

İÇTEN YANMALI MOTORLARDA, ALTERNATİF ENERJİ OLARAK KULLANILABİLECEK, ALKOL VE HİDROJENİN İNCELENMESİ

Gazi Kılıçarslan, Ahmet Kolip

Özet – II. Dünya savaşından itibaren, alternatif yakıt arayışları giderek yoğunlaşmıştır. Özellikle 1973 yılındaki petrol krizinden konuya ilgi oldukça artmıştır. Bu çalışmada, içten yanmalı motorların yakıt özelliklerine ve yakıt ekonomilerine paralel olarak alternatif enerji kaynaklarından alkol ve hidrojen ele alınmıştır. Benzinli motorlarda, hacmen %20 kadar alkol içeren benzinler motor yapısında değişiklik yapılmaksızın kullanılmaktadır. Alkol, benzin motorlarında %10 güç artışı sağlamaktadır. Hidrojenin tutuşma sınırlarının çok geniş olması, içten yanmalı motorlar için büyük avantajdır. Yakıt hücresi uygulamasında, hidrojenden elektro kimyasal yöntemle elektrik üretilmektedir. Bu uygulamada, alkol araç içerisinde hidrojene dönüşmekte daha sonrada bir kütle içerisi den geçirilerek motorlara akım sağlayan elektrik enerjisini üretmektedir. Klasik yakıtlara alternatif olarak, alkol ve hidrojenin kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler - özgül yakıt tüketimi, Yakıt ekonomisi, alkol, hidrojen, Yakıt hücresi

Abstract – The struggling to find alternative fuels has been gradually increased after the second world war. Especially, the interest of this subject is rather extended after the petrol crisis in 1973. In this study, the fuel properties of internal combustion engines fuel alternative alcohol and hydrogen from alternative energy sources are investigated. In gasoline containing up to 20% alcohol is used without any structural changing in the engine. Alcohol supplies 10% power increment in the gasoline engine. The higher ignition limits of hydrogen are the advantages of internal combustion engine. In the application of fuel cell, electricity is produced by a complex electro-chemical method. In this application, alcohol is transformed to hydrogen in a device attached to the car; then it is passed through a mass and electrical energy is produced to supply current to engines. The current works prove the using of alcohol and hydrogen in engines alternatively to conventional fuels.

Key Words - Consumption of specific – fuel economy of fuel, alcohol, hydrogen, fuel – cell.

G Kılıçarslan, Motor Öğretmeni, Endüstri Meslek Lisesi Afyon.
SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Öğrencisi, Esentepe Sakarya
A Kolip, SAÜ Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi bölümü
Esentepe Sakarya

I.GİRİŞ

İnsan ihtiyaç ve ilişkileri bireyleri günlük yaşamda bir yerden bir başka yere gitmek zorunda bırakmaktadır. Bu işlemi daha kolay gerçekleştirmek için, insanoğlu devamlı bir arayış içerisinde olmuştur. İnsanoğlu bu çabalara, 3500 yıl önce en önemli teknolojik buluşu olan tekerleği icadı ile başladı. Bu büyük buluş sürtünmeyi en aza indirmekteydi. 500 kg ağırlığında bir kütle çekerek sürükleyebilmek için yaklaşık olarak 200 kg kuvvete gereksinim vardır. Halbuki basit bir tahta tekerlekle bu miktar 40 kg, ray üzerinde hareket eden çelik bir tekerlek ise 4 kg civarındadır [1].

Buhar gücü ile çalışan motorun icadına kadar geçen süre içerisinde arabaların çekilmesinde insan ve hayvan gücü kullanılmıştır. 18. yüzyıla buhar gücü damgasını vurdu. İngiltere’de G. Gurney’in geliştirdiği güvenli kazan sisteminde kok yerine daha az duman çıkartan kömürler kullanıldı. 19. yüzyıl başlarında bu tür buhar makineli fayton ve hatta otobüsler ile, şehirler arası seferlerde yapılmıştır. Ancak deneyimler sonucunda buhar makinesinin daha çok raylı taşıtların tahriki için uygun olduğu anlaşılmıştır [2].

Günümüz anlamındaki ilk otomobili 1769 yılında Fransız mucit Nikolas Joseph Cugnot tarafından gerçekleştirilmiştir. Cugnot’un otomobili buhar gücü ile hareket eden üç tekerlekli, dört kişilik ve maksimum hızı 3,6 km/h olan bir araçtı. Buhar gücü ile tahrik edilen otomobiller patlama riski, duman, yüksek gürültü ve yakıt olarak kullanılan odun veya kömürün de araç içinde taşınmasının pratik olmaması nedeniyle oldukça sorunlu sistemlerdi. 1876’da alman mühendis Niklaus August Otto, Dört zamanlı benzin motorunu geliştirerek bugün kullanılan araçların şekillenmesini sağladı. Otto’nun motoru temel prensiplerde önemli bir değişiklik yapılmaksızın otomobilleri bugüne kadar başarıyla taşımıştır [3].

İlk mucitlerin uğraşı raylardan ve izlerden bağımsız kendi olanaklarıyla hareket edebilen bir araç icat etmektir. Düşük maliyetli bir yakıt, tükenmeyen bir

yakıt, aynı zamanda çevre kirliliği yapmayan bir yakıt o zamanlar hiç gündemde değildi.

Alternatif yakıt, arayışları İkinci dünya yıllarından başlayarak, günümüzde giderek yoğunluk kazanmıştır. 1973 yılında Arap ülkelerinin petrole ambargo koymaları sonucunda, fiyatların artması konuya ilgi oldukça artmıştır.

II.YAKIT

Yakıtlar karbon hidrojen bileşikleridir. Bunun için hidrokarbon dört değerli bir elementtir. Yani dört bileşik oluşturabilir. Buna karşı hidrojen ise tek değerlidir. Bunun sadece bir tane bileşik oluşturma imkanı vardır. Bir C atomu 4H atomunu bağlayabilir. Olası karbon hidrojen bileşim sayısı çok yüksek olduğundan C atomlarının kendi halkası ve zincirini oluşturma özellikleri vardır. Yakıttaki hidrokarbonlar düzgün veya dallara ayrılmış zincir ve halka biçiminde sıralanırlar [5].

II.1. Benzinli Motor Yakıtlarının Özellikleri

Benzinli motor yakıtları hafif gazımsı ve yüksek oranda ateş alma özelliği ve bu şekilde vuruntuya karşı dayanıklı oktan sayısı için olan kaynama noktasıdır. Benzin sabit bir kaynama noktasına sahip olmayıp sadece kaynama alanına sahiptir. Benzinler çeşitli sıcaklıklarda buharlaşırlar. Normal benzin 60 °C ile 120 °C arasında, süper benzin ise 60 °C ile 200 °C arasında buharlaşır.

Vuruntuya karşı bir birim Research- Oktan sayısıdır (RO2). Oktan sayısını bulabilmek için bir deney motorunda denemesi yapılacak yakıtı iso oktan ve heptan'dan oluşan bir karşılaştırma karışı ile değişken sıkıştırma işlemleri yoluyla yapılır Oktan sayısı ne kadar yüksekse yakıtta o kadar vuruntuya dayanıklıdır [5].

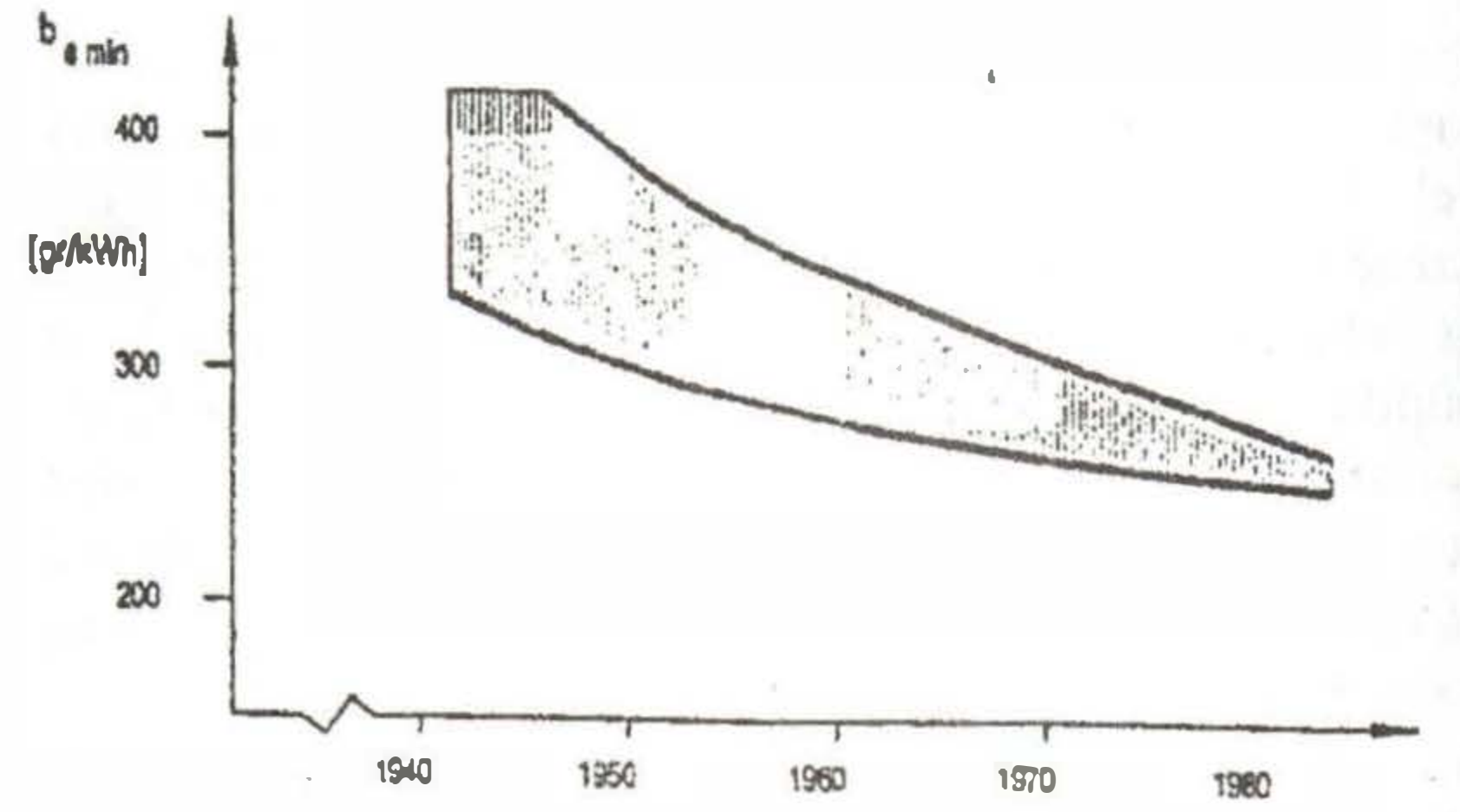
II.2.Dizel Yakıtının Özellikleri

Dizel yakıtları Otto motor yakıtlarına (benzinlere) karşı özellikle tutuşabilir olmalıdır. Tutuşabilirlik ölçüsü ise setan sayısıdır (C2).Setan sayısı bir deney motorunda elde edilir. Bu motorda çok iyi tutuşabilir. Setan (100 C2) ve metil naftalinden (OC2) oluşan karşılaştırma yakıtı ile karşılaştırılır. Setan sayısı ne kadar yüksek olursa tutuşabilirlik oranı da o kadar yüksek olur. Setan sayısı 45 CZ'nin üstünde olmalıdır. Normal olarak 50 C2 ile 55 C2 arasında olur. -25 °C'nin altındaki sıcaklıklarda dizel yakıtına %50 oranına kadar gazyağı veya benzin ilave edilir[5]

III.YAKIT EKONOMİSİ

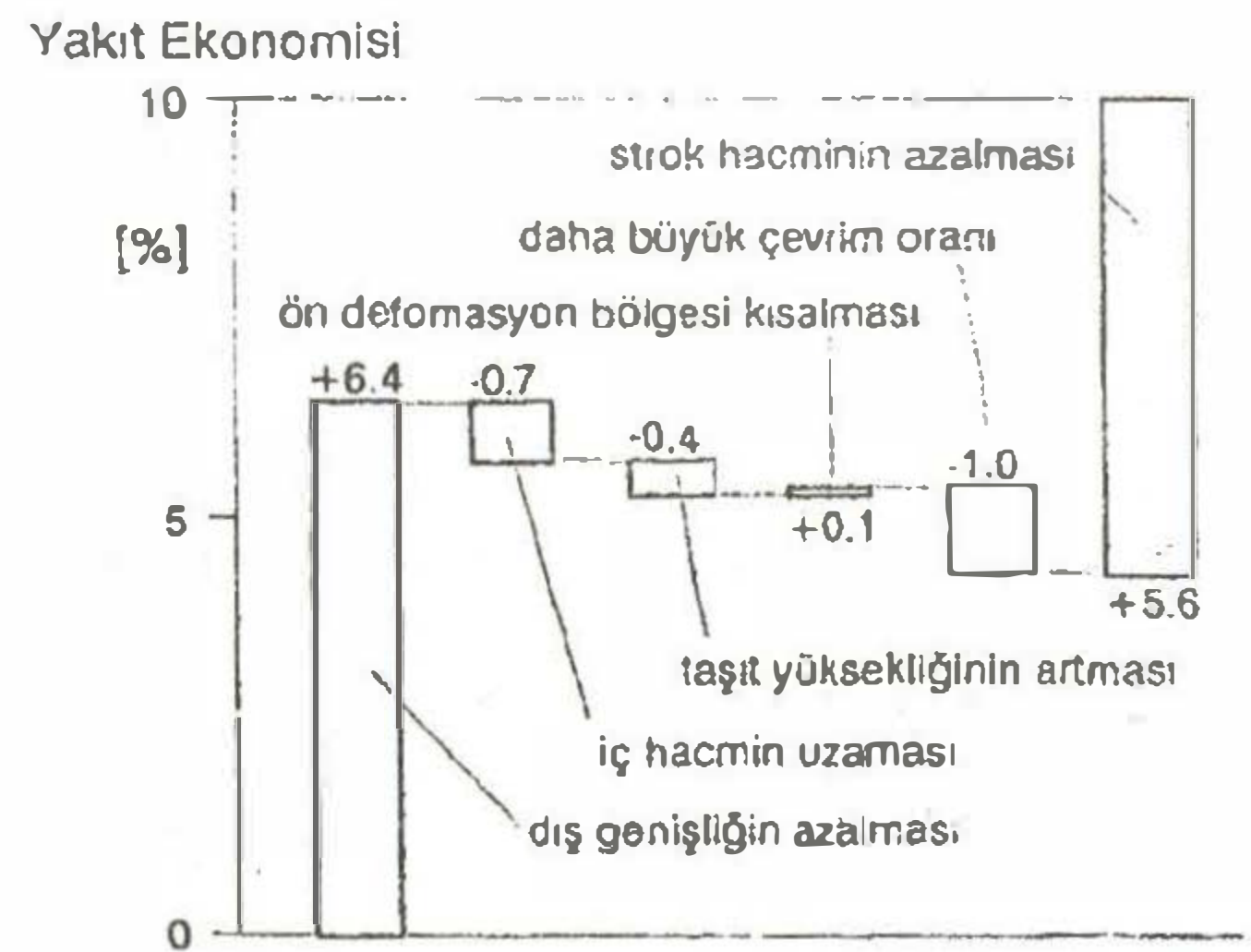
1973 yılındaki ilk enerji krizi; yakıt tüketiminin azaltılması ve yeni alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi otomobil tekniğinin en önemli konusu haline getirmiştir.

Motor imalatında ortalama basınçların ve özgül güçlerin arttırılması uzun yıllar ana amaç olarak kabul edilmişse de bunun için gerekli olan; sıkıştırma oranının arttırılması, karışım oluşumunun, yanma odasının ve ateşlemenin iyileştirilmesi gibi önlemler aynı zamanda özgül tüketimi de azaltmıştır [2].



Şekil 1 : Benzin motorlarının minimum özgül yakıt tüketiminin gelişmesi [2].

Son zamanlarda araştırma konuları seyir dirençlerinin azaltılmasına, motor yapılarının değiştirilmesine ve tahrik elamanları ile taşıtın uyumunun iyileştirilmesine yönelmiş olup 1980'li yılların başlarında bir çok taşıt modelinde yakıt tüketimi %15-20 kadar azaltılmıştır. Analiz modellerine göre taşıt yakıt tüketiminin %10 azaltılması istendiği kabul edilirse bu hedefe göre diğer bütün özellikler sabit kalacak şekilde çıkış parametrelerinin değiştirilmesi gerekecektir. Şekil.2'de bu parametreler gösterilmiştir.

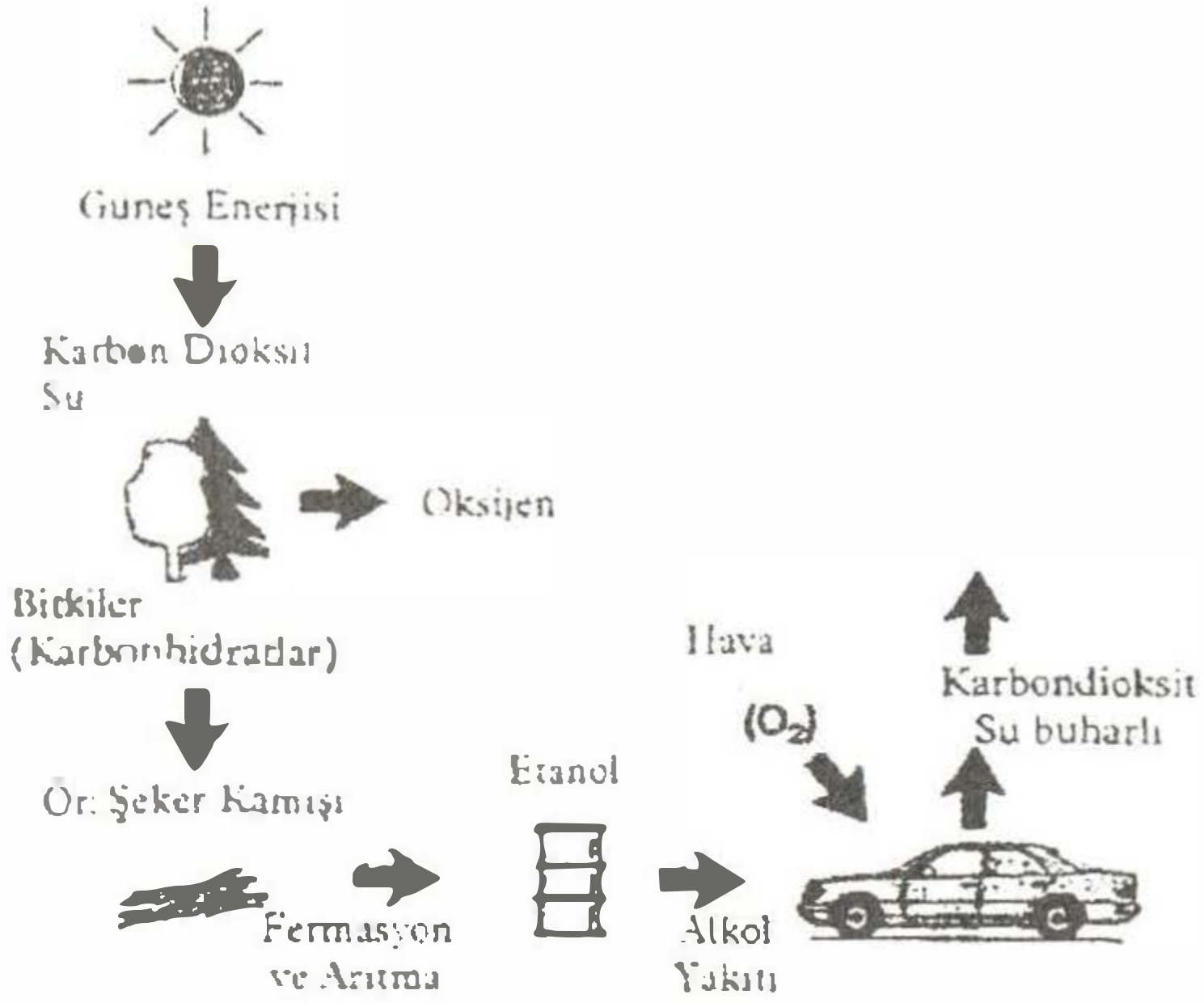


Şekil 2: Yakıt tüketiminin azaltılmasında parametre değişikliklerinin ayrı ayrı payları [2].

IV. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT OLARAK, ALKOLLERİN KULLANILMASI

Ulusal kaynaklardan yararlanma, tarımsal potansiyeli değerlendirme nedenleri ile ülkemizde benzine alkol katılarak ve yakıt olarak kullanılmasıyla ilgili bazı girişimlerde bulunulmuştur. Konu ilk defa 1931 yılında yapılan Ziraat Kongresinde ele alınmıştır. 1932 yılında motorlarda kullanılan benzine belirli oranda alkol katılarak hem alkol kullanımının artırılması hem de yakıt tüketiminin kısmen yurt içinden karşılanması düşünülmüştür. 1942 yılında askeri araçlarda benzine %20 oranında alkol katılmıştır. 1973 yılında Arap ülkelerinin petrole ambargo koymaları ile fiyatların artması sonucu Türkiye Şeker fabrikaları A.Ş. "Yakıt Amaçlı Alkol Üretim Projesini" yatırım planına almış ve 8 adet alkol fabrikasının kurulmasını planlamış ancak uygulamaya konulamamıştır [6].

Benzinli motorlarda hacmen %20'ye kadar alkol içeren benzinler, motor yapısında değişiklik yapılmaksızın kullanılabilir. Alkol katkılı benzinler, alkollerin mikroskobik özelliğinden dolayı, pratik olarak benzin-alkol-sudan oluşan üçlü bir karışımdır. Bu karışımın motor yakıtı olarak değerlendirilmesinde en önemli sorun daima homojen olması gereken sistemde, iki ayrı sıvı fazın oluşmasıdır. Bu karışımda üst faz benzin, alt faz ise alkol bakımından zengindir. Bu durumda ayırma yapmış karışım motora ulaştığında, alkol fazı tek başına karbüratöre geçtiği zaman motorda yakıt yetersizliği ve ani güç düşmesinin verdiği tekleme ve sarsıntılar oluşur [7].



Şekil 3 : Etanolün bitkilerden elde edilişi.

Şekil 3'te görüldüğü gibi etanol ve metanol gibi alkoller benzinli motorlarda kullanılmaya uygundur.

Brezilya'da şeker kamışından elde edilen etanolle ilgili olarak ulusal bir proje yürütülmektedir. Almanya'da metanole çok önem verilmektedir. VW Jetta firması

Brezilya'da 2 milyonun üzerinde bu tür yakıtla çalışan araç satmıştır[1].

Tablo 1 Metanolün dizel motorlarında kullanımı için geliştirilen metotlar

METOD	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
Kimyasal katkı maddeleri	Motorda değişikliğe gerek yok	Katkı maddelerinin pahalı olması ve gerekli miktarın çokluğu
Emülsiyon	Motorda çok az değişiklik gerektirir.	Yakıtın % 50'sinin dizel olması, nedeni ile iki ayrı yakıt tankı gerektiriyor.
Metanol ve Dizel enjektörlerinin ayrı kullanımı	Pilot enjeksiyon için az miktarda dizel yakıtı gereksinimi	Karmaşık kontrol sistemi ve iki ayrı enjeksiyon sistemi gereksinimi
Metanol'ün dizel yakıtıyla beraber kullanımı	İki ayrı enjektör kullanımından daha ucuz	Yakıtın % 50'sinin dizel olması, nedeni ile, iki ayrı yakıt tankı gerektiriyor.
Yüzey ateşlemesi	Tek bir yakıt gerektirmesi	Sıcak yüzey eldesi için gerekli enerjinin büyük olması
Buji ateşlemesi	Tek bir yakıt gerektirmesi	Ateşleme sisteminin fiyatı

Metanol'ün belirli bir hacimdeki enerji yoğunluğu benzine göre daha düşük olduğundan benzin ile kat edilen bir mesafeyi kat etmek için daha fazla metanol kullanımına ihtiyaç vardır. 1.7 litre metanol, 1 litre benzinin verdiği enerjiye eşit miktarda enerji vermektedir. Bu da yakıt tanklarının daha geniş ve ağır olması demektir. Böylece hem taşıtlardaki depoların büyütülmesi gerekecek ve yer kaybına neden olunacak, hem de taşıtta benzine göre daha fazla bir yükün taşınmasına neden olunacaktır. Ayrıca standart yakıt pompalarının kullanılması durumunda dizel yakıtın verdiği enerjiye eşdeğer enerji metanol yakıtından elde etmek için, daha fazla miktarda metanol yakıtının püskürtülmesi gerekmektedir. Bu sebeple pompa ve enjektörden geçen yakıt miktarı önemlidir.

Metanol'ün ısı değeri petrole göre daha düşüktür. Buharlaşma ısısı yüksektir. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmaktadır. Metanolün buharlaşmasına yardım etmek amacıyla su ile ısıtılan emme manifoldu, 10 °C den düşük sıcaklıklarda ilk harekete yardımcı yakıt sistemleri kullanılmaktadır.

Metanolün kullanımında karşılaşılan diğer bir problem aşırı derecede korozyona neden olmasıdır. Bu sebeple kullanılabilmesi için özel yakıt püskürtme pompalarına, yakıt depolarına, yakıt sistemlerine ve yakıt istasyonlarında özel depolama tanklarına ihtiyaç vardır. Silindir duvarlarında ki yağın etkisini tamamen ortadan kaldıracı eğilimi olduğundan özel yağlama yağları kullanılması gerekir. Korozyonu önlemek için



Wankel motorunun gözetim odası geniş tutulmasına sınırlanmış sahiptir. Örneğin metan-hava karışımlarının tutuşabilmesi için hava fazlalık katsayısının 0.6-1.9 değerleri arasında bulunması gerekmektedir [4].

Wankel motoru ele alındığında hidrojen ve wankelin birbirine çok uyumlu olduğu görülmektedir. Wankel rotorlarının döndüğü odası içerisinde, hareketli bir yanma hacmi meydana gelmekte ve diğer motorlara oranla daha fazla olan yüzey alanı, ortaya çıkan ısıyı dağıtmaktadır. Hiçbir bölgesinin daha fazla sıcak

olmadığı, karışım oluşturma ve yanma sürelerinin azaltılması bakımından avantaj sağlamakta olup, verimi artırmaktadır [4].

Tablo 2 Motorlarda Kullanılan Bazı Sıvı Yakıtlara Ait Özellikler.

	Hidrojen H ₂	Metan CH ₄	Metanol CH ₃ OH	Etanol C ₂ H ₅ OH	Benzin C ₈ H ₁₈
C/H Oranı	0	0.25	0.25	0.33	0.56
Mokokül ağırlığı Kg/mol	2.02	16.04	32.04	46.07	91.4
Özgül kg/m ³ sıvı Ağırlığı kgm ³ gaz	0.07 0.084	0.424 0.78	0.79 -----	0.79 -----	0.73 ---
Isı değeri MJ/kg MJ/l	119.3 8.41	50.8 20.8	20.1 15.9	26.9 21.3	43.4 31.8
Buharlaştırma ısısı MJ/kg	0.447	0.509	1.102	0.856	0.272
Tutuşma sınırı %hacim HFK	4.1-74 0.15-4.35	5-15.4 0.59-2	6-37 0.24-2.22	33.5-19 0.29-1.92	1.3-7.6 0.26-1.67
Alev hızı (laminer m/sn)	2.91	0.37	0.52	-----	0.37
Ayd. Alev sıcaklığı (K)	2383	2227	2151	2197	2266
Difüzyon katsayısı m ² /s	0.61	0.16	-----	-----	0.08
Kaynama noktası K	20.65	117.7	338.1	351.7	305
Donma noktası K	14	-----	175.4	155.9	217
Oktan sayısı AOS MOS	130 -----	130 105	110 87	106 89	91-100 82-94

Mersedes-Benz firmasının 1984 – 1988 yılları arasında kurduğu ve özel şahıslara kiralanmış bir otomobil filosu 800 bin km'ye yakın bir yol yaparak hidrojen kullanımının doğuracağı sonuçlar test edilmiştir. Araçlarda hidrojen kullanımına uygun olarak dönüştürülen motorlar ve hidrid depoları bulunmaktadır. Hidrid sisteme dönüştürülen araçlara yakıt üçlü hortumlar aracılığıyla doldurulmakta, hortumlardan ikisi soğutma suyunun dolaşımını, üçüncüsü ise hidrojen boşaltmasını sağlamaktadır. Mercedes Benz mühendislerine göre pek yakında hidrojen yakıtlı otobüslerin kullanımı yaygınlaşacaktır [7].

Tablo 3 Değişik Yakıtların Yanma Özellikleri [9].

Yakıt	Hidrojen	Benzin	Metanol
Kendi kendine Tutuşma sıcaklığı (°C)	585	440	385
Min. Tutuşma enerjisi (MJ)	0.02	0.25	---
Tutuşma aralığı (%hacim)	4-75	1.3-7.1	6.7-3.6
Max. Laminer alev hızı (cm/s)	270	30	---
Difüzyon katsayısı (cm ² /s)	0.63	0.08	---

Tablo 3'de görüldüğü gibi hidrojen bazı küçük değişikliklerle, benzin motorları ile çalışır duruma getirilebilirler. Isıl verimleri benzin motorlarına yakındır.

Stokiyometrik çalışma şartlarında hidrojen motorunda yüksek miktarda NO_x oluşur. Fakat silindirlere gönderilen karışım fakirleştirilerek NO_x oluşumu

azaltılabilir. Benzin motorundan hidrojen motoruna çevrilmiş motorda, stokiyometrik hidrojen-hava karışımında %20 güç kaybı meydana gelir. Karbüratörlü motorlarda emme manifoldundaki alev tepmesi önemli bir problemdir.

Hidrojen motorunun bu dezavantajları, onun benzin motoru ile rekabet etme şansını azaltmaktadır. Fakat günümüze kadar yapılan çalışmalar ile bu problemler çözülerek, hidrojenin motor verimine ve hava kirliliğinin azaltılmasına olan katkıları görülmüştür. Hidrojenin sıkıştırma oranı yüksek olan motorlarda kullanılması ile de sebep olduğu güç kaybı azaltılabilir. Ayrıca aşırı doldurma uygulanarak ilave güç sağlanabilir. Sıkıştırma oranının arttırılması ve fakir karışım ile hidrojen motorunun ısıl veriminde, benzinli motora göre %25'lik bir artış sağlanabilir. Fakir karışım ile alev tepmesi önemli miktarda azaltılır [9].

VI. SONUÇ

Enerji ekonomik yaşamın temel öğelerinden biridir. Dünyada enerji alanında oluşan arz talep dengesizlikleri, ard arda gelen petrol krizleri ve fiyat artışları ülkeleri yeni enerji kaynakları bulma çabasına sokmuştur. Dünya enerji rezervinin %75'ini Kömür, %14'ünü petrol, %11'ini ise doğal gaz oluşturmaktadır. Bugünkü bilgilere göre, linyitin 240 yıl, petrolün 30 yıl, doğalgazın 50 yıl yeteceği bilinmektedir. Dünya enerji tüketiminin %25'i taşıtlar için kullanılmaktadır [7].

VI.1. İçten Yanmalı Motorda Alkol Kullanımının Getireceği Avantajlar:

1. Alkoller oktan sayısı benzine göre yüksektir. Alkol ile çalışan motorlarda yüksek sıkıştırma oranlarına çıkarak motor performansını artırabilir [4].

2. Alkollerin gizli buharlaşma ısıları çok yüksektir. Bu durum motorlarda hava yakıt karışımının soğukluğunun artması silindirlere daha yaygın karışım girmesini sağlar. Bu durumda Volümetrik verim artar. Metanol kullanılan bir motorun performansında aynı motorun benzine çalıştırılmasına göre %10 daha fazla güç artışı görülmüştür. Metanol için ideal H/Y karışımını değeri 6,4/1, benzin için 14,5/1 dir. Bu durum alkollerin sıkıştırılmasının daha çok enerji gerektirdiğini gösterir [4].

3. Benzin değişik hidrokarbonlardan oluştuğu için kaynama sıcaklığı sabit değildir. Buna karşılık alkollerin tek bir kaynama noktası vardır. Bu nedenle alkoller benzin ve metanole göre çok daha rahat bir alanda buharlaşırlar ve daha temiz yanarlar [4]. Dolayısıyla Emisyon açısından alkoller benzinli motorlara göre daha temizdirler [1].

VI.2. İçten Yanmalı Motorda Alkol Kullanımının Getireceği Dezavantajlar:

1. Alkolün özelliğinden dolayı filtrelerde tıkanmaya sebebiyet verir [4].
2. Bazı benzin yakıt sistemi parçaları alkole uyumlu değildir. Özellikle kalay kurşun alaşımı ile kaplı tanklarda bu durum öne çıkar [4].
3. Yakıt Depoları büyüktür [1].
4. Motorun soğukken çalıştırılması için bir takım tedbirler alınması gerekir [1].
5. Alkoller yüksek gizli buharlaşma ısılarından dolayı aracın trafikteki seyri esnasında oluşacak güç düşmesi problemlerini önlemek için emme manifoldu ısını devamlı yüksek tutmak gerekmektedir [4].
6. En önemli sorun Alkollü yakıtların elde edilmesi taşınması ve dağıtılması [1].

VI.3. İçten Yanmalı Motorda Hidrojen Kullanımının Sonuçları

Hidrojenin yanması sonucu ortaya çıkan su nedeniyle, kullanılan yağların suya dayanıklı olmaları ve ayrıca hidrojenin başka maddelerin moleküler yapılarını etkilemesi nedeniyle kaliteli ve özel alaşımların kullanılması gerekmektedir. Görünmez bir alevle yanan hidrojenin hafif olması nedeniyle ısı enerjisi açıkta yukarıya doğru yükseldiğinden güvenlik nedeniyle kullanımında özel havalandırma sistemlerine gereksinim duyulmakta ve doğal gazda olduğu gibi fark edilmesi için herhangi bir koku kolayca eklenememektedir. Ayrıca sıvı hidrojenin aşırı soğukta muhafaza edilmesi nedeniyle içerisine eklenen madde anında donarak katı hale dönüşmektedir.

Hidrojen bol olmasına rağmen oksijenle bir arada bulunmaktadır ve laboratuvarlarda elektroliz yoluyla sudan ayrılması yoğun bir elektriksel işlem gerektirmektedir. Gerçek dünyada hidrojen, doğal gazdan elde edilmektedir. Maliyeti kaynağına bağlı olmakla birlikte saflık derecesiyle orantılıdır. Mevcut durumda 1 galonu (3.78 litre) 8 dolar olup normal motor yakıtının birkaç katıdır.

Hidrojen normal atmosferik ortamda gaz halinde olup, sıvı yakıtlardan daha fazla bir depolama ve karışım formasyonu gerektirdiğinden araçlarda nasıl depolanacağı sorusu hala kesin olarak cevaplanmış değildir. Depolama konusunda üç temel yaklaşım vardır. Bunlar sıkıştırılmış, sıvı ve hidrid yöntemleridir. Dördüncü bir kavram ise, otomobilin içerisinde sudan hidrojen üretilmesidir ancak bu, pek mümkün görülmemektedir. Çünkü aracımız bu miktarda elektrik enerjisine sahip ise, bunu verimli bir elektrik motorunda kullanmak daha akıllıca olacaktır.

Hidrojenin sıkıştırılarak depolanması en çok yer kaplayan, en ucuz ve en az güvenli yoludur. 4000 psi

basınca dayanıklı depoların tasarımında geometrik sınırlar söz konusudur ve genelde küresel veya silindirik olmaları yerleştirme sorunu çıkartmaktadır. Herhangi bir arıza durumunda enerji dağılımı yukarıya olsa da, çözümleneceği konusunda iyimserdirler. Enerji yoğunluğunun artması için soğuk olarak sıkıştırma yöntemi (sıvı değil) ise bir başka uygulamadır.

Sıvı hidrojen (LH₂) en çok enerji içermekte ancak gerekli olan aşırı soğuk ortamın (-253 C derece ve altında sıvı haline gelmektedir) meydana getirilmesi zorluğuna da beraberinde getirmektedir. Dahası çok katlı izole edilmiş depolardaki hidrojen ısınarak gaz haline dönüştükçe basınç meydana gelmekte ve bu gazın kullanılması veya günlük olarak %25'inin atmosfere verilmesi gerekmektedir. İçerisinde bulunan yabancı maddeler soğutma anında donarak ayrıldığından, LH₂'nin sıkıştırılmış hidrojende olduğu gibi sıvılaştırmadan önce süper saf olması gerekmektedir. Ayrıca daha güvenli olan LH₂ yanmadan önce kaynamaktadır. Belli bir miktar LH₂ enerjisi elde edilebilmesi için 1/3 oranında sıvılaştırma enerjisi gerektirmesi bir başka dezavantajdır.

Hydrid depolama en güvenli ancak ağırlık yönünden en fazla olanıdır. Metalik bileşim olan hidrid, ekzotermik reaksiyonla ısıya duyarlı bir sünger gibi hidrojeni emerek ısı vermektedir. Yeniden ısı, uygulandığında reaksiyon tersine dönerek gaz hidrojen serbest bırakılır. Tipik olarak hidridler, titanyum ve demir alaşımıdır ve maliyetleri düşük değildir. Ağırlıkları da fazla olup, en iyimser tahminle normal bir depo yaklaşık 500kg gelmektedir. Yine ekzotermik işlem sırasında su ile soğutma gerekmekte ve motorun soğukken çalıştırılması için yeterli hidrojeni üreterek ilave ısıtma sistemine gereksinim bulunmaktadır. Motor bir kez çalıştığında egzoz ısısı işlemi devam ettirmeye yeterlidir. Hydrid depolamanın en büyük avantajı güvenli olmasıdır. İçerisinde çok az miktarda serbest hidrojenin bulunması, hidrid deposunu normal yakıt kullanan emsallerinden daha üstün kılmaktadır. Ancak en saf hidrojen kullanıldığı takdirde hidrid madde bozulabilmektedir.

Tablo Mevcut yakıt hücrelerinin parçaları ve malzeme fiyatları

Materyal	Maksimum (kg/kw)	Maksimum (kg)	Marera l Fiyatı \$/Kg	Metaryl Fiyatı \$/kw
Mebran	0.025	1.875	4800	120
Elektrot	0.082	6.15	380	31.16
Katalizör	0.016	1.2	15200	243.2
İki kutuplu levha	3.3	247.5	250	825
Levha	0.12	9	2	0.24
Plastik iskelet	0.105	7.875	1	0.105
Toplam	3.648	273.6	20632	1219.705

Günümüzde, imal edilen yakıt hücrelerinin imalatları, oldukça yüksektir. (5000 \$/kw civarındadır.) Mebran, katalizör, İki kutuplu levhaya bağlı olarak, malzeme fiyatları değişir.

Taşıtlar için verimli bir yakıt hücresi yapmak için malzeme ve üretim fiyatını düşürmek gerekir. Taşıtlarda kullanabileceğimiz bir yakıt hücresi 12000 \$/kw dır. Appleby tarafından tasarlanan geleceğin çok hafif yakıt hücresi, 0.155 g/kw olan platin metali içermektedir. Bu yakıt hücresi için iki kutuplu metal levhaya sahip olan kütleli olarak üretilmiş bu yakıt hücresi için malzeme fiyatı 49 \$/Kw dır[10].

VII. GENEL SONUÇ

Otomotiv sektörünün geleceğinde petrole dayalı yakıtların yerini alacak alternatifler yavaş yavaş ortaya çıkmaya başlamıştır. Elektrikle çalışan küçük şehir otomobilleri ve hidrid-elektrikli şehirler arası yolculuk yapabilenler artık gündemdedir. 2010 yıllarında gerçek sıfır emisyonlu araç olan yakıt hücreli (fuel-cell) modeller ortaya çıkacak, ancak kitle üretimine geçilebilmesi biraz zaman alacaktır.

Yakıt hücresi uygulamasında, hidrojenden karmaşık bir elektro-kimyasal yöntemle elektrik üretilmektedir. Uzun zamandır bu konu üzerinde çalışan Mercedes-Benz firması ana madde olarak kullandığı metanolü araç içerisinde hidrojene dönüştürmekte, daha sonrada bir kütle içerisinde geçirerek motorlara akım sağlayan elektrik enerjisini üretmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Yüce, A., "Günümüzde Otomotiv Teknolojisi" The shell Company of Turkey Limited, Ankara. 1-5, 105-108, (1997)
- [2] Göktan, A., "Taşıt tasarımı" İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu 1-2, 18-90 (1992)
- [3] Demirel, A., "Elektrikli Taşıtlar için doğrudan sürürlü ve bulanık Patinaj önleyici bir tahrik sistemi" İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 1-3, (1998)
- [4] Çay, A., "Alternatif Yakıtlı motorların enerji dağılımlarının incelenmesi" İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 8-12, (1996)
- [5] Sfoudt, W., "Motorlu Taşıt Tekniği" Friedr. Vieweg & Sohn Brounschweig/wiesbaden, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 47-48, (1995)
- [6] Peker, A., "Benzin ve dizel motorlarının performansını alternatif yakıtların ve katkı maddelerinin etkisinin incelenmesi İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 22-27, (2000)
- [7] Aksoy, H., A., ve Safgönül, B., "Alternatif Motor yakıtı üzerine çalışma" İTÜ. 1-2, (1991)
- [8] Durgun, O., "Motorlarda petrol yerine kullanılabilecek yakıtlar." Mühendis ve makine dergisi cilt 29 sayı336, s;24-26 (1989)
- [9] Vorst, W., D.V., Finegold, J.G., "Automotive Hydrogen Engines, And Onboard Storage Methods, Hydrogen Energy Fundamentals", Miami Beach, Florida U.S.A.(1975)
- [10] Ekdunge P. And Raberg M., "The fuel cell vehicle analysis of energy use emissions and cost" s412,sweden