

YAKIT PİLLERİ VE OTOMOBİLLERDE KULLANILMASI

Abdullah GÜMÜŞ, Özcan DÖNMEZ, Murat PERÇİN

Özet - Yakıt pilleri temiz, verimli ve yakıt türüne karşı esnek enerji dönüştürücülerdir. Benzin motorlarının iki üç katı olan, % 60 'ın üzerindeki termik verimlerine ek olarak, düşük gürültü düzeyi düşük egzoz emisyonları ve düşük ısı atma talebi bakımından da avantajlıdır. Yakıt pillerinin temiz taşıt teknolojisinde devrim yapacağı iddia edilmektedir. Yakıt pili sistemleri kullanılan elektrolite göre sınıflandırılabilir bunlar doğrudan metanol yakıt pilleri, alkalın yakıt pilleri, fosforik asit yakıt pilleri, erimiş karbonat yakıt pilleri, polimer elektrolitli yakıt pilleri ve katı oksit yakıt pilleridir. Ulaşım araçlarında bu tiplerden en çok doğrudan metanol yakıt pilleri (DMYP) ve polimer elektrolitli yakıt pilleri (PMYP) kullanılır.

Anahtar Kelimeler- Yakıt pili, hidrojen

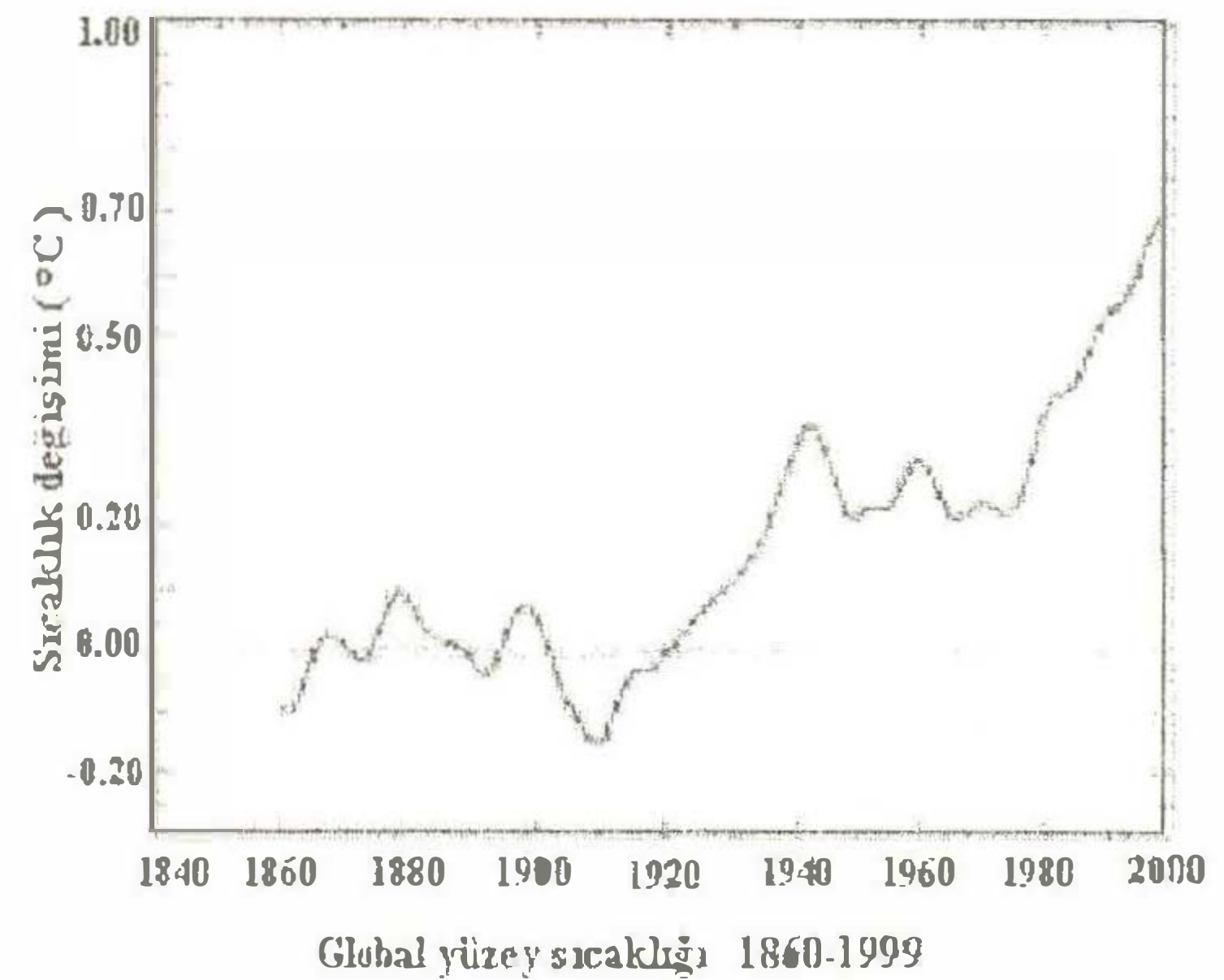
Abstract - Fuel cells are clean, fuel efficient and fuel flexible energy converters. The energy conversion efficiency of the fuel cell system is over 60 percent two to three times that of gasoline engines. Fuel cell electric vehicle revolutionizes clean vehicle technology. Fuel cell systems can be classified according to the type of electrolyte used, direct methanol fuel cells, alkaline fuel cells, phosphoric acid fuel cells, molten carbonate fuel cells, polymer electrolyte membrane fuel cells and solid oxide fuel cells. The types of direct methanol (DMFC) and polymer electrolyte membrane (PEMFC) are used for particular transportation applications.

Key Words- Fuel cell, hydrogen

1.GİRİŞ

Ekonomik büyüme ve sanayileşmede fosil yakıtlar petrol ve doğalgaz kullanıldı. Dünya enerji ihtiyacının % 80 'i fosil yakıtlar tarafından karşılandı. Sadece 1995 yılında bütün dünyada 9.33×10^9 ton fosil yakıt enerji ihtiyacını karşılamak için yakıldı. [1]

Bununla birlikte fosil yakıt tüketimi, bölgesel tahrip edici kuvvetlere, emisyonlara, toksinlere, kirletici maddelerin yayılmasına genel anlamda CO₂ miktarını artırarak küresel ısınmaya (şekil 1), iklim değişikliklerine deniz suyu seviyesinin yükselmesine neden oldu. 1860 yılından günümüze yüzey sıcaklığı 0,7°C artış göstermiştir. Bu artışın 2025 yılında 1.25 °C ve 2050 yılında ise 2,2 °C olacağı tahmin edilmektedir. Hassas dengeler üzerine kurulmuş olan dünyamızdaki bu her 1°C'lik sıcaklık artışı kuzey ve güney yarım kürede iklim kuşaklarının 160 km yer değiştirmesine neden olacaktır. [2]



Şekil 1. Global yüzey sıcaklığı değişimi [3]

CO₂'nin atmosferdeki miktarı 150 yıl öncesine göre bu günden %32 daha fazladır. ABD ulaşım sektörü bunun 1/3'den sorumludur. Bu nedenle yakıt döngüsünde enerji dönüşümünün artırılması ile birlikte ulaşım için temiz enerji kaynaklarının gerektiği bilinmektedir. [4] Bu da akülü taşıtları, yakıt pili ve elektro kimyasal süper kapasitörleri gündeme getirmektedir. Ancak akülü taşıtlar için elektrik gereklidir ve elektrik çeşitli kaynaklardan üretilirken çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca bu taşıtların kullanıcı tarafından dezavantajları vardır. [5]

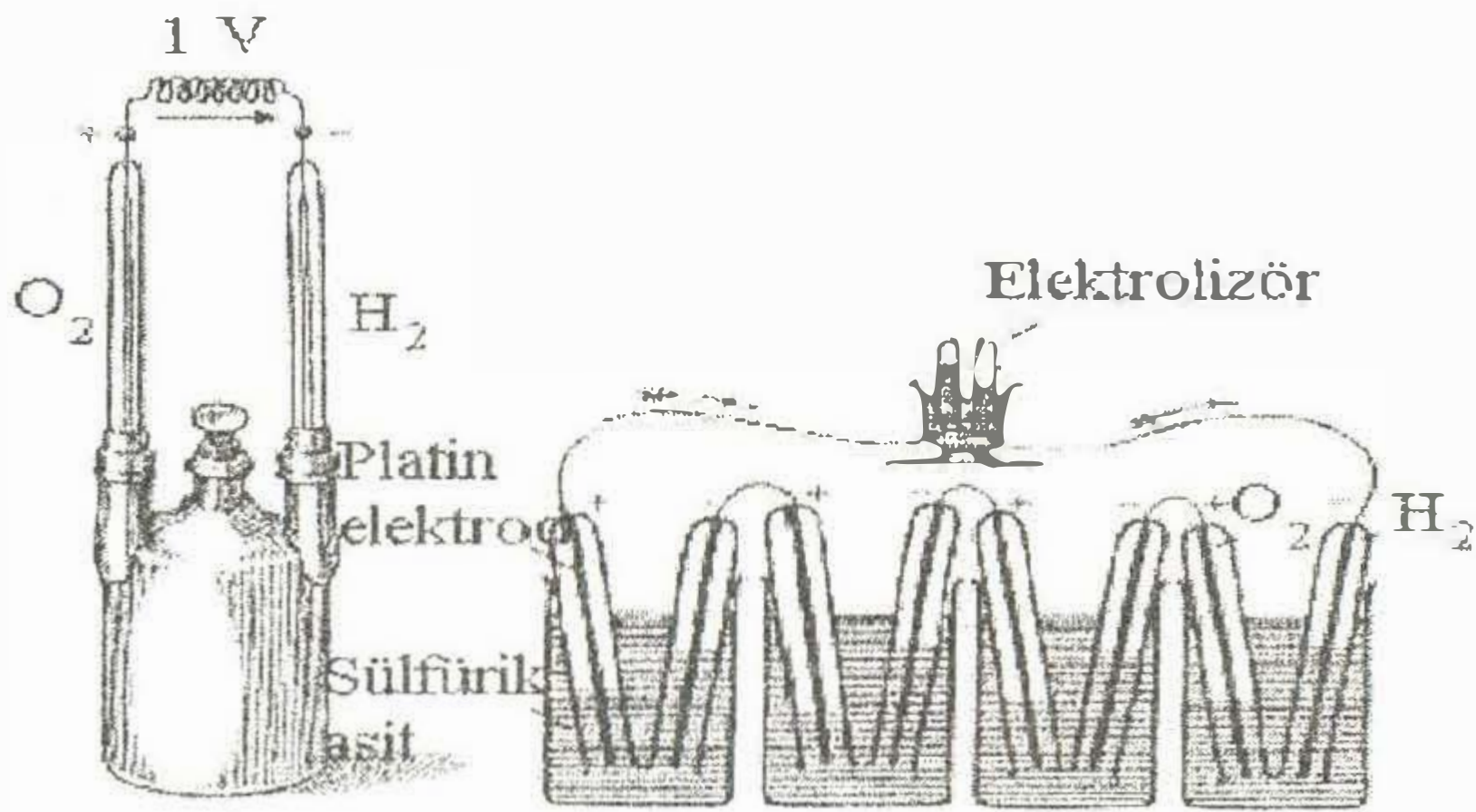
Yakıt pilinin emisyon değerleri diğer sistem ve yakıtlar ile kıyaslandığında zararlı emisyon değerlerinin çok düşük olduğu görülür. Yakıt pili çevreye zararlı gaz

hemen hemen hiç atmaz. Böyle bir taşıtın eksozundan su buharı ve çok az miktarda CO₂ gazı çıkar. Yakıt pilinin sadece taşıtlarda değil, elektrik üretiminde termik santraller yerine kullanılabileceği ve kullanıldığı da düşünülürse çevre sağlığına olan katkısı daha da iyi anlaşılabilir. [5]

2030 yılında taşıtların % 15 – 30' u yakıt pili sistemli olarak çıkacağı tahmin edilmektedir. Metanollü yakıt pillerinin ekonomik faydaları nedeniyle daha yaygın olacağı D.O.E. ve E.P.A. tarafından tahmin edilmektedir. [6]

II. YAKIT PİLİNİN TARİHÇESİ

William Grove (1811-1896), yakıt pili alanında ilk çalışmaları yaptı. Çalışmalarında platin elektrot ve sülfürik asit kullandı. Seyreltik sülfürik asit ile yaptığı ilk hidrojen-oksijen yakıt pili 1839 yılında "Philosophical Magazine" dergisinde yayımlanmıştır. Yakıt pilinden yaklaşık 1 V gerilim elde etti. (Şekil 2)



Şekil 2 Grove tarafından yapılan ilk yakıt pili [7]

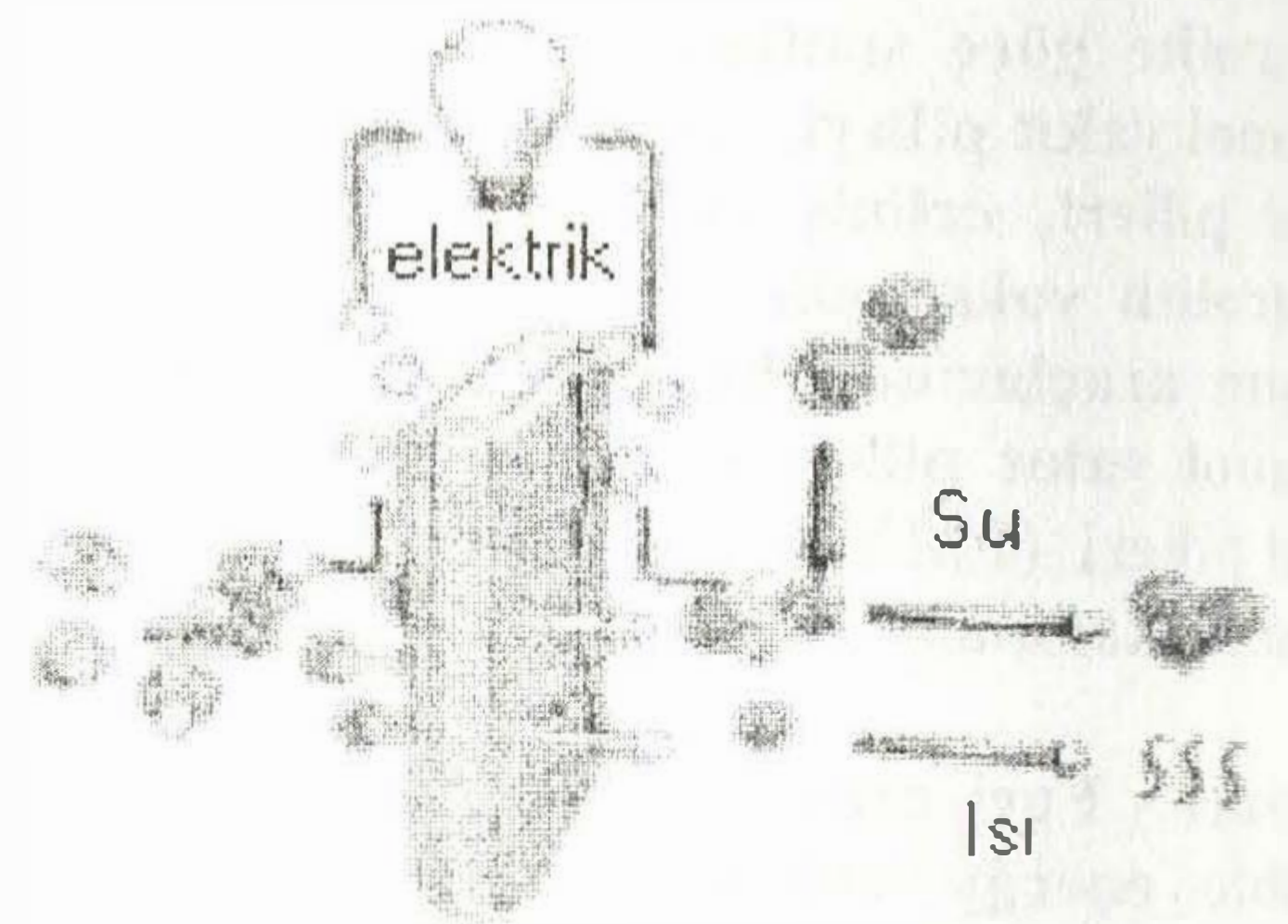
1950'lere kadar unutulmuş yakıt pilleri bu tarihte uzay uygulamalarında uygulanabileceği düşüncesiyle NASA'nın ilgisini çekmiştir. Çünkü uzay araçlarındaki aygıtların çalışması için elektrik enerjisi gereklidir. Bu enerji güneş panelleri, aküler ya da RTG denilen nükleer bir aygıtlarla üretilebiliyordu. Fakat o dönemde güneş enerjisi sistemleri pahalı ve hacimli, aküler de ağır ve kısa ömürlü olduğundan uzay araştırmaları için uygun bulunmamıştır. Nükleer güçte uzay adamları için riskli olduğundan, uzay aracının elektrik ihtiyacını karşılamak için yakıt pilleri tercih edilmiştir. Gemini ve Apollo projeleri gibi insanlı uzay projelerinde uzay aracının elektrik ihtiyacı, yakıt pilleri ile sağlanmıştır. Bu gün Uzay Mekiği'nin elektriği de 12 kW'lık yakıt pilleriyle karşılanmaktadır. [1]

III. YAKIT PİLİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Yakıt pilleri elektro kimyasal bir süreç sonucunda yakıtta depolanmış olan enerjiyi doğrudan elektrik akımına çeviren bir dönüştürücüdür. Yakıt pilleri bilinen pillerle benzer özelliklere ve parçalara sahiptir. Piller

enerjiyi depolama görevi yaparlar ve bu enerji miktarı içerisindeki kimyasal madde miktarına bağlıdır. Bu maddeler bittiğinde pilin ömrü de bitmiş demektir. Yakıt pilin de ise pilin içerisine yakıt ve oksitleyici verildiği sürece enerji elde edilebilir.

Yakıt pillerinde iki ince elektrot ve bunların arasında sıkıştırılmış bir elektrolit (membran) bulunur. Anot tarafında gaz difüzyon kanalcıklarından geçerek elektrolite gelen hidrojen, gözenekli yapıdaki elektrottan difüzyon ve kapiler kuvvet yardımı ile geçer. Elektrot membran birleşme noktasına gelen yakıt (hidrojen) burada membran üzerindeki aktif platin ile temas ederek reaksiyon sonucunda iyon haline dönüşür. İyon haline dönüşen hidrojen elektrolit içerisinden geçerek katoda ulaşır, ayrılan elektronlar ise dış devre üzerinden geçerek katoda ulaşırlar. Elektronların bu hareketi bize gerekli olan elektrik akımını sağlar. Katoda aynı zamanda gaz difüzyon kanallarından geçerek gönderilen oksijen de ulaşır. Membran-platin aktif yüzeyinde, membrandan geçen hidrojen iyonu, elektron ve oksijen birleşerek su ısı meydana gelir. (Şekil 3)



- Hidrojen
- Proton
- Elektron
- Oksijen

Şekil 3 Yakıt pilinin çalışma şekli

Yakıt hücresinden elde edilebilecek gerilim teorik 1.229 V olmasına rağmen pratikte, kayıpların neden olduğu voltaj düşmeleriyle bu değer 0.8-0.7 V olmaktadır. Hücre içerisinde meydana gelen polarizasyon adı verilen bu kayıplar elde edilebilecek gerilimi düşürmektedir. Bu kayıplar aktivasyon polarizasyonu, omik (direnç) polarizasyonu ve konsantrasyon polarizasyonudur.

IV. YAKIT PİLİ ÇEŞİTLERİ

Yakıt pilleri:

Çalışma sıcaklıklarına göre

- Düşük PEMYP ve DMYP için ~80 °C
AYP için ~100 °C
- Orta FAYP için ~200 °C

- Yüksek EKYP için ~ 650 °C, KOYP için ~800-1000 °C

Çalışma basınçlarına göre

- düşük(atmosferik basınçta)
- orta
- yüksek

Çalışma maddelerine göre

- Gaz yakıtlarla çalışan (hidrojen, amonyak ve hava, oksijen)
- Sıvı yakıtlarla çalışan (metanol, etanol hidrokarbonlar)
- Katı yakıtla çalışan (Kömür, metal hidrür)

Kullanılan elektrolit tipine göre

- Polimer Elektrolit Membranlı Yakıt Pili (PEMYP)
- Doğrudan Metanol Yakıt Pili (DMYP)
- Katı Oksitli Yakıt Pili (KOYP)
- Fosforik Asit Yakıt Pili (FAYP)
- Erimiş Karbonat Yakıt Pili (EKYP)
- Alkali Yakıt Pili (AYP)

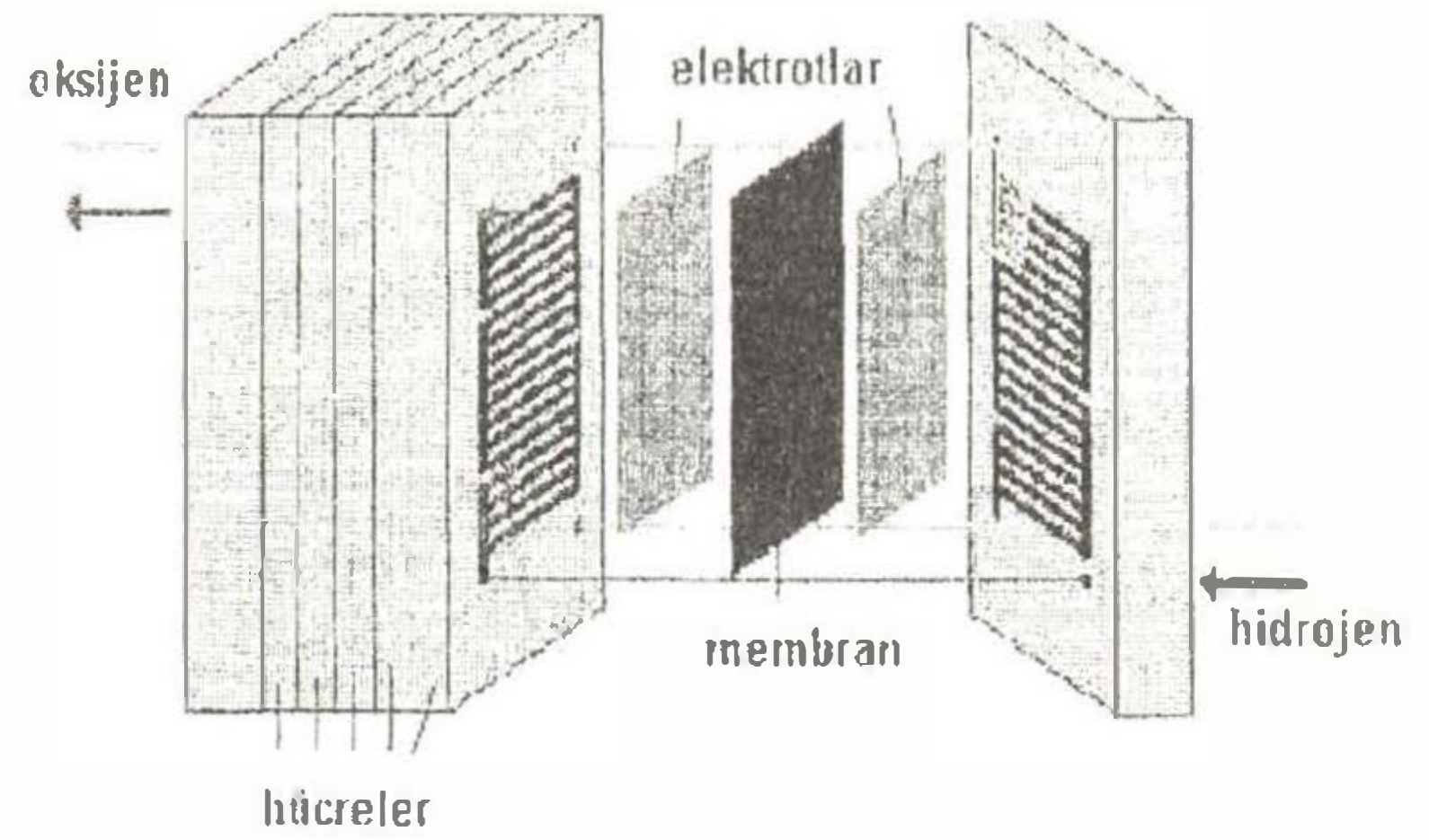
Olarak sınıflandırılır. (Tablo 1) [5]

Tablo 1 Yakıt pili çeşitleri

Yakıt Pili	Anot Reaksiyonu	Katot Reaksiyonu
PEMYP	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O$
DMYP	$C_2H_5OH \rightarrow 5H^+ + CO_2 + 2e$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O$
AYP	$H_2 + 2(OH)^- \rightarrow 2H_2O + 2e$	$1/2O_2 + H_2O + 2e \rightarrow 2(OH)^-$
FAYP	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e$	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O$
EKYP	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e$	$1/2O_2 + CO_2 + 2e \rightarrow CO_3^{2-}$
KOYP	$H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e$	$1/2O_2 + 2e \rightarrow O^{2-}$

V. YAKIT PİLİNİN TEMEL KISIMLARI

Hücre Modülü: Yakıt pili hücrelerinin istenilen özellikleri verebilecek sayıda bir araya getirilebilmesiyle oluşurlar. (Şekil 4)



Şekil 4 Yakıt pili hücrelerindeki birimlerin görünümü [8]

Elektrolit (Membran): Yakıt pillerinde katı, sıvı ve nemli polimerler elektrolit olarak kullanılır. Elektrolit iyonik yükleri iki elektrolit arasında taşıdığı gibi aynı zamanda reaksiyondan çıkan gazları elektrotlara taşır. Yakıt ile oksijen (hava) arasında ayırıcı bir zar görevi yapar.

Düşük ve orta sıcaklıktaki yakıt pillerinde suyu veya polimer elektrolit, yüksek sıcaklıklarda ise katı veya ergiyik elektrolit kullanılır. Ayrıca elektrolit yakıt ve oksitleyici gaz akımlarının doğrudan taşınmasını önleyecek fiziksel bir engel görevi de görmektedir.

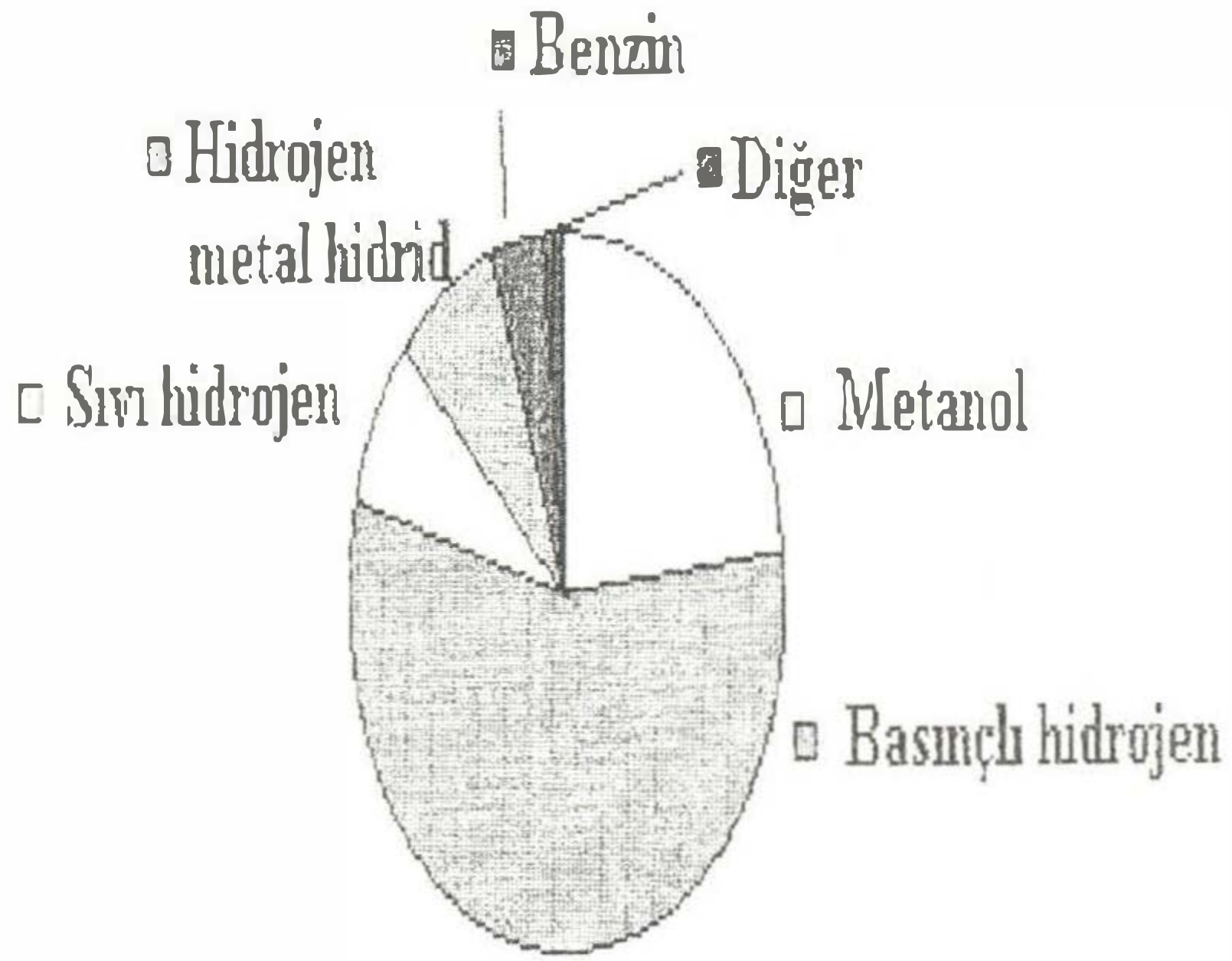
Elektrot: Yakıt pillerinde reaksiyonların gerçekleşebilmesi için gerekli yüzeyi, ortamı sağlayan kısımdır. Reaksiyon yüzeyini ve dolayısıyla hızını artırabilmek için gözenekli yapıda yapılmışlardır. Yapısının da karbon siyahı, platin katalizator bağlayıcı olarak da PTFE (politetrafluoroetilen) bulunur. Yüksek akım yoğunluğunun elde edilebilmesi için mümkün oldukça ince olmalıdır.

Bipolar plaka: Üzerinde gaz akış kanalları bulunur akımı üzerinde toplar. Bir tarafı gözenekli yapıdadır, bu yüzeyde katalizör tabakası vardır, yakıt pili hücrelerinin sıcaklığının ayarlanmasını sağlar. [6]

VI. KULLANILAN YAKITLAR

Yakıt pillerinde elektrik üretmek için basınçlı ve ya sıvı hidrojen, metanol, etanol, benzin, LPG, doğal gaz biyogaz gibi bir çok yakıt kullanılabilir.

Otomobillerde kullanılan yakıt pillerinde bu yakıtlardan hidrojen metanol-etanol ve benzin kullanılır. PEMYP bu dört yakıtı da kullanabilir. DMYP ise metanol-etanol yakıtını kullanılır. Bu yakıtlar içerisinde en çok kullanılanı basınçlı hidrojen ve metanoldür. (Şekil 5) Geleceğin yakıtı ise hidrojen olacaktır. [9]



Şekil 5 Yakıt pilinde kullanılan yakıtlar [7]

VII. OTOMOBİLLERDE KULLANILACAK YAKIT PİLLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Teknolojideki gelişmeler düşük maliyetle, çevreyi kirletmeyen, yüksek verimli, güç üretmek eğilimindedir. Yakıt pilleri tüm bu ihtiyaçları karşılayabilecek özelliktedir. Sessiz, verimli ve temizdir aynı zamanda çok az hareketli parçası olduğundan az bakım gerektirir. Bundan dolayı, ulaşım araçları, yakıt pillerinin en önemli uygulama alanıdır. Yakıt pilli araçlar yakın gelecekte kullanıma sunulabilecektir. Bu araçlarda kullanılacak en uygun yakıtlar ise hidrojen ve metanoldür. Metanol veya hidrojenin hangisinin en çok tercih edileceğini güvenlik, ekonomi, verim, emisyon değerleri ve dağıtılabilmeleri belirleyecektir. [10]

İ.Y.M.'ların verimleri %15-25 civarındadır. Bunun düşük olmasının en büyük nedeni yakıt kimyasal enerjisinin önce ısı sonra mekanik enerjiye çevrilmesidir. Böyle bir motorun verimi en fazla Carnot verimi kadar olabilir. Yakıt pilinde ise yakıtın kimyasal enerjisi doğrudan elektrik enerjisine çevrildiği için verim yüksektir. Otomobillerde kullanılan yakıt pilinin verimi benzin ve dizel motoruna göre oldukça yüksektir.

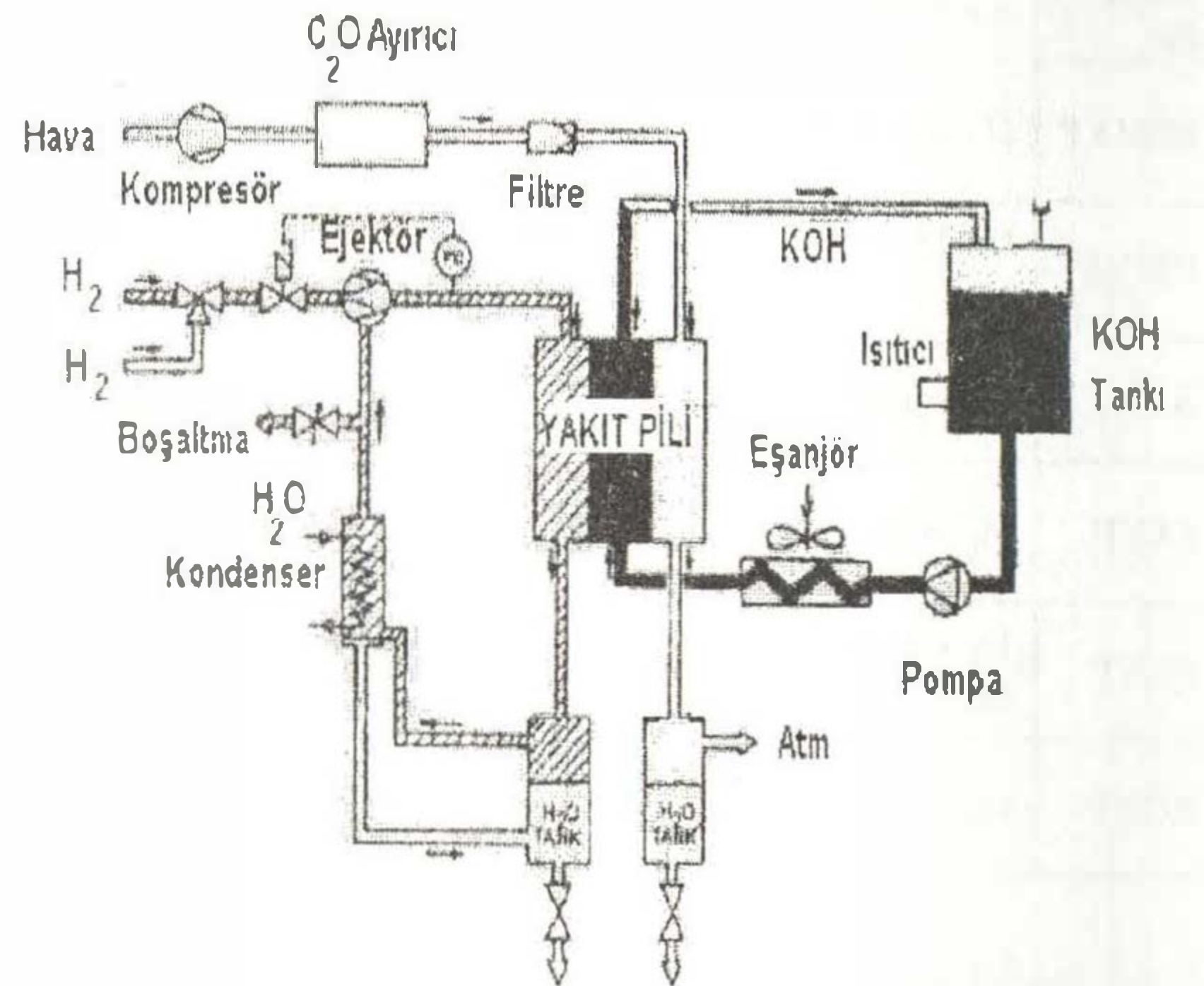
Hemen hemen bütün büyük otomobil şirketlerinin bu konuda çalışmaları ve deneme araçları vardır. Toyota Daimler-Benz, Ford, General Motors, Honda, Nissan Mitsubishi, Chrysler-Daimler bunlardan bazılarıdır. Bunların dışında otomobil firmaları ile birlikte veya tek başlarına araştırma yapan şirketlerde vardır. Ballard Power, Plug Power, De Nora, Los Alamos National Lab. bunlardan sadece birkaçıdır. Ayrıca çok sayıda üniversitenin araştırma gruplarının yaptığı bir çok yakıt pilli uygulaması vardır. NASA (J.P.L.)'nın bu konu ile ilgili araştırmaları Apollo uzay araçlarından beri devam etmektedir. Yakın bir gelecekte satışa sunulması beklenen yakıt pilli araçların sayısının zamanla hızla artarak 2019 yılında on milyonu geçmesi beklenmektedir. [11]

VIII. OTOMOBİLLERDE YAKIT PİLİ UYGULAMALARI

VIII.1 Elenco Yakıt Pili Sistemleri

Elenco çok katlı gaz dağıtma tabakalı elektrodu bulunan grafit – karbon tabakalar üzerine PTFE emdirilmiş nikel plaka ile desteklenmiş gözenekli yakıt pilini geliştirdi. Kullanılan platin yaklaşık 0.3 mg/cm^3 ağırlığında elektrot ise 0.5 mm kalınlığındaydı. Yıllık 20.000 adet üretim yapabiliyordu. Elektrotların çerçeveleri ABS tipi termoplastikten enjeksiyon ile imal ediliyordu. Elektrotlar 24 hücrelik modüller halinde seri veya paralel olarak bağlanmışlardı her biri 0.5 kW gücündeydi. En büyük kapasiteli 120 modüllük (52 kW) bir sistemi Belçika Jeoloji Servisi için yaptılar Elektrotların ömrü 5000 saattir.

Elenco elektrikli taşıt için VW firmasına 32 modüllük (14 kW) H_2 -hava yakıt pili geliştirdi. Laboratuvar tecrübeleri ve değişik modifikasyonları yapıldı. Çelik tüpler içerisindeki basınçlı hidrojenle 200 km yol alabilen taşıt doğru akım motoru kullanıyordu. [5] (Şekil 6)

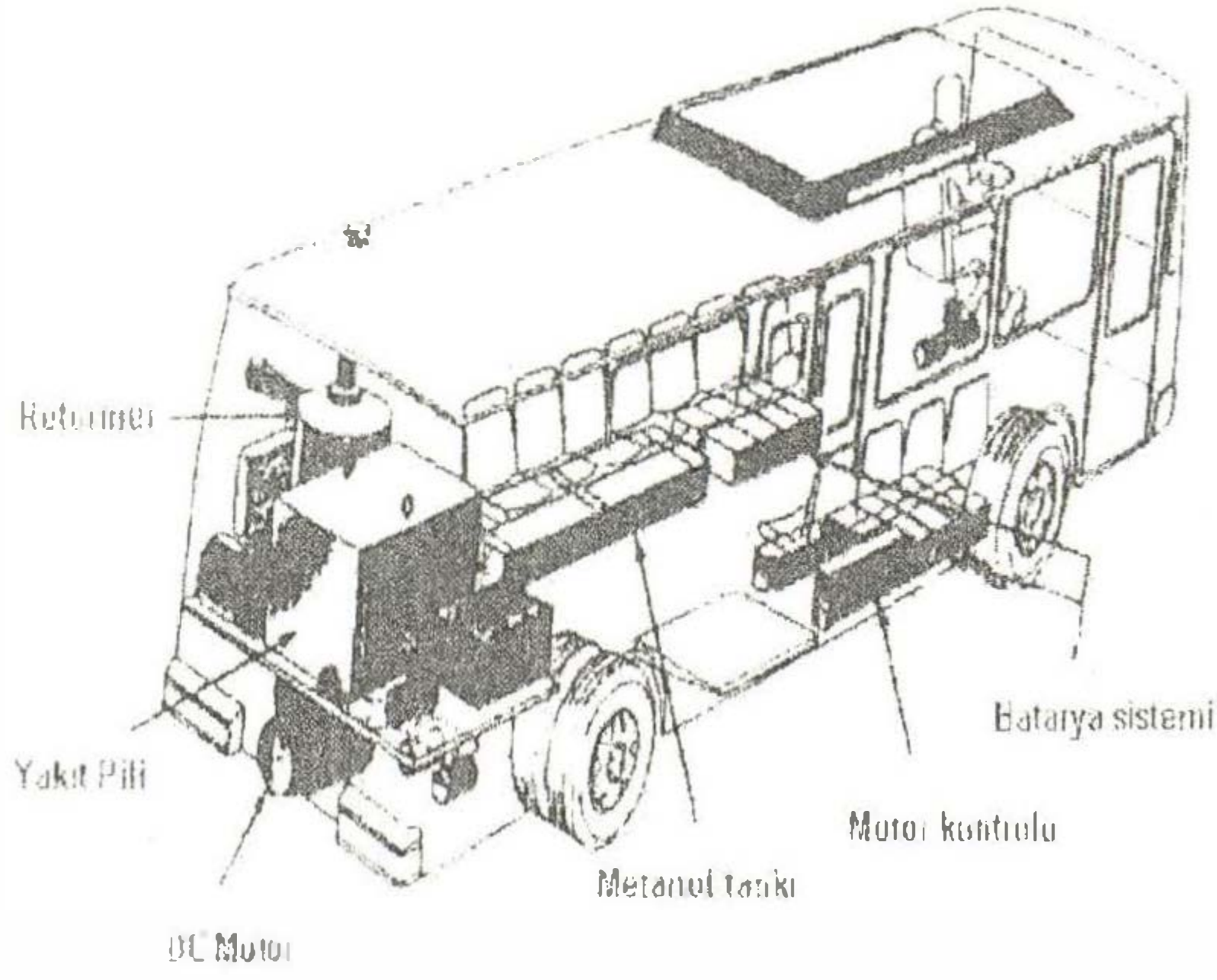


Şekil 6 Elenco yakıt pili çalışma şeması [5]

VIII.2 Fayp 'li Şehir İçi Otobüs Programı

Proje 1987 yılında başlatıldı. LANL teknik desteği ve Georgetown Üniversitesi personelinin yönetiminde proje gerçekleştirildi.

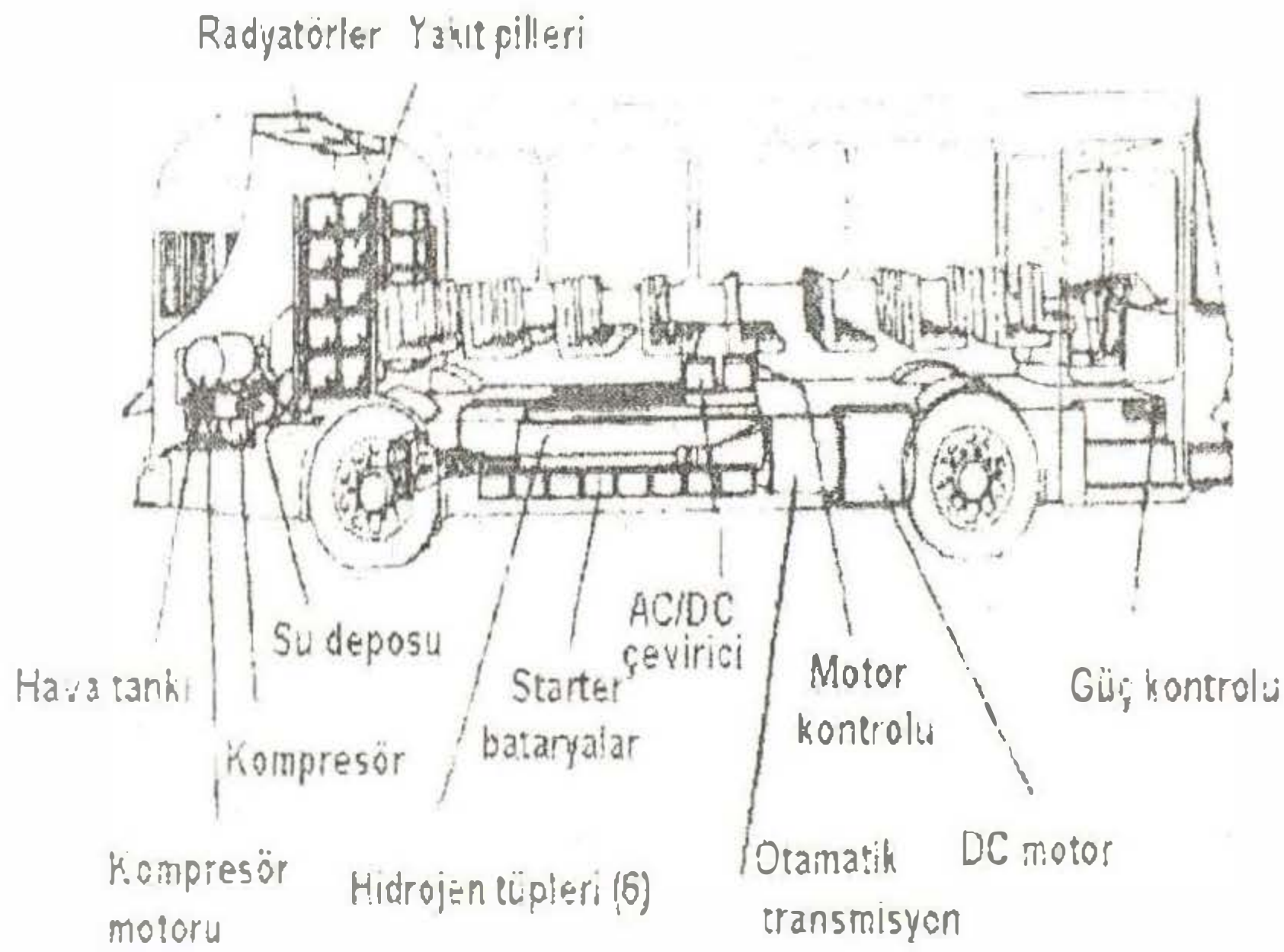
240 adet yakıt pilinden 150 V , 240 A , 36 kW 'lık performans elde edildi 110 adet 100 Ah 'lik destek sağlayıcı batarya kullanıldı. Yakıt pilinde yakıt olarak metanol kullanıldı. [5] (Şekil 7)



Şekil 7 FAYP şehir içi otobüsü [5]

VIII.3 Ballard Pili Otobüs

Proje 1990 yılında Kanada hükümeti tarafından başlatıldı. Dizel motorlu otobüs performansına benzer bir performans elde edildi. Yakıt olarak döşemenin altına yerleştirilmiş altı adet çelik tüp içerisindeki hidrojen kullanıldı. 1994 yılı ortalarında örnek otobüs tamamlandı. [5] (Şekil 8)



Şekil 8 Ballard tarafından geliştirilen otobüs [5]

VIII.4 Necar Serisi Araçlar

Ballard Power System ile Daimler-Benz ortak geliştirdikleri araçlardır. Dünyanın 15. büyük otomobil üreticisi olan Daimler-Benz yakıt pilli araçlardan 2005 yılına kadar 10.000 adet üretmeyi planlamaktadır.

1994 yılı Mayıs ayında yakıt pili ile çalışan ilk araç NECAR 1 üretildi. NECAR 1'de 12 modülden oluşan yakıt pili kullanılıyordu ve gücü 50 kW, bir depo yakıtla

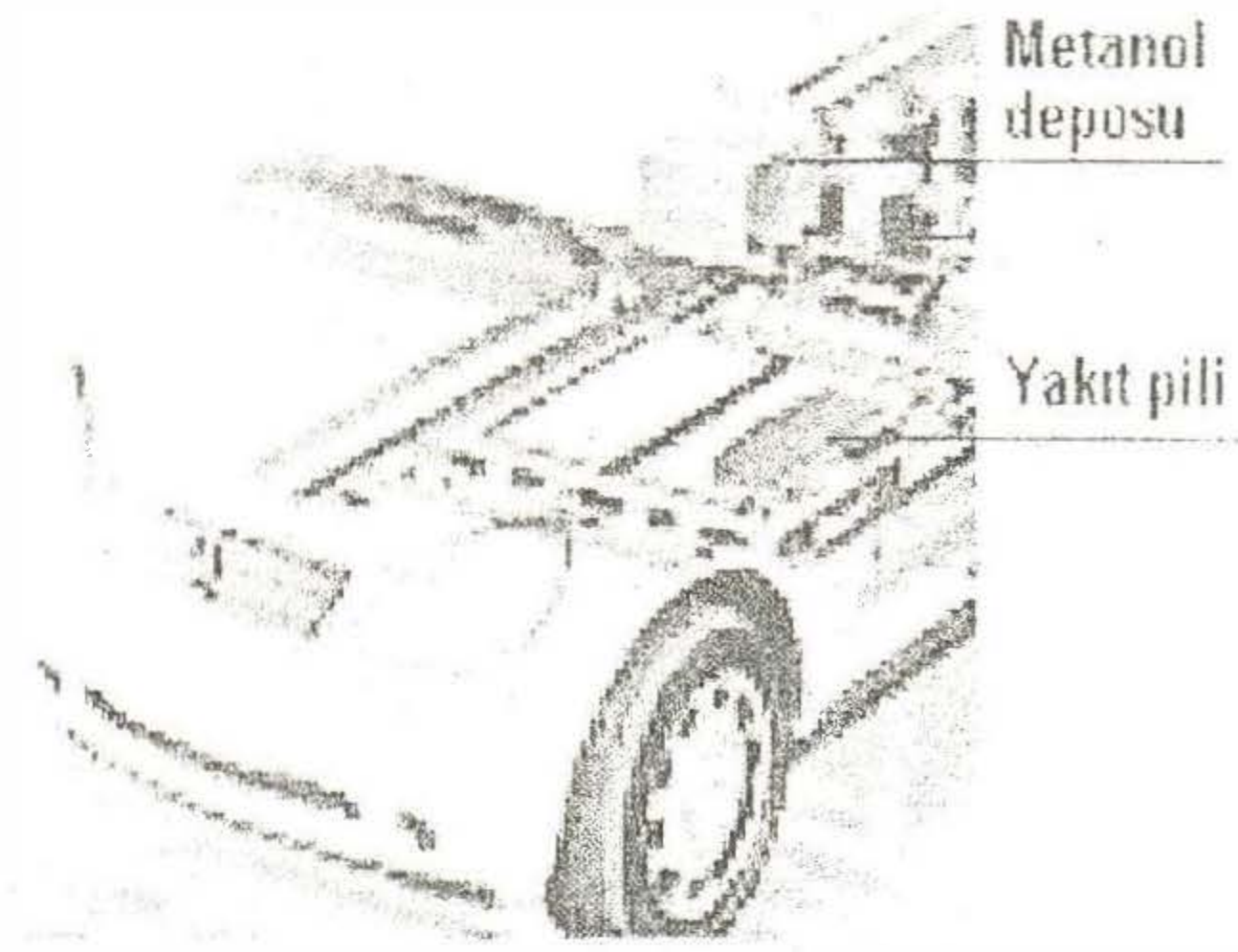
130 km yol alabiliyordu. Fakat şoförden başka sadece bir kişi taşıyabiliyordu. Çünkü taşıtın büyük kısmını 800 kg ağırlığında yakıt pili kaplıyordu. (Şekil 9)



Şekil 9 NECAR 1 taşıtı [12]

1996 yılı mayıs ayında yakıt pili ile çalışan NECAR 2 tanıtıldı. NECAR 1'e göre % 20 daha hafif yakıt pili kullanılmıştı. Bu sayede taşıt 6 kişiyi taşıyabiliyordu. Taşıtın menzili 250 km en yüksek hızı ise 110 km olan bu taşıtta kullanılan yakıt pilinin gücü 50 kW idi.

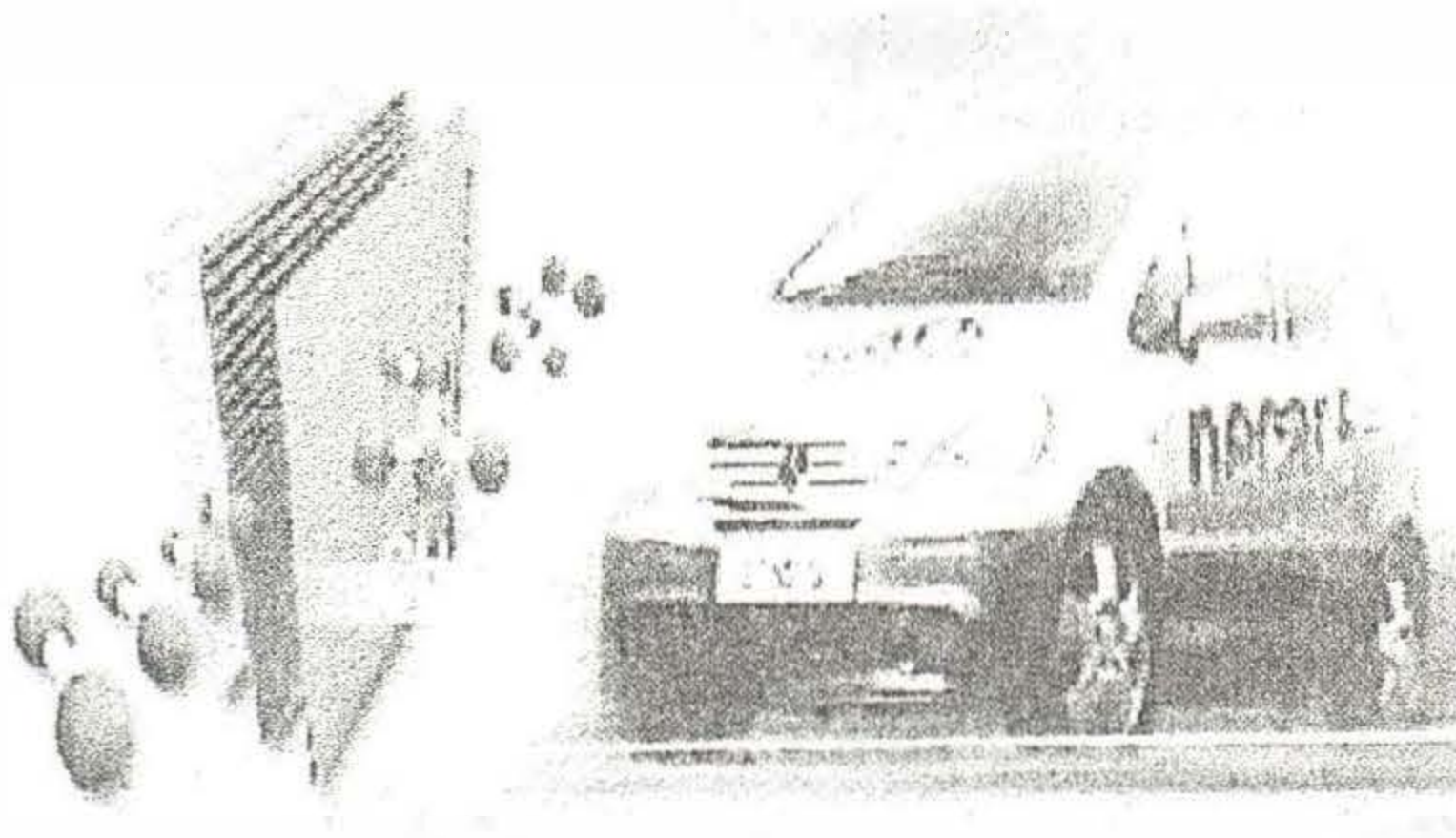
1997 yılı eylül ayında metanolla çalışan NECAR 3 tanıtıldı. Bir depo metanolla (40lt) 400 km yol alabiliyordu. Yakıt pili 50 kW gücündeydi ve 2 adet hücre modülü kullanılıyordu 120 km/s hız yapabilen Mercedes-Benz A serisi bu araç 2 yolcu taşıyabiliyordu. (Şekil 10)



Şekil 10 NECAR 3 taşıtı [12]

NECAR 4, 145 km hızı sahip olacak şekilde geliştirildi. 450 km menzili olan Mercedes-Benz A serisi olarak imal edilen NECAR 4 bagajları ile birlikte 4 yolcu alabiliyor.

Kasım 2000'de tanıtılan NECAR 5 ile NECAR 4'ün her ikisinde de 50 kW'lık yakıt pil mevcuttu. Görünüş olarak normal bir araçtan bir farkları yoktu. Dışarıdan aracın çalışma sesi hiç duyulmuyor içerisinden hafif bir kompresör sesi duyuluyordu. (Şekil 11)



Şekil 11 Metanol ile çalışan NECAR 5 [12]

IX. SONUÇ

Taşıtlarda yakıt pilleri kullanılarak gelecekte karşılaşılabilecek bir enerji sıkıntısından kurtulmuş olunur. Daha önemlisi bu taşıtların çevreye verdiği zarar önlenebilir. Hem temiz çevreyi kirletmeyen hem de bitmeyen bir enerji kaynağına sahip olunabilir.

Bu konudaki çalışmalar özellikle şu alanlarda yoğunlaşmalıdır

1. Maliyeti azaltınca:
 - Ucuz malzeme kullanabilen sistemlerin geliştirilmesi
 - Kullanılan katalizör ve içerisindeki pahalı maddelerin miktarını azaltma
2. Yakıt pilinin performansının artırılması
 - Yakıt pilinin veriminin artırılması
 - Yakıt pilinin soğutulmasının iyileştirilmesi
 - DMYP'de daha etkili reaksiyon için katalizörlerin geliştirilmesi
 - Membran özelliklerinin geliştirilmesi
3. Daha kompakt sistemlerin geliştirilmesi
4. Ucuz ve bol miktarda yakıt temini, yakıt olarak hidrojenin kullanılması

KAYNAKLAR

- [1] Çağlar Sunay " Geleceğin Temiz Enerji Kaynağı ;Yakıt Pilleri" Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 1998
- [2] Şen O.İ. : "Polimer Elektrolit Membranlı Yakıt Hücreleri İçin Dowex Reçinesinin Ve H-2SM5 Zeolitinin Elektrolit Olarak Denenmesi" Gazi Ü. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, Şubat 2001
- [3] Shunshon Gottesfeldcharles, F. Kellerstetten Moller, Holstantonio Redondo "Fuel Cells Green Power" Los Alamos National Laboratory
- [4] Chalk S., G. Milliken " The U.S. Department of Energy Investing the Clean Transport", Journal of Power Sources 1998
- [5] K.Kordesh, S.Simader, "Environmental Impact of Fuel Cell Technology", Chemical Reviews January 1995
- [6] San F.G., Bahar T., Özdemir S., Örs N." Hidrojen Yakıt Pilleri: Otomobil Endüstrisindeki Uygulamalar Ve Geleceği", TÜBİTAK MAM, Ekim 2001
- [7] Brian Cook "An Introduction to Fuel Cells and Hydrogen" Technology Heliocentris 3652 West 5th Avenue Vancouver, BC V6R 1S2 Canada December 2001
- [8] Mikko Mikkola, "Experimental Studies On Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stacks", Master of Science In Technology, Helsinki University of Technology 2001
- [9] Fuel Cell Vehicle Survey 19 December 2001, www.fuecelltoday.com
- [10] Adamson K., Pearson P., "Hydrogen and Methanol a Comparison of Safety, Economics, Efficiencies and Emissions ", Journal of Power Sciences, 86
- [11] Robert Kosak "Fuel Cell Vehicles", York Technical College 16
- [12] Ballard Power System 2002 (www.ballard/products.com)