



# ENERJİ VE ÇEVRE SORUNLARI

## Ders Notları

Prof. Dr. Serkan ŞAHİNKAYA

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi

Çevre Mühendisliği Bölümü

2014


# 1. Enerji ve Toplum

Fosil kaynakların (kömür, petrol, doğal gaz, katran) enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda, özellikle karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ), karbon monoksit ( $\text{CO}$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), kükürt oksit ( $\text{SO}_4$ ) ve azot oksit ( $\text{NO}_x$ ) gibi gazların atmosfere salınması söz konusudur. Bu salınımların sürekli olması sonucunda sera etkisi, küresel ısınma, iklim değişikliği gibi çeşitli isimler ile anılan çevresel sorunlar ortaya çıkmıştır. Gerekli önlemlerin alınmaması halinde canlı yaşamını tehlikeye atabilecek kirlilikler gerçekleşecektir.

Enerji sıkıntılarının yaşandığı son yıllarda, artık ülkemizin enerjisinin tümünü kendisinin üretemeyeceği ve büyük ölçüde dışa bağımlı kalacağı belirlenmiştir. Bu nedenle ülkemiz, başta fosil yakıtlar olmak üzere kullanılabilir her türlü kaynaktan yararlanarak kendi enerjisini üretme stratejisini geliştirmiştir. Ancak, neden oldukları büyük çevresel sorunların dışında, fosil kaynakların önümüzdeki yüzyıllarda tükenme ihtimalinin olduğu bilinen bir gerçektir. Ayrıca, azalan kaynaklardan enerji üretim maliyeti de giderek artacaktır.

Dünyadaki sürekli nüfus artışı, sanayileşme ve bilimsel faaliyetlerin gelişmesine paralel olarak geliştirilen yeni teknolojiler sonucunda, suya ve enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Yeni kaynakların geliştirilememesi/keşfedilememesi halinde mevcut imkanlar ile artan talep karşılanamayacaktır.

Temiz enerji kaynakları sadece çevrecileri değil, çok geniş tabanlı diğer meslek gruplarını da ilgilendirmektedir. Fosil ve nükleer enerji kaynakları günümüz sanayisi ve toplumsal refahı için hayati derecede önemlidir. Ancak bunların yerine geçebilecek temiz enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi de aynı derecede önemlidir. Kullanılan fosil enerji kaynaklarının miktarlarının zamanla azalması, enerji çeşitliliği, verimliliği, tasarrufu, tasarımı, teknolojik gelişmeler, enerji politikası, toplum yapısı ile ekonomi ve planlamaya kadar pek çok alanda etkisini göstermektedir. Hali hazırda, fosil yakıtların yerine geçebilecek, alternatif kaynaklardan enerji üretebilen alternatif, ucuz ve verimli teknolojiler bulunmamaktadır. Bu sebeple uygulamada, teknolojik, politik ve ekonomik zorluklarla karşılaşmaktadır.



Dünyada pek çok ülkede sürekli yenilenebilir enerji üretimi için araştırmalar yapılmaktadır. Temiz enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve üretimi için farklı disiplinlerin eş zamanlı çalışması gerekmektedir;


- Çevre Mühendisi,
- Jeoloji Mühendisi,
- Maden Mühendisi,
- Makine Mühendisi,
- Ekonomi,
- İşletme.

# Enerji Kullanımının Tarihçesi

Binlerce yıl boyunca, canlı kütle (odun), rüzgar, su ve gelgit akıntıları, üretim sistemlerinde, ticari faaliyetlerde, şehirleşmede ve sanatta bir enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Sanayi devrimiyle fosil yakıtların kullanımı artmıştır. Bu insanlığın refah seviyesinin artmasına neden olmuştur. Ancak buhar makinelerinin icadı, kömür ve petrolün, su gücünün önüne geçmesine neden oldu. 19 YY.'da kömürün, madenleri eritmede kullanılması ve buhar makinelerini kullanan gemi ve arabalar ile daha uzun mesafelere ulaşılması, endüstriyelleşmenin hızlanmasına neden oldu. O zamanlar, kömürün bulunması kolaydı ve boldu; ayrıca çevre olan etkileri de göz ardı edildi. 19 YY.'ın sonlarında içten yanmalı motorların üretilmesi, petrol ve gazın alternatif yakıt olarak kullanılması, yeni teknolojilerinin üretilmesine ve enerji kaynaklarına daha kolay ve hızlı ulaşılmasına neden oldu. Ayrıca petrol ve kimya sanayinin gelişmesi ile plastik ve çeşitli metal alaşımları gibi yeni maddelerin imal edilmesi sonucunda, sanayileşme daha da hızlandı.

20. YY.'ın ortalarında elektriğin üretildiği yerlerden uzaklara taşınması mümkün olmuştur. Böylece bir enerji kaynağı veya üretim tesisi olmayan yerlere bile, enerji götürülebilmıştır. Elektriğin yoğun kullanımına başlanması, toplumsal hayatı girmesi ve sanayileşmeyi hızlandırması enerjiye olan ihtiyacı arttırarak toplumların ve devletlerin enerji kaynaklarına sahip olabilmek için rekabetini arttırmıştır. Özellikle kömür ve petrolün enerji kaynağı olarak yoğun kullanımı, birinci ve ikinci Dünya savaşlarının yaşanmasına neden olmuştur. İkinci Dünya savaşından sonra, nükleer enerji kaynaklarının geliştirilmesi, bu gelişmeye farklı bir boyut kazandırmıştır. Ancak 1960'lara kadar, bu farklı enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararlar göz ardı edilmekteydi.

1960'larda özellikle fosil yakıt kullanımının (petrol atıkları ve atmosfere salınan yakma gazlarının) çevreye verdiği zararlar görülmeye başlanmıştır. 1970'lerde yaşanan büyük ekonomi ve petrol krizi ile alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi gerektiği fikri öne çıkmıştır. 1990'larda fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar anlaşılmış, ancak gelişmiş ülkelere getireceği kısıtlamalardan ve ekonomik zararlardan korkulduğu için uygulanması gecikmiştir.



1980 sonrasında petrol fiyatlarında görülen önemli düşüşler, çevre kirliliğine karşı petrol kullanımını sınırlayan önlemlerin alınması ve bu tedbirlerin uygulanması zorlaşmıştır. Sonuç olarak, petrol ve fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji üreten teknolojilerin ve tasarruf tedbirlerinin alınması zorlaşmıştır. Çünkü, çevre sorunlarının ekonomik sorunlarla rekabet etmesi çok zordur. Kazanan daima ekonomik sorunlar olmuş ve çevresel sorunlar göz ardı edilmiştir. Ancak ekonomi geliştiği takdirde, çevresel sorunlar ile mücadele için metot ve teknoloji ağırlık kazanır.

# Enerji ve Güç

Enerji bir varlık değil, teorik bir kavramdır. Yunanca'da en (iç) ile ergon (iş) kelimelerinin bir araya getirilmesi ile ifade edilmiştir. **Enerjinin** teknik tanımı, iş yapabilme kalibiyetidir. Ayrıntıda, bir cismin kendine karşı koyan kuvvete rağmen hareketini gösterir.

Uygulamada, ne kadar enerji türü varsa, onların ölçülmesi için de o kadar enerji birimi vardır. Genel olarak hepsinin ortak birimi joule (jül) dür ve J harfi ile gösterilir.

**İş**, bir cismin yer değiştirmesini sağlayan kuvvetin etkisi olarak tanımlanır.

$$W = F \times D$$

$$\text{Joule (J)} = \text{Newton (N)} \times \text{metre (m)}$$

Cismin yerini değiştirmek iş yapmayı, başka bir ifade ile enerjiyi gerektirir.

İş ve enerjinin birimleri aynıdır.

# Enerji Birimleri

- 1 Kalori: 1 g suyun sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli enerjidir.
- 1 BTU: 1 lb suyun sıcaklığını 1°F artırmak için gerekli enerjidir.

## Bazı enerji ve güç birimlerinin dönüşümü

- 1 kalori=4.18 J
- 1 kilokalori (kcal)=1000 kalori
- 1 BTU=1055 J
- 1 varil petrol (42 galon=160 l)  
= 6.12 GJ ( $10^9$  J)= 1.7 MW-h=  $1.7 \cdot 10^3$  kW-h
- 1 ton kömür=  $25 \cdot 10^6$  BTU= 22 GJ
- 1 m<sup>3</sup> doğal gaz= 35315 BTU= 8900 kcal= 37.3 MJ
- 1kWh= 306 MJ= 3400 BTU
- 1 kW= 1.341 Hp

# Enerji Türleri

Farklı enerji türleri bulunmasına karşılık, esas olarak 4 temel enerji türü vardır. Bunlar kinetik, potansiyel, elektrik ve nükleer enerjidir.

**Kinetik enerji**, hareket eden bir cisimde var olan, hareket kaynaklı enerjidir. Örneğin, rüzgar türbinlerini ve hidroelektrik santrallerindeki türbinleri döndüren enerji kinetik enerjidir. Genel olarak kinetik enerjinin formülü,

$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 \text{ 'dir.}$$

Burada, **m** cismin kütlesini ve **v** ise hızını gösterir. Sonucun J cinsinden olabilmesi için kütlenin kg ve hızın da m/s cinsinden olması gerekmektedir.

**Potansiyel enerji**, bir referans düzlemine olan yükseklik ile ilgilidir. Bunun sebebi, yerçekimi kuvvetinin cisimleri yer merkezine doğru çekmeye çalışmasıdır. Bu çekme kuvvetine karşı cisimlerin karşı koyma enerjisine, potansiyel enerji denir. Örneğin, bir top, yerden belirli bir yüksekliğe çıkarılırsa, o cisim potansiyel enerji depolar. İşte buna yerçekimi/gravitasyonel potansiyel enerji de denir. Cisim olduğu yerden bırakılırsa, bu kinetik enerjiye dönüşür. Cismin potansiyel enerjisi, cismin referans düzlemine olan yüksekliği ve ağırlığı ile orantılıdır.

$$E_p = m g h$$

Burada, m cismin kütlesi, g yer çekimi ivmesi ve h ise yüksekliğidir.

Yerçekimi cisimlere etki eden tek kuvvet değildir. Elektrik kuvveti de cisimleri bir arada tutmak için etki etmektedir. Bu kuvvet, atom ve molekülleri bir arada tutar. Bu kuvvetin meydana getirdiği enerjiye, **elektrik enerjisi** adı verilir.

Son olarak temel enerji türlerinden biri de, nükleer (çekirdek) enerjidir. Bu ikinci dünya savaşı sırasında, silah üretmek için laboratuvar şartlarında üretilmiştir. **Nükleer enerji** santralleri, termik santraller gibidir, ancak burada ısı nükleer reaktörlerde üretilmektedir.

Enerji alanındaki hesaplamalarda, belirli bir zaman süresindeki enerji miktarı anlaşılmalıdır. Bu miktara, enerjinin gücü denir. Enerji joule (J) olarak ölçülmesine karşılık, güç **watt** (W) olarak ifade edilir. Tanım olarak bir watt, bir saniyede dönüşen bir **joule**'dür. Gücün harcanma oranı ise, birim saatte harcanan enerji **kilowatt saat (kWh)**'tir.

# Dünya'da Enerji Kaynakları

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin en belirgin ölçütlerinden biri de tüketilen enerji miktarıdır. Bugün en çok kullanılan enerji kaynaklarından biri petrol ve türevleridir. Dünya'da kullanılan enerji kaynaklarının yüzdeleri (%),

Petrol	33.3
Kömür	22.8
Gaz	18
Canlı kütle	13.8
Su	5.9
Nükleer	5.6

## Fosil enerji kaynakları:

- Enerji kullanımı, gelişmişliğin bir göstergesidir.
- Yaklaşık olarak dünya nüfusunun %25'ini oluşturan endüstrileşmiş ülkeler, dünya enerji tüketiminin %80'ini gerçekleştirmektedirler.
- Tüketilen bu enerjinin büyük bir bölümü; yer altında kömür, petrol ve doğal gaz olarak depolanan güneş enerjisidir.
- Sınırlı olan bu kaynaklar hızla azalmaktadır.

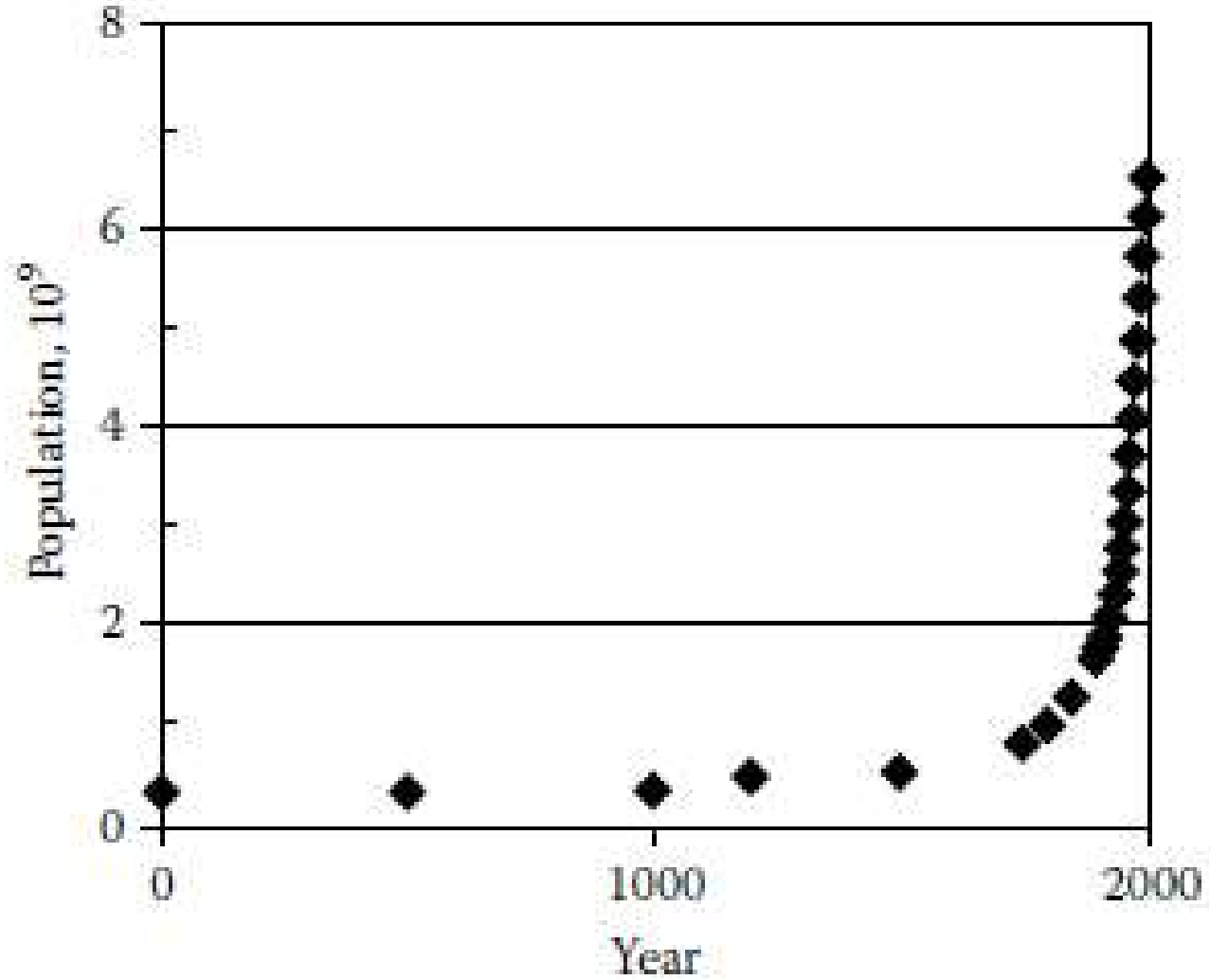
# Yenilenebilir enerji kaynakları

- Güneş ışınımı, rüzgâr, biokütle, hidrolik (akarsu), okyanuslardaki ısı ve dalgalar da aslında güneşten gelen enerjiden dönüşmektedir.
- Güneş enerjisi aynı zamanda; tüm gıda maddelerinin, kâğıt ve tekstil üretiminde kullanılan elyafların, dünyanın büyük bir bölümünde ısınma ve pişirme için kullanılan enerjinin de kaynağıdır.

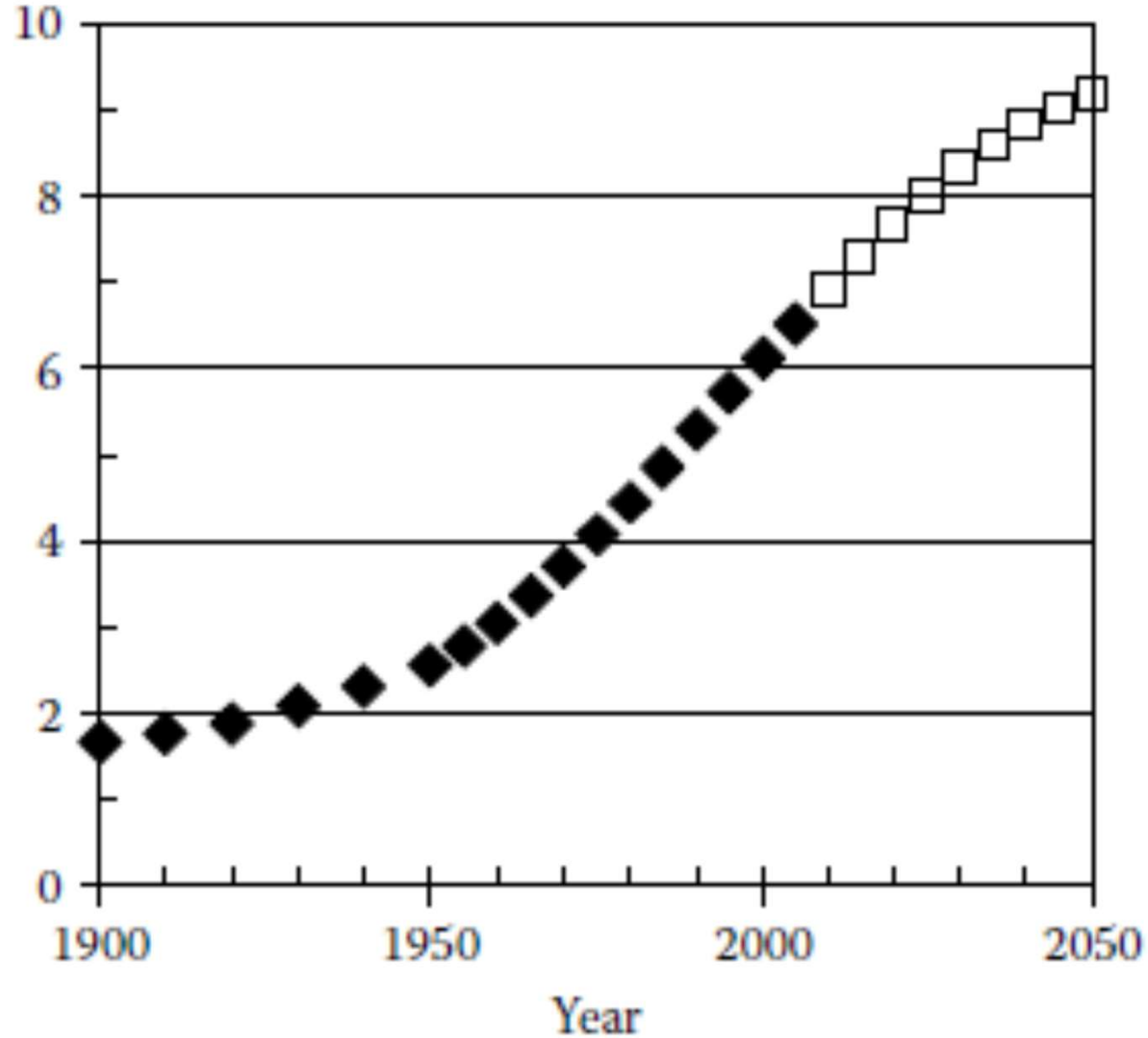
## **Diğer enerji kaynakları:**

- Diğer enerji türleri ise; kütle çekimi etkisi ile oluşan (gel-git) dalgalar, jeotermal enerji ve nükleer enerjidir (füzyon ve fisyon).
- Jeotermal enerji de güneş enerjisine dayanmamakla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları arasında değerlendirilmektedir.

# Dünyada İnsan Nüfusunun Artışı



# BM Öngörülerine Göre Gelecekte Dünya Nüfusu



- Nüfus artış hızınının 2050 yılında %0.5'e düşeceği,
- 2200 yılında dünya nüfusunun 9 - 11 milyar aralığında sabitleneceği öngörülmektedir.


**Tablo. Nüfus artışı ile enerjimi tüketimi.**

Yıl	Nüfus (miyar)	Toplam Enerji Tüketimi		Kişi Başı Enerji Tükt.	
		EJ/Yıl	TW	GJ/Yıl	kW
<b>1990</b>					
Gelişmiş	1.2	285	9	237	7.5
Az gelişmiş	4.1	142	4.5	35	1.1
Toplam	5.3	426	13.5	80	2.5
<b>2005</b>					
Gelişmiş	1.4	157	5.3	120	3.8
Az gelişmiş	6.8	473	15	69	2.2
Toplam	8.2	640	20.3	78	2.5

# Fosil Enerji Kaynaklarının Sorunları

1970'li yıllarda enerjide sürdürülebilirlik, yani sürekli enerji temini, bir sorundu ve petrol vb. yakıtların ne zaman tükeneceği tartışılmaktaydı. Enerji/yakıt kaynaklarının tükenmesi sorunu halen tartışılmasına rağmen, enerji ile ilgili sorunların başını çevre sorunları çekmektedir. Bu sorunların başında, küresel ısınma, iklim değişikliği, atmosfer kirliliği ve sera etkisi yer almaktadır. Bütün bunların temel sebebi, fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan zararlı gazların konsantrasyonlarının artmasıdır. Bunlardan küresel ısınma, yeryüzü sıcaklığının bu gazlar sebebi ile az da olsa artmasıdır. Sera gazlarının etkisi ile atmosfer sıcaklığının her 10 yılda 0,3°C arttığı savunulmaktadır. Bu gazların en önemlisi CO<sub>2</sub>'dir.

Güneş 6000°C sıcaklığı ile Dünya dan çok daha sıcaktır. Bu nedenle, güneşin enerjisi kısa dalga boylarında yayımlanmaktadır. Dünya'nın ortalama sıcaklığı ise 15°C'dir ve uzun dalga boyunda yayımlanmaktadır. Gelen ve giden güneş ışınimleri arasındaki denge atmosferdeki yutma ve yansıtma olayları vasıtası ile temin edilir. Mesela bulutlar güneş ışınlarını engelleyerek yeryüzü sıcaklığının düşmesine neden olur.



Atmosferin büyük kısmını teşkil eden oksijen ve azot gibi iki atomlu gazlar, uzun dalga boylarındaki ışınları engelleyemedikleri için, bunların yeryüzüne yakın kısımlara hapsedilmesine müsaade etmezler. Daha fazla atomlara sahip olan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> gibi gazlar uzun dalga boylarındaki ışınların geçmesine izin vermezler ve tekrar yeryüzüne dönmelerine neden olurlar. Böylece yeryüzü sıcaklığı yükselir. Bu tür gazlara, “**sera gazı**” adı verilir. Bu gazların günümüzdeki konsantrasyonu olması gerekenden çok daha fazladır. Sera gazları olmadan – 15 C olması gereken yeryüzü sıcaklığı 32 C artarak ortalama 17 C’ye ulaşmaktadır. Özetle, yeryüzüne ulaşan güneş ışınları CO<sub>2</sub>, su buharı gibi gazlar tarafından yutulurlar. Bunun sonucunda enerjinin bir kısmı atmosferden geri yansırken, bir bölümüde yeryüzünde tutularak Dünya’nın ısınmasına katkıda bulunur.

İnsan faaliyetleri sonucunda artan sera gazı miktarı, yeryüzünün sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Buna “yapay küresel ısınma” denir.

Küresel sıcaklık artışları sonucunda aşağıdaki istenmeyen durumlar olabilir,

- Sera gazlarının Güneş'ten gelen ışınları tutması sonucunda, yeryüzü ile Güneş arasındaki ısıl alışveriş dengesi bozulmaktadır.
- Yeryüzünün sıcaklığı sürekli artmaktadır.

Böylece CO<sub>2</sub> sağlık açısından zararlı olmamasına rağmen, küresel ısınmanın artışına neden olarak çevresel zarara sebep olabilmektedir.

Sera gazlarının artışına tesir eden etkenler;

<b>Enerji</b>	<b>Kimyasal</b>	<b>Orman</b>	<b>Tarım vd.</b>
% 50	% 20	% 15	% 15
Hava kirliliği CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	Kloroflorokarbonlar (KFK) ve kullanımı.	Ormanların tahribi CO <sub>2</sub> vd sera gazları	Pirinç üretimi (CH <sub>4</sub> ), gübre (N <sub>2</sub> O), hayvan çiftliği (CH <sub>4</sub> ) ve çöp (CH <sub>4</sub> )

İnsan kaynaklı sera gazı üretimlerinin oranları,

CO <sub>2</sub>	% 55
KFK	% 24
CH <sub>4</sub>	% 15
N <sub>2</sub> O	% 6

## CO<sub>2</sub> Kaynakları ve Azaltma areleri

CO<sub>2</sub> üreten temel kaynaklar, özellikle enerji üretimi için fosil yakıtların yakılması ve ormanların tahrip edilmesidir. Milyonlarca yıldır enerji, kömür, petrol ve gaz dünyanın jeolojik tabakaları arasında karbon şeklinde depolanmıştır. Bu kaynaklarda hazır olarak CO<sub>2</sub> depolanmıştır. Bunlar daha önce atmosferde bulunan CO<sub>2</sub> gazlarının kimyasal olarak organik karbon halinde depo edilmesi ile ortaya çıkmıştır. Son 20-30 yılda, fosil yakıtlardan milyonlarca ton CO<sub>2</sub> gazı atmosfere verilmiştir. Bunun yaklaşık % 60 okyanuslar tarafından tutulurken, % 40'ı atmosferimizde sera gazlarını oluşturmaktadır. Su ve canlı kürenin daha ne kadar CO<sub>2</sub> depolayabileceği bilinmemektedir.

987 yılında, atmosfere 20,5 milyar ton CO<sub>2</sub> bırakılmıştır. Bu miktarın 16,4 milyar tonu, dünya nüfusunun 1/3'ini oluşturan sanayileşmiş ülkelerden (ABD, Kanada, Avustralya, Rusya vd) kaynaklanmıştır.

CO<sub>2</sub>'nin azalması için yapılan teknik çalışmalar şunlardır;

- Enerji kaynaklarının verimliliği arttırarak kullanımları sonucu daha az CO<sub>2</sub>'nin çıkmasını sağlayan (yakma) teknolojilerin geliştirilmesi,
- Karbon içeriği fazla olan fosil yakıtların, karbon içeriği az olan yakıtlarla değiştirilerek kullanıma sunulması,
- Mümkün olan her türlü yenilenebilir enerji kaynağının kullanımı.

Yerleşim bölgelerindeki ev enerji ihtiyaçlarının en etkin ve verimli kullanımı için şunlara dikkat edilmelidir;

- Binalarda ısı izolasyonunun yapılması ile, ısınma için harcanacak enerji ihtiyacının azaltılması,
- Evlerde ve ofislerde enerji verimliliği yüksek cihazları kullanmak,
- Aydınlatmalarda floresan lambaları kullanmak,
- Ulaşımında toplu ulaşım araçlarını yaygınlaştırmak.

# İklim Değişikliğinin Çevreye Etkileri

**Küresel iklim değişikliği veya sera gazları ile ilgili hassasiyetin nedenleri şunlardır;**

- Atmosferde sera etkisini meydana getiren gazların büyük çoğunluğu insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında fosil yakıtların kullanımı önemli yer tutar.
- Gerekli önlemlerin alınmaması halinde, 2050 yılında CO<sub>2</sub> konsantrasyonu sanayi devriminin başladığı 1800'lü yıllardakinin iki katına çıkması beklenmektedir.
- CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun iki katına çıkması ile yeryüzü sıcaklığı 1,5 – 4,5 C arasında artacaktır.
- CO<sub>2</sub> artışından kaynaklanan hasarı önleyebilmek için, enerji üretimi, ormanların tahribi ve diğer insani faaliyetlerden kaynaklanan CO<sub>2</sub> salınımının yarı yarıya azaltılması için çözümler üretilmelidir.

**Sera gazlarının etkisini azaltmak için yerel ölçekte dikkate alınması gereken hususlardan bazıları şunlardır;**

- Bugüne kadar ozon tabakasının delinmesine neden olan etkenleri azaltabilecek/kontrol altına alabilecek çarelere yeteri kadar başvurulmamıştır,
- İnsanların çoğunlukla yaşadığı yerler öncelikle daha şiddetli etkilenecekleri için, öncelikli tedbirler buralarda alınmalıdır,
- Kloroflorokarbonların azaltılması için yerel ölçekte yeterli önlem alınmamıştır,
- Hızlı ve verimli iş birliği yerel, ususal, ve uluslar arası teşkilarla işbirliği halinde alınmalıdır.

**Sera gazlarının etkisi ile ortaya çıkması mümkün olan etkiler şunlardır;**

- İklimde şiddetli uçlara (kuraklık, aşırı sıcaklar ve soğuklar) kaymalar ve bunların gerçekleşme sürelerinin uzaması,
- Kıtaların iç bölgelerinde hava hareketleri, sahil kesimlerinden daha sıcak olacaktır,
- Atmosferin alt tabakası olan troposfer, daha fazla karasal alana sahip Kuzey Yarım Küredeki ısınma, Güney Yarım Küreden daha fazla olacaktır.
- Kış ayların aşırı yağışlarla taşkınlar olabilecektir,
- İklim ile birlikte, bölgenin flora ve faunası da değişecektir.
- Bu olumsuz tesirlere ilaveten bazı bölgelerde hava şartları tarım faaliyetleri için çok daha uygun hale gelecektir.

## **Küresel ısınmanın iklim ve bitki kuşaklarına etkileri,**


- Sıcaklığın 1 C artması, bugünkü iklim ve bitki kuşaklarının kutuplara doğru 200 – 300 km kayması demektir.
- Sıcaklık artışı her on yılda en fazla 0,1 C olursa, ekolojik denge tahammül edebilir.
- Eğer 100 yıldaki sıcaklık artışı 1,5 C'yi geçerse, birçok bitki ve hayvan türü buna uyum sağlayamaz ve sonuçta bir çok tür yok olur.

Küresel ısınmanın özellikle kuzeyde bulunan bölgelerde insanlara olumsuz etkiler yapması beklenmektedir. Bu etkiler solunum sistemi ve alerji hastalıkları olacaktır.

# Ozon Tabakasının İncelmesi

Ozon tabakasının incelmesi, yeryüzünü 20 – 50 km yükseklikte çevreleyen stratosferde ozon konsantrasyonunun yerel olarak azalmasına denir. Bu olaya, ilk olarak 1970’lerde Antartika üzerinde rastlanmıştır. Günümüzde ise Kuzey Kutbunda bile ozon tabakasının incelmesi belirlenmiştir. Özellikle çok yoğun nüfusun yaşadığı Kuzey Amerika ve Avrupa üzerinde incelmenin gittikçe arttığı görülmüştür. Ozon tabakasının incelmesinde, insanlar tarafından yapay olarak imal edilen KFK gazlarının stratosfere yükseldikten sonra oradaki diğer gazlarla kimyasal tepkimeye girmesi rol oynamaktadır.

Ozon tabakasındaki bu incelme, Güneş ışınlarının ultraviyole B ışınlarının artan miktarlarda yeryüzüne ulaşmasına sebep olur. Böylece aşağıdaki, çevre ve sosyo-ekonomik etkiler ortaya çıkmaktadır;

- 
- Görme kayıplarının artması ve deri kanseri vakalarına daha sık rastlanması,
  - Bitkilere zarar vererek, yapılacak hasat veriminin düşmesine,
  - Deniz ve okyanuslardaki planktonları azaltarak balık gibi su ürünlerinin azalmasına sebep olur.

Ozon tabakasını korumak ve sera etkisini azaltmak için 1985 yılında Viyana Anlaşması ve 1987 yılında da Montreal Protokolü imzalanmıştır. Bu anlaşmalar sonucunda bütün ülkeler ozon tabakasının incelmeye neden olan zararlı gaz emisyonlarını kademeli olarak 2000 yılına kadar azaltması gerektiği ve bazı durumlarda 2005 yılına kadar edebilmesi gerektiği belirlenmiştir. Ozon tabakasının ilk doğal durumuna geri dönebilmesi için, 100 yıldan fazla süreye ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Bugün için uluslararası anlaşmalar ile belirlenen hedeflere ulaşılmış ve ozon tabakasındaki incelme durdurulmuştur.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

- Kömür, sıvı yakıtlar ve doğal gazın yakılması sırasında açığa çıkan bazı gazların zehirleyici etkileri ve çevre için zararları vardır.
- **Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve (NO<sub>x</sub>)'ler** bu zararlı gazların **miktar ve olumsuz etkiler** bakımından en önemlileridir.
- SO<sub>2</sub> temelde **kükürt içeriği fazla olan kömürlerin** termik santrallerde yakılması ile açığa çıkmaktadır.
- NO<sub>x</sub>'ler ise uygun koşulların olduğu tüm yakma sistemlerinde açığa çıkmaktadır.
- Bu gazlar atmosferde, su buharının yoğun bulunduğu, sisli ve bulutlu bölgelerde, **sülfirik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve nitrik asite (HNO<sub>3</sub>)** dönüşmektedir.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

Yakın ve uzak çevrede “**asit yağmurları**” şeklinde yeryüzüne inen bu asitler;

- su ve toprak kaynaklarının kirlenmesine,
- orman kayıplarına,
- özellikle tarihi eser niteliği taşıyan taş yapılar başta olmak üzere, binalara ve insan eseri bir çok varlığa da zarar vermektedir.
- Otomobillerden salınan  $\text{NO}_x$ 'ler, eksik yanma ürünü hidrokarbonlar ve güneş ışığının, yeryüzüne yakın bölgelerde bir arada yoğun olarak bulunması ile oluşan “**fotokimyasal sis**” (ozon,  $\text{O}_3$ ) de uygun koşulların olduğu kentler için ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## SO<sub>2</sub> OLUŞUMU VE TUTULMASI

- SO<sub>2</sub> oluşumu, katı ve sıvı yakıtların bileşiminde bulunan kükürdün yakma işlemi sırasında oksitlenmesi ile gerçekleşir.
- SO<sub>2</sub> oluşumunun engellenmesi ve tutulması için kullanılan yöntemler:
- Kükürt bileşimi düşük kömürlerin kullanılması.
- Ağır sıvı yakıtlardan kükürdün ayrıştırılması.
- Kükürt bileşimi yüksek kömürlerin akışkan yataklı sistemlerde yakılması (**kireç taşı** ile yanma sırasında kükürdün tutulması).
- Baca gazlarının **kireç** veya **kireçtaşı çözeltisi** ile yıkanması yoluyla SO<sub>2</sub> salınımının engellenmesi.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

- NO (azot monoksit) ve NO<sub>2</sub> (azot dioksit) başta olmak üzere tüm azot oksitler, genel olarak NO<sub>x</sub> (azot oksitler) olarak adlandırılırlar.
- Yanma sırasında oluşan NO<sub>x</sub>'in %90'ı NO'tir. Bacadan çıkan NO, atmosferde tekrar oksitlenerek NO<sub>2</sub> haline dönüşür.
- Fosil yakıtların yanması sırasında NO<sub>x</sub> oluşumu için iki temel mekanizma vardır.
  - **Isıl NO<sub>x</sub> oluşumu:** Yakma havası içerisindeki azotun yüksek sıcaklıkta oksitlenmesi.
  - **Yakıt kaynaklı NO<sub>x</sub> oluşumu:** Yakıt içerisinde kimyasal olarak bağlı bulunan azotun oksitlenmesi.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## ISIL NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

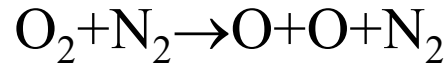
- **Doğal gazın** yanması ve **damıtılmış hafif sıvı yakıtların** yanması sırasında görülen NO<sub>x</sub> oluşumunun hemen hemen tamamı ısıl NO<sub>x</sub> oluşum mekanizması ile gerçekleşir.
- **Kömür, ağır petrol yakıtları** ve **ham petrolün** yakılması sırasında oluşan NO<sub>x</sub> 'lerin içerisinde de ısıl NO<sub>x</sub> oluşum mekanizmasının payı oldukça büyüktür.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

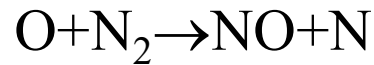
## ISIL NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

- Yakma havası içerisindeki azot, ilk defa Zeldovich tarafından önerilen bir zincirleme reaksiyon ile oksitlenir.

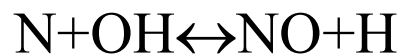
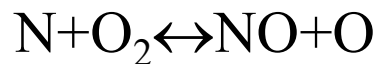
- Oksijenin atomlarına ayrışması:



- Oksijen atomu, azot ile reaksiyona girerek NO ve azot atomu oluşturur:



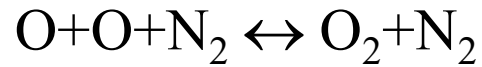
- Azot atomları yüksek sıcaklıkta, oksijen veya hidroksil radikalleri (OH) ile oksitlenerek, NO ve oksijen atomu ya da hidrojen atomu oluştururlar:



# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## ISIL NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

Oksijen atomlarının derişimi dengeye ulaştığında, atomlar tekrar birleşerek molekül yapısına dönerler:



Isıl NO<sub>x</sub> oluşumu, **azot derişimi** [N<sub>2</sub>], **bekleme zamanı** (t) ve **oksijen derişiminin** [O<sub>2</sub>] karekökü ile doğru orantılı ve **sıcaklık** (T) ile eksponansiyel orantılıdır.

$$[NO] \sim [N_2] t [O_2]^{1/2} \exp(-1/T)$$

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## ISIL NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

Isıl NO<sub>x</sub> oluşumu aşağıda verilen yollarla azaltılabilir.

- Azot derişiminin azaltılması.
- Maksimum sıcaklığa maruz kalınan sürenin (bekleme zamanı) kısaltılması.
- Oksijen derişiminin azaltılması.
- Maksimum sıcaklığın azaltılması.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## ISIL NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

- Hava fazlalığı azaltılarak hem N<sub>2</sub> hem de O<sub>2</sub> derişimi azaltılabilir.
- Reaktantların maksimum sıcaklığa maruz kalış süresini azaltmak için ise eksoz gazları resirküle ettirilir. Bu yolla yanma bölgesindeki O<sub>2</sub> derişimi azaldığı gibi, alev sıcaklığı düşer ve yüksek sıcaklık bölgesi daralır, dolayısıyla maksimum sıcaklığa maruz kalınan süre de kısılır.
- Yanma odasında O<sub>2</sub> derişimini yerel olarak azaltmak için çeşitli kademeli yakma yöntemleri kullanılmaktadır.
- Maksimum alev sıcaklığını azaltmak için de havaya uygulanan ön ısıtma sonundaki sıcaklığın azaltılması da bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## YAKIT KAYNAKLI NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

- Fosil yakıtların azot içerikleri aşağıda verilmiştir:

Fosil yakıt	Kütlesel N <sub>2</sub> İçeriği (%)
Kömür	0.5-2.5 *
Ham petrol	0.25 ve üzeri
Doğal gaz	5

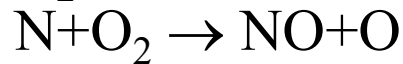
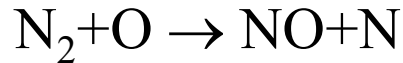
\*(kuru ve külsüz kütleye göre)

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## YAKIT KAYNAKLI NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

- Doğal gazın bileşimindeki azotun büyük bir kısmı, sıvı yakıtların bileşimindeki azotun %20-90'ı, kömürün bileşimindeki azotun %5-60'ı yanma sırasında NO<sub>x</sub>'e dönüşür.

- Yakıtta bağlı azot atomlarının %70'i buharlaşarak, serbest oksijen atomları ile reaksiyona girip, NO ve azot atomu oluşturur. Açığa çıkan serbest azot atomları da oksitlenerek NO oluştururlar.



- Yakıttan buharlaşan azot miktarı, öncelikle **yakıt-hava oranına**, daha düşük dereceden de **sıcaklığa** bağlıdır ve hızla oksitlenerek NO<sub>x</sub>'lere dönüşür.

# FOSİL YAKITLARIN YANMASI

## YAKIT KAYNAKLI NO<sub>x</sub> OLUŞUMU

- Yakıt kaynaklı NO<sub>x</sub> oluşumunu engellemek için kullanılan yöntemler:
  - Hava fazlalığının azaltılması.
  - Yakma sisteminin tasarımının optimizasyonu.
  - Yakma havasının kademeli olarak verilmesi
  - Yakıtın kademeli olarak verilmesi.
  - Yakma havasına uygulanan ön ısıtmanın kademelendirilmesi.

## 2. Enerji ve Doğa

Yenilenebilir enerji, doğal ortamda sürekli ve tekrarlı biçimde ortaya çıkan hareketlerden (dolaşım, çevrim, akımlar ve akıntılar) elde edilebilecek enerji türleridir. Bir başka deyişle, insan faaliyetleri yararına çevrede sürekli ve tekrarlı var olan hareketleri kapsayan enerji türü olarak tanımlanmaktadır. Bu tür enerjilerin kökeninde güneş, yer çekimi ve dünyanın dönmesi vardır. Bir çok yenilenebilir enerji kaynağı güneş ışınımından, ısı için doğrudan kullanımına ilave olarak, elektrik üretimi ile dolaylı olarak rüzgar, güneş, jeotermal, dalga, nehir akımı, boğaz akıntıları, gelgit salınımları, bitki ve hayvan atıkları şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Teorik olarak, enerji ihtiyacının tümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması, fosil ve nükleer enerjinin çevreye verdiği zararın önüne geçebilir. Ama bu şekilde enerji ihtiyacının karşılanması, çok daha pahalıya mal olacaktır.

Günümüzde fosil kaynakların fiyatlandırılmasında, sadece enerji maliyetleri dikkate alınmaktadır. Ancak, çevreye verdikleri zarar dikkate alınarak, çevre kirlenmesine karşı ve/veya çevrenin temizlenmesi için alınacak önlemler de dikkate alınmalıdır. Bu maliyetlerinde dikkate alınması ile, yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesi ve uygulanması için fırsat sağlayacaktır.

### Yenilenebilir enerji kaynakları,

- Güneş enerjisi,
- Rüzgar enerjisi,
- Dalga & gelgit enerjisi,
- Biyoenerji,
- Jeotermal enerji,
- Hidrojen enerjisi.

### 3. ENERJİ PROBLEMİ

- Endüstrileşmiş ülkelerin en önemli enerji kaynağı halen fosil yakıtlardır.
- Hem tüketimin hem de nüfusun hızla artması, dünyanın ve insanlığın geleceği için yeni enerji kaynaklarının kullanımını acil bir ihtiyaç haline getirmiştir.

# Isı Enerjisi ve Sıcaklık

- Isı da bir tür enerjidir ve basitçe maddenin iç kinetik enerjisi olarak tanımlanabilir.
- Isı ve sıcaklık karıştırılan iki kavramdır.
- Isı bir enerji türüdür.
- Sıcaklık ise ısı enerjisinin bir ortamdan diğerine geçmesi için gerekli olan bir potansiyeli ifade eder.

# Enerjinin korunumu

- Enerji yoktan var edilemeyeceği gibi yok da edilemez.
- Ancak enerji farklı enerji türlerine dönüştürülebilir.
- Verdiğiniz enerjiden daha fazlasını size geri verebilecek bir düzeneğin kurulması imkânsızdır.

# Enerji Dönüşümleri

- Isı enerjisini tamamen işe (mekanik enerjiye) dönüştürmek mümkün değildir ve enerji dönüşümlerinde verim daima %100'ün altındadır.
- Aynı nedenle, ısı enerjisini düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa taşımak için de enerji harcanması gereklidir (soğutma sistemleri ve ısı pompalarında).
- Bütün enerji dönüşümleri kayıplı olarak gerçekleşir ve kayıplar (entropi) sürekli artar.

# Enerji Dönüşümleri

- Bazı enerji türleri diğerlerine göre daha kolay dönüştürülebilir.
- İçten yanmalı motorlarda, yakıtın sahip olduğu enerjinin yaklaşık;
  - %35-40'ı mekanik enerjiye dönüştürülürken,
  - geriye kalan enerjinin yarısı egzozdan,
  - diğer yarısı da radyatörden

düşük sıcaklıkta (düşük kaliteli) ısı enerjisi olarak çevreye atılır.

# Enerji Problemi

- İnsanlığın enerji ile ilgili çıkmazı;
  - başta fosil yakıtlar olmak üzere kullanılabilir enerji kaynaklarının sınırlı olması,
  - bu kaynakların kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileridir.
- Enerji politikalarının ilk hedefi, tasarruf ve verimi artırmak olmalıdır.

# Tasarruf

- Tasarruf;

ihtiyacın yoksa çalıştırma, termostatların ayarını düşür ve hızını azalt vb

uyarıların yerine getirilmesi ile olur.

- Fiyatların yükselmesi ve arzın azalması tasarrufu artırır.

# Verim

- Örneğin ısı enerjisinin mekanik enerjiye (elektrik) dönüştürülmesinde, sıcak ( $T_H$ ) ve soğuk ( $T_C$ ) kaynak sıcaklıkları, verimin üst sınırını belirler.

$$\eta = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

- Sıcak kaynak sıcaklığı malzeme teknolojisinin gelişmesi ile sınırlanırken, soğuk kaynak sıcaklığını ise çevre sıcaklığı belirler.
- Termik santrallerin verimi %35-40 civarındadır. Yakıtın sahip olduğu kimyasal (ya da nükleer) enerjinin ancak %40'ı elektriğe dönüştürülürken, %60'ı atık ısı olarak atmosfere salınır.

# Toplam Verim

- Arda arda gerçekleşen enerji dönüşümlerinde toplam verim, alt dönüşümlerin verimlerinin çarpımına eşittir.
- Kömürün üretiminden, evimizde bulunan elektrik ampulündeki ışık enerjisine kadar, enerji dönüşümlerinin verimleri:

<b>Dönüşüm verimi</b>	<b>%</b>
Kömürün çıkarılması	96
Kömürün taşınması	97
Elektrik üretimi	38
Elektriğin nakli	93
Akkor ampulünde ışığa dönüşüm	5
<b>Kömürden ışığa toplam verim</b>	<b>1.6</b>

# Aydınlatmada Verim

- Kompakt florsan lambalarda elektrikten ışığa dönüşüm verimi % 15-25 iken, LED (Light Emitting Diode) lambalarda verim %25-50 aralığındadır.
- Yukarıdaki toplam verim hesabı, yaz aylarında güneş ışığından daha fazla yararlanmak için yapılan yaz saati uygulamasının, elektrik tüketimini azaltıcı etkisini de göstermektedir.

# Enerjinin Geleceği

- Fosil enerji kaynaklarının, azalmaları nedeniyle maliyetleri yükseldikçe, enerji kaynağı olarak kullanılmaları ekonomik olmaktan çıkacaktır.
- Bu kaynaklar azaldıkça endüstriyel hammadde değerleri artacaktır.
- Enerji kaynaklarının önemi ilk kez 1973 yılında yaşanan petrol krizi ile dünya gündemine gelmiştir.
- Enerji kaynakları, stratejik önemi nedeniyle uluslar arası politikada en önemli belirleyici etkenlerdendir.
- Özellikle enerjisini ithal eden ülkeler için üretim ve enerji dönüşüm sistemlerinin yüksek verimli olması hayati öneme sahiptir.

# Enerjinin Geleceği

- Yüksek verimli aydınlatma sistemlerinden, küçük motorlu ve az yakıt tüketen araçlara kadar birçok ürün bu arayışların sonucunda geliştirilmiştir.
- Özellikle Avrupa'daki termik santrallerde daha sık uygulanan, günümüzde ise fabrika düzeyindeki uygulamaları yaygınlaşan ve önümüzdeki yıllarda konutlarda da kullanılması beklenen, kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri, fosil enerji kaynaklarından daha yüksek verimle yararlanmak amacıyla geliştirilmiştir.

# Üstel Büyüme

- Temel ilkeler üzerinden değerlendirilecek olursa, insanlığın enerji ile ilgili çıkmazı; sonlu herhangi bir kaynağın tüketiminin, Üstel olarak artırılamayacağı gerçeğinden ibarettir.
- Bu tespitten sonra cevaplanacak tek soru, kaçınılmaz sonun ne zaman geleceğidir.
- Güneşin enerji kaynağı olarak ele alınması halinde, insanlığın tükettiği enerji çok küçük dolayısıyla kaynak sonsuz kabul edilebilir. Ancak güneşten gelen enerjinin dünya üzerine düşen kısmı dahi çok uzun bir zaman sürecinde bu tüketim artışına cevap veremeyecektir.

# Üstel Büyüme

- % artış oranına bağlı olarak tüketimin iki katına çıkış süreleri.
- Dünya nüfusunun, tarihsel süreçte, ortalama yıllık artış hızı %2-3.
- Benzin tüketiminin yıllık ortalama artış hızı %3,
- Dünyada petrol üretiminin yıllık ortalama artış hızı %5-7,
- Dünyada elektrik tüketiminin yıllık ortalama artış hızı %7.

%artış	yıl
1	69
2	35
3	23
4	17
5	14
6	12
7	10
8	9
9	8
10	7
15	5

# Enerji Tüketiminin Boyutları

- İnsanların ne kadar fazla enerji tükettiğini anlamak için dünyanın uydulardan gece saatlerinde çekilmiş fotoğraflarına bakmak yeterlidir.



# Enerji Tüketiminin Boyutları

- Sadece ABD, dünya nüfusunun sadece %6'sına sahip olmasına rağmen, dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık %25'ini, mineral kaynaklarının da %50'sini tüketmektedir.
- Dolayısıyla fosil yakıt kaynaklarının, üstel tüketim artışı ile gelecekteki ihtiyaçlara cevap verebilmesi mümkün değildir.

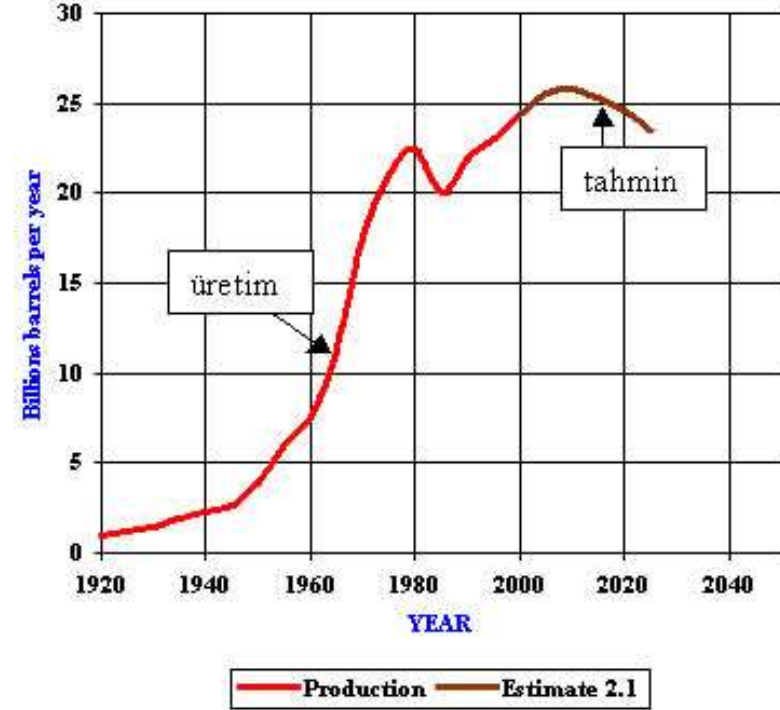
# Enerji Kaynaklarının Geleceği

## Petrol ve doğalgaz:

- Geçmiş yıllara ait üretim ve tüketim verileri, yeni kaynakların keşfi, mevcut kaynakların üretimindeki azalma vb bilgiler ışığında, gelecekteki üretimin tahmini çok zor değildir.
- ABD için 1950’li yıllarında yapılan bir tahmin çalışması ile maksimum petrol üretimine 1970’li yıllarda ulaşılabileceği büyük bir doğrulukla belirlenmiştir.
- Toplam kaynak sınırlı ise kullanım artarak devam ederken, yeni kaynakların bulunması ve üretimin artırılması için yapılan harcamalar, dolayısıyla üretim maliyetleri hızla artmaktadır.

# Dünya Petrol Rezervleri

- Sınırlı bir kaynak olan petrol için söylenen her şey doğalgaz, kömür ve nükleer yakıt rezervleri için de geçerlidir.
- Dünya genelindeki petrol üretim ile ilgili tahminler hakkında daha ayrıntılı bilgi için [www.oilposter.org](http://www.oilposter.org) sitesine bakılabilir.



Şekil 9. Dünyanın hafif petrol rezervlerinin üretimi ve üretim tahmini

# Kömür

- Kömür, 2004 yılında dünyada kullanılan birincil enerji kaynaklarının %26'sını oluşturmuştur.
- Dünyadaki elektrik üretiminin %43'ü de kömür kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- Çin'de elektrik üretimini yaklaşık %80'i kömürlü santrallerden karşılanmaktadır.
- ABD'nin kömür rezervleri için biçilen ömür yaklaşık 200 yıldır.
- Dünya kömür rezervleri için de durum yaklaşık olarak aynıdır.
- Kömürün diğer fosil yakıtlara göre, çevre ve iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkileri daha fazladır.

# Nükleer Enerji

- İlk ticari nükleer santral 1957 yılında inşa edilmiştir.
- Şu anda dünyada 443 nükleer santral faaliyettedir.
- Kurulu nükleer güç yaklaşık 365'GW tır.
- Dünya elektrik üretiminin %15'ini nükleer santraller sağlamaktadır.
- Fransa'nın elektrik tüketiminin %78'i nükleer santrallerden karşılanmaktadır.

# Enerjide Kaynak Çeşitliliği

ABD elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (2005):

<u>Kaynak</u>	<u>%</u>
Kömür	50
Nükleer	19
Doğalgaz	19
Petrol	2
Yenilenebilir	10

- ABD’de 1990’larda % 66 kapasite ile çalışan nükleer santraller, şu anda %90’ın üzerinde kapasite ile çalıştırılmaktadır.
- ABD, hala nükleer enerji alanındaki Ar-Ge çalışmalarına büyük fonlar ayırmaktadır.

# Gelecek Projeksiyonu ve Politikalar

- Şu anda bilinen petrol rezervlerinin, yıllık %3 tüketim artışı ile 25 yıl içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir.
- Çok daha iyimser tahminler dahi fosil yakıtların azalarak (ekonomik ve çevresel) maliyetlerinin artacağı gerçeğini değiştiremez.

Sonuç olarak;

- Sürekli tüketimi artan sınırlı bir kaynağın eninde sonunda tükeneceği açıktır.

# Gelecek Projeksiyonu ve Politikalar

- Fosil yakıtların kullanımının azaltılması tükenmelerini geciktirecektir.
- Yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir oranda kullanılması, daha kararlı bir yapı oluşturacaktır.
- İnsanlığın kullandığı sistemin yeniden tanımlanması: Başka gezegenler ve uzayda koloniler kurulması.
- Bu bilim kurgu çözüm de dünyadaki enerji problemini çözmeyecektir.
- Enerji kaynağı olarak güneşin ve yıldızların kullanılması kaynak güvenliği bakımından en gerçekçi çözüm olarak görünmektedir.

# YAKIT KAYNAKLARI

## Fosil Yakıtlar Hayatımızı Nasıl Etkiledi?

19. yüzyıla kadar insanlığın gelişimi, insanların kendilerini ve ailelerini besleyebilmek için bir gün içerisinde yapmak zorunda oldukları işler nedeniyle, sınırlı kalmıştır.

Aynı nedenle ekonomi çoğunlukla kırsal alanda gelişmiştir.

19. Yüzyıldan itibaren insanlar, kömür, petrol ve diğer güneş kaynaklı depolanmış enerji kaynaklarını (fosil yakıtları) kullanmaya başladı.

# Fosil Yakıtlar Hayatımızı Nasıl Etkiledi

Oluşan enerji fazlalığı ile gelişen endüstri, gıda bolluğunu da beraberinde getirmiştir.

Bu bolluk, fazla enerji kullanımı ile oluşturulan, sahte bir cennet gibidir.

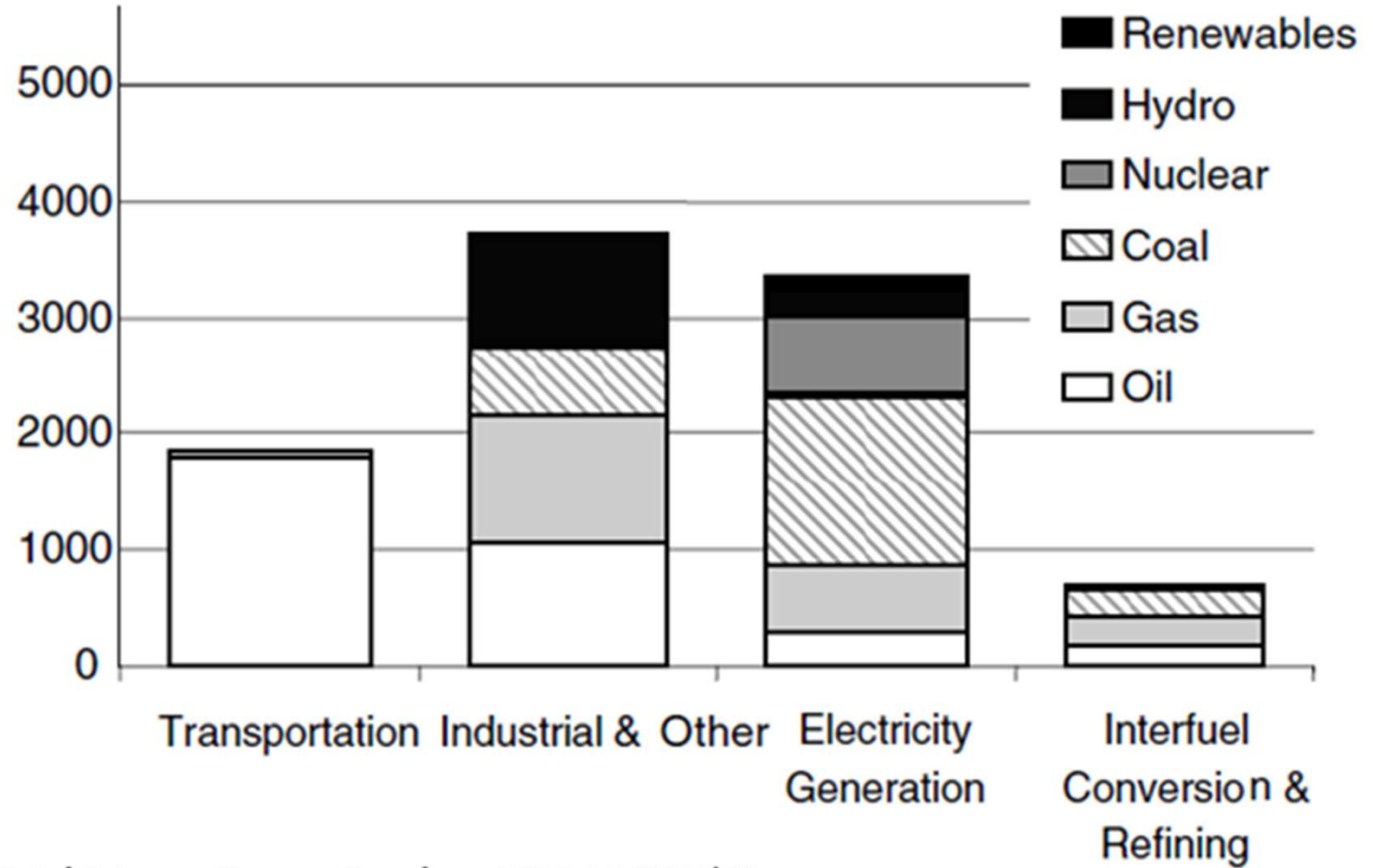
Fabrikalarda üretilen tarım makineleri, suni gübreler ve fosil yakıtların kullanılması tarım üretiminde artış sağlamıştır.

# Dünyada Enerji Tüketimi

Enerji tüketimini dört ana başlıkta değerlendirmek klasik bir yaklaşımdır.

- Taşımacılık
- Elektrik üretimi
- Endüstriyel ve evsel kullanım ile tarım
- Yakıtların diğer yakıt türlerine dönüştürülmesi (rafineri vb uygulamalar)


# Dünyada enerji tüketimi



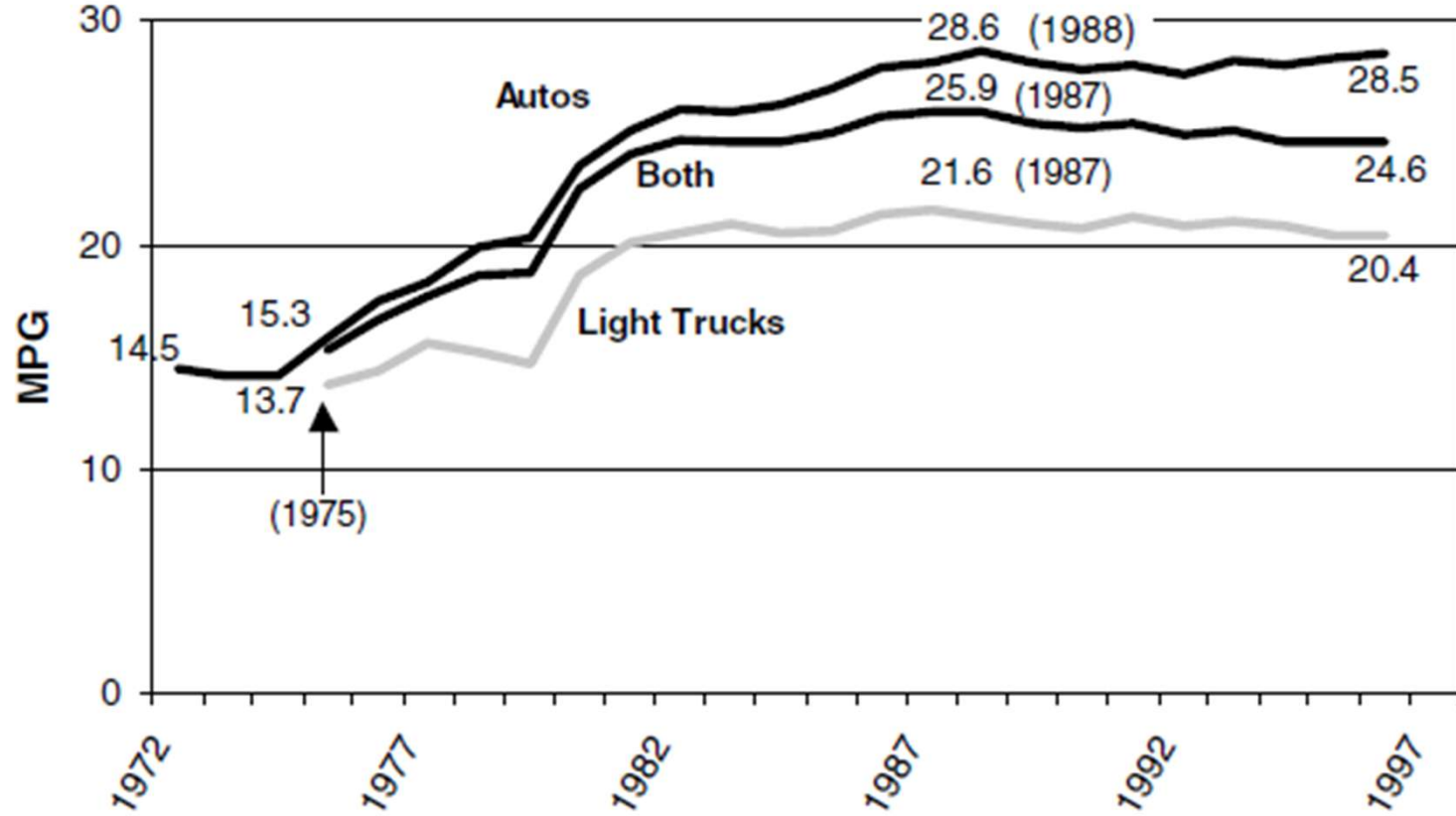
Total Primary Energy Supply = 9640 MMTOE/YR.

Source: IEA World Energy Outlook, Data for 1999

Dünyada yıllık enerji tüketimi (1999, milyon ton petrol eşdeğeri )

- 
- Taşımacılık sektörü, bütün altyapısı petrol üzerine kurulu olduğu için tamamen petrole bağımlıdır.
  - Elektrik üretiminde kaynak çeşitliliği oldukça fazladır.
  - Kömür, doğalgaz, nükleer enerji ve hidroelektrik en önemli kaynaklardır.
  - Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artmaktadır.
  - Endüstriyel, evsel ve tarım uygulamalarında da kaynak çeşitliliği oldukça fazladır.
  - Bu sektörde yenilenebilir enerjinin payının fazla olması, gelişmekte olan ülkelerde biyokütlenin yakıt olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır.
  - Yenilenebilir enerji olarak nitelendirilmesi tartışmalı olan bu kullanım şekli, ormanların azalmasına ve toprak kaybına neden olmaktadır.

# Taşımacılık



Otomotiv endüstrisindeki teknolojik gelişmeler sonucunda, 1 galon yakıt ile kat edilebilen mesafedeki artış.

# Taşımacılık

- Taşımacılık sekt6r6, standartlardaki kısıtlar ve teknolojinin gelişmesi bakımından çok dikkat çekmekle birlikte, toplam enerji t6ketime içerisindeki payı %25'in altındadır.
- Gelişmiş 6lkelerde sekt6r6n b6y6mesi çok yavaştır.
- 6zellikle b6y6k şehirlerdeki trafik sıkışıklığı b6y6meyi yavaşlatmaktadır.
- Taşımacılık sekt6r6n6n b6y6me potansiyelinin en fazla olduğu 6lkeler, Çin ve Hindistan'dır.

# Elektrik Üretimi

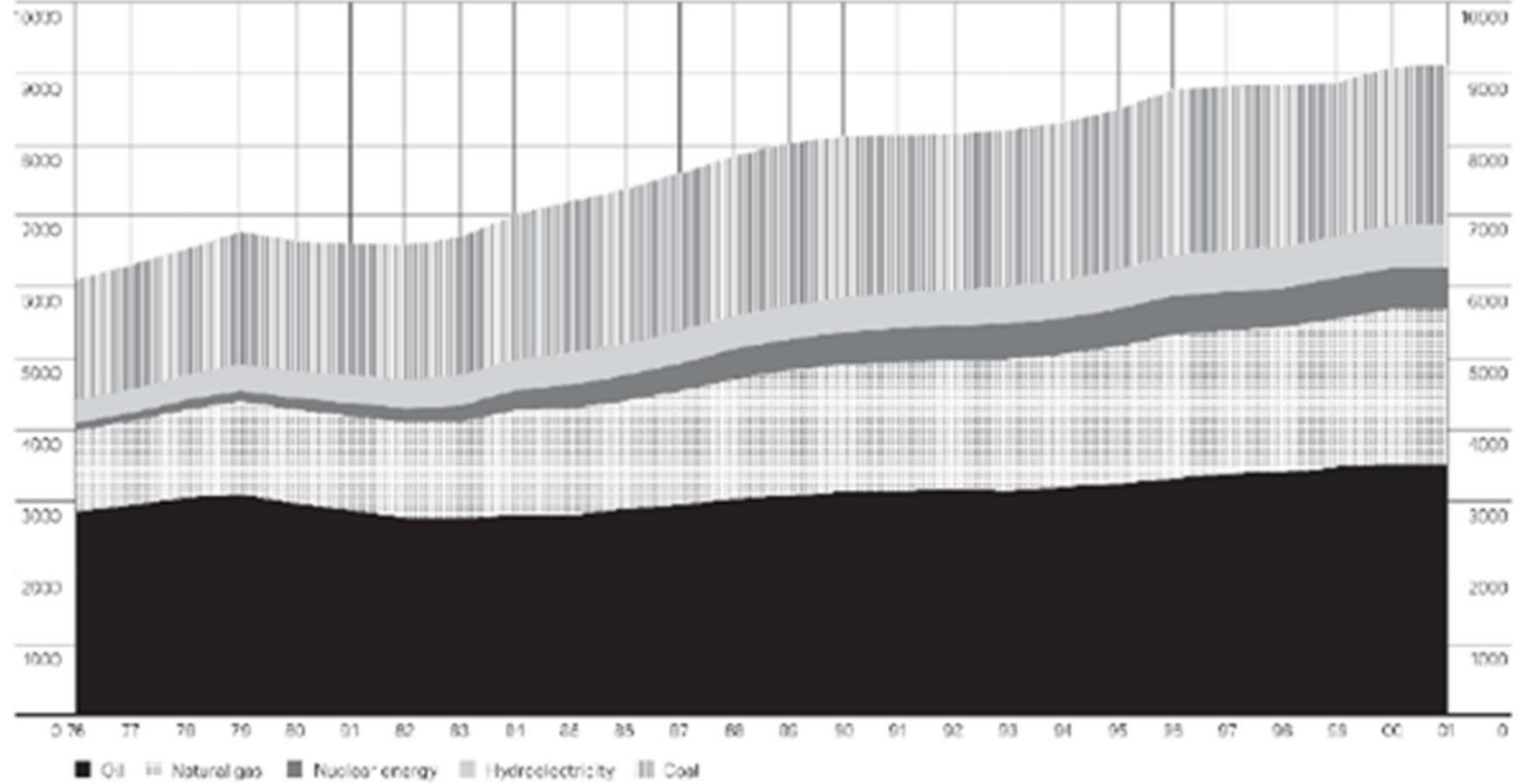
- Elektrik üretimi en büyük sektördür ve yeni kullanım alanları ile tüm dünyada hızla büyümeye devam etmektedir.
- Petrol, küçük güçler dışında, elektrik üretimi için bir kaynak olma özelliğini son 30-40 yıldır yitirmiştir.
- Nükleer enerjinin payı, yaygın kanaatin aksine, artmaktadır. Yeni santrallerin sayısı az olmakla birlikte, eski santrallerin kapasite kullanım oranları yükselmiştir.
- Yenilenebilir enerjinin payı (rüzgar enerjisi ve fotovoltaik uygulamalar) artmaktadır. Ancak güçler küçüktür ve MW mertebesinde kapasiteye sahip tesislerin sayısı oldukça azdır.
- Çevresel kaygılarla, kömürden doğalgaza doğru olan kayma dikkat çekmekle birlikte, çok büyük kömür kaynaklarına sahip olan Çin, ileride elektrik üretiminde kömürü daha fazla kullanacaktır.

# Endüstriyel, Evsel Kullanım ve Tarım Uygulamaları

- Endüstriyel, evsel kullanım ve tarım uygulamaları, toplamda enerji tüketimi içerisinde en büyük paya sahiptir.
- Kaynak çeşitliliğinin çok fazla olduğu bu sektörler, ekonomik gelişmelerden çok fazla etkilenmektedir.
- Çok geniş bir alana yayıldığı için kontrolü, sınırlandırılması ve yönlendirilmesi çok zordur.
- Bu alanlarda çeşitlilik çok olmakla birlikte, belirli bir coğrafi bölgede yakıt kaynağının değiştirilmesi oldukça güç hatta imkânsız olabilir.
- Bu sektörde en önemli fırsat verimin artırılmasıdır.

# Dünyada Enerji Tüketimi

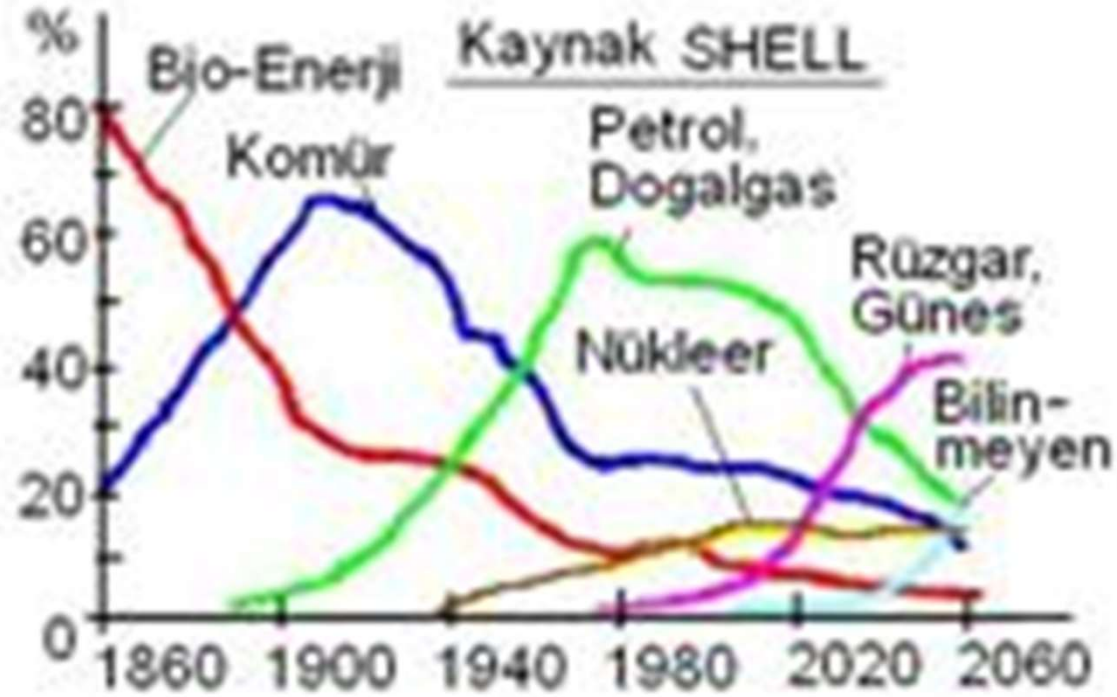
world consumption  
Million tonnes oil equivalent



Primary energy consumption grew by less than 0.5% in 2001, marking the third year of virtually zero growth in the last four. Nuclear and coal were the fastest growing fields, with hydroelectricity showing a steep fall. Coal increased its share of the overall energy market for only the second time since 1985.

1976-2001 yılları arasında birincil enerji kaynaklarının kullanımı (milyon ton petrol eşdeğeri)

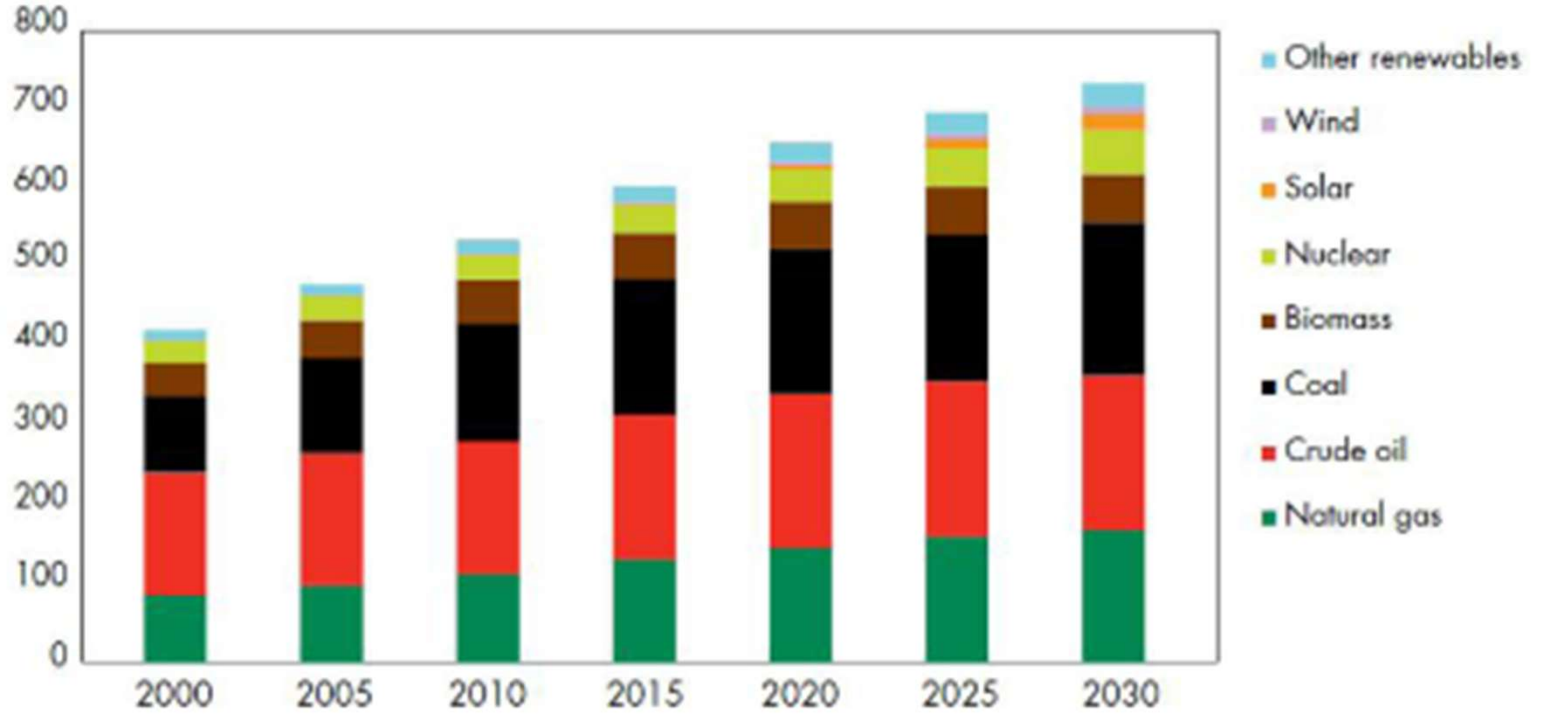
# Dünyada Enerji Tüketimi



Dünya enerji tüketimi için bir projeksiyon

# Dünyada enerji tüketimi

EJ Exajoules per year



Dünya enerji tüketimi için bir projeksiyon

# Petrol, Kömür ve Gaz

- Doğal gazın ana bileşen metan ( $\text{CH}_4$ ) dır.
- Doğalgazın bileşiminde, değişen oranlarda iki ve dört karbonlu ( $\text{C}_2$ - $\text{C}_4$ ) hidrokarbonlar da bulunabilir.
- Ayrıca hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ve birçok kaynakta karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ile azot ( $\text{N}_2$ ) da bulunabilmektedir.
- Özellikle karbondioksitin oranı %1 den %70'e kadar değişebilir.
- Hidrojen sülfürün ayrıştırılması nispeten ucuz ve kolaydır.
- Yüksek karbonlu hidrokarbonlar da ayrıştırılabilir veya ayrıştırılmadan da kullanılabilir.
- Karbondioksitin ayrıştırılması zor ve maliyetlidir. Karbondioksit, azot gibi yakıtın ısı değerini de çok fazla etkileyen bir bileşendir. Karbondioksitin ayrıştırılmasının maliyetli olması, pazarının olmaması ve sera etkisi nedeniyle atmosfere salınamaması; tekrar yeraltına basılarak biriktirilmesini gerektirmektedir.


- Petrolün yapısı daha karmaşıktır.
- Ham petrol, dört karbonlu  $C_4$  hidrokarbonlardan çok daha fazla sayıda karbon içeren türevlere kadar, farklı hidrokarbonların bir karışımıdır.
- Değişik kaynaklardan elde edilen ham petrolün kimyasal bileşimleri arasında, oluşum safhaları ve arasında bulunduğu jeolojik tabakaların özelliklerinden kaynaklanan, önemli farklılıklar vardır.
- Viskoziteleri, kükürt oranları, farklı hidrokarbon türevlerinin oranları, ağır metallerin türleri ve miktarları vb. bu farklılıklardan bazılarıdır.
- Hafif ham petrolün viskozitesi suyun ve hafif hidrokarbonlarınkine yakındır. Ağır ham petrolün viskozitesi ise yüksek sıcaklıklarda dahi akması sağlanamayacak kadar yüksek olabilir.
- Kısacası ham petrol kaynaklarının tamamı kullanılabilir nitelikte değildir.

Kömürlerin de kimyasal bileşimleri ve yapıları, oluşumlarına ve yaşlarına göre farklılaşabilmektedir.

Bazı kömür türlerinin kimyasal bileşimleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

<i>Type of coal</i>	<i>C (wt%)</i>	<i>H (wt%)</i>	<i>O (wt%)</i>	<i>N (wt%)</i>	<i>Moisture (wt%)</i>	<i>Calorific value (kJ/g)</i>
Peat	45–60	3.5–6.8	20–45	0.75–3.0	70–90	17–22
Brown coals and lignites	60–75	4.5–5.5	17–35	0.75–2.1	30–50	28–30
Bituminous coals	75–92	4.0–5.6	3.0–20	0.75–2.0	1.0–20	29–37
Anthracites	92–95	2.9–4.0	2.0–3.0	0.5–2.0	1.5–3.5	36–37

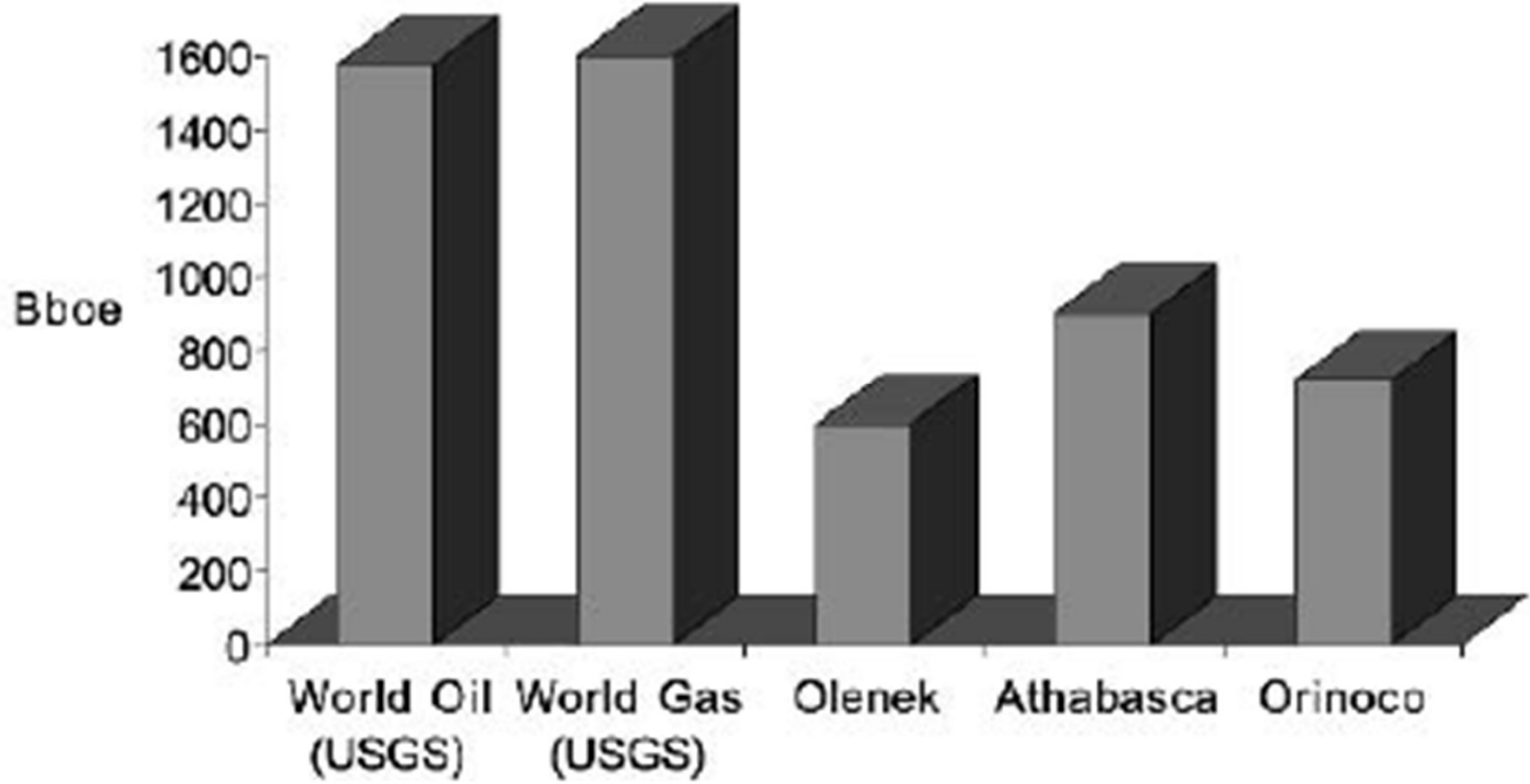
*\*Note:* all elemental percentages are given on a dry, mineral-free matter basis. Adapted from K. S. Vorres, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th edn., Wiley-Interscience, New York, 1995.

- 
- Fosil yakıtların bileşimlerinin farklı olması, gelecekteki tüketimin şekillenmesi bakımından önemlidir. Tüketimde öncelik, en düşük maliyetle kullanılabilir hale getirebilen kaynaklardadır.
  - Bugün kullanılan kaynaklar tükenmeye başlayınca, diğer kaynakların kullanılması için yeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekecektir.
  - Kısa vadede fiyatların düşmesine veya artması, yeni kaynakların kullanıma açılıp açılmamasına bağlıdır.
  - Dünyanın bu gün bilinen kesinleşmiş petrol rezervleri, 1948 de bilinen kesinleşmiş kaynakların yaklaşık 15 katıdır.
  - Dünyada tespit edilen gaz rezervleri de 30 yıl önce bilinenlerin 4 katına ulaşmıştır.
  - Tespit edilen kömür rezervleri ise son 20 yılda %75 artmıştır.

Bilinen kaynakların ne kadarı klasik ham petrol olarak sınıflandırılabilir?

- Petrolün tanımı; metan, etan ve propan gibi gazlardan hafif petrole, akışkanlığı daha düşük olan ağır petrolden shaleye (organik madde içeriği zengin tortul kaya), kum ile petrol karışımı olarak tanımlanabilecek tar kumları ve bitüme kadar geniştir.
- Büyük petrol yatakları genellikle büyük doğal gaz yatakları ile bir arada bulunur. Daha az miktarda da olsa, moleküler ağırlığı düşük bileşenlerden oluşan sıvı petrol (Natural Gas Liquidis NGL) ile bir arada bulunan, büyük gaz yatakları da mevcuttur.
- Günümüzde üretilen ham petrolün %95'i, oda sıcaklığında akışkan özelliğe sahip, hafif petroldür.
- Hafif petroller ve NGL kaynakları klasik petrol olarak nitelendirilir.
- Bunların dışında kalan ağır ve ekstra ağır petroller, tar kumları, shale ve bitüm kaynakları ise klasik olmayan kaynaklar olarak nitelendirilir.

# Fosil Yakıt Rezervleri

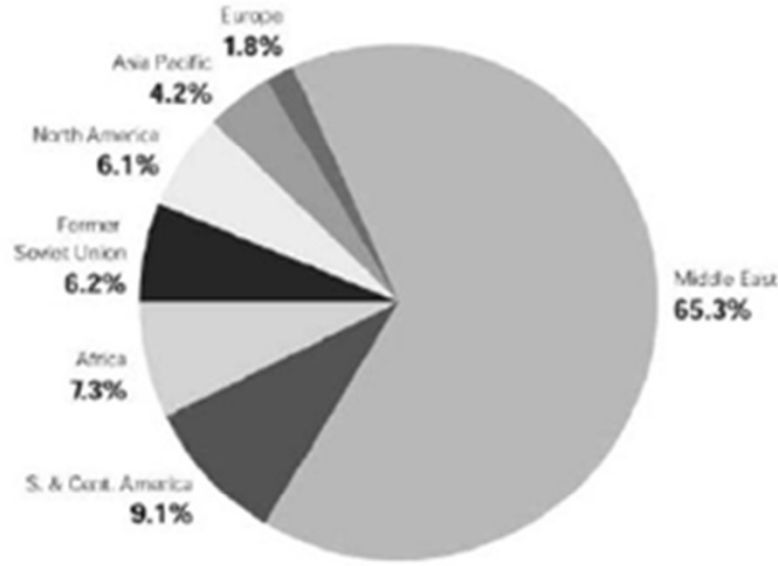


Dünyadaki klasik petrol ve doğal gaz yataklarının Rusya, Kanada ve Venezuela'daki 3 büyük ağır petrol yatağı ile karşılaştırılması.

# Petrol Rezervleri

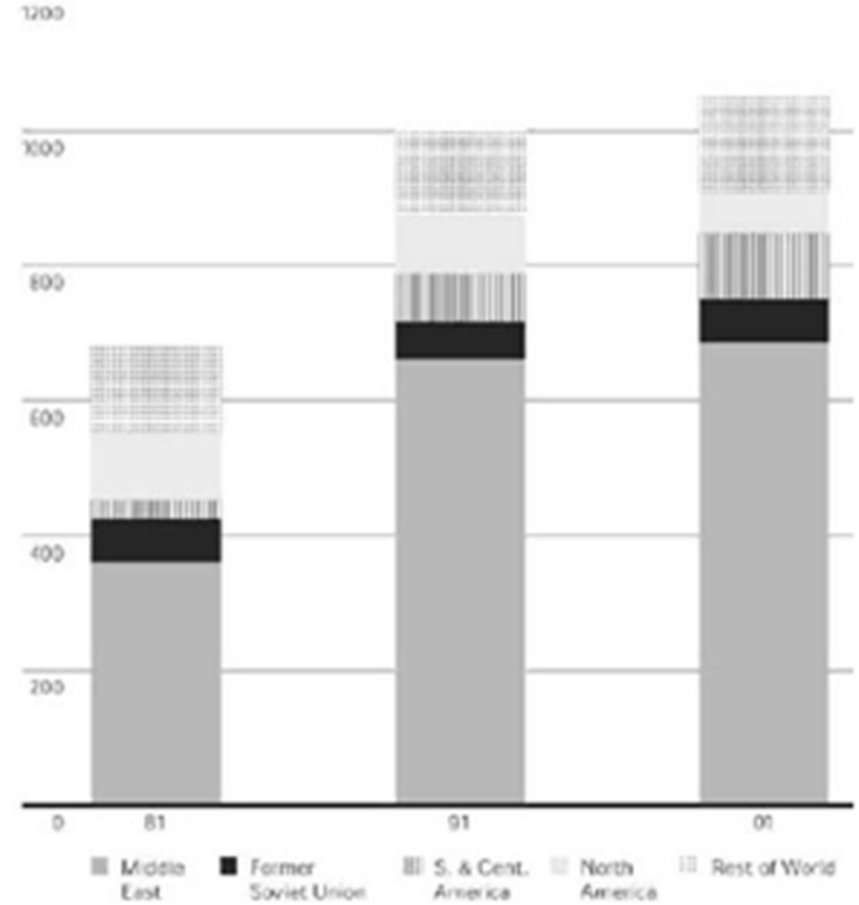
distribution of proved reserves 2001

Thousand million barrels %



proved reserves

Thousand million barrels

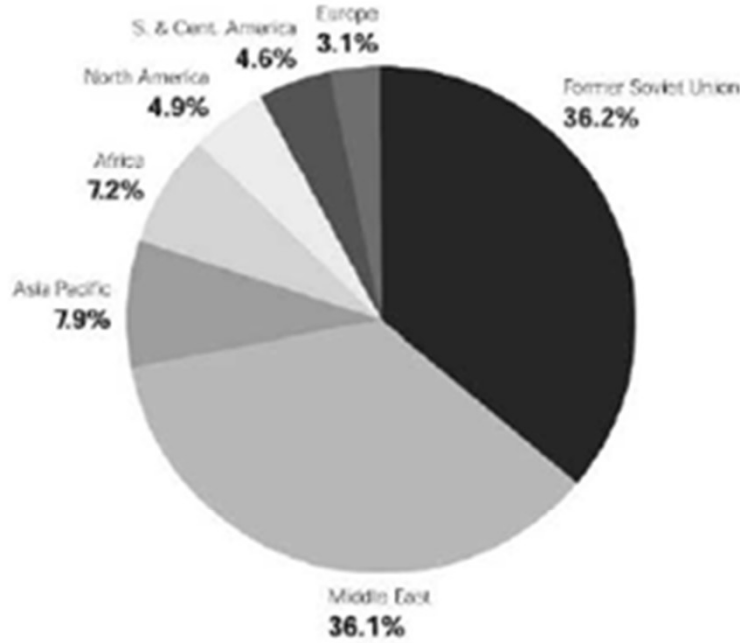


Dünyadaki bilinen petrol rezervleri 1981-2001 arasında %80 civarında artmıştır. En büyük kaynaklar Ortadoğu bölgesindedir.

# Gaz Rezervleri

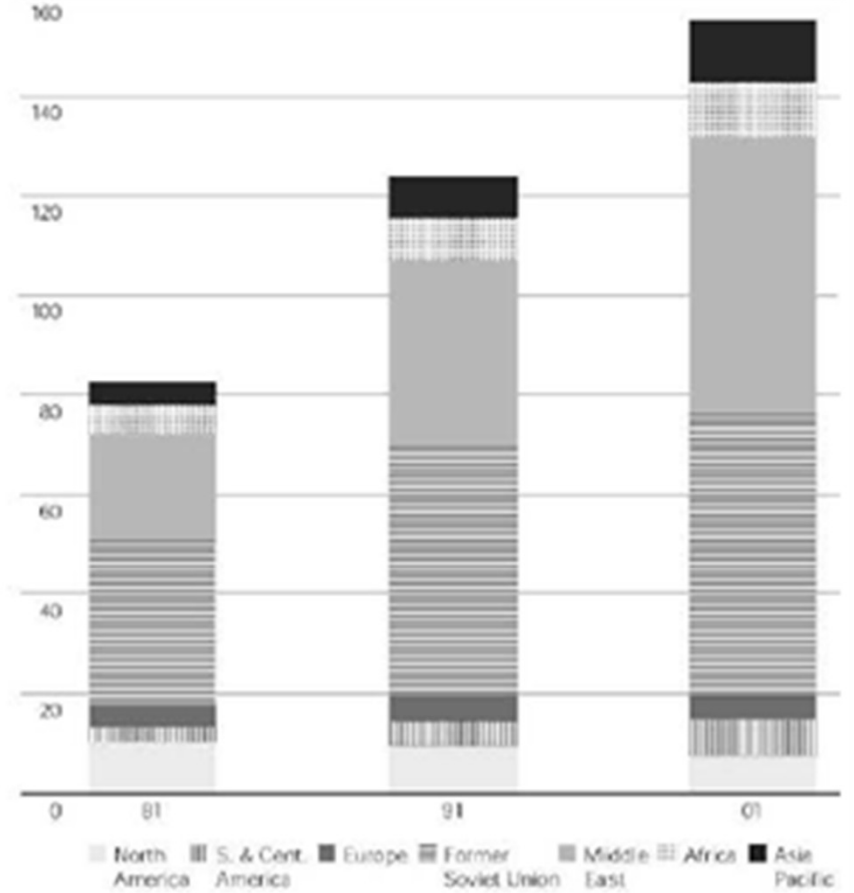
distribution of proved reserves 2001

Trillion cubic metres %



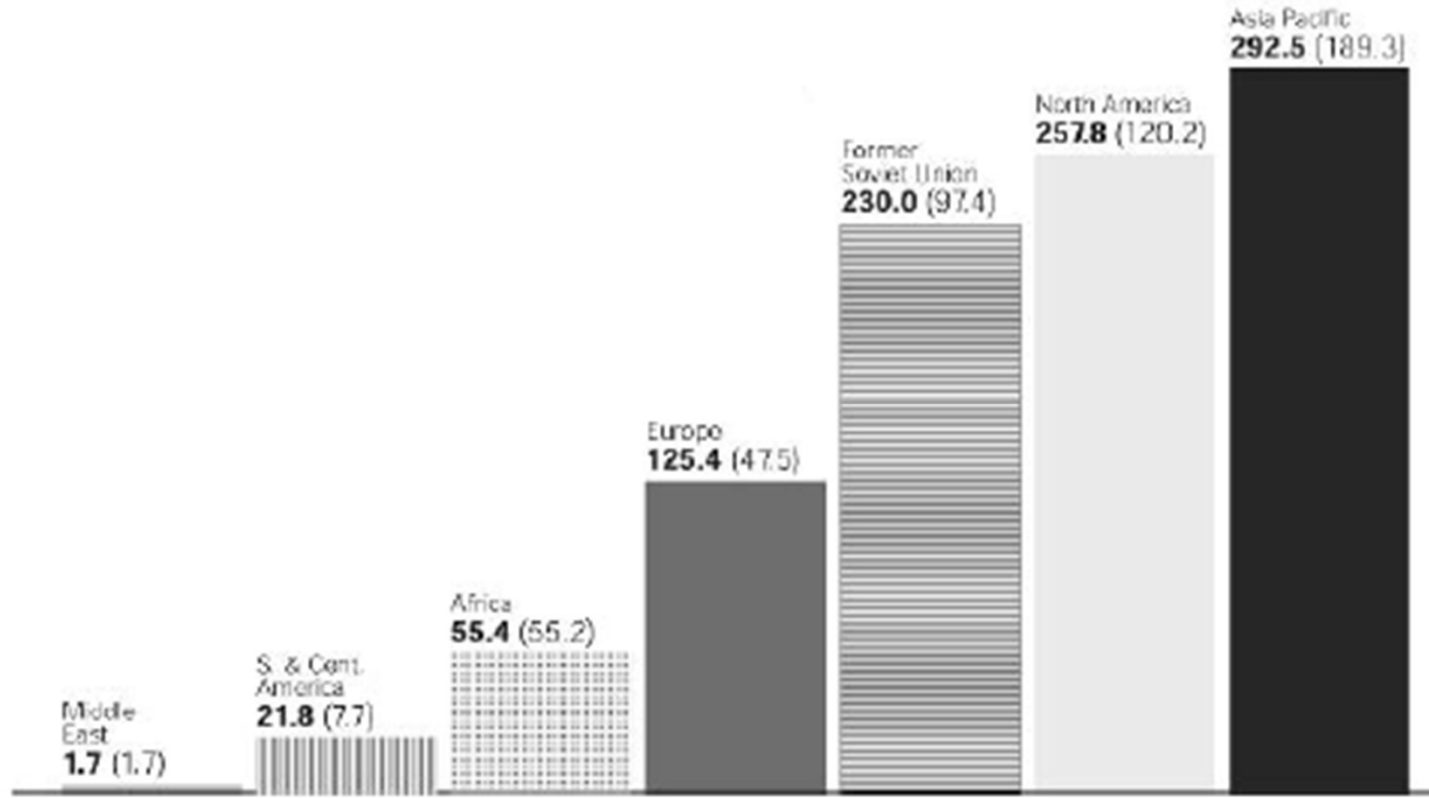
proved reserves

Trillion cubic metres



- Doğalgazda da benzer bir rezerv artışı olmakla birlikte, bu güne kadar doğalgaz aramalarına ağırlık verilmemesi nedeniyle, bulunmayan rezervler daha fazla olabilir.
- Doğrulanmış doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %75'i eski Sovyetler Birliği ve Ortadoğu bölgesindedir.

# Kömür Rezervleri



- Dünya kömür rezervleri, petrol ve doğalgaz ile karşılaştırıldığında çok daha büyük bir potansiyele sahiptir.
- Kömür rezervlerinin dağılımı, petrol ve gazın aksine, daha homojendir.
- Asya, Kuzey Amerika, eski Sovyetler Birliği ve Avrupa da önemli kömür rezervleri bulunmaktadır.

# Fosil Yakıt Rezervleri

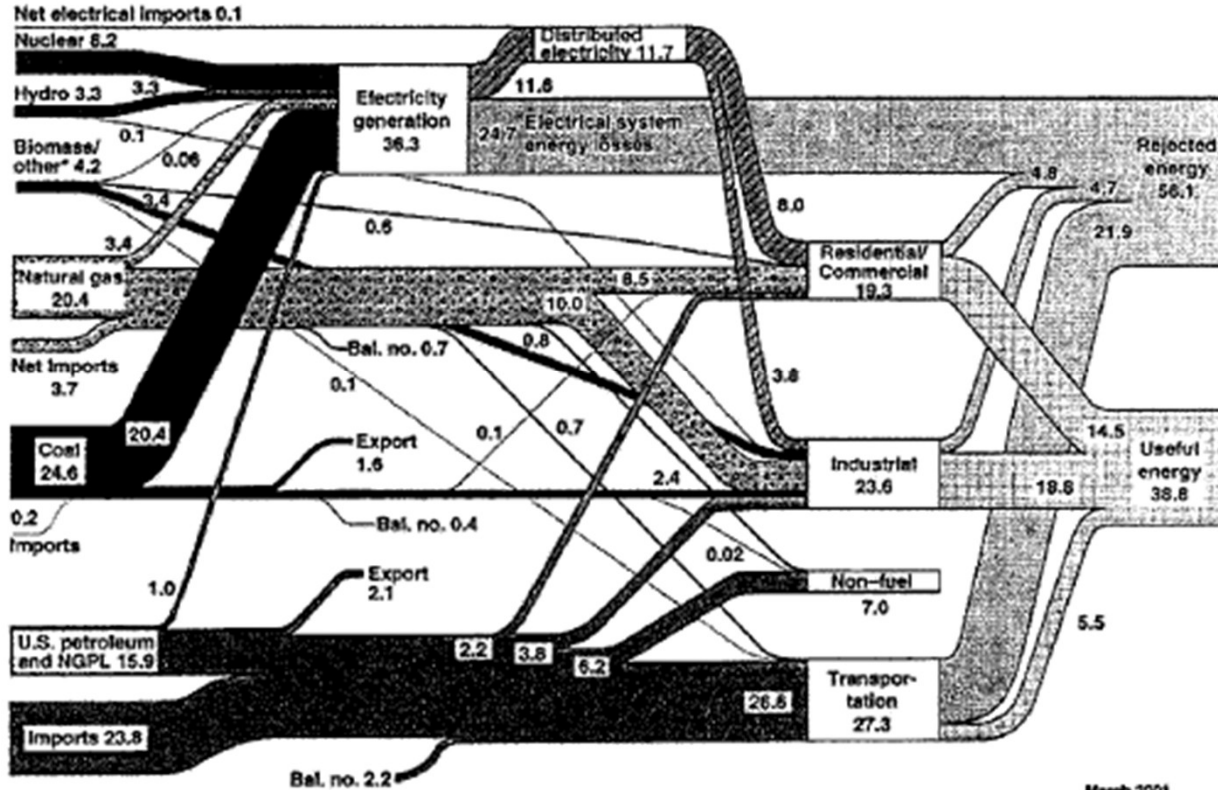
- Bugünkü tüketim seviyeleri ile doğrulanmış kaynakların, petrolde 40, doğalgazda 60 ve kömürde 200 yıl kullanılabileceği tahmin edilmektedir.
- Bu tahminler ve daha iyimserleri, kaynakların azalmakta ve tüketimin artmakta olduğu gerçeği karşısında çok fazla bir şey ifade etmemektedir.

# Gelecekteki Tüketim Tahminleri

- 1970'lerdeki petrol krizinden sonra otomobillerdeki verim artışına paralel olarak, enerji tüketen ve dönüştüren tüm uygulamalarda verim artırıcı iyileştirmeler yapılmıştır.
- Bugünkü enerji tüketimi ve tüketimin artışı ile birlikte değerlendirildiğinde, verim artışının kaynakların tükenmesi üzerindeki olumlu etkisi ne olacaktır?
- Oluşan atıkların zararları nasıl telafi edilecektir?
- Bunlar henüz cevabı tam olarak verilebilmiş sorular değildir.

# Gelecekteki Tüketim Tahminleri

## U.S. Energy Flow – 1999 Net Primary Resource Consumption 102 Exajoules



Source: Production and end-use data from Energy Information Administration, Annual Energy Review 1999  
\*Biomass/other includes wood and waste, geothermal, solar, and wind.

March 2001  
Lawrence Livermore  
National Laboratory

ABD'nin enerji tüketiminin, kaynaklara ve sektörler göre dağılımı (1999).

# Gelecekteki Tüketim Tahminleri

- Enerji dönüşümlerinde Termodinamik verimin daima %100'den küçük olacağı daha önce söylenmişti.
- Otomobillerde, tekerlekler ile asfalt arasındaki sürtünmenin sıfırlanamaması gibi, bazı fiziksel kayıpların tamamen ortadan kaldırılması imkânsız görünmektedir.
- Buna rağmen hala iyileştirilebilecek alanların sayısı çok fazladır.
- ABD ve Avrupa kıtasında enerji kullanım verimi oldukça iyileştirilmiştir.
- Ancak dünyanın geri kalan kısmında enerji dönüşüm verimleri hala çok düşüktür.

# Gelecekteki Tüketim Tahminleri

- Ortalama enerji dönüşüm verimleri; taşımacılıkta %20 ve elektrik üretiminde %32 civarındadır.
- Evsel tüketimde doğalgaz, kömür, petrol ve biyo-kütle doğrudan kullanılmakla birlikte, toplam verimde iyileştirmeler (yanma veriminin artırılması ve yalıtım vb.) yapılabilir.
- Ticari ve endüstriyel uygulamalarda birincil yakıt tüketiminin verimi, evsel kullanıma göre çok daha yüksektir.
- Elektrik üretimi ve taşımacılıkta, son 25 yılda sağlanan verim artışının, gelecekte de devam etmesi, mevcut kaynakların ömrü bakımından çok önemlidir.

# Taşımacılık

- En kolay değerlendirilebilecek sektör, sayısal verilerin temini çok kolay olduğu için kara yolu taşımacılığıdır.
- Yakıt tüketimi, araç tercihlerine, tüketicilerin araç kullanım alışkanlıklarına ve trafik koşullarına bağlıdır. Ancak 100 km’de 8 litre ortalama bir değer olarak kabul edilebilir. Bu değerlerin çok altına inebilen araçlar ve araç prototipleri de mevcuttur.
- Araçların yakıt tüketimleri, şu anda bilinen ancak yaygın olarak kullanılmayan çok sayıda yeni teknolojinin uygulanması ile içten yanmalı motorlarla dahi 100 km’de 1 litreye kadar düşürülebilecektir.

# Taşımacılık

- Şu andaki araçlarda harcanan enerjinin %95'i aracı, %5'i sürücüyü taşımak için tüketilmektedir. Dolayısıyla güvenlikten ödün vermeden, geliştirilecek hafif malzemeler ile araç ağırlığının azaltılması önemlidir.
- Araçların aerodinamik tasarımları da yakıt tüketiminde oldukça etkilidir.
- Motor büyüklüğü, depolanan yakıtın miktarı, araç menzili vb parametrelerin optimizasyonu da araç ağırlığı üzerinde etkilidir.
- İçten yanmalı motorların iyileştirilmesine ek olarak, hibrit araçların kullanılması taşımacılıkta verimi artırıcı önemli bir alternatiftir.
- Hibrit araçlarda, içten yanmalı motorlar ile birlikte elektrikli tahrik sistemleri (elektrik motorları) de paralel ve seri düzenlemelerle kullanılmaktadır.

Hibrit araçların yakıt tüketimleri, içten yanmalı motorlu araçların yarısına hatta üçte birine kadar düşebilmektedir. Bunu farkın nedenlerinden bazıları;

\*İçten yanmalı motorların hızlanma ve yavaşlamadaki verimleri düşüktür.

- Elektrik motorlarının kalkış verimleri daha yüksektir.

- Elektrik motorları, içten yanmalı motorların aksine, durdukları zaman enerji tüketmezler.

- Elektrik motorları ile frenleme sırasında elektrik üretmek mümkündür. Başka bir ifadeyle elektrik motorları frenleme sırasında jeneratör gibi çalıştırılabilir.

- Hibrit araçlarda daha küçük içten yanmalı motorlar, en verimli çalışma aralıklarında kullanılır.

- Hibrit araçlarda, ivmelenme sırasında bataryalarda depolanan enerji kullanılarak, ekstra güç üretilir.

- Hibrit araçlarda, elektrikli araçlardaki kadar, büyük bataryalara ihtiyaç yoktur.

- Hibrit araçlar, özellikle şehir içi toplu taşımacılıkta avantaj sağlayacaktır.
- Şehir içi taşımacılıkta duruş ve kalkış sayıları çok fazla olduğu için frenleme ile enerjinin geri kazanılması, verimi önemli miktarda artırmaktadır.
- Dünyada, düşük kükürtlü dizel yakıtlar ile çalışan motorların kullanıldığı, şehir içi hibrit toplu taşıma uygulamaları hayata geçirilmiştir.
- Sıkıştırılmış doğal gaz (Compressed Natural Gas, CNG) ve sıvılaştırılmış petrol gazı (Liquified Petroleum Gas, LPG) uygulamaları, hibrit sistemlere göre daha düşük verimlidir.
- Hibrit araçlar, LPG ve özellikle CNG için gerekli altyapının yüksek maliyetli olması ve zararlı emisyonlar bakımından, daha avantajlıdır.

- Mevcut yakıtları ve yakıt altyapısını çok yüksek verim ile kullanabilmek için iyi bir alternatif olan binek hibrit araçların pazar payları, iki ayrı tahrik sistemine sahip oldukları için klasik araçlara göre daha yüksek olan ilk yatırım maliyetlerine rağmen, artmaktadır.
- CNG gibi alternatifler de hibrit araçlar ile rekabet edebilecek durumda değildir.
- Yakıt hücreleri, klasik akaryakıtların yüksek verim ile kullanılması ve emisyonlar bakımından avantajlı olmakla birlikte, teknik yetersizlikleri nedeniyle henüz uygulanabilir bir alternatif değildir.
- Mevcut yakıt hücrelerinde kullanılacak yegane yakıt olan hidrojenin de kısa vadede sadece fosil yakıtlardan elde edilmesi mümkün görünmektedir. Özellikle doğalgaz, bu amaçla kullanılacak iyi bir kaynaktır. Uzun vadede kömürün hidrojen üretiminde kullanıma potansiyeli vardır. Hidrojenli araçlar için en önemli güçlük, yakıt temin altyapısı için gereken büyük yatırımdır.

# Elektrik Üretimi

Geçen 25 yıldaki elektrik üretimi için söylenebilecekler:

- Tüketimin önümüzdeki 20 yılda da yıllık ortalama %2.6 gibi bir hızla, artmaya devam etmesi beklenmektedir.
- Nükleer santrallerin sayısı artmakla birlikte, bu artış tahminlerin altında olacaktır. Kaza tehlikesi, nükleer silah sahibi ülkelerin sayısının çoğalması ve atıklarla ilgili problemler önemli risklerdir.
- Doğalgazlı santraller (kombine çevrimli gaz türbinleri: bileşik ısı-güç üretimi) yüksek verimleri nedeniyle baskın teknoloji haline gelmiştir.
- Kömürün elektrik üretimindeki ağırlığı, düşük kükürtlü kömür ihtiyacı, atıkların arıtılması vb nedenlerle, ABD ve Avrupa'da azalmaktadır. Bir çok bölgede kömürün maliyeti doğal gazın maliyetini geçmiştir.
- Petrolün elektrik üretiminde kullanımını, azalmaya devam edecektir.
- Yenilenebilir kaynakların payı artmaya devam etmekle birlikte, toplamdaki yüzdesi küçük kalacaktır. Tesis güçleri yine çoğunlukla küçük olacaktır.

# Elektrik Üretimi

- Fosil yakıtlar, çevreye verdikleri zarara rağmen, artan elektrik talebini karşılayan asıl kaynak olmaya devam edecektir.
- İnce partiküller, azot ve kükürt oksitler, ağır metaller ve karbondioksit çevreye zararlı en önemli atıklardır.
- Kömürlü santrallerin verimi %35, modern kombine çevrimli doğal gaz santrallerinin verimi %50 civarında olmakla birlikte, bu değerler henüz termodinamik verim sınırına çok yakın değildir.
- ABD’de, kömürlü santrallerde üst ısıl değere göre %60, doğal gazlı santrallerde %75 verim hedefine ulaşmak için araştırmalar yapılmaktadır.
- Sera etkisi oluşturan gazların salınımını, yakıt karışımlarını kullanarak, %40-50 azaltmak hedeflenmektedir.
- Bu hedefler diğer zararlı atıklar için de geçerlidir.

# Elektrik Üretimi

Sayılan hedeflere ulaşmak için bilişim ve malzeme teknolojileri ile yanma prosesinde iyileştirmeler ve yenilikler yapılması gerekmektedir.

- Santral boyutunda modelleme ve simülasyon çalışmaları.
- Santrallerin daha iyi yönetilebilmesi için yeni algılayıcıların ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesi.
- Geliştirilen yeni teknolojilerin mevcut sistemlere entegre edilmesi.
- Türbinler için seramik malzemelerin geliştirilmesi.
- Atık gazların ayrıştırılması için membran ve sıcak gaz filtrelerinin geliştirilmesi.
- Azotsuz yanma için membranlı hava ayrıştırma sistemlerinin geliştirilmesi.
- Kömürün gazlaştırılmasının yeniden çalışılması.
- Karbondioksitin tutulmasını sağlayacak yeni egzoz sistemleri.
- Kömürün; aynı anda elektrik, yakıt ve kimyasal madde üretimi için işlenmesi amacıyla yeni yöntemlerin geliştirilmesi.

Uygulanmaya başlanan programlar:

- Esnek yakıt kullanabilen yüksek verimli türbinler.
- Yakıt hücreleri için vade uzun olmakla birlikte, yakıt hücresi ve türbinden oluşan hibrit sistemler.


Kömür ve doğal gazın yakıt olarak kullanılması ile ilgili iyileştirme potansiyelinin bulunması ve yapılacak iyileştirmelerin mevcut sistemlere de uygulanabilecek olması büyük bir avantajdır.

Önümüzdeki 20 yılda emisyonların azaltılmasına ve verimin artırılmasına devam edilecektir.

# Sınırlandırmalar


- Dönüşüm verimleri ne kadar artırılırsa artırılınsın, fosil yakıtların yakılması nedeniyle oluşan karbon salınımı sıfırlanamayacaktır.
- Uzun vadede asıl problem karbon salınımının sınırlandırılması (karbonun tutulması: carbon sequestration) nedeniyle yaşanacak güçlüklerdir.
- Güneş, rüzgâr ve nükleer santraller de sıfır karbon salınımı için yeterli görünmemektedir.
- Karbonun sınırlandırılması; atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artmasının engellenmesi için salınımın engellenmesini ve oluşan CO<sub>2</sub>'in de tutulmasını kapsamaktadır.
- Bunun için de CO<sub>2</sub>'in, diğer gazlardan kaynağında ayrıştırılarak, depolanması gerekmektedir.

- CO<sub>2</sub>, eski petrol ve doğalgaz yataklarına depolanabilecektir.
- Ormanlar ve okyanuslarda gerçekleşen doğal karbon tutulması süreçlerinin hızlandırılması da bir yöntem olarak seçilebilir.
- Okyanuslara CO<sub>2</sub> enjeksiyonu da alternatifler arasındadır. Ancak okyanuslarda karbonatlar şeklinde yapılacak depolamanın, karbon içeriğinde oluşturacağı %2'lik artışın, tüm dengeleri değiştirebileceği iddia edilmektedir.
- Kömür yataklarına CO<sub>2</sub> enjeksiyonunun, yataklarda bulunan metan gazını da açığa çıkarabileceği yönünde iyimser yaklaşımlar da bulunmaktadır.
- Eski petrol yataklarının verimlerinin, CO<sub>2</sub> enjeksiyonu yoluyla artırılması amacıyla yapılmış, başarılı çalışmalar bulunmaktadır.



Bu uygulamaların hayata geçirilebilmesi için pek çok teknik problemin çözülmesi gerekmektedir.

- Yakma sistemlerinde gazların ayrıştırılması için yeni teknolojilerin geliştirilmesi.
- Enjekte edilen CO<sub>2</sub> in sızıntı ihtimali vb konuların araştırılması.
- Bir de en önemli konu, CO<sub>2</sub> tutma işleminin kabul edilebilir maliyetlerle gerçekleştirilebilmesidir.

- 
- Ormanların CO<sub>2</sub> tutma kapasitesi çok sınırlıdır ve okyanusların kapasitesi de gelecekte yeterli olamayacaktır.
  - Buna rağmen, çoğu zaman başka gerekçelerle yapılsa da, yeniden ormanlaştırma çalışmaları yetersiz de olsa katkı sağlayacaktır.
  - Doğal kaynakların tutma kapasitesi ancak otomobillerden ve konutlardan kaynaklanan salınım için yeterli olabilir.
  - Karbonun tutulması da fosil yakıtlar ve iklim değişikliği için çözüm oluşturabilecek bir sihirli formül değildir.
  - Fosil yakıtların sürdürülebilirliğine, kömürün yerine daha düşük karbonlu metanın daha yüksek verimle kullanılması gibi çözümler, katkı sağlayabilir.
  - Bu çabalar ancak alternatiflere geçiş için zaman kazandıracaktır.

# Doğal Yenilenebilir Kaynaklar

Canlı organizmaların ihtiyaçlarını karşılayan ve yaşamlarını sürdürmelerini sağlayan her türlü doğal kaynak, **yenilenebilir kaynak** olarak değerlendirilir.

Yenilenebilir kaynaklar kullanıldıktan sonra, insan müdahalesi olmadan doğal yollarla, eski haline kendiliğinden dönebilen kaynaklardır.

Kaynakların doğru kullanımı kalitelerinin korunmasını gerektirir, aksi takdirde ekosistemin dengesi bozular ve canlı toplulukları bundan olumsuz etkilenir.

# *Yenilenebilir Kaynaklar*

Yenilenebilir kaynakları; **ormanlar, balık stokları, tarım ürünleri, hava ve su** olarak sıralamak mümkündür.

## **Ormanlar**

**Ormanlar**, tohumları ve sürgünleri ile kendilerini yenileyebilen, yapı malzemesi ve yakacak olarak kullanılmaya uygun, doğal yenilenebilir kaynaklardır.

Orman kalitesinin korunması için iyi bir planlama ve yönetim gereklidir. **Sık ağaçlı bölgelerin seyreltilmesi**, kalan ağaçların daha iyi büyümesini sağladığı gibi yakıt ve hammadde temini bakımından da orman yönetiminin en önemli görevidir.

## *Balık Stokları*

- Denizlerdeki balık stokları, insan eli değmeden doğal olarak gelişen, yenilenebilir bir kaynaktır.
- Yerkürenin %70'i sularla kaplıdır ve okyanuslar, **insanlığın protein ihtiyacını karşılamak** için önemli bir kaynaktır.
- Balık stoklarının büyük kısmı, 40° kuzey paralelinin kuzeyinde ve -40° güney paralelinin güneyinde yani, soğuk bölgelerde bulunmaktadır.
- Bunun nedeni, denizlerdeki besin zincirinin ilk halkasını oluşturan ve okyanusların üst tabakalarında bulunan planktonların, kış sezonunda daha ılık olan alt tabakalara inmeleridir. Bu hareket, planktonların yayılmalarını ve balıkların daha iyi gelişmelerini sağlar.

## *Balık Stokları*

Balık kaynaklarının iyi yönetilmesi için yapılması gerekenler:

- Balık yetiştiriciliği, kapalı çiftliklerde, yapay havuzlarda veya tanklarda yapılmalıdır.
- Balıkçılık sahalarında rekabet engellenmelidir.
- Balık avına sınırlama getirilmelidir.
- Belli bir balık stokunun avlanmaksızın sürekli korunması sağlanmalıdır.
- Bazı (vahşi) avcılık yöntemleri engellenmelidir.

Balık stoklarının üreme için gerekli asgari miktarının üzerindeki kısmı, ancak bu önlemler uygulanırsa, sürdürülebilir bir kaynak olarak kullanılabilir.

# *Tarım Ürünleri*

Sebze, meyve ve tahıllardan oluşan tarım ürünleri, bitkilerin tuttuğu güneş enerjisinin, insan ve hayvanların tüketebileceği ürünlere dönüşmüş şeklidir.

- Yeşil bitkilerin gelişimi ve verimi; toprak ve iklim koşullarına bağlıdır.
- Toprak; mineraller, kaya parçaları ve hava gibi inorganik maddelerin bir karışımıdır. Bu karışımın içerisinde, hayvan atıkları, bitki kalıntıları ve diğer hidrokarbonlar gibi organik maddeler de bulunmaktadır. Ayrıca bakteriler, solucanlar ve böcekler gibi canlı organizmalar da yine toprak içerisinde bulunur.
- Toprak, bitkilerin kök sistemlerinin tutunması için fiziksel bir ortam oluşturur, besin ve su gibi ihtiyaçlarının depolanmasını da sağlar.
- İklim koşulları; ışık, ısı ve yağmurun dağılımını belirleyerek, bitkilerin büyümesi ve verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

# *Tarım Ürünleri*

Tarım ürünleri yenilenebilir bir kaynak olmakla birlikte, sürdürülebilirlik bakımından aşağıda sıralanan işlemlerin çok iyi planlanması gereklidir.

- Gübrenin ne zaman verileceği,
- Yabancı otlarla mücadelenin nasıl yapılacağı,
- Hangi böcekler ve hastalıklarla mücadele edileceği,
- Fosil yakıtların ne zaman kullanılacağı.

Toprağın kalitesi ve ortam sıcaklığı elde edilecek ürünün miktarını ve kalitesini etkileyen en önemli parametrelerdir.

# *Hava*

- Dünyanın oluşumunun ilk dönemlerinde atmosferin, metan ve amonyaktan ibaret olduğu düşünülmektedir.
- Zaman içerisinde volkan patlamaları vb etkilerle havanın bileşimi değişerek; %78 azot, %21 oksijen, %1 diğer gazlar (argon, karbondioksit, su buhar, ozon ve toz polen ve asılı parçacıklar) şeklini almıştır.
- Hava, tüketilen oksijen bitkiler tarafından fotosentez yolu ile geri dönüştürüldüğü için yenilenebilir bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.
- Havanın kalitesinin sürdürülebilmesi, havayı kirleten kaynakların kontrol altında tutulmasına bağlıdır.

# *Hava*

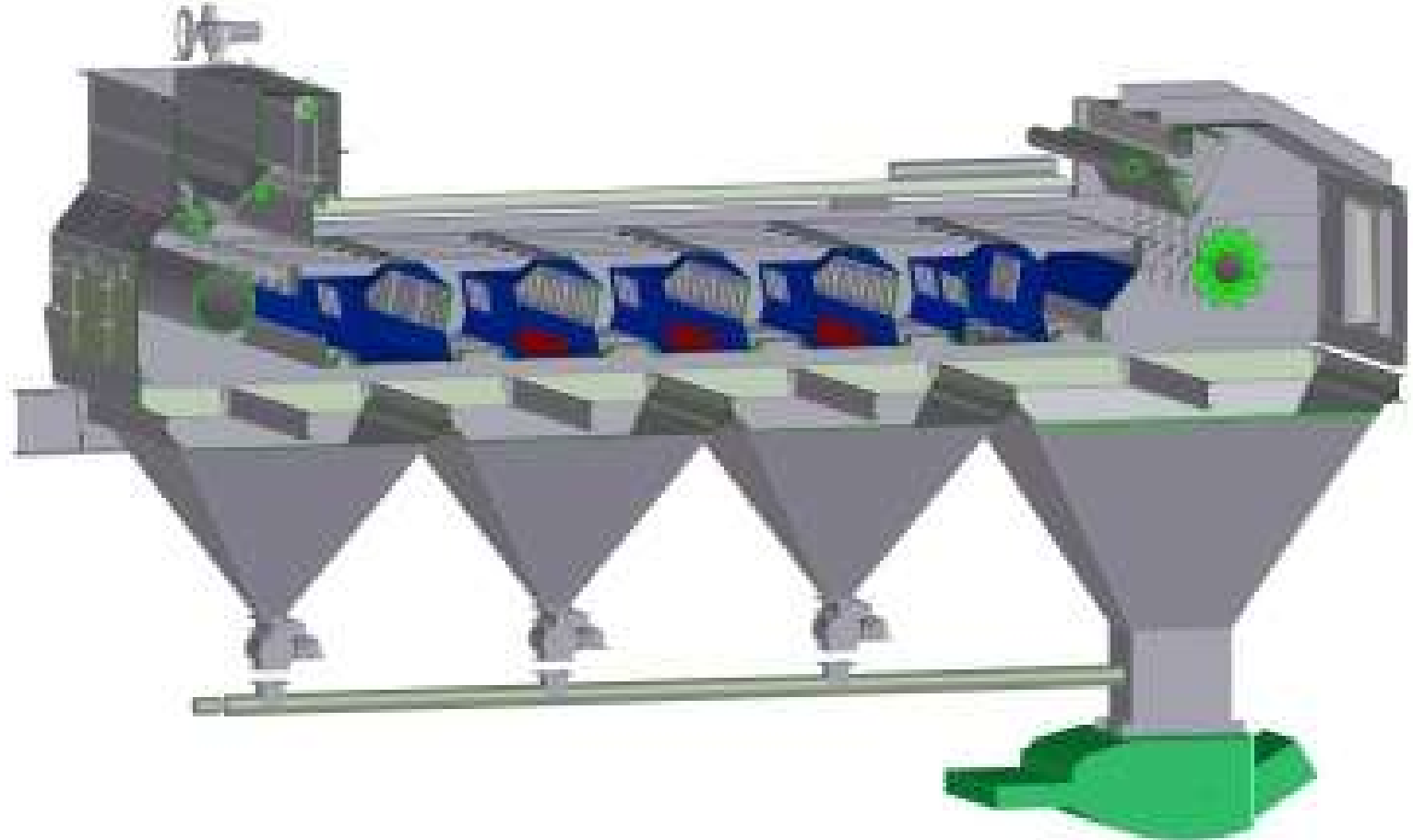
- Havayı kirleten maddeler, zararları miktarına bağı olanlar ve miktarından bağımsız olarak zararlı olanlar şeklinde, iki ayrı başlık altında değerlendirilebilir.
- İlk gruptaki kirleticiler, derişimleri belirli bir limit değerin üzerine çıktığında, insanlarda sağlık problemlerine neden olan kirleticilerdir. Bunlar, azot oksitler ( $\text{NO}_x$ ), kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ), karbonmonoksit ( $\text{CO}$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), katı parçacıklar ve kurşundur.
- Miktarından bağımsız olarak insan sağlığı için zararlı olan maddeler ise; asbest, berilyum, cıva, vinil klorid ve zehirli diğer maddelerdir.

# *Hava*

Zararlı kirleticilerin aŖağıdaki yöntem veya cihazlarla kontrol edilmesi gerekir. *Bazı önemli gaz arıtma teknikleri Ŗunlardır;*

## Çökeltme Odaları

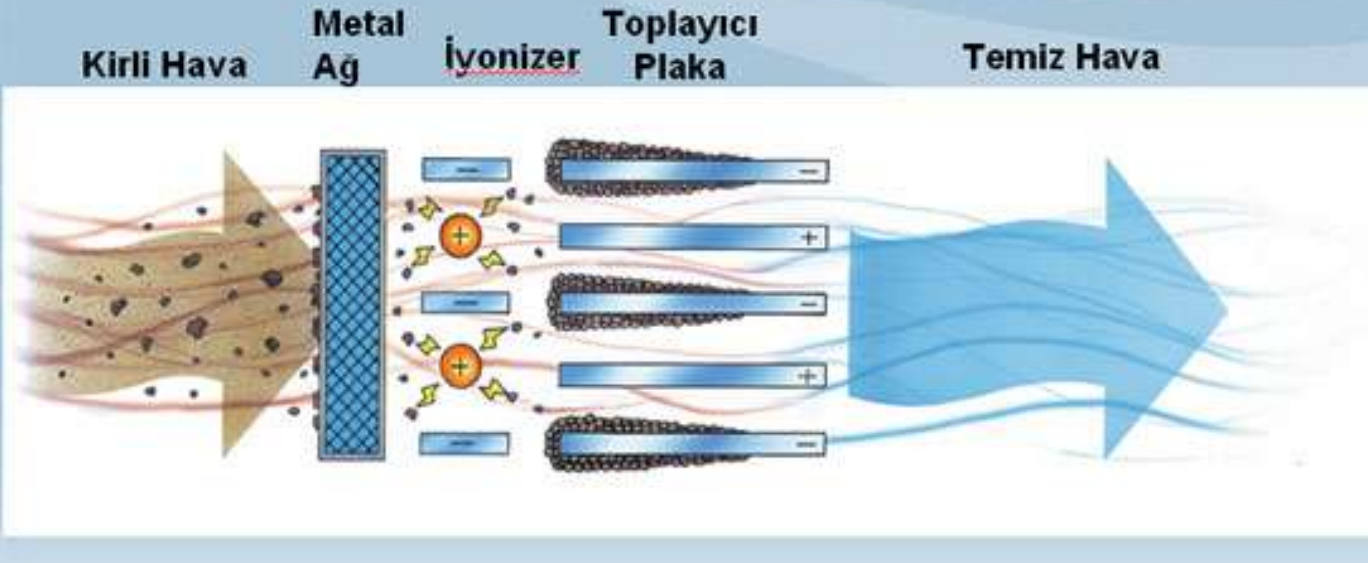
Su tasfiyesindeki çöktürme havuzlarına benzer tarzda geliştirilip emisyonları çıktığı bacalara yerleştirilir. Bu cihazlar çok iri parçaları tutabilmektedir.



## Elektrostatik Filtreler

Bu filtrelerde, yüksek voltaj uygulanan bir elektrot ile önce negatif elektrik ile yüklenen parçacıklar, daha sonra pozitif yüklü plakalarla yakalanır. Parçacıklar ile kaplanan plakalar ters çevrilerek, biriken parçacıklar silolarda toplanır.

### Çalışma Prensibi





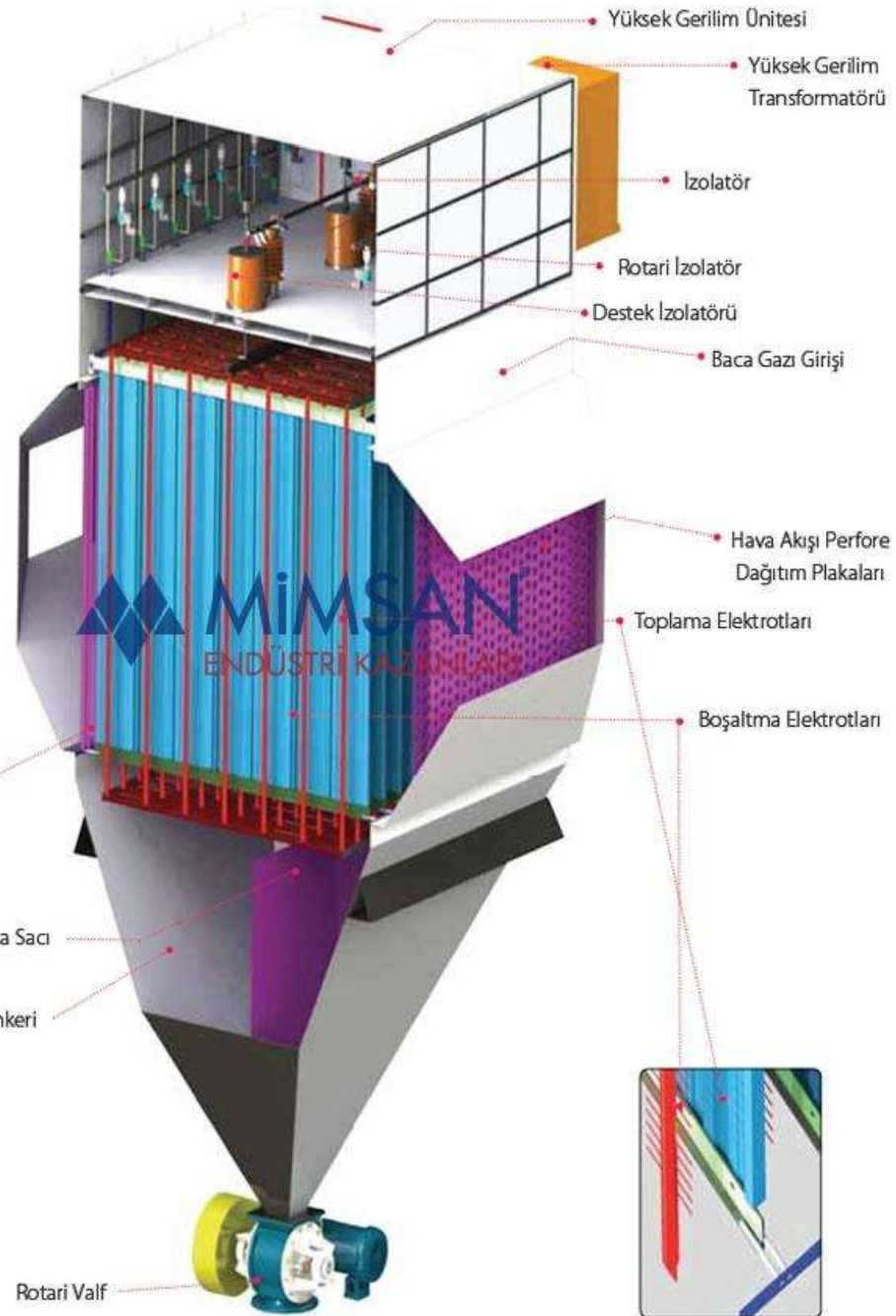
Toplama Elektrotları için  
Silkeleyiciler

Baca Gazı Çıkışı

Bunker Ara Sacı

Toz Toplama Bunkeri

Rotari Valf



Yüksek Gerilim Ünitesi

Yüksek Gerilim  
Transformatörü

İzolatör

Rotari İzolatör

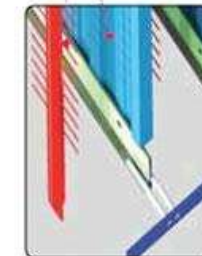
Destek İzolatörü

Baca Gazı Girişi

Hava Akışı Perfore  
Dağıtım Plakaları

Toplama Elektrotları

Boşaltma Elektrotları



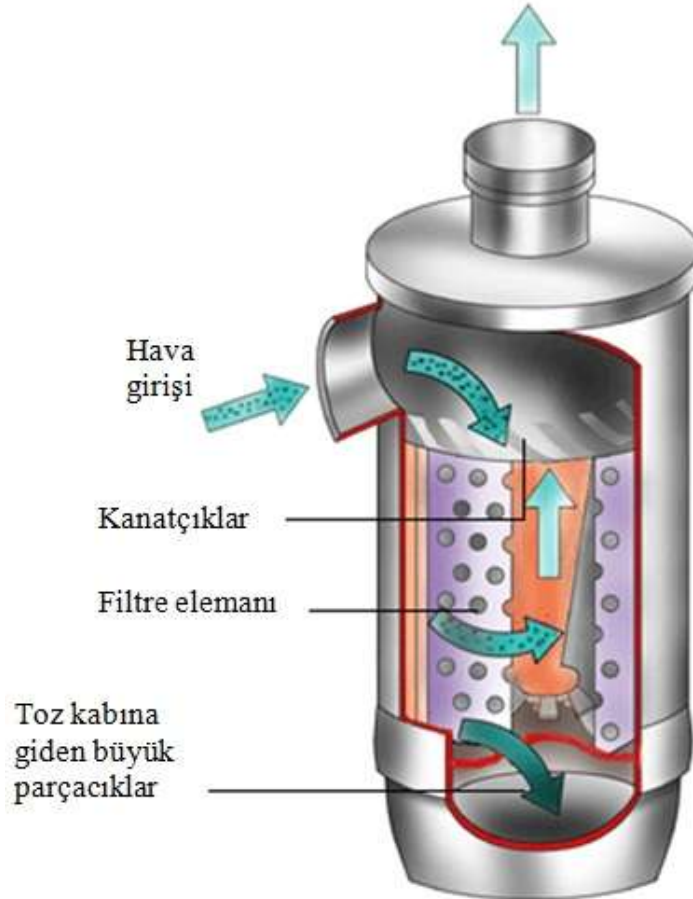
## Torba filtreler

Bu filtrelerde **parçacıklar, gözenekli bir dokuya sahip filtre elemanı ile tutulur**. Filtre elemanında biriken parçacıklar, ters hava akımı ile kontrollü olarak toplanıp, filtreden uzaklaştırılır.



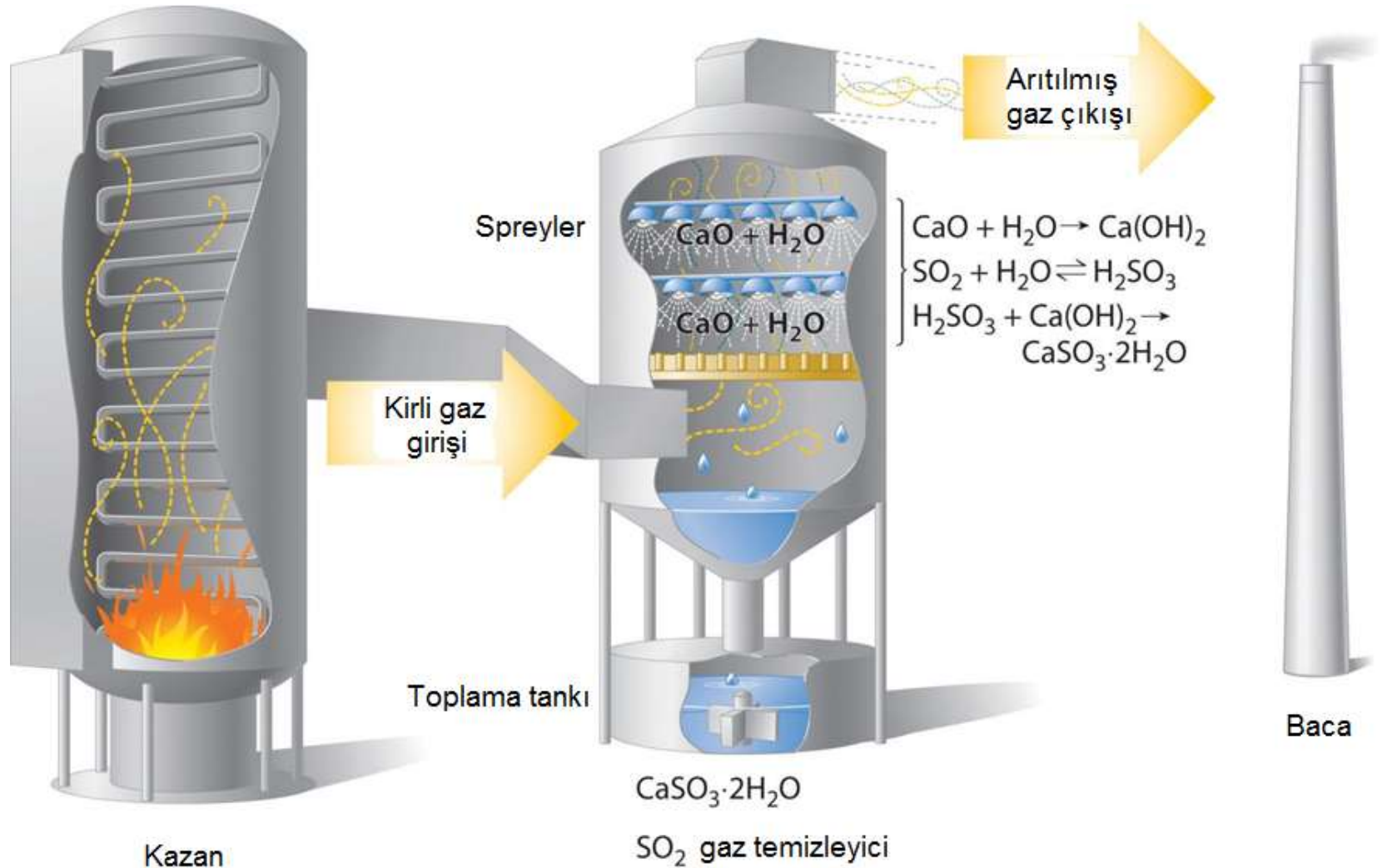
## Siklon Tipi Filtreler

Parçacık yüklü gazlar, silindirik bir yapı içerisine teğetsel olarak verilir. Merkezkaç kuvvetler parçacıkları ana gaz akımından uzaklaştırarak silindirik yapının iç duvarına çarptırır. Duvara temas eden parçacıklar hızını kaybederek siklonun alt bölümünde toplanır.



## Islak Tip Filtreler

Bu tip filtrelerde, tozlu hava akımının üzerine çok küçük damlacıklar halinde su püskürtülür ve ıslanan parçacıklar toplama yüzeyi üzerine düşerek çöker ve gazdan ayrıştırılır.



# *Hava*

## **Tam Yanma**

Gaz atıklarının yok edilmesi için en etkili yöntemlerden biri yakmaktır. Tam yanma sırasında organik maddeler zararsız sayılabilen karbondioksit ve su buharına dönüşür. Tam yanma, türbülanslı karıştırma, hava yakıt oranının çok iyi ayarlanması ve maksimum sıcaklığa maruz kalınan sürenin kontrol edilmesi gibi teknolojik uygulamalarla gerçekleştirilir.

## **Absorbsiyon**

Gaz absorpsiyonu, gaz karışımı içerisindeki bazı gazların uygun sıvılar içerisinde çözündürülmesidir. Çözünen gazın miktarı, seçilen sıvının türüne ve tutulacak bileşenin gaz akımı içerisindeki derişimine bağlıdır. Doymuş çözelti, kimyasal yöntemlerle yenilenecek tekrar kullanılabilir.

# *Hava*

## **Adsorbsiyon**

Adsorbsiyon, gaz bileşenlerinin katı maddeler ile tutulmasıdır. Bu işlem genellikle, gaz-katı temasının sağlanması için geliştirilen, gözenekli yapıya sahip ve çoğunlukla aktif karbonun kullanıldığı düzenekler ile gerçekleştirilir. Katı madde gaz bileşeni ile doyduktan sonra sistem rejenerasyon (yenilenme) düzeninde çalıştırılır. Yenileme işlemi sırasında, tutulan bileşikler aktif karbondan koparmak için genellikle buhar kullanılır. Atıklar geri kazanılırken, rejenere edilen aktif karbon adsorbsiyon işleminde tekrar kullanılır.

## **Yoğuşturucular**

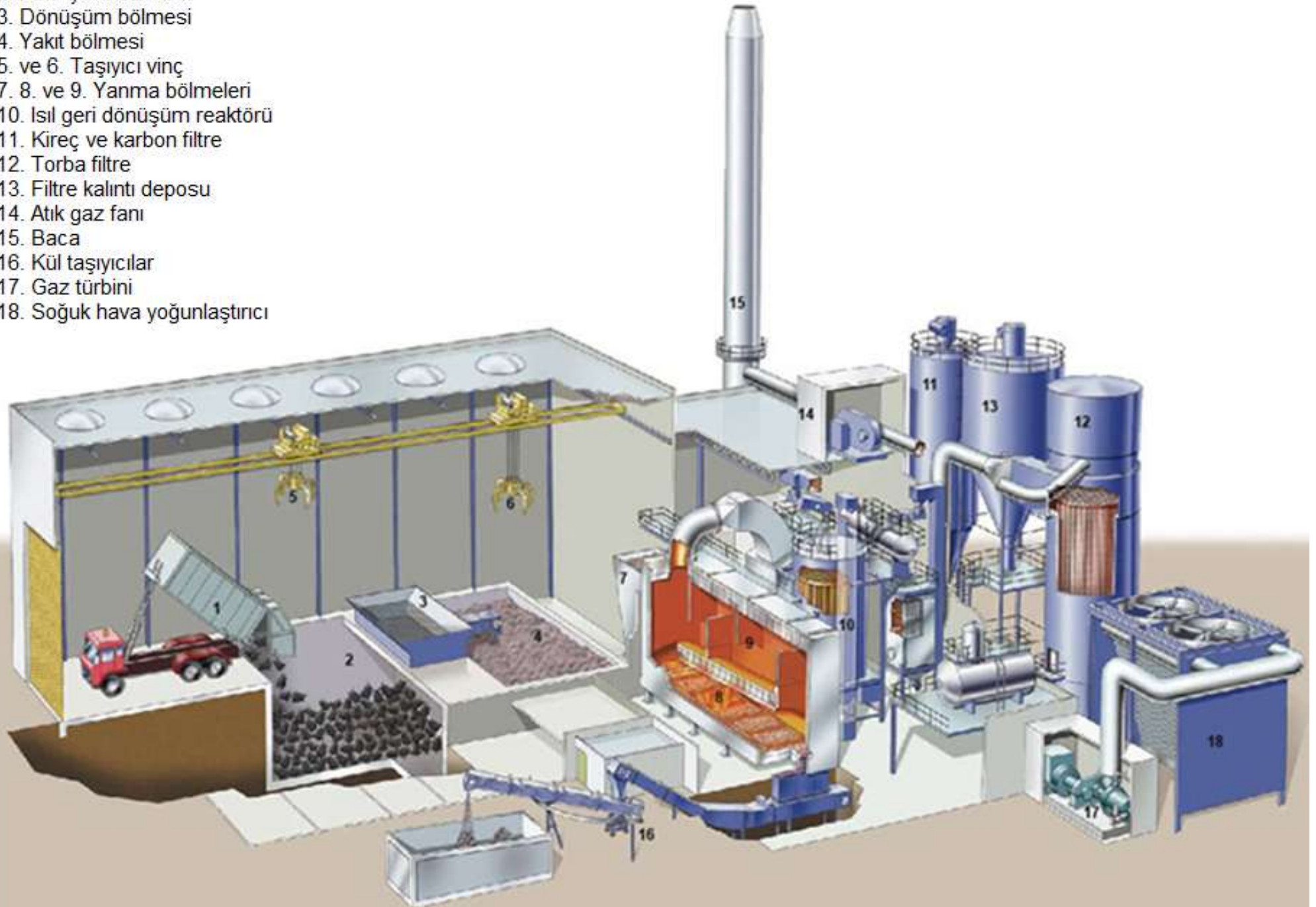
Yoğuşturucularda sıvı hale d6n6řt6r6len zararlı gaz buharları, depolanır ya da uygun y6ntemlerle zararsız hale getirilir.

## **Diğer Y6ntemler**

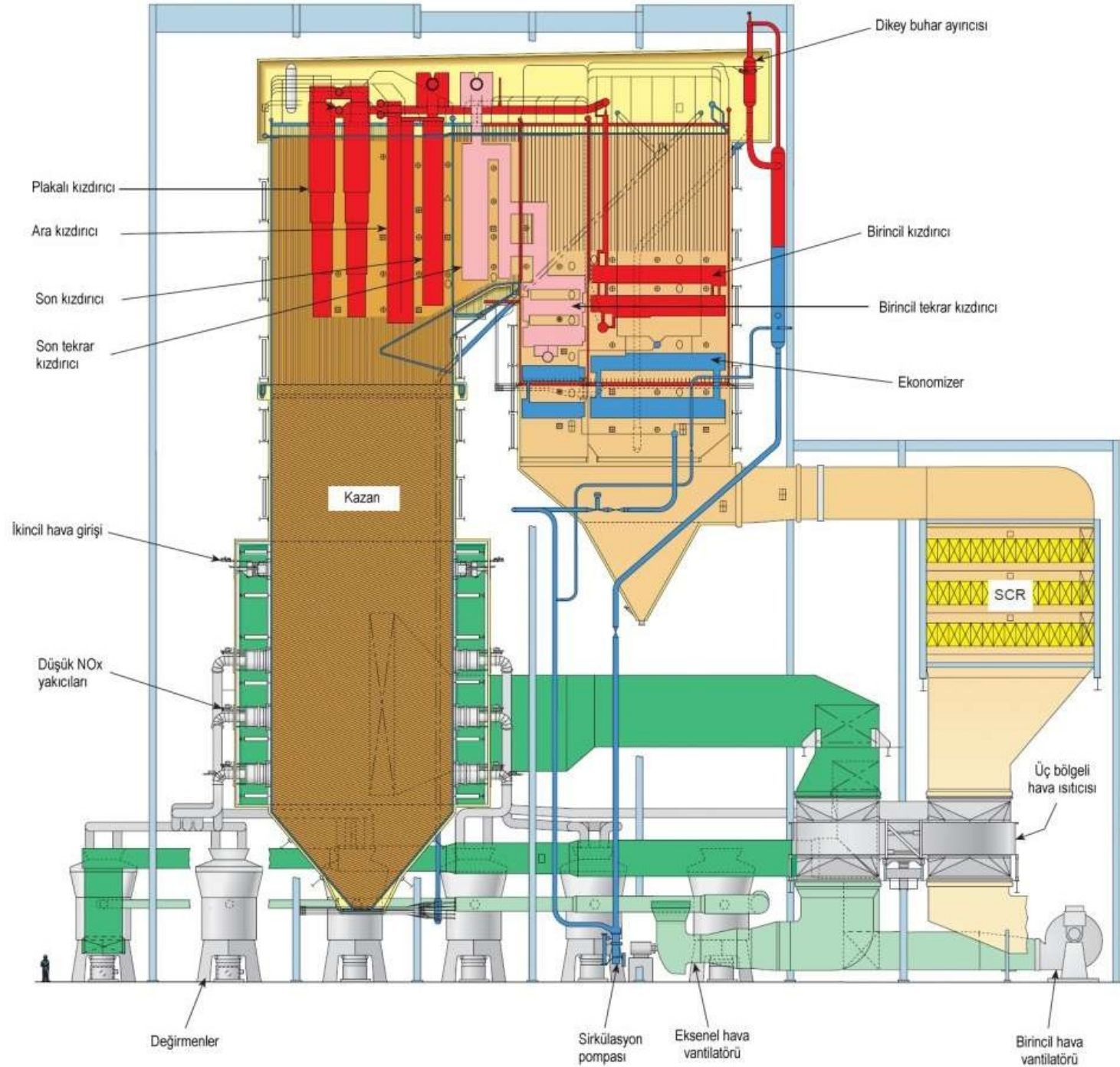
Genellikle gaz emisyonların kaynağında veya oluştuğu proseye elimine edilmesi ya da tutulması için yapılan d6zenlemelerdir. Bu y6ntemler çok farklı Őekillerde uygulanabilir.

Akışkan yataklı yakma sistemleri bu uygulamalara 6rnek verilebilir.

1. Kamyon
2. Ham yakıt bölmesi
3. Dönüşüm bölmesi
4. Yakıt bölmesi
5. ve 6. Taşıyıcı vinç
7. 8. ve 9. Yanma bölmeleri
10. Isıl geri dönüşüm reaktörü
11. Kireç ve karbon filtre
12. Torba filtre
13. Filtre kalıntı deposu
14. Atık gaz fanı
15. Baca
16. Kül taşıyıcılar
17. Gaz türbini
18. Soğuk hava yoğunlaştırıcı



**Bir Kömür Santralinin Basitleştirilmiş Şematik Gösterimi**



**Bir termik santral için örnek bir baca gazı arıtma tesisi**  
**Prof. Dr. Serkan Şahinkaya – NEVÜ Çevre Mühendisliği Bölümü - “Enerji ve Çevre Sorunları” Dersi**

## *Su*

- Su, ısı etkileriyle, atmosferde sürekli faz değiştirmektedir. Atmosferdeki toplam su kütesinin, dönüşümlerin sürekliliği dolayısıyla sabit olduğu kabul edilebilir.
- Su, yenilenebilir doğal bir kaynaktır ve kalitesinin sürdürülebilmesi için kirliliğin çok iyi kontrol edilmesi gerekir.
- Su kirliliği hem yüzey sularında hem de yer altı sularında görülebilir.
- Yüzey sularındaki kirleticiler; enfeksiyonlara neden olan ajanlar, oksijeni yok eden atıklar, oksijen yetmezliğine bağlı gelişen yosun üremeleri, zehirli maddeler, petrol sızıntıları, atık ısı ve çökeltilerdir.
- Yer altı sularında görülen kirleticiler; kalsiyum, magnezyum, patojenler ve nitrattır.
- Bu kirleticilerin miktarı, içilebilecek su standartlarını karşılayacak düzeye indirilmelidir.

# Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji kaynakları; biyokütle, güneş, rüzgâr, dalga, hidrolik ve jeotermal enerji şeklindeki sayılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması ile ilgili bazı problemler de bulunmaktadır. Bunlar:

- Tesisler için çok büyük alanların kullanılması gerekebilir.
- Sistemin kurulması için çok fazla miktarlarda malzeme kullanılması gerekebilir.
- Tesisler işletilirken güvenlik ve sağlıkla ilgili problemler oluşabilir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının biriktirilmesi için önemli miktarlarda enerji tüketilmesi gerekebilir.
- Yenilenebilir enerjinin kazanılması için uygulanan işlemler sırasında açığa çıkan bazı kimyasallar, hava ve su kirliliğine neden olabilir.

# Biyokütle

Bu enerji kaynağı özellikle üçüncü dünya ülkeleri için önemlidir ve ekonomideki değeri % 40'a kadar çıkabilmektedir. Ayrıca ormanları olan gelişmiş ülkelerde de önemli paylara sahip olabilmektedir. Mesela, İsveç'te % 8, Kanada'da ise % 14 oranında toplam enerjiye katkısı vardır. Ancak, ormanların tahrip edilmesi halinde çölleşme tehlikesi vardır. Ülkemizde tezek olarak tabir edilen hayvan dışkıları ile samanlar da enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Canlı atıklarından enerji değeri yüksek gaz da elde edilmektedir. Çin'de evsel, hayvansal vb. organik atıkları kullanarak 7 milyondan fazla biyogaz (metan gazı) üreten ünite inşa edilmiştir. Bu gaz ısınma, elektrik üretimi vb amaçlarla kullanılabilir. Ayrıca, Brezilya'da şeker kamışından yakıt (biyo-dizel) üretimi yıllardır uygulanmaktadır. Biyo-dizel üretiminde evlerde kullanılan yemek yağları bile kullanılabilir.

# Biyokütle

Biyokütle başlığı altında değerlendirilen kurumuş ağaçlar, yapraklar, tarım artıkları, atık odun ile kereste ve mobilya endüstrilerinin artıkları, enerji üretmek için kullanılabilir. Biyokütlenin enerji amaçlı kullanımı ile ilgili problemler:

- Biyokütlenin yenilenmesi için gerekli arazi çok büyüktür.
- Biyokütlenin toplanması için de enerji kullanılmalıdır.
- Biyokütleden enerji üretilmesi için kullanılan yöntemler de hava kirliliğine neden olmaktadır.
- Yakma işlemi sağlık ve güvenlikle ilgili problemler doğurmaktadır. Biyokütlenin yakılması sırasında açığa çıkan bazı eksik yanma ürünleri (polycyclic organik maddeler), akciğer kanserine neden olabilmektedir.

## Biyokütle Kaynakları

Tarımsal Kaynaklar

Ormansal Kaynaklar

Kentsel ve Endüstriyel Kaynaklar

Fiziksel Süreçler

Dönüşüm Süreçleri

## Çevrim Yöntemleri

Doğrudan Yakma

Havasız Çürütme

Fermantasyon

Piroliz

Hidroliz

Gazlaştırma

Biyoforoliz

## Yakıt (katı, sıvı, gaz)

Biyogaz

Etanol

Hidrojen

Metan

Metanol

Sentetik Yağ

Odun Kömürü

Briket

Pelet/Talaş

## Çıktılar

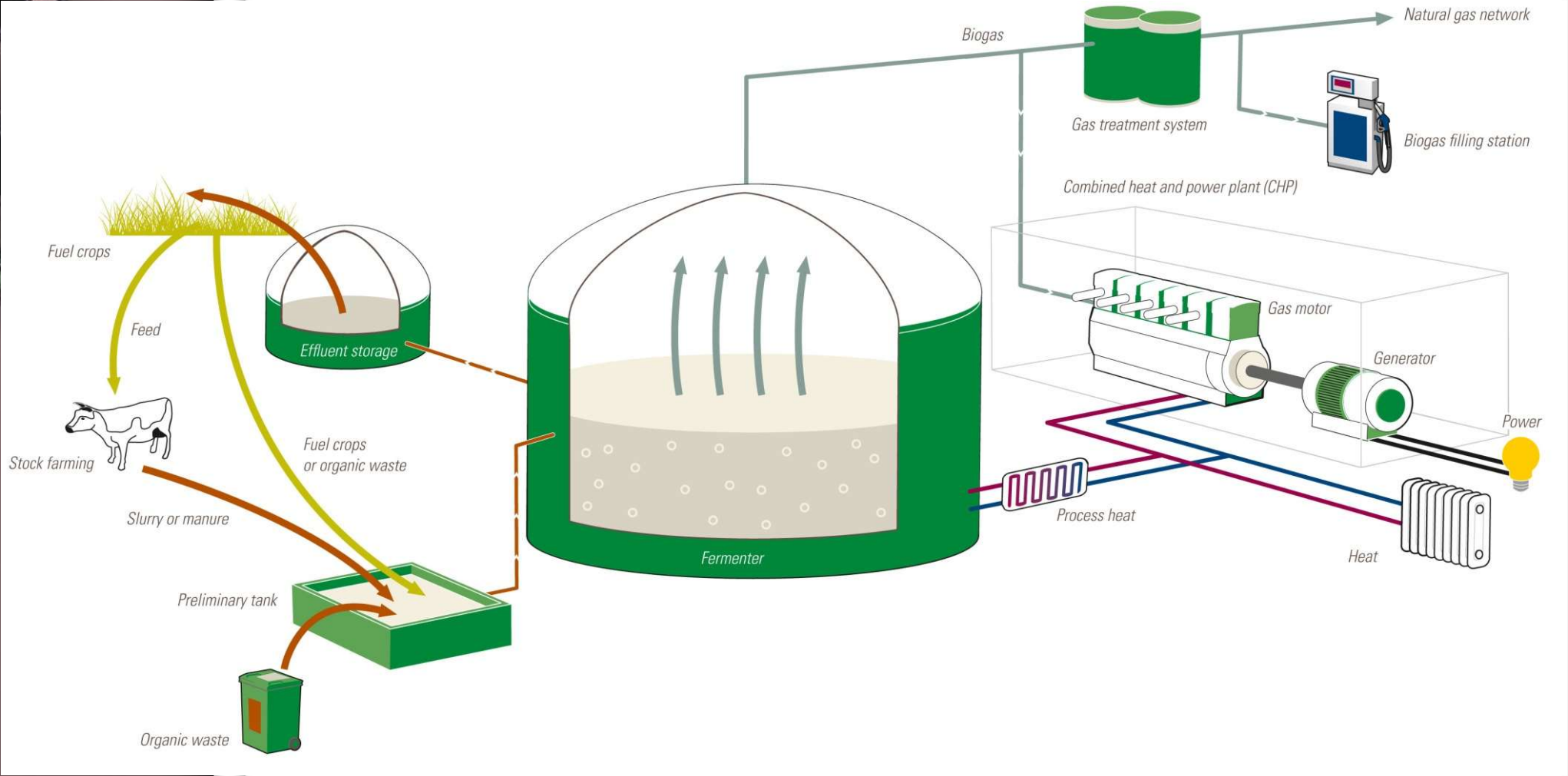
Isı

Elektrik

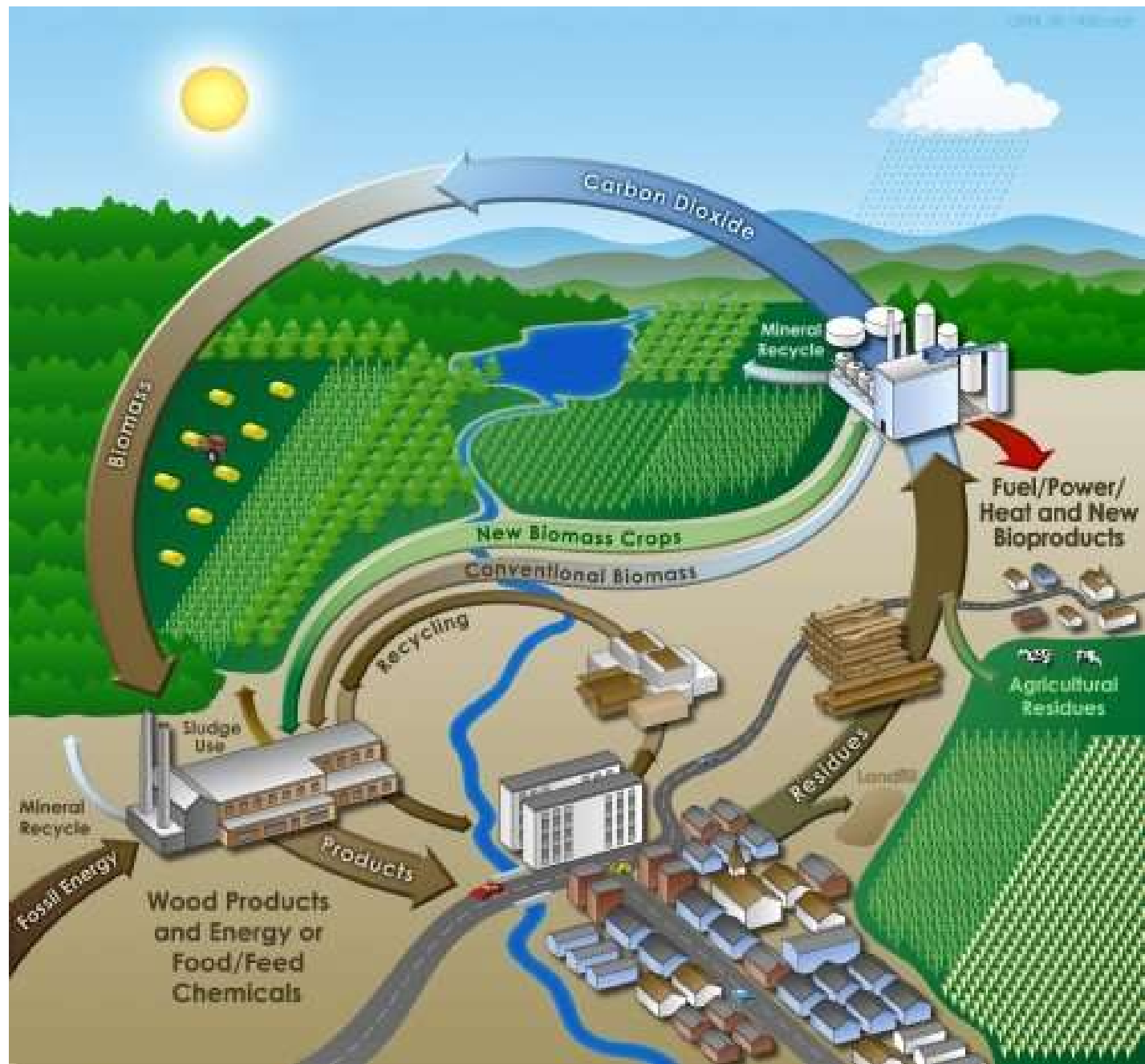
Taşıt Yakıtları

Aromatik Yağlar

Hammaddeler



**Biyogaz üretim süreci.**



# Türkiye'nin Biyokütle Enerji Potansiyeli

Ülkemizde, odun ve bitki atıkları uzun yıllardır ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Ancak bu, ekonomik değeri yüksek ve sanayide ham madde olarak kullanılabilen değerlerin yakılması, ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca, ormanların tahrip edilmesine ve çölleşmeye de neden olabilmektedir. Böylece, hava ve iklim değişikliklerine ve de erozyona neden olmaktadır.

Ülkemizde hayvansal atıklarda ısınma amacıyla kullanılmaktadır (~%10). Türkiye'de her yıl yaklaşık  $250 \cdot 10^6$  ton taze çiftlik gübresi elde edilmektedir.

<u>Atık türü</u>	<u>Biyogaz Verimi (m<sup>3</sup>/kg)</u>
Büyük baş	0.20 – 0.30
Tavuk	0.35 – 0.80
Saman	0.35 – 0.40

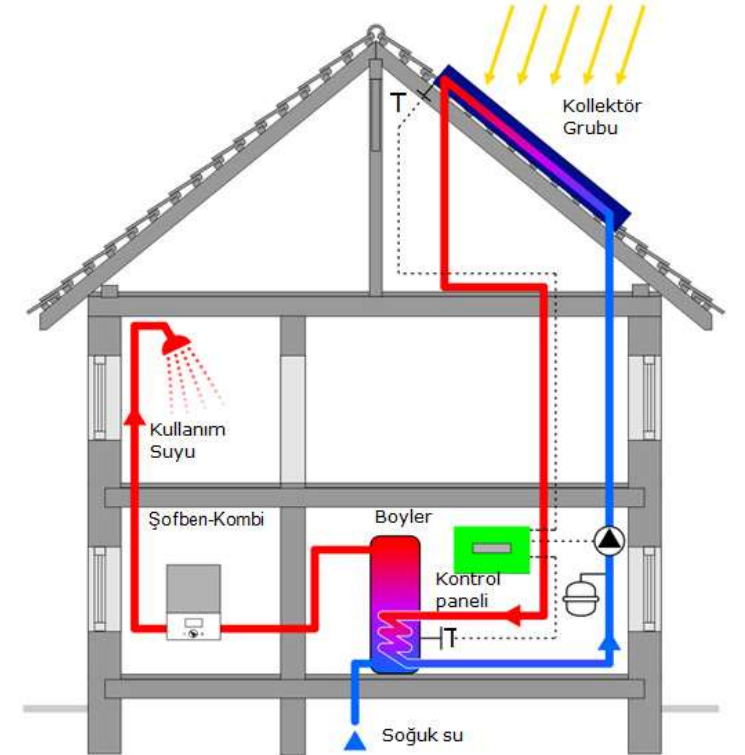
**Atıkların biyogaz verimleri.**

# Güneş Enerjisi

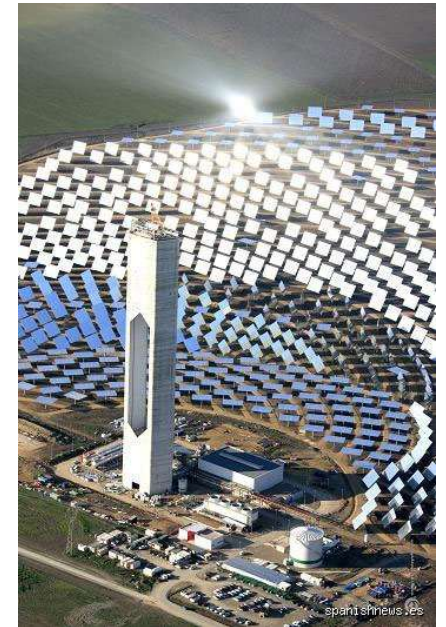
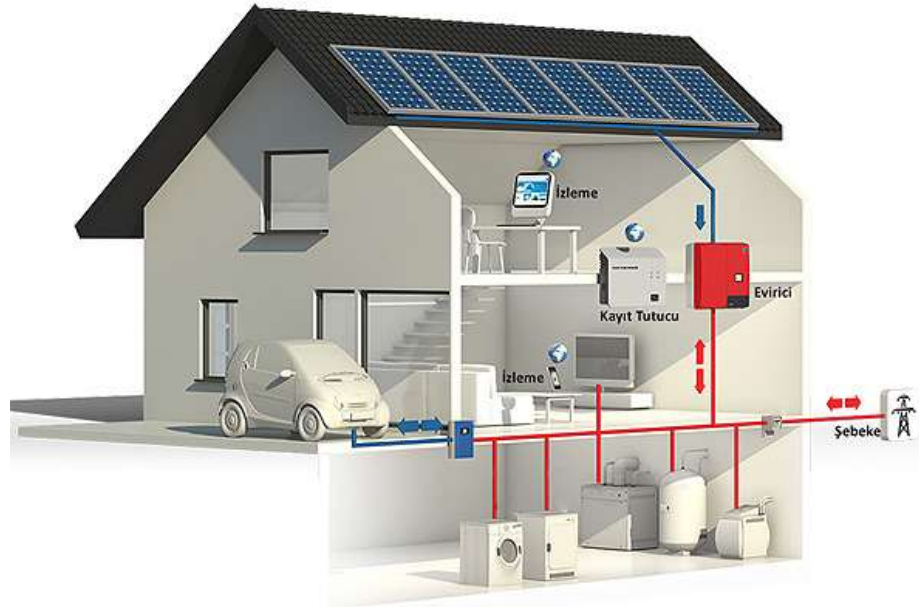
- Güneş, dünyanın yegâne enerji kaynağıdır.
- Dünyaya isabet eden güneş enerjisinin gücü ( $180 \cdot 10^{12}$  kW), ABD'nin kurulu elektrik üretme kapasitesinin yaklaşık 500 bin katıdır.
- Güneş enerjisinin, basit su ısıtma sistemlerinden, yer altında enerji depolamasının yapıldığı büyük ısıl sistemlere kadar, geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır.
- Fotovoltaik sistemler, hem teknolojik olarak gelişmekte hem de hızla yaygınlaşmaktadır.
- Uzay araçlarının ve uyduların enerjisini fotovoltaik sistemler üretmektedir.




- Güneş enerjisinden yararlanmak için kullanılan en basit sistemler, evsel kullanım amacıyla su ısıtmada kullanılan düzeneklerdir.
- Bu sistemlerde güneş enerjisi, yüksek verimli kolektörler ile suya aktarılır. Isınan su, bir depoda biriktirilerek, gün boyunca kullanılır.
- Isı enerjisinin, konutların ısıtılmasında kullanılmak üzere mevsimlik olarak yer altında depolandığı, araştırma amacıyla kurulan çok büyük sistemler de mevcuttur.
- Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler.
- Güneş hücreleri yarı iletken malzemelerden, genellikle silikondan, üretilir.



- Güneş ışınları ile birlikte gelen fotonların, malzeme üzerindeki etkisiyle devrede bir elektrik akımı oluşur. Bu akım, uygun düzeneklerle toplanarak, kullanılabilir güç boyutuna yükseltgenir.
- Güneş hücreleri, sessiz, güvenilir, hareketli parçası olamayan, kullanılması kolay sistemlerdir.
- Uydular ve yörüngedeki uzay laboratuvarları için yegâne güç kaynağını oluştururlar.
- Güneş hücrelerinin verimi, imalatında kullanılan malzemeye göre, %15-40 arasında değişebilmektedir.
- Güneş hücrelerinin maliyetlerinin düşürülmesi ve verimlerinin yükseltilmesi, malzeme teknolojisi alanında üzerinde çalışılan en önemli araştırma konularından biridir.





Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemlere "**Fotovoltaik Sistemler**" denir. Güneş enerjisini DC (doğru akım) elektrik enerjisine çeviren ekipman, güneş pili olarak da bilinen fotovoltaik panellerdir. Fotovoltaik sistemlerde fotovoltaik panellerin yanı sıra, akü, şarj regülatörü, solar evirici ve şalt ekipmanı bulunur.

Aküler elektrik enerjisi depolamada kullanılırken, şarj regülatörleri akülerin şarj kontrolünü sağlar. Solar eviriciler, fotovoltaik panellerde üretilen DC elektrik enerjisini AC elektrik enerjisine çevirir. Sistemdeki şalt ekipmanı, sistemin enerji üretimini, dağıtımını, kontrolünü ve güvenliğini sağlar.

Fotovoltaik sistemler; şebeke bağlantılı (on-grid) sistemler ve şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler olarak ikiye ayrılır.

# Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz güneş enerjisi bakımından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Gerekli yatırımların yapılması halinde yılda birim metre kareden ortalama 1500 kW güneş enerjisi üretilebilir. Türkiye'nin aylık güneş enerjisi potansiyeli,

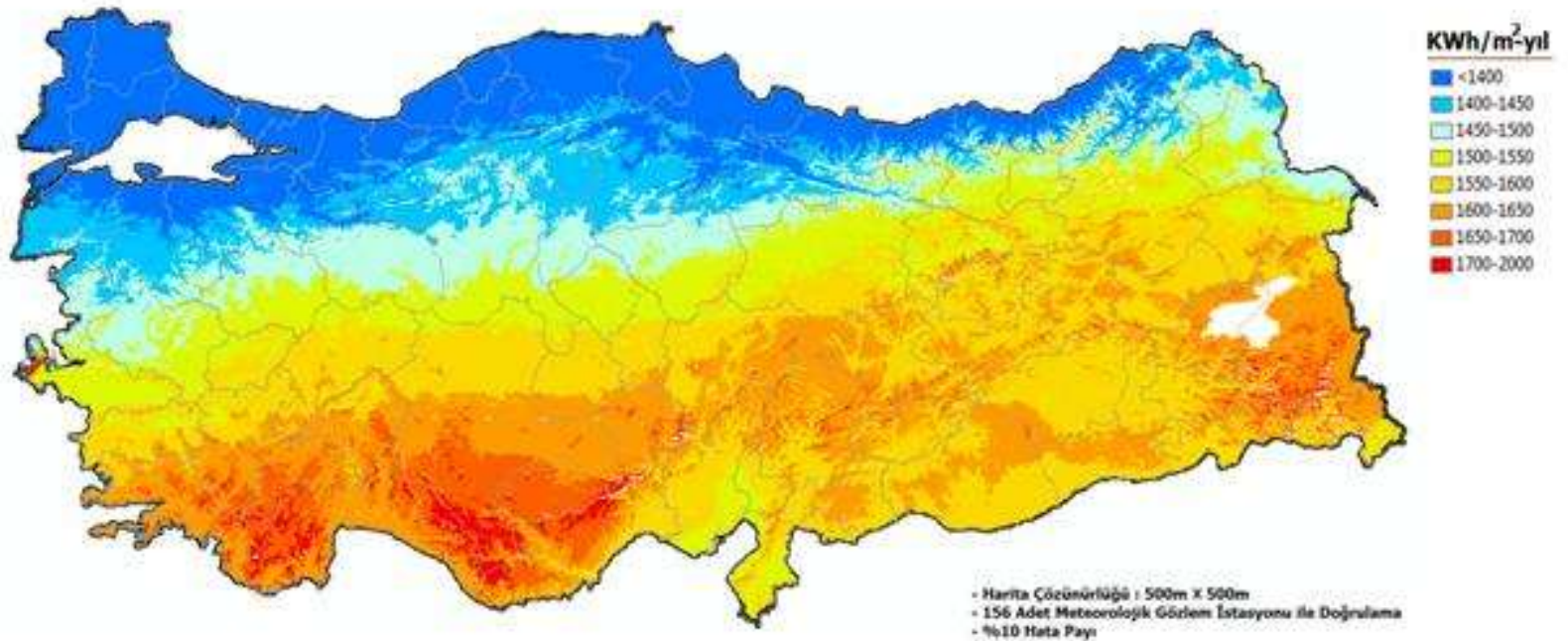
<b>Ay</b>	<b>Toplam Enerji (kWsa/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Güneşlenme Süresi (sa)</b>
Ocak	54	150
Şubat	62	189
Mart	96	265
Nisan	125	359
Mayıs	155	429
Haziran	169	485
Temmuz	181	503
Ağustos	164	457
Eylül	131	375
Ekim	97	269
Kasım	62	179
Aralık	47	132

# Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Genel olarak en düşük ve en yüksek güneş enerjisi üretilecek aylar, Aralık ve Temmuz'dur. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1100 kWsa enerji üretilebilir. Buna göre Türkiye'de toplam yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık  $10^{15}$  kWsa kadardır.

## TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ ATLASI (GEPAT)

(Türkiye Üzerine Gelen Toplam Güneş Radyasyonu)

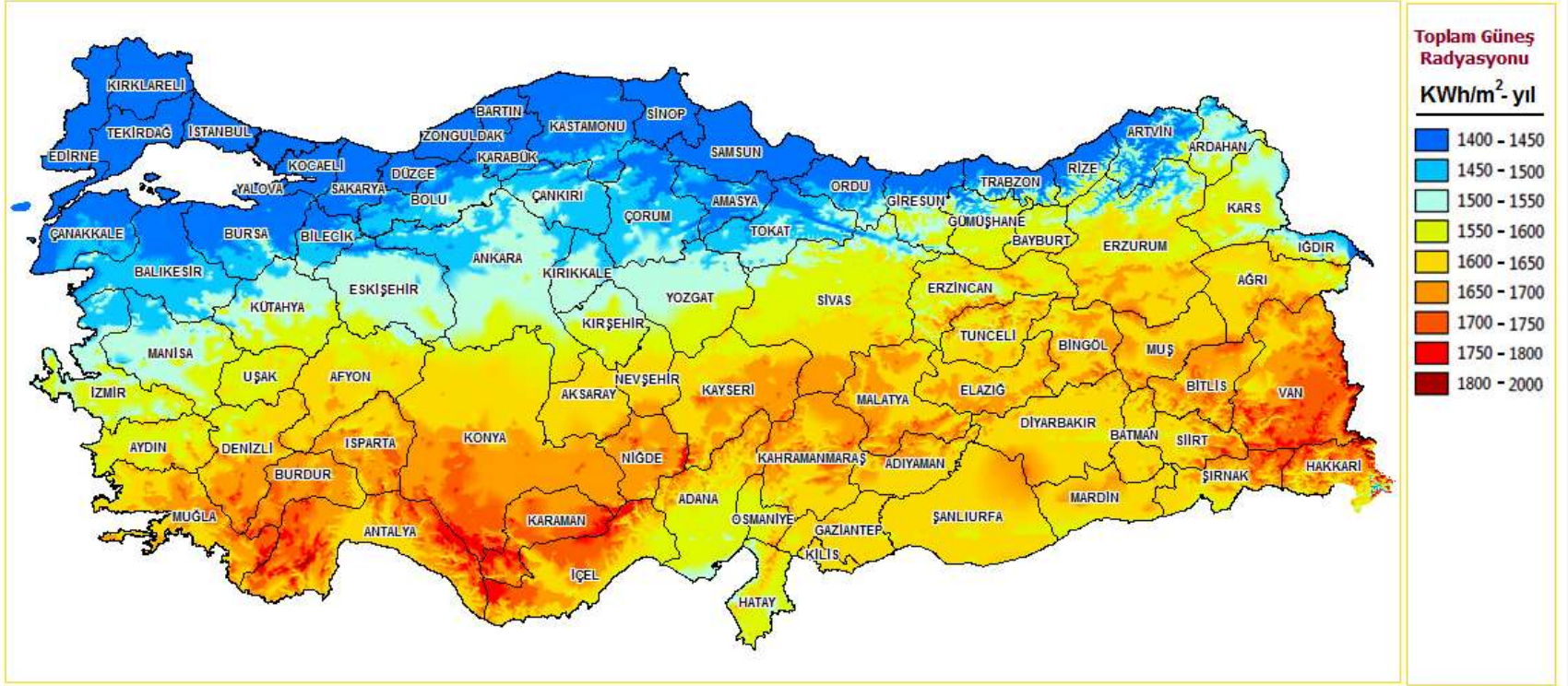




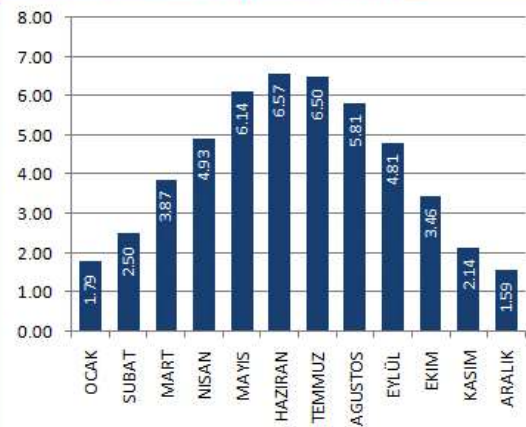
# EİE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEPA)

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü

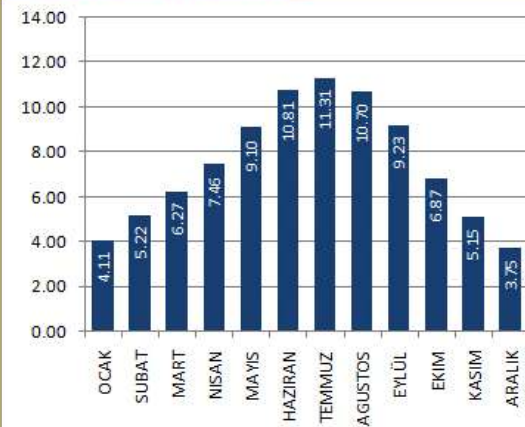
Açıklamalar



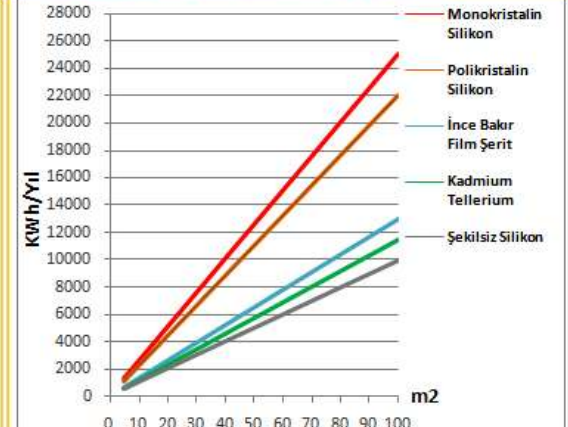
TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)



TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)



# Rüzgâr Enerjisi

- Rüzgâr enerjisi de aslında güneş enerjisinin bir türevidir.
- Güneş enerjisinin atmosferdeki gelişigüzel dağılımı, atmosferdeki havanın hareketlenmesine neden olur.
- Rüzgarın sahip olduğu kinetik enerji, uygun düzeneklerle elektrik enerjisine dönüştürülerek, kullanılır.
- Rüzgârın gücü hava akımının kütleli debisi ile rüzgâr hızının karesinin çarpımı ile orantılıdır. Başka bir ifade ile rüzgârın taşıdığı enerji rüzgâr hızının küpü ile orantılıdır.
- Rüzgâr hızındaki küçük bir artış, güçte çok daha büyük bir artışa neden olur.
- Rüzgar güllerinin kurulması diğer santrallere kıyasla çok daha hızlıdır.
- Temiz bir enerji kaynağıdır.
- Sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.
- Sera gazlarını azaltır.
- Fosil yakıt tüketimini azaltır.

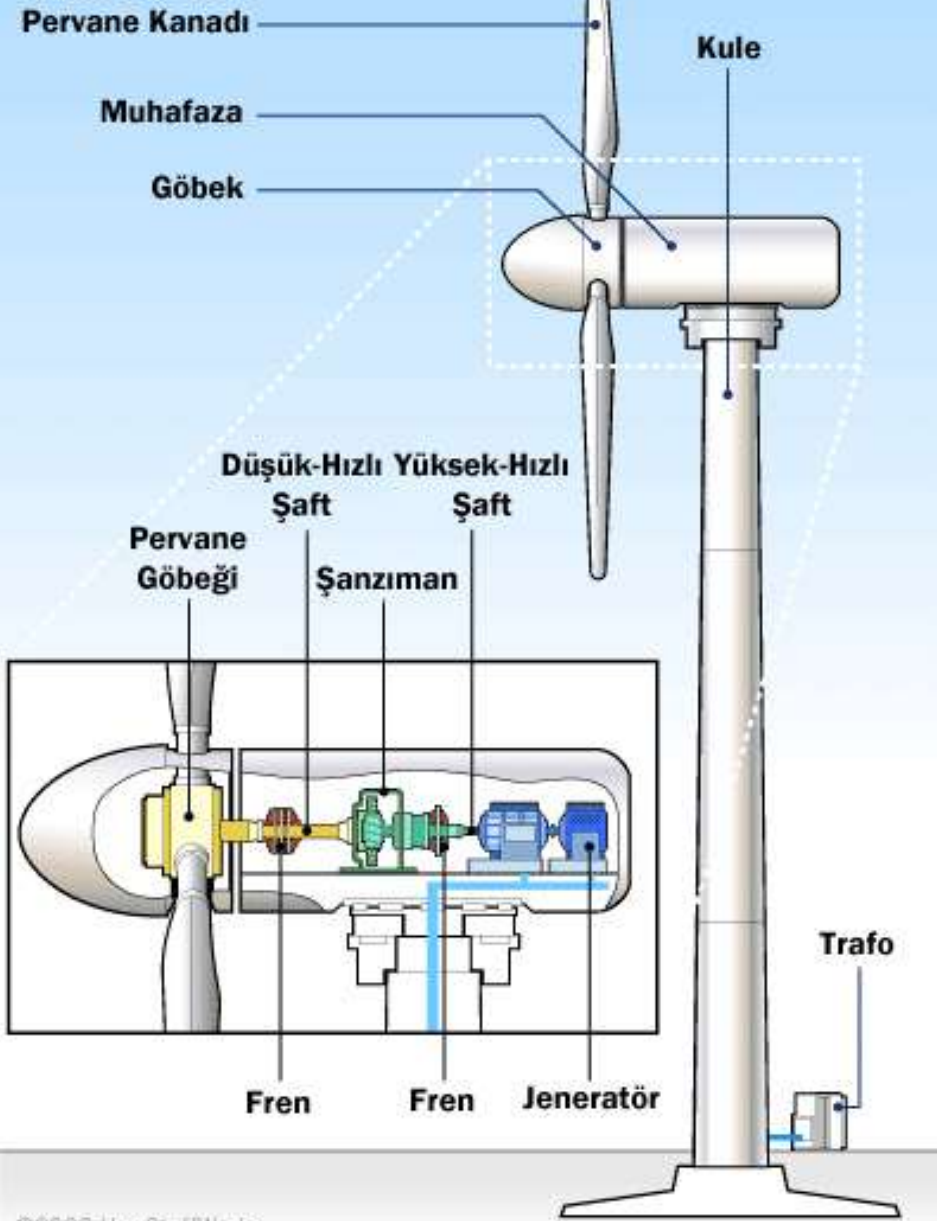
# Rüzgâr Enerjisi

- Enerji dışı bağımlılığını azaltır.
- Geliştirilen yeni teknolojiler ile her geçen gün üretimi daha ucuz olmaktadır.
- Rüzgar türbinlerinin kurulduğu arazi tarım alanı olarak kullanılabilir.
- Ormanlık alanların azalmasını engeller.



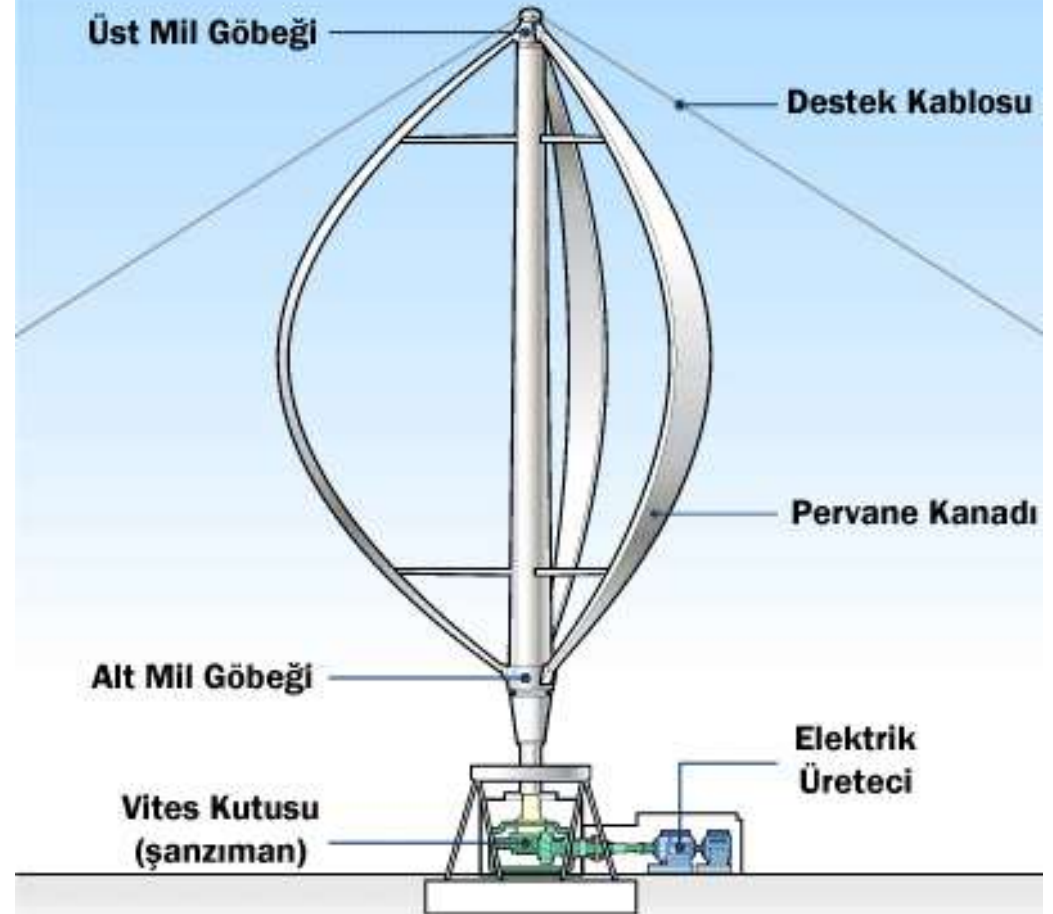
## Rüzgar Türbini Nasıl Çalışır?

### Yatay Eksenli Türbin



## Rüzgar Türbini Nasıl Çalışır?

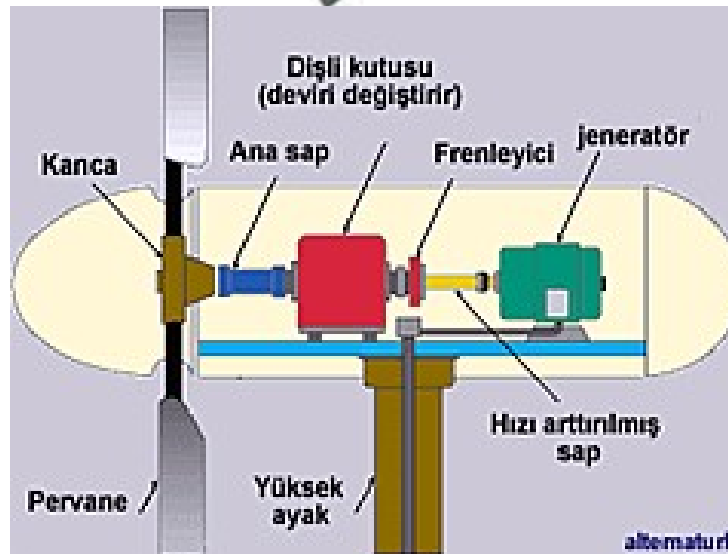
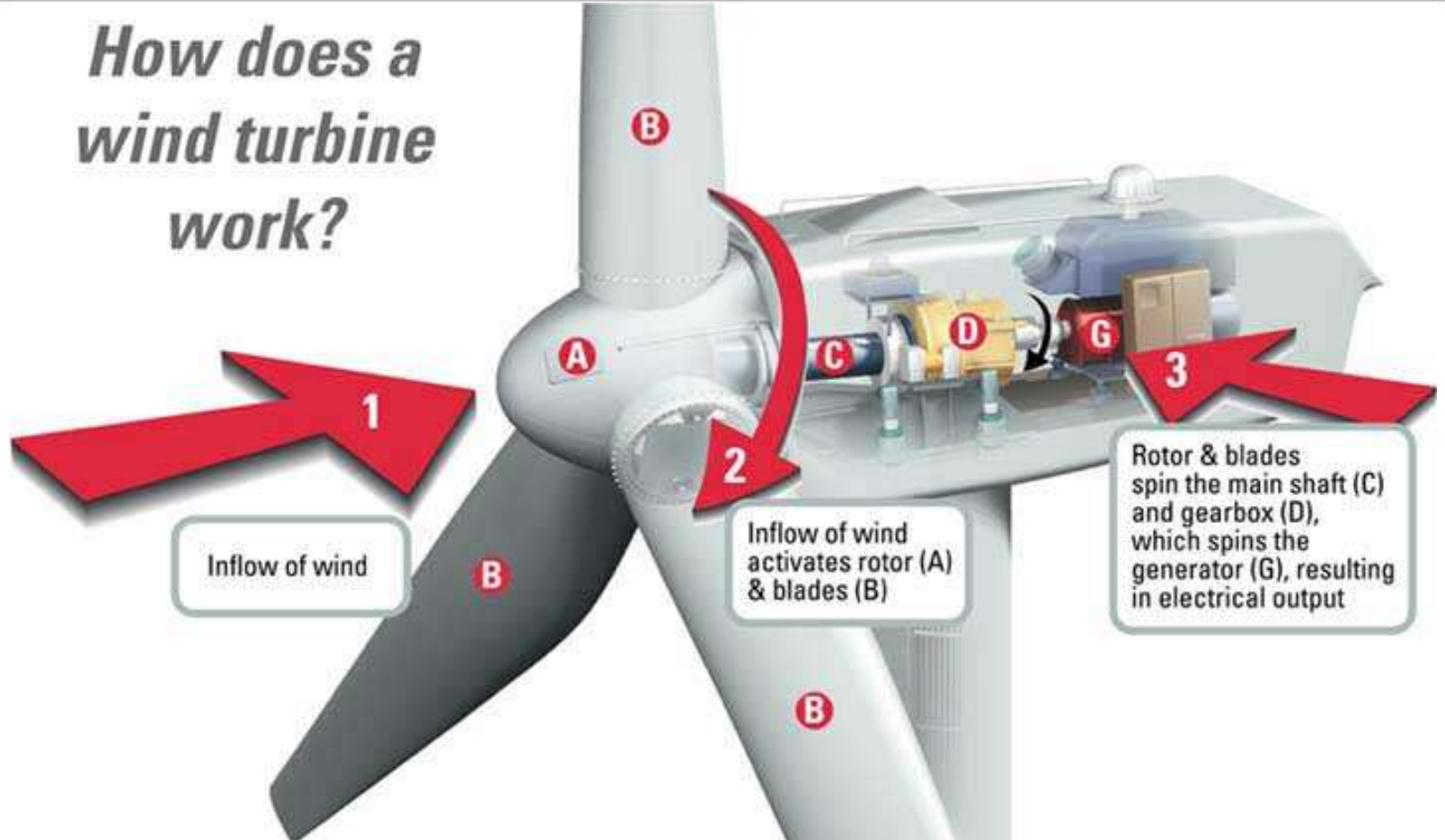
### Dikey Eksenli Türbin



©2006 HowStuffWorks

©2006 HowStuffWorks

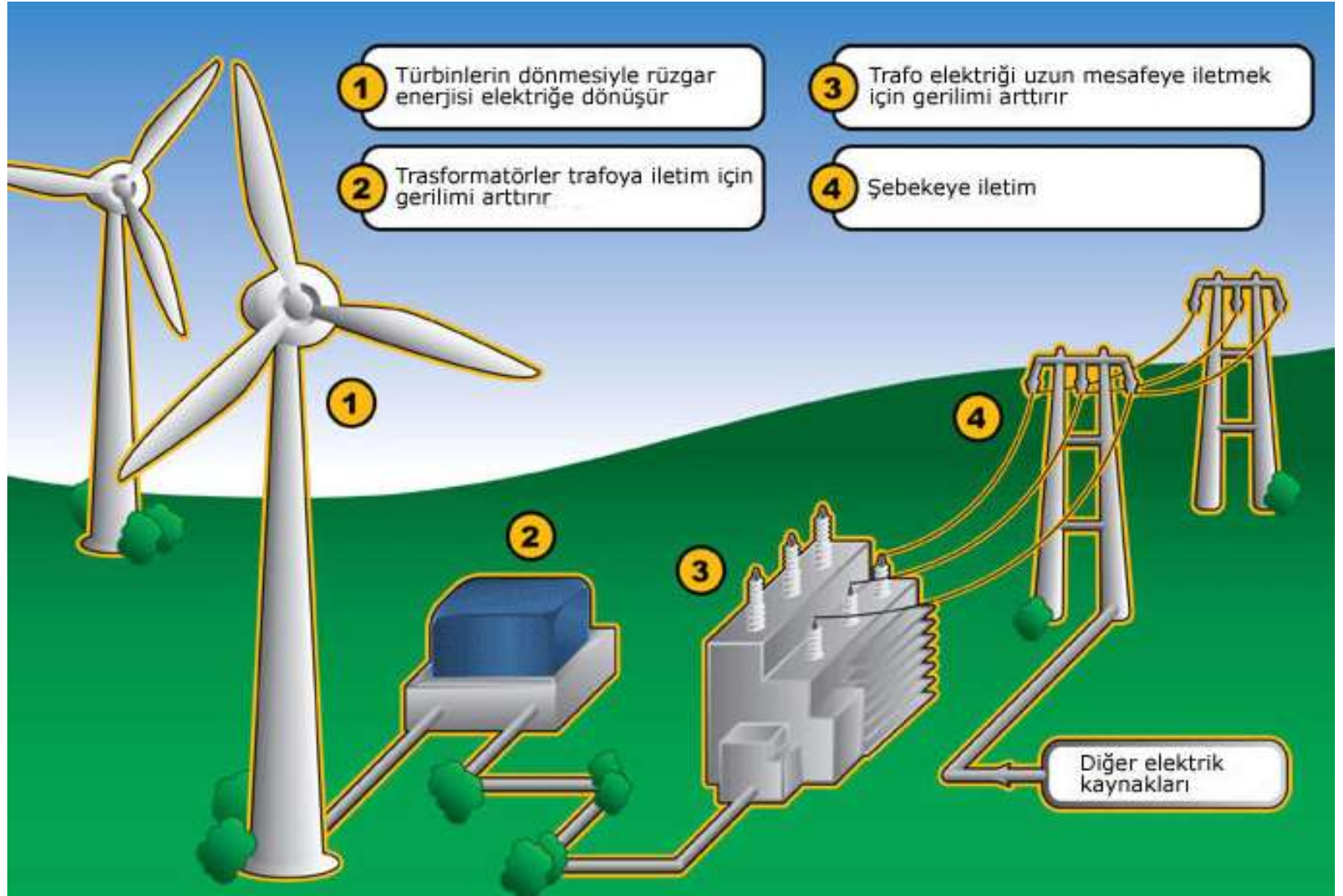
# How does a wind turbine work?



## Sistemin Çalışma Prensipleri

Rüzgar türbininden gelen elektrik enerjisi şarj kontrol ünitesinden geçtikten sonra, bir akü grubunda depolanır. Akü grubu çıkışında ise inverter vasıtasıyla alternatif akıma çevrilerek, tüm cihazlar çalıştırılabilir. Akü grubunun olmasının nedeni, elektrik tüketiminiz gün içerisinde değişkendir. Aynı şekilde rüzgar da değişken olduğu için, üretilen elektrik de değişkendir. Kesintisizliği sağlamak için akü grubu kullanılmaktadır.





# Rüzgâr Enerjisi

Tüm dünyadaki rüzgâr enerjisinin güç potansiyelinin bir trilyon ( $1 \times 10^{12}$ ) kW olduğu tahmin edilmektedir. Şu anda rüzgâr enerjisinin dönüştürülmesinde kullanılan sistemlerin net verimleri %12 civarındadır.

- Rüzgâr enerjisinin çevreye en olumsuz etkisi, estetik bakımdan hoş olmayan bir görüntüdür.
- Ayrıca gürültü kirliliği de sayılabilir.
- Rüzgâr enerjisinin bol olduğu bölgeler, yerleşim alanlarında uzak olabildiği için elektriğin nakli ile ilgili kayıplar artabilmektedir.
- Rüzgâr enerjisi için ayrılan alanların kullanımında bazı sınırlamalar oluşmaktadır.
- Rüzgâr türbinleri, televizyon ve radyo dalgalarını etkilemekte, kuşların göç yollarını değiştirmelerine neden olmaktadır.

## Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulum Aşamaları

1. Bölgenin potansiyelinin belirlenmesi,
2. En az 1 yıl boyunca kayıt/ölçüm yapılmış olması,
3. Veri analizi,
4. Bölgenin potansiyelinin çalışılması,
5. Uygun türbin kapasitesinin belirlenmesi,
6. Santral projesinin hazırlanması,
7. Gerekli izinlerin alınması,
8. Finansmanın sağlanması,
9. Zemin çalışmasının yapılması,
10. Türbinlerin kurulması,
11. Elektrik iletim hatlarının çekilmesi,
12. Deneme üretimi,
13. Üretimin başlaması ve elektriğin satışa çıkartılması.

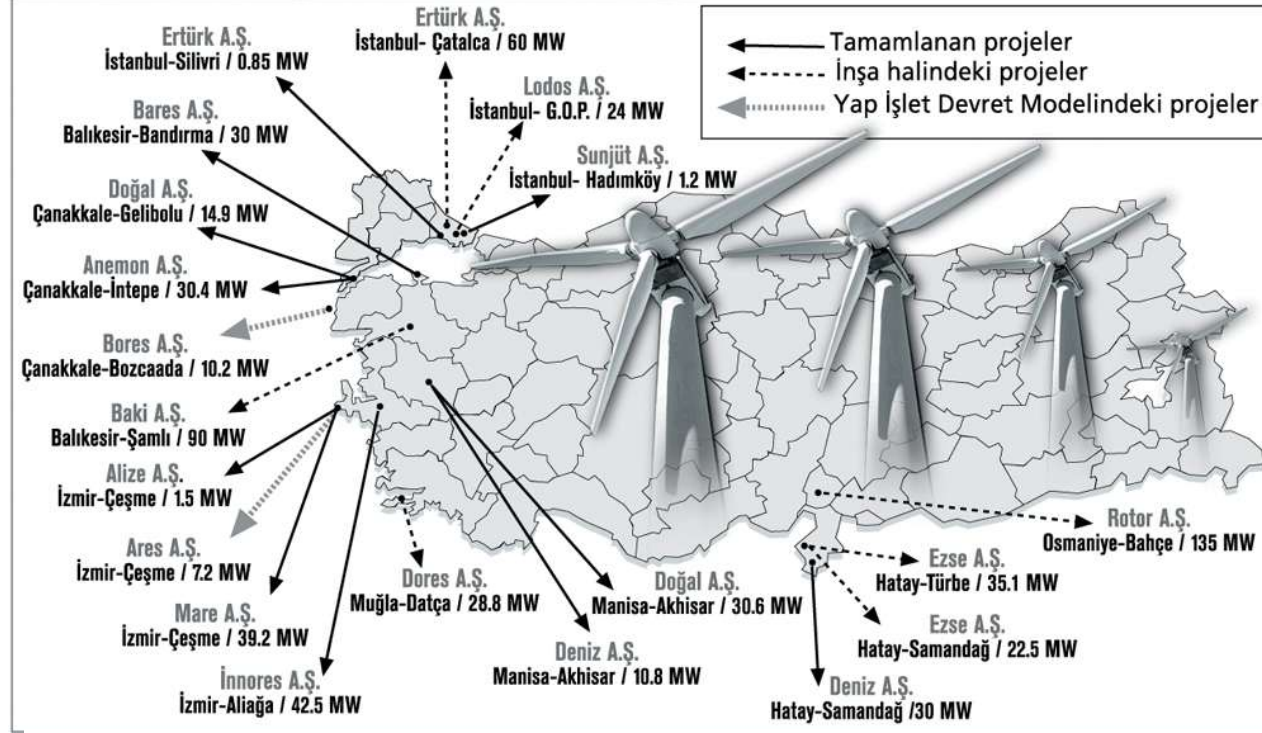
## Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyelli yöreleri,

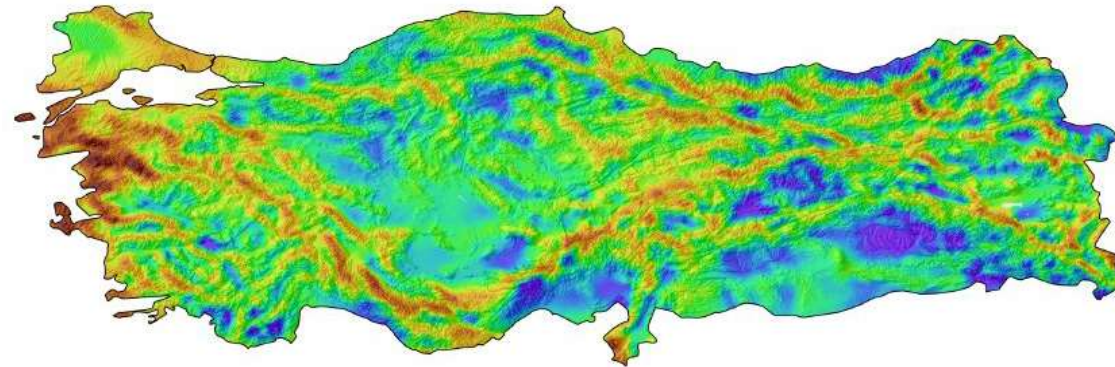
<u>Yer</u>	<u>Şiddet (m/sn)</u>
Bozcaada	6.3
Bandırma	5.2
Antalya	4.5
Sinop	4.3
Çiğli	4.1
Çanakkale	4.0
Çorlu	4.0

Ülkemizin 20.000 – 80.000 MW arasında rüzgar enerjisi potansiyelinin olduğu farklı kişi ve kurumlar tarafından tahmin edilmiştir. Enerji Bakanlığı’nın tahmini ise 20.000 MW’tir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar 500 MW’ı geçmemiştir. Bu nedenle bu alanda ciddi bir açık vardır.

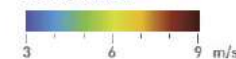
# Türkiye'deki rüzgâr santralleri



## Türkiye Rüzgâr Haritası



80m Yükseklikte Ort.  
Rüzgâr hızı



# Dalga Enerjisi

- Ülkemizde karşılaşmadığımız bir enerji kaynağıdır.
- Dalga enerjisi, okyanus sularının yükselip alçalması şeklinde açığa çıkan enerjidir.
- Bu enerjinin kaynağı, dünyanın dönmesi ve güneş ile ayın dünya üzerindeki kütle çekim etkileridir.
- Dalga enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi mümkündür. Dalga enerjisinin dünyadaki yıllık potansiyelinin, 36 trilyon kW-h olduğu tahmin edilmektedir.
- Dalga enerjisi ile çalışan elektrik santralleri bulunduğu gibi planlaması yapılmış ancak henüz ekonomik olmadığı gerekçesi ile kurulmayan dalga enerjisi santralleri de bulunmaktadır.

# Hidrolik Enerji

- Hidroelektrik enerjisi alışlagelmiş enerji kaynakları arasında dünya enerji ihtiyacının % 20'ye varan kısmını karşılaması ile yüzel su akışları bol olan ülkelerde sıkça kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu oran % 40'a kadar çıkmaktadır.
- Hidrolik enerji de güneş enerjisinin farklı bir şeklidir.
- Doğal olarak yüksekten akan su kaynaklarının, biriktirmeli veya biriktirmesiz olarak kullanıldığı hidroelektrik santrallerde, suyun sahip olduğu potansiyel enerji elektrik enerjisine dönüştürülür.
- Net enerji dönüşüm verimi %90 gibi yüksek bir değerdedir.
- Hidroelektrik santraller için kurulan barajların, selleri kontrol etmek, sulama, eğlence, dinlenme ve su sporları için ortam oluşturma, taşımacılık ve kullanım suyu temini gibi faydaları da bulunmaktadır.

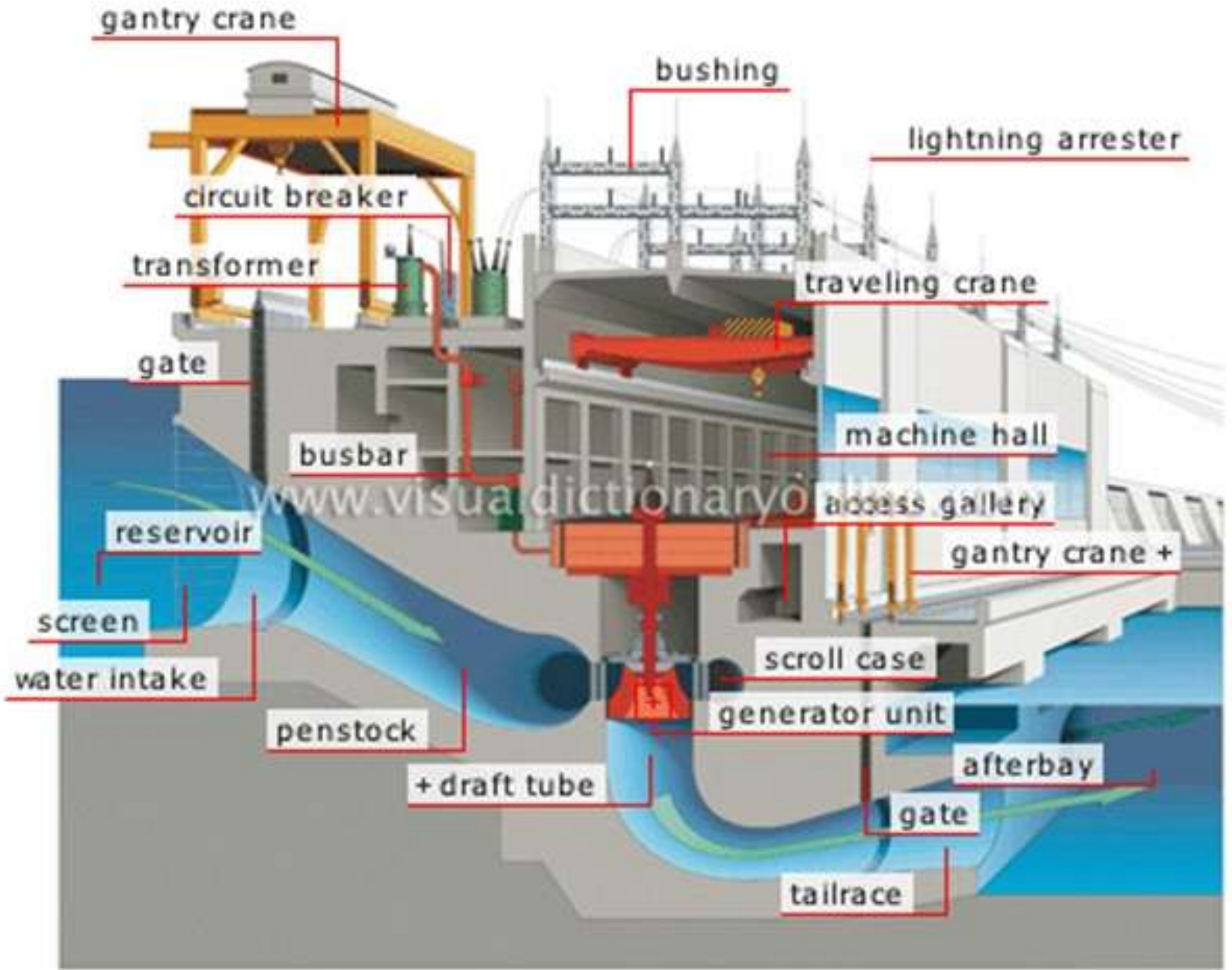
# Hidrolik Enerji

Hidroelektrik tesislerin çevreye zararları da olabilir.

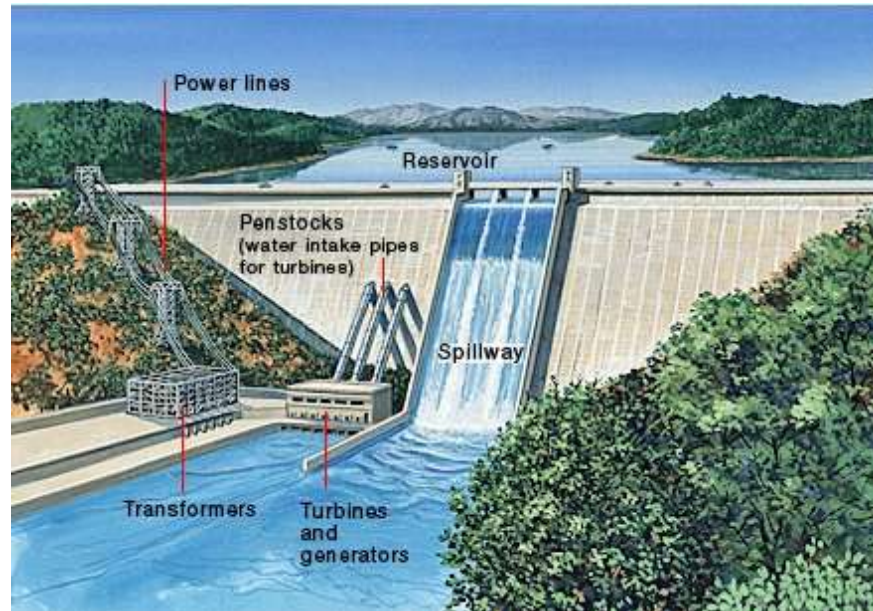
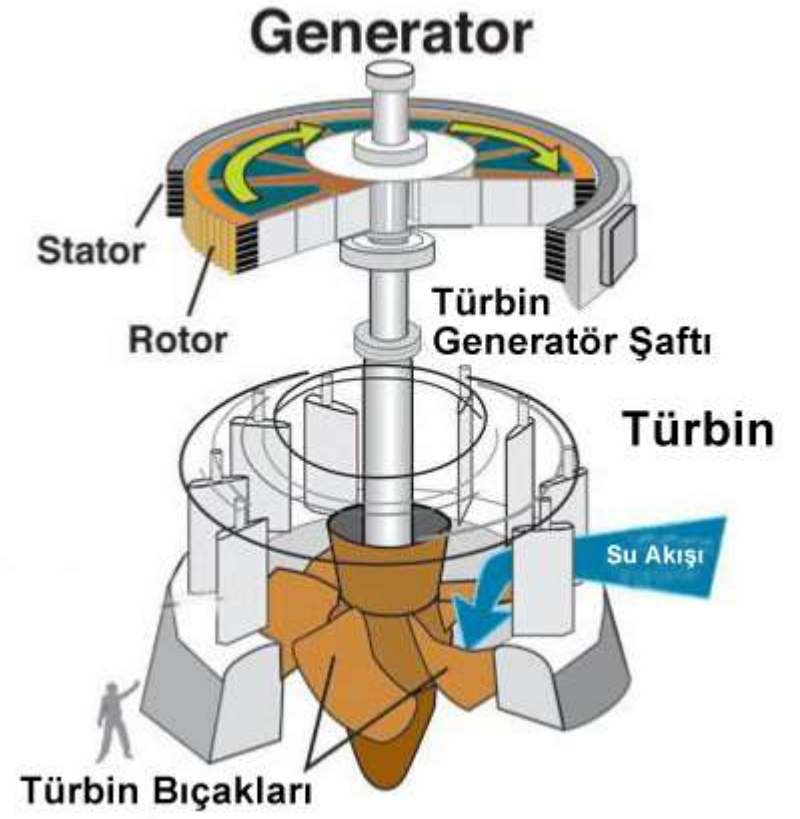
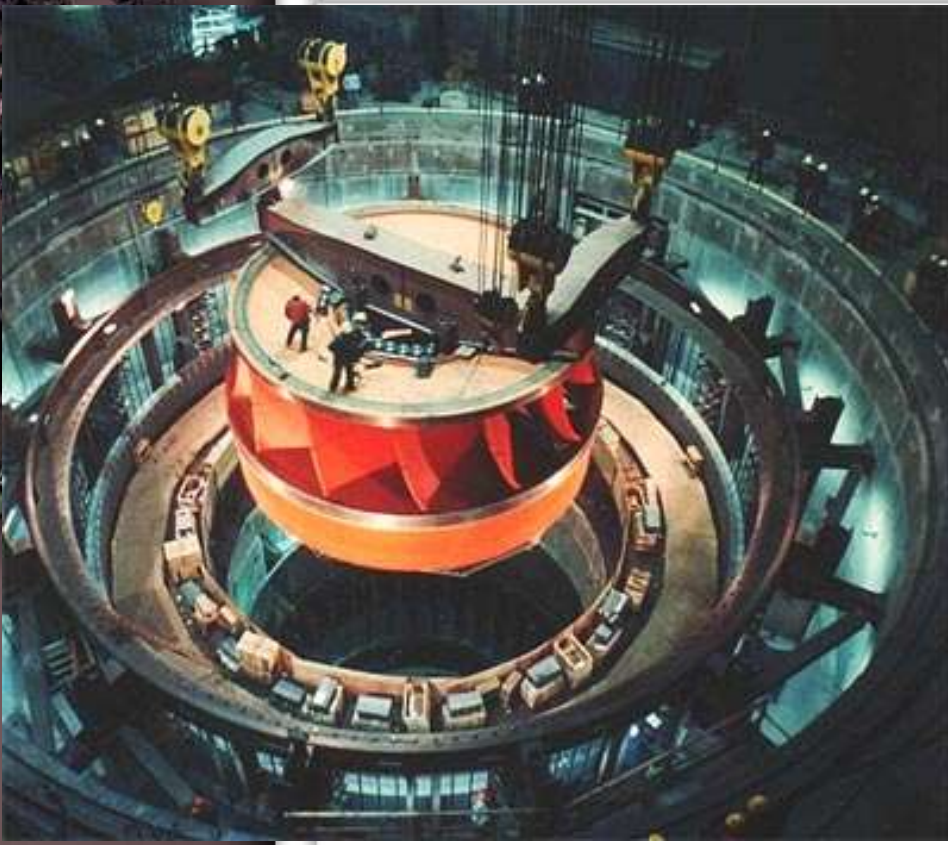
- Hidroelektrik rezerv alanlarının, elektrik üretiminden daha değerli amaçlarla, kullanılması mümkündür.
- Barajlar, balıkların doğal göç yollarında aşılamaz bir engel oluşturur.
- Rezervuardaki su sıcaklığının değişmesi olması balık popülasyonunu etkiler.
- Baraj yapımı çok yüksek maliyetli bir yatırımdır.
- Barajın alt bölgelerinde güvenlik önlemlerine ihtiyaç vardır.

# Hidroelektirik Üretimi





Şekil. Bir hidroelektrik santralinin kesiti



## Hidro-elektrik Santralleri (HES)

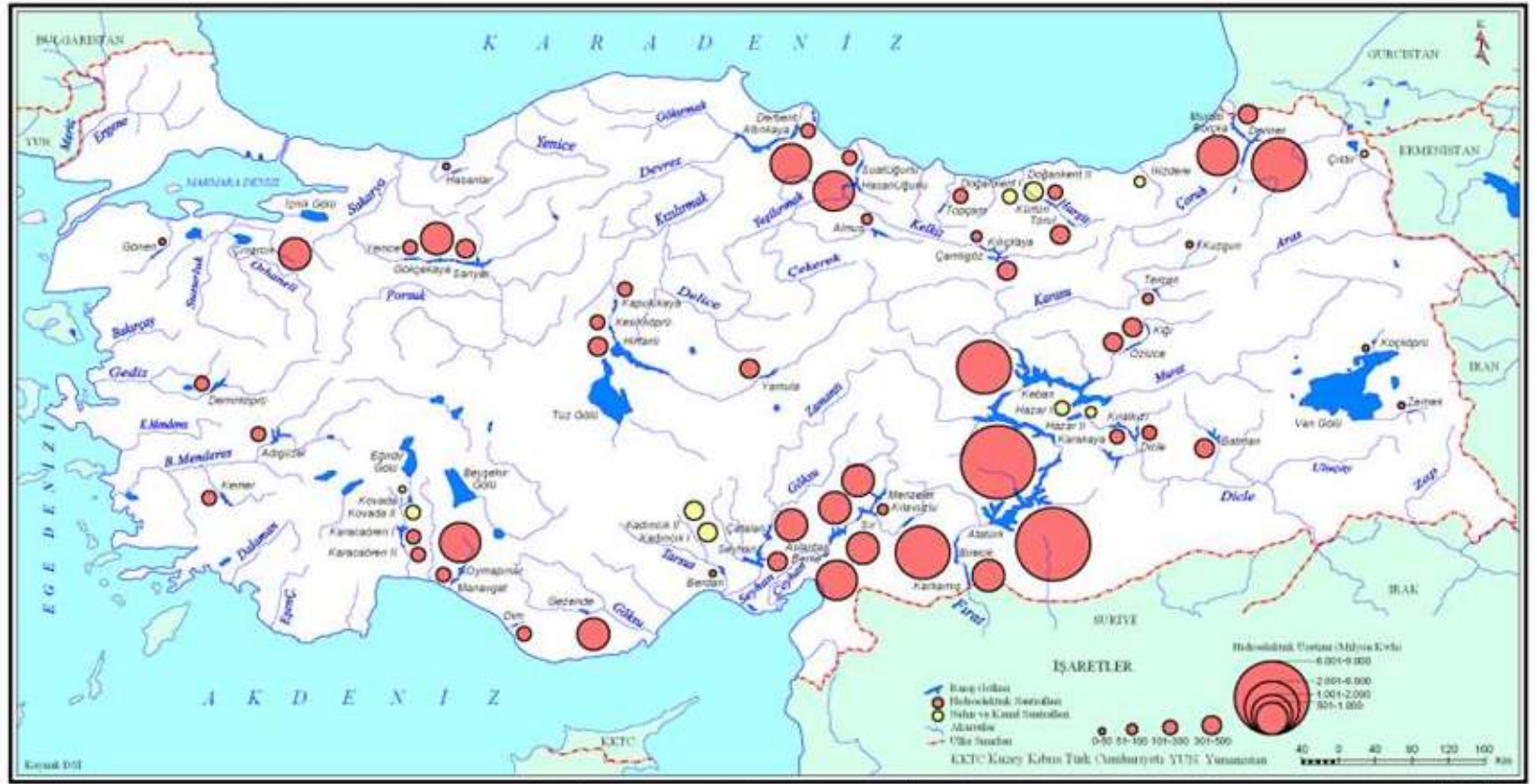
Günümüz modern HES'lerinin kapasitesi birkaç yüz Watt'ten, 10.000 MW'a kadar değişmektedir. Bu santralleri değişik açılardan sınıflamak mümkündür. Bunlar arasında,

- Etkin su düşüm yüksekliklerine,
- Çıkış güç miktarlarına,
- Kullanılan türbin tiplerine,
- Konum ve baraj tiplerine göre yapılanları en yaygınlarıdır. Bunlar arasında, su düşüm yüksekliği en önemli olandır.

## Türkiye'nin Su Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'de ilk hidroelektrik enerjisi üretimi, 1902 yılında Osmanlı Devleti zamanında 88 kW'lık kapasite ile Adana, Tarsus'ta kurulmuştur. Cumhuriyet döneminde ise ilk tesis 1930'da Trabzon'da kurulmuştur. 1950 – 1960'larda pek çok küçük HES kurulmuştur. Ancak bunların uzun vadede karlı olmadığı belirlenmiştir. 1970'lerdeki büyük enerji buhranında küçük ölçekli HES'lerin kurulumu tekrar gündeme gelmiştir.

Ülkemizdeki akarsuların hidroelektrik potansiyelinin geliştirilmesi için 546 adet geliştirilmesi planlanmış HES projesi vardır. Bu çalışmalar sonucunda ülkemiz akarsularının toplam kurulu gücü 35310 MW, hidroelektrik potansiyeli ise 125328 GWh olarak hesaplanmıştır. 2001 yılında faaliyete geçen 125 adet HES projesi ile enerji üretim kapasitesi yıllık 42216 GWh'a yükselmiştir.



TÜRKİYE HİDROELEKTRİK SANTRALLERİ HARİTASI

8. 5/1/2017 2008

Hidroelektrik Santrallerin Halihazır Durumu	
<b>İşletmede</b>	<b>13,700 MW (172 HES)</b>
<b>DSİ</b>	<b>10,700 MW (57 HES)</b>
<b>Diğerleri</b>	<b>3,000 MW (115 HES)</b>
<b>İnşa Halinde</b>	<b>8,600 MW</b>
<b>DSİ</b>	<b>3,600 MW ( 23 HES)</b>
<b>Diğerleri</b>	<b>5,000 MW ( 125 HES)</b>
<b>Gelişmekte Olan</b>	<b>22,700 MW (1,418 HES)</b>
<b>4628 veya 3096 sayılı kanunlara göre, özel sektörde yapılacak olanlar</b>	<b>18 700 MW (1 401 HES)</b>
<b>4628 veya 5625 sayılı kanunlara göre, İkili İşbirliği projeleri</b>	<b>4 000 MW (17 HES)</b>
<b>TOPLAM POTANSİYEL</b>	<b>45.000 MW (1.738 HES)</b>

## 2010 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin elektrik enerjisi kurulu güç kapasitesi dağılımı



# Jeotermal Enerji

- Yerkabuğunu oluşturan plakalar (10 büyük plaka) magma tabakası üzerinde yüzerler. Farklı kütlelere sahip bu plaklar; birbirlerine göre bağıl olarak yer değiştirirken, birbirlerinin altına dalma, çarpışma gibi etkileşimler içerisine girerler. Plakaların temas bölgelerinde depremler ve volkanik faaliyetler görülür.
- Yer altı suları, genellikle toprak tabakasının altındaki geçirimli kaya tabakaları içerisinden, sıcak magmanın üzerinde bulunan geçirimsiz kayalara ulaşıncaya kadar aşağıya iner. Yer altı suları bu bölgede ısınır hatta kaynayabilir.
- Bazı durumlarda kendiliğinden yeryüzüne çıkan sıcak su veya buhar, beraberinde ergimiş bazı mineralleri de yeryüzüne taşır.
- Sıcak su veya buharın (mineralleri ayrıştırıldıktan sonra) enerjisi uygun bir yöntemle (genellikle buhar türbini ile) elektrik enerjisine dönüştürülür.

# Jeotermal Enerji

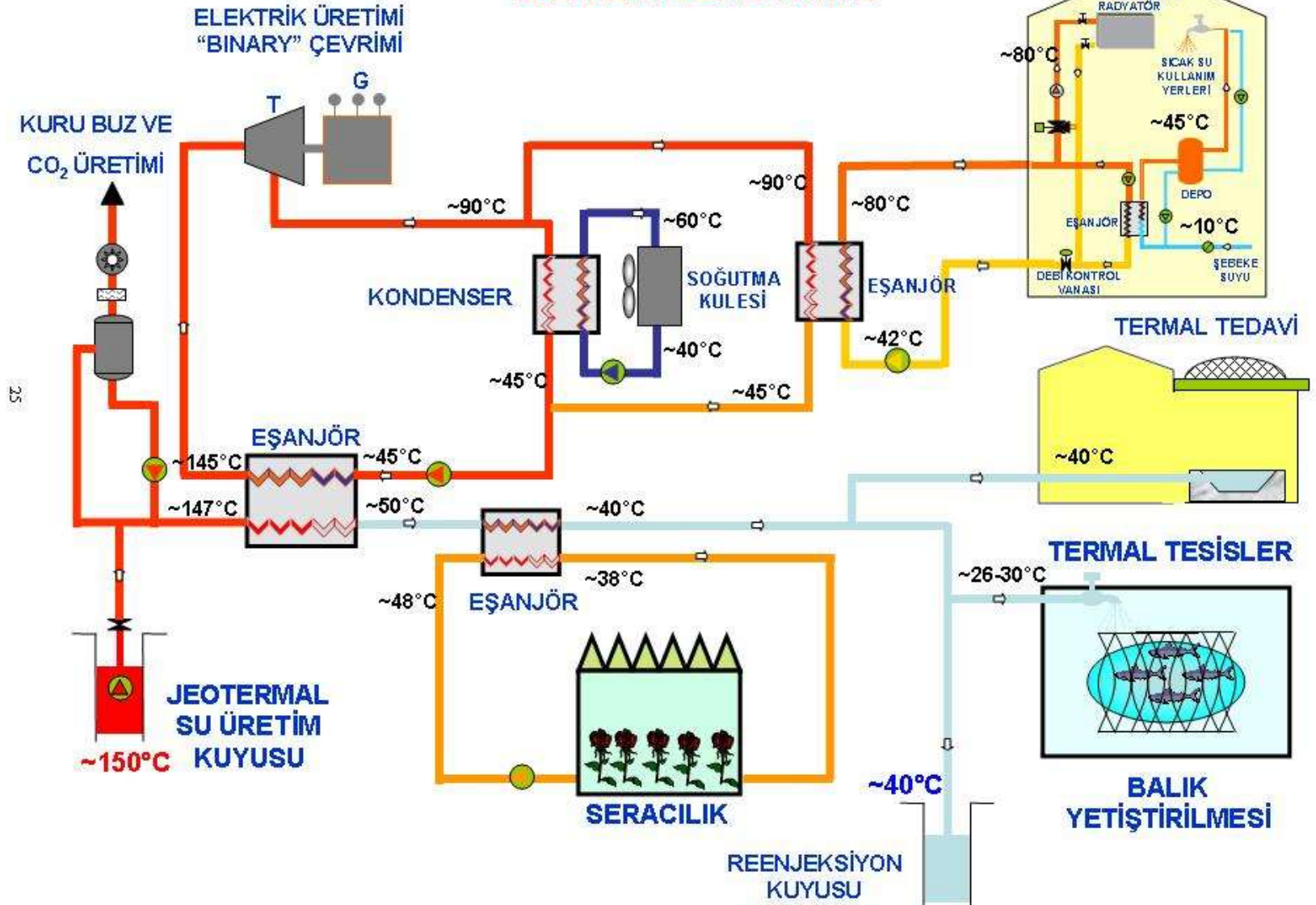
Jeotermal enerjini üstünlükleri:

- Yenilenemeyen bir yakıt kullanılmamaktadır.
- Tesis için çok büyük bir alana ihtiyaç yoktur.

Jeotermal enerji kullanımının çevreye olumsuz etkileri de olabilmektedir.

- Atık buhar, gürültü kirliliğine neden olabilmektedir.
- Açığa çıkan kükürt ve amonyak nedeniyle koku problemi yaşanabilir.
- Tesisten kaynaklanan estetik problemler oluşabilir.
- Tesisin atık suyu, bitkiler ve balıklar için zararlı olan amonyak içerebilir.
- Yer altında çökmeler ve buna bağlı deprem vb jeolojik hareketler gelişebilir.

# ENTEĞRE JEOTERMAL DEĞERLENDİRME



# Ülkemizin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Konum itibari ile Türkiye dünyanın genç tektonik kuşağı üzerinde yer aldığı için, doğal olarak fazla miktarda jeotermal enerji kaynağına sebep olması beklenir. Yapılan çalışmalarda şimdiye kadar 600 civarında irili ufaklı ve sıcaklıkları 20 – 100 C arasında değişen jeotermal kaynak bulunmuştur. Bu kaynaklar genel olarak Kuzey Anadolu fay hattının yakınlarında, deprem yörelerinde ve faal volkanların çevresindedir. Ülkemizin başlıca jeotermal enerji kaynağı olan yerleri arasında Ankara Kızılcahamam, Erzurum Pasinler, Nevşehir Kozanlı ve Acıgöl, Afyon, Bursa, Pamukkale, Eskişehir, Nemrut dağı sayılabilir. Bu kaynakların çoğunluğu batı Anadolu'da bulunmaktadır.



# TÜRKİYE JEOTERMAL KAYNAKLAR DAĞILIMI VE UYGULAMA HARİTASI



# TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARI

## Temel Politikalar

- **Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi’ne göre, Türkiye’nin enerji sektöründeki stratejisi;** ülkenin ekonomik ve sosyal hayatında önemli role sahip **enerji kaynakları ve elektriğin tüketicilere yeterli, yüksek kaliteli, kesintisiz, düşük maliyetli ve çevre dostu bir şekilde sağlanmasıdır.**
- Hidrolik ve linyit gibi değerlendirilmemiş enerji kaynaklarının yanı sıra, Türkiye’nin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli de yatırımcılar için büyük bir fırsat sunmaktadır.
- 29.12.2010 tarihli 6094 sayılı **“Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun”**, bu enerji yatırımlarını teşvik etmekte ve daha da cazip hale getirmektedir.

Bu yeni destek planıyla, elektrik üretim maliyetleri arasında farklar olan yenilenebilir kaynaklar için farklı tarifeler sunulmaktadır.

Genel tarife şeması aşağıdaki gibidir:

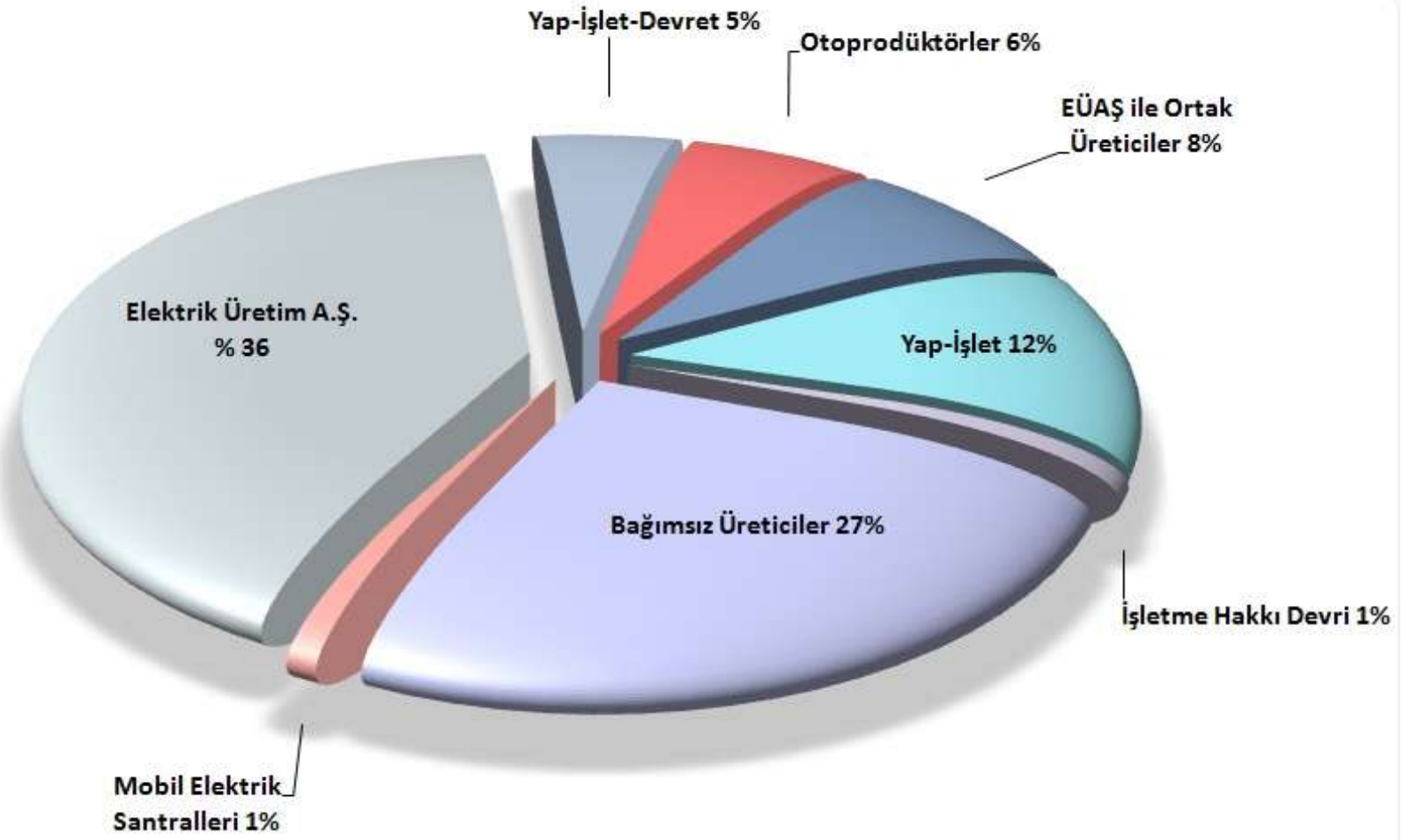
- Hidrolik ve rüzgâr enerjisine dayalı üretim için 7,3 ABD dolar sent/kWh
- Jeotermal enerjiye dayalı üretim için 10,5 ABD dolar sent/ kWh
- Güneş ve biokütle enerjisine dayalı üretim için (atık gazı dahil) 13,3 ABD dolar sent/ kWh

Buna ek olarak, yurt içinde üretilmiş teknik ekipman kullanan üretim tesislerine 0,4-3,5 ABD dolar sent/ kWh oranında katkı da sağlanmaktadır.

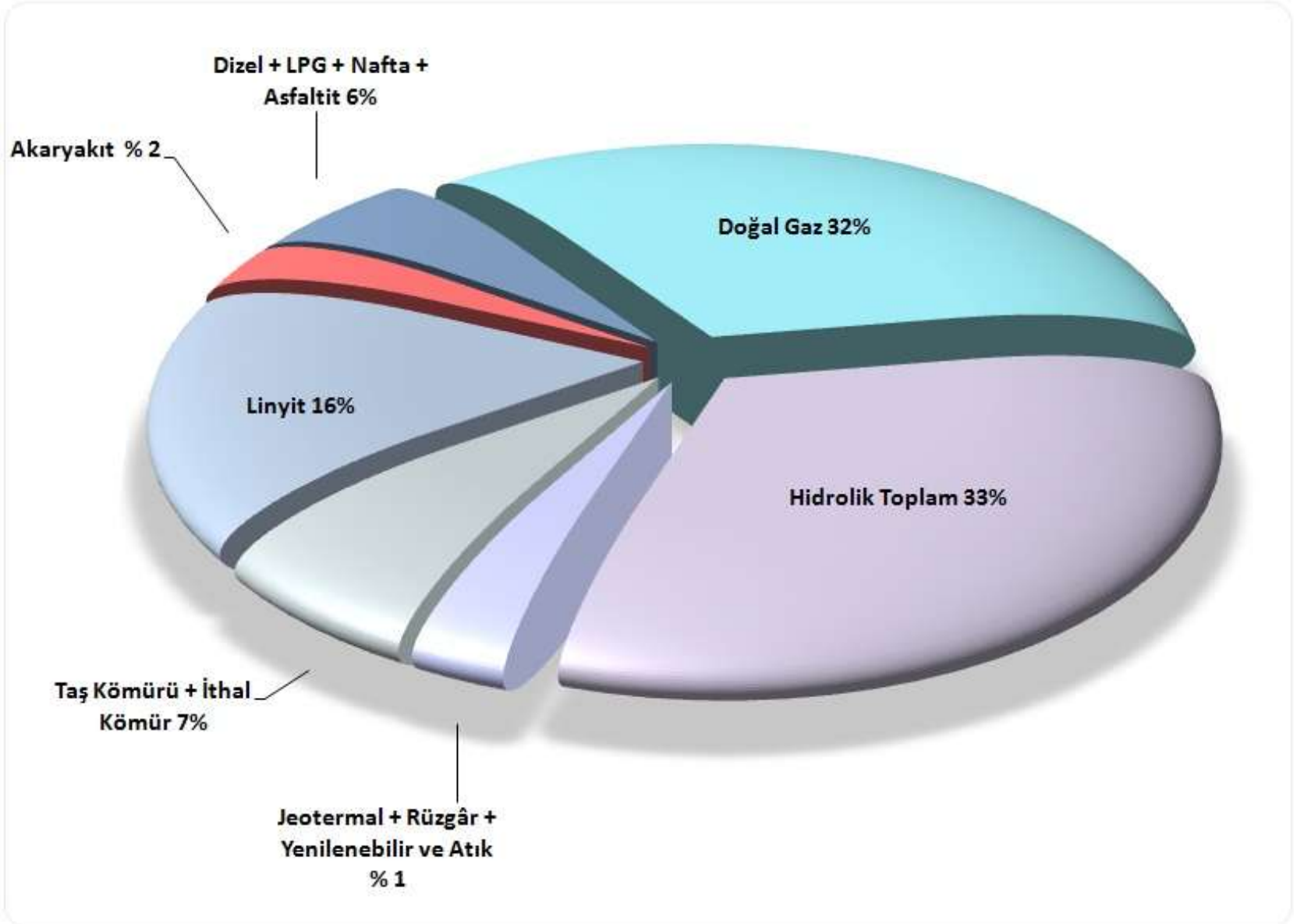
<b>Enerji Altyapısı</b>	<b>Birim</b>	<b>2010</b>
<b>Birincil Enerji</b>		
Üretim *	BTEP	29.257
Tüketim*	BTEP	105.236
Kişi Başı Tüketim*	KEP	1.496
<b>Elektrik</b>		
Kurulu Güç	MW	50.422
• Termik	MW	32.483
• Hidrolik & Jeotermal & Rüzgâr	MW	17.984
Üretim (Brüt)	GWh	210.300
• Termik	GWh	154.890
• Hidrolik & Jeotermal & Rüzgâr	GWh	55.396
İthalat	GWh	493
İhracat	GWh	1.300
Tüketim (Brüt)	GWh	209.493
Kişi Başı Tüketim (Brüt)	KWh	2.850

\*2009 verisi

BTEP: Milyar Ton Eşdeğer Petrol      KEP: Kilogram Eşdeğer Petrol      GWh: Gigawatt Saat  
Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı & Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)



## Kurulu Gücün Ana Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (2011-Mart)

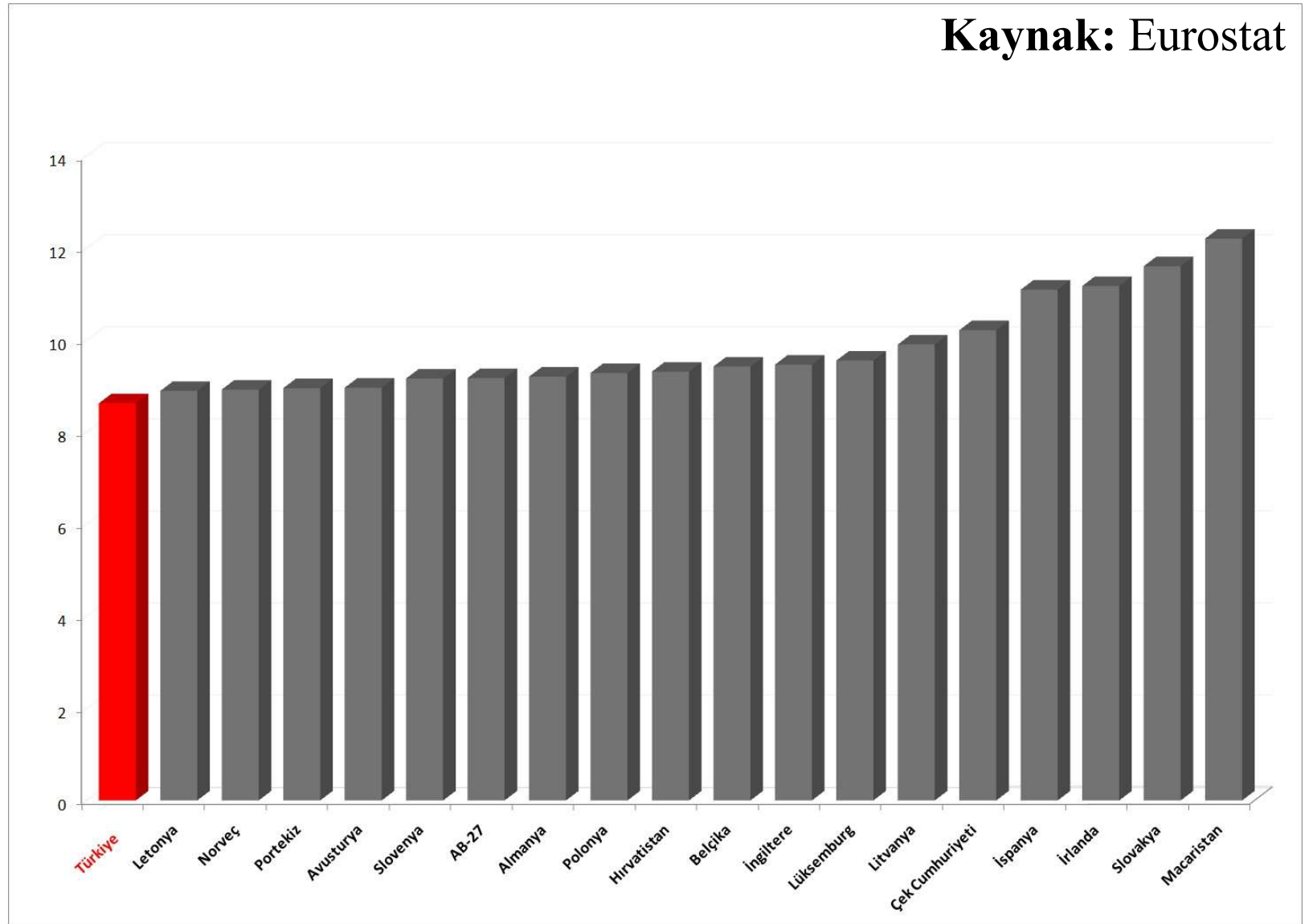


# 1 Mart 2011 itibariyle Türkiye’de Elektrik Santralleri Kurulu Güç Dağılımı

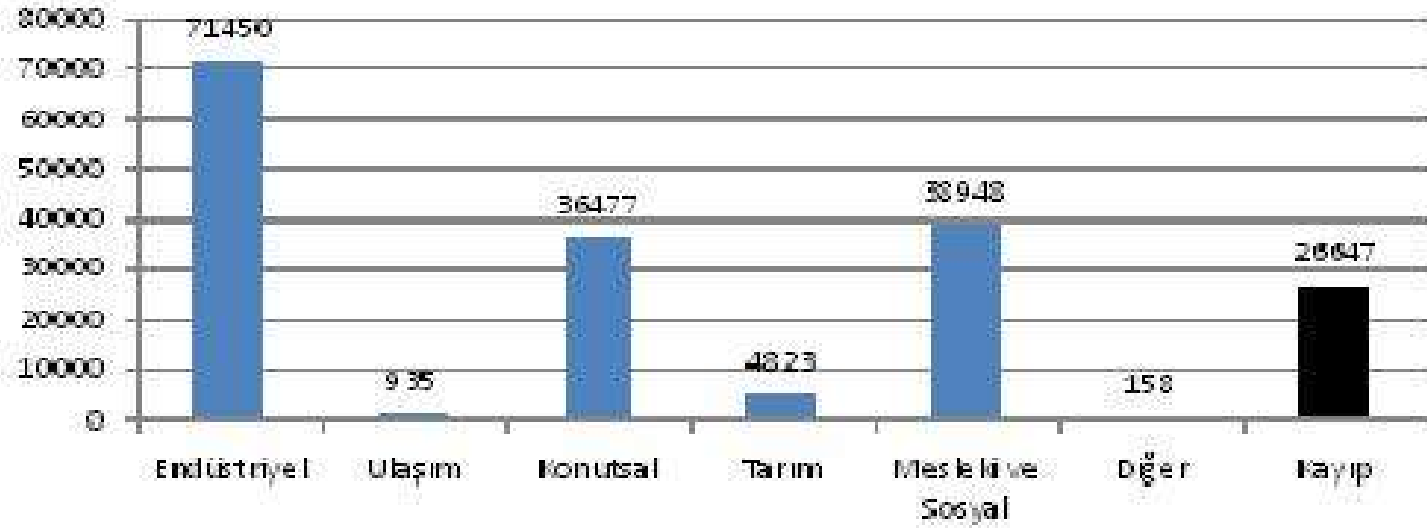
**Kaynak:** Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ)

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güç Payı (%)
Doğal Gaz	16.221,5	32
Hidrolik	16.159,1	32
Linyit	8.173,2	17
İthal Kömür	3.281,0	7
Sıvı Yakıt	1.475,3	3
Rüzgar	1.358,0	3
Diğer	3.034,6	6
<b>Toplam</b>	<b>50.004,2</b>	<b>100</b>

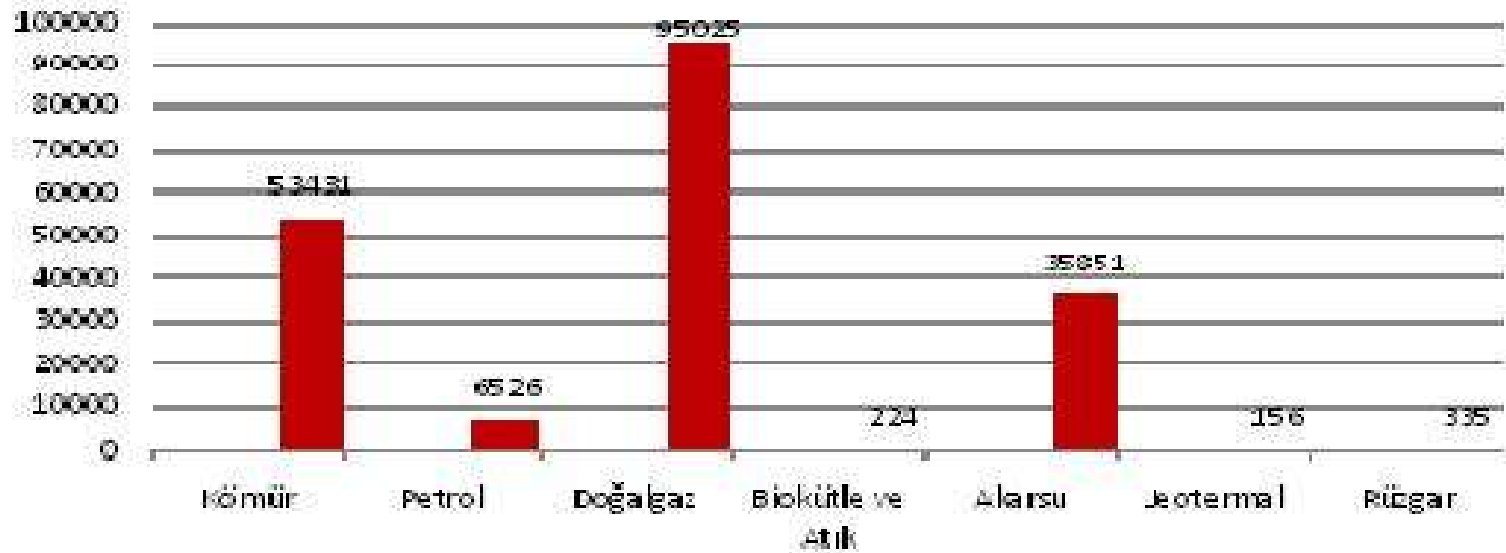
## Sanayi Kullanıcılarına Yönelik Elektrik Fiyatları (€ sent/kWh\*)



## Elektrik üretim ve tüketiminin alanlara göre dağılımı

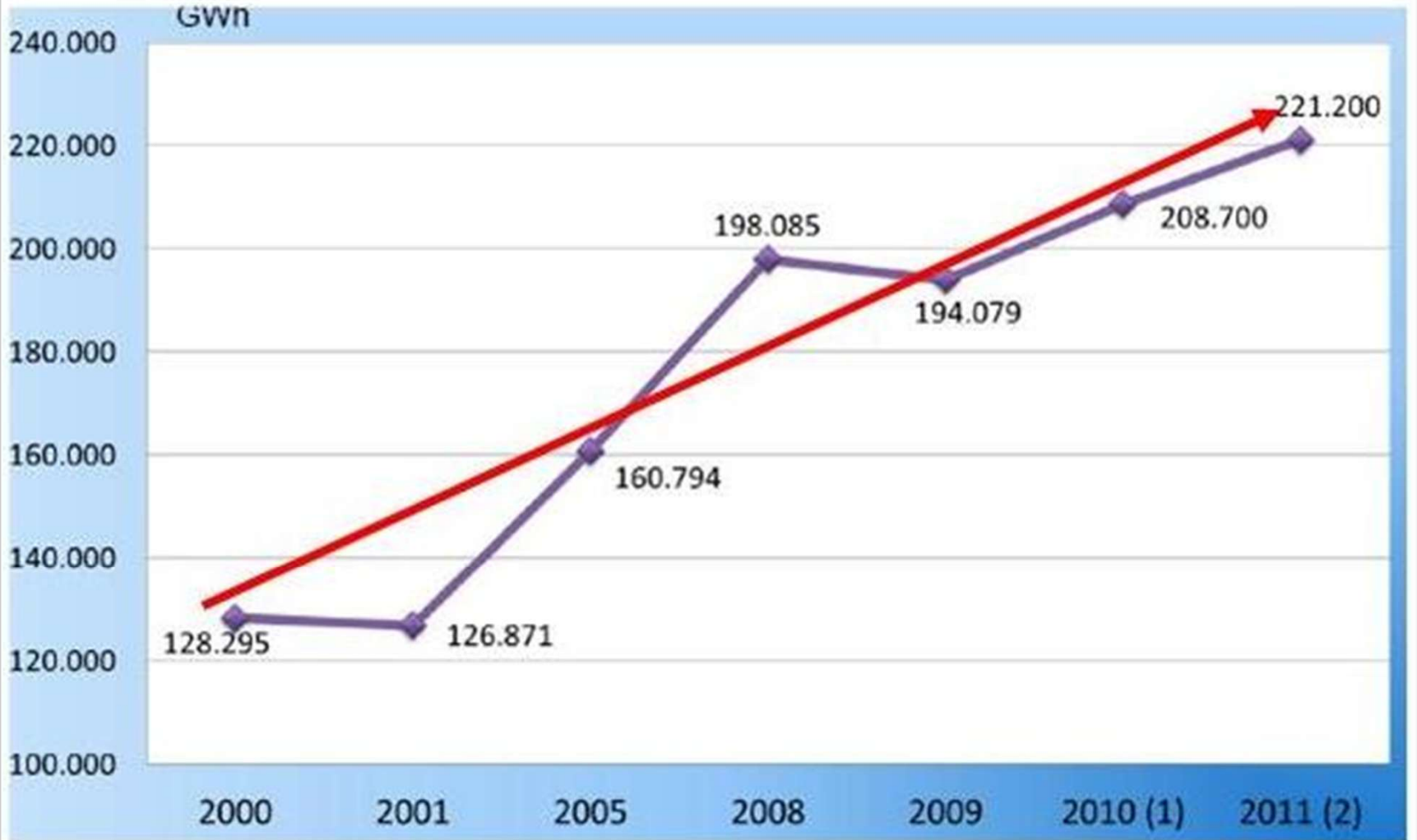


Şekil 1, Sektörlere göre Türkiye'nin elektrik tüketimi, GWh (IEA, 2010)



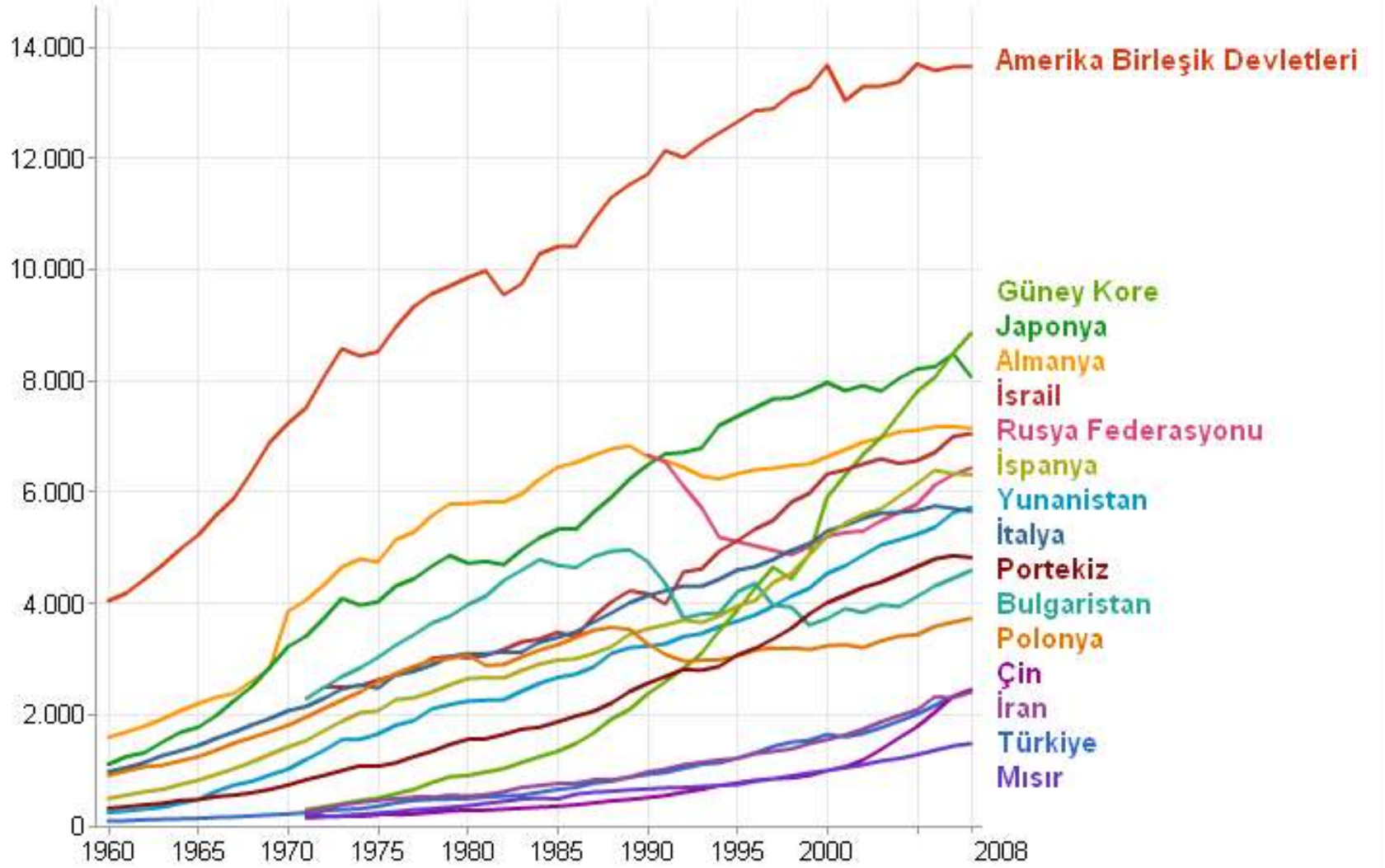
Şekil 2, Kaynağa göre Türkiye'nin elektrik üretimi, GWh (IEA, 2010)

## Yıllara göre elektrik enerjisi tüketimi (2000-2011)



**Kaynak:** MMO, 2011.

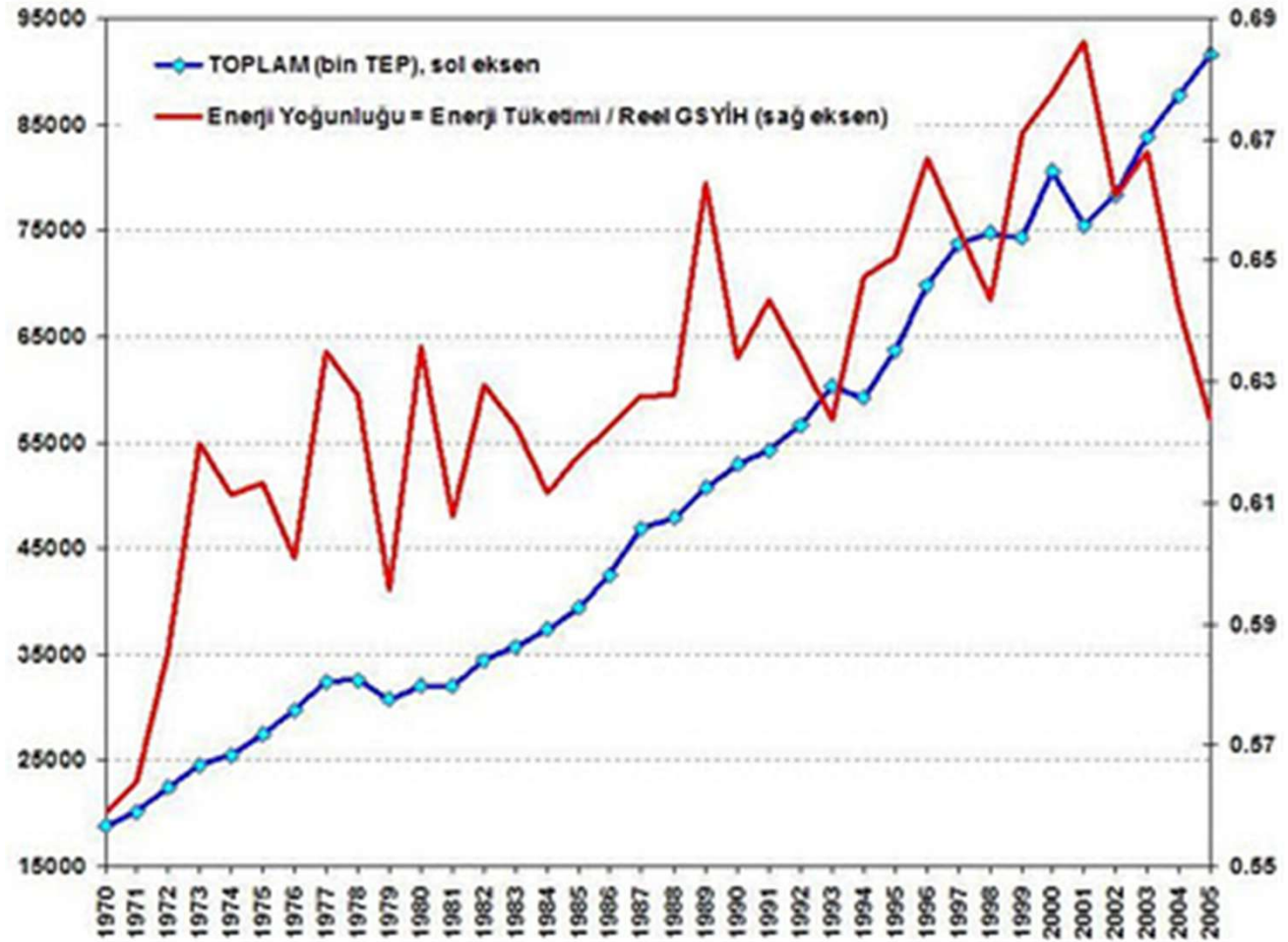
# Kişi başına elektrik tüketimi kW-h



Kaynak: Dünya Bankası dünya kalkınma göstergeleri

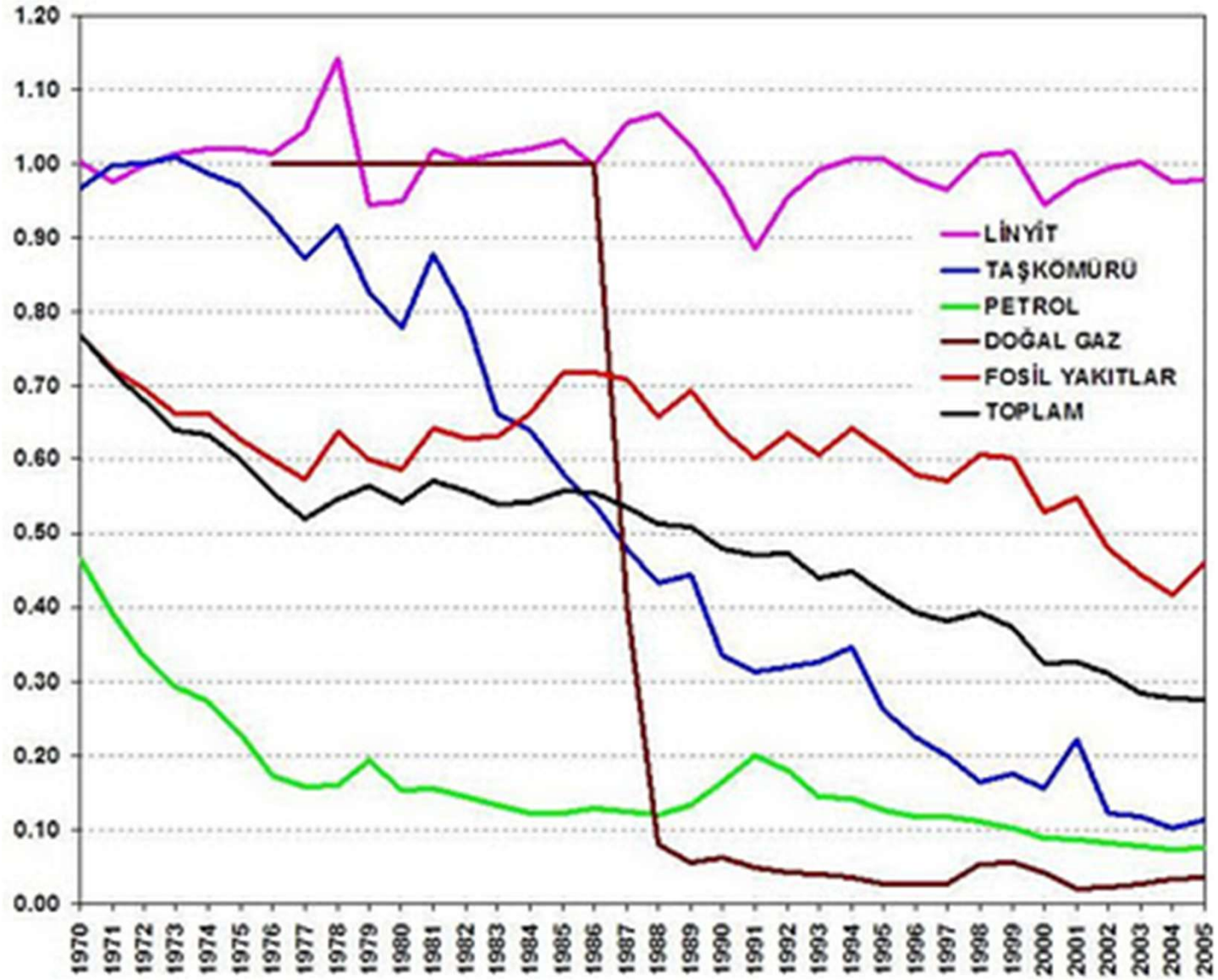
# Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Enerji Yoğunluğu

Kaynak: ETKB ve TÜİK



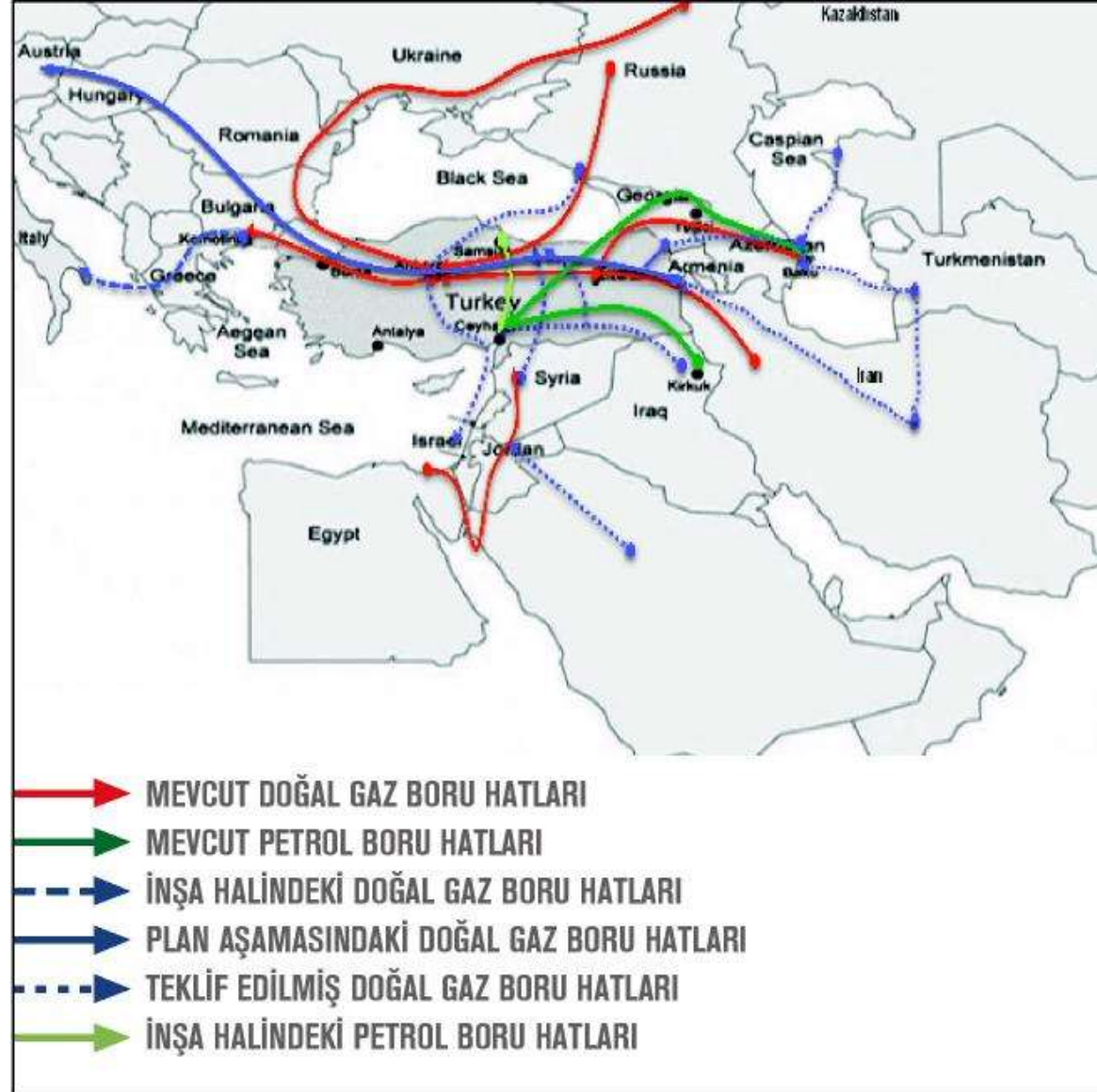
**Enerji tüketiminde verimliliğin ve tasarrufun artırılması:** Bir birim GSYİH üretmek için kullanılan enerji miktarını gösteren "**enerji yoğunluğu**" göstergesi, Türkiye'de 1970'den bu yana istikrarsız salınlamalarla giderek artmıştır.

## Türkiye'de Yerli Enerji Üretiminin Toplam Tüketime Oranı



# Türkiye'deki Boru Hattı Projeleri

**Kaynak:** Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ)



## **Türkiye'deki Boru Hattı Projeleri**

**Enerji kaynaklarının güvence altına alınması** Türkiye'nin öncelikleri arasında yer almaktadır. Bu amaca ulaşmak için Türkiye birçok doğal gaz ve petrol boru hattı projesi gerçekleştirmektedir. Aşağıdaki projeler tamamlandığında Türkiye ve Avrupa için güvenilir enerji kaynakları sağlanmış olacaktır.

- Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi\* (2005 yılında tamamlandı)
- Türkiye-Yunanistan-İtalya Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi (ITGI)
- Trans-Hazar Türkmenistan-Türkiye Avrupa Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi
- Azerbaycan-Türkiye Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi
- Irak-Türkiye Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi
- Mısır-Türkiye Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi
- Türkiye-Bulgaristan-Romanya-Macaristan-Avusturya Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi (Nabucco Projesi)
- Doğu Karadeniz Doğal Gaz Nakil Hattı Projesi
- Batı Karadeniz Projesi
- Doğal Gaz Yeraltı Depolama Projesi

## **Enerji Projeleri**

### **Irak-Türkiye (Kerkük-Ceyhan/Yumurtalık) Ham Petrol Boru Hattı**

- I. Hat 1986 (Irak 345, Türkiye 641),
- II. Hat 890 (Irak 234, Türkiye 656) km uzunluğundadır.
- 1976 yılında işletmeye alınmıştır.
- Yıllık taşıma kapasitesi toplam 70,9 milyon tondur.
- Hattan petrol taşımacılığına yönelik süresi 2010 yılında son bulan anlaşmanın süresinin, 15 yıl uzatılmasına ilişkin anlaşma, 19 Eylül 2010 günü Bağdat'ta imzalanmıştır.

## **Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı:**

- Doğu-Batı Enerji Koridorunun en önemli bileşenini oluşturur.
- 1760 km ile dünyanın en uzun ikinci boru hattıdır.
- Hat, Azeri-Çırac-Güneşli (AÇG) sahasından başlayarak, Azerbaycan ve Gürcistan üzerinden, çevresel açıdan hassas Karadeniz ve Türk Boğazlarını by-pass ederek, Türkiye'nin Akdeniz kıyısındaki Ceyhan'daki terminale ulaşmaktadır.
- Hattın kapasitesi 1 milyon varil/gün'den 1.2 milyon varil/gün'e çıkarılmıştır.
- Kasım 2008 itibariyle, Kazak petrolü de BTC üzerinden dünya pazarlarına ulaşmaya başlamıştır.
- 24 Nisan 2011 tarihi itibariyle petrol yüklemesi yapılan tanker sayısı 1507'ye, söz konusu hat üzerinden yapılan petrol ihracatı da 1 milyon 174 bin varile ulaşmıştır.

## Mavi Akım Doğal Gaz Boru Hattı

- “Rus Doğal Gazının Karadeniz Altından Türkiye Cumhuriyeti’ne Sevkiyatına İlişkin Hükümetler arası Anlaşma” 15 Aralık 1997’de imzalanmıştır.
- Aynı tarihte yılda 16 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz alımına yönelik 25 yıl süreli üçüncü Doğal Gaz Alım Satım Anlaşması imzalanmıştır.
- Türkiye toplam 30 milyar m<sup>3</sup>/yıl üç kontrat ile RF’nin AB’den sonra 2. büyük doğal gaz pazarı haline gelmiştir.
- 1236 km (Samsun-Ankara kesimi: 501 km) uzunluktaki hat üzerinden doğal gaz alımını 2003 yılında başlanmıştır.

## İran-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı

- 1131 km uzunluğunda olan bu boru hattından, İran'dan Türkiye'ye yılda 10 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz sevkiyatına ilişkin 25 yıl süreli Doğal Gaz Alım-Satım Anlaşması, 8 Ağustos 1996 tarihinde imzalanmıştır.
- Bu hat üzerinden doğal gaz nakline 2001 yılında başlanmıştır.

## Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı

- Doğu-Batı Enerji Koridorunun ikinci bileşeni olan Bakü-Tiflis-Erzurum (BTE) Doğal Gaz Boru Hattı, 3 Temmuz 2007 itibariyle faaliyete geçmiştir.
- Hazar Denizi'nin Azerbaycan'a ait kesiminde yer alan Şahdeniz sahasından (Faz I) çıkarılan doğal gazı Türkiye bu hat üzerinden tedarik etmektedir.
- Faz I'e yönelik olarak ülkemizin Azerbaycan ile yılda 6.6 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz alımını öngören bir anlaşması mevcuttur.
- Şahdeniz Faz II bağlamında ise, 7 Haziran 2010 tarihinde İstanbul'da imzalanan belgelerle, gerek Faz II'den ülkemiz piyasasına yönlendirilecektir.

## **Türkiye-Yunanistan-İtalya Doğal Gaz Enterkonektörü (TYİE)**

- “Türkiye-Yunanistan-İtalya Doğal Gaz Ulaştırma Koridorunun Geliştirilmesine İlişkin Hükümetler arası Anlaşma” 26 Temmuz 2007 tarihinde Roma’da imzalanmıştır.
- Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı, 18 Kasım 2007 tarihinde hizmete girmiştir.
- Projenin Yunanistan-İtalya ayağının ise 2015 itibariyle tamamlanması öngörülmektedir.
- Güney Gaz Koridorunun hayata geçirilen ilk parçası olan TYİE, aynı zamanda Azeri gazının Güneydoğu Avrupa’ya ulaştırılması açısından da büyük önem taşımaktadır.
- Proje ile Türkiye üzerinden Yunanistan’a 3 milyar metreküp, İtalya’ya ise 8 milyar metreküp doğal gazın ulaştırılması beklenmektedir.

## Nabucco Doğal Gaz Boru Hattı Projesi

- Doğal gazın Türkiye-Bulgaristan-Romanya ve Macaristan üzerinden Avusturya'ya taşınmasını öngören projeye ilişkin çalışmalar devam etmektedir.
- Bu çerçevede, Nabucco Hükümetler arası Anlaşması 13 Temmuz 2009 tarihinde Ankara'da imzalanmıştır.
- Anlaşma, Taraf Devletlerin onay işlemlerini tamamlamaları neticesinde, 1 Ağustos 2010 tarihinde yürürlüğe girmiştir.
- 3.300 km uzunluğundaki hattın 2.000 km'sinin Türkiye toprakları üzerinden geçmesi planlanmaktadır.
- Boru hattının nihai ve azami kapasitesinin 31 milyar metreküp/yıl doğal gaz olması öngörülmektedir.

## Arap Doğal Gaz Boru Hattı Projesi

- Mısır doğal gazını Ürdün ve Suriye üzerinden Türkiye'ye ulaştırması öngörölen hattın yılda 10 milyar metreküp taşıma kapasitesine sahip olması planlanmaktadır.
- Mısır-Suriye arasında faal olan hattın, Suriye ile ölkemiz arasındaki parçasının (Halep-Kilis Hattı) tamamlanması yolundaki çalışmalar sürmektedir.

## Irak-Türkiye Doğal Gaz Koridoru Projesi

- Güney Gaz Koridoru'nun hayata geçirilmesi bağlamında Irak önemli bir konuma sahiptir.
- 15 Ekim 2009 tarihinde Türkiye ile Irak arasında imzalanan ve Nabucco projesine atıfta bulunan Doğal Gaz Koridoru Anlaşması ile Irak gazının Türkiye'ye ve Türkiye üzerinden Avrupa'ya taşınması gündeme getirilmiştir.
- Öte yandan, Nabucco Hükümetler arası Anlaşması'nın imza töreni sırasında Irak, enerji sektöründeki gelişmelere bağlı olarak, Nabucco projesi için gerekli gazın yarısını tedarik etme taahhüdünde bulunmuştur.

## Samsun-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi

- Yapımı planlanan boru hattı, Samsun'un doğusunda Ünye'den başlamakta, Sivas'a ulaşmakta, devamında Bakü-Tiflis-Ceyhan ham petrol boru hattına paralel gitmektedir.
- 550 km uzunluğunda olması planlanan hattın Ceyhan Limanı'na yılda 60 milyon ton petrol taşınması öngörülmektedir.
- Projeyle, Geniş Hazar petrolünün bir kısmının doğrudan Ceyhan Terminaline ve buradan dünya pazarlarına ulaşmasını kolaylaştırması, böylelikle Türk Boğazları üzerindeki yükü hafifletmesi amaçlanmaktadır.

# TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİSİ

- Günümüzde, ulusal ekonomilerin temel girdisini oluşturan **enerji kaynakları**, gerek **gündelik yaşamımızın idamesi**, gerek **toplumsal refah seviyesinin arttırılması** bakımından hayati öneme sahiptir.
- Dünya genelinde enerji kaynaklarının kıtlığı ve enerji talebinin fazlalığı, enerji ihtiyacının karşılanmasını stratejik bir mesele haline getirmektedir.
- Nitekim son yıllarda **enerji arz güvenliği**, **dış politika**, **güvenlik**, **küresel istikrar**, **sürdürülebilir kalkınma**, **çevre ve iklim değişikliği** ile birlikte **anılan** bir kavram haline dönüşmüştür.

# TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİSİ

## Türkiye’nin Enerji Profili ve Stratejisi

Enerji kaynaklarının %74’ünü ithal etmekte olan ve bu nedenle öncelikle kendi enerji güvenliğini sağlamayı hedefleyen Türkiye, enerji ihtiyacının imkanlar ölçüsünde;

- yerel kaynaklardan ve
- en düşük maliyetle karşılanmasına,
- çevresel etkilerin gözetilmesine,
- enerji arzında kaynak ülke, güzergah ve teknolojinin çeşitlendirilmesine,
- yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasına
- nükleer enerjinin de yeni bir kaynak olarak eklenmesiyle enerji sepetinin çeşitlendirilmesine,
- ülke içinde ve dışında hidrokarbon kaynakları arama-geliştirme faaliyetlerine önem vermektedir.

# TÜRKİYE'NİN ENERJİ STRATEJİSİ

- Türkiye, 2001 yılından bu yana enerji alanında uygulamaya koyduğu mevzuat ile **artan enerji ihtiyacının, serbest piyasa kuralları çerçevesinde etkin bir biçimde karşılanmasını hedeflemekte;** ayrıca, **enerji verimliliğinin arttırılması ve enerji teknolojilerinin yaygınlaştırılması** yolunda da yoğun çalışmalar sürdürmektedir.
- **Son 10 yıl içerisinde, dünyada doğal gaz ve elektrik talebinin Çin'den sonra en fazla arttığı ikinci ülke konumunda bulunan Türkiye'nin önümüzdeki dönemde de ekonomik ve sosyal gelişme hedefleri ile tutarlı olarak, enerji talebindeki artış bakımından dünyanın en dinamik enerji ekonomilerinden biri olmaya devam etmesi beklenmektedir.**

# TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİSİ

- Türkiye, ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin dörtte üçüne sahip bölge ülkeleriyle, Avrupa'daki tüketici pazarları arasında jeostratejik bir konuma sahiptir. Bu ayrıcalıklı doğal köprü konumu Türkiye’ye enerji güvenliği bağlamında fırsatlar sağlamakta, aynı zamanda sorumluluklar da yüklemektedir.
- Rusya, Norveç ve Cezayir’den sonra doğal gazda Avrupa’nın dördüncü ana arteri olma hedefini güden Türkiye, Doğu-Batı ve Kuzey-Güney eksenlerinde, üretici ve tüketici ülkeler arasında güvenilir bir transit ülke rolünü üstlenme ve dinamik bir enerji terminali konumu edinme yönünde de girişimlerde bulunmaktadır.

# TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİSİ

Enerji bağlamında Türkiye-AB ilişkileri:

- Karşılıklı dayanışma, bağımlılık ve eşitlik ilkelerine dayalı, Türkiye’nin ve Avrupa’nın enerji güvenliğine katkıda bulunacak Nabucco doğal gaz boru hattı projesi, Türkiye ile AB arasındaki ilişkilerin geliştirilmesine de yol açacaktır.
- Öte yandan, Enerji Topluluğu Antlaşmasına (ETA) katılım müzakerelerine de 9 Eylül 2009 tarihinde başlanmış bulunmaktadır.
- AB ile Enerji Faslına açılmasına yönelik tarama süreci tamamlanmıştır.
- Diğer yandan Türkiye’nin ENTSO-E elektrik (Avrupa Elektrik İletimi Koordinasyon Birliği-eski adıyla UCTE) ağıyla senkronize bağlantısının tesisine yönelik çalışmalar da devam etmekte olup, Eylül 2010’da EN-TSO ile senkron deneme işletmesi başarı ile başlatılmış bulunmaktadır.

# TÜRKİYE'NİN ENERJİ STRATEJİSİ

## Ulusal Enerji Arz Portföyünün Zenginleştirilmesi

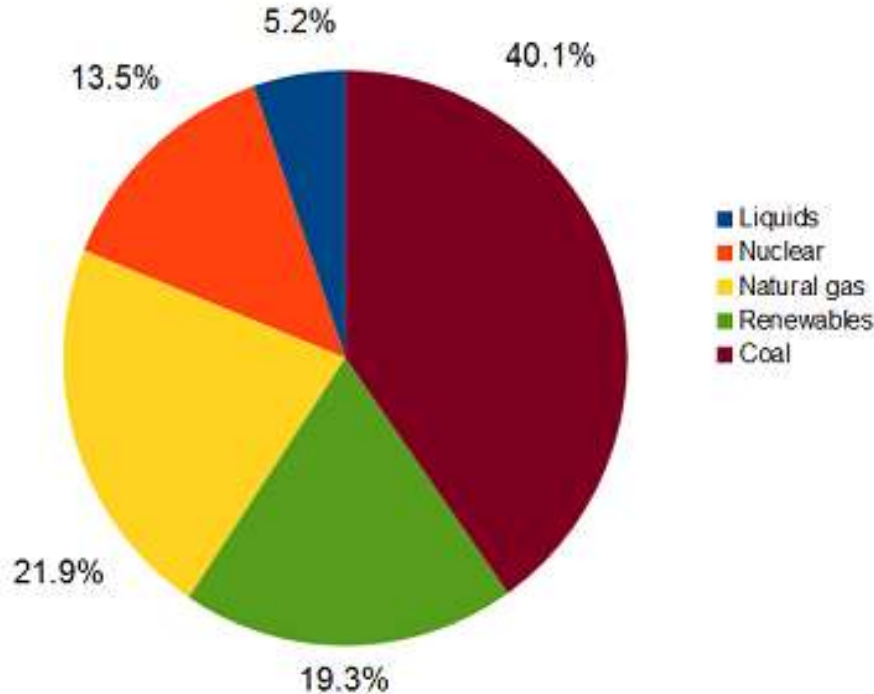
- Yenilenebilir enerji bakımından önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye, **jeotermal potansiyeli ile dünyada 7., Avrupa'da ise 1. sırada yer almaktadır.** Söz konusu enerji kaynağının yanı sıra, **hidroelektrik kaynakları, rüzgâr ve güneş enerjisinin geliştirilmesine de öncelik verilmektedir.**
- Bu çerçevede, 18 Mayıs 2009 tarihinde kabul edilen Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi uyarınca,
- 2023 itibariyle rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesinin 20.000 MW;
- jeotermal enerji kapasitesinin ise 600 MW'a çıkartılması,
- elektrik enerjisinin asgari %30'luk bölümünün yenilenebilir enerjiden karşılanması hedeflenmektedir.

# TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİSİ

Öte yandan Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine verdiği önemin bir ifadesi olarak, 26 Ocak 2009 tarihinde Bonn’da düzenlenen konferans sonunda imzalanan anlaşmayla, **Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı’nın (IRENA) kurucu üyeleri** arasında yer almıştır.

World Electricity Generation by Source

Data source: Energy Information Administration, 2008 data



# TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİSİ

## Nükleer Enerji

- Enerji alanında mümkün merteye bağımsızlığın giderek önem kazandığı günümüzde nükleer enerjiye duyulan ilgi de artmış, “**Nükleer Rönesans**” kavramı ortaya çıkmıştır.
- Bu gelişmelere paralel bir şekilde Türkiye, **ulusal enerji bileşenine nükleer enerjinin eklenmesi** için hazırlıklarını sürdürmektedir. Bu çerçevede, **2030 yılına kadar Türkiye’nin nükleer enerjide 10 bin MW’lık kurulu güce** ulaşması öngörülmektedir.
- Bu kapsamda, ilk nükleer santralin Mersin-Akkuyu, ikincisinin ise Sinop’ta inşası planlanmakta olup, 12 Mayıs 2010 tarihinde RF ile Akkuyu’da bir nükleer güç santrali tesisine yönelik bir Hükümetler arası Anlaşma imzalanmıştır.



## Bazı ülkelerdeki ünite sayıları ve elektrik üretimindeki payları



ÜLKELER	ÜNİTE SAYISI	ELEKTRİK ÜRETİMİNDEKİ PAYI (%)
Fransa	59	73
Slovakya	6	57,7
Belçika	7	47,1
İsviçre	10	47
Ukrayna	15	46,5
Güney Kore	20	43,8
İsviçre	5	42,8
Bulgaristan	4	36,4
Ermenistan	1	36
Macaristan	4	35,3
Çek Cumh.	6	34,7
Almanya	17	33,1
Japonya	56	28,3
İngiltere	23	26
İspanya	9	25,3
ABD	104	19,8
Rusya	31	14,4
Kanada	18	12,4
Hindistan	15	1,4
Çin	9	0,1

Kaynak: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

# Öneriler ve Değerlendirme

## 1. Enerji tüketiminde verimliliğin ve tasarrufun artırılması

Bir birim GSYİH üretmek için kullanılan enerji miktarını gösteren "**enerji yoğunluğu**" göstergesi, Türkiye'de 1970'den bu yana istikrarsız salınmalarla giderek artmıştır.

- Sanayide enerji kullanımındaki verimliliğin artırılması ve genelde **tüketimdeki savurganlığın** azaltılması gereklidir.
- Türkiye'deki yaygın **kaçak elektrik kullanımının** üzerine gidilmelidir.
- Türkiye'de enerji tüketiminde verimliliğinin artırılması yoluyla, **yıllık enerji tasarrufu potansiyelinin en az yüzde 15-20** düzeyinde olduğu hesaplanmaktadır.

## 2. Fosil yakıtlarla ilgili stratejik depolama olanaklarının geliştirilmesi:

- Mevcut duruma göre, Türkiye'nin ne doğalgazda ne de ham petrolde (mevcut taşıma boruları ve rafineri stoklarından başka!) herhangi bir stratejik depolama kapasitesi bulunmamaktadır.
- Türkiye'de enerji ithalatında ülke ve/veya ürün bağımlılığından doğabilecek (2005 ve 2006 kışlarında doğalgaz ithalatında yaşandığı gibi) darlıklara veya aksamalara karşı stratejik depolama olanaklarının bir an önce geliştirilmesi gerekmektedir.
- Buna destek olacak biçimde, enerji kaynaklarının Türkiye üzerinden (güvenli) taşınması olanaklarının geliştirilmesi de kaynak güvenliği bakımından yararlı olacaktır.

### 3. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yenilenilebilir enerji kaynaklarına (YEK) ağırlık verilmesi

- Türkiye'nin sera gazı emisyonu, küresel ısınma ve iklim değişikliği olgusunu ciddiye alan **temiz enerji politikalarını** geliştirilmesi ve ilgili uluslararası anlaşmalara bir an önce taraf olması gerekmektedir.
- Fosil yakıt ağırlıklı enerji politikalarından olabildiğince çabuk vazgeçilmeli ve **enerji ithalatındaki ülke ve ürün bağımlılığı azaltılmalıdır.**
- Ülkenin bütün enerji gereksiniminin yakın bir gelecekte sadece hidroelektrik, jeotermal, güneş, hidrojen ve rüzgar enerjileri gibi YEK tarafından karşılanamayacağı açıktır, ancak YEK'e bugüne kadar olduğundan daha fazla önem verilmeli ve çeşitli YEK alternatifleri arasında da kaynak çeşitliliğine gidilmelidir.

### 3. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) artan bir ağırlık verilmesi

- Kuruluş maliyetlerinin düşüklüğü ve doğalgazın görece temiz bir fosil yakıt kaynağı olması nedeniyle, 1990'ların başından bu yana Türkiye'de kurulması teşvik edilen doğalgazla çalışan termik santrallerin, teknik açıdan mümkünse, YEK'le çalışır hale getirilmesi gereklidir.
- Türkiye'nin doğalgaz ithalatında Rusya ve İran gibi az sayıdaki ve siyasi açıdan sorunlu ülkelere olan bağımlılığı ciddi ekonomik sorunlar yaratmaya devam edecektir.
- YEK'e yönelik (ulusal) teknoloji geliştirme çabalarımız güçlendirilmelidir. İsveç'in 2005 yılında aldığı **“15 yıl içerisinde ülke ekonomisini tamamen petrolden bağımsızlaştırma”** kararı örnek alınmalıdır.

## 4. Nükleer enerjiden yararlanılması:

Türkiye YEK'lerin yanı sıra nükleer enerjiden de yararlanmalıdır.

Ancak, bu konuda şu dört noktaya dikkat edilmelidir.

- Nükleer reaktörlerdeki kaza risklerinin düşük olduğu iddia edilse de bu riskler ciddiye alınmalıdır.
- Nükleer atıkların yaratacağı imha/depolama/kirlilik sorunu önemlidir. Modern teknolojiler ile atıkların büyük bölümünü yeniden kullanılabilir hale getirilebilse de sorun tümüyle ortadan kaldırılamamıştır.
- Teknoloji seçimi ve kullanımında, dışa bağımlılığa dikkat edilmelidir.
- Türkiye'de nükleer enerji üretiminin, dünyadaki yaygın uygulamanın aksine, özel sektöre bırakılmasının, muhtemel olumsuz sonuçları çok iyi irdelenmelidir.