

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLAR İÇİN YANMA VE PERFORMANS
PARAMETRELERİNİ HESAPLAYAN BİLGİSAYAR YAZILIMININ
GELİŞTİRİLMESİ**

ÇİHAN BÜYÜK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. MUAMMER ÖZKAN**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLAR İÇİN YANMA VE PERFORMANS
PARAMETRELERİNİ HESAPLAYAN BİLGİSAYAR YAZILIMININ
GELİŞTİRİLMESİ**

Cihan BÜYÜK tarafından hazırlanan tez çalışması 12.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Muammer ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Muammer ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Orkun ÖZENER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Osman Akın KUTLAR
İstanbul Teknik Üniversitesi



Bu çalışma, TÜMOSAN Motor ve Traktör A.Ş. tarafından, Ar-Ge çalışmaları kapsamında desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinin yönetilmesinde, yükseköğrenim ve profesyonel iş hayatımın her aşamasında benden değerli tecrübelerini esirgemeyen, araştırmalarımda ve çalışmalarımda beni teşvik ederek yol gösteren hocam Sayın Prof. Dr. Muammer ÖZKAN'a; tezimin çalışma konusu olan dizel motorlar konusunda her türlü test ve araştırma imkânını sağlayan TÛMOSAN Motor ve Traktör A.Ş. firmasından genel müdürümüz Sayın Kurtuluş ÖĞÜN'e; gerçekleştirdiğim tüm başarılarda ve profesyonel kariyerimin ilerlemesinde her daim bana yardımcı olan, değerli tecrübe ve bilgilerini paylaşan, yol gösteren müdürüm Sayın Enishan ÖZCAN'a; benim bu günlere gelmemdeki en büyük payın sahibi olan, bana okumayı ve öğrenmeyi sevdiiren annem Fatma BÛYÛK'e ve babam İmdat BÛYÛK'e; kardeşlerin en iyisi ve en hayırlısı olan, sevgisini ve desteğini daima hissettiğim Caner BÛYÛK'e; hayatımın her anında yanımda olan, moral ve yaşama sevinci vererek iş ve öğrenim hayatıma fedakârca destek olan sevgili eşim Ekin Gizem BÛYÛK'e en içten saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2018

Cihan BÛYÛK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
DİZEL MOTOR KARAKTERİSTİKLERİNİN HESAPLANMASI	4
2.1 Krank Açısı Boyunca Silindir İçi Parametrelerin Hesaplanması.....	4
2.1.1 Döngü Öncesi Ön Hesaplamalar	5
2.1.1.1 Termodinamiğin 1. Kanunu.....	5
2.1.1.2 Yakıt.....	6
2.1.1.3 İş Gazı	6
2.1.1.4 Hava Miktarı	6
2.1.1.5 Emme Süreci Gaz Parametrelerinin Hesaplanması.....	7
2.1.2 Krank Mili Açısına Bağlı Hesaplamalar.....	7
2.1.2.1 Krank Mili Açısına Bağlı Silindir Hacminin Değişimi	8
2.1.2.2 Tutuşma Gecikmesi Modeli.....	8
2.1.2.3 Silindir İçi Yanma Modeli.....	10
2.1.2.4 Silindir İçi Isı Transferi Modeli	13
2.1.2.5 Motor Sürtünme Modeli	14

2.1.2.6	Silindir İçi Basınç ve Sıcaklığın Hesaplanması.....	16	
2.1.2.7	Azot Oksit Emisyonunun Hesaplanması.....	18	
2.1.3	Döngü Sonrası Motor Büyüklüklerinin Hesaplanması.....	22	
2.1.3.1	Yanma Sonu Ürünlerinin Bileşim Miktarı.....	22	
2.1.3.2	Çevre Parametreleri	23	
2.1.3.3	Artık Gaz Parametreleri.....	23	
2.1.3.4	Gerçek Moleküler Değişim Katsayısı	24	
2.1.3.5	Motor Performans Parametreleri	24	
2.1.3.6	İndike Parametreler	28	
2.1.3.7	Efektif Parametreler.....	29	
2.2	Matematiksel Modellerin Yazılım Diline Aktarılması.....	30	
2.2.1	Grafiksel Kullanıcı Ara Yüzü Kullanımı	31	
2.3	Motor Testleri	36	
2.3.1	Test Motoru Ve Özellikleri.....	36	
2.3.2	Test Sistemi Ve Özellikleri.....	37	
2.3.3	Motor Testinin Yapılışı.....	40	
BÖLÜM 3			
SONUÇ VE ÖNERİLER			41
KAYNAKLAR.....			44
EK-A			
VIRTUAL DIESEL MOTOR YAZILIMI KAYNAK KODLARI			46
ÖZGEÇMİŞ.....			105

SİMGE LİSTESİ

Pm_e	ortalama efektif basınç
δ_1	emilen dolgu yoğunluğu
δ_2	atmosfer şartında gaz yoğunluğu
k	orantı katsayısı
m_y	yakıt kütlesi
V_h	strok hacmi
ρ_h	havanın yoğunluğu
η_e	efektif verim
H_u	yakıtın alt ısıl değeri
W_ζ	çevrim işi
n	motor deviri
P_e	efektif Güç
N_e	efektif motor gücü
U	gazların iç enerjisi
Q_H	yanma ile açığa çıkan ısı
Q_W	soğutma ile atılan ısı
ω	krank mili dönme hızı
λ_s	biyel eğikliği
α	krank mili dönme açısı
g_c	çevrim başına püskürtülen yakıt miktarı
x	yanan yakıt kesri
α_z	krank mili dönme açısı cinsinden yanma süresi
V_c	sıkıştırma sürecinin sonunda silindir hacmi
p_o	atmosfer basıncı
T_o	atmosfer basıncı
P_a	emme sonu basıncı
T_a	emme sonu sıcaklığı
μ_0	kimyasal moleküler değişim katsayısı
n_1	sıkıştırma politrop üssü
n_2	genişleme politrop üssü
P_i	indike güç
N_i	indike motor gücü

η_i	indike verim
b_i	indike özgül yakıt tüketimi
G_y	saatteki yakıt tüketimi
η_t	termik verim
η_m	mekanik verim
n_k	sıkıştırma politropik üssü
P_r	artık gaz basıncı
T_r	artık gaz sıcaklığı
P_j	cari basınç
τ	çevrim zaman sayısı
R	evrensel gaz sabiti
α_t	ısı transfer katsayısı
F_p	pistonun yüzey alanı
F_s	silindirin yüzey alanı
M	iş gazlarının miktarı
M_Σ	yanma ürünlerinin toplam miktarıdır
ξ_d	disosyasyon ısı kayıp katsayısı
L_o	tam yanma için gerekli teorik hava miktarı
γ_r	artık gaz katsayısı
α_p	Yanma basınç artış oranı
P_c	sıkıştırma sonu basıncı
T_c	sıkıştırma sonu sıcaklığı
T_{yerel}	yerel sıcaklık
λ	hava fazlalık katsayısı
i	silindir sayısı
D	silindir çapı
S	strok
n	devir sayısı
ε	sıkıştırma oranı
η_v	volumetrik verim
α_z	yanma süresi
m	vibe katsayısı
θ	yakıt tutuşma avansı
w_p	ortalama piston hızı
M_e	tork
b_e	özgül yakıt tüketimi
p_z	maksimum yanma basıncı
Δ_V	strok başına yakıt
p_k	kompressör basıncı
T_k	kompressör sıcaklığı
p_r	egzoz sonu artık gaz basıncı
ΔT	Motor cidarından alınan ısı ile oluşan sıcaklık farkı

KISALTMA LİSTESİ

ATDC	After Top Dead Center
BDC	Bottom Dead Center
BMEP	Brake Mean Effective Pressure
BTDC	Before Top Dead Center
FMEP	Friction Mean Effective Pressure
IMEP	Indicated Mean Effective Pressure
KMA	Krank Mili Açısı
PFP	Peak Firing Pressure
TDC	Top Dead Center

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Krank mili açısına bağlı silindir içi basınç eğrileri	4
Şekil 2.2 Sisteme yapılan ısı girişi neticesi hacmin değişimi.....	5
Şekil 2.3 Krank açısına bağlı ısı açığa çıkış eğrisi.....	9
Şekil 2.4 Farklı vibe parametrelerinin yanma basıncına etkisi	10
Şekil 2.5 Silindir içerisindeki enerji dengesi	13
Şekil 2.6 Krank miline gelen kuvvetler	15
Şekil 2.7 Piston segmanları ve silindir yüzeyi arasındaki sürtünme.....	16
Şekil 2.8 Avrupa emisyon standartlarındaki emisyonların değişimi	19
Şekil 2.9 NOx emisyonlarının oluşum bölgeleri.....	21
Şekil 2.10 Bir dizel motorun performans eğrileri.....	24
Şekil 2.11 Bir dizel motorun indikatör diyagramı.....	25
Şekil 2.12 Motor torkunun ve gücünün motor hızına göre değişimi	27
Şekil 2.13 Virtual Diesel yazılımının arayüz tasarımı.....	31
Şekil 2.14 Diyagram çizim ve analiz ekranından bir görünüm	32
Şekil 2.15 Grafik ekranında çok eksenli çizim görünümü	33
Şekil 2.16 Analiz edilen motorların yazılımın kendi .tms uzantısı ile kaydedilmesi	34
Şekil 2.17 Excel raporunun oluşturulması.....	35
Şekil 2.18 Virtual Diesel yazılımının otomatik oluşturduğu Excel raporu	35
Şekil 2.19 Testlerde kullanılan TÜMOSAN 4DT-39T175C motoru	36
Şekil 2.20 TÜMOSAN Ar-Ge Motor Test Odası	38
Şekil 2.21 AVL indicom yazılımından bir görünüm.....	39
Şekil 2.22 Indicom üzerinde ölçülen motor büyüklüklerinin görüntülenmesi	39
Şekil 3.1 Kıyaslama için kurulan GT-Power analiz modeli.....	41
Şekil 3.2 GT, ölçüm sonuçları ve Virtual Diesel yazılım karşılaştırma grafiği	42

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Test Motorunun Teknik Özellikleri	37
Çizelge 3.1 Virtual Diesel ve ölçüm sistemi karşılaştırılması	42



**İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLAR İÇİN YANMA VE PERFORMANS
PARAMETRELERİNİ HESAPLAYAN BİLGİSAYAR YAZILIMININ
GELİŞTİRİLMESİ**

Cihan BÜYÜK

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Muammer ÖZKAN

Bu çalışma, içten yanmalı dizel motorlar için silindir içi yanma, ısı transferi, sürtünme ve emisyon hesaplamalarının matematiksel modelleri kullanılarak, "Python" programlama dili ile bir dizel motor performans ve tasarım yazılımının oluşturulmasını kapsamaktadır. Oluşturulan yazılım, motorun ana boyutları, yakıtın kimyasal özellikleri ve aşırı doldurma sisteminin karakteristiklerine dayalı olarak, 4 veya 2 zamanlı bir dizel motorun, silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık durumunu 0,1 krank mili açısı hassasiyette anlık olarak hesaplamaktadır.

Bu yazılım sayesinde yeni bir motor geliştirme projesinde gerekli olan tasarım parametreleri elde edilebilmekte, motorun performansı, dayanımı, ömür süresi ve en önemli güncel çevresel konulardan biri olan emisyon sınırlamaları hakkında gerekli iyileştirmeler, daha tasarım aşamasında iken belirlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: içten yanmalı motor, emisyon, performans, simülasyon, yazılım

**DEVELOPMENT OF COMBUSTION AND PERFORMANCE CALCULATION
SOFTWARE FOR INTERNAL COMBUSTION DIESEL ENGINES**

Cihan BÜYÜK

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Muammer ÖZKAN

This study involves the creation of a diesel engine performance and design software with the "Python" programming language, using mathematical models of in-cylinder combustion, heat transfer, friction and emission calculations for internal combustion diesel engines. With that created software, the pressure and temperature conditions in the cylinder could be calculated with 0.1 crank angle degree sensitivity depending on main dimensions of the engine, the chemical properties of the fuel and the characteristics of the air-charging system.

With this software, the design parameters required in a new engine development project can be obtained, and the necessary improvements in engine performance, durability, lifetime and one of the most important current environmental issue emission limitations, can be determined at the design stage. At the same time, it is possible to analyze the extent to which the changes to be made on a motor that has been designed will affect these mentioned criteria.

Keywords: Internal combustion engines, emissions, performance, simulation, software

1.1 Literatür Özeti

Wiebe I. I. (1956), yaptığı araştırmalar sonucunda, motorlardaki yanma reaksiyonunu çözmek yerine, yakıtın yanma karakteristiğini tanımlayan yarı deneysel bir model geliştirmiştir. Bu model ile yanma hızı ve yanma karakteristiği tanımlanarak, silindir içerisinde açığa çıkan enerji, krank mili açısına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Bu enerji ile silindir içi sıcaklık belirlenerek, dolayısı ile silindir içi basınç belirlenebilmektedir.

G. Woschni ve K. Sihling (1979), yüksek hızlı dizel motorlar üzerine yaptıkları ısı transferi deneyleri ve çalışmaları sonucunda, içyen yanmalı motorlar için kullanılacak, bir boyutlu bir ısı transferi modeli geliştirdiler. Bu model sayesinde, krank mili açısına bağlı olarak, silindir cidarı, piston ve silindir kafası üzerinden, anlık olarak transfer olan ısı miktarını hesaplayabilmişlerdir.

Chen, S. ve Flynn, P (1965), tek silindirli bir deney motoru geliştirerek bunun üzerinde yaptıkları çalışmalar ile yeni bir sürtünme modeli tanımladılar. Bu sürtünme modeli sayesinde, sadece motor devrine bağlı değil, aynı zamanda motor yüküne de bağlı değişen çok daha gerçekçi bir model ortaya koydular.

Y. B. Zeldovich (1947), çalışmaları neticesinde, moleküler nitrojenden, aktif nitrojenin meydana gelişini ve bu süreçle alakalı olan zincir reaksiyonlarını tanımlayarak, bir matematiksel model oluşturmuştur. İçten yanmalı motorlarda NO_x emisyonunun oluşumu bu sayede hesaplanabilmektedir.

1.2 Tezin Amacı

Günümüzdeki içten yanmalı motor tasarımları artık bilgisayar destekli mühendislik uygulamaları ve test teknolojisindeki gelişmeler sayesinde, çok daha detaylı tasarlanabilmektedir. Bu mühendislere, motor tasarımında ve sonrasındaki kalibrasyon ve kullanım sürecinde, motorun çok daha fazla parametresini kontrol edebilmelerini sağlamıştır.

Bu gelişmeler çerçevesinde ilk önceliklerini motor performansının geliştirilmesine ayıran mühendisler, daha sonra ise içten yanmalı motorların ortaya çıkarttığı zararlı emisyonları azaltma çalışmalarına başlamışlardır. Tüm dünyada farklı kuruluşlar tarafından belirlenen emisyon standartları ise, bu sürece daha fazla ar-ge yatırımı yapılmasını ve emisyon seviyelerinde son yıllarda çok ciddi iyileşmeler ortaya çıkartılmasını sağlamıştır. Öyle ki; artık sadece iyi bir motor kontrolü bu standartları tek başına sağlamaya yeterli olmamış ve egzoz gazı arıtma sistemleri ve bu sistemlerin de elektronik kontrolü işin içine girmiştir. Bu gelişmeler, test maliyetlerini ve motor kalibrasyon süreçlerini uzatmakta, motor tasarımında mühendislik yöntemlerini geliştirmeye zorlamaktadır.

İşte bu gelişmeler neticesinde motor simülasyon yazılımları artık vazgeçilmez haline geldi ve motor tasarımlarının ve kalibrasyon aşamalarının pek çoğu bu söz konusu yazılımlar yardımı ile yapılmaya başlandı.

Bu yazılımların tamamı yurt dışından temin edilmekte ve şirketlerimiz ve üniversitelerimiz için çok ciddi maliyetler ortaya çıkartmaktadır. Bu anlamda hem ülkemizin motor teknolojileri alanında kendi yazılımına sahip olması amacı ile, hem de yurt dışına giden bu kaynağın azaltılarak, ülkemizde kalmasını sağlamak amacı ile dizel motorlarda performans ve emisyon analizi için yerli bir motor yazılımının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Literatürde bulunan, içten yanmalı motorlar ile ilgili oluşturulmuş matematiksel modelleri kullanarak, geniş içerikli modern bir programlama dili ile yazılmış bir bilgisayar programı üretilebilir. Bu program, muadili olan dünya çapında tanınan bilgisayar

yazılımlarının sonuçları ve teknik alt yapısı bu parametreleri ölçebilecek seviyede olan bir motor test sisteminden alınan sonuçlar ile karşılaştırılabilir.

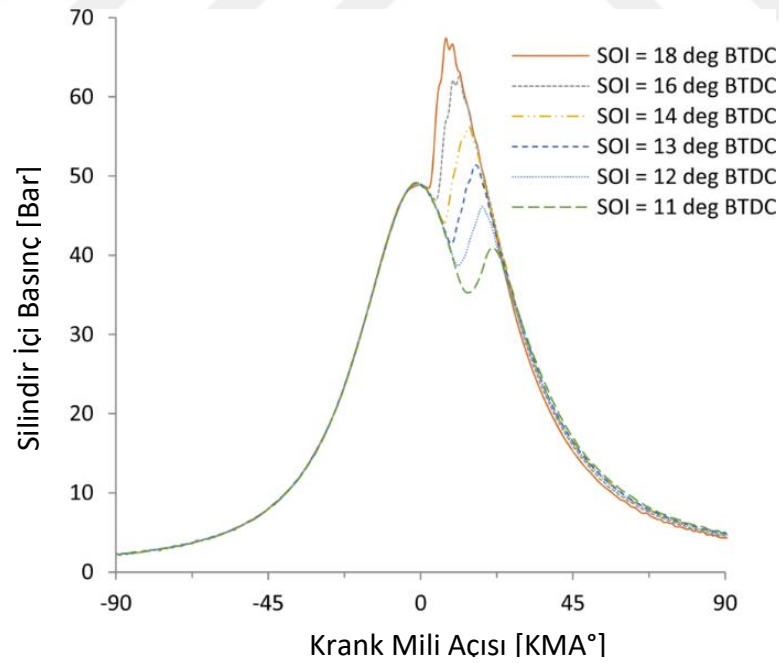


DİZEL MOTOR KARAKTERİSTİKLERİNİN HESAPLANMASI

Dizel motor simülasyonlarında kullanılan matematiksel modellerin alt yapısı, alt bölümlerde açıklanmıştır.

2.1 Krank Açısı Boyunca Silindir İçi Parametrelerin Hesaplanması

Motorun güç, tork ve yakıt tüketimi parametrelerinin hesaplanması amacı ile öncelikle silindir içerisinde oluşan basınç ve sıcaklığın, krank mili açısına bağlı olan durumunun hesaplanması gerekmektedir.



Şekil 2.1 Krank mili açısına bağlı silindir içi basınç eğrileri

Bu basınç ve sıcaklığın hesabının yapılabilmesi de silindir içi yanma, ısı transferi, sürtünme ve temel fiziksel kanunların modellenerek, doğru bir şekilde kullanılmasından geçer.

Bu çalışma kapsamında yapılacak olan yazılımın temel ana döngüsü, 0°KMA ile 720° KMA arasında çalışan bir şekilde olacaktır.

2.1.1 Döngü Öncesi Ön Hesaplamalar

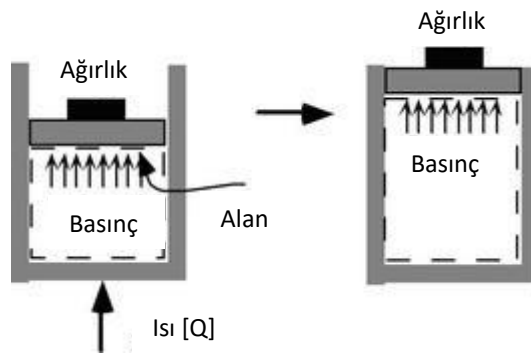
Simülasyonların başlangıç koşullarının hesaplanarak, yapılacak olan , 0°KMA ile 720° KMA döngüsü için girdilerin belirlenmesi amacı ile, ön hesaplamaların yapılması gerekmektedir.

2.1.1.1 Termodinamiğin 1. Kanunu

Bir sistemin üreteceği iş miktarı, sistemin içerisine verilen ısı enerjisi ile sistemin içerisinde bulunan iç enerjide meydana gelen değişiminin farkı kadar olmaktadır [4].

$$dU = dQ_H - dQ_W - pdV \quad (2.1)$$

Bir enerji türünün yoktan var edilemeyeceği ve vardan da yok edilemeyeceğini, sadece şekil değiştireceğini belirten bu yasa “Enerjinin korunumu” olarak da ifade edilmektedir.



Şekil 2.2 Sisteme yapılan ısı girişi neticesi hacmin değişimi

Mekanik işin, basınç ve hacmin fonksiyonu şekilde belirtildiği bu denklem, yanma ile meydana gelen ısı açığa çıkışı ve soğutma ile dışarı atılan ısı miktarı da denkleme eklenerek, içten yanmalı motorlar için özelleştirilmiş duruma getirilmiştir.

2.1.1.2 Yakıt

Dizel motor yakıtları, hidrokarbon karışımlarından oluşmaktadır. Dizel yakıt kütleli bazdaki içeriği yaklaşık olarak %87 C, %12.6 H ve %0.004 O olarak şekildedir. Kükürt ve su buharının sıfır olarak kabul edilerek yakıtın ısı değeri hesaplanırsa [4];

$$H_u = [33.91C + 125.6H - 10.89(O - S) - 2.51(9H + W)] \cdot 10^3 \quad (2.2)$$

2.1.1.3 İş Gazı

Hesaplamalar bir dizel motor için gerçekleştirilmesi sebebi ile emme ve sıkıştırma aşamalarında silindir içerisindeki iş gazı, sadece hava olacak şekilde belirlenmiştir. Bunun yanında; yanma, genişleme ve egzoz aşamalarındaki hesaplamalar için ise, yanma ürünlerinin bileşimleri kullanılmaktadır.

2.1.1.4 Hava Miktarı

Yakıtın, teorik olarak yanabilmesi için gerekli olan (stokiyometrik) hava miktarı [10];

$$L_0 = \frac{1}{0.208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) \quad (3.3)$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(8 \cdot \frac{C}{3} + 8H - O \right) \quad (3.4)$$

Yakıtın molar kütlesi [4];

$$\mu_a = \frac{l_0}{L_0} \quad (2.5)$$

Alınan taze hava miktarı [4];

$$L = L_0 \cdot \lambda \quad (2.6)$$

$$l = l_0 \cdot \lambda \quad (2.7)$$

Dizel motorlarda, silindir içerisine taze dolgu olarak sadece hava emilmektedir. Bu hava ile yakılabilecek yakıt miktarı belirlenerek silindire püskürtülür ve taze dolgu oluşturulmuş olur [10].

$$m_1 = 1 + l \quad (2.8)$$

$$M_1 = \frac{1}{m_y} + L \quad (2.9)$$

2.1.1.5 Emme Süreci Gaz Parametrelerinin Hesaplanması

Emme sonu gaz basıncı (yanmasız) [4];

$$P_\alpha = P_k - \Delta\rho_\alpha \quad (2.10)$$

$$\Delta\rho_\alpha = \frac{(\beta^2 + \xi) \cdot \omega^2 \cdot \rho_k}{2 \cdot 10^6} \quad (2.11)$$

$$\rho_k = \frac{P_k \cdot 10^6}{287 \cdot T'_k} \quad (2.12)$$

$$T_k = T_o \cdot \left(\frac{P_k}{P_o}\right)^{\left(\frac{n_k-1}{n_k}\right)} \quad (2.13)$$

Emme sonu ortalama gaz sıcaklığı [4];

$$T_\alpha = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} \quad (2.14)$$

Burada meydana gelen sıcaklık değişimi ΔT , motor içerisine aldığımız taze havanın, motorun sıcak silindir yüzeyinden transfer ettiği ısı miktarından kaynaklanmaktadır. Bir dizel motor için bu sıcaklık artışı yaklaşık olarak 5 ile 10 Kelvin arasında değişmektedir.

Bir önceki çevrimde silindir içerisinde kalan artık gaz katsayısı [4];

$$\gamma_r = \frac{P_r(T_o + \Delta T)}{T_r(\varepsilon P_\alpha - P_r)} \quad (2.15)$$

2.1.2 Krank Mili Açısına Bağlı Hesaplamalar

Krank mili açısına bağlı hesaplamalar öncesinde, emme sonu ve sıkıştırma başlangıcı safhasındaki (bazı programlar emme subabının tam kapandığı durumu ele alır), taze

havanın basıncı ve sıcaklığı gibi koşulların belirlenmesinden sonra, bu koşulları döngü başlangıcı olarak kabul edip, kapalı bir sistemin hacim, basınç ve sıcaklığındaki değişimi incelenmektedir.

2.1.2.1 Krank Mili Açısına Bağlı Silindir Hacminin Değişimi

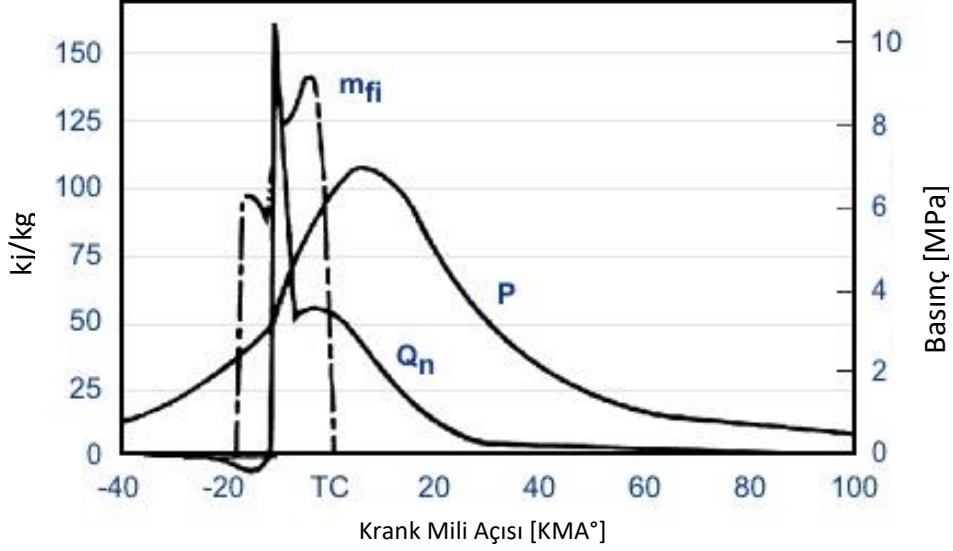
Bir içten yanmalı motorda, motorun krank milinin ve dolayısı ile pistonlarının hareketi neticesinde, motorun silindir hacmi değişim göstermektedir. Bu hacim değişimini krank açısı ile ifade ederek, açının değişimine bağlı bu değişken hacim içerisindeki basınç ve sıcaklık koşulları incelenmeye çalışılacaktır [11].

$$V = F_p \omega \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda_s} \right) - \left(\cos(\alpha) + \frac{1}{\lambda_s} \sqrt{1 - \lambda_s^2 \sin^2(\alpha)} \right) \right] \quad (2.16)$$

2.1.2.2 Tutuşma Gecikmesi Modeli

Silindir içi yanma sürecinden bahsettiğimizde aslında açığa çıkan ısıdan ve akabinde meydana gelen fiziksel-kimyasal süreçlerden bahsetmekteyiz.

Dizel motorlarda, silindir içerisindeki yanma, herhangi bir tetikleyici olmaksızın, sıkıştırma sonu safhasında silindir içerisindeki hacmin yüksek oranda düşerek, içerisinde bulunan havanın basıncını ve sıcaklığını arttırması sonrasında meydana gelir. Yakıtın bu sıcaklığı ve basıncı yüksek olan havanın üzerinde yüksek basınçta püskürtülmesi sayesinde, yakıt ve hava karışımında, fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir [11].



Şekil 2.3 Krank açısına bağlı ısı açığa çıkış eğrisi

Dizel motorlarda, silindir içerisine yüksek basınçta püskürtülen yakıt, her ne kadar çok küçük zerrecikler haline gelmiş olsa da, sürecin başlangıcında sıvı fazda bulunmaktadır. Bu sıvı fazda bulunan yakıt hemen yanmaz. Öncelikle ortamda bulunan sıcak havadan bir miktar ısı çekerek fiziksel olarak hal değiştirir ve gaz fazına geçer. Yakıtın gaz fazına geçmesi de tutuşması için yeterli değildir. Daha sonra gaz fazında bulunan yakıt, ortam havasından ısı çekmeye devam eder ve tutuşma sıcaklığına ulaşır. Tam bu noktada ise yanma başlamış olur. Yakıtın püskürtülmesinden sonra, kimyasal tepkime başlaması öncesindeki ihtiyaç duyduğu bu fiziksel hal ve sıcaklık değişimleri, bizim karşımıza tutuşma gecikmesi olarak çıkmaktadır. Bu tutuşma gecikmesinin, o anki motor hızına bağlı olarak, krank mili açısına göre yüksek doğrulukta tahmine dilmesi gerekmektedir.

Bu tutuşma gecikmesi esasında istenen bir durum değildir ve püskürtme karakteristiğine, basıncına, motor hızına ve motorun çalışma koşullarına göre oldukça değişkendir. Motorun püskürtme zamanlaması, bu tutuşma gecikmesi miktarına göre, motorun her bir çalışma noktasında ayrı ayrı belirlenmesini gerektirir.

Tutuşma gecikmesinin çok yüksek olması durumunda ise, dizel motor vuruntusu gerçekleşmektedir [11].

$$\alpha_i = 6n \sqrt{\left(V_0 - \frac{V_c}{V_s} + \frac{1}{\varepsilon}\right) \cdot \left(\frac{T_0}{P_0}\right)} \cdot 10 \cdot \beta \cdot \exp \left[\frac{\left(V_0 - \frac{V_c}{V_s} + \frac{1}{\varepsilon}\right)^{n_1-1} E}{RMT_0} \right] \quad (2.17)$$

Yapılacak olan bu yazılımda, tutuşma gecikmesi modellemesi için Tolstor Formülasyonu kullanılacaktır.

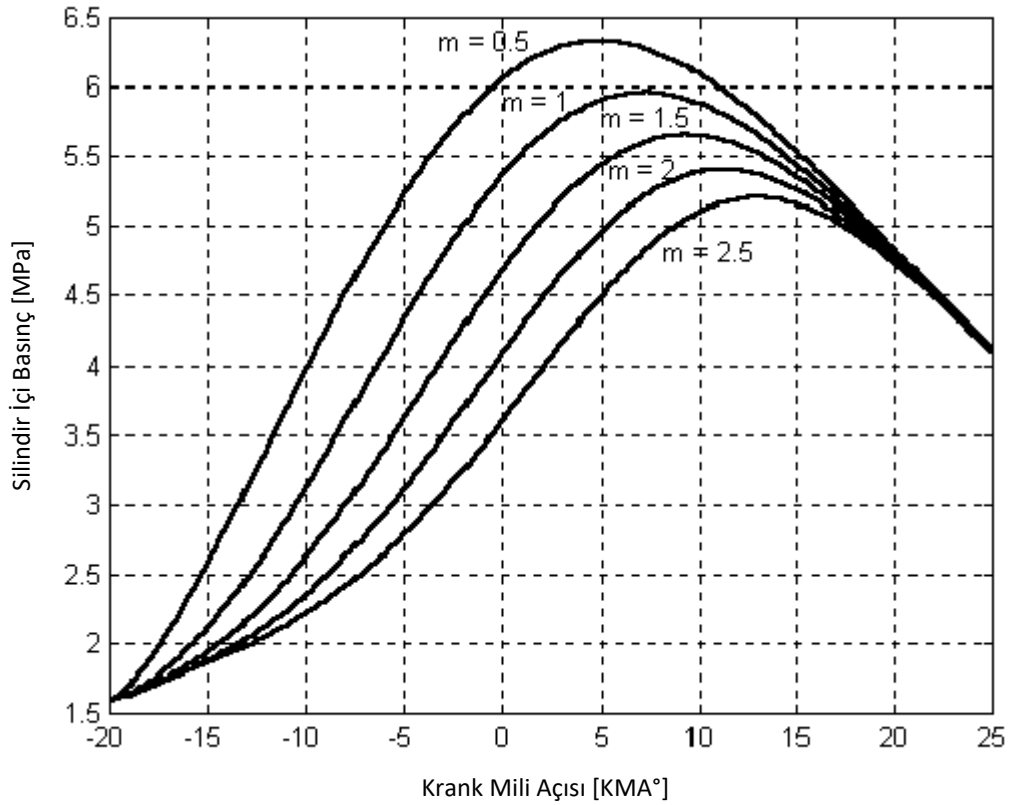
2.1.2.3 Silindir İçi Yanma Modeli

Yakıtın yanması neticesinde açığa çıkacak olan ısı [11];

$$dQ_H = \xi_d \cdot H_u \cdot g_c \cdot dx \quad (2.18)$$

$$g_c = \frac{n_v \cdot \rho_k \cdot V_h}{\lambda \cdot l_0} \quad (2.19)$$

Bu denklemde belirtilmiş olan x silindir içerisine püskürtülen yakıtın, kümülatif olarak yanma miktarını göstermektedir. dx ibaresi ise, bu yakıtın, krank mili açısına göre olan anlık değişimini ifade etmektedir.



Şekil 2.4 Farklı vibe parametrelerinin yanma basıncına etkisi

Özellikle dizel motorlardaki yanma sürecinin karmaşıklığı düşünüldüğünde, bu x değişkeninin de hesaplamanın da oldukça karmaşık olacağı beklenebilir. Ancak deneysel

çalışmalarla türetilen bazı sıfır boyutlu ısı açığa çıkış hesaplaması modelleri ile çok daha yalın bir şekilde hesaplanabilmektedir.

Bilindiği üzere dizel motorlardaki yanma olayını tetikleyici bir etkenin olmayışı ve yakıtın kendi kendine tutuşması özelliği sebebi ile, bu yanma süreci ve x değişkeninin hesaplanmasının ne denli karmaşık fiziksel ve kimyasal hesaplamalar gerektirebileceği düşünülebilir. Bunun yanında, bu hesaplamalar için geliştirilmiş olan bazı sıfır boyutlu modeller ile, yakıtın yanma karakteri ve ısı açığa çıkış miktarı, basit bir şekilde, hesaplanabilmektedir [5], [11].

$$x = 1 - \exp\left[-6,908 \left(\frac{\alpha}{\alpha_z}\right)^{m+1}\right] \quad (2.20)$$

Dizel motorlardaki yanma için geliştirilmiş bu tür modellerin en çok bilinenlerinden biri olan Vibe (Wiebe) yanma modelidir [6].

Yanmanın termodinamik hesaplamaları için hangi tür model kullanılırsa kullanılsın, tüm hesaplamaların termodinamiğin 1. Kanununa uygun bir şekilde, ideal gaz denklemlerinden faydalanarak yapılması gerekmektedir.

Daha önce de ifade edildiği üzere, termodinamiğin 1. Kanunu yani enerjinin korunumu ilkesi, bir sistemin iç enerjisinde meydana gelen artış miktarı, sisteme dışarıdan verilen ısı enerjisi ile birlikte, sistemin dışarıya uygulamış olduğu iş miktarı arasındaki fark kadardır [1], [2], [3], [11].

$$dU = dQ_H - dQ_W - pdV \quad (2.21)$$

İdeal gaz denklemi:

$$p \cdot V = R \cdot M \cdot T \quad (2.22)$$

Krank mili ve dolayısı ile piston hareketine bağlı şekilde ifade edilen, silindir içi hacmin değişimi [11]:

$$V = F_p \omega \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda_s}\right) - \left(\cos\alpha + \frac{1}{\lambda_s} \sqrt{1 - \lambda_s^2 \sin^2\alpha}\right) \right] \quad (2.23)$$

Krank milinin dönüş hızı, Hz

$$\omega = \pi n / 30 \quad (2.24)$$

Biyel kolunun eğikliği;

$$\lambda_s = r / l_s \quad (2.25)$$

t_y yerel sıcaklığının hesaplanması için, termodinamiğin 1. kanununa bağlı olarak belirtilen motordaki yanma denklemi [11];

$$\begin{aligned} \frac{\xi_d \cdot H_u}{\lambda_1 \cdot L_0 \cdot (1 + \gamma_r)} + [(mc_v)_{t_0}^{t_y} + 8.315\alpha] \cdot t_c + 2270(\alpha - \mu_1) \\ = \mu_1 (mc_p)_{t_0}^{t_y} \cdot t_y \end{aligned} \quad (2.26)$$

Sabit hacimdeki dizel yanma ürünlerinin ortalama molar özgül ısı miktarı [4];

$$(mc_v)_{t_0}^{t_y} = \frac{1}{M_{2(\lambda=1)}} [M_{CO_2} (mc_{vCO_2})_{t_0}^{t_y} + M_{H_2O} (mc_{vH_2O})_{t_0}^{t_y} + M_{N_2} (mc_{vN_2})_{t_0}^{t_y}] \quad (2.27)$$

$$(mc_{vCO_2})_{t_0}^{t_y} = 39.123 + 0.003349 \cdot t_y \quad (2.28)$$

$$(mc_{vH_2O})_{t_0}^{t_y} = 26.67 + 0.004438 \cdot t_y \quad (2.29)$$

$$(mc_{vN_2})_{t_0}^{t_y} = 21.951 + 0.001457 \cdot t_y \quad (2.30)$$

Sabit basınçtaki dizel yanma ürünlerinin, ortalama molar özgül ısı miktarı [4];

$$(mc_p)_{t_0}^{t_y} = (mc_v)_{t_0}^{t_y} + 8.314 \quad (2.31)$$

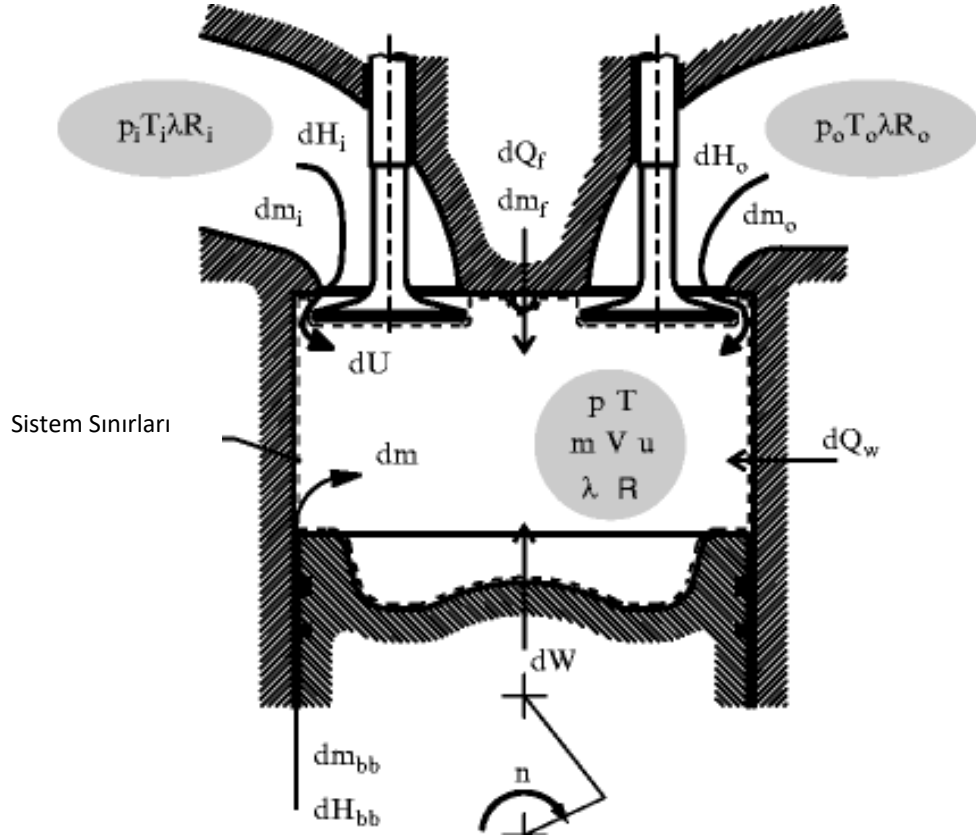
$$k_y = \frac{(mc_p)_{t_0}^{t_y}}{(mc_v)_{t_0}^{t_y}} \quad (2.32)$$

Dizel motor sıkıştırma sonu basıncı ile emme sonu basıncının oranı olan, basınç artış oranı miktarı [4];

$$\alpha = \frac{P_j}{P_c} \quad (2.33)$$

2.1.2.4 Silindir İçi Isı Transferi Modeli

Silindir içerisindeki termodinamik yapıyı doğru modelleyebilmek için, mutlaka silindir içerisindeki ısı transferinin, krank mili açısına bağlı olarak anlık belirlenmesi gerekmektedir. Bu anlamda Woschni deneysel çalışmalar yaparak ampirik bir model geliştirmiştir [7], [8], [11].



Şekil 2.5 Silindir içerisindeki enerji dengesi

$$Q_w = \int_{\varphi=0}^{720} \sum_i h_{(\varphi)} \cdot F_i \cdot (T_{F(\varphi)} - T_{W_i}) \cdot d\varphi \quad (2.34)$$

$$h = 110 \cdot d^{-0.2} \cdot P_z^{0.8} \cdot T_z^{-0.53} \cdot \left[C_1 \cdot C_m + C_2 \cdot \frac{V_H \cdot T_1}{P_1 \cdot V_1} \cdot (P_z - P_{z_0}) \right]^{0.8} \quad (2.35)$$

$$C_1 = 6.18 + 0.417 \cdot \frac{C_u}{C_m} \quad (2.36)$$

$$C_1 = 2.28 + 0.308 \cdot \frac{C_u}{C_m} \quad (2.37)$$

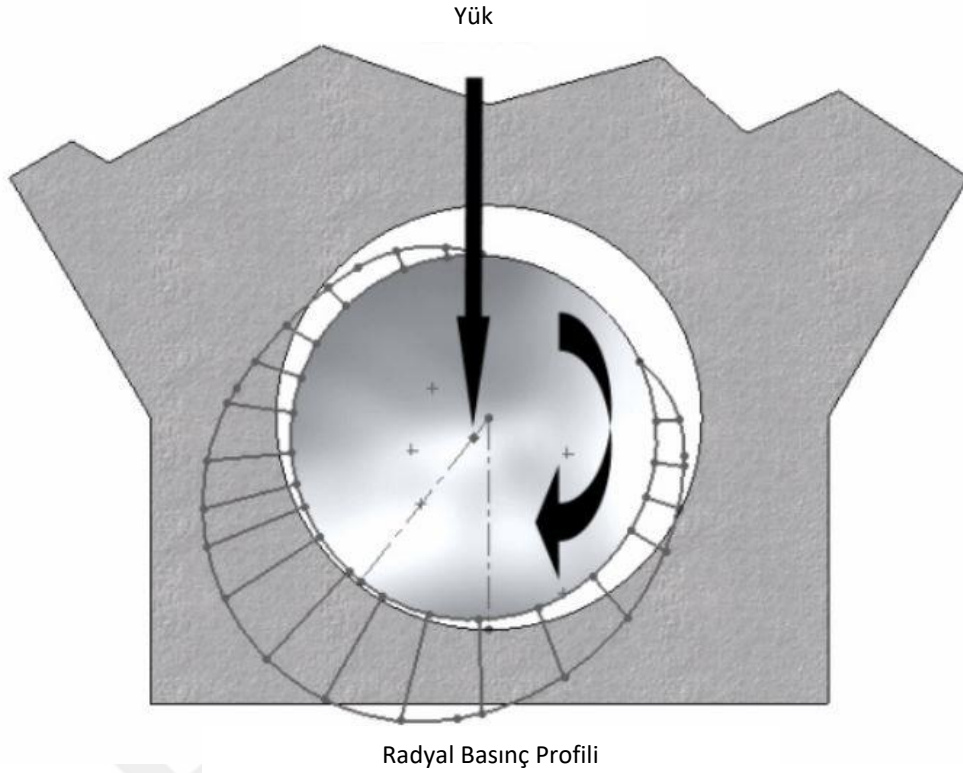
$$C_2 = 3.24 \cdot 10^{-3} \quad (2.38)$$

Bu Woschni ısı transferi modelinde belirtilen C_1 parametresi, motorun çalışma şartlarındaki farkı sıcaklık ve basınç durumuna göre değişken bir yapıya sahip olmalıdır. Bu anlamda egzoz aşamasında ve sıkıştırma genişleme aşamasında farklı hesaplamalar yapılması gerekmektedir.

2.1.2.5 Motor Sürtünme Modeli

Bir içten yanmalı motor içerisinde meydana gelen sürtünmelerin çok büyük bir kısmı, piston segmanları ve silindir yüzeyinde meydana gelmektedir. Motor hızının artması ile, bu sürtünme kayıpları, ortalama piston hızının artması ve dolayısı ile piston segmanlarının birim zamanda daha çok kez sürtünmesi sebebi ile artış gösterecektir.

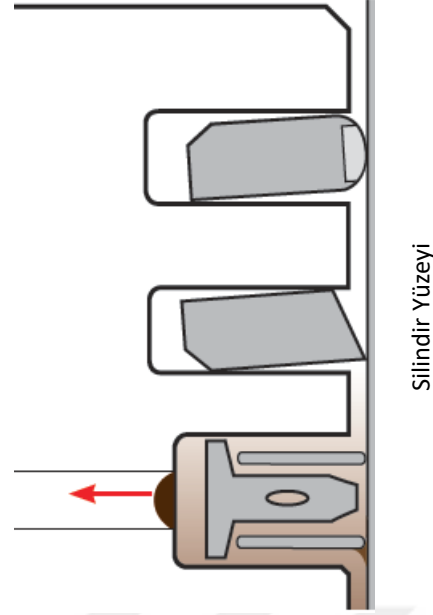
Motorun yataklarının yanında, piston ve silindir cidarı arasına gelen sürtünmeler sadece motor hızına bağlı bir değişken değildir. Motorun çalışma koşullarına göre, özellikle silindir içi basıncın oluşturduğu kuvvetler neticesinde de sürtünmeler değişim göstermektedir.



Radyal Basınç Profili
Şekil 2.6 Krank miline gelen kuvvetler

Motor içerisinde meydana gelen yanma basıncı, piston segmanlarının arka yüzeyinden etkiyerek, silindire dik olacak şekilde bir kuvvet oluşmasını sağlar. Bu kuvvet piston ve silindir arasındaki yağ tabakasını sıyrarak, istenilen film tabakasının oluşmasını sağlar. Ancak neticede sürtünme kayıplarını da artırır. Fakat bu istenen bir durumdur. Bu sayede, silindir yüzeyindeki film kalınlığının belirli bir değerde kalması sağlanarak, fazla yağın, piston ile silindir kafası arasında kalan yanma odası bölgesinden uzaklaştırılması sağlanır. Bu da yağ tüketim değerini azaltan bir faktör olarak ortaya çıkar. Ancak basıncın aşırı yükselmiş olduğu, normal çalışma koşullarının üzerine çıkılırsa, istenilen film tabakası kalınlığının da altına inilerek, segmanların silindir yüzeyini kazıması hadisesi gerçekleşir. Ayrıca, silindir içi basıncın artması dolayısı ile piston, biyel ve krank yataklarına etkiyen kuvvetler de artacağından, bu bölgelerde de sürtünme miktarında artış gözlemlenebilir.

Anlaşılabileceği üzere, motorun farklı çalışma hızlarında ve farklı yük koşullarında, silindir içerisinde meydana gelen basınç seviyesi farklılık göstereceğinden, sürtünme miktarları da farklılık gösterecektir [12].



Şekil 2.7 Piston segmanları ve silindir yüzeyi arasındaki sürtünme

$$FMEP = FMEP_{Const} + A \cdot P_{Cyl,max} + B \cdot c_{p,m} + C \cdot c_{p,m}^2 \quad (2.39)$$

Motorun tüm sürtünmelerini içerisinde barındıran ve literatürde kabul görmüş bir model olan Chen-Flynn motor sürtünme modelinin temelini oluşturan matematiksel ifade, denklem 2.12 de gösterilmiştir.

2.1.2.6 Silindir İçi Basınç ve Sıcaklığın Hesaplanması

Bu bölüme kadar bahsedilen tüm modeller sayesinde, silindir içerisindeki ortama sıcaklığın anlık değişimi gözlemlenir. İlk önce silindir içerisinde bulunan taze hava sıkıştırılmaya başlanmaktadır. Bu esnada sıkıştırmadan dolayı ve taze havadan daha sıcak olan silindir yüzeylerinden transfer olan ısı miktarından dolayı, taze havanın sıcaklığı artmaya başlar. Sıkıştırma işlemi devam ettikçe, taze havanın sıcaklığı, silindir yüzey sıcaklığından daha yüksek hale gelmeye başlar. Tam bu anda artık silindir içerisindeki taze havadan, silindir yüzeylerine olacak şekilde, ısı transferi yön değiştirir ve taze hava iç enerjisinin bir kısmını silindir yüzeylerine ve soğutma suyuna transfer etmeye başlar. Buna karşın, yüksek hızda ve yüksek oranda meydana gelen sıkıştırma işlemi sebebi ile, silindir içerisindeki havanın sıcaklığı hızlı bir şekilde artmaya devam eder.

Sıkıştırma işleminin sonlarına doğru, içeride basıncı ve sıcaklığı yükselmiş olan hava içerisine, çok küçük partiküller halinde, yüksek basınçta yakıt püskürtülür.

Silindir içerisine, üst ölü noktadan bir miktar önce giren yakıt kütlesi sebebi ile kapalı sistemin içerisindeki iç enerji artarken, hemen akabinde meydana gelen fiziksel hal değişimleri ve yakıt ile hava arasındaki ısı transferleri sebebi ile ortalama sıcaklık ve basınç, yanma başlangıcı öncesinde artan ivmesini bir miktar kaybeder.

Yakıt hava karışımının hem basınç hem de sıcaklık anlamında tutuşma şartlarına ulaşmasıyla birlikte, silindir içerisinde bu ana kadar yanmadan birikmiş olan yakıt, kontrolsüz bir şekilde patlamalı olarak yanar ve silindir içerisindeki sıcaklık ve basınçta ani yükselmeler meydana gelir. Aynı zamanda silindir içerisindeki NOx emisyonunun da oluşumunun büyük bir kısmı, bu anda gerçekleşmektedir.

Silindir içerisinde tutuşma gecikmesi sebebi ile meydana gelen bu ani ve kontrolsüz yanma sonrasında, biriken yakıt tükenir ve yakıt püskürtülmeye devam ettikçe, yakıt kontrollü bir şekilde yanmaya devam eder. Bu noktada piston üst ölü noktadan sonrasına geçiş yaparak genişleme sürecine girmiş olsa da, yanma devam ettiği için bir süre daha silindir içi basınçta ve sıcaklıkta artış devam eder.

Genişleme süresince, yakıt püskürtme süreci bir süre sonra sona erse de, püskürtülmüş olan yakıt yanmaya devam eder. Bu safhaya art yanma aşaması denir. Ancak artık piston üst ölü noktadan oldukça uzaklaştığı için herhangi bir basınç artışı gözlenmez.

Son olarak genişleme süresi boyunca, silindir içerisindeki basıncın, piston yüzey alanı sayesinde oluşturduğu kuvvetlerden, krank mili sayesinde moment üretilmiş olur. Geçerli çalışma bölgesindeki motor hızı ile birlikte motor gücü açığa çıkmış olur.

Silindir içerisindeki tüm modeller kullanılarak denklem 2.1 üzerinden silindir içerisindeki alık sıcaklık değişimi ve denklem 2.2 üzerinden ise anlık basınç hesabı yapılabilir [6].

$$dT = \frac{dU}{(mC_v)_{t_0}^{t_i}} \quad (2.40)$$

$$dP = \frac{R_m M dT}{dV} \quad (2.41)$$

Bahsedilmiş olan tüm bu süreçlerdeki sıcaklık ve dolayısı ile basınç değişimleri hesaplanır. Tüm çevrimin tamamlanmasının ardından, silindir içerisindeki indike basınç hesaplanarak, sürtünme modelinin yardımı ile efektif basınca geçiş yapılır. Efektif basınç üzerinden tork ve güç hesaplamalarına geçişmiş olur.

2.1.2.7 Azot Oksit Emisyonunun Hesaplanması

Azot oksit (NO_x) emisyonunun oluşumu esasen içten yanmalı motorlarla direkt olarak ilgili bir durum değildir. Hava kullanılarak gerçekleştirilen tüm yanmalarda Azot oksit oluşumu beklenebilir. Havada bulunan azot ve oksijen molekülleri, yüksek sıcaklıkta ve basınçta tüm yanmalarda ve bazı doğa olaylarında kendiliğinden reaksiyona girerek azot oksit emisyonlarını oluştururlar.

Yanma sırasında birbirleri ile tepkimeye giren oksijen ve azot, esasında (NO) ve (NO_2) olarak tepkimeye girebilmektedir. Ancak, bu gazlar atmosfere karıştığında, fotokimyasal tepkimeye girerek kirli bir tabaka oluştururlar. Hava kirletme özellikleri aynı olması sebebi ile çoğu zaman bu iki gaz birlikte ele alınarak (NO_x) şeklinde isimlendirilmektedirler.

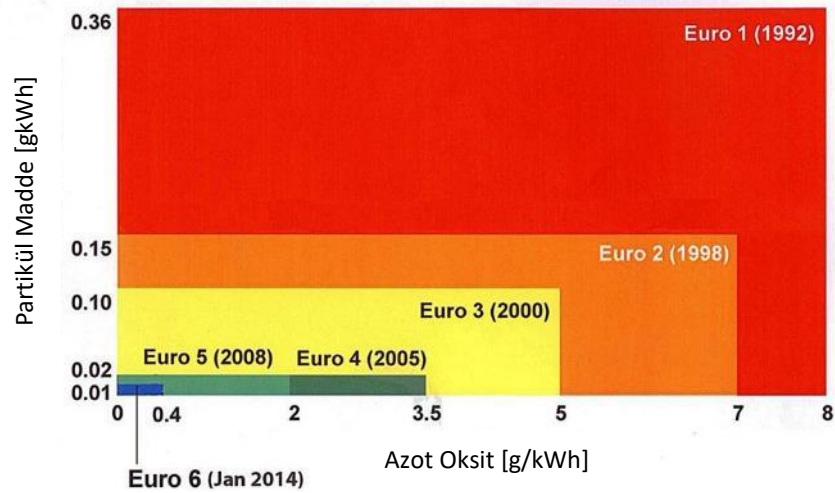
Bilindiği üzere dizel motorlardaki karışım oluşumu homojen değildir. Bu sebeple yanma her noktaya eşit şekilde dağılmamaktadır. Her ne kadar, silindir içerisinde basınç her noktaya eşit şekilde dağılıyor olsa da, sıcaklığın yayılması zaman almakta, hava ile buluşan ve yanmaya başlayan yakıtın etrafındaki bölgesel sıcaklıklar çok yüksek derecelere çıkabilmektedir. Yaklaşık olarak 2000 K sıcaklıklarında azot oksit oluşumu gözlemlenmektedir. Ancak, azot oksit emisyonunun oluşumu için, silindir içi ortalama sıcaklıkların bu seviyeye çıkması gerekmemektedir. Ortalama sıcaklıklar çok daha düşük mertebelerde olsa dahi, bölgesel sıcaklıklar bunu çok üzerinde, azot oksit oluşum mertebelerinde olabilir. Ancak, ortalama sıcaklıklar da eğer bu değerlere yükselirse, silindir içerisinde bu sıcaklık ve basınç ile karşılaşacak olan oksijen ve azot miktarı artacağı için, azot oksit oluşumu, bölgesel olarak yanma gerçekleşmeyen bölgelerde dahi meydana gelmeye başlayacaktır.

Görüldüğü üzere, hali hazırda karmaşık bir yanma mekanizmasına sahip olan dizel motorlarda, azot oksit oluşum mekanizması da sistemin karmaşıklık seviyesini

arttırmaktadır. Ancak günümüzde azot oksit emisyonunun mekanizmasını çözümlen pek çok teknik geliştirilmiştir ve test ile doğrulanması sonrasında gerçeğe çok yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Bununla birlikte azot oksit oluşumunun gerçek teorisini kullanarak ayrıntılı çözüm getirmeye çalışan yazılımların sonuç verme hızları bir hali düşüktür [9].

Tüm bu sebepler ele alındığında, her geçen gün içten yanmalı motorlara getirilen emisyon kısıtlamaları düşünüldüğünde, kullanılan yazılım teknolojisi, azot oksit oluşumu gibi karmaşık bir sorunun çözümüne ilişkin bizi maddi anlamda ve zamansal olarak işimizi kolaylaştırmaktadır.

Avrupa Egzoz Emisyon Standartları



Şekil 2.8 Avrupa emisyon standartlarındaki emisyonların değişimi

Krank mili açısına bağlı olarak, silindir içerisindeki azot oksit miktarının değişimi [9];

$$\frac{dM_{NO}}{d\alpha} = \frac{2(1 - \beta^2)}{6n} \left[\frac{R_1}{\frac{\beta \cdot R_1}{(R_2 + R_3)} + 1} \right] \frac{10^3 \cdot p}{M_\Sigma RT_z} \text{ kmol / KMA} \quad (2.42)$$

Bu denklem üzerinde reaksiyonların, R_1 , R_2 , ve R_3 iki yönlü oluşum hızları gösterilmiştir.

$$R_1 = k'_1 \cdot [NO] \cdot [N] \quad (2.43)$$

$$R_2 = k_2 \cdot [O_2] \cdot [N] \quad (2.44)$$

$$R_3 = k_3 \cdot [N] \cdot [OH] \quad (2.45)$$

$$k'_1 = 3,1 \cdot 10^3 \cdot \exp(-160/T) \quad (2.46)$$

$$k_2 = 6,4 \cdot 10^9 \cdot T \cdot \exp(-3125/T) \quad (2.47)$$

$$k_3 = 4,2 \cdot 10^{13} \quad (2.48)$$

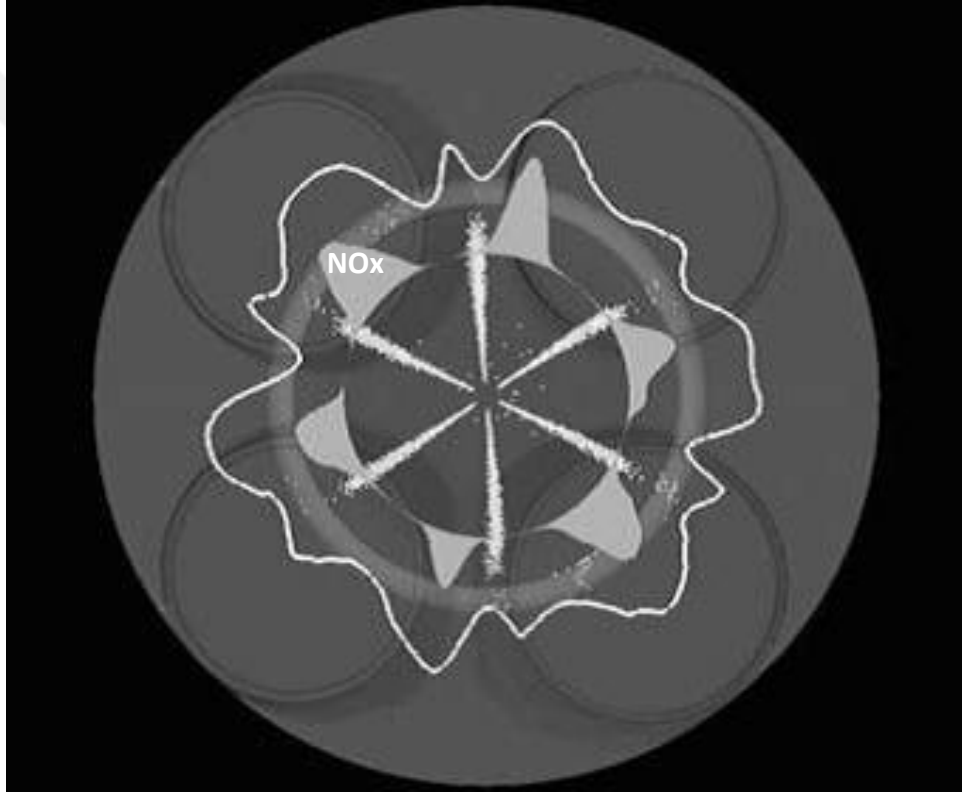
Yukarıda verilmiş olan katsayıların belirlenmesi, dizel yakıtının hava ile birlikte yanmasının, azot oksit oluşumu sürecinden çok daha hızlı bir şekilde tamamlanması ile ilişkilidir. Yanma süreci tamamlanmış olmasına ve yanma ürünleri belirli bir denge sürecine ulaştıktan sonra bile, oluşmaya devam edebilmektedir [9].

Öyle ki, daha önceki geliştirilmiş modellerde, azot oksit oluşumunun hesaplanması için, döngü içerisine silindir içi yanma basıncının maksimum değeri kullanılmakta, yanma sürecinin tamamlanması beklenmekteydi. Ancak Genişletilmiş Zeldovich Mekanizması sayesinde, yanma süreci bölgelere ayrılarak, her bölge için ayrı ayrı bölgesel hesaplama yapılabilmesi mümkün oldu. Bu bölgeler ne denli küçük seçilir ise, elde edilen sonuçların da doğruluk seviyesi aynı düzeyde artış göstermektedir.

Azot oksit oluşumu için geliştirilmiş olan Zeldovich mekanizması, dizel yakıtın yanması esnasında, yanma odasında meydana gelen "Mach" etkisinin ortaya çıkarttığı sıcaklık gradyanının da incelenmesini gerekliliğini doğurur. Örnek olarak, yanma esnasında silindir içerisinde meydana gelen basıncın, çok hızlı bir şekilde silindirin diğer bölgelerine yayılması sebebi ile, basınç seviyesi her bölgede aynı değere ulaşır. Ancak silindir içinde meydana gelen bölgesel sıcaklıklar için, aynı hızda bir yayılma özelliğinden bahsetmek mümkün değildir. Bu sebeple, aynı diferansiyel küçük anlarda, farklı bölgelerde, farklı sıcaklık seviyeleri ile karşılaşmak muhtemeldir. Azot oksit emisyonunun oluşum bölgelerindeki yerel gaz basıncına bağlı olarak, sıcaklık seviyesindeki değişim aşağıda gösterilmektedir [9];

$$T_{y.\ddot{u}.} = T_y \cdot \left(\frac{p_j + 1}{p_j} \right)^{\frac{k_j - 1}{k_j}} \quad (2.49)$$

Azot oksit emisyonunun hesaplamasında, dizel yanma sonu ürünlerinin sıcaklık dağılımına açıklama getirmek için, yanma odası eş hacimlere sahip bölgelere bölünmektedir. Bu bölgelerde yanma sürecinin tamamlanmasının ardından, diğer bölgelerden ayrı bir şekilde ısı ve kütle geçişinin var olmadığı düşünülerek, yerel sıcaklık üzerinden azot oksit oluşumu hesaplanmaktadır.



Şekil 2.9 NOx emisyonlarının oluşum bölgeleri

Dizel yanması sonucu oluşan egzoz gazlarındaki azot oksit miktarı, farklı bölgelerdeki yanma sürecini tamamlamış yakıt miktarına bağlı olarak oluşmuş azot oksit seviyelerinin toplamı şeklinde ifade edilebilir [11].

$$NO(\alpha) = \sum_I^B NO_j(\alpha) \cdot \Delta x_j \quad (2.50)$$

Silindir içerisindeki yerel sıcaklıkların hesabı [11];

$$T_{yerel} = T'_y \left(\frac{p}{p_{max}} \right)^{\left(\frac{k_y - 1}{k_y} \right)} \quad (2.51)$$

(T'_y) basınç seviyesinin en yüksek noktada olduğu sıcaklıktır.

Yanma süresince, püskürtülen yakıt etrafındaki yanma bölgelerinde meydana gelen basınç değişimleri, bu bölgedeki alanda sıkışma ve genişleme etkileri göstermektedir. Bu durum da gözlemlenen bölgenin karakterine göre, bölgesel sıcaklıkların artmasına veya azalmasına sebep olabilmektedir. Bu etki dikkate alınarak, yanmanın henüz gerçekleşmediği bölgelerdeki sıcaklık seviyesindeki değişim, aşağıdaki şekilde belirlenebilir [11];

$$T_{kar} = T_c (p/p_c)^{k_y - 1/k_y}, (K) \quad (2.52)$$

2.1.3 Döngü Sonrası Motor Büyüklüklerinin Hesaplanması

2.1.3.1 Yanma Sonu Ürünlerinin Bileşim Miktarı

Birim miktar yakıtı tam olarak, eksiksiz bir şekilde yakabilecek olan hava miktarına, stokiyometrik hava miktarı ve bu karışıma ise, stokiyometrik karışım denilmektedir ($\lambda = 1$). Bu durumda havanın hiç fazla gelmediği ve eksik de kalmadığı düşünüldüğü için, hava fazlalık katsayısı 1 olarak ifade edilir. Eğer püskürtülen yakıt miktarı, silindir içerisinde bulunan havanın yakabileceğinden daha fazla olursa, karışım, zengin karışım olarak isimlendirilmektedir ($\lambda < 1$). Eğer, püskürtülen yakıt miktarı, silindir içerisinde bulunan havanın yakabileceği yakıt miktarından daha az ise, bu karışıma da fakir karışım denilmektedir ($\lambda > 1$).

Bu durumda, fakir karışım oluşumu durumunda ($\lambda > 1$) [4];

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} \quad (2.53)$$

$$M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0.208(\lambda - 1)L_0 + 0.792\alpha L_0 \quad (2.54)$$

Stokiyometrik karışımın oluşması durumunda ($\lambda = 1$) [4];

$$M_{2(\lambda=1)} = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} \quad (2.55)$$

$$M_{2(\lambda=1)} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0.792\lambda_1 L_0 \quad (2.56)$$

Yanma sürecindeki yakıt ve havanın oluşturduğu taze dolgu karışımının, moleküler değişim katsayısı [4];

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} \quad (2.57)$$

$$\mu_0 = 1 + \frac{\frac{H}{4} + \frac{O}{32} - \frac{1}{m_y}}{\lambda L_0 + \frac{1}{m_y}} \quad (2.58)$$

2.1.3.2 Çevre Parametreleri

Ortam havası, basınç ve sıcaklığından hesaplanan, turboşarj sisteminin olmadığı düşünülmesi durumunda taze dolgu yoğunluğu [4];

$$\rho_0 = \frac{\rho_0 \cdot 10^6}{287 \cdot T_0} \quad (2.59)$$

2.1.3.3 Artık Gaz Parametreleri

Dizel motorlarda, çevrim sonunda silindir içerisinde kalan gazın basıncı, turboşarj sistemi kullanıldığı durumda $P_r = (0.75 \div 0.98) \cdot P_k$ aralığında değişmektedir. Turbo sistemi sonrası hava basıncı (P_k) turbo basınç oranı (P_k/P_0) ibaresi ile açık hava basınç miktarının çarpımı kadardır [4].

$$P_r = 0.95 \cdot P_k \quad (2.60)$$

Silindir içi artık gaz sıcaklığı [4];

$$T_r = 1600 - 403 \cdot \lambda + 0.037 \cdot n - 7.38 \cdot \varepsilon \quad (2.61)$$

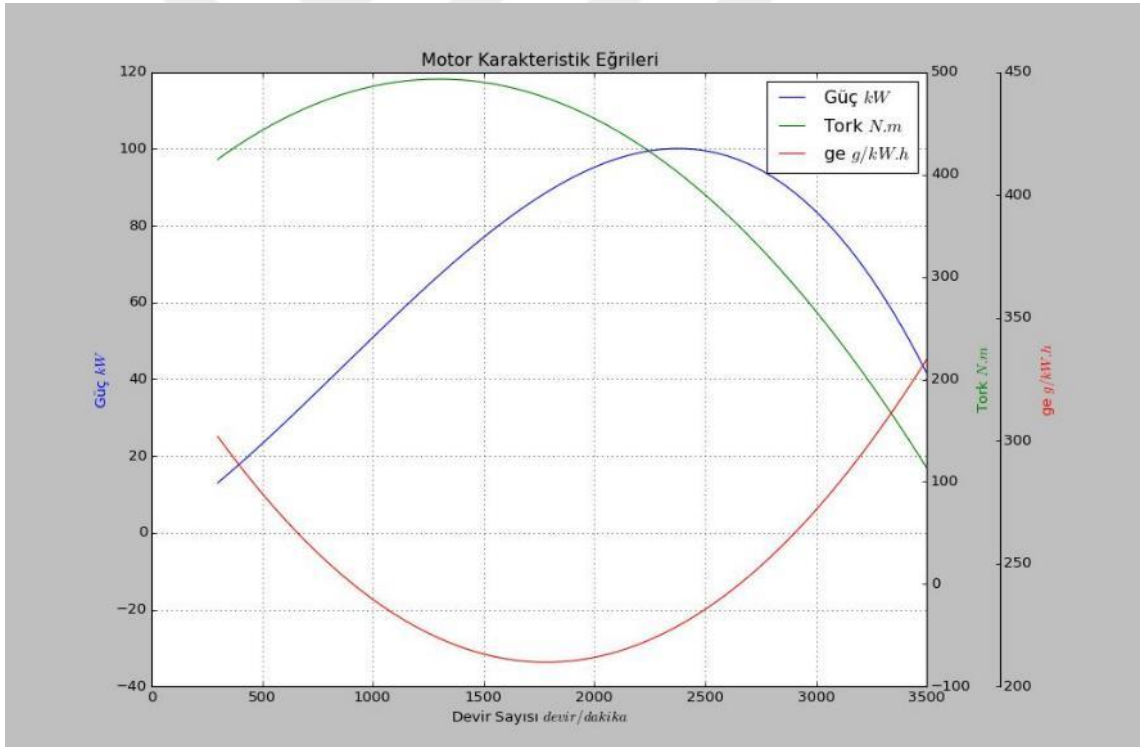
2.1.3.4 Gerçek Moleküler Değişim Katsayısı

$$\mu = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} \quad (2.62)$$

$$M_r = \gamma_r M_1 \quad (2.63)$$

2.1.3.5 Motor Performans Parametreleri

Motor çevrimlerinin analizine geçmeden önce çevrimlerde kullanılan iş, indike basınç, moment – güç ve volümetrik verim gibi kavramları açıklamak uygun olacaktır.



Şekil 2.10 Bir dizel motorun performans eğrileri

İş, içten yanmalı motorlarda, silindir içerisindeki yanma sonucunda oluşan yüksek basıncın, piston yüzey alanına etkimesi ile oluşan kuvvetin, piston ve biyel kolu üzerinden krank mili ne iletilerek, krank milinin yarıçapı boyunca etkimesi sonucunda iş meydana gelmiş olur [6].

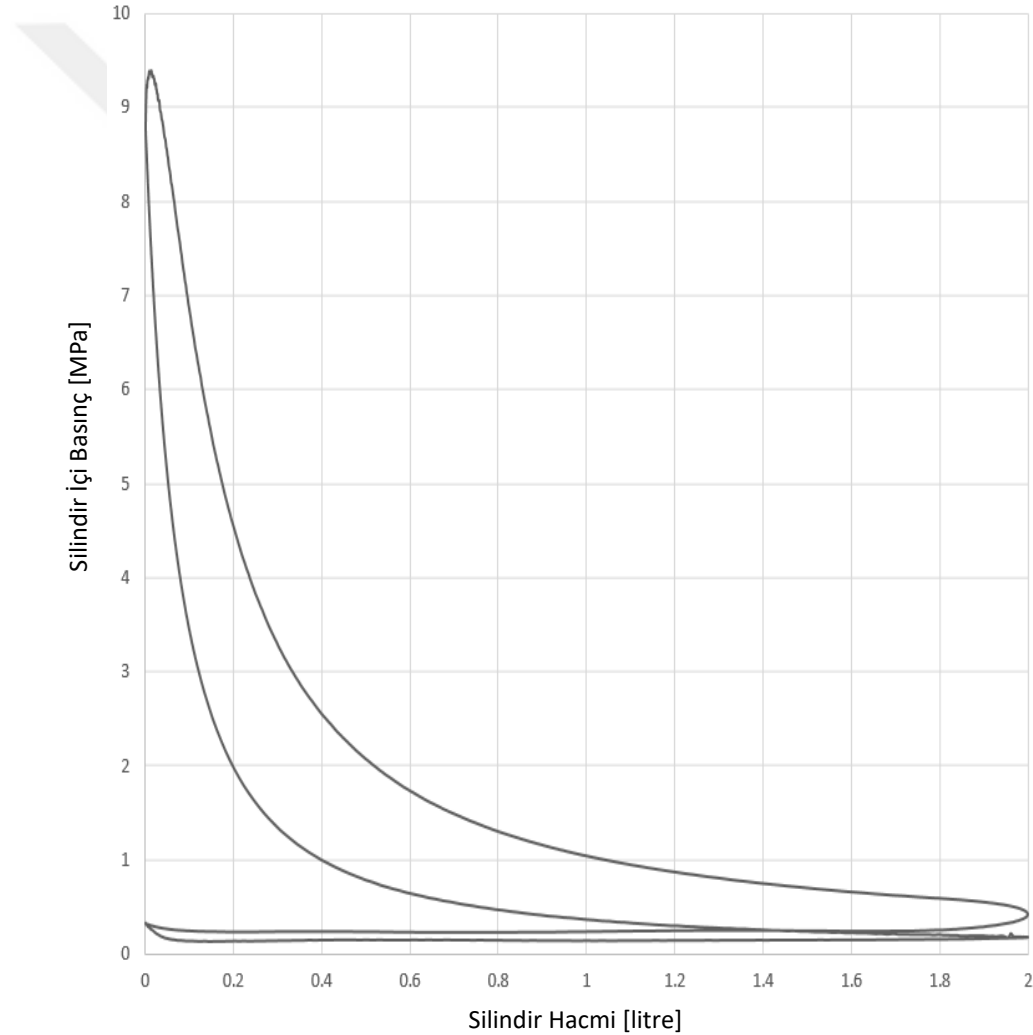
$$L = \int F \cdot dx = \int P \cdot A_p \cdot dx \quad (2.64)$$

$$A_p \cdot dx = dV \quad (2.65)$$

Bu ifadede dV pistonun hareketi sırasında, silindir içerisindeki taradığı hacimdir. Buradan iş [6];

$$L = \int P \cdot dV \quad (2.66)$$

Şeklinde, silindir içi basınca ve silindir hacmine göre ifade edilebilir.



Şekil 2.11 Bir dizel motorun indikatör diyagramı

Bir motorun indikatör diyagramı, 720° krank mili açısı boyunca, silindir içi basıncının, yanma odasının hacim değişimine göre ifade edilmesidir.

İçten yanmalı motorlar genellikle birden fazla silindiri içerisinde barındırması sebebi ile, analizler sırasında, silindirdeki kütleyi, birim kütle şeklinde ifade etmemiz, hesaplamalarımızı kolaylaştıracaktır. Bu şekilde hacim yerine, özgül hacim; iş yerine ise özgül iş tanımları kullanılabilir [6].

$$\omega = W/m \quad (2.67)$$

$$v = V/m \quad (2.68)$$

$$\omega = \int P \cdot dv \quad (2.69)$$

olur.

İndikatör diyagramında, başlangıç noktası olarak sıkıştırma başlangıcının olduğu alt ölü nokta kabul ederek eğriyi takip edecek olalım. Her alt ölü noktadan üst ölü noktaya doğru hareketin belirttiği eğrinin altında kalan alan negatif, her üst ölü noktadan, alt ölü noktaya doğru hareketin belirttiği eğrinin altında kalan alan ise pozitif işi temsil eder. Bu eğrilerin integrali alınırsa, sonuç olarak eğrinin arasında kalan alanlardan, üst bölümdeki alan pozitif iş, alt bölümde kalan alan negatif iş olarak karşımıza çıkacaktır.

Bu pozitif işten, negatif iş çıkartılırsa, elde edilecek olan ifade indike işi belirtir.

Ancak bu indike iş, motorun esas çıkış bölümü olan, volan kısmından aldığımız güç ile birbirine eşit değildir. Motor üzerinde bulunan, yakıt pompası, su pompası gibi ek donanımlar ve motor içi sürtünmelerin kayıpları hesaplandığında, geriye kalan ve volandan aldığımız iş, efektif iş olarak karşımıza çıkar [6].

$$\omega_e = \omega_i - \omega_f \quad (2.70)$$

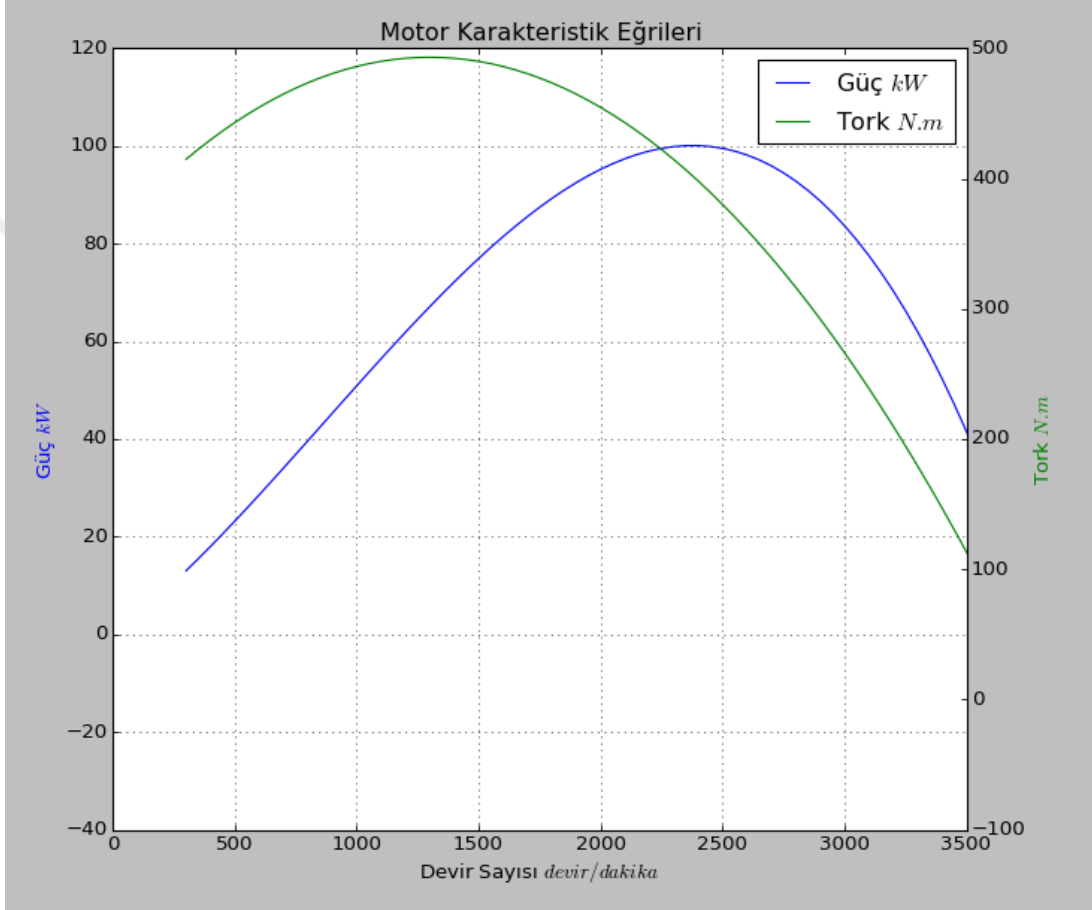
$$\omega_{net} = \omega_{top} - \omega_{emme} \quad (2.71)$$

Motor volanından alınabilen efektif işin, motorun silindir içerisindeki basıncından hesaplanan indike işe oranı, mekanik verimi göstermektedir [6].

$$\eta_m = \omega_e / \omega_i = W_e / W_i \quad (2.72)$$

Moment (veya motordaki yaygın kullanımı ile tork), gelen tabir ile, bir motorun iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilebilir. Krank milinin yarıçapı boyunca oluşan kuvvet koluna etkileyen kuvvetin etkisi olarak ifade edilebilir [6].

$$2 \cdot \pi \cdot M = W_e = P_{em} \cdot V_H / i \quad (2.73)$$



Şekil 2.12 Motor torkunun ve gücünün motor hızına göre değişimi

Güç, motor momentinin, birim zaman boyunca uygulanmasıdır [6].

$$W = W \cdot n / i \quad (2.74)$$

$$W = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot n / i \quad (2.75)$$

$$W = (1/2 \cdot i) P_{im} \cdot A_p \cdot U_p \quad (2.76)$$

$$W = P_{im} \cdot A_p \cdot U_p / 4 \quad (2.77)$$

$$\dot{W}_e = \eta_m \cdot \dot{W}_i \quad (2.78)$$

Motor gücü, motor hızına ve o hızda motordan alınan tork ile doğru orantılıdır. Sabit bir motor torkundan bahsedecek olursak, bu torkun yüksek devirlerde alınması motor gücünü artırır. Ancak bu durumda, motorun hız artışı, sürtünme kayıplarını da arttıracaktır ve dolayısıyla özgül yakıt tüketimi değeri olumsuz etkilenecektir.

Eğer motorda yüksek hızlara çıkmak için bir kısıt varsa veya yakıt ekonomisi göz önünde bulundurulmak isteniyorsa, motorun sabit devirde gücünü arttırabilmek için motorun tork değerini arttırmak gerekir. Bunun için ise, motorun hava fazlalık katsayısının izin verdiği ölçüde dizel motorun yakıt enjeksiyon miktarının arttırılması gerekmektedir. Ancak bu durumda da motorun silindir içi maksimum basınç durumu, yapısal dayanım açısından, motorun ısı transfer yeteneği de termik gerilmeler açısından göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.3.6 İndike Parametreler

Bir motorda indike parametrelerden bahsedecek olursak, bu parametrelerin tümü, motorun silindir içi basıncından elde edilen, indikatör diyagramındaki, ortalama basıncın tespit edilmesi ile ilgilidir. Bu indike basınç üzerinden, motorun indike gücü hesaplanabilir. Bu indike güç hesabı için tüketilen yakıt miktarı da bilindiğine göre, bir özgül yakıt tüketiminden bahsedilebilir. Bu da indike özgül yakıt tüketimi olarak karşımıza çıkar. Ayrıca motorun sürtünmelerinin ihmal edildiği bu indike parametreler için hesaplanan verim için ise, indike verim ifadesi geçerli olur.

Ortalama İndike Basınç: Silindir içerisindeki basınç, krank mili açısı veya başla bir ifade ile, silindir içerisindeki hacim değişimi boyunca farklı değerler almaktadır. Aynı süreç boyunca, aynı tork değerini verecek, sabit bir basınç türetilir. Bu basınca, indike ortalama efektif basınç denir [6].

$$\omega = P_{im} \cdot \Delta v \quad (2.79)$$

$$\Delta v = v_{A\ddot{O}N} - v_{\ddot{U}O\ddot{N}} \quad (2.80)$$

Bu ortalama efektif basınç ifadesi, motorların hacminden ve gücünden bağımsız bir büyüklük olması sebebi ile farklı alanlarda farklı güç ve büyüklükteki motorların birbirleri ile kıyaslanabilmesini sağlar. Aksi takdirde sadece motor gücüne veya motor hacmine bakılarak, motorlar arasında bir kıyas yapmak çok sağlıklı ve belirleyici olmamaktadır.

Efektif basınç, efektif işin, motorun strok hacmine göre oranıdır [6].

$$P_{em} = \omega_e / V_H \quad (2.81)$$

Teorik olarak, ortalama indike basınç [6];

$$P_i = \left(\frac{Q_w}{V_h \cdot 1000} \right) - (P_r - P_\alpha) \quad (2.82)$$

Ortalama İndike Güç:

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_h \cdot i \cdot n \cdot 1000}{30\tau} \quad (2.83)$$

İndike Verim:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot \ell_0 \cdot \lambda}{H_u \cdot \rho_0 \cdot \eta_V} \quad (2.84)$$

İndike Özgül Yakıt Tüketimi:

$$b_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i} \quad (2.85)$$

2.1.3.7 Efektif Parametreler

Efektif parametreler, motor volanından ölçülen tork üzerinden hesaplanır. Bu torkun alındığı motor hızı noktasındaki güç, efektif güç olarak tanımlanır. Efektif güç üzerinden ise efektif özgül yakıt tüketimi ve efektif verim hesaplanabilmektedir [6];

Efektif Basınç:

$$P_e = \eta_m \cdot P_i \quad (2.86)$$

Efektif Güç:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau} \quad (2.87)$$

Döndürme Momenti:

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n} \quad (2.88)$$

Efektif Verim:

$$\eta_e = \eta_m \cdot \eta_i \quad (2.89)$$

Efektif Özgül Yakıt Tüketimi:

$$b_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_e} \cdot 10^3 \quad (2.90)$$

Yakıt Tüketimi:

$$G_y = N_e \cdot b_e \cdot 10^{-3} \quad (2.91)$$

2.2 Matematiksel Modellerin Yazılım Diline Aktarılması

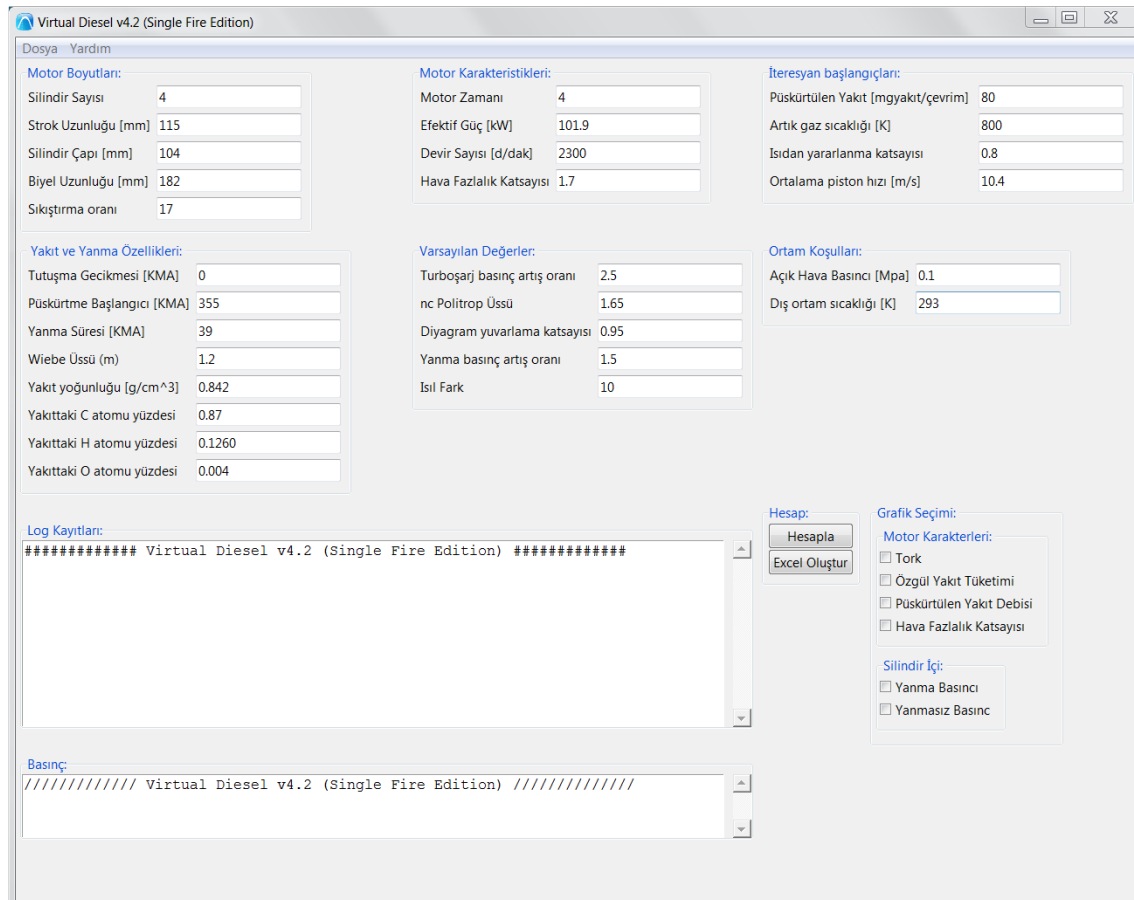
Python, yapısı itibarı ile matematiksel fonksiyonların çözümlemesinde bilimsel hesaplamaların yapılmasında büyük kolaylık sağlar. Programlama stratejisine bağlı olarak, istenirse MATLAB kullanıcılarının aşına olduğu matris tabanlı değişkenler sistemi kullanılmaktadır.

Matematik modellerin Python programlama diline aktarılmasıyla 19 ayrı kütüphane kullanılmıştır. Tüm yazılım için 3462 satır kod yazılmıştır. Programdaki integral hesaplamalarında “trapez” sayısal çözümleme metodu kullanılmıştır. Türev hesaplamalarında ise, “ileri doğru farklar” metodu kullanılmıştır. Çözümlemelerde daha gelişmiş hesaplama metotları kullanılabilir ancak, hesaplama çözünürlüğünün 0,1 krank mili açısı olarak belirlenmesi sebebi ile hata payı olabildiğince az seviyelere inmiş

durumdadır. Daha hassas sonuçları sadece çözünürlüğü değiştirerek, programlama kodlarına müdahale etmeden 0,01 krank mili açısında da elde edebiliriz.

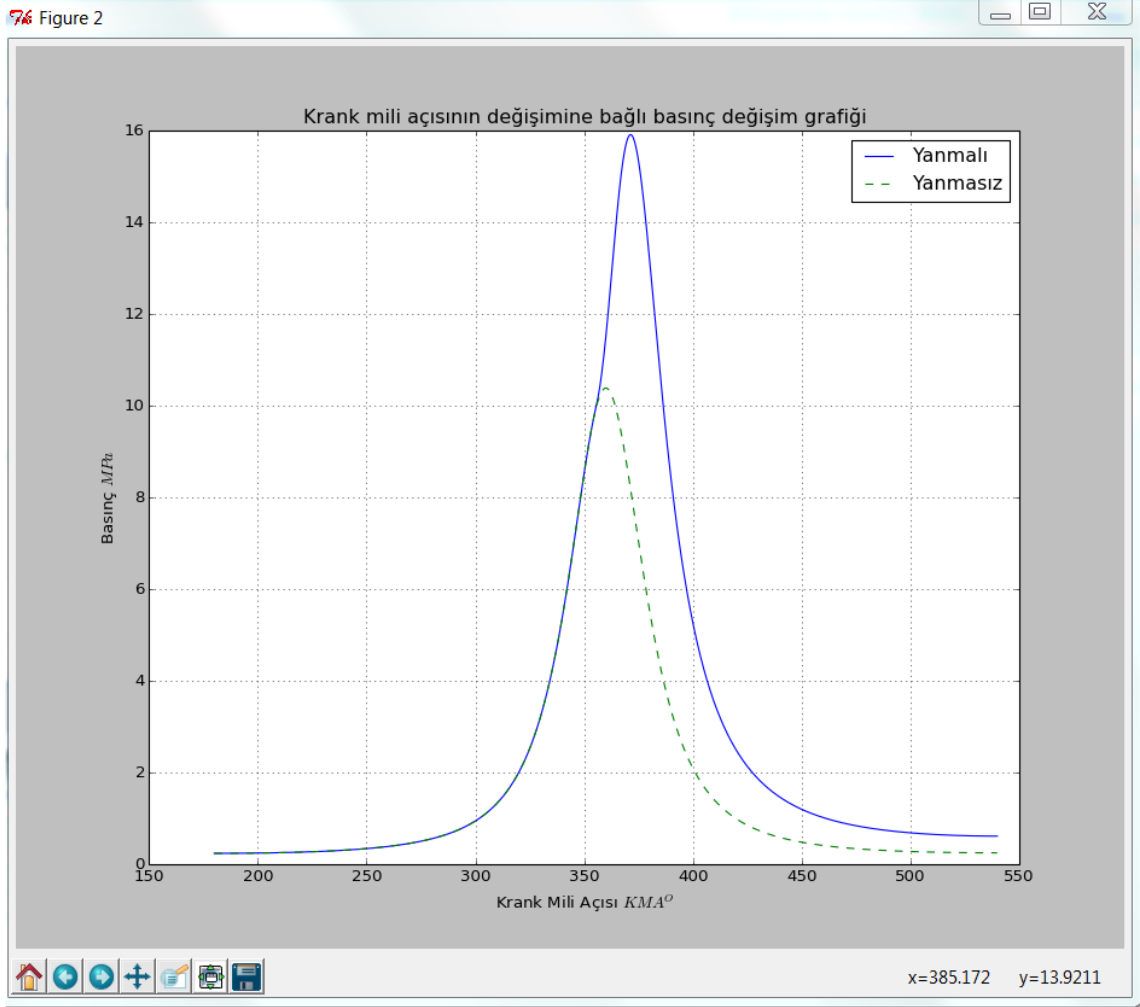
2.2.1 Grafikselsel Kullanıcı Ara Yüzü Kullanımı

Grafikselsel ara yüz tasarımı için Python'un tkinter kütüphanesi kullanılmıştır. Son derece basit ve temel bir ara yüzü olmasına karşın, gerekli olan tüm parametrelerin kolayca ana menüden girilebilmesine olanak sağlamaktadır. Hesaplama sırasında log ekranında iterasyon adımlarının sonuçları analiz sürecinde anlık olarak gösterilmektedir.



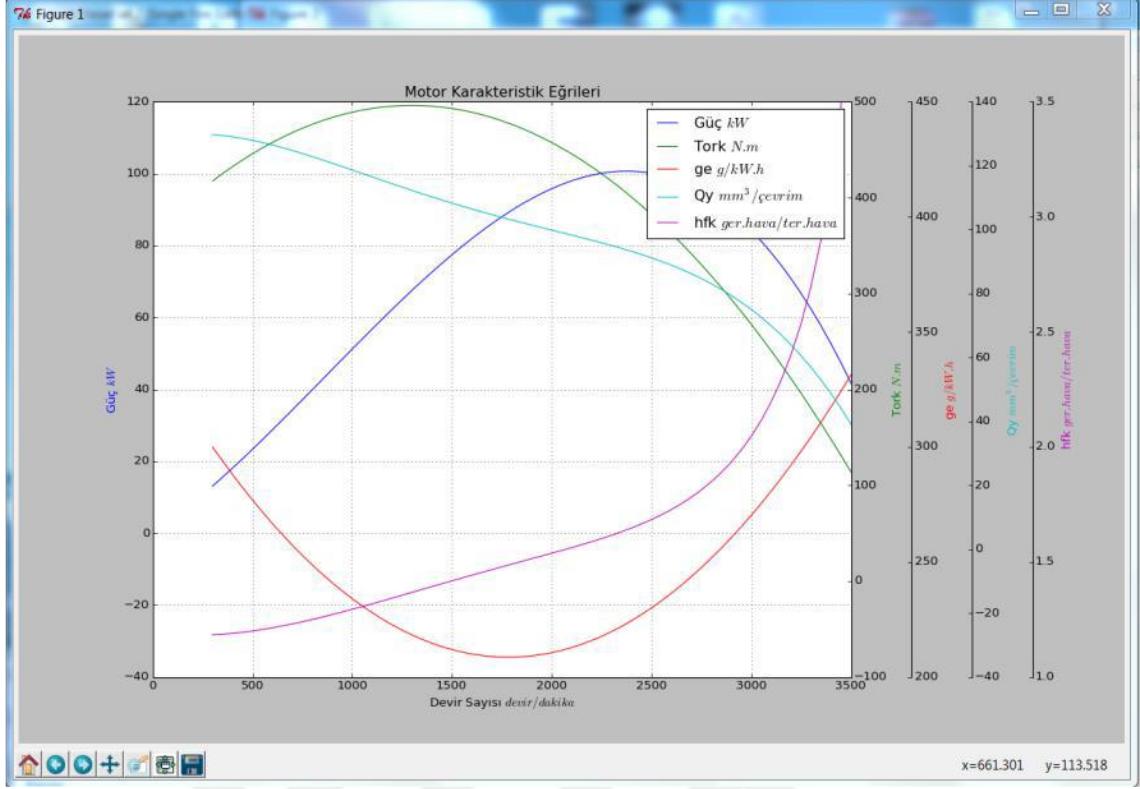
Şekil 2.13 Virtual Diesel yazılımının arayüz tasarımı

Hızlı olarak sonuçları analiz etmek ve gerekirse tekrar hızlıca programı koşturabilmek için ara yüz üzerinde açılmasını istediğimiz grafiklerin seçimi yine ana menüden yapılabilmektedir.



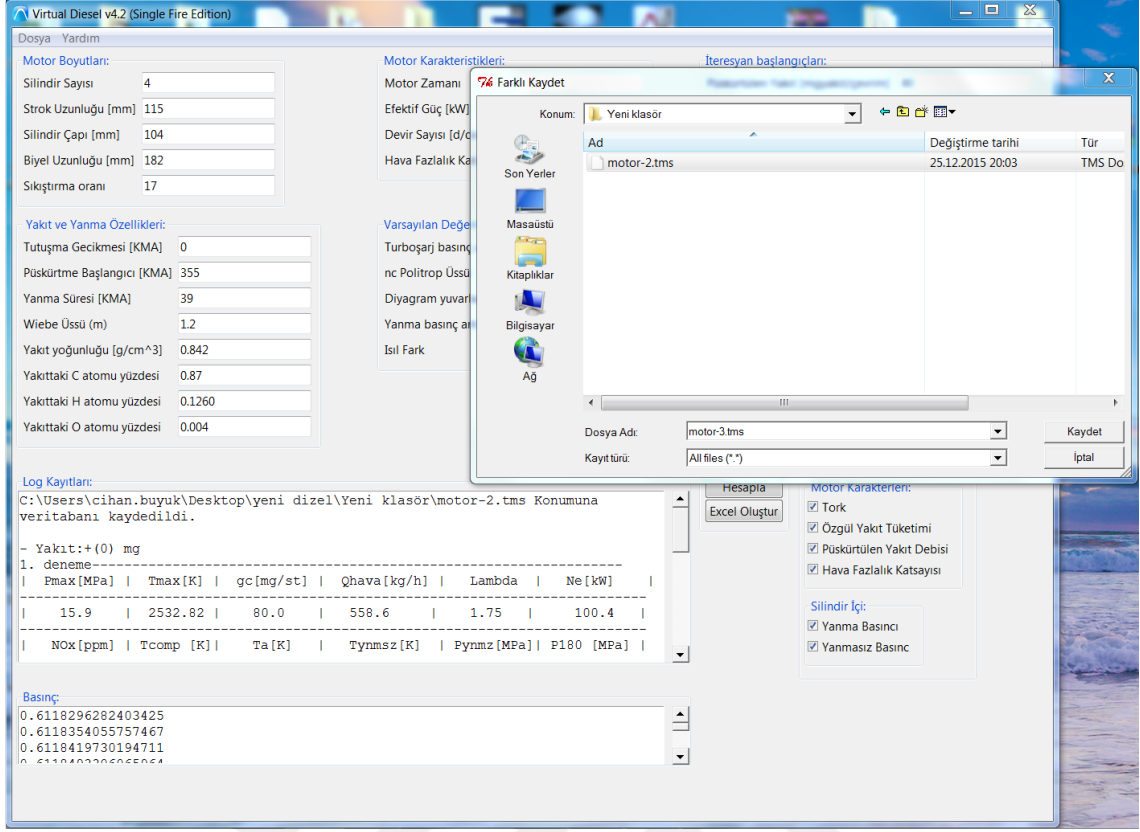
Şekil 2.14 Diyagram çizim ve analiz ekranından bir görünüm

Ara yüz ekranındaki grafik analiz bölümünde grafik üzerinde tüm yakınlaşma, uzaklaşma ve değer okuma işlemleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Ayrıca kullanıcılar grafikleri kaydet ikonuna tıklayarak, görüntü olarak kaydedebilme imkanına sahiptir.



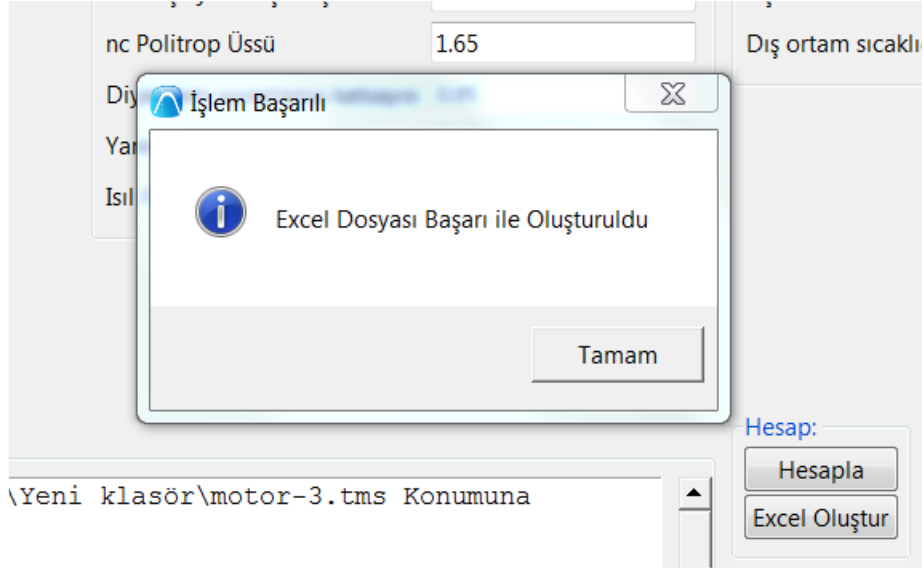
Şekil 2.15 Grafik ekranında çok eksenli çizim görünümü

İstenirse motor karakteristikleri çok eksenli olarak tek grafik üzerinde gösterilerek, belirlenen devirler için, karakteristiklerin durumu kolayca ve hızlıca incelenip, kıyaslanabilmektedir. Bu tür işlemler, raporlama yapmaya gerek kalmadan hızlıca ara yüz üzerinden incelenebilmektedir.



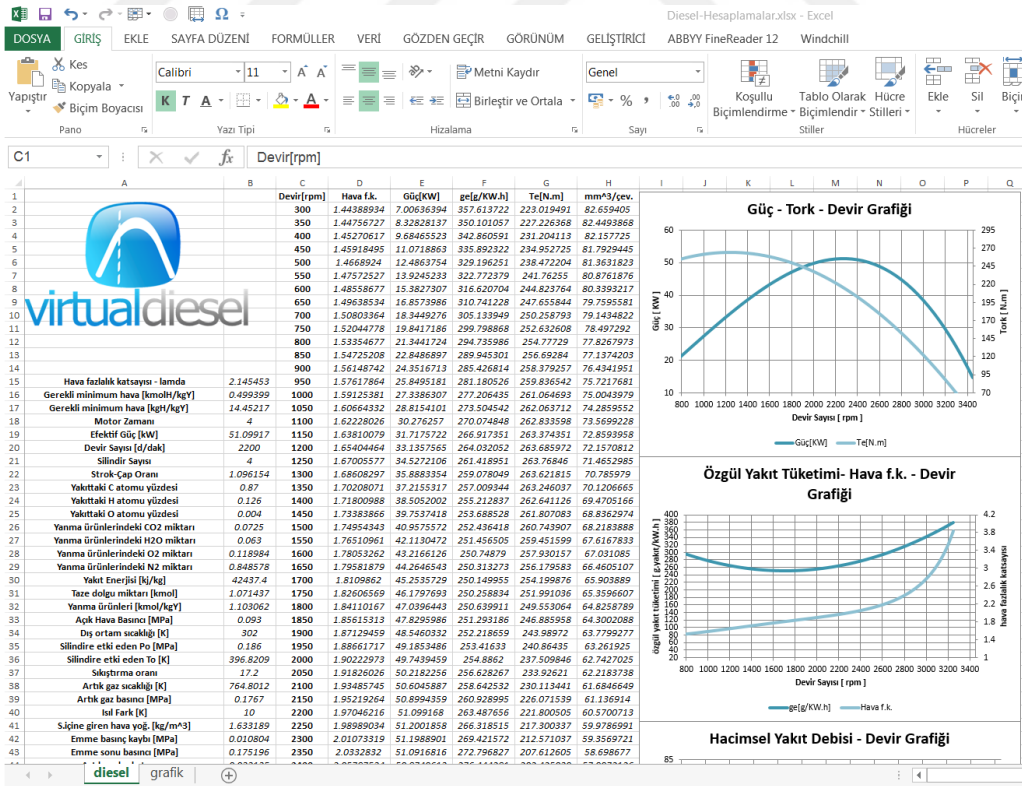
Şekil 2.16 Analiz edilen motorların yazılımın kendi .tms uzantısı ile kaydedilmesi

Çalışılan ve analiz edilen motor parametreleri, Virtual Diesel yazılımının kendi uzantısı olan .tms ile kaydedilebilmektedir. Bu sayede yarım kalmış projelere hızlıca devam edebilmekte veya geçmiş çalışmalar kolayca incelenebilmektedir. Bu .tms uzantılı dosyalar içerisinde, ara yüze girdi olarak belirlenen tüm datalar kaydedilir. Ancak bu dosya analiz sonuçlarını içermez. Eğer istenirse, analiz sonuçlar .xlsx uzantılı Excel raporu halinde kaydedilebilir.



Şekil 2.17 Excel raporunun oluşturulması

Excel raporu içerisinde, ara yüzde kullanıcıya gösterilmeyen ancak hesaplanmış olan tüm motor parametreleri bulunmaktadır. Ayrıca oluşturulan excel raporunun ikinci sekmesinde, silindiri içi parametrelerin tümü ve grafikleri oluşturulmaktadır. Bu bölümde tüm iterasyon adımları 0,1 krank mili çözünürlükte rapora aktarılmıştır.



Şekil 2.18 Virtual Diesel yazılımının otomatik oluşturduğu Excel raporu

2.3 Motor Testleri

Mühendislik hesaplamaları için oluşturulmuş ve katsayıların tespitine bağlı bir hesaplamanın doğruluğunun tespitini yapmak için sadece test etmek yeterli değildir. Çünkü tek bir test sonucu ile değerlerinizi katsayı farklılıkları ile doğrulayabilirsiniz. Eğer söz konusu yazılımın, piyasada rakipleri mevcut ise, mutlaka sonuçları aynı matematiksel modeller kullanıldığında ve aynı katsayılar seçildiğinde de aynı olmalıdır. Böylelikle hem test kısmı ile fiziksel dünya yazılımımızın bağlantısını kuruyor, hem de piyasadaki muadil bir yazılımla sonuçları kıyaslayarak, ne denli bir hatamız olacağını görmeyi bekliyoruz. Bu yazılımımızın iki açık ucunu mesnetlediğimiz anlamına gelmektedir.

2.3.1 Test Motoru Ve Özellikleri

Testlerde Tümosan firmasının Konya fabrikasında yerli imkanlarla imal edilen 4DT-39T175C dizel motoru kullanılmıştır.



Şekil 2.19 Testlerde kullanılan TÜMOSAN 4DT-39T175C motoru

Motorun teknik özellikleri aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir:

Çizelge 2.1 Test Motorunun Teknik Özellikleri

<u>TEKNİK ÖZELLİKLER</u>			
Silindir Sayısı	4	Anma Gücü / rpm	75 / 2300
Çap x Strok [mm]	104x115	Anma Torku / rpm	285 / 1500
Motor Hacmi [cm ³]	3908	Max. Rölanti	2550
Aspirasyon	Turboşarjlı - Intercooler	Min. Rölanti	650
Çevirim	4	Alternatör	12 V – 45A
Yanma Sistemi	Direk Enjeksiyon	Yakıt Pompası	Bosch – Distribütör Tip
Sıkıştırma Oranı	17,5 : 1	Kuru Ağırlık	381
Soğutma Sistemi	Su		

Test motoru 50 saat bir alıştırmaya ve test sürecinden geçtikten sonra ölçümler alınmıştır. Bu sayede üretim sonrasında oluşan parça alıştırmaya süreci geçilmiş ve motorun gerçek performans ve karakteristik parametreleri belirlenmiştir.

2.3.2 Test Sistemi Ve Özellikleri

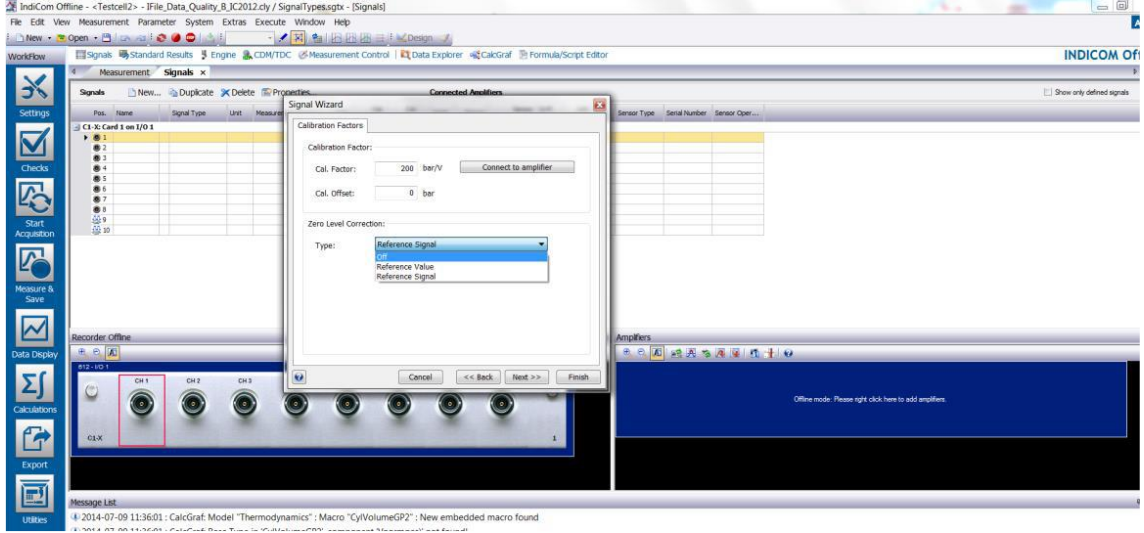
Motor testleri Tümosan firmasının Konya fabrikasındaki Ar-Ge tesislerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.20 TMOSAN Ar-Ge Motor Test Odası

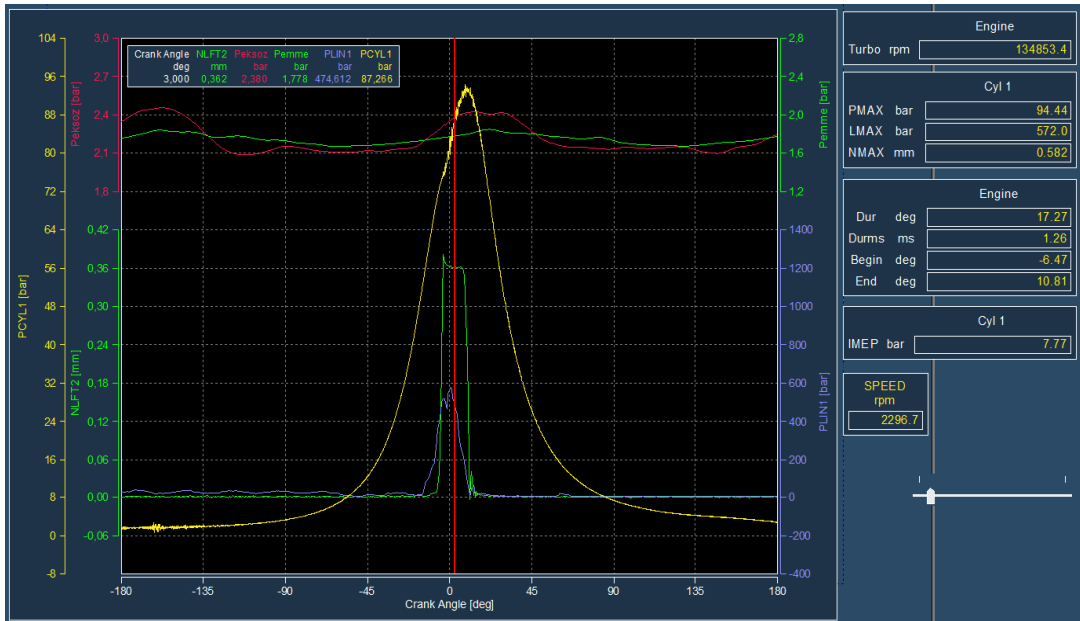
Tmosan test odasında, motor performans testleri, emisyon testleri ve silindir içi basınç ölçümü yapılabilir. Aynı zamanda odada bulunan aktif dinamometre sayesinde motorun dış tahrirli Şekilde çalıŐtırıldıėında değişken devirlerdeki sürtünmeye giden g de ölçülebilmektedir.

Ayrıca motorun muhtelif bölgelerinden alınan sıcaklık ve debi değerleri mevcuttur. Aynı zamanda sistemde taze dolgu tüketim miktarı ölçülerek, turbo karakteristiklerinin de elde edilebilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 2.21 AVL indicom yazılımından bir görünüm

Silindir içi yanma analizleri için AVL'nin indismart modülü kullanılmaktadır. Indismart modülünün bilgisayar haberleşmesinde yine AVL firmasının indicom yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılımda, sisteme bağlı olan sensörler, kalibrasyon sertifikalarındaki bilgilere göre yazılıma girilir ve tanımlanır. Ölçüm esnasında anlık olarak indismart cihazlarından gelen datalar, indicom yazılımından görüntülenebilmektedir. Bu yazılımın bir diğer güzel özelliği ise, calgraph modülü ile, ölçüm alınan parametrelerden eğer hesaplama yolu ile elde edilebilen ancak ölçülemeyen bazı parametreler var ise, onlar da anlık olarak hesaplanarak "real time" yazılım üzerinden incelenebilmektedir.



Şekil 2.22 Indicom üzerinde ölçülen motor büyüklüklerinin görüntülenmesi

2.3.3 Motor Testinin Yapılışı

Dizel motor, test ünitesine bağlandıktan ve tüm sensörler üzerine monte edildikten sonra belli bir süre, tüm sıcaklık parametreleri sabit bir duruma gelinceye kadar yarım yükte çalıştırıldı.

Daha sonra motorun en yüksek rölanti devrinden başlayıp yükleyerek 100 devir aralıklarla motor devri düşürülerek ölçümler alındı. Bu şekilde motorun tam yük durumundaki güç, tork, yakıt tüketimi eğrileri elde edilmiş oldu.

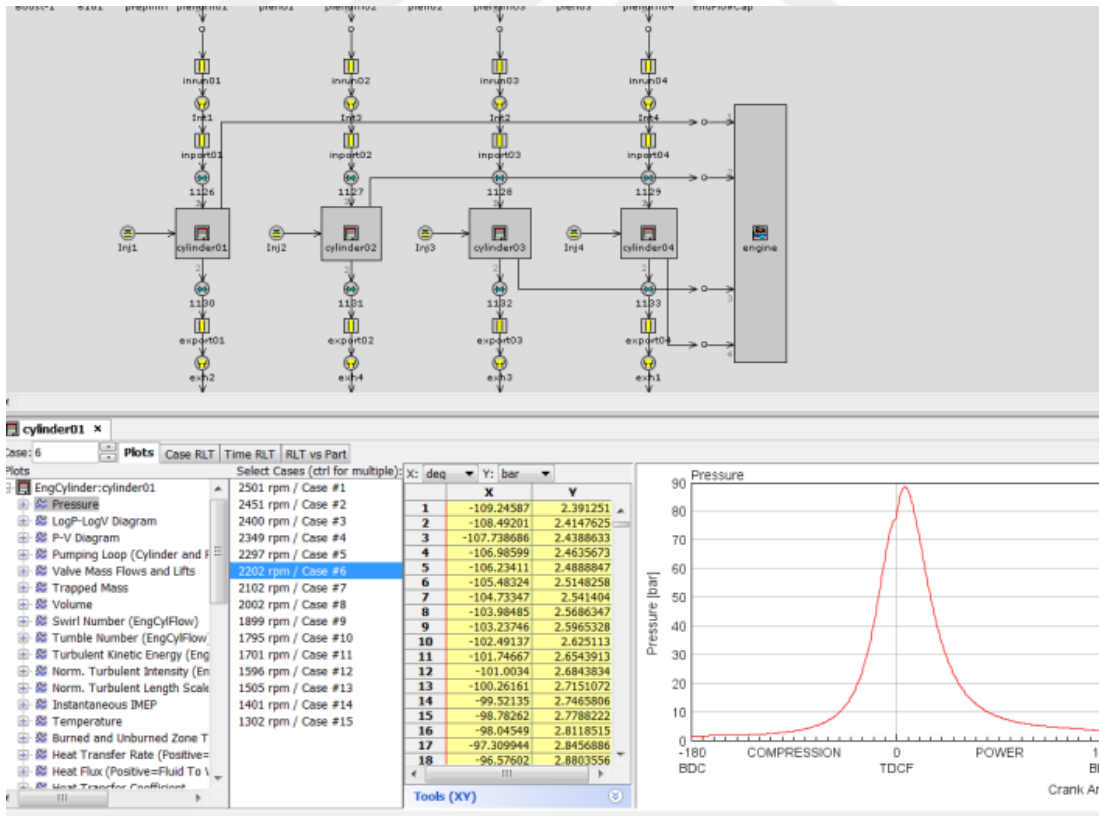
Silindir içi parametrelerin ölçümünde daha farklı bir yol izlenmesi gerekmektedir.

Sabit bir devirde ve yük konumunda, ölçüm datalarının sağlıklı olabilmesi için her ölçüm için 100 çevrim data alınarak, bu dataların ortalamaları tespit edilmiştir. Şekil 2.22’de bu stabil durumdaki test çevriminden bir görüntü gösterilmiştir.

BÖLÜM 3

SONUÇ VE ÖNERİLER

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, yazılımı gerçekleştirilmiş olan Virtual Diesel'in tam olarak doğruluğuna güvenilebilmesi için, hem akademik çevrelerde ve yayınlarda hem de piyasada kabul görmüş bir program kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple, Virtual Diesel yazılımını oluştururken kullandığımız parametrelerin tamamen aynıları kullanılarak bir GT Power modeli oluşturulmuştur.



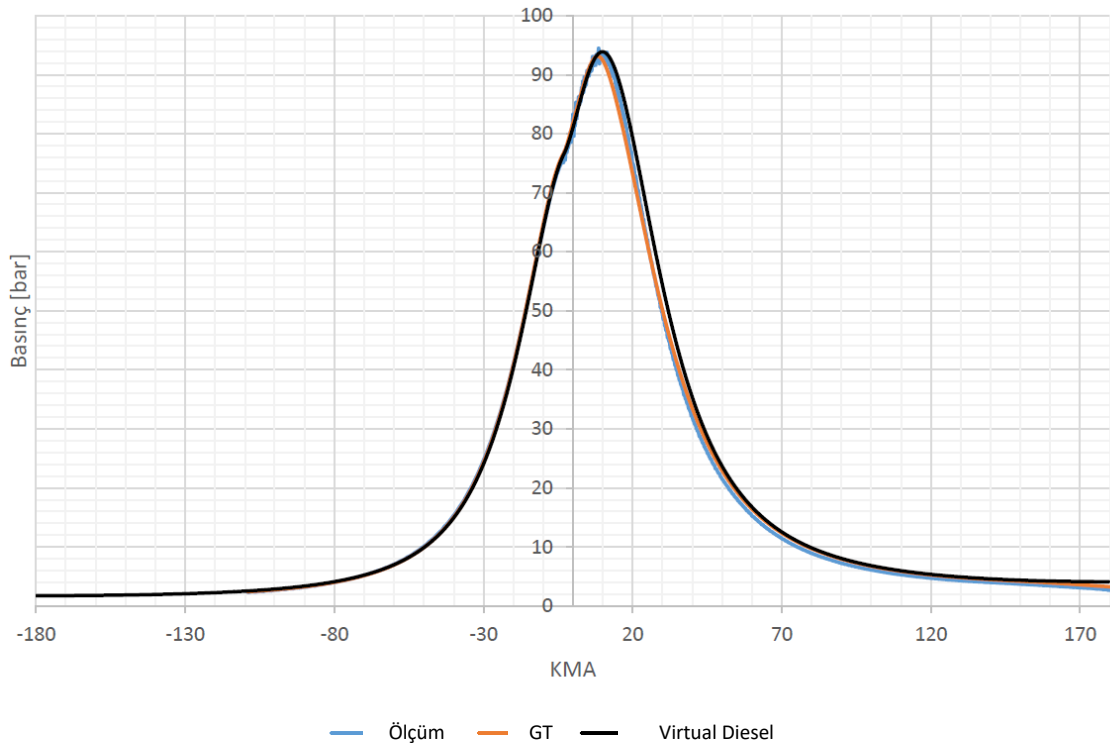
Şekil 3.1 Kıyaslama için kurulan GT-Power analiz modeli

Öncelikle aşağıdaki tabloda Virtual Diesel yazılımının motor ölçüm parametreleri ile karşılaştırılması verilmiştir:

Çizelge 3.1 Virtual Diesel ve ölçüm sistemi karşılaştırılması

	Devir[rpm]	Güç[KW]	Ge[g/KW.h]	Te[N.m]
Virtual Diesel	2300	72.2	172	220
Ölçüm	2297	71.6	174	219

Görüldüğü üzere kabul edilebilir, makul olabilecek bir hata ile ölçüm sonuçlarına yaklaşılabilmektedir.



Şekil 3.2 GT, ölçüm sonuçları ve Virtual Diesel yazılım karşılaştırma grafiği

Yukarıdaki grafikte 3 farklı silindir içi datasının krank mili açısına göre çizilmiş hali bulunmaktadır. Bu diyagram motor parametrelerinin hesaplanmasındaki en önemli aşama olmakla birlikte, motorun diğer tüm parametreleri bu grafik üzerinden veya bu basınç durumuna göre dolaylı olarak meydana geldiği bilinmektedir. Kısacası eğer bu diyagramda ciddi farklılıklar söz konusu değil ise, motor gücü ve torku hesaplanan değerlerle çok benzer özelliklerde olacaktır.

Öncelikle yararlandığımız matematiksel modeller ile oluşturmuş olduğumuz yazılımın çıktılarını, ölçüm sonuçları ile oldukça iyi bir şekilde eşleşmiştir. Bu da matematiksel modellerimizin ve dolayısı ile yazılımımızın ne kadar iyi sonuçlar verebildiğini göstermektedir. Bu proje kapsamında sonuçlar ve öneriler şu şekilde sıralanabilir;

Yerli imkânlarla meydana getirilen ilk Türk motor performans yazılı geliştirildi. Kısıtlı imkânlar dâhilinde bile olsa, doğru matematiksel modeller ve dikkatli bir programlama ile çok yüksek bütçeli dış menşeli yazılımlar ile aynı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu tür karmaşık görünebilen hesaplamaların bile aslında oldukça kolay olduğunu kendi insanımıza anlatabilme fırsatı kazanılmıştır.

İleride; Grafikselle kullanıcı ara yüzü “Qt Framework” kullanılarak geliştirilecektir. Yazılıma, silindirin içi basınç ile birlikte piston-biyel ve krank üzerine binen kuvvetler belirlenerek, yapısal dayanım hesaplarına başlanacaktır. İmkânlar dâhilinde farklı motorlar ve farklı muadil yazılımlar ile program algoritması test edilecektir. Virtual Diesel yazılımının geliştirilmesinde alanında uzman birkaç kişilik bir ekiple bile uluslararası ciddiyette çalışmalara başlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Özkan, M., (2015). "A Comparative Study on Energy and Exergy Analyses of a CI Engine Performed with Different Multiple Injection Strategies at Part Load: Effect of Injection Pressure", *Entropy*, 17: 244-263.
- [2] Bilgin, A., Durgun, O. ve Şahin, Z., (2002). "The Effects Of Diesel-Ethanol Blends On Diesel Engine Performance", *Energy Sources*, 24: 431-440.
- [3] Özener, O., Özkan, M. ve Yüksek, L., (2017). "Modelling Analysis Of Multiple Diesel Injection Strategies With One-Dimensional Simulation Coupled With Artificial Neural Networks", *Thermal Science*, 21: 413-425.
- [4] Kolchin, A. ve Demidov, V., (1984). *Design of automotive engines*, First Edition, MIR Publishers, Moscow.
- [5] Yeliana, C., Cooney, J., Worm, D. ve Michalek, J., (2008). "Wiebe Function Parameter Determination For Mass Fraction Burn Calculation in An Ethanol-Gasoline Fuelled Si Engine", *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 15: 567-574.
- [6] Heywood, J.B., (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*, First Edition, McGraw-Hill Publishing Company, NewYork.
- [7] Sihling, K. ve Woschni, G., (1979). "Experimental Investigation of the Instantaneous Heat Transfer in the Cylinder of a High Speed Diesel Engine", *Off-Highway Vehicle Meeting and Exposition*, 10-13 September 1979, Milwaukee.
- [8] Borman, G. ve Nishiwaki, K., (1987). "Internal combustion engine heat transfer", *Energy and Combustion Science*, 13: 1-46.
- [9] Mellor, A.M., Mello, J.P., Duy, K.P., Easley, W.L. ve Faulkner, J.C., (1998). "Skeletal mechanism for NOx chemistry in Diesel engines", *International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition*, 4-6 May 1998, Dearborn.
- [10] Xin, Q., (2011). "Overview of Diesel Engine Applications for Engine System Design - Part 2: General Performance Characteristics", *Commercial Vehicle Engineering Congress*, 13-14 September 2011, Rosemont.
- [11] Merker, P.G., Schwarz, C., Stiesch, G. ve Otto, F., (2006). *Simulation of combustion and pollutant formation for engine-development*, First Edition, Springer, Berlin.

- [12] Chen, S.K. ve Flynn, P.F., (1965). "Development of Single Cylinder Compression Ignition Research Engine", Combine Powerplant and Transportation Meeting, 18-21 October 1965, Cleveland.



VIRTUAL DIESEL MOTOR YAZILIMI KAYNAK KODLARI

```
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-
import numpy as np
from tkinter import *
import math
import xlswriter
from tkinter import messagebox
from tkinter.ttk import *
import ctypes
import easygui
import sys
from tkinter.messagebox import askokcancel
import queue
import tkinter
from tkinter import ttk
import time
import threading
import matplotlib.backends.backend_tkagg
import matplotlib.pyplot as plt
import xml.etree.ElementTree as ET
from matplotlib.lines import Line2D
import matplotlib.animation as animation
import pylab
```

```

from mpl_toolkits.axes_grid1 import host_subplot
import mpl_toolkits.axisartist as AA
import os
import time
import os, sys
from PIL import ImageTk, Image
progadi="Virtual Diesel v4.2 (Single Fire Edition)"
global dirs
def girisekrani():
    global progadi, dirs
    class SplashScreen(Frame):
        def __init__(self, master=None, width=0.57, height=0.34, useFactor=True):
            Frame.__init__(self, master)
            self.pack(side=TOP, fill=BOTH, expand=YES)
            ws = self.master.winfo_screenwidth()
            hs = self.master.winfo_screenheight()
            w = (useFactor and ws*width) or width
            h = (useFactor and ws*height) or height
            x = (ws/2) - (w/2)
            y = (hs/2) - (h/2)
            self.master.geometry('%dx%d+%d+%d' % (w, h, x, y))
            self.master.overrideRedirect(True)
            self.lift()
    def terminate():
        command=root.destroy()
if __name__ == '__main__':
    root = Tk()
    img = ImageTk.PhotoImage(Image.open("logo/vd-start.png"))
    sp = SplashScreen(root)
    m = Label(sp, image = img)
    m.pack(side="top", expand=YES)
    m.config(background='white',justify=CENTER, font=("calibri", 29))
yazi=[progadi,

```

```

"Program Başlatılıyor",
"Program Başlatılıyor.",
"Program Başlatılıyor..",
"Program Başlatılıyor...",
"Veri tabanları yükleniyor",
"Veri tabanları yükleniyor.",
"Veri tabanları yükleniyor..",
"Lütfen Bekleyin",
"Lütfen Bekleyin.",
"Lütfen Bekleyin..",
]
timer=1
for yaz in yazi:
    c=Label(sp, text=yaz,background='white', )
    c.pack(side="left",ipadx=2000,ipady=2000)
    c.config(background='white', justify=CENTER, font=("calibri", 10))
    root.update()
    timer=timer/1.25
    time.sleep(timer)
    c.pack_forget()
dirs = os.listdir()
for file in dirs:
    c=Label(sp, text=file,background='white',)
    c.pack(side="left",ipadx=2000,ipady=2000)
    c.config(background='white', justify=CENTER, font=("calibri", 10))
    root.update()
    time.sleep(0.02)
    c.pack_forget()
root.update()
terminate()
root.mainloop()
global
    toplamiterasyon,agac,yaprak,girisverileri,dosyaac,results_txt,cekkutusu1,cekk
    utusu2,cekkutusu3,cekkutusu4

```

```

def diesel():
    toplamiterasyon=0
    try:
        global
        cekkutusu1,cekkutusu2,cekkutusu3,cekkutusu4,results_txt,Neplot,geplot,Teplo,
        nplot,KMAy,Pyanma,tyanma,C4b,C5b,C50i,C5,C6,C5ba,C5bb,C5bc,C5bd,C5be,
        C5b,C6b,C7b,C8b,C90b,C9b,C10b,C11b,C12b,C13b,C14b,C22b,C23b,E24b,E25b,
        C26b,C27b,C29b,C49b,C50b,C61b,C65b,C73b

        global
        PPMNOy,Pyanmasiz,Tyanmasiz,Pind,xiy,Qhiy,dVy,C5b1,C8h,C2a,C2ab,C5b2,C5b3,
        C5b4,C5b5,hacim,cihan,i1,C4,x5,y5,b2,K,L,M,F59,E82,C7,C8,C9,C90,C10,C11,
        C11A,C12,C13,C14,C15,C16,C17,C18,C19,C20,C21,C22,C23,C24,C25,C26,C27,
        C28,C29,C30,C31,C32,C33,C34,C35,C36,C37,C38,C39,C40,C40i,C41,C42,C43,
        C44,C45,C46,C47,C48,C49,C50,C51,C52,C53,C54,C55,C56,C57,C58,C59,C60,
        C61,C62,C63,C64,C65,C66,C67,C68,C69,C70,C71,C72,C73,C75,C77,C79,C82,
        C83,C84,C85,C86,C87,C88

        results_txt.insert(0.0, ""Program Başlatılıyor..
    """)
    form.update()
    time.sleep(1)
    results_txt.insert(0.0, ""Veriler Okunuyor...
    """)
    form.update()
    time.sleep(0.5)
    C2ab=float(C2a.get())
    C4=float(C4b.get())
    C5b1=float(C5ba.get())
    C5b2=float(C5bb.get())
    C5b3=float(C5bc.get())
    C5b4=float(C5bd.get())
    C5b5=float(C5be.get())
    C7=float(C7b.get())
    C8h=float(C8b.get())
    C9=float(C9b.get())
    C10=float(C10b.get())
    C11A=float(C11b.get())

```

```
C12=float(C12b.get())
C13=float(C13b.get())
C14=float(C14b.get())
C22=float(C22b.get())
C23=float(C23b.get())
E24=float(E24b.get())
E25=float(E25b.get())
C26=float(C26b.get())
C27=float(C27b.get())
C29=float(C29b.get())
C49=float(C49b.get())
C50=float(C50b.get())
C61=float(C61b.get())
C65=float(C65b.get())
C73=float(C73b.get())
C90=float(C90b.get())
C8=6000
results_txt.insert(0.0, """"Değişkenler Tanımlanıyor.
""")
    form.update()
    time.sleep(0.5)
    results_txt.insert(0.0, """"Silindir Sayısı: %s
""""%C10)
    form.update()
    time.sleep(0.02)
    results_txt.insert(0.0, """"Strok Uzunluğu: %s
""""%C11A)
    form.update()
    time.sleep(0.02)
    results_txt.insert(0.0, """"Silindir Çapı: %s
""""%C73)
    form.update()
    time.sleep(0.02)
```

```

        results_txt.insert(0.0, ""Biyel Uzunluğu: %s
""C90)
        form.update()
        time.sleep(0.02)
        results_txt.insert(0.0, ""Sıkıştırma Oranı: %s
""C26)
        form.update()
        time.sleep(0.02)
        results_txt.insert(0.0, ""Motor Zamanı: %s
""C7)
        form.update()
        time.sleep(0.02)
        results_txt.insert(0.0, ""Efektif Güç: %s
""C8h)
        form.update()
        time.sleep(0.02)
        results_txt.insert(0.0, ""Devir Sayısı: %s
""C9)
        form.update()
        it=1 # iterasyon numarası
        Pyanma=list(range(3600)) # Basınç matrisi
        Pyanmasiz=list(range(3600))
        Tyanmasiz=list(range(3600))
        tyanma=list(range(3600)) # Sıcaklık matrisi
        KMAy=list(range(3600)) # KMA açısı
        dVy=list(range(3600)) # Hacim
        xiy=list(range(3600)) # viebe
        Qhiy=list(range(3600)) # Açığa çıkan ısı
        dVyi=list(range(3600)) # Hacim
        PPMNOy=list(range(3600)) # Particule at per million
        ia=0 # sıkıştırma sonu basıncı tespiti için iterasyon
        C11=C11A/C73 # Çap strok oranı
        if C7==4 or C7==2 :

```



```

x=1
else:
    messagebox.showerror("Değişken Geçersiz","Motor zamanı 2 veya 4
    olmalıdır.\n\nLütfen kontrol ediniz.\n\nHesaplama Yapılmadı!")
    return()
C15=(C12/12) # Yanma ürünlerindeki CO2 miktarı
C16=(C13/2) # Yanma ürünlerindeki H2O miktarı
i1=0
C71=1
E82=0.5
i1=float(i1+1)
C24=C22*E24
C25=C23*pow((C24/C22),((E25-1)/E25)) # Turboşarj için Tk
print("\nEmme T: ",round(C25,2),"K ",round(C25-273,2),"C" )
C5=(1/0.208)*((C12/12)+(C13/4)-(C14/32)) # Gerekli min. hava kmolhava/kgyakıt
C6=(1/0.23)*((8*C12/3)+(8*C13)-(C14)) # Gerekli min. hava kghava/kgyakıt
F59=C27+20
st=C11A/1000 # metre strok
cap=C73/1000 # Silindir Çapı metre
nip=(((C24*10**6)*(math.pi*(cap**2)/4)*st)/(8.3145*C25))/1000 # iş gazı kmol
miktarı
nipkg=(((math.pi*(cap**2)/4)*st)*(C24*1000000/(287.05*C25))) # strok başına
silindir içine giren hava kg
airflow=nipkg*C9*60*C10/2 # hava debisi kg/h
gc=(C5b5/1000000) # strok başına püskürtülen yakıt kg
lmbda=nipkg/(gc*C6)
print("Hava Debisi g/h: ",round(airflow*1000,2),
      "Lambda:", round(lmbda,2))
C4=lmbda
b=C4 # hava fazlalık katsayısının egri3 ve mcv2 fonksiyonuna gönderilmesi
C17=(0.208*(C4-1)*C5) # Yanma ürünlerindeki O2 miktarı
C18=(0.792*C4*C5) # Yanma ürünlerindeki N2 miktarı
# Yakıt enerjisi hesabı
C19=((33.91*C12)+(125.6*C13)-(10.89*C14)-(2.51*9*0.126))*1000

```

```

C20=C4*C5 # Taze dolgu miktarı M1 kmolh/kgyakıt
C21=C15+C16+C17+C18 #Yanma ürünleri M2
while C27!=F59:
    C27=F59
    # doğal emişli C28=(1.05)*C22 xlsxwrite('diesel.xlsx',C28,1,'C28') # D.E. Artık gaz
    basıncı Pr
    C28=0.95*(C24) # turbo şarj Artık gaz basıncı
    C30=C24*((pow(10,6))/(287*C25)) # Silindir içine giren hava yoğunluğu ro-c
    C31=2.7*(pow(70,2))*C30*(pow(10,-6))/2 # Emme basınç kaybı Delta-Pa
    C32=C24-C31 # Emme sonu basıncı Pa
    C33=((C25+C29)/(C27))*((C28)/((C26*C32)-C28)) # Artık gazlar katsayısı
    gamma-r
    C34=(C25+C29+(C33*C27))/(1+C33) # Emme sonu sıcaklığı
    gc=(C5b5/1000000) # kg/çevrim Çevrim başına püskürtülen yakıt miktarı
    st=C11A/1000 # metre strok
    cap=C73/1000 # Silindir Çapı metre
    nip((((C32*10**6)*(math.pi*(cap**2)/4)*st)/(8.3145*C34))/1000 # iş gazı mol
    miktarı
    b=nip/(C5*gc)
    C35=C25*((C26*C32)-C28)/((C25+C29)*(C26-1)*C24) # Volümetrik verim
    # k1 ADYABATİK ÜSSÜ HESABI - TAMAM
    b3=C26

    kb=np.array([4,4.5,5,5.5,6,6.5,7,7.5,8,8.5,9,9.5,10,10.5,11,11.5,12,12.5,13,13.
    5,14,14.5,15,15.5,16,16.5,17,17.5,18,18.5,19,19.5,20])

    ka=np.array([1.392,1.391,1.39,1.389,1.388,1.387,1.3865,1.3857,1.385,1.3843,
    1.3838,1.383,1.3824,1.3819,1.3812,1.3808,1.3802,1.3798,1.3792,1.3789,1.37
    83,1.3778,1.3773,1.377,1.3767,1.3763,1.376,1.3755,1.3752,1.3748,1.3745,1.
    3742,1.3738])

    kt=np.polyfit(kb,ka,2)
    egrik1=np.poly1d(kt)

    kb2=np.array([290,300,310,320,330,340,350,360,370,380,390,400,410,420,43
    0,440,450,460,470,480,490,500,510])

    ka2=np.array([egrik1(b3),egrik1(b3)-1.6*(0.001),egrik1(b3)-
    2.9*(0.001),egrik1(b3)-4.2*(0.001),egrik1(b3)-5.5*(0.001),egrik1(b3)-

```

```

6.75*(0.001),egrik1(b3)-8.4*(0.001),egrik1(b3)-(0.001)*9.6,egrik1(b3)-
(0.001)*11.05,egrik1(b3)-(0.001)*12.25,egrik1(b3)-(0.001)*13.7,egrik1(b3)-
(0.001)*15.4,egrik1(b3)-(0.001)*17,egrik1(b3)-(0.001)*18.1,egrik1(b3)-
(0.001)*19.15,egrik1(b3)-(0.001)*20.5,egrik1(b3)-(0.001)*21.75,egrik1(b3)-
(0.001)*23.3,egrik1(b3)-(0.001)*24.85,egrik1(b3)-(0.001)*26,egrik1(b3)-
(0.001)*27.2,egrik1(b3)-(0.001)*28.3,egrik1(b3)-(0.001)*29.5])

kt=np.polyfit(kb2,ka2,2)

egrik2=np.poly1d(kt)

C36=egrik2(C34)

#### k1 hesap sonu ####

C37=C36+0.02 # n1 politrop üssü

if ia==0:
    C38=C32*(pow(C26,C36)) # Sıkıştırma sonu basıncı Pc
    C39=C34*(pow(C26,(C36-1))) # Sıkıştırma sonu sıcaklığı Tc
if ia!=0:
    C38=max(Pyanmasiz)
    C39=max(Tyanmasiz)

ia=ia+1

C40=C39-273 # Sıkıştırma sonu sıcaklığı tc
C41=20.6+2.638*((pow(10,(-3)))**C40) # ortalama sıkıştırma molar özgül ısısı (
hava ) mcvtc-to

#ORTALAMA MOLAR ÖZGÜL ISI mcv2(C9) - Tamam

kb3=np.array([1,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.8,2,2.2,2.4,2.6])

ka3=np.array([22.545,22.398,22.275,22.169,22.078,21.999,21.929,21.812,21.
717,21.64,21.574,21.519])

kt3=np.polyfit(kb3,ka3,2)

mcv1=np.poly1d(kt3)

kb4=np.array([100,200,300,400,500,600,700,800,900,1000,1100,1200,1300,1
400,1500,1600,1700,1800,1900,2000,2100,2200,2300,2400,2500,2600,2700,2
800])

ka4=np.array([mcv1(b),mcv1(b)+0.5705,mcv1(b)+0.932,mcv1(b)+1.311,mcv1(
b)+1.7115,mcv1(b)+2.1125,mcv1(b)+2.514,mcv1(b)+2.9,mcv1(b)+3.273,mcv1(
b)+3.6235,mcv1(b)+3.956,mcv1(b)+4.273,mcv1(b)+4.57,mcv1(b)+4.851,mcv1(
b)+5.1155,mcv1(b)+5.361,mcv1(b)+5.596,mcv1(b)+5.813,mcv1(b)+6.0205,mc

```

v1(b)+6.215,mcv1(b)+6.4015,mcv1(b)+6.5795,mcv1(b)+6.7425,mcv1(b)+6.9005,mcv1(b)+7.0485,mcv1(b)+7.1905,mcv1(b)+7.3275,mcv1(b)+7.4585])

kt4=np.polyfit(kb4,ka4,2)

mcv2=np.poly1d(kt4)

C42=mcv2(C40)

Özgül ısı hesap sonu

C43=(1/(1+C33))*(C41+(C33*C42)) # Ortalama sıkıştırma molar özgül ısı (çalışma ortamı) mc'vtc-to

C44=C21/C20 # Taze dolgunun moleküler değişim katsayısı

C45=(C44+C33)/(1+C33) # Karışımın moleküler değişim katsayısı

C46=C19/(C20*(1+C33)) # Karışımın yanma ısı Hw.m

Hu=C19 # kj/kg yakıt enerjisi Geçici olarak alınan referans değer (daha sonra ana programda hesaplardan gelecek)

ai=C5b1 # Tutuşma gecikmesi (daha sonra hesaptan gelecek)

ap=C5b2 # Püskürtme başlangıç açısı

az=C5b3 # Yanma süresi KMA

m=C5b4 # Yanma süresi üssü

gc=(C5b5/1000000) # kg/çevrim Çevrim başına püskürtülen yakıt miktarı

KMA=180 #Krank mili açısı

x=0 # vibe başlangıcı

noxi=0 # nox döngü sayısı

#####

tc=C34 # tc=382 K Emme sonu sıcaklığı

tc=380 # K

C34=tc

st=C11A/1000 # metre strok

cap=C73/1000 # Silindir Çapı metre

#Vsil=0.0009825 # Strok Hacmi metre küp

epsi=C26 # Sıkıştırma oranı

b=C4 # hava fazlalık katsayısı

P=C32 # Emme sonu basıncı --- 8.23 Mpa Sıkıştırma sonu basıncı

P=0.2567 # Emme sonu sabitlendir SİLMEYİ UNUTMA !!

C32=P

#####

Pz=P # Yanmasız hesap emme sonu basıncı Mpa
 Lo=C5 # teorik gerekli hava
 lo=C6 # gerekli minimum hava kghava/kgyakıt
 gamr=C33 # artık gazlar katsayısı
 u=C45 # karışımın moleküler değişim katsayısı
 etaz=C49 # ısıdan yararlanma katsayısı
 n=C9 # devir d/dak
 bl=C90/1000 # biyel uzunluğu metre
 av=15 # Emme sübabı kapanma avansı KMA
 dUil=0 # iş gazı iç enerjisi değişiminin sıfırlanması
 Windike=0
 dP=0
 Qw=0
 Pind=0 # indike basıncın başlangıçta sıfır olması
 i=0
 tci=tc # emme sonu sıcaklığı sabitlemesi
 tcz=tc # yanmasız hesap emme başlangıcı sıcaklık K
 Windike=0 # indike iş başta sıfır
 Wi=0 # başlangıç işi
 i3=0 # max basın sabitlemek için
 Pym=0 # Max basınç sabitleme
 P2=0 # maxP bulmak için
 Pmaksimum=0 #maxP bulmak için
 BP=0 # Yerel sıcaklık başlangıç
 CK=0 # başlangıç 2 reaksiyonlu yerel no kmol/cm³
 NOX=0 # başlangıç değeri

TUTUŞMA GECİKMESİ

```

##          KMAt=180
##          iyt=0
##          while 180<=KMAt<540:
##              Pst=((st/2)+bl)-(((st/2)*(math.cos((KMAt/180)*math.pi)))+(((bl**2)-
##              (((st/2)*math.sin((KMAt/180)*math.pi))**2))**(1/2)))
##              Pal=math.pi*(cap**2)/4
  
```

```

##
##          eg=bl/(st/2) # biyel eğikliği
##
##
##          #V3=Pal*(math.pi*n/30)*((1+1/eg)-
(math.cos((KMA/180)*math.pi)+(1/eg))*(1-
((1/eg)**2)*(math.sin((KMA/180)*math.pi))**2)**(1/2))
##
##          oluh=((math.pi*(cap**2)/4)*(st))/(epsi-1)
##          dVi=oluh+(Pst*Pal) # anlık yanma hacmi
##          dVyi[iyt]=dVi
##          #print(dVyi[int(181*10-1800+2)])
##          KMAAt=KMAAt+0.1
##          iyt=iyt+1
##          Vot=dVyi[int((ap*10)-1800+2)] # püskürme başı s. hacmi
##          Vct=dVyi[int(360*10-1800+2)] # sıkıştırma sonu hacmi
##          Vst=dVyi[int((180+av)*10-1800+2)] # emme sübabı kapanma hacmi
##          Tot=C25 # K silindir emme başlangıç sıcaklığı
##          Pot=C24*(10**3) # Pa emme başı basınç
##          Rt=8.3145 # gaz sabiti kJ/kmolK
##          npolt=C37 # devir
##          ept=C26 # sıkıştırma oranı
##          Bet=(1-(1.6*(10**-4)*C9))*12*(10**-5) # ampirik
##          ndev=C9 # devir sayısı
##          CN=80 # setan sayısı
##          Et=(618840)/(CN+25) # yakıtın aktivasyon enerjisi
##          Mt=b*Lo*(1-gamr)*gc
##
##
##          ait=((2.4/(((1/C4)**(0.2))*(Pot**1.02)))*math.exp(Et/(Rt*Tot)))*(1.67*(10**(-
5)))*ndev*360 # KMA
##
##
##          #ait=(6*ndev)*((((Vot-
Vct)/Vst)+(1/ept))*(Tot/Pot)**(1/2))*10*Bet*math.exp((((Vot-
Vct)/Vst)+(1/ept)**(npolt-1))*(Et/(Rt*Mt*Tot)))

```

```

##
##          #ai=float(int(ait*100)/100)
#####      print(ai)
##
##
##### TUTUŞMA GECİKMESİ SONU #####
while 180<=KMA<540:
    a1=KMA-ap
    if a1<ai:
        xi=0
    #print('lay',a1)
    if a1>=ai:
        xi=1-(math.exp(-6.908*((a1-ai)/az)**(m+1))) # vibe
    Qhi=(etaz*Hu*gc*(xi-x))
    xiy[i]=xi # grafiklere veri gönderimi
    Qhiy[i]=Qhi # grafiklere veri gönderimi
    if 0<=int(tc-273) & int(tc-273)<=1500:
        mcv=20.6+0.002638*(tc-273) # Havanın molar sıkıştırma özgül ısı
    if int(tc-273)>=1501 & int(tc-273)<=2800:
        mcv=22.387+0.001449*(tc-273)
        #mcv=21.352+0.00394*(tc-273)
    uk=1+(u-1)*x # değişen moleküler değişim katsayısı
    st=C11A/1000 # metre strok
    cap=C73/1000 # Silindir Çapı metre
    nip=((C32*10**6)*(math.pi*(cap**2)/4)*st)/(8.3145*C34)/1000 # iş gazı
    kmol miktarı
    Mi=(nip*(1-gamr)*(1+(uk-1)*x))
    Pst=((st/2)+bl)-(((st/2)*(math.cos((KMA/180)*math.pi)))+((bl**2)-
    ((st/2)*math.sin((KMA/180)*math.pi)**2))**(1/2))) # değişken strok
    Pal=math.pi*(cap**2)/4 # piston yüzey alanı
    eg=bl/(st/2) # biyel eğikliği
    oluh=((math.pi*(cap**2)/4)*(st))/(epsi-1)
    dV=oluh+(Pst*Pal) # anlık yanma hacmi
    dVy[i]=dV

```

```

if i==0:
    dVi=dV
if KMA<360:
    C36m=1.36
    Qw=P*(dVi-dV)*1000 #ci
if KMA>360:
    Qw=P*(dVi-dV)*1000 #ci
dUi=Mi*(tci-273)*(20.6+0.002638*(tci-273))
if i==0:
    U=0
if i!=0:
    U=dUi-dUil
dUil=dUi
##### ISI TRANSFERİ #####
Fp=Pal # piston yüzey alanı
Fk=Fp # yanma odası üst yüzey alanı
Fs=Pst*(math.pi*cap) # silindir yüzey alanı
Fw=Fs+Fk+Fp
Tp=650-273 # Piston yüzey alanı sıcaklığı K
Tk=700-273 # Silindir kafası sıcaklığı K
Ts=550-273 # Silindir yüzey alanı sıcaklığı K
Tw=(Tp*Fp+Tk*Fk+Ts*Fs)/Fw # Isı transferi yapan yüzeylerin ortalama
sıcaklığı
if KMA<360:
    Ws=2.28*(math.pi*C9/30) # Woschni sıkıştırma
if KMA>=360:
    Ws=2.28*(math.pi*C9/30)+(6.22*(10**-
3))*((Pst*Pal)*Tyanmasiz[0]/(Pyanmasiz[0]*dVy[0]))*(P-Pyanmasiz[i-1]) #
woschni genişleme #6.22 katsayısı prechamber diesel için. Gasoline için 3.24
alınıyor.
atisi=0.013*(P**0.8)*(Ws**0.8)*(cap**-0.2)*((tc-273)**-0.53)
if i==0:
    Qwisi=0
dQwisi=(atisi*((tc-273)-Tw)*Fw*(0.1))/(6*C9)

```



```

Qwisi=Qwisi+dQwisi
Qwz=Pz*(dVi-dV)*1000 #ci
dUz=U+Qwz-dQwisi #Yanmasız hesap
if 0<=int(tcz-273) & int(tcz-273)<=1500:
    mcvz=20.6+0.002638*(tc-273) # Havanın molar sıkıştırma özgül ısısı
if int(tcz-273)>=1501 & int(tcz-273)<=2800:
    mcvz=22.387+0.001449*(tc-273)
dTz=dUz/(mcvz*Mi) #yanmasız anlık sıcaklık değişimi K-C farketmez çünkü
sıcaklık farkı
tcz=tcz+dTz # yanmasız anlık sıcaklık K
Tyanmasız[i]=tcz
dPiz=(8314.5*Mi*(tcz))/(dV*(10**6)) #dP=(287*M*dT)/(dV*(10**6)) # anlık
basınç değişimi
if i==0:
    dPz=dPiz
ddPz=dPiz-dPz # yanmasız anlık basınç değişimi
dPz=dPiz
Pz=Pz+ddPz # yanmasız toplam basınç artışı
Pyanmasız[i]=Pz

```

YANMASIZ HESAP SONU

```

dU=U+Qhi+Qw-dQwisi # yanmalı enerji
#print(U," ",Qhi," ",Qw," ",dQwisi)
dWi=dU
Wi=Wi+dWi # silindir içi enerjinin toplamı
if i ==0:
    Qrate=0
dT=dU/(mcv*Mi) #anlık sıcaklık değişimi K-C farketmez çünkü sıcaklık farkı
tc=tc+dT # anlık sıcaklık K
tyanma[i]=tc
dPi=(8314.5*Mi*(tc))/(dV*(10**6)) #dP=(287*M*dT)/(dV*(10**6)) # anlık
basınç değişimi
if i==0:
    dP=dPi
ddP=dPi-dP #anlık basınç değişimi

```

```

dP=dPi
P=P+ddP # toplam basınç artışı
toplamiterasyon=float(toplamiterasyon+1)
islem.insert(0.0, """"%s
""""%P)
form.update()
if i==0:
    P1=P # bir önceki basıncı hesaplamak için önceki basıncın ilk döngüsünde,
    önceki basınçla şuan ki basınç aynı kabul edildi
    dWindike=(P*(dV-dVi))+((P-P1)*(dVi-dV)/2) # anlık indike iş # kayıplar hesaba
    katıldı
    Windike=Windike+dWindike # toplam indike iş
    P1=P
    dVi=dV
    Pyanma[i]=P
    tyanma[i]=tc
    KMAy[i]=KMA
    Force=P*Pal/(10**6) # P anlık basınç MPa, Pal: piston yüzey alanı m^2
    if Pym==0:
        PPMNOy[i]=0
    if Pym!=0:
        my=190 # yakıtın mol kütlesi kg/kmol
        kb3=np.array([1,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.8,2,2.2,2.4,2.6])
        ka3=np.array([22.545,22.398,22.275,22.169,22.078,21.999,21.929,21.812,21.
        717,21.64,21.574,21.519])
        kt3=np.polyfit(kb3,ka3,2)
        mcv1=np.poly1d(kt3)
        b1=1 # yerel hvk
        kb4=np.array([100,200,300,400,500,600,700,800,900,1000,1100,1200,1300,1
        400,1500,1600,1700,1800,1900,2000,2100,2200,2300,2400,2500,2600,2700,2
        800])
        ka4=np.array([mcv1(b1),mcv1(b1)+0.5705,mcv1(b1)+0.932,mcv1(b1)+1.311,m
        cv1(b1)+1.7115,mcv1(b1)+2.1125,mcv1(b1)+2.514,mcv1(b1)+2.9,mcv1(b1)+3.

```

```
273,mcv1(b1)+3.6235,mcv1(b1)+3.956,mcv1(b1)+4.273,mcv1(b1)+4.57,mcv1(
b1)+4.851,mcv1(b1)+5.1155,mcv1(b1)+5.361,mcv1(b1)+5.596,mcv1(b1)+5.81
3,mcv1(b1)+6.0205,mcv1(b1)+6.215,mcv1(b1)+6.4015,mcv1(b1)+6.5795,mcv1
(b1)+6.7425,mcv1(b1)+6.9005,mcv1(b1)+7.0485,mcv1(b1)+7.1905,mcv1(b1)+
7.3275,mcv1(b1)+7.4585])
```

```
kt4=np.polyfit(kb4,ka4,2)
```

```
mcv2=np.poly1d(kt4)
```

```
if dir().count('Tyer')==1:
```

```
    C42i=mcv2(Tyer-273)
```

```
if dir().count('Tyer')==0:
```

```
    C42i=mcv2(tc-273)
```

```
    C43i=(1/(1+C33))*(C41+(C33*C42i)) # Ortalama sıkıltırma molar özgül ısısı
( çalışma ortamı ) mc'vtc-to
```

```
    C44=C21/C20 # Taze dolgunun moleküler değişim katsayısı
```

```
    uy=1+((C13/4+C14/32-1/my)/(1*C5+1/my)) # Karışımın moleküler
değişim katsayısı
```

```
    C46=C19/(C20*(1+C33)) # Karışımın yanma ısısı Hw.m
```

```
    C40i=Tym
```

```
    C50i=P/Pym
```

```
    noxi=noxi+1
```

```
my=190 # yakıtın mol kütlesi kg/kmol
```

```
etadi=1 # distilasyon kaysayısı " yukarıda döngüsü var gerekirse o kullanılacak
"
```

```
if KMA>360:
```

```
    if P2>P and Pmaksimum==0 and P2>Pyanmasiz[1799]:
```

```
        Pmaksimum=P2
```

```
        BO=BM
```

```
        P2=P
```

```
    if Pmaksimum!=0:
```

```
        BP=BO*((P/Pmaksimum)**((BC-1)/BC)) # Yerel sıcaklık ( Başlangıç )
```

```
        BU=9*(10**(-89))*(BP**23.775)
```

```
        BV=BU*C2ab/1000
```

```
        BX=(7.8*10**(-9))*(BP**2)-0.00003*BP+0.029
```

```
        BY=BX*C2ab/1000
```

$$CC=3.1*(10^{**13})*\text{math.exp}(-160/BP)$$

$$CF=CC*BY*BV$$

$$BS=(1.45*(10^{**5})*BP-0.003)*C2ab/1000$$

$$CD=6.4*(10^{**9})*BP*\text{math.exp}(-3125/BP)$$

$$CG=CD*BS*BV$$

$$BY=(7.8*(10^{**9})*(BP^{**2})-0.00003*BP+0.029)*C2ab/1000$$

$$CI=CK/BY$$

$$CK1=(C2ab/1000)*(0.1)*(1-CI^{**2})*(CF*CG/(CI*CF+CG))/(3*C9)$$

$$CK=CK+CK1 \text{ #başlangıç 2 reaksiyonlu yerel no kmol/cm}^3$$

$$NOX=(10^{**9})*AO*CK/(AN*C2ab)$$

$$AS=(tci*0.95*E24*C22)/((epsi*C32-(0.95*E24*C22))*(1600-403*\text{lmbda}+0.037*C9-7.38*C26)) \text{ #gamma Artık gaz katsayısı}$$

$$AP=1+(C13/4+C14/31-1/my)/(\text{lmbda}*Lo+1/my) \text{ #Genel karışım moleküler değişim katsayısı}$$

$$BE=1+(C13/4+C14/31-1/my)/(1*Lo+1/my) \text{ # Yerel yanma moleküler değişim katsayısı}$$

$$BD=(AP+AS)/(1/AS) \text{ # Genel yanma ürünlerinin moleküler değişim katsayısı}$$

$$AO=BD/\text{lmbda} \text{ # Yanma ürünlerinin bağıl hacmi}$$

$$AZ=20.6+2.638*(10^{**3})*\text{Tyanmasiz}[1799] \text{ # Sıkıştırma sonu havanın özgül ısı (22.1977 kJ/kmolC)}$$

$$BF=P/\text{Pyanmasiz}[1800] \text{ # anlık basınç artış oranı}$$

$$C=((\text{etadi}*Hu)/(1*Lo*(1+AS)))+((AZ+8.314*BF)*\text{Tyanmasiz}[1799]+2270*(BF-BE)) \text{ # } Ax^2+Bx+C=0$$

$$A=0.0021*BE \text{ # } Ax^2+Bx+C=0$$

$$B=33.414*BE \text{ # } Ax^2+Bx+C=0$$

$$BL=(-B+(((B^{**2})+4*A*C)^{(1/2)}))/(2*A) \text{ # Yerel Sıcaklık C}$$

$$BM=BL+273 \text{ # Yerel sıcaklık K}$$

$$BA=25.1+0.0021*BL \text{ # Cv}$$

$$BB=BA+8.314 \text{ # Cp}$$

$$BC=BB/BA \text{ # Yanma ürünleri adyabatik üssü}$$

$$AN=1*Lo*BE \text{ # Yerel yanma ürünleri mol ağırlığı kmol/kg}$$

$$PPMNOy[i]=NOX$$

if ddP<0:

if i3!=0:

```

i=i+1
x=xi
KMA=KMA+0.1
continue
Pym=P
Tym=tc # K
i3=i3+1
i=i+1
x=xi
KMA=KMA+0.1
Pind=Windike/dV # indike basınç indike iş/toplam silindir hacmi
#print('Pmax',Pym)
C52=float(max(tyanma)) # Yanma Sonu Sıcaklığı K
C51=C52-273 # Yanma sonu sıcaklığı C
C53=float(max(Pyanma)) # Maksimum Yanma Basıncı MPa
#print(it,'.iterasyon',' Pmax:',int((max(Pyanma)*100))/100,'MPa',
Tmax:',int((max(tyanma)*100))/100,'K')
##### YANMA HESAP SONU #####
##### ESKİ GENİŞLEME BÖLÜMÜ - AKTİF #####
C54=(C45*C52)/(C50i*C39) # Ön genişleme oranı
C55=C26/C54 #Genişleme sonrası oranı
b2=C55 # k.delta değeri genişleme sonrası oranın egri4 fonksiyonuna
gönderilmesi
x = np.array([5,7.5,10,12.5,15,17.5,20,22.5,25])
y = np.array([2405,2300,2220,2165,2120,2070,2045,2020,2000])
z = np.polyfit(x, y, 2)
p = np.poly1d(z)
# Eğri 4 - Eğri 1 den 2000K için aldığı eğriyi diğer sıcaklıklar için uyumlar. b2 yani
k.delta değişkenini kullanır.
x1 = np.array([1700,1800,1900,2000,2100,2200,2300,2400,2500])
y1 = np.array([p(b2)-305,p(b2)-195,p(b2)-
90,p(b2),p(b2)+130,p(b2)+230,p(b2)+320,p(b2)+410,p(b2)+500])
z1 = np.polyfit(x1, y1, 2)
p1 = np.poly1d(z1)

```

Eğri 2 - Hava fazlalık katsayısına göre grafikteki yukarıdan 8. eğrinin (sıcaklığa bağlı olmayan diğer eğrilerden, yukarıdan başlayarak 8.) karakterini belirler.

```
x2=np.array([1,1.2,1.4,1.6,1.8,2])
```

```
y2=np.array([1.264,1.2709,1.2755,1.279,1.282,1.2845])
```

```
z2=np.polyfit(x2, y2, 2)
```

```
p2=np.poly1d(z2)
```

Eğri 3 - Eğri 2 den aldığı tek eğri karakteristiğini, diğer sıcaklık değerleri için de uyarlar ve sonuç olarak k2 değerini verir.

```
x3=[1850,1900,1940,2020,2100,2160,2245,2335,2405,2500];
```

```
y3=[p2(b)+14.5*0.001,p2(b)+12.5*0.001,p2(b)+10.5*0.001,p2(b)+8.5*0.001,p2(b)+8.5*0.001,p2(b)+4*0.001,p2(b)+2*0.001,p2(b),p2(b)-2.5*0.001,p2(b)-3.5*0.001];
```

```
z3=np.polyfit(x3, y3, 2)
```

```
p3=np.poly1d(z3)
```

ÖNEMLİ - Eğri 3 direkt olarak k2 değerini bulamaz, egri3(egri4(C52)) gibi iç içe kullanılarak bağlanması gerekir. Bu sayede 3 değişkene bağlı k2 değeri elde edilir. Burada C52 Yanma sonu sıcaklığıdır.

```
C56=p3(p1(C52))
```

```
### k2 HESAP SONU ###
```

```
C47=(1/C21)*((C15*(39.123+0.003349*C51))+(C16*(26.67+0.004438*C51))+(C17*(23.723+0.00155*C51))+(C18*(21.951+0.001457*C51))) # mc"vtz-to  
Yanma ürünlerinin ortalama özgül ısısı
```

```
C48=C47+8.315 # Yanma ürünlerinin ortalama özgül ısısı mc"ptz-to
```

```
C57=C56-0.0122 # n2 genişleme politropik üssü
```

```
C58=C53/(pow(C55,C57)) # Pb Genişleme sonu basıncı
```

```
C59=C52/(pow(C55,(C57-1))) # Tb Genişleme sonu sıcaklığı
```

```
C58=Pyanma[-1]
```

```
C59=tyanma[-1]
```

```
F59=C59/pow((C58/C28),(1/3))
```

```
if abs(C27-F59)<=0.3: #int(C27)==int(F59):
```

```
break
```

```
C60=Pind
```

```
C62=C60*C61 # Ortalama indike basınç Pi
```

```
C63=(C62*C6*C4*1000)/(C19*C30*C35) # İndike verim
```

```

C64=3600*1000/(C19*C63) #Özgül Yakıt Tüketimi
C84=C65+10

C65=C11A*C9/(3*pow(10,4)) #2015 ORTALAMA PİSTON HIZI
print("Ort pst hızı:",round(C65,2))
C66=(0.089+0.0118*C65) # Pm Mekanik kayıp basıncı
C67=C62-C66 # Pe Efektif basınç
C68=C67/C62 # Mekanik Verim
C69=(C63*C68) #Isıl Verim
C71=math.pi*(C73**2)*C11A*C10/(4*10**6)
C8=(C71*C67*C9)/(C7*30) # Güç kW
## 23.06.15 BSFC güncelleme ##
Be=C10*(C5b5/(2*1000))*C9*60 # g/h
BSFC=Be/C8 # g/kWh
print("BSFC:", round(BSFC,2))
## SON 23.06.15 BSFC güncelleme ##
C70=BSFC
C72=C71/C10 # Tek silindir hacmi
C75=C73
C77=(C73*C11) # Strok uzunluğu
C79=C77
C82=C71
C83=(math.pi)*(pow(C75,2))/4 # Silindir Kesit alanı
C84=C79*C9/(3*pow(10,4)) # Vp.m Ortalama piston hızı
C85=C67*C82*C9/(30*C7) #Efektif güç
C86=3*(pow(10,4))*C85/((math.pi)*C9) # Me Moment
C87=C85*C70/1000 # Yakıt tüketimi
C88=C85/C82 # Birim hacimde elde edilen güç
hacim=(math.pi)*(pow(C73,2)*C77*C10)/(4*pow(10,6))
normalguc=(C60*C82*C9/(30*C7))
Kayipguc=(4*(10**-10)*(C9**3)+(2*(10**-6)*(C9**2)))+(0.0008*C9)+1.158)
efguc=normalguc-Kayipguc
AS=0.4 # Ortalama sürtünme basıncının sabitr kısmı [bar]

```

```

BS=0.004 #Silindir basıncının pik değer faktörü
CS=0.09 #Ortalama piston hızı faktörü [ bar/(m/s)]
DS=0.0009 # Ortalama piston hızı kare faktörü [bar*s^2/m^2]
FMEP=((AS)+(BS*(C53*10))+(CS*C84)+DS*(C84**2))/10
print("\n\nNormal Güç",round(normalguc,2),"\n",
      "efekguc",round(C85,2),"\n",
      "efguc:",round(efguc,2),"\n",
      "Mekanik Verim:",round((efguc/normalguc),2),"\n",
      "Kayıp Basıncı1: ", round(C66,2),"\n",
      "FMEP1: ",round(FMEP,2),
      "250KMA:",Pyanma[250])

m_su=25200 # kg/h
cp_su= 3.43 #kj/kgK
Tg_su=355-273 # C Su giriş sıcaklığı
Tc_su=361-273 # C Su çıkış sıcaklığı
m_eg=int(airflow*10)/10+(Be/1000) # hava debisi+yakıt debisi = egzoz debisi
kg/h
Tg_eg=tc # egzoz sonu sıcaklık K
Tc_eg=C23 # ortam hava sıcaklığı K
cp_eg=(20.6+0.002638*Tg_eg)/28.97
# Egzoz Ekserji Hesabı
h1=8*(10**-5)*(tc**2)+0.9709*tc-0.6594 # kj/kg
h2=8*(10**-5)*(C23**2)+0.9709*C23-0.6594 # kj/kg
s1=1.0653*np.log(Tg_eg)+0.7854
s2=1.0653*np.log(Tc_eg)+0.7854
Eg_net=cp_eg*(Tg_eg-Tc_eg)*m_eg/3600
Eg_eks=m_eg*((h1-h2)-Tc_eg*(s1-s2))/3600
h1= -6*(10**-13)*(Tg_su**6) + 4*(10**-10)*(Tg_su**5) - 1*(10**-7)*(Tg_su**4) + 1*(10**-5)*(Tg_su**3) - 0.0011*(Tg_su**2) + 4.2128*Tg_su - 0.0271
h2= -6*(10**-13)*(Tc_su**6) + 4*(10**-10)*(Tc_su**5) - 1*(10**-7)*(Tc_su**4) + 1*(10**-5)*(Tc_su**3) - 0.0011*(Tc_su**2) + 4.2128*Tc_su - 0.0271
s1= -(2*10**-15)*(Tg_su)**6 + (2*10**-12)*(Tg_su)**5 - (5*10**-10)*(Tg_su)**4 + (1*10**-7)*(Tg_su)**3 - (3*10**-5)*(Tg_su)**2 + 0.0154*(Tg_su) - (7*10**-5)

```



```

s2= -(2*10**-15)*(Tc_su)**6 + (2*10**-12)*(Tc_su)**5 - (5*10**-
10)*(Tc_su)**4 + (1*10**-7)*(Tc_su)**3 - (3*10**-5)*(Tc_su)**2 +
0.0154*(Tc_su) - (7*10**-5)
Su_net=m_su*cp_su*(8)/3600
Su_eks=m_su*((h2-h1)-Tc_eg*(s2-s1))/3600
print(m_eg,Tg_eg,cp_eg,h1,h2,s1,s2)
print("Toplam Egzoz Enerjisi:",round(Eg_net,2))
print("Egzoz Ekserji:",round(Eg_eks,2))
print("Toplam Su Enerjisi:",round(Su_net,2))
print("Su Ekserji:",round(Su_eks,2))

## EKSERJİ HESAP SONU
E82=(math.pi)*(pow(C73,2))*C77*C10/(4*pow(10,6))
eklenenyakit=0
##### YAKIT AYAR BÖLÜMÜ SONU #####
yazilar=(int((max(Pyanma)*100))/100,
int((max(tyanma)*100))/100,
int(C5b5*10)/10,
int(airflow*10)/10,
int(lmbda*1000)/1000,
int(C8*10)/10,
int(NOX*100)/100,
int(C25*100)/100,
int(C34*100)/100,
int(max(Tyanmasiz)*100)/100,
int(max(Pyanmasiz)*100)/100,
int(Pyanmasiz[0]*100)/100,
)

loglar=(
"""
| Pmax[MPa] | Tmax[K] | gc[mg/st] | Qhava[kg/h] | Lambda | Ne[kW] |
-----
| %s | %s | %s | %s | %s | %s |
-----

```

```
| NOx[ppm] | Tcomp [K] | Ta[K] | Tynmsz[K] | Pynmz[MPa] | P180 [MPa] |
```

```
-----  
| %s | %s | %s | %s | %s | %s |  
-----
```

```
""")%yazilar
```

```
    results_txt.insert(0.0,loglar)
```

```
    form.update()
```

```
    results_txt.insert(0.0,"""%s. deneme-----  
    ----- """"%it)
```

```
    form.update()
```

```
    results_txt.insert(0.0,"""- Yakıt:+(%s) mg
```

```
""""%eklenenyakit)
```

```
    form.update()
```

```
    it=it+1
```

```
    if C4<=0:
```

```
        messagebox.showerror("Geçersiz Değer", "Hata Kodu - 1021\n\nİterasyonda,  
hava fazlalık katsayısı sıfırın altına indi. \nLütfen verdiğiniz değerlerin gerçek bir  
motora uygun olduğunu kontrol ediniz\n\nHesaplama Yapılamadı.")
```

```
        return()
```

```
    if it>=100:
```

```
        messagebox.showerror("Sonsuz Döngü", "Hata Kodu - 1022\n\nProgram  
sonsuz döngüye giriyor olabilir.\n\n Lütfen değerlerinizi kontrol  
ediniz.\nHesaplama Yapılmadı")
```

```
        return()
```

```
    i=0
```

```
    n=300
```

```
    Neplot=list(range(74))
```

```
    geplot=list(range(74))
```

```
    Teplot=list(range(74))
```

```
    nplot=list(range(74))
```

```
    yakhdpplot=list(range(74))
```

```
    hfk1pplot=list(range(74))
```

```
    while n<4000:
```

```
        Nep=C85*(n/C9)*(0.87+(1.13*(n/C9))-pow((n/C9),2))
```

```
        Neplot[i]=Nep
```

```

gep=C70*(1.55-1.55*(n/C9)+pow((n/C9),2))
geplot[i]=gep
Tep=3*(pow(10,4))*Nep/((math.pi)*n)
Teplot[i]=Tep
Pep=(Nep*30*C7)/(C82*n)
hfk1p=((3600*C30*C35)/(gep*C6*Pep))
hfk1pplot[i]=hfk1p
yakmdp=((gep*Nep/n)*((C7/2)/(C10))*1000)/60
yakhdp((((gep*Nep/n)*((C7/2)/(C10))*1000)/60)/C2ab
yakhdpplot[i]=yakhdp
nplot[i]=n
i=i+1
n=n+50
tork=0
ozgul=0
debi=0
havafk=0
if cekkutusu1.get():
    tork=1
if cekkutusu2.get():
    ozgul=1
if cekkutusu3.get():
    debi=1
if cekkutusu4.get():
    havafk=1
host = host_subplot(111, axes_class=AA.Axes)
plt.subplots_adjust(right=0.75)
host.set_xlabel("Devir Sayısı $devir/dakika$")
host.set_ylabel("Güç $kW$")
p1, = host.plot(nplot,Neplot, label="Güç $kW$")
host.axis["left"].label.set_color(p1.get_color())
if tork==1:
    par1 = host.twinx()

```

```

par1.set_ylabel("Tork $N.m$")
p2, = par1.plot(nplot, Teplot, label="Tork $N.m$")
par1.axis["right"].label.set_color(p2.get_color())
offset = 0
offset2 = 0
offset3 = 0
##### Özgül yakıt tüketimi
if ozgul==1:
    par2 = host.twinx()
    new_fixed_axis = par2.get_grid_helper().new_fixed_axis
    offset = 60
    par2.axis["right"] = new_fixed_axis(loc="right",
                                       axes=par2,
                                       offset=(offset, 0))
    par2.axis["right"].toggle(all=True)
    par2.set_ylabel("ge $g/kW.h$")
    p3, = par2.plot(nplot, geplot, label="ge $g/kW.h$")
    par2.axis["right"].label.set_color(p3.get_color())
##### Hacimsel yakıt debisi
if debi==1:
    par3 = host.twinx()
    new_fixed_axis = par3.get_grid_helper().new_fixed_axis
    offset2 = offset+60
    par3.axis["right"] = new_fixed_axis(loc="right",
                                       axes=par3,
                                       offset=(offset2, 0))
    par3.axis["right"].toggle(all=True)
    par3.set_ylabel("Qy $mm^3/{\çevrim}$")
    p4, = par3.plot(nplot, yakhdpplot, label="Qy $mm^3/{\çevrim}$")
    par3.axis["right"].label.set_color(p4.get_color())
##### Hava fazlalık katsayısı
if havafk==1:
    par4 = host.twinx()

```

```

new_fixed_axis = par4.get_grid_helper().new_fixed_axis
offset3 = offset2+60
par4.axis["right"] = new_fixed_axis(loc="right",
                                   axes=par4,
                                   offset=(offset3, 0))
par4.axis["right"].toggle(all=True)
par4.set_ylabel("hfk $ger.hava/{ter.hava}$")
p5, = par4.plot(nplot,hfk1pplot, label="hfk $ger.hava/{ter.hava}$")
par4.set_ylim(1, 3.5)
par4.axis["right"].label.set_color(p5.get_color())
plt.title("Motor Karakteristik Eğrileri")
host.set_xlim(0, 3500)
host.legend()
plt.grid(True)
#### P-KMA Grafik Bölümü ####
yanmaligraf=0
yanmasizgraf=0
if yanmalikutu.get():
    yanmaligraf=1
if yanmasizkutu.get():
    yanmasizgraf=1
if yanmaligraf==1 or yanmasizgraf==1:
    fig1=plt.figure()
    ax1=fig1.add_subplot(111)
    if yanmaligraf==1:
        ax1.plot(KMAy,Pyanma)
    if yanmasizgraf==1 and yanmaligraf==0:
        ax1.plot(KMAy,Pyanmasiz)
    plt.ylabel("Basınç $MPa$")
    plt.xlabel("Krank Mili Açısı $KMA^{O}$")
    plt.title("Krank mili açısının değişimine bağlı basınç değişim grafiği")
    ax1.set_xticks(np.arange(0, 541, 60))
    if yanmaligraf==1 and yanmasizgraf==1:

```

```

        ax1.plot(KMAy,Pyanmasiz,"--")
        plt.legend([u"Yanmalı",u"Yanmasız"])
        plt.grid(True)
    plt.grid(True)
    plt.draw()
    plt.show()
except ValueError:
    messagebox.showerror("Giriş Hatası", "Hata Kodu - 0001\n\nDeğişkenlerde sayı
        olmayan bir karakter var \nLütfen verdiğiniz değerlerin sayı olduğunu kontrol
        ediniz\n\nHesaplama Yapılamadı.")
def excel():
    try:
        x=2.464
        farklikaydet=easygui.filesavebox(default='Diesel-Hesaplamalar.xlsx')
        workbook = xlswriter.Workbook(farklikaydet)
        worksheet = workbook.add_worksheet('diesel')
        worksheet1 = workbook.add_worksheet('grafik')
        worksheet.set_column('A:B', 40)
        worksheet.set_column('B:C', 10)
        worksheet.set_column('D:E', 12)
        worksheet.set_column('E:F', 12)
        worksheet.set_column('F:G', 12)
        worksheet.set_column('G:H', 12)
        bold = workbook.add_format({'bold': 1})
        degisken = workbook.add_format({'bold': True})
        degisken.set_align('center')
        degisken.set_align('vcenter')
        deger = workbook.add_format({'italic': True})
        deger.set_align('center')
        deger.set_align('vcenter')
        baslik=hacim,"Litre Diesel Motor Karakteristik Değerleri"
        # Data listesi
        expenses = (
            [ 'Hava fazlalık katsayısı - lamda',C4],

```

- ['Gerekli minimum hava [kmolH/kgY]',C5],
- ['Gerekli minimum hava [kgH/kgY]',C6],
- ['Motor Zamanı',C7],
- ['Etkif Güç [kW]',C8],
- ['Devir Sayısı [d/dak]',C9],
- ['Silindir Sayısı',C10],
- ['Strok-Çap Oranı',C11],
- ['Yakıttaki C atomu yüzdesi',C12],
- ['Yakıttaki H atomu yüzdesi',C13],
- ['Yakıttaki O atomu yüzdesi',C14],
- ['Yanma ürünlerindeki CO2 miktarı',C15],
- ['Yanma ürünlerindeki H2O miktarı',C16],
- ['Yanma ürünlerindeki O2 miktarı',C17],
- ['Yanma ürünlerindeki N2 miktarı',C18],
- ['Yakıt Enerjisi [kj/kg]',C19],
- ['Taze dolgu miktarı [kmol]',C20],
- ['Yanma ürünleri [kmol/kgY]',C21],
- ['Açık Hava Basıncı [MPa]',C22],
- ['Dış ortam sıcaklığı [K]',C23],
- ['Silindire etki eden Po [MPa]',C24],
- ['Silindire etki eden To [K]',C25],
- ['Sıkıştırma oranı',C26],
- ['Artık gaz sıcaklığı [K]',C27],
- ['Artık gaz basıncı [MPa]',C28],
- ['Isıl Fark [K]',C29],
- ['S.içine giren hava yoğ. [kg/m^3]',C30],
- ['Emme basınç kaybı [MPa]',C31],
- ['Emme sonu basıncı [MPa]',C32],
- ['Artık gazlar katsayısı',C33],
- ['Emme sonu sıcaklığı [K]',C34],
- ['Volümetrik verim',C35],
- ['Adyabatik üssü',C36],
- ['Politrop üssü',C37],

- ['Sıkıştırma sonu basıncı [MPa]',C38],
- ['Sıkıştırma sonu sıcaklığı [K]',C39],
- ['Sıkıştırma sonu sıcaklığı [C]',C40],
- ['Skşma mol özg.ısı (hava) [kj/kmolDeg]',C41],
- ['Skşma mol özg.ısı (atk gaz) [kj/kmolDeg]',C42],
- ['Skşma mol özg.ısı (ç.ort) [kj/kmolDeg]',C43],
- ['Taze dolgunun moleküler değişim katsayısı',C44],
- ['Karışımın moleküler değişim katsayısı',C45],
- ['Karışımın yanma ısısı [kj/kmol]',C46],
- ['Yanma ürn ort.özgl ısı(sbtP) [kj/kmolDeg]',C47],
- ['Yanma ürn ort.özgl ısı(sbtV) [kj/kmolDeg]',C48],
- ['Isıdan yararlanma katsayısı',C49],
- ['Basınç artış oranı',C50i],
- ['Yanma sonu sıcaklığı [C]',C51],
- ['Yanma sonu sıcaklığı [K]',C52],
- ['Maksimum yanma basıncı [MPa]',C53],
- ['Ön genişleme oranı',C54],
- ['Genişleme sonrası oranı',C55],
- ['Genişleme adyabatik üssü',C56],
- ['Genişleme politropik üssü',C57],
- ['Genişleme sonu Basıncı [MPa]',C58],
- ['Genişleme sonu Sıcaklığı [K]',C59],
- ['Teorik ortalama indike basınç [MPa]',C60],
- ['Diyagram yuvarlama katsayısı',C61],
- ['Ortalama indike basınç [MPa]',C62],
- ['İndike Verim',C63],
- ['İndike özgül yakıt tüketimi [g/kWh]',C64],
- ['Ortalama piston hızı [m/s]',C65],
- ['Kayıplar nedeniyle azalan basınç [MPa]',C66],
- ['Efektif Basınç [MPa]',C67],
- ['Mekanik Verim',C68],
- ['Termik Verim',C69],
- ['Efektif özgül yakıt tüketimi [g/kWh]',C70],


```

[ 'Toplam Motor Hacmi [Litre]',C71],
[ 'Tek Silindirin Hacmi [Litre]',C72],
[ 'Silindir Çapı [mm]',C73],
[ 'Y.Silindir Çapı [mm]',C75],
[ 'Strok Uzunluğu [mm]',C77],
[ 'Y.Strok Uzunluğu [mm]',C79],
[ 'Toplam Motor Hacmi [Litre]',C82],
[ 'Silindir kesit alanı [mm^2]',C83],
[ 'Ortalama piston hızı [m/s]',C84],
[ 'Efektif Güç [kW]',C85],
[ 'Moment [N.m]',C86],
[ 'Yakıt Tüketimi [kg/h]',C87],
[ 'Birim hacimden elde edilen güç [kW/lt]',C88],
[ 'Tek silindir püskürtülen yakıt [mg]',C5b5],
)
# Başlangıç hücreleri.
row = 14
col = 0
# Dönüğüsel yazdırma kısmı
for item, cost in (expenses):
    worksheet.write(row, col, item,degisken)
    worksheet.write(row, col + 1, cost,deger)
    row += 1
worksheet.insert_image('A2','logo/vd.png')
i=0
n=300
Neplot=list(range(74))
geplot=Neplot
Teplot=Neplot
while n<4000:
    Ne=C85*(n/C9)*(0.87+(1.13*(n/C9))-pow((n/C9),2))
    Neplot[i]=Ne
    ge=C70*(1.55-1.55*(n/C9)+pow((n/C9),2))

```

```

geplot[i]=ge
Te=3*(pow(10,4))*Ne/((math.pi)*n)
Teplot[i]=Te
Pe=(Ne*30*C7)/(C82*n)
hfk1=((3600*C30*C35)/(ge*C6*Pe))
yakkd=((ge*Ne/n)*((C7/2)/(C10))*1000)/60
yakhd((((ge*Ne/n)*((C7/2)/(C10))*1000)/60)/C2ab
worksheet.write(i+1,2,n,degisken)
worksheet.write(i+1,3,hfk1,deger)
worksheet.write(i+1,4,Ne,deger)
worksheet.write(i+1,5,ge,deger)
worksheet.write(i+1,6,Te,deger)
worksheet.write(i+1,7,yakhd,deger)
n=n+50
i=i+1
worksheet1.write(0,0,'KMA',degisken)
worksheet1.write(0,1,'Basınç',degisken)
worksheet1.write(0,2,'Hacim',degisken)
worksheet1.write(0,3,'Wiebe',degisken)
worksheet1.write(0,4,'Qh',degisken)
worksheet1.write(0,5,'Pynmsz',degisken)
worksheet1.write(0,6,'NOx',degisken)
worksheet1.write(0,7,'Sic.[K]',degisken)
i=0
while i<3599:
    P=float(Pyanma[i])
    KMA1=float(KMAy[i])
    dVp1=float(dVy[i])
    xi1=float(xiy[i])
    Qhi1=float(Qhiy[i])
    Pynmz=float(Pyanmasiz[i])
    PPM=float(PPMNOy[i])
    Tyanma1=float(tyanma[i])

```

```

worksheet1.write(i+1,0,KMA1,degisken)
worksheet1.write(i+1,1,P,deger)
worksheet1.write(i+1,2,dVp1,deger)
worksheet1.write(i+1,3,xi1,deger)
worksheet1.write(i+1,4,Qhi1*1000,deger)
worksheet1.write(i+1,5,Pynmz,deger)
worksheet1.write(i+1,6,PPM,deger)
worksheet1.write(i+1,7,Tyanma1,deger)
i=i+1

```

GRAFİK ÇİZİM BÖLÜMÜ

```

headings = ['Devir[rpm]','Hava f.k.','Güç[KW]', 'ge[g/KW.h]', 'Te[N.m]','mm^3/çev.']

```

```

worksheet.write_row('C1', headings, degisken)

```

```

chart5 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                             'subtype': 'smooth'})

```

```

chart2 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                             'subtype': 'smooth'})

```

```

chart6 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                             'subtype': 'smooth'})

```

```

chart7 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                             'subtype': 'smooth'})

```

```

chart8 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                             'subtype': 'smooth'})

```

```

chart9 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                             'subtype': 'smooth'})

```

```

chart10 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                              'subtype': 'smooth'})

```

```

chart11 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                              'subtype': 'smooth'})

```

```

chart12 = workbook.add_chart({'type': 'scatter',
                              'subtype': 'smooth'})

```

Seri Tanımlama.

```

chart5.add_series({
    'name':      '=diesel!$E$1',

```

```

    'categories': '=diesel!$C$2:$C$65',
    'values': '=diesel!$E$2:$E$65',
  })
# Seri Tanımlama.
chart5.add_series({
  'name': '=diesel!$G$1',
  'categories': '=diesel!$C$2:$C$65',
  'values': '=diesel!$G$2:$G$65',
  'y2_axis':1,
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart5.set_title ({'name': 'Güç - Tork - Devir Grafiği'})
chart5.set_x_axis({
  'name': 'Devir Sayısı [ rpm ]',
  'major_gridlines': {'visible': 1},
  'min':800,
  'max':3450,
  'major_unit':200
})
chart5.set_y_axis({
  'name': 'Güç [ KW ]',
  'major_gridlines': {'visible': 1},
  'min':10,
  '#max':60,
  'major_unit':10
})
chart5.set_y2_axis({
  'name': 'Tork [ N.m ]',
  'min':70,
  '#max':290,
  'major_unit':25
})
# Karakter Tipi

```

```

chart5.set_style(15)
chart5.set_size({'width':560,'height':400})
chart5.set_legend({'position':'bottom'})
# Grafik Ölçüleri
worksheet.insert_chart('I1', chart5, {'x_offset': 0, 'y_offset': 5})
chart2.add_series({
    'name': '=diesel!$F$1',
    'categories': '=diesel!$C$8:$C$61',
    'values': '=diesel!$F$8:$F$61',
})
# Seri Tanımlama.
chart2.add_series({
    'name': '=diesel!$D$1',
    'categories': '=diesel!$C$8:$C$61',
    'values': '=diesel!$D$8:$D$61',
    'y2_axis':1,
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart2.set_title ({'name': 'Özgül Yakıt Tüketimi- Hava f.k. - Devir Grafiği'})
chart2.set_x_axis({
    'name': 'Devir Sayısı [ rpm ]',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':800,
    'max':3450,
    'major_unit':200
})
chart2.set_y_axis({
    'name': 'özümlük yakıt tüketimi [ g.yakıt/kW.h ]',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':20,
    ##    'max':240,
    'major_unit':20
})

```

```

chart2.set_y2_axis({
    'name': 'hava fazlalık katsayısı',
    'min':1,
##    'max':3.5,
    'major_unit':0.4
})
# Karakter Tipi
chart2.set_style(15)
chart2.set_size({'width':560,'height':400})
chart2.set_legend({'position':'bottom'})
# Grafik Ölçüleri
worksheet.insert_chart('I21', chart2, {'x_offset': 0, 'y_offset': 5})
##### Yakıt debisi grafiği #####
# Seri Tanımlama.
chart10.add_series({
    'name': '=diesel!$H$1',
    'categories': '=diesel!$C$8:$C$61',
    'values': '=diesel!$H$8:$H$61',
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart10.set_title ({'name': 'Hacimsel Yakıt Debisi - Devir Grafiği'})
chart10.set_x_axis({
    'name': 'Devir Sayısı [ rpm ]',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':800,
    'max':3450,
    'major_unit':200
})
chart10.set_y_axis({
    'name': 'Hacimsel Yakıt Debisi [ mm^3/çevrim ]',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':15,
    #'max':100,

```

```

        'major_unit':10
    })
    # Karakter Tipi
    chart10.set_style(15)
    chart10.set_size({'width':560,'height':400})
    chart10.set_legend({'position':'bottom'})
    # Grafik Ölçüleri
    worksheet.insert_chart('I41', chart10, {'x_offset': 0, 'y_offset': 5})
##### P-KMA Diyagramı Çizimi #####
    # Seri Tanımlama.
    chart6.add_series({
        'name':      '=grafik!$B$1',
        'categories': '=grafik!$A$2:$A$3600',
        'values':    '=grafik!$B$2:$B$3600',
    })
    # Seri Tanımlama.
    chart6.add_series({
        'name':      '=grafik!$F$1',
        'categories': '=grafik!$A$2:$A$3600',
        'values':    '=grafik!$F$2:$F$3600',
        #'y2_axis':1,
    })
    # Grafik Eksen isimlendirmesi.
    chart6.set_title ({'name': 'Basınç - KMA Grafiği'})
    chart6.set_x_axis({
        'name': 'KMA',
        'major_gridlines': {'visible': 1},
        'min':0,
        'max':720,
        'minor_unit':10,
        'major_unit':20
    })
    chart6.set_y_axis({

```

```

'name': 'Basınç [ MPa ]',
'major_gridlines': {'visible': 1},
'major_unit':0.5
})
chart6.set_legend({'position':'bottom'})
# Karakter Tipi
chart6.set_style(15)
chart6.set_size({'width':1130,'height':650})
# Grafik Ölçüleri
worksheet1.insert_chart('F2', chart6, {'x_offset': 0, 'y_offset': 10})
##### Wiebe-KMA Diyagramı Çizimi #####
# Seri Tanımlama.
chart9.add_series({
'name': '=grafik!$D$1',
'categories': '=grafik!$A$2:$A$3600',
'values': '=grafik!$D$2:$D$3600',
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart9.set_title ({'name': 'Wiebe - KMA Grafiği'})
chart9.set_x_axis({
'name': 'KMA',
'major_gridlines': {'visible': 1},
'min':0,
'max':720,
'minor_unit':10,
'major_unit':20
})
chart9.set_y_axis({
'name': 'Wiebe',
'major_gridlines': {'visible': 1},
'min':0,
'max':1.1,
'major_unit':0.1

```



```

})
chart9.set_legend({'position':'bottom'})
# Karakter Tipi
chart9.set_style(15)
chart9.set_size({'width':1130,'height':650})
# Grafik Ölçüleri
worksheet1.insert_chart('F36', chart9, {'x_offset': 0, 'y_offset': 10})
##### Qh-KMA Diyagramı Çizimi #####
# Seri Tanımlama.
chart8.add_series({
    'name': '=grafik!$E$1',
    'categories': '=grafik!$A$2:$A$3600',
    'values': '=grafik!$E$2:$E$3600',
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart8.set_title ({'name': 'Qh - KMA Grafiği'})
chart8.set_x_axis({
    'name': 'KMA',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':350,
    'max':440,
    'minor_unit':10,
    'major_unit':5
})
chart8.set_y_axis({
    'name': 'Qh [Joule/KMA]',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':0,
    '#max':8,
    'major_unit':0.3
})
chart8.set_legend({'position':'bottom'})
# Karakter Tipi

```

```

chart8.set_style(15)
chart8.set_size({'width':1130,'height':650})
# Grafik Ölçüleri
worksheet1.insert_chart('F70', chart8, {'x_offset': 0, 'y_offset': 10})
##### P-V Diyagramı #####
# Seri Tanımlama.
chart7.add_series({
    'name': '=grafik!$C$1',
    'categories': '=grafik!$C$2:$C$3600',
    'values': '=grafik!$B$2:$B$3600',
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart7.set_title ({'name': 'P-V Grafiği'})
chart7.set_x_axis({
    'name': 'Hacim [m^3]',
    'minor_unit':0.00001,
    'major_unit':0.00005,
    'major_gridlines': {'visible': 2}
})
chart7.set_y_axis({'name': 'Basınç [ MPa ]','major_gridlines': {'visible': 1}})
chart7.set_legend({'position':'bottom'})
# Karakter Tipi
chart7.set_style(15)
chart7.set_size({'width':1130,'height':650})
# Grafik Ölçüleri
worksheet1.insert_chart('F104', chart7, {'x_offset': 0, 'y_offset': 10})
##### NOx-KMA Diyagramı #####
# Seri Tanımlama.
chart11.add_series({
    'name': '=grafik!$G$1',
    'categories': '=grafik!$A$2:$A$3600',
    'values': '=grafik!$G$2:$G$3600',
})

```

```

# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart11.set_title ({'name': 'NOx Grafiği'})
chart11.set_x_axis({
    'name': 'KMA',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':0,
    'max':720,
    'minor_unit':10,
    'major_unit':20
})
chart11.set_y_axis({'name': 'NOx [ ppm ]','major_gridlines': {'visible': 1}})
chart11.set_legend({'position':'bottom'})
# Karakter Tipi
chart11.set_style(15)
chart11.set_size({'width':1130,'height':650})
# Grafik Ölçüleri
worksheet1.insert_chart('F138', chart11, {'x_offset': 0, 'y_offset': 10})
##### T-KMA Diyagramı #####
# Seri Tanımlama.
chart12.add_series({
    'name': '=grafik!$H$1',
    'categories': '=grafik!$A$2:$A$3600',
    'values': '=grafik!$H$2:$H$3600',
})
# Grafik Eksen isimlendirmesi.
chart12.set_title ({'name': 'T - KMA Grafiği'})
chart12.set_x_axis({
    'name': 'KMA',
    'major_gridlines': {'visible': 1},
    'min':0,
    'max':720,
    'minor_unit':10,
    'major_unit':20
}

```

```

    })
    chart12.set_y_axis({'name': 'Sıcaklık [ K ]','major_gridlines': {'visible': 1}})
    chart12.set_legend({'position':'bottom'})
    # Karakter Tipi
    chart12.set_style(15)
    chart12.set_size({'width':1130,'height':650})
    # Grafik Ölçüleri
    worksheet1.insert_chart('F171', chart12, {'x_offset': 0, 'y_offset': 10})
    ## GRAFİK ÇİZİM BÖLÜMÜ SONU ##
    workbook.close()
    messagebox.showinfo("İşlem Başarılı", "Excel Dosyası Başarı ile Oluşturuldu")
    results_txt.insert(0.0, """"%s Konumunda Excel Dosyası Oluşturuldu.
    """"%farklikaydet)
    form.update()
    except PermissionError:
        messagebox.showerror("Yetki Hatası", "Hata Kodu - 0002\n\nGeçerli klasöre veya
        dosya üzerine yazmaya yetkiniz yok\nLütfen daha önce oluşturduğunuz Excel
        dosyasını kapattığınızdan emin olun ve tekrar deneyiniz\nEğer hala sorun
        devam ediyorsa dosya üzerindeki yetkilerinizi kontrol ediniz.")
    except FileNotFoundError:
        messagebox.showerror("Kritik Hata", "Hata Kodu - 1000\n\nProgram
        dosyalarından bazıları eksik veya bulunamıyor.\n\nLütfen yazılımı tekrar
        yükleyiniz")

    girisekrani()
    form = Tk()
    cihan = tkinter.IntVar()
    #Motor Boyutları - Giriş
    ilkbolme = LabelFrame(form, text="Motor Boyutları: ")
    ilkbolme.grid(row=0, column=0, columnspan=7, sticky='WN', \
        padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
    etiketC10b=Label(ilkbolme,text="Silindir Sayısı")
    etiketC10b.grid(row=0, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
    C10b = Entry(ilkbolme)
    C10b.insert(END,"4") # Silindir Sayısı
    C10b.grid(row=0, column=1, columnspan=1, sticky="E", pady=3)

```

```

etiketC11b=Label(ilkbolme,text="Strok Uzunluğu [mm]")
etiketC11b.grid(row=1, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C11b = Entry(ilkbolme)
C11b.insert(END,"115") # Strok Uzunluğu
C11b.grid(row=1, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC73b=Label(ilkbolme,text="Silindir Çapı [mm]")
etiketC73b.grid(row=2, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C73b = Entry(ilkbolme)
C73b.insert(END,"104") # Silindir Çapı [ mm ] " Strok, S/D oranından bulunacak "
C73b.grid(row=2, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC90b=Label(ilkbolme,text="Biyel Uzunluğu [mm]")
etiketC90b.grid(row=3, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C90b = Entry(ilkbolme)
C90b.insert(END,"182") # Biyel Uzunluğu
C90b.grid(row=3, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC26b=Label(ilkbolme,text="Sıkıştırma oranı")
etiketC26b.grid(row=4, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C26b = Entry(ilkbolme)
C26b.insert(END,"17") # Sıkıştırma oranı
C26b.grid(row=4, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
#Karakteristikler
bolme2 = LabelFrame(form, text="Motor Karakteristikleri: ")
bolme2.grid(row=0,column=9, columnspan=7, sticky='WN', \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
etiketC7b=Label(bolme2,text="Motor Zamanı")
etiketC7b.grid(row=0, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C7b = Entry(bolme2)
C7b.insert(END,"4") # Motor Zamanı
C7b.grid(row=0, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC8b=Label(bolme2,text="Efektif Güç [kW]")
etiketC8b.grid(row=1, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C8b = Entry(bolme2)
C8b.insert(END,"101.9") # Efektif Güç [kW]

```

```

C8b.grid(row=1, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC9b=Label(bolme2,text="Devir Sayısı [d/dak]")
etiketC9b.grid(row=2, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C9b = Entry(bolme2)
C9b.insert(END,"2300") # Devir Sayısı [ rpm ]
C9b.grid(row=2, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC4b=Label(bolme2,text="Hava Fazlalık Katsayısı")
etiketC4b.grid(row=3, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C4b = Entry(bolme2)
C4b.insert(END,"1.7") #hava fazlalık katsayısı
C4b.grid(row=3, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
#Varsayım yapılan değerler
bolme3 = LabelFrame(form, text="Varsayılan Değerler: ")
bolme3.grid(row=1,column=9, columnspan=7, sticky='WN', \
            padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
etiketE24b=Label(bolme3,text="Turboşarj basınç artış oranı")
etiketE24b.grid(row=0, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
E24b = Entry(bolme3)
E24b.insert(END,"2.5") # Turbocharge basınç artış oranı
E24b.grid(row=0, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketE25b=Label(bolme3,text="nc Politrop Üssü")
etiketE25b.grid(row=1, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
E25b = Entry(bolme3)
E25b.insert(END,"1.65") # nc üssü
E25b.grid(row=1, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC61b=Label(bolme3,text="Diyagram yuvarlama katsayısı")
etiketC61b.grid(row=2, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C61b = Entry(bolme3)
C61b.insert(END,"0.95") # Diyagram Yuvarlatma Katsayısı
C61b.grid(row=2, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC50b=Label(bolme3,text="Yanma basınç artış oranı")
etiketC50b.grid(row=3, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C50b = Entry(bolme3)

```

```

C50b.insert(END,"1.5") # Basınç artış oranı
C50b.grid(row=3, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC29b=Label(bolme3,text="Isıl Fark")
etiketC29b.grid(row=4, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C29b = Entry(bolme3)
C29b.insert(END,"10") # Isıl Fark
C29b.grid(row=4, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
#İterasyon başlangıçları
bolme4 = LabelFrame(form, text="İteresyan başlangıçları: ")
bolme4.grid(row=0, column=20, columnspan=7, sticky='WN', \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
etiketC5be=Label(bolme4,text="Püskürtülen Yakıt [mgyakıt/çevrim] ")
etiketC5be.grid(row=0, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C5be = Entry(bolme4)
C5be.grid(row=0, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C5be.insert(END,"80")
etiketC27b=Label(bolme4,text="Artık gaz sıcaklığı [K]")
etiketC27b.grid(row=1, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C27b = Entry(bolme4)
C27b.insert(END,"800") # Artık Gaz Sıcaklığı [ K ] "itere etiliyor"
C27b.grid(row=1, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
etiketC49b=Label(bolme4,text="Isıdan yararlanma katsayısı")
etiketC49b.grid(row=2, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C49b = Entry(bolme4)
C49b.grid(row=2, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C49b.insert(END,"0.8") # Isıdan Yararlanma Katsayısı
etiketC65b=Label(bolme4,text="Ortalama piston hızı [m/s]")
etiketC65b.grid(row=3, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C65b = Entry(bolme4)
C65b.grid(row=3, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C65b.insert(END,"10.4") # Ort. pis. hızı [ m/s ] " iterasyon başlangıcı "
#Yanma Özellikleri
bolme5 = LabelFrame(form, text=" Yakıt ve Yanma Özellikleri: ")

```

```

bolme5.grid(row=1, column=0, colspan=7, sticky='W', \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
etiketC5ba=Label(bolme5,text="Tutuşma Gecikmesi [KMA]")
etiketC5ba.grid(row=0, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C5ba = Entry(bolme5)
C5ba.grid(row=0, column=1, colspan=1, sticky="WE", pady=3)
C5ba.insert(END,"0")
etiketC5bb=Label(bolme5,text="Püskürtme Başlangıcı [KMA]")
etiketC5bb.grid(row=1, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C5bb = Entry(bolme5)
C5bb.grid(row=1, column=1, colspan=1, sticky="WE", pady=3)
C5bb.insert(END,"355")
etiketC5bc=Label(bolme5,text="Yanma Süresi [KMA]")
etiketC5bc.grid(row=2, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C5bc = Entry(bolme5)
C5bc.grid(row=2, column=1, colspan=1, sticky="WE", pady=3)
C5bc.insert(END,"39")
etiketC5bd=Label(bolme5,text="Wiebe Üssü (m)")
etiketC5bd.grid(row=3, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C5bd = Entry(bolme5)
C5bd.grid(row=3, column=1, colspan=1, sticky="WE", pady=3)
C5bd.insert(END,"1.2")
etiketC2a=Label(bolme5,text="Yakıt yoğunluğu [g/cm^3] ")
etiketC2a.grid(row=4, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C2a = Entry(bolme5)
C2a.grid(row=4, column=1, colspan=1, sticky="WE", pady=3)
C2a.insert(END,"0.842")
etiketC12b=Label(bolme5,text="Yakıttaki C atomu yüzdesi")
etiketC12b.grid(row=5, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C12b = Entry(bolme5)
C12b.grid(row=5, column=1, colspan=1, sticky="WE", pady=3)
C12b.insert(END,"0.87") # Yakıttaki Karbon Yüzdesi
etiketC13b=Label(bolme5,text="Yakıttaki H atomu yüzdesi")

```



```

etiketC13b.grid(row=6, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C13b = Entry(bolme5)
C13b.grid(row=6, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C13b.insert(END,"0.1260") # Yakıttaki Hidrojen Yüzdesi
etiketC14b=Label(bolme5,text="Yakıttaki O atomu yüzdesi")
etiketC14b.grid(row=7, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C14b = Entry(bolme5)
C14b.grid(row=7, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C14b.insert(END,"0.004") # Yakıttaki Oksijen Yüzdesi
#Ortam Şartları
bolme6 = LabelFrame(form, text="Ortam Koşulları: ")
bolme6.grid(row=1, column=20, columnspan=7, sticky='WN', \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
etiketC22b=Label(bolme6,text="Açık Hava Basıncı [Mpa]")
etiketC22b.grid(row=0, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C22b = Entry(bolme6)
C22b.grid(row=0, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C22b.insert(END,"0.1") # Açık Hava Basıncı [ MPa ]
etiketC23b=Label(bolme6,text="Dış ortam sıcaklığı [K]")
etiketC23b.grid(row=1, column=0, sticky='W', padx=5, pady=2)
C23b = Entry(bolme6)
C23b.grid(row=1, column=1, columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
C23b.insert(END,"293") # Dış Ortam Sıcaklığı [ K ]
#Hesap Butonu
bolme7 = LabelFrame(form, text="Hesap: ")
bolme7.grid(row=2,column=20, columnspan=7, sticky='NW', \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
dugme=Button(bolme7,text="Hesapla", command=diesel,cursor="hand2")
dugme.grid(row=0,column=1,columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
dugme.pack()
dugme=Button(bolme7,text="Excel Oluştur", command=excel,cursor="hand2")
dugme.grid(row=0,column=4,columnspan=1, sticky="WE", pady=3)
dugme.pack()

```

```

hfkkutusayisi=0
def hfkcizilecek():
    global hfkkutusayisi
    if ((hfkkutusayisi/2)-(int(hfkkutusayisi/2)))==0:
        results_txt.insert(0.0, ""Hava Fazlalık Katsayısı-Devir Grafiği Aktif
        """)
    if ((hfkkutusayisi/2)-(int(hfkkutusayisi/2)))==0.5:
        results_txt.insert(0.0, ""Hava Fazlalık Katsayısı-Devir Grafiği Pasif
        """)
    hfkkutusayisi=hfkkutusayisi+1
    form.update()
torkkutusayisi=0
def torkcizilecek():
    global torkkutusayisi
    if ((torkkutusayisi/2)-(int(torkkutusayisi/2)))==0:
        results_txt.insert(0.0, ""Tork-Devir Grafiği Aktif
        """)
    if ((torkkutusayisi/2)-(int(torkkutusayisi/2)))==0.5:
        results_txt.insert(0.0, ""Tork-Devir Grafiği Pasif
        """)
    torkkutusayisi=torkkutusayisi+1
    form.update()
bsfckutusayisi=0
def bsfccizilecek():
    global bsfckutusayisi
    if ((bsfckutusayisi/2)-(int(bsfckutusayisi/2)))==0:
        results_txt.insert(0.0, ""Özgül Yakıt Tüketimi-Devir Grafiği Aktif
        """)
    if ((bsfckutusayisi/2)-(int(bsfckutusayisi/2)))==0.5:
        results_txt.insert(0.0, ""Özgül Yakıt Tüketimi-Devir Grafiği Pasif
        """)
    bsfckutusayisi=bsfckutusayisi+1
    form.update()

```

```

debikutusayisi=0
def debicizilecek():
    global debikutusayisi
    if ((debikutusayisi/2)-(int(debikutusayisi/2)))==0:
        results_txt.insert(0.0, ""Püskürtülen Yakıt Debisi-Devir Grafiği Aktif
        """)
    if ((debikutusayisi/2)-(int(debikutusayisi/2)))==0.5:
        results_txt.insert(0.0, ""Püskürtülen Yakıt Debisi-Devir Grafiği Pasif
        """)
    debikutusayisi=debikutusayisi+1
    form.update()
bolmega = LabelFrame(form, text="Grafik Seçimi: ")
bolmega.grid(row=2,column=22, columnspan=7, sticky= NW, \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
#### Motor Karakterleri
bolme9 = LabelFrame(bolmega, text="Motor Karakterleri: ")
bolme9.grid(row=0,column=0, columnspan=7, sticky= NW, \
    padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
cekkutusu1 = BooleanVar()
Checkbutton(bolme9,
    text = "Tork",
    variable = cekkutusu1,command=torkcizilecek
    ).grid(row = 0, column = 0, sticky = 'W')
cekkutusu2 = BooleanVar()
Checkbutton(bolme9,
    text = "Özgül Yakıt Tüketimi",
    variable = cekkutusu2,command=bsfccizilecek
    ).grid(row = 1, column = 0, sticky = W)
cekkutusu3 = BooleanVar()
Checkbutton(bolme9,
    text = "Püskürtülen Yakıt Debisi",
    variable = cekkutusu3,command=debicizilecek
    ).grid(row = 2, column = 0, sticky = W)

```

```

cekkutusu4 = BooleanVar()
Checkbutton(bolme9,
            text = "Hava Fazlalık Katsayısı",
            variable = cekkutusu4,command=hfkizilecek
            ).grid(row = 3, column = 0, sticky = W)
yanmalikutusayisi=0
def yanma_cizilecek():
    global yanmalikutusayisi
    ynmsn=((yanmalikutusayisi/2)-(int(yanmalikutusayisi/2)))
    if ynmsn==0:
        results_txt.insert(0.0, """"Silindir İçi Yanma Basıncı - KMA Grafiği Aktif
        """)
    if ynmsn==0.5:
        results_txt.insert(0.0, """"Silindir İçi Yanma Basıncı - KMA Grafiği Pasif
        """)
    yanmalikutusayisi=yanmalikutusayisi+1
    form.update()
yanmasizkutusayisi=0
def yanmasiz_cizilecek():
    global yanmasizkutusayisi
    ynmszsn=((yanmasizkutusayisi/2)-(int(yanmasizkutusayisi/2)))
    if ynmszsn==0:
        results_txt.insert(0.0, """"Silindir İçi Yanmasız Basınc - KMA Grafiği Aktif
        """)
    if ynmszsn==0.5:
        results_txt.insert(0.0, """"Silindir İçi Yanmasız Basınc - KMA Grafiği Pasif
        """)
    yanmasizkutusayisi=yanmasizkutusayisi+1
    form.update()
silindirgr = LabelFrame(bolmegra, text="Silindir İçi: ")
silindirgr.grid(row=1,column=0, columnspan=7, sticky= NW, \
                padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
yanmalikutu = BooleanVar()

```

```

Checkbutton(silindirgr,
            text = "Yanma Basıncı",
            variable = yanmalikutu,command=yanma_cizilecek
            ).grid(row = 0, column = 0, sticky = 'W')
yanmasizkutu = BooleanVar()
Checkbutton(silindirgr,
            text = "Yanmasız Basınc",
            variable = yanmasizkutu,command=yanmasiz_cizilecek
            ).grid(row = 1, column = 0, sticky = 'W')
bolme8 = LabelFrame(form,text="Log Kayıtları:")
bolme8.grid(row=2,column=3, columnspan=7, sticky='W', \
            padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
s = tkinter.Scrollbar(bolme8)
results_txt = tkinter.Text(bolme8,width = 80, height = 10, wrap = WORD)
results_txt.focus_set()
s.pack(side=tkinter.RIGHT, fill=tkinter.Y)
results_txt.pack(side=tkinter.LEFT, fill=tkinter.Y)
s.config(command=results_txt.yview)
results_txt.config(yscrollcommand=s.set)
yazilar="##### %s #####"%progadi
results_txt.insert(0.0,yazilar)
bolme9 = LabelFrame(form,text="Basınc:")
bolme9.grid(row=3,column=3, columnspan=7, sticky='W', \
            padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
si = tkinter.Scrollbar(bolme9)
islem = tkinter.Text(bolme9,width = 80, height = 2, wrap = WORD)
islem.focus_set()
si.pack(side=tkinter.RIGHT, fill=tkinter.Y)
islem.pack(side=tkinter.LEFT, fill=tkinter.Y)
si.config(command=islem.yview)
islem.config(yscrollcommand=si.set)
islembas="////////// %s ///////////"%progadi
islem.insert(0.0,islembas)

```

```

form.title(progadi)
form.wm_iconbitmap('logo/tumosan.dll')
def cik():
    if askokcancel('Çıkış', 'Çıkmak istediğimize emin misiniz?\n\nKaydedilmemiş veriler
        kaybolacaktır.'):
        form.destroy()
def hakkında():
    hak=Tk()
    hak.title(progadi)
    hak.wm_iconbitmap('logo/tumosan.dll')
    whois=Label(hak,text="%s - Cihan Büyük\n\nTümosan Motor Ar-Ge 2014"%progadi)
    whois.grid(row=0, column=2, columnspan=7, sticky='N', \
        padx=5, pady=5, ipadx=5, ipady=5)
def ustunekayit():
    global dosyaac
    try:
        kaydediliyor = open(dosyaac, "w")
        girdiler=(float(C10b.get()),
            float(C11b.get()),
            float(C73b.get()),
            float(C90b.get()),
            float(C26b.get()),
            float(C7b.get()),
            float(C8b.get()),
            float(C9b.get()),
            float(C4b.get()),
            float(E24b.get()),
            float(E25b.get()),
            float(C61b.get()),
            float(C50b.get()),
            float(C29b.get()),
            float(C5be.get()),
            float(C27b.get()),

```

```
float(C49b.get()),  
float(C65b.get()),  
float(C5ba.get()),  
float(C5bb.get()),  
float(C5bc.get()),  
float(C5bd.get()),  
float(C2a.get()),  
float(C12b.get()),  
float(C13b.get()),  
float(C14b.get()),  
float(C22b.get()),  
float(C23b.get())
```

```
xmlDOSyasi=""<data>
```

```
<degisken name="motorboyutlari">
```

```
<silindirsayisi>%s</silindirsayisi>
```

```
<strokuzunugu>%s</strokuzunugu>
```

```
<silindircapi>%s</silindircapi>
```

```
<biyeluzunlugu>%s</biyeluzunlugu>
```

```
<sikistirmaorani>%s</sikistirmaorani>
```

```
</degisken>
```

```
<degisken name="motorkarakteristikleri">
```

```
<motorzamani>%s</motorzamani>
```

```
<egektifguc>%s</egektifguc>
```

```
<devirsayisi>%s</devirsayisi>
```

```
<havafazlalikkatsayisi>%s</havafazlalikkatsayisi>
```

```
</degisken>
```

```
<degisken name="varsayilandegerler">
```

```
<turbosarjorani>%s</turbosarjorani>
```

```
<ncussu>%s</ncussu>
```

```
<yuvarlatmakatsayisi>%s</yuvarlatmakatsayisi>
```

```
<yanmabasincartisi>%s</yanmabasincartisi>
```

```
<isilfark>%s</isilfark>
```

```
</degisken>
```

```

    <degisken name="iterasyonbaslangiclari">
        <puskurtulenyakit>%s</puskurtulenyakit>
        <artikgazsicakligi>%s</artikgazsicakligi>
        <isidanyararlanma>%s</isidanyararlanma>
        <ortalamapistonhizi>%s</ortalamapistonhizi>
    </degisken>
    <degisken name="yakitveyanma">
        <tutusmagecikmesi>%s</tutusmagecikmesi>
        <puskurtmebaslangici>%s</puskurtmebaslangici>
        <yanmauresi>%s</yanmauresi>
        <vibeussu>%s</vibeussu>
        <yakityogunlugu>%s</yakityogunlugu>
        <yakittakic>%s</yakittakic>
        <yakittakih>%s</yakittakih>
        <yakittakio>%s</yakittakio>
    </degisken>
    <degisken name="ortankosullari">
        <acikhavabasinci>%s</acikhavabasinci>
        <disortansicakligi>%s</disortansicakligi>
    </degisken>
</data>""""%girdiler
    kaydediliyor.write(xmlDosyasi)
    results_txt.insert(0.0, """"%s Konumuna veritabanı kaydedildi.
""""%dosyaac)
    form.update()
except NameError:
    kayit()
    kaydediliyor.write(xmlDosyasi)
def yazma():
    global dosyaac,results_txt
    dosyaac=easygui.fileopenbox(default='Diesel-Hesaplamalar.tms')
    agac=ET.parse(dosyaac)
    yaprak=agac.getroot()

```


C10b.delete(0, "end")
C11b.delete(0, "end")
C73b.delete(0, "end")
C90b.delete(0, "end")
C26b.delete(0, "end")
C7b.delete(0, "end")
C8b.delete(0, "end")
C9b.delete(0, "end")
C4b.delete(0, "end")
E24b.delete(0, "end")
E25b.delete(0, "end")
C61b.delete(0, "end")
C50b.delete(0, "end")
C29b.delete(0, "end")
C5be.delete(0, "end")
C27b.delete(0, "end")
C49b.delete(0, "end")
C65b.delete(0, "end")
C5ba.delete(0, "end")
C5bb.delete(0, "end")
C5bc.delete(0, "end")
C5bd.delete(0, "end")
C2a.delete(0, "end")
C12b.delete(0, "end")
C13b.delete(0, "end")
C14b.delete(0, "end")
C22b.delete(0, "end")
C23b.delete(0, "end")
C10b.insert(END,yaprak[0][0].text)
C11b.insert(END,yaprak[0][1].text)
C73b.insert(END,yaprak[0][2].text)
C90b.insert(END,yaprak[0][3].text)
C26b.insert(END,yaprak[0][4].text)

```
C7b.insert(END,yaprak[1][0].text)
C8b.insert(END,yaprak[1][1].text)
C9b.insert(END,yaprak[1][2].text)
C4b.insert(END,yaprak[1][3].text)
E24b.insert(END,yaprak[2][0].text)
E25b.insert(END,yaprak[2][1].text)
C61b.insert(END,yaprak[2][2].text)
C50b.insert(END,yaprak[2][3].text)
C29b.insert(END,yaprak[2][4].text)
C5be.insert(END,yaprak[3][0].text)
C27b.insert(END,yaprak[3][1].text)
C49b.insert(END,yaprak[3][2].text)
C65b.insert(END,yaprak[3][3].text)
C5ba.insert(END,yaprak[4][0].text)
C5bb.insert(END,yaprak[4][1].text)
C5bc.insert(END,yaprak[4][2].text)
C5bd.insert(END,yaprak[4][3].text)
C2a.insert(END,yaprak[4][4].text)
C12b.insert(END,yaprak[4][5].text)
C13b.insert(END,yaprak[4][6].text)
C14b.insert(END,yaprak[4][7].text)
C22b.insert(END,yaprak[5][0].text)
C23b.insert(END,yaprak[5][1].text)
results_txt.insert(0.0,"""%s dosya verileri yüklendi.
""""%dosyaac)
form.update()
def kayit():
dosyakayitet=easygui.filesavebox(default='Diesel-Hesaplamalar.tms')
kaydediliyor = open(dosyakayitet, "w")
girdiler=(float(C10b.get()),
float(C11b.get()),
float(C73b.get()),
float(C90b.get()),
```

```
float(C26b.get()),
float(C7b.get()),
float(C8b.get()),
float(C9b.get()),
float(C4b.get()),
float(E24b.get()),
float(E25b.get()),
float(C61b.get()),
float(C50b.get()),
float(C29b.get()),
float(C5be.get()),
float(C27b.get()),
float(C49b.get()),
float(C65b.get()),
float(C5ba.get()),
float(C5bb.get()),
float(C5bc.get()),
float(C5bd.get()),
float(C2a.get()),
float(C12b.get()),
float(C13b.get()),
float(C14b.get()),
float(C22b.get()),
float(C23b.get())
```

```
xmldosyasi=""<data>
```

```
<degisken name="motorboyutlari">
<silindirsayisi>%s</silindirsayisi>
<strokuzunugu>%s</strokuzunugu>
<silindircapi>%s</silindircapi>
<biyeluzunlugu>%s</biyeluzunlugu>
<sikistirmaorani>%s</sikistirmaorani>
</degisken>
<degisken name="motorkarakteristikleri">
```

```
<motorzamani>%s</motorzamani>
<egektifguc>%s</egektifguc>
<devirsayisi>%s</devirsayisi>
<havafazlalikkatsayisi>%s</havafazlalikkatsayisi>
</degisken>
<degisken name="varsayilandegerler">
<turbosarjorani>%s</turbosarjorani>
<ncussu>%s</ncussu>
<yuvarlatmakatsayisi>%s</yuvarlatmakatsayisi>
<yanmabasincartisi>%s</yanmabasincartisi>
<isilfark>%s</isilfark>
</degisken>
<degisken name="iterasyonbaslangiclari">
<puskurtulenyakit>%s</puskurtulenyakit>
<artikgazsicakligi>%s</artikgazsicakligi>
<isidanyararlanma>%s</isidanyararlanma>
<ortalamapistonhizi>%s</ortalamapistonhizi>
</degisken>
<degisken name="yakitveyanma">
<tutusmagecikmesi>%s</tutusmagecikmesi>
<puskurtmebaslangici>%s</puskurtmebaslangici>
<yanmauresi>%s</yanmauresi>
<vibeussu>%s</vibeussu>
<yakityogunlugu>%s</yakityogunlugu>
<yakittakic>%s</yakittakic>
<yakittakih>%s</yakittakih>
<yakittakio>%s</yakittakio>
</degisken>
<degisken name="ortankosullari">
<acikhavabasinci>%s</acikhavabasinci>
<disortansicakligi>%s</disortansicakligi>
</degisken>
</data>""""%girdiler
```

```
kaydediliyor.write(xmlDOSYASI)
results_txt.insert(0.0, """"%s Konumuna veritabanı kaydedildi.
""""%dosyakayitet)
form.update()
menu = Menu(form)
form.config(menu=menu)
dosya = Menu(menu,tearoff=0)
menu.add_cascade(label="Dosya",menu=dosya)
dosya.add_command(label="Aç",command=yazma)
dosya.add_command(label="Kaydet",command=ustunekayit)
dosya.add_command(label="Farklı Kaydet...",command=kayit)
dosya.add_command(label="Excel Oluştur", command=excel)
dosya.add_command(label="Çıkış",command=cik)
hakki="Hakkında"
yardim = Menu(menu,tearoff=0)
menu.add_cascade(label="Yardım",menu=yardim)
yardim.add_command(label=hakki,command=hakkinda)
mainloop()
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Cihan BÜYÜK
Doğum Tarihi ve Yeri : 25.08.1987 Çayeli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cihanbuyuk87@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Fen	Gaziosmanpaşa Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013	TÜMOSAN Motor ve Traktör A.Ş.	Kalibrasyon Şefi

YAYINLARI

Bildiri

1. Özkan, M., Büyük, C. ve Özcan, E., (2018). "İçten Yanmalı Dizel Motorların Performans Ve Emisyon Değerlerini Hesaplayan Bilgisayar Yazılımının Oluşturulması", 4. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu, 18-20 Nisan 2018, Edirne.

