T.C.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

BÖLÜMÜ

MOTOR TEST RAPORU

BUĞRA YILMAZ

22177033

FİNAL ÖDEVİ

DENİZLİ 2025

T.C. PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MOTOR VE TAŞIT TEST TEKNİKLERİ

BUĞRA YILMAZ

22177033

DERSİN DANIŞMANI: OĞUZHAN DOĞAN

**Sayfa No**

İÇİNDEKİLER

ÖZET 4

GİRİŞ 4

MATERYAL ve METOT 5

DENEY BAŞLANGICI 5

2000 RPM İÇİN HESAPLAMALAR 5 - 8

2000 RPM İÇİN HESAPLANAN DEĞERLERİN TABLO-EXCEL GÖSTERİMİ 9

2000 RPM’DEKİ DEĞERLERİN GRAFİK ÜZERİNDE GÖSTERİLMESİ VE YORUMLANMASI 10 - 14

SONUÇ 15

KAYNAKÇA 16

**ÖZET**

Direkt püskürtmeli tek silindirli dizel bir motor, motor test laboratuvarında dinamometre testine tabi tutulmuştur. Değişik hız testi yapılan motordan alınan verilerle motor momenti, motor gücü, özgül yakıt tüketimi, termik verim, gerçek hava tüketimi, teorik hava tüketimi, yakıt tüketimi, hava – yakıt oranı, volümetrik verim, ortalama efektif verim ve lamda değerleri hesaplanarak bu değerlere ait tablo ve grafikler oluşturulmuştur. Bu deneysel çalışma sonucunda motor parametreleri incelenerek, içten yanmalı motorun verimi ve motor karakteristiği yorumlanmıştır.

**GİRİŞ**

İçten yanmalı motorlar, yakıtın motor içerisinde hava ile birleşerek yanması sonucu oluşan ısıl enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi prensibiyle çalışır. Piston-silindir yapısına sahip olan içten yanmalı motorlar, benzinli ve dizel olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Benzinli motorlarda yakıt, hava ile karıştırılarak sıkıştırılır ve bu karışım bir kıvılcım vasıtasıyla ateşlenir. Dizel motorlarda ise hava önce sıkıştırılır, ardından yakıt yüksek basınçla enjekte edilerek kendiliğinden tutuşma sağlanır. Bu motorlar, otomobillerden ağır vasıtalara, gemilerden uçaklara kadar pek çok alanda kullanılmakta olup, modern ulaşımın temel yapı taşını oluştururlar. İçten yanmalı motorların performansı; tork, güç ve özgül yakıt tüketimi gibi temel parametrelerle değerlendirilir. Bu parametreler, laboratuvar ortamında kurulan deney düzenekleri aracılığıyla farklı çalışma koşullarında ölçülür. Elde edilen verilerle motorun performans eğrileri çizilir. Performans eğrileri, motorun farklı devirlerde ne kadar tork ve güç ürettiğini, hangi koşullarda daha verimli çalıştığını ve yakıt tüketim eğilimlerini gösterir. Aynı zamanda motor parçalarının ısıl ve mekanik sınırları ile atalet yüklerinin motor devrine etkileri de bu grafikler sayesinde analiz edilebilir. Bu eğriler, motorun tasarımı, geliştirilmesi, verimli kullanımı ve optimum çalışma noktalarının belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Motorlar, çevresel etkileri azaltmak ve yakıt verimliliğini artırmak amacıyla sürekli olarak geliştirilmekte ve test edilmektedir. Bu süreçte gerçekleştirilen motor testleri, mühendislik analizleri için temel teşkil etmekte ve motorun gerek donanımsal gerekse yazılımsal iyileştirmeleri açısından yol gösterici olmaktadır.

**MATERYAL ve METOT**

Direkt püskürtmeli tek silindirli dizel bir motor ile yapılan deneyde, farklı motor hızlarına göre, dinamometrede ölçülen değerlerin değişimi incelenmiştir. Hesaplamalarda 18.05.2025 tarihinde Denizli İlinde gözlenen açık hava basıncı ve sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

Bu deneyde kullanılan materyaller Pamukkale Üniversitesi Teknoloji Fakültesinin motor test laboratuvarında bulunan motor test standındaki materyallerdir. Bu materyaller aşağıda listelenmiştir:

- Dinamometre  
- Moment kolu  
- Yük hücresi  
- Dinamometre bağlantı şaftı  
- Egzoz çıkış borusu  
- Emisyon ve is ölçüm ünitesi  
- Kronometre  
- Eğik manometre  
- Sönümleme tankı  
- Hava ölçüm orifis   
- Yakıt tüketimi ölçme büreti  
- Devir ölçer

metin, ekran görüntüsü içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu

ŞEKİL 1: MOTOR TEST STANDI

# DENEY BAŞLANGICI

|  |  |
| --- | --- |
| Farklı motor devirlerinde dinamometre değerleri | |
|  |
| ddizel | 0,840 kg/lt |  |
| Dinamometre moment kolu | 0,25 m |  |
| Patm | 99,7 kPa |  |
| Tatm | 290K |  |
| Havametre orifis çapı | 19,3 mm |  |
| Motor Kurs Hacmi | 0,296 dm3 |  |
| Hu-dizel | 42,9 kJ/g |  |

Tablo 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **DİNAMOMETREDE ÖLÇÜLEN DEĞERLER** | | | | |
|  | Loadcell-F (kg) | Süre | Egzoz | Manometre |
| Devir (rpm) | (Moment Kolu 0,25m) | (10 gr için saniye) | Sıcaklığı Tegz (C) | Hava (mm) |
| 1400 | 3,2 | 85,1 | 265 | 15 |
| 2000 | 3,6 | 73,5 | 295 | 38 |
| 2600 | 3,4 | 62,2 | 333 | 60 |
| 3200 | 3 | 49,6 | 357 | 67 |

Tablo 2

Tablo 1’de direkt püskürtmeli tek silindirli dizel motorun testi yapılmadan önceki ortam şartları ve belirli sabit ölçümler verilmiştir. Tablo 2’de direkt püskürtmeli tek silindirli dizel motor deneyinde farklı motor hızlarında dinamometre ile ölçülen değerler görülmektedir. Tabloda deney esnasında motorun farklı devirlerde çalıştığı ve o andaki Loadcell verileri, yakıt ölçüm büretinde değerler arasındaki mesafenin değişim süresi ile eğik manometreden okunan uzunluk değerlerini bulunmaktadır. Bu değerlere ve ortam şartlarına bağlı olarak 2000 rpm’de aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

**2000 RPM İÇİN HESAPLAMALAR**

TS 1991’e göre düzeltme faktörü = Df

Df = (99/P)^1.2 \* (T/298)^0.5 =

**Motor momenti -2000 rpm için**

= = 8,636 *(*

**Motor gücü -2000 rpm için**

**Yakıt tüketimi (Be)-2000rpm için**

**Özgül Yakıt Tüketimi (be)- Sfc -2000rpm için**

**Teorik Hava Tüketimi (Q Teorik)-Kütlesel-2000rpm için**

**Gerçek Hava Tüketimi (Q Gerçek)-Kütlesel-2000rpm için**

**Volümetrik Verim (ηvol)- 2000rpm için**

**Hava/Yakıt Oranı- 2000rpm için**

**Termik Verim (ηTermik) (Toplam Verim, Efektif Verim)- 2000rpm için**

**Ortalama Efektif Basınç (𝐏𝑚𝑒𝑝)- 2000rpm için**

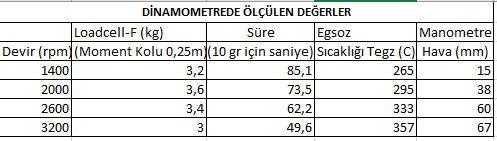
**Lambda (λ) Değeri –** **2000rpm için** (14,75 değeri kimyasal yollarla tespit edilen stokiyometrik orandır. Derste verilen bilgiler ışığında yaklaşık değer olarak kullanılmıştır.)

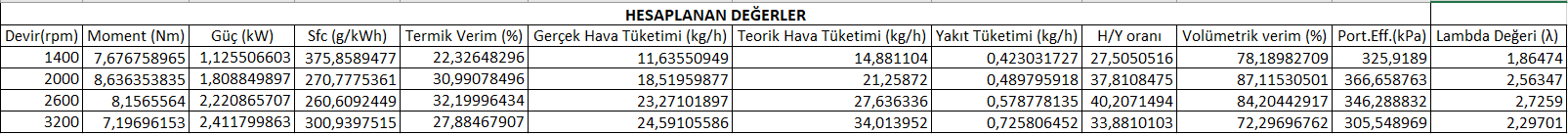
*(λ)= = = 2,56347*

**HESAPLANAN DEĞERLER**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Devir(rpm) | Moment (Nm) | Güç (kW) | | Sfc (g/kWh) | | Termik Verim (%) | | Gerçek Hava Tüketimi (kg/h) | |
| 1400 | 7,676758963 | 1,125507 | | 375,85895 | | 22,32648296 | | 11,63550949 | |
| 2000 | 8,636353833 | 1,80885 | | 270,77754 | | 30,99078495 | | 18,51959877 | |
| 2600 | 8,156556398 | 2,220866 | | 260,60924 | | 32,19996433 | | 23,27101897 | |
| 3200 | 7,196961528 | 2,4118 | | 300,93975 | | 27,88467907 | | 24,59105586 | |
| Teorik Hava Tüketimi (kg/h) | | | Yakıt Tüketimi (kg/h) | | H/Y oranı | | Volümetrik verim (%) | | Port.Eff.(kPa) |
| 14,881104 | | | 0,423031727 | | 27,5051 | | 78,18982709 | | 325,9189004 |
| 21,25872 | | | 0,489795918 | | 37,8108 | | 87,11530501 | | 366,6587629 |
| 27,636336 | | | 0,578778135 | | 40,2071 | | 84,20442917 | | 346,2888316 |
| 34,013952 | | | 0,725806452 | | 33,881 | | 72,29696762 | | 305,5489691 |

**EXCEL GÖSTERİMİ**





# GRAFİKLER ÜZERİNDE GÖSTERİM

**GRAFİK 1: MOTOR HIZI-MOTOR MOMENTİ-MOTOR GÜCÜ EĞRİSİ**

Testi yapılan sıkıştırma ile ateşlemeli motor 2000 rpm seviyesinde maksimum motor momentine, 3200 rpm seviyesinde maksimum motor gücüne ulaşmıştır Maksimum motor momentine denk gelen 2000rpm birim çevrimde en fazla yakıtın motora alındığı nokta, maksimum motor gücüne denk gelen 3200rpm ise birim zamanda motora en fazla yakıtın alındığı noktadır. 2000rpm seviyesinde karışım teşkili iyileşir ve kurs başına gaz kaçağı azalır. 2000rpm sonrasında motor hızı çok fazla arttığından motordaki sürtünmeler artar bu yüzden moment düşmeye başlar. Motor gücünün 3200 rpm seviyesinde maksimuma ulaşması, motorun güç üretiminin iş sınırı ile sınırlandığını göstermektedir. Bu devirden sonra, motorun daha fazla yakıt püskürtmesi duman emisyon sınırlarını aşacağı için, “governor” adı verilen regülatör sistemi tarafından yakıt enjeksiyonu sınırlandırılmaktadır. Dizel motorlarda, içeri alınan hava miktarı sabit tutulmakta; motor gücü ve momenti, yalnızca püskürtülen yakıt miktarına bağlı olarak ayarlanmaktadır. Yüksek devir seviyelerinde emme, sıkıştırma, iş ve egzoz zamanlarına ayrılan sürenin kısalması nedeniyle motorun verimi düşmektedir. Emme zamanı yetersiz kaldığında, silindire yeterli hava/yakıt karışımı alınamamakta ve bu durum motor momentinde düşüşe yol açmaktadır.

**GRAFİK 2: ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİ-MOTOR HIZI-TERMİK VERİM EĞRİSİ**

Özgül yakıt tüketimi, motorun ürettiği birim güç başına tükettiği yakıt miktarını ifade etmektedir. Termik verim ise yakıtın yanmasından elde edilen enerjinin faydalı işe dönüştürülme oranıdır. Bu iki parametre ters orantılıdır; termik verim arttıkça özgül yakıt tüketimi azalır. Dizel motorlarda tam yükte silindirlere alınan hava sabit kaldığından, motor devri yükseldikçe yakıt miktarı artırılmakta ve 1400 rpm’den sonra termik verimde artış, SFC’de azalma gözlemlenmektedir. Ancak yüksek devirlerde yanma süresi kısaldığı için egzoz gazları tam atılamamakta, bu da yanma kalitesini düşürmekte ve yakıt tüketimini artırmaktadır. Yapılan deneyde en yüksek termik verim ve en düşük SFC 2400 rpm’de elde edilmiştir. Bu devirden sonra yanma koşulları kötüleşmiş, termik verim düşmüş ve özgül yakıt tüketimi artmıştır. Sonuç olarak, en verimli çalışma aralığı 2400 rpm civarında gerçekleşmiştir.

**GRAFİK 3: HAVA/YAKIT ORANI-MOTOR HIZI-VOLÜMETRİK VERİM EĞRİSİ**

Volümetrik verimin, motor devri 2000 rpm’ye kadar artış gösterdiği ve bu noktada maksimum değere ulaştığı; sonrasında ise azalma eğilimine girdiği gözlemlenmiştir. Bu düşüşün temel nedeni, artan motor devriyle birlikte silindirlere yeterli hava girişi sağlanamamasıdır. Düşük ve orta devirlerde valf zamanlaması yeterli olduğundan hava akışı daha verimli gerçekleşmekte, bu da volümetrik verimi olumlu etkilemektedir. Sıkıştırmalı ateşlemeli motorların, yakıt ekonomisini artırmak amacıyla genellikle hafif fakir karışımla çalışacak şekilde ayarlandığı bilinmektedir. Bu durum, eşdeğerlik oranının (ϕ) 1'den küçük olduğu, yani hava fazlalığının bulunduğu anlamına gelir. Fakir karışımlar düşük tüketim sağlasa da, yüksek devirlerde silindir dolumu sınırlı kaldığı için volümetrik verimde düşüşe yol açmaktadır. Grafiklerde, hava/yakıt (H/Y) oranının 2600 rpm’de en yüksek seviyeye ulaştığı, bu noktada aynı zamanda maksimum motor momentinin elde edildiği tespit edilmiştir. Ancak 3200 rpm’ye çıkıldığında H/Y oranında azalma yaşanmış, valf zamanlamasının yetersiz kalması nedeniyle silindirlere giren hava miktarı azalmış ve karışım zenginleşmiştir. Bu durum, yüksek devirlerde volümetrik verimin neden düştüğünü açıklamaktadır. Düşük ve orta devirlerde ise daha dengeli bir H/Y oranı ile daha verimli hava girişleri sağlanabilmiştir. Sonuç olarak, 2000 rpm’ye kadar artan volümetrik verim, yüksek devirlerde silindir doluluk yetersizliği nedeniyle azalmış; H/Y oranı da bu değişimle birlikte benzer bir seyir izlemiştir.

**GRAFİK 4: YAKIT TÜKETİMİ-MOTOR HIZI-GERÇEK HAVA TÜKETİMİ EĞRİSİ**

Grafiklerden anlaşılacağı üzere, motor devrinin artmasıyla birlikte yakıt tüketiminde belirginbirartış gözlemlenmiştir. Bu artışın temel nedeni, motor devrinin yükselmesiyle çevrim sayısının da artması ve buna bağlı olarak silindirlere daha fazla yakıt enjekte edilmesidir. Ayrıca motor hızı yükseldikçe, enjektörlerin açık kalma süresi uzamakta, bu da tüketilen yakıt miktarını doğrudan artırmaktadır. Buna ek olarak, motor devri arttıkça pistonların hareket hızı yükselmekte ve bu durum emme sürecini hızlandırarak hava tüketimini de artırmaktadır. Test edilen motorun doğal emişli yapıda olması nedeniyle, yüksek devirlerde silindir içindeki pistonların yarattığı vakum etkisiyle daha fazla hava silindirlere çekilmektedir. Ancak, özellikle 3200 rpm gibi yüksek devirlerde, hava miktarındaki artışın sınırlı kalmasına karşın yakıt miktarının yükselmeye devam etmesi nedeniyle hava-yakıt karışımında zenginleşme meydana gelmektedir. Bu da karışımın ideal oranından sapmasına ve verimin azalmasına yol açmaktadır. Optimum motor devrinde ise hem yakıt hem de hava tüketiminin daha dengeli ve verimli bir seviyede gerçekleştiği görülmektedir.

**GRAFİK 5: EGZOZ SICAKLIĞI-MOTOR HIZI-LAMDA DEĞERİ EĞRİSİ**

Egzoz sıcaklığı ve lambda değeri, motor devrindeki artışa bağlı olarak değişim göstermiştir. Motor devri arttıkça yanma odasındaki çevrim sayısı artmış, buna bağlı olarak daha fazla yakıt yakılmış ve egzoz sıcaklığında yükselme gözlemlenmiştir. Egzoz sıcaklığındaki bu artışın, yanma sürecinde açığa çıkan ısının artmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Lambda değerinin ise motor devriyle birlikte belirli bir noktaya kadar arttığı, ardından azaldığı görülmüştür. Bu durum, düşük ve orta devir aralığında hava fazlalığına bağlı olarak karışımın fakirleştiğini, yüksek devirlerde ise silindirlere alınan hava miktarının sınırlı kalması nedeniyle karışımın zenginleştiğini göstermektedir. Egzoz sıcaklığı ile lambda değeri arasında dolaylı bir ilişki gözlemlenmiş; karışım fakirleştikçe (yüksek lambda), yanma daha kontrollü gerçekleşmiş ve egzoz sıcaklığı sınırlı kalmıştır. Ancak karışım zenginleştikçe (düşük lambda), daha hızlı ve yoğun bir yanma gerçekleşmiş, bu da egzoz sıcaklığının artmasına neden olmuştur. 2600 rpm’de lambda değerinin zirveye ulaştığı, bu noktadan sonra ise düşüş eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişimle birlikte motorun hava-yakıt oranının ideal aralıktan sapmaya başladığı ve bu sapmanın yanma verimini etkilediği ifade edilebilir. Egzoz sıcaklığı ise yüksek devirlerde artış göstermeye devam etmiş, bu da yanma odasında daha fazla enerjinin açığa çıktığını ortaya koymuştur.

**SONUÇ**

Farklı devirlerde yapılan hız testleri sonucunda dizel motorun performans karakteristikleri değerlendirilmiştir. Motorun 2000 rpm’de 1,84 kW, 2600 rpm’de 2,27Kw, 3200 rpm’de ise 2,46 kW güç ürettiği tespit edilmiştir. Ancak 2600 rpm’den sonra sürtünme kayıplarının artması nedeniyle motor gücünde belirgin bir artış sağlanamamış, bu devirden itibaren güç değerlerinde sabitlenme eğilimi gözlemlenmiştir.

Maksimum tork, 2000 rpm’de 8,80 Nm olarak ölçülmüştür. Bu noktadan sonra tork değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Torkun azalmasının, artan motor devriyle birlikte yanma süresinin kısalması ve dolgu yetersizliğiyle ilişkili olduğu görülmüştür.

Motor devrinin artışıyla birlikte yakıt tüketiminde artış gözlenmiştir. Bunun sebebi, dizel motorlarda içeriye alınan hava miktarının sabit kalmasına karşın yakıt enjeksiyonunun artırılmasıdır. Bu durum, özellikle yüksek devirlerde özgül yakıt tüketimini (SFC) yükseltmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda, özgül yakıt tüketiminin en düşük olduğu aralık 2000–2600 rpm olarak belirlenmiştir. Bu aralıkta termik verimin en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Düşük özgül yakıt tüketimi, motorun bu devir aralığında daha verimli çalıştığının bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Volümetrik verim, motor devri 2000 rpm’e kadar artış göstermiş; ancak bu noktadan sonra emme supabının açık kalma süresinin kısalması nedeniyle düşüş eğilimine girmiştir. Volümetrik verimin azalmasının, artan piston hızıyla birlikte emme veriminin düşmesiyle bağlantılı olduğu değerlendirilmiştir.

Motor devri artırıldıkça silindirlere gönderilen hava-yakıt karışım miktarının artmasına bağlı olarak egzoz gazı sıcaklıklarında da artış gözlemlenmiştir. 3200 rpm sonrasında ise emme zamanının kısalması nedeniyle silindirlere alınan hava miktarında azalma, dolayısıyla volümetrik verimde düşüş tespit edilmiştir.

Hava-yakıt oranı (lambda değeri) 2600 rpm'de en yüksek seviyesine ulaşmış, ardından 3200 rpm’de tekrar düşüş göstermiştir. Bu değişimin, silindire alınan gerçek hava miktarındaki azalmayla ilişkili olduğu görülmüştür. Lambda değeri ile egzoz sıcaklığı birlikte incelendiğinde, karışımın daha fakir hale geldiği devirlerde lambda değerinin yükseldiği, ancak yanma sıcaklığının da bu duruma paralel olarak arttığı gözlemlenmiştir. Böylece, egzoz sıcaklığı ve lambda arasında dolaylı bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Tüm bu bulgular doğrultusunda, dizel motorun en verimli çalıştığı aralığın 2000–2600 rpm olduğu belirlenmiş; bu aralıkta hem özgül yakıt tüketiminin düşük, hem de termik verimin yüksek olduğu görülmüştür.

**KAYNAKÇA**

Oğuzhan Doğan “Motor ve Taşıt Test Teknikleri” ders notları -2025

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2025244>

<https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/d033eeff-bacb-46b5-9c87-8dfecb6bc66d/content>