

HİDROJEN ENERJİSİ VE GELECEĞİ

ÖĞR.GÖR. LEVENT GÖKREM
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
TOKAT

DÜNYA ENERJİ KULLANIMI (2004)

- **Fosil Yakıtları** (%86 enerji; %65.5 elektrik)
 - Kömür (%24)
 - Petrol (%38)
 - Doğal Gas (%24)
 - Fosil yakıtların kaynakları sınırlıdır, ve çevreyi kirletirler.
 - CO₂ gibi sera gazları global iklim değişimine sebep olmaktadır.
- **Nükleer Enerji** (%6 enerji; %16 elektrik)
 - Pahalı ilk yatırım
 - Radyoaktif atık
 - Toplum tepkisi, evham
- **Yenilenebilir Enerji** (%8 enerji; %18.5 elektrik (hidro %17))
 - Çevre dostu, temiz
 - Sonsuz kaynak

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

- Güneş enerjisi (aslen nükleer 'Füzyon' enerjisi)
- Rüzgar enerjisi
- Jeotermal enerji
- Hidroelektrik enerji
- Biyoenerji (katı, sıvı, gaz)
- Hidrojen (taşıyıcı olarak)
- Dalga, gel-git, ve okyanus termal enerjileri

Avrupa Birliği:

- Yenilenebilir enerji oranı: %5 (ABD: %8)
- 2010 hedefi: 12%

TÜRKİYE BİRİNCİL ENERJİ ÜRETİMİ ve TÜKETİMİ

Enerji Türü	Tüketim	Üretim	Üretim/Tüketim
Taş Kömürü (BinTon)	11.039	2.357	%21.4
Linyit (BinTon)	64.883	64.883	
Doğal Gaz (Milyon m ³)	16.339	312	%1.9
Petrol (BinTon)	29.661	2.551	%8.6
Hidrolik (GWh)	24.010	24.010	
Rüzgar (GWh)	152	152	
Jeotermal Isı (BinTEP)	618	618	
Odun (BinTon)	16.263	16.263	
Hayv+Bitki Art. (BinTon)	5.790	5.790	
Güneş (BinTEP)	287	287	
TOPLAM (BinTEP)	77.044	26.266	%34.1 (2001)
	78.711	24.727	%31.4 (2002)
	83.804	23.812	%28.4 (2003)
	87.580	24.259	%27.7 (2004)

HİDROJEN

- Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. -252.77°C 'da sıvı hale getirilebilir. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır.

- Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısı değeri 140.9 MJ/kg, alt ısı değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise **sudur**.

- Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere **atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır.**
- Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.

- **Güneş enerjisi**, hidrojeni diğer elementlerden ayırmak için ideal bir enerji kaynağıdır. Dolayısıyla Güneş enerjisi kullanılarak elde edilmiş hidrojen yakıtı sonsuza kadar temiz enerji sağlayabilecek bir yakıttır.
- Mevcut koşullarda diğer yakıtlardan yaklaşık **üç kat pahalıdır**.

- Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak su, fosil yakıtlar ve biyokütle gibi değişik hammaddelerden üretilebilen sentetik bir yakıttır. Üretilmesi aşamasında buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, fotosüreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi alternatif birçok hidrojen üretim teknolojileri mevcuttur.
- Üretilen hidrojen boru hatları veya tankerler ile büyük mesafelere taşınabilir (birçok durumda elektrikten daha ekonomik ve verimlidir).

- Dünyanın enerji gereksiniminin büyük bölümünü karşılayan fosil kaynaklar hem gittikçe azalmakta hem de çok ciddi çevre ve hava kirliliğine sebep olmaktadır. Hidrojen, bir enerji taşıyıcısı olarak bu sorunların çözümü için bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu sebeple son yıllarda hidrojen enerjisi üzerinde yoğun araştırma ve geliştirme faaliyeti sürdürülmektedir.
- Temiz ve yenilenebilir hidrojen enerjisinin dünyanın artan enerji gereksinimini karşılayacağı bir gelecek için gelişmiş ülkeler çok yoğun bir şekilde büyük ölçekli teknolojik araştırma ve geliştirme programları yürütmektedirler.

- Hidrojen yakıtının en önemli kullanım alanı ulaşım sektörü (otomobil, otobüs, uçak, tren ve diğer taşıtlar) olmaktadır. Hidrojen halen bir yakıt olarak uzay mekiği ve roketlerde kullanılmaktadır. Düşünülen diğer kullanım yerleri ise mobil uygulamalar (cep telefonu, bilgisayar, vs) ve yerleşik uygulamalar (yedek güç üniteleri, uzak mekanlarda güç gereksinimi, vs) dir.
- Hidrojen enerjisi konusunda son yıllarda meydana gelen gelişmeler, 2010 yılından itibaren hızlanan bir süreç içinde hidrojenin özellikle ulaşım sektöründe diğer yakıtların yerine geçeceği bir geleceği işaret etmektedir. Bu vizyonda hidrojenin çeşitli üretim yerlerinden kullanım yerlerine ulaşması için gereken dağıtım altyapısı ve hidrojen istasyonları da yer almaktadır.

HİDROJEN ENERJİ SİSTEMİ

- Hidrojen enerji sistemi şu kısımlardan oluşur:
 - Hidrojen üretimi
 - Depolama ve iletim
 - Enerji çevrimi

Hidrojen Üretimi

Hidrojen üretme teknolojileri şöyle sayılabilir:

- 1. Kömür, doğalgaz, benzin gibi fosil yakıtlardan termokimyasal yöntemlerle hidrojen elde edilmesi. Buharla reaksiyon yöntemi en çok kullanılan yöntemdir. Burada fosil yakıt bir nikel esaslı katalizör vasıtası ile buharla reaksiyona girer ve hidrojen açığa çıkar. Ayrıca biomas'dan prolez yöntemi ile elde edilen bio-yag'dan da benzer şekilde buharla reaksiyon ile hidrojen elde edilir.
- 2. Suyun elektrolizi ile hidrojen elde edilmesi. Elektrik enerjisi kullanarak su hidrojen ve oksijene ayrılır.
- 3. Fotoelektrokimyasal yöntemle güneş enerjisinden hidrojen elde etme. Elektroliz yönteminin bir benzeridir. Elektrik akımı suya batırılmış güneş pillerinden elde edilir. Normal elektroliz yönteminden daha verimlidir.

- 4. Fotobiyolojik yöntemle yeşil yosunlardan doğal fotosentez faaliyetlerinden faydalanarak hidrojen elde etme.
- 5. Çeşitli hidrit bileşiklerinden kimyasal yöntemlerle hidrojen elde etme. Bunların en önemlisi sodyum borohidrit'tir.

Hidrojen halen en ucuz olarak fosil yakıtlardan buharla reaksiyon yöntemi ile elde edilmektedir. Ancak bu yöntem fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltmamakta ve aynı zamanda hava kirliliğine sebep olmaktadır. Diğer en çok kullanılan yöntem elektolizle suyun ayrıştırılmasıdır. Elektroliz yönteminin ve diğer yöntemlerin verimlerinin artırılması ve üretim maliyetlerinin azaltılması için yoğun araştırmalar yapılmaktadır.

Hidrojenin Depolanması ve İletimi

- Hidrojen, gaz halinde, sıvı halinde veya bir kimyasal bileşik içinde depolanabilir. Daha çok gaz halinde saklanmaktadır. Fakat düşük yoğunluklu olduğundan çok yer kaplar. Bunun için basınçlı tanklarda ve tüplerde sıkıştırılmış olarak saklanır. Tank malzemeleri hafiflik ve güvenlik açılarından geliştirilmektedir.
- Sıvı hidrojen daha az yer kaplar. Fakat hidrojenin sıvılaştırılması için çok yüksek enerji (sıvılaştırılan hidrojenin enerji değerinin 1/3'ü kadar) gerekir.
- Katı şekilde hidrojen depolaması için metal hidritler kullanılmaktadır. Hidrojen gazı metal hidrit tarafından sünger gibi çekilerek gözenekleri içinde depolanır. Ancak metal hidritler çok ağırdır. On kat daha hafif malzeme olarak karbon nanoyapıları geliştirilmektedir.

Hidrojenden Enerji Elde Edilmesi

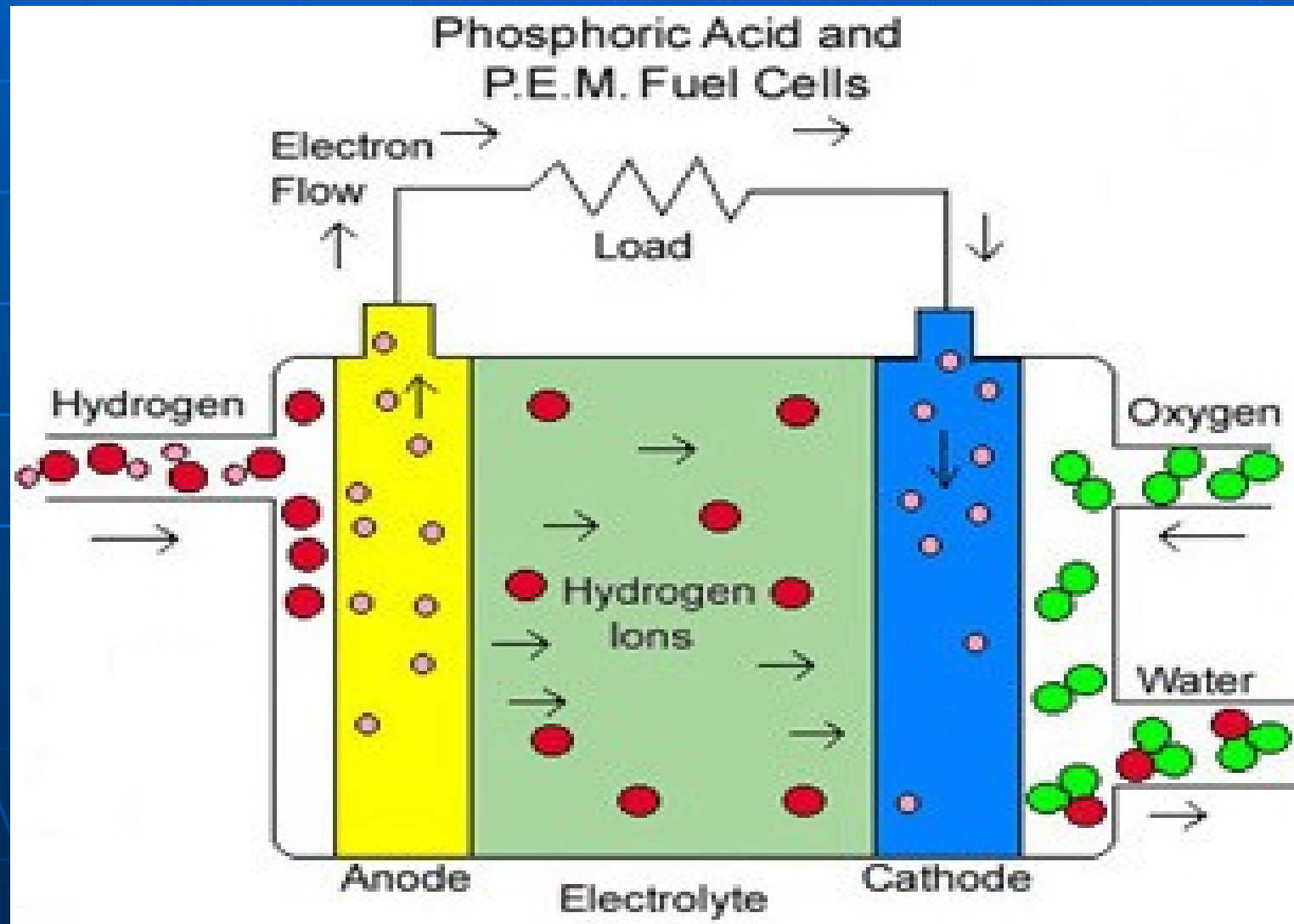
Hidrojenden şu yöntemlerle enerji elde edilir:

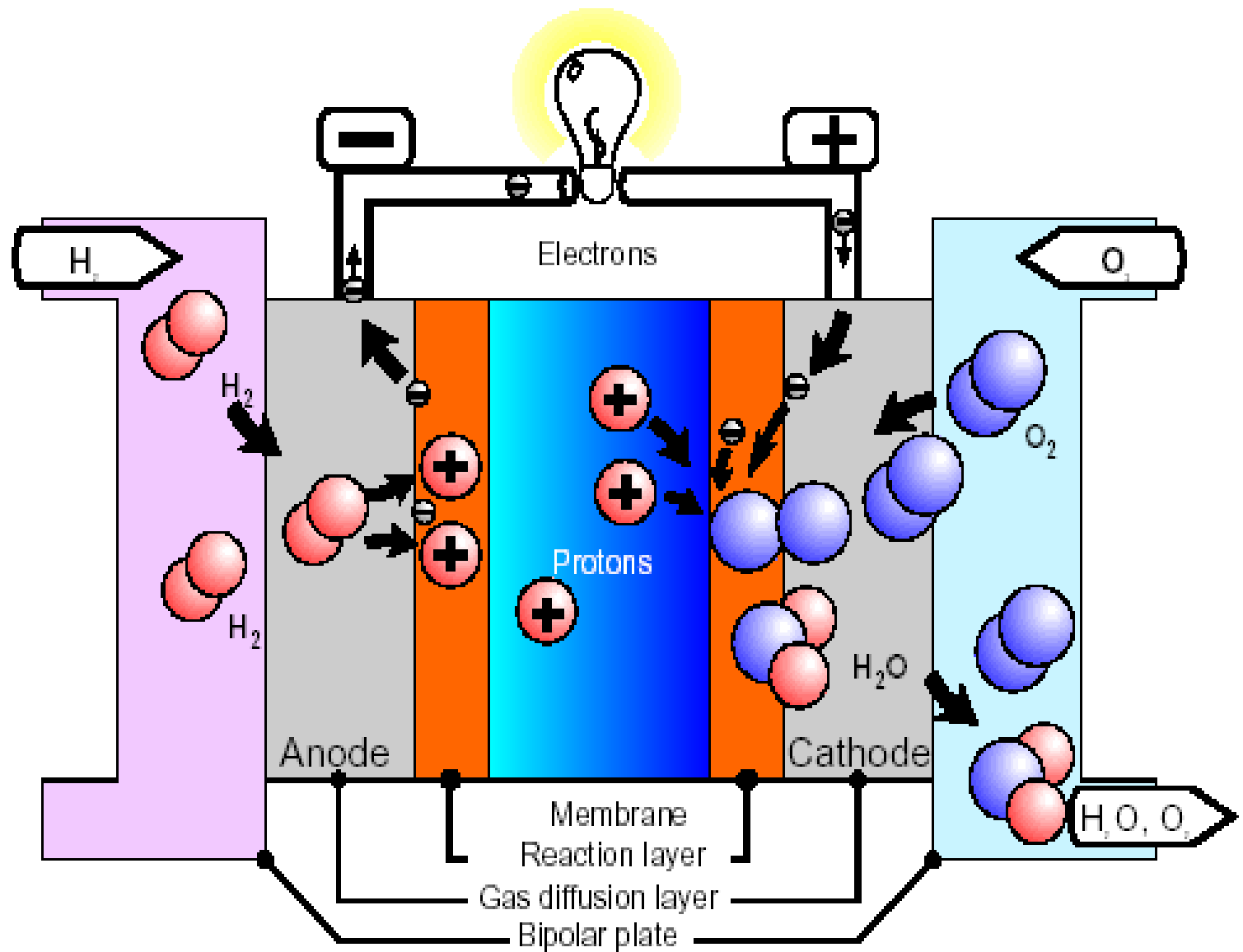
- Yakma: Hidrojen benzin ve doğal gaz gibi yakılabilir. Benzin ve doğal gaza üstünlüğü emisyonlarının azlığıdır. Karbondioksit çıkmaz. Sadece benzin ve doğal gaza göre çok az miktarda NOx çıkar. Askeri ve endüstriyel amaçlar için hidrojen gaz türbinleri ve arabalar için içten yanmalı motorlar geliştirilmektedir.
- Yakıt pili: Yakıt pili elektrolizin tersidir. Hidrojen ve havadaki oksijen birleştirilerek elektrik akımı elde edilir. Özellikle otomobiller olmak üzere bütün uygulamalarda tercih edilen yöntemdir. Hidrojeni yakmaya göre daha verimlidir. Çevreye zararlı hiç emisyonu yoktur. Çeşitli yakıt pili tipleri vardır. Bunlar anod ve katod arasındaki elektrolit malzemeye göre farklılık gösterir.

Yakıt Pilleri

Motorlu taşıtlarda kullanılan enerji üretim ve iletim sistemleri mekanik olup, sistemde yakıt yakılarak enerji üretilmektedir. Bu üretilen enerjinin ancak taşıtın hareketine harcanan kısmı %20 kadardır. Bu sistemlerde enerji üretici olarak içten yanmalı motorlar kullanılmakta ve kullanılan enerjinin %25-30' u mekanik enerjiye çevrilebilmekte, büyük bir kısmı olan %70' i ise kullanılmadan atılmaktadır. Bunun yanında dışarı atılan gazlar gerek çevreye ve gerekse ozon tabakasına zarar vermektedir. Bu zararlar ve enerjinin tamamına yakın kısmının kullanılmadan atılması taşıt üreticilerini ve ilgili çevreleri oldukça rahatsız etmiştir. Daha fazla enerjiden yararlanmak, temiz enerji elde etmek için alternatif enerji dönüşüm sistemleri ve enerji kaynakları araştırılmaktadır. Bunlardan biri de yakıt pilleridir. Yakıt pilleri sabit tesislerde kullanılmanın yanında mobil olarak taşınabilmesi özelliği dolayısıyla taşıtlarda kullanılması için yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

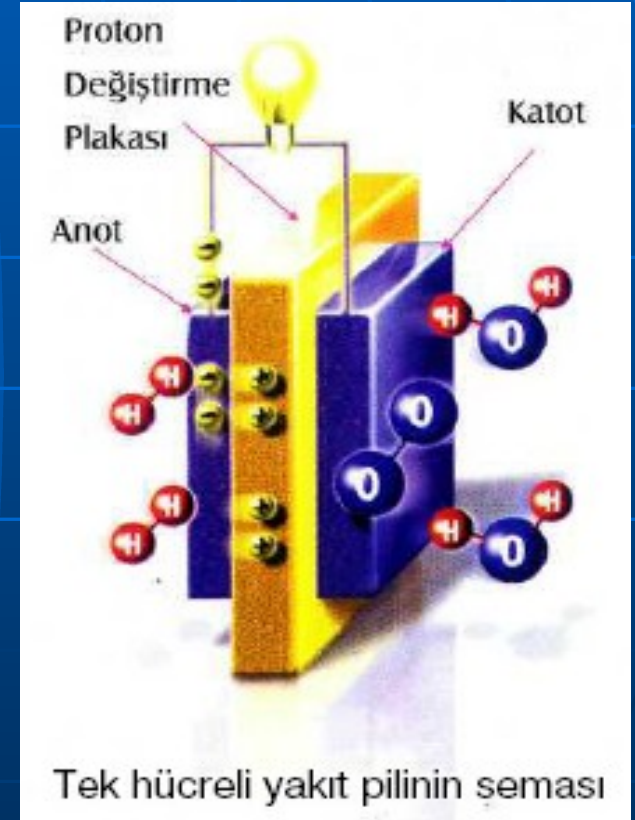
Yakıt Pilinin Yapısı





Yakıt pilleri (Fuel Cell) nasıl çalışır?

- Yakıt pillerini çalışma özelliklerine görebir çok çeşitleri olmakla birlikte en çok kullanılan tipi PEMFC (proton değişimmembran) tipidir. Sistem üç ana parçadan meydana gelir. Anot, membran ve katot. Anot'a gelen hidrojen molekülleri önce proton ve Tek hücreli yakıt pilinin seması elektronlarına ayrılır. Proton ortada bulunan membran tarafından çekilir ve membrandan geçerek katotta bulunan havanın içindeki oksijen ile birleşir. Anotta biriken elektronlar ,anot ile katot arasında dışarıdan kurulan bir kapalı devre teşkil edildiğinde, bu devre üzerinden akarak, katotta birleşip saf su meydana getirerek bu çevrimde, ısı, saf su ve elektrik enerjisi elde edilerek çevrim tamamlanır.



Yakıt Pili Çeşitleri

- Elimizdeki literatürlerden anlaşıldığı kadarıyla 1839 yılında ilk yakıt pilinin yapıldığı anlaşılmaktadır. İngiltere Swansea'da yaşayan Avukat William Grove yakıt pillerinin gerçek mucididir. Seyretilik sülfürik asit ile yaptığı ilk hidrojen-oksijen yakıt pili 1839 yılında Philosophical Magazine dergisinde yayınlanmıştır. Ne var ki kullanılabilir bir elektrik üretici olarak görülmediğinden 1950' lere değin unutulmuş. Bu tarihte, yakıt hücreleri uzay uygulamalarında kullanılabileceği düşüncesiyle NASA'nın ilgisini çekmiştir. Bunun nedeni uzay araçlarındaki aygıtların çalışması için elektrik enerjisi gerekiyor olmasıdır.
- Yeterli teknolojik üretim tesislerinin olmaması veya üretim oldukça zor olması dolayısı ile yakıt pili yapımı yıllarca çok yavaş ilerlemiş, fakat 60'lı yıllarda General Electric firması Gemini ve Apollo uzay kapsüllerinde uzay gemisinin elektrik gücünü ve astronotların su ihtiyaçlarını karşılamak için yakıt pillerinin ilk pratik uygulamasını yapmıştır. Sir William Grove 20 tarafından bulunan Yakıt pili, 1839 yılından itibaren çeşitli tipleri geliştirilmiştir. Çeşitli Yakıt Pili tiplerinin önemli özelliklerinin bazıları Tablo' da verilmiştir.

Yakıt Pillerinin Karşılaştırılması

Yakıt Pili Tipleri	Çalışma Sıcaklığı (C)	Güç Yoğunluğu (kW/litre)	CO Toleransı	CO Toleransı
Katı Oksit	1000	1-4	Var	İyi
Erimiş Karbonat	600	-	Var	İyi
Fosforik Asit	150-205	0,16	Var	Orta
Alkalin	65-220	0,1-1,5	Var	Fakir
Katı Polimer	25-120	0,1-1,5	Var	Fakir
Mark 700	70-80	0,92	Var	İyi
Mark 900	70-85	1,23	Var	İyi

- Genel olarak yakıt pilleri çalışma sıcaklıkları bakımından iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar; düşük sıcaklıklı ve yüksek sıcaklıklı yakıt pilleridir. Düşük sıcaklıklı yakıt pilleri; Alkalın, Katı polimer ve Mark 700-900 yakıt pilleri gibi çeşitlere ayrılırken yüksek sıcaklıklı yakıt pilleri; Erimiş karbonatlı yakıt pilleri (MCFCs), Fosforik asit yakıt pilleri (PAFCs), Katı oksit yakıt pilleri (SOFCs) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.
- Bugünkü uygulamalarda çoğunlukla Alkalın yakıt pilleri ve Fosforik asit yakıt pilleri kullanılmaktadır. Alkalın yakıt pilleri Amerikalılar tarafından geniş bir alanda kullanılırken, Fosforik asit yakıt pilleri ise uzay çalışmalarında tercih edilmektedir. Taşıtlara yönelik uygulamalar için Katı polimer yakıt pili (PEM) kullanılmaktadır. Sabit tesis enerji üretim santralleri için ise Katı oksit yakıt pili (SOFC) ve Erimiş karbonat yakıt pili (MCFC) kullanılmaktadır.

Dünyada Hidrojen Çalışmaları

- Hidrojen sisteminin gelişimi ile ilgili olarak gelişmiş ülkelerde kamu kuruluşlarının ve otomotiv şirketlerinin yoğun faaliyetleri vardır. Bu çalışmalar gittikçe daha çok kaynak ayrılarak artmaktadır. ABD, AB ülkeleri ve Japonya'da üretim yapan otomobil ve otobüs firmalarının hemen hemen tümü yakıt pilli prototip modellerini geliştirmektedirler. Ayrıca hidrojen yakıtlı içten yanmalı motorlu modeller de geliştirilmektedir. Bu prototipler araştırma amaçlı olup, oluşabilecek problemleri görmek ve gidermek içindir. Ayrıca Airbus ve NASA da hidrojen ile çalışacak gaz türbinli ve yakıt pilli yolcu uçağı geliştirmek için yoğun çalışmalar yapmaktadırlar. Almanya, Rusya ve ABD yeni denizaltılar için hidrojen yakıt pilli uygulamalarına geçmişlerdir.
- Ford, Opel, Honda, Mazda, Nissan, Toyota ve Daimler-Crysler yakıt pilli ilk modellerini 2003'den başlayarak çıkaracaklardır. Yakıt pilli arabalardaki önemli bir sorun hidrojen deposudur. Hidrojen deposu hem büyük hem ağır olmaktadır. Ayrıca yüksek basınçlı olduğundan kaza sırasında tehlike arz etmektedir. (Honda 2003 ve Ford 2004 hidrojen depolu, Daimler-Crysler 2004 sıvı hidrojen depolu, Ford 2004 ve Toyota 2003 basınçlı hidrojen depolu olarak yapılmaktadır.)
- Bir alternatif, depo yerine hidrojeni bir sünger gibi emen metal hidritler kullanılmasıdır (Toyota 2004). Hidrojen, yakıt pilinden çıkan artık ısı kullanılarak metal hidritin ısıtılması ile metal hidritten ayrılır. Ancak bunlar da ağırdır ve kapasiteleri az olmaktadır. Bir diğer seçenek hidrojenin arabanın üzerinde elde edilmesidir. Bunun için benzin ve metanol gibi yakıtlardan buharla reaksiyon yöntemi ile hidrojen elde eden sistemler geliştirilmiştir (Honda 2003, Nissan 2003, Mazda 2005, Toyota 2004, Opel 2004). Ancak bu sistemler çok yer kaplamaktadır.

- Hidrojenin arabanın üzerinde elde edilmesi için geliştirilen en uygun yöntemlerden biri ise sodyum borohidritin yakıt olarak kullanıldığı yöntemdir ve Daimler-Crysler'ın bir modelinde geliştirilmektedir. Bor türevini yakıt olarak kullanan bu model özellikle ülkemiz açısından önemlidir. Çünkü dünyadaki en zengin bor kaynakları ülkemizdedir.

■ Dünyada çeşitli ülkelerde hidrojen enerji araştırmaları yapılmaktadır. Brezilya ve Güney Amerika'da en büyük hidrojen tesisi Haipu'dur. Burada elektrolitik hidrojen üretilir. Üretilen hidrojen gazdır. Japonya'da WE-NET (World Energy Network)projesi ile Tokyo metropoliten bölgesinde hidrojen kullanımı ile oluşacak azot oksit emisyonundaki azalma potansiyeli araştırılmaktadır. WE-NET Programı Japonya'nın Uluslar arası Ticaret ve Endüstri Bakanlığınca desteklenmektedir. Bu programda Japonya hidrojen enerji sisteminde ilerleme sağlamak üzere 2020 yılına kadar 4 milyar\$ harcamayı planlamaktadır. Gelecekte de Pasifik denizinin ekvator bölgesinde yapay bir adada solar radyasyon kullanarak deniz suyundan elektrolizle hidrojen üretmeyi planlamaktadırlar.

- Almanya da ise Neurenburg yakınlarında mini bir hidrojen enerji sisteminin kurulduğu bir program yürütülmektedir. Solar-Wasserstoff-Bayern burada solar hidrojen tesisi, depolama sistemi ve hidrojen kullanma sistemleri kurmuştur. Almanya ayrıca Suudi Arabistan ile ortak yürüttüğü Hysolar programı ile Suudi Arabistan'ın Riyad yakınında solar hidrojen üretim tesisi kurulması planlanmaktadır. Suudi Arabistan ayrıca solar hidrojeni sürekli ihraç etmeyi planlamaktadır. Diğer uluslararası başarılı program Avrupa ve Kanada arasındaki Euro-Quebec'tir. Bu programda nispeten ucuz olan hidrojen üretilerek Kanada'dan Avrupa'ya ithal edilecek sıvı hidrojenin deniz aşırı taşınımı, depolanması ve kullanım alanları araştırılmaktadır. İzlanda da ise hükümet, üniversiteler, taşıma şirketleri, fabrikalar ve çok uluslu araba ve petrol şirketleri konsorsiyum oluşturmuş ve 2030 yılına kadar İzlanda'nın tamamen hidrojen ekonomisine geçmesini planlamışlardır. Bunlardan başka INTA solar hidrojen tesisi (İspanya), SAPHYS küçük ölçekli fotovoltaik-hidrojen enerji sistemi (İtalya, Almanya, Norveç) ve PHOEBUS pilot tesisi (Almanya) gibi birçok proje yürütülmektedir.

Son yıllarda hidrojenin kara taşıtlarında kullanımına yönelik olarak hidrojen yakıtını kullanan araçlar gösterime girmiştir. Yolcu araçlarında BMW (LH2), Renault (LH2) ve ZEVCO (CGH2); kamyonet tipi araçlarda Daimler-Benz (CGH2), Hamburg Hidrojen Derneği (CGH2), PSA (CGH2) ve ZEVCO (CGH2) ve şehir otobüslerinde ise Ansaldo (LH2), Daimler-Benz (CGH2), Hidrojen sistemleri (LH2), MAN (LH2 ve CGH2), Neoplan (CGH2) firmaları hidrojen ile çalışan araçlarını gösterime sokmuşlardır [8]. Bunlara ek olarak araçların %65'inin skoter (küçük motosiklet) olduğu Tayvan'da yakıt hücreli skoter kullanımı desteklenmekte ve ZES (sıfır emisyonlu skoter) Asya Pasifik Yakıt Hücre Teknolojisi Ltd. ve Kwang-Yang Motor Co. işbirliği ile üretilmektedir.

Petrol şirketlerinin enerji ortamı olarak hidrojene bakışları kuşku dolu olsa da son yıllarda bu bakış açısı değişmektedir. Bu şirketlerden Londra'da Royal Dutch Shell, Shell Hidrojen adını verdikleri şubelerine hidrojen

Daimler Chrysler 70 kişi taşıma kapasiteli “CITARO” adlı hidrojen enerjisi ile çalışan toplu taşıma aracı üretti

Daimler Chrysler Avrupa'nın en kalabalık 10 şehrine (Londra - Amsterdam - Luxembourg - Barcelona - Madrid - Reykjavik - Porto - Stockholm - Stuttgart - Hamburg) denenmek üzere birer Hidrojen yakıtı ile çalışan 0 emisyonlu 70 kişi taşıma kapasiteli “CITARO” adlı toplu taşıma aracı test etmek üzere veriyor. Bu otobüslerin düşük döşemeli oluşları yani yüksek tavanlı olması yolcular için büyük rahatlık sağlıyor. “CITARO”, 600 Volt 200 KW' lık bir elektrik motoru ile hareket etmektedir. Altı kademli hız kutusuna sahip ve 9 elik tüplük deposu 350 barda 40 kg hidrojen taşımaktadır.“CITARO”.fosil yakıtlı otobüslerin aksine statik halde iken elektrik ürettiğinden, ısıtma ve soğutma sistemlerini her an çalıştırabilme özelliğine sahip. Bu projenin amacı, her iklim koşulunda ve arazi



Daimler Chrysler (CITARO)

70 Kişilik 0 Emisyonlu Hidrojen Enerjisi ile alışan Toplu Taşıma Aracı

şartlarında araçların verimini test etmek. Bilindiğı üzere büyük şehirlerde trafik yoğunluğunda fosil yakıt kullanan toplu taşıma araçları büyük ölçüde egzozları ile büyük hava kirliliğine sebep olmaktadırlar. Hidrojen yakıtı ile çalışan araçlarda egzoz olarak az miktarda saf sudan başka bir şey çıkmamaktadır.



Hidrojen enerjisi dizüstü bilgisayardan sonra cep telefonlarına **uygulandı**

Üretici firmaların yeni geliştirdiği gazla çalışan yakıt pilleri sayesinde, cep telefonlarını ayda bir şarj etmenin yeterli olacağı

söyleniyor. Araştırmacıların geliştirdiği yakıt pilleri aslında, kemere takılabilecek kadar küçük bir elektrokimsyal enerji kaynağı. Metan gazı pilin içinde özel bir bölümde saklanırken, bir kimyasal reaksiyon sayesinde ısı, oksijen ve elektrik enerjisi açığa çıkartılıyor. Bu enerji de doğrudan cep telefonuna güç verdiği gibi, telefona takılı bir başka bataryayı da şarj edebiliyor. Tüm bu işlemleri gerçekleştirebilen 50 mm. genişliğinde, 101 mm. uzunluğunda ve 12 mm. inceliğinde bir cihaz geliştirebilmiş. Bu neredeyse ortalama bir cep telefonunun şarjı ile aynı boyutlara denk geliyor. Amerikalı firmanın yeni yakıt pillerini ticari kullanıma ne zaman sokacağı henüz belli değil. Mobil cihazlar için yeni enerji kaynakları arayan bir çok firma var. Tüketici elektroniği endüstrisi uzun zamandır nikel kadmiyum pillere alternatif arıyor. Uzmanlara göre yakıt pillerinin seri üretimine 2-4 yıl içerisinde geçilecek. 2010 yılında ise 200 milyon cep telefonu, avuçiçi cihaz ve dizüstü bilgisayarın yakıt pilleri tarafından çalıştırılacağı tahmin ediliyor.



Hidrojen enerjisi ile çalışan dizüstü bilgisayar



Hidrojen enerjisi ile çalışan cep telefonu

Hidrojen Enerjisi ile alışan Bisiklet

Hidrojen enerjisi ile çalışan bisiklet, toplumun bütün katmanlarının geleceğin enerjisi olan hidrojenden geniş bir şekilde istifade edebileceğinin açık bir göstergesidir. Bundan böyle bisiklet srcleride seyahatlerinde kendi enerjilerini tüketmek zorunda kalmıyacaktır. Fotoğrafta bu hizmeti vermek için dizayn edilmiş hidrojen enerjisi ile çalışan bisiklet grlmektedir.



George W. Bush Hidrojen Enerjisi ile İlgili Gelişmeleri Yakinen Takip Ediyor

ABD'de hidrojen teknolojileri devlet politikası olarak ivedilikle ele alınmaktadır. Bu fotoğrafta ABD Devlet Başkanı George W. Bush hidrojen enerji sistemlerinde Dünya lideri olan UTCFuelCells Firması Başkanı Mr. William Miller'den yeni üretim PEMFC (Proton Exchange Membran Fuel Cells) sistemleri hakkında bilgi alırken görölmektedir. Dileriz bu fotoğraftan bizim Devlet yöneticilerimizde gerekli mesajı çıkartabilsinler.



Hidrojen Enerji Sistemlerinde Yeni Gelişmeler

Dünyanın en büyük hidrojen enerji sistemleri üreticisi Ballard portatif 1200 Wattlık 13 kg. ağırlığındayardımıcı güç kaynağı üretti. Dünyada katı yakıt pilleri ve buna bağılı olarak motor sürücü sistemleri üretimde lider konumda olan Ballard, Daimler Crysler ve Ford için komple sistem üretmektedir. Ayrıca Ballard firması elektrik enerji sektörü devlerinden Alstom ile ortak olarak güç üniteleri üretmeye başlamıştır.



200 KW Sabit Hidrojen Yakıt Pili'nin Uygulamaları Yaygınlaşıyor



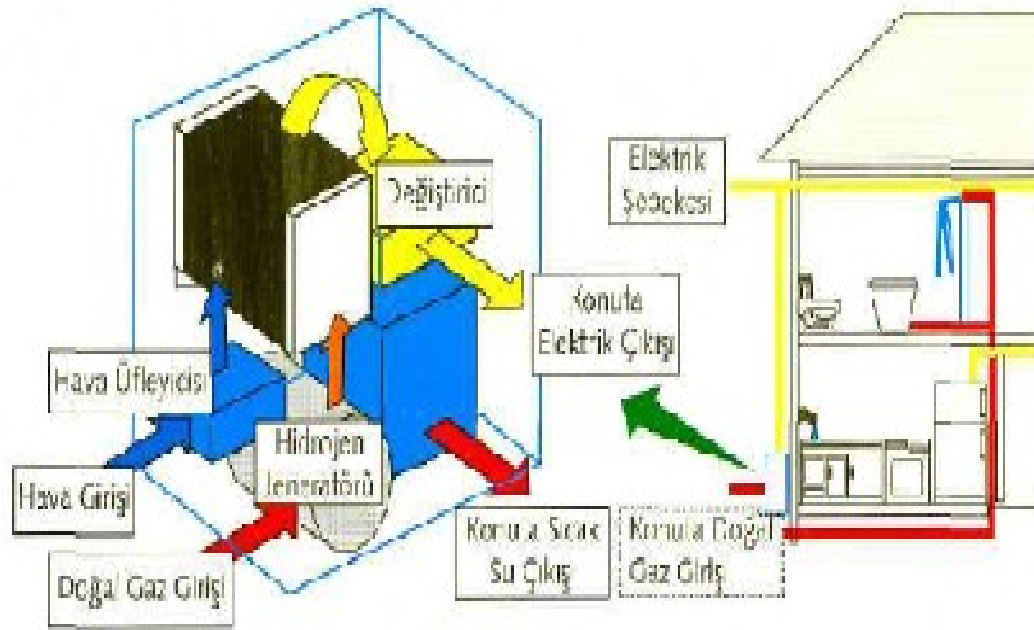
Alaska'da USPS Merkezinde UTC Fuel Cell'in 5 adet 200 KW elektrik gücü 900.000 BTU Kapasiteli hidrojen enerjili yakıt pili uygulaması görülmektedir.

çalışmaktadır. Fotoğrafta USPS serisinin Alaska Ünitesine monte edilmiş 5 adet PC25 faal vaziyette görülmektedir

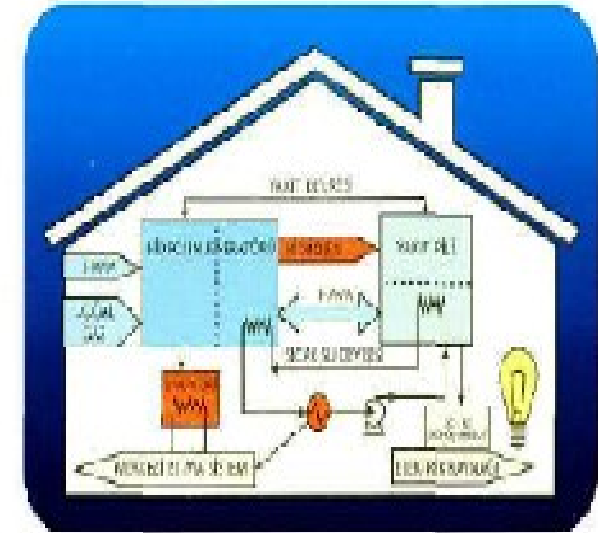
UTC Fuel Cell dünyanın en büyük yakıt pili üreticisidir. NASA Uzay merkezinin yakıt pilleri ihtiyacını 40 yıldan beri karşılamaktadır.

UTC Fuel Cell ticari maksatlı sabit büyük güçlü yakıt pilleri üretmektedir. Son olarak piyasaya sürüldüğü PC 25 tipi hücreleri 200 KW ve 900.000 BTU gücünde elektrik enerjisi ve ısıtma sağlamaktadır. Şu ana kadar 19 ülkede 245 adet ünite monte edilmiş ve problemsiz

Hidrojen Enerjisinin Konutlara Uygulanması



Konutlara uygulanan hidrojen enerji sisteminin yapı şeması



Hidrojen Enerjisinin konut içinde devirdaim şeması

Konutlarda uygulanan Hidrojen Enerjisi Sistemleri Şekilde görüldüğü gibi 5 Üniteden Meydana gelmektedir. 1 Yakıt Pili 2 Doğru akımı değişken akıma çeviren değiştirici 3 Doğal gazdan hidrojen üreten hidrojen jeneratörü 4 Yakıt pilini açık havadaki oksijen ile besleyen hava üfleme 5 Sıcak su üreten ısı radyatörü. Sistemin çalışması doğal gaz şebekesinden alınan gazdan hidrojen üretilerek yakıt piline gönderilir. Hava üfleme açık havadaki oksijeni yakıt piline göndererek hidrojenle oksijenin yakıt pili içerisinde birleşmesi sağlanır. Bunun sonucu olarak ortaya elektrik enerjisi, sıcak su ve ısı çıkar. Elektrik enerjisi konutun elektrik ihtiyacını karşıladığı gibi yakıt pilindeki ısı su ısıtmada ya da konutun ısıtılmasında kullanılır. Bu sistemler ulusal sistemlere paralel çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Aşırı enerji talebinde yakıt pilinin gücünün üstüne çıkan elektrik enerjisi talebi şebekeden karşılanır. Sistemin en büyük avantajı ulusal şebekelerde meydana gelen elektrik kırıntılarından ve dalgalanmalardan etkilenmemesidir. Konutlara hidrojen enerji sistemleri uygulamada genellikle 1KW, 2KW, 5KW, 10 KW'lık üniteler üretilmektedir.

Hidrojen ile İlgili Dünyadaki Gelişmeler

QUEBEC'ten 100 MW Hidrolik Güç Hidrojene Çevrilip Avrupa'ya Taşınıyor

Avrupa topluluğu ile Kanada Quebec hükümeti 100 MW'lık hidroelektrik gücünün hidrojene çevrilerek Avrupa'ya nakli için fizibilite çalışmaları yapıyorlar. Hidroelektrik fazlalığı bulunan Quebec hükümeti fazla elektrik enerjisini elektroliz yolu ile hidrojen çevirip tankerler ile Avrupa'ya ulaştırılması planlanıyor. Bu projede Hidrojenin ne kadar kullanışlı bir özelliğe sahip olduğunu bizlere kanıtlıyor. Hidrolik potansiyelden, güneş enerjisinden veya rüzgar enerjisinden elde edilen düzensiz enerji türleri, hidrojene çevrilme sureti ile istediğiniz zaman kullanmak üzere stoklayabiliyorsunuz. İhtiyaçınız olduğunda ister mutfağınızda yemek pişirin, isterseniz elektriğe çevirip TV seyrederin.

Suudi Arabistan Dünyanın En Büyük Hidrojen Üreticisi Olma Yolunda

Hysolar programı çerçevesinde güneş enerjisinden hidrojen üretimi için Almanya ve Suudi Arabistan tarafından büyük yatırımlar yapılmaktadır. Riyad'da güneş enerjisinden hidrojen üreten bir pilot tesis kurulmuş ve şu anda çalışmaktadır. Petrol üretimi ve tüketimi azaldıkça Suudi Arabistan gelecekte hidrojen satmayı planlamaktadır.

İzlanda Her Türlü Enerji İhtiyacını 2030 Yılına Kadar Hidrojenden Sağlama Yolunda Projeyi Uygulamaya Koydu

Hidrojen Enerjisine geçmek için İzlanda milletlerarası konsorsiyum kurdu. Bu konsorsiyumda İzlanda Hükümeti , üniversiteler, İzlandalı ve çok uluslu şirketler yer alıyor. Bu projeye göre İzlanda 2030 Yılına kadar tamamen hidrojen enerjisine geçmiş olacak. Gerekli hidrojen, su ve jeotermik enerji kaynaklarından üretilecek.

General Motors 2002 Hannover Fuarında hidrojen ile çalışan Opel Zafira marka otomobilini teşhir etti

Dünya otomotiv sektörü devlerinden General Motors 2002 Hannover Fuarında hidrojen ile çalışan Opel Zafira marka otomobilini teşhir etti. Kesit olarak tesir edilen otomobil hidrojen enerjisi ile çalışan otomobiller hakkında ziyaretçilere doyurucu bilgiler aktarmış oldu.



Hannover Fuarında Bu yıl sergilenen General Motors Firmasının Hidrojen yakıtlı otomobili görülmüştür.

BMW hidrojenli
Kamyonlar
Sedano suyu pompası
2002'de yeni çelik
Yakıt
Araç motorları
Araçlar
Küçük motorlar



Hydrogen
Motor
Kamyon
Sedano suyu pompası
2002'de yeni çelik
Yakıt
Araç motorları
Araçlar
Küçük motorlar

Hidrojen Yakıtlı Opel Zafira'nın Yakıt Pili, Yakıt Tankı ve aksesuarlarını şematik gösterimi

HİDROJENİN DİĞER YAKITLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

- Ulaşımda kullanılan enerji türlerinde hızlı bir değişim çağı yaşanır. Hidrojen Yakıt Pili ile çalışan yeni taşıtlar geleceğin farklı yolcu taşımacılığı hakkında köklü bakış sunmaktadır. Çünkü, geleceğin yakıtı yenilenebilir ve çevre kirliliğinden bağımsız olarak çalışabilir.
- Batarya ile çalışan elektrikli otomobiller gibi diğer yakıt ve otomobil teknolojileri yanında hidrojenle çalışan taşıtlar ulaşım yakıtı olarak kullanılan petrolün alternatifidir. Bu alternatif çevre ve enerji problemlerine çözümler sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidrojen fazla miktarda üretilebilir olması ve kirliliğin çok az olması sebebi ile gelecek için desteklenebilecek bir yakıttır.
- Hidrojen teknolojisi birkaç yıl sonra kullanılabilir duruma gelecektir. Doğal gaz bu sürecin daha kısa ve kolay olmasını sağlayabilir. Hidrojen; doğal gaz, petrol ve diğer enerji taşıyıcılarına oranla daha kullanışlıdır. Doğal gaz benzine oranla karbon monoksit ve toksit hava kirleticilerinde % 95, hidrokarbon emisyonunda % 80, azot oksit emisyonunda % 30' luk bir azalma sağlar. Böylece küresel iklim değişimlerini

- Hidrojen ve doğalgaz ortak yönleri sahiptir.
 - Doğal gaz ve hidrojen içten yanmalı motorlarda kullanılabilir.
 - Hidrojen doğalgazla birlikte temiz kullanım imkanı sağlayabilir.
 - Her ikisinde de benzer depolama ve doldurma teknolojileri kullanılabilir.
 - Doğalgazdan hidrojen üretimi yapılabilir.
- Hidrojeni üretim, dağıtım, kullanım ve güvenlik bakımından benzinle karşılaştırıldığında bazı avantajlara sahiptir. Öncelikle temizdir, yenilenebilir şekilde üretilebilir, sağlıklıdır. Güvenlik açısından da tehlikeli olduğu düşünülüyorsa da uzay çalışmalarından elde edilen tecrübelerle böyle olmadığı anlaşılmıştır. Fakat gerçek dünya şartlarında hidrojenin araçlarda kullanılması halinde karakteristiğinin net olarak belirlenmesine ihtiyaç vardır. Böylece teknolojik çözümler geliştirilebilir.
- Hidrojenin kullanımının amacı olan çevre sorunları ve enerji problemlerinin çözümünde önemli olan konu hidrojenin üretim, dağıtım, kullanımında seçilecek olan yöntem ve teknolojilerdir. Hidrojenin üretimi göz önüne alındığında; elektroliz, elektrik üretimindeki maliyetlerin yüksek olması sebebiyle yeterince uygun değildir. Ayrıca elektrik üretimindeki yöntemde önemlidir. Amaç hava kirliliğinin azaltılması iken termik santrallerin kullanılması güvenilir olmasından bahsederken nükleer enerjiden elektrik üretimi uygun değildir. Kömür ve doğalgazdan hidrojen üretiminde ise emisyon faktörlerinin etkileri az olsa da önemini koruyacaktır.

Ülkemizde Hidrojen Enerjisi ve Yapılması Gerekenler

- Ülkemiz hidrojen enerjisinden hangi zamanlarda ne şekilde faydalanacağını planlamalıdır. Eğer Türkiye hidrojen enerjisi konusundaki gelişmeleri uzaktan izlerse gelecekte büyük bedeller ödemek zorunda kalır. Yakıt pilleri ile ilgili olarak ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmek üzere bu konulardaki teknolojik yenilikleri uygulamak ve geliştirmek için AR-GE çalışmaları yapılmalıdır. Avrupa Birliği Altıncı Çerçeve programı Türkiye için bir fırsattır, çünkü Türkiye'nin de katılmakta olduğu bu programda hidrojen ile ilgili çalışmalara çok yüksek bir kaynak ayrılmıştır. Bilindiği gibi AB Çerçeve programı projelerinde amaçlardan biri AR-GE çalışmalarının Avrupa üzerinde yaygın bir şekilde yapılmasıdır. Her bir proje için çok sayıda ülkenin üniversite ve şirketlerinin katılımı aranmakta ve bilgi iletişimi ile ortak AR-GE çalışmaları özendirilmektedir. Ülkemizdeki enerji ile ilgili AR-GE kurumlarının ve otomobil üretici firmalarının bu projelere aktif olarak katılmaları sağlanmalıdır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta olarak, oluşan bilgi birikimin AR-GE çalışmalarının sürekliliğini sağlamak üzere kişilerde değil kurumlarda kalması sağlanmalıdır.

- Hidrojen için gereken elektrik üretiminde birincil enerji kaynakları olarak özellikle ülkemizde bulunan ve yenilenebilir kaynaklara rağbet edilmelidir. Bunların başında, çok düşük maliyetle elektrik elde edilebildiği için hidroelektik enerjisi gelmektedir. Halen %20'sinin kullanıldığı hidroelektrik potansiyelinin tümünün kullanılması gerekir. Ayrıca rüzgar enerjisi de önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak rüzgardan elektrik üretimi düzensiz olduğu için belli bir miktardan sonra şebeke kullanımına uygun değildir. Hidrojen, saklanabilir bir enerji taşıyıcısı olduğu için rüzgarın bu potansiyelinin uygun olarak değerlendirilmesine fırsat vermektedir. Halen rüzgar santrallerinde elde edilen elektriğin maliyeti 3.6 cent/kWs'dir. Ancak 2010 yılında bu maliyetin 2.6 cent/kWs'a düşmesi beklenmektedir. Yine düzensiz elektrik enerjisi kaynaklarından olan güneş enerjisinden hidrojen elde edilmesi ise en önemli potansiyellerden birisini oluşturmaktadır.