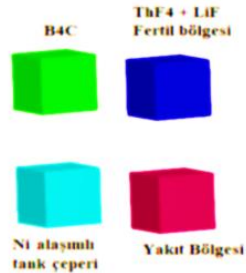
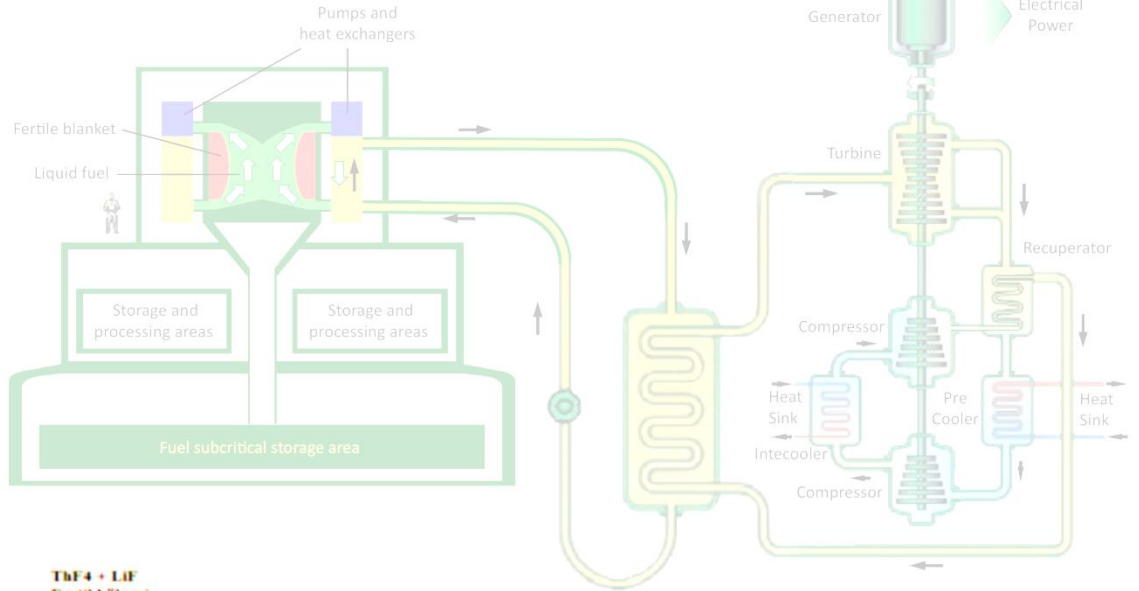
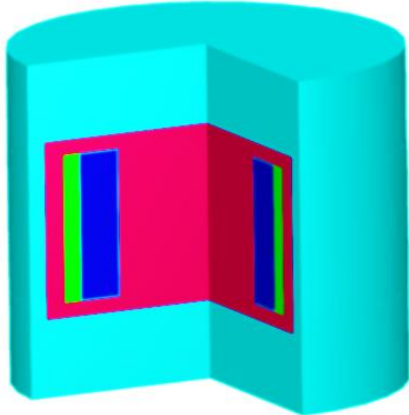
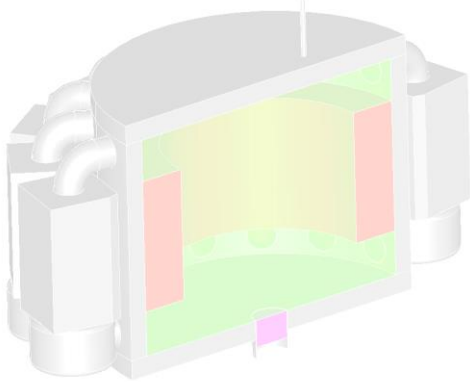


NÜKLEER ENERJİ VE MÜHENDİSLİK

**ENERJİ VE MÜHENDİSLİK:
PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLER ÇALIŞTAYI**
6 MART 2024 Ankara



Prof. Dr. H. Mehmet Şahin
Gazi Üniversitesi
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü



İçerik

- ❑ **Niçin Nükleer Enerji**
- ❑ **Nükleer Santrallerin Dünyadaki Dağılımı**
- ❑ **IV. Nesil Nükleer Reaktörler ve Özellikleri**
- ❑ **Nükleer Santraller Nasıl Çalışır**
- ❑ **Nükleer Reaktör ve Güvenlik**
- ❑ **Kömür ve Radyoaktivite**
- ❑ **Sonuç ve Değerlendirme**

ENERJİ Kısaca iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır
Endüstriyel manada enerji Üretim anlamına gelir

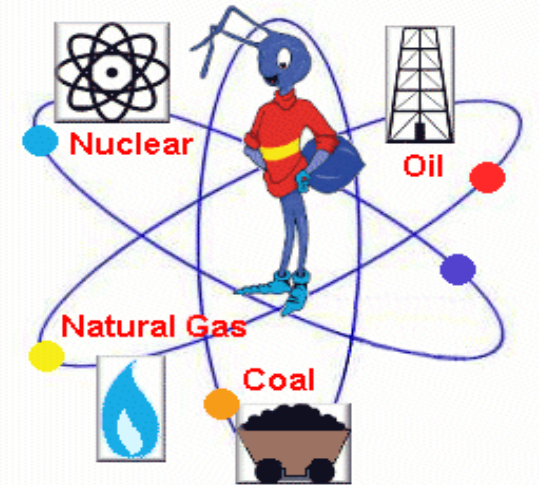
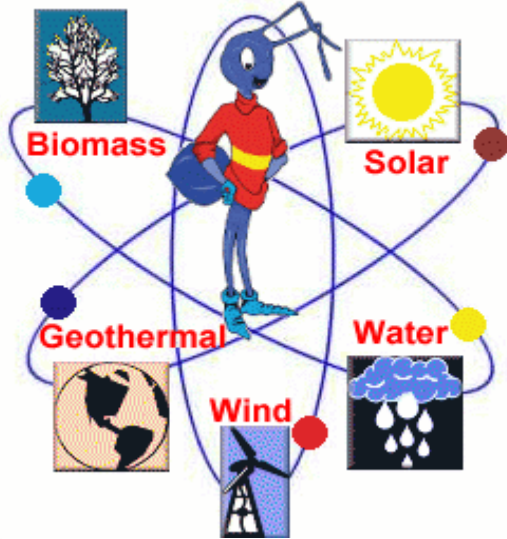
- ***Güvenilir kaynaklardan sağlanmalı***
- ***Sürekli (Sürdürülebilir) olmalı***
- ***Ucuz olmalı***
- ***Çevreyle uyumlu olmalı***

ENERJİ VE TÜRLERİ

BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

- Bu gün dünya enerji ihtiyacının % 82 fosil yakıtlardan sağlanmaktadır
 - Kirli (CO, CO₂, SO_x, NO_x gibi kirletici ürünler), Yenilenemez ve Tükenebilir (**sınırlı rezerv**), Yeryüzünde belirli bölgelere dağılmış
- %5 Nükleer Enerji Kaynakları sağlamakta Temiz
 - Yenilenemez ve Tükenebilir ancak Binlerce yıl yetecek yakıt, [Uranyum (**5000 YIL**) ve Toryum (**15000 YIL**)]
- Geriye kalan %13 Yenilenebilir Enerji Kaynakları sağlamaktadır

Temiz
Tükенmez



Bu geniş yelpazedeki enerji taleplerini karşılamak için toplum, karbonsuz (**yenilenebilir ve nükleer enerji**), küresel olarak sürdürülebilir, güvenli ve sürekli enerjilere ihtiyaç duyar:

- Fosil yakıtlar kadar yüksek **enerji yoğunluğu ve rahatlığını** sağlayabilir olması,
- Düşük karbonlu veya karbonsuz birincil enerji kaynakları kullanılır olması,
- Uzun mesafelere **güvenle ihraç edilebilir** olması,
- Minimum kayıpla **güvenle saklanabilir** olması,
- Çeşitli güç seviyelerinde **taşınabilmesi ve istenildiğinde sabit şekilde enerji üretimi** sağlanabilir olması,
- **Bol miktarlarda mevcut ve yenilenebilir** olması

Yenilebilir Enerjilerin Özellikleri

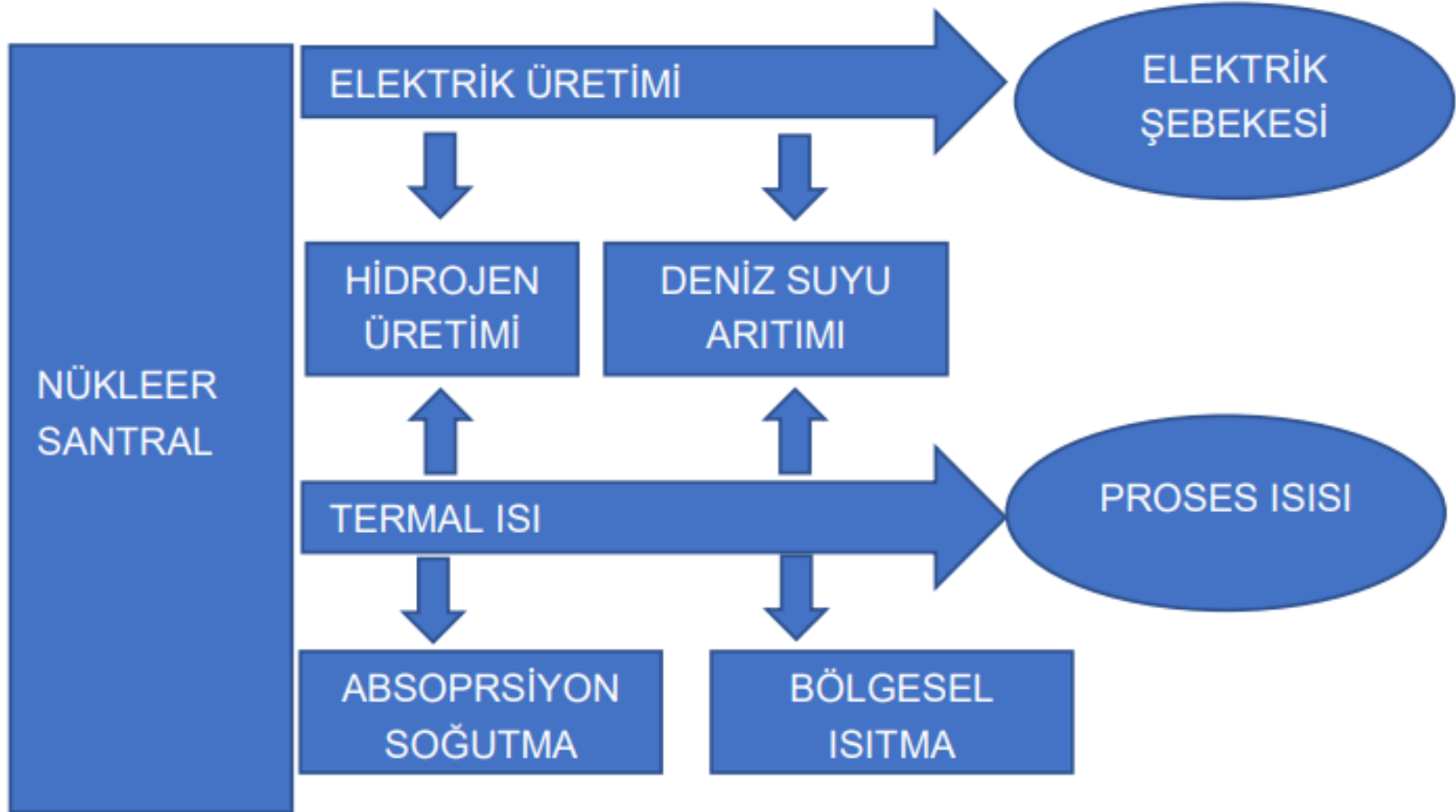
- **Depolanma problemleri var?.**
- Sürekli değiller.
- Yoğun enerji içermezler.
- Enerji taşıyıcılarına ihtiyaç duyarlar (elektrik, hidrojen, ısıl).

Enerji Depolama

- Elektrik ve mekanik enerji depolama
- Kriyojenler ve termal enerji depolama
- Kimyasal enerji taşıyıcıları
- Bataryalarda kimyasal enerji depolama

İleri Teknolojilere ihtiyaç duyarlar.

Nükleer enerjiden faydalanılabilme: **İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI**



Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

Niçin Nükleer Enerji

- 1 kg Nükleer Yakıt aynı miktardaki kimyasal yakıttan **100 milyon** kat daha fazla enerji içerir
- Çevreye **zararlı emisyonlar içermez** (CO₂)-Küresel Isınma, iklim değişikliği, Buzulların erimesi, Çölleşmeyi önler
- Binlerce yıl tükenmeyecek yakıt mevcut
- **Bir ülkenin yeraltı zenginliğine bağlı olmayıp, yüksek teknoloji ve bilgi birikimi gerekir.**
- **Bir ülkede endüstrinin gelişmesi ve emniyeti için elektriğin ucuz ve emniyetli kaynaklardan elde edilmesi gerekir.**

Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

Niçin Nükleer Enerji

- Türkiye hızla gelişen büyüyen bir ülkedir
- Her yıl %7 ile 10 arasında yeni enerji yatırımları yapmak zorundadır.
- Türkiye bu büyüme rakamlarına Doğal gaz ithal ederek büyümez
- Enerji kaynaklarını çeşitlendirmek zorundadır
- **Paris anlaşmalarına göre CARBON salınımını azaltmak zorundadır.**
- Bu nedenle yerli katkılarla hem **Nükleer hem de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına yönelmek zorundadır**
- Ayrıca **'Nükleer Enerji Sanayinin Lokomotifi'** olduğu da unutulmamalıdır

Nükleer Teknolojinin Endüstri Uygulamaları

- Sağlık alanında tıbbi uygulamalar (Radyoterapi, Tomografi, Röntgen, Tıbbi araçların sterilizasyonu,vb.)
- Tarımda, gıdada, tohum ıslahında (Böceklerle mücadele, Gübreleme Azot ve Fosfat) (Radyoaktivite ile bakteri ve mikropların öldürülmesi)
- Malzeme teknolojisi
- Kaynak kontrolü
- Yakıt hücreleri için Polimer Membran üretimi
- Akarsu debi ölçümü
- Arkeolojide C-14/C-12 oranı ile yaş tayini
- Sanayide (araba lastiği sertleştirme, Kalite kontrol)

ATOMLARIN

Parçalanmaları veya Birleşmeleri
FİZYON **FÜZYON**

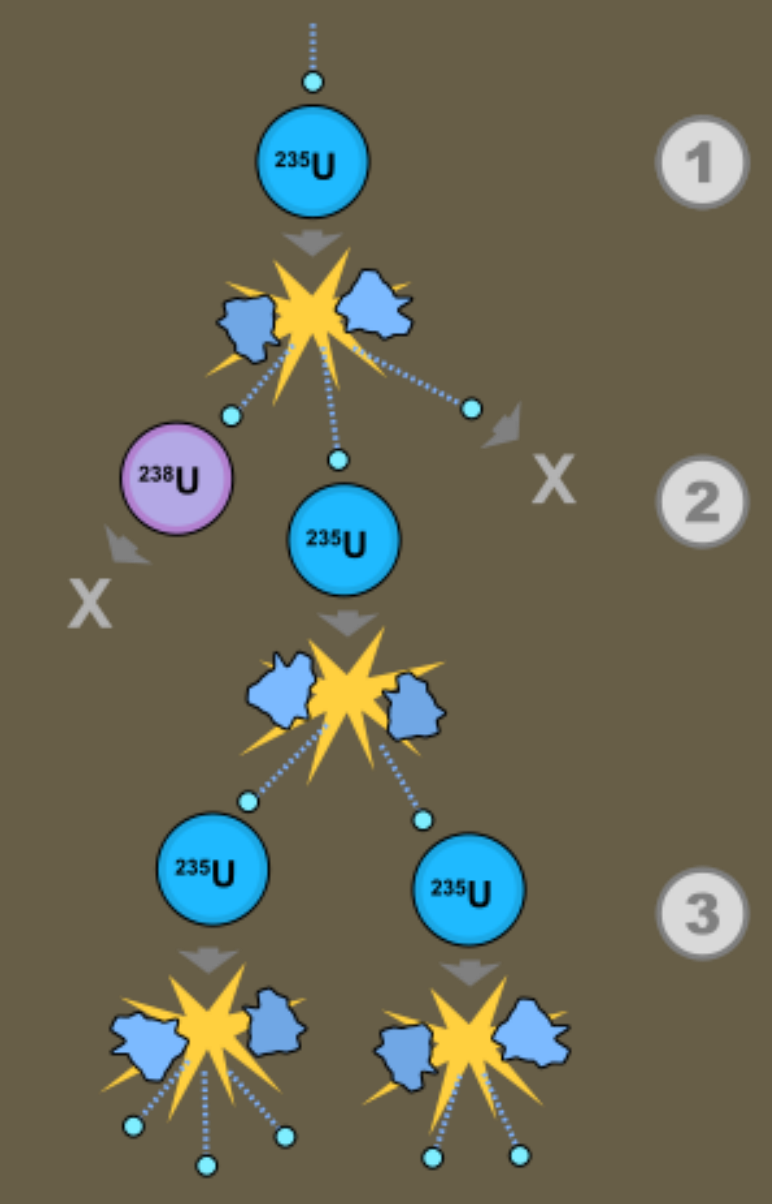
Esnasında
Ortaya çıkan Enerji

NÜKLEER ENERJİDİR

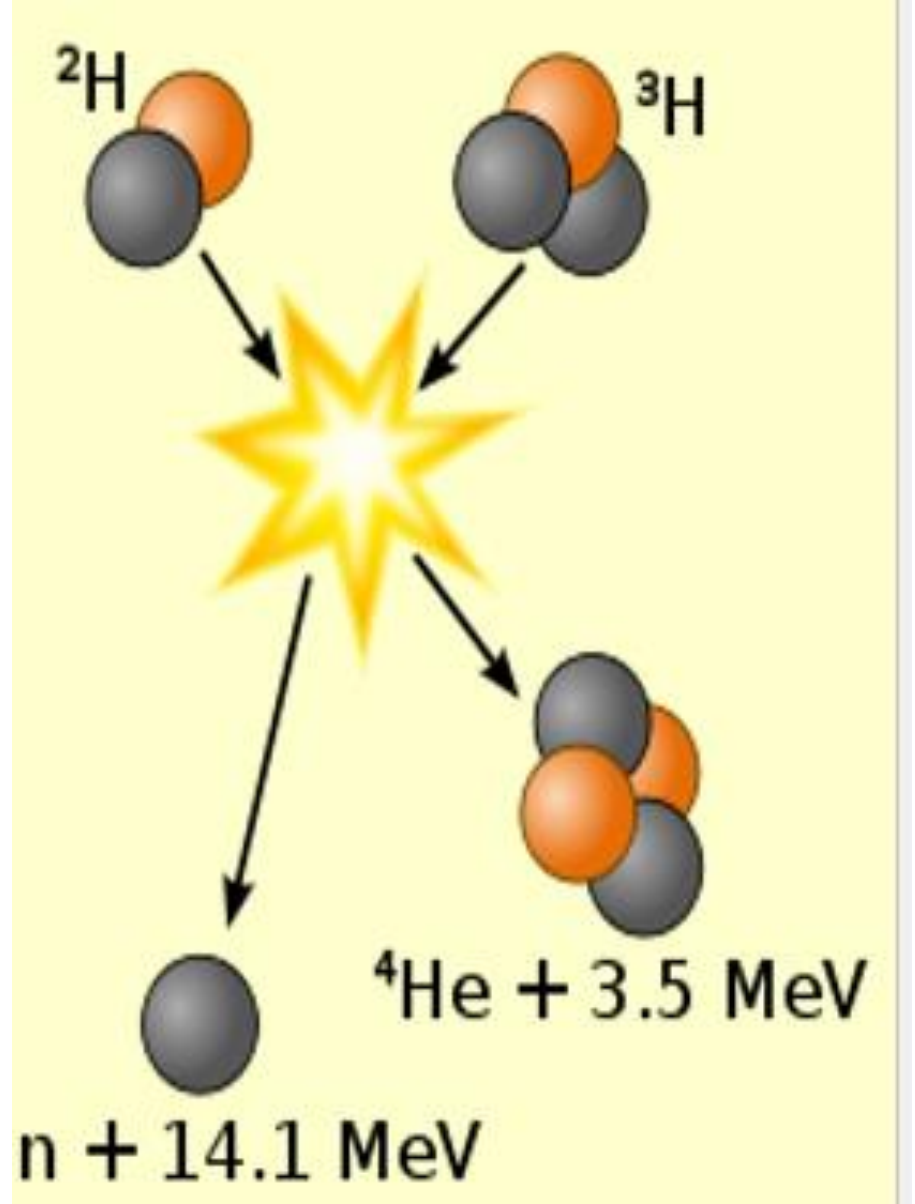
Zincirleme nükleer reaksiyonlardan
sürekli, kontrollü ve güvenli
bir şekilde üretilen ısı enerjisini elektrik enerjisine
dönüştüren sistemlere

NÜKLEER SANTRAL

adı verilmektedir



Zincirleme Nükleer
Fisyon reaksiyon



Nükleer **Füzyon**

■ Füzyon temelinde çalışmalar hızla ilerlemekte.

Füzyon Enerji Kaynakları

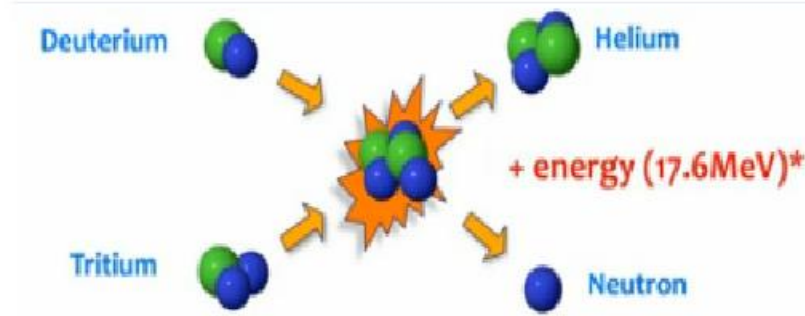
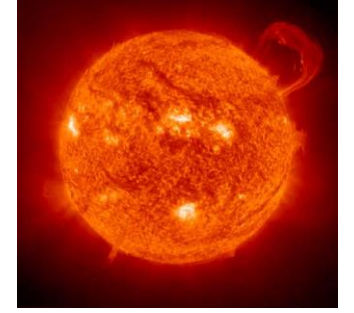
Temiz Tükenmez Doğal Yakıt

- (Denizlerde “döteryum yakıtı” ve Ay yüzeyinde “ ^3He yakıtı” yüz binlerce yıllık;
- Güneş Sistemindeki büyük Gezegenlerde, Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün’de “ ^3He yakıtı” yüz milyonlarca yıllık Füzyon yakıtı mevcuttur).

1 varil tabii deniz suyu içindeki ağır hidrojen (döteryum), 300 varil benzine eşdeğer füzyon enerjisi verir.

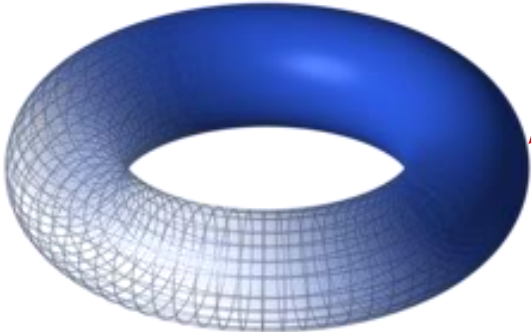
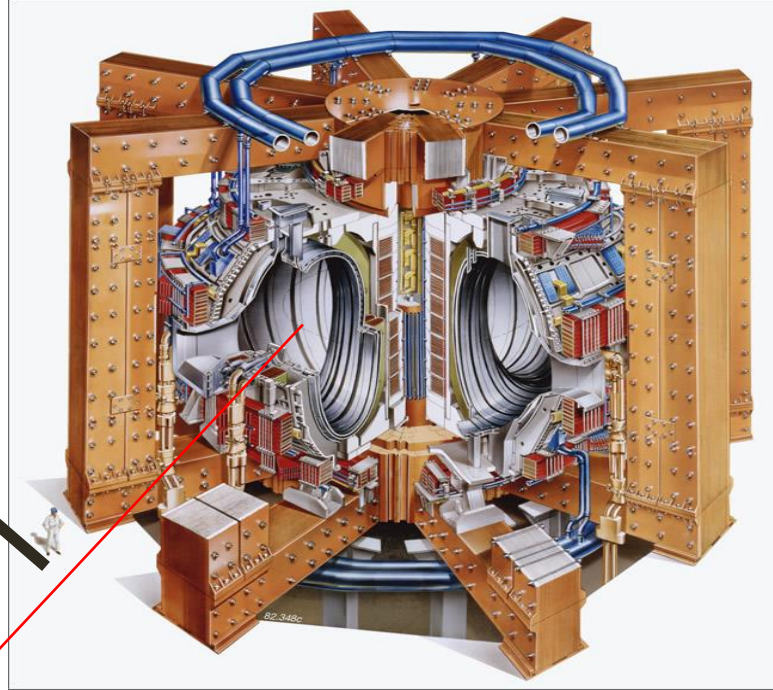
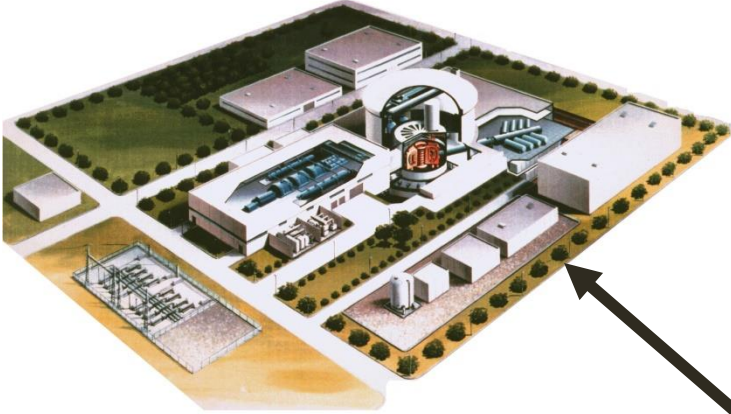
Yapay Yakıt: *Tritium (T)* Doğal *Lityum*dan üretilmektedir.

Güneşimizin enerji kaynağını Dünya da gerçekleştirdiğimizde FÜZYON enerjisinin sağladıkları



- Esasen sınırsız yakıt, dünyanın her yerinde mevcut
- Sera gazı yok
- Kendinden güvenlik
- Uzun ömürlü radyoaktif atık yok
- Büyük ölçekli enerji üretimi için uygun

ITER-Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör



- **Amaç:** Füzyon gücünün bilimsel ve teknolojik fizibilitesini yaparak insanlığa göstermek ve
- Uzun bir süre boyunca 500 MW füzyon gücü (enerji girdisinin on katı) üretmek üzere tasarlanmıştır.
- 10 yıl inşaat, 20 yıl işletme ve hizmetten çıkarma
- **Maliyet:** İnşaat için 5 milyar Avro, işletme ve bakım için 5 milyar Avro
- **Taraflar dünya nüfusunun yarısını temsil ediyor**

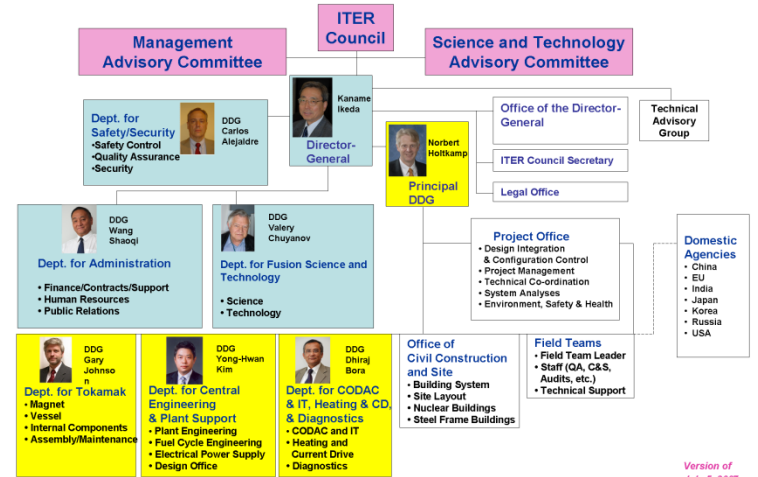
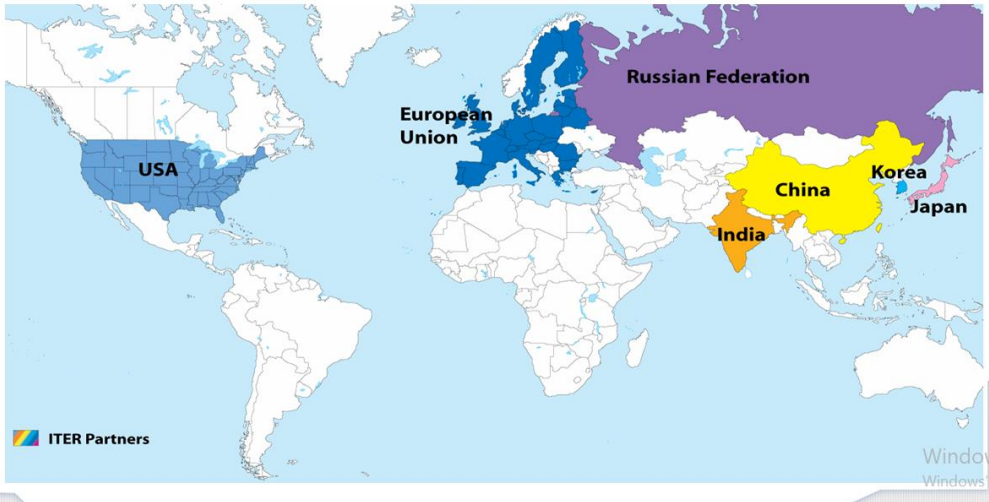
ITER Organizasyonunun Yönetim Yapısı

(ITER-Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör)



ITER – an International Cooperation...

Seven Parties, representing more than half of the world's population, are involved in the ITER construction



Version of July 5, 2007

- ITER, bugün dünyanın en zorlu ve yenilikçi bilimsel projelerinden biridir
- ITER bileşenlerinin çoğu, çok yüksek düzeyde uluslararası işbirliği gerektiren aynı katkılar yoluyla tedarik edilerek ve üretiliyor.
- ITER Organizasyonu, ITER Üyelerinin güçlü desteğiyle Fransa Cadarache Araştırma Enstitüsü'nde hızla geliştiriliyor.



Fisyon temelinde Nükleer Santraller ~ 70 yıldır elektrik üretmekte.

Nükleer fisyon yakıtları: (~ 200 MeV/fission)

Doğal Yakıt

$^{235}\text{U}_{92}$ ($T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ a) “cevherde bulunma oranı: 0.72 %”; $\sigma_f = 583$ b; $\sigma_\gamma = 98$ b

Yapay Yakıtlar

$^{233}\text{U}_{92}$ ($T_{1/2} = 1.592 \cdot 10^5$ a); $\sigma_f = 531$ b; $\sigma_\gamma = 48$ b

$^{239}\text{Pu}_{94}$ ($T_{1/2} = 2.411 \cdot 10^4$ a); $\sigma_f = 742$ b; $\sigma_\gamma = 269$ b

$^{241}\text{Pu}_{94}$ ($T_{1/2} = 14.4$ a); $\sigma_f = 1009$ b; $\sigma_\gamma = 368$ b

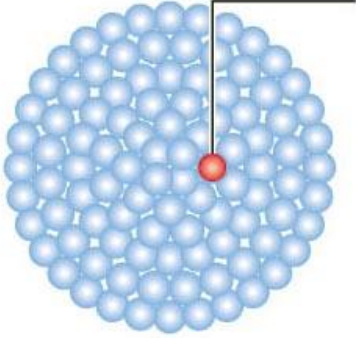
$^{242\text{m}}\text{Am}_{95}$ ($T_{1/2} = 141$ a) “production rate: 35 %, $\sigma_f = 6600$ b; $\sigma_\gamma = 1400$ b”

$^{245}\text{Cm}_{96}$ ($T_{1/2} = 8500$ a) “ $\sigma_f = 2020$ b; $\sigma_\gamma = 345$ b”

1 barn (b) = 10^{-24}cm^2

Uranyum İzotop Zenginlik Yüzdesi

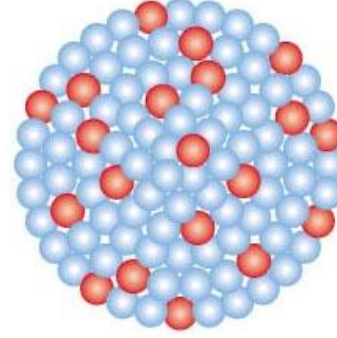
DOĞAL URANYUM



%0.7

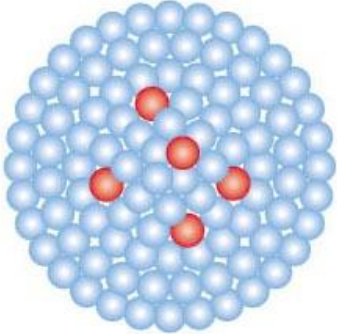
Doğal uranyumun içinde U-235 izotopunun oranı yüzde 0.7'dir. Maddenin yapısında ağırlıklı olarak U-238 izotopları bulunur.

ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ URANYUM



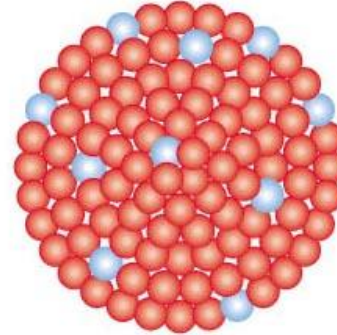
Maddenin içindeki U-235 izotopları **%20 seviyesine** çıkarıldığında elde edilen ürün nükleer bomba yapımında kullanılabilir. Ancak tehlikeli kütle seviyesine ulaşmak için çok büyük miktarda uranyum ve patlayıcı gerekir.

DÜŞÜK ORANDA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ URANYUM



Uranyumun içindeki U-235 izotopu **%3-5 seviyesine** çıkarıldığında elde edilen madde nükleer reaktörlerde yakıt olarak kullanılabilir.

YÜKSEK ORANDA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ URANYUM



Maddenin içindeki U-235 izotopları **%90 seviyesine** ulaştığında elde edilen ürün atom bombası yapımında, araştırma reaktörlerinde ve deniz araçlarında kullanılabilir.

Nükleer enerjinin kısa tarihçesi

- İkinci dünya savaşı sırasında Amerikan bilim adamları **Manhattan Projesi'nde atom bombası** geliştirdiler.
- Halk tarafından duyulması, **1945 yılında Hiroshima ve Nagazaki'ye** ABD hava kuvvetlerinin çok güçlü bir bombayı atması ile başlamıştır (**nükleer enerjinin talihsizliği**).
- Senatör Mc Mahon, Amerikan Kongresi'ne bir kanun teklifi ile "**Atom enerjisi yalnız ulusal savunma için kullanılmalı**, atom enerjisi ile ilgili bilgi ve uygulamaların gizliliği sıkı bir kontrol altına alınarak, **özel sektörde geliştirilmesi tamamen yasaklanmalıdır**" demişti.
- Bundan sonra **nükleer malzeme ve nükleer teknolojinin yayılmasını önlemek**, Amerikan dış politikasının önemli bir parçası olmuştur.



- 82 yıl önce (Aralık 2, 1942) İtalyan göçmeni fizikçi Enrico Fermi, Amerikalı ve Avrupalı fizikçilerle birlikte Chicago Üniversitesi'nde tarihi bir deney yaparak **fisyon reaksiyonun kontrol edilebileceğini göstermiştir.**
- **1953 yılında Sovyetler birliği hidrojen bombasını,** daha sonra ise İngiltere'nin atom bombasını denemesi, **Amerikan gizlilik politikasının yürümediğini göstermiştir.**
- Neticede ABD başkanı Eisenhower "**Sulh için Atom**" politikası ile atom enerjisinin sulhçu maksatlarca kullanılması programını başlattı. Aynı zamanda, bu politika ile nükleer malzeme ve teknolojinin askeri maksatlara yöneltilmesini kontrol için **1957 yılında Uluslar arası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) kuruldu.**
- 1950'lerin sonuna doğru, nükleer enerji teknolojisi **ABD, Sovyetler birliği ve Avrupa'da hızla yayılmaya başladı.**
- **İngiltere ilk nükleer santrali 1956'da (90MWe) Calder Hall'da kurdu.**
- **Fransa hızla nükleer güç reaktörlerini kurmaya ve teknolojisini geliştirmeye başladı.**
- **Japonya, Kore ve diğer Pasifik ülkeleri,** nükleer güç için planlar yapıp, yatırımlar yaptılar ve elektrik enerjisi üretiminde nükleer reaktörler hakim oldu.
- **Neticede 80 sene önce hiç bilinmeyen bir teknoloji, bugün esaslı bir endüstri kolu olarak gelişmiş oldu.**

Nükleer enerjinin Türkiye'deki kısa tarihçesi

- **1956:** Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği kuruldu.
- 1969: imzaladığımız **nükleer silahların yayılmasını önlenmesi** için uluslar arası anlaşma.
- 1970: 400 MWe PWR fizibilite çalışması başladı.
- **1974: Akkuyu belirlendi.**
- 1976: Akkuyu yer lisansı verildi.
- 1977: NGS için ihale yapıldı. Tek aday İsveçli firma ile anlaşma iptal edildi.
- 1982: Akkuyu ve Sinop için ihale kararı alındı.
- 1985: Kanadalı firma ile anlaşma iptal edildi.
- 1993: NGS kurulması için ulusal yatırım planı içine alındı.
- 1996: Akkuyu 2000 MW NGS için ihale başlatıldı. Ekonomik sebeplerle ihale iptal edildi.
- 2006: 4500 MW 3 NGS için karar alındı.
- 2008: Akkuyu için ihale süreci başladı ve sona erdi.
- **2010: Rusya Federasyonu ile Akkuyu NGS için devletler arası anlaşma imzalandı.**

Türkiye'deki İnsan Kaynağı:

1961:İTÜ Lisansüstü Nükleer Mühendislik eğitimi başladı (2003 yılında Nükleer Enerji Enstitüsü-Enerji Enstitüsü olarak değiştirildi).

Türkiye'de ilk nükleer çalışma ve araştırmalar:

1962: İstanbul'da Küçükçekmece gölü kıyısında kurulan 1 MW'lık TR-1 araştırma reaktörüyle başladı.

1980'ler de bu reaktörün gücü 5 MW'a çıkarıldı (TR-2).

1979 : İTÜ TRIGA Mark-II Nükleer Araştırma ve Eğitim Reaktörü bulunmaktadır (TRIGA-Training Research Isotope Production General Atomic).

1982: Hacettepe Üniversitesi Müh. Fak. Nükleer Enerji Müh. açıldı.

1983: Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü (Y.Lisans ve Doktora)

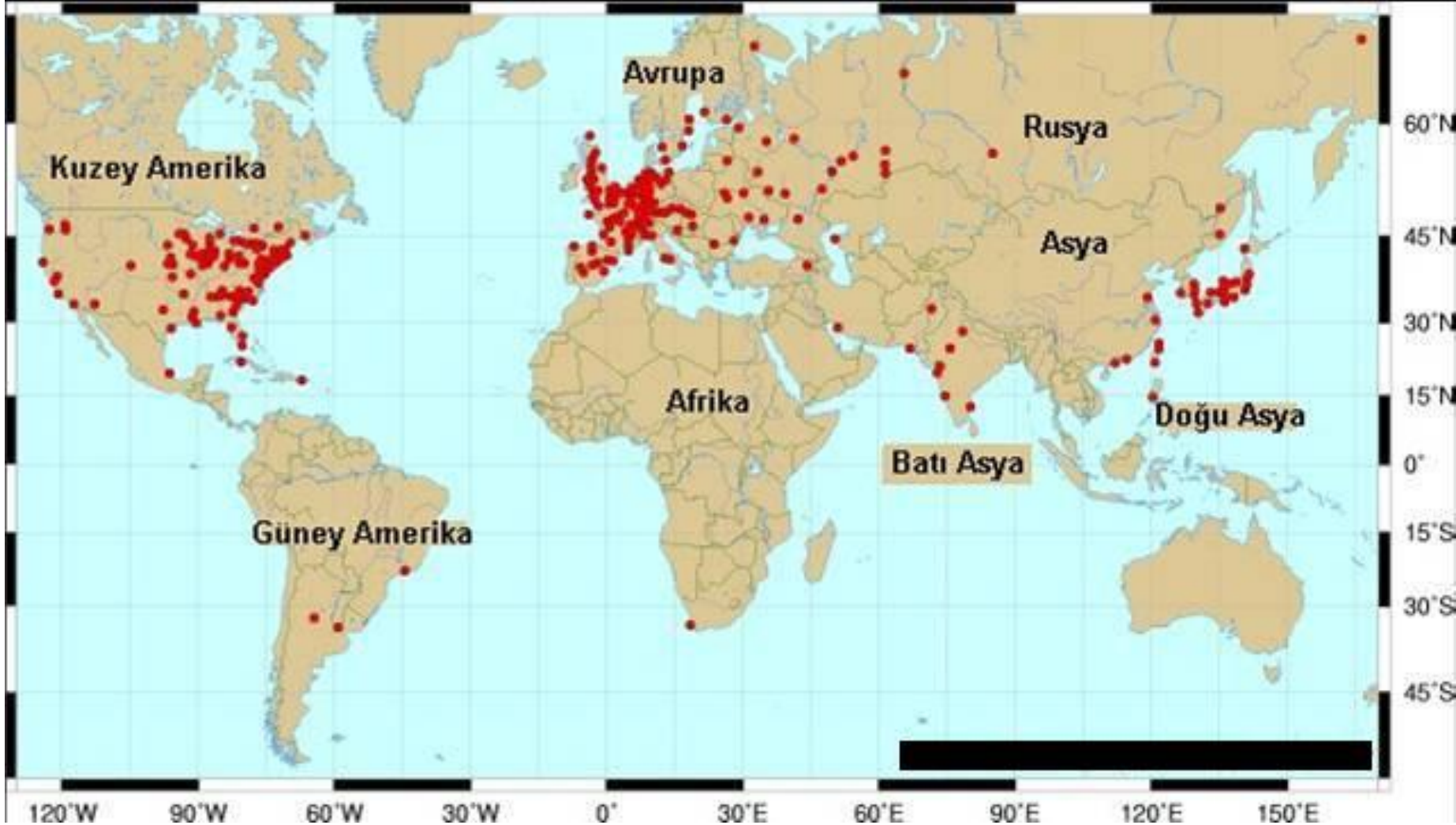
2006: Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü (Y.Lisans ve Doktora)

2013: Sinop Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Nükleer Enerji Müh. açıldı.

Ayrıca Türk Üniversitesinde Nükleer Bilimler alanında yüzlerce doktoralı bilim insanı da mevcuttur.

DÜNYADAKİ NÜKLEER SANTRALLERİN DAĞILIMI

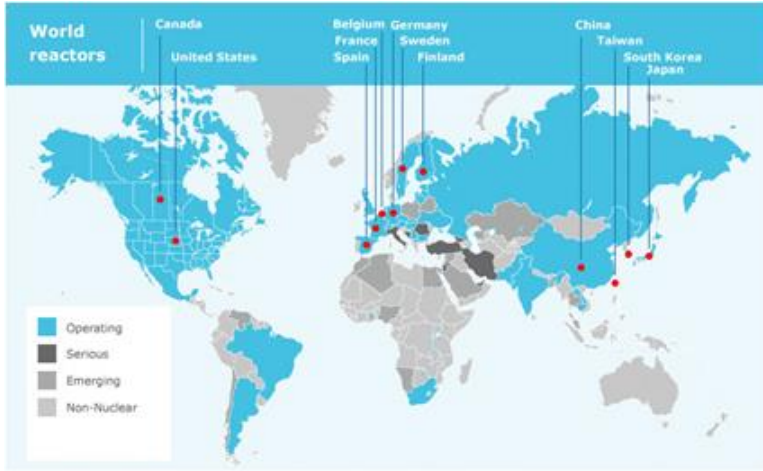
36 ülkede toplam 448 adet



DÜNYADAKİ ENERJİ TÜKETİMİ

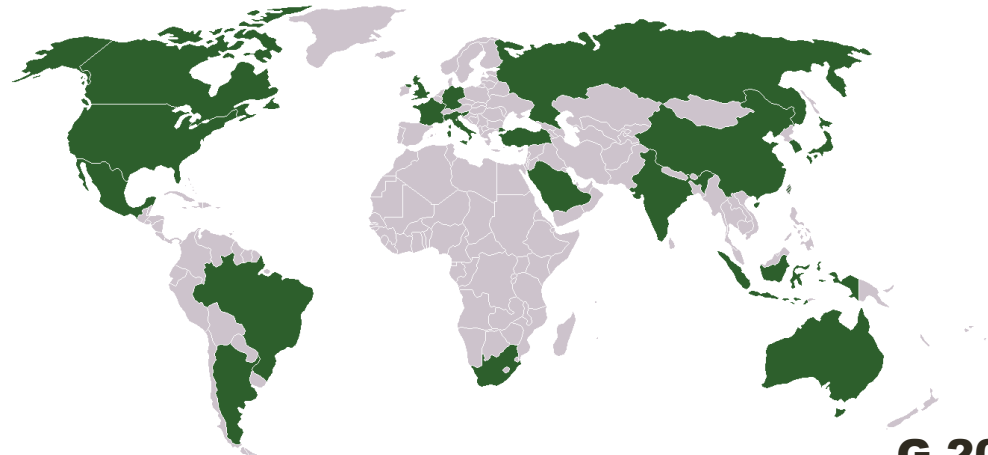


Nükleer Santral İşleten Ülkeler



G-7 Ülkeleri

Nükleer Santral İşleten Ülkeler



G-20 Ülkeleri

(June 2021)

Country or area	Nuclear share of electricity (%)											Nuclear electricity production (billion kWh)	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2019	2020
Argentina	5.9	5.0	4.7	4.4	4.0	4.8	5.6	4.5	4.7	5.9	7.5	7.9	10.0
Armenia	39.4	33.2	26.6	29.2	30.7	34.5	31.4	32.5	25.6	27.8	34.5	2.0	2.6
Belarus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0.3
Belgium	51.1	54.0	51.0	52.1	47.5	37.5	51.7	49.9	39.0	47.6	39.1	41.4	32.8
Brazil	3.1	3.2	3.1	2.8	2.9	2.8	2.9	2.7	2.7	2.7	2.1	15.2	13.2
Bulgaria	33.1	32.6	31.6	30.7	31.8	31.3	35.0	34.3	34.7	37.5	40.8	15.9	15.9
Canada	15.1	15.3	15.3	16.0	16.8	16.6	15.6	14.6	14.9	14.9	14.6	94.9	92.2
China:													
- Mainland	1.8	1.9	2.0	2.1	2.4	3.0	3.6	3.9	4.2	4.9	4.9	330.1	344.7
- Taiwan	19.3	19.0	18.4	19.1	18.9	16.3	13.7	9.2	11.4	13.4	12.7	31.1	30.3
Czech Rep	33.3	33.0	35.3	35.9	35.8	32.5	29.4	33.1	34.5	35.2	37.3	28.6	28.4
Finland	28.4	31.6	32.6	33.3	34.6	33.7	33.7	33.2	32.4	34.7	33.9	22.9	22.4
France	74.1	77.7	74.8	73.3	76.9	76.3	72.3	71.6	71.7	70.6	70.6	382.4	338.7
Germany	28.4	17.8	16.1	15.5	15.8	14.1	13.1	11.6	11.7	12.4	11.3	71.1	60.9
Hungary	42.1	43.2	45.9	50.7	53.6	52.7	51.3	50.0	50.6	49.2	48.0	15.4	15.2
India	2.9	3.7	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	3.2	3.1	3.2	3.3	40.7	40.4
Iran	0	0	0.6	1.5	1.5	1.3	2.1	2.1	2.1	1.8	1.7	5.9	5.8
Japan	29.2	18.1	2.1	1.7	0	0.5	2.2	3.6	6.2	7.5	5.1	65.7	43.0
Korea, S	32.2	34.6	30.4	27.6	30.4	31.7	30.3	27.1	23.7	26.2	29.6	138.8	152.6
Mexico	3.6	3.6	4.7	4.6	5.6	6.8	6.2	6.0	5.3	4.5	4.9	10.9	10.9
Netherlands	3.4	3.6	4.4	2.8	4.0	3.7	3.4	2.9	3.0	3.2	3.3	3.7	3.9
Pakistan	2.6	3.8	5.3	4.4	4.3	4.4	4.4	6.2	6.8	6.6	7.1	9.1	9.6
Romania	19.5	19.0	19.4	19.8	18.5	17.3	17.1	17.7	17.2	18.5	19.9	10.4	10.6
Russia	17.1	17.6	17.8	17.5	18.6	18.6	17.1	17.8	17.9	19.7	20.6	195.5	201.8
Slovakia	51.8	54.0	53.8	51.7	56.8	55.9	54.1	54.0	55.0	53.9	53.1	14.3	14.4
Slovenia	37.3	41.7	36.0	33.6	37.2	38.0	35.2	39.1	35.9	37.0	37.8	5.5	6.0
South Africa	5.2	5.2	5.1	5.7	6.2	4.7	6.6	6.7	4.7	6.7	5.9	13.6	11.6
Spain	20.1	19.5	20.5	19.7	20.4	20.3	21.4	21.2	20.4	21.4	22.2	55.9	55.8
Sweden	38.1	39.6	38.1	42.7	41.5	34.3	40.0	39.6	40.3	34.0	29.8	64.4	47.4
Switzerland	38.0	40.8	35.9	36.4	37.9	33.5	34.4	33.4	37.7	23.9	32.9	25.4	23.0
United Arab Emirates	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	0	1.6
UK	15.7	17.8	18.1	18.3	17.2	18.9	21.2	19.3	17.7	15.6	14.5	51.0	45.9
Ukraine	48.1	47.2	46.2	43.6	49.4	56.5	52.3	55.0	53.0	53.9	51.2	78.1	71.5
USA	19.6	19.2	19.0	19.4	19.5	19.5	19.7	20.0	19.3	19.7	19.7	809.4	789.9
TOTAL												2657	2553

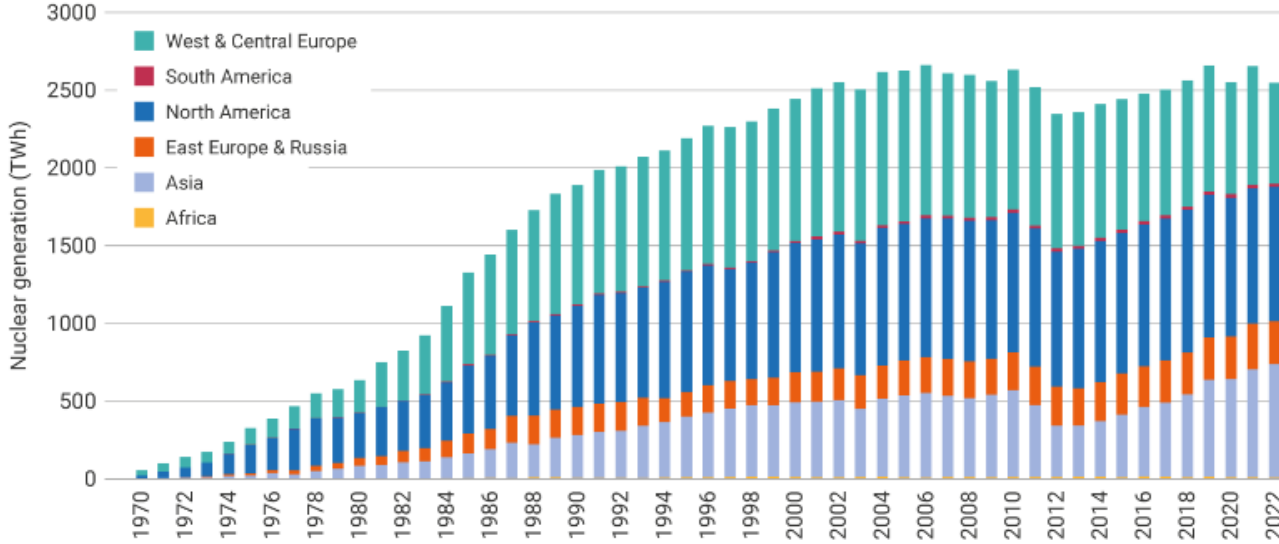
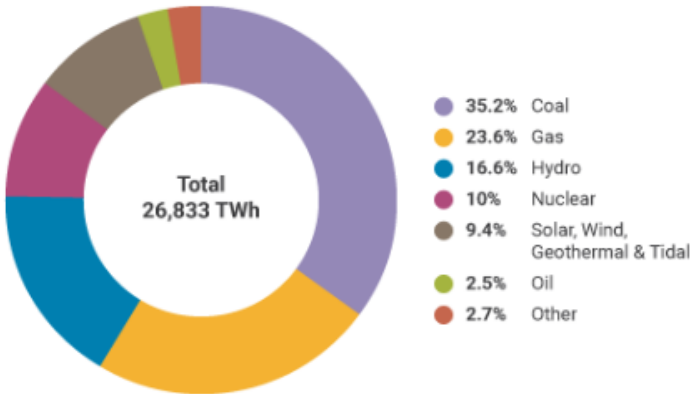


Figure 1: Nuclear electricity production (source: World Nuclear Association, IAEA PRIS)



Source: IEA

Figure 2: World electricity production by source 2020 (source: International Energy Agency)

- Küresel nükleer enerji kapasitesi, iklim hedeflerine ulaşmak için **2050 yılına kadar en az üç katına** çıkmalı ve dünyamızın ihtiyaç duyduğu enerji güvenliğini sağlamaya devam etmelidir.
- Bu tablo nükleer enerjinin bugün emisyonların azaltılmasına nasıl yardımcı olduğunu ve **sürdürülebilir bir net sıfır emisyon** geleceğine nasıl katkıda bulunabileceğini özetlemektedir.

-Nükleer Enerji teknolojisi kendini ispatlamış bir teknolojidir, onlarca yıl ömrünü doldurup kapatılanlarla binlerce santral çalışmıştır-

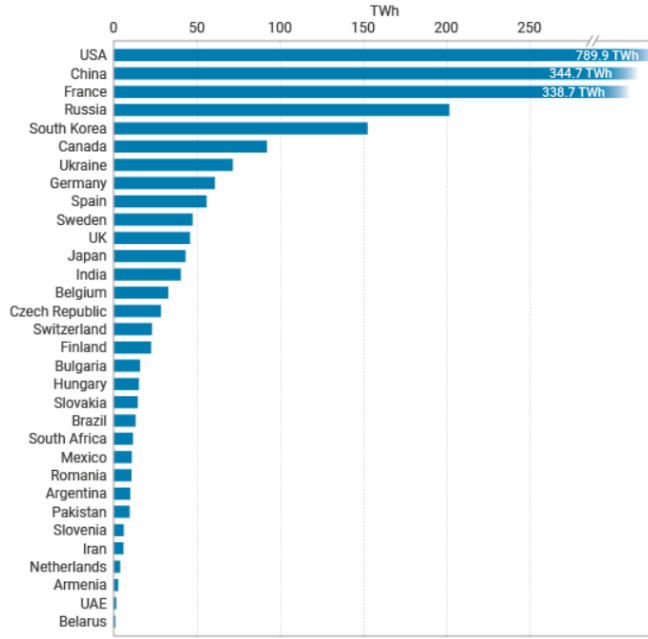
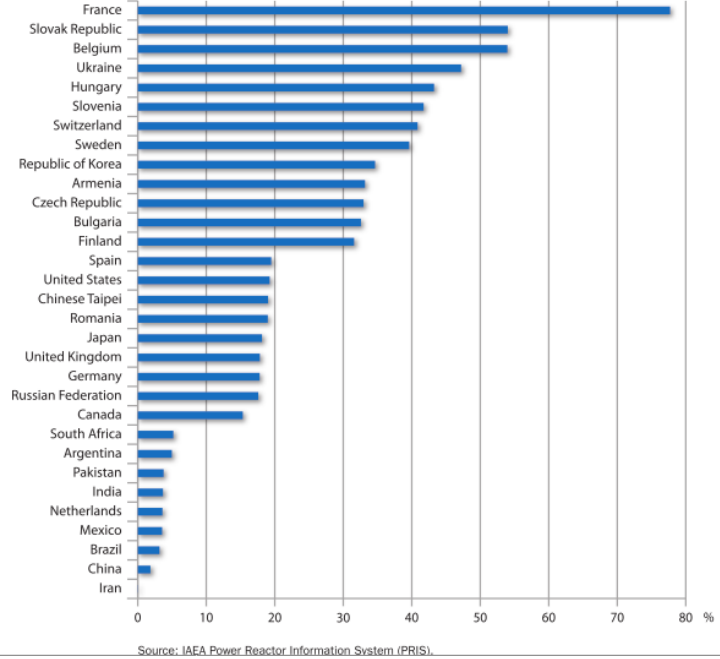


Figure 4: Nuclear generation by country 2020 (source: IAEA PRIS)



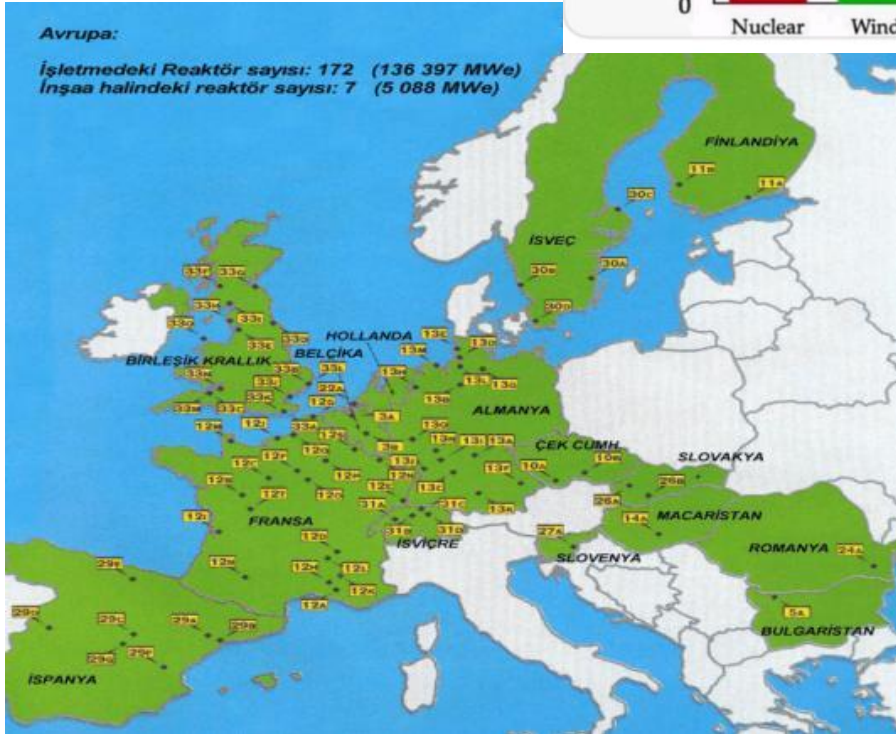
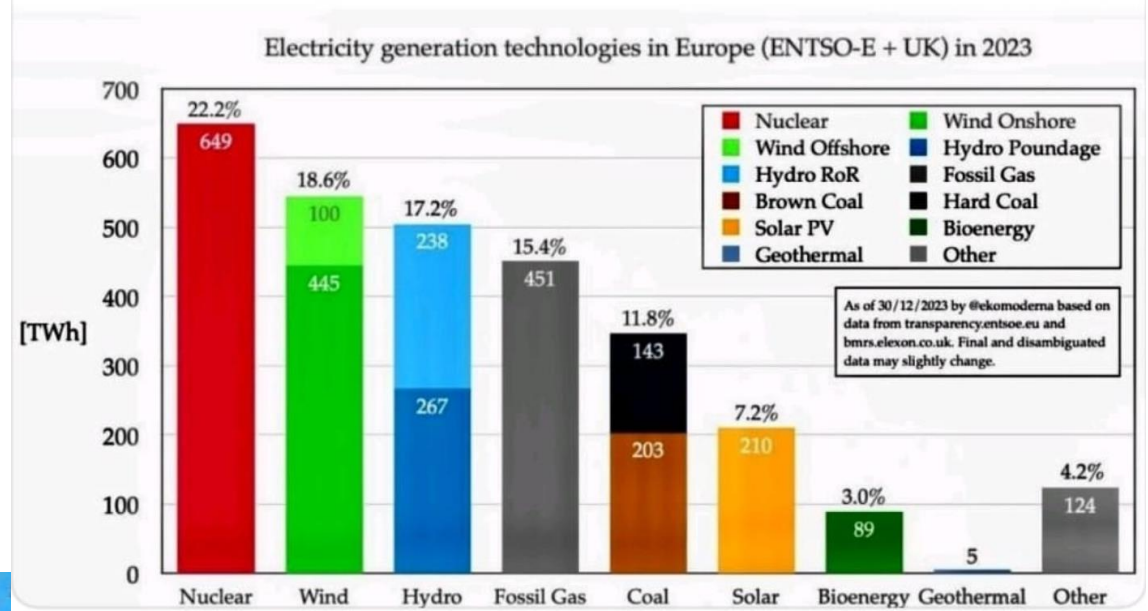
Source: IAEA Power Reactor Information System (PRIS)

2022 yılı rakamlarına göre

- ✓ Dünyada 36 ülkede toplam 448 adet nükleer santral yılda 2553 milyar kWh elektrik üretmektedir.
- ✓ Türkiye'nin tüm kaynaklarından üretilen elektrik 306 milyar kWh'dır. Yani Türkiye'nin **8.5 katı** dünyada sadece nükleer enerji ile üretilmektedir.
- ✓ ABD de 98 adet % 20 pay (789.9 kWh/306 kWh = Türkiye'nin ~2.5 katı),
- ✓ Fransa 58 adet % 70 pay (338.8 kWh/306 kWh = Türkiye'nin ~1.1 katı),
- ✓ Japonya, Rusya, G. Kore, Kanada, Çin, İngiltere, İsveç, İsviçre, Almanya, İspanya, Ukrayna, Finlandiya, Hindistan gibi ülkeleri sayabiliriz.
- ✓ Dünya'nın en temiz ülkelerinden sayılan İsveç'te % 30 (7 adet), İsviçre'de % 33 (4 adet)'dir.
- ✓ Ayrıca, dünyada 100'lerce nükleer denizaltılar, uçak gemileri de vardır.

Avrupa İletim Sistemi Operatörleri Ağı

ENTSO-E, the European
Network of Transmission
System Operators



Uluslararası Enerji Ajansı'nın yaptığı çalışmalara göre şu anda 14 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) olan dünya birincil enerji tüketimi.

ÜLKE	2013	2014	2015	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
Çin	2.903,9	2.970,3	3014,0	22,9%	1
ABD	2.271,7	2.300,5	2.280,6	17,3%	2
Hindistan	626,0	666,2	700,5	5,3%	3
Rusya	688,0	689,8	666,8	5,1%	4
Japonya	465,8	453,9	448,5	3,4%	5
Kanada	335,0	335,5	329,9	2,5%	6
Almanya	325,8	311,9	320,6	2,4%	7
Brezilya	290,0	297,6	292,8	2,2%	8
Güney Kore	270,9	273,1	276,9	2,1%	9
İran	247,6	260,8	267,2	2,0%	10
Suudi Arabistan	237,4	252,4	264,0	2,0%	11
Fransa	247,4	237,5	239,0	1,8%	12
Endonezya	175,0	188,3	195,6	1,5%	13
Birleşik Krallık	201,4	188,9	191,2	1,5%	14
Meksika	188,9	190,0	185,0	1,4%	15
İtalya	155,7	146,8	151,7	1,2%	16
İspanya	134,2	132,1	134,4	1,0%	17
Avustralya	130,7	129,9	131,4	1,0%	18
Türkiye	120,3	123,9	129,3	1,0%	19
Tayland	120,3	123,4	124,9	0,9%	20
Güney Afrika	124,6	128,0	124,2	0,9%	21
Tayvan	109,9	111,4	110,7	0,8%	22
BAE	97,2	99,0	103,9	0,8%	23
Polonya	96,0	92,4	95,0	0,7%	24
Ukrayna	114,7	101,0	85,1	0,6%	25
TOPLAM	12.873,1	13.020,6	13.147,3	100,0%	

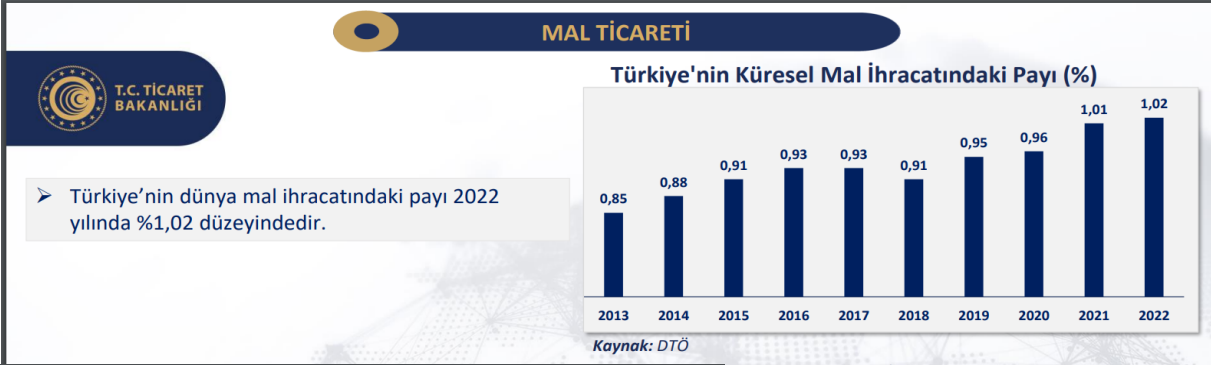
Dünya: ~14 milyar TEP
Türkiye: ~ 140 milyon TEP (~% 1)
Kaynak: ETKB-EİGM (2020)

Türkiye ihracat Gelişimi



Tablo 1 - Türkiye ve dünya ihracat değerleri ile Türkiye'nin dünya ihracatındaki payı

(Milyar \$ Cinsinden)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Türkiye	31	36	47	63	74	86	107	132	102	114	135	153
Dünya	6.119	6.420	7.471	9.101	10.389	12.043	13.849	15.974	12.321	15.048	18.001	18.058
Pay (%)	0,51	0,56	0,63	0,69	0,71	0,71	0,77	0,83	0,83	0,76	0,75	0,84



Dünya: ~14 milyar TEP
Türkiye: ~ 140 milyon TEP (~% 1)
Kaynak: ETKB-EİGM (2020)

MAKROEKONOMİK GÖRÜNÜM

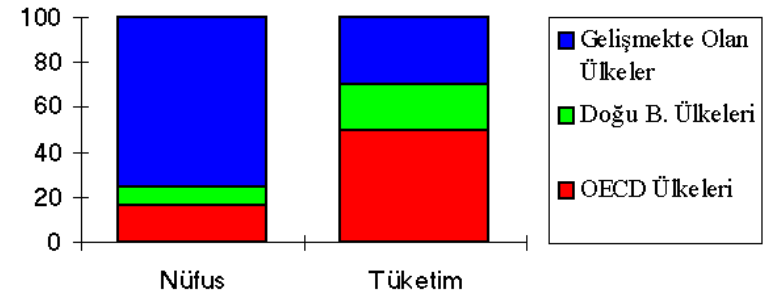
T.C. TİCARET BAKANLIĞI

2023-2025 Orta Vadeli Program Mal Ticareti Hedefleri

	2022	2023 (P)	2024 (P)	2025 (P)
İhracat (Milyar \$) (GTS)	254,2	265,0	285,0	305,0
İthalat (Milyar \$) (GTS)	364,4	345,0	363,0	384,0
Dış Ticaret Dengesi (GTS, Milyar Dolar)	-110,2	-80,0	-78,0	-79,0
Dış Ticaret Hacmi (GTS/GSYH (%))	68,2	70,3	68,1	64,7
İhracat/İthalat (%)	69,8	76,8	78,5	79,4

Kaynak: T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı
P: Program

Dünya Nüfusu ve Enerji Tüketimi



İleri Teknolojiler

Nükleer Teknoloji

Uydu/Uzay Teknolojisi

Uçak/Havacılık Teknolojisi



ABD, Fransa, İngiltere,
Almanya, Japonya

Rusya, Çin, Hindistan



Santral Teknolojileri

Nükleer Güvenlik Sınıfı
Ekipmanlar

1. Sınıf

2. Sınıf

3. Sınıf

4. Sınıf

Nükleer Olmayan
Güvenlik Sınıfı
(Endüstriyel)



Nükleer

Termik

Hidroelektrik

Sismik Kategori I

Sismik Kategori II

Sismik Kategori III

Q Kalite Sınıfı

T Kalite Sınıfı

R Kalite Sınıfı

S Kalite Sınıfı

Risk Bazlı Sınıflandırma

Risk Induced

Safety Class

RISC I, II, III, IV

NÜKLEER TEKNOLOJİYE SAHİP ÜLKELER

ABD-FRANSA-ÇİN-RUSYA-HİNDİSTAN İNGİLTERE-G.KORE-ALMANYA-
KANADA-UKRAYNA-İRAN

ÜLKE SAYISI: 11

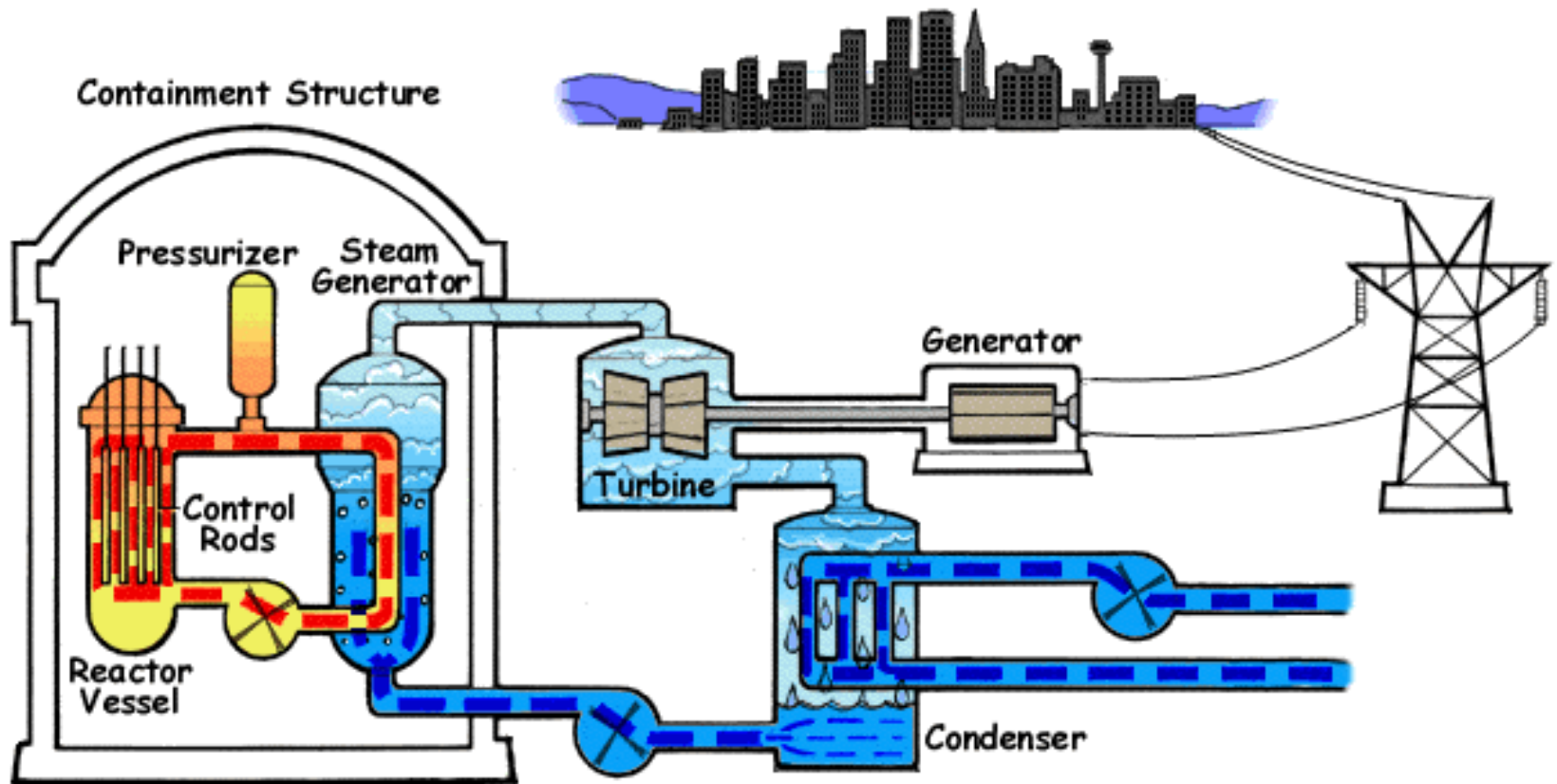
NÜKLEER SANTRALE SAHİP ÜLKELER

ÜLKE SAYISI: 30

TÜRKİYE İLK LİSTEYE GİRMELİDİR!?

NÜKLEER SANTRALLER

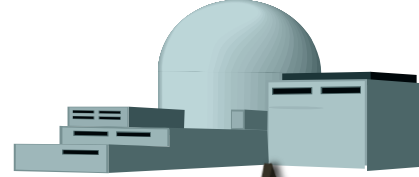
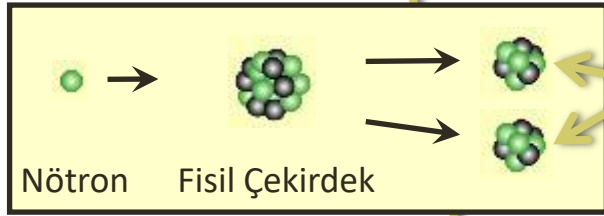
PWR CANLANDIRMA



Günümüz Reaktörleri

Hafif Su Reaktörleri (LWR)

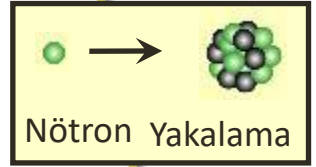
Zenginleştirilmiş Uranyum



Fiyon Ürünleri

Transuranic

Nukleer Atıklar



H																			He
Li	Be											B	C	N	O	F			Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl			Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe
Cs	Ba	*	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
Fr	Ra	*	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus		Uuo

↓

*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
*	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Actinitler:

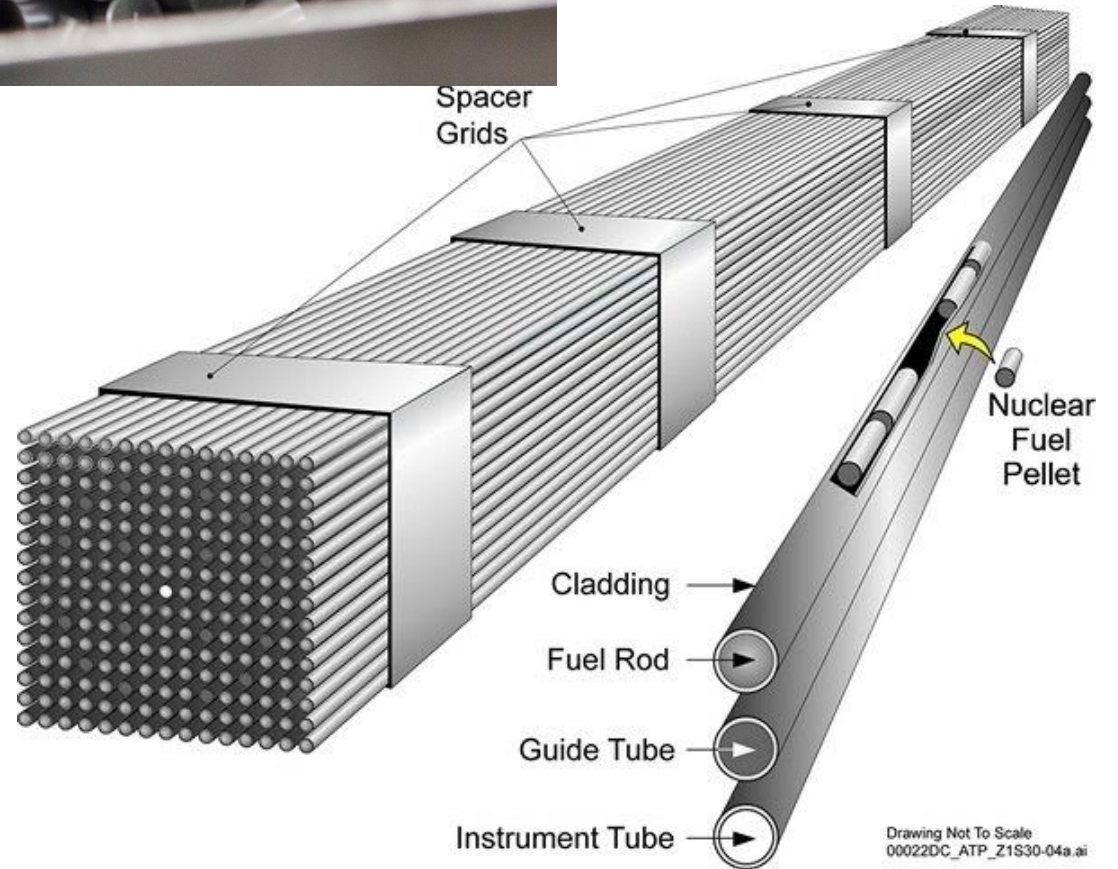
Günümüzde çoğu reaktör hafif su reaktörlerini (LWR) kullanmaktadır.

LWR'lerin aşağıda dezavantajları sıralanmıştır:

- ❑ Uranyum-238'in düşük bölünme verimi nedeniyle **her 1-3 yıl arasında yeni yakıt eklenmelidir.**
- ❑ İster yeniden işlensin isterse atık olarak imha edilsin kullanılmış yakıtta **Pu-239** bulunması,
- ❑ **Termal verimlilik %35 ile sınırlıdır.**
- ❑ **Yüksek basınçlı soğutucu kap (>160 bar)**, olası kaza tehlikesi yaratabilmektedir.
- ❑ **Buhar patlaması tehlikesi** (Çernobil) vardır.
- ❑ Yüksek kalp radyoaktivitesi kazaların en büyük kaynağıdır.
- ❑ **Yüksek miktarda oluşan atıkların** bertarafı sorundur.
- ❑ Three Mile Island ve Fukushima'da yaşanan benzer şekilde reaktör kalbinin aşırı ısınması nedeniyle **yakıt çubuklarının erime tehlikesi vardır.**
- ❑ **Radyasyon hasarı yakıtın ve koruyucu kılıfların ömrünü sınırlamaktadır.**
- ❑ Fukushima kazasında olduğu gibi kaza sırasında **Hidrojen üretimi olasılığı vardır.**
- ❑ Xenon-135 (**Zenon**) zehirlenmesi, aşırı yüksek kalp reaktivitesi ve dikkatli güç kontrolü gerektirmektedir.
- ❑ Bir kerelik mevcut yakıt çevrimleri, **uranyum enerjisinin yaklaşık %2'sini kullanmaktadır** ve büyük hacimlerde yüksek seviyeli radyoaktif atık üretmektedir.

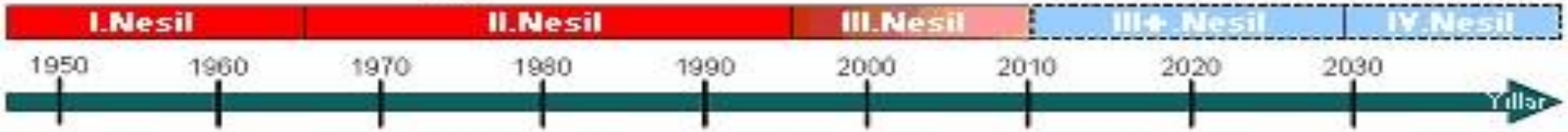


Sinterlenmiş yakıt peletleri



Yakıt demetlerinin montajı

NÜKLEER SANTRALLERİN EVRİMİ



Nesil-I

İlk prototip Reaktörler

Nesil-II

Ticari Nükleer santraller

Nesil-III

İleri tip hafif su ve ağır su reaktörleri

Nesil-III+

Evrimsel dizayn, düşük maliyet

Nesil-IV

Çok ekonomik
Yüksek emniyet
Minimal atık
Nükleer silaha uygun değil

IV. Nesil Nükleer Reaktörler

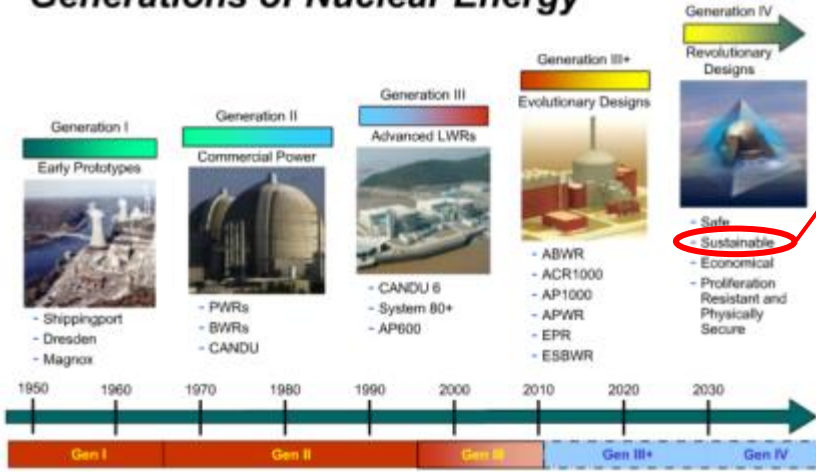
- Daha **güvenli, daha verimli, yakıt kullanım potansiyeli bol, sürdürülebilir** enerji sağlar.
- Yüksek teknoloji kullanımı gerekir.
- **Bugünkü teknoloji** ile sadece U-235 yakıtı kullanılmaktadır.
- **Yakın gelecekte Th kullanılacaktır.**
- Th rezervleri U göre 3 kat daha fazladır.
- Th + Pu-239 yakıt karışımı (RGPu ve WGPu)
- Böylece bugünkü yakıt kullanım potansiyeli 4 kat artacak (% 400)
- Dünya genelinde yaklaşık 250 ton nükleer savaş başlığında Pu bulunmaktadır (WGPu)
- Filyon (LWR, vb.) reaktörlerinden çıkan tonlarca nükleer aktinitler (atıklar)-MA yeniden yakıt olarak kullanılabilir

IV. Nesil Reaktörler

- Gaz (He gazı) soğutmalı hızlı reaktör (**GFR**)
- Çok yüksek sıcaklık reaktörü (**VHTR**)
- Kurşun soğutmalı hızlı reaktör (**LFR**)
- Ergimiş tuz soğutmalı hızlı reaktör (**MSFR**)
- Süper kritik-su (kızgın su buharı) soğutmalı reaktör (**SCWR**)
- Sodyum soğutmalı hızlı reaktör (**SFR**)

Generation IV International Forum (GIF), IV. nesil reaktörlerin gelişimini koordine eden uluslararası bir organizasyondur.

Generations of Nuclear Energy



Sürdürülebilirlik:

- Nükleer atıkları en aza indirmesi
- Alternatif nükleer yakıt kullanım olanağı sağlanması

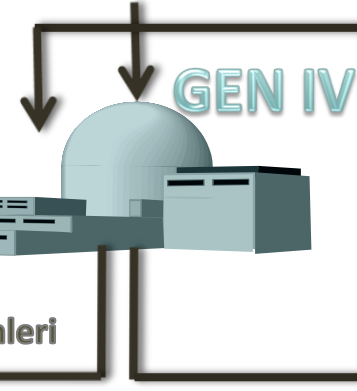
Kapalı Çevrim

Zenginleştirilmiş
Uranyum



Fertil malzemeler: Thoryum veya U238

Transuranics
= Fuel



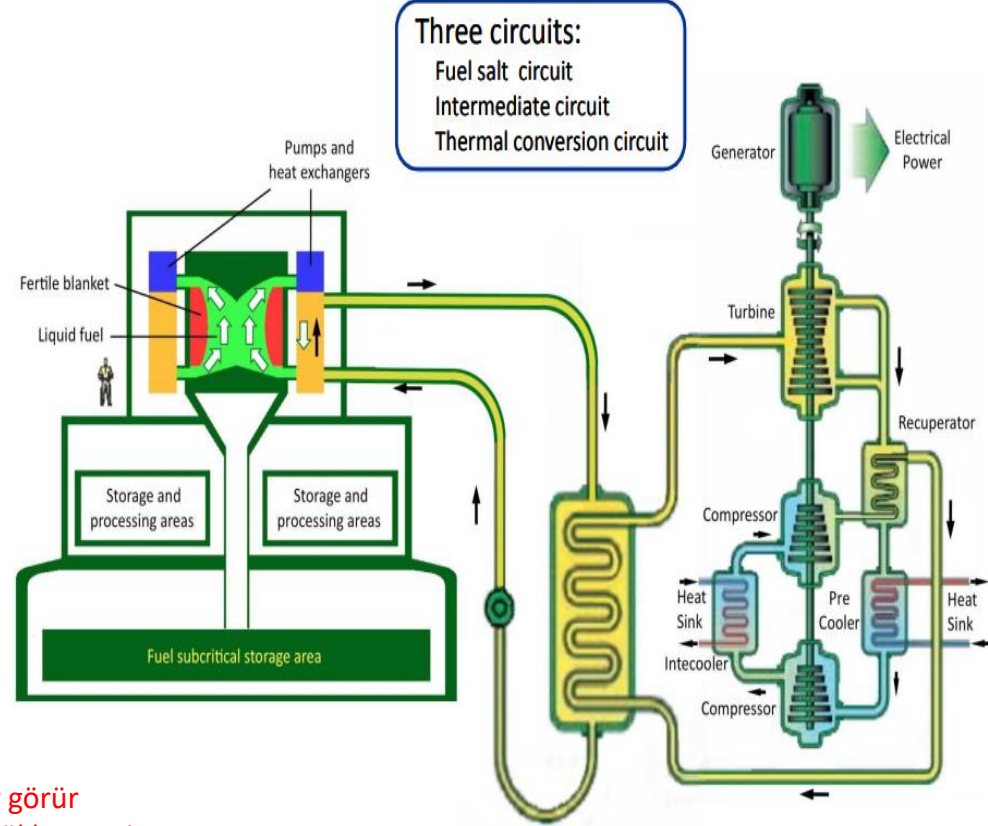
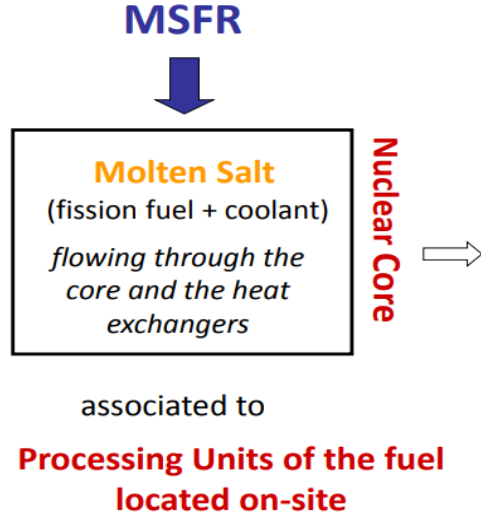
Breeds:
Fisil
U233 or Pu
= Yakıt

2002'lerden beri: **Erimiş Tuz Reaktörü** = IV. Nesil Uluslararası Forumu (GIF) tarafından seçilen 6 reaktör konseptinden biridir. Teknolojik hedefler şunlardır:

- Güvenli ve Emniyetli Sistemler-Düşük basınç, yüksek sıcaklık şartlarında çalışma
- Sürdürülebilir Nükleer Enerji-alternatif (Th, U-238, TRU) yakıtların kullanımı
- Rekabetçi Nükleer Enerji-Daha ekonomik (Modüler)
- Silahsızlanma Direnci ve Fiziksel Koruma-Nükleer silahların yayılmasını önleme

Erimiş Tuz Soğutmalı Hızlı Reaktör (MSFR)

Molten Salt Fast Reactor (MSFR)



ETR Özellikleri

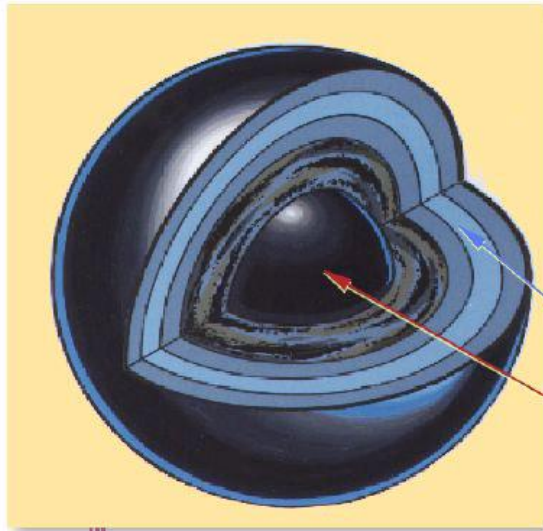
- **Sıvı yakıt**
 - Erimiş yakıt tuzu hem yakıt hem de soğutucu olarak işlev görür
 - Reaktör çalışması sırasında yakıtın yeniden işlenmesi ve yüklenmesi
- **Çekirdekte kontrol çubukları yok**
 - Reaktivite, HX + yakıt tuzu geri besleme katsayılarındaki ısı transfer oranı, yakıt tuzu kütlelerinin geometrisi tarafından kontrol edilir
 - Nötron akısı şeklini kontrol etme gerekliliği yoktur (DNB yok, tek tip yakıt ışınlaması, vb.)
- **Yakıt tuzu boşaltma**
 - Soğuk kapatma, erimiş tuzun yakıt devresinden boşaltılmasıyla elde edilir
 - Yakıt boşaltma işlemi pasif olarak veya operatör tarafından yapılabilir

ETR'lerde kullanılan Tuzun Özellikleri

- Reaktör kapatıldığında **kordaki ısı atmosfer basıncındaki tuz tarafından soğurulur**. Halbuki su soğutmalı reaktörlerde (LWR) ısıyı atmak için **basınçlı suyun sirkülasyonu gerekir**.
- **Tuz yüksek kaynama noktasına ve mükemmel nötron ekonomisine sahiptir**. Bu durum taze yakıt yüklemesini kolaylaştırır. Aynı zamanda fisyon ürünleri de yakıttan çekilebilir.
- Sıvı yakıt çevrimi (Tuz-yakıt karışımı) **hem Th hem de U-238 kullanımından kaynaklı fisil izotopların üremesini sağlar** (U-233 ve Pu izotopları) aynı zamanda Pu izotopları yakıldığı için silahsızlanmayı da destekler.
- Nükleer atık olan **Minor aktinitlerin (MA) bertaraf edilmesine** imkân verir.
- Ayrıca sıvı yakıt çevrimi **parçalanma atıklarının temizlenmesine ve reaktör devrede iken yeni yakıt enjeksiyonuyla kritikliğin kontrolüne** imkan verir

ETR TEKNOLOJİSİ **TÜRKİYE'NİN** KÜRESEL ÖLÇEKTE İTİBARINI VE ÖNEMİNİ ARTIRACAK

- Türkiye'nin **nükleer enerjiye sahip olmasının** kilometre taşı 4. Nesil Reaktör teknoloji olan ETR teknolojisinin kurulmasından geçmektedir.
- **Türkiye böylece nükleer alanda doğrudan yüksek teknolojiye girerek teknolojik sıçrama yapacaktır.**
- **4. Nesil Nükleer Reaktör Teknolojisi çok disiplinli mühendislik, malzeme bilimleri ve nükleer teknoloji alanlarında sıçrama yaparak, ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanacaktır.**
- Nükleer reaktörlere ve nükleer teknolojilerine sahip ülkelerin küresel ölçekte hem siyasi hem de ekonomik öneme sahip olduğu açıktır.
- **İleri vadede Türkiye'nin kendi toryum kaynakları enerji kaynağına dönüştürülecektir.**
- **Yeni nesil ETR'nin en önemli özelliklerinden biri, toryum ve uranyumun yanı sıra LWR atıklarını da yakıt olarak kullanabilmesidir.**



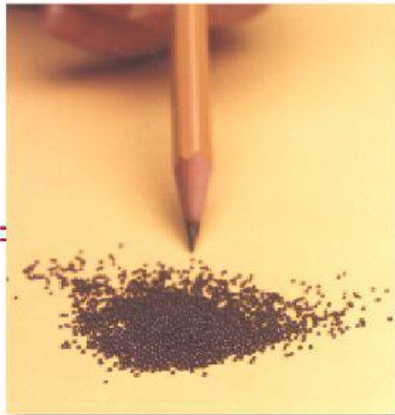
TRISO Coated Fuel Particles:

- *Lots of cladding - extremely strong*
- *Little fuel - fully encapsulated*

Each fuel particle forms a separate pressure containment vessel for the kernel (to 1000 atm)

Ceramic Coatings

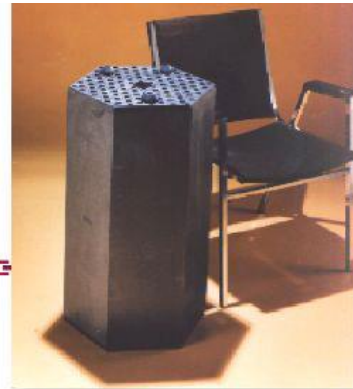
Fuel Kernel (U, Pu, Th, TRU)



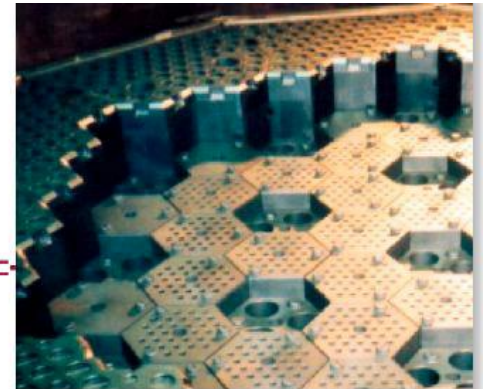
PARTICLES



COMPACTS



FUEL BLOCK

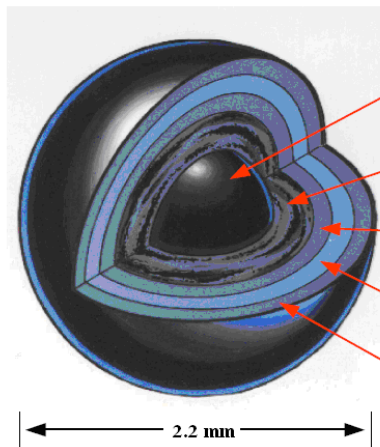
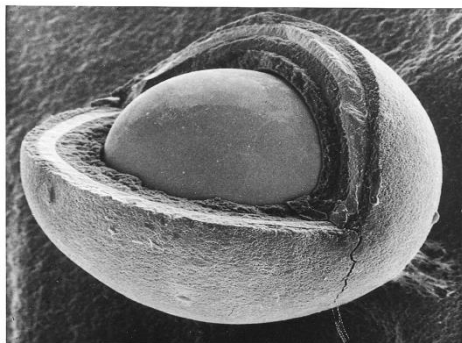


MHR CORE

Prismatic concept illustrated - Pebble Bed variant also possible

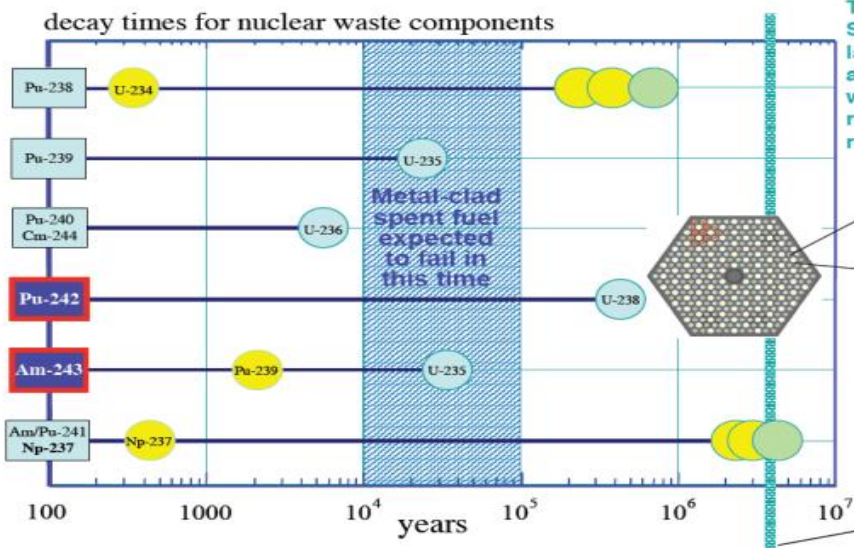
TRISO kaplama, yapı stabilitesi sağlar ve fisyon ürünleri içeride hapseder

Fuel

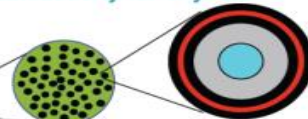


COMPONENT/PURPOSE

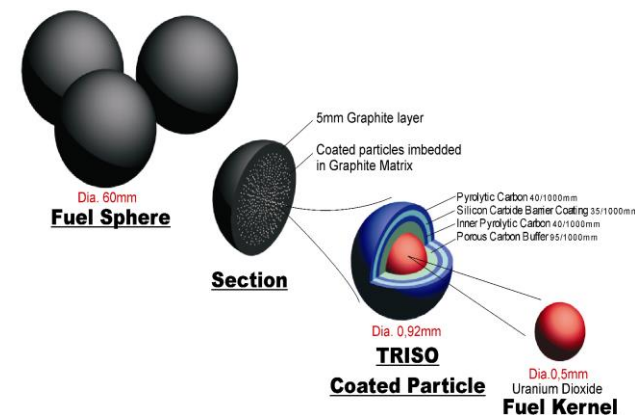
- **Fuel Kernel**
 - Provide fission energy and neutrons
 - Retain fission products
 - Control particle oxygen potential
- **Buffer layer (porous carbon layer)**
 - Attenuate fission recoils
 - Void volume for fission gases
 - Accommodates kernel swelling
- **Inner Pyrocarbon (IPyC)**
 - Prevent Cl attack of kernel during manufacture
 - Provides structural support for SiC
 - Retains gaseous fission products
- **Silicon Carbide (SiC)**
 - Primary load bearing member
 - Retain gas and metal fission product
- **Outer Pyrocarbon (OPyC)**
 - Provides structural support for SiC
 - Retains gaseous fission products
 - Provide bonding surface for compacting



TRISO High-strength Silicon Carbide / Carbon layers, and graphite blocks are virtually insoluble in water and could contain residual waste radioactivity for M-years

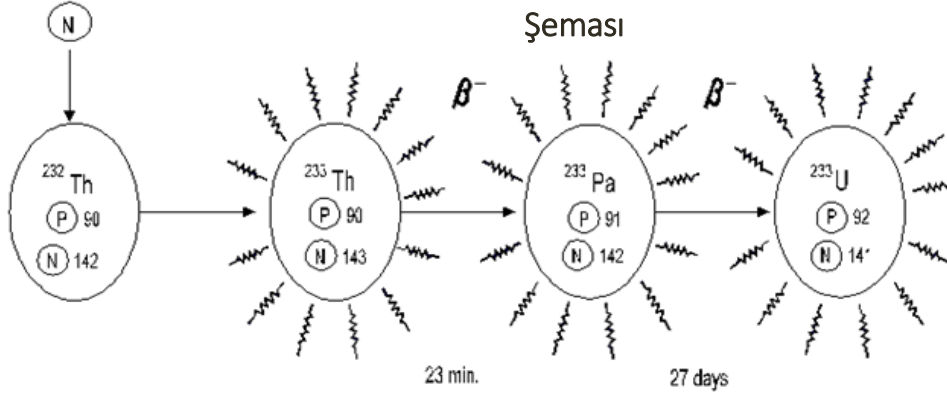


- Stable Isotopes
- Radioactive Daughter Products
- Natural Uranium Isotopes



Thorium Fuel Cycle

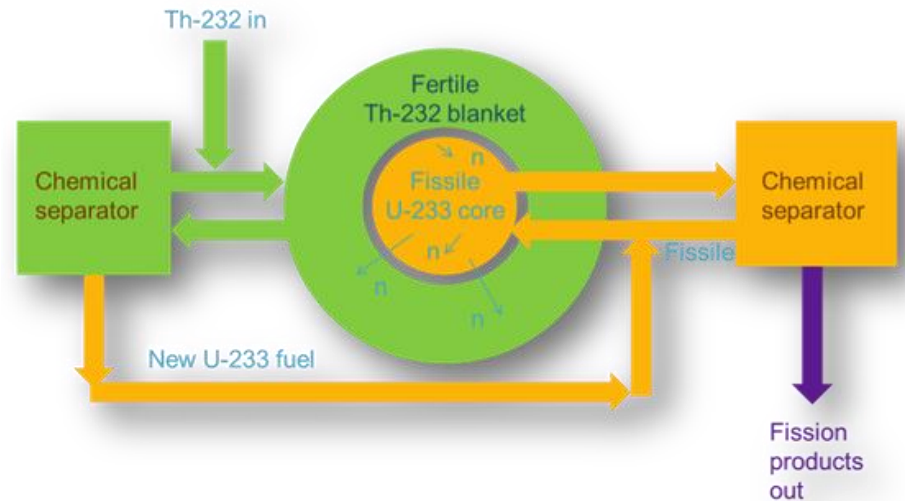
Nötron Bombardımanıyla Toryum Reaksiyonu ve Parçalanma



Toryum

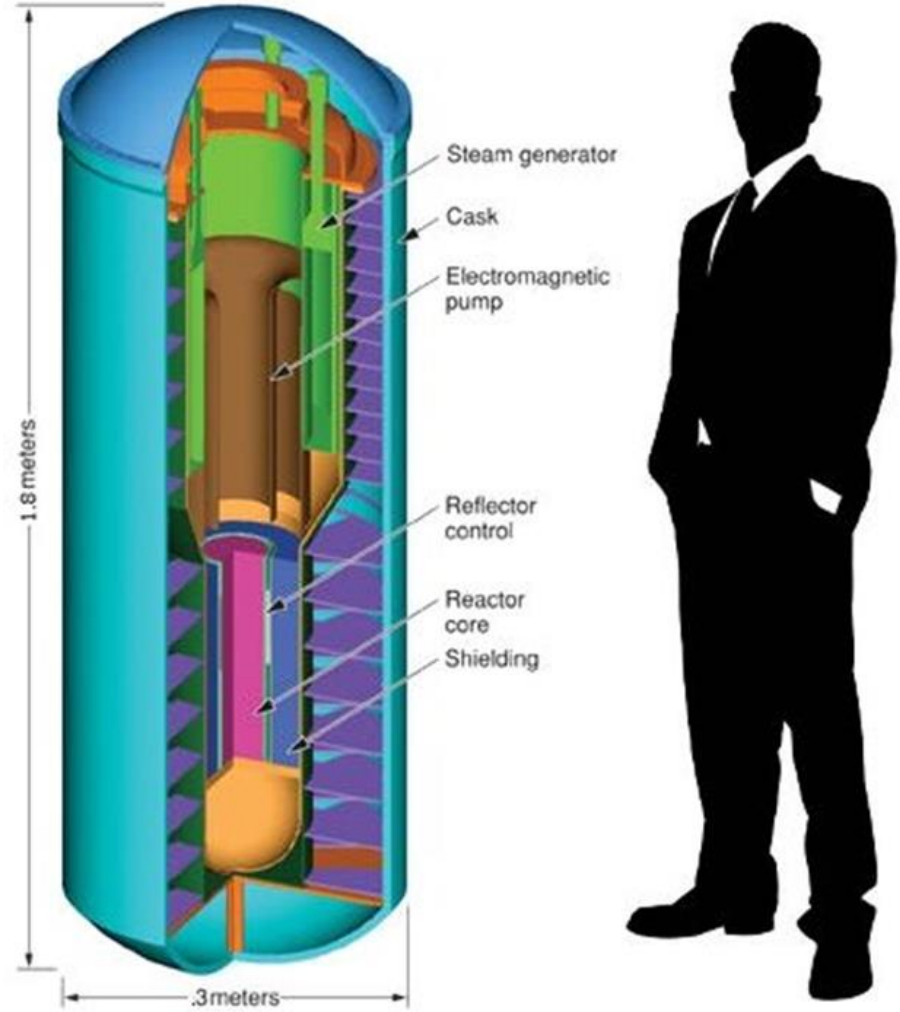
- ❑ **Toryum doğada uranyumdan daha bol** bulunur.
- ❑ Bölünebilir (fisil izotop) olmaktan ziyade üretkendir (**fertil izotop**-fisil izotopa dönüşebilen) ve **yalnızca geri dönüştürülmüş plütonyum gibi bölünebilir bir malzeme ile birlikte** yakıt olarak kullanılabilir.
- ❑ **Toryum yakıtları** çeşitli nükleer reaktörlerde kullanılmak üzere bölünebilir **U-233 (fisil yakıt)** üretebilir.
- ❑ **Erimiş tuz reaktörleri (ETR)**, normal yakıt çubuğu üretiminden kaçınıldığı (oldukça pahalı) için **toryum yakıtına çok uygundur.**

- ❑ Yarı ömrü 163.000 yıl olan U-233, bir nötron çarptığında fisiyona uğrayabilir ve kütesinin bir kısmı doğrudan enerjiye dönüşür.
- ❑ **Başka bir deyişle, bir nükleer reaktördeki zincirleme reaksiyonu destekleyebilir**

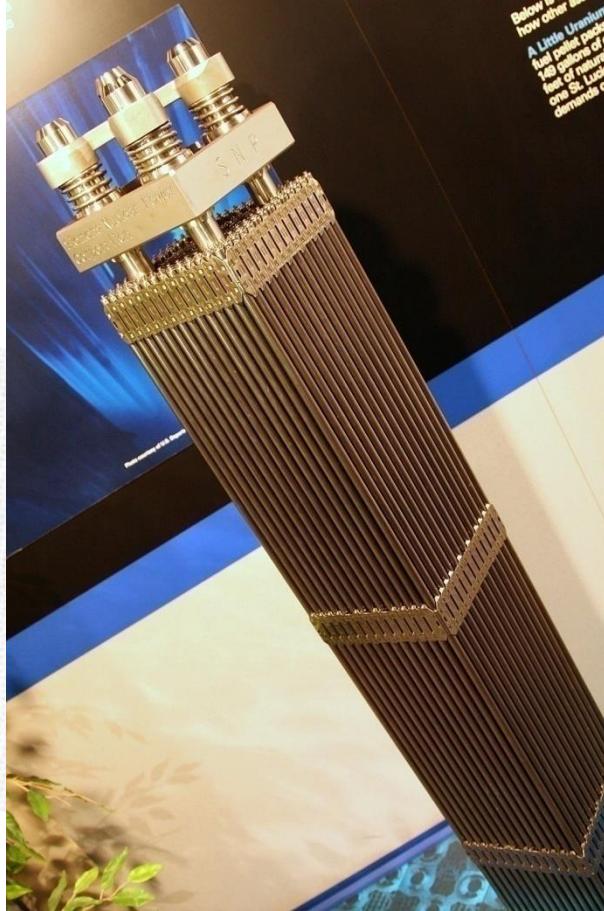


The DOE Home Thorium Reactor (HeaTeR)

- **ABD Enerji Bakanlığı (DoE)** erimiş tuz nükleer reaktörlerini (**MSR**) geliştirmenin yollarını aramaya devam ederken, **Utah'taki Brigham Young Üniversitesi'nden bir ekip bir kamyonun kasasına güvenle sığabileceğini söylediği bir reaktör tasarladı.**
- Üniversite, onaylandıktan sonra Profesör Matthew Memmott ve ekibi tarafından inşa edilecek olan **erimiş tuz mikro-nükleer reaktörün sadece (1,2 x 2,1 metre) boyutlarında bir odaya sahip olduğunu, erime riski taşımadığını ve 1.000 eve yetecek kadar enerji üretebileceğini söyledi.**
- Prof Memmott ayrıca The Register'a reaktörün üretiminin yaklaşık 10MWe olması gerektiğini söyledi.



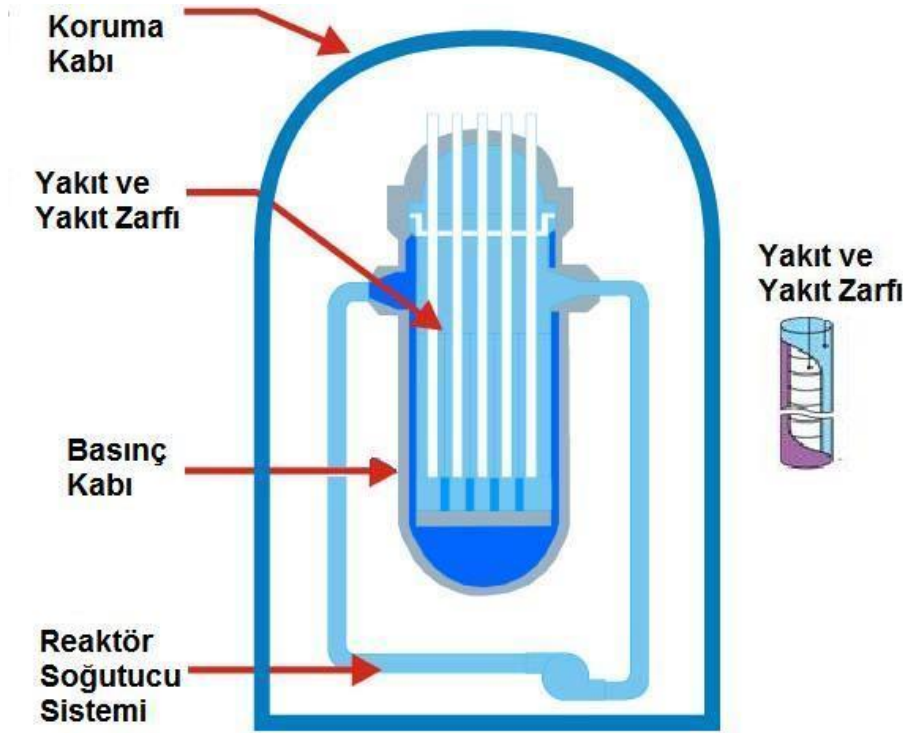
NÜKLEER REAKTÖR ve GÜVENLİK



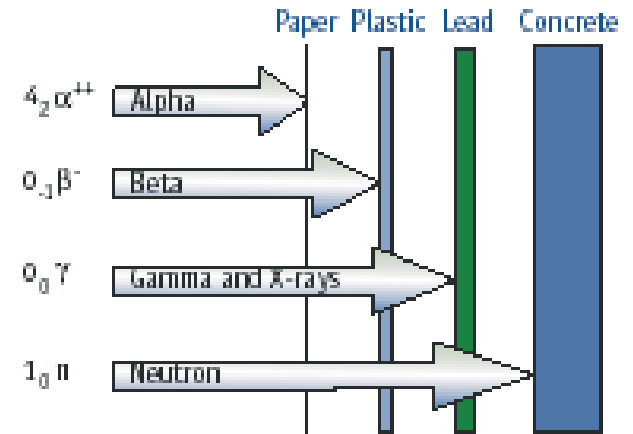
Nükleer Santrallar:

- Olabilecek en kötü kaza durumunda bile çevreye zarar vermeyecek şekilde tasarlanır, inşa edilir, yönetilirler.
- Nükleer Güvenliğin ana hedefi radyoaktivitenin her durumda reaktörde tutulmasıdır.

NÜKLEER GÜVENLİK ve RADYASYONDAN KORUNMA



- 1) MESAFE
- 2) ZIRHLAMA
- 3) ZAMAN
- 4) KONTROL



➤ *Radyasyonun santralin dışına çıkmasını önleyen çok katlı bariyerler birbirlerinden bağımsızdırlar ve santralin güvenlik sistemleri bu bariyerleri korumak için tasarlanır.*

RADYASYON

Sievert = Gray x Biyolojik etki katsayısı
(eşdeğer doz birimidir)

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem} = 1000 \text{ mSv}$$

- İnsanlar ort. **2.4 mSv/yıl** doğal çevre radyasyonu alırlar.
- Uluslar arası Radyasyon Koruma Komitesinin izin verdiği max.doz **5 mSv/yıl**

MUZ EŞDEĞER DOZ

Bir muz ortalama **0.5 gr Potasyum ^{40}K** içerir

Banana Equivalent Dose

Bananas are a natural source of radioactive isotopes.

Eating one banana = 1
BED = 0.1 μSv = 0.01
mrem



Number of bananas	Equivalent exposure
100,000,000	Fatal dose (death within 2 weeks)
20,000,000	Typical targeted dose used in radiotherapy (one session)
70,000	Chest CT scan
20,000	Mammogram (single exposure)
200 - 1000	Chest X-ray
700	Living in a stone, brick or concrete building for one year
400	Flight from London to New York
100	Average daily background dose
50	Dental X-ray
1 - 100	Yearly dose from living near a nuclear power station

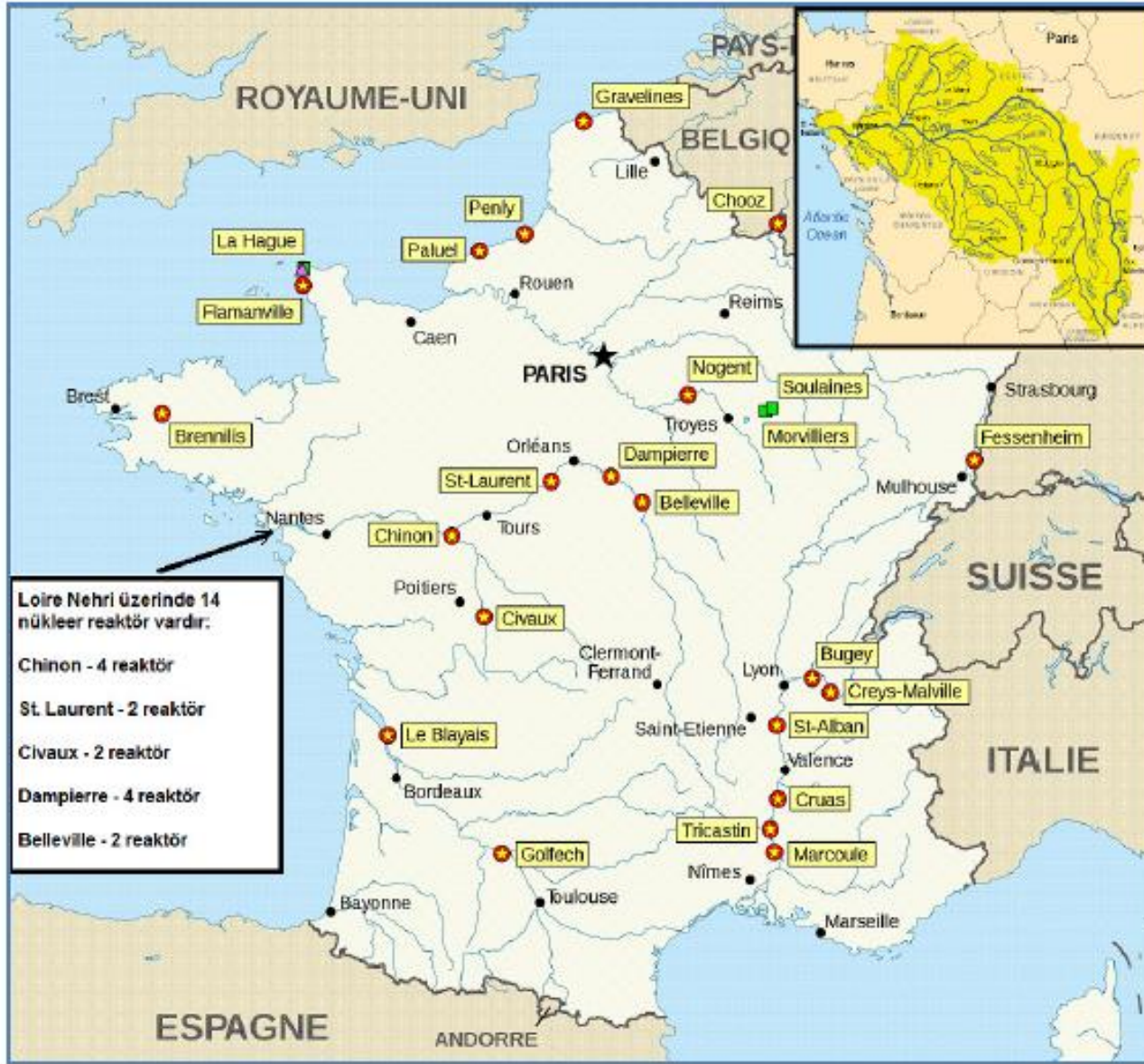
Değişik bölgelerdeki doğal radyasyon oranları

Bölge	Radyasyon (mSv/yıl)
Akkuyu	0.4
Ankara	0.68
Erzurum	1.04
Uludağ	1.23
Ağrı dağı	2.08
Karaormanlar (Almanya)	18.00
Hindistan	26.00
Brezilya (Atlantik kıyıları)	87.00

ABD'de lisans otoritesi (US-NRC) kriterlerine göre

**Bacadan bırakılan kişi başına 0.05 mSv/yıl,
Kondensör soğutma suyu 0.03 mSv/yıl
fazla olmamalıdır.**

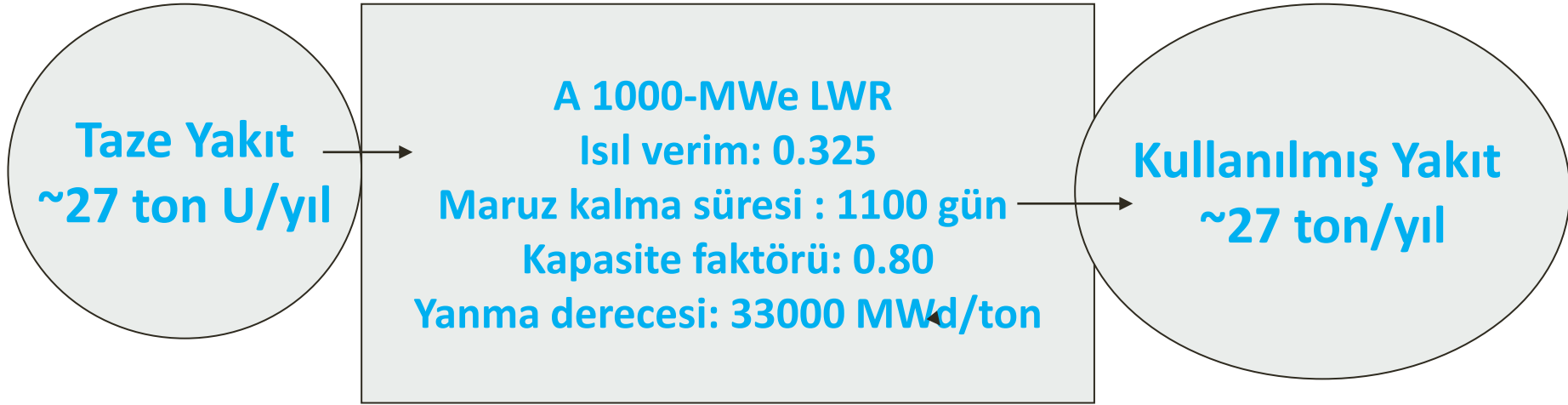
Aksi halde santral lisans alamaz.



Şekil 3. Loire Nehri üzerindeki nükleer güç santralleri

Nükleer Atıkların Saklanması

Taze ve Kullanılmış LWR Yakıtı

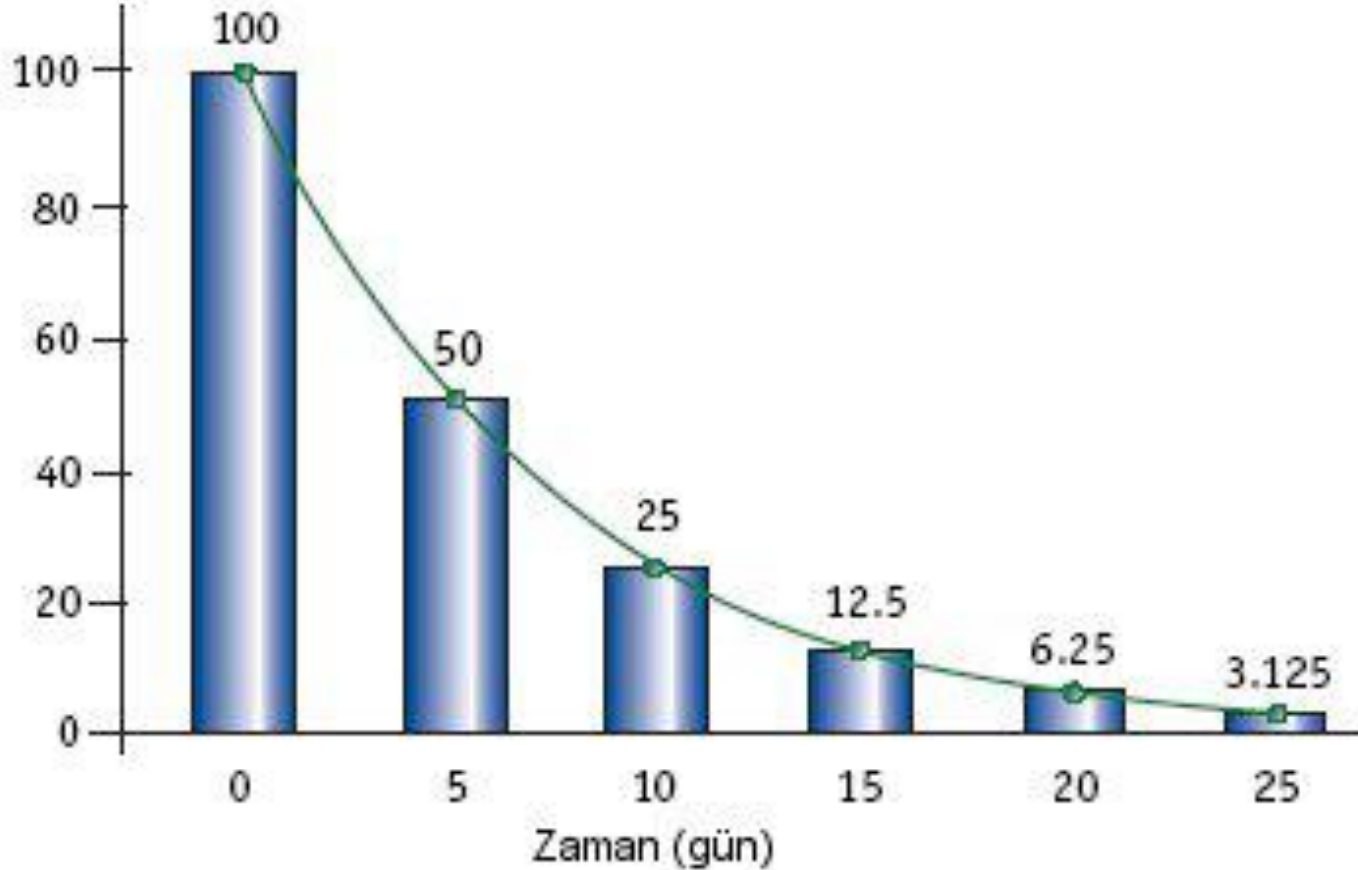


U-235: 3.3 w/o
U-238: 96.7 w/o

U-238: 94.4 w/o
U-235: 0.8 w/o
Pu: 0.9 w/o
(Fissile Pu: 70%)
Fisyon ürünleri: 3.5 w/o
Other Actinides: 0.1 w/o

Yarı Ömrü Beş Gün Olan Bir Radyoaktif Elementin Bozunumu

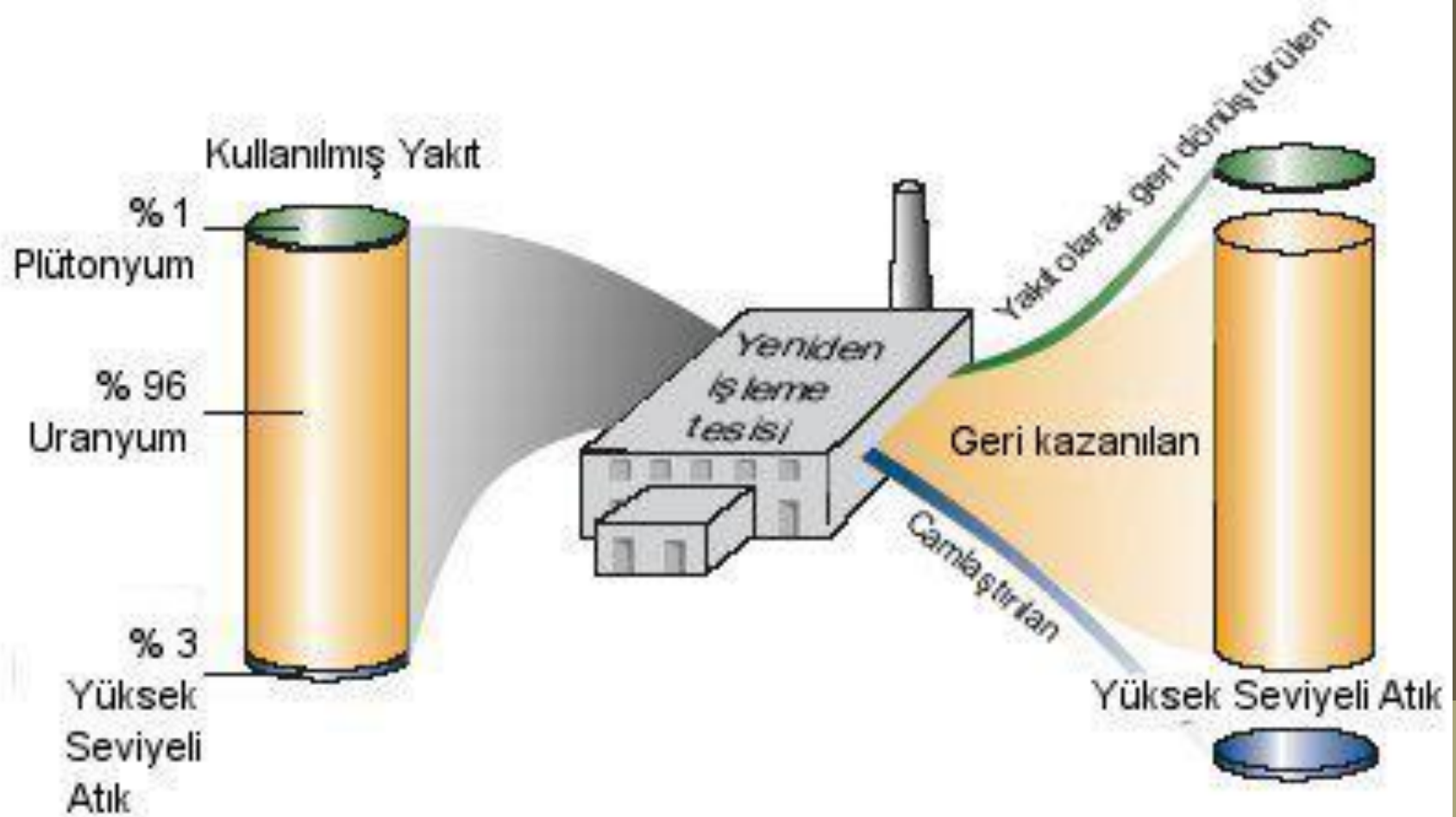
Radyoaktif element atomları



NÜKLEER YAKIT ÇEVİRİMİ



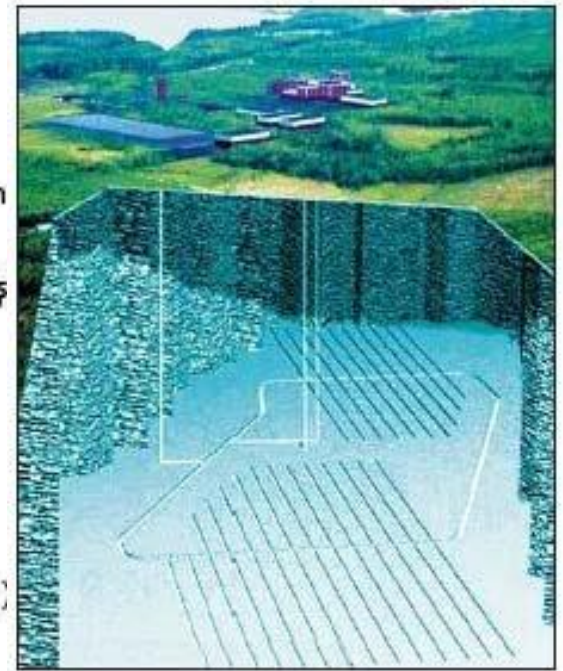
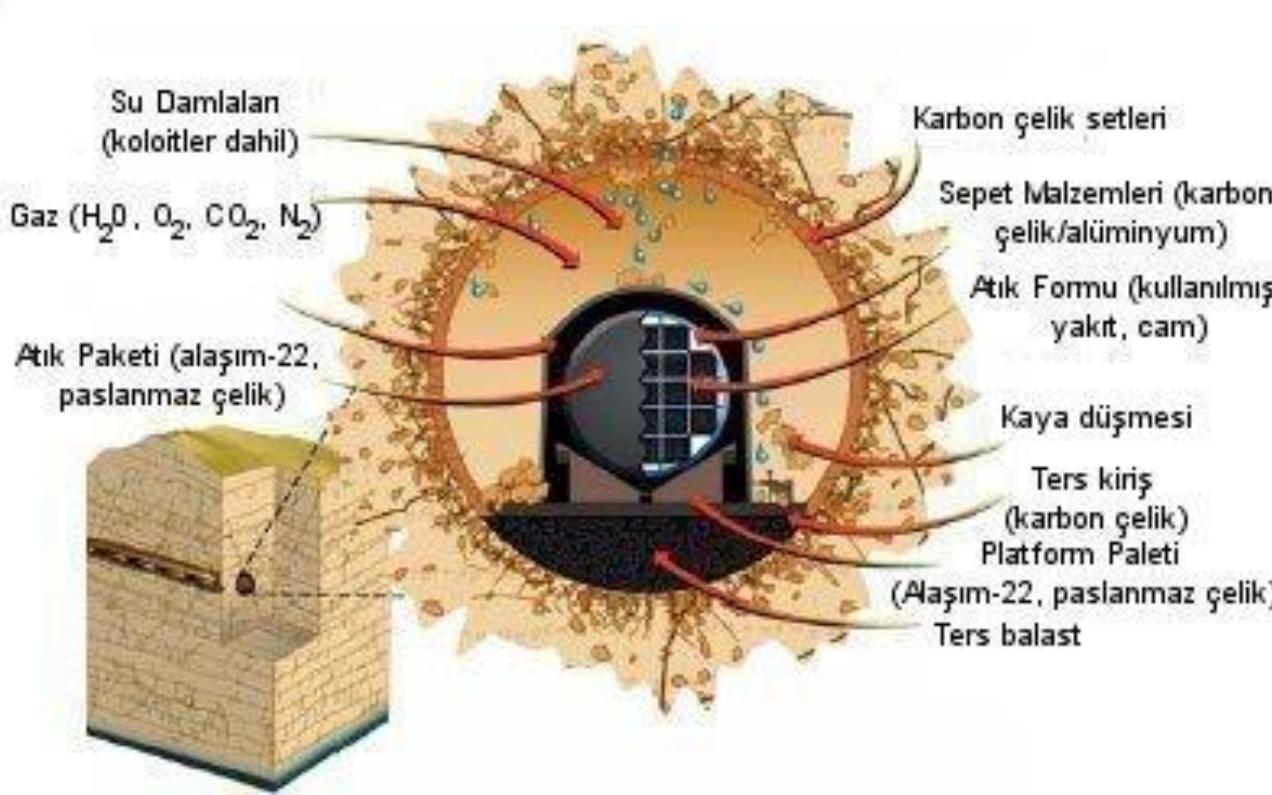
Kullanılmış Yakıtın İçeriği ve Yeniden İşlenmesi





Atık Yakıt Deposu





Kullanılmış Yakıt Depolama

- ABD'de 40 yıldır çalışan bütün nükleer santrallerden çıkan kullanılmış yakıt, **4 m derinliğinde bir futbol sahası kaplayacak hacindedir.**
- Rusya'da da nükleer santrallerin 40 yıllık kullanılmış yakıtın kapladığı hacim de bu kadardır.
- Rusya'da 15000 ton kullanılmış yakıt jeolojik depolama ve özel olarak yer altında inşa edilmiş "Bunker" lerde depolanmaktadır.

Nükleer: Kaynakların en temiz mi, en kirlisi mi?

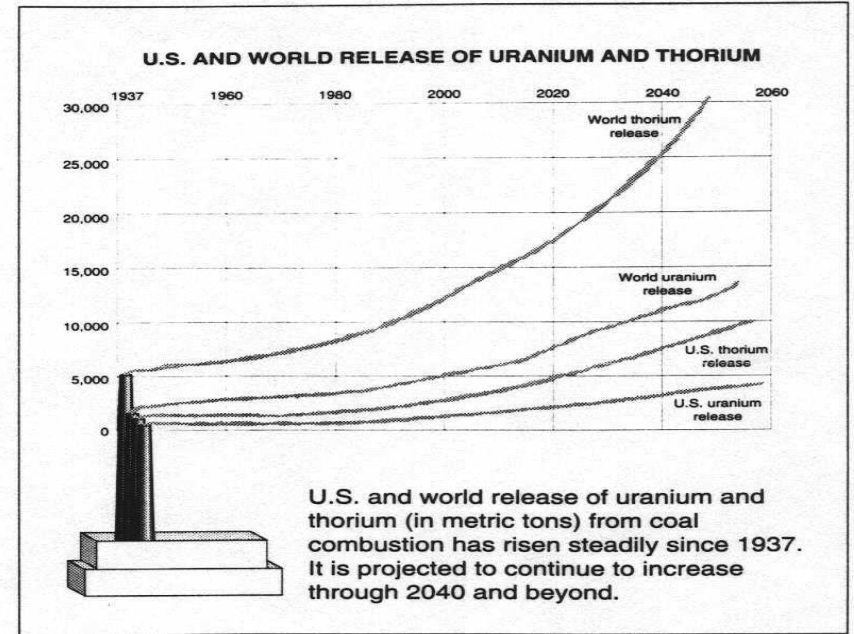
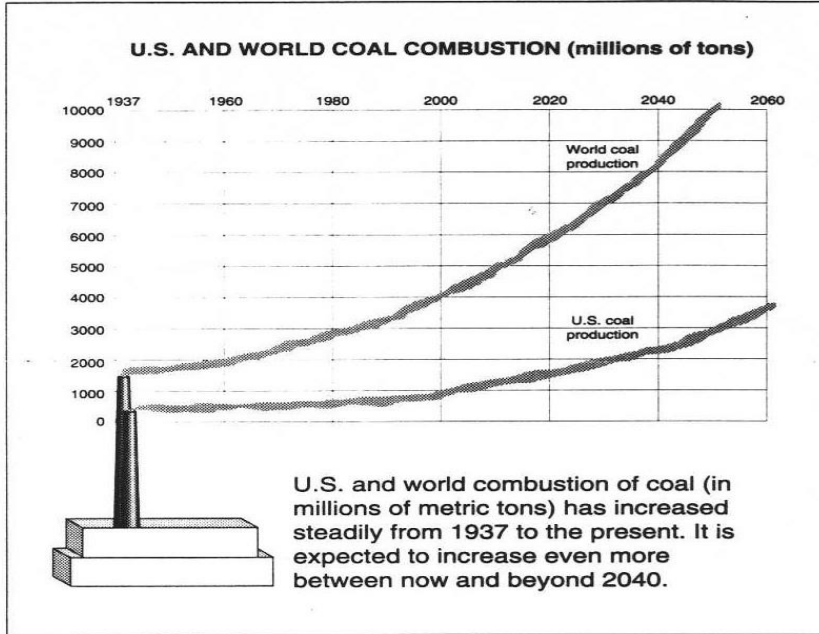


Termik Santraller

**Enerji mi çevre mi?
Her ikisi mi?**



KÖMÜR VE RADYOAKTİVİTE



KÖMÜR,

- 1.3 PPM (MİLYONDA 1.3 ORANINDA) URANYUM,
- 3.2 PPM TORYUM İÇERİR.

DÜNYA KÖMÜR TÜKETİMİ ~ 7100 MİLYON TON

1999 YILINDA ÇEVREYE

9230 TON URANYUM (67.84 TONU ^{235}U),

22720 TON TORYUM OLMAK ÜZERE

TOPLAM 31950 TON RADYOAKTİF NÜKLEER MADDE ATILMIŞTIR.

9230 TON URANYUMLA

- 635 Mwe'LİK CANDU REAKTÖRLERİNDEN ~ **115** ADET,
- ^{235}U ORANI %3.13 OLACAK ŞEKİLDE ZENGİNLEŞTİRİLİRSE BU DA 2167.4 TON YAKIT EDER.
- BU YAKIT İLE HER BİRİ 30 TON OLMAK ÜZERE ~**72** ADET LWR REAKTÖRÜ (1000MWe) ÇALIŞTIRILABİLİR.

TERMİK SANTRALLERİMİZDE

YILDA, ~ 70 MİLYON TON DÜŞÜK KALİTELİ LİNYİT KULLANILMAKTADIR.

Dolayısıyla çevreye her yıl

- ~ 85 TON URANYUM
- ~ 200 TON TORYUM

bırakılmaktadır.

AFŞİN – ELBİSTAN SANTRALİ

1984 YILINDA DEVREYE ALINDI,

1994 YILINA KADAR (10 YIL İÇERİSİNDE) ÇEVREYE

- 30.6 MİLYON TON TOZ
- 37.8 MİLYON TON KÜL
- 114.9 MİLYON TON CO₂ GAZI
- 5.3 MİLYON TON SO₂ GAZI
- 0.18 MİLYON TON NO₂ GAZINI YAYMIŞTIR.

1000 MWe GÜCÜNDEKİ SANTRAL

TERMİK SANTRAL

- KİŞİ BAŞINA

490 rem/yıl RADYASYON
YAYAR

NÜKLEER SANTRAL

- KİŞİ BAŞINA

4.8 rem/yıl RADYASYON
YAYAR

1000 MWe Gücündeki Nükleer ve Kömür Santrallerinin Yıllık Atık Karşılaştırması

	<u>Nükleer</u>	<u>Kömür</u>
Yakıt (tüketilen miktar)	27 ton	2.6 milyon ton
Kullanılmış yakıt (yüksek radyoaktif atık)	27 ton	–
Yüksek radyoaktif atık	3–5 m ³	–
Orta ve düşük seviyeli radyoaktif atık	800 ton	–
CO ₂	–	6.5 milyon ton
Kül	–	300 000 ton
SO ₂	–	20 000 ton
NO _x	–	4 000 ton
Ağır metal	–	400 ton

Bir nükleer santralin atık miktarı aynı enerjiyi üreten kömür santraline göre ağırlıkça **300 bin** kat daha azdır.

Çevreciler – Nükleer Enerji

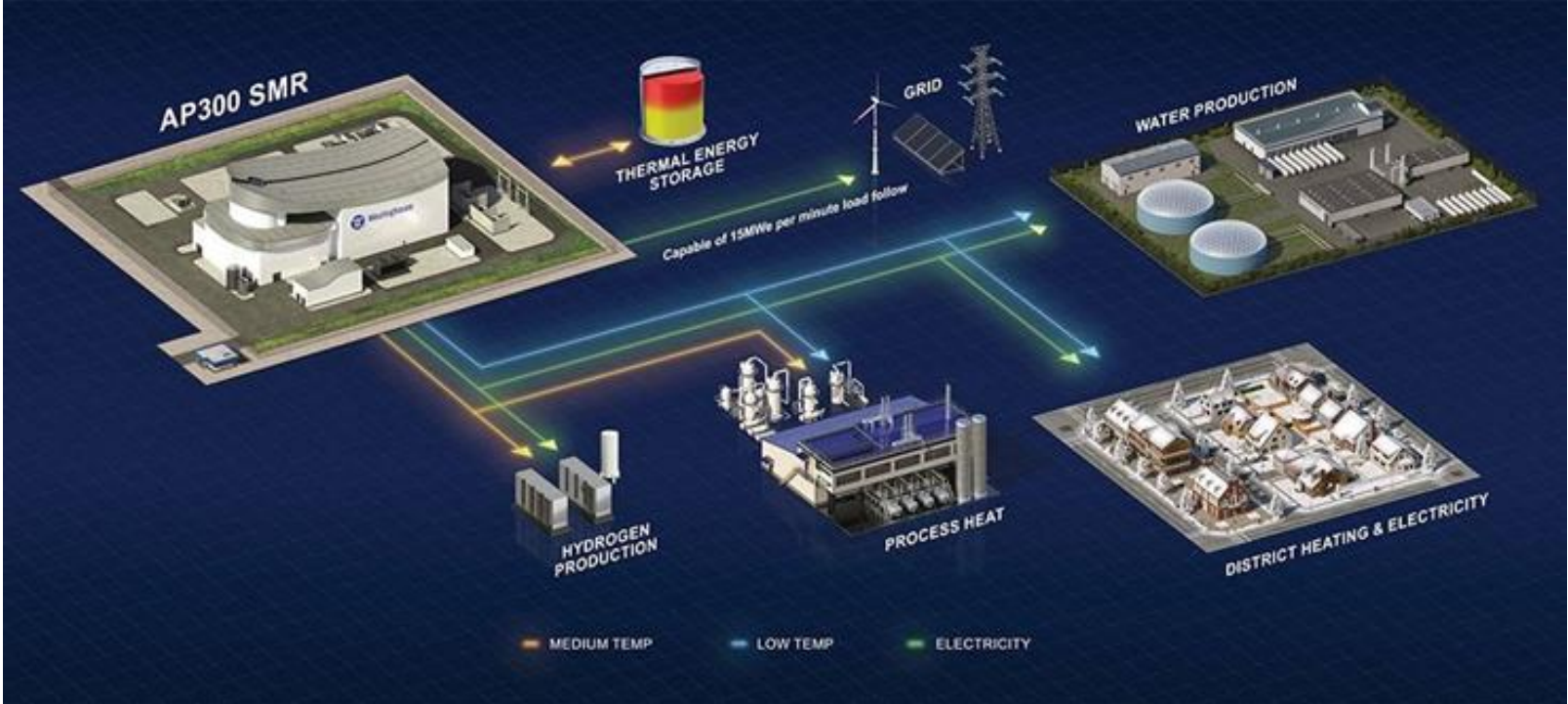
ABD'de aşırı çevreciler (yeşiller):

Whole Earth Catalog Kurucusu, **Stewart Brand**, Greenpeace kurucu başkan yardımcısı **Patrick Moor** ve bilim adamı **James Lovelock**;

- **Nükleer enerjinin, kömür ve doğalgaz santrallerinin bir alternatifi olarak, temiz enerji kaynağı olduğunu onaylamışlardır.**

Time June 20, 2005.

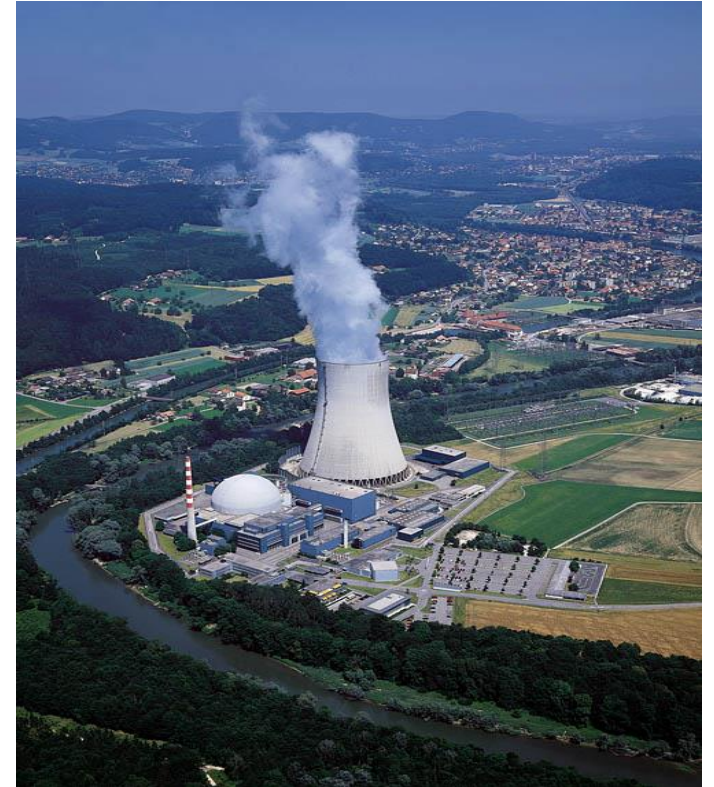
BİRKÜÇÜK MODÜLER REAKTÖR ÖRNEĞİ



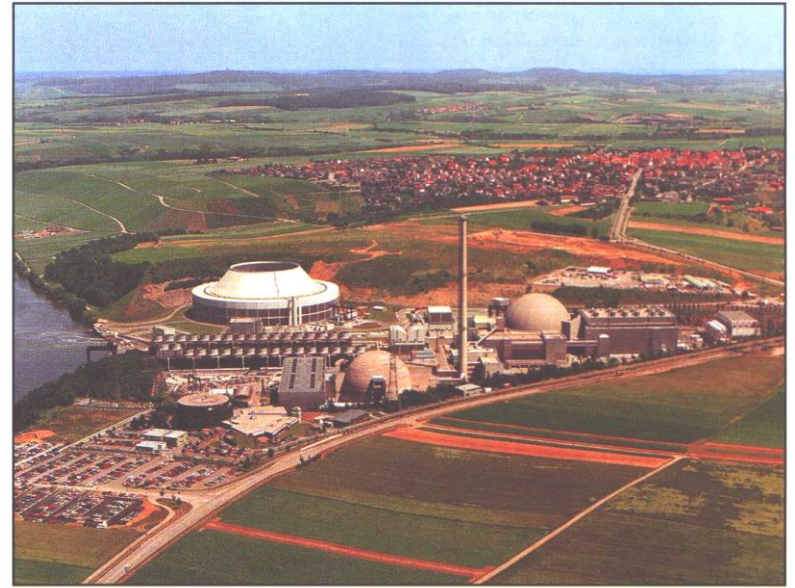
NÜKLEER SANTRAL ÖRNEKLERİ

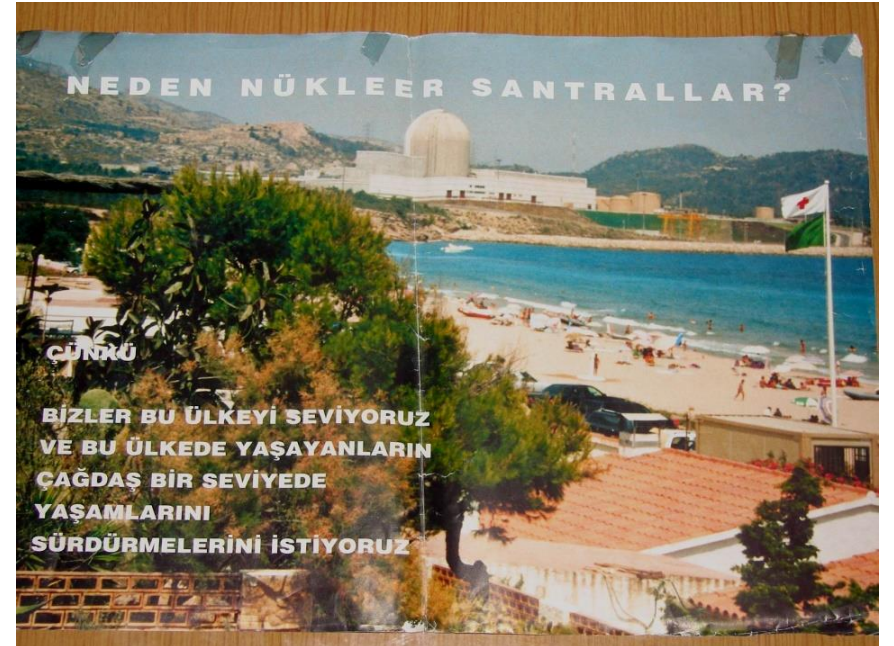


Lake Ontario, Canada



Philippsburg Nukleer Güç Reaktörü, Almanya





SONUÇ




Türkiye gecikmeden **Nükleer Güç Santraller** (NGS) vasıtasıyla elektrik enerjisi üretmek suretiyle nükleer çağı yakalamalıdır. **Bununda en kısa yolu 4. Nesil ETR teknolojisidir.**

Ulusal Nükleer Enerji Programı

1. Kısa Vade: NGS enerji ihtiyacı için acilen kullanılmalı
2. Orta Vade: **Yerli NGS tasarımları yapılmalı**
3. Uzun Vade: NGS ihracı yapmak ve nükleer teknolojilerde söz sahibi olmak



4. International Conference on Nuclear & Renewable Energy Resources
26-29 OCTOBER 2014, Sentido Zeynep Resort, Antalya, TURKEY



ATILIM UNIVERSITY

3. International Conference on Nuclear & Renewable Energy Resources
20 - 23 May 2012
İstanbul - Türkiye



2nd International Conference on Nuclear & Renewable Energy Resources
04-07 July 2010
Gazi University Golbasi Convention Center - Ankara - Turkey



TÜBAY KONGRESANLARI
TSRF CONFERENCES

Uluslararası Katılımlı

Nükleer & Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Nuclear & Renewable Energy Sources with International Participation

28-29 Eylül September 2009 Gazi Üniversitesi Gölbaşı Konferans Merkezi Ankara - Turkey
www.nuyek2009.tubav.org.tr



TEŞEKKÜRLER