ZB+
Depolama Hızı (I/O Bant Genişliği)	< 10 GB/s	10 – 500 GB/s	500 GB/s – 10 TB/s	10 TB/s – 1 PB/s
Dahili Ağ Bant Genişliği	1 – 10 Gbps	10 – 400 Gbps	400 Gbps – 1 Tbps (spine)	1 – 100 Tbps (ultra-low latency fabric)
Sunucu Arası Gecikme (Latency)	< 1 ms	< 500 µs	< 100 µs	< 10 µs (InfiniBand / NVLink)
Dış Bağlantı (İnternet / WAN)	1 – 10 Gbps	10 – 100 Gbps	100 Gbps – 10 Tbps	1 – 100+ Tbps (özel fiber halkası)
Soğutma Altyapısı	Hava soğutma	Hava + sıvı hibrit	İmmersion / direkt sıvı	İmmersion + hidrojen + jeotermal kombinasyon
PUE (Enerji Verimliliği)	1,5 – 2,0	1,3 – 1,5	1,1 – 1,3	1,05 – 1,15 (hedef)
Kesintisizlik Seviyesi (Uptime Institute)	Tier I–II (%99,67)	Tier III (%99,98)	Tier III–IV (%99,99)	Tier IV + özel şebeke (%99,999)

Tablo A-1. Veri merkezi büyüklük sınıflarına göre teknik özellikler karşılaştırması.

Kaynaklar: IEA – Energy and AI (2025); Berkeley Lab – U.S. Data Center Energy Usage Report (2024); Uptime Institute – Annual Outage Analysis (2025); IAEI Magazine (2025); arXiv:2604.07345 (2026).

3. ENERJİ TÜKETİMİ VE NÜKLEER REAKTÖR BOYUTLANDIRMASI

Bu bölüm, her büyüklük sınıfı için yıllık enerji tüketimini ve bu tüketimi karşılayabilecek nükleer reaktör tiplerini göstermektedir. Reaktör gücü hesaplamalarında %90 kapasite faktörü ve PUE 1,15 varsayılmıştır. Tablonun A bölümü enerji tüketim profilini, B bölümü ise reaktör boyutlandırmasını içermektedir.

Parametre	Küçük Kurumsal (< 2 MW IT)	Orta Ölçek (2 – 20 MW IT)	Büyük Hiperölçek (20 – 300 MW IT)	Mega AI Kampüsü (300 – 1.000+ MW IT)
A — Enerji Tüketim Profili				
Kurulu IT Güç (MW)	0,05 – 2 MW	2 – 20 MW	20 – 300 MW	300 – 1.000+ MW

Toplam Tesis Gücü (IT + soğutma + yardımcı)	0,1 – 4 MW	3 – 30 MW	25 – 400 MW	350 – 1.500+ MW
Yıllık Enerji Tüketimi	< 1 GWh	10 – 150 GWh	200 GWh – 2 TWh	2,5 – 8+ TWh
Yıllık MWh Karşılığı	< 1.000 MWh	10.000 – 150.000 MWh	200.000 – 2.000.000 MWh	2.500.000 – 8.000.000+ MWh
Eşdeğer Hane Sayısı (yıllık)	75 – 3.000	7.500 – 112.000	150.000 – 1.500.000	1.900.000 – 6.000.000+
B — Enerji İhtiyacını Karşılacak Nükleer Reaktör Boyutlandırması				
Gerekli Sürekli Güç (MW-e)	0,1 – 4 MW	3 – 30 MW	25 – 400 MW	350 – 1.500 MW
Uygun Reaktör Sınıfı	Mikro Reaktör (< 10 MWe)	Küçük SMR (10 – 100 MWe)	Orta SMR / Büyük SMR (100 – 300 MWe)	Büyük SMR Çiftliği veya Tam Ölçekli Reaktör (300 – 1.600 MWe)
Örnek Reaktör Tasarımı	Westinghouse eVinci (5 MWe) Ultra Safe Micro (1,5 MWe)	Kairos KP-FHR (50 MWe) NuScale VOYGR (77 MWe)	X-energy Xe-100 (80 MWe × 4 = 320 MWe) GE BWRX-300 (300 MWe)	Kairos KP-X fleet (500 – 1.000 MWe) EPR2 / APR-1400 (1.600 MWe)
Reaktör Adedi (yaklaşık)	1 mikro ünite (yedekli sistem)	1 SMR ünitesi	1 – 2 SMR ünitesi veya SMR filosu	2 – 6 SMR ünitesi veya 1 – 2 tam reaktör
Kapasite Faktörü (CF)	%85 – 95	%90 – 95	%90 – 95	%90 – 95
Yıllık Üretim Kapasitesi	1 – 40 GWh	80 – 800 GWh	800 GWh – 2,5 TWh	2,5 – 13+ TWh
Tahmini Kurulum Süresi	3 – 5 yıl (fabrika modülü)	5 – 7 yıl	7 – 10 yıl	10 – 15 yıl
Tahmini Kapasite Maliyeti (\$/kWe)	10.000 – 20.000	5.000 – 10.000	4.000 – 8.000	3.500 – 7.000
Gerçek Dünya Örneği	—	Oklo Aurora (veri merkezi için lisans sürecinde)	GE BWRX-300 (OPG Darlington, Kanada, 2030 hedefi)	Microsoft TMI 835 MW Amazon Susquehanna 960+ MW

Tablo A-2. Veri merkezi büyüklük sınıflarına göre enerji tüketimi ve uygun nükleer reaktör boyutlandırması.

Kaynaklar: IEA (2025); IAEA (2024); NRC Reactor Licensing Database (2026); Westinghouse eVinci teknik özellikleri; NuScale VOYGR ticari belgesi (2023); GE BWRX-300 proje belgesi; Kairos Power KP-FHR teknik özellikleri; arXiv:2604.06198 (2026).

Not: Tablodaki reaktör güç değerleri net elektrik üretimini (MWe) ifade etmektedir. Isı kaybı ve dönüşüm verimliliği (%33–40) nedeniyle termal güç (MWt) çoğunlukla 2,5–3 kat daha yüksektir. Nükleer reaktör kurulum kararı; yük faktörü, grid bağlantı maliyeti, soğutma suyu erişimi ve düzenleyici süreçler gözetilerek yapılmalıdır.

4. NÜKLEER REAKTÖR TİPLERİ BAŞVURU TABLOSU

Aşağıdaki tablo, veri merkezi enerji tedariki için değerlendirilen başlıca nükleer reaktör tiplerini; güç sınıfları, teknolojileri, geliştiricileri ve hedef uygulamaları ile birlikte özetlemektedir.

Reaktör Tipi	Güç Sınıfı (MWe)	Teknoloji	Geliştirici / Örnek	Durum	Hedef Uygulama
Mikro Reaktör	1 – 10 MWe	Isı borusu / Katı moderatör	Westinghouse eVinci, Ultra Safe Nuclear	Geliştirme / lisans	Edge DC, uzak tesis, askeri üs
Küçük SMR (hafif su)	10 – 77 MWe	Hafif su, basınçlı	NuScale VOYGR (77 MWe), Holtec SMR-300	NRC tasarım onayı (2023)	Küçük-orta DC, şehir şebekesi
Küçük SMR (erimiş tuz)	50 – 140 MWe	Flor-tuz soğutmalı	Kairos Power KP-FHR (50 MWe)	İleri lisanslama (Google anlaşması)	Orta-büyük DC kampüsü
Küçük SMR (gaz soğutmalı)	80 MWe (modüler)	Yüksek sıcaklık gaz	X-energy Xe-100 (80 MWe/modül)	Lisanslama (Amazon dest.)	Büyük DC; 4 modül = 320 MWe
Orta SMR (hafif su)	300 MWe	Hafif su, kaynar	GE Vernova BWRX-300	İnşaatta (OPG Darlington, 2030)	Büyük hiperölçek DC
Hızlı Nötron SMR	1,5 – 50 MWe	Metal yakıt, sodyum soğutma	Oklo Aurora, TerraPower Natrium	NRC PDC onayı (Mayıs 2026)	Veri merkezi + yakıt geri dönüşümü
Tam Ölçekli (PWR/APR)	1.000 – 1.600 MWe	Basınçlı su	EDF EPR2, KHNP APR-1400	İşletimde (Fransa, BAE, G.Kore)	Birden fazla büyük DC veya ulusal şebeke
Tam Ölçekli (BWR/ABWR)	1.100 – 1.350 MWe	Kaynar su	GE Hitachi ABWR	İşletimde (Japonya)	Ulusal şebeke

Tablo A-3. Veri merkezi enerji tedariki için nükleer reaktör tipleri başvuru tablosu.

Kaynaklar: IAEA PRIS (2025); NRC Design Certification Database (2026); WNA Reactor Database; Kairos Power, X-energy, Oklo, GE Vernova, Westinghouse teknik belgeleri; Carbon Credits (2025).

5. METODOLOJİK NOTLAR VE KISALTMALAR

5.1 Enerji Birimleri

- Wh (Watt-saat): Temel enerji birimi
- kWh (Kilowatt-saat): 1.000 Wh
- MWh (Megawatt-saat): 1.000.000 Wh | Büyük tesislerde aylık bazda kullanılır
- GWh (Gigawatt-saat): 10^9 Wh | Orta ölçek tesislerin yıllık tüketimi
- TWh (Terawatt-saat): 10^{12} Wh | Ülke/bölge toplamalarında kullanılır
- EWh (Eksawatt-saat): 10^{18} Wh | Küresel toplam için nadir kullanılır

5.2 Hesaplama Metodolojisi

Yıllık enerji tüketimi hesabı: Tesis Toplam Gücü (MW) × 8.760 saat × PUE faktörü formülüyle yapılır. Örnek: 300 MW IT gücü + PUE 1,15 → $300 \times 1,15 \times 8.760 = 3.022.200$ MWh/yıl ≈ 3 TWh/yıl. Nükleer reaktör boyutlandırması için: Gerekli güç = Tesis toplam gücü / Reaktör kapasite faktörü (0,92). Yani 300 MW tüketimine karşılık yaklaşık 325 MWe reaktör kapasitesi gerekmektedir.

5.3 Kısaltmalar

- CPU: Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
- GPU: Graphics Processing Unit (Grafik İşlem Birimi; AI için yeniden programlanmış)
- TPU: Tensor Processing Unit (Google tarafından geliştirilen AI özel çip)
- HBM: High Bandwidth Memory (GPU'ya entegre yüksek bant genişlikli bellek)
- FLOPS: Floating Point Operations Per Second (saniyedeki kayan noktalı işlem sayısı)
- PFLOPS: 10^{15} FLOPS; EFLOPS: 10^{18} FLOPS
- PUE: Power Usage Effectiveness (Enerji Kullanım Etkinliği)
- IT Yüğü: Bilgi teknolojisi ekipmanlarının tükettiği güç
- SMR: Small Modular Reactor (Küçük Modüler Reaktör; < 300 MWe)
- MWe: Megawatt elektrik (net elektrik çıktısı)
- MWt: Megawatt termal (termal güç; MWe'nin 2,5–3 katı)
- PPA: Power Purchase Agreement (Elektrik Satın Alma Anlaşması)
- NRC: U.S. Nuclear Regulatory Commission (ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu)
- LLM: Large Language Model (Büyük Dil Modeli; GPT-4, Gemini, Claude vb.)
- HPC: High Performance Computing (Yüksek Başarımli Hesaplama)

Bu ek belge, Ana Rapor'a (YZ Veri Merkezleri — Enerji ve Nükleer Güç Boyutu, Haziran 2026) tamamlayıcı teknik referans olarak hazırlanmıştır.

Tüm veriler 2025-2026 itibarıyla günceldir; reaktör gelişim süreçleri ve lisanslama takvimlerinde değişiklik olabilir.

KAYNAKLAR

1. International Energy Agency (IEA). (2025). Energy and AI. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
2. IEA. (2025). Energy Supply for AI. In Energy and AI. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-supply-for-ai>
3. IEA. (2025). Energy Demand from AI. In Energy and AI. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai>
4. IEA. (2025). Executive Summary – Energy and AI. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary>
5. IEA. (2019). Data Centres and Energy – From Global Headlines to Local Headaches. IEA Commentary.
6. Synergy Research Group. (2025, July). Synergy Updates Its Ranking of the World's Top 20 Hyperscale Data Center Locations. <https://www.srgresearch.com>
7. Synergy Research Group. (2025). Hyperscale Data Center Count – Q1 2025 Report. San Jose: SRG.
8. Berkeley Lab / U.S. Department of Energy. (2024). United States Data Center Energy Usage Report. Lawrence Berkeley National Laboratory.
9. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2024). Data Centres, Artificial Intelligence and Cryptocurrencies Eye Advanced Nuclear to Meet Growing Power Needs. IAEA Bulletin.
10. Brookings Institution. (2026, April 21). Global Energy Demands within the AI Regulatory Landscape. Washington D.C. <https://www.brookings.edu>
11. Georgetown Journal of International Affairs (GJIA). (2025, April 16). AI's Energy Demands and Nuclear's Uncertain Future.
12. arXiv / Preprint. (2026). Concentrated Siting of AI Data Centers Drives Regional Power-System Stress Under Rising Global Compute Demand. arXiv:2604.06198.

13. arXiv / Preprint. (2026). Measurement of Generative AI Workload Power Profiles for Whole-Facility Data Center Infrastructure Planning. arXiv:2604.07345.
14. Statista / Data Center Map. (2026, April 14). Number of Data Centers Worldwide as of April 14, 2026, by Country.
15. Cargoson. (2025, November). Number of Data Centers by Country. <https://www.cargoson.com>
16. DevelopmentAid. (2026, February 2). Top 20 Countries by the Number of Data Centers in 2025.
17. Mappr / Visual Capitalist. (2026). Ranked: The Countries with the Most Data Centers.
18. IEA-4E. (2025). Data Centre Energy Use: Critical Review of Models and Results.
19. U.S. Congressional Research Service (CRS). (2026). Data Centers and Their Energy Consumption: Frequently Asked Questions. Congress.gov R48646.
20. S&P Global Energy. (2025, November 5). Global Data Center Power Demand Expected to Almost Double by 2030.
21. IEEE Spectrum. (2024, December 10). Big Tech Embraces Nuclear Power to Fuel AI and Data Centers.
22. Introl.com. (2026, January 8). Nuclear Power for AI: Inside the Data Center Energy Deals.
23. datacenter.news. (2026, February 23). Explainer: AI Data Boom Sparks Nuclear Revival.
24. Reuters. (2026, June). South Korea Agrees to Join UAE's Stargate AI Data Centre Project.
25. Carbon Credits. (2025, December 23). 2026: The Year Nuclear Power Reclaims Relevance.
26. Nuclear Business Platform. (2025). Top 6 Ways Leading Nations Are Using Nuclear Energy to Power AI and Data Centers.
27. Arizton Advisory & Intelligence. (2025). Turkey Data Center Colocation Market – Supply & Demand Analysis 2025-2030. ResearchAndMarkets.
28. ResearchAndMarkets. (2025). Turkey Data Center Market – Investment Analysis & Growth Opportunities 2026-2031.
29. BosphorusBits / Medium. (2026, April). Turkey's Data Center Push Meets the Limits of the Grid.
30. Mordor Intelligence. (2026). Turkey Data Center Market Size, Share & 2031 Growth Trends Report.