



Nükleer Yakıt Çevrimi



Dr. Şükran Çavdar
Istanbul Teknik Üniversitesi
1 Mayıs 2008

Normal suya
tatbik edilen ısı
buhar üretir

Buhar

Buhar basıncı
türbinleri çalıştırır

Elektrik

Kazan

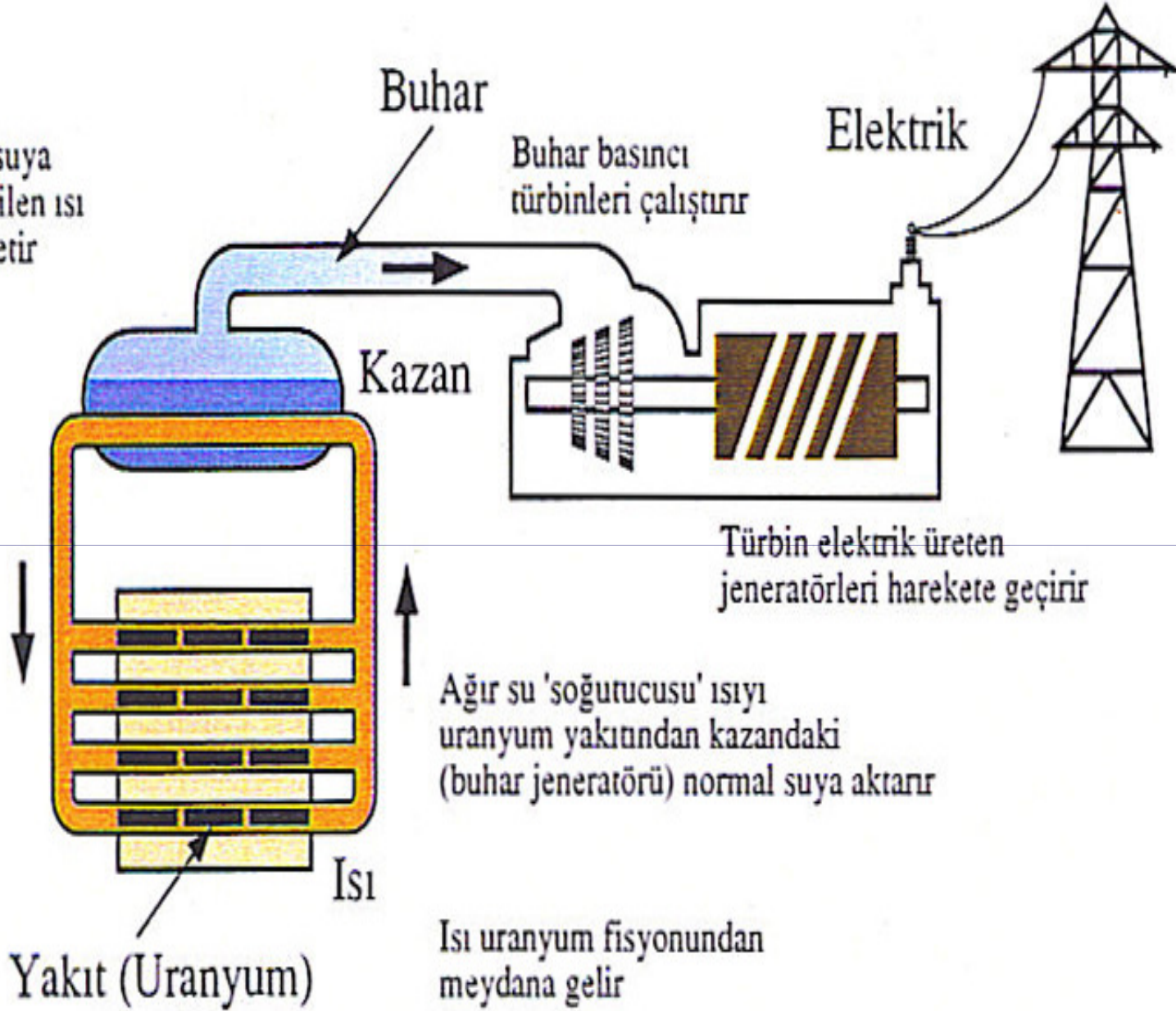
Türbin elektrik üreten
jeneratörleri harekete geçirir

Ağır su 'soğutucusu' ısıyı
uranyum yakıtından kazandaki
(buhar jeneratörü) normal suya aktarır

Isı

Isı uranyum fisyonundan
meydana gelir

Yakıt (Uranyum)

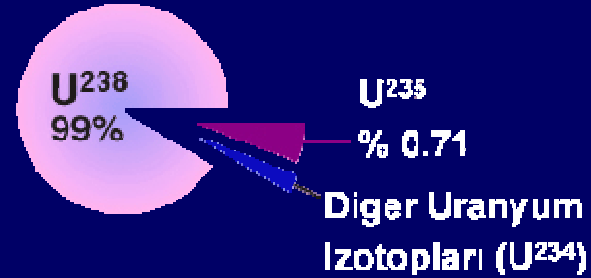


İçerik

- Nükleer enerji "hammadde" si nedir ?
- Uranyum ne tür bir elementtir ?
- Nükleer yakıt çevrimi nedir ?
- Uranyum topraktan nasıl çıkarılır ?
- İzotopik ayrıştırma nasıl yapılır ?
- Yakıt elemanları nasıl hazırlanır ?
- Yeniden işleme nedir ?

Nükleer enerji "hammadde"si nedir?

- Nükleer enerjinin kaynağı fisil elementlerin fisyonudur
- U^{233} , U^{235} ve Pu^{239} başlıca fisil elementlerdir
- Uranyumun doğada bulunan izotopları:
 - U^{234} % 0.0055
 - U^{235} % 0.7196
 - U^{238} % 99.2749



Uranyum ne tür bir elementtir ?

■ Doğada yalnız başına bulunmuyor

- Schoepit $2.UO_3.5H_2O$
- **Uraninit UO_2 (kısmen UO_3)**
- Uranosiferit $(BiO)(UO_2)(OH)_3$
- Andersonit $Na_2Ca(UO_2)(CO_3).6H_2O$
- Rutherfordin $(UO_2)(CO_3)$
- Schroeckingerit $NaCa_3(UO_2)(CO_3)(SO_4)F$
- Johannit $Cu(UO_2)_2(SO_4)_2(OH)_2.6H_2O$
- Uranopilit $(UO_2)_6(SO_4)(OH)_{10} . 12 H_2O$
- Zippeit $2 UO_3.SO_3.5H_2O$
- Otünit $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.8-12 H_2O$
- Arsenouranilit
 $Ca(UO_2)_4(AsO_4)_2.(OH)_4.6H_2O$
- Metaotünit $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.6-8 H_2O$
- Torbernit $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2.12H_2O$
- Metatorbernit $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 6-8 H_2O$
- Metauranospinit $Ca(UO_2)_2(AsO_4)_2. 8 H_2O$
- Zeunerit $Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2.3H_2O$
- **Karnotit $K_2(UO_2)_2(UO_4)_2.1-3H_2O$**
- Tyuyamunit $Ca(UO_2)_2(VO_4)_2.7-11H_2O$
- Uranofan $Ca(UO_2)_2(SiO_3)_2(OH)_2.5 H_2O$
- Betauranofan $Ca(UO_2)_2(SiO_3)_2(OH) . 5 H_2O$
- Coffinit $U(SiO_4)_1-4x(OH)_4x$
- Boltvodit $K(UO_2)_2(SiO_3)(OH)_2 . 5 H_2O$
- Betafit $(U, Ca)(Nb, Ta, Ti)_3O_9 . n H_2O$
- Brannerit $U Ti_2O_6$
- Pisekit U, Ti, Th , nadir toprak niobat tantalat
- Kalkuromolit $Ca(UO_2)_3(MoO_4)_3(OH)_2 .11 H_2O$

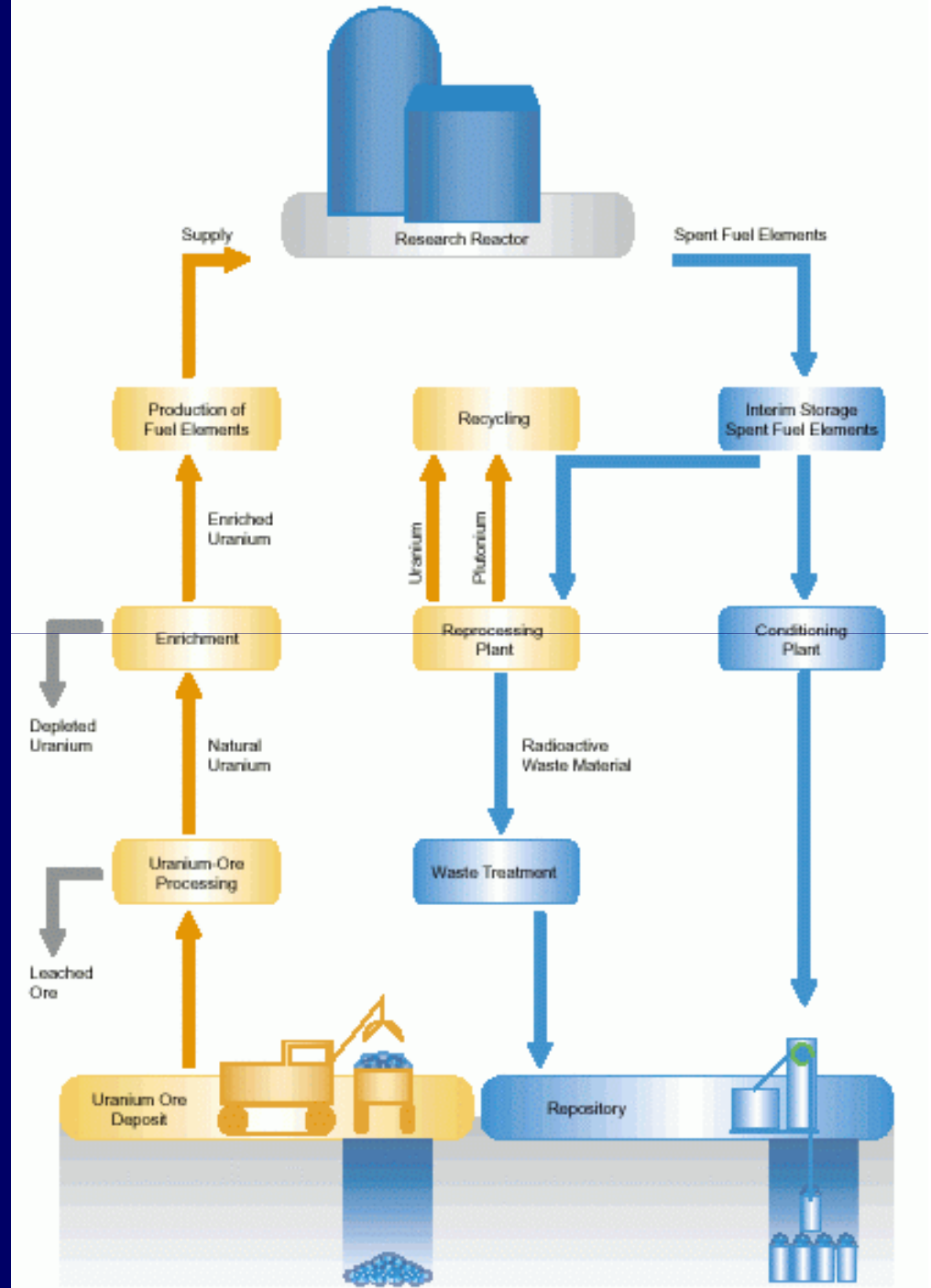
■ +4 ve +6 değerlidir



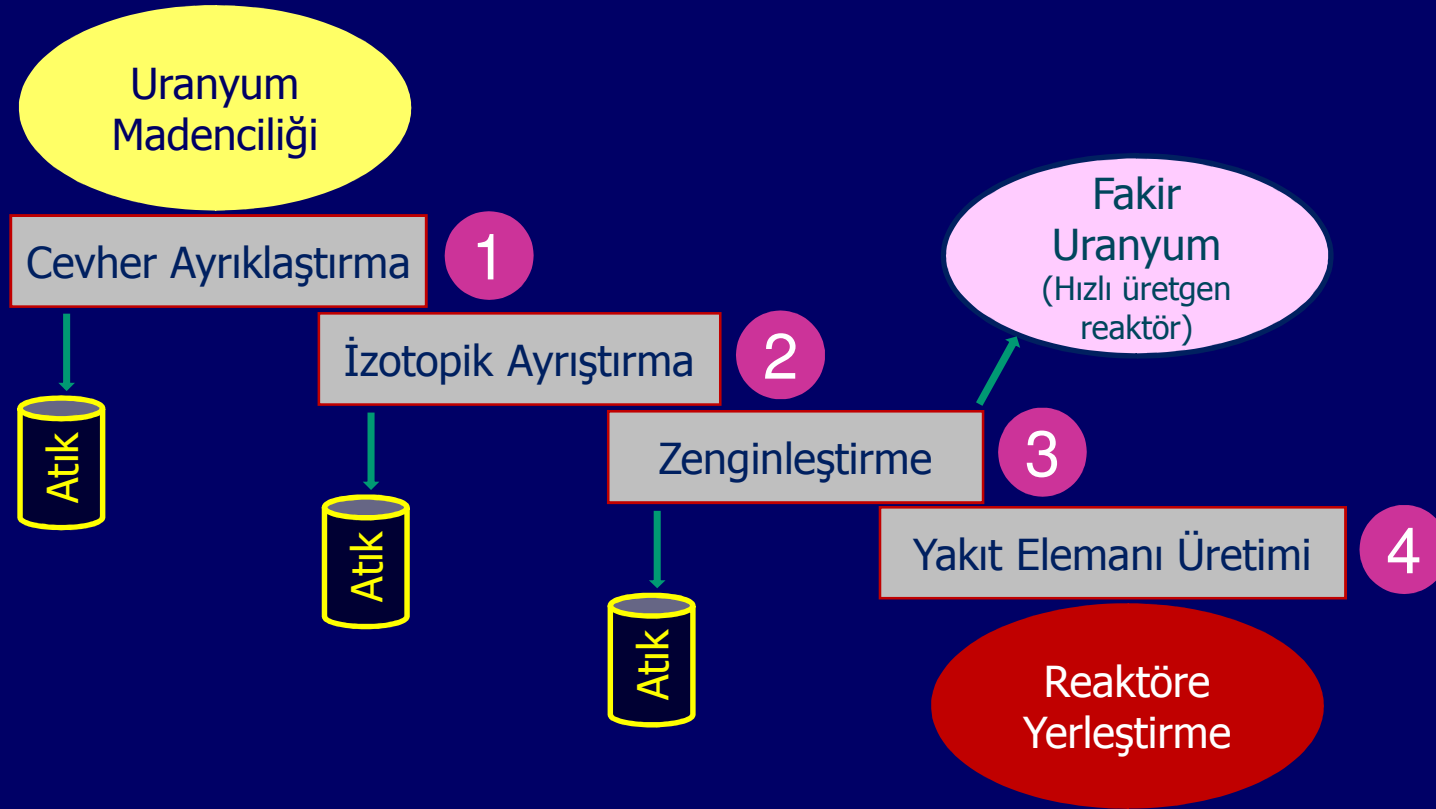
■ Atom ağırlığı	238.0289
■ Kaynama noktası	3818 °C
■ Erime noktası	1132 °C
■ Elektriksel iletkenlik	0.034 ohm ⁻¹
■ Isıl iletkenlik	0.064 cal/(s/cm/°C)
■ Yoğunluk	19.07

Nükleer yakıt çevrimi nedir ?

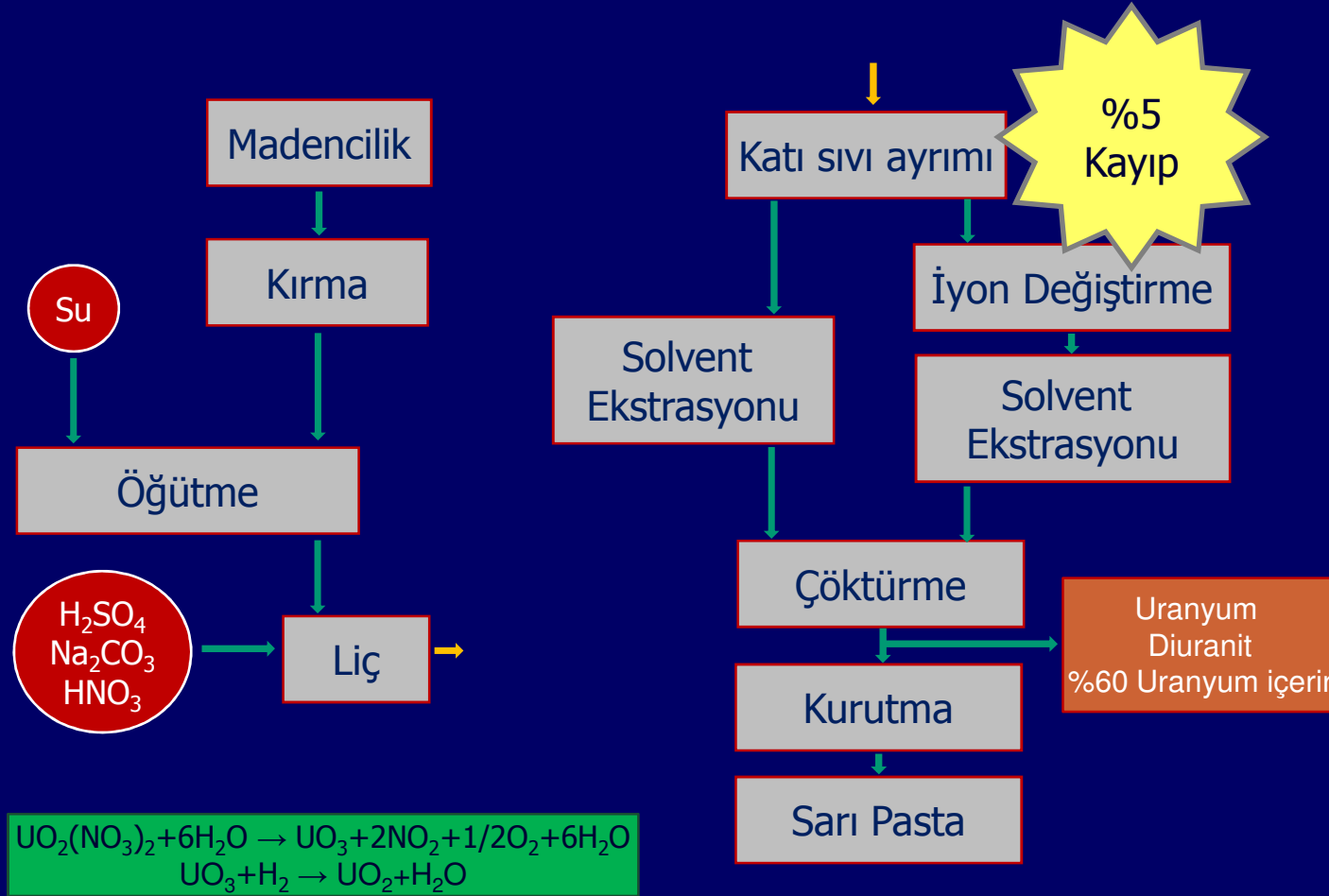
- Açık çevrim
Reaktörden çıkan yakıt elemanları doğrudan atık kabul edilirler
- Kapalı çevrim
Reaktörden çıkan yakıt yeniden işlenerek, tekrar reaktör yakıtı olarak kullanılırlar



Ön cephe (front end of the NFC)

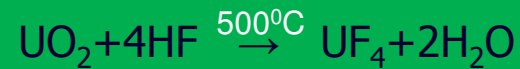


Cevher ayrıklaştırma



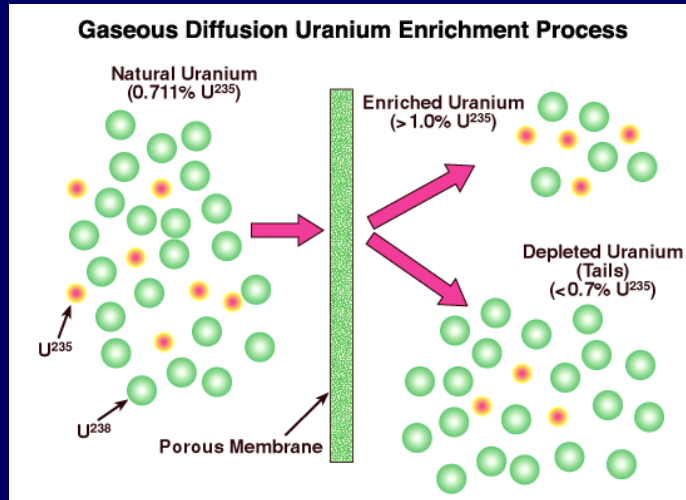
İzotopik ayırıştırma ve zenginleştirme

- % 3-5 – Az zengin uranyum
- % 5 – Çok zengin uranyum
- % 20 – Silah kalitesinde uranyum
- %90 – Tam zengin uranyum



İzotop ayırma yöntemleri

- Santrifüj ayırma
- Gaz difüzyonu ile ayırma
- Aerodinamik ayırma

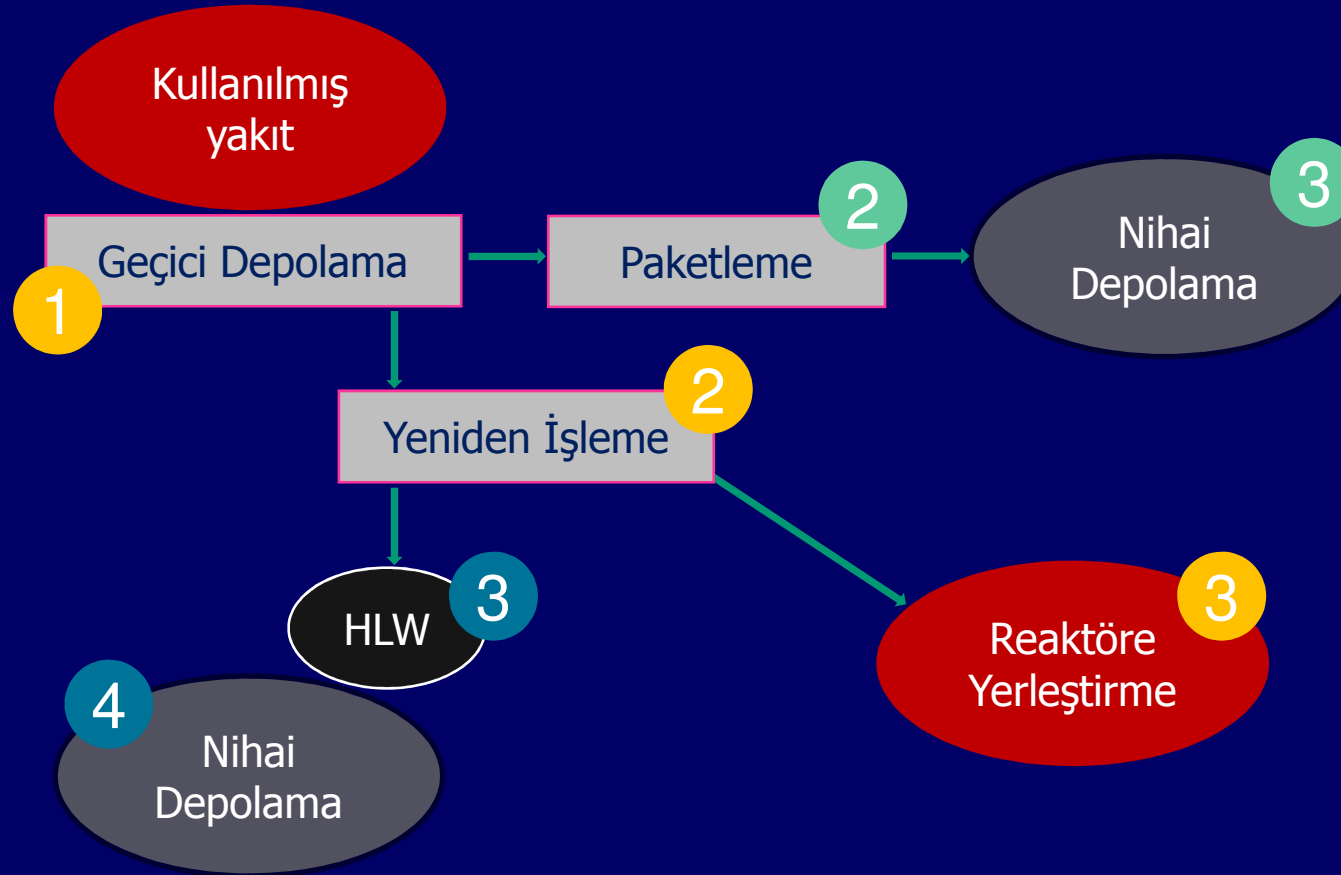


- Elektromanyetik ayırma
- Sıvı difüzyonu ile ayırma
- Laser ile ayırma
- Kimyasal ayırma

Yakıt elemanı imali

- Ön sıkıştırma ve taneleme
- Kalıplama
- Sinterleme
- Taşlama
- Kurutma
- Zarflama
- Muayene
- Montaj

Arka cephe (back end of the NFC)



Kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesi

■ Avantajlar

- Atık gözetim süresi büyük oranda düşmesi
- Atık hacmi önemli miktarda azalması
- Kullanılmış yakıttaki plutonyum ve uranyumdan yararlanılması

■ Dezavantajlar

- Düşük uranyum fiyatları nedeniyle (en azından şimdilik) ekonomik olmaması
- Plutonyumun bomba yapmak isteyen yasa dışı gruplarca ele geçirilme olasılığı

Yeniden işleme yöntemleri

- PUREX
 - Doğrama
 - Asitte çözme
 - Birinci ayırma
 - İkinci ayırma
 - Saflaştırma
 - Dönüştürme

Yeniden işleme tesisleri

- ABD, Kanada, Güney Kore, İspanya, İsveç , Finlandiya yeniden işleme yapmamayı tercih ediyorlar
- Fransa, İngiltere, Rusya, Japonya, Hindistan, Çin, Almanya, İsviçre, Belçika yeniden işleme yapıyorlar

Yakıt	Ad	Yer	Kapasite(ton/yıl)
LWR	COGEMA	Fransa	1700
LWR	Thorp	İngiltere	900
LWR	Rokkasho	Japonya	800
LWR	Mayak	Rusya	400
MAGNOX	B205	İngiltere	1500
PHWR	Kalpakkam	Hindistan	275