

Eski Sovyet Tasarımı Nükleer Reaktörler ve Bugün Çalışan İyileştirilen ‘Çernobil Tipi’ Reaktörlerin Durumu?

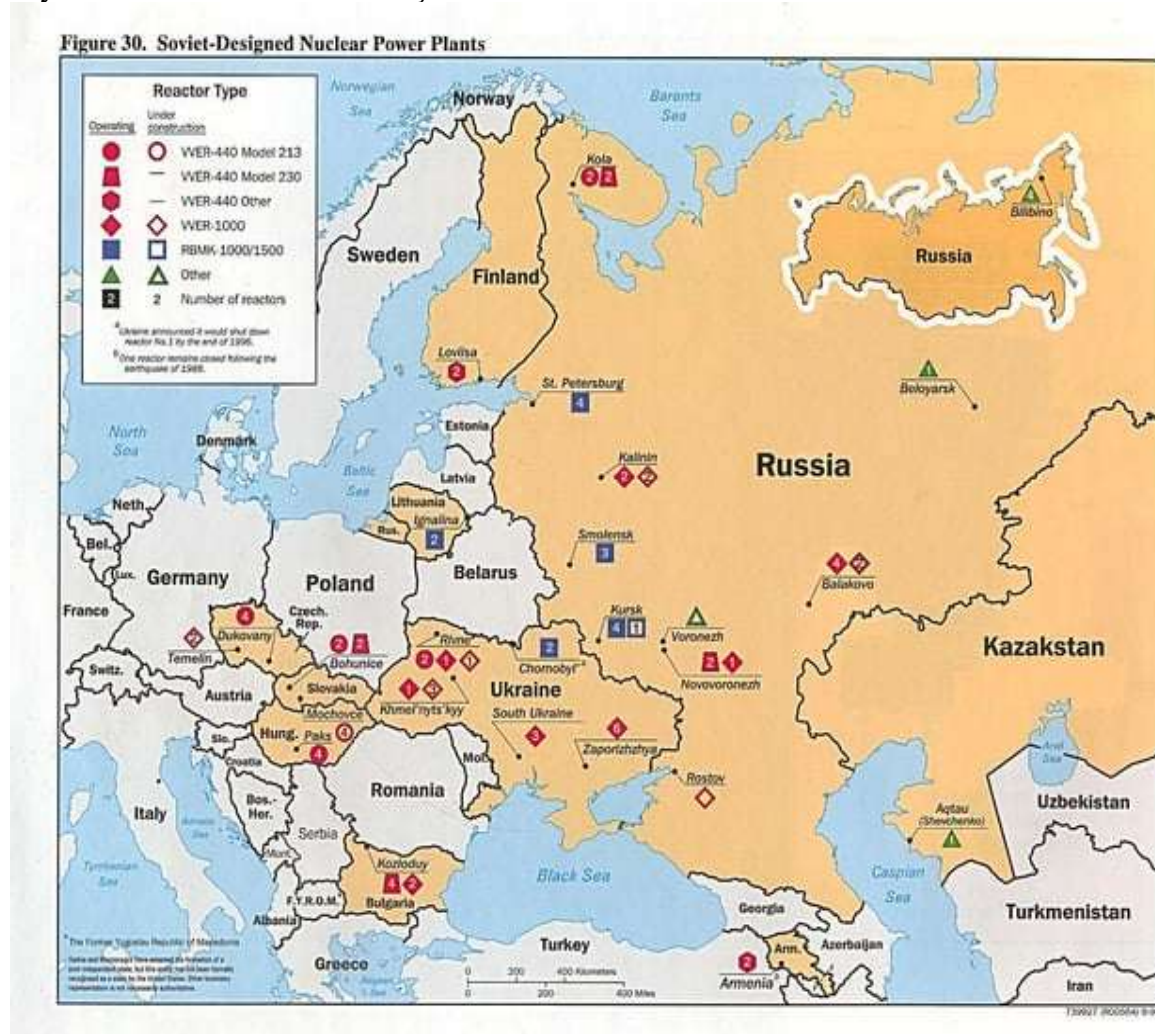
Hazırlayan: Yüksel Atakan Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com, 17.02.2026 / I/YZ

GİRİŞ

Sovyetler Birliği tarafından geliştirilen ticari nükleer reaktör tasarımları temel olarak iki ana teknoloji ailesine ayrılmaktadır:

- **VVER (Basınçlı Su Reaktörü – PWR tipi)**
- **RBMK (Grafit moderatörlü, kanallı reaktör – Çernobil Tipi)**

1986 yılında meydana gelen **Chernobyl kazası**, özellikle RBMK tasarımının yapısal ve reaktivite temelli güvenlik zayıflığını/yetersizliğini ortaya çıkarmıştır. Bu kaza, yalnızca işletme yönetmeliklerinin değil, aynı zamanda tasarım felsefesinin de uluslararası düzeyde yeniden değerlendirilmesine yol açmıştır. Bu yazımız YZ ‘yı yönlendirerek aşağıdaki /I/ kaynaklar temelinde hazırlanmıştır.



2. Reaktör Kuşak sınıflandırması

2.1 VVER Reaktörleri

1. Kuşak VVER-440

- VVER-440/V-230
- VVER-440/V-270
- 1970’ler tasarımı
- Sınırlı pasif güvenlik
- Tam batı tipi beton containment yoktur
- Sismik ve ağır kaza dayanımı modern standartların gerisindedir

2. Kuşak VVER-440

- VVER-440/V-213
- Geliştirilmiş acil çekirdek soğutma sistemleri
- Artırılmış sismik dayanım
- Daha gelişmiş kontrol ve koruma sistemleri

2.2 RBMK Reaktörleri (Çernobil Tipi)

RBMK tasarımı grafit moderatörlü ve basınç tüplü kanallı yapıya sahiptir. Kuşak ayrımı şu şekildedir:

1. Kuşak RBMK (Çernobil Tipi)

- İlk tasarım (1970’ler başı)
- Yüksek pozitif boşluk katsayısı
- Kontrol çubuk tasarım zayıflığı
- Günümüzde tümü kapatılmıştır

2. Kuşak RBMK (Çernobil Tipi)

- OPB-82 güvenlik kuralları
- İyileştirilmiş kontrol sistemleri
- Günümüzde çalışan RBMK’lerin büyük kısmı bu sınıftadır

3. Kuşak RBMK (Çernobil Tipi)

- Çernobil sonrası OPB-88 standartları
- Azaltılmış boşluk katsayısı
- Geliştirilmiş acil durdurma sistemleri
- Smolensk-3 bu sınıfa girer

4. Günümüzde çalışan Çernobil tipi reaktörler (RBMK)

Bugün toplam 8 adet Çernobil Tipi (RBMK-1000) reaktör çalışmaktadır.

Tümü Rusya’dadır.

1) Kursk Nuclear Power Plant

- Kursk-2 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak
- Kursk-3 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak
- Kursk-4 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak

2) Leningrad Nuclear Power Plant

- Leningrad-3 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak
- Leningrad-4 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak

3) Smolensk Nuclear Power Plant

- Smolensk-1 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak
- Smolensk-2 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 2. kuşak
- Smolensk-3 – Çernobil Tipi (RBMK-1000) – 3. kuşak

Görüldüğü gibi toplam: **8 adet aktif Çernobil Tipi (RBMK) reaktör bulunuyor.**

5. Çernobil kazası sonrası teknik iyileştirmeler

Kazanın meydana geldiği tesis:

Chernobyl Nuclear Power Plant

Kazadan sonra yapılan başlıca değişiklikler:

5.1 Pozitif Boşluk Katsayısının Azaltılması

Reaktör çekirdeğine sabit nötron emiciler yerleştirilmiştir. Bu, ani güç artışlarını sınırlar.

5.2 Kontrol Çubuk Tasarımının Değiştirilmesi

Grafit uçlu tasarım kaldırılmış, ilk saniyede reaktivite artışı engellenmiştir.

5.3 Acil Durdurma Sistemleri

AZ-5 sistemi yeniden tasarlanmış, bypass edilmesi zorlaştırılmıştır.

5.4 İşletme Prosedürleri

- Düşük güçte işletme yasakları
- Güvenlik sistemlerinin devre dışı bırakılmasının önlenmesi
- Personel eğitimlerinin artırılması

Ancak:

RBMK tasarımında hâlen tam batı tipi beton containment kubbesi bulunmamaktadır. Bu, ağır kazalarda çevresel salınım riskini artıran temel tasarım özelliğidir.

6. VVER-440 Erken kuşak reaktörlerden aktif olanlar

Metsamor Nuclear Power Plant

- VVER-440/V-270
- 2.Kuşak

Kola Nuclear Power Plant

- Unit 1 & 2 – VVER-440/V-230 – 1. kuşak
- Unit 3 & 4 – VVER-440/V-213 – 2. kuşak

Loviisa Nuclear Power Plant

- VVER-440/V-213 – 2. kuşak

Paks Nuclear Power Plant

- VVER-440/V-213 – 2. kuşak

Mochovce Nuclear Power Plant

- VVER-440/V-213 – 2. kuşak

RBMK Kuşak Farkı ile İlgili Not

RBMK reaktörlerinde 1. kuşak daha basit, 2. kuşak ise geliştirilmiş aygıtlara sahip modellerdir — teknik detaylarda temel fiziksel ilke aynı kalır, ancak güvenlik ve yardımcı sistemlerde farklılıklar bulunur (Yazımızın başlangıcına bkz).

7. DÜNYADA SOVYET TASARIMLI 1. ve 2. KUŞAK REAKTÖRLER

Aşağıdaki tabloda yalnızca *Sovyet tasarımı* (VVER-440 erken kuşak ve RBMK) reaktörleri listelenmiştir. IAEA ve WNO verilerine göre aktif veya geçmişte işletilmiş türler bir arada verilmiştir:

Tablo : Sovyet İlk ve 2. Kuşak Reaktörler

Ülke	Santral	Tip	Kuşak	Kapasite (yak.)	Durum
AM Ermenistan	Metsamor Unit 2	VVER-440/V-270	1	~407 MW	İşletmede
RU Rusya	Kola 1 & 2	VVER-440/V-230	1	~411 MW	İşletmede
RU Rusya	Kola 3 & 4	VVER-440/V-213	2	~411 MW	İşletmede
FI Finlandiya	Loviisa 1 & 2	VVER-440/V-213	2	~507 MW	İşletmede
RU Rusya	Smolensk 1 & 2	RBMK-1000	2	~925 MW	İşletmede
RU Rusya	Kursk 3 & 4	RBMK-1000	2	~925 MW	İşletmede
RU Rusya	Leningrad 3 & 4	RBMK-1000	2	~925 MW	İşletmede
LT Litvanya	Ignalina 1 & 2	RBMK-1000	2	~1185 MW	Kapalı
UA Ukrayna	Çernobil RBMK units	RBMK-1000	1 & 2	~925 MW	Kapalı/Hatalı (Unit 4)

Kaynak: World Nuclear Association, IAEA PRIS, RBMK kaynak listeleri

8. POLONYA, BULGARİSTAN, MACARİSTAN, ÇEKYA, SLOVAKYA DURUMU

Bu ülkelerde geçmişte veya yakın dönemde işletilmiş Sovyet tasarımı reaktörler:

Ülke	Santral	Tip	Kuşak	Durum
BG Bulgaristan	Kozloduy 1–4	VVER-440/V-230/V-213	1-2	Kapatıldı
HU Macaristan	Paks	VVER-440	1/2	İşletmede
CZ Çekya	Temelín	VVER-1000	2	İşletmede
SK Slovakya	Bohunice V1	VVER-440	1	Kapatıldı
SK Slovakya	Mochovce	VVER-440/V-213	2	İşletmede

Not: Bu liste Sovyet tasarımı *VVER-440* ve erken kuşak modelleriyle ilgilidir; VVER-1000 modern ikinci kuşak sayılır ama yeni kuşak çalışmalarla birlikte üçüncü kuşak örnekleri de vardır.

9. DÜNYADA KAÇ ADET BU TİP REAKTÖR VAR?

IAEA verileri göstermektedir ki dünya genelinde hâlen **RBMK tipi ~11 adet** reaktör işletmededir (sadece Rusya’da).

◆ Bunun dışında VVER-440 tipi eski reaktörlerden birkaç birim aktif durumdadır:

- Metsamor (Ermenistan)
- Kola (Rusya)
- Loviisa (Finlandiya)
- Paks (Macaristan)
- Mochovce-3/4 (Slovakya)

Toplamda **dünya çapında eski Sovyet ilk/ikinci kuşak VVER-440 ve RBMK tipi ~20-25 civarında işletme veya son kullanım aşamasında reaktör** bulunmuştur — bazıları kapatılmıştır.

10. GENEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

10.1 Tasarım Temelli Riskler

RBMK (Çernobil Tipi):

- Pozitif boşluk katsayısı (azaltılmış ama tamamen sıfırlanmamış)
- Containment eksikliği
- Kanal tipi yapı nedeniyle karmaşık reaktivite davranışı

VVER-440 1. kuşak:

- Sınırlı pasif güvenlik
- Erken tasarım felsefesi

10.2 Modernizasyonun Etkisi

IAEA değerlendirmelerine göre:

- İşletme güvenliği artırılmıştır.
- Otomasyon ve izleme sistemleri modernize edilmiştir.
- Ancak tasarımın temel fiziksel mimarisi değişmemiştir.

11. SONUÇ

1. Çernobil Tipi reaktörlerden 8 adet halen çalışmaktadır.
2. Çalışan RBMK’ler 2. ve kısmen 3. kuşak iyileştirmelere sahiptir.
3. Ancak tasarımın containment eksikliği giderilmemiştir.
4.
 1. kuşak VVER-440 reaktörler modernizasyon görmüş olsa da 1970’ler tasarım kökenlidir.
5. Doğu Avrupa’daki birçok erken kuşak reaktör AB üyeliği sürecinde kapatılmıştır.
6. Tasarım temelli risk tümüyle ortadan kaldırılmamış, ancak operasyonel risk azaltılmıştır.

Özetle

1. **1. Kuşak reaktörler** daha az gelişmiş pasif güvenlik sistemlerine sahiptir ve genellikle **containment** eksikliği bulunur.
2. **2. Kuşak reaktörler** modernizasyona sahip olsa da hâlen tasarım açısından sınırlamalar taşır.
3. **RBMK tipi**, özellikle Chernobyl kazasına yol açan tasarım nedeniyle hem tasarım riskleri hem de operasyonel güvenlik açısından özel değerlendirilir.
4. Sovyet sonrası dönemde pek çok eski reaktör kapatılmış olsa da,

- **Rusya’da RBMK,**
- **Erken VVER-440 birimleri** işletmede kalmaya devam etmektedir.
Bu durum, IAEA güvenlik tavsiyeleri ve WNO analizleri ile uluslararası gözetimle desteklenmektedir.

Smolensk-3 gibi örneklerde, Çernobil sonrası standartlara göre üçüncü kuşak revizyonlar da yapılmıştır.

Kaynaklar /I/YZ

- International Atomic Energy Agency (IAEA)
- World Nuclear Association (WNA)
- IAEA PRIS veri tabanı