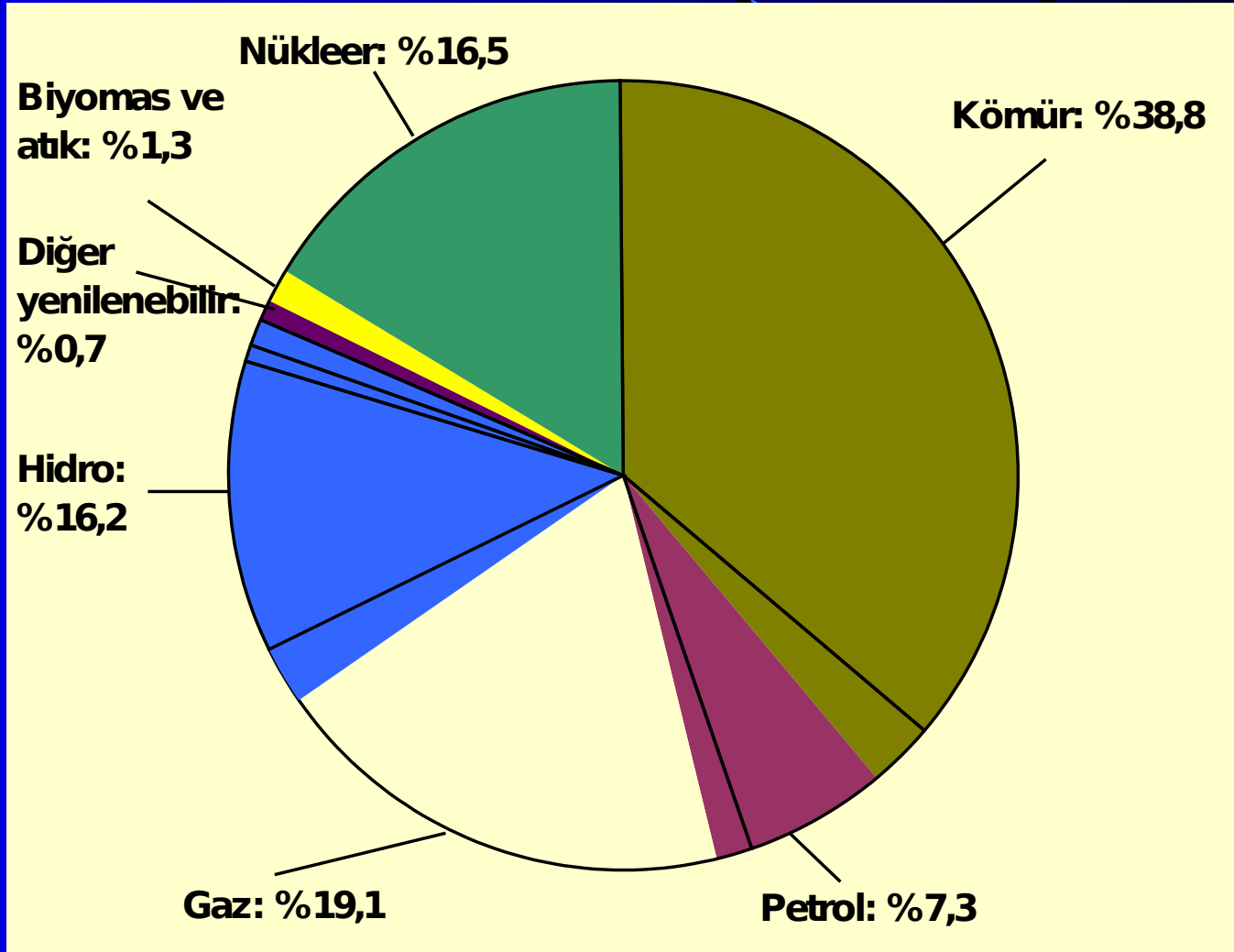


NÜKLEER ENERJİ



Dr. Abdullah ZARARSIZ
TMMOB-Fizik Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu Başkanı

Dünyada Elektrik Enerjisi Üretimi (2005)

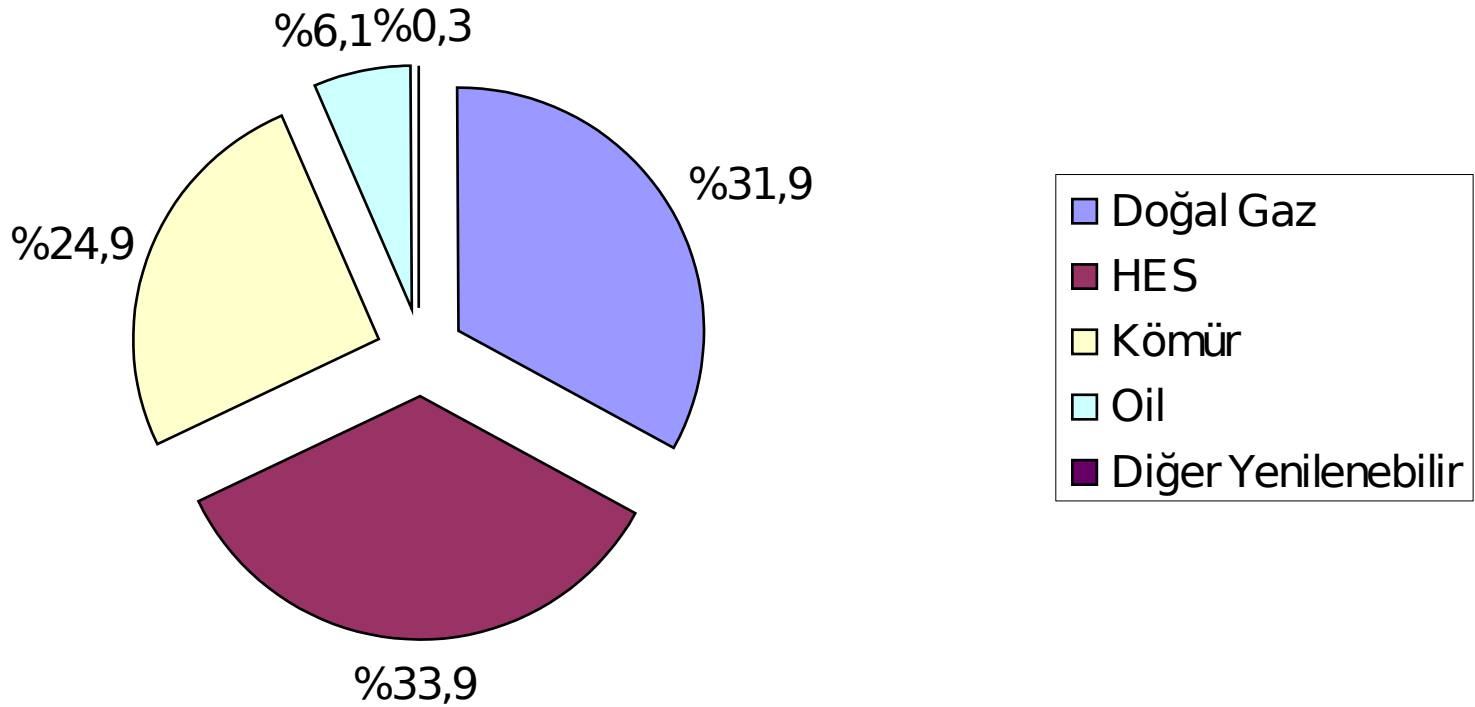


Toplam üretim: 17.074 TW-saat

Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretimi

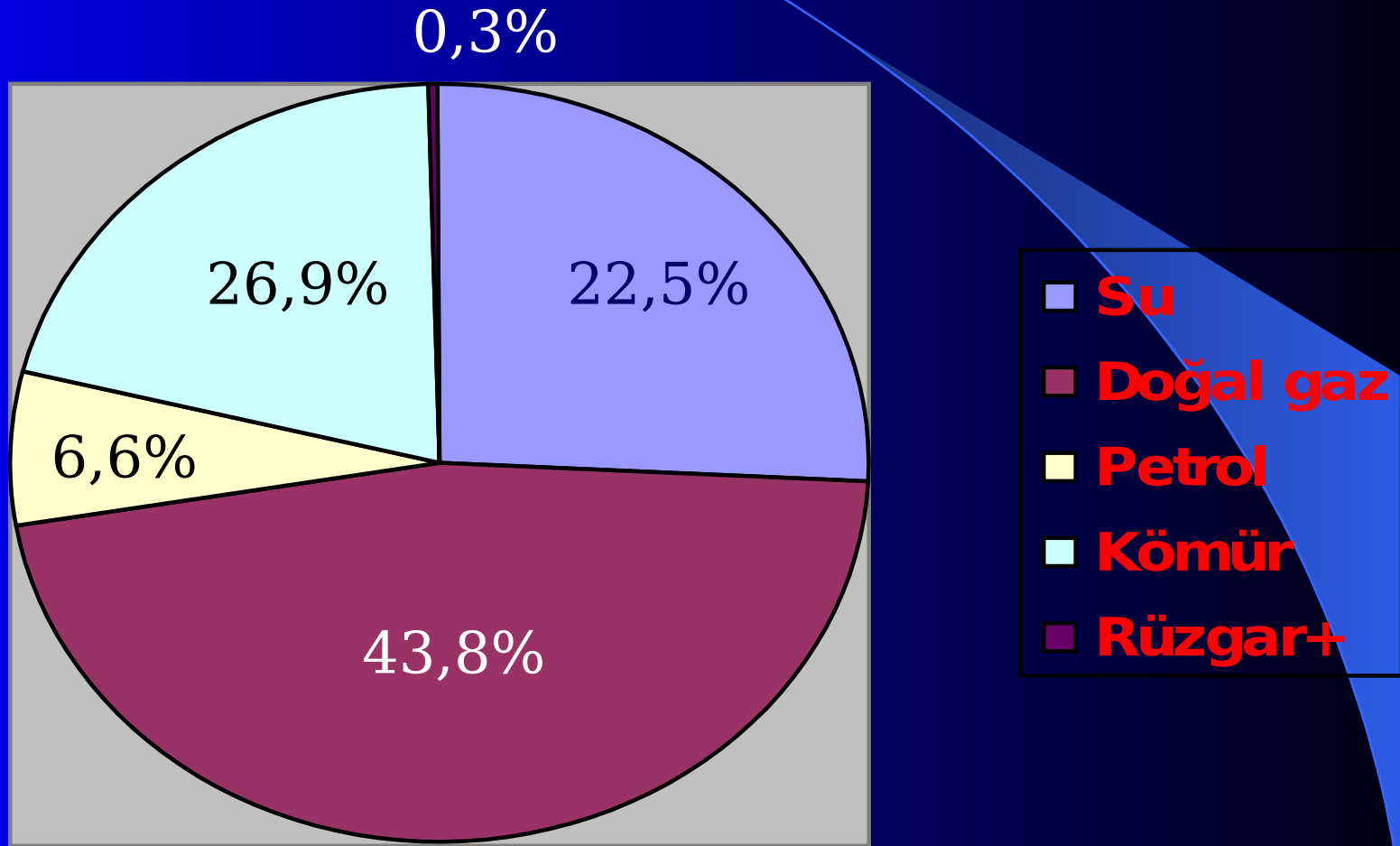
- **2003 yılı: 141 milyar kW-saat**
- **2005 yılı: 160.8 milyar kW-saat**
- **2010 yılı: 242 milyar kW-saat**
- **216 milyar kW-saat**
(Düşük tahmin)
- **2020 yılı: 499 milyar kW-saat**
- **406 milyar kW-saat**
(Düşük tahmin)

MAYIS 2007 TÜRKİYEİNİN KURULU GÜÇ DAĞILIMI



**Toplam Kurulu Güç:
40.900,2 MW**

Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretiminin (2006)



Dünyada Nükleer Enerjinin Durumu (Nisan 2006)

• İşletmede olan reaktörlerin sayısı	442 adet
• İşletmede olan reaktörlerin gücü	368.496 MW(e)
• Üretilen enerji	2618,6 TWsaat
• Nükleer enerjinin toplam enerjiye oranı	%16
• İnşa halindeki reaktörlerin sayısı	24 adet
• İnşa halindeki reaktörlerin gücü MW(e)	18881
• Sipariş edilen veya planlanan reaktörler	41 adet
• Sipariş edilen/planlanan reaktörlerin gücü MW(e)	42.707
• İşletme deneyimi reaktör-yıl	12.129

“Dünyada sadece nükleerden elde edilen enerji Türkiye'nin toplam enerji üretiminin yaklaşık 20 katıdır”

Dünyada Nükleer Enerjinin Durumu

İnşa halindeki Nükleer Güç Santralleri (Ocak 2006)

ÜLKE	SAHA	TİP	TEDARİKÇİ	GÜÇ (MW.)	İŞLETMEYE ALMA
Çin	Tianwan 2	WWER	Rusya Fed.	1000	2005
Çin	Lingao 3	PWR	Çin	1000	2010
Tayvan	Lungmen 1	ABWR	GE	1300	2009
Tayvan	Lungmen 2	ABWR	GE	1300	2010
Finlandiya	Olkiuoto 3	EPF	Framatome	1600	2009
Hindistan	Kaiga 3	HWR	Hindistan	202	2007
Hindistan	Kaiga 4	HWR	Hindistan	202	2007
Hindistan	Kudankulam 1	WWER	Rusya Fed.	917	2000
Hindistan	Kudankulam 2	WWER	Rusya Fed.	917	2008
Hindistan	Tarapur 3	HWR	Hindistan	490	2007
Hindistan	PFER	FBR	Hindistan	470	?
Hindistan	Rajasthan E	HWR	Hindistan	202	2007
Hindistan	Rajasthan F	HWR	Hindistan	202	2007
Iran	Bushehr	WWER	Rusya Fed.	915	2006
Japonya	Tomari 3	PWR	Mitsubishi	866	2009
Pakistan	Chasnup 2	PWR	Çin	300	2011
Romanya	Cernavoda 2	CANDU	AECCL	656	2007
Rusya Fed.	Balekovo 5	WWER	Rusya Fed.	950	2010
Rusya Fed.	Kursk 5	RBMK	Rusya Fed.	925	?
Rusya Fed.	Kalinin 4	WWER	Rusya Fed.	950	2010
Rusya Fed.	Volgodonsk 2	WWER	Rusya Fed.	950	2008
Toplam				16313	

Dünyada Nükleer Enerjinin Durumu

- **Toplam 31 ülkede kullanılan nükleer enerjiden bölgesel üretim payları şu şekilde gerçekleşmektedir:**
 - **%85,5'i OECD üyesi 17 ülkede**
 - **%8,9'u eski Sovyetler Birliği ülkelerinde**
 - **%1,2'si OECD üyesi olmayan Avrupa ülkelerinde**
 - **%2,3'ü Çin harici Asya ülkelerinde**

Dünyada Nükleer Enerjinin Durumu

Nükleer enerjinin dünyadaki durumunu değerlendirirken her ülkenin öznel koşulları göz önüne alınmalıdır ve bu her enerji üretim seçeneği için geçerlidir

“Bu nedenle dünya nükleer enerjiden vazgeçiyor savı doğru değildir”

Dünyada Nükleer Enerji ile ilgili Yönelişler

- Mayıs 2001'de yayınlanan ABD Ulusal Enerji Politikası'na paralel olarak, 2010 yılında yeni nükleer santrallerin devreye alınması planlanmaktadır.
 - Bu konuda özel bir teşvik yasası yürürlüğe girmiştir ve 14,2 MİLYAR Dolar teşvik öngörülmektedir.
- Finlandiya beşinci nükleer santralını kurmaktadır. (1600 MWe gücünde *EPR* tipi santral)
- Çin 2020 yılına kadar 30 santral kurmayı planlamaktadır.

Dünyada Nükleer Enerji ile ilgili Yönelişler

- **Ukrayna 2030 yılına kadar 11 nükleer santral planlamaktadır. Olası santral tipi VVER-1000 olacaktır.**
- **Endonezya 2016 yılında işletmeye alınması planlanan herbiri 1000 MWe gücünde 4 ünite kurmayı planlamaktadır.**
- **İtalya, Fransa'da kurulacak *EPR* tipi santrallara ortak olma kararı almıştır.**

Dünyada Nükleer Enerji ile ilgili Yönelişler

- **Pakistan'da PWR tipinde 300 MWe gücündeki yeni bir nükleer santralin inşasına başlanmıştır. 2030 yılına kadar toplam 8800 MWe kurulu güç planlanmaktadır.**
- **Fransa, nükleer kurulu kapasitesini yeni *EPR* tipi santraller ile genişletecektir. İlk ünitenin 2012 yılında devreye girmesi planlanmaktadır.**

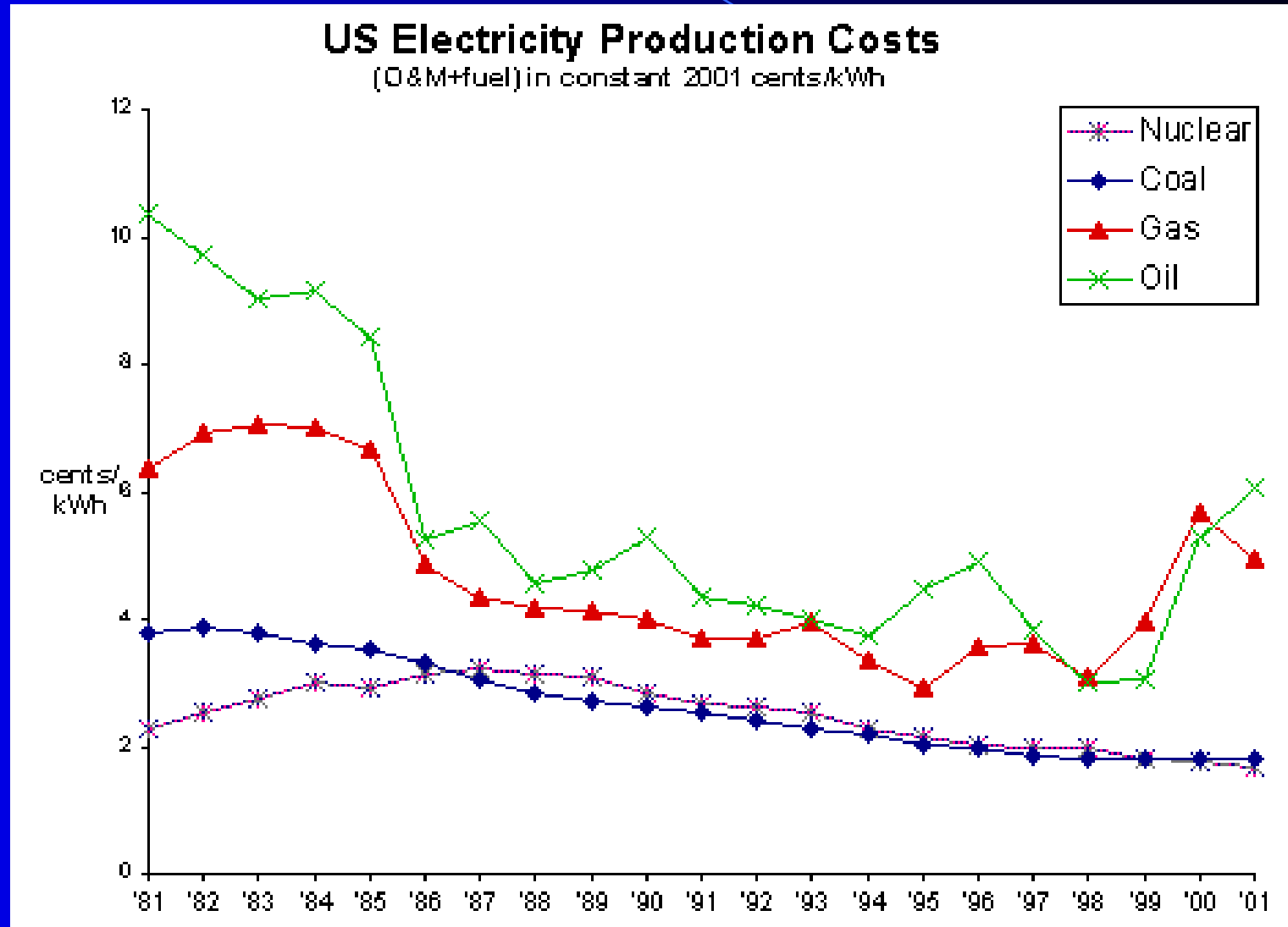
Elektrik Üretim Maliyeti

OECD/IEA Verileri

(cent/kWsaat)

	nükleer	kömür	gaz
Fransa	3.22	4.64	4.74
Rusya Fed.	2.69	4.63	3.54
Japonya	5.75	5.58	7.91
G. Kore	3.07	3.44	4.25
İspanya	4.10	4.22	4.79
ABD	3.33	2.48	2.33-2.71
Kanada	2.47-2.96	2.92	3.00
Çin Halk Cum.	2.54-3.08	3.18	-

Elektrik Üretim Maliyeti ABD



Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Nükleer Enerji

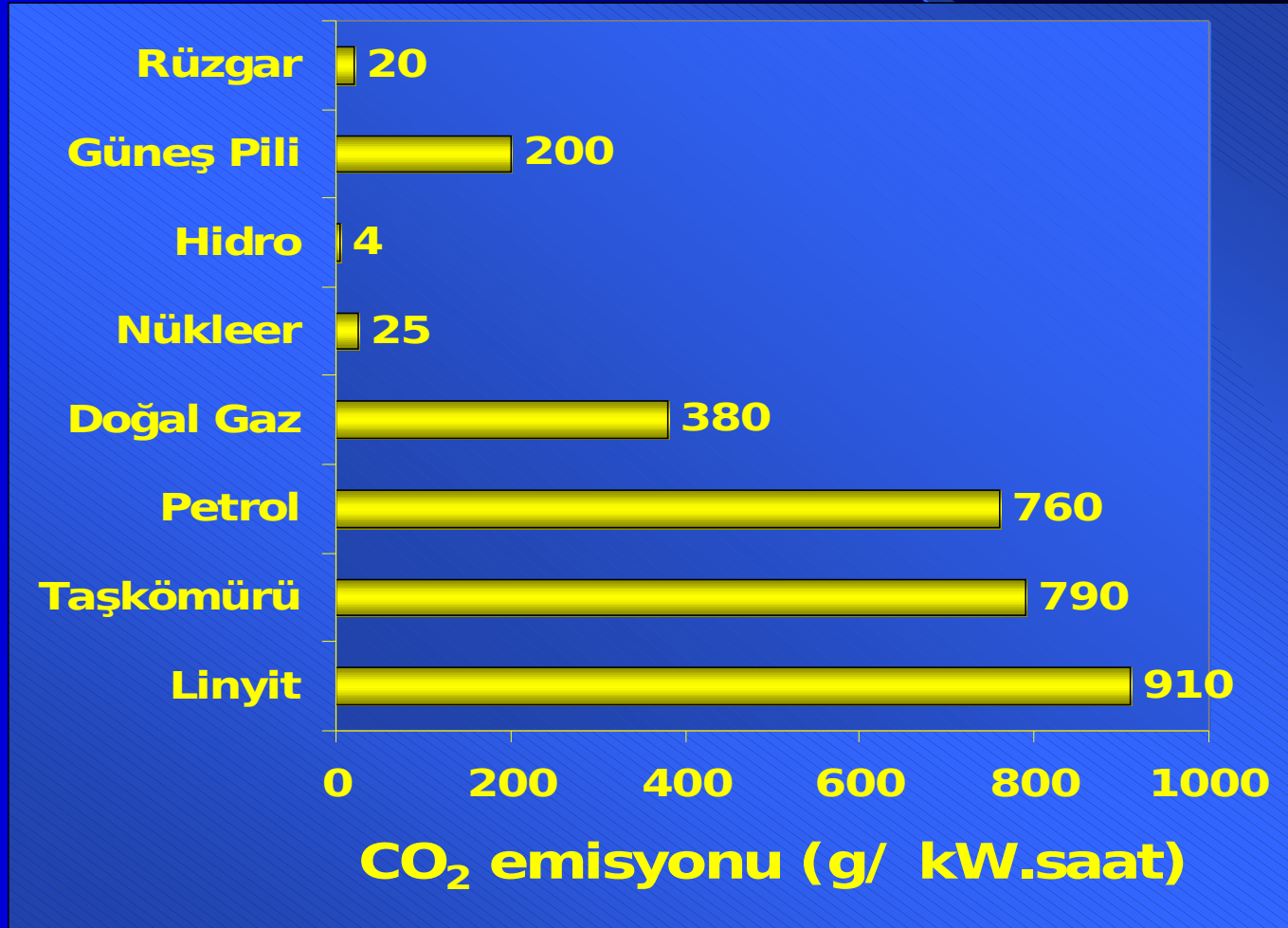
Çevresel Uyumluluk Kriteri Global Isınma Sorunu

- *Kyoto Protokolü*
- *Nükleer teknolojinin getirisi:*
 - *%16'lık katkı → Yılda 2300 milyon ton CO₂ emisyonuna engel olmaktadır.*
 - *440 civarında nükleer santral olmasaydı %9 oranında daha çok CO₂ emisyonu olacaktı.*

Yıllık Sera Gazı ve Atık Miktarları

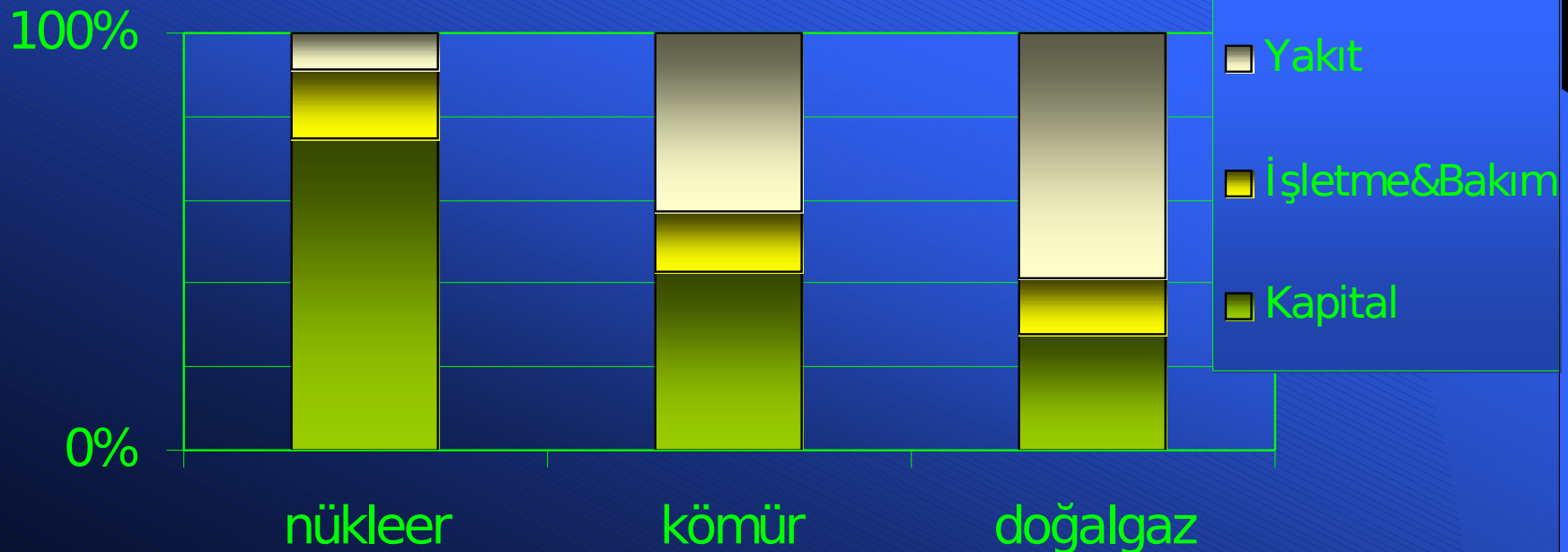
Atıklar	Nükleer 1000 MW _e	Kömür 1000 MW _e
Yakıt (tüketilen miktar)	27 ton	2.6 milyon ton
Kullanılmış yakıt (yüksek radyoaktifiteli atık)	27 ton	-
Yüksek radyoaktifiteli atık (yeniden işlemden geçirilmiş)	3-5 m ³	-
CO ₂	-	6.5 milyon ton
Kül	-	300 000 ton
SO ₂	-	20 000 ton
NO _x	-	4 000 ton
Ağır metal	-	400 ton

Farklı Enerji Kaynaklarının Enerji Zincirinden Açığa Çıkan CO₂ Emisyonu



Nükleer, Kömür ve Kombine Çevrim Gaz Santrallerinin Üretim Maliyetindeki Payları

% 10 İskonto Oranı ve 25 Yıllık Süre için Nükleer, Kömür ve Kombine Gaz Çevrim Tesislerinin Ortalama Maliyet Payları



Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Nükleer Enerji Ekonomik Uyumluluk Kriteri

- *Kapital yoğun , düşük yakıt maliyetli enerji alternatifi: **Nükleer enerji***
- *Yüksek emre amadelik oranı*
 - *teknolojideki gelişmelerle bu oranın üst sınırının daha yukarıya çekilmesi*
- *Kapital maliyetinin düşürülmesine yönelik çalışmalar*
- *Enerji alternatiflerindeki dışsal maliyet*

Nükleer Santrallerin Kullanılabilirlik Oranı Gelişimi

Nükleer Reaktörlerin Ortalama Kullanılabilirlik Oranı



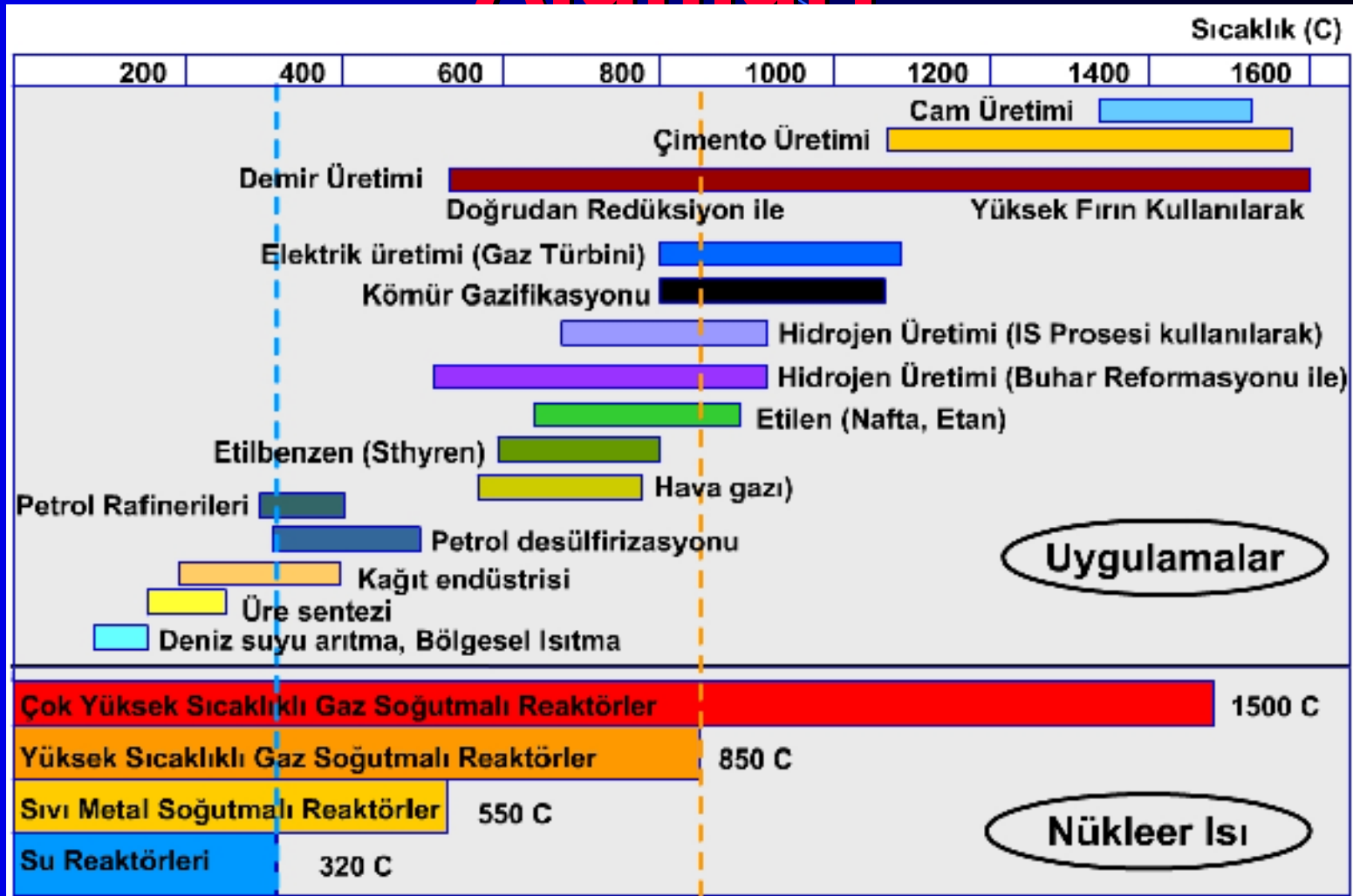
Nükleer Güç Santrallerinin Ekonomisi

- NÜKLEER GÜÇ SANTRALLARININ BİRİM TESİS MALİYETLERİ YÜKSEK (2000 - 2500 \$/kW),
- YAKIT MALİYETLERİ DÜŞÜKTÜR (HWR için yakıt çevrim maliyeti: 0,4 cent/kWsaat; LWR için yakıt çevrim maliyeti: 0,6 cent/kWsaat).
- Nükleer güç santrallerinden elektrik üretim maliyeti yaklaşık: 3-5 cent/kWsaat (Ancak bu rakam ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir)

Nükleer Enerjinin Alternatif Kullanım Alanları

- *Özellikle enerji ve taşıma sektöründen kaynaklanan ve artan karbon dioksit salımları,*
 - *Nükleer enerjinin başta hidrojen üretiminde olmak üzere, deniz suyunun arındırılması ve diğer ısı uygulamalarda kullanılmasını gündeme getirmiştir.*
 - ❖ *Yukarda belirtilen amaçlar doğrultusunda dünyada yürütülen çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin; ABD, Japonya, Çin, G. Kore gibi ülkelerde hidrojen üretimine yönelik çalışmalar son aşamasına gelmiştir.*

Nükleer Enerjinin Alternatif Kullanım Alanları



Türkiye’de Nükleer Santraller Gerekli mi?

Sürdürülebilir kalkınma anlayışı içinde;

- *Enerji dış bağımlılığımızı azaltmak,*
- *Güvenilir baz-yük enerji sağlamak,*
- *Sera gazı emisyonunu azaltmak,*
- *Nükleer teknolojiyi edinebilmek içi*

Önceliği, ilkeleri ve ... Olan bir ulusal politika kapsamında

“Nükleer Enerji “ elektrik enerjisi üretim portföyünde yer almalıdır.

Türkiye'nin Enerji Planlarında Nükleer Enerji (Ek Kapasite: Çözüm-2)

- **2005 - 2010:**

- Linyit -
- Doğal Gaz -
- Hidrolik -
- Rüzgar 500 MW
- TOPLAM 500 MW

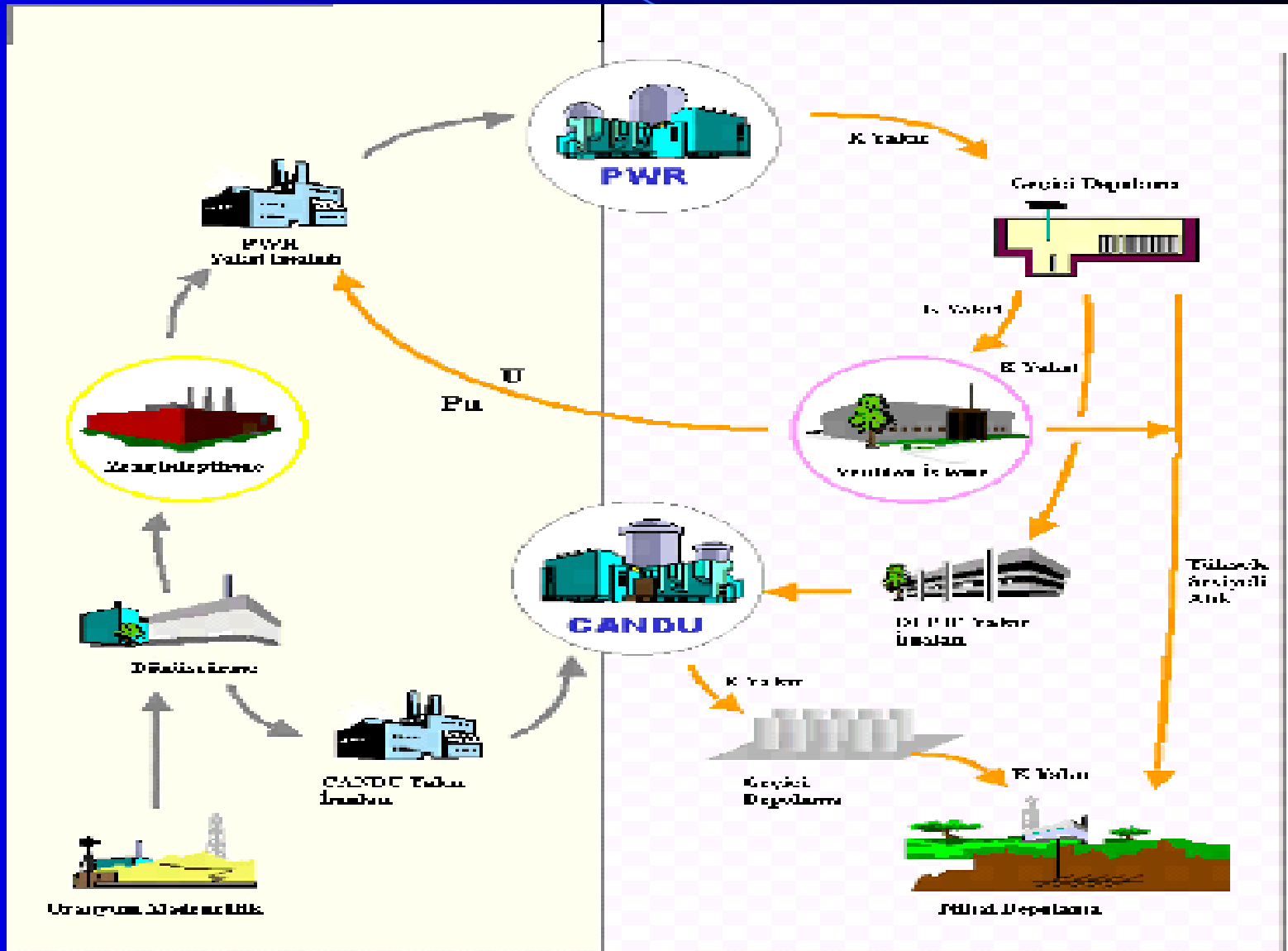
- **2011 - 2015:**

- Linyit 2280 MW
- Doğal Gaz 6150 MW
- Hidrolik 2752 MW
- Rüzgar 625 MW
- *Nükleer ~1500 MW*
- TOPLAM 13307 MW

- **2016 - 2020:**

- Linyit 1880 MW
- *Nükleer ~3000 MW*
- Doğal Gaz 8100 MW
- Hidrolik 7644 MW
- Rüzgar 625 MW
- TOPLAM 21249 MW

Nükleer Yakıt Çevrimi



Yakıt İmalatı

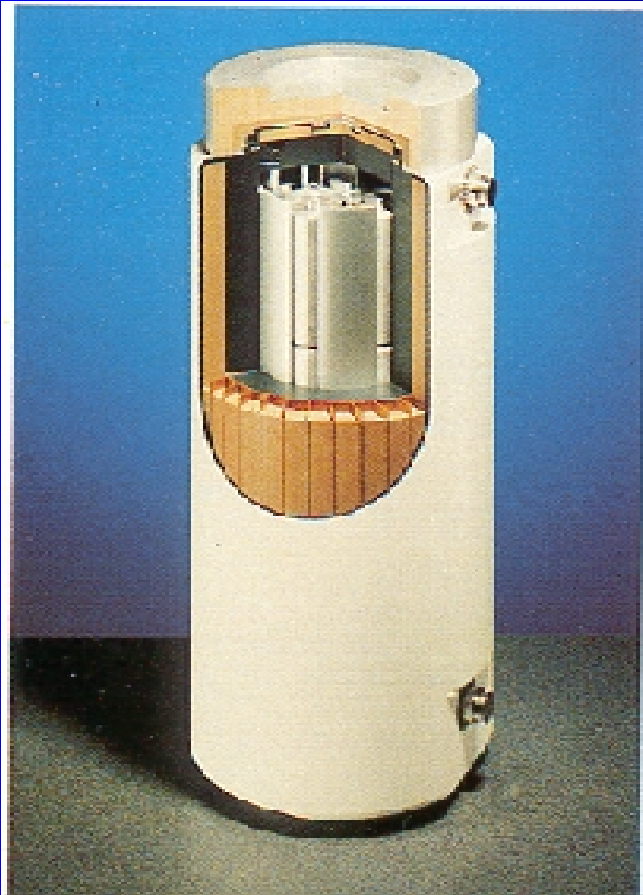


Ağır sulu reaktörler için yakıt demetleri



Hafif sulu reaktörler için yakıt demetleri

Yüksek Seviyeli Atık Taşıma ve Depolama Kabı



- Yaklaşık 38 ton kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesinden ortaya çıkacak yüksek seviyeli atıkların camlaştırılmış miktarını alabilecek paslanmaz çelikten yapılmış taşıma ve depolama kabı

Radyoaktif Atık ve Atık Depolama

- *Yüksek seviyeli radyoaktif atık depolama teknolojisi vardır.*
 - *Bu konuda dünyada somut gelişmeler bulunmaktadır.*
- *Düşük seviyeli radyoaktif atıklar ise halihazırda güvenli bir şekilde depolanmaktadır.*

Camlaştırılmış Yüksek Seviyeli Atık Deposu



Kullanılmış Yakıt ve Yeniden İşleme Atıkları (kg/GW. yıl)

	<i>Kullanılmış Yakıt</i>	<i>%</i>	<i>Yeniden İşleme Atıkları</i>	<i>%</i>
<i>Fisyon Ürünleri</i>	<i>1000</i>	<i>3.3</i>	<i>1000</i>	<i>93.3</i>
<i>Uranyum</i>	<i>28600</i>	<i>95.6</i>	<i>35</i>	<i>3.2</i>
<i>Plutonyum</i>	<i>300</i>	<i>1.0</i>	<i>2</i>	<i>0.3</i>
<i>Transuranyumlar</i>	<i>30</i>	<i>0.1</i>	<i>35</i>	<i>3.2</i>

Dünyada Nihai Depolama Örnekleri

- ABD'de Yucca Dağı, kullanılmış yakıtların nihai depolanması için uygun bir alan olarak belirlenmiştir. Deprem, su sızıntısı ve dağın kendine has jeolojisinden kaynaklanacak tüm beklenmedik olaylar 20 yıldır araştırılmaktadır.
 - 400 m derinlikte ve yeraltı suyu tablasından 300 m yukarıda yer alan 1 km uzunluğundaki tünellerin yüzbinlerce yıl boyunca geçireceği değişiklikler, bu olayları doğru bir şekilde modelleyebilecek bilgisayar programları ile analiz edilmektedir.
- Fin Parlamentosu, kullanılmış yakıtların nihai depolanması için Olkiluoto'da depolama tesisinin inşasına "Prensipite Karar" onayı vermiştir.
 - Yer ve çevre etkileri üzerine 20 yıldan beri yapılan çalışmalar sonucu projeye ilgili araştırma ve uygulama çalışmaları için hükümete resmen başvuru yapılmıştır.

Genel Bilgiler

BİRİM YAKIT MİKTARI BAŞINA ÜRETİLEN ENERJİ

1 kg odun	1 kWsaat
1kg kömür	3 kWsaat
1 kg petrol	4 kWsaat
1 kg uranyum	50.000 kWsaat
1 kg plütonyum	6.000.000 kWsaat