

YÜKSEK HIZLI HAFİF HİZMET DİESEL MOTORLARINDA
ALTERNATİF YAKIT OLARAK METİL ALKOLÜN KULLANILMASI

M.Ramazan Uğurlubilek /

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Enerji Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof.Dr. Battal Kuşhan

Ocak - 1989

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

M. Ramazan Uğurlubilek'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Yüksek Hızlı Hafif Hizmet Diesel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Metil Alkolün Kullanılması" başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

20.02.1989

üye : Prof. Dr. Battal Kışhan

üye : Prof. Dr. Özgür Borat

üye : Doç. Dr. Mustafa Balcı

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24 SUBAT 1989
gün ve ...204/9... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu araştırmada, yüksek hızlı, hafif hizmet diesel motoruna, gazlaştırma (Fumigation) yöntemi ile yedirilebilecek Metil Alkol ve alkolün, motor performansına etkileri incelenmiştir.

Çalışmada, tek silindirli, dört strok peryotlu, hava soğutmalı, AAl PETER diesel motoru kullanılmıştır. Motorun yüklenmesi, TD 15 Tecquipment hidrolik dinamometresi ile sağlanmıştır. Motora alkol, emme manifoldu üzerine bir adaptör ile bağlanmış, Zenith 72 Y6 modeli karbüratör ile verilmiştir.

Araştırmanın birinci bölümünde, motor normal diesel yakıtı ile çalıştırılarak, altı temel gaz konumu için motor karakteristikleri belirlenmiştir. İkinci bölümde ise, temel motor karakteristikleri içerisinde kalmak şartı ile, yedirilebilecek maksimum alkol miktarı ve alkolün motor performansına etkileri incelenmiştir.

Araştırma sonucunda, motora verilen toplam enerjinin yüzde otuz beş'e kadarının, metil alkol ile sağlanabileceği belirlenmiştir. Yüksek hız ve gaz konumlarında motora yedirilebilen alkol miktarını sınırlayan faktörün, vurutu olduğu gözlenmiştir. Genel olarak diğer bölgelerde, alkol miktarını sınırlayan faktör, aşırı duman ve dengesiz çalışma olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alternatif motor yakıtları, Gazlaşmış alkolün diesel motorlarında kullanılması,

SUMMARY

In this research, the amount of Methyl Alcohol introduced with Fumigation method to the high speed light duty diesel engine and effect of alcohol to the engine performance, have been investigated.

Four stroke, single cylinder and air cooled AAL PETER diesel engine has been used in the tests. The engine has been loaded with TD 15 Tecquipment hydraulic dynamometer and Zenith 72 Y6 model carburetor being mounted on the inlet manifold with adapter has been used for the introduction of alcohol.

In the first section, for the six base fuel rack settings, engine characteristics have been determined with normal diesel fuel. In the second section, obeying to the base engine characteristics, amount of maximum alcohol introduced to the engine and effect of alcohol to the engine performances, had been investigated.

As a result, one may say that 35 percent of inlet total energy can be supplied with Methyl Alcohol. It has been observed that limiting factor for the amount of alcohol introduced to the engine at high speed and rack settings, is knock. Generally, in other sections limiting factor for the amount of alcohol are smoke and unbalanced running.

Keywords: Alternative engine fuels

Alcohol fumigation of diesel engines

İÇİNDEKİLER

	<u>sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	10
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Deneylerde Kullanılan Diesel Motoru ve Özellikleri	19
3.1.2. Deneylerde Kullanılan Yakıtlar ...	20
3.1.2.1. Diesel Yakıtı	20
3.1.2.2. Metil Alkol	20
3.1.3. Deney Yeri	23
3.2. Yöntemler	24
3.2.1. Moment ve Güç Ölçüm Yöntemi	24
3.2.2. Diesel Yakıt Donanımı ve Yakıt Sarfiyatı Ölçme Yöntemi.	26
3.2.3. Metil Alkol Yakıt Donanımı ve Alkol Sarfiyatı Ölçme Yöntemi	27
3.2.4. Volümetrik Verim Ölçme Yöntemi ...	30
3.2.5. Egzost Gazı ve Yağlama Yağı Sıcaklıklarının Ölçülmesi.	31
3.2.6. AAL PETTER Diesel Motorunun Motor Karakteristiklerinin Belirlenmesi	33

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.7. Gazlaştırma Yöntemi ile Motora Verilebilecek Alkol Miktarı	35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	37
4.1. Motor Hızının Alkol Kullanımına Etkisi ...	37
4.2. Alkol Kullanımının Termik Verim Üzerine Etkisi	43
4.3. Alkol Kullanımının Özgül Yakıt Sarfiyatına Etkisi	46
4.4. Alkol Kullanımının Volümetrik Verim Üzerine Etkisi	46
4.5. Alkol Kullanımının Egzost Sıcaklığına Etkisi	48
5. ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR DİZİNİ	50

EKLER

- Ek 1. Metil Alkolün Bazı Özellikleri
- Ek 2. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan
Fortran Programı
- Ek 3. Volümetrik Verim Fortran Programı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Dünya Petrol Talebi ve Kaynaklar	3
1.2. Türkiye'de Enerji Kaynaklarının Sektörlere Dağılımı	9
3.1. Deneylerde Kullanılan Diesel Motoru ...	19
3.2. Su Freninin Şematik Görünüşü	24
3.3. Yakıt Donanımı ve Yakıt Sarfiyatı Ölçme Sistemi	26
3.4. Zenith 72 Y6 Modeli Karbüratörün Kesiti.	28
3.5. Karbüratörün Motora Bağlanmasında Kullanılan Adaptör	29
3.6. Şematik Olarak Deney Düzeni	32
4.1. Normal Diesel Yakıtı ile Çalışmaya Ait Motor Karakteristik Eğrileri	40
4.2. Metil Alkol Yedirilmesi ile Çalışmaya Ait Motor Karakteristik Eğrileri	41
4.3. Tam Gaz Durumunda Termik verim Değişimi	43
4.4. 9/10 Gaz Durumunda Termik Verim Değişimi	43
4.5. 8/10 Gaz Durumunda Termik Verim Değişimi	44
4.6. 7/10 Gaz Durumunda Termik Verim Değişimi	44
4.7. 6/10 Gaz Durumunda Termik Verim Değişimi	44
4.8. Yarım Gaz Durumunda Termik Verim Değişimi	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Benzin Mazot ve Alkollerin Özellikleri	6
1.2. Türkiye'nin Bilinen Birincil Enerji Kaynak Rezervleri	8
3.1. Deney Motorunun Özellikleri	20
3.2. Deneylerde Kullanılan Diesel Yakıtının Özellikleri	21
3.3. Deneylerde Kullanılan Metil Alkolün Özellikleri	22
3.4. Deney Yeri Özellikleri	23
4.1. Tam Gaz Durumunda Motor Karakteristikleri	38
4.2. 9/10 Gaz Durumunda Motor Karakteristikleri	38
4.3. 8/10 Gaz Durumunda Motor Karakteristikleri	38
4.4. 7/10 Gaz Durumunda Motor Karakteristikleri	39
4.5. 6/10 Gaz Durumunda Motor Karakteristikleri	39
4.6. Yarım Gaz Durumunda Motor Karakteristikleri	39
4.7. Alkol Kullanımı ile Volümetrik Verim Değişimi	47
4.8. Alkol Kullanımı ile Egzost Sıcaklığı Değişimi	48

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
N	Motor devir sayısı, d/dak.
ω	Açısal hız, rd/sn.
Ne	Efektif motor gücü, kW.
Pme	Ortalama efektif basınç, kN/m ² .
b _e	Özgül yakıt sarfiyatı, gr/kWh.
ρ_d	Diesel yakıtı özgül ağırlığı, gr/cm ³
η_e	Efektif termik verim, %.
H _{ud}	Diesel yakıtı alt ısıl değeri, MJ/kg
Δt	16 cm ³ diesel yakıtının tüketildiği süre, sn.
ρ_h	Ortam havası yoğunluğu, kg/m ³ .
P	Çevre basıncı, mmHg.
t	Çevre sıcaklığı, C ⁰ .
V _s	Strok hacmi, m ³ .
N _{max}	Maksimum motor devir sayısı, d/dak.
M _n	Motora giren teorik hava miktarı, kg/sn.
M _g	Motora giren gerçek hava miktarı, kg/sn.
C _d	Orofis katsayısı
d	Orofis çapı, m.
A _o	Orofis kesit alanı, m ² .
g	Yerçekimi ivmesi, m/sn ² .
ρ_w	Manometre sıvısı yoğunluğu, kg/m ³ .
ΔH	Basınç düşümü, mSS.
V _{tank}	Hava tankı hacmi, m ³ .
z	Silindir sayısı.
η_v	Volümetrik verim, %.

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
b_{ed}	Alkol ile çalışmada diesel yakıtı özgül yakıt sarfiyatı, gr/kWh.
b_{ea}	Alkol ile çalışmada alkol özgül yakıt sarfiyatı, gr/kWh.
b_{et}	Toplam özgül yakıt sarfiyatı, gr/kWh.
$b_{eş}$	Diesel yakıtı eşdeğeri özgül yakıt sarfiyatı, gr/kWh.
Δt_a	Alkol ile çalışmada, 16 cm ³ diesel yakıtının tüketildiği süre, sn.
ρ_a	Metil alkol özgül ağırlığı, gr/cm ³ .
H_{ua}	Metil alkol alt ısıl değeri, MJ/kg.
η_{ea}	Alkol ile çalışmada efektif termik verim, %.
T	Egzost sıcaklığı, C ⁰ .
T_a	Alkol ile çalışmada egzost sıcaklığı, C ⁰ .
<u>Kısaltmalar</u>	
HA	Hacimsel olarak kullanılan alkol miktarı, %.
KA	Kütlesel olarak kullanılan alkol miktarı, %.
EM	Alkolün toplam enerji içerisindeki payı, %.

1. GİRİŞ

İnsanlığın üretimde kas gücü yerine makinaları kullanması, 18. yüzyılda James Watt'ın buhar makinasını icadıyla başlar. Bu dönemde makinalarda enerji kaynağı olarak kömürün kullanıldığı görülmektedir. İçten yanmalı motorların icadıyla, enerji kaynağı olarak kömürün yerini petrol almıştır. 1920 li yıllarda dünya enerji üretiminde yüzde 80 pay alan taş kömürü ve linyitin, enerji üretimindeki payı yüzde 30 lara düşmüştür. Buna karşılık, petrol ve doğal gazın enerji üretimindeki payları, sırasıyla yüzde 50 ve yüzde 20 lere yükselmiştir.

Diğer taraftan ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmeleri, enerji talebindeki artışla ve kişi başına düşen enerji tüketimi ile değerlendirilmektedir. Uzun bir süre özellikle orta doğu ülkelerinde büyük miktarlarda üretilen ham petrolün nimetlerinden, gelişmiş ülkelerin faydalandığı görülmektedir. Günümüzde ise dünya nüfusunun yaklaşık yüzde 70 ni besliyen, kalkınmakta olan ülkelerin sanayileşme yolundaki çabaları sonucu, enerji talebi hızla artmıştır. Bu durum ham petrol

kaynaklarının zorlanmasına, ve buna bağlı olarak enerji fiyatlarının hızla artmasına sebep olmuştur.

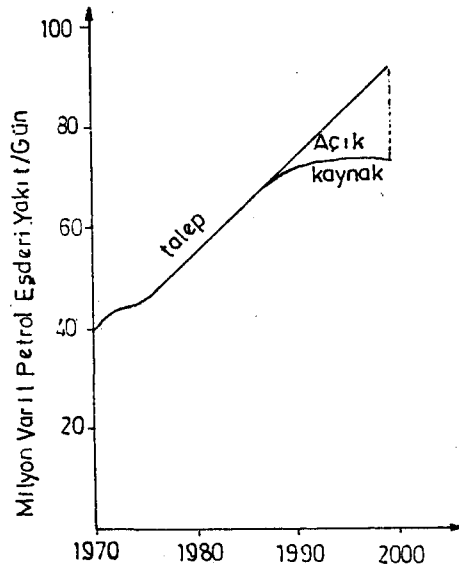
1973 orta doğu petrol ambargosu,1978-1979 petrol krizi, kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkelerin yerli enerji kaynaklarının enerji talebini karşılayamayacağı ve mevcut enerji kaynaklarının ömrünün de pek uzun olmayacağı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu durumdan bilhassa,güç kaynakları petrol esaslı yakıtları kullanacak şekilde dizayn edilmiş, ulaştırma ve tarım sektörü büyük ölçüde etkilenmiştir.

Bu gerçekler, kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkelerde artan enerji talebini karşılayabilmek için,yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmaların hızlandırılmasına sebep olmuştur. Diğer taraftan bu ülkeler, sanayi, tarım ve ulaştırma sektörlerindeki gelişmelerin, yerli enerji kaynaklarına yönlendirilmesi için, oldukça büyük yatırım programlarını uygulamaya koymuşlardır.

Dünyanın görünür enerji varlığı incelendiğinde, konvansiyonel kaynaklar olarak adlandırılan fosil kaynaklardan, kömür rezervlerinin ikiyüz otuz yıl,petrolün otuz iki yıl, doğal gazın altmış beş yıl ve diğer hidrokarbonların altmış dört yıl daha ihtiyacı karşılayabileceği belirlenmiştir(Dünya Enerji Raporu, 1986). Günümüzde petrol esaslı yakıt kaynaklarının tükeneceği ve elde mevcut yakıt kaynakları ömrünün de pek uzun ol-

mayacağı gerçeği inkar edilemez. Eldeki verilere göre yüzyılımızın sonunda ham petrol kaynakları ile talep arasında, yüzde 25 e varan bir açığın olacağı tahmin edilmektedir Şekil 1.1. Bu durum üretimi ham petrole dayanmayan yakıtların, içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilme olanaklarının, araştırılmasını gündeme getirmiştir (Thring, 1983)

Günümüzde üzerinde araştırmalar yapılan alternatif yakıtlar arasında, metan esaslı gazlar, hidrojen, ve sentetik yakıtlar en önemli yeri almaktadır.



Şekil 1.1 Dünya petrol talebi ve kaynaklar
(Thring, 1983)

Doğal gaz, bio gaz gibi metan esaslı yakıtların yüksek oktan sayıları, soğukta kolay ilk hareket, düşük egzost emisyonu gibi özellikleri, içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılmalarında oldukça büyük

avantajlar sağlamaktadır. Buna karşın otomotiv uygulamalarında kullanılabilirmeleri için, kabul edilebilir bir hacimde yeterli kalorifik değeri içeren yakıtın, sıkıştırılması veya sıvılaştırılması gerekir. Bu ise oldukça pahalı ve ağır yakıt depolama sistemleri gerektirir. Bu nedenle doğal gaz stasyonier motorlarda oldukça geniş uygulama alanı bulmuştur (Jones, 1988)

Hidrojen; Yüksek alev hızı, iyi ateşlenebilirliği, oldukça fakir karışımlarda çalışmaya elverişli olması, egzost emisyonunda hidrokarbonların bulunmaması, fakir karışımlarla çalışmadan dolayı düşük yanma sıcaklığı ve düşük NOx emisyonu gibi özelliklerinden dolayı, mükemmel bir yakıt olduğu bildirilmiştir. Bunlara, çok yüksek kalorifik değeri nedeniyle, sıvı veya gaz halinde depolama hacminin küçük olduğu ilave edilmiştir. Ancak küçük miktarlarda dahi hava ile karıştığı zaman patlama tehlikesi nedeniyle, metal hydrid veya sıvı olarak depolanmasının en uygun depolama şekli olduğu belirtilmiştir (Veziroğlu, 1981). Hidrojenin otomobil motorlarında kullanılabilirliği üzerine pek çok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalardan birinde, Demir Titanyum Hydrid üzerine aracın egzost ısısının tatbiki ile, serbest kalan hidrojen yakıt olarak kullanılmış ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak doldurmanın yavaş (yaklaşık 10 dak.), sistemin fiatı ve ağırlığının çok fazla olduğu açıklanmıştır (Thring, 1984). Bununla beraber hidrojen, düşük egzost emisyo-

nu nedeniyle, kapalı yerlerde ve özellikle yer altında çalışan maden makinalarında yakıt olarak kullanılması halinde, eşdeğer güçteki diesel motorla çalışan araçlara göre, NOx emisyonunun yüzde 10 azaltılabildiği belirtilmiştir (Olavson, et al., 1984).

Karbonmonoksit ve hidrojenin sentezi ile sentetik hidrokarbonların üretimi 1925 lerde başarılmıştır. Bu amaçla geliştirilen Fischer Tropsch prosesi ile, doğal gaz ve kömür gibi hammaddelerden, sentetik yakıt üreten oldukça büyük bir tesis Güney Afrika'da inşa edilmiştir (Shreve and Brink, 1977). Proseste kullanılan katalizör cinsi, basınç ve sıcaklığın değişmesi ile elde edilen üründeki benzin/diesel yakıtı oranı 80/20 den 50/50 ye kadar değiştirilebilir. Ancak proses veriminin yüzde 40 civarında ve üretim maliyetinin çok fazla olması nedeniyle, diğer yakıtların elde edilmesinin çok güç olduğu şartlarda, bu prosese baş vurulabileceği belirtilmiştir.

Motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılan alkollerden ilk sırayı metil alkol ve etil alkol almaktadır. Bu iki alkol motorcular tarafından özel amaçlarla 1910 senesinden beri kullanılmıştır. Türkiyede benzine ispiroto karıştırılması 1932 senesinde başlamış ve 1942 senesinde askeri araçlarda yüzde 20 ispirotolu benzin kullanılmıştır (Borat, 1980). Günümüzde daha yüksek dereceli alkoller üzerinde araştırmalar yapılmakta ise de, bu iki alkolün halen büyük miktarlarda

üretilmesi araştırmaların bunlar üzerinde yoğunlaşması-
na sebep olmuştur.

Çizelge 1.1 de verilen benzin,mazot ve alkolle -
rin özellikleri incelendiğinde, alkollerin oktan sayı-
ları ve gizli ısılarının oldukça yüksek olduğu görülür

Çizelge 1.1 Benzin, mazot ve alkollerin özellik-
leri (Bosch Automotive Handbook,1978)

Yakıt cinsi	Benzin	Mazot	Metanol	Etanol
Yoğunluk Kg/lt	0,72-0,75	0,81-0,85	0,79	0,79
Temel bileşen- ler % ağırlık	86 C,14 H	86 C,13 H	38 C,12 H 50 O	52C,13H 35 O
Kaynama sıcak- lığı C°	25-210	150-360	65	78
Buh. gizli ısı KJ/Kg	377-502	544-795	1110	904
Alt ısı de- ğeri MJ/Kg	43,5	40,6-44,4	19,7	26,8
Ateşleme sıc. C°	220	220	450	420
Teorik hava ihtiyacı kg/Kg	14,8	14,5	6,4	9,0
Ateşleme sın. hacimsel ola- rak % havada	0,6-8,0	0,6-6,5	5,5-26	3,5-15
Viskozite 20 C° cSt	0,6	4,0	0,9	1,4
Oktan sayısı	91	-	106	106
Setan sayısı	-	45	-	-

Alkollerin yüksek oktan sayıları, yüksek sıkıştırma oranlarına, gizli ısılarının yüksek olması da, dolgu sıcaklığının düşmesine ve bu nedenle volümetrik verimin artmasına sebep olur (Demirgüç,1961). Bu özelliklerinden dolayı alkoller uzuncabir süre yarış otomobillerinde yakıt olarak kullanılmışlardır.

Böyle alternatif yakıtların kullanılması, ülkelerin ithalat ve ihracattaki ödemeler dengesine,istihdam ve yerli kaynakların kullanılması politikalarına oldukça sıkı şekilde bağlıdır. Şeker kamışının bol olduğu Brezilya'da çalışmalar etil alkol üzerinde yoğunlaşırken, doğal gaz kaynaklarının bol olduğu Yeni Zelanda ve Amerika Birleşik Devletleri ile kömür kaynaklarının bol olduğu Almanya'da, metil alkol alternatif yakıt olarak seçilmiştir (Leibson,1987).

1985 senesi verilerine göre, ülkemizin birincil enerji kaynak rezervleri Çizelge 1.2 ve ülkemizde kullanılan enerji kaynakları ile, bunların sektörlere dağılımı Şekil 1.2 de verilmiştir. Buradan ülkemizin doğal gaz ve petrol kaynaklarının çok az olduğu buna karşılık oldukça geniş linyit sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca ülkemiz ile S.S.C.B arasında inşa halinde olan doğal gaz boru hattı göz önüne alınırsa, ülkemiz için alternatif yakıt olarak metil alkol oldukça şanslı görülmektedir.

Çizelge 1.2 Türkiye'nin bilinen birincil enerji kaynak rezervleri (Milyon ton)
(Dünya Enerji Raporu,1986)

Kaynaklar	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Taşkömürü	175	433	769	1377
Linyit				
Elbistan	2527	1232	-	3759
Diğer	3378	585	122	4085
Toplam	5905	1817	122	7844 ⁺
Asfaltit	38	29	8	75
Hidrolik(TWh/yıl)	118	-	-	118
Ham petrol	20,3	-	-	20,3
Doğal gaz ₃ (Milyar m ³)	15	-	16	31
Bitümler	808	717	-	1525
Nükleer enerji kay. (Ton)				
Tabii uran.	8800	-	-	8800
Toryum	-	-	-	380000
Jeotermal				
Elektirik MW/yıl				4500
Termal MW/yıl				31100

+ Bu linyit rezervlerinin dışında 157 milyon ton kaynak ile 142,5 milyon ton potansiyel belirlenmiştir. Kaynak,potansiyel ve rezervlerin toplamı 8,143 milyon tondur.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Alkol yakıtlar üzerinde ilk çalışmalar, yüksek oktana sayıları ve düşük setan sayıları nedeniyle, benzin motorlarında başlamıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalar iki yönde gelişmiştir. Bazı araştırmacılar motor üzerinde hiç değişiklik yapmadan veya küçük değişiklikler yaparak, direkt olarak benzine alkol karıştırmışlardır. Bazı araştırmacılar ise, motor üzerinde oldukça büyük değişiklikler yaparak yüzde yüz alkol kullanılması üzerinde çalışmışlardır.

Dengeleyici katıklar olmaksızın, benzin alkol karışımı düşük sıcaklıklarda ve/veya suyun bulunması ile ayrı fazlara ayrışır. Bu durum benzine alkol karıştırılarak kullanılmasında ciddi bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. (Goetz, 1983). Yüzde 10 etil alkol içeren benzin alkol karışımında, yüzde 0,5 su bulunması alkol benzin faz ayrışmasına neden olurken, yüzde 10 luk metil alkol benzin karışımında sadece yüzde 0,1 suyun kabul edilebileceği bildirilmiştir. Ancak pratik çalışmalarda havadan su absorpsiyonuna karşı önlem alınmasa bile, faz ayrışmasının bir problem yaratmadığı ve su

ihivasının hiçbir zaman 900 ppm üzerine üzerine çıkmadığı belirtilmiştir. Bu miktarın ise sorun yaratmayacak kadar küçük olduğu, pekçok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir (Thring, 1984). Uzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan, benzin motorunu yüzde 15 metil alkollü benzinle çalıştırmanın mümkün olduğu, faz ayrışması olayının sıcaklığa kuvvetle bağlı olmakla birlikte, pratik olarak karışım oranlarında yüzde 0,25 den az su bulunuyor ise faz ayrışmasının görülmeyeceği açıklanmıştır (Borat,1980). Günümüzde, geliştirilen kapalı çevrimli oksijen kontrollü karbüratörler ile, doğrudan doğruya benzin ile çalışma olanağı olmakla birlikte, yüzde 25 e kadar benzin metil alkol karışımları kullanılabilir (Goetz,1983). Motorların yüzde yüz alkol ile çalıştırılması motor ve yakıt donanımında oldukça büyük değişiklikler gerektirmektedir. Bu sebepten hem alkol hemde benzinle çalışabilen motorların geliştirilmesi oldukça güçtür. Ançak bu amaçla yapılan çalışmalarda oldukça büyük mesafeler katedilmiştir (Yamaguchi,1983) . Metil alkol yakıtlı motorlar benzinli motorlara göre daha yüksek sıkıştırma oranlarında çalışırlar. Yüksek yük kademelerinde çıkış gücü kontrolü, hiçbir kısma yapmaksızın sadece karışımı fakirleştirmekle,yani hava/yakıt oranının değiştirilmesi ile sağlanır. Düşük güçlerde güç kontrolü en fakir karışımın kısılması ile sağlanır. Atık ısı kullanılarak alkolün buharlaştırılması ile , enerjinin geri kazanılması gibi, oldukça önemli avantajlar sağlandığı bildirilmiştir(Hardenburg,et al.,1983)

Diesel motorlarının karakteristikleri, otomotiv güç kaynağı olarak kullanılmalarında oldukça önemli rol oynamaktadır. Bu sebepten diesel motorları için kötü şöhretlerine rağmen (düşük setan sayıları ve yüksek oktan sayıları nedeniyle) düşük alkollerin, standart diesel yakıtının bir kısmını veya tamamını ikame etmekte kullanılabilecek teknikler üzerindeki araştırmalar hızlandırılmıştır (Ryan lll,et al.,1980).

Dünyada ilk teşebbüsler diesel yakıtına alkol karıştırmakla başlamıştır. Ancak karışımların kullanılması susuz etil alkol temin edilme güçlüğünden dolayı sınırlanmıştır. Metil alkol ise pek çok diesel yakıtı içerisinde çözünemez olması veya çözünebilirliğin çok sınırlı olması nedeniyle bu şekilde kullanılamıyacağı açıklanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu, etil alkol diesel yakıtı karışımlarının kullanılması ile, toplam termik verimin normal yüklerde karışımdaki etil alkol ile pek etkilenmediği, ancak 1/4 güçte yüzde 20 den daha fazla alkolün verimi hızla düşürdüğü açıklanmıştır. Genel olarak artan etil alkol yüzdesi ile HC emisyonunun arttığı, CO emisyonunun ise aynı kaldığı veya hafifçe arttığı belirtilmiştir. Diğer taraftan NOx emisyonunun yanma şekline göre hafifçe değiştiği, duman ve partikül emisyonunun ise etil alkol ilavesi ile azalmaya meylettiği gözlemiştir. Karışıma, karışımın su toleransını genişletmek için emülsiyon yapıcı katkı maddeleri ilave edilerek, hacimsel olarak yüzde 20 ye ka-

dar metil alkol içeren diesel yakıtı-metil alkol karışımları kullanılabilir. Bu karışımların kullanılması ile termik verimin arttığı tesbit edilmiştir. Ancak emülsiyon yapıcı fiatlarının çok yüksek olduğu ve bu katkı maddelerinin karışımın setan sayısını azaltıcı özelliğinden dolayı, NOx emisyonunu artırdığı belirtilmiştir (Ecklund,et al.,1984). Ayrıca emülsiyon yapıcılar, stabil ve stabil olmayan emülsiyon yapıcılar olarak sınıflandırılmıştır. Stabil emülsiyon yapıcılarının, genellikle yüzey gerilimini düşürdükleri ve normal çevre şartlarında ayrışmadıkları bildirilmiştir. Buna karşın stabil olmayan emülsiyon yapıcılarının ise, çalkantı durduğu andan itibaren ayrışmaya meylettikleri gözlenmiştir. Bu nedenle stabil olmayan emülsiyon yapıcılar ile çalışmada, motor stop ettikten sonra yakıt borularının temizlenmesi gerektiği, aksi halde ayrışmış emülsiyonla tekrar çalıştırma sonucunda, kötü yanma,vuruntu ve hatta motorun zarar görebileceği bildirilmiştir. Yapılan bir araştırmada, karışımların kullanılmasında görülen faz ayrışmasının önüne geçebilmek için,diesel yakıtı ile etil alkol ayrı ayrı depolardan alınarak bir karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra yakıt pompasına gönderilmiştir. Deneylerde 16 HP (3000 d/dak.) gücünde bir diesel motoru kullanılmıştır. Denemelerde diesel yakıtı ,yüzde 10, yüzde 20, yüzde 30 etil alkol ile karıştırılarak tam yükte güç, moment, ve özgül yakıt sarfiyatındaki değişmeler ölçülmüştür. Deney sonucunda oldukça iyi neticeler alındığı bildirilmiştir (Demirsoy,1983).

Alkollerin diesel motorlarında yakıt olarak kullanılması diğer bir metodu da, sıkıştırma ile ateşlemeyi sağlamak için, ateşlemeyi geliştirici katkı maddeleri ile alkollerin setan sayılarının artırılmasıdır. Bu şekilde yakıt donanımında yapılacak birkaç küçük değişiklikle, oldukça masraflı ve kompleks motor modifikasyonları önlenebilir (Holmer, 1977; Houser, et al., 1980). Aynı araştırmacı katkı maddeleri kullanarak metil alkolün setan sayısını 35 e çıkartmış ve bunun sıkıştırma oranı 15/1 olan diesel motoru için yeterli olduğunu belirtmiştir. Ancak katkı maddelerinin hacimsel olarak, toplam yakıt miktarının yüzde 20 sine ulaştığını da ilave etmiştir. Diğer bir araştırmacı tarafından yapılan çalışmada, sıkıştırma oranı 17/1 olan diesel motorunda, hacimsel olarak yüzde 12 Hexyl Nitrat içeren etil alkol kullanılmış ve tam yükte iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Ancak kullanılan katkı maddelerinin (Isoamyl Nitrat, Trietilen Nitrat, Hexyl Nitrat gibi) azot esaslı olmasının, NOx emisyonunu artırdığı belirtilmiştir (Ecklund, et al., 1984). Heriki araştırmacıda, katkı maddeleri fiyatlarının yüksek olduğunu ve bu metodun ekonomik olmadığını açıklamışlardır.

Alternatif yakıt ve diesel yakıtının ayrı ayrı püskürtülmesi pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu metotla yaklaşık olarak, diesel yakıtı ihtiyacının yüzde 90 a kadarının alkollerle karşılanabileceği tes-

bit edilmiştir. Ancak düzgün ve verimli bir yanmanın olması için plot diesel yakıtı enjeksiyonunun, alkol enjeksiyonundan önce olacak şekilde kademeli olarak düzenlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Aksi halde alkolün yüksek gizli ısısı nedeniyle, alevi söndürerek kötü yanmaya sebep olacağı vurgulanmıştır. Enjektörlerin yerleşim konumlarının, yanmanın iyileştirilmesinde büyük etkileri olduğu; Çift enjeksiyon metodu ile tam yük civarında, diesel yakıtı ihtiyacının yüzde 90 ının alkolle karşılanabileceği, relanti ve kısmi yüklerde bu miktarın yüzde 50-60 civarına düştüğü açıklanmıştır. Bütün bunlara karşın, plot diesel yakıtı veya alternatif yakıt miktarındaki küçük değişmelerin, güç çıkışında büyük değişmelere neden olduğu ilave edilmiştir. Ancak bunun nedeninin kesin açıklamasının yapılamadığı da vurgulanmıştır (Bro and Pederson,1977:Houser,et al.,1980)

Gazlaştırma (Fumigation) metodu üzerinde ilk çalışmalar, dumanı azaltmak ve güç çıkışını artırmak amacıyla yapılmıştır. Gazlaştırma metodunda alternatif yakıt, yanma odası dışında hava ile homojen bir şekilde karıştırılarak silindire alınır. Daha sonra yanma odasında sıkıştırılmış hava yakıt karışımını içerisine, normal diesel yakıtı bilinen yollarla püskürtülür. Burada diesel yakıtı, hem ateşlemeyi hem de yakıt enerjisinin büyük bir kısmını karşılar. Gazlaştırma metodunun bu karakteristiği, diesel yakıtı ile iyi karışamayan, veya yalnız püskürtüldükleri zaman verimli bir şekilde yanmayan, ve fakat kolayca gazlaştırılabilen yakıtların,

diesel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılmasına olanak sağlamasıdır. Bu metot ile motor, istenildiğinde kolayca normal diesel yakıtı ile çalıştırılabilmektedir (Shropshire and Bashford,1984). Ülkemizde yapılan bir araştırmada, sıkıştırma oranı 16/1 olan diesel traktör motoruna, emme manifolduna yerleştirilmiş karbüratör aracılığı ile, değişik saflıkta etil alkol yedirilmiştir. Araştırmada, güç, moment, yakıt tüketimi, termik verim, yakıt ekonomisi, volümetrik verim ve enerji tüketimi incelenmiştir. Sonuç olarak yüzde 90-95 saflıkta etil alkolün, hacimsel olarak yüzde 30 oranına kadar kullanılmasının sakıncası olmadığı bildirilmiştir (Yüksel,1984). Altı silindirli, sıkıştırma oranı 16/1 olan 135 HP gücündeki bir diesel motoru üzerinde yapılan denemede, üç ayrı meme ile etil alkol emme manifolduna püskürtülmüştür. Herbir meme için ayrı ayrı deneyler sonucunda, tam yük ve 2/3 yükte sırasıyla hacimsel olarak, yüzde 35 ve yüzde 45 etil alkol kullanılmıştır. Bu yüklerde daha fazla alkol kullanımının, vuruntu ile sınırlandırıldığı belirtilmiştir. 1/3 yükte ise hacimsel olarak yüzde 58 e kadar alkol kullanılmış ve sınırlayıcı faktörün kötü yanma ve duman olduğu bildirilmiştir (Shropshire and Bashford,1984). Sıkıştırma oranı 15,3 /1 olan tek silindirli bir diesel motoru, metil alkol - hava karışımı giriş sıcaklığı ile, tutuşma gecikmesi arasındaki ilgiyi araştırmak için kullanılmıştır. Metil alkol-hava karışımı sıcaklığını artırmak için, karbüratör girişine paralel akışlı bir ısı eşanjörü bağlanmış

ve ısı kaynağı olarak soğutma suyu kullanılmıştır. Bu çalışmada karışım sıcaklığının artması ile gecikme zamanının azaldığı görülmüştür. Isıtılmamış karışımla çalışmada, hacimsel olarak yüzde 35 metil alkol kullanılırken, karışım sıcaklığının 75 C° a ısıtılması halinde, bu oran yüzde 55 e çıkmıştır. Isıtılmamış karışımla çalışmada metil alkol miktarını sınırlayan faktör olarak, metil alkolün yüksek gizli ısısı nedeniyle alevi söndürmesi gösterilmiştir. Isıtılmış karışımda ise metil alkol miktarını sınırlayan faktörün vuruntu olduğu belirtilmiştir (Cummings and Scott,1977: Houser, et al.,1980). Banaras Hindu Üniversitesinde,sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda dolgu değişimi konusunda yapılan, oldukça kapsamlı araştırmanın bir bölümünde, tam ve 3/4 yüklerde toplam enerjinin yüzde 60 nın metil alkol ile karşılandığı, bu miktarın 1/4 yükte yüzde 25 e düştüğü bildirilmiştir. Aynı çalışmada tam yükte ve maksimum metil alkol kullanılması halinde,normal diesel şartlarına göre NOx emisyonunda yüzde 46 azalma görülürken, HC konsantrasyonunun hemen hemen sabit kaldığı açıklanmıştır (Haragopula Rao,1977:Houser et al.,1980). Sıkıştırma oranı 22,5/1 olan 120 HP gücündeki Oldsmobile 5,7 lt. V8 diesel motoru ile yapılan bir çalışmada, gazlaştırma metodu ile toplam yakıt enerjisinin yüzde 40 a kadarının metil alkol ile karşılanabildiği bildirilmiştir. metil alkol kullanımı ile 3/4 gaz konumuna kadar termik verimin arttığı, düşük gaz konumlarında ise, termik verimin hızla azaldığı belirtilmiş-

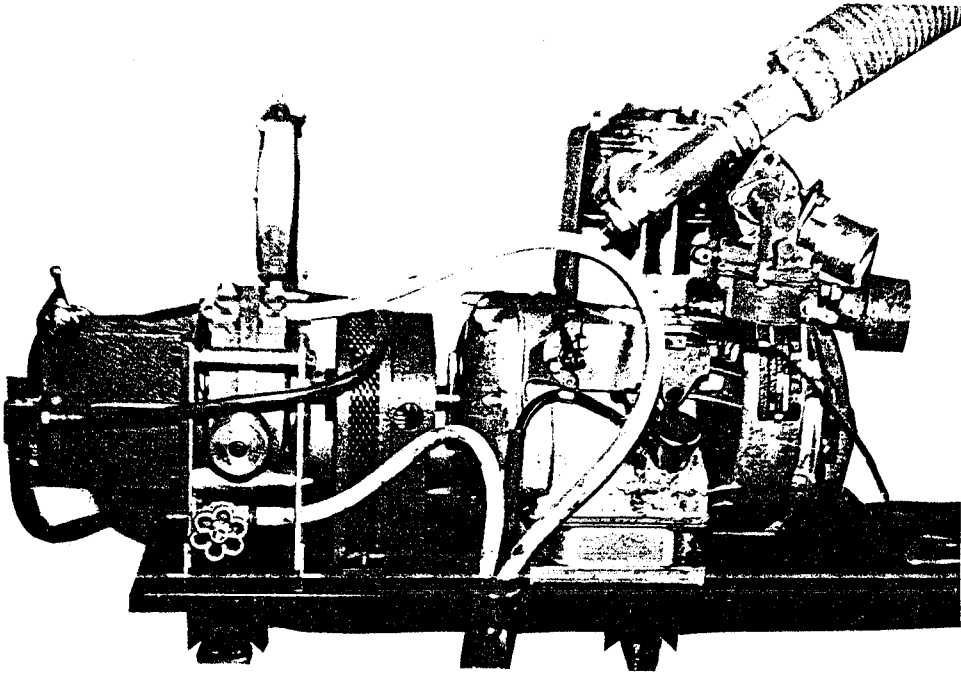
tir. Aynı araştırmacı tüm gaz konumlarında NOx emisyonunun azaldığını, ancak metil alkol kullanımının duman ve patikl yoğunluğuna pek etkili olmadığını da ilave etmiştir (Houser,et al.,1983)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Materyal

3.1.1 Deneylerde kullanılan diesel motoru ve özellikleri

Bu çalışmada Çizelge 3.1 de özellikleri verilen tek silindirli, dört strok periyotlu, hava soğutmalı direk püskürtmeli AAl PETTER diesel motoru kullanılmıştır Şekil 3.1



Şekil 3.1 Deneylerde kullanılan diesel motoru

Çizelge 3.1 Deney motorunun özellikleri
(AA1 Petter Diesel Operator Handbook)

Silindir sayısı	Bir
Silindir çapı (mm)	69,85
Strok (mm)	57,15
Strok hacmi (cm ³)	219
Sıkıştırma oranı	17/1
Maksimum güç (kW)	2,57 (3600 d/dak.)
Maksimum moment (Nm)	8,2 (2600 d/dak.)
Püskürtme başlangıcı	Ü.Ö.N dan 33 ⁰ önce
Enjektör açılma basıncı (Kg/cm ²)	165,2-186,3
Yağlama yağı basıncı (Kg/cm ²)	2,46 Min.
İlk hareket	El ile

3.1.2 Deneylerde kullanılan yakıtlar

Deneylerde temel yakıt olarak diesel yakıtı (TÜPRAŞ 400 Automotive Diesel), alternatif yakıt olarak metil alkol kullanılmıştır.

3.1.2.1 Diesel yakıtı

Deneylerde temel yakıt olarak kullanılan diesel yakıtının özellikleri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

3.1.2.2 Metil alkol

Odun, doğal gaz ve kömür gibi farklı malzemelerden elde edilebilen metil alkol (metanol, odun alkolü, karbinol) 18. yüzyılın sonlarına doğru keşfedilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneylelerde kullanılan diesel yakıtının özellikleri
(Türkiye Petrol Rafineleri A.Ş.,1984)

Yakıt tipi	TÜPRAŞ 400 Automotive Diesel	
Renk	3,0	ASTM D-1500
Özgül ağırlık (15,6 C°)	0,82-0,85	ASTM D-1298
Parlama noktası (C°)	51,7 Min.	ASTM D-93
Akma noktası (C°)	-6,7 Mak.	ASTM D-97
Kükürt (ağırlık %)	1,0 Mak.	ASTM D-129
Viskozite (SSU 37,8 C°)	34-35	ASTM D-88
Kül (ağırlık %)	0,01 Mak.	ASTM D-482
Setan sayısı (hesaplanan)	50 Min.	ASTM D-976
Damıtma		
% 90 Buh. (C°)	357 Mak.	
Son nokta (C°)	385 Mak.	

Günümüzde metil alkol ticari olarak kömür ve doğal gazdan elde edilmektedir (Braddock,1986). Kimyasal formülü CH_3OH olup primer alifatik alkollerin ilk serisinde yer alır. Kimyasal abstrak servis numarası 67-56 -1 dir. Çevre basınç ve sıcaklığında oldukça fakir karışımlarda bile patlayıcıdır. Uluslar arası yangından korunma teşkilatı(The National Fire Protection Association,NFPA) ve Birleşik Devletler meslek emniyeti ve sağlık idaresi (U.S. Occupational Safety and Administration,OSHA) tarafından 1B sınıfı tutuşabilir sıvı olarak tanımlanmıştır (Arco Chemical Company ,1983).

Alkoller oldukça korozif malzemelerdir. Kurşun,

mağnezyum, alüminyum, bazı plastik ve elastomerlerle reaksiyona girerler. Bunun yanında metil alkol oldukça zehirli olup, 50-100 gr. alınması halinde ölüme sebep olabileceği, bu miktarın çok altında alınsa bile körlüğe sebep olabileceği belirtilmiştir. Yüzde beş metil alkol bulunan bir ortamda, bir iki saat kalınması halinde ölüme neden olabileceği bildirilmiştir (Thring,1984).

Deneylerde alternatif yakıt olarak, Özellikleri Çizelge 3.3 ve Ek 1 de verilen yüzde 99,5 saflıkta metil alkol kullanılmıştır.

Çizelge 3.3 Deneylerde kullanılan metil alkolün özellikleri(Arco Chemical Company,1983)

Kimyasal formül	CH ₃ OH
Molekül ağırlığı	32,4
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (760 mmHg, C ⁰)	385
Kaynama noktası(760 mmHg, C ⁰)	64,7
Donma noktası(C ⁰)	-97,7
Tutuşabilirlik sınırı (havada % hacim)	
Alt sınır	6,0
Üst sınır	36,5
Üst ısıl değer	22,7
Alt ısıl değer	19,7
Ozgül ağırlık (gr/cm ³)	0,79

3.1.3 Deney yeri

Deneyler Anadolu Üniversitesi Müh.Mim. Fak. Makina Müh.Bl. Motorlar ve Motorlu Taşıtlar Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney yerine ait sıcaklık, bağıl nem barometrik basınç, deney süresince devamlı olarak kaydedilerek ortalamaları Çizelge 3.4 de verilmiştir.

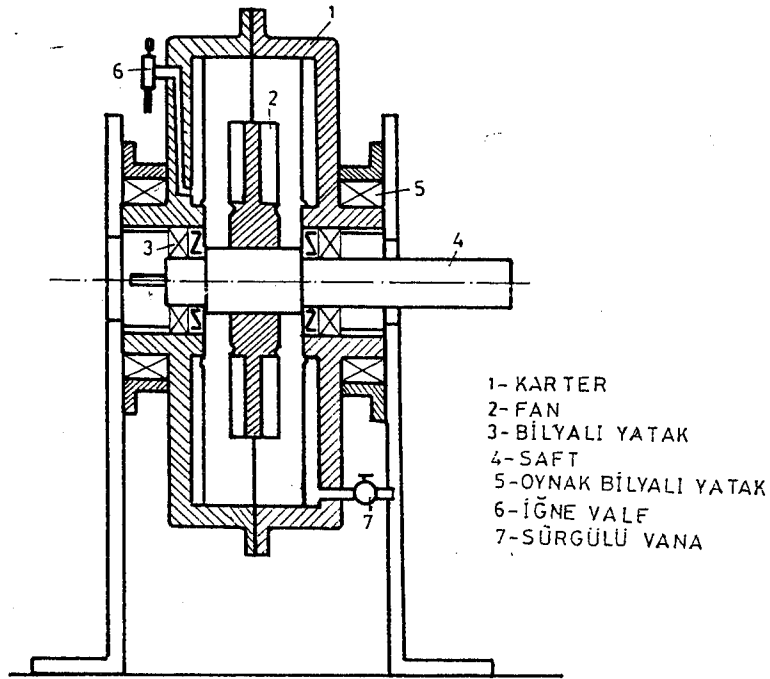
Çizelge 3.4 Deney yeri özellikleri

Ortam sıcaklığı (C ⁰)	18-22
Bağıl nem (%)	45-54
Barometrik basınç (m bar)	920-930
Denizden yükseklik (m)	785,5

3.2 Yöntemler

3.2.1 Moment ve güç ölçüm yöntemi

Deneylerde Tecquipment Ltd. tarafından 6000 d/dak ve 9 kW'a kadar , küçük içten yanmalı motorların motor momentini ölçmek için geliştirilen TD 15 hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometrenin su freni bölümü şematik olarak Şekil 3.2 de verilmiştir.



Şekil 3.2 Su freninin şematik görünüşü

Dinamometrenin su freni kısmı, iç yüzeyinde kanatlar bulunan ve kısmen su ile dolu karter(1) içerisinde dönebilen, kanatlı bir fan'dan ibarettir. Fan, karterdeki bilyalı yataklar(3) üzerinde serbestçe dönebilen paslanmaz çelik şaft(4) üzerine monte edilmiştir. Şaft bir ucundan esnek kavrama ile motora, diğer ucundan yine es-

nek bir kavrama ile mekanik takometreye direk olarak bağlanmıştır. Kartter ise oynak bilyalı yataklar(5) üzerinde serbestçe salınabilmektedir. Su frenine su giriş çıkışı, dirençleri ihmal edilebilecek 10 mm çapında esnek hortumlarla sağlanmıştır. Su girişi iğne valf(6) su çıkışı 1/2" sürgülü vana(7) ile kontrol edilmektedir. İğne valfin bir miktar açılması ile, frene su giriş ve çıkış debileri bozulur. Su giriş ve çıkış debileri dengeye gelinceye kadar, kartterdeki su seviyesi yükselir . Bu durumda fanın daha büyük bir kısmı su ile temasta olduğundan, fan'a uygulanması gereken moment de artar. Diğer bir deyişle motora uygulanan yük, iğne valf ile kontrol edilen su debisi ile ayarlanmaktadır. Fan ile kartter arasında sürüklenen su, oynak bilyalı yataklar üzerindeki kartteride beraberinde sürüklemeye çalışır. Karttere uygulanan motor momenti, kartter çevresine bağlanarak karşı ağırlıkla dengelenmiş, 20 Nm ye kadar moment ölçebilen dinamometreden okunmaktadır. Sistemde motor yükü, kartter ile fan arasında sürüklenen su tarafından yutularak ısıya dönüşür. Bu nedenle sistemin dengeli çalışabilmesi için, sisteme giren su debisi, çıkış suyu sıcaklığının 60 C⁰ ı geçmiyecek şekilde ayarlanması gerekmektedir.

Dinamometreden motor momenti M (Nm), takometreden devir sayısı N (d/dak.) okunmuş,

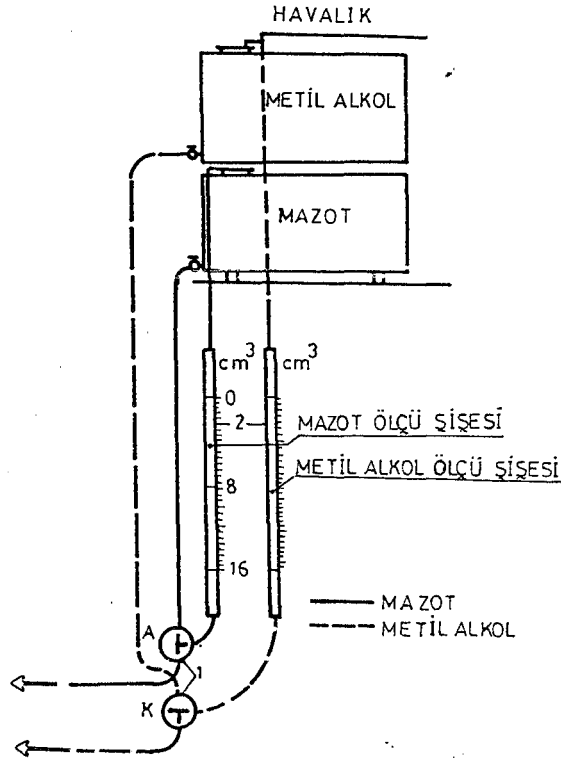
Açısal hız $\omega = \pi.N/30$ (rad/sn)

Güç $Ne = \omega.M/1000$ (kW)

Ortalama efektif basınç: $P_{me} = 1,2 \cdot N_e / V_s \cdot N$ (kN/m^2) olarak hesaplanmıştır.

3.2.2 Diesel yakıt donanımı ve yakıt sarfiyatı ölçme yöntemi

Yakıt pompasına diesel yakıtı, yakıt pompasından yaklaşık 80 cm yüksekte bulunan depodan tabii akış ile sağlanmaktadır Şekil 3.3



Şekil 3.3 Yakıt donanımı ve yakıt sarfiyatı ölçme sistemi

Depodan alınan yakıt, üç yollu vana(1) ile yakıt ölçü şişesi(2) ve motorun normal yakıt sistemine bağlanmıştır. Ölçü şişesi 25 cm^3 hacminde 10 mm çapında cam bir boru olup, 16 cm lik kısmı iki işaret çizgisi

ile kalibre edilmiştir. Ölçü şişesi üst ucu, havalandırma ve taşmayı önlemek amacıyla, esnek bir hortumla depo üzerine çıkarılmıştır. Üç yollu vananın "A" konumunda depodan gelen yakıt, hem ölçü şişesini doldurur hem de motorun yakıt ihtiyacını karşılar. Vananın "K" konumunda ise, depodan gelen yakıt girişi kapanır. Bu konumda motora yakıt ölçü şişesinden sağlanır. Ölçüm için vana "A" konumundan "K" konumuna getirilir. Yakıt seviyesi üst işaret çizgisine geldiğinde, 1/100 (sn) hassasiyetindeki kronometre çalıştırılarak, motorun 16 (cm³) yakıtı yaktığı süre (Δt :sn) tesbit edilir.

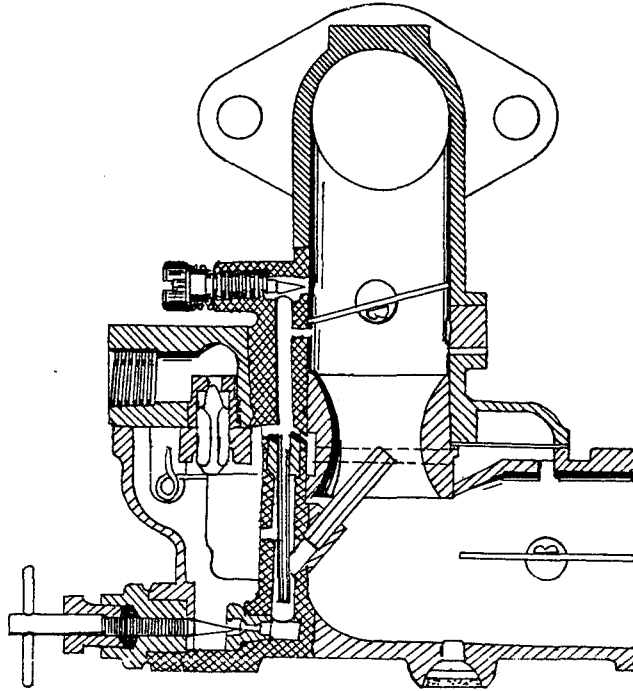
Özgül yakıt sarfiyatı: $b_e = 16 \cdot \rho_d \cdot 3600 / \Delta t \cdot N_e$ (gr/kWh)
 $\rho_d = 0,83$ (gr/cm³), alınarak $b_e = 47808 / \Delta t \cdot N_e$ (gr/kWh),

Efektif termik verim: $\eta_e = (3600 / b_e \cdot H_{ud}) \cdot 100$ (%)
 $H_{ud} = 43$ (MJ/kg), alınarak $\eta_e = 8372,1 / b_e$ (%) bulunmuştur.

3.2.3 Metil alkol yakıt donanımı ve alkol yedirme yöntemi

Metil alkol emme manifoldundan yaklaşık 80 (cm) yükseğe yerleştirilmiş depodan tabii akış ile sağlanmaktadır. Depo havalandırması esnek bir hortumla açık havaya verilmiştir. Depodan alınan metil alkol, diesel yakıtı ölçü donanımı yanına monte edilmiş ve aynı yöntemle çalışan, ikinci bir üç yollu vana ve ölçü şişesi ile, emme manifoldu üzerine monte edilmiş karbüratöre bağlanmıştır Şekil 3.3. Burada kullanılan ölçü şişesi 0,1 (cm³) aralıklarla kalibre edilmiştir.

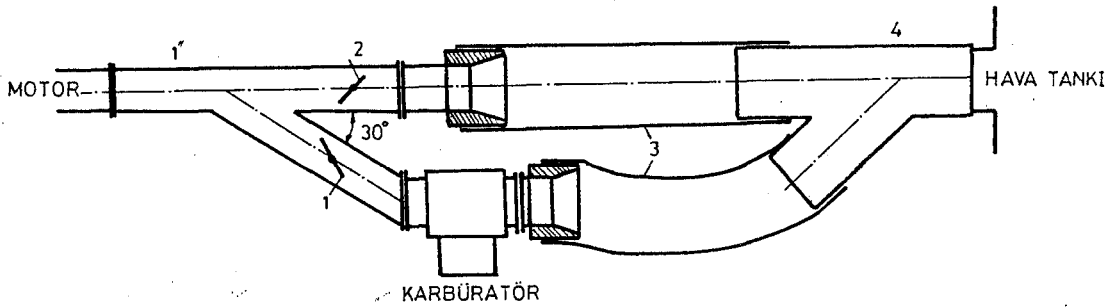
Daha önce yapılan araştırmaların ışığı altında, alkollerin diesel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanma metotlarından karışımların; Alkollerin su tutma ve bu nedenle faz ayrışması probleminden dolayı, kullanılmalarının sınırlı olduğu açıklanmıştır. Emülsiyon yapıcı fiatlarının yüksek olduğu ve alternatif yakıtların buji ile ateşlenmesi gibi metotların ise, motor üzerinde oldukça büyük değişiklikler gerektirdiği bilinmektedir. Bu nedenle, bölümde var olan olanaklar gözönüne alınarak, metil alkolün diesel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılmasında, gazlaştırma yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Zenith 72 Y6 modeli karbüratörün kesiti

Metil alkolün gazlaştırılarak motora verilmesinde maksimum gücü 5 kW (3600 d/dak.) olan hava soğutmalı

Wisconsin S-7D motoruna ait Zenith 72 Y6 modeli karbüratör kullanılmıştır Şekil 3.4. İstenildiğinde kolayca diesel yakıtı ile çalışmaya geçebilmek, özellikle ilk hareket sırasında, karbüratörü devreden çıkartarak kolay ilk hareket verilmesini sağlamak için, karbüratörün motora bağlanmasında, Şekil 3.5 de şematik olarak verilen adaptör kullanılmıştır.



Şekil 3.5 Karbüratörün motora bağlanmasında kullanılan adaptör

Adaptörün 30° lik çatalına karbüratör bağlanmıştır. 30° lik çatal üzerinde bulunan kelebek vana(1) kapatıldığında, karbüratör kolayca devreden çıkartılarak motorun normal diesel yakıtı ile çalışması sağlanmıştır. Gerektiğinde karbüratörden daha fazla emiş sağlanabilmesi için, çatalın düz kısmına ikinci bir kelebek vana(2) monte edilmiştir. Karbüratör emiş boğazı ve adaptörün düz boğazı, 50 mm çapında esnek hortumlarla (3) ikinci bir çatalda(4) birleştirilerek, hava tankına bağlantısı sağlanmıştır.

3.2.4 Volümetrik verim ölçme yöntemi

Volümetrik verimin ölçülmesinde tank orofis metodu kullanılmıştır. Bu amaçla Green,1969'a göre orofis çapı ve hava tankı hacmi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Ortam havası yoğunluğu: $\rho_h = (P.13,6)/29,3(273+t)$ (kg/m³)

Çevre basıncı: $P=685$ (mmHg) , $t=20$ (C°) alınarak,

$\rho_h=1,085$ (kg/m³) olarak hesaplanmıştır (Pancar,1985).

Motora giren teorik hava miktarı:

$M_h = V_s \cdot N_{max} / 60 \cdot 0,5 \cdot \rho_h$ (kg/ sn) , $N_{max}=3300$ (d/dak)

$M_h=0,00654$ (kg/sn)

Motora giren gerçek hava miktarı:

$M_g = C_d \cdot A_o \cdot (2 \cdot g \cdot \rho_w)^{1/2} \cdot (\Delta H \cdot \rho_h)^{1/2}$

Orofis katsayısı: $C_d=0,6$

Manometre sıvısı yoğunluğu: $\rho_w=784$ (kg/m³)

Manometre kolları arasındaki seviye farkı: $\Delta H=0,1$ (mSS)

Orofis kesit alanı: $A_o=0,00027$ (m²), buradan

Orofis çapı: $d=0,019$ (m) hesaplanmıştır.

Deneylerde elde mevcut $d=24$ (mm) çapındaki keskin kenarlı orofis kullanılmıştır.

Tank hacmi: $V_{tank} = 4,57 \cdot 10^6 \cdot d^4 \cdot 2^2 / 2 \cdot z \cdot V_s$ (m³)

$V_{tank}=0,23$ (m³) olarak hesaplanmıştır.

Deneylerde kullanılan motorun oldukça küçük ve tek silindirik olması göz önüne alınarak, deneylerde kullanılan

hava tankı, $0,45 \cdot 0,45 \cdot 0,75 = 0,15 \text{ (m}^3\text{)}$ hacminde hava tankı kullanılmıştır.

Hava tankında oluşan basınç düşümünün ölçülmesinde, içerisinde $0,784 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ yoğunluğunda renkli sıvı bulunan ve yatayla 20° açı yapan, 70 (mmSS) na kadar vakum ölçebilen eğik manometre kullanılmıştır. Deneylerde herbir deney noktası için, motora teorik olarak girmesi gereken hava miktarı M_h , ve motora giren hava miktarı M_g bulunarak, volümetrik verim aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\eta_v = (M_g / M_h) \cdot 100 \quad (\%)$$

3.2.5 Egzost gazı ve yağlama yağı sıcaklıklarının ölçülmesi

Egzost gazı sıcaklığı, egzost çıkışına bağlanan demir konstantan termoçift, yağlama yağı sıcaklığı ise motor karterine daldırılan bakır konstantan termoçift ile ölçülmüştür.

Genel deney düzeni şematik olarak Şekil 3.6 da verilmiştir.

3.2.6 AAl PETTER diesel motorunun, motor karakteristiklerinin belirlenmesi.

Deneye başlamadan önce, motorun supap ayarı (soğukta emme ve egzost 0,1 mm), yakıt püskürtme basıncı (165,2-186,3 kg/cm²) kontrol edilerek, yağlama yağı ve yakıt filtresi değiştirilmiştir. Motorun istenilen devirde çalışmasını sağlayabilmek için, sabit devir regülatörü devre dışı bırakılmıştır. Deneylerin tümünde, deneye başlamadan önce, motor çalışma sıcaklığına ulaşmaya kadar (yağlama yağı sıcaklığı 60 C°) normal diesel yakıtı ile çalıştırılmıştır.

Deneye önce motorun normal diesel yakıtı ile motor karakteristiklerinin belirlenmesi ile başlanmıştır. Bu amaçla karbüratörün bağlı olduğu çatal üzerindeki kelebek vana kapatılarak, motor normal diesel yakıtı ile tam gaz, 9/10, 8/10, 7/10, 6/10, ve yarım gaz olmak üzere, yakıt kremayerinin altı konumunda 3300-1800 d/dak. arasında, motor karakteristikleri enaz üç tekrarlı deneylerle tesbit edilmiştir. Burada tam gaz konumuna ulaşmak için, motor 3600 d/dak da maksimum güce ulaştırılarak, bu noktada yakıt kremayeri kilitlenmiştir. Bu durumda motor 2600 d/dak ya düşünceye kadar yüklenmiş ve bu noktadaki yakıt debisi "tam gaz" olarak kabul edilmiştir. Kısmi gaz konumları ise, tam gaz konumundaki yakıt debisi esas alınarak belirlenmiştir. Örneğin 8/10 gaz konumuna ulaşmak için, yüklü durumda ve devir sayısı 2600 d/dak da sabit kalmak şartıyla, yakıt kremayeri

tam gaz konumundaki yakıt debisinin 8/10 u kadar yakıt verecek şekilde ayarlanır. Bu durum 8/10 gaz konumu olarak kabul edilmiştir. Diğer bir deyişle, motor yüklü durumda ve yarım gazda, 2600 d/dak da tam gazdaki yakıt debisinin yarısını tüketir.

Deneyde yakıt kremayeri, önce tam gaz konumuna ayarlanarak kilitlenmiş ve 3300 d/dak dan başlanarak 3300-1800 d/dak arasında motor devrinin her 100 d/dak düşmesinde (motorun küçük ve oynak olması nedeniyle bazı bölgelerde devir sayısı 200 d/dak düşürülmüştür), motor devri (N:d/dak), motor momenti (M:Nm), 16 cm^3 diesel yakıtının tüketilmesi için geçen süre ($\Delta t:sn$), hava tankındaki basınç düşümü ($\Delta H:mmSS$), egzost sıcaklığı ($T_{eg}:C^0$) ve yağlama yağı sıcaklığı ($T_{yağ}:C^0$) her bir deney noktası için ayrı ayrı okunmuştur. Duman ve vurunu gözlenerek kontrol edilmiştir. Aynı değerler diğer gaz konumları için alınmıştır. 6/10 gaz konumu için deneylere 3200 d/dak dan, yarım gaz konumu için deneylere 3000 d/dak dan başlanmıştır. Deneyler her deney noktası için üç tekrarlı yapılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca birbirine göre aşırı sapma gösteren değerler için, deney tekrarlanmıştır.

Deney sonuçlarından, motor gücü ($N_e:kW$), özgül yakıt sarfiyatı ($b_e:gr/kWh$), ortalama efektif basınç ($P_{me}:kN/m^2$), volümetrik verim ($\eta_v:\%$) ve termik verim ($\eta_e:\%$) hesaplanmıştır.

3.2.7 Gazlaştırma yöntemi ile, motora verilebilecek metil alkol miktarı

Bu çalışmanın esas amacı, motor karakteristikleri içinde ve çalışma şartlarını bozmadan, yüksek hızlı hafif hizmet diesel motoruna gazlaştırma yöntemi ile verilebilecek metil alkol miktarını ve metil alkolün motor performansına etkilerini incelemektir.

Bu amaçla motor, önce normal diesel yakıtı ile çalıştırılarak, normal çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra, 3300 d/dak da tam gaz konumu için daha önce belirlenen noktaya kadar yüklenmiştir. Motor bu konumda çalışırken, aynı noktada kalmak şartıyla, motora verilen diesel yakıtı debisi azaltılırken, karbüratör gaz kelebeğine kumanda edilerek motora verilen metil alkol miktarı artırılmaya başlanmıştır. Bu işleme, motorda vuruntu, aşırı duman veya düzensiz çalışma gibi, normal çalışma şartlarını bozucu faktörlerden biri görülene kadar devam edilmiştir. Sınır noktada metil alkol miktarındaki artışı engelliyen faktör belirlenerek, sınır noktada motorun düzenli çalışması sağlanmıştır. Bu noktada, üç yollu vanalara kumanda edilerek, heriki yakıt ölçü şişesindeki yakıtların üst işaret çizgisine gelmesi sağlanmıştır. Bu konumda heriki üç yollu vana, aynı anda "K" konumuna getirilerek, 16 cm^3 diesel yakıtının tüketilmesi için geçen süre (Δt :sn), ve bu sürede tüketilen metil alkol miktarı (V_a : cm^3) tesbit edilmiştir. Egzoz sıcaklığı, basınç düşümü kaydedilmiştir. Deney normal

diesel yakıtı ile belirlenen temel motor karakteristikleri içinde kalmak şartıyla, altı gaz konumunda ve her gaz konumu için 3300-1800 d/dak arasında üç tekrarı olarak yapılmıştır.

Diesel yakıtı özgül yakıt sarfiyatı:

$$b_{ed} = 16 \cdot \rho_d \cdot 3600 / \Delta t_a \cdot N_e \quad (\text{gr/kWh}), \quad \rho_d = 0,83 \quad (\text{gr/cm}^3)$$

$$b_{ed} = 47808 / \Delta t_a \cdot N_e \quad (\text{gr/kWh})$$

Metil alkol özgül yakıt sarfiyatı:

$$b_{ea} = V_a \cdot \rho_a \cdot 3600 / \Delta t_a \cdot N_e \quad (\text{gr/kWh}), \quad \rho_a = 0,79 \quad (\text{gr/cm}^3)$$

$$b_{ea} = V_a \cdot 2844 / \Delta t_a \cdot N_e \quad (\text{gr/kWh})$$

Toplam özgül yakıt sarfiyatı:

$$b_{et} = b_{ed} + b_{ea} \quad (\text{gr/kWh})$$

Diesel yakıtı eşdeğeri toplam özgül yakıt sarfiyatı:

$$b_{eş} = b_{ed} + b_{ea} (H_{ua} / H_{ud}) \quad (\text{gr/kWh})$$

$$H_{ua} = 19,7 \quad (\text{MJ/kg}), \quad H_{ud} = 43 \quad (\text{MJ/kg})$$

Hacimsel olarak kullanılan alkol miktarı:

$$HA = (V_a / (16 + V_a)) \cdot 100 \quad (\%)$$

Kütlesel olarak kullanılan alkol miktarı:

$$KA = (b_{ea} / b_{et}) \cdot 100 \quad (\%)$$

Alkolün toplam enerji içerisindeki payı:

$$EM = (b_{ea} \cdot 19,7 / b_{eş} \cdot 43) \cdot 100 \quad (\%)$$

Efektif termik verim: $\eta_{ea} = (3600 / b_{eş} \cdot 43) \cdot 100 \quad (\%)$

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1 Motor hızının alkol kullanımına etkisi

Deneye, daha önce belirlenen altı temel gaz konumu için, normal diesel yakıtı ile motor karakteristiklerinin belirlenmesiyle başlanmıştır. Deneyin ikinci bölümünde, daha önce yapılan araştırmalar göz önüne alınarak, egzost borusu emme manifoldu üzerine yatırılmıştır. Deneye bu şekilde devam edilerek alkol yedirilmesiyle elde edilen sonuçlar IBM 4341 bilgisayarında değerlendirilmiştir (Ek 2). Değerlendirme sonuçları toplu olarak her gaz konumu için Çizelge 4.1-6 da verilmiştir. Motorun normal diesel yakıtı ile çalıştırılmasından elde edilen sonuçlar, değerlendirilerek, yatay eksen de vir sayısı düşey eksen de ortalama efektif basınç olan eksen takımı üzerinde, her gaz konumu için ortalama efektif basınç eğrileri çizilmiştir. Aynı eksen takımı üzerinde sabit güç ve özgül yakıt sarfiyatı eğrileri gösterilmiştir Şekil 4.1. Motora alkol yedirilmesi ile elde edilen sonuçlar, Şekil 4.1 deki temel motor karakteristikleri üzerine noktalanarak, diesel yakıtı eşdeğeri özgül yakıt sarfiyatı ve alkolün toplam enerji içerisindeki yüzdesi belirtilmiştir Şekil 4.2.

Çizelge 4.1 Tam gaz durumunda motor karakteristikleri

N d/dak	Ne kW	b _e gr/kWh	Pme kN/m ²	b _{ed} gr/kWh	b _{ea} gr/kWh	KA %	HA %	b _{eş} gr/kWh	EM %	η _e %	η _{ea} %
3300	2.384	507.33	395.93	427.96	129.84	23.3	24.2	487.44	12.2	16.5	17.2
3200	2.377	484.42	407.40	402.69	131.75	21.7	25.6	463.04	13.0	17.3	18.1
3100	2.435	453.90	430.36	362.42	155.23	30.0	31.0	433.53	16.4	18.4	19.3
3000	2.419	444.32	441.83	339.75	155.63	31.4	32.5	411.05	17.3	18.8	20.4
2900	2.369	444.26	447.57	337.11	158.43	32.0	33.1	409.69	17.7	18.8	20.4
2800	2.316	439.41	453.31	332.09	154.09	31.7	32.8	402.68	17.5	19.1	20.8
2700	2.262	438.50	459.05	314.94	192.97	38.0	39.2	403.35	21.9	19.1	20.8
2600	2.178	440.03	459.05	304.08	236.97	43.8	45.0	412.65	26.3	19.0	20.3
2400	1.935	458.42	441.83	316.52	244.78	43.6	44.8	428.66	26.2	18.3	19.5
2200	1.729	475.08	430.36	328.41	259.84	44.2	45.4	447.45	26.6	17.6	18.7
2000	1.508	501.96	413.14	346.07	286.16	45.3	46.5	477.17	27.5	16.7	17.5
1800	1.225	565.91	372.98	388.03	325.47	45.6	46.8	537.13	27.8	14.8	15.6

Çizelge 4.2 9/10 gaz durumunda motor karakteristikleri

N d/dak	Ne kW	b _e gr/kWh	Pme kN/m ²	b _{ed} gr/kWh	b _{ea} gr/kWh	KA %	HA %	b _{eş} gr/kWh	EM %	η _e %	η _{ea} %
3300	2.177	512.83	361.50	432.69	120.98	21.9	22.7	489.12	11.4	16.3	17.2
3200	2.178	489.17	372.98	397.84	134.90	23.3	23.3	459.64	13.4	17.4	18.2
3100	2.240	457.22	395.93	360.47	156.54	30.3	31.3	432.18	16.6	18.3	19.4
3000	2.231	440.93	407.40	335.11	159.48	32.2	33.3	408.17	17.9	19.0	20.5
2900	2.217	436.36	418.88	320.77	169.83	34.6	35.7	398.57	19.5	19.2	21.0
2800	2.170	425.93	424.62	313.96	166.22	34.6	35.7	390.11	19.5	19.7	21.5
2700	2.121	418.58	430.36	311.65	185.39	37.3	38.5	396.59	21.4	20.0	21.1
2600	2.042	432.27	430.36	290.00	232.90	44.5	45.8	396.70	26.9	19.4	21.1
2400	1.835	450.13	418.88	302.40	251.85	45.4	46.7	417.78	27.6	18.6	20.0
2200	1.590	473.39	395.93	326.51	285.52	46.7	47.9	457.32	28.6	17.7	18.3
2000	1.382	493.03	378.71	337.78	299.40	47.0	48.2	474.95	28.9	17.0	17.6
1800	1.150	559.68	350.02	358.68	332.86	48.1	49.4	511.18	29.8	15.0	16.4

Çizelge 4.3 8/10 gaz durumunda motor karakteristikleri

N d/dak	Ne kW	b _e gr/kWh	Pme kN/m ²	b _{ed} gr/kWh	b _{ea} gr/kWh	KA %	HA %	b _{eş} gr/kWh	EM %	η _e %	η _{ea} %
3300	1.901	512.39	315.59	443.78	108.24	19.6	20.4	493.36	19.1	16.3	17.0
3200	1.977	465.19	338.55	400.67	116.79	22.6	23.4	454.18	11.8	18.0	18.4
3100	2.045	443.99	361.50	360.65	130.94	26.6	27.6	420.84	14.3	18.9	19.9
3000	2.042	432.43	372.98	353.49	138.79	28.2	29.2	417.08	15.2	19.4	20.1
2900	2.035	418.23	384.45	337.74	142.65	29.7	30.7	403.09	16.2	20.0	20.8
2800	1.994	418.97	390.19	306.70	167.85	35.4	36.5	383.60	20.0	20.0	21.8
2600	1.851	421.45	390.19	289.32	203.09	41.2	42.4	382.37	24.3	19.9	21.9
2400	1.634	443.54	372.98	291.28	235.66	44.7	45.9	399.24	27.0	18.9	21.0
2200	1.428	470.48	355.76	291.60	251.53	46.3	47.5	406.84	28.3	17.8	20.6
2000	1.257	499.33	344.28	288.74	288.57	50.0	51.2	420.94	31.4	16.8	19.9
1800	1.074	520.85	327.07	293.70	298.77	50.4	51.7	430.58	31.8	16.1	19.4

Çizelge 4.4 7/10 gaz durumunda motor karakteristikleri

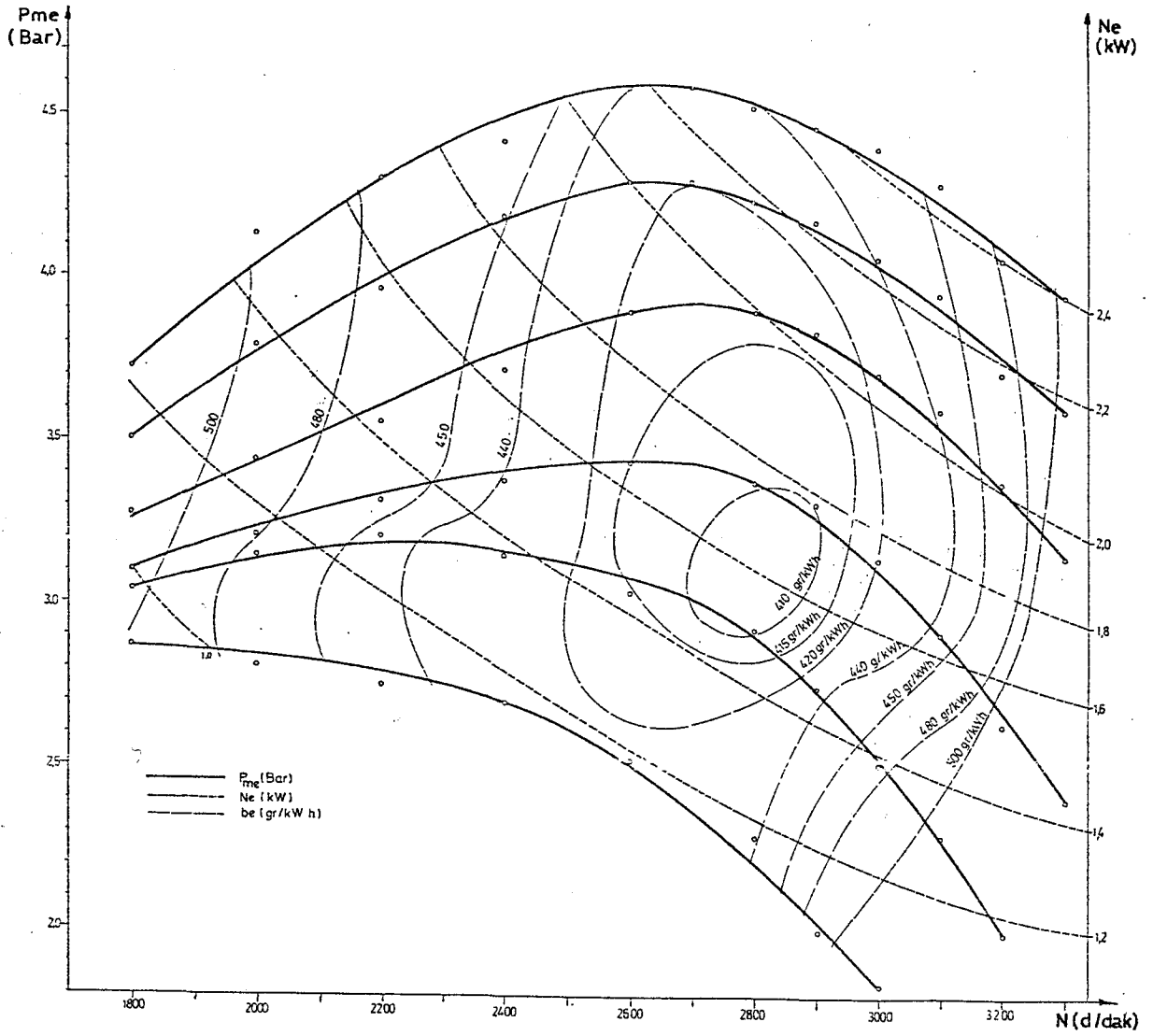
N	Ne	b _e	Pme	b _{ed}	b _{ea}	KA	HA	b _{eş}	EM	η _e	η _{ea}
d/dak	kW	gr/kWh	kN/m ²	gr/kWh	gr/kWh	%	%	gr/kWh	%	%	%
3300	1.451	530.78	241.00	489.94	96.18	16.4	17.1	534.01	8.3	15.5	15.7
3200	1.541	493.55	263.95	427.73	106.87	20.0	20.8	476.69	10.3	17.0	17.6
3100	1.558	444.37	272.64	352.50	171.45	31.7	32.8	448.04	17.5	18.8	18.7
3000	1.728	422.81	315.59	329.50	166.65	33.6	34.7	405.94	18.8	19.8	20.6
2900	1.761	409.94	332.81	318.38	183.72	36.6	37.7	402.55	20.9	20.4	20.8
2800	1.730	411.73	338.55	315.00	196.76	38.4	39.6	405.14	22.2	20.3	20.7
2600	1.634	415.58	344.28	310.14	241.69	43.8	45.0	420.87	26.3	20.1	19.9
2400	1.483	440.03	338.55	306.01	287.62	48.5	49.7	437.78	30.1	19.0	19.1
2200	1.336	463.69	332.81	296.87	296.69	50.0	51.2	432.79	31.4	18.1	19.3
2000	1.173	489.28	321.33	300.03	324.83	52.0	53.2	448.85	33.2	17.1	18.7
1800	1.018	517.96	309.86	300.60	348.70	53.7	54.9	460.35	34.7	16.2	18.2

Çizelge 4.5 6/10 gaz durumunda motor karakteristikleri

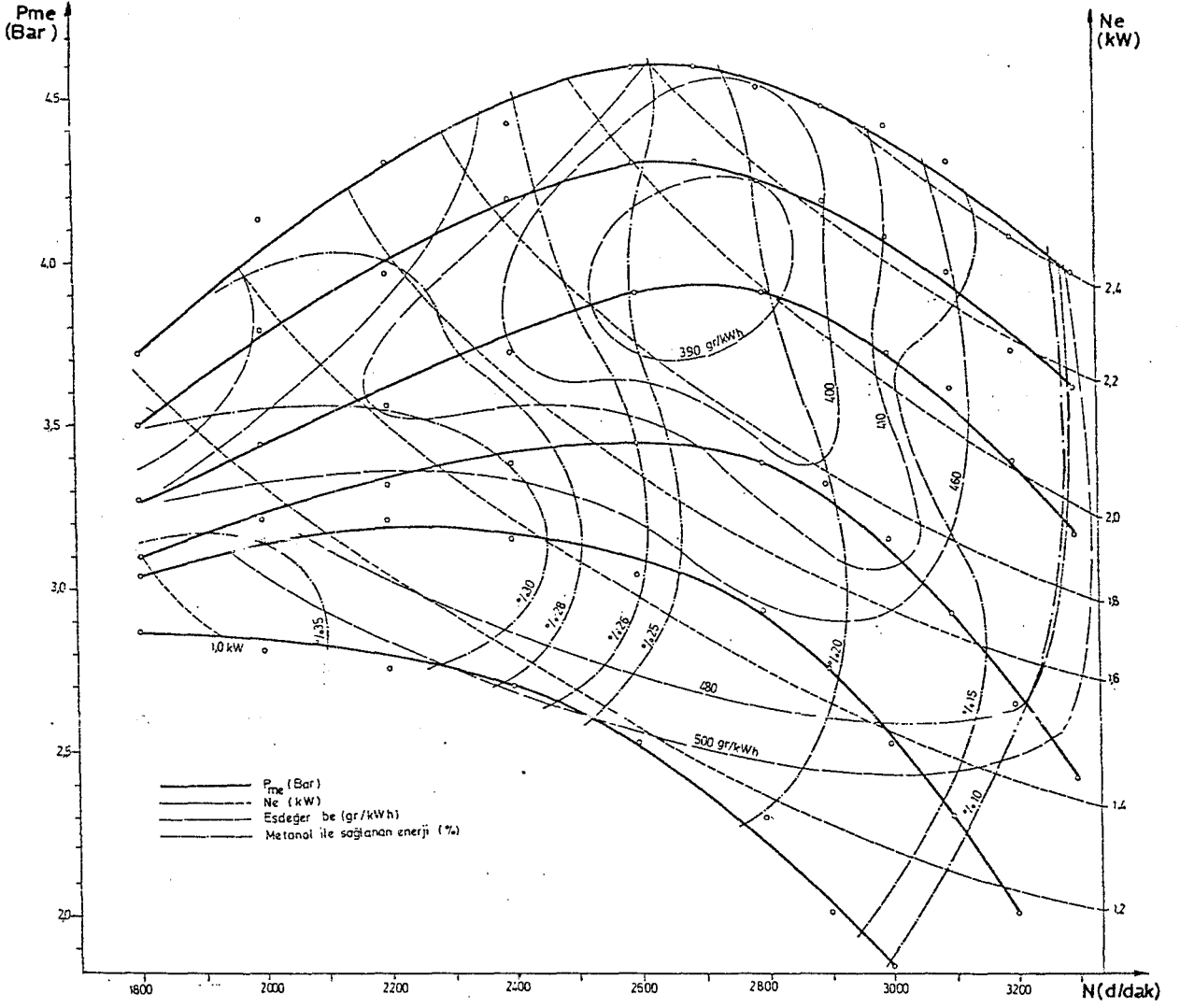
N	Ne	b _e	Pme	b _{ed}	b _{ea}	KA	HA	b _{eş}	EM	η _e	η _{ea}
d/dak	kW	gr/kWh	kN/m ²	gr/kWh	gr/kWh	%	%	gr/kWh	%	%	%
3200	1.173	591.87	200.83	546.26	61.74	10.2	10.6	574.54	4.9	14.1	14.6
3100	1.299	522.75	229.52	458.44	111.81	19.6	20.4	509.66	10.1	16.0	16.4
3000	1.382	480.49	252.48	407.13	205.86	33.6	34.7	501.45	18.8	17.4	16.7
2900	1.458	442.13	278.43	364.33	203.73	35.9	37.0	457.66	20.4	18.9	18.3
2800	1.495	409.77	292.64	332.40	207.62	38.4	39.6	427.52	22.2	20.5	19.4
2600	1.443	415.95	304.12	318.25	249.90	44.0	45.2	432.74	26.5	20.1	19.3
2400	1.382	425.67	315.59	302.93	338.79	52.8	54.0	458.15	33.9	19.7	18.3
2200	1.299	444.43	321.33	302.82	362.09	54.5	55.7	468.71	35.4	18.8	17.9
2000	1.152	468.85	315.59	325.05	392.54	54.7	55.9	504.89	35.6	17.9	16.6
1800	0.999	471.94	304.12	346.55	434.98	55.7	56.9	545.83	36.5	17.7	15.3

Çizelge 4.6 Yarım gaz durumunda motor karakteristikleri

N	Ne	b _e	Pme	b _{ed}	b _{ea}	KA	HA	b _{eş}	EM	η _e	η _{ea}
d/dak	kW	gr/kWh	kN/m ²	gr/kWh	gr/kWh	%	%	gr/kWh	%	%	%
3000	1.005	523.51	183.62	527.34	116.07	18.0	18.8	580.52	9.2	16.0	14.4
2900	1.063	487.41	200.83	481.11	214.65	30.9	31.9	579.44	17.0	17.2	14.4
2800	1.173	467.73	229.52	427.32	226.24	34.6	35.7	530.97	19.5	19.1	15.8
2600	1.198	423.32	252.48	405.47	270.15	40.0	41.2	529.24	23.4	19.8	15.8
2400	1.181	428.96	269.69	358.71	309.41	46.3	47.5	500.46	28.3	19.5	16.7
2200	1.106	446.71	275.43	343.25	347.13	50.3	51.5	502.28	31.7	18.7	16.7
2000	1.026	475.21	281.17	354.80	441.12	55.4	56.6	556.89	36.3	17.6	15.0
1800	0.947	491.29	286.98	367.65	482.53	55.8	58.0	509.12	37.6	17.0	14.2



Şekil 4.1 Normal diesel yakıtı ile çalışmaya ait motor karakteristik eğrileri.



Şekil 4.2 Metil alkol yedirilmesi ile çalışmaya ait motor karakteristik eğrileri

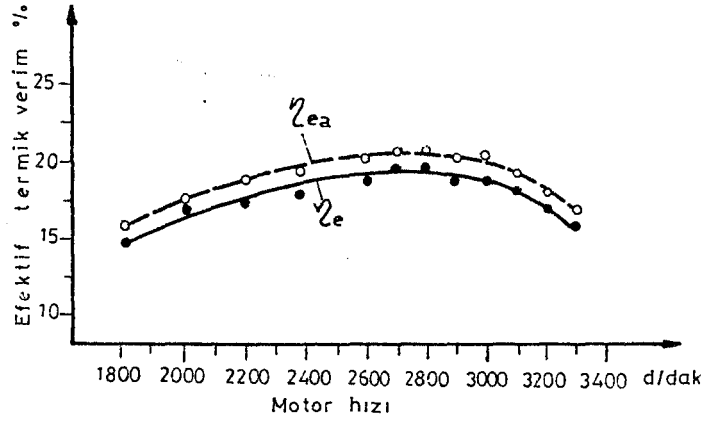
Deney sonuçları, tüm gaz konumlarında motor hızının düşmesiyle yedirilebilen alkol miktarının arttığını göstermiştir. Tam gaz-6/10 gaz konumları arasında ve yüksek motor hızlarında, motora yedirilebilen alkol miktarını sınırlayan faktörün vuruntu olduğu görülmüştür. Genel olarak, maksimum ortalama efektif basıncın altındaki motor hızlarında ise, alkol miktarını sınırlayan faktör aşırı duman ve dengesiz çalışma olmuştur. 6/10 ve yarım gaz konumlarında, vuruntunun problem olmadığı ancak aşırı duman ve dengesiz çalışmanın alkol miktarını sınırladığı görülmüştür.

Yüksek gaz ve hız konumlarında, yanma odası sıcaklığının yüksek olması ve yanma odası içerisinde sıcak noktaların bulunması, silindire alınan hava-yakıt karışımının kendi kendine tutuşmaya meylini artırmaktadır. Bunun yanında metil alkolün çok fakir karışımlarda tutuşabilme özelliği göz önüne alındığında, böyle bir sonucun normal olduğu kanaatine varılmıştır. Pennsylvania Devlet Üniversitesinde aynı konuda yapılan bir çalışmada, 120 HP (3600 d/dak) gücünde ve ön yanma odalı bir diesel motoru kullanılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Araştırma sonucunda; Emme havası içerisine verilen metil alkolün dolgu sıcaklığını düşürdüğü ve bu nedenle ateşleme gecikmesinin arttığı bildirilmiştir. Bunun sonucu olarak yanma odası içerisindeki homojen hava yakıt karışımının diesel yakıtı enjeksiyonu ile hızla tutuşarak ciddi vuruntuya sebep olduğu açıklanmıştır. (Houser, et al., 1980). Düşük hız ve gaz konumlarında metil alkol yanma odası sınırladığı görülmüştür.

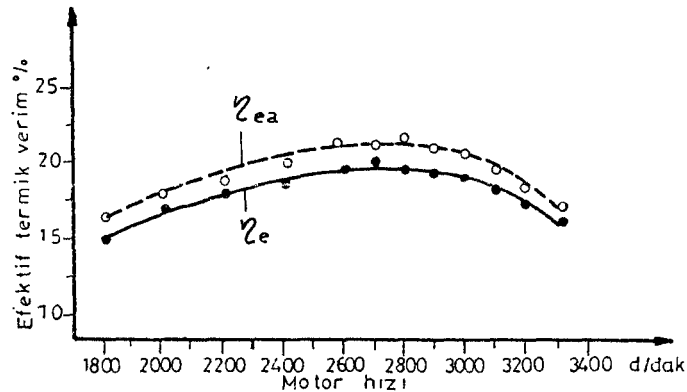
çaklığını düşürerek kötü yanmaya, hatta alevi söndürerek motorun dengesiz çalışmasına sebep olmaktadır.

4.2 Alkol kullanımının termik verim üzerine etkisi

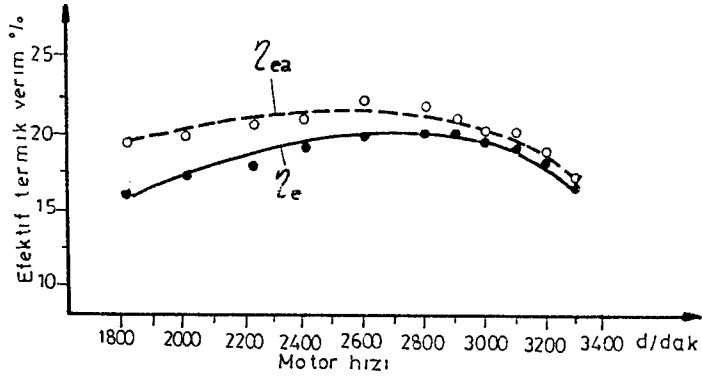
Şekil 4.3-8 de her gaz konumu için efektif termik verim verilmştir. Deney sonuçları yüksek hız ve gaz konumlarında termik verimin arttığını, 7/10 gaz konumunda hemen hemen sabit kaldığını göstermiştir. 6/10 ve yarım gaz konumlarında ise termik verimin hıla düştüğü görülmüştür.



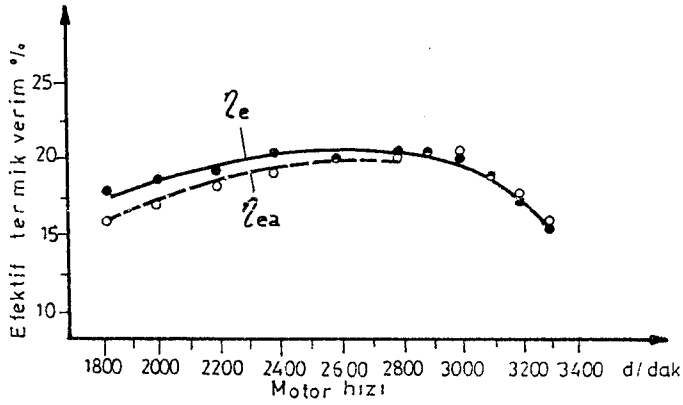
Şekil 4.3 Tam gaz durumunda termik verim değişimi



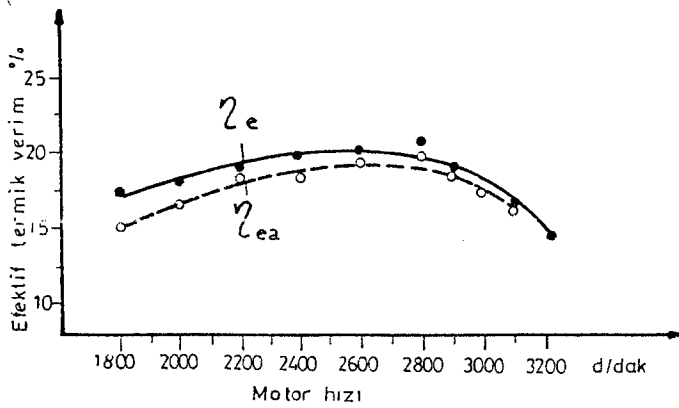
Şekil 4.4 9/10 gaz durumunda termik verim değişimi



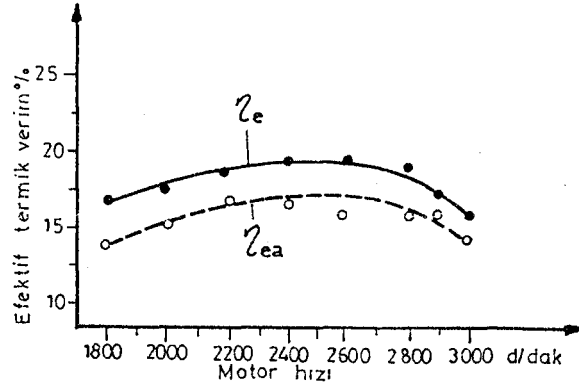
Şekil 4.5 8/10 gaz durumunda termik verim değişimi



Şekil 4.6 7/10 gaz durumunda termik verim değişimi



Şekil 4.7 6/10 gaz durumunda termik verim değişimi



Şekil 4.8 Yarım gaz durumunda termik verim değişimi

Yüksek hız ve gaz konumlarında yanma odası sıcaklığı'nda oldukça yüksektir. Dolgu havası içerisine verilen metil alkolün, yanma odası sıcaklığını zararlı vuruntuya sebep olmayacak kadar düşürdüğü ve cüz'i miktarda tutuşma gecikmesini artırdığı bilinmektedir. Bu durum, yanma odasında mevcut, homojen alkol-hava karışımını içerisine püskürtülen, diesel yakıtının daha hızlı ve verimli yanmasına sebep olmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalarda yüksek hız ve gaz konumlarında, yüksek basınç ve yanma odası sıcaklığı nedeniyle, metil alkolün kendisini oluşturan CO ve H₂'e ayrıştığı bildirilmiştir. Ortamda H₂'in bulunmasının ise, alev hızını artırdığı ve bu nedenle yanmanın, sabit hacimde yanmaya oldukça yaklaştığı belirtilmiştir. Bu durumun termodinamik olarak daha verimli bir yanmaya sebep olduğu açıklanmıştır (Ryan and Lestz, 1980., Houser, et. al., 1980). Aynı araştırmacılar, alkolün yanma odası sıcaklığını düşürerek, ısı kayıplarını azalttığını'nda ilave etmişlerdir.

Düşük hız ve gaz konumlarında, alkolün yüksek giz-

li ısıyı yanma odasını aşırı soğutmaktadır. Bu nedenle yanma kötüleşmekte ve yanma verimi hızla düşmektedir.

4.3 Alkol kullanımının özgül yakıt sarfiyatına etkisi

Çizelge 4.1-6'nın incelenmesinden, alkol kullanılması ile toplam özgül yakıt sarfiyatının (diesel yakıtı ve alkol özgül yakıt sarfiyatı toplamı) arttığı görülmektedir. Ancak motora verilen toplam enerji göz önüne alındığında, diesel yakıtı eşdeğeri özgül yakıt sarfiyatının, alkol kullanılması ile yüksek hız ve gaz konumlarında düştüğü görülür. Bu durum yüksek hız ve gaz konumlarında efektif termik verimin artmasıyla da açıkça belirlidir. Şekil 4.1-2'nin incelenmesinden görüleceği üzere, motorun ekonomik çalışma bölgesi normal diesel yakıtı ile çalışmada, 7/10 gaz konumu altında iken, alkol kullanılması ile, 8/10 gaz konumu üzerine çıkmıştır. Bu sonuç, motorun ekonomik çalışma aralığının tam güç civarına çekildiğini gösterir ki, bu motor için oldukça büyük avantaj sağlar.

4.4 Alkol kullanımının volümetrik verim üzerine etkisi

Motorun normal diesel yakıtı ile çalıştırılmasından elde edilen sonuçlar, volümetrik verimin gaz konumu ile pek etkilenmediğini göstermiştir. Bu nedenle motor hızına göre ortalama volümetrik verim alınmıştır. Alkol kullanılması ile elde edilen sonuçlar ise, her gaz konumu için ayrı ayrı değerlendirilerek (Ek 3), sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Alkol kullanımı ile volümetrik verim değişimi

N d/dak.	η_v %	η_{v1} %	η_{v2} %	η_{v3} %	η_{v4} %	η_{v5} %	η_{v6} %
3300	72.0	72.0	71.0	73.0	73.0	0.0	0.0
3200	73.2	73.2	72.1	74.2	73.2	73.2	0.0
3100	74.5	75.6	72.2	75.6	75.6	74.5	0.0
3000	74.7	73.5	74.7	75.8	75.8	75.8	75.8
2900	74.8	76.0	74.8	76.0	76.0	74.8	74.8
2800	76.1	77.4	76.1	77.4	77.4	77.4	76.1
2700	76.2	76.2	76.2	77.6	79.0	77.6	76.2
2600	76.1	74.6	74.6	77.6	77.6	77.6	74.6
2400	77.4	75.6	75.6	77.4	77.4	77.4	77.4
2200	78.4	78.4	76.4	80.5	80.5	80.5	76.4
2000	79.2	79.2	79.2	81.6	81.6	79.2	79.2
1800	82.3	85.2	82.3	85.2	85.2	82.3	82.3

Deney sonuçları, genel olarak yüksek motor hızlarında, volümetrik verimin alkol kullanımıyla pek etkilendiğini göstermiştir. 3000 d/dak'nın altındaki motor hızlarında ise, volümetrik verimin az da olsa arttığı görülmüştür. Şekil 4.2'nin incelenmesinden, yüksek motor hızlarında, motora yedirilebilen alkol miktarının oldukça az olduğu, hızın düşmesi ile yedirilebilen alkol miktarının arttığı görülür. Yüksek motor hızlarında az miktardaki alkolün soğutma etkisi motor tarafından kompanse edilmektedir. Buna karşılık, motor hızının düşmesi ile artan alkol miktarının soğutma etkisiyle, emme manifoldu içerisindeki hava yakıt karışımı sıcaklığı'nda düşmektedir. Bu konuda yapılan araştırmalarda, dolgu havası sıcaklığının düşmesiyle, silindire alınan hava kütlelerinin büyüyeceği, bu nedenle volümetrik verimin artacağı bildirilmiştir (Kuşhan,1974).

4.5 Alkol kullanımının egzost sıcaklığına etkisi

Her gaz ve hız konumu için, normal diesel yakıtı ile çalışmada ölçülen egzost sıcaklıkları ile, alkol kullanılması sonucu ölçülen egzost sıcaklıkları, birlikte Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Alkol kullanımı ile egzost sıcaklığı değişimi

N	Tam gaz		9/10 gaz		8/10 gaz		7/10 gaz		6/10 gaz		Yarım gaz	
	T C°	T _a C°	T C°	T _a C°	T C°	T _a C°	T C°	T _a C°	T C°	T _a C°	T C°	T _a C°
3300	700	700	675	670	640	625	550	540				
3200	670	665	640	630	600	580	530	515	510	495		
3100	625	610	625	605	580	565	520	500	500	480		
3000	625	610	600	580	545	520	500	475	475	455	390	375
2900	610	600	590	560	545	515	500	470	455	400	370	360
2800	600	590	580	540	520	490	480	450	420	375	365	345
2400	580	560	575	525	500	475	470	430	400	360	350	345
2400	600	570	560	520	500	460	465	425	395	345	330	300
2200	580	565	555	525	485	450	465	420	380	350	325	305
2000	575	550	550	510	480	440	460	430	350	335	310	295
1800	550	530	540	500	475	430	450	425	340	325	300	290

Deney sonuçlarından, tüm gaz konumlarında egzost sıcaklıklarının, alkol kullanımıyla düştüğü görülmüştür. Yüksek motor hızlarında, egzost sıcaklıklarındaki düşme 5-25 C° arasında olurken, düşük motor hızlarında 55 C°'a ulaşan sıcaklık düşmesi görülmüştür. Bu sonuç, kullanılan alkol miktarına bağlı olarak, egzost sıcaklığının düştüğünü göstermektedir. Alkolün egzost sıcaklığını düşürmesi, metil alkolün yüksek gizli ısısına bağlanmıştır.

5. ÖNERİLER

Deneyler, eldeki olanaklarla oldukça küçük bir diesel motoru üzerinde gerçekleştirilmiştir. Motorun küçük ve oynak olması nedeniyle, su frenindeki çok küçük yük değişimleri, dengenin bozulmasına neden olmuştur. Bu durum deney süresince motorun aynı noktada tutulabilmesi için, su freni üzerinde küçük ayarların yapılmasını gerektirmiştir. Bu nedenle, deneylerin günümüz otomotiv sanayiinde kullanılan diesel motorları ile gerçekleştirilmesinin daha sağlıklı deney sonuçları vereceği kanısındayım. Ayrıca diesel yakıtı kumanda kolu ile karbüratör gaz keleşi arasında, deney sonuçlarına göre, mekanik veya elektronik bir mekanizma kurularak, pratiğe uygulanabilir duruma getirilmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- AAL Petter Diesel Engine Operator Handbook, 1966,
 Petter Ltd. Service Division, Hamble, Southampton,
 SO3 5NJ ENGLAND.
- Arco Chemical Company.,1983, Division of Atlantic
 Riechfielt Company, Methanol Technical Literature,
 1500 Market Street, Philadelphia, PA 19101, 28p.
- Borat,O.,1980, Metanollü Benzinin Motor Performansına
 Tesirleri,Doğa Bilim Dergisi,Cilt 4,Sayı 2,1-6.
- Bosch,R.,1978, Automotive Handbook, SAE Inc.,
 400 Commonwealth Drive Warrendale,PA 15096 USA,
 508 p.
- Braddock,R.L.,June 1986,Small Methanol Plant Design for
 Use of Low Btu Gas,Energy Progress,V 6,No 2,76-80.
- Bro,K.,and Pederson,P.S.,September 1977,Alternative Diesel
 Engine Fuels,SAE Paper 770794
- Cummings,D.R.,and Scott,W.M.,1977,Dual Fuelling the Truck
 Diesel with Methanol,International Symposium of
 Alcohol Fuel Technology, Wolfsburg,FRG,November.
- Demirgüç,Z.,1961,Yüksek Hızlı İçten Yanmalı Motor,
 İ.T.Ü. Matbaası sayı 465,408 s.
- Demirsoy,M.,1983,Alternatif Yakıt Olarak Alkollerin Benzin
 ve Diesel Motorlarında Kullanılması, Uludağ Üniver-
 sitesi Mühendislik Fakültesi, Birinci Yanma Sempo-
 zumu, Kirazlıyayla-Bursa.
- Ecklund,E.E.,Bechtold,R.L.,Timbario,T.J.,and McCallum,P.W.
 ,June 1984, Alcohol in Diesel Engines, Automotive
 Engineering,V92,No 6,40-44, V92,No 7,55-59.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Enerji Raporu, Eylül 1986 ANKARA.
- Goetz, W.A., January 1983, Fuels-Systems Adapts to Gasoline Methanol Phase Separation, Automotive Engineering, V 91, No 1, 64-67.
- Greene, A.B., and Lucas, G.G., 1969, The Testing of Internal Combustion Engines, The English Universities Press Ltd., St Paul's House Warwicklane London, E.C.4 164p.
- Haragopula Rao, B., 1977, An Analytical and Experimental Investigation of Charge Modification in A Compression Ignition Engine, Doctoral Thesis in Mechanical Engineering, The Banaras Hindu University.
- Hardenburg, H.O., Schaefer, A.J., Metsch, H.I., and Bergman, H.K., February 1983, Vaporized Alcohol Fuel Boosts Engine Efficiency, Automotive Engineering, V 91, No 2 51-56.
- Holmer, E., 1977, Methanol as a Substitute Fuel in a Diesel Engine, International Symposium on Alcohol Fuel Technology, FRG, November 21-23.
- Houser, K.R., Lestz, S.S., Dukovich, M., and Yasbin, R.E., 1980, Methanol Fumigation of a Light Duty Automotive Diesel Engine, SAE Paper 801379.
- Jones, D., July/August 1988, Gas Engines for Generating Sets and Combined Heat and Power Systems, European Power News, V 13, No 5, 4.
- Kuşhan, B., 1974, Zirai Kuvvet Makinaları İçten Yanmalı Motorlar ve Traktör, Akatürk Üniversitesi Yayınları No 368, 236 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devam)

- Leibson, I., June 1987, Comperative Ekonomics for Alternative Fuels an Power Tecnologies, Energy Progress, V 7, No 2 65-67.
- Olavson, G., September, 1984, Hydrogen Fuel Reduces Mining Machinery Emissions, Automotive Engineering, V 92, No 9, 36-40.
- Pancar, Y., 1985, Hidrolik Makinalar Laboratuar Deneyleri, A.Ü.Müh.Mim.Fak. Yayınları, No 70, İkinci Baskı Eskişehir.
- Rovner and Opalka, June 1987, Conversion of Natural Gas to Methanol in Southern Chile, Energy Progress, V 7, No 2, 84-87.
- Ryan III, T.W., Likos, W.E., and Moses, C.A., 1980, The Use of Hybrid Fuel in a Single - Cylinder Diesel Engine SAE Paper 801380.
- Shreve, R.N., and Brink Jr, J.A., 1977, Chemical Process Industries, McGraw-Hill inc. Fourth Edition, 814 p.
- Shropshire, G.J., and Bashford, L.L., May 1984
A Comparasion of Ethanol Fumigation Systems for a Diesel Engine, Agricultural Engineering, V 65, No 2, 17-23.
- Thring, R.H., December 1983, Alternative Fuels for Spark Ignitions Engines, Automotive Engineering, V 91, No 12, 30-33.
- Thring, R.H., January 1984, Another Look at Alternative Fuels, Automotive Engineering, V 92, No 1, 60-64.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Türkiye Petrol Rafineleri A.Ş., Ağustos 1984.

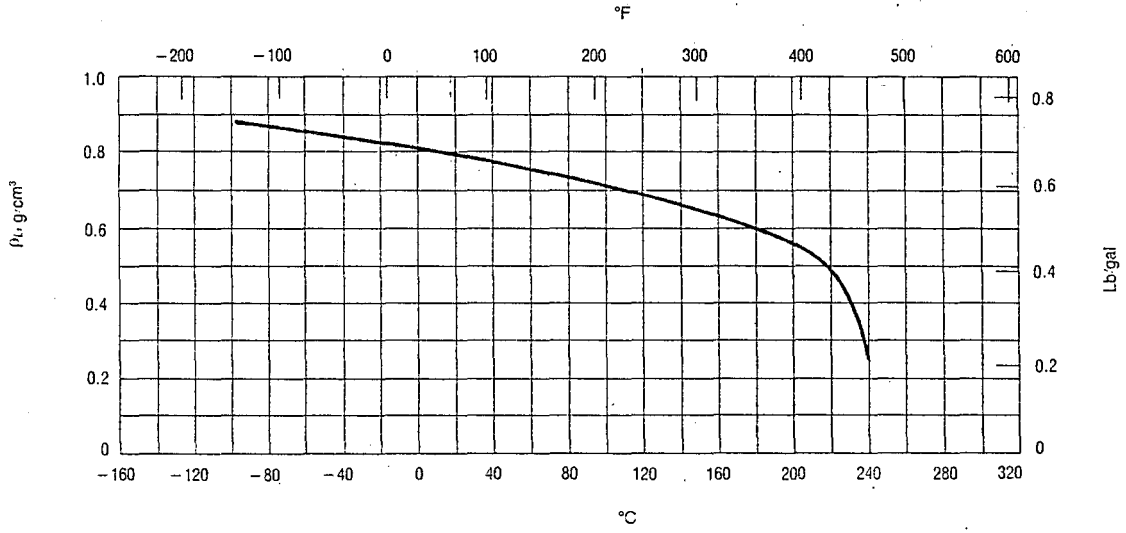
Veziroğlu, T.N., 1981, Yeni Enerji Kaynaklarının Birleştiricisi: Hidrojen Enerji Sistemi, Doğa Bilim Dergisi, Atatürk Özel Sayısı, 195-202.

Yüksel, B., 1984, Tarımsal Alanda Kullanılan Diesel Traktör Motorlarında Etil Alkolün Yakıt Olarak Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Çalışması, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Erzurum.

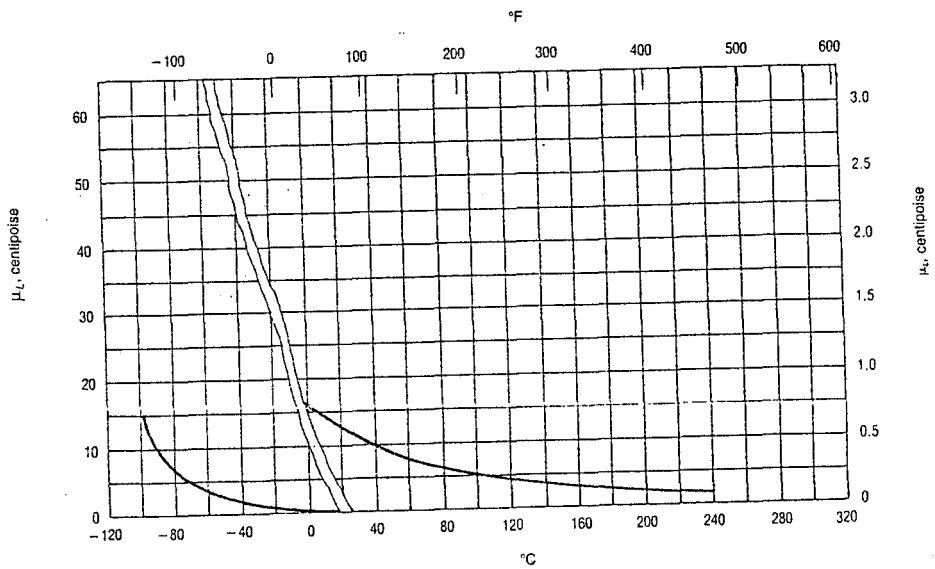
Ek 1

Metil Alkolün bazı özellikleri
(Arco Chemical Company, 1983)

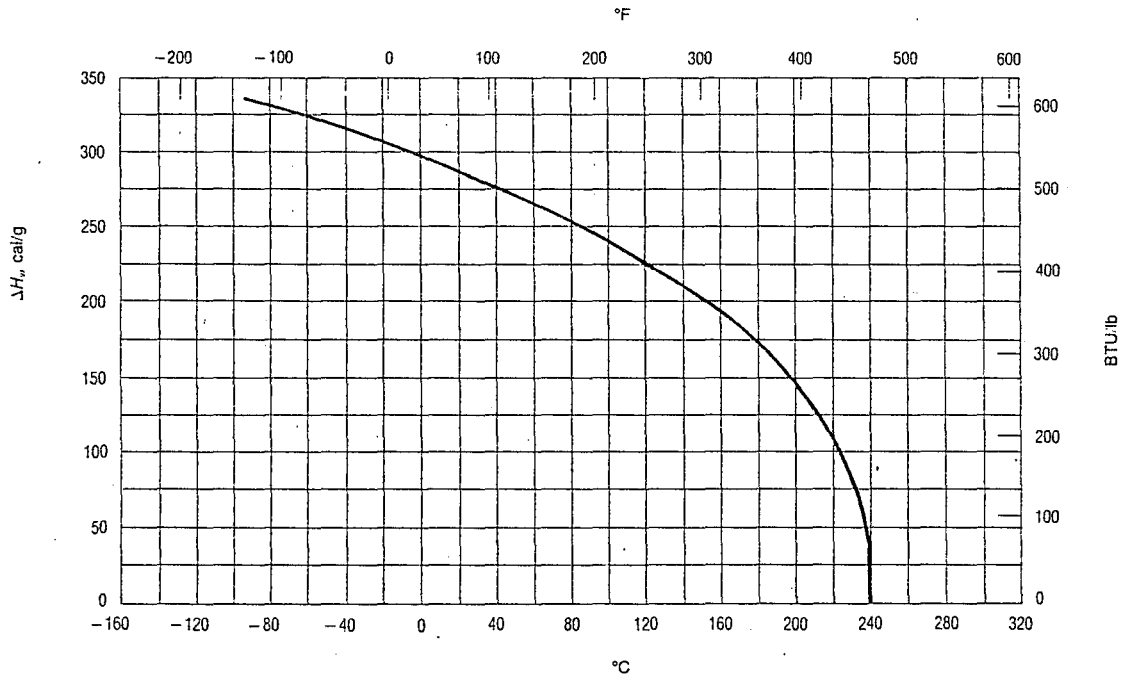
Yoğunluk



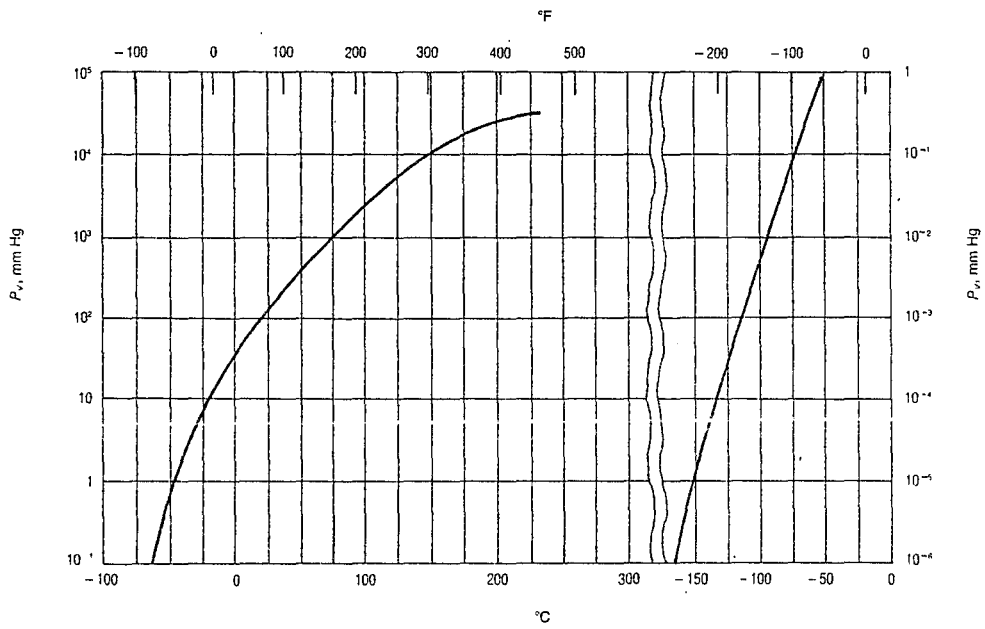
Viskozite



Buharlaşma Gizli Isısı



Buhar Basıncı



EK 2

```

C PROGRAM MOTOR
DIMENSION N(13),T(13),S1(13),S2(13),W(13),G(13),PM(13),T1(13),
1 T2(13),VA(13),EM(13),BE(13),AS(13),DS(13),DYS(13),
2 AK(13),HA(13)
PI=3.1416
READ(5,*) NT
C NT=13
DO 11 I=1,NT
11 READ (5,20) N(I),T(I),S1(I),S2(I),VA(I)
20 FORMAT (I4,2X,F3.1,2X,F6.2,2X,F6.2,2X,F4.1)
WRITE(6,32)
32 FORMAT (IX,' N ',3X,' NC ',2X,' BE ',2X,' PME ',1X,' DS ',
&1X,' AS ',1X,' KA',1X,' HA',1X,' DYS ',
*1X,' EM ',1X,' T1 ',1X,' T2 ')
DO 10 I=1,NT
W(I) = FLOAT(N(I))*PI/30.
G(I) = W(I)*T(I)/1000.
BE(I) = 47808./(S1(I)*G(I))
PM(I) =(4.*PI*G(I))/(0.000219*W(I))
T1(I) =(3600./(BE(I)*43.))*100.
DS(I) =47808./(S2(I)*G(I))
AS(I) =(VA(I)*2844.)/(S2(I)*G(I))
AK(I) =(AS(I)/(DS(I)+AS(I)))*100.
HA(I) =(VA(I)/(16.+VA(I)))*100.
DYS(I)= DS(I)+(AS(I)*19.7/43.)
T2(I) = (3600./(DS(I)*43.+AS(I)*19.7))*100.
EM(I) =((AS(I)*19.7)/(DYS(I)*43.))*100
WRITE (6,30) N(I),G(I),BE(I),PM(I),
*DS(I),AS(I),AK(I),HA(I),DYS(I),EM(I),T1(I),T2(I)
30 FORMAT (IX,I4,2X,F5.3,2X,F6.2,2X,F6.2,
&1X,F6.2,1X,F6.2,1X,F4.1,1X,F4.1,1X,F6.2,1X,3(F4.1,1X))
10 CONTINUE
STOP
END

```

N	M	Δt	Δta	Va
d/dak	Nm	sn	sn	cm ³
Data 1				
3300	6.9	39.52	46.85	5.1
3200	7.1	41.48	49.90	5.5
3100	7.5	43.26	54.18	7.2
3000	7.7	44.48	58.17	7.7
2900	7.8	45.43	59.87	7.9
2800	7.9	46.97	62.15	7.8
2700	8.0	48.20	67.11	10.3
2600	8.0	49.88	72.18	13.1
2400	7.7	53.89	78.05	13.0
2200	7.5	58.24	84.25	13.3
2000	7.2	63.16	91.61	13.9
1800	6.5	68.95	100.56	14.1

N	M	Δt	Δta	Va
d/dak	Nm	sn	sn	cm ³
Data 2				
3300	6.3	42.82	50.75	4.7
3200	6.5	45.71	55.17	5.7
3100	6.9	46.68	59.21	7.3
3000	7.1	48.61	63.96	8.0
2900	7.3	49.42	67.23	8.9
2800	7.4	51.73	70.18	8.9
2700	7.5	53.86	72.34	10.0
2600	7.5	54.16	80.73	13.5
2400	7.3	57.89	86.17	14.0
2200	6.9	63.53	92.11	14.7
2000	6.6	70.15	102.39	14.9
1800	6.1	74.29	115.92	15.6

N	M	Δt	Δta	Va
d/dak	Nm	sn	sn	cm ³
Data 3				
3300	5.5	49.09	56.68	4.1
3200	5.9	51.98	60.35	4.9
3100	6.3	52.65	64.78	6.1
3000	6.5	54.14	66.23	6.6
2900	6.7	56.18	69.57	7.1
2800	6.8	57.23	78.18	9.2
2600	6.8	61.27	89.25	11.8
2400	6.5	65.98	100.47	13.6
2200	6.2	71.14	114.78	14.5
2000	6.0	76.19	131.76	16.8
1800	5.7	85.43	151.50	17.1

N	M	Δt	Δta	Va
d/dak	Nm	sn	sn	cm ³
Data 4				
3300	4.2	60.91	67.23	3.3
3200	4.6	62.84	72.51	4.2
3100	5.1	64.98	78.15	7.8
3000	5.5	65.44	83.95	8.5
2900	5.8	66.21	85.25	9.7
2800	5.9	67.12	87.73	10.5
2600	6.0	70.42	94.36	13.1
2400	5.9	73.27	105.36	15.8
2200	5.8	77.16	120.52	16.8
2000	5.6	83.31	135.86	18.2
1800	5.4	90.68	156.25	19.5

N	M	Δt	Δta	Va
d/dak	Nm	sn	sn	cm ³
Data 5				
3200	3.5	68.87	74.62	1.9
3100	4.0	70.43	80.31	4.1
3000	4.4	71.98	84.95	8.5
2900	4.8	74.18	90.02	9.4
2800	5.1	78.21	96.18	10.5
2600	5.3	79.65	104.10	13.2
2400	5.5	81.25	114.17	16.8
2200	5.6	83.38	122.37	20.1
2000	5.5	88.52	127.68	20.3
1800	5.3	101.40	138.09	21.1

N	M	Δt	Δta	Va
d/dak	Nm	sn	sn	cm ³
Data 6				
3000	3.2	90.84	90.18	3.7
2900	3.5	92.28	93.49	7.5
2800	4.0	93.12	95.39	8.9
2600	4.4	94.27	98.42	11.2
2400	4.7	94.35	112.83	14.5
2200	4.8	94.78	125.95	17.0
2000	4.9	98.03	131.30	20.9
1800	5.0	103.25	138.20	22.1

Ek 3

FILE: VOLVERIM FORTRAN A T.C.ANADOLU NİVERSİTESİ BİLGİ LEM MERKEZİ - ESKEHİR

```
C      PROGRAM VOLVERIM
      DIMENSION N(12),H(12),H1(12),H2(12),H3(12),H4(12),H5(12),H6(12),
*      OVOL(12),VOL1(12),VOL2(12),VOL3(12),VOL4(12),VOL5(12),
*      VOL6(12),V(12)
      NT=12
      R=(0.000219*1.085/120.)
      C=1.085/1000.
      T=(0.6*3.1416*0.024**2/4)*SQRT(2*9.807*784)*100.
      DO 11 I=1,NT
20      READ(5,20) N(I),H(I),H1(I),H2(I),H3(I),H4(I),H5(I),H6(I)
*      ,2X,F4.1)
C      WRITE(7,20) N(I),H(I),H1(I),H2(I),H3(I),H4(I),H5(I),H6(I)
11      CONTINUE
      WRITE(6,31)
31      FORMAT(3X,'N',3X,'OVOL',3X,'VOL1',3X,'VOL2',3X,'VOL3',3X,'VOL4',
*      3X,'VOL5',3X,'VOL6')

      DO 10 I=1,NT
      V(I)=R*N(I)
      OVOL(I)=T*(H(I)*C)**0.5/V(I)
      VOL1(I)=T*SQRT(H1(I)*C)/V(I)
      VOL2(I)=T*SQRT(H2(I)*C)/V(I)
      VOL3(I)=T*SQRT(H3(I)*C)/V(I)
      VOL4(I)=T*SQRT(H4(I)*C)/V(I)
      VOL5(I)=T*SQRT(H5(I)*C)/V(I)
      VOL6(I)=T*SQRT(H6(I)*C)/V(I)
      WRITE(6,30) N(I),OVOL(I),VOL1(I),VOL2(I),VOL3(I),VOL4(I),VOL5(I)
*      ,VOL6(I)
30      FORMAT(1X,I4,3X,F4.1,3X,F4.1,3X,F4.1,3X,F4.1,3X,F4.1,3X,F4.1,
*      3X,F4.1)
10      CONTINUE
      STOP
      END
```

FILE: VOLVERIM DATA A T.C.ANADOLU NİVERSİTESİ BİLGİ LEM MERKEZİ - ESKEHİR

3300	18.0	18.0	17.5	18.5	18.5	0.0	0.0
3200	17.5	17.5	17.0	18.0	17.5	17.5	0.0
3100	17.0	17.5	16.0	17.5	17.5	17.0	0.0
3000	16.0	15.5	16.0	16.5	16.5	16.5	16.5
2900	15.0	15.5	15.0	15.5	15.5	15.0	15.0
2800	14.5	15.0	14.5	15.0	15.0	15.0	14.5
2700	13.5	13.5	13.5	14.0	14.5	14.0	13.5
2600	12.5	12.0	12.0	13.0	13.0	13.0	12.0
2400	11.0	10.5	10.5	11.0	11.0	11.0	11.0
2200	9.5	9.5	9.0	10.0	10.0	10.0	9.0
2000	8.0	8.0	8.0	8.5	8.5	8.0	8.0
1800	7.0	7.5	7.0	7.5	7.5	7.0	7.0