

**DRAFT KOPYA**

# YAKIT PİLLERİ VE ÇEVRESEL YARARLARI

**Atilla ERSÖZ , Turhan ÇOBAN**  
**Tübitak Marmara Araştırma Merkezi**  
**Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü**  
**41470,Gebze-KOCAELİ-TÜRKİYE**

## ÖZET

Günümüzde yakıt pilleri hemen hemen bütün güç üretimi alanlarında, dünya çapında konuşulmaya başlanmıştır. Bu güç tesislerinin kurulabilmesi için yaklaşık 150 yıldır varolan bu teknoloji, şimdilerde oldukça fazla tanınır hale gelmiş ve ciddi olarak geleceğin güç kaynakları olarak düşünölmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, yakıt pilleri “Yeşil Enerji” denilen üretimin başlıca adaydır. Temiz, sessiz ve verimlidir. Bağıl olarak yeni popüler olmasına rağmen, deneme amaçlı olarak evlerde, ticari olarak, endüstride ve mobil uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır.

Aslında, verimliliğin yanında, birçok yakıt pili diğer güç üretimi sistemlerine göre, daha az yakıtla potansiyel olarak daha fazla elektrik üretirler. Küçük çapta (10 kW) bir yakıt pili tek başına %50 den daha yüksek verimliliklere ulaşma kapasitesine sahiptir. Hibrid yakıt pili sistemleri daha büyük verimliliklerde (%75 ler gibi) çalışabilirler. Bu nedenle yakıt pili sistemleri, elektrik üretiminde kilowatt-saat başına atmosfere yayılan sera gazlarının azaltılmasıyla iklim üzerinde yaratılan olumsuz etkiyi azaltabilmektedir. Aynı zamanda yakıt pilleri tükenen fosil yakıt kaynakları dikkate alındığında aynı miktarda yakıt ile çok daha fazla güç üretme kapasitesine sahip olacaktadırlar.

**Anahtar Kelimeler :** Yakıt pili, Enerji , Çevre

## FUEL CELLS AND ENVIRONMENTAL BENEFITS

### ABSTRACT

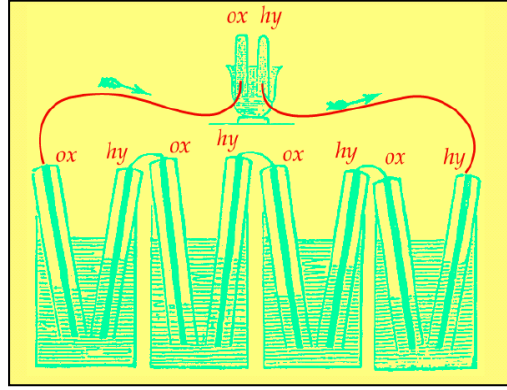
Fuel cells are making headlines across the globe in almost all arenas of power production. While the technology for these electrochemical power plants has existed for nearly 150 years, only recently have fuel cells gained popular recognition and come under serious consideration as a power source of the future. In addition, fuel cells are considered a prime candidate for ‘green’ energy production: clean, quiet, and efficient. Despite their relatively new arrival on the popular scene, fuel cells have already found their way into pre-commercial testing in domestic, commercial, industrial, and mobile applications.

In fact, with respect to efficiency, most fuel cells can potentially produce more electricity with less fuel than current systems for power generation. As shown in Figure 3, stand-alone fuel cell system have the capability of reaching efficiencies greater than 50 percent even at relatively small sizes (e.g., 10 kW). Hybrid fuel cell systems offer even greater efficiencies (approaching 75 percent). Hence, fuel cell systems could reduce the impact of electricity production on global climate change by reducing the amount of greenhouse gases emitted into the atmosphere per kilowatt-hour of power. They would also reduce resource depletion and dependence on fossil fuels by allowing more power to be harnessed from the same amount of fuel.

**Key Words :** Fuel Cell, Energy , Environmental

## 1. GİRİŞ

1839 da , İngiliz hukukçu ve amatör fizikçisi William Grove tarafından yakıt pilinin ilk prensipleri keşfedildi. ( Şekil 1) Grove, herbirinin içinde hidrojen ve oksijenin varolduğu, elektrik üreten 4 adet büyük hücreden (pil) oluşan ve sonra daha küçük boyutlu diğer bir hücre içinde de suyun ayrıştırıldığı bir sistemi geliştirdi.



Şekil 1 . 1839 yılında William Grove tarafından geliştirilen ilk yakıt pilinin görünümü(Thomas and Zalowitz, 1999)

Yakıt pilleri 1839 yılında ilk olarak gündeme gelmesine rağmen, NASA'nın bu sistemleri uzay uçuşlarındaki potansiyel uygulamalarda kullanma fikri yaklaşık 120 yıl sonra ortaya çıktı. Bu çalışmaların sonucun olarak, 1960 lı yıllarda, sanayi kuruluşları yakıt pillerinin ticari potansiyellerinin farkına varmaya başladılar. Fakat bazı teknik engeller ve yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle ,yakıt pillerinin o dönemde varolan enerji teknolojileri ile yarışabilecek düzeyde ekonomik olmadığı görüldü. 1984 den bu yana, Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı Office of Transportation Technologies bölümü yakıt pili araştırmaları ve teknolojisinin gelişimi için destek vermektedir. Bunun sonucunda dünya üzerindeki birçok şirket yakıt pili teknolojisinin teknik ve ekonomik açıdan geliştirmek ; yüksek performans karakteristikleri, güvenilirlik, dayanıklılık, daha az maliyet ve pozitif çevresel etkiler elde etmek için uğraş vermektedirler. (Thomas and Zalowitz, 1999)

Yakıt pilleri , hidrojeni yada hidrojen zengin bir gaz karışımını kullanarak, yanma olayı olmadan direkt olarak elektrik ve ısı enerji elde etmede kullanılan elektrokimyasal sistemlerdir. Yakıt pili içinde yer aldığı sistemin kalbidir. Bu sistem içinde yakıt pilinin yanında, yakıtın hazırlandığı diğer ünitelerin de önemi büyüktür. Saf hidrojen , bir yakıt pili için ideale en yakın yakıttır. Yakıt çeşitliliği açısından oldukça geniş bir spektruma sahip tirlir. Bu yakıtlar arasında metanol, ethanol, doğal gaz, LPG, benzin, dizel, sentetik yakıtlar v.b hidrokarbon kaynaklı fosil yakıtlar dediğimiz yakıtların yanında aynı zamanda, biyokütle kaynaklı yakıtlar kullanıldığında , gazlaştırma sistemleri ile birlikte de kullanılabilirler.

İşletme koşulları dikkate alındığında değişik tipte bazı yakıt pili sistemleri ile karşılaşmak mümkündür. Günümüzde yakıt pilleri teknolojisi iki önemli uygulama üzerinde yoğunlaşmış bulunmaktadır. Bu araştırmalar ulaşım teknolojisindeki uygulamalar ve bunun dışında kalan sabit elektrik üretim uygulamaları düzeyindedir. Sabit uygulamalar varolan yakıt hazırlama altyapılarının da yardımıyla uygulamada belli bir noktaya gelmiş ve dünyada şu anda bazı ülkelerde ticari hale gelmeye başlamıştır. Bunun yanında ulaşım uygulamalarındaki çalışmalarda da oldukça fazla mesafe katedilmiş olup prototip çalışmalar üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. 2004 – 2005 yıllarında ilk yakıt pilli aracın seri üretimine başlanması planlanmaktadır.

İşletme koşulları dikkate alındığında değişik tipte bazı yakıt pili sistemleri ile karşılaşmak mümkündür. Uygulamada karşılaşılabilecek olan ve halen üzerinde yoğun araştırmaların sürdürüldüğü yakıt pilleine ait bazı temel özellikler Tablo 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1. Yakıt Pilleri ve temel özellikleri ( [http://www.electricaauto.com/fuel\\_cell\\_comparisons1.html](http://www.electricaauto.com/fuel_cell_comparisons1.html) )

	<b>Polimer Elektrolitik Membran (PEM)</b>	<b>Fosforik Asit Yakıt Pili (PAFC)</b>	<b>Ergimiş Karbonat Yakıt Pili (MCFC)</b>	<b>Katı Oksitli Yakıt Pili (SOFC)</b>	<b>Alkalın Yakıt Pili (AFC)</b>
<b>Elektrolit</b>	Perfluorin katı polimer İyon Değişim Membran	Konsantre H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> çözeltisi (95-98%)	Alkali karbonat karışımı, Ergimiş tuz (Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Yttria Stabilize Zirconia Seramik, ZrO <sub>2</sub>	Konsantre KOH çözeltisi (35-40 wt%)
<b>İşletme Sıcaklığı, °C</b>	80 - 90	200 - 220	600 - 650	800 - 1,000	80 - 90
<b>Yük Taşıyıcı</b>	H <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	O <sup>=</sup>	OH <sup>=</sup>
<b>Elektrolit Durumu</b>	Katı	Immobilize Sıvı	Immobilize Sıvı	Katı	Liquid
<b>Pil Donanımı</b>	Karbon yada Metal Bazlı	Grafit Bazlı	Paslanmaz Çelik	Seramik	Karbon yada Metal Bazlı
<b>Katalizör</b>	Platin	Platin	Nikel	Perovskitler	Pt-Pd
<b>Kojenerasyon Isı</b>	-	Düşük kalite	Yüksek	Yüksek	-
<b>Yakıt Pili Sistem Etkinliği, %</b>	32-40	40-45	50-60	50-60	55-60
<b>Yakıt Kaynağı</b>	Hidrojen yada reformer	Hidrojen yada reformer	Seçilmiş bir yakıt yada reformer	Bütün yakıtlar, direkt besleme	Hidrojen yada NH <sub>3</sub> parçalayıcı
<b>Uygulama</b>	Küçük üniteler, ulaşım araçları	Güç üretim Tesisleri 50-200 kW.	Güç Üretim Tesisleri Mega W lar düzeyinde	Küçük ve büyük güç üretim tesisleri	Küçük üniteler, ulaşım araçları

Yakıt pilleri, yapı olarak basit bir pile benzerler. (Şekil 2) Aralarında elektrolit bulunan iki poroz elektrot dan oluşur. Yakıt pilinin içindeki temel olay, hidrojen temelli yakıt ile bir oksidanın ( tercihen oksijen ) kimyasal reaksiyonu sonucu elektrik akımının üretimidir. Bunun yanında elektrokimyasal olarak yürüyen bu olay sırasında ısı ve su açığa çıkmaktadır. Şekil 1 de yakıt pillerinde meydana gelen temel kimyasal reaksiyon gösterilmektedir. Hidrojen ( H<sub>2</sub> ) , anod üzerinde ( negatif elektrot ) akarken pozitif yüklü proton ve negatif yüklü iyonlarına ayrışır. Elektronlar dış devreden anoda doğru transfer olurken, elektrik akımı üretilir. Bu sırada katoda ( pozitif elektrot ) doğru ilerleyen negatif yüklü iyonlar ile ortama beslenen oksijen atomları arasında kimyasal reaksiyon meydana gelir. (Şekil 3)Bu olay sonucunda su ve ısı açığa çıkar. Sabit elektrik uygulamalarının yapıldığı yakıt pili sistemlerinde açığa çıkan bu ısı yakalanabilir ve değişik endüstrilerde proses ısısı olarak yada havalandırma-klima işlemlerinde kullanılabilir. Bu tip işletme kojenerasyon uygulamasına bir örnek oluşturmaktadır. Basit , şarj edilebilir bir pilden farklı olmak üzere , yakıt piline yakıt beslemeye devam ettiğiniz sürece elektrik , su ve ısı üretimi de devam eder.

## 2. CARNOT ÇEVİRİMİ – YAKIT PİLLERİ İLİŞKİSİ

Carnot çevriminin teorik termodinamik çevrimi göstermektedir ki, ideal koşullar altında, bir ısı motoru sağlanan ısı enerjisinin tamamını mekanik enerjiye dönüştüremez. Bu durumda bir kısım ısı enerjisi sistemden atılacaktır. İçten yanmalı bir motorda , motor yüksek sıcaklıktaki kaynaktan (T<sub>1</sub>) aldığı ısının bir kısmını mekanik enerjiye çevirirken geri kalan kısmı daha düşük sıcaklıktaki (T<sub>2</sub>) bir ısı ceketine gönderilir. Kaynakla ısı ceketi arasında ne kadar büyük bir sıcaklık farkı olursa verimlilik te o oranda artar.

$$\text{Maksimum Verimlilik} = (T_1 - T_2) / T_1$$

Burada  $T_1$  ve  $T_2$  sıcaklıkları K olarak verilmektedir.

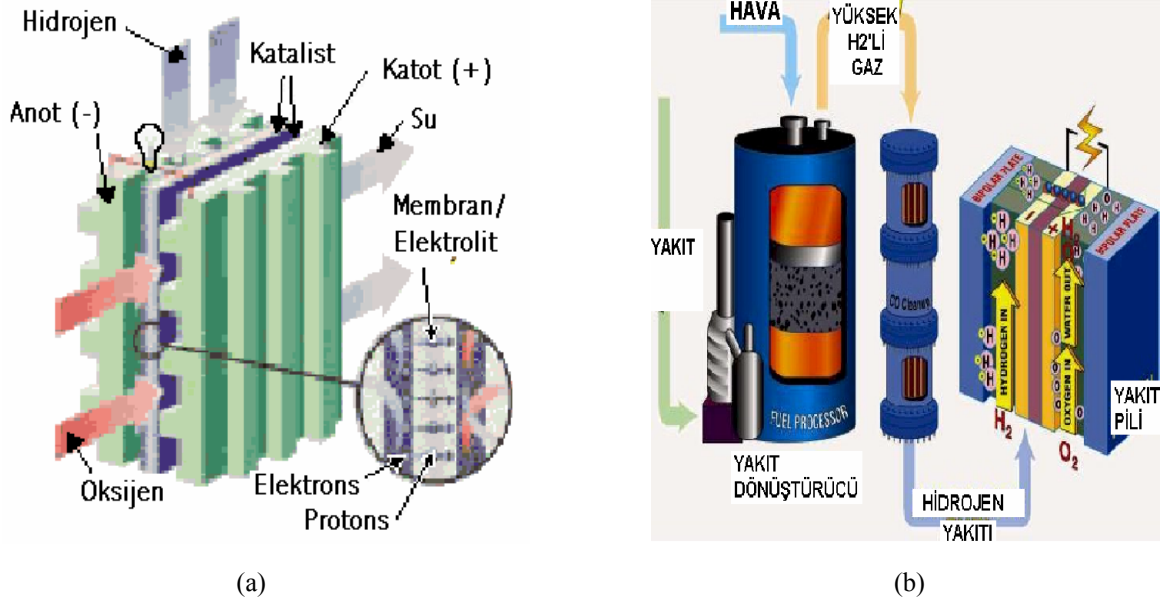
Yakıt Pilleri kimyasal enerjiyi direct olarak elektrik enerjisine dönüştürdükleri için, bu proses ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümünü içermez. Bununla birlikte, yakıt pili verimlilikleri, göreceli olarak düşük sıcaklıklarda, örneğin PEM yakıt pili çalışma sıcaklığı olan  $80\text{ }^\circ\text{C}$  gibi, bile Carnot sınırını aşabilir. (Thomas and Zalowitz, 1999)

## 5. YAKIT PİLLERİNİN GELİŞME DURUMLARI

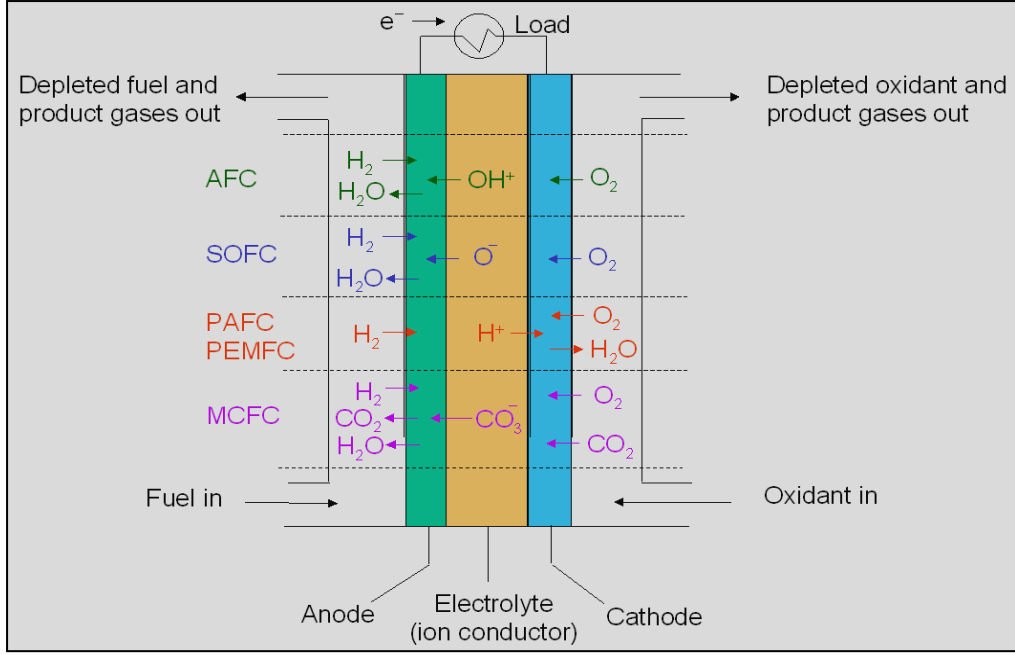
Fosforik asit yakıt pilleri ticari düzeyde mevcuttur. Ergimiş karbonat ve katı oksit yakıt hücreleri ise henüz geliştirilme ve demonstrasyon aşamalarında. Verimleri %50-60 arasında olup, türbinlerle birlikte kombine çevrim düzenlemeleri sağlanırsa verimin %70'lere ulaşacağı beklenmektedir. Düşük sıcaklık yakıt hücreleri, ulaşım ve sabit enerji üretiminde daha geniş bir Pazar imkanına sahiptir. Bunların en gelişmiş olanları proton değişim membranlı (PEM) yakıt pilleridir. Önümüzdeki 5-10 yıl içinde özellikle ulaştırma sektöründe ticarileşmeleri beklenmektedir.

Daimler-Chrysler ve Toyota şirketleri demonstrasyon araçlarını üretmiş durumdadırlar. Ancak küresel üretimin 2005 yılından sonra olacağı tahmin edilmektedir (Daimler-Chrysler'in imalat programında 2004 yılı için 40 bin araç öngörülmektedir). Maliyetin düşürülmesiyle ilgili hedefler gerçekleşirse, 2010 yılı pazarında önemli bir paya sahip olabileceklerdir. Önümüzdeki 2 yıl içinde yakıt hücreli otobüslerin ilk ticari üretimi beklenmektedir. Hidrojen kaynağı olarak, metanol veya benzinin yerini etanol veya metanol gibi daha basit yapıdaki hidrokarbon yakıtların kullanımına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Birçok büyük otomotiv şirketi aynı zamanda hidrojen depolama teknikleri konusunda önemli ilerlemeler kaydetmiş durumdadır.

Yakıt pilli araçların gelişimindeki en önemli engel maliyettir. Bu sistemlerin otomobillerde yaygın olarak kullanılabilmesi için, maliyetlerin yaklaşık onda bir oranında azaltılması gerekmektedir. Beklenen teknolojik gelişmeler, düşük maliyetli membranların geliştirilmesi ve hidrojen dönüşümü ya da hidrojenin araçta depolanması konusunda gerek boyut ve buna bağlı olarak ağırlık gerekse maliyette azalma sağlanması yönündedir. Ayrıca çözülmesi gerekli teknik problemler de bir engel oluşturmaktadır. Örnek olarak Metanol kullanımı düşünüldüğünde araç içinde hidrojen eldesini sağlamak ve dağıtım altyapısının eksik olması ; saf hidrojenin, depolanması ile ilgili sorunlar gibi sayılabilir.



Şekil 2. (a) Yakıt Pili Bileşenleri (b) Yakıt pili sisteminin çalışma prensibi

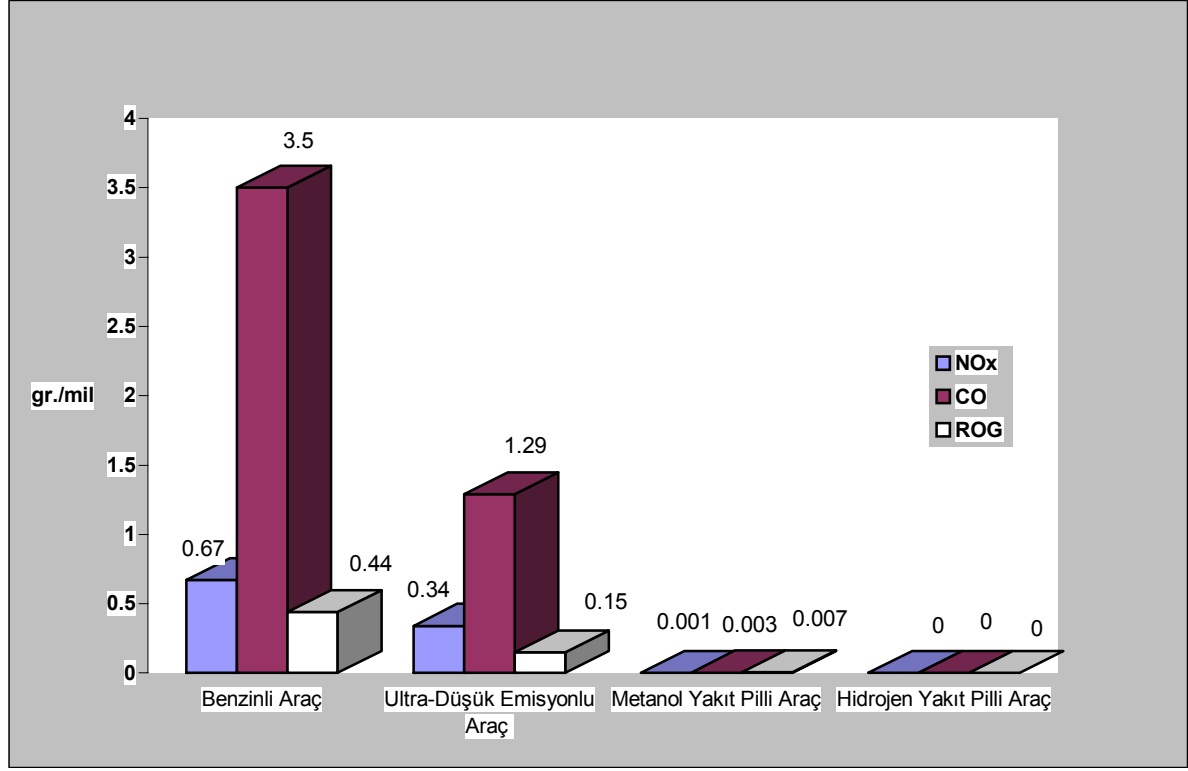


Şekil 3. Farklı yakıt pillerinin elektrokimyasal reaksiyonları ( Fuel Cell Technology Comes of Age <http://www.nfrcr.uci.edu/journal/article/fcarticleE.htm> )

#### 4. YAKIT PİLLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Yakıt pillerin çevre üzerindeki etkileri incelenirken üzerinde durulması gerekli önemli konulardan biri kullanılan hidrojen zengin yakıt kaynağıdır. Çevresel etkiler en başta yakıt türüne bağlıdır. Eğer saf hidrojen kullanılıyorsa , yakıt pilleri su dışında sıfır emisyon üretirler. Hidrojenin saf halde depolanması ve ulaşımda uygun bir yakıt olarak kullanılması oldukça problemlidir. Buna bağlı olarak hidrojen zengin yakıt karışımını , fosil kaynaklı yada diğer yakıtlardan elde edebilmek için, hali hazırda altyapısı gelişmiş yakıt hazırlama (Reforming) yöntemleri öngörülmektedir.

Yakıt pillerinin çevresel yararları, gelişiminde rol oynayan motive edici ana unsurlardan bir kısmıdır. Bu faydalar ,sıfır yada sıfıra yakın kirleticiler (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO ve hidrokarbonlar) ve çok düşük gürültü emisyonlarıdır. (Şekil 4) Yakıt pillerinin bu çevre dostu olma özellikleri, tüketicilerin evlerine veya işlerine yakın olan güç üretimi tesislerine karşı olan sert tavırlarını da yumuşatacaktır. Çünkü birçok tüketici kirlilik ve gürültüden kaçmak için tesislerden oldukça uzakta yaşamayı tercih etmektedirler. Yakıt pillerinin bu açıdan iyi huylu olması nedeniyle, yerleşim yerlerinde güç üretimi tesisi olsa bile ,insanlar bundan çok rahatsız olmayacaklardır. Bu özellik dağıtılmış güç sistemi için bir olasılık sunmaktadır.

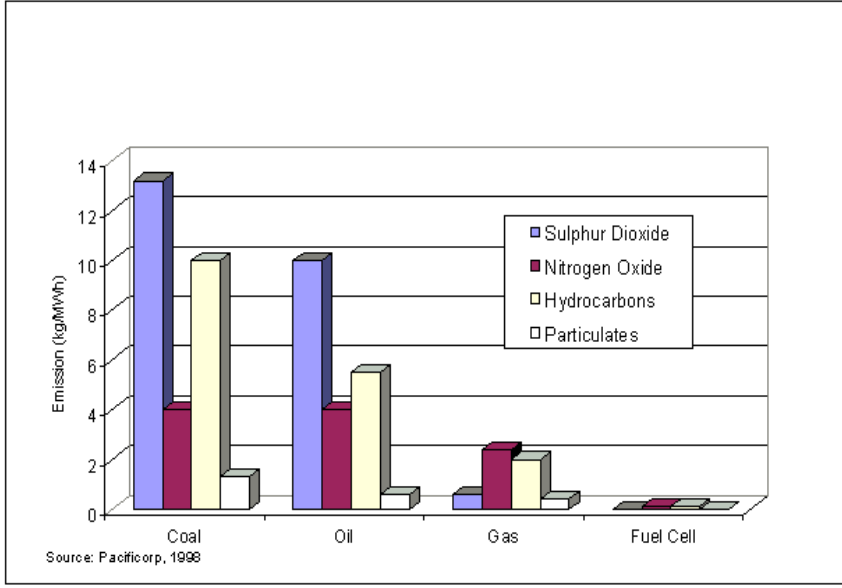


Şekil 4 . Farklı araç tiplerinin yaydığı kirleticiler

Merkezi bir tesisten çok uzun kablolarla üretilen elektriği dağıtmak yerine, yakıt pilleri ile dağılmış haldeki sabit küçük üretim tesislerinin elektriksel bir gridle bağlanması son derece cazip olmaktadır. Bu tip bir konfigürasyon, çok büyük güç tesislerinde üretilen büyük miktarda kirliliğin azaltılması, güvenilirliği arttırması ve üreticiden tüketiciye kadar uzanan elektrik dağıtım uzunluğunun kısaltılmasıyla verimliliği arttırması gibi faydalar sağlar.

Özellikle yakıt pilli araç teknolojisindeki gelişmeler ve büyük otomobil üreticilerinin bu teknolojiye olan ilgileri tüketicilerinde konuya olan ilgilerini arttırmaktadır. Aynı zamanda, yakıt pillerinin çevresel yararlarının yanında gelişmelerinin önünde, oldukça yoğun çaba sarfedilerek aşılması gerekli olan birtakım engeller mevcuttur. Bu engellerin başında altyapı ve maliyet problemleri oldukça önemlidir. Bu problemlerin aşılması durumunda yakıt pilli araçlar , halen kullanılan benzinli yada dizelli araçlar ile ticari olarak yarışır hale gelecektir. Burada aynı zamanda hem tüketicilerin hemde özel sektörün , yakıt pillerinin olumlu yönlerinden toplumun azami ölçüde faydalanabilmesi için , destekleyici katkılarda bulunması gerekmektedir.

Yakıt pilli araçların getirdikleri birçok çevresel etkiden söz edilebilir. Geleceğin yakıt pilli bir aracı, bugünün araçlarından % 98-100 oranında daha temiz olma gibi bir faydayı gündeme getirmektedir. Bu durum, şu anda dünyada ulaşım araçlarından kaynaklanan çevre kirliliğini büyük ölçüde azaltacaktır. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmaya göre, en kirli eyaletlerde, bu araçlarla sıfır yada sıfıra çok yakın kirlilik, aracın ömrü boyunca ,araç başına 4300 \$ ile 8300 \$ arasında bir ekonomik kazanç sağlayacaktır. ( Mark,2000 ) Araç teknolojisi ve sabit elektrik üretimi alanlarında yakıt pillerinin kullanımının, halen büyük bir problem olarak karşımızda duran, dünya üzerindeki sera etkisinin azaltılmasında da önemli bir rolü olacağı açıktır. Yenilenebilir yakıtlarla çalışana yakıt pillerinin kullanımıyla atmosfere yayılan ısı tutucu gazlarda % 85 – 100 oranında bir azalma meydana gelecektir. Kullanılan yakıt doğal gazdan bile elde edilse, azaltılan emisyon yüzdesi % 60 – 70 civarında olacaktır. ( Baird, 1991)



Şekil 5 .Değişik güç üretim teknolojileri için kirlilik emisyonları  
([www.fuelcell.ca/nfci/about\\_opportunity\\_imp\\_e.html](http://www.fuelcell.ca/nfci/about_opportunity_imp_e.html))

Yakıt pillerinin emisyon azaltma potansiyelleri yukarıda da anlatıldığı gibi oldukça yüksektir.(Şekil 5) Buna başka bir örnek verecek olursak, %70 elektrik enerjisi verimiyle çalışması beklenen bir SOFC / gaz türbini sisteminin, aynı miktarda enerji üretecek bir konvansiyonel santrale göre %50-70 daha az CO<sub>2</sub> emisyonu açığa çıkaracağı hesaplanmıştır. Aynı şekilde ulaşımda kullanılan araçlarda da yüksek oranlarda emisyon azalmaları mümkün olmaktadır. Yakıt pilli bir araç, aynı yakıtı kullanan geleneksel bir araca göre %45 daha az CO<sub>2</sub> emisyonuna yol açmaktadır. Yapılan araştırmalara göre yakıt pillerinin verimliliği, benzinin ayrıştırılması işlemi ile çalışan sistemlerde en düşük, doğrudan saf hidrojen kullanan sistemlerde ise en yüksek seviyede hesaplanmaktadır.

Yakıt pilli bir araçtan çevreye yayılan emisyonlar, normal bir otomobil emisyonları ile karşılaştırılabilir. Tablo 2. de yer alan değerler, iki motor tipi arasındaki farkı oldukça belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır.

Tablo 2.Emisyonlar açısından yakıt pilli – içten yanmalı motor karşılaştırması  
( <http://216.51.18.233/fcbenefi.html> )

	<b>Hidrojen Yakıt Pili ( Saf Hidrojen ile çalışan )</b>	<b>Gaz Yakıtlı İçten Yamalı Motor</b>
Su ( H <sub>2</sub> O )	0.0566 kg/km = 56.65 g/km.	0.0884 kg/km = 88.3 g/km
Karbon dioksit ( CO <sub>2</sub> )	0.0027 kg/km = 2.7 g/km.	0.228 kg/km = 228 g/km
Azot Okssitler ( NO )	0	0.177 – 0.295 g/km
Yanmamış hidrokarbonlar	Yok	Var

Kaynak : ( <http://216.51.18.233/fcbenefi.html> ) ( Tablodaki birimler çevrilmiştir. )



Yakıt pillerinin geniş bir yelpazede kullanımının sağlanması ile, aynı zamanda daha yerel, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gerçekleşecektir. Böylece , fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi söz konusu olduğundan , bu kaynakların tasarruflu olarak kullanılması sağlanacaktır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yakıt pilleri, solar hidrojenden metanole, biyo kütleden gazlaştırılmış kömüre kadar çok çeşitli yakıtlarla çalışabilmeleri ve çok yüksek verimliliklere ulaşabilmeleri açısından geleceğin en önemli teknolojilerinden biri halini alması beklenmektedir. Bu teknolojiyi destekleyen çok önemli bir başka unsurda, olumlu çevresel etkileri olacaktır. Teknolojinin gelişimindeki bu hızlı trendin devam etmesi ve fosil yakıtların azalmasından dolayı , bu tür yakıtlarda yüksek fiyat artışlarının söz konusu olacağı dikkate alınır, yakıt pilleri oldukça pratik kullanım sahalarna sahip olacaktır.

Ulaşımında daha temiz araçların geliştirilmesi, toplumun ulaşım problemlerine tek başına bir çözüm getirememesine rağmen, çözüme doğru giden yolda önemli bir aşama olarak ele alınmalıdır. Hava kirliliğini önlemede, iklim değişikliklerini azaltmada ve enerji bağımlılığındaki problemlerde birçok çözüm opsiyonu sunulabilir. Ancak bu opsiyonlar arasından yalnızca birkaç tanesi ulaşım ve güç üretim alanlarında sosyal ihtiyaçları ve tüketici ihtiyaçlarını aynı anda karşılama yeteneğine sahip olabilecektir. Yakıt pilleri teknolojisinin her iki alanda da ortak ihtiyaçlara cevap verebilecek olduğu düşünülmekte ve bunu sağlamak için dünya üzerinde yapılan araştırmalara milyar dolarlar mertebesinde yatırımlar yapılmaktadır.

Yakıt pilleri, ulaşım , yerel (orta ve büyük ölçekte) güç üretimi ve taşınabilir (küçük çapta) güç üretimi teknolojileri gibi geniş bir kullanım yelpazesinde rol almaktadır. Bu teknoloji ile , doğal gaz, metanol, petrol v.b. geri dönüşümsüz yakıt kaynaklarını değerlendirmede içten yanmalı motora ve konvansiyonel güç üretim tesislerine oranla çok daha verimli bir şekilde değerlendirilebilir. Yakıt pili teknolojisinin yaygın bir şekilde kullanıma sunulmasıyla, özellikle çevresel etkiler dikkate alındığında , sera gazları emisyonları da dahil olmak üzere diğer emisyonlarda da önemli oranlarda azalmalar meydana gelebilecektir.

Buradaki en önemli kriterlerden biri de pazarın bu teknolojiye olan talebini arttırılabilmek olacaktır. Her ne kadar çevresel koşullardaki olumlu etkiler pazar için önemli olsa da, sonuç olarak otomotiv sektöründe, endüstriyel ve evsel kullanımlarda yaygınlaşmanın sağlanabilmesi , bu teknolojinin diğer varolan teknolojilerle , fiyatta ve servis hizmeti sunmada yarışabilir hale gelebilmesiyle mümkün olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

Zalbowitz M and Thomas S. , Fuel Cells - Green Power, , Los Alamos National Laboratory Los Alamos, New Mexico., 1999

Stuart Baird, Energy Fact Sheet , Fuel Cells, , M.Eng., M.A. Edited by Douglas Hayhoe, M.Ed., Ph.D. , (<http://www.iclei.org/efacts/fuelcell.htm>) , 1991

Frank C. Schora, Elias J. C mara, 'Full Cells: Power for the Future', in Jefferson W. Tester, David O. Wood and Nancy A. Ferrari (Eds.), *Energy and the Environment in the 21st Century*, MIT Press, 1991.

John G. Ingersoll, 'Energy Storage Systems', in Ruth Haves and Anthony Fainberg (Eds.), *The Energy Sourcebook*, American Institute of Physics, 1991.

Jason Mark , Zeroing Out Pollution : The Promise of Fuel Cell Vehicles , 2000  
<http://www.ucsusa.org/vehicles/zeroingout.html>

The Benefits of Fuel Cells in Automobiles, [www.ems.psu.edu/info/explore/fuelcell/benefits.htm](http://www.ems.psu.edu/info/explore/fuelcell/benefits.htm)









