

Benzin Motorlarında Egzoz Gazı
Emisyonlarının Sepiolit Kullanılarak
İyileştirilmesi Olanaklarının
Deneysel Çalışmalarla Araştırılması

A.İhsan KARAMANLI

Yüksek Lisans Tezi
Makina Mühendisliği
1992

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BENZİN MOTORLARINDA EGZOZ GAZI EMİSYONLARININ
SEPIOLİT KULLANILARAK İYİLEŞTİRİLMESİ
OLANAKLARININ DENEYSEL ÇALIŞMALARLA ARAŞTIRILMASI

A.İhsan KARAMANLI

Danışman: Prof.Dr. Battal KUŞHAN

Ağustos 1992

A. İhsan Karamanlı'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Benzin Motorlarında Egzoz Gazı Emisyonlarının Sepiolit Kullanılarak iyileştirilmesi Olanaklarının Deneysel Araştırılması" başlıklı bu çalışma lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

üye : Prof. Dr. Battal Kurşun (Danışman)

üye : Prof. Dr. Kemal Tamer

üye : Yrd. Doç. Dr. M. Ramazan Uğurlaklık

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun **04 KASIM 1992**
gün ve **331-1**..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA

Enstitü Müdürü

Ö Z E T

Günümüzde hava kirliliği sorunu trafikteki araçların sayısının gün geçtikçe fazlalaşmasıyla bir kat daha guncelliğini korumaktadır. Yanma olayı sonucu egzozdan dışarı atılan zararlı egzoz gazı emisyonlarının azaltılması için pekçok çalışmalar yapılmıştır ve halen yapılmaktadır.

Sanayileşmiş birçok ülkede egzoz gazı içerisindeki zararlı emisyonlara sınır değerler konmuştur. Bu çalışmada benzinin yakıt olarak kullanıldığı oto motorlarında, egzoz gazı içindeki zararlı emisyonların (CH,CO,NOx) egzoz borusu içine doldurulan sepiolit ile azaltılması imkanları araştırılmıştır.

S U M M A R Y

At present, the problem of air pollution is keeping it's importance with increasing cars everyday many investigations dealing with decreasing the harmful emissions of exhaust gases expelled into atmosphere from cylinder at the end of combustion have being made.

The limits for this harmful exhaust emissions one accepted in the many industrialized countries. The existence of studies in this direction, also in our country during the last years is delight. in this study the way of reducing harmful emissions (CH,CO,NOx) in the burnt gases of Otto engines using gas fuel is introduced as using filled with sepiolite mineral in exhaust pipe.

T E Ş E K K Ü R

Bu çalışmayı yöneten Sayın Prof.Dr.Battal KUŞHAN'a, değerli katkıları ve yardımlarından dolayı Yrd.Doç.Dr.Ramazan UĞURLUBİLEK'e emisyon ölçümlerindeki yardımlarından dolayı Prof.Dr.Serap KARA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Sepiolit madeni temini konusunda DOLSAN A.Ş. Müdürü Sayın Ülkü Rapuroğlu ve Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvar çalışanlarına, ayrıca deneysel çalışmalarımda yardımcı olan motor laboratuvarı elemanlarından Ergül TEKKANAT'a, çalışmamı daktilo eden Rukiye ÇEVİK'e sonsuz teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama	
N	Motor Devir Sayısı	d/dk.
W	Açısal Hız	rd/sn.
Ne	Efektif Motor Gücü	KW
Pme	Ortalama Efektif Basınç	KN/m ²
be	Özgül Yakıt Sarfiyatı	Gr/Kwh
ne	Efektif Termik Verim	%
P	Çevre Basıncı	mm Hg
t	Çevre Sıcaklığı	°C
Nmax	Maksimum Motor Devir Sayısı	d/dk
nv	Volümetrik Verim	%

İ Ç İ N D E K İ L E R

1. GENEL BİLGİLER

SAYFA

1.1.	Giris.....	6
1.2.	Taşıtların Hava Kirliliğine Etkisi.....	7
1.2.1.	Karbonmonoksitin Etkisi.....	8
1.2.2.	Karbondioksitin Etkisi.....	9
1.2.3.	Hidrokarbonların Etkisi.....	9
1.2.4.	Azotoksitlerin Etkisi.....	10
1.2.5.	Kurşun Etkisi.....	11
1.3.	Uygulanan Emisyon Standartları ve Yasalar.....	12
2.	EGZOST GAZLARI VE YANMA	
2.1.	Difüzyon Yanma.....	17
2.2.	Egzost Gazının Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	18
2.3.	Dizel ve Benzinli Motorlarda Egzost Emisyonları.....	18
3.	ZEOLİTLER VE ÖZELLİKLERİ	
3.1.	Doğal Zeolitlerin özellikleri ve Kullanım Alanları.....	19
3.1.1.	Zeolitlerin Kristal Kimyaları.....	20
3.1.2.	Zeolitlerin Kristal Yapıları.....	20
3.1.3.	Zeolitlerin Ticari Özellikleri.....	21
3.1.4.	Zeolitlerin Absorblama Özellikleri.....	21
3.1.5.	Zeolitlerin Kullanım Alanları.....	24
4.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	
4.1.	Sepiolitin Bileşimi ve Özellikleri.....	26
4.1.1.	Lületaşı Tipi Sepiolit.....	27
4.1.2.	Sepiolitik Kil.....	29
4.2.	Deney Düzeni.....	31
4.2.1.	Deney Motoru Özellikleri.....	31
4.2.3.	Vites Kutusu Özellikleri.....	33
4.2.4.	Dinamometre.....	33
4.2.5.	Özgül Yakıt Sarfiyatı.....	36
4.2.6.	Deney Sonuçları.....	38
5.	SONUÇLARIN İRDELENMESİ VE ÖNERİLER.....	39

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş:

ikinci dünya savaşından dolayı 1950'lerde en çok 1937 üretim seviyesine yükselen dünya taşıt üretimi, 1960'lı yıllara gelindiğinde Marshall yardımının da etkisiyle hızlı bir gelişmeyle 16,5 milyon adet'e ulaşmıştır.

1960-1970 yılları arasında talebi karşılamak üzere üretimin hızla arttığı görülmektedir. Öyle ki araba sayısı başına düşen insan sayısı gelişimine bakıldığında hızlı bir artış gözlenmektedir. Örneğin; İtalya'da 1960 yılında 136 kişiye bir araba düşerken, 1969 yılında 7 kişiye bir araba düşecek kadar taşıt aracı artmıştır.

Ancak bu artış hızı 1973 yılında meydana gelen petrol bunalımıyla yavaşlamıştır. Petrol krizi otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bütün firmaları yakından etkilemiştir.

Bu krizden kurtulmak için dünya otomotiv sanayi firmaları maliyetleri düşürmek, üretimi arttırmak ve otomobili çekici hale getirecek diğer teknik yenilikleri çoğaltmak zorunda kalmışlardır.

Yeni otomobiller daha hafif, daha hızlı, manevra kabiliyeti yüksek, yakıt sarfiyatı düşük, egzoz gazları daha az zararlı şekilde kullanıcıların hizmetine sunulmuştur.

Bir yandan bu teknolojik yenilikler olurken, diğ er yandan da ü retilen otomobil sayısında büyük artışlar meydana gelmiştir.

Diğ er taraftan taşı t araçları sayısındaki olağanüstü artış atmosferde çe şitli kirliliklere neden olmakta ve çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir.

1.2. Taşı tların Hava Kirliliğine Etkisi:

Motorlu kara taşı t araçlarında yakılan 1 litre yakıt, kendi hacminden 1000 kat daha fazla atık gaz (Ortalama 10,5 m³) oluşturmaktadır. Egzozlardan çıkan atık gazlar, Karbondioksit (CO₂), Azot (N₂), Su buharı (H₂O) gibi kısmen zararsız bileş enlerle Karbonmonoksit (CO), Hidrokarbonlar (HC), Azot oksitler (NO_x), Kükürtdioksit (SO₂) ve kurş un (Pb) gibi zararlı unsurlar içerirler.

Bu gazlar solunum yollarında ve kanda çe şitli rahatsızlıklara neden olabildikleri gibi, kansorejen etkileri de bilinmektedir. Aracın 1 km hareketi sırasında atık gazlarla birlikte 15,9-35,9 gr CO, 1,5-2,3 gr hidrokarbonlar, 2,0-3,3 gr Azot oksitler ve 0,01 gr kurş un atmosfere verilmektedir.

Atık gaz çıkışları motorlu kara taşı tlarında yer seviyesine çok yakın olması nedeniyle atık gaz emisyonu yapan diğ er kirletici kaynaklara oranla daha büyük zararlara yol açarlar.

Karayollarında ulaşılan gaz seyrelme oranları 1:1000 iken, konut bacalarında yükseklikten dolayı bu oran 1:50.000'e kadar yükselmektedir. Seyrelme oranının yüksek olması nedeniyle trafiğin yoğun olduğu şehirlerde özellikle şehir merkezlerinde hava kirliliğinin % 80-% 99'u taşıtlardan kaynaklanmaktadır. İşin kötüsü hava kirliliği sadece ait olduğu yerlere zararlı etki yapmamaktadır. Örneğin; Orta Avrupa'da özellikle Almanya'da son 10 yıl içinde ormanların % 30'unun yitirilmesiyle sonuçlanan olumsuz gelişmelerin en büyük nedeni taşıtlardan kaynaklanan emisyonlardır.

1.2.1. Karbonmonoksit (CO)'in Etkisi

Karbonmonoksit, kanda oksijeni bağlayan ve dokulara taşıyan hemoglobinin ile kalıcı bileşikler taşıyan bileşikler oluşturur. Bu bileşiğin tıpta adı Karboksihemoglobin'dir. Bu taşınma sonucunda kanın dokulara taşıdığı oksijende azalma görülür. (Hipoksi) Kanın kabul edebileceği karbonmonoksit miktarı % 0,8-% 2,5 arasındadır. Ancak bu oranın yüksekliği konusunda da bazı tartışmalar yapılmaktadır.

Konsantrasyon artışına bağlı olarak kandaki karbonmonoksit artışı sırasıyla oksijen azalmasından kaynaklanan çabuk yorulma, baş ağrısı, baş dönmesi, kulak uğultusu, bayılma, nefes güçlüğü ve ölüme neden olur.

Sağlıklı bünye haiz olduğu pek çok savunma mekanizmasıyla ortamdaki karbonmonoksit artışına uyum gösterebilir. Ancak, sınır sis-

temi ve kalp hastaları bu artışa karşı savunmasızdırlar. Bu tür kişilerin ortamdaki karbonmonoksit artışından etkilenmelerine en güzel örnek Los Angeles'te Smog Periyodları esnasında kandaki karbonmonoksitin % 2,2-% 2,8 mertebesine yükselmesiyle kalp hastalarının ölümle sonuçlanan kalp krizleri yaşamalarıdır.

1.2.2. Karbondioksit (CO₂)'nin Etkisi

Taşıtlardan kaynaklanan gaz emisyonları içinde en az zararlılarından biri olarak görülmekte ise de, global ölçekte atmosferdeki karbondioksitin sürekli arttığı gözlenmektedir. Bunun sonucu olarak güneşten gelen uzun dalga boylu radyasyonun yeryüzünden tekrar uzaya yansımaları engellenmekte ve yeryüzünün sıcaklığı sürekli artmaktadır. Bunun sonucu olarak kutuplardaki buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi ve dünyanın iklim kuşaklarının değişmesi beklenmektedir.

1.2.3. Hidrokarbonların Etkisi

içten yanmalı motorların fosil yakıtları yakarak enerji üretmeleri sonucu bol miktarda yanmamış petrol buharı egzoz gazları ile birlikte atmosfere atılır. Benzin bileşiminde parafin veya alkan olarak adlandırılan düz veya dallanmış zincirli doymuş hidrokarbonlar (C_n H_{2n-2}) parafin veya alkan olarak adlandırılan doymamış haldeki düz veya zincirli yapıdaki (C_n H_{2n}) ve halka biçiminde parafinler ve benzin, toluen gibi aromatik gruplar yer alır. Egzoz aracılığıyla atmosfere verilen bu yanmamış hidrokar-

bonlar grubu içinde insan sağlığı için en tehlikeli grup polisiklile aromatik hidrokarbonlar içinde kanser yapıcı özellikleri bilinen benzo (a) piren ve benzol'dür.

Benzo (a) piren, petrolde bulunur ve eksik yapma ile egzoz gazları vasıtasıyla atmosfere yayılır. Kanserojen etkisi olduğu bilinmektedir. Benzinde % 3-4 civarında olan benzenin lösemi-kan kanseri etkisinin büyük olduğu tespit edilmiştir.

1.2.4. Azot Oksitler (NOx)'in Etkisi

Araç emisyonlarından kaynaklanan azot oksitler ve hidrokarbonlar güneş ışınlarının etkisiyle oksijenle reaksiyonlara girerek ve özellikle yaz aylarında "Foto kimyasal smog" olarak adlandırılan bir olaya neden olurlar. Atmosferde çeşitli kirleticilerin katölüzlüğü ile güneşin morötesi ışınlarının yardımıyla meydana gelen bu fotokimyasal reaksiyonlar oldukça kompleks reaksiyon zincirlerinden oluşurlar. İlk aşamada ışık etkisi altındaki atmosferdeki moleküller oksijenin atomlarına ayrışması ve atomların oksijen atomlarıyla birleşmesi sonucu Ozon (O₃) molekülleri oluşur. Bu reaksiyon daha sonra ozonun tekrar atomik oksijen ve moleküler oksijen olarak parçalanmasıyla devam eder. Bu oluşumda çok aktif olarak boşta kalan atomik oksijen atmosferde bulunan çeşitli organik ve inorganik kimyasal kirleticilerle birleşerek onların oksitleri haline dönüşür. Bu kapsamda özellikle benzin motorlarının egzoz gazlarından atmosfere atılan gazlarda bulunan yanmamış hidrokarbonlar ve azot monoksit (No) reaksiyonlara girerek sonuçta azotdioksit (NO₂) serbest ozon, organik peroksitler

aldehitler, ketonlar ve hidratlara dönüşür. Böylece oluşan ikincil kirleticiler göz ve geniz yanmalarına neden olurlar. Orman ve bitki örtüsüne zarar verirler ve insan vücuduna kanser yapıcı olarak yerleşirler.

Ayrıca ftokimyasal smog sırasında açığa çıkan Ozon çok yüksek derecede toksit bir gazdır. Çok kuvvetli bir oksitleyici olduğundan boyalara, tekstillere zarar verirler. Özellikle bitkiler üzerinde çok zararlıdırlar. Özellikle tütün, pamuk, üzüm, domates gibi bitkilerin Ozona dayanıklılığı düşüktür.

1.2.5. Kurşun'un (Pb) Etkisi:

Kurşun motorda düzensiz yanmanın ve vuruntuların engellenmesi için benzine katılmaktadır. Katkı maddesi olarak kursuntetroetil ve kursuntetrometil kullanılır. Silindirlerde oluşan kurşun biriminin önlenmesi için benzine ayrıca dikrometan veya dibrometan ilave edilir. Yanma sonucunda benzinde bulunan kurşunun % 50-75'i atmosfere egzoz gazları aracılığıyla ince toz partikülleri olarak atılır. Bir litre benzine ortalama 200-600 mg kurşun ilave edilmektedir. 100 km'de 10 lt benzin yakan bir araç, havaya 2-3 gr kurşun atmış olur. Bu saatte 200 araçlık bir trafik yoğunluğunda 40-60 gr/km-saat kurşun havaya aktarılır.

Kurşun insan bünyesine solunum yollarıyla havadan veya yiyeceklerden alınır. Akciğerde kurşun resorpsiyon oranı % 40-50, sindirim sisteminde % 10 mentebesindedir. Resorbe olarak bünyeye giren kurşun ilk önce kana karışarak, alyuvarlara adsorbe olur. Bu ne -

denle akut kurşun zehirlenmesinin birincil ölçüsü kandaki kurşun konsantrasyonudur. Kandaki kurşunun bir bölümü idrar vasıtasıyla bünyeden atılabilir. Ancak kalan miktar kemiklere geçer ve birikime neden olur. Bu birikimin yarılama süresi 10 yıldır. Kurşun insan bünyesindeki enzimler için bir zehirdir. Kandaki hemoglobinin üretimini olumsuz etkiler, kansızlığa neden olur. Sınır sisteminde ve beyinde bozukluklara neden olur, iştahsızlık, sindirim sistemi ve böbrek hastalıklarına neden olur.

Taşıtlardan kaynaklanan kurşun emisyonları özellikle sokaklarda çalışan polisler, postacılar, otobüs şoförleri üzerinde etkisi olur.

Bu nedenle gelişmiş ülkeler kurşunsuz benzin üretimi ve kullanımını çoğaltmaktadırlar.

1.3. Uygulanan Emisyon Standartları ve Yasalar

Hareketli kaynak kapsamına giren taşıt araçları için, 1960'lerden itibaren pek çok ülkenin, özellikle egzoz ve yakıt sistemine ait otomotiv emisyon Standartlarını saptayarak uygulamaya koyduklarını görmekteyiz.

Artan motorlu taşıt sayısı ve kirletici emisyonlarını ölçme ve önlemede sağlanan teknolojik gelişmeler dikkate alınarak bu standartlar, yıllık olarak veya belirli periyodlarla, daha kısıtlayıcı limitler halinde, yeniden saptanmaktadır. Motorlu taşıt kaynaklı kirletici emisyonların gerçeğe en yakın ölçülerde saptanıp değer-

lendirilebilmeleri açısından ve uygun test teknik ve metodunun U.S.A. sisteminde bulunduğu inandırıldığından, Avrupa ülkeleri de genellikle bu sistem ve tekniklere yönelmektedir

Özellikle CO,HC ve NO emisyonları için, standartlardaki farklı birimlerin (g/km ve g/test) ampirik de olsa karşılaştırıp değerlendirilebilmeleri için

$$\text{CO} - \text{C/H (g/km)} = 2.06 + 0.26 \text{ ECE (g/test)} \\ \text{CVS}$$

$$\text{HO} - \text{C/H (g/km)} = 0.15 + 0.52 \text{ ECE (g/test)} \\ \text{CVS}$$

$$\text{NO} - \text{C/H (g/km)} = 0.71 + 0.12 \text{ ECE (g/test)} \\ \text{CVS}$$

bağıntılarından yararlanılabilir.

Taşıtın tipine, modeline, silindir sayısına, yakılan yakıt ve emisyon konusunda alınan spesifik önlemlere bağlı olarak emisyon seviyelerinde çok önemli farklılıklar gözlenebileceği, daha önce bahsedilen bölümlerde genel olarak vurgulanmıştı. Yasa ve standartlarla belirlenen limitlere erişmek için, bu hususlarda daha duyarlı ölçümler yapılması test ve kontrollerin daha titizlikle gerçekleştirilmesi ve alınacak önlemlerin (katalitik konverter, kurşunsuz benzin, LPG, alkol kullanımı güneş enerjisi ile çalışan otomobil yapımı gibi daha etkin ve verimli olması gerekmektedir. Çizelge 2'de Tipik Egzos Gazı Bileşimi verilmektedir.

Ülkemizde de Otomotiv Emisyon Standartlarını hazırlama görevi (Başbakanlığın 2 Haziran 1982 tarihli genelgesi ile) Türk Standartları Enstitüsüne verilmiş, zorunlu ve sürekli uygulanması planlanan

böyle bir standart (Motorlu Karayolu Taşıtlarının Egzos Gazındaki Hava kirleticiler için Emisyon Sınır Değerleri TS 4236) Mayıs 1984 tarihinde yayımlanmıştır. TS 4236'da emisyon sınır değerleri "üretim (ruhsat) standartları" ve "Denetim ve yol testi standartları" şeklinde, iki grup halinde saptanmıştır. TS 4236'da kapsanan ve motorlu taşıt kaynaklı emisyonların, öncelikle kaynağında önlenmesi amacıyla yalnızca yeni üretilecek taşıtlara uygulanması şart koşulan Ruhsat Emisyon Standartlarının, trafiğe çıkan taşıtlarda denetim ve bakım servisleriyle de giderilemeyen ve taşıt sayısına bağlı olarak giderek artan kirletici seviyelerde önemli bir azalmaya yol açabileceği beklenmektedir. TS 4236'da ayrıca, trafiğe emisyon kontrol donanımlı olarak çıkacak taşıtlar için benzindeki (91 Oktanlı normal benzin-RON) kurşun katkısınada bir sınırlama getirilmiştir. Denetim ve Yol Testi emisyon sınır değerleri ise trafikteki taşıtların bakım ve onarımlarında daha fazla bilgi ve ilgi gerektireceğinden taşıtlardan kaynaklanan egzoz kirliliğinin azalmasına, yakıt ve parça tasarrufuna ve ayrıca taşıt ömrünün uzamasına yol açacaktır.

Türkiye'deki motorlu taşıtların, trafik muayene istasyonlarında 1 ki yılda bir yapılacak emisyon kontrol denetimleri ve yol testleri için, emisyon kontrollu yeni taşıtlarla, bu nitelikleri taşımayan eski taşıtlara tamamen farklı sınır değerlerin hazırlanmış olması doğaldır.

Ülkemizde 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış olan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde taşıtla

rın uyması gereken şartlar (madde 47) ve kritik hava şartlarında trafiğin sınırlandırılması (madde 48) hususlarına özetle değinilmiştir. Bu yasaya göre motorlu kara taşıtları normal çalışmalarını sırasında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından belirlenen sınırların altında tutulur.

Taşıt emisyonlarının azaltılması amacıyla bunların yapısı ve donanımları ile ilgili esaslar Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nca Yürürlüğe konan Araçların İmal, Tadil ve Montajı hakkındaki Yönetmelikte belirtilir. Taşıtların işletilmesi ve teknik muayenesi ile ilgili esaslar ise kara taşıtları için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Demiryolu ve Su Taşıtları için ise Ulaştırma Bakanlığı tarafından Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı (şimdiki Çevre Bakanlığı) ile koordinasyon içinde belirlenir. Motorlu Kara taşıtlarının egzoz gazındaki hava kirleticiler için emisyon sınır değerleri TSE 4236'ya (ve 5648'e) uygun olmalıdır. TSE standardı bulunmayan konularda ise, bu husustaki TSE hazırlanıp yürürlüğe konuluncaya kadar AET standartlarındaki değerler esas alınarak uygulanır.

Çizelge (1) Çeşitli hava kirletici emisyonların iz element bileşenleri

Kaynak	iz element ve miktarı (ug/m3)
Otomobil egzosu	Pb (2.6) ; Br (1.0)
Fuel-oil için bacagazı	V (3.0) ; NI (1.0)
Kömür için bacagazı	AI (30) ; F (1.0); Ca (3.7); TI (1.0)
Yerden kalkan toz	AI (10000); Fe (5400); Ca (2000) ; TI (700) ; Sc (1.0)
Deniz suyu damlacıkları	CI (300) ; NA (168); Mg (20) ; Ca (6.4) Br (1.0)

Çizelge (2) Tipik Egzos Gazı Bileşimi

Operasyon Şekli	Hidro Karbon lar (ppm)	Karbon monoksit Hacimce Yüzde (%)	Azot Oksit ler (ppm)	Hidro jen Hacimce Yüzde(%)	Karbon monoksit Yüzde (%)	Su Hacim ce Yüz de(%)
Boşta	750	5.2	30	1.7	9.5	13.0
Hareket Halin de	300	0.8	1500	0.2	12.5	13.1
Hızlanırken	400	5.2	300	1.2	10.2	13.2
Yavaşlarken	4000	4.2	600	1.7	9.5	13.0

2.1 DİFÜZYON YANMA

Diesel motorlarında yanma kendi kendine tutuşma olayından sonra yanma olayıdır. Bunun düzgün hızlı ve tam bir yanma olabilmesi, yakıt-hava karışımına bağlıdır. Yanma odasına yakıtın püskürtülmesiyle oluşan damlacıkların hava içine yayılması heterojen karışımı meydana getirir. Sıvı yakıt damlacıklarının yanması buharlaşmanın oluşumuna bağlıdır. Hava içinde düzgün olarak yayılmış küçük damlacıklar ($d < 40$ mikron) homojen karışımındaki gibi yanar. Homojen karışımın hava fazlalık katsayısının sınırları burada geçerlidir. $\phi = 0,25-0,90$ olduğu takdirde ara ürünlerin sıcaklığı ve kimyasal reaksiyonun hızı maksimum olur. Ancak düşük yüklerde diesel motorları çok fakir karışımlarda da ($\phi > 0,4$) de çalışabilir. Çok zengin karışımlar ($\phi < 0,3-0,4$) olması halinde ise kafi miktarda hava olmadığından bir kısım hidrokarbon molekülleri parçalanarak karbon, karbonmonoksit şeklinde yanmadan egzostan dışarı atılır. Bu durum motor tam yük altında çalışırken meydana gelir. Bu da bize diesel motorlardaki ısı oluşum sebebinin açıklar.

Karışımın bileşimini açıklayan hava fazlalık katsayısı, yanmanın oluşumu, yayılan ısı miktarlarını, basıncın değişimini ve gazların sıcaklığını etkiler. Hava fazlalık katsayısının $\phi = 0,8-0,9$ değerleri yanmanın en uygun olduğu değerlerdir. Bu değerler dışında ki hava fazlalık katsayısının zengin karışımlara doğru hızla düşerek yanma hızı da azalır. Böylece karışımın yanması uzun süre devam eder. Bu ise egzostdan alev çıkmasına ve egzosta yanmasına, emme subabı yanma olayı devam ederken açık ise bu takdirde karbür-

tör yangına sebep olur.

2.2 EGZOST GAZININ KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. Alevin Yayılması
2. Difüzyon Yanması (Dizel motorlarda)
3. Yanma Hızı
 - a) Devir sayısına bağlılığı
 - b) Hava fazlalık katsayısına bağlılığı
 - c) Tutuşma gecikmesinin tesiri
 - d) Basınç artma hızının tesiri
 - e) Karışımın oranına bağlılığı
4. Sıkıştırma Oranı
5. Yükün Etkisi
6. Emme ve Egzost Basınçlarının Etkisi
7. Yanma Odasının Biçiminin Etkisi
8. Vuruntunun Etkisi
9. Subabların Beraberce Açık Kalma Sürelerinin Etkisi
10. Yanma Odasının Çeperlerinin Soğutulması (soğutma sisteminin etkisi)
11. Ateşleme Avansının Etkisi
12. Emme Havaasının Sıcaklığının Etkisi
13. Emme Havaasının Nemi
14. Emme Havaasındaki Oksijen Yüzdesi

2.3. DİZEL VE BENZİNLİ MOTORLARDA EGZOST EMİSYONLARI

Yasal gereklilikleri yerine getirmek için benzinli motorlara ilave edilen özel önlemler olmaksızın, duman hariç, tipik benzinli motor egzostu, dizel motor egzostuna göre üstün tutulmaktaydı. Nitrojen oksitlerinin üretimi her iki motorda da benzer şekilde -

dir. Bu kıyaslama Tablo I'de yapılmıştır.

	Dizel Motor	Benzinli Motor
Partiküsel Madde	0,5 gr/m ³	0,01g/m ³
Karbon Monokstit	Hacim % 0,1	0,01g/m ³
Hidrokarbonlar	300 ppm	1000 ppm
Azot Oksitler	1000-4000 ppm	2000-4000 ppm

Tablo: 1- Dizel-Benzinli Motor Emisyonları.

Bununla birlikte, görülüp, koklanabilmesi nedeniyle bu kıyaslamaya rağmen dizel motor egzostunun benzinli motor egzostundan çok daha kötü olduğu düşünülmektedir. Atmosfer kirlenmesine katkısı ve genel kullanım için yasal zorunlukları karşılama gereksiniminin ayrı olarak egzostunun düşük karbon monoksidi nedeniyle dizel motoru çoğunlukla madenler gibi sınırlı yerlerde kullanılır. Bu kirlenmeleri özellikle nitrik oksit (azot oksit) muhtevasını azaltma gereksinimini takviye eder.

3.1. DOĞAL ZEOLİTLERİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Zeolitlerin ilginç kristal yapısı ve kimyalarından kaynaklanan bazı özellikleri ile dikkati çekmeye başladıkları ve kimyacıların bunları "ABSORPAN" ve "İYON DEĞİŞTİRİCİ" olarak kullanmak istedikleri görülür. 1920-1933 yılları arasında yapılan ilk çalışmalarla dehidrate zeolitlerin kanal çaplarından daha küçük boyutlu olan molekülleri absorblayabilecekleri saptanmış bundan dolayı zeolitlere "MOLEKÜLER ELEK" adı verilmiştir. Ancak zeolitlerin seçimi yüzey sogurma ve gaz ayırımı için olağan üstü potansiyelleri

1940-1945 yıllarında Sabozıt ve Mordenit üzerinde yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Mum Pten 1978). Bir başka ifade ile, zeolitlerin ilk önemli endüstriyel uygulama alanı ve ticari potansiyelleri bu tarihlerde belirlenmiştir. Bununla birlikte bu minerallerin volkanik kayaların boşluk ve çatlaklarındaki miktarının geniş çaplı endüstriyel uygulamalar için yetersiz olması, kimyacıları zeolit sentezine yöneltmiştir. Bu amaçla 1945-1960 yılları arasında büyük çaba sarfedilmiş ve sonuçta ilk deneylerin malzemelerini oluşturan "Moleküler Elek" özelliği açısından doğal zeolitlerden çok daha iyi olan bir zeolit kristalı (Linde A) üretilmiştir. Böylece zeolitlerin endüstriyel alanda uygulamasında ilk büyük adım atılmıştır.

3.1.1. Zeolitlerin Kristal Kimyaları

Sulu alumine-silikat minerali olan zeolitler, kuvars ve feldispat gibi tektosilikat ailesinin üyesidir. Tektosilikatlar SiO_4 tetraederlerinin üç boyutlu diziliminden oluşurlar. Kimyasal formülleri $(Na K)_x (CaMgBaSr)_y Al_x Si_{n-x-2y} O_{2n} .wH_2O$

3.1.2. Kristal Yapıları

Sekil 8.1'de görüldüğü gibi zeolitlerin kristal yapısının temel ögesi ve Al tetraederlerinin oluşturduğu birincil yapı üniteleri ve yüksek simetrikli poli ederler meydana gelir. Bu poliederler ve ikincil yapı ünitelerinin üç boyutta değişik şekillerde dizilmesi ile de mikro gözeneklere (mikro boşluklara) sahip zeolit iskeletleri ortaya çıkar.

Poliederler ve bunları birbirine bağlayan ikincil yapı üniteleri arasında yer alan bu mikro gözenekler, mikropencerelerle bir,iki veya üç boyutlu boşluk sistemleri ve/veya kanalları oluşturur. Bu nedenle de zeolit minerallerinin özgül ağırlığı ($\rho=2-2,2 \text{ gr/cm}^3$) tektosilikat ailesinin diğer üyeleri olan kuvars ve feldispata $\rho=2,6-2,7 \text{ gr/cm}^3$ göre düşüktür.

3.1.3. Ticari Özellikleri

Doğal zeolitlerin tüm ticari uygulamalarında bu minerallerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinden biri veya birkaçından yararlanılmaktadır. Bunlar iyon değiştirme ("ion exchange") absorpsiyon dehidrasyon özellikleri ile silis içerikleridir. Söz konusu özellikler her zeolit içinde iskelet yapısı ile kanal veya boşluk sistemlerinin katyonik bileşiminin bir fonksiyonudur.

3.1.4. Absorblama Özellikleri

Zeolitlerin en önemli özelliklerinden biri daha önceden belirtildiği gibi, bal peteğine benzeyen mikro gözenekli bir yapıya sahip olmalarıdır. Mikropencerelerle birleşerek bir boşluk veya kanal sistemi oluşturan bu gözenekler, normal oda sıcaklığında su ile dolu durumdadır. Zeolitik su olarak anılan bu su, zeolitler ısıtıldığında yapıdan uzaklaşır ve bu olay diğer bazı sulu minerallerin aksine, zeolitlerin önemli bir kesiminde kristal yapıda deşişikliğe neden olmaz.

Genellikle 350 oC-400 oC'de ısıtılarak buharlaştırılan suyun kristal yapıda bıraktığı boşluklar, bu boşluğa sığabilecek büyüklükte

ki gaz veya sıvı moleküllerle doldurulabilir. Ancak zeolitler, diğer mikro gözenekli yüzey soğurucularından (siliko jel aktif karbon veya alumina gibi) farklı olarak, hanger bir mikropencere veya kanal giriş çapına sahiptir. Bu nedenle bir gaz veya sıvı karışımında sadece bu pencerelerden geçebilecek moleküller absorblanır, daha büyük olanlar zeolit yapısının dışında kalırlar. Örneğin; kalsiyum ile doyurulmuş sentetik zeolitit-A'nın etkin pencere çapı 4,5 angstron civarındadır. Penton ve oktan gibi uzun eksenleri 4,3 angstron mertebesindeki normal hidrokarbonlar bu zeolit tarafından tutulur. Buna karşın, izo-pentan, iso-pentan ve iso-oktan gibi uzun eksenleri 5,0 angstron civarında olan zincir yapılı hidrokarbonlar ise, bu mineral tarafından absorblanmaz. İşte bu özelliklerinden dolayı zeolitlere "Moleküler Elek" adı verilir.

Zeolitler, polarmeküllere daha fazla ilgi gösterirler. Bu özelliğin temelinde kristal yapının anyonik niteliği ve bu yapının elektrik yükünü dengeleyen katyonların neden olduğu elektrostatik alan vardır. Bunun sonucu olarak H_2O , CO_2 ve H_2S gibi polar moleküllere tercih edilir. Bu özellikleri nedeniyle, tabi gazlarının CO_2 ve benzeri safsızlıklarından temizlenmesinde doğal zeolitlerden yararlanılır.

Bir gaz veya sıvı ile temas eden dehydrate zeolitin gözeneği bu moleküllerce hızla doldurulur ve gözenekler tümüyle dolduğunda adsorbsiyon olayı durur. Bu olayı diğer adgarpententlerden farklı olarak adsorba edilen gazların çok düşük kısmı basınçlarında bile

mümkündür. Bu açıdan zeolitler, çok az miktarda (0,1 ppm den az) su buharı içeren gaz sistemlerinin temizlenmesinde oldukça etkin olan adsorlayıcılarıdır.

Diğer taraftan zeolitlerde adsorpsiyon olayı bir yüze tutulmadan çok mikro gözeneklerin doldurulması biçiminde düşünülmelidir. Çünkü zeolit kristalinin dış yüzünde tutulan molekül miktarı, kristal yapıdaki boşluklara giren molekül miktarının ancak % 1'i kadardır. Ayrıca adsorpsiyon olayını denetleyen mikro gözeneklerin alanı birkaç yüz m²/gr. mertebesinde ve zeolitler kuru ağırlıklarının % 30'una kadar gaz veya sıvı molekülünü adsorblayabilirler.

Zeolitlerin adsorblayıcı olarak kullandıkları alanları iki grupta toplamam mümkündür:

- 1- Arıtma (% 3'den az olan gaz ve sıvıların tutulması),
- 2- Ayırma (% 3-50 arasındaki gaz ve sıvıların tutulması),

Bu alanlarda daha ziyade sentetik zeolitler kullanılmakla birlikte klipnoptilolit ve mardenit gibi aside dayanıklı zeolitler bazı asit gazlarının kurutulması ve arıtılmasında kullanılmaktadır.

(DEHİDRATASYON): Zeolitler ısıtıldıklarında yapılarındaki zeolitik suyu verebilmeleri.

(REHİDRATASYON) : Soğutulması esnasında kaybettiği suyu tekrar alabilmesidir.

3.1.5. Kullanım Alanları

I- Kirlilik Kontrolü

- a) Radyoaktif atık arıtma,
- b) Atık suların temizlenmesi,
- c) Baca gazlarının temizlenmesi,
- d) Petrol sızıntılarının temizlenmesi,
- e) Oksijen üretimi

II- Enerji Sektörü

- a) Kömürün gazlaştırılması,
- b) Doğal gazların saflaştırılması,
- c) Güneş enerjisinden yararlanma,
- d) Petrol ürünleri üretimi,

III- Tarım ve Hayvancılık

- a) Gübreleme ve toprak hazırlanması,
- b) Tarımsal mücadele,
- c) Toprak kirliliğinin kontrolü,
- d) Besicilik,
- e) Dışkıların muamelesi,
- f) Su kültürü

IV- Madencilik ve Metalurji

- a) Maden yataklarının aranması
- b) Metalurji

Diğer Uygulama Alanları

- a) Kağıt endüstrisi,
- b) İnşaat sektörü,
- c) Sağlık sektörü.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. SEPIOLİTİN BİLESİMİ VE ÖZELLİKLERİ

Sepiolit, bir magnezyum silikat mineralidir. Kil mineralleri için de yer alan sepiolitın jeolojik oluşumuna göre değişik fiziksel özellikleri gösteren çok sayıda türleri vardır. Bu türlerin hepsi genel olarak "sepiolit" ismi ile anılır.

Türkiye'de oluşum şekline göre üç tipte ayrılır.

- a) Lületaşı tipi sepiolit (Yumru sepiolit); yerinde hidrotermal olarak oluşmuş.
- b) Sepiolitik kil (= tabakalı sepiolit= sanai tip sepiolit= sedimanter sepiolit= endüstriyel sepiolit) gibi isimleri anılan sedimanter havzada oluşmuş sepiolit.
- c) Volkanik kökenli sepiolit; asit tüflerin alterasyonu ile oluşmuş sepiolit.

İlk iki tipin kimyasal ve kullanım alanları aynıdır. Volkanik kökenli sepiolitın, mineralojik ve kimyasal özellikleri diğer iki tipe göre farklıdır. "Kıbrıscık Sepioliti" olarak adlandırılan bu tip sepiolitlerde SiO_2 , % 70 kadar çıkmaktadır.

4.1.1. Lületası tipi sepiolit

Türkiye'de (Eskişehir ve Konya-Yunak) civarında daha çok neojen kongremaları içinde magnezyumla beraber yumrular şeklinde teşek - kul eden sepiolit tipine; yurdumuzda Lületası=Eskişehir taşı=De - niz Köpüğü=Beyaz Altın gibi bölgesel isimler verilmiştir. Sepiolit - tin bu tipi dünyada ekonomik boyutta yalnız yurdumuzda (Eskişehir civarında) üretilmektedir. Lületası denmesinin sebebi; Lüle, eski denberi (yaklaşık 300 yıl) Türklerde tütün içiminde kullanılan bir çeşit pipo olduğu ve çoğunluklarda sepiolitin bu tipinden yapıldığı içindir.

Literatürde Alfa-Sepiolit=para-sepiolit şeklinde rastlanan lüle - taşı tipi sepiolite, Almanlar "Meerschaum", Fransızlar "Ecume de mer" derler. Yani lületası, Meerschaum ve Ecume de mer aynı türde ki sepiolitin değişik dillerdeki adıdır. Lületası ile sepiolitin farkını kısaca şöyle vurgulamak daha uygun olacaktır.

Her lületası, sepiolit; her sepiolit lületası değildir.

Lületası tipi sepiolit çok beyazdan açık beje kadar değişen renk - lerde bulunur. Kristal şekli rombusal (ortorombiktir) dir. Sertli ği Mohs skalasına göre 2-2,5 olup, yoğunluğu porozitesine göre de ğişmektele beraber 2 civarındadır.

Kuruduğu zaman yoğunluğu düşer ve suda yüzer. Lifler (çubuk şek - linde çok hafif silindirik) halinde karışık örgülü bir kristal ya pısına sahiptir. Diğer sepiolit türleri gibi suda dağılmaz. Yaş i - ken yumuşak plastik kıvamında sabun gibi çok rahat yontulur. Kuru duğu zaman sertleşir ve hafifler. Tekrar suya atıldığında suyu e -

mer ve kolayca yontulabilir. Suda iken (yaş halde iken) kaygandır. Bu nedenle ıslakken (bunyesinde suyunu kaybetmeden) veya daha sonra ıslatılarak yontulur, işlenir. Homojen ve uniformdur. Kompakt poröz ve sağlam bir yapısı vardır. Darbe ve ısı etkisiyle çatlayıp kırılmaz. Kuruma yüzeyi çok az çatlaklıdır (bazen) Ateşe dayanıklı, kırılma yüzeyi düz değil, konkoidaldir. Mineral zeolitik, kristal suyu ihtiva etmekte ve zeolitik su düşük ısıda (yaklaşık 300 °C civarında) kaybolmakta (çıkılmaktadır) dır.

Lületaşı tipisepiolit, daha çok pipo, sigara ve puro ağızlığı, kol ye, bilezik, tesbih, küpe, biblo, heykelcik, kutu..vb. süs esyası ve takı eşyaları yapımında kullanılır. Önceleri Avrupa'da sanat - kârlarca küçük heykel ve figürlerin yapımında hammadde olarak kullanılmıştır. Yüksek porozite gaz koku, duman ve sıvıların temiz - lenmesinde absorban madde olarak kullanılmaktadır. Ancak nadir bulunuşu ve kıymetli oluşu nedeniyle bu alanda kullanılması tavsiye edilmemektedir. bunun için sedimanter tip sepiolitler önerilmektedir.

Eskişehir'de üç ana bölgede bulunmaktadır:

1. Kayı Bölgesi
(Sepetçi-Kozlubel-Söğütcük-Taycılar, 9x3 km² alana sahip)
2. Sarı Su Bölgesi
(Türkmentokat-Karatepe,Gökçeoğlu 5x3 Km² bir alana sahip)
3. Nemli Bölgesi (Nemli Köylü civarında,25x20 Km² alana sahip)

4.1.2. Sepiolitik Kil= Sanai Tip Sepiolit=Tabakalı Sepiolit= ----- Sedimanter Sepiolit -----

"Sepiolitik kil" tabiri bir karışıklığa meydan vermemek, oluşum itibariyle farklı olduğunu, sedimanter olarak havada çökeldiğini, anlatmak için kullanılmaktadır. Sedimanter oluşumla sepiolitler; Sivrihisar güneyinde beyaz, bej, kahve, siyah renk ve çeşitli tonlarda olup, % 3-7 arasında değişen organik madde içermektedir. Genelde suda dağılmakta bazen sepiolit dışında değişik mineraller içermektedir. (Dolomit, manyezit, kalsit, kuvars, mica-kil...vs) saf ve safa yakın sepiolitler daha çok koyu renkli (siyah, kahve renkli) sepiolitlerdir. Dolomitli alanlar açık renkli (beyaz, açık bej) sepiolitlerdir.

Tabakalı şeklinde teşekkül eden bu tip sepiolitlerin arasında suda dağılmayan süs esyası yapımında kullanılabilecek iyi kalitede lületaşı tip sepiolitler mevcuttur. Ancak bu yapıda kaliteli sepiolitler çok azdır.

Doğada en geniş yüzey alanına sahip olan bu mineral aynı zamanda iç kanal ve gözenek alanı bakımından da yine en geniş olan minerallerin başında gelmektedir.

Sepiolit doğal halde iken kendi ağırlığının % 250'si kadar su absorbe edilebilir. İğnemsî kristal aglomerası şeklinde demetlerden oluşan mineral su ve diğer polar çözücülerde dağılarak bunların özelliklerinin istenilen düzeyde ayarlanabilmesini temin eder.

Yüzden fazla kullanım alanı bulunan dünyada ender raslanan mine - rallerin başında gelmektedir. Yukarıda saydığımız özellikleri ve kimyasal duyarlılığı nedeniyle boya, ilaç, kauçuk (kil yerine sepio lit kullanılırsa kauçuğun kalitesi artıyor), deterjan dolgu madde - si sondaj çamuru katkı maddesi, karbonsuz kopya kağıdı, hayvan be - siciliği katkı maddesi, tarım ilaçları taşıyıcısı, yüksek sıcak - lıklarda kristal yapısı bozulmadan duyarlı kalabilen bu mineralin son yıllarda jeotermal sondajlarında (orijinal formunu bozmadan kalabildiği için) otomotiv sanayiinde ekzos filtrelerinde özel kağıt yapımında (duvar kağıdı) kullanılmaktadır.

Ayrıca su arıtımında, ses yalıtımında, araba boyalarında (çizilme - mesi için) hafif tuğla yapımında, kozmetik sanayiinde (Kahve renk li olanlar) sigara filtresi yapımında, temizlik maddesi yerine, ta laş gibi tabanlardaki kirleri temizlemede ve hava kirliliğinin de ğişik uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Teknolojinin ilerle - mesiyle kullanım alanı artacak hammaddelerin başında gelmektedir.

Türkiye'nin dışında İspanya, Madagaskar, Tanzanya, Kore, ABD, Ja - ponya, Çin ve Fransa'da bulunmaktadır.

4.2. DENEY DÜZENİ

4.2.1. MOTOR

Deneylelerde aşağıda özellikleri verilen 131 AB.6A.000 motoru kullanılmıştır:

MOTOR TİPİ	131.AB.6A.000
Zaman	4 Zamanlı benzinli
Silindir Sayısı	4 Silindir tek sıra
Silindir Çapı	76 mm
Strok	71.5
Toplam Silindir Hacmi	1297 cm ³
Maximum Moment	10.04 kgm (3400 dev/dk)
Maximum Güç	70 HP (5250 dev/dk)
Sıkıştırma Oranı	7.8

Süpap Mekanizması:

- Süpap zaman ayarı :		131 AB.6A.000 MOTORU
		0
- emme	başlangıç ÜÖN'dan evvel	3
	kapanış AÖN'den sonra	45
		0
- egzost	başlangıç AÖN'den evvel	43
	kapanış ÜÖN'den sonra	5
		0.45
	Süpap ayar boşluğu	
	- Zaman ayar kontrolü için (mm)	

Yağlama sistemi :

----- Dişli pompa ile,

Yakıt sistemi :

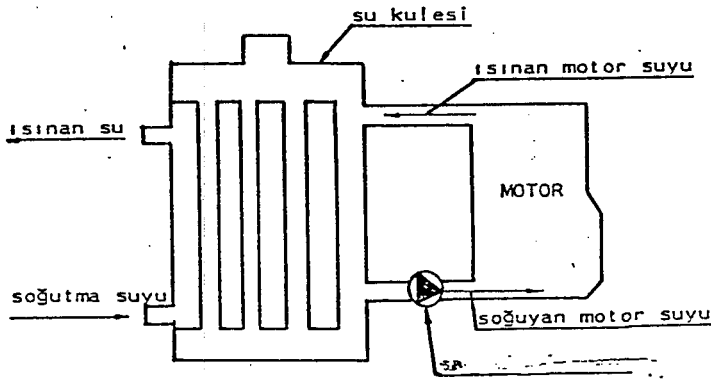
----- Mekanik pompa ile,

Karbüratör :

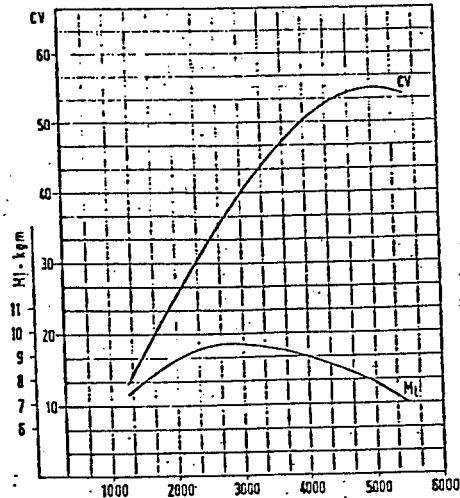
----- Düşey çift boğaz SOLEX c32 TEIE/42

Soğutma Sistemi :

----- Motorun soğutulması Şekil 1.1'de şematik olarak verilen su kulesi ile sağlanmıştır.



Aşağıda 131.AB.6A.000 Motorunun karakteristik güç eğrileri verilmiştir. (Şekil 1.2.)



4.2.3. VITES KUTUSU

Deneylerde kullanılan vites kutusunun özellikleri aşağıda verilmiştir.

Vitesler	4 ileri 1 geri
Dişli oranlar :	
1. Vites	3.667
2. Vites	2.100
3. Vites	1.361
4. Vites	1 e 1
Geri Vites	3.526

1.3. DİNAMOMETRE

Deneylerde Froude su freni kullanılmıştır. Şekil 1.3'de Froude dinamometresinin absorpsiyon eğrisi verilmiştir.

Froude dinamometresi, su sızdırmaz karter içersinde dönen üzerinde kanatlar bulunan bir rotordan oluşur. Kanatlar arasındaki yüzeyleri yarı eliptik çanak şeklinde olan rotorun kanat yüzeyleri dönme yönünde, karterdeki ise ters yöndedir.

Rotor dönerken, su rotor kanatlarından eğik olarak karterdeki çanaklara çarpar ve bir girdap oluşur. Bu kanatlara çarpan suyun kuvvetiyle karter, rotorla birlikte dönmeye çalışır. Motorun ürettiği bu iş ısıya dönüşerek su tarafından absorbe edilir ve dışarı atılır. Besleme suyu karterin arkasından girer.

Motora uygulanan yük, perdeler açılıp, kartere daha çok su girdikçe artar, motor yüklenir.

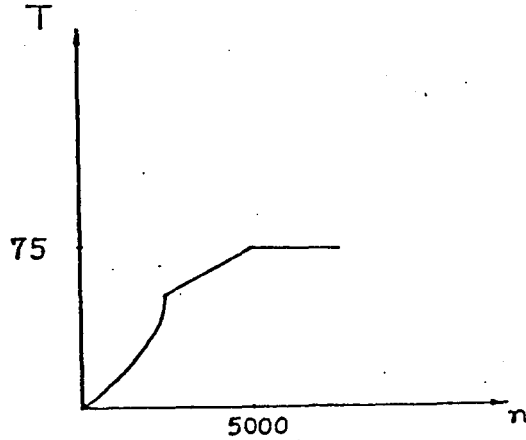
Rotor mili, karter üzerine yataklanmıştır. Karter ise, oynak yataklar üzerindedir. Torkun ölçülmesi için de karterin üzerine bir kol monte edilmiştir. Bunun üzerinde karteri döndürmeye çalışan torku, yani motorun uyguladığı torku ölçen bir kantar bulunur.

Dinamometrenin Özellikleri:

Ölçülebilen maximum tork : 75 kgm

Maximum devir sayısı : 5000 dev/dk

Dinamometrenin ölçüm aralığı ve devir sayısı gözönüne alınarak daha sağlıklı bir ölçüm yapabilmek için üçüncü viteste ($i=1.361$) çalışılmıştır. Çünkü bu tip dinamometreler düşük devirlerde daha sağlıklı neticeler vermektedir.



Sekil 1.3. Froude tipi dinamometrenin absorpsiyon eğrisi⁵¹

1.4. VOLUMETRIK VERİM DENEY METODU

Volumetrik verimin bulunmasında tank-orofis metodu kullanılmıştır. Bunun için hazırlanan deney düzeni Şekil 1.4'de şematik olarak ve

rilmistir.

VOLUMETRİK VERİM= $\frac{\text{Emme strokunda motorun emdiği hava kütlesi}}{\text{Çevre basınç ve sıcaklığında strok hacmini dolduran hava kütlesi}}$

Emme strokunda motorun emdiği hava, gerçek hava miktarıdır.

$$M_{\text{gerçek}} = C \cdot \frac{A}{d} \cdot \sqrt{2g\beta_w} \cdot \sqrt{\Delta P \beta_h}, \text{ (kg/s)}$$

Burada;

C: Orofis katsayısı (0.6)

A: Orofis kesit alanı (m²);
o (d = 35 mm, orofis çapı)

g: Yerçekimi ivmesi (m/s²)

β_w : Eğik manometredeki sıvının yoğunluğu (kg/m³)

β_h : Orofisten geçen havanın yoğunluğu
($\beta_h = 1.1 \text{ kg/m}^3$)

olarak alınır.

Çevre şartlarında strok hacmini dolduran teorik hava kütlesini de

$$M_{\text{teorik}} = \frac{V_s \cdot n \cdot \beta_h}{60.2}; \text{ (kg/s) ifadesiyle hesaplanır.}$$

Burada;

V_s: Motorun toplam silindir hacmi, (m³)

n: Motorun devir sayısı, (dev/dk)

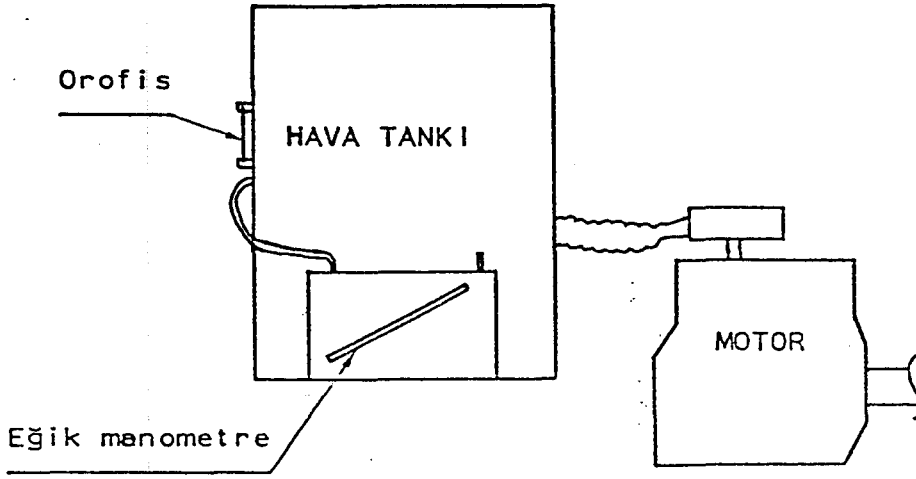
β_h : Motora giren havanın yoğunluğu
= 0.90 kg/m³)

olarak alınır.

Bu durumda volumetrik verim ifadesinden:

$$n = \frac{M_{\text{gerçek}}}{M_{\text{teorik}}}$$

olarak volumetrik verim, yani motorun hava emme kabiliyeti hesaplanır.



Şekil: 1.4.: Volumetrik verim deney düzeni

4.2.5. ÖZGÜL YAKIT SARFIYATI ÖLÇME METODU

Burada pipet ile yakıt sarfiyatı ölçülmüştür. Deney düzeni Şekil 1.5'de verilmiştir.

Pipetin alt ve üst çizgileri arasındaki hacim kalibre edilir. Pipetin alt ucu, ana yakıt deposundan gelen ve de karbüratöre giden boruların uçları üç yollu valfle birleştirilir.

İlk olarak A vanası açılır ve motor yakıt deposundan beslenir. Yakıt sarfiyatı ölçüleceği zaman A vanası kapatılır ve bu durumda motor pipetteki yakıt ile beslenir. Bu sırada yakıtın, pipetin

üst kalibre çizgisinde alt kalibre çizgisine gelinceye kadar geçen zaman bir kronometre ile tesbit edilir. Bu iki çizgi arasında ki yakıt 250 ml'dir.

Deney esnasında ölçülen bu zamandan yararlanarak, özgül yakıt sarfiyatı şu formül ile hesaplanır.

$$b = \frac{V \cdot y \cdot 3600}{e \cdot t \cdot N_e}, \quad (\text{gr/kwh})$$

Burada;

V: 250 ml yakıt hacmi, (cm³)

y : Yakıtın yoğunluğu, ($\rho = 0.74 \text{ gr/cm}^3$)
b

t : 250 ml yakıtın tüketilmesi için geçen zaman, (s)
y

N : Efektif güç, (KW)
e

olarak alınır.

CO ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Sepiolitli Egzost:

Motor Çalışma Durumu	% CO	Egzost Gazı Sıcaklığı
Rölanti (Boşta)	% 2,8	190 C ^o
	% 3,2	190 C ^o
Yüksek Devir (Boşta)	% 1,0	195 C ^o
	% 0,9	200 C ^o
Tam Yükte	% 2,5	185 C ^o
	% 2,8	185 C ^o

Original Egzost:

Rölanti (Boşta)	% 4,2	180 C ^o
	% 4,3	190 C ^o
	% 3,8	180 C ^o
	% 3,8	180 C ^o
Yüksek devir (Boşta)	% 3,4	175 C ^o
	% 3,5	190 C ^o
Tam Yükte	% 3,6	200 C ^o

Yukarıda alınan değerlerden görüleceği üzere rölanti devrinde % 50'ye varan oranlarda CO azalması gerçekleştirilmektedir. Yüksek Devirde (Boşta) % 70'lere varan oranlarda, Tam yükte ise % 30'lar oranında CO azalması gerçekleştirilmektedir. Bu deneyler her yük ve koşulda 3 saat süreyle yapılmıştır.

Deneyisel çalışmalarda motor verimine dolayısıyla motor ekzos gazlarında aynı şartlar gösterilen her türlü özene rağmen sağlanamamıştır. Dış ortam sıcaklığı, atmosferik basınç gibi doğal koşullara müdahale edilememiştir. Aynı zamanda motor dinamometresinin değerlerde gösterdiği mekanik yanlışlıklarda, değer okuyan kişinin insiyatifinde olduğundan kabul edilebilir ölçülerde olmasına rağmen, küçük sapmaları içermektedir. Ancak bu deneysel sapmalara karşın sepiolitin absorpsiyon etkisi açıkça görülmüştür.

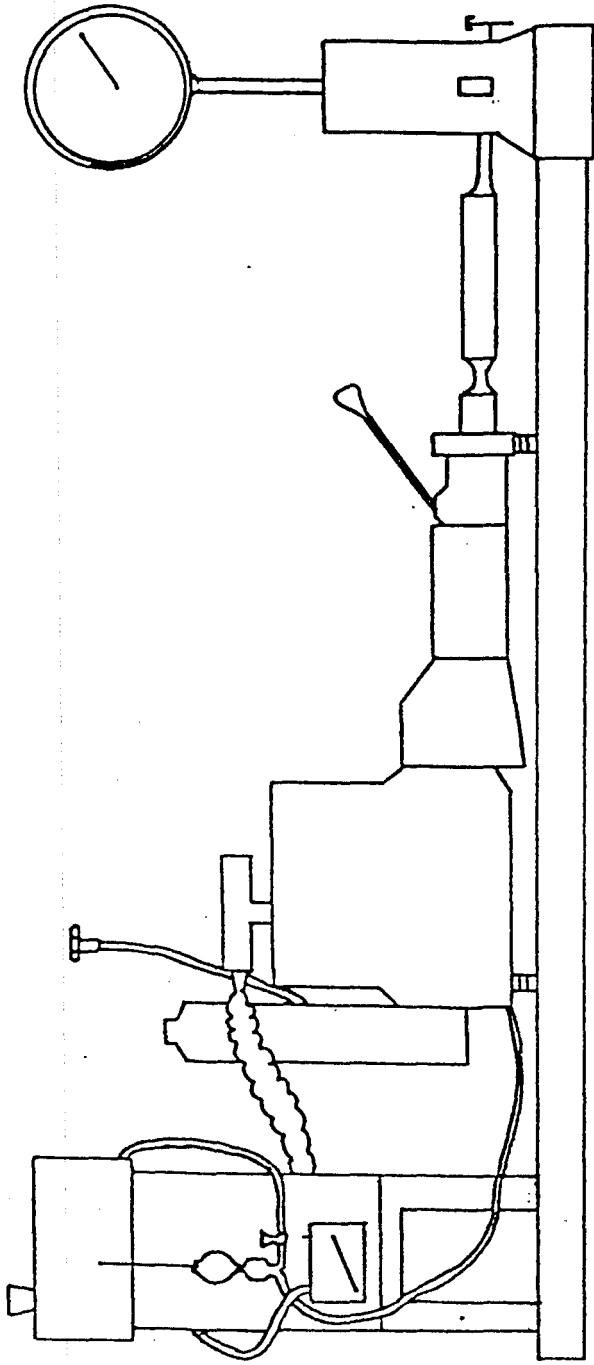
Deneyin bir eksikliği de uzun süreli yapılamamış olmasıdır. Yani sepiolitin hangi sürede doymuş hale gelebileceği, hangi sürede absorbon olarak özelliğini yitireceği tespit edilememiştir.

Bu durumda öneri olarak;

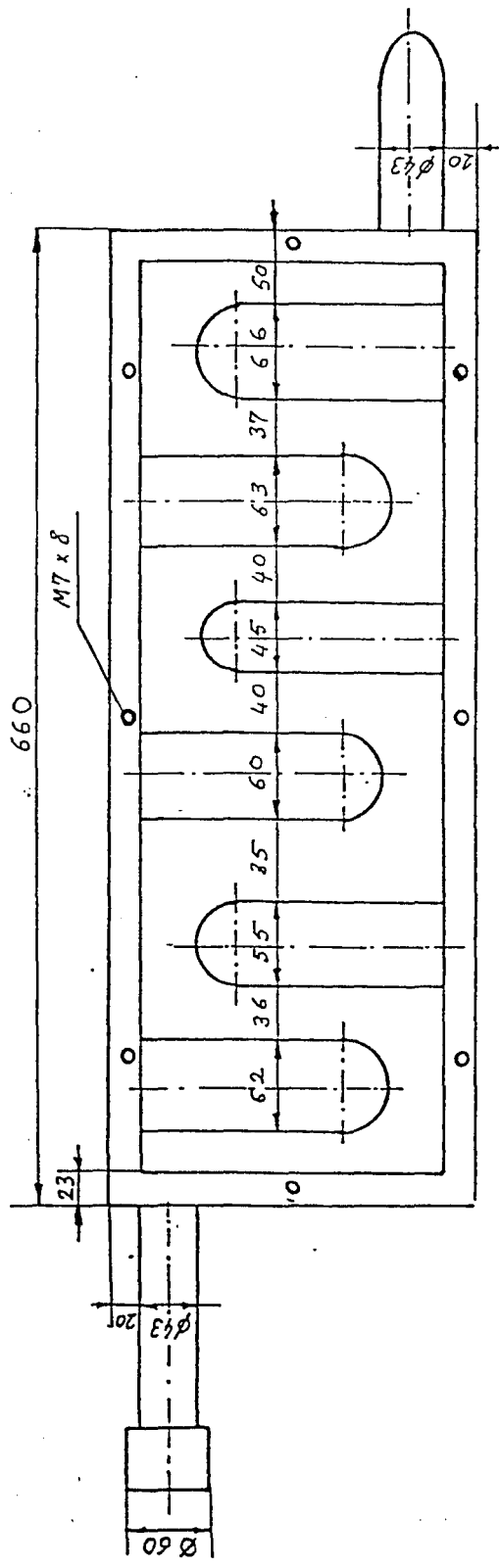
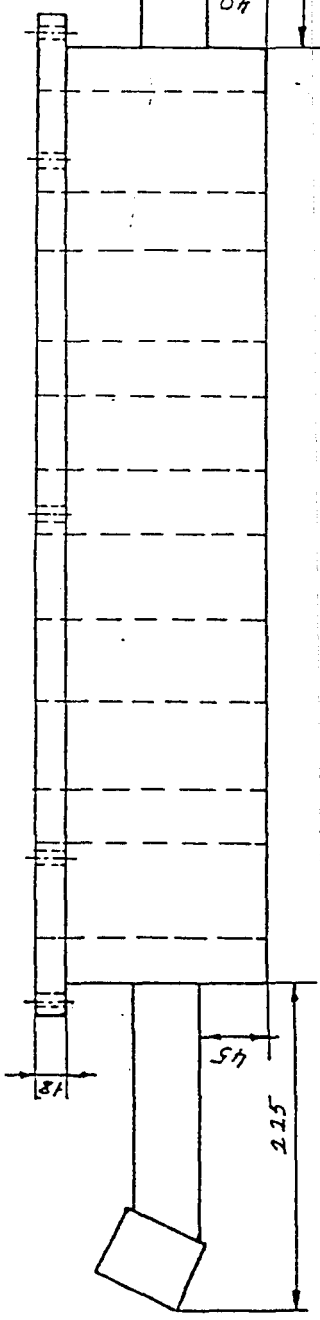
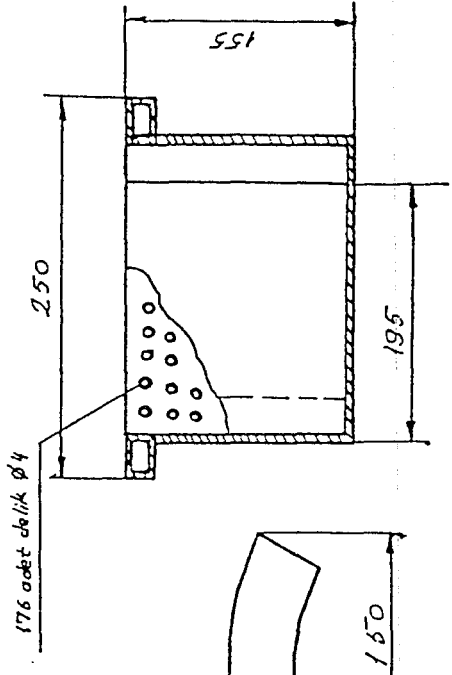
- * Kontrol edilebilir laboratuvar koşullarında, her türlü özelliği bilinen bir motor kullanılarak deney yapılmalıdır.
- * Kalibrasyonu uluslararası kabul görmüş bir enstitüde yapılmış, güvenilir gaz analiz cihazları kullanılmalıdır.
- * Deney uzun süreli ve motorun her türlü yük ve yol durumunu içeren koşullarda yapılmalıdır.
- * Değişik dizaynlarda yapılmış egzoz susturucularında denenmelidir.
- * Sepiolit türlerine göre deneyler tekrarlanmalıdır.
- * Sepiolitin tane irilikleri gözönüne alınarak deney uzun süreli olarak tekrarlanmalıdır.
- * Sepiolitin deney öncesi ve sonrası kimyasal analizleri yapılmalıdır.

KAYNAKÇA:

- 1) Yüksek Hızlı Hafif Hizmet Diesel Motorlarında Alternatif Yakıt olarak Metil Alkolün kullanılması.
M.Ramazan Uğurlubilek, Ocak 1989 (Doktora Tezi)
- 2) Mühendis ve Makina. TMMOB, MMO Dergisi, Sayı: 378
- 3) Mühendis ve Makina. TMMOB, MMO Dergisi, Sayı: 330
- 4) Mühendis ve Makina. TMMOB, MMO Dergisi, Sayı: 346
- 5) 2.Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu
TMMOB, MMO, Mayıs 1989, Cilt: 1
- 6) Benzinli Motorlarda Egzost Direncinin Volumetrik ve Teknik Verime Etkisi. Nihal Korkut, Haziran 1992 (Bitirme Tezi)
- 7) Beyaz Altın Semineri, Eskişehir Valiliği Yayınları, 1989.
- 8) M.Rıfat Bozkurt, Anadolu Üniversitesi, M.M.F.Maden Mühendisliği Öğretim Üyesi, Lületaş. (Eskişehir Taşı) Notlar.
- 9) Nusret Güngör, MTA Genel Md. Sepiolit Raporu.
- 10) Sevim Palavan, M.Motorları İTÜ Kütüphanesi, 1973.

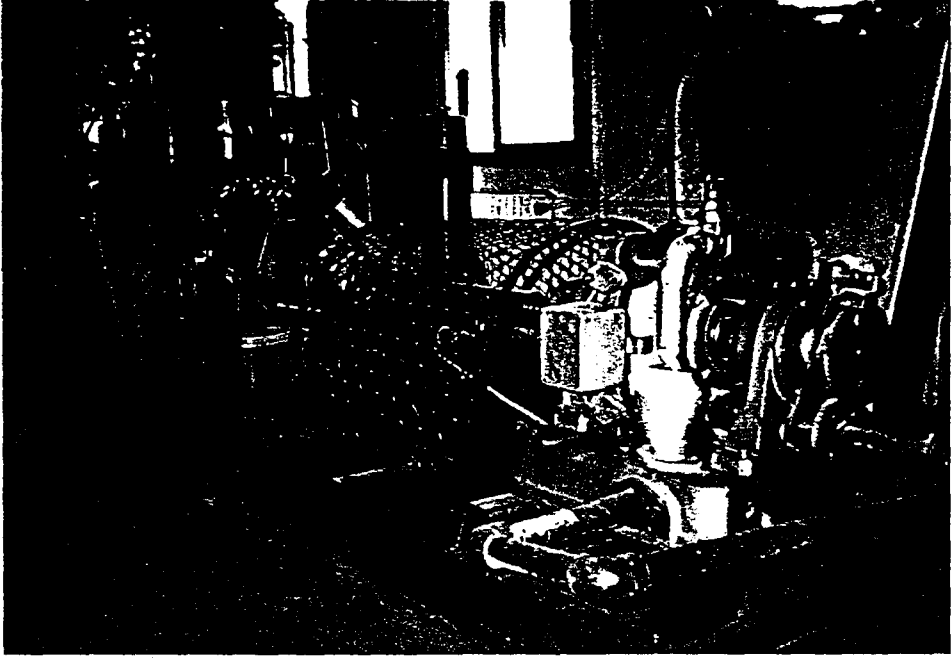


GENEL DENEY DÜZENİ

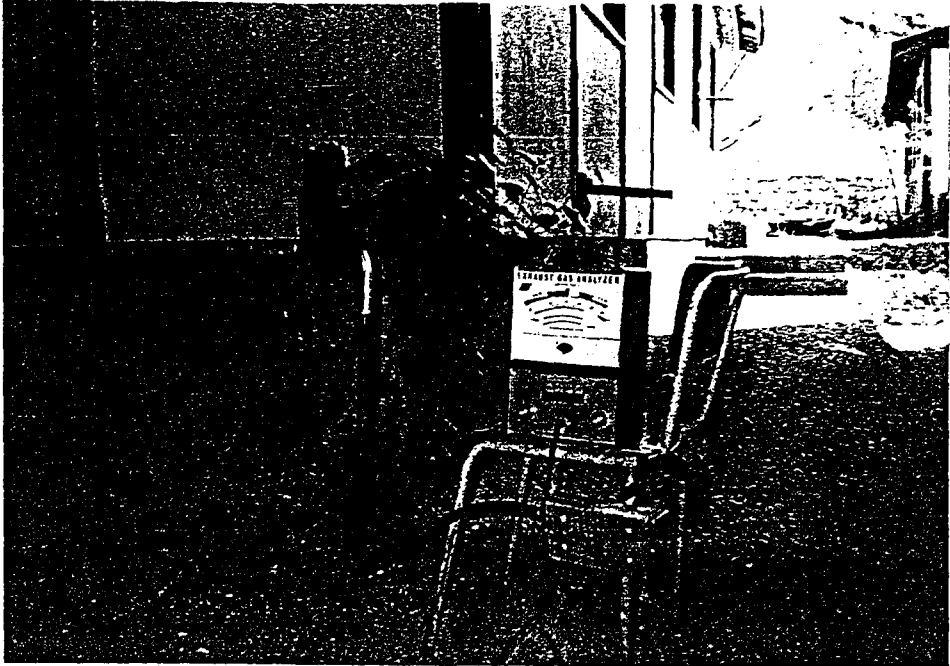


Malzeme Sac	Parçanın adı EGZOST	A.Ü. Müh. Mim. Fak. Makina Mühendisliği Bölümü	
Ölçek: 1/5	Fakülte Müh.	Resim no: 1	Adı - Soyadı
	Semestre	No	
	Tarih		Kontrol:

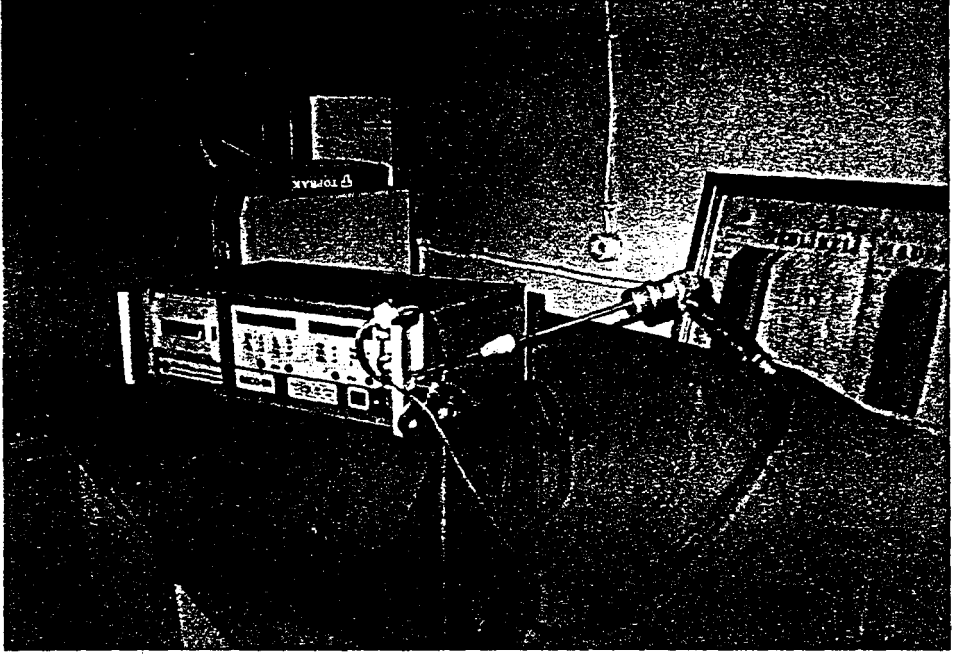
1776



Deney Seti ve Susturucu Genel Görünüm



Egzos Gazı Değerleri Alınması Genel Görünüm



Ekzos gazı değerleri Alınan GADO-Sn
Cihazı Görünüşü

ORIJINAL SUSTURUCU EMISYON DEGERLER

OLCULEN DEGERLER

TG	105	105	106	109	95	101	113	108	107	106
TR	16	16	16	16	16	16	16	17	16	16
O2	11.5	12.8	12.7	12.3	11.1	10.9	10.8	11.2	11.3	11.5
SO2	23	20	21	24	26	26	26	31	36	36
NOX	880	775	815	890	925	1009	1025	924	861	894
ETA	90.8	91.5	93.1	93.6	93.5	93.2	93.4	93.8	92.9	91.6
H v Kat	2.5	2.7	2.5	2.0	2.0	2.1	2.1	1.9	2.1	2.1

ORIJINAL SUSTURUCU EMISYON DEGERLER

OLCULEN DEGERLER

TG	145	168	127	127	123	115	112	116
TR	17	17	17	17	18	17	17	17
O2	12.4	10.8	13.5	13.6	14.5	13.3	12.7	11.5
SO2	4	0	4	5	9	9	11	9
NOX	1064	898	840	623	782	891	924	1074
ETA	88.2	86.9	88.1	85.7	86.7	89.7	90.6	91.5
H v Kat	1.6	2.9	2.5	2.8	2.6	2.5	2.7	2.1

SEPIOLITLI SUSTURUCU EMİSYON DEĞERLERİ

OLCULEN DEĞERLER

Emisyon

TG	49	59	56	96	115	132	127	122
TR	17	16	16	17	17	17	17	17
O ₂	4.4	0.6	3.9	10.4	10.8	7.2	6.5	10.1
SO ₂	174	162	131	23	40	55	30	42
NO _X	360	640	560	444	463	427	473	536
ETA	98.3	98.1	98.0	92.3	92.6	92	91.7	92.7
H v Kat	1.1	1.2	1.2	1.8	1.7	2.2	2.6	1.3

SEPIOLITLI SUSTURUCU EMISYON DEGERLERI

OLCULEN DEGERLER

Emisyon

TG	139	120	110	117	112	121	135
TR	17	16	17	16	17	17	17
O2	5.5	10.0	10.6	10.1	10.9	10.3	7.8
SO2	47	37	32	32	32	31	42
NOX	868	660	680	631	716	621	683
ETA	93.7	92.9	93	92.7	92.4	91.9	92.5
H v Kat	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	2.1	1.6

SONUÇLARIN İRDELENMESİ VE ÖNERİLER:

Deney önceki sayfalarda özellikleri verilen motorda ekli resimde olduğu gibi dizayn edilen eksostla yapılmıştır. Egzostun içine çeşitli tane iriliklerinde olan sepiolit doldurulmuştur. Egzost gazlarının sepiolit üzerinden mutlaka geçmeleri için egzost hücreleri şaşırtmalı biçimde yerleştirilmiştir. Deney motor rölanti devrinde, yarım yükte ve tam yükte yapılmıştır. Önce motorun orijinal egzost borusunda gaz emisyon değerleri alınmış, bilahare orijinal egzost sökülerek yerine sepiolit doldurulmuş egzost takılmış ve aynı yük ile aynı devirde aynı koşullarda değerler alınmıştır.

Ancak A.Ü.Mimarlık Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünden temin edilen gaz analiz cihazından sadece dış ortam sıcaklığı, egzost sıcaklığı (ölçülen gaz sıcaklığı), oksijen, kükürtdioksit, azot oksitleri, yanma verimi ve hava fazlalık katsayısı değerleri alınabilmektedir. Motor laboratuvarında bulunan egzost gazı analiz cihazından ise karbonmonoksit değeri alınmıştır.

Yapılan ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde azot oksitlerin her yük ve devirde % 10 oranında düştüğü tespiti yapılmıştır. Kükürtdioksitin değerlendirilmesi sağlıklı yapılamamıştır. Ancak sepiolit absorpsiyon özellikleri için sağlıklı olarak karbonmonoksit üzerinde durulmuştur.

ÖLÇÜLEN DEĞER KISALTMALARI

TG: Gaz sıcaklığı (Egzost Gazı) C

TR: Ortam sıcaklığı C

Eta: Yanma verimi

HvKat: Hava fazlalık katsayısı

CO₂: Karbondioksit

CO : Karbonmonoksit

NO_x: Azotoksitleri