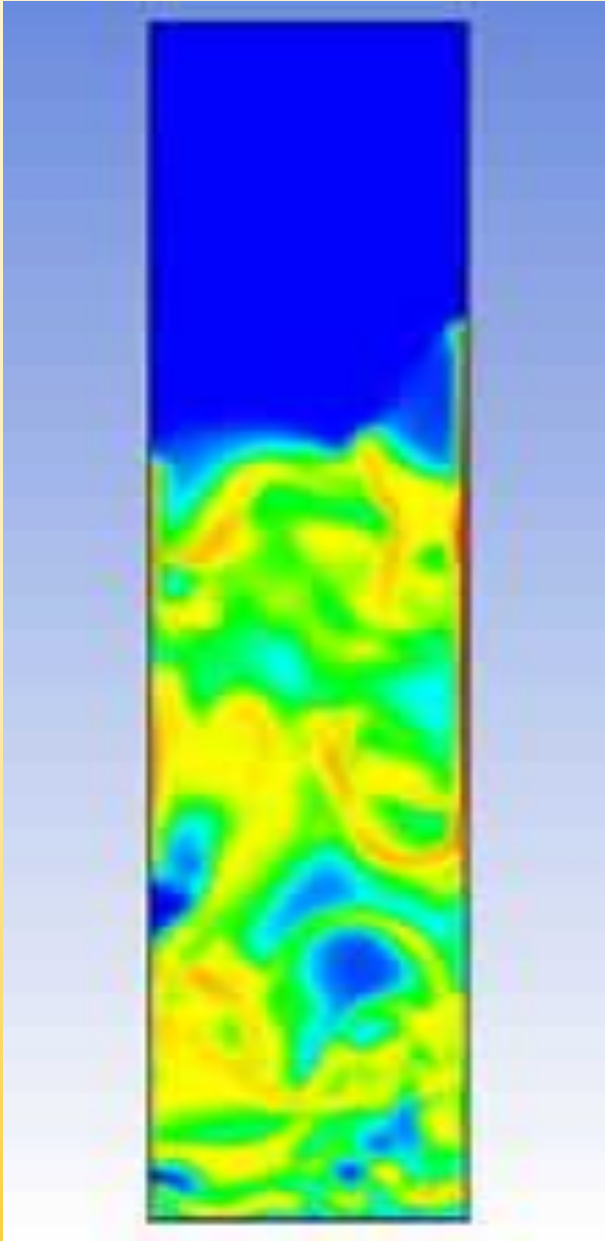




BÖLÜM 3

ENERJİ VE YAKITLAR

Enerji kaynakları

Herhangi bir yolla enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Dünya üzerindeki enerji kaynakları, klasik ve alternatif kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılabilir.

Klasik kaynaklar

Karbon temelli olarak adlandırılan kaynaklardır. Petrol, kömür ve doğalgaz en temel enerji kaynaklarıdır. Bunlar, meydana gelişleri itibarıyla yenilenmeleri çok uzun bir süre aldığından, yenilenmeyen kaynaklar olarak da adlandırılır.

Kömür

Yeraltı madenciliği veya açık işletme yöntemleri kullanılarak çıkarılan fosil kaynaklı yakıttır. Genellikle bitki fosillerinden oluşur. Bir çok çeşidi vardır. Örneğin, taş kömürü fabrikalarda kullanılır. Isıl derecesi yüksektir. Antrasit, ısı değeri en yüksek olan kömürdür, ülkemizde bulunmamaktadır. Ülkemizde en çok bulunan kömür linyittir.

Petrol

Yüz milyonlarca yıldan bu yana denizlerde yaşayan ya da suların denizlere sürüklediği bitki kalıntılarının anaeorabik (Oksijensiz) bir ortamda, uygun şartlar altında (Sıcaklık, basınç ve mikroorganizmaların etkisiyle), toprağın altında başkalaşmasıyla oluşur.

Doğalgaz

Petrol gibi doğalgaz da çok eski tarihlerden beri bilinmekle ve kullanılmakla beraber; bugünkü konumuna gelişi, 1816 yılında ABD'nin Baltimore kentinin sokak lambalarının doğalgaz aracılığıyla aydınlatılmasıyla başlar.

Dünya enerji tüketiminin %22'si doğalgaza dayanmaktadır. İşyerleri ve evler ısınma amacıyla çok yoğun miktarda doğalgaz kullanır. Isınma, toplam doğalgaz kullanımında %75 gibi bir orana sahiptir. Bunun yanı sıra elektrik üretiminde de doğalgaz kullanılmaktadır. Fakat %10–15 gibi düşük oranlarda kalmaktadır.

Geleneksel biyokütle (bitki ve hayvan atıkları)

Biyokütle enerjisi, organik maddelerden enerji kaynağı olarak yararlanılmasıdır. Bilinen bitki yakma ve hayvan atıklarından yararlanma yöntemleri geleneksel biyokütle olarak adlandırılır. Bu enerji kaynağı türü, geri kalmış toplumlarda en fazla yararlanılan enerji türüdür. Öte yandan, modern yöntemlerde bitkilerden biyodizel, biyoetanol elde etme gibi yeni uygulamalar ise, modern biyokütle olarak adlandırılmakta ve yenilenebilir enerji kaynağı türleri arasında yer almaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Klasik enerji kaynaklarına alternatif olarak sunulan kaynaklardır. Güneş, rüzgar, hidrojen, hidroelektrik ve jeotermal kaynaklar buna örnektir. Doğada sürekli var olan etkilere dayalı olan bu kaynakların en önemli özelliği, yenilenebilir olmaları ve doğaya zarar vermemesidir.

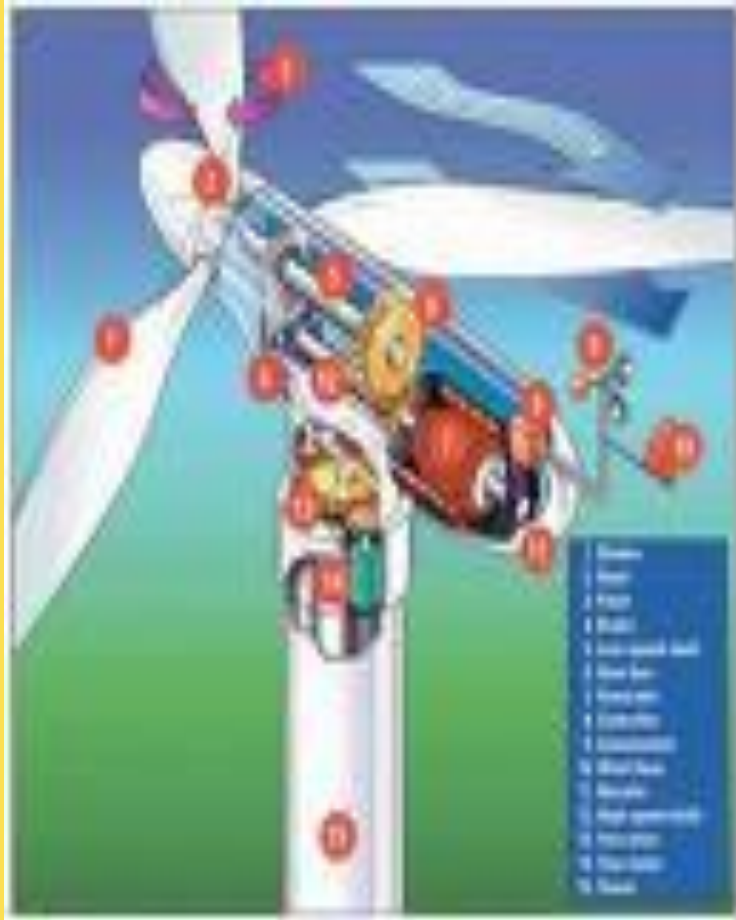
Güneş enerjisi de, hidrojen gibi yenilenebilir kaynaklardan bir tanesidir. Güneş enerjisini toplayıp ısı ve elektriğe dönüştürebilen güneş kolektörleri güneş enerjisinin kullanımındaki aracı elemandır. Genelde, evlerin çatılarına yerleştirilen bu kolektörlerin yanında bir de su deposu bulunur. Depoda bulunan su ısıtılarak ya evin sıcak su ihtiyacı, ya da sıcak su evin ısıtma tesisatına verilerek ısınma ihtiyacı karşılanır.

Çevreye hiçbir zararı olmaması, sürekli ve yenilenebilir olması güneş enerjisini çok cazip kılar. Şüphesiz güneş enerjisinin önündeki en önemli engel, güneşten yararlanma süresi çok fazla olmayan ülkelerde bu enerji tipinden yararlanılabilen gün sayısının az olmasıdır. Ayrıca, elde edilen enerjinin depolanması da bir diğer engeldir.

Rüzgar

Alternatif enerji kaynakları içerisinde en az hidrojen enerjisi kadar faydalı olabilecek bir enerji kaynağı da rüzgardır. Temiz, bol, yenilenebilir olmasının yanı sıra hemen hemen tüm dünya genelinde faydalanma imkanı olan bir kaynaktır. Rüzgar türbini adı verilen çok büyük pervaneli, yüksek kuleler aracılığıyla rüzgar enerjisi elektriğe dönüştürülür. Az sayıda, büyük enerji üretim merkezleri kurmak yerine, ülke geneline küçük üniteler halinde yayılmış rüzgar türbinleri kurmak çok daha avantajlıdır. Rüzgar, elektrik üretiminin yanı sıra hidrojen üretiminde de söz sahibi olabilir. Rüzgardan elde edilecek elektrikle, suyun elektroliz edilmesi sonucunda; oksijen ve özellikle hidrojen çok ucuz bir yolla elde edilmiş olacaktır.

1990'lı yıllarda kullanımı en hızlı artan enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi, bu avantajları sayesinde tüm dünyanın dikkatini çekmeye devam ediyor. Danimarka toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %20'sini rüzgardan elde ederek oran olarak dünyada birinci sıradayken, Almanya'da 2007 verilere göre, 22.247 megawatt kurulu güç ile rüzgar enerjisi kullanımında en ön sıralardadır. Almanya'yı en yakından takip eden ABD'nin kurulu gücü ise 16.818 megawatt civarındadır.



27.11.2024

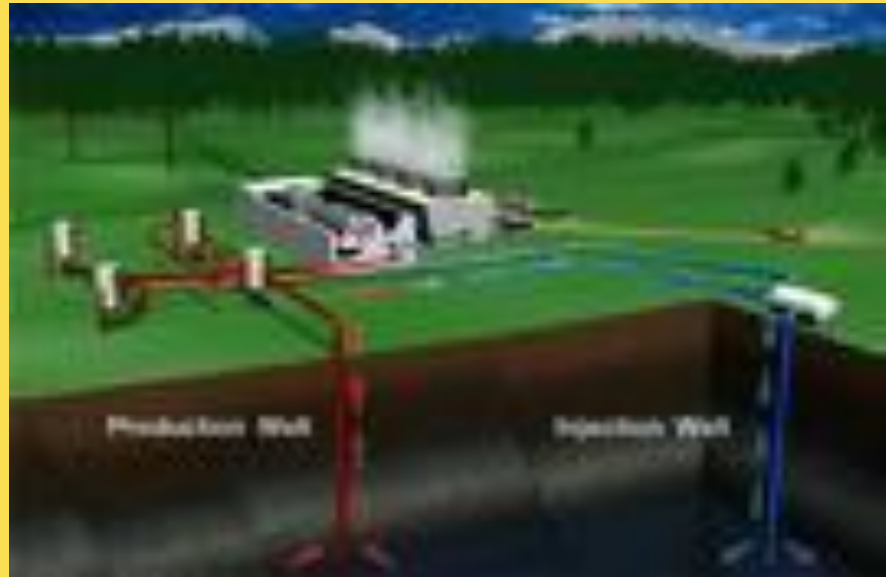
KIM231

Kamran POLAI

Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, yeryüzünün kabuğunda bulunan yüksek sıcaklıktan kaynaklanan ısı enerjisidir. Bu enerjiden, yer yüzeyine çıkan sıcak sular aracılığıyla yararlanılır. En eski çağlardan bu yana kullanılan kaplıcalar jeotermal enerjinin ilk kullanım alanlarıdır. Jeotermal enerjiden, kaynağın sıcaklığına bağlı olarak ısıtma uygulamalarında kullanılabilir ya da elektrik üretiminde yararlanılır. Elektrik enerjisi üretimi amaçlı santraller 20. yüzyılın başlarından itibaren kurulmaya başlanmıştır.

Jeotermal enerji; kaynağın, dünya enerji tüketimine kıyasla çok büyük olması sebebiyle ve kullanılan sıcak suyun tekrar yer altına verilmesi koşuluyla yenilenebilir enerjiler arasında sayılır.



Dalga enerjileri

Okyanus denizler gibi büyük su kütlelerinde meydana gelen dalgaların enerjisinden yararlanabilmektir. Yenilenebilir enerji türlerinden birisidir.

Üretilmesindeki zorluklar:

- *Dalgaların yüksek gücüne karşın, düşük hızlarda ve farklı yönlerde hareket etmesi
- *En güçlü fırtınalara ve tuzlu suyun sebep olacağı paslanmaya dayanabilecek yapıların yüksek maliyeti
- *Kurulum ve bakım giderlerinin yüksekliği.

Dalga enerjisinin toplam enerji potansiyeli, toplam enerji büyüklüğü 2.5 terawat olarak hesaplanan gel-git enerjisinden çok daha fazladır. Sahilleri güçlü rüzgarlara maruz kalan ülkeler, enerji ihtiyaçlarının %5 veya daha fazlasını dalga enerjisinden karşılayabilirler.

Gel-git ve akıntı enerjileri

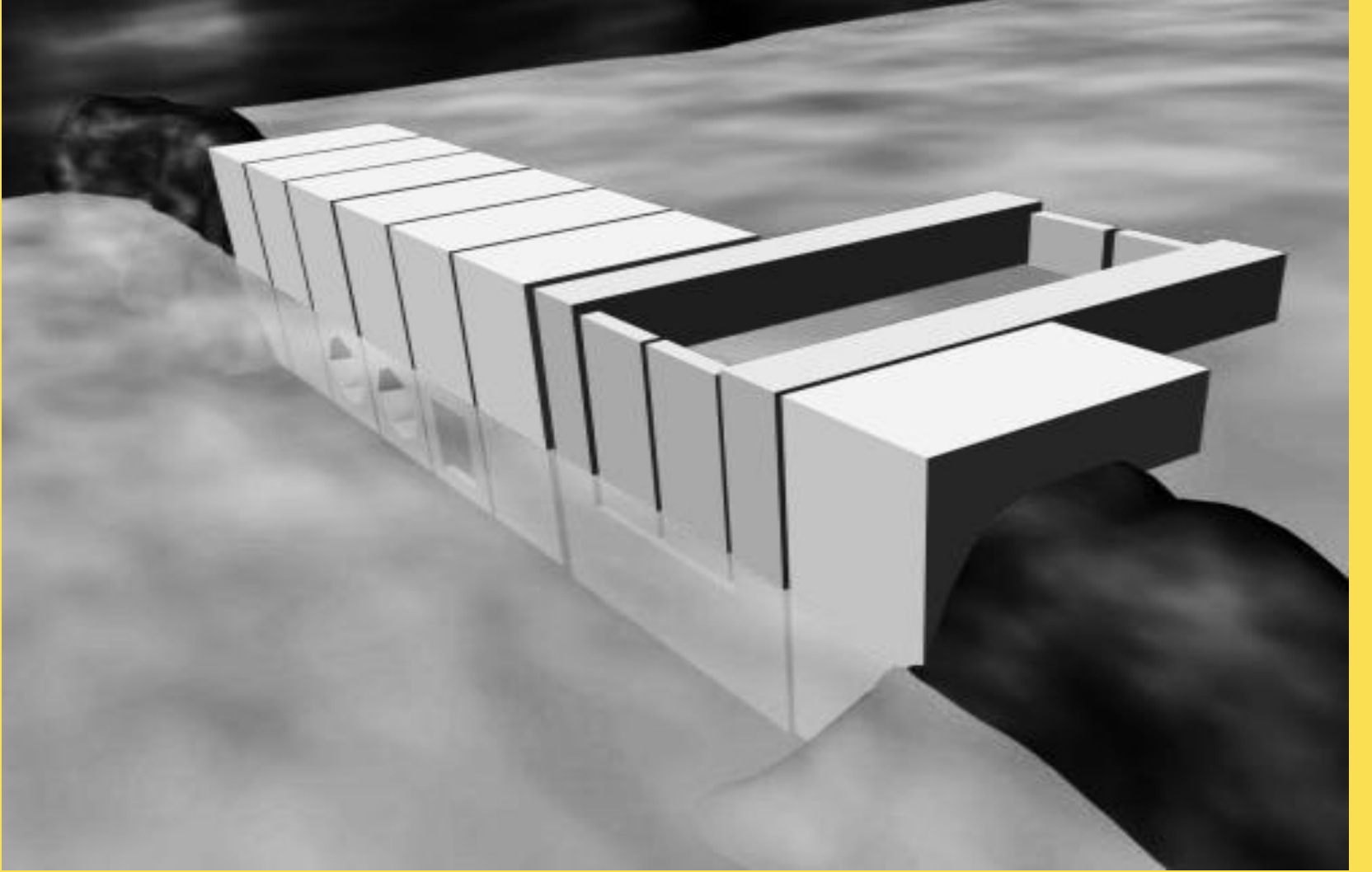
Gel-git veya okyanus akıntısı sebebiyle yer değiştiren su kütlelerinin sahip olduğu kinetik veya potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürölmesidir.

Gel-git enerjisini elektriğe dönüştürmek için yaygın olarak, uygun bulunan koyların ağzının bir barajla kapatılarak, gelen suyun tutulması, çekilme sonrasında da yükseklik farkından yararlanılarak türbinler aracılığı ile elektrik üretilmesi hedeflenir.

24.8 Saatte bir tekrarlanan gel-git hareketleri, düzenli bir enerji kaynağı olması açısından ilginç olmakla birlikte, enerji üretim süresinin 6-12 saatle kısıtlı olması bir dezavantaj yaratmaktadır. Suyun potansiyel enerjisinin %80'ini elektrik enerjisine dönüştürebilen gel-git enerjisi, güneş enerjisi gibi diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha yüksek bir verimliliğe sahiptir.

Deniz ve okyanuslardaki düzenli akıntıların kinetik enerjisinin, deniz tabanına yerleştirilen türbinler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürölmesi akıntı enerjisi olarak anılır.

İki türbinli bir gel-git barajının temsili gösterimi.



Hidrojen

Hidrojen birincil enerji kaynaklarından üretilen bir yakıt olup, temiz bir enerji kaynağı olarak kullanılabilecek önemli bir kaynaktır. Fakat dünyada tek başına bulunmadığından önce üretilmesi gerekir. Halihazırda çok pahalı olan bu üretim, su ve doğalgazdan hidrojenin ayrıştırılmasıyla yapılır. Bu şekilde elde edilen hidrojen pillerine yakıt hücresi adı verilmektedir. Şu anda bazı otomobiller hem benzin, hem de hidrojenin kullanıldığı hibrid (melez) yakıt yöntemiyle çalışmaktadır. Böylece açığa çıkan kirli havanın miktarı %30–40 oranında azaltılabilmektedir.

Hidrojenin, 20 yıl içersinde çok daha aktif olarak kullanılması planlanmaktadır. Şu anda hidrojen yakıt konusunda elde edilen en önemli ilerleme İzlanda'da yaşanmaktadır. 1999 yılında, akaryakıt firması Shell ve otomobil firması Daimler-Chrysler ile İzlanda hükümeti arasında imzalanan anlaşma, İzlanda'yı hidrojen yakıtlı bir ülke haline getirmeyi planlamaktadır.

Alternatif kaynakların faydaları

Alternatif enerji kaynakları kullanılarak, karbon temelli bir enerji yapısından, hidrojen temelli bir yapıya geçilmesi amaçlanıyor.

Bu sayede çevre kirliliğinin önüne geçilirken, enerji maliyetleri de büyük oranda azalacak. Ayrıca, halihazırda enerji ithal eder durumda olan ve bu yüzden dünyanın belli ülkelerine enerji bakımından bağımlı olarak varlığını sürdüren devletlerin birçoğu kendi enerjisini kendi üretir hale gelecektir. Bu da dünya genelinde gözle görülür bir siyasi ve ekonomik rahatlama sağlayacaktır.

Güneş her şeye yetiyor!

ABD'nin kuzey Dakota eyaletindeki Langdon rüzgar enerjisi merkezi. Burada bulunan 100 türbin, günde 159 MW elektrik üretiyor.

KAYNAK: BOSTON GLOBE



Portekizin'in Amareleja bölgesindeki Acciona şirketinin inşaa ettiği dev güneş panelleri, dünyanın güneş enerjisi kullanarak en çok enerji üretilen tesisi, yıllık üretim miktarı 93 milyon kw/s.

KAYNAK: BLOOMBERG



**İsrail'in BrightSource Enerji Şirketinin Negev
Çölünde inşa ettiği yenilenebilir enerji
tesislerinden birini oluşturan güneş panelleri:
KAYNAK: AP**



Fosil kaynaklardan vazgeçmek yok!

Basra körfezinde yeni bir petrol kuyusu açmak için Bahreyn'de süren çalışmalar, 21 Nisan 2009.

KAYNAK: AP



Hamburg'da bir yel değirmeni türbinine takılacak olan pervane vinç kullanılarak kaldırılıyor, 20 mart 2009. Bu dev turbin faaliyete geçtiğinde, 20 MW elektrik enerjisi üretecek.

KAYNAK: REUTERS:



Kimyasal proses endüstrileri, bütün üretim endüstrilerinin kullandığı enerjinin $\frac{1}{3}$ ünü kullanmaktadır. Bu nedenle, kimya mühendislerinin, enerji kullanımı ve üretimi konularındaki teknik bilgi ve becerileri üst düzeyde olmalıdır.

ENERJİ

Dünya çapında enerji tüketiminin giderek artması, gelecekte, yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve bulunmasını gerektirecektir. Bugün kullanılan enerjinin %84'ü kömür, gaz, sıvı yakıtlar ve nükleer kaynaklardan; %1'i su gücünden, kalan %5 ise insan ve hayvan gücünden elde edilmektedir. 1900 ve öncesinde toplam enerji kaynaklarının ancak %10'u tüketilirken, günümüzde ise %90'ı tüketilmektedir.

Günümüzde kömür, petrol ve doğal gaz yanında nükleer enerji, yakıt pilleri, jeotermal enerji, rüzgar ve güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanılması ve geliştirilmesi çabaları devam etmektedir (Alternatif enerji kaynakları).

FOSİL YAKITLAR

Fosil yakıtlar bazlıca : katı, sıvı ve gaz olarak üçe ayrılır. Kullanım kolaylığı ve fiyatları, bulundukları yere ve bolluğuna göre değişir. Günümüzde, fiyatının oldukça ucuz olması, daha temiz olması nedeniyle doğal gaz kullanımını cazip hale getirmiştir. Yine çevrenin kirlenmemesi ve bu konuda çıkarılan yasalar, bazlıca yakıt kaynağı olan kömürün de daha temiz yakılması yöntemlerinin (kükürt oranı içeren akışkan yataklı hücre gibi) geliştirilmesine neden olmuştur. Havadaki kükürt oksit oranının daha düşük seviyede olması için, yüksek kükürt içeren kömür ve yakıtların kullanılması yasaklanmıştır.

1. Katı Yakıtlar

a) PEAT (Bataklık kömürü, turba) : Gürümüş bitkilerden elde edilen bir yakacak türüdür. Hafif ıslaktır, organik bileşimlerin kısmi bozunması ile oluşur. Kurutma problemi vardır. Kullanımı yaygın değil, yereldir.

b) LİNYİT : peat ve kömür arasındaki bir bileşime sahip olan bir yakıt ara ürünüdür (intermediate) Kullanımı simdilerde çok yaygın değildir (barbekülerde, tuğla şeklindeki kömür, yakılmaktadır. Ancak, içinde uranyum içermesi nedeniyle hala deperlidir.

c) Kömür. en önemli katı yakıttır. Dünyadaki tüketim 6×10^9 t/yıl'dır. A.B.D.'lerinde 200 yıl yetecek kadar kömür rezervi vardır. Ancak, yoğunluğu yüksek kükürt içerdiği için ciddi hava kirliliği problemlerine neden olmaktadır. Bu kömür, kükürt emisyonu düzeltilmedikçe, elektrik enerjisi veya şehirlerde ısıtma amacıyla yaygın olarak kullanılamaz.

Kömürler, alt gruplara ayrılır;

- a) Antrasit (çok sert maden kömürü)
- b) Bitümlü (adi maden kömürü)
- c) Linyit

bunlarında alt grupları vardır. Antrasit, dünyanın derinliklerinde bulunan, Sert ve çok yüksek alevle ama iyi yanan ($12\ 000 - 15\ 000$ Btu = British thermal Units=) değerli bir kömürdür, ancak rezervler tüketilmek üzeredir yani azalmıştır.

Bitümlü kömürler, enerji elde etmek için yaygın olarak kullanılmakta ayrıca, katran ve kömür kimyasalları ile kok-fırını gazı elde etmek amacıyla tüketilmektedir.

Son yıllarda parçalanarak süspansiyon haline getirilmiş kömür özellikle enerji santrallerinde güç üretmek için yakılmaktadır.

Kok iyi bir yakıttır ancak maden eritme ocakları gibi yüksek sıcaklığın gerekli olduğu (Demir-çelik endüstrisi) endüstriler dışında, endüstride kullanımı pahalı olduğundan, yaygın değildir. Kokun kendisi aynı zamanda kimyasal bir reaktif olarak harcanmaktadır.

Diğer katı yakıtlar olarak; kömür tozu, talaş, tahta küspesi ve meşe kabuğu da ucuz oldukları için kullanılmaktadır.

SIVI YAKITLAR

A) FUEL OİL . gıda üretiminde kullanılmayan tek ve yaygın sıvı yakıt. Ekonomik olarak daha yüksek fiyatlı (benzin gibi) ürünlere dönüştüremeyen ham petrol fraksiyonudur.

Fuel- öller, parlama noktası (flash point), pour point, akışkanlığı, su yüzdesi, tortu, karbon artışı, kül, damıtma sıcaklığı ve viskozitesine göre geçirli sınıflara ayrılır. Bunlar, ASTM (American Society for Testing and Materials) tarafından yapılan geçirli testlerle belirlenmiştir.

B) Diğer sıvılaştırılmış yakıtlar

Bunlar, katran, katran yağı, kerosen, benzin ve alkolü içerir. Benzin, özellikle otomobil motorlarında kullanılmaktadır.

3 - Gaz yakıtlar:

A- Doğal ve üretilmiş gazlar

Doğal ve üretilmiş gazlar, ısı kaynağı olarak endüstride kullanılır. Demir üretimi sırasında, yüksek sıcaklık fırınlarında oluşan fırın gazı, yine bu fırınların ısıtılmasında kullanılmaktadır (kok fırınlarının ısıtılması).

Yanma (Combustion)

Modern endüstri fabrikalarında kömür, mekanik veya otomatik olarak kalın ızgaralar üzerinde veya ince toz haline getirilerek yakılır. Yanmanın iyi olabilmesi için, hava / yakıt oranının iyi ayarlanması gerekir. Doğru bir yanma işlemi için, yakıtın yakılmadan önce ön ısıtıcıdan geçirilerek viskozitesinin düşürülmesi gerekir. Yanma sırasında baca gazı analizi yapılması, yanmanın kontrolü için çok önemlidir. Çünkü, baca gazı içindeki CO_2 , CO ve O_2 miktarları yanmanın tamamlanmadığını veya ortamdaki ağır havayı gösterir.

GÜÇ ÜRETİMİ

1800'li yıllarda ilk kez kapalı bir hücrede, basınç altında buhar elde edilmiştir. O günden beri su buharı kullanımı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda geliştirilen yüksek-basıncılı buhar kazanlarında, yüksek-basıncılı buhar üretilmektedir. Yüksek-basıncılı buhar elektrik enerjisi üretiminde verimliliği artırmaktadır.

Buhar kazanları

Standart kazanlar, ya ründeki borulardan su geçirilerek (sıcak su) veya alev geçirilerek hazırlanır. Birincisi, su-borulu kazan, ikincisi alev borulu (fire tube) buhar kazanı olarak adlandırılır. Su-borulu kazanlarda oldukça geniş yüksek-basınç ünitesi, alev borulu kazanlar ise küçük, portatif ve düşük basınç ünitesi içerir. Su borulu kazanlarda, boru ründeki su çok hızlı bir şekilde buhara dönüştürülür ve yaklaşık 1000kpa basınçta buhar üretebilecek donanımına sahiptir. Bu şekilde elde edilen buhar yoğunlukla elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Ancak, proses endüstrilerinde, oldukça düşük basınçlarda yoğunlaştırılarak ağığa çıkan ısı, ısıtma amacıyla kullanılır.

Diğer ısı transfer maddeleri

Yakma fırını iyi dizayn edilmişse, kömür ile doğrudan veya gaz ile dolaylı olarak ısıtma çok iyi sonuç verir. DOWTHERM (%26,5 difenil, %73,5 difenil oksit'in ötektik karışımı) yüksek sıcaklıklarda yağa göre daha kararlıdır ve buhar halinde de kullanılabilir. Diğer yağlar ve bazı kimyasallar (yüksek sıcaklıkta kararlı olanlar) yüksek-sıcaklık ısı transfer ortamı olarak kullanılmaktadır. Cıva, reaktördeki, ısı reaksiyonunu kontrol etmek için kullanılmaktadır. Ancak, bir hayli yoğun ve buharlarının zehirli olması dezavantajıdır.

Anorganik tuz karışımları da yıllarca ısı-transfer ortamı olarak kullanılmış, ancak petrol krakingsi prosesinde oluşan ısıyı uzaklaştırmak için bunların büyük miktarlarına ihtiyaç duyulmuştur. Örneğin, Houdry katalitik kraking prosesinde, bu karışık tuzların oranlarının dikkatli bir şekilde ayarlanması gerektiği ortaya konulmuştur: %40 NaNO_2 , %7 NaNO_3 ve %53 KNO_3 . Testler bu oranların, patlama olmadan, sıcak petrolün erimiş bu tuz karışımı banyosuna etjekte edilmesinin mümkün olacağını göstermiştir.

Nükleer enerji

Gelecek yıllarda, artan enerji tüketimi nedeniyle kömür ve nükleer enerjinin daha da önem kazanacağı düşünülmektedir. Kömür fabrikalarının aynı kapasitedeki nükleer fabrikalardan daha fazla radyoaktivite yaydığı, SO_2 in asit yağmuruna sebep olduğu ve bazı göllerin pH'ının bu nedenle düştüğü vurgulanmaktadır. Nükleer enerji ise daha temizdir, ancak etilerinin hemen görünmemesi ve 10-15 yıl içinde zararlı etileri ortaya çıkabilmektedir.

1.Nükleer enerji, üç nükleer reaksiyondan biri ile oluşur:

1. **Füzyon** :Atomik parçacıkların birleşme reaksiyonu.

2. **Fizyon** :Atom çekirdeğinin zorlanmış olarak parçalanması

3. **Yarılanma**: Çekirdeğin parçalanarak daha kararlı hale geçmesi. Doğal (yavaş) fizyon (çekirdek parçalanması) olarak da tanımlanabilir.

Dünya üzerinde bulunmayan, fakat Ay'da çok rahat bulunan bir madde sayesinde enerji sorunu çözülebilir.

Ay atmosferinde bol bulunan ve radyoaktif olmayan ^3He izotopundan enerji elde edilme planları:

Helyum 3, Helyum soygazının radyoaktif olmayan daha hafif bir izotopudur. Helyum 3 çekirdeğinde (helion) iki proton ve bir nötron bulunur. Helyum 4 çekirdeği alfa parçacığı olarak adlandırılır. Alfa parçacığında iki nötron bulunurken, helionda bir nötron bulunur. Helionun ağırlığı $5.00641214 (86) \times 10^{-27}$ kg'dır. Bu parçacığı bulan bilim adamı Avustralyalı nükleer doğabilimci Mark Oliphant'tır. Dünya'da çok az bulunan bu izotop; nükleer araştırmaların sonucunda bulunmuştur. Özellikle füzyon (çekirdek kaynaşması) araştırmalarında kullanılır. Ay yüzeyinde bolca bulunduğu tahmin edilmektedir (Ay yüzeyindeki toprakta bolca bulunmasının sebebi; milyarlarca yıldır ay yüzeyini döven güneş rüzgarları, güneş sistemini oluşturan nebuladan artakalanlar ve meteor çarpmalarıdır). Helyum 4'ün bulunma oranı ile karşılaştırıldığında çok az miktarda Helyum 3 güneş sisteminde bulunur (He4: 28 ppm He3: 0,01 ppm).

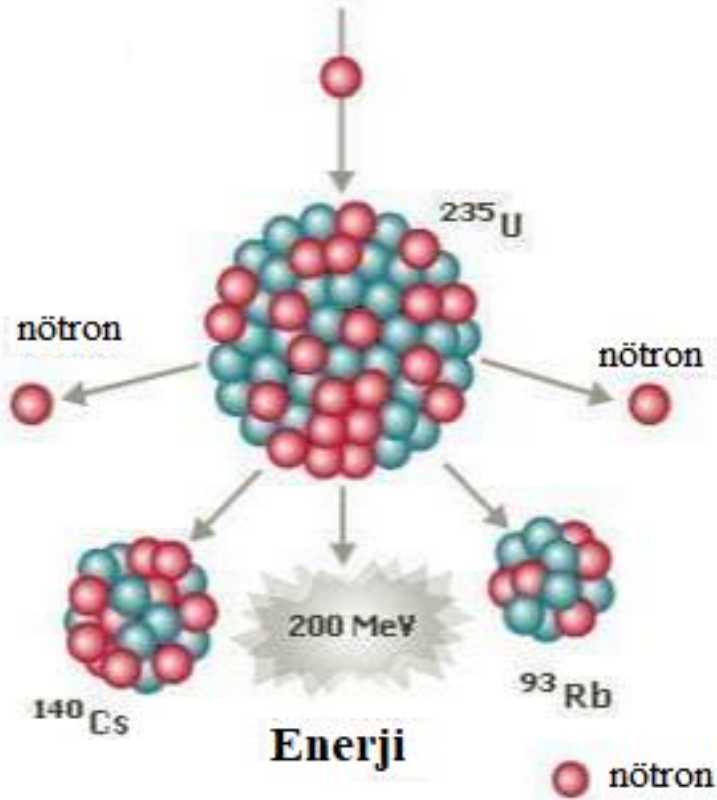
Helyum 3'ün sırrı

Aslında helyum 3 atomu güneş gibi çok yüksek ısı ve radyoaktif yıldızlarda oluşuyor. Peki, o zaman bu atom aya nasıl taşınıyor? Bu sorunun cevabı gayet basit. Hepimiz zaman zaman Dünya'mızı etkileyen solar rüzgarları duymuşuzdur. Kimi zaman elektrik kesintilerine, kimin zaman haberleşmeye engel olurlar. Dünya'nın manyetik alanı ise çoğu solar rüzgarı atmosfere girmeden iter ve bu sayede Dünya en az şekilde etkilenir. Ay'da ise böyle bir mekanizma olmadığı için tüm solar rüzgarlar Ay'ın yüzeyine çarpar ve bu sayede helyum 3 maddesi Ay'ın yüzeyinde birikir.

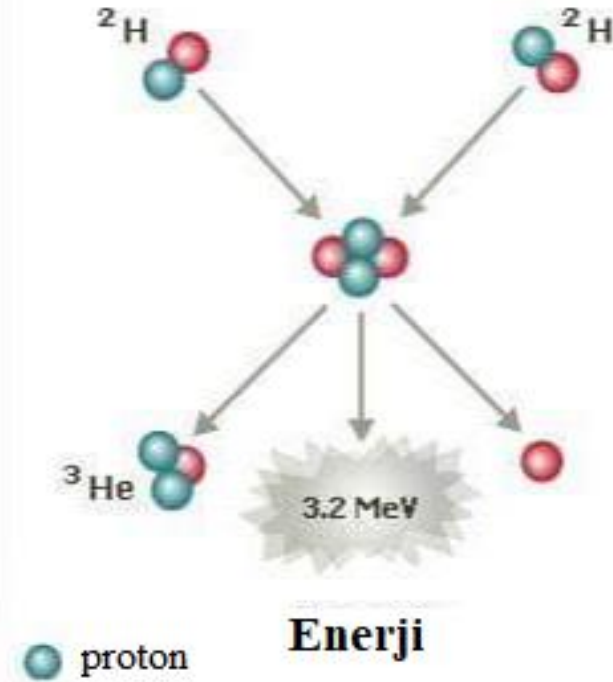
En başta şunu belirtelim. 40 ton helyum 3 maddesi ile ABD'nin 1 yıllık enerji ihtiyacı çok rahat karşılanabiliyor. Ay üzerinde ise bu güne kadar biriken helyum 3'ün en kötü ihtimalle 1 – 4,5 milyon ton arasında olduğu düşünülüyor. Yani en kötü tahminle Ay ABD'nin 25000 yıllık enerjisini karşılayacak helyum 3 kaynağına sahip durumda. Tabi bunlar en kötü tahminler. Çünkü ay 4.5 milyon yıldır bu solar rüzgarların etkisine maruz kalıyor. Bu sebepten çok daha fazla helyum 3 kaynağının Ay yüzeyinde olduğu düşünülüyor.

Tüm bu bilgiler ışığında aslında Ay'ın ne kadar değerli bir kaynak olduğunu anlayabiliriz. Zaten NASA ve Rus Uzay Ajansı bu değer farkına varmış olmalı ki iki kurum da önümüzdeki yıllar içinde Ay'a tekrar ayak basmak için çalışmalarına başladılar.

Fizyon (parçalanma)



Füzyon (birleşme)

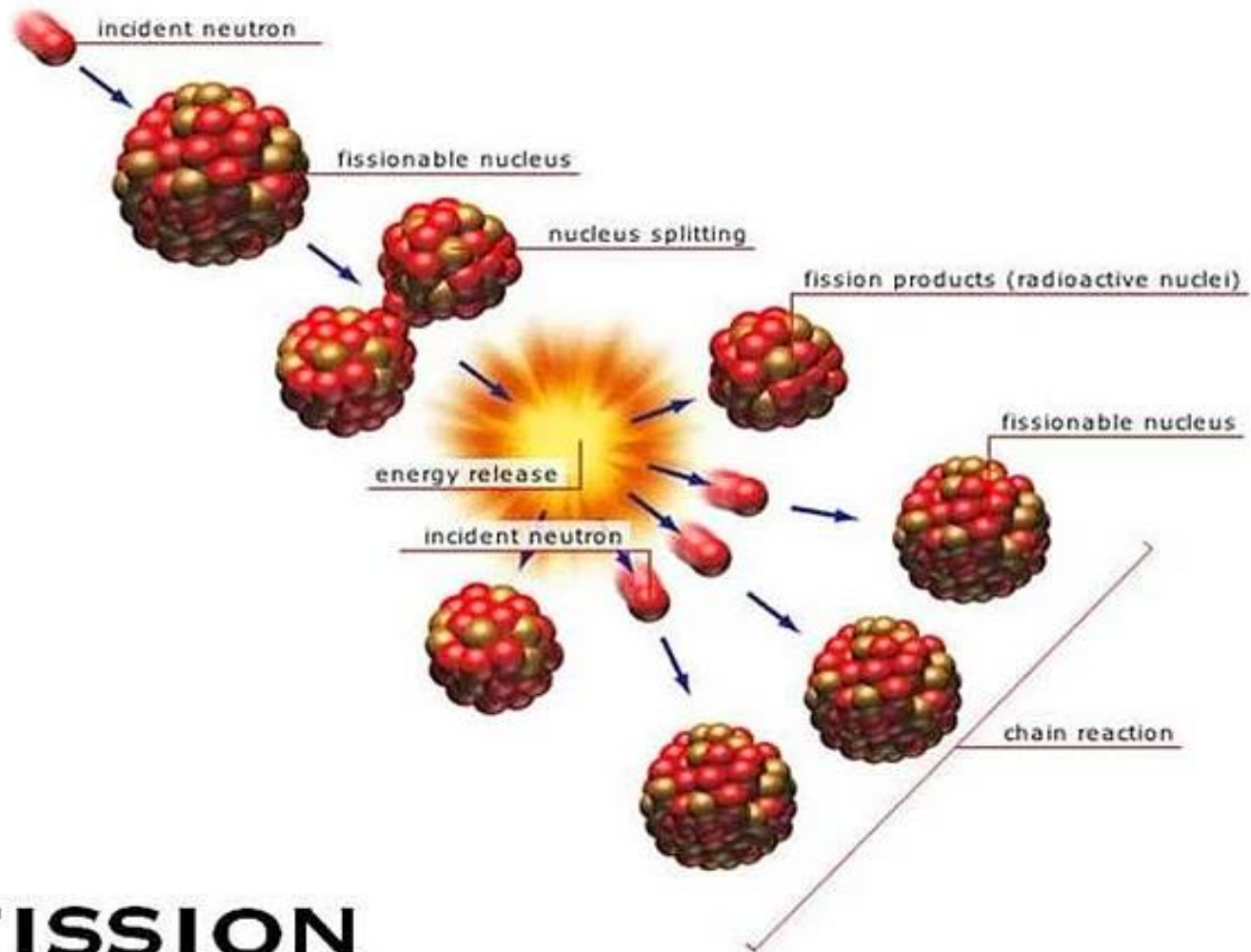


Nükleer enerji, 1896 yılında Fransız fizikçi Henri Becquerel tarafından kazara, uranyum maddesinin fotoğraf plakaları ile yanyana durması ve karanlıkta yayılan X-Ray ışınlarının farkedilmesi ile keşfedilmiştir.

Çekirdek Reaksiyonları - Fisyon Tepkimesi

Uranyum 235 izotopu, nötron bombardımanına maruz bırakılarak Uranyum 236 izotopuna dönüşür ve U-236 izotopu, çekirdeğinin kararsızlığı sonucu parçalanır; Kr-92 (Kripton) ile Ba-141 (Baryum) çekirdeklerine dönüşür. Bu dönüşüm sırasında hatırı sayılır bir enerji de açığa çıkar.

Atom bombası ve nükleer reaktörlerde fisyon tepkimelerinin zincirlemeleri sonucunda enerji elde edilir.



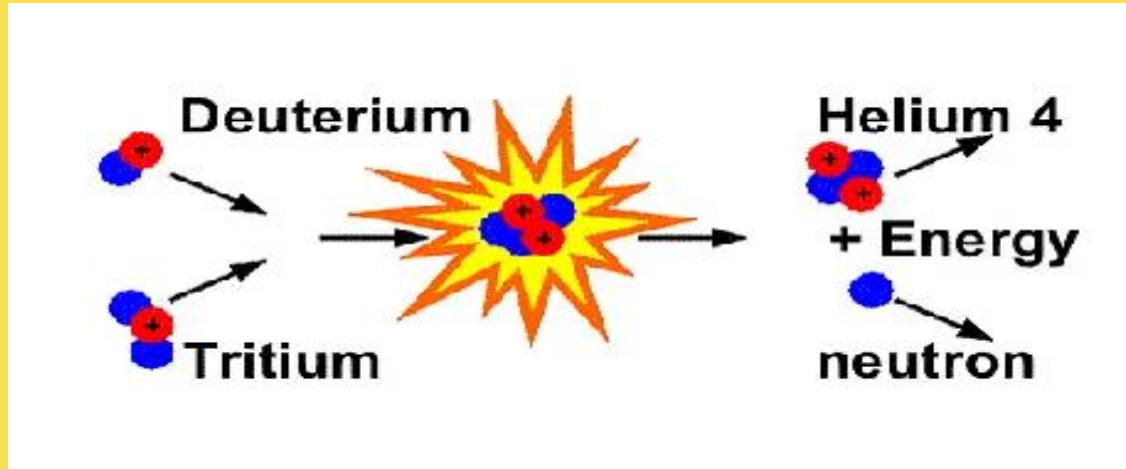
FISSION

Çekirdek Reaksiyonları - Füzyon Tepkimesi

Hafif radyoaktif maddelerin birleşerek daha ağır radyoaktif çekirdekleri meydana getirmesine füzyon denir.

Güneş patlamaları füzyon reaksiyonlarıdır.

Fisyon sonucunda açığa çıkan enerji füzyon tepkimelerinden daha fazladır.



Uranyum U235 izotopu nötronla etkileşime girdiğinde 2 adet **nötron** açığa çıkarak ,kendisinden daha hafif 2 çekirdeğe ayrılır. Bu ayrışma reaksiyonu sonucunda 1 atomdan **200 MeV** enerji açığa çıkar.

Reaksiyon sonucunda serbest kalan 2 nötrondan 1 tanesi diğer bir izotopu parçalayarak zincirleme reaksiyonlar oluşturur. Diğer nötron ise sistemden kaçır.

Reaktörlerin verimlerini arttırmak için kaçan nötronları da sisteme dahil edip, bölünmeye meyilli izotoplar ile etkileşimini arttırmak gerekir.

Kaçan nötronları yakalamak için reaktör içine **reflektör (reflector)** denilen yansıtıcılar yerleştirilir.

Nükleer enerji santralinin çalışma prensibi kısaca şu şekildedir. Nükleer güç santrallerinde elde edilen buharın ısı enerjisinin türbinlerde mekanik enerjiye, elde edilen mekanik enerjinin de jeneratörlerde elektrik enerjisine çevrilmesi ile çalışır.

Nükleer enerji reaktörlerinde ki bölünme reaksiyonlarında **1kg uranyum U235 izotopunun** parçalanması ile meydana gelen enerji **1300 ton** kömürün yakılması ile ortaya çıkan enerjiye eşittir.

Nükleer enerji güç santrallerinde, doğal uranyum **%3** ila **%4** oranında zenginleştirilerek, elektrik enerjisi elde etmek için yakıt olarak kullanılır.

Nükleer enerji santrallerinde, kaçan nötronları yakalayan sistem olan moderatör olarak da **ağır su** veya **grafit** kullanılır.

Tablo 5. Ülkelere göre işletilen ve inşaat halindeki nükleer reaktör sayısı, toplam gücü ve elektrik üretimindeki payı (13 Eylül 2011 itibariyle)²⁹

Ülkeler	İşletilen Reaktörler			İnşaat Halindeki Reaktörler	
	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)	Elektrik Üretimindeki Payı	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe Net)
Ermenistan	1	376	%39,4		
Arjantin	2	935	%5,9	1	745
Belçika	7	5943	%51,7		
Bulgaristan	2	1906	%33,1		
Brezilya	2	1901	%3,1	1	1405
Kanada	17	12044	%15,1	3	2190
İsviçre	5	3252	%38		
Çin	14	11271	%1,8	26	28710
Çek Cumh.	6	3722	%33,2		
Almanya	17	20339	%28,4		
İspanya	8	7448	%20,1		
Finlandiya	4	2741	%28,4	1	1700
Fransa	58	63130	%74,1	1	1720
Birleşik Krl.	18	10745	%15,7		
Macaristan	4	1880	%42,1		
Hindistan	20	4385	%2,9	6	4600
İran ³⁰	1	915			
Japonya	51	44642	%29,2	2	2756
G. Kore	21	18785	%32,2	5	5800
Meksika	2	1600	%3,6		
Hollanda	1	485	%3,4		
Pakistan	3	725	%2,6		
Romanya	2	1310	%19,5		
Rusya Fed.	32	23084	%17,1	10	8960
İsveç	10	9399	%38,1		
Slovenya	1	696	%37,3		
Slovakya	4	1816	%51,8	2	880
Ukrayna	15	13168	%48,1		
ABD	104	101421	%19,6	1	1218
G.Afrika	2	1800	%5,2		
Tayvan	6	4927	%19,3	2	2700
TOPLAM	439	375876	%13,5	61	63384

Ünyada Hangi Ülkede Kaç Tane Nükleer Enerji Santralleri Vardır?

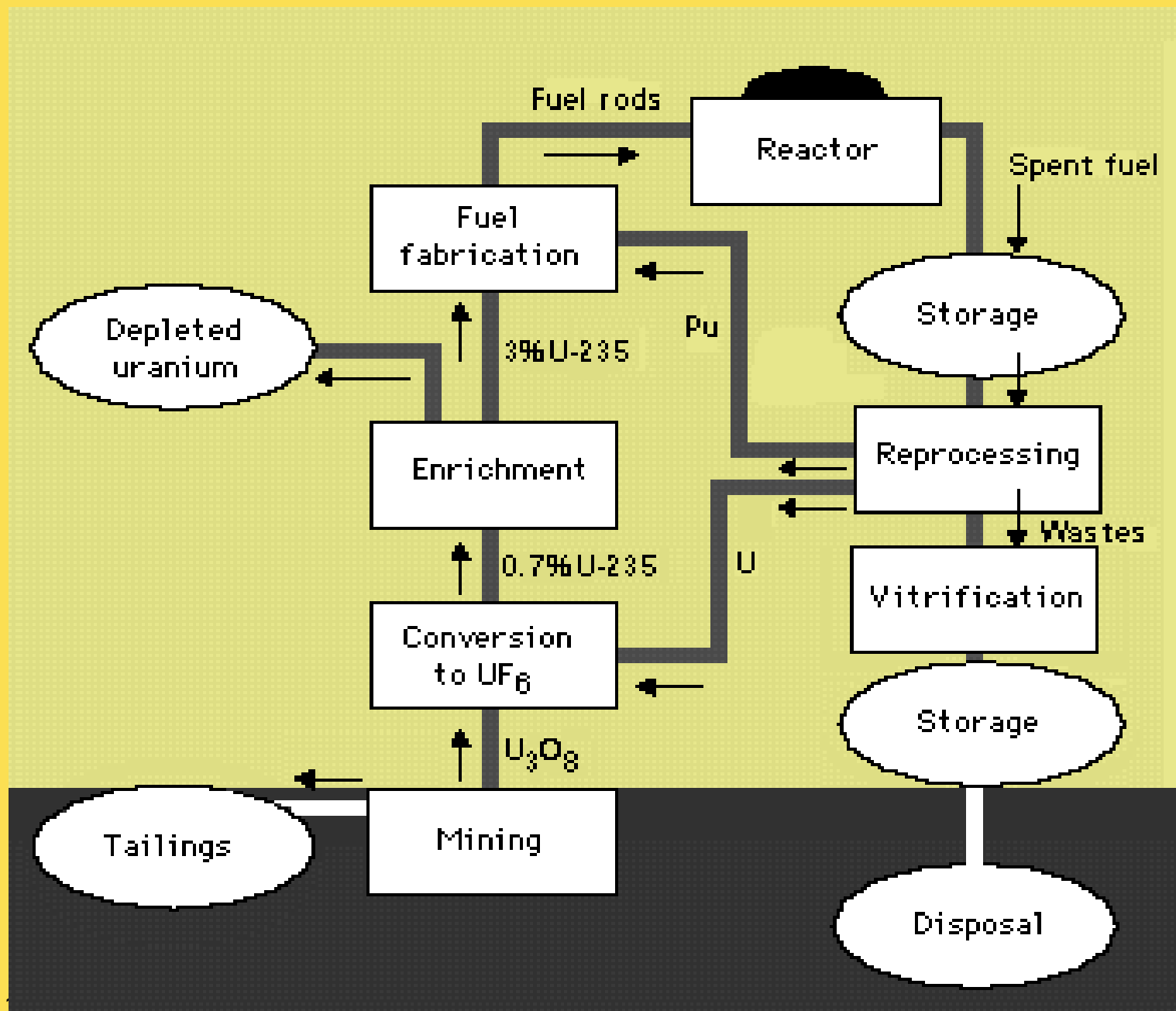
Günümüz itibari ile dünyada toplam 30 ülke nükleer enerji santralleri kullanmaktadır. Bu 30 ülkede toplam 438 adet nükleer enerji reaktörü bulunmaktadır. Ve 40 adet nükleer enerji santrali de yapım aşamasındadır. Başlıca dünyada bulunan nükleer enerji santralleri şunlardır;

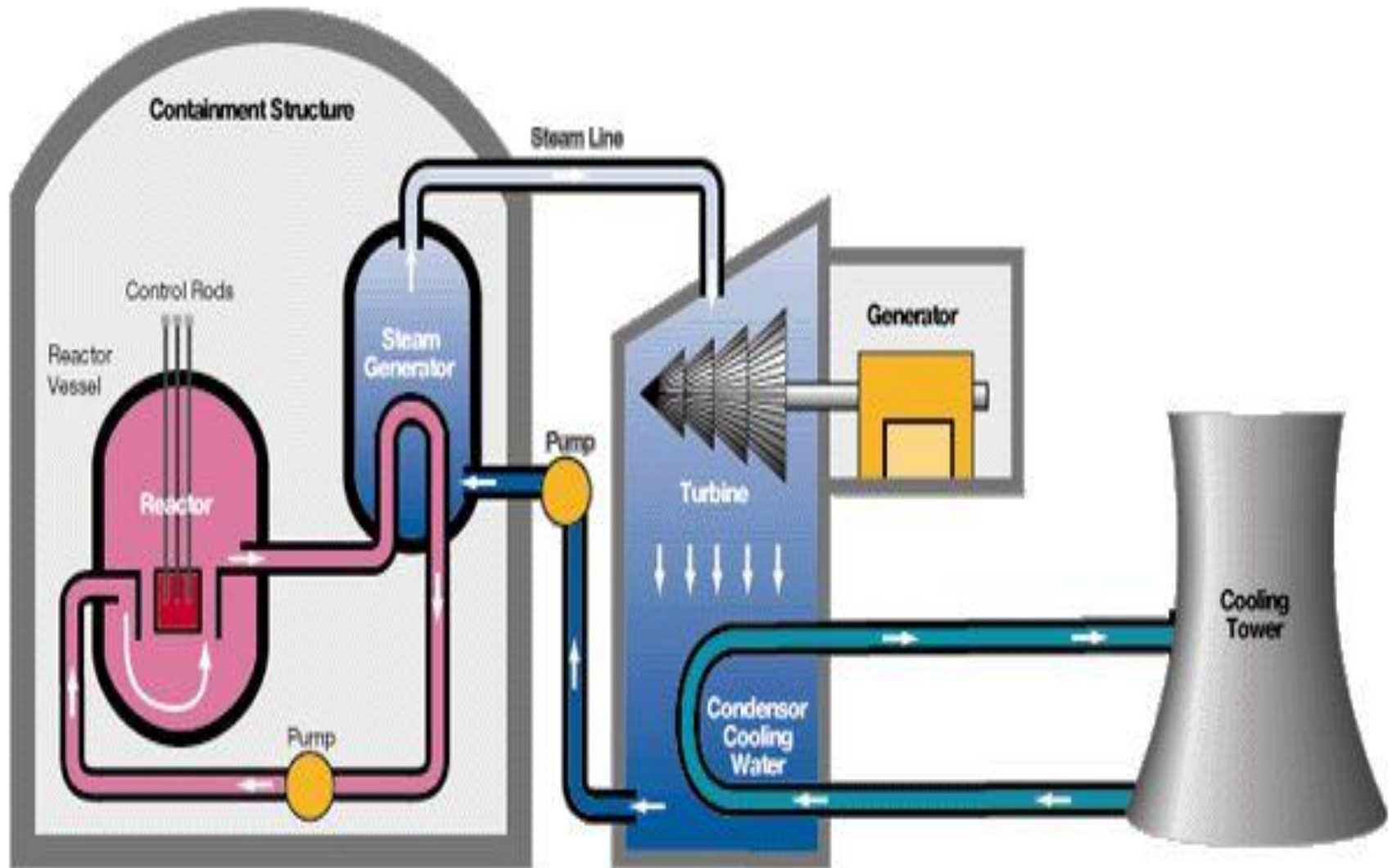
- **Arjantin** 2 tane nükleer reaktör 'e sahiptir. Bu nükleer enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 935 MW 'tır. Bu nükleer reaktörler Arjantin'in enerji ihtiyacının %6,17 'sini karşılamaktadır.
- **Ermenistan** 1 adet nükleer reaktöre sahiptir. Nükleer reaktörün kurulu gücü 376 MW'tır. Bu nükleer enerji Ermenistanın enerji ihtiyacının %39,34 kadarını karşılamaktadır.
- **Belçika** 7 adet nükleer enerji reaktörüne sahiptir. Bu reaktörlerin kurulu güçlerinin toplamı 5.824 MW'tır. Belçika enerji ihtiyacının %53,75'ini nükleer enerji ile karşılamaktadır.
- **Brezilya** da 2 adet nükleer reaktör vardır. Bu reaktörlerin toplam gücü 1.766 MW'tır. Brezilya enerji ihtiyacının %3,11'ini nükleerden karşılamaktadır.
- **Bulgaristan** 2 tane nükleer reaktöre sahiptir. Bu reaktörlerin kurulu güçleri toplamı 1.906 MW'tır. Enerji ihtiyacının %32,91 'ini bu reaktörlerden karşılamaktadır.
- **Kanada** da toplam 18 adet nükleer santral vardır. Bu santrallerin kurulu güçleri toplamı 12.577 MW kadardır. Kanada enerji ihtiyacının %14,79 kadarını nükleer enerjiden karşılamaktadır.
- **Çin**'de ki nükleer reaktör sayısı 11'dir. Bu reaktörler 8.438 MW kurulu güce sahiptir. Çin enerjisinin %2,14'ünü nükleer enerjiden karşılamaktadır.
- **Çek Cumhuriyeti** 'nde 6 tane nükleer enerji santrali bulunmaktadır. Nükleer enerjinin Çek Cumhuriyetinde ki kurulu gücü 3.634 MW'tır. Çek

Cumhuriyeti enerjisinin yaklaşık %32,44 kadarını nükleer enerji santralleri ile elde etmektedir.

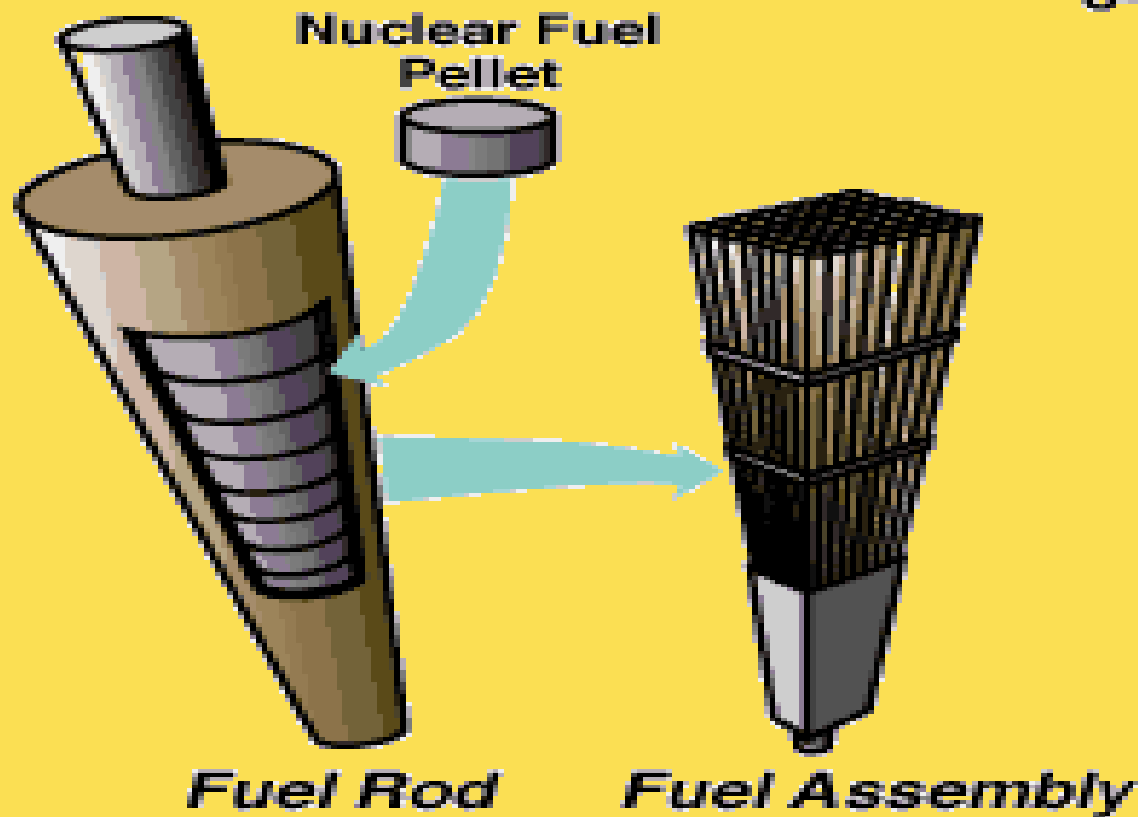
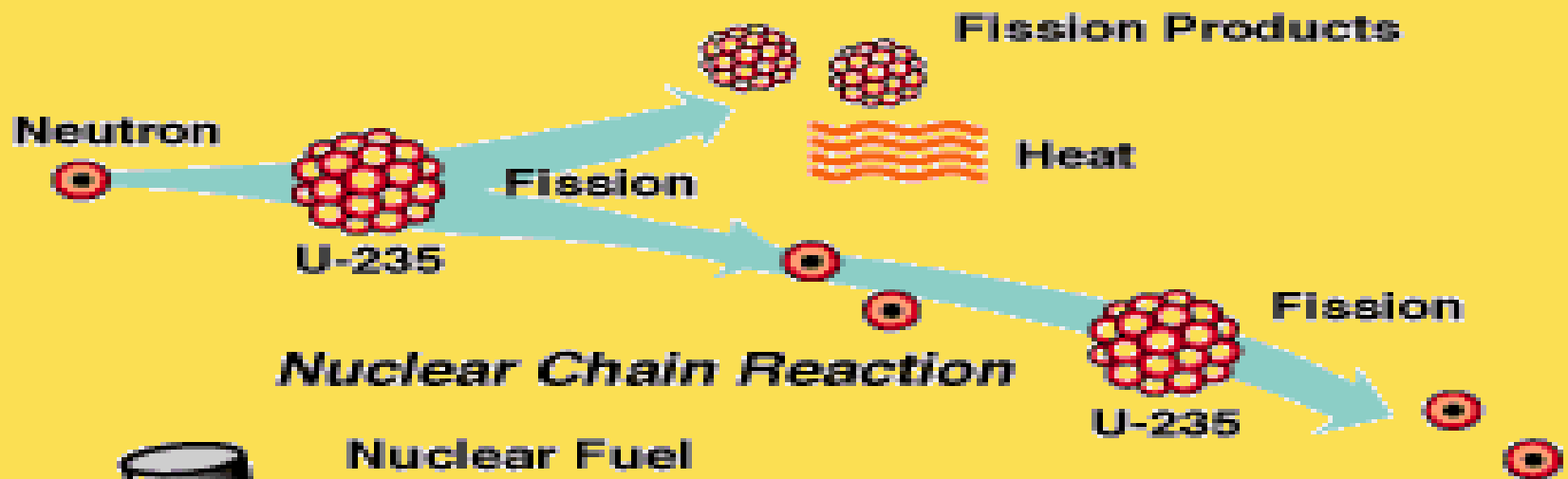
- **Finlandiya** da 4 adet nükleer santral vardır. Bu santrallerin sahip olduğu kurulu güç miktarı 2.696 MW 'tır. Finlandiyanın enerjisinin %29,72'si nükleer santraller sayesinde karşılanmaktadır.
- **Fransa** ise 59 nükleer santrale sahip bir avrupa ülkesidir. Fransada bulunan nükleer enerji santrallerinin kurulu gücü neredeyse türkiyenin tüm kaynaklar ile elde ettiği kurulu güç kadardır. Yaklaşık 63.260 MW'tır. Bu kurulu güç ile Fransa enerjisinin %76,17 'sini nükleer enerji santrallerinden sağlamaktadır.
- **Almanya** 17 adet nükleer reaktöre sahip bir diğer avrupa ülkesidir. Almanya da bulunan nükleer enerji santralleri 20.470 MW kurulu gücündedir. Bu güç sayesinde almanya enerji ihtiyacının %28,81 'i nükleerden sağlanmaktadır.
- **Macaristan** ise 4 nükleer güç reaktörüne sahiptir. Bunların toplam gücü 1.859 MW kadardır. Macaristanın enerjisinin %37,14'ü nükleerden karşılanmaktadır.
- **Hindistan** toplam 17 nükleer santrale sahiptir. Bu santrallerin kurulu güç toplamı 3.782 MW'tır. Ve enerji ihtiyacının %2,02 'si karşılanmaktadır.
- **Japonya** ise nükleer enerjiyi dünyada en fazla kullanan ülkelerden birisidir. Japonya da toplam 55 adet nükleer güç reaktörü vardır. Bu reaktörler 47.278 MW güce sahiptir. Ve enerjisinin %24,92 'si karşılanmaktadır.
- **Güney Kore** de 20 tane nükleer reaktör bulunmaktadır. Kurulu gücü 17.647 MW'tır. Enerji ihtiyacının %35,61 i nükleer reaktörlerden karşılanmaktadır.
- **Litvanya**, 1 adet nükleer santral ile enerjisinin %72,88 kadarını nükleer enerjiden sağlamaktadır. Litvanya'da ki nükleer güç toplamı 1.185 MW 'tır.
- **Meksika** da 2 tane nükleer güç reaktörü vardır. Bu reaktörlerin kurulu gücü 1.300 MW iken, enerji ihtiyacının %4,03'ü bu reaktörler ile sağlanmaktadır.

- **Hollanda** ise 1 adet ve 482 MW gücünde nükleer enerji santraline sahip bir avrupa ülkesidir. Toplam enerjisinin %3,79'u bu kaynak ile karşılanmaktadır.
- **Pakistan** da toplam 425 MW gücünde 2 nükleer santral vardır. Ve enerjisinin %1,9'u nükleerden karşılanmaktadır.
- **Romanya** da 2 adet nükleer güç reaktörü vardır. Bunların toplam gücü 1.300 MW ile enerjisinin %17,53 ü karşılanmaktadır.
- **Rusya** da 31 adet nükleer santral vardır. Bu santraller 21.743 MW güce sahiptir ve Rusyanın enerjisinin %16,85'ini oluşturmaktadır.
- **Slovakya** 4 tane nükleer santrale sahip bir diğer ülkedir. Bu santrallerin toplam gücü 1.711 MW'tır. Slovaklar enerjilerinin %56,41 kadarını nükleer enerji ile karşılamaktadır.
- **Slovenya** da 666 MW gücünde 1 adet nükleer reaktör vardır. Bu reaktör Slovenya enerji ihtiyacının %41,7'sini karşılayabilmektedir.
- **Güney Afrika** ise 2 tane reaktör ile enerji ihtiyacının %5,24'ünü nükleer enerji den karşılayan bir başka ülkedir. Toplam nükleer santrallerin kurulu gücü ise 1.800 MW'tır.
- **İspanya** 8 adet nükleer enerji reaktörüne sahiptir. Bu reaktörler 7.450 MW gücündedir. Enerjinin ise %18,26'sı bu reaktörlerden karşılanmaktadır.
- **İsveç** 'te 10 tane nükleer reaktör vardır. Kurulu güçleri ise 8.996 MW ve enerjiyi karşılama oranı %42,03 'tür.
- **İsviçre** ise enerjisinin %39,21'ini 5 tane nükleer reaktör ile sağlamaktadır. Bu reaktörler 3.220 MW kurulu güce sahiptir.
- **İngiltere** de 19 adet nükleer enerji santrali vardır. Bu santraller ile ingiltere enerji ihtiyacının %13,44'ünü karşılamaktadır. Toplam nükleer santrallerin kurulu gücü 10.097 MW kadardır.
- **Ukrayna** 15 tane nükleer güç santraline sahiptir. Bu santraller 13.107 MW güce sahiptir. Ve ukraynanın enerjisinin %47,39 kadarı bu reaktörler ile elde edilmektedir.
- **ABD (Amerika Birleşik Devletleri)** dünyada nükleer enerjiyi en fazla kullanan ülkedir. ABD'de bulunan nükleer enerji santrallerinin sayısı 104









Türkiye'de nükleer faaliyetler 1980'li yıllara dayanmaktadır. İTÜ TRIGA MARK-II nükleer reaktörü 11 Mart 1979'da işletmeye açılmıştır. TRIGA adı "Training Research Isotope Production General Atomic" sözcüklerinin baş harflerinden oluşmaktadır.

Türkiye'de 3 tane nükleer araştırma reaktörü bulunmaktadır. Bunlardan 2'si Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde birisi de İTÜ'dedir.

Bu reaktörler dışında Mersin Akkuyu ve Sinop'a Nükleer Santral yapım çalışmaları başlamıştır.

Enerji Bakanlığının Raporuna göre;

Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak Nükleer Santraller dikkate alındığında, yılda yaklaşık 80 milyar kWh elektrik üretilmesi tahmin edilmektedir.

Bu miktarda bir elektriği doğalgaz santralinden elde etmek için yaklaşık 16 milyar metreküp doğalgaz ithaline karşılık yıllık 7,2 milyar ABD Doları (yaklaşık 13 milyar TL) ödenmesi gerekmektedir.

Dolayısıyla, 3 senede sadece doğalgaz ithaline ödenecek para ile Mersin-Akkuyu'da 4 ünite nükleer santral kurulabilmektedir.

Diğer taraftan Sinop'ta da nükleer santral tesisi kurulmasına yönelik olarak 2013 yılı içinde anlaşma imzalanmış, 1Nisan 2015 TBMM'den onay alınmış ve proje çalışmaları sürmektedir.

Bu anlaşma ile toplam 4.800 MW gücünde VVER-1200 tipinde dört ünitelik bir nükleer santralin kurulması planlanmaktadır.

Hidroelektrik güç

Kimyasal proses endüstrileri, işletmelerinde büyük miktarlarda ucuz elektrik enerjisine ihtiyaç duyar. Bu endüstriler, genellikle hidroelektrik santralleri kurarak, kendi elektrik enerjisini sağlama yoluna gider.

Yakıt hücreleri = pilleri =

Bu cihazlarda, hiç bir hareketli mekanik aksam olmadığı halde elektrik enerjisi, elektrokimyasal yöntemlerle elde edilir. Yakıt olarak, hidrojen zengin her hangi bir madde kullanılabilir. Dolayısıyla; doğal gaz, petrol türevleri, sıvı propan ve gazlaştırılmış kömür gibi fosil kökenli yakıtlar ile H_2 , C_2H_5OH ve CH_3OH gibi yenilenebilir yakıtlar kullanılabilir.

Günümüzde en popüler alternatif enerji kaynağıdır. Temiz, gürültüsüz ve yüksek verimli bir güç kaynağı olarak, gelecekteki enerji kaynakları arasındaki yerini alacaktır.

Yakıt pilleri, bir yakıtın kimyasal enerjisini, elektrokimyasal reaksiyonlar yoluyla elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır (Yakıt ile oksijenin elektrokimyasal reaksiyonu).

oksijenle hidrojen arasındaki reaksiyonun ürünü su olduğundan, bu reaksiyondan kirlenmiş ürün çıkışı olmaz. Başlangıçta uzay araçlarını güçlendirmek için kullanılan yakıt pilleri, temiz enerji üretimi ve yüksek enerji verimleri ile enerji tasarrufu sağlayan bir güç kaynağı olarak otomotiv kullanımı için ümit vermektedir. Benzinli motorların yakıt verimi % 60'ın üzerindeki termik verimlere ek olarak, düşük gürültü düzeyi, düşük egzoz emisyonları ve düşük ısı atma özellikleri bakımından da avantajlıdır.

Yakıt pilleri çeşitleri ve çalışma prensipleri

Yakıt pilleri uygulamada; sıcaklık, elektrot tipi ve yakıt türüne göre:

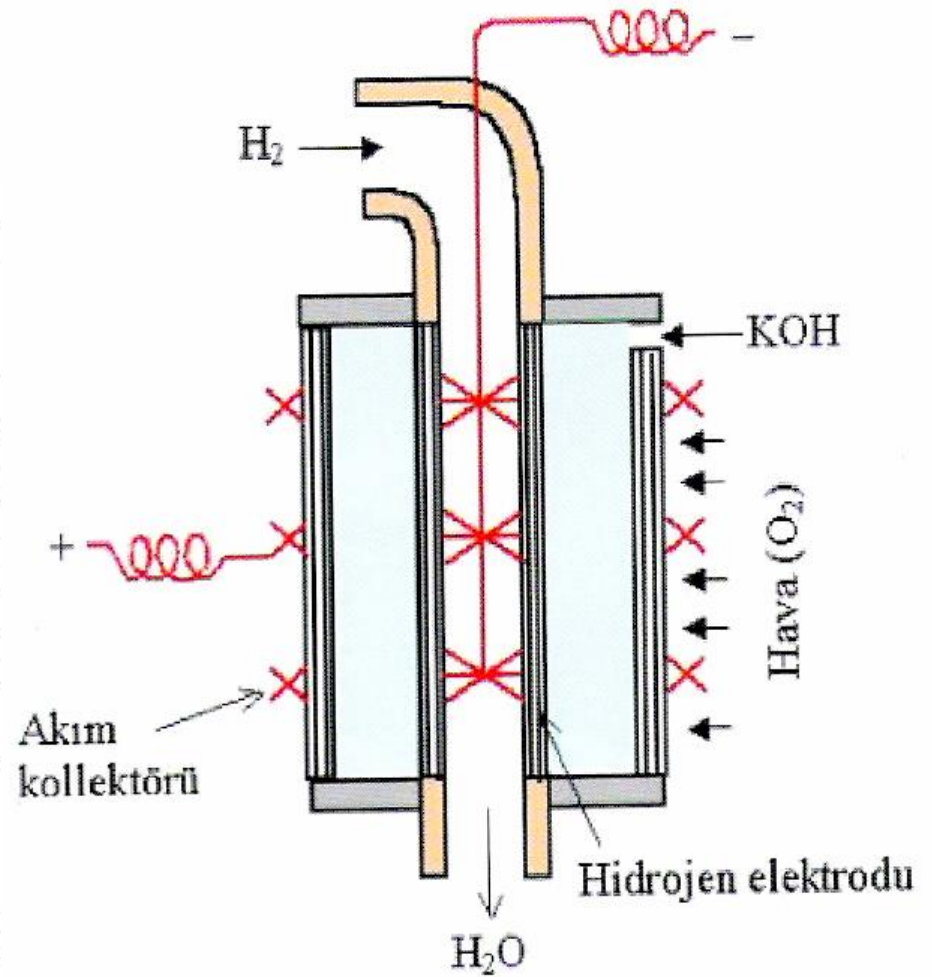
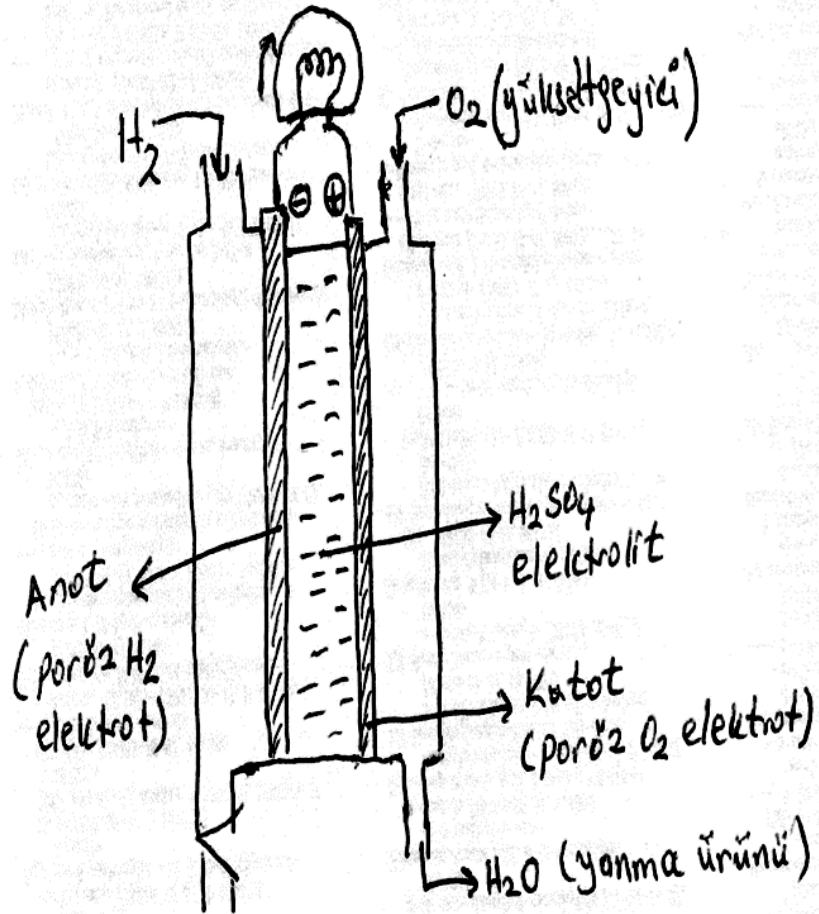
1. Çalışma sıcaklığı 150°C 'den düşükse "düşük sıcaklık yakıt pili".
 2. Çalışma sıcaklığı $500-1000^{\circ}\text{C}$ arasında ise, "yüksek sıcaklık yakıt pili."
- olarak farklıdır.

(1)'de, H_2 gibi basit bir yakıt ve Pt gibi iyi ve pahalı bir elektrot; (2)'de ise, hidrokarbon yakıt ve daha ucuz elektrot kullanılır.

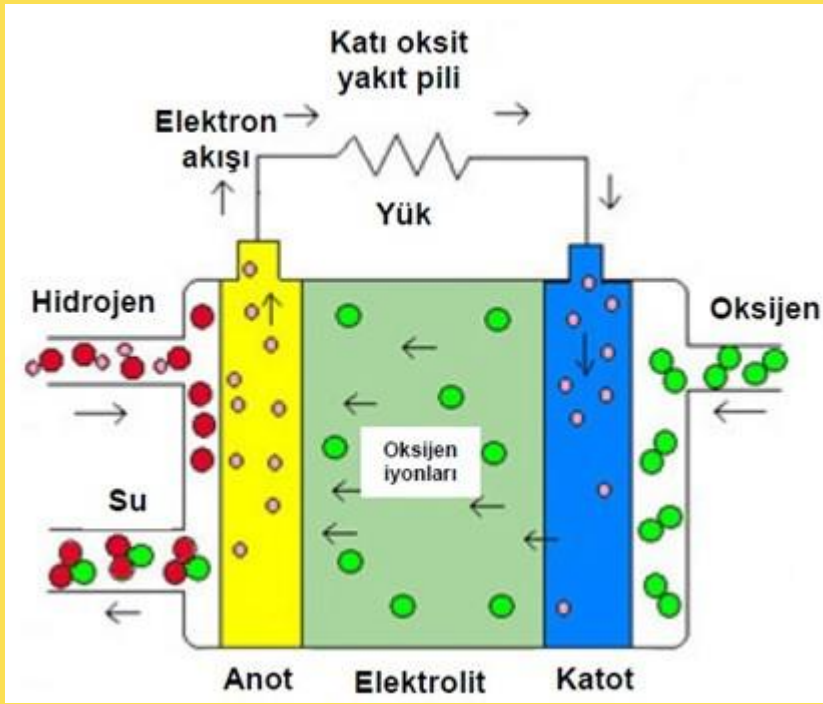
Hücrede kullanılan elektrolit; asidik ve sıvı, katı veya sıvı-katı koroziv ortamda çalışabilir.

ŞEKİL 3.1 'de Union-Carbide firması tarafından geliştirilen bir yakıt pili görülmektedir.

Hidrojen – Oksijen yakıt pilinin şematik gösterimi.

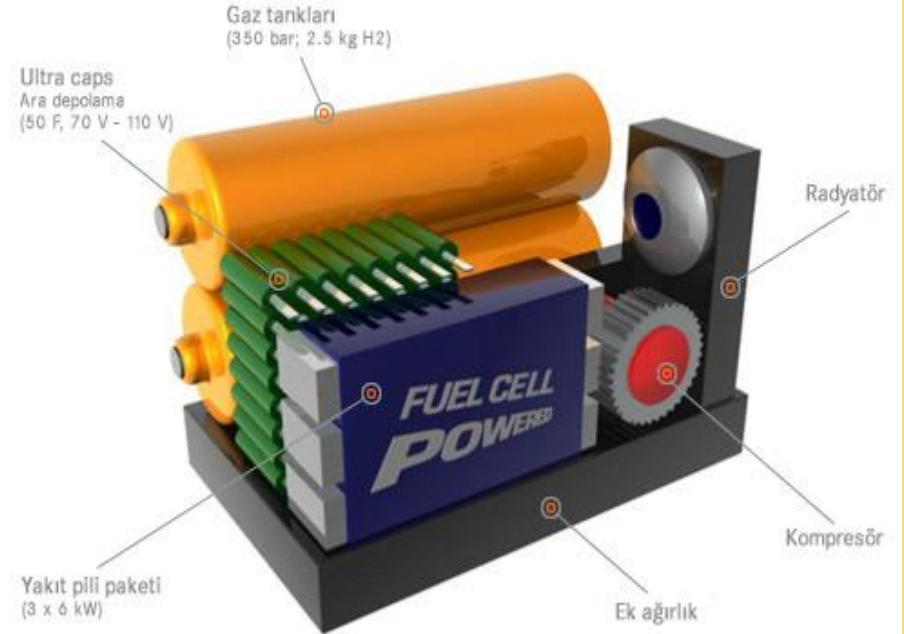


Şekil 3.1. Union Carbide firması tarafından gerçekleştirilen H_2 -hava yakıt pili



STILL YAKIT PİLİ GÜÇ PAKETİ

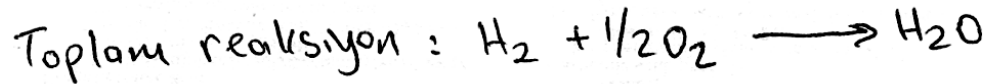
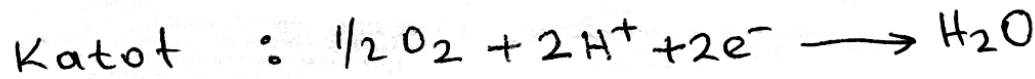
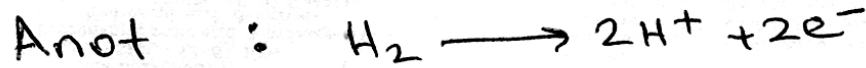
Minimum alanda, CO₂ emisjonsuz, komple bir elektrik santrali



pilde elektrolit olarak KOH eriyiği kullanılmaktadır.

pil şeması : $H_2 | KOH | O_2$

pilde gerçekleşen elektrokimyasal reaksiyonlar



Bu reaksiyon için serbest enerjideki değişim,

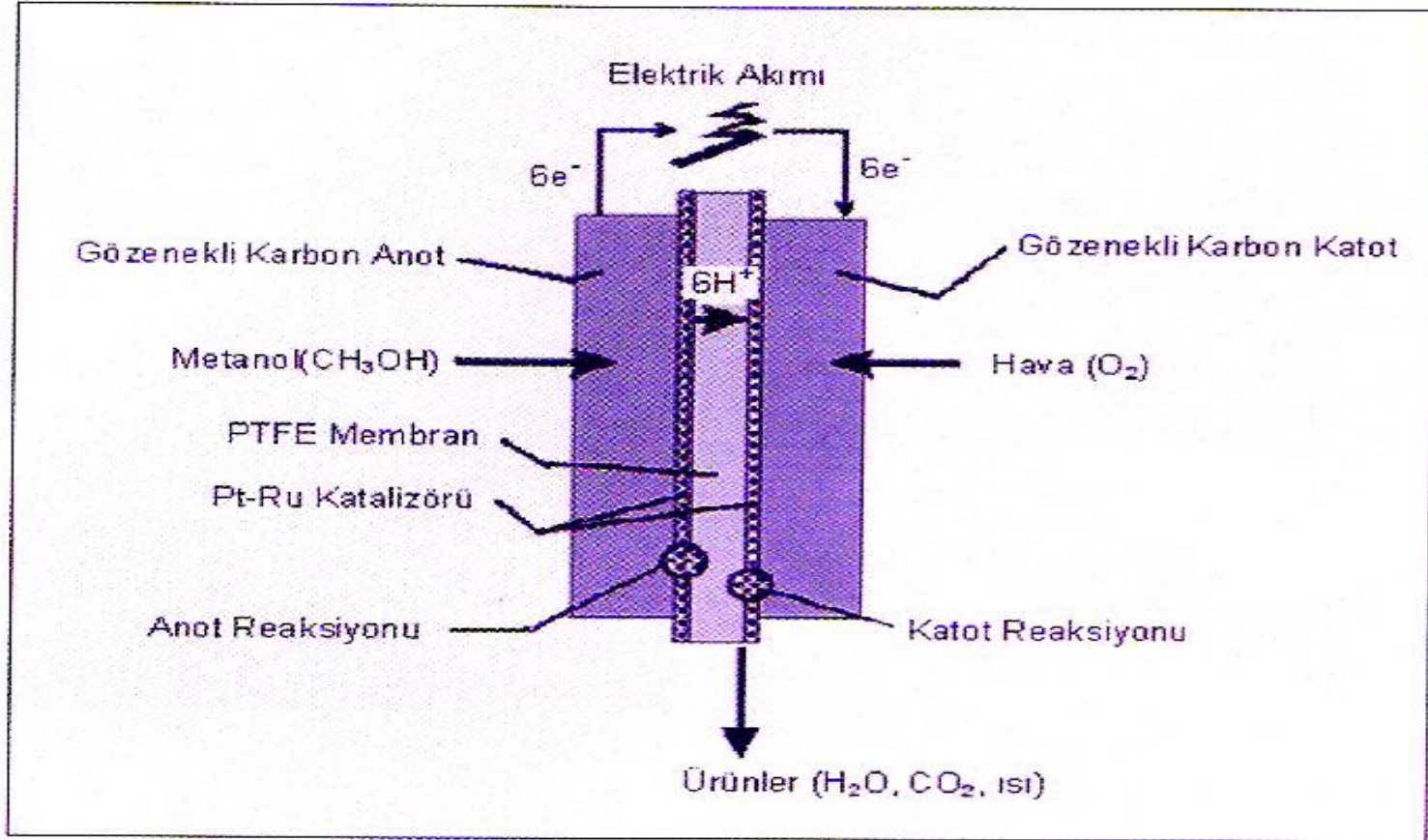
$\Delta H = -237$ kJ'dür. Bu da, hidrojen ve oksijen arasındaki reaksiyonun çok hızlı ve kendiliğinden olduğunu gösterir (ekzotermik, ekzogenik reaksiyon).

Bu şekilde tek bir hücre sadece 1V'lık bir doğru akım verir, daha fazla voltaj üretmek için bir sürü hücrenin birbirine seri olarak bağlanması gerekir.

Anot : $\text{CH}_3\text{OH (sulu)} + \text{H}_2\text{O (sıvı)} \longrightarrow \text{CO}_2 \text{ (gaz)} + 6\text{H}^+ \text{ (sulu)} + 6\text{e}^-$

Katot : $\frac{3}{2}\text{O}_2 \text{ (gaz)} + 6\text{H}^+ \text{ (sulu)} + 6\text{e}^- \longrightarrow 3\text{H}_2\text{O (sıvı)}$

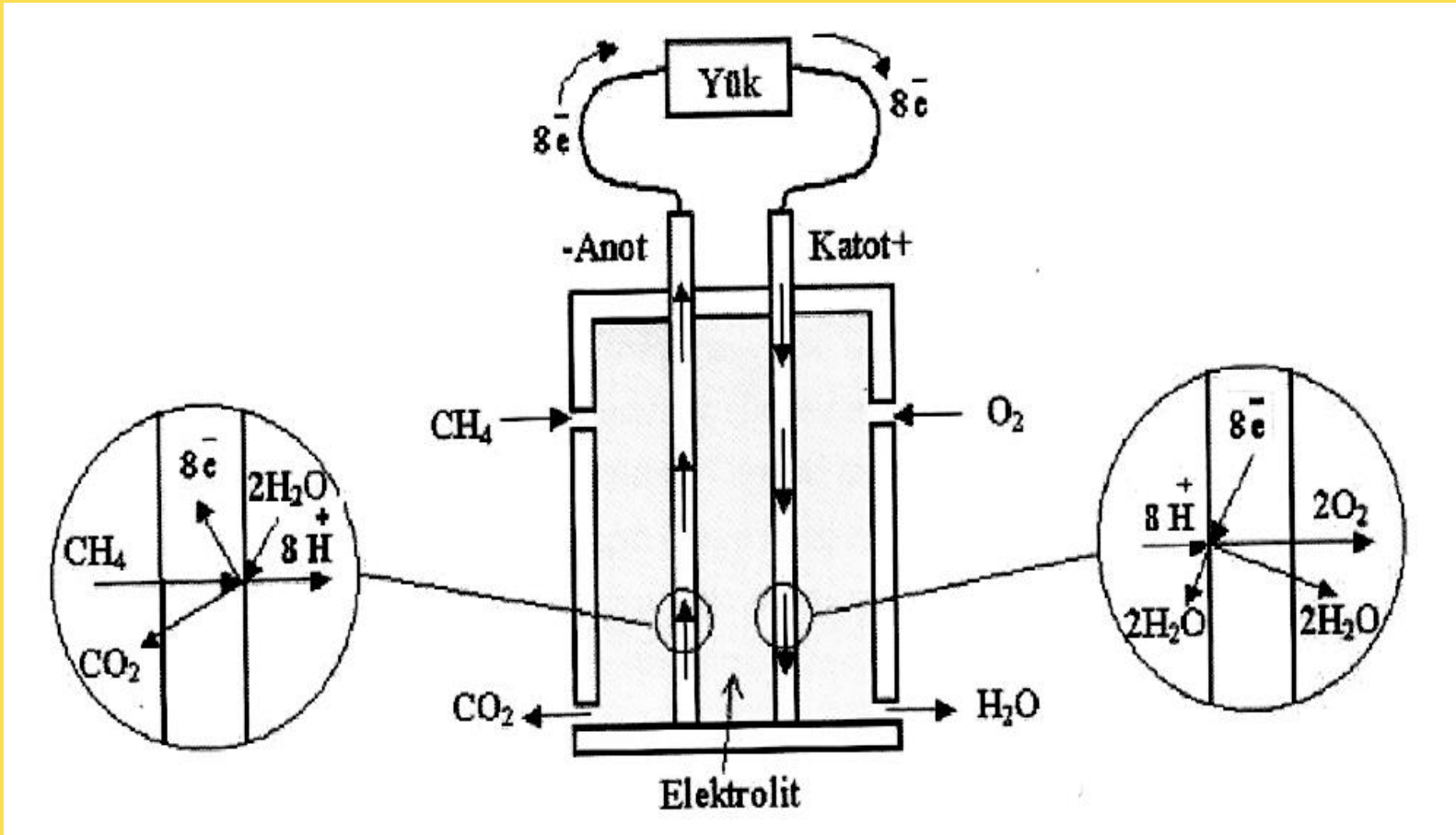
Toplam : $\text{CH}_3\text{OH (sulu)} + \frac{3}{2}\text{O}_2 \text{ (gaz)} \longrightarrow \text{CO}_2 \text{ (gaz)} + 2\text{H}_2\text{O (sıvı)}$



Anot : CH_4 (gaz) + $2\text{H}_2\text{O}$ (sıvı) $\longrightarrow$ CO_2 (gaz) + 8H^+ (sulu) + $8e^-$

Katot : 2O_2 (gaz) + 8H^+ (sulu) + $8e^-$ $\longrightarrow$ $4\text{H}_2\text{O}$ (sıvı)

Toplam : CH_4 (gaz) + 2O_2 (gaz) $\longrightarrow$ CO_2 (gaz) + $2\text{H}_2\text{O}$ (sıvı)



Çizelge 3.1. Değişik türdeki yakıt pilleri ve özellikleri

	Fosforik Asit Yakıt Pili	Katı Oksit Yakıt Pili	Erimiş Karbonat Yakıt Pili	Polimer Elektrotlu Yakıt Pili	Alkali Yakıt Pili
Elektrolit	Fosforik Asit	Çinko Üzerine tutturulmuş Yittria (YSZ)	Karbonat	Polimer İyon değişim filmi	Potasyum hidroksit
Elektrolitteki Taşıyıcı	H ⁺	O ₂ ⁻²	CO ₃ ⁻²	H ⁺	OH ⁻
Hücre Materyali	Karbon	Seramik vb.	Ni, Paslanmaz Çelik, vb.	Karbon	Karbon
Güç Yoğunluğu (W/kg)	120-180	15-20	30-40	350-1500	35-105
Yakıt Türü	H ₂ , Hidrokarbonlar, Fosil yakıtlar	H ₂ , Hidrokarbonlar	H ₂ , Hidrokarbonlar	H ₂ , Hidrokarbonlar	H ₂
Sıcaklık	200 °C	1000 °C	600 °C - 700 °C	80 °C	80 °C
Güç Üretim Verimi	% 37-42	% 60-70	%45-60	%60	% 42-73
Uygulama Alanları	Ticari Uyg. (Oteller, Hastaneler vs.)	Ticari Uyg., Sanayi Uyg., Elektrik Santralleri	Elektrik Santralleri	Ulaşım Araçları Askeri Sistemler	Uzay Çalışmaları

Bryogaz

Metan, ilk kez 1934 yılında bulunmuş ve "bataklık gazı" olarak adlandırılmıştır. Yakılmasıyla, ısıtma amaçlı ve içten yanmalı motorlarda hareket enerjisi elde etmek için kullanılmaktadır. Günümüzde, araştırma geliştirme faaliyetleri büyük bir hızla devam etmekte, yerden çıkarıldıktan sonra içindeki su ve safsızlıklardan arındırılarak depolanmakta ve doğalgaz boru hatlarıyla satışı yapılmaktadır. Türkiye'de, özellikle son yıllarda doğalgaz kullanımı iyice yaygınlaşmıştır. Büyük şehirlerin ısıtılması, Tıbbi macilikta yakıt ve elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. Doğalgaz aldığımız ülkeler ise İran ve Rusya'dır. Silivri ve Tekirdağ yakınlarında doğalgaz işleme ve dağıtma üniteleri kurulmuştur.

Güneş enerjisi (Solar energy)

Son yıllarda, güneş enerjisini kullanma çalışmaları hızlanmıştır. Güneş enerjisinin, kendiliğinden bir enerji olması ve sürekliliği onu cazip kılmaktadır. Ancak, problem bu ucuz ve sürekli enerjiyi depolamada karşılaşılan güçlüklerdir. Bunun için, devasa boyutlarda uzaya yansıtıcı aynalar konularak güneş enerjisini hem gece hem de gündüz depolama çalışmaları sürdürülmektedir. Günümüzde sıcak ülkelere, çatılara yerleştirilen toplayıcı kollektörler ile sıcak su sağlanmaktadır.



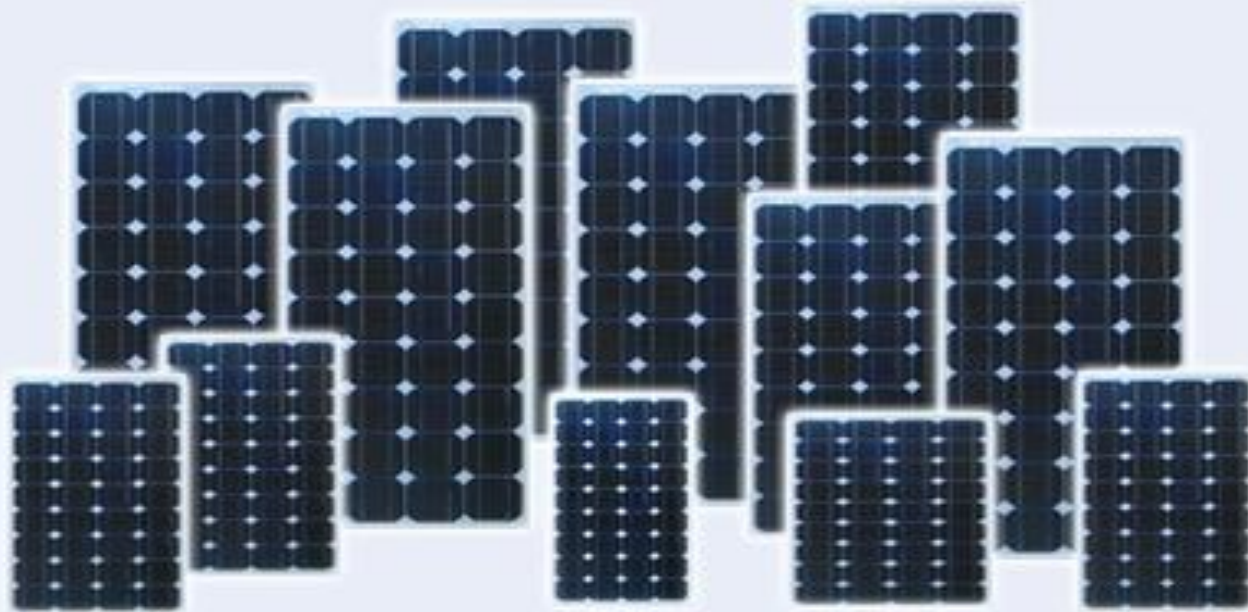
27.11.2024



KİM231 End.Kim.I -Doç. Dr.
Kamran POLAT

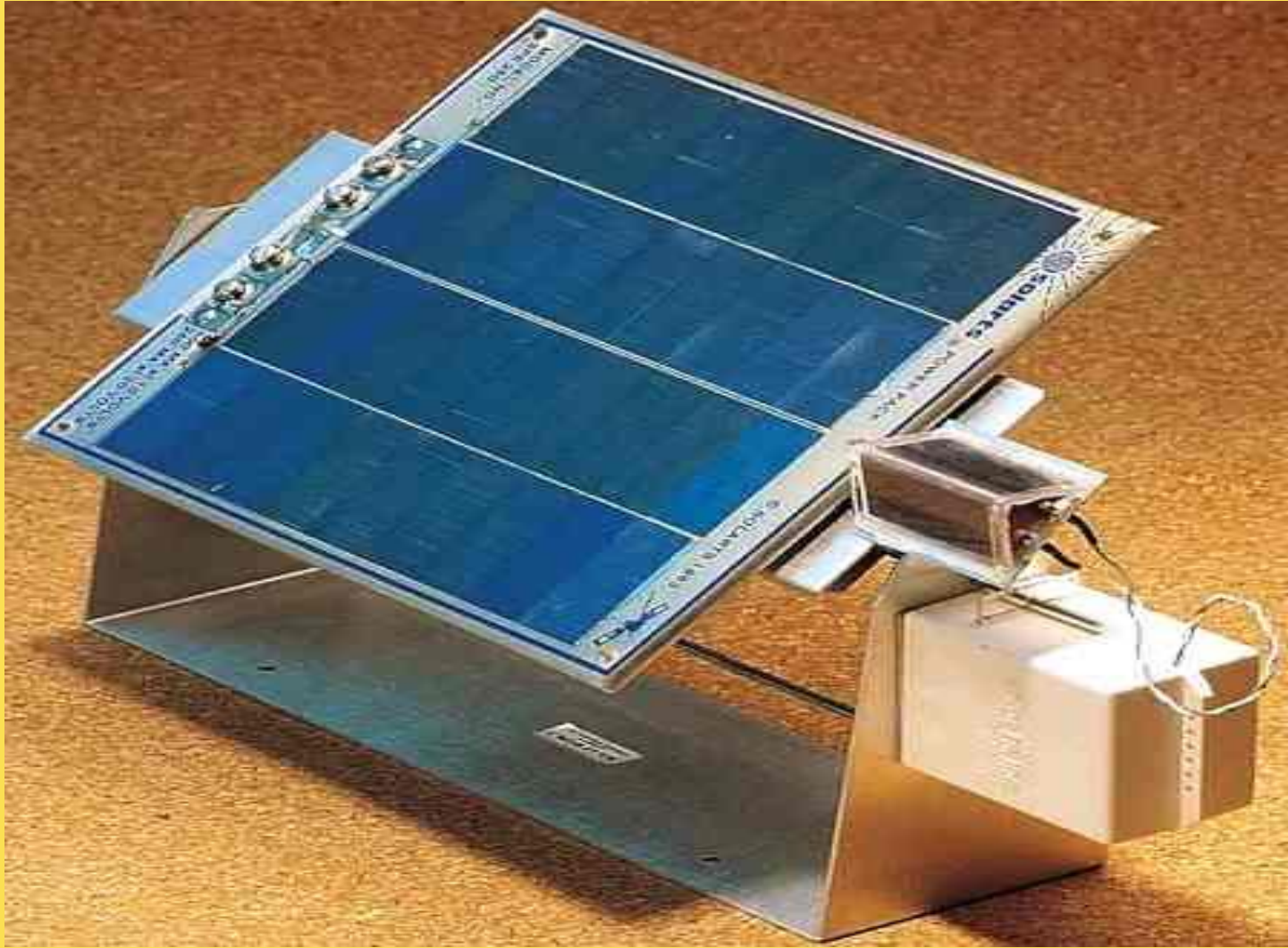
57

SOLAR PANEL



SERİ NO	GÜCÜ (WATT)	AÇIK DEVRE VOLTAJI (V)	KISA DEVRE AMPERİ	AĞIRLIK (Kg)	BOY (cm)	EN (cm)	DERİNLİK (cm)
P-001	10	21.0	0.66	1.75	441	290	38.5
P-002	18	21.0	1.19	2.5	540	450	38.5
P-003	37	21.0	2.44	4	631	538	38.5
P-004	75	21.0	4.96	7.5	1206	540	38.5
P-005	100	21.0	6.6	12	1415	635	38.5





- **Hollanda** ise 1 adet ve 482 MW gücünde nükleer enerji santraline sahip bir avrupa ülkesidir. Toplam enerjisinin %3,79'u bu kaynak ile karşılanmaktadır.
- **Pakistan** da toplam 425 MW gücünde 2 nükleer santral vardır. Ve enerjisinin %1,9'u nükleerden karşılanmaktadır.
- **Romanya** da 2 adet nükleer güç reaktörü vardır. Bunların toplam gücü 1.300 MW ile enerjisinin %17,53 ü karşılanmaktadır.
- **Rusya** da 31 adet nükleer santral vardır. Bu santraller 21.743 MW güce sahiptir ve Rusyanın enerjisinin %16,85'ini oluşturmaktadır.
- **Slovakya** 4 tane nükleer santrale sahip bir diğer ülkedir. Bu santrallerin toplam gücü 1.711 MW'tır. Slovaklar enerjilerinin %56,41 kadarını nükleer enerji ile karşılamaktadır.
- **Slovenya** da 666 MW gücünde 1 adet nükleer reaktör vardır. Bu reaktör Slovenya enerji ihtiyacının %41,7'sini karşılayabilmektedir.
- **Güney Afrika** ise 2 tane reaktör ile enerji ihtiyacının %5,24'ünü nükleer enerji den karşılayan bir başka ülkedir. Toplam nükleer santrallerin kurulu gücü ise 1.800 MW'tır.
- **İspanya** 8 adet nükleer enerji reaktörüne sahiptir. Bu reaktörler 7.450 MW gücündedir. Enerjinin ise %18,26'sı bu reaktörlerden karşılanmaktadır.
- **İsveç** 'te 10 tane nükleer reaktör vardır. Kurulu güçleri ise 8.996 MW ve enerjiyi karşılama oranı %42,03 'tür.
- **İsviçre** ise enerjisinin %39,21'ini 5 tane nükleer reaktör ile sağlamaktadır. Bu reaktörler 3.220 MW kurulu güce sahiptir.
- **İngiltere** de 19 adet nükleer enerji santrali vardır. Bu santraller ile ingiltere enerji ihtiyacının %13,44'ünü karşılamaktadır. Toplam nükleer santrallerin kurulu gücü 10.097 MW kadardır.
- **Ukrayna** 15 tane nükleer güç santraline sahiptir. Bu santraller 13.107 MW güce sahiptir. Ve ukraynanın enerjisinin %47,39 kadarı bu reaktörler ile elde edilmektedir.
- **ABD (Amerika Birleşik Devletleri)** dünyada nükleer enerjiyi en fazla kullanan ülkedir. ABD'de bulunan nükleer enerji santrallerinin sayısı 104 tanedir. Bu nükleer güç reaktörleri toplam 100.683 MW kurulu güce sahiptir. Ve amerikanın enerji ihtiyacının %19,65 kadarı nükleer enerji ile karşılanmaktadır.