

93767

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

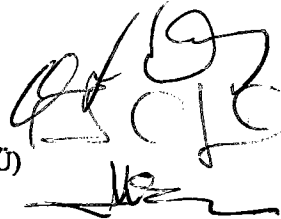
**BENZİN-SU EMÜLSİYON YAKITININ
OTTO MOTOR PERFORMANSINA
ve
EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

Makine Yük Müh. Övün IŞIN

**F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makineleri Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 26 Eylül 2000
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan DENİZ (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ertuğrul ARSLAN (İTÜ)
: Prof Dr. Metin ERGENEMAN (İTÜ)



İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. OTTO MOTORLARINDA YANMA ODASINA SU GÖNDERİLMESİ ile İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	4
2.1 Enjeksiyon Yöntemiyle Su Gönderme	4
2.1.1 Su enjeksiyonunun kontrolü	5
2.2 Emülsiyon Yöntemiyle Su Gönderme	8
2.2.1 Benzin-su makroemülsiyonları	8
2.2.1.1 Kinematik viskozite	9
2.2.1.2 Oktan sayısı	9
2.2.2 Benzin-su mikroemülsiyonları	10
2.2.2.1 Yüzey aktif maddesi	11
2.2.2.2 Yüzey aktif maddesinin HLB değeri	12
2.2.2.3 Benzin-su mikroemülsiyon yakıt kompozisyonları	12
2.2.3 Benzin-alkol mikroemülsiyonları	15
2.2.4 Karıştırıcılar	18
2.2.5 Benzin-su emülsiyonları üzerine elde edilen sonuçlar	19
2.3 Benzin-Su Emülsiyonları Kullanılarak Yapılmış Testler	20
2.3.1 Motor testleri	20
2.3.2 Egzoz emisyon testleri	22
2.3.3 Taşıt testleri	23
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	25
3.1 Makroemülsiyonların Hazırlanması	25
3.1.1 Deneylerde kullanılan makroemülsiyonlar	30
3.1.2 Karıştırma ünitesi	32
3.1.2.1 Dönel karıştırıcı	32
3.1.2.2 Püskürtme devresi	33
3.2 Deney Motoru	34
3.3 Deney Düzeni	36
3.4 Motor Performans Deneyleri	38
3.4.1 Motor performans büyüklüklerinin hesaplanması	38
3.4.1.1 Döndürme momentinin hesabı	39
3.4.1.2 Motor efektif gücünün hesabı	39

	Sayfa
3.4.1.3	Özgöl yakıt sarfiyatının hesabı 39
3.4.1.4	Toplam verimin hesabı 40
3.4.1.5	Düzeltilme katsayılarının hesabı..... 41
3.4.2	Motor performans deneyi sonuçları..... 43
3.5	Egzoz emisyon deneyleri..... 74
3.5.1	Egzoz emisyon deneyi sonuçları 74
4.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER 103
	KAYNAKLAR..... 117
	ÖZGEÇMİŞ 122



SİMGE LİSTESİ

B	Deney yapılan ortamın basıncı [mmHg]
B_0	DIN 6270 normlarında verilen standart ortamın basıncı [mmHg]
b_e	Özgöl yakıt sarfiyatı [g/kW-h]
b_{e0}	Standart ortama indirgenmiş özgöl yakıt sarfiyatı [g/kW-h]
F	Yük [N]
g	Yerçekimi ivmesi [m/s^2]
G	Fren baskı kuvvetine karşılık gelen kütle [kg]
H_u	Yakıtın alt ısı değeri [kJ/kg]
K	Düzeltilme katsayısı
L	Moment kolu [m]
M_d	Döndürme momenti [Nm]
M_{d0}	Standart ortama indirgenmiş döndürme momenti [Nm]
n	Motor hızı [d/d]
N_e	Efektif motor gücü [kW]
N_{e0}	Standart ortama indirgenmiş motor efektif gücü [kW]
P_D	Deney yapılan ortam havası içerisindeki su buharının doyma basıncı [mmHg]
P_{D0}	DIN 6270 normlarında verilen standart ortam havası içerisindeki su buharının doyma basıncı [mmHg]
t	Yakıt harcanma süresi [s]
T	Deney yapılan ortamın sıcaklığı [K]
T_0	DIN 6270 normlarında verilen standart ortamın sıcaklığı [K]
V	Yakıt kontrol hacmi [cm^3]
α	Düzeltilme katsayısı
β	Düzeltilme katsayısı
φ	Deney yapılan ortamın bağıl nemi
φ_0	DIN 6270 normlarında verilen standart ortamın bağıl nemi [%]
η_m	Mekanik verim [%]
η_t	Toplam verim [%]
η_{t0}	Standart ortama indirgenmiş toplam verim [%]

KISALTMA LİSTESİ

15S15	15 [%vol] Su, 15 [%vol] IPA, 70 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
15S18	18 [%vol] Su, 15 [%vol] IPA, 67 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
20S20	20 [%vol] Su, 20 [%vol] IPA, 60 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
2S3	3 [%vol] Su, 2 [%vol] IPA, 95 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
2S5	5 [%vol] Su, 2 [%vol] IPA, 93 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
2S8	8 [%vol] Su, 2 [%vol] IPA, 90 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
5S10	10 [%vol] Su, 5 [%vol] IPA, 85 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
5S12	12 [%vol] Su, 5 [%vol] IPA, 83 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
5S8	8 [%vol] Su, 5 [%vol] IPA, 87 [%vol] KB Yakıt Emülsiyonu
cc	Cubic Centimeter
GKA	Gaz Kelebeği Açıklığı
HLB	Hydrophile-Liphophile Balance
IPA	Isopropyl Alcohol
KB	Kurşunsuz Benzin
KMA	Krank Mili Açısı
MON	Motor Octane Number
RON	Research Octane Number



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Su miktarının benzin-su emülsiyonunun kinematik viskozitesi üzerine etkisi..... 9
Şekil 2.2	Su miktarının benzin-su emülsiyonunun oktan sayısı üzerine Etkisi..... 10
Şekil 2.3	Bir yüzey aktif maddesinin kapalı formülü 11
Şekil 2.4	İsopropil alkol miktarının benzin-metanol karışımlarında su kaldırabilirliğe etkisi..... 16
Şekil 2.5	Hacimsel %20 etanol içeren benzinin ökaliptus yağı katkı maddesi ile farklı sıcaklıklarda ki su kaldırabilirliğinin değişimi 18
Şekil 3.1	Hacimsel olarak %5 su %2 isopropil alkol (1), %10 su %5 isopropil alkol (2), %15 su %15 isopropil alkol (3) ve %20 su %20 isopropil alkol (4) içeren emülsiyonlardaki su damlacıkları..... 29
Şekil 3.2	Karıştırma ünitesinin şematik şekli 32
Şekil 3.3	Dönel karıştırıcının kesiti 33
Şekil 3.4	Karıştırma ünitesi 34
Şekil 3.5	Deney motoru yanma odasının şematik kesiti..... 35
Şekil 3.6	Deney motorunun deney düzeni üzerindeki görünümü 35
Şekil 3.7	Deney düzeninin şematik şekli 36
Şekil 3.8	Deney düzeninde kullanılan jeneratörün görünümü 37
Şekil 3.9	Deney düzeninin genel görünümü..... 37
Şekil 3.10	KB için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri..... 45
Şekil 3.11	2S3 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 46
Şekil 3.12	2S5 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 48
Şekil 3.13	2S8 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 49
Şekil 3.14	5S8 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 51
Şekil 3.15	5S10 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 52
Şekil 3.16	5S12 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 54
Şekil 3.17	15S15 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 55
Şekil 3.18	15S18 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 57
Şekil 3.19	20S20 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri 58
Şekil 3.20	KB için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri..... 60
Şekil 3.21	2S3 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 61
Şekil 3.22	2S5 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 63
Şekil 3.23	2S8 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 64
Şekil 3.24	5S8 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 66
Şekil 3.25	5S10 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 67
Şekil 3.26	5S12 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 69
Şekil 3.27	15S15 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 70
Şekil 3.28	15S18 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 72
Şekil 3.29	20S20 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri 73
Şekil 3.30	KB için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi 76
Şekil 3.31	2S3 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 77
Şekil 3.32	2S5 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 78
Şekil 3.33	2S8 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 80
Şekil 3.34	5S8 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 81
Şekil 3.35	5S10 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 82
Şekil 3.36	5S12 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 84
Şekil 3.37	15S15 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 85

	Sayfa
Şekil 3.38	15S18 için $GKA=1/1$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....86
Şekil 3.39	20S20 için $GKA=1/1$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....88
Şekil 3.40	KB için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.90
Şekil 3.41	2S3 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....91
Şekil 3.42	2S5 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....92
Şekil 3.43	2S8 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....94
Şekil 3.44	5S8 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....95
Şekil 3.45	5S10 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....96
Şekil 3.46	5S12 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....98
Şekil 3.47	15S15 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.....99
Şekil 3.48	15S18 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 100
Şekil 3.49	20S20 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi..... 102
Şekil 4.1	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen döndürme momenti değişimlerinin karşılaştırılması..... 104
Şekil 4.2	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen döndürme momenti değişimlerinin karşılaştırılması..... 104
Şekil 4.3	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen efektif güç değişimlerinin karşılaştırılması..... 106
Şekil 4.4	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen efektif güç değişimlerinin karşılaştırılması..... 106
Şekil 4.5	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen özgül yakıt sarfiyatı değişimlerinin karşılaştırılması 108
Şekil 4.6	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen özgül yakıt sarfiyatı değişimlerinin karşılaştırılması 108
Şekil 4.7	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen termik verim değişimlerinin karşılaştırılması 110
Şekil 4.8	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen termik verim değişimlerinin karşılaştırılması 110
Şekil 4.9	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbonmonoksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması... 112
Şekil 4.10	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbonmonoksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması... 112
Şekil 4.11	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbondioksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması..... 113
Şekil 4.12	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbondioksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması..... 113
Şekil 4.13	$GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen yanmamış hidrokarbon emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması..... 115
Şekil 4.14	$GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen yanmamış hidrokarbon emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması..... 115

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Örnek mikroemülsiyonlar ve RON oktan sayıları.....	13
Çizelge 2.2 Feureman'ın benzin-su mikroemülsiyonları	14
Çizelge 2.3 Wenzel vd.'nin kurşunsuz benzin-metanol-su mikroemülsiyonları.....	17
Çizelge 3.1 İsopropil alkolün özellikleri	26
Çizelge 3.2 Deneylerde kullanılan yakıt emülsiyonları.....	30
Çizelge 3.3 Kurşunsuz benzin ve emülsiyonların özgül kütleleri	31
Çizelge 3.4 Kurşunsuz benzinin ve emülsiyonların Krego ifadesine göre hesaplanmış alt ısı değerleri	31
Çizelge 3.5 Deney motorunun özellikleri.....	34
Çizelge 3.6 Standart ortamın özellikleri	40
Çizelge 3.7 Hava içerisindeki su buharının sıcaklığa bağlı doyma basınçları	41
Çizelge 3.8 KB ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları	44
Çizelge 3.9 2S3 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	44
Çizelge 3.10 2S5 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	47
Çizelge 3.11 2S8 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	47
Çizelge 3.12 5S8 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	50
Çizelge 3.13 5S10 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	50
Çizelge 3.14 5S12 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	53
Çizelge 3.15 15S15 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	53
Çizelge 3.16 15S18 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	56
Çizelge 3.17 20S20 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	56
Çizelge 3.18 KB ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları	59
Çizelge 3.19 2S3 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	59
Çizelge 3.20 2S5 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	62
Çizelge 3.21 2S8 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	62
Çizelge 3.22 5S8 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	65
Çizelge 3.23 5S10 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	65
Çizelge 3.24 5S12 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	68
Çizelge 3.25 15S15 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	68
Çizelge 3.26 15S18 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	71
Çizelge 3.27 20S20 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.....	71
Çizelge 3.28 Gaz analiz cihazı ölçüm özellikleri	74
Çizelge 3.29 KB ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları.....	75
Çizelge 3.30 2S3 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	75
Çizelge 3.31 2S5 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	75
Çizelge 3.32 2S8 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	79
Çizelge 3.33 5S8 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	79
Çizelge 3.34 5S10 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	79
Çizelge 3.35 5S12 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	83
Çizelge 3.36 15S15 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	83
Çizelge 3.37 15S18 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	83
Çizelge 3.38 20S20 ile $GKA=1/1$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	87
Çizelge 3.39 KB ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları.....	89
Çizelge 3.40 2S3 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	89
Çizelge 3.41 2S5 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	89
Çizelge 3.42 2S8 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	93
Çizelge 3.43 5S8 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	93
Çizelge 3.44 5S10 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları	93

	Sayfa
Çizelge 3.45	5S12 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları97
Çizelge 3.46	15S15 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları97
Çizelge 3.47	15S18 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları97
Çizelge 3.48	20S20 ile $GKA=1/2$ değerinde ölçülen egzoz emisyonları 101



ÖNSÖZ

Günümüzde içten yanmalı motorlarda petrol kökenli yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak dünyada petrol rezervlerinin tükenmekte olduğu da bilinen bir gerçektir. Ayrıca son yıllarda motorlu araçlardan kaynaklanan kirleticilerin çevre üzerine etkilerinin ciddi boyutlara ulaşmış olması araştırmacıları içten yanmalı motorlarda alternatif yakıtlar kullanımına imkan tanıyan çalışmalar yapmaya yöneltmiştir. Kullanılacak yeni alternatif yakıtın halen kullanılmakta olan petrol kökenli yakıtlara göre daha avantajlı özelliklere sahip olması istenir. Bu sebeple araştırmacılar bir çok farklı yakıt üzerinde çalışıp, bunların, kullanılmakta olan temel yakıtlara göre hem motor hem de çevre üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır.

Bu çalışma; bugüne kadar üzerinde çok fazla durulmamış bir konu olan benzin-su karışımlarının Otto motorlarında kullanımının motor performansı ve kirletici emisyonlar üzerine etkilerinin araştırılmasıdır.

Konunun seçilmesinde ve çalışmalarım sırasında katkı ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve en zor anlarım da bile beni motive eden, başta değerli hocam Prof. Dr. Orhan DENİZ olmak üzere, Otomotiv Anabilim Dalı'nda ki tüm çalışma arkadaşlarıma, ayrıca motor performans deneyleri sırasında her zaman bana yardımcı olan değerli arkadaşım Kadir Ümit ŞAHİN'e teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Bu çalışmanın birinci bölümünde; içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt kullanımının gerekliliği, günümüzde en çok kullanılan alternatif yakıtlar ile ülkemizde ki ve dünyada ki uygulama örnekleri kısaca anlatılmış, bu bilgiler doğrultusunda yapılan çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde; başta, Otto motorlarında yanma odasına su gönderilmesiyle ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde Otto motorlarında yanma odasına enjeksiyon yöntemi ve yakıt-su emülsiyonu şeklinde olmak üzere iki farklı yolla su göndermenin mümkün olduğu görülmüştür. Yine bu bölümde, motorda yakıt olarak kullanılabilecek, kararlı faz yapısına sahip mikro ve makroemülsiyonlar ile hazırlama yöntemleri üzerine yapılmış çalışmalara örnekler verilmektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde ise kararlı faz yapısı oluşturabilmek için çok çeşitli katkı maddelerinin kullanılmış olduğu görülmektedir. İkinci bölümün sonunda, geçmişte değişik benzin-su emülsiyonları kullanılarak yapılan motor, egzoz emisyonu ve taşıt testleri ile bu testlerden elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümü deneysel aşamaları kapsamaktadır. Deneysel çalışmalar iki ana kısımda gerçekleştirilmiştir. Birinci kısım; Otto motorlarında yakıt olarak kullanılabilecek makroemülsiyonların oluşturulmasıdır. Bu amaçla tespit edilen katkı maddesi ile hacimsel olarak %5-10-15-20 su içeren makroemülsiyonlar hazırlanmış ve bu emülsiyonlarda ki durumlar gözlenerek yakıt olarak kullanılabilecek kurşunsuz benzin-su kompozisyonları tespit edilmiştir. Deneysel çalışmaların ikinci kısmını motor performans ve egzoz emisyon testleri oluşturmaktadır. Bu kısımda deney motoru ve düzeni tanıtıldıktan sonra motor performans ve egzoz emisyon testlerinde izlenen yöntem açıklanmıştır. Bölümün sonunda ise deneylerde ölçülen değerler ve bunların sonucunda elde edilen motor performansı ile egzoz emisyonu değişimleri motor devir sayısına bağlı grafikler haline dönüştürülmüştür.

Son bölümünde ise; deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ile, özellikle hacimsel olarak %5-10-15-20 su içeren emülsiyonlarla yapılan motor performansı ve egzoz emisyonu testlerinin kurşunsuz benzinle yapılan testlerle karşılaştırılması ve öneriler yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yakıtlar, motor performansı, egzoz emisyonları, yakıt ekonomisi, benzin-su emülsiyonları.

ABSTRACT

In the first section of this study; the necessity of using alternative fuels in internal combustion engines, alternative fuels which are used mostly nowadays and samples in Turkey and in the world have been explained shortly. In the view of these knowledges, the aim and contents of this study have been pointed out.

In the second section; especially in spark ignition engines the study on carrying water to combustion chamber has been included. It was seen that there were two different methods for sending water to combustion chamber; injection and fuel-water emulsion. From the point of this view, the method of sending water by fuel-water emulsion has been chosen. In addition to this, microemulsions and macroemulsions which have stable phase structure and which can be used as fuels in engines have been studied and these studies include the methods of preparing these emulsions. It has been observed that lots of different additives have been used for forming a stable phase structure. At the end of the second section, engine, vehicles tests and exhaust emission which had been done by using fuel-water emulsions in the past and the results obtained from these tests have been shown.

The third section of this study include the experimental stages. The experimental studies are made up of two main parts. The first part include the forming of macroemulsions which will be used as fuel in spark ignition engines. With this aim, unleaded gasoline-water macroemulsions which contain %5-10-15-20 water per volume including additives, have been prepared and the useable compositions have been determined by observing the situation in these emulsions. Besides, knowledges about mixing method and its unity and the properties of the used additive substance have been explained. The second part of the experimental studies contain the engine performance and the test of exhaust emissions. In this section, the method followed for the engine performance and exhaust emission tests have been illustrated after the test engine and plan have been introduced. At the end of this section, value calculated from the experiments and engine performance including exhaust emissions changes have been shown as a diagram in the function of the engine speed.

In the last section of this study, evaluation on the results obtained from the experimental study and the comparison of engine performance and exhaust emissions test made by emulsions containing %5-10-15-20 per volume and the tests performed with unleaded gasoline have been estimated and the suggestions have been made.

Keywords: Alternative fuels, engine performance, exhaust emissions, fuel economy, gasoline-water emulsions,

1. GİRİŞ

Geçmiş yıllarda petrol üreticileri ve kullanıcıları bu enerji kaynağının sonsuza kadar kalıcı olmadığını dolayısıyla da petrolden elde edilen yakıtların gelecekte ihtiyacı karşılamayacağını anladılar. Bir çok ülke ham petrol rezervlerinin azalması karşısında petrolden elde edilen yakıtlara alternatif olabilecek yakıtlar bulmaya ve kullanmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar alkol ve gaz yakıtlar üzerine yoğunlaşmaktadır. Alkol yakıt olarak metanol ve etanol, gaz yakıt olarak da sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), doğal gaz ve hidrojen en çok kullanılanlarıdır.

Petrolden elde edilen yakıtlara alternatif olacak yeni yakıtların; daha ucuz olmaları, toksin olmamaları, yanmaları sonucunda açığa çıkan gazların çevre üzerine zararlı etkisinin daha az olması, daha yüksek bir enerjiye sahip olmaları, şimdiki teknoloji ile üretilip kullanılabilir ve eski sistemlerle dağıtılabilir olmaları gerekmektedir (Dutkiewicz, 1980).

Günümüzdeki çalışmalar; artan ekonomik kriz ve petrol kökenli yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbonmonoksit, hidrokarbon, azot oksit bileşiklerinin büyük bir kısmının, ayrıca kurşuntetraetil ve kurşuntetrametil gibi kurşunalkil bileşiklerinden oluşan kurşun halojenürler ile kükürtoksit bileşiklerinin bir kısmının Otto ve Diesel motorlarında kullanılan yakıtlardan kaynaklandığının bilinmesi üzerine; ekonomik ve temiz bir alternatif yakıt üretebilme üzerine hız kazanmıştır.

Ekonomisi tarıma dayalı ülkelerde; tarımsal ürün artıkları, orman artıkları, hayvan gübreleri, çeşitli bitkiler, katı atıklar ve endüstriyel atıklar gibi biokütleler enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Enerji amacıyla biokütlenin bilinen en yaygın kullanım alanı; şeker kamışı, tahıl gibi tarım ürünlerinin fermantasyonu ve termokimyasal dönüşüm sistemi ile odun ve tarım artıklarından üretilen alkollerdir (Yağcıoğlu, 1984).

Alkol otomotiv sektöründe çok sık kullanılmıştır. Almanya da ikinci dünya savaşı sırasında alkoller motor yakıtı olarak kullanılıyordu. Alkol ve alkol benzin karışımlarının yakıt olarak kullanılmasında dünya ülkeleri arasında Brezilya başta gelmektedir (Hagen, 1977). Günümüzde bu ülkede motorlu araçlar benzin-etanol karışımları veya sadece etanolle çalıştırılmaktadır. Brezilya'da etanolün taşıtlarda kullanılmaya başlamasından sonra Volkswagen firması, E85 olarak adlandırılan, % 85 etanol ve % 15 kurşunsuz benzin içeren yakıtla çalışabilen araçlar geliştirilmiştir. Metanol yakıtlı taşıtlar konusunda ilk ciddi

çalışmayı ise 1980 yılında Ford şirketi yapmıştır. Şirket M85 olarak adlandırılan % 85 metanol ve %15 kurşunsuz benzin içeren yakıtla çalışan araçlarını Kanada'da kullanıma sunmuştur (Holdt, 1993). Japonya da yapılan çalışmalar M85 yakıtının Otto motorları için gerek performans gerekse egzoz emisyonları yönünden en uygun yakıt olduğunu ortaya koymaktadır (Hoshino ve Iwai, 1991). Ülkemizde benzin-alkol karışımları bilimsel araştırmalar dışında bir uygulama alanına sahip değildir.

Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) petrolün damıtılması ve parçalanması sırasında elde edilen ve sonradan basınç altında sıvılaştırılan; propan, bütan ve izomerleri gibi hidrokarbonlar veya bunların karışımlarıdır. Son yıllarda ülkemizde sıvılaştırılmış petrol gazının Otto motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmakta olup, özellikle ticari taksilerde yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ham petrolün %4'den sıvılaştırılmış petrol gazı elde edilebilmektedir. Gaz karışımında bulunan ana hidrokarbon bileşenine göre ülkemizde; ticari bütan, ticari propan, özel hizmet propanı ve ticari propan-bütan karışımı olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Japonya da ise altı kaliteye ayrılmış olup dört, beş ve altıncı kalitede olanları motorlu araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır (Bayındır, vd., 1997). Ford firmasının propan yakıtlı taşıtlar üzerine yaptığı testlerin sonuçlarına göre propan kullanan taşıtların benzin kullanan taşıtlara göre daha iyi hızlanma ve soğuk havada daha kolay ilk harekete geçme kabiliyetine sahip oldukları görülmüştür (Reed, 1986). Günümüzde bazı ülkelerde motorlu taşıtlarda propan kullanımını yaygınlaştırmak için araç sahiplerine finansal kolaylıklar sağlanmakta ve buna paralel olarak da özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde ki motorlu araç firmaları propan yakıtı ile çalışan araçlar üretip satmaktadırlar (Valenti, 1991).

Motorlu araçlarda doğal gaz kullanımının ise 50 yıldan daha fazla bir geçmişe sahip olduğu bilinmektedir. Fransa da doğal gaz üretim bölgesi olan Lacq'da 1950'li yıllarda yaklaşık 10000 araç doğal gazla çalıştırılmıştır (Yahşi vd., 1994). Son yıllarda araçlarda doğal gaz kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde Ankara ve İstanbul'da toplu taşımacılıkta kullanılan belediye otobüslerinin egzoz gazlarının neden olduğu hava kirliliğini azaltmak için bir takım projeler geliştirilmekte ve doğal gaza dönüşümü yapılmış otobüsler toplu taşımacılıkta kullanılmaktadır.

Hidrojen, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan, güneş enerjisi ve nükleer enerji kullanılarak, su gibi sonsuz bir kaynaktan elde edilebilir. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında, yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkması nedeni ile çevreye zararlı

olabilecek hiçbir etkisi yoktur. Elde edilmesi bakımından sınırsız kaynaklara sahip olan ve kirletici emisyon bakımından içten yanmalı motorlarda kullanılan diğer alternatif yakıtlar göre daha iyi durumda olan hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanım çalışmalarına henüz 1900'lü yılların başında başlanmış ancak bu çalışmalar 1970'den sonraki yıllarda yoğunluk kazanmıştır (Soruşbay ve Arslan, 1988). Günümüzde üzerinde en çok çalışılan konulardan biri hidrojen yakıtlı araçlardır. Bu konuda Daimler Benz firmasının araştırma geliştirme departmanı mühendisleri 1972 yılında çalışmalara başlanmış ve günümüzde de bu çalışmalarını devam ettirilmektedirler. Firma yetkilileri; hidrojenin yakıt olarak şehir içi taşımacılıkta rahatlıkla kullanılabilir olduğunu söylemektedirler. Bu çalışmalar doğrultusunda geliştirdikleri hidrojen yakıtlı otobüste; metal hidrit yönteminden yararlanarak, yani hidrojeni demir-titanyum ve demir-nikel alaşımları ile egzotermik reaksiyona sokarak tüketmektedirler. Bu araç için gerekli olan hidrojen gazı düşük yüklerde demir-titanyum düşük sıcaklık hidritinden, büyük yüklerde ise hem demir-titanyum düşük sıcaklık hidritinden hem de magnezyum-nikel yüksek sıcaklık hidritinden sağlanmaktadır (Furahama, 1996).

Motorlu araçların insanlara sağladığı ulaşım rahatlığı vazgeçilemeyecek bir husustur. Ancak egzozlarından ortama yaydıkları kirletici gazların neden olduğu hava kirliliği her geçen gün daha da büyük boyutlara ulaşmaktadır. Ayrıca petrol fiyatlarının yüksekliği ve petrol rezervlerinin de yakın bir gelecekte tükenecek olması araştırmacıları öncelikle çok yaygın olan içten yanmalı motorlarda; farklı yakıtlar kullanılmasının etkilerini araştırmaya yöneltmektedir. İşte buradan hareketle bu çalışmada yukarıda bahsi geçen ve üzerlerine bir çok araştırmalar yapılan benzin alkol karışımları ve diğer alternatif yakıtlardan farklı olarak bu güne kadar Otto motorlarında; Diesel motorlarında olduğu kadar üzerinde durulmamış bir konu olan benzin-su emülsiyonlarının alternatif yakıt olarak kullanılmasının başta yakıt ekonomisi olmak üzere motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak araştırılması yönüne gidilmiştir.

2. OTTO MOTORLARINDA YANMA ODASINA SU GÖNDERİLMESİ ile İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Otto motorlarında yanma odasına su gönderilmesi konusu aslında çok eski bir geçmişe sahiptir. Peters ve Stebar (1976) makalelerinde; Cambridge Üniversitesi profesörlerinden Hopkinson'un daha 1913 yılında bunun yeni bir fikir olmadığını belirtmiş olduğundan söz etmektedirler. Bu konuyla ilgili çalışmalar büyük petrol krizi ile birlikte 70'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılmaya başlanmıştır.

Yapılan literatür taraması sonucunda Otto motorlarında yanma odasına su gönderme işleminin iki farklı yöntemle gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu yöntemler;

1-Enjeksiyon yöntemiyle yanma odasına su gönderme. Bu yöntemde su emme prosesi esnasında; karbüratörün emme kanalına gaz keleşinin üstüne doğru, emme manifolduna ve doğrudan silindir içersine olmak üzere üç farklı şekilde püskürtülebilir.

2- Emülsiyon yöntemiyle su gönderme. Bu yöntemde ise; su ve yakıtın homojen bir karışımı oluşturulup emme prosesi sırasında havayla karıştırılarak silindirlere gönderilir.

2.1 Enjeksiyon Yöntemiyle Su Gönderme

Suyun motorda iç soğutma yapması sebebiyle uygulanabilir olduğu kabul edilebilir. Modak ve Caretto (1970); Weatherford ve Quillan (1970) yapmış oldukları çalışmalarda yanma odasına su göndererek gaz sıcaklıklarının azaldığını, bunun sonucu olarak da ayrı bir soğutma sistemine dahi ihtiyaç duyulmadan motorun çalıştırılabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalar soğutma sisteminin iptalinin mümkün olabileceğini göstermiş olmasına rağmen büyük oranlarda bir iç soğutmanın gerçekleşebilmesi için gönderilmesi gereken su kütlesinin yakıt kütlesinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca ilave su yanma prosesini de olumsuz yönde etkilemiştir. Bu sebepten ötürü araştırmacılar yanma odasına su püskürtme yöntemi ile motorun soğutulmasının pratikte kullanılabilir bir yöntem olamayacağını belirtmişlerdir.

Motor performansını ve yakıt ekonomisini arttırmak amacıyla sıkıştırma oranlarının yükseltilmesi Otto motorlarının gelişimini sağlayan bir faktör olmuştur. Sıkıştırma oranını artırarak elde edilen termik verim artışına ek olarak Nicholls, vd. (1969) emme manifolduna su püskürtülmesinin termodinamik çevrimdeki değişikliklere ve bunun sonucunda da belirli

sıkıştırma oranında termik verime faydalı olacağını söylemişlerdir. Ancak bu yöntemlerde termik verimi artırma beklentilerine rağmen kaydedilmiş kazançlar genelde küçük ve bazen de negatif olmuştur.

Silindire alınan yakıtla birlikte su püskürtülmesinin yanma odasında biriken karbon partiküllerinde azalmalara neden olduğu görülmüş, ancak partiküllerin azaldığı bu mekanizma Weiss ve Rudd (1959) tarafından tam olarak açıklanamamıştır.

Çevre kirliliğine yol açan ve içten yanmalı motorlardan kaynaklan egzoz emisyonlarının herkes tarafından bir problem olarak görülmeye başlanmasıyla birlikte; araştırmacılar içten yanmalı motorlarda tekrar sudan faydalanma yoluna gitmişlerdir. Bu konu üzerine yapılan çalışmalarda ilk amaç azotoksit emisyonlarının kontrolü olmuş ve yapılan çalışmalarda bu emisyonlarında kayda değer azalmalar tespit edilmiştir.

Nicholls ve El-Messiri (1969) suyun; yakıtla kütleli oranda bire bir püskürtülerek silindirlere gönderilmesi halinde azotoksit konsantrasyonunda %50'ye kadar varan azalmalar olabileceğini göstermişlerdir.

Buna karşılık Quader (1971) yakıtla birlikte yanma odasına su püskürtülmesinin yanmamış hidrokarbon emisyonlarında artışa sebep olacağını göstermiştir.

Kummer (1975)'e göre ise yanma odasına su gönderilmesinin karbonmonoksit emisyonları üzerinde azaltıcı etkisinin çok az olduğudur.

2.1.1 Su enjeksiyonunun kontrolü

Buraya kadar özetlenen çalışmalarda su motora yakıtla birlikte ancak yakıttan bağımsız olarak gönderilmektedir. Yani su doğrudan yakıt içerisinde bulunmamaktadır. Suyu motora yakıttan bağımsız olarak gönderebilmek için çeşitli araştırmacılar tarafından değişik yöntemler geliştirilmiştir.

Motordan mevcut en yüksek gücü elde edebilmek için suyun yanma odasına girmeden önce buharlaşmasını önlemek esastır. Bu yapılmadığı takdirde su buharı yanma odasında yer kaplayarak volümetrik verimi düşürecek sonuçta güçte düşecektir. Bunun ötesinde motorun tam yükte uygun miktarda yakıt ve su alması da önemlidir. Motora yanlış miktarlarda verilen

su gücün azalmasına ve arızalara yol açabilir. Motorun sadece tam yükte değil her koşulda doğru miktarda su ve yakıt alması istenir. Bunun içinde emme supabının açılması ile su püskürtme arasındaki zamanın kontrolü gerekir. Bu ise ancak gelişmiş püskürme sistemleri ile sağlanabilir.

Sheldon (1977) tarafından geliştirilen sistem sayesinde kullanılmakta olan motor üzerinde hiçbir değişikliğe gidilmeden su püskürtülmesi sağlanmaktadır. Geliştirilen bu sistem bujiyi de içerdiğinden silindir kafasında buji yuvasına rahatlıkla adapte edilebilmektedir. Ateşleme ile birlikte yanma odasında ki gazın basıncı artar. Su enjeksiyon sisteminde küçük bir gaz borusuna dolan basınçlı gaz, enjeksiyon sisteminin pistonunu harekete geçirerek suyun püskürtülmesini sağlar. Püskürtülen suyun; enjektör regülasyonu sayesinde yanma işlemine negatif bir etkisi olmamaktadır. Sheldon geliştirdiği sistemle yaptığı çalışmalarda yanma odasına püskürtülen su ile oluşan buharın pistonu ek bir güç kattığını ve yanma sıcaklığını düşürerek egzoz gazındaki azot oksit miktarlarının azaldığını göstermiştir. Ayrıca su enjeksiyonu ile oluşan buharın kattığı güç sayesinde aracın kilometre başına tükettiği yakıtta da azalmalar olduğu bu çalışmada belirtilmiştir.

Spears (1978) tarafından karbüratörlü motorlar için geliştirilen su püskürtme sisteminde; su enjektörü hava filtresinin içerisine, karbüratör emme kanalına dikey olarak püskürtme yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Emme manifoldunda bulunan vakum sensörü manifold da ki vakumu algılayarak motorun yükü ile ilgili bilgiyi alır ve elektronik kontrol ünitesine gönderir. Elektronik kontrol ünitesi ağır yükte çalışma durumunda enjektöre su gönderen elektrikli pompayı harekete geçirerek karbüratör emme kanalına suyun püskürmesi sağlanır. 2000 d/d'nın altındaki motor hızlarında su püskürmesinin engellenebilmesi için ateşleme bobinin primer sargılarında oluşan gerilim değeri kullanılmaktadır. 2000 d/d'nın altındaki hızlarda primer devreden elektronik kontrol ünitesine gelen gerilim değeri kontrol ünitesinin elektrikli su pompasına sinyal göndermesine engel olur. Böylece ilk hareket ve ralanti çalışması gibi durumlarda su püskürmesi gerçekleşmez.

Spears 'dan dört yıl sonra Renda (1982)'nin yine karbüratörlü motorlar için geliştirdiği su püskürtme sisteminde; bu defa hava filtresinin içine yerleştirilen enjektörle karbüratör emme kanalına doğru 45°'lik açıyla genişleyen bir su demeti oluşturulmakta ve bu demet buradan venturi bölgesine daha sonra da emme manifolduna geçmektedir. Sistemdeki enjektör su damlacıklarını pülverize edecek şekilde dizayn edilmiştir. Renda (1982)'ya göre bu şekildeki püskürtme buhar halindeki püskürtmeden, silindir çeperlerinde biriken karbon partikülünü

kaldırma yeteneği bakımından daha verimli olmaktadır. Yine motorun çalışması esnasında her zaman su enjeksiyonuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Sadece tam yükte çalışma koşullarında vuruntu eğilimi artacağı için su enjeksiyonu gerekli hale gelir. Renda 'nın sisteminde su deposuna bağlı elektrikli pompa Spears 'ın sisteminde olduğu gibi emme manifolduna yerleştirilmiş vakum sensörünün elektronik kontrol ünitesine göndereceği sinyal ile kontrol edilmektedir. Ancak bu sistemde sıcaklık kontrolü için silindiri çevreleyen su ceketine yerleştirilmiş bir de sıcaklık sensörü vardır. Bu sensör normal çalışma sıcaklığına ulaşılmadan önce su püskürtme pompanın çalışmasını önler. Böylece motorun ilk harekete geçme zorluğu ve soğuk motora su püskürtüldüğünde oluşacak korozyon etkisi önlenmiş olur.

Sandberg vd. (1985) aşırı doldurulmalı bir Otto motorunda yaptıkları çalışmada suyu üç farklı noktaya, kompresörün emme kanalına, kompresörün emme manifoldu önündeki sıkıştırma bölgesine ve yakıtla ön karışıma tabi tutarak emme manifolduna mevcut yakıt sisteminin aracılığıyla püskürtmüşlerdir. Bu çalışmanın sonucunda; ilk iki yöntemde yanma odasının dışında oluşan buharlaşmanın önüne geçilememiş üçüncü yöntemde ise yakıt miktarını ayarlama gerekliliği ve değişik yüklerde su miktarını dengeleme gücü ortaya çıkmıştır. Sandberg vd. bu sorunları ortadan kaldırmak için yakıt sisteminden bağımsız çalışan, yanma odasında su buharı oluşumuna olanak vermeden ve o anki kullanım koşullarına uygun su miktarını muhafaza eden bir su püskürtme sistemi geliştirmişlerdir. Sözü geçen sistemde; her bir silindirin emme kanalına yakıt püskürtme enjektörü haricinde bir su püskürtme enjektörü yerleştirilmiş piston pozisyonu, motor hızı, motor yükü, emme havasının sıcaklığı farklı bir elektronik kontrol ünitesine gönderilerek su püskürtme enjektörlerinin açılıp kapanmasına uygun su enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu sisteme sahip motoru olan bir araçta yapılan testler dahilinde hava yakıt karışımı keskin vuruntular oluşuncaya kadar zenginleştirilmiş, bunun ardından su püskürtme sistemi devreye sokulmuş ve vuruntunun kesildiği egzoz gazı sıcaklıklarının normal seviyeye düştüğü görülmüştür.

Hobbs (1992)'un modern motorlar için geliştirdiği su püskürtme sistemi tamamen bilgisayar kontrollüdür. Bu sistemi yukarıda anlatılan sistemlerden ayıran en önemli fark su püskürtme enjektörünün mekanik değil de elektromanyetik tipte olması ve elektronik kontrol ünitesi tarafından yönetilmesidir. Böylece püskürtülen su miktarı diğer sistemlere göre daha hassas kontrol edilebilmektedir. Suyun regülasyonu da basınç regülatörü tarafından sağlanmaktadır. Sistemde motor yükü ve sıcaklığına ilave olarak vuruntu sensörleri aracılığıyla vuruntuda algılanabilmektedir. Sistem; emme prosesi sırasında suyu emme supapına doğru püskürterek yakıtla birlikte silindirlere alınmasını sağlar.

2.2 Emülsiyon Yöntemiyle Su Gönderme

Yanma odasına bağımsız su gönderilmesinin etkilerinin araştırıldığı çalışmaların çok fazla bir ilgiyle karşılanmaması üzerine, Dryer (1975) bir çalışmada farklı bir yöntemle değinerek suyun yakıtla birlikte emülsiyon halinde motorda kullanılmasını önermiş, bu yöntem sayesinde su için gerekli olan depo ihtiyacının ortadan kaldıracağını, yakıt atomizasyonunun ve emniyetinin artacağını söylemiştir.

Mezheritsky (1998) yaptığı çalışmalarda suyun doğrudan silindire püskürtülmesi durumunda aşınmaların arttığını bu sebeble; suyun yakıt ile özel bir bölmede karıştırıldıktan sonra silindirlere gönderilmesinin püskürtme yöntemine göre daha az aşınmaya neden olacağını göstermiştir.

Ancak Zeilinger (1971) yakıt-su emülsiyonlarında, yakıttaki hidrokarbon partiküllerinin çoğunlukla su içerisinde çözünmediğini, bunun da ayrışma problemlerine neden olacağından su ile benzini tek ve kararlı bir sıvıya indirgemenin bir emülsiyon yani çözelti oluşturulması yoluyla sağlanması gerekliliğini çok daha önceden belirtmiştir.

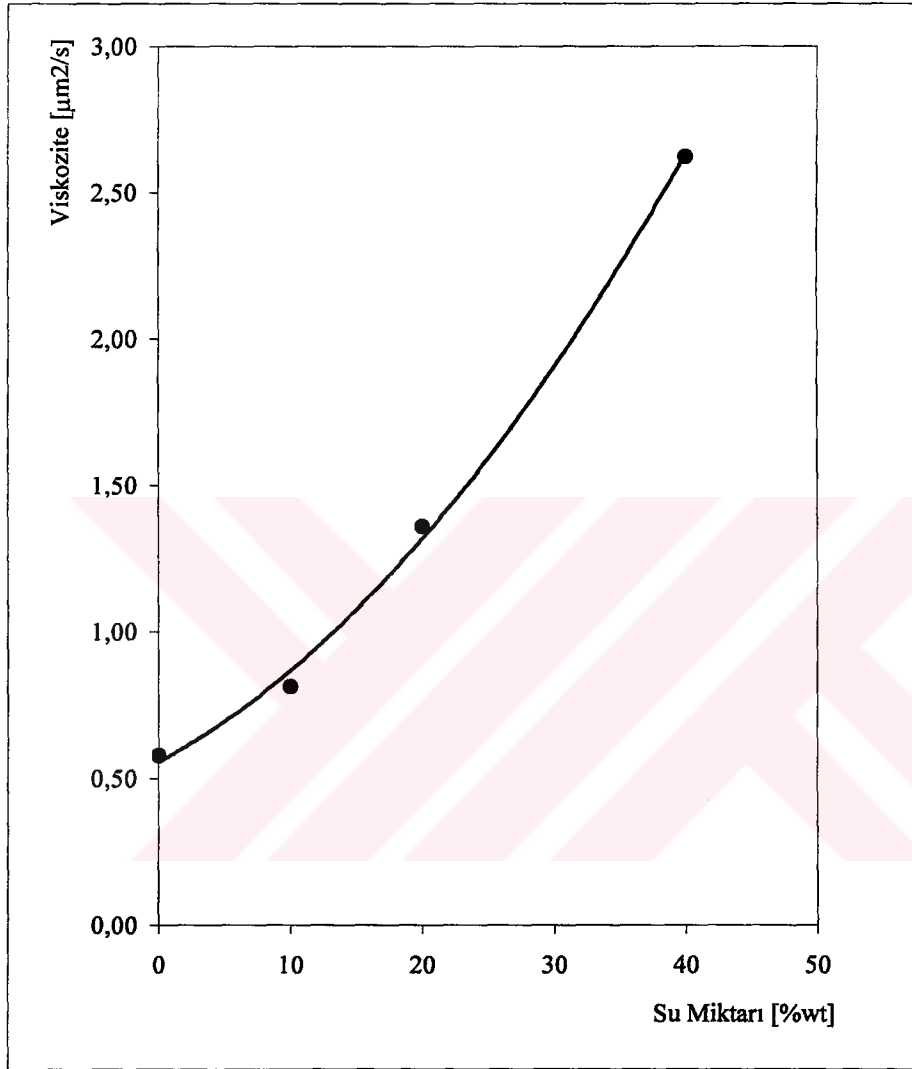
2.2.1 Benzin-su makroemülsiyonları

Su ve benzin çok sayıda değişik fiziksel karakteristiği elde etmek için karıştırılabilir. Uygun bir çözücü kullanıldığı takdirde benzin içinde suyun veya su içinde benzinin değişik kompozisyonlarda bulanık görünüşe sahip makroemülsiyonlarını elde etmek mümkündür. Makroemülsiyonlar elde edebilmek için çoğu zaman benzin ve suyun, uygun bir çözücü madde ile yüksek devirli karıştırıcılarda karıştırılması gerekir. Makroemülsiyonlarda sıvı fazı kararlı bir yapıya sahip değildir.

Peters ve Stebar (1976), ağırlıkça karışımın %10, %20 ve %40'nı su içeren ve yine ağırlıkça %2,5 polioksietilen bileşiklerinin çözücü madde olarak kullanıldığı benzin-su makroemülsiyonları hazırlayıp fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Bu emülsiyonlarda kurşunsuz benzin, su ve polioksietilen bileşikleri dakikada 5000 devirle dönen bir karıştırıcıda 5 dakika süreyle karıştırılarak 3000 g'lık şişelere alınmış, bir kaç dakika sonra su damlacıklarının şişenin alt tarafında bir katman oluşturacak şekilde çökmeye başladığı makroemülsiyonlar elde edilmiştir. Peters ve Stebar bu çökelmenin ancak sürekli karıştırmayla önlenebileceğini söylemişlerdir.

2.2.1.1 Kinematik viskozite

Emülsiyondaki su oranının 20°C sıcaklıkta kinematik viskozite üzerine etkisi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



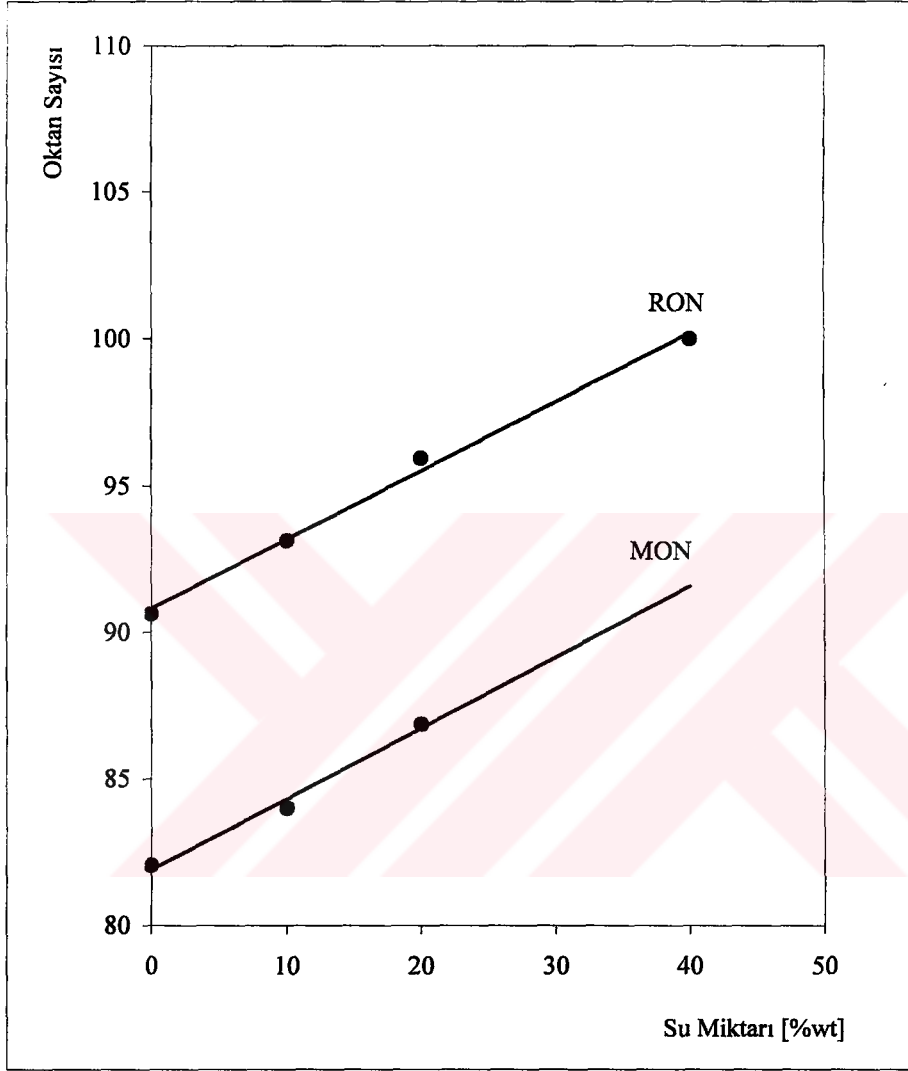
Şekil 2.1 Su miktarının benzin-su emülsiyonunun kinematik viskozitesi üzerine etkisi (Peters ve Stebar, 1976).

Kullanılan kurşunsuz benzine göre, emülsiyonun kinematik viskozitesinde, ağırlıkça %40 su bulunması durumunda dört katından daha fazla bir artış olduğu görülmektedir.

2.2.1.2 Oktan Sayısı

Yakıtta su ilavesinin oktan sayısı açısından olumlu etkileri olduğu görülmüştür. RON oktan sayısı su olmadan ağırlıkça %3,5’luk çözücü ilavesiyle, kullanılan kurşunsuz benzine göre

91,2'den 90,7'ye düşmüştür. Bu yüzden çözücü bir öndetonasyon bileşiği gibi gözükmemektedir. Ancak su ilavesiyle RON oktan sayısı ağırlıkça %40'lık su emülsiyonu için 100'e yükselmiştir. Ağırlıkça %20 su ve %3,05 çözücü içeren emülsiyonun MON oktan sayısı kullanılan kurşunsuz benzine göre 82,1'den 86,9'a yükselmiştir.



Şekil 2.2 Su miktarının benzin-su emülsiyonunun oktan sayısı üzerine etkisi (Peters ve Stebar, 1976).

2.2.2 Benzin-Su Mikroemülsiyonları

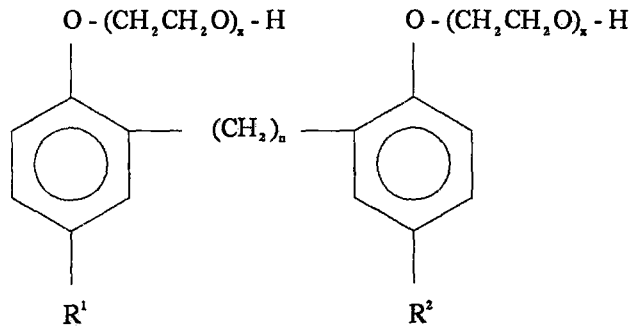
Benzin ve su emülsiyonlarında berrak, kararlı bir sıvı yapısı elde edebilmek için çözücü madde ve karıştırma yöntemi önem taşımaktadır. Uygun bir çözücü madde ve modern karışım ekipmanlarıyla benzin-su emülsiyonu içerisinde su damlacık çapı 1400°A ve daha az olan berrak görünümlü ve kararlı bir sıvı yapısına sahip emülsiyonlara mikroemülsiyon adı verilir.

2.2.2.1 Yüzey aktif maddesi

Makroemülsiyonlar hazırlamada kullanılan çözücü maddeler, benzin içinde suda çözündükleri kadar rahat çözünemezler. 25°C sıcaklıkta kararlı bir karışım oluşturabilmek için %10 çözücü madde kullanılabilir (McCoy ve Eckert, 1975). Böyle bir emülsiyon Otto motorunda yakıt olarak kullanıldığında fazla tatmin edici sonuçlar vermeyebilir. Bu tip emülsiyonlar hiç de çekici olmayan koyu opak bir görünüme sahiptirler. En iyi makroemülsiyon bile zor koşullarda iki faza rahatlıkla ayrılabilir. Araştırmacılar benzin-su makroemülsiyonlarında ki bu sorunları görerek daha kararlı, berrak yapıya sahip mikroemülsiyonlar oluşturmaya yönelmişlerdir.

Benzin-su mikroemülsiyonları ancak su içinde çözülebilen en az bir katkı maddesi ile daha kararlı ve berrak bir emülsiyon oluşturmak için, yüzey aktif maddesi olarak adlandırılmış ve benzin içinde daha kolay çözülebilen, dietilenglikolün alifatik esterleri, poliollerin mono veya diesterleri, poliollerin mono, di veya polialifatik esterleri gibi maddelerden veya bunların karışımlarından oluşturulabilmektedir (McCoy ve Eckert, 1975, Piotrowsky ve Woodbury, 1977).

Marshall ve Poughkeepsie (1986) bir yüzey aktif maddesinin en genel kapalı formülünü Şekil 2.3'de ki gibi vermiştir.



Şekil 2.3 Bir yüzey aktif maddesinin kapalı formülü (Marshall ve Poughkeepsie, 1977).

Burada R^1 ve R^2 aynı olabilir, hidrojen veya metil içeren gruplardan seçilebilir. n 1'den 3'e kadar, x ise 8'den 10'a kadar bir tam sayıdır.

2.2.2.2 Yüzey Aktif Maddesinin HLB Değeri

“HLB Değeri” terimi yüzey aktif maddesinin hidrofil-lipofil dengesine referans olur. 12 ve üstünde bir HLB değerine sahip yüzey aktif maddeleri hidrofiliktir yani su içinde erir, 8 ve altında bir HLB değerine sahip yüzey aktif maddeleri ise lipofiliktir yani benzin içinde erir (McCoy, Eckert, 1975). Yüzey aktif maddeleri su ve hidrokarbon arasında kararlı bir bağ yaratırlar (Grosse vd., 1983).

Piotrowsky ve Woodbury (1977) yaptıkları çalışmada; benzinin metanol veya suyla olan karışımlarında faz ayrışımının önlenmesi için, farklı yüzey aktif maddeleri karıştırılarak oluşturulacak yeni yüzey aktif maddesinin ideal HLB Değeri'nin 3–4,5 arasında olması gerektiğini göstermişlerdir.

2.2.2.3 Benzin-su mikroemülsiyon yakıt kompozisyonları

McCoy ve Eckert, (1975) su içinde çözülebilen değişik katkı maddeleri ile üç farklı yüzey aktif maddesinden ki bunlar;

Etilenoksitin 4 molüne karşılık 1 mol nonil fenol etoksilat

Etilenoksitin 6 molüne karşılık 1 mol nonil fenol etoksilat

Etilenoksitin 9,5 molüne karşılık 1 mol nonil fenol etoksilat içermektedirler;

oluşturdukları farklı mikroemülsiyonların oktan sayılarını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Örnek mikroemülsiyonlar ve RON oktan sayıları (McCoy ve Eckert, 1975).

Yakıt	Suda Erir Katkı Maddesi	Suda Erir Katkı Maddesi Miktarı [%vol]	Su Miktarı [%vol]	Toplam Yüzey Aktif Maddesi [%vol]	RON Oktan Sayısı
Kurşunsuz Benzin	Yok	-	-	-	93,3
Kurşunsuz Benzin	Yok	-	10,0	9,6	94,7
Kurşunsuz Benzin	Yok	-	15,0	10,5	96,3
Emülsiyon 1	Üre	1,2	10,0	10,8	96,0
Emülsiyon 2	Üre	1,5	14,0	9,5	99,1
Emülsiyon 3	Etilen glikol	2,0	10,0	10,7	98,0
Emülsiyon 4	Etilen glikol	5,0	10,0	8,0	98,8
Emülsiyon 5	Etilen glikol	5,0	15,0	7,9	103,0
Emülsiyon 6	Formamid	1,0	10,0	10,6	96,1
Emülsiyon 7	Formamid	2,0	10,0	9,7	105,8
Emülsiyon 8	Formamid	5,0	10,0	6,6	102,6
Emülsiyon 9	Asetamid	4,4	10,0	10,2	97,4
Emülsiyon 10	Etanolamin	2,0	10,0	9,0	97,9
Emülsiyon 11	Ethanolamin	5,0	9,9	8,7	98,9
Emülsiyon 12	Etilendiamin	2,5	10,5	8,1	104,3
Emülsiyon 13	Propandiamin	5,0	10,0	10,7	99,2
Emülsiyon 14	m-fenilen-diamin	1,0	9,9	9,3	98,5
Emülsiyon 15	Formaldehit	4,2	6,8	9,0	96,5
Emülsiyon 16	Formaldehit	5,7	15,2	9,2	99,6

Piotrowsky ve Woodbury (1977)

HLB değeri 2,8 olan oleik asitin mono ve digliserid karışımından meydana gelen bir yüzey aktif maddesi ile HLB değeri 15 olan 2-hidroksietili kullanarak yaptıkları yeni yüzey aktif maddesinin HLB değerini 4 olarak bulmuştur. Bu araştırmacılar daha sonra 94 cc benzine 1 cc bu yüzey aktif maddesinden ilave edip karıştırmış sonrada bu karışımın üzerine 5 cc metanol ilave etmişlerdir. Bu üçlü karışım yüksek devirli bir karıştırıcıda karıştırılıp 1 cc su ilave edildiğinde homojen ve berrak bir dağılımın oluştuğu ve oda sıcaklığında faz ayrışımının meydana gelmediği görülmüştür.

Piotrowsky ve Woodbury bu işlemin bir değişik düzenlemesini de şu şekilde yapmışlardır: yukarıda belirtilen HLB değeri 2,8 olan benzin içinde erir yüzey aktif maddesi benzinde, HLB değeri 15 olan su içinde erir yüzey aktif maddesi ise su ve metanol karışımında eritilmiş daha sonra bu iki karışım yüksek devirli karıştırıcı da karıştırılmış ve ilk yöntemdeki sonucun aynen elde edildiği görülmüştür.

Feureman (1979), bilinen yüzey aktif maddelerinin yanında ilk defa bitkisel yağ da içeren karışımları yüzey aktif maddesi olarak kullanıp kararlı ve berrak benzin-su mikroemülsiyonları elde etmiştir. Feureman'ın mikroemülsiyonları en fazla hacimsel olarak %22,5 su içermektedir. Bu değerın üstünde su içeren emülsiyonlarda ise istenen sonuç sağlanamamıştır. Kullanılan yüzey aktif maddeleri şunlardır:

- A: nonilfenolün molü başına 6 mol etilen oksit içeren iyonlaşmamış alkilfenol
 B: nonilfenolün molü başına 1,5 mol etilen oksit içeren iyonlaşmamış alkilfenol
 C: nonilfenolün molü başına 30 mol etilen oksit
 D: nonilfenolün molü başına 6 mol etilen oksit
 E: fındık yağı dietanol amin süper amidi

Bu yüzey aktif maddelerinden yararlanılarak yapılan 100 ml'lik benzin-su mikroemülsiyonları ise Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Feureman'ın benzin-su mikroemülsiyonları (Feureman, 1979).

Mikroemülsiyon	Yüzey Aktif Maddesi A [ml]	Yüzey Aktif Maddesi B [ml]	Yüzey Aktif Maddesi C [ml]	Yüzey Aktif Maddesi D [ml]	Yüzey Aktif Maddesi E [ml]	Su [ml]	Kurşunsuz Benzin [ml]
I	1	-	-	-	1	20	78
II	-	1,5	-	-	1,5	15	82
III	-	-	3,5	-	3,5	22,5	70,5
IV	-	-	-	2	-	10	88

Marshall ve Poughkeepsie (1986) en az iki farklı alkol, su ve bir yüzey aktif maddesinden oluşan berrak kararlı motor yakıt karışımıyla ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu yakıt karışımlarında ki iki farklı alkolden birincisi; hacimsel olarak %2,0–5,0 arasında metanol, %2,0–10,0 arasında etanol veya hacimsel olarak %3,0–9,0 arasında bunların karışımlarından, ikincisi hacimsel olarak %2,0–10,0 arasında tersiyer bütül alkol ile isopropanol karışımlarından seçilmektedir. Karışım içerisinde ki su miktarı ise toplam yakıt ağırlığının %0,1–0,5 arasında olacak şekilde belirlenmiştir. Bu karışıma toplam karışım ağırlığının %0,01–3 arasında yüzey aktif maddesinin katılması ile kararlı bir yakıt karışımı oluşturulmuştur.

Otto motorlarında yakıt olarak kullanılabilecek mikroemülsiyonlar kararlı yapılarını uzun süre koruyamazlar. Rodriguez vd. (1990) benzin ve sudan oluşan emülsiyonların kararlı yapılarını daha uzun bir süre devam ettirebilmelerini sağlamak amacıyla karışım içerisine su içinde çözülebilen alüminyum nitrat çözeltisi formunda Al^{+3} eklenmesini önermişler ve konu üzerinde çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada sonuç olarak; karışıma katılması gereken Al^{+3} miktarının ideal değerinin ağırlıkça %30 su içeren bir karışımda 30–70 ppm arasında olması gerektiği, 30 ppm'in altındaki değerlerde Al^{+3} 'ün stabilizeye hiçbir etkisinin olmadığı, 70 ppm'in üstündeki değerlerde ise viskoziteyi belirgin bir şekilde azalttığı görülmektedir. Rodriguez, vd. çalışmalarında Al^{+3} 'ün stabilizeyi 30 gün boyunca koruduğunu göstermişler ve bunun da mikroemülsiyonlara depolama avantajı kazandırabileceğini belirtmişlerdir.

2.2.3 Benzin-alkol mikroemülsiyonları

Saf metanol ve etanol ortam sıcaklığında benzinle kolayca karışabilmektedir. Ancak alkollerin higroskopik özelliklerinden ötürü benzin-alkol karışımları benzin, alkol ve sudan oluşan üçlü bir sistem şeklinde bulunur. Bu sistemde gerekli şartlar oluştuğunda kararlı denge bozulur yani faz ayrışımı meydana gelir. Faz ayrışımına uğramış yakıt motorda kullanıldığı zaman ilk hareket zorluğuna, teklemelere, sarsıntılara ve motorun durmasına neden olur.

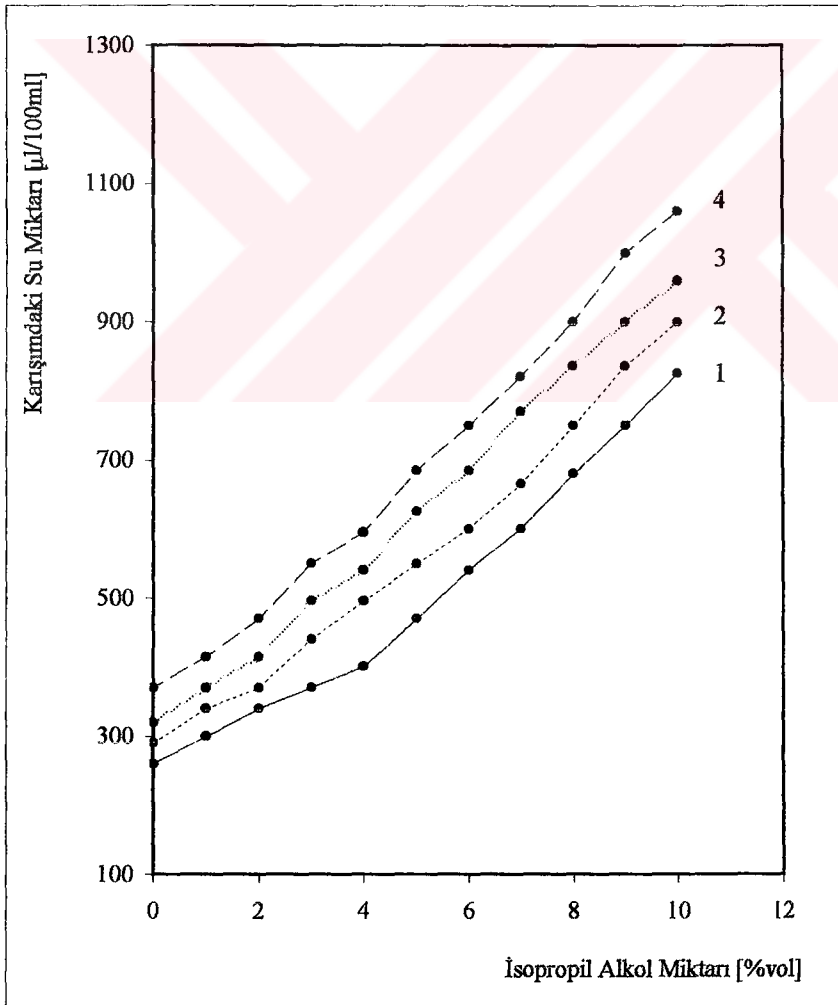
Alkollü benzinlerde faz ayrışma problemine çözüm olarak katkı maddesi kullanımı önerilmektedir. Bu katkı maddeleri de çeşitli aromatik bileşikler ve yüksek alifatik alkollerden oluşmaktadır. Bu maddeler sayesinde kararlı bir karışım yapısı elde edilebilir. Buradan da anlaşılabilecek benzin-metanol veya benzin-etanol karışımları da mikroemülsiyon olarak nitelendirilebilir.

Englin vd., (1977), isopropil alkol, isobutanol , n-butanol, n-aminalkol ve bu alkollerin ikili karışımlarını, benzin-alkol karışımlarında katkı maddesi olarak kullanmışlardır. Çalışmanın sonucu; en etkin katkı maddesinin n-bütanol olduğu ve benzin-alkol karışımlarında faz ayrışımı sıcaklıklarının karışımda kullanılan benzinin bileşimine bağlı olarak aromatik karakterinin artmasıyla olumlu yönde etkilendiğidir.

Osten ve Sell (1983), hacimsel olarak %2–7 arasında tersiyer bütül alkol ve isopropil alkol katkısıyla yaptıkları çalışmanın sonucunda; en çok hacimsel %12 metanol içeren benzin alkol

karışımında isopropil alkolün tersiyer bütül alkole göre faz ayrışımı açısından daha etkin bir katkı maddesi olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışmaya göre hacimsel olarak metanol oranı %10–15 arasında olduğu sürece, hacimsel %5’lik isopropil alkol katkı maddesinin ilavesiyle faz ayrışımı sıcaklıklarının düşürülebilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. Letcher vd., (1986), hacimsel %10 ve %20 alkol içeren benzin-alkol karışımlarında isopropil alkolün su kaldırabilirlik açısından diğer alkollere göre daha etkin olduğunu göstermişlerdir.

Karaosmanoğlu vd., (1988), hacimsel olarak %0,1 su ve %2–6 arasında isopropil alkolden oluşan katkı maddesini hacimsel olarak %5–10–15–20 metanol içeren benzin-alkol karışımında kullanarak karışımın su kaldırabilirlik değerlerini incelemişler ve isopropil alkol oranı arttıkça su kaldırabilirlikte belirgin bir artış olduğunu saptamışlardır. Bu sonuç Şekil 2.4 de gösterilmiştir. Aynı çalışmada; kullanılan katkı maddesinin faz ayrışımı sıcaklıklarını da daha düşük değerlere çektiği de sonuç olarak verilmiştir.



Şekil 2.4 İso-propil alkol miktarının benzin-metanol karışımlarında su kaldırabilirliğe etkisi (Karaosmanoğlu, 1988).

[1, 2, 3, 4 sırasıyla hacimsel olarak %5–10–15–20 benzin-metanol karışımlarını ifade etmektedir.]

Bir çok çalışmada benzin-alkol karışımlarının su kaldırabilirliklerinin artırılması ve kararlı bir sıvı fazı için yüksek alifatik alkoller önerilmiş olmasına rağmen bir takım araştırmacılar bu katkı maddeleri dışında aynı amaç için kullanılabilecek farklı maddeleri üzerine de çalışmalar yapmışlardır.

Wenzel vd., (1977); her ikisi de alkil fenol tipi polioksietilen içerikli çözücü maddeleri kullanarak berrak ve kararlı yapıya sahip benzin-metanol karışımlarının oluşturulabileceğini göstermişlerdir. Wenzel vd.' ne göre elde edilen benzin-metanol karışımı bir mikroemülsiyondur ve kullanılan katkı maddesi su ve benzin içinde çözünebilir. Bu çalışmada kullanılan katkı maddesinin bileşimi aşağıda ki gibidir:

1,030 g 1.yüzey aktif maddesi
 1,060 g 2.yüzey aktif maddesi
 0,468 g amonyum oleat
 0,363 g serbest oleik asit
 0,062 g su

 Toplam: 2,983 g

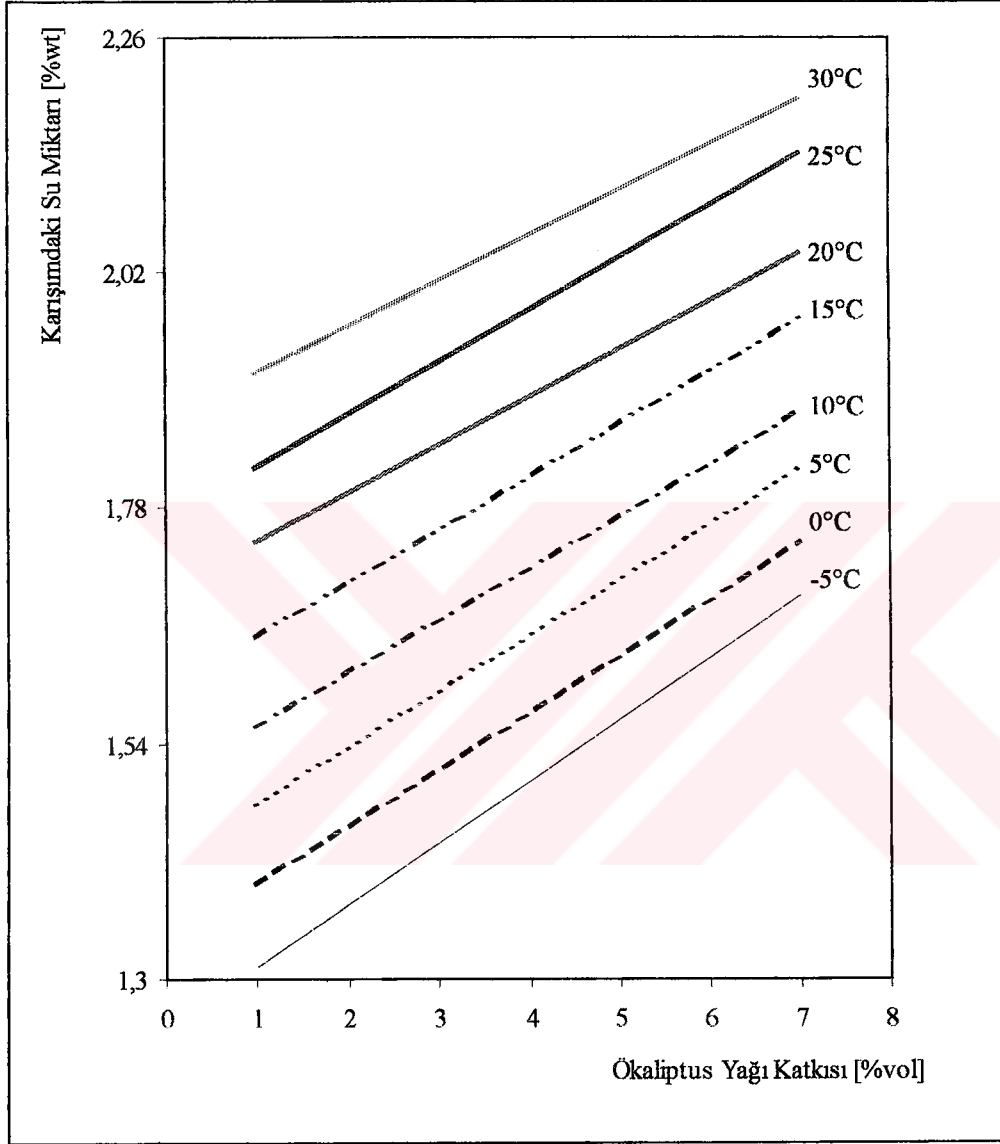
Araştırmacıların bu çözücü maddeyi kullanarak yaptıkları benzin-metanol-su mikroemülsiyonunun kompozisyonu ise Çizelge 2.3 de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Wenzel vd.'nin kurşunsuz benzin-metanol-su mikroemülsiyonları (Wenzel vd., 1977).

Emülsiyon	Çözücü Madde [ml]	Su [ml]	Metanol [ml]	Kurşunsuz Benzin [ml]
A	25	5	15	340
B	20	10	10	340

Hacimsel olarak %20 etanol içeren benzin-alkol karışımının su içeriği %1,1'dir ve bu karışım -15°C ve üstündeki sıcaklıklarda faz ayrışmasına uğrar. Bu da soğuk iklimde sahip ülkelerde benzin-alkol karışımlarının kullanılabilirliğini kısıtlar. Yüksek alifatik alkollerle bu karışımların faz ayrışma sıcaklıkları düşürülebilir. Ancak yüksek alifatik yapıya sahip alkoller pahalıdır. İşte Barton ve Tjandra (1988); bu noktadan hareketle su-benzin-etanol karışımlarında; karışımın faz ayrışma sıcaklığını düşürmek için okaliptüs yağı içeriklerinin katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermişler ve bu katkı maddesini içeren su-benzin-etanol

karışımlarının su kaldırabilirlik özelliklerinin arttığını çalışmalarında ortaya koymuşlardır. Barton ve Tjandra 'nın ökaliptüs yağı içeren katkı maddesi ile yaptıkları hacimsel olarak %20 etanol ve %80 benzin içeren karışımların farklı sıcaklıklarda ki su kaldırabilirlik değişimleri Şekil 2.5 de gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Hacimsel %20 etanol içeren benzinin ökaliptüs yağı katkı maddesi ile farklı sıcaklıklarda ki su kaldırabilirliğinin değişimi (Barton, Tjandra).

2.2.4 Karıştırıcılar

Benzin ve suyun kararlı mikroemülsiyonlarını oluşturabilmek için karışımın mutlaka bir karıştırıcı ile karıştırılması gerekmektedir. Ancak bu tip mikroemülsiyonları hazırlamada kullanılan karıştırıcılar için dünyada kesin olarak tanımlanmış bir standart mevcut değildir.

Bu sebeble çeşitli araştırmacılar stabil ve berrak bir benzin-su mikroemülsiyonu oluşturabilmek için değişik tip ve özellikte karıştırıcılar geliştirmişlerdir. Bu karıştırıcıların ortak özelliği bir eksene yerleştirilmiş kapalı kabın yüksek devirlerde döndürülerek içerisinde vorteks meydana getirmesidir (Ott ve Steinmeier, 1989).

Karışım içerisindeki su damlacıklarının çaplarının küçük olması istenir. Bu sebebdan ötürü Kunz (1990), dönen vorteks kabının içerisinde, kabın dönüş yönünün tersi yönde ve kardan ayrı tahrik edilerek döndürülen bir mil üzerinde bulunan bıçaklar yerleştirmiştir.

2.2.5 Benzin-su emülsiyonları üzerine elde edilen sonuçlar

Benzin-su emülsiyonları üzerine yapılmış çalışmaların incelenmesiyle şu sonuçlara varılmıştır:

Motora makro ve mikro olmak üzere iki farklı emülsiyon şeklinde yakıt karışımları hazırlayarak su göndermek mümkündür.

Benzin ve su farklı fiziksel ve kimyasal özellikler sahip olduğundan dolayı normal şartlar altında karıştırılamamaktadırlar.

Makroemülsiyonlar elde edebilmek için benzin ve suyun bir çözücü madde kullanarak karıştırılması yeterlidir.

Makroemülsiyonlar hazırlamada kullanılan çözücü maddelerin suda eriyebilir olması istenen bir özelliktir.

Makroemülsiyonlarda benzin içerisindeki suyun damlacık çapı mikroemülsiyonlara göre daha büyüktür.

Makroemülsiyonların görünimleri mat ve bulanıktır.

Makroemülsiyonlar kararlı bir sıvı yapısına sahip değildirler ve çoğu kez karıştırıldıktan bir süre sonra faz ayrışımına uğrarlar.

Makroemülsiyonların motora gönderilmeleri sırasında sürekli karıştırılmaları gerekmektedir.

Mikroemülsiyonlar kararlı bir sıvı yapısına sahiptirler.

Mikroemülsiyonları hazırlanması makroemülsiyonların hazırlanmasına göre daha karmaşık ve güçtür.

Mikroemülsiyonlarda su içinde çözülebilen bir katkı maddesi ile benzin içinde çözülebilen bir yüzey aktif maddesi veya bunların karışımları ilave madde olarak kullanılmalıdır.

Mikroemülsiyonlar modern karıştırıcılar kullanılarak hazırlanmalıdır.

Mikroemülsiyonların görünümleri berraktır.

Mikroemülsiyonlarda benzin içindeki suyun damlacık çapları makroemülsiyonlara göre çok daha küçüktür.

Mikroemülsiyonlarda karışımın faz yapısı uzun süre kararlı bir şekilde kalabilmektedir.

Mikroemülsiyonların motora gönderilmeleri sırasında karıştırılıyor olmaları gerekmez.

2.3 Benzin – Su Emülsiyonları Kullanılarak Yapılmış Testler

Literatür araştırması sonucunda benzin ve sudan oluşan alternatif yakıt karışımlarıyla motor ve taşıt üzerinde yapılmış testlere çok fazla rastlanamamıştır. Daha çok benzinin etanol veya metanol ile yapmış olduğu karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar çoğunluktadır.

2.3.1 Motor testleri

Bu güne kadar benzin-su karışımları kullanılarak yapılmış çalışmaların en kapsamlısı Peters ve Stebar (1976)'a aittir. Peters ve Stebar ağırlıkça %10–20–40 su ve ağırlıkça %2,5 polioksietilen bileşiklerinden oluşan bir çözücü maddeden meydana getirdikleri makroemülsiyonları aynı sabit hava akış hızı ve eşdeğer karışım oranında bir çok parametre açısından emme manifoldundan su püskürtmesi yöntemiyle karşılaştırmışlardır.

Otto motorlarında taze dolgu içerisinde bulunan suyun yanma prosesini yavaşlattığı bilinmektedir (Quader, 1974). Bu sebeble gerek manifolddan su püskürterek gerekse emülsiyon halinde yanma odasına su gönderilmesi halinde ateşleme avansının artırılması gerekmektedir. Ateşleme avansı gönderilen su miktarının artmasıyla birlikte artırılır. Peters ve Stebar yaptıkları çalışmada hem manifolddan su püskürtme hem de emülsiyon halinde su gönderme durumlarında ağırlıkça %50'lik bir su oranında ateşleme avansının 11°KMA artırılması gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

Termik verim; yakıtın alt ısı değeri ile özgül yakıt sarfiyatı arasındaki ilişkiden etkilenmektedir. Peters ve Steabar ağırlıkça %10–20–40 su içeren emülsiyon yakıtlarla ve manifolddan su püskürtülmesi durumlarında termik verimde belirgin ve olumlu sayılabilecek bir artış olmamaktadır. Ancak benzin-su emülsiyonlarının oktan sayılarının daha yüksek olması vuruyla sınırlandırılmış sıkıştırma oranlarının artırılmasına olanak tanır. Bu da termik verimde artış sağlar. Peters ve Stebar ağırlıkça %40 su içeren emülsiyonlarla sıkıştırma oranı 8:1 ve 9:1 olan motorlarda yaptıkları testlerde; sıkıştırma oranının bir derece artmasıyla, termik verimde %3'lük bir artış olduğunu göstermişlerdir.

Yanma odasına su gönderilmesi bir iç soğutma yaparak motorun dış soğutma sisteminin yükünü azaltabilir. Ancak dış soğutma sisteminin iptali için yakıtın ağırlıkça %40'dan fazla su ilave seviyeleri gerekmektedir ki bunun da pratikte uygulanabilirliği yoktur.

Yanma odasına emülsiyon şeklinde su gönderilmesi ilave bir buharlaşma prosesine neden olacaktır. Bu buharlaşma için gerekli olan enerji silindir iç cidarlarından çekilecektir. Peter ve Stebar çalışmalarında suyun buharlaşması için silindir cidarlarından çektiği ısıнын volümetrik verimde %1'lik kayıptan %3'lük kazanca kadar bir değişim gösterebileceğini yaptıkları teorik çalışmayla da göstermişlerdir.

Yakıta su ilave edildiğinde zengin karışım şartları için egzoz gaz sıcaklıkları belirgin biçimde değişmez. Ancak fakir karışım şartlarında egzoz gaz sıcaklıkları belirli bir dereceye kadar düşebilir. Bu bilgilerin ışığında her ağırlıkça %10 su ilavesinde egzoz gaz sıcaklıkları 7°C azalmaktadır (Peters ve Stebar, 1976). Egzoz gaz sıcaklığı verileri manifolddan su püskürtme ve emülsiyon yakıt için aynı çizgi üzerinde düşüş göstermektedir.

Yanma odası tortuları emülsiyonlaştırılmış yakıtlar kullanıldığında oldukça fazla artmıştır. Katı parlak siyah tortuların emülsiyon içinde bulunan polioksietilen bileşimli çözücü

maddeden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ancak yanma odasında oluşan bu tortular için hem manifolddan su püskürterek hem de emülsiyonlaştırılmış yakıtlar kullanılarak uzun ve geniş kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır.

2.3.2 Egzoz emisyonu testleri

Peters ve Stebar (1976) su ilavesiyle yanmamış hidrokarbon emisyonlarının belirgin bir şekilde arttığını yaptıkları çalışmalar sonucunda tespit etmişlerdir. Ağırlıkça % 40'lık su ilavesi yanmamış hidrokarbon emisyonlarında yaklaşık dört kat artışa sebep olmuştur. Ayrıca emülsiyonların dışında manifolddan su püskürtmede de durum çok farklı değildir. Peters ve Stebar manifolddan su ilavesiyle yanmamış hidrokarbonlarda ki artışı söndürülmüş alev tabakalarının fazlalığına ve gaz sıcaklıklarındaki değişikliklere bağlamıştır. Ancak bu iki araştırmacı emülsiyonlandırılmış yakıtlar kullanıldığında yanmamış hidrokarbonlarda ki artışa sudan başka bir faktörün neden olduğu düşünmüşlerdir. Yanma odasına giden su konsantrasyonu arttıkça emülsiyon ağırlığının % 2,5' ni meydana getiren polioksietilen bileşimli çözücü madde akışı da artmaktadır. Emülsiyonlandırılmış yakıt kullanarak gözlenen hidrokarbonlardaki artışa çözücü maddenin sebep olduğu ve bunun % 10-30 arasında değişen miktarının yanmadan atıldığıdır. Polioksietilen bileşiminde ki çözücü maddeler kullanılırken yanmamış hidrokarbonlarda ki belirgin artışlar bir problem olarak değerlendirilmektedir.

Yanma odasına su gönderilmesinin karbonmonoksit emisyonu konsantrasyonlarında düşüşe sebep olduğu görülmüştür. Ancak bu etki Peters ve Stebar'ın yapmış olduğu çalışmada sadece zengin karışım koşullarında gözlenmiştir. Hem manifolddan püskürtme durumunda hem de emülsiyon durumunda ağırlıkça %10'luk bir su ilavesinde karbonmonoksit konsantrasyonunda %21'lik bir düşüş vardır.

Azotoksit emisyonlarında; hem manifolddan su püskürtme, hem de emülsiyonlandırılmış yakıt kullanma durumlarında belirgin düşmeler gözlenmiştir. Bu düşüş her iki durum içinde aynıdır. Ağırlıkça %40'lık bir su ilavesinde azotoksit emisyonunun pik değerinde %40'a varan düşmeler olmaktadır. Peters ve Stebar azotoksit emisyonlarına çözücü maddenin etkisini de araştırmış benzine sadece çözücü madde ilavesiyle yaptıkları ölçümlerde azotoksit emisyonlarında bir değişme olmadığını görmüşlerdir. Azot oksit emisyonlarının azaltılması için en etkili yöntem yanma odasına su gönderilmesidir. Ancak suyun buhar fazında olmaması gerekmektedir. Manifolddan püskürtmede su yanma odasına girmeden

buharlaşabilir. Demek oluyor ki azotoksit emisyonlarını azaltmasında emülsiyon şeklinde su gönderme manifolddan püskürtmeye göre daha etkilidir.

2.3.3 Taşıt testleri

Taşıt testlerinde; ağırlıkça % 40'lık benzin-su emülsiyonunun performans, yakıt ekonomisi, ve katalitik konverter verimi üzerine etkileri belirlenmiştir.

Peters ve Stebar (1976)'ın emülsiyonlaştırılmış benzin-su yakıtı ile yaptıkları taşıt testlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

	<u>Benzin</u>	<u>Ağırlıkça %40 Su Emülsiyonu</u>
Hareket Kabiliyeti	İYİ	KÖTÜ
Performans (0-97 km/h ivmelenme zamanı [s])	10,6	14,5
Yakıt Sarfiyatı [km/l]	6,1	5,3
Emisyonlar [g/km]		
Katalitik Konverter Öncesi		
Hidrokarbon	1,53	6,04
Karbonmonoksit	9,20	46,40
Azotoksit	1,65	0,39
Katalitik Konverter Sonrası		
Hidrokarbon	0,36	0,74
Karbonmonoksit	5,10	4,90
Azotoksit	1,30	0,34
Katalitik Konverter Verimi [%]		
Hidrokarbon	76	87
Karbonmonoksit	45	89

Wenzel vd. (1977)'nin Çizelge 2.3' de gösterilen mikroemülsiyon A ve mikroemülsiyon B ile 5,8 litrelik, 8,5:1 sıkıştırma oranlı motora sahip taşıtla yapmış oldukları egzoz emisyon testi sonuçları ise şöyledir:

Egzoz Emisyonları [g/km]

	<u>Kurşunsuz Benzin</u>	<u>Mikroemülsiyon A</u>
--	-------------------------	-------------------------

Hidrokarbon	5,95	5,13
Karbonmonoksit	62,76	30,09
Azotoksit	7,56	4,98
Toplam	71,45	40,23

Egzoz Emisyonları [g/km]

	<u>Kurşunsuz Benzin</u>	<u>Mikroemülsiyon B</u>
--	-------------------------	-------------------------

Hidrokarbon	4,39	4,34
Karbonmonoksit	49,02	42,26
Azotoksit	4,98	4,63
Toplam	90,58	51,16

Görüldüğü gibi Wenzel vd.'nin mikroemülsiyonları egzoz gazlarında hidrokarbon ve karbonmonoksitte, Peters ve Stebar'ın makroemülsiyonlarına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca Wenzel vd. (1977) her iki mikroemülsiyonun da yakıt sisteminde kurşunsuz benzinde olduğu gibi buhar tıkcına yol açmadığını çalışmalarında belirtmişlerdir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada teorik araştırmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda Otto motorlarında kullanılabilecek; hacimsel olarak değişik oranlarda su içeren emülsiyonların oluşturulması, ikinci aşamada oluşturulan emülsiyonlarla motor performans ve egzoz emisyon testlerinin yapılmasıdır.

3.1 Makroemülsiyonların Hazırlanması

Literatür araştırmasından; McCoy ve Eckert mikroemülsiyonlarında en fazla hacimsel olarak %15,2 ve Feureman 'nın da en fazla %22,5 oranında su değerine çıkabildikleri görülmüştür. Peters ve Stebar ise ağırlıksal olarak %40 oranında su içeren makroemülsiyonları çalışmalarında kullanmışlardır. Bu noktadan hareketle, yapılan deneysel çalışmanın ilk aşaması olan makroemülsiyonların oluşturulmasında, mikroemülsiyonlarda ki gibi hacimsel olarak yüksek oranda su içermeleri farklı bir çalışma olarak hedeflenmiştir. Bunun için hacimsel %5, %10, %15 ve %20 oranında su içeren makroemülsiyonlar oluşturulmuştur.

Yine yapılan literatür araştırmasından polioksietilen bileşiklerinin kararlı bir benzin-su mikro veya makroemülsiyonlarında en iyi sonucu verdiği ortaya çıkmaktadır. Benzin-alkol karışımlarında su kaldırabilirliğin ve faz ayrışım sıcaklıklarının düşürülmesi konularının incelendiği çalışmalara bakıldığında zaman en iyi sonucu veren maddenin suda kolay eriyebilen isopropil alkol olduğu ortaya çıkmaktadır. Deneylerde kullanılacak makroemülsiyonların hazırlanmasında çözücü madde olarak isopropil alkolün seçilmiş olması çalışmanın diğer farklı yönünü meydana getirmektedir. Ayrıca polioksietilen içeren bileşiklerin Türkiye’de temin edilme güçlüğü de isopropil alkolün çözücü madde olarak seçilmesinde bir başka faktördür olmuştur.

Benzin-alkol karışımlarının su kaldırabilirliklerinin artırılmasında kullanılan isopropil alkolün, karışım içinde ki oranı hacimsel olarak %2 ile %7 arasında değişmektedir. Bu oran arttıkça su kaldırabilirliğin de arttığı görülmüştür. Benzin-su mikroemülsiyonları üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde değişik mikroemülsiyonlar için su içinde erir çözücü maddenin karışım içerisindeki hacimsel oranı %1,2 ile %10 arasında, daha kararlı ve berrak bir yapı oluşturabilmek için kullanılan yüzey aktif maddesinin ise hacimsel %2 ile %10,7 arasında değiştiği görülmektedir. Bu sebeble hazırlanan benzin-su makroemülsiyonlarında kullanılan çözücü madde isopropil alkolün en düşük oranı hacimsel %2 olarak alınmıştır.

Deneylerde kullanılan isopropil alkol Alman Merck Firması tarafından üretilmiş olup fiziksel özellikleri Çizelge 3.1’de ki gibidir.

Çizelge 3.1 İsoopropil alkolün özellikleri .

Moleküler Formül	C ₃ H ₈ O
Moleküler Kütle [kg/kmol]	60,096
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı [°C]	399
Kaynama Noktası [°C] (760 mmHg basınçta)	82,3
Donma Noktası [°C]	-89,5
Özgül Kütle [kg/l] (20°C sıcaklıkta)	0,785
Özgül Kütle Değişimi [kg/l/°C]	2,43

Deneylerde temel yakıt olarak Petrol Ofisinin üretmiş olduğu kurşunsuz benzin kullanılmıştır. Kullanılan su ise dinlendirilmiş şebeke suyudur.

Literatür araştırmasından elde edilen sonuca göre makro veya mikroemülsiyonlar oluşturulurken öncelikle su ve suda eriyen çözücü karıştırılmakta bunun üzerine benzin ilave edilmektedir. İsoopropil alkolün su içinde eriyebilir olduğunun biliniyor olmasından dolayı öncelikle belirlenen hacimde ki suyun üzerine isopropil alkol katılarak ikili karışım oluşturulmuş her defasında kurşunsuz benzin bu ikili karışımın üzerine ilave edilmiştir.

İlk olarak 30 ml’lik cam tüpe hacimsel olarak %5 su ve bunun üzerine %2 isopropil alkol konularak karışım çalkalanmıştır. İsoopropil alkolün suda eridiği görülmüştür. Daha sonra bu karışımın üzerine hacimsel %93 kurşunsuz benzin ilave edilmiş ve bu üçlü karışım kuvvetlice yeniden çalkalandıktan sonra cam tüp içindeki durum gözlenilmiştir. Başlangıçta su-isopropil alkol karışımı kurşunsuz benzin içinde homojen bir dağılım göstermiş ve mat görünümlü bulanık bir emülsiyon oluşturulmuştur. Ancak kısa bir süre sonra cam tüpün alt kısmında su-isopropil alkol karışımının çökmeye başladığı ve kurşunsuz benzinin tamamen eski berrak görünümüne dönüştüğü tespit edilmiştir. Çökelmenin ise beyaz renkli mat bir sıvı olduğu belirlenmiştir.

Bunun üzerine oluşturulacak makroemülsiyonların bir karıştırıcı ile karıştırılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

1000 ml'lik ölçme kabında aynı hacimsel oranlara sahip su, isopropil alkol ve kurşunsuz benzin yukarıda belirtilen yöntemle karıştırılıp, emülsiyon hazırlama ünitesinin deposuna konularak 15 dakika süre ile karıştırılmıştır. 15 dakika sonra depodan alınan 30 ml'lik emülsiyon numunesi cam tüpe konularak durum gözlenmiştir. Isopropil alkol ve suyun benzin içerisinde içersinde homojen bir şekilde dağıldığı, emülsiyonun mat ve bulanık görünümlü olduğu belirlenmiştir. Bu durumda önemli olan nokta oluşturulan emülsiyonun ne kadar bir süre kararlı faz yapısını koruyacağıdır. Bunu tespit etmek için cam tüp oda sıcaklığında bırakılmış ve bu emülsiyonun yaklaşık 1 saat boyunca kararlılığını koruduğu ancak bu sürenin sonunda cam tüpün alt kısmında çökelmenin başladığı görülmüştür. Çökelme incelendiğinde; bunun karıştırıcı kullanılmadan yapılan emülsiyonda ki çökelmeden farklı olarak daha koyu renkte ve kremi yapıda bir madde olduğu belirlenmiştir. Benzin ise, içerisinde su ve alkolün bulunmadığı zamanki durumundan daha bulanık fakat emülsiyonun karıştırıcıdan alındığı andaki durumundan daha berraktır. Bu da su ve isopropil alkolün tamamının çökelmeye uğramadığını bir miktarının benzin içerisinde homojen bir şekilde bulunduğunu göstermektedir. Yaklaşık 48 saat sonunda benzin normal durumundaki berraklığa ulaşmıştır. Karıştırma süresinin emülsiyonun kararlılığına etkisinin olup olmadığının anlaşılabilmesi amacıyla aynı hacimsel oranlara sahip karışım 30 dakika süreyle karıştırılarak alınan 30 ml'lik emülsiyon numunesi incelenmiş ve yukarıda anlatılan durumdan daha farklı bir durumla karşılaşmamıştır. Bunun sonucunda karıştırma süresinin emülsiyonların yapısı üzerine hiçbir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Hacimsel %10 su içeren emülsiyon hacimsel %2 isopropil alkol kullanılarak aynı yöntemle yani 1000 ml'lik ölçme kabına önce su, üzerine isopropil alkol konularak çalkalanmış bunların üzerine de kurşunsuz benzin ilave edilmiştir. Bu karışım karıştırıcıda 15 dakika karıştırıldıktan sonra alınan 30 ml'lik emülsiyon numunesi cam tüpte incelenmiş ve yaklaşık 1 dakika içerisinde tüpün altında yukarıda anlatılan şekilde bir çökelmenin olduğu, benzinin normal durumundan daha bulanık karıştırıcıdan alındığı andaki durumundan daha berrak olduğu ve bir süre sonra normal haldeki berraklığını aldığı görülmüştür. Hacimsel %10 su içeren bu karışım da; karışım süresinin etkisinin anlaşılabilmesi için daha sonra 30 dakika süreyle karıştırılmış ve yine emülsiyondaki çökelmede süre açısından bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Bundan sonra hacimsel %15 ve %20 su içeren emülsiyonlar hacimsel %2'lik isopropil alkol katkısı ile hazırlanarak her biri 15, 30 ve 45'er dakika süreyle karıştırılarak alınan 30 ml'lik emülsiyon numuneleri incelenmiş ve şu sonuçlara varılmıştır:

Her iki emülsiyonda da çökelme hemen olmuş, çökelen kısım incelendiğinde renksiz berrak bir yapıyla karşılaşmıştır. Benzin ise normal berraklığından daha bulanık ama hacimsel olarak %5 ve %10 su içeren emülsiyonlara göre daha berrak bir durumdadır. Bundan anlaşılıyor ki isopropil alkol miktarı kararlı bir faz yapısı oluşturmaya yetmemiş ve hemen hemen suyun tamamı ayrılmıştır. 15, 30 ve 45 dakikalık karıştırma sürelerinin de emülsiyonlar üzerine bir etkisinin olmadığı da görülmüştür.

Hacimsel olarak %5 su ve %2 isopropil alkol içeren emülsiyon diğer emülsiyonlara göre daha uzun bir süre kararlılığını koruduğundan kullanım için uygun bulunmuştur. Bundan dolayı bu emülsiyon referans olarak alınmış ve bundan sonra oluşturulacak emülsiyonların da bu yapıda olması için çalışılmıştır.

Karıştırma süresinin emülsiyonun kararlılığına bir etkisi olmadığı anlaşıldığından bundan sonraki emülsiyon hazırlama çalışmalarında karışımlar 15 dakika süreyle karıştırılmışlardır.

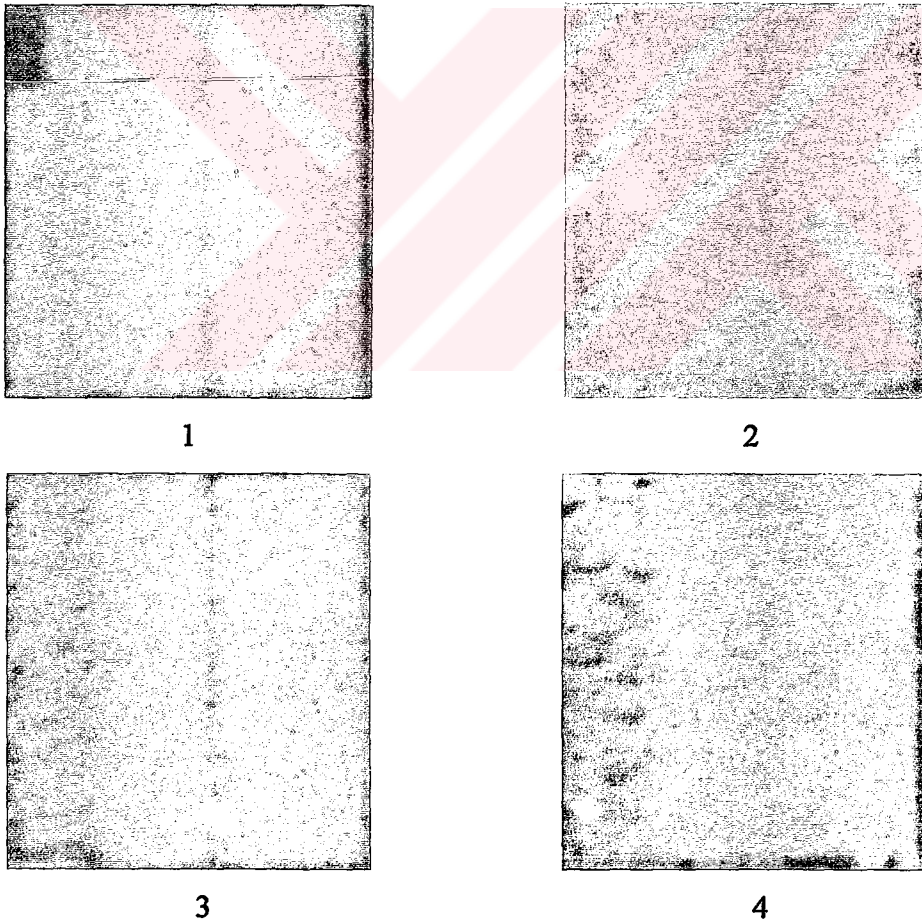
Önce hacimsel %10 su içeren emülsiyonun referans emülsiyon yapısına getirilebilmesi için %2 olan isopropil alkol oranı her defasında %1 artırılıp aynı yol izlenerek karışımlar hazırlanmış ve sonuçta referans emülsiyon yapısında olan ve hacimsel %10 su, %5 isopropil alkol ve %85 kurşunsuz benzin içeren ikinci yakıt emülsiyonu oluşturulmuştur. Ancak hacimsel %5 isopropil alkol ve %10 su içeren yakıt emülsiyonu kararlı faz yapısını; referans emülsiyonda olduğu gibi uzun süre koruyamamış yaklaşık 5 dakika içerisinde tüpün altında referans emülsiyonda olduğu gibi bir çökelmeyle karşılaşmıştır.

Oluşturulan ikinci yakıt emülsiyonundan ortaya çıkan sonuca göre hacimsel %15 su içeren karışımın kararlı bir yapıya sahip olabilmesi için isopropil alkol oranının %5'in üzerinde olması gerektiğidir. Bu sebeple; önce hacimsel %10 miktarında isopropil alkol kullanılmış ve her defasında bu değer %1 artırılarak %15'lik bir isopropil alkol miktarına ulaşılmıştır. Ancak bu emülsiyonun yapısı kararlı değildir ve hemen ayrışma olmaktadır. İsoopropil alkol miktarının su miktarını geçmemesi için bu emülsiyonda daha fazla isopropil alkol kullanılmamıştır.

Hacimsel %20 su içeren emülsiyon için önce %15 isopropil alkol kullanılmış, bu miktar yine her defasında %1 arttırılarak %20 seviyesine gelinmiştir. %20 su, %20 isopropil alkol ve %60 kurşunsuz benzin içeren emülsiyonda ki durum da %15 su ve isopropil alkol içeren emülsiyondan farklı değildir.

Bütün emülsiyonlar çökelme olduktan sonra cam tüp içinde çalkatıldığında ayrışan kısmın benzin içerisinde homojen bir şekilde dağıldığı görülmüştür. Bu da göstermiştir ki emülsiyonların sürekli karıştırılarak motora gönderilmesi gerekmektedir.

Emülsiyonların karıştırıcı ile karıştırılmaları halinde durumlarını belirleyebilmek amacıyla Şekil 3.1’de hacimsel olarak %5 su %2 isopropil alkol, %10 su %5 isopropil alkol, %15 su %15 isopropil alkol ve %20 su %20 isopropil alkol içeren emülsiyonların 30 ml’lik cam tüp içerisinde çalkalanarak çekilmiş ve normalinden 20 kat daha büyütülmüş fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 3.1 Hacimsel olarak %5 su %2 isopropil alkol (1),
%10 su %5 isopropil alkol (2), %15 su %15 isopropil alkol (3) ve
%20 su %20 isopropil alkol (4) içeren emülsiyonlardaki su damlacıkları.

Şekil 3.1 incelendiğinde emülsiyonlardaki su miktarının artmasıyla damlacık çaplarında da artış olduğu ve emülsiyonun daha berrak bir görünüm aldığı anlaşılmaktadır.

3.1.1 Deneylerde kullanılan makroemülsiyonlar

Motor performans ve egzoz emisyonu deneylerinde suyun emülsiyon içerisindeki etkisinin anlaşılabilmesi için hacimsel olarak su miktarı gittikçe artan emülsiyonlar kullanılmıştır. Bu emülsiyonların belirlenmesinde, kararlı bir makroemülsiyon yapısı oluşturabilmek için yapılmış çalışma göz önünde tutulmuştur. Motor performansı ile egzoz emisyon deneylerinde kullanılan yakıt emülsiyonları ve kodları Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneylerde kullanılan yakıt emülsiyonları.

Emülsiyon	Kod
%3 Su %2 İsopropil alkol %95 Kurşunsuz Benzin	2S3
%5 Su %2 İsopropil alkol %93 Kurşunsuz Benzin	2S5
%8 Su %2 İsopropil alkol %90 Kurşunsuz Benzin	2S8
%8 Su %5 İsopropil alkol %87 Kurşunsuz Benzin	5S8
%10 Su %5 İsopropil alkol %85 Kurşunsuz Benzin	5S10
%12 Su %5 İsopropil alkol %83 Kurşunsuz Benzin	5S12
%15 Su %15 İsopropil alkol %70 Kurşunsuz Benzin	15S15
%18 Su %15 İsopropil alkol %67 Kurşunsuz Benzin	15S18
%20 Su %20 İsopropil alkol %60 Kurşunsuz Benzin	20S20

Yakıt kodunun başında yer alan rakam isopropilin, sonunda yer alan rakam ise suyun hacimsel yüzdesini ifade etmektedir.

Deneylerde kullanılan kurşunsuz benzin ve diğer emülsiyonların özgül kütleleri, 100 ml'lik hacimde ki kütlelerinin, 15°C sıcaklık ve 750,381 mmHg ortam basıncında hassas terazi ile ölçülmeleri sonucunda bulunmuştur. Ölçülen değerler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Kurşunsuz benzin ve emülsiyonların özgül kütleleri.

Yakıt	Özgül Kütle [kg/m ³]
Kurşunsuz Benzin	742,1
%3 Su %2 İsopropil alkol %95 Kurşunsuz Benzin	750,6
%5 Su %2 İsopropil alkol %93 Kurşunsuz Benzin	755,8
%8 Su %2 İsopropil alkol %90 Kurşunsuz Benzin	763,5
%8 Su %5 İsopropil alkol %87 Kurşunsuz Benzin	764,8
%10 Su %5 İsopropil alkol %85 Kurşunsuz Benzin	770,0
%12 Su %5 İsopropil alkol %83 Kurşunsuz Benzin	775,1
%15 Su %15 İsopropil alkol %70 Kurşunsuz Benzin	787,2
%18 Su %15 İsopropil alkol %67 Kurşunsuz Benzin	794,9
%20 Su %20 İsopropil alkol %60 Kurşunsuz Benzin	802,2

Deneylerde kullanılan kurşunsuz benzin ve emülsiyonların alt ısı değerleri Kregö'nün; özgül kütleleri 15°C ortam sıcaklığında 510 kg/m³ ile 900 kg/m³ arasında değişen sıvı yakıtlar için verdiği ve özgül kütleyle bağlı aşağıdaki ampirik ifade ile teorik olarak hesaplanmıştır.

$$H_u = 46425 + 3044 \cdot \rho - 8790 \cdot \rho^2 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.1)$$

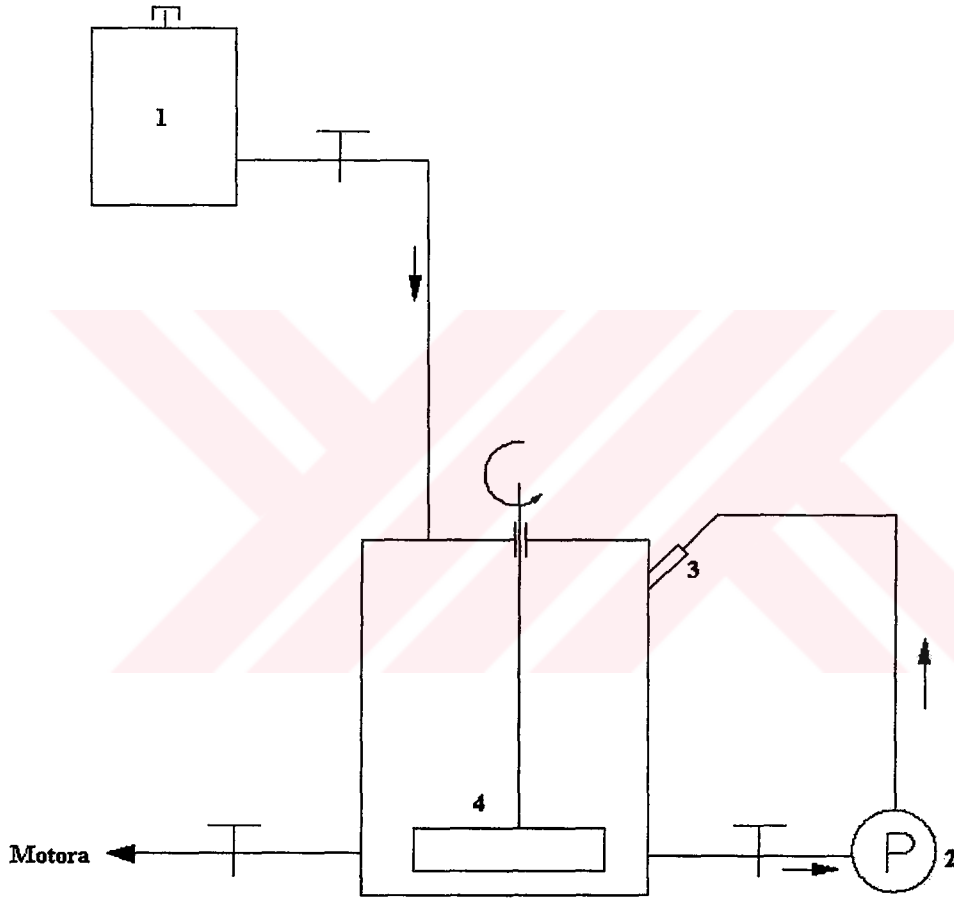
Bu ifade de yakıtın özgül kütlesi [kg/l] olarak alınmalıdır.

Çizelge 3.4 Kurşunsuz benzinin ve emülsiyonların Kregö ifadesine göre hesaplanmış alt ısı değerleri.

Yakıt	Alt Isıl Değeri [kJ/kg]	Kurşunsuz Benzine Göre Azalma [%]
Kurşunsuz Benzin	43843,190	-
%3 Su %2 İsopropil alkol %95 Kurşunsuz Benzin	43757,537	0,195
%5 Su %2 İsopropil alkol %93 Kurşunsuz Benzin	43704,511	0,316
%8 Su %2 İsopropil alkol %90 Kurşunsuz Benzin	43625,119	0,497
%8 Su %5 İsopropil alkol %87 Kurşunsuz Benzin	43611,612	0,528
%10 Su %5 İsopropil alkol %85 Kurşunsuz Benzin	43557,288	0,652
%12 Su %5 İsopropil alkol %83 Kurşunsuz Benzin	43503,544	0,774
%15 Su %15 İsopropil alkol %70 Kurşunsuz Benzin	43374,215	0,107
%18 Su %15 İsopropil alkol %67 Kurşunsuz Benzin	43290,573	1,260
%20 Su %20 İsopropil alkol %60 Kurşunsuz Benzin	43210,312	1,443

3.1.2 Karıştırma ünitesi

Deneylerde kullanılan makroemülsiyonlar özel olarak dizayn edilmiş bir karıştırıcıda sürekli karıştırmaya tabi tutularak motora gönderilmiştir. Karıştırma ünitesi; dönel karıştırıcı ve püskürtme devresi olmak üzere iki ana devreden oluşmaktadır. Ayrıca istenilen oranda ki karışımların karıştırma öncesi depolanabileceği bir depo da bu ünite üzerinde yer almaktadır. Ancak karışımlar 1000 ml'lik ölçekli kapda hazırlanmış olup doğrudan dönel karıştırıcının içerisine konulduğundan deney sırasında bu depoya ihtiyaç duyulmamıştır.



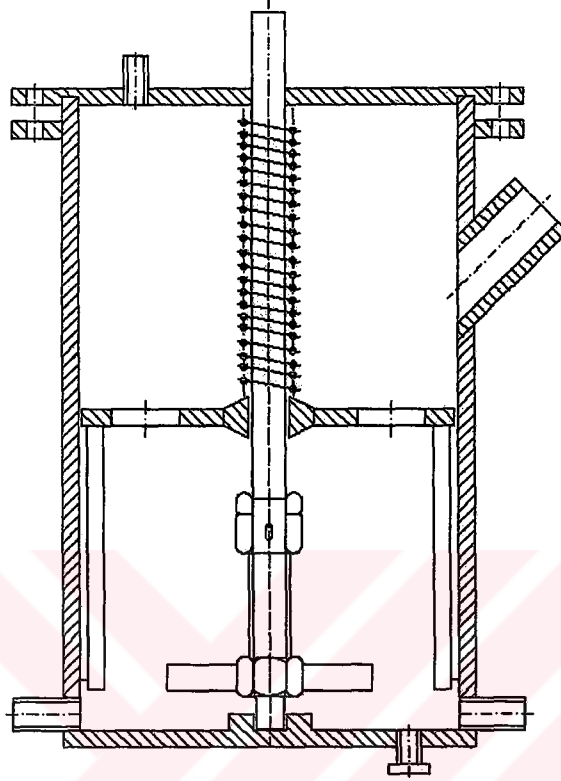
Şekil 3.2 Karıştırma ünitesinin şematik şekli.

1.Depo, 2.Yüksek basınç pompası, 3.Enjektör,
4.Dönel karıştırıcı

3.1.2.1 Dönel karıştırıcı

Dönel karıştırıcı içerisinde yer alan pervane 0.75 kW gücünde ve 1490 d/d hızında olan bir elektrik motoru ile tahrik edilmekte olup çapı 50 mm'dir. Dönme hareketi pervaneye doğrudan aktarılmaktadır. Dönel karıştırıcı haznesinin iç yüzeyinde sürtünme dirençlerini artırmak için kanatçıklar bulunur. Dönel karıştırıcıda ki pervanenin, karışımı dönmeye

zorlamasıyla birlikte cidarlardaki kanatçıklarda meydana gelen sürtünme direnci sayesinde oluşan kesme kuvvetleri karışımı parçalayarak küçük damlacıklar halinde kendi içerisinde dağılmasını sağlar.



Şekil 3.3 Dönel karıştırıcının kesiti.

3.1.2.2 Püskürtme devresi

Püskürtme devresinde; yüksek basınç pompası olarak özel bir kaide üzerine yerleştirilmiş Diesel motor püskürtme pompası kullanılmıştır. Pompanın kam mili yine 0,75 kW gücünde ve 1490 d/d hızındaki ayrı bir elektrik motoru ile doğrudan tahrik edilmektedir. Pompa kremayer dişlisi elle hareket ettirilerek yakıt debisinin kontrolü yapılabilir.

Dönel karıştırıcı haznesinden yüksek basınç pompasına gelen karışım, pompadan püskürtme basıncı 100 kp/cm² olan Diesel motor enjektörüne gönderilmektedir. Enjektör karışımı, pülverize bir şekilde yeniden dönel karıştırıcı haznesine püskürtür. Karışım burada bir kez daha parçalandıktan sonra motora gönderilir.

Şekil 3.4'de karıştırma ünitesi görülmektedir.



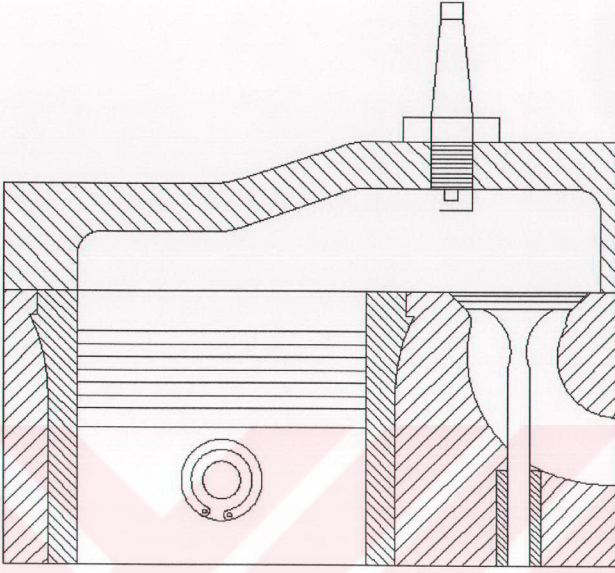
Şekil 3.4 Karıştırma ünitesi.

3.2 Deney Motoru

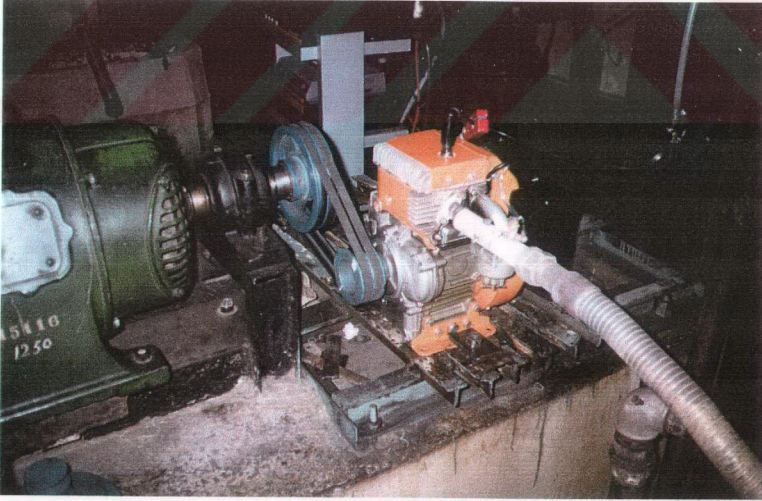
Motor performans deneylerinde kullanılan motor Çizelge 3.5 de özellikleri verilen; L tipi silindir kafasına sahip Lombardini LA 250 marka benzinli bir motordur.

Çizelge 3.5 Deney motorunun özellikleri.

Silindir Çapı [mm]	72
Piston Stroku [mm]	62
Silindir Hacmi [cm ³]	252
Silindir Sayısı	1
Sıkıştırma Oranı	5:1
Hızı [d/d]	3600



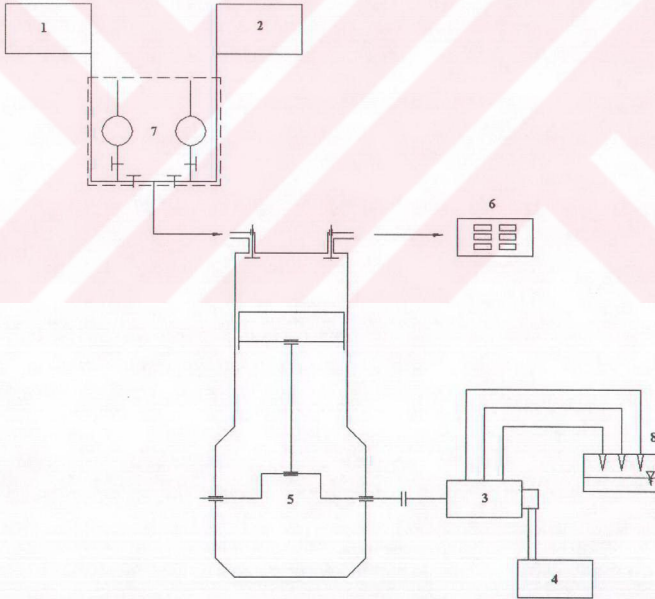
Şekil 3.5 Deney motorunun yanma odasının şematik kesiti.



Şekil 3.6 Deney motorunun deney düzeni üzerindeki görünümü.

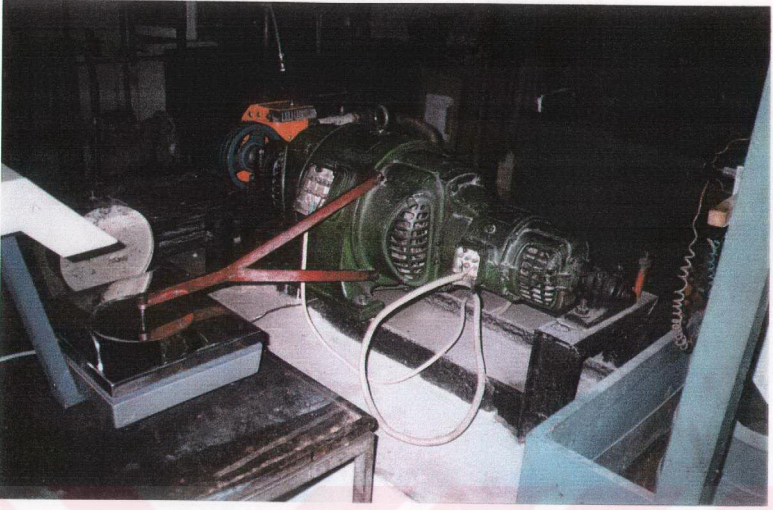
3.3 Deney Düzeni

Motor performans değerlerinin ölçümünde deney düzeni olarak motor – jeneratör grubundan oluşan ve su direnci ile klasik şekilde yükleme yapan düzen kullanılmış. Motor aralarında 1/2 redüksiyon bulunan kayış kasnak mekanizmasıyla 50 Hz frekanslı, 110 V gerilim üreten ve 6,5 kVA'lık Asea marka bir jeneratöre bağlanmıştır. Motorun tahrik ettiği jeneratörün ürettiği elektrik enerjisi 3,5 mm kalınlığında üç adet alüminyum plakaya gönderilmektedir. Alüminyum plakalar elektrot olarak kullanılmak üzere tuzlu su eriyiğine batırılmaktadır. Tuzlu suyun iletken olması sebebiyle enerji bir elektrottan diğerine elektron akımı biçiminde iletilir. Elektrotlarda yüklü olan elektrik enerjisi bu elektron akımı sırasında su içerisinde ısı enerjisine dönüştürülmüş olur. Suya iletilen akım elektrotların yüzey alanıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Dolayısıyla suya batırılan elektrot alanı arttıkça iletilen akım artacağından harcanan güçte artmış olur.



Şekil 3.7 Deney düzeninin şematik şekli.

- 1.Emülsiyon yakıt deposu,
- 2.Kurşunsuz benzin deposu, 3.Jeneratör,
- 4.Kontrol Ünitesi, 5.İçten yanmalı motor,
- 6.Gaz analiz cihazı, 7. Yakıt ölçüm ünitesi,
- 8.Yükleme ünitesi



Şekil 3.8 Deney düzeninde kullanılan jeneratörün görünümü.



Şekil 3.9 Deney düzeninin genel görünümü.

3.4 Motor Performans Deneyleri

Motor performans deneyleri DIN-6270 normlarına uygun olarak yapılmış ve sonuçlar bu normlara göre saptanmıştır. Deneye başlanmadan önce Lombardini LA 250 benzinli motor 30 dakika kurşunsuz benzinle ralantide çalıştırılarak rejim haline getirilmiştir. $GKA=1/1$ değerinde gaz kolu en üst seviyeye alınarak boşta çalışma devrinin 3600 d/d, $GKA=1/2$ değerinde ise gaz kolu orta konuma alınarak boşta çalışma devrinin 1800 d/d olması sağlanmıştır. Soğuk motora ilk hareketin verilmesi ve ısıtma periyodu her zaman kurşunsuz benzinle yapılmıştır. Emülsiyonlarla yapılan deneylere başlanmadan önce kurşunsuz benzin deposundan gelen yakıtı kesen vana kapatılıp dönel karıştırıcı haznesinden gelen yakıt vanası açılmış ve sabit seviye kabındaki kurşunsuz benzinin tamamının bitmesini sağlamak için motor emülsiyon vanasının açılmasından sonra 15 dakika emülsiyon yakıtla çalıştırılmıştır.

Belirlenen GKA değerinde motoru kaldırabileceği maksimum yüke kadar yükleyebilmek için alüminyum elektrotlar tuzlu su eriyiğine batırılmış, maksimum yük durumundaki devir sayısı ile boşta çalışmadaki devir sayısı aralığında belirli sayıda ki performans değerlerinin tespiti için her defasında yük alüminyum elektrotların yukarı kaldırılması yoluyla azaltılarak deneyler yapılmıştır.

Yükün her azaltılması durumunda motorun devir sayısı dijital devir ölçer ile kranka bağlı kasnakten okunmuştur. Deney düzeneğinde bulunan jeneratör iki taraftan sarkaca alınmış durumda olup yüklemeler jeneratör üzerindeki moment kolunun 1 g hassasiyetli elektronik teraziye uyguladığı baskı kuvveti sayesinde belirlenmiştir.

Özgül yakıt sarfiyatının belirlenebilmesi için hacimsel debi ölçme yöntemi kullanılmış, motorun; belirlenen yük durumunda 20 cm³'lük cam balon içerisindeki yakıtı harcama süresi tespit edilmiştir.

3.4.1 Motor performans büyüklüklerinin hesaplanması

Motor performans büyüklükleri olan ; döndürme momenti, motor gücü, özgül yakıt sarfiyatı ve toplam verimin her bir yük kademesinde ki değerlerinin hesaplanmasında kullanılan ifadeler ve yöntem aşağıda anlatılmıştır. Bulunan performans büyüklükleri DIN 6270 normlarında verilen standart ortama, yine aynı normlarda gösterilen ve düzeltme katsayısı olarak tanımlanan katsayılar aracılığıyla indirgenmiştir.

3.4.1.1 Döndürme momentinin hesabı

Döndürme momentlerinin değeri (3.2) ifadesinden hesaplanmıştır.

$$M_d = F.L \quad [\text{Nm}] \quad (3.2)$$

Burada F, o andaki yükleme şartına bağlı yük olup (3.3) ifadesi ile hesaplanır.

$$F = G.g \quad [\text{N}] \quad (3.3)$$

(3.3) ifadesinde yer alan G moment kolunun teraziye uyguladığı baskı kuvvetine karşılık gelen [kg] cinsinden kütle değeridir ve elektronik terazi üzerinden okunmuştur. g ise yer çekimi ivmesi olup 9,81 [m/s²] alınmıştır.

(3.2) ifadesindeki L ise jeneratör mili merkezi ile teraziye uygulanan baskı kuvvetinin etki noktası arasındaki mesafedir. Bu mesafe moment kolu olarak adlandırılmaktadır. Moment kolunun değeri 0,716 [m]'dir.

3.4.1.2 Motor efektif gücünün hesabı

Motor güçleri (3.4) ifadesinden hesaplanmıştır.

$$N_e = \frac{Md.n}{9555,22} \quad [\text{kW}] \quad (3.4)$$

Bu ifade de yer alan n; [d/d] cinsinden o yükleme şartındaki motor hızı olup dijital devir ölçerden okunmuştur.

3.4.1.3 Özgül yakıt sarfiyatının hesabı

Özgül yakıt sarfiyatı (3.5) ifadesi ile hesaplanmıştır.

$$b_e = \frac{V.\rho}{t} \cdot \frac{3600}{N_e} \quad [\text{g/kW-h}] \quad (3.5)$$

Bu ifadede ki V yakıt kontrol hacmi olup değeri 20 [cm³] olarak belirlenmiştir. ρ , [g/cm³] cinsinden kullanılan yakıtın özgül kütesidir. Deneylerde kullanılan yakıtlara ait özgül kütleler Çizelge 3.3’de verilmiştir. t; 20 [cm³]’lük yakıtın harcanma zamanıdır ve kronometre ile ölçülür.

3.4.1.4 Toplam verimin hesabı

Toplam verimler (3.6) ifadesi kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_t = \frac{860}{0,001.b_e.H_u} \quad [\%] \quad (3.6)$$

Bu ifadedeki H_u [kcal/kg] yakıtın alt ısı değeri. Deneylerde kullanılan yakıtlara ait alt ısı değerleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Deney sırasında herhangi bir yük durumundaki fren baskı kuvvetine karşılık gelen kütle (G), motor hızı (n) ve 20 cm³’lük cam balon içerisinde bulunan yakıtın harcanma süresi (t) okunmuştur. Okunan bu değerlere göre döndürme momenti, motor gücü, özgül yakıt sarfıyatı ve toplam verim yukarıdaki ifadeler kullanılarak hesaplanabilir. Ancak demeyin yapıldığı ortam DIN 6270 standardında belirtilen ortamdan farklıdır. Bu sebeble yukarıda ki ifadeler kullanılarak yapılan hesaplamaların DIN 6270 standardında belirtilen ortam şartlarına indirgenmesi gereklidir.

Standart ortamın şartları DIN 6270 normlarına göre Çizelge 3.6’da verilmiştir:

Çizelge 3.6 Standart ortamın özellikleri.

Basınç [mmHg]	760
Sıcaklık [K]	293
Bağıl Nem [%]	60
Havada ki Su Buharının Doyma Basıncı [mmHg]	17,529

Deney yapılan ortamda elde edilen motor performans büyüklüklerini standart ortama indirgenebilmesi için bazı düzeltme katsayıları kullanılır.

3.4.1.5 Düzeltme katsayılarının hesabı

K düzeltme katsayısının hesabı (3.7) ifadesi kullanılarak yapılmıştır.

$$K = \left(\frac{T_0}{T} \right)^{0.75} \cdot \left(\frac{B - \varphi \cdot P_D}{B_0 - \varphi_0 \cdot P_{D0}} \right) \quad (3.7)$$

Burada; T, [K] cinsinden deney sırasında ölçülen ortam sıcaklığı, T_0 ise standart ortamın sıcaklığı olup değeri Çizelge 3.6'da verilmiştir. B, [mmHg] cinsinden deney yapılan ortamın basıncıdır. Deney yapılan ortam deniz seviyesinden 101 m yükseklikte olup, her 10,5 [m]'de bir 1 [mmHg] basınç kaybının olduğu bilindiğine göre bu değer 750,380 [mmHg] olarak alınmıştır. B_0 ise standart ortamın basıncı olup değeri Çizelge 3.6'da belirtilmiştir. φ , [%] olarak ortamın bağıl nemini gösterir ve deney sırasında nem ölçerden okunur. φ_0 yine Çizelge 3.6'da belirtilen standart ortamın bağıl nemidir. P_D , [mmHg] cinsinden deney yapılan ortam havasının içerisinde bulunan su buharının doyma basıncıdır. Hava içerisindeki su buharının doyma basıncı sıcaklığa göre değişmektedir. Bu değişim Çizelge 3.7 verilmiştir. P_{D0} ise standart ortamda bulunan hava içerisindeki su buharının doyma basıncı olup değeri Çizelge 3.6'da vardır.

Çizelge 3.7 Hava içerisindeki su buharının sıcaklığa bağlı doyma basınçları.

Sıcaklık [°C]	P_D [mmHg]	Sıcaklık [°C]	P_D [mmHg]	Sıcaklık [°C]	P_D [mmHg]
0	4,581	18	15,465	36	44,550
2	5,291	20	17,527	38	49,680
4	6,096	22	19,815	40	55,312
6	7,008	24	22,365	42	61,485
8	8,040	26	25,200	44	68,250
10	9,202	28	28,335	46	75,645
12	10,530	30	31,807	48	83,715
14	11,979	32	35,647	50	92,512
16	13,626	34	39,885	52	102,097

α düzeltme katsayısının hesabı (3.8) eşitliği kullanılarak yapılmıştır.

$$\alpha = K + 0.7 \cdot (K - 1) \cdot \left(\frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \quad (3.8)$$

Bu ifadede yer alan η_m deney motorunun mekanik verimi olup değeri 0,7 ile 0,9 arasında değişmektedir (Demidov ve Kolchin, 1984). Mekanik verim deney motoru için 0,85 olarak alınmıştır.

β düzeltme katsayısı K düzeltme sayısının α düzeltme sayısına oranıdır.

$$\beta = \frac{K}{\alpha} \quad (3.9)$$

Hesaplanan döndürme momenti, motor gücü, özgül yakıt sarfıyatı ve toplam verim değerlerini standart ortam şartlarında ki değerlere indirgeyebilmek için yukarıda ki düzeltme katsayılarından yararlanarak, standart ortamda ki motor performans değerleri şöyle bulunur:

Döndürme Momenti;

$$M_{d0} = \frac{M_d}{\alpha} \quad [\text{Nm}] \quad (3.10)$$

Motor Efektif Gücü;

$$N_{e0} = \frac{N_e}{\alpha} \quad [\text{kW}] \quad (3.11)$$

Özgül Yakıt Sarfıyatı;

$$b_{e0} = \frac{b_e}{\beta} \quad [\text{g/kW-h}] \quad (3.12)$$

Toplam verim;

$$\eta_{t0} = \eta_t \cdot \beta \quad [\%] \quad (3.13)$$

3.4.2 Motor performans deneyi sonuçları

Motor performans deneyleri başta kurşunsuz benzin olmak üzere Bölüm 3.1.1’de belirtilen dokuz farklı makroemülsiyon ile gaz kelebeğinin tam (1/1) ve yarım (1/2) açık pozisyonlarında yapılmıştır. Bu deneylerde; deney sırasında okunan değerler ve Bölüm 3.4.1’de anlatılan yöntem ile hesaplanan standart ortamdaki motor performans değerleri çizelgeler halinde vermiştir. Daha sonra standart ortama indirgenmiş performans değerleri motor hızına bağlı grafikler haline dönüştürülmüştür.



Çizelge 3.8 KB ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

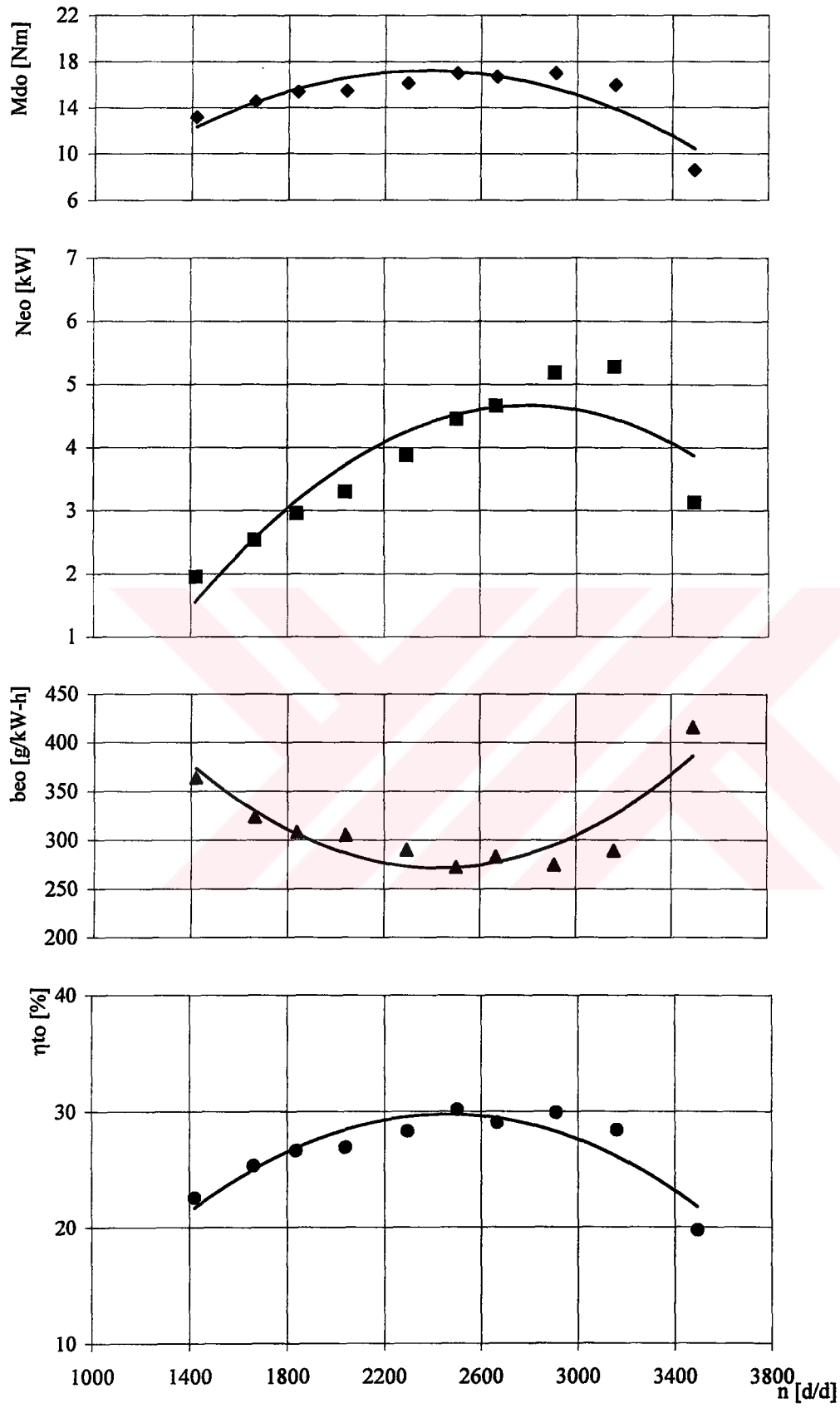
Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0.99954
Yakıtın Özgül Kütlesi	:742.100 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0.99948
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10471.766 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1.00005
Ortam Bağlı Nemi	:56 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:26 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:25.215 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η ₁₀ [%]
3495	1.220	41	8.573	3.135	415.755	19,8
3160	2.275	35	15.987	5.287	288.863	28,4
2910	2.425	38	17.041	5.190	271.044	30,3
2665	2.380	41	16.725	4.664	279.493	29,4
2500	2.425	44	17.041	4.458	272.473	30,1
2295	2.300	48	16.163	3.882	286.864	28,6
2040	2.205	53	15.495	3.308	304.869	26,9
1835	2.195	59	15.425	2.962	305.848	26,9
1665	2.075	65	14.582	2.540	323.655	25,4
1420	1.875	75	13.176	1.958	363.980	22,6

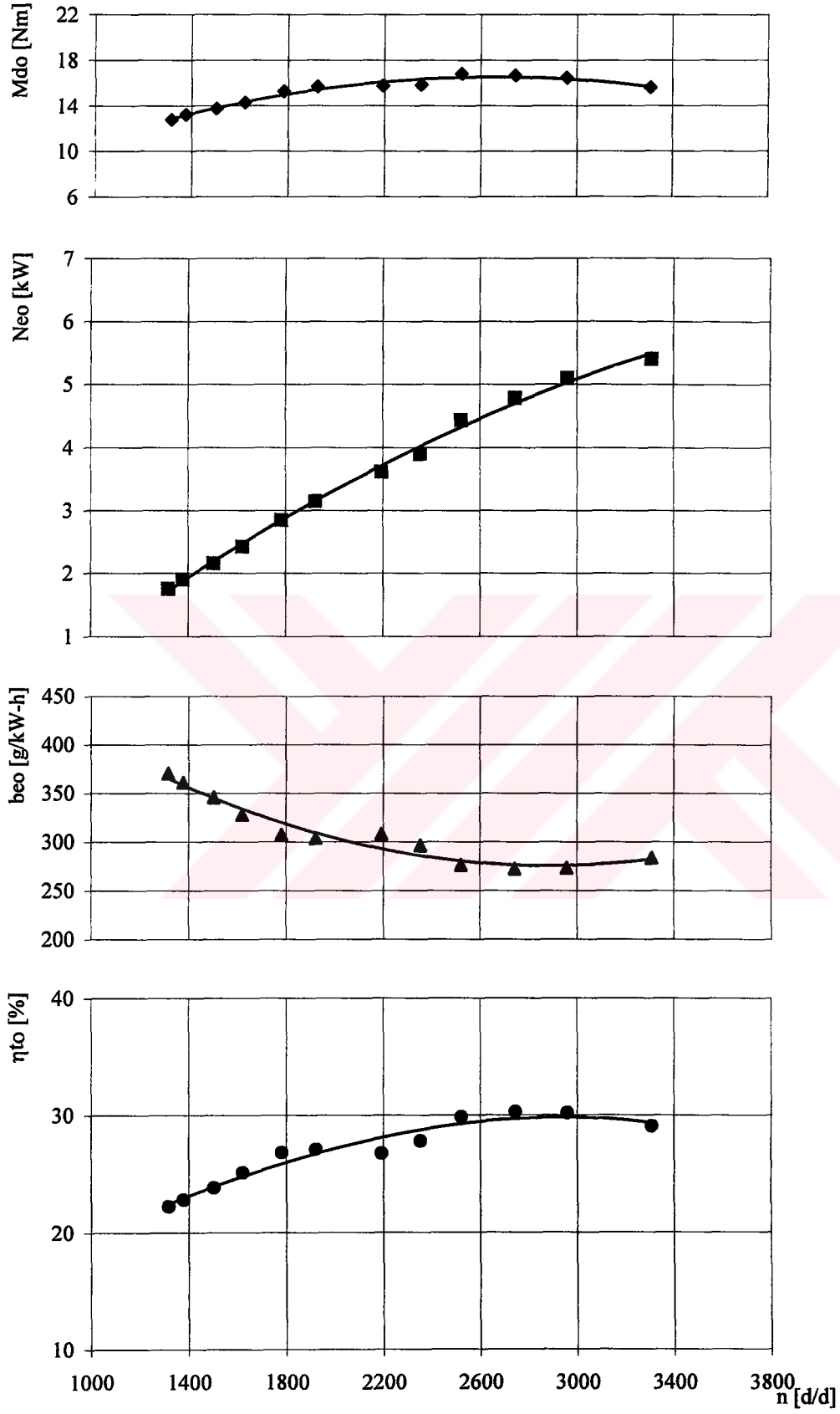
Çizelge 3.9 2S3 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00746
Yakıtın Özgül Kütlesi	:750,600 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00838
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10451,308 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99908
Ortam Bağlı Nemi	:48 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:24,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:23,090 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η ₁₀ [%]
3305	2,240	35	15,616	5,401	283,740	29,0
2960	2,365	39	16,473	5,103	269,531	30,5
2745	2,395	41	16,682	4,792	273,001	30,1
2520	2,415	44	16,821	4,436	274,806	29,9
2355	2,275	46	15,846	3,905	298,584	27,6
2190	2,265	48	15,777	3,616	309,060	26,6
1920	2,250	56	15,672	3,149	304,176	27,1
1780	2,195	61	15,289	2,848	308,753	26,7
1620	2,055	67	14,314	2,426	329,909	24,9
1500	1,975	72	13,757	2,159	344,989	23,9
1375	1,900	78	13,234	1,904	361,115	22,8
1315	1,835	82	12,781	1,759	371,895	22,1



Şekil 3.10 KB için $GKA=1/1$ değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.11 2S3 için $GKA=1/1$ değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.10 2S5 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

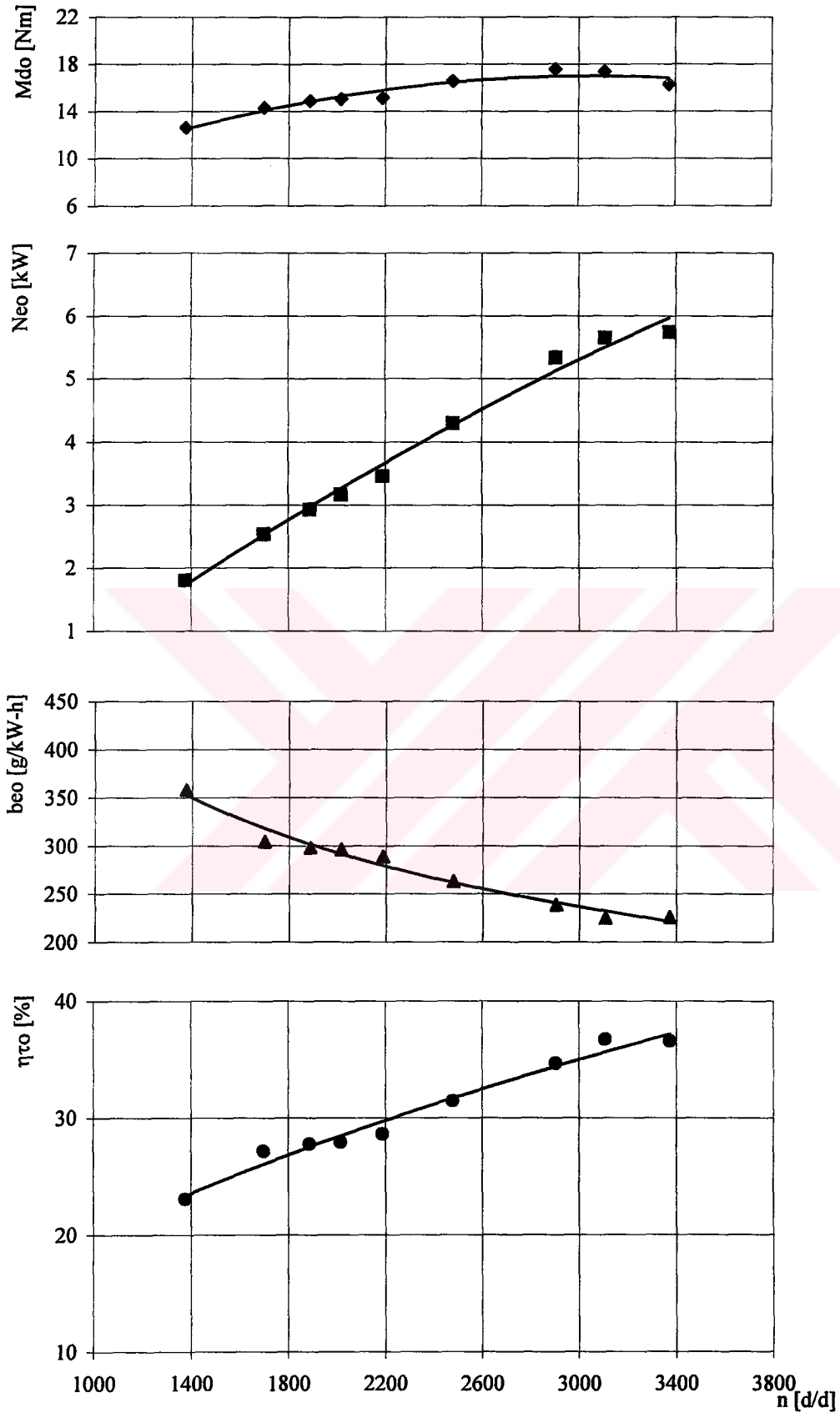
Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,01800
Yakıtın Özgül Kütlesi	:755,800 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,02022
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10438,643 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β): 0,99782
Ortam Bağıl Nemi	:67,5 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:20 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:17,538 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{t0} [%]
3370	2,370	41	16,299	5,748	226,799	36,3
3105	2,525	42	17,383	5,648	225,306	36,6
2905	2,550	42	17,556	5,337	238,456	34,5
2480	2,410	47	16,592	4,306	264,106	31,2
2185	2,200	54	15,146	3,463	285,810	28,8
2015	2,185	57	15,043	3,172	295,627	27,9
1885	2,155	62	14,836	2,926	294,574	28,8
1700	2,075	69	14,285	2,541	304,810	27,0
1375	1,830	83	12,599	1,813	355,233	23,2

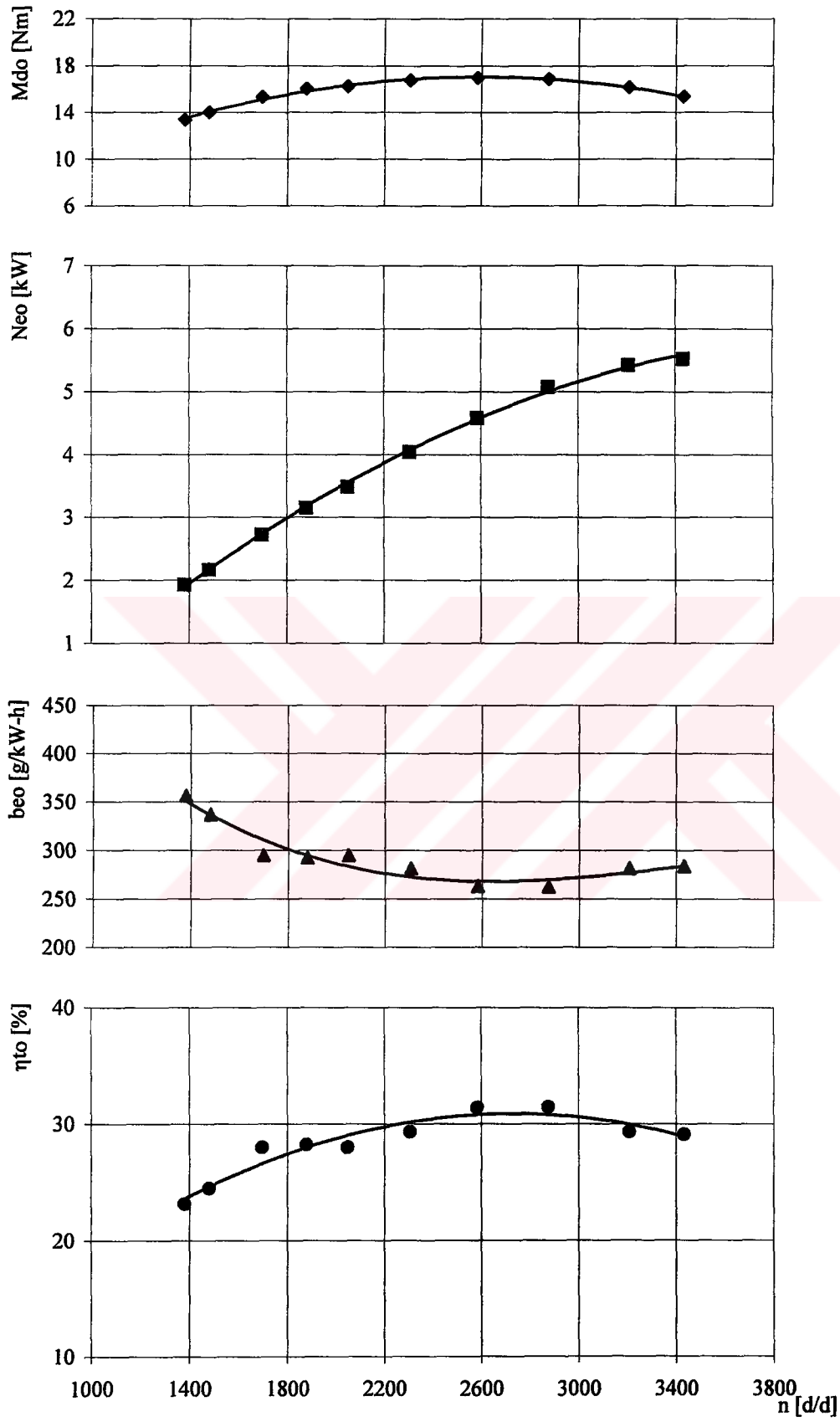
Çizelge 3.11 2S8 ile $GKA=1/1$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00228
Yakıtın Özgül Kütlesi	:763,500 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00256
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10419,680 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99971
Ortam Bağıl Nemi	:48 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:26 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:25,215 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{t0} [%]
3430	2,195	35	15,378	5,520	283,874	29,1
3205	2,310	36	16,183	5,428	280,659	29,4
2875	2,410	41	16,884	5,080	263,319	31,3
2585	2,420	46	16,954	4,586	259,949	31,8
2305	2,395	48	16,779	4,047	282,295	29,2
2050	2,320	54	16,253	3,487	291,263	28,3
1880	2,290	60	16,043	3,156	289,586	28,5
1700	2,190	68	15,343	2,729	295,474	27,9
1480	1,995	75	13,976	2,164	337,797	24,4
1380	1,910	80	13,381	1,932	354,747	23,3



Şekil 3.12 2S5 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.13 2S8 için GKA=1/1 değerinde Motor Karakteristikleri.

Çizelge 3.12 5S8 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

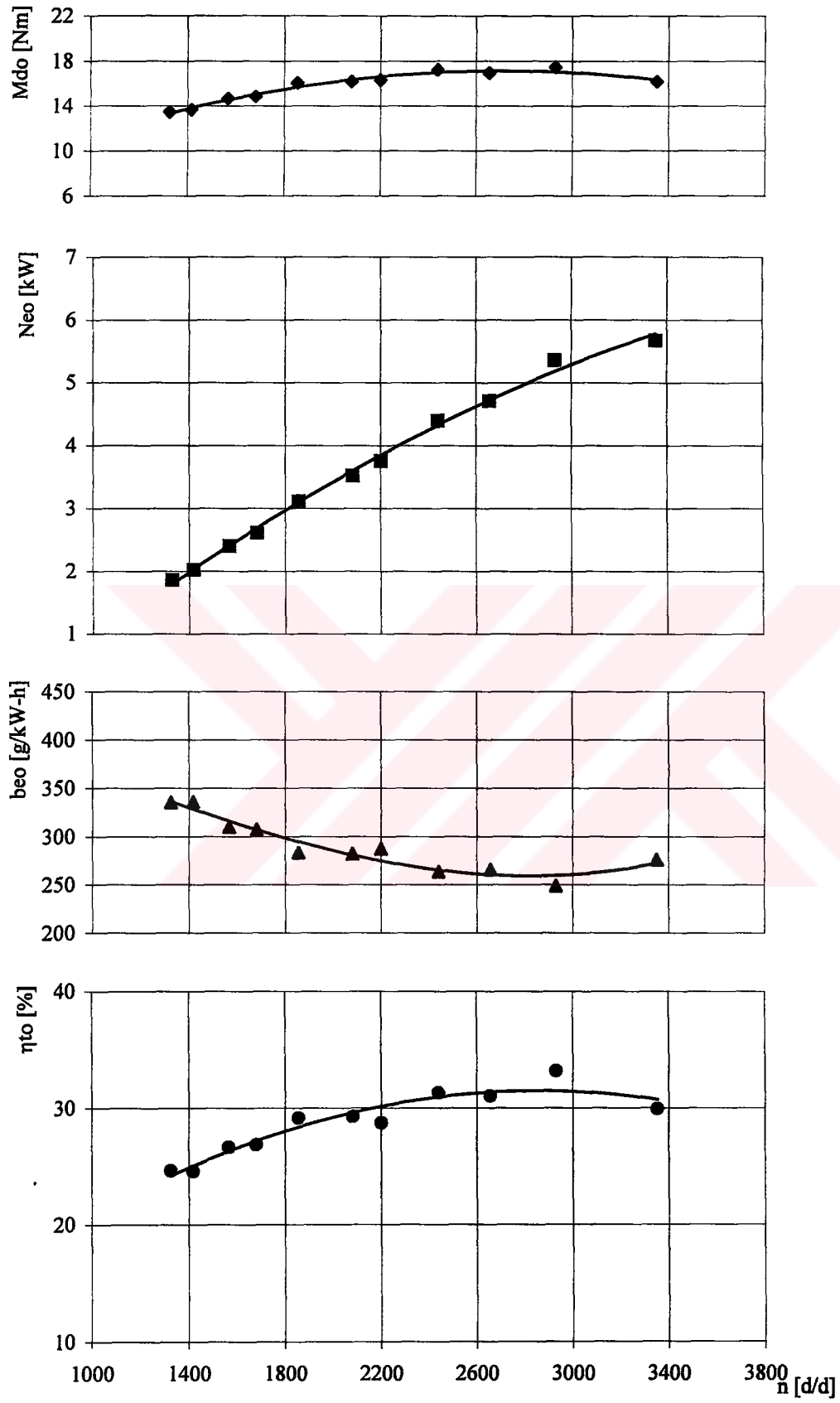
Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00400
Yakıtın Özgül Kütlesi	:764,800 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00449
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10461,454 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β): 0,99950
Ortam Bağlı Nemi	:48 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:24,506 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{t0} [%]
3350	2,315	35	16,187	5,675	276,114	29,9
2930	2,500	41	17,481	5,360	249,552	33,1
2655	2,425	44	16,956	4,711	264,559	31,2
2440	2,465	47	17,236	4,401	265,123	31,1
2200	2,335	51	16,327	3,759	286,070	28,9
2080	2,315	55	16,187	3,523	282,993	29,2
1855	2,295	62	16,047	3,115	283,945	29,1
1680	2,125	68	14,859	2,612	308,727	29,7
1565	2,160	74	14,684	2,405	308,168	26,8
1415	1,955	81	13,670	2,024	334,475	24,7
1325	1,925	88	13,460	1,866	333,905	24,7

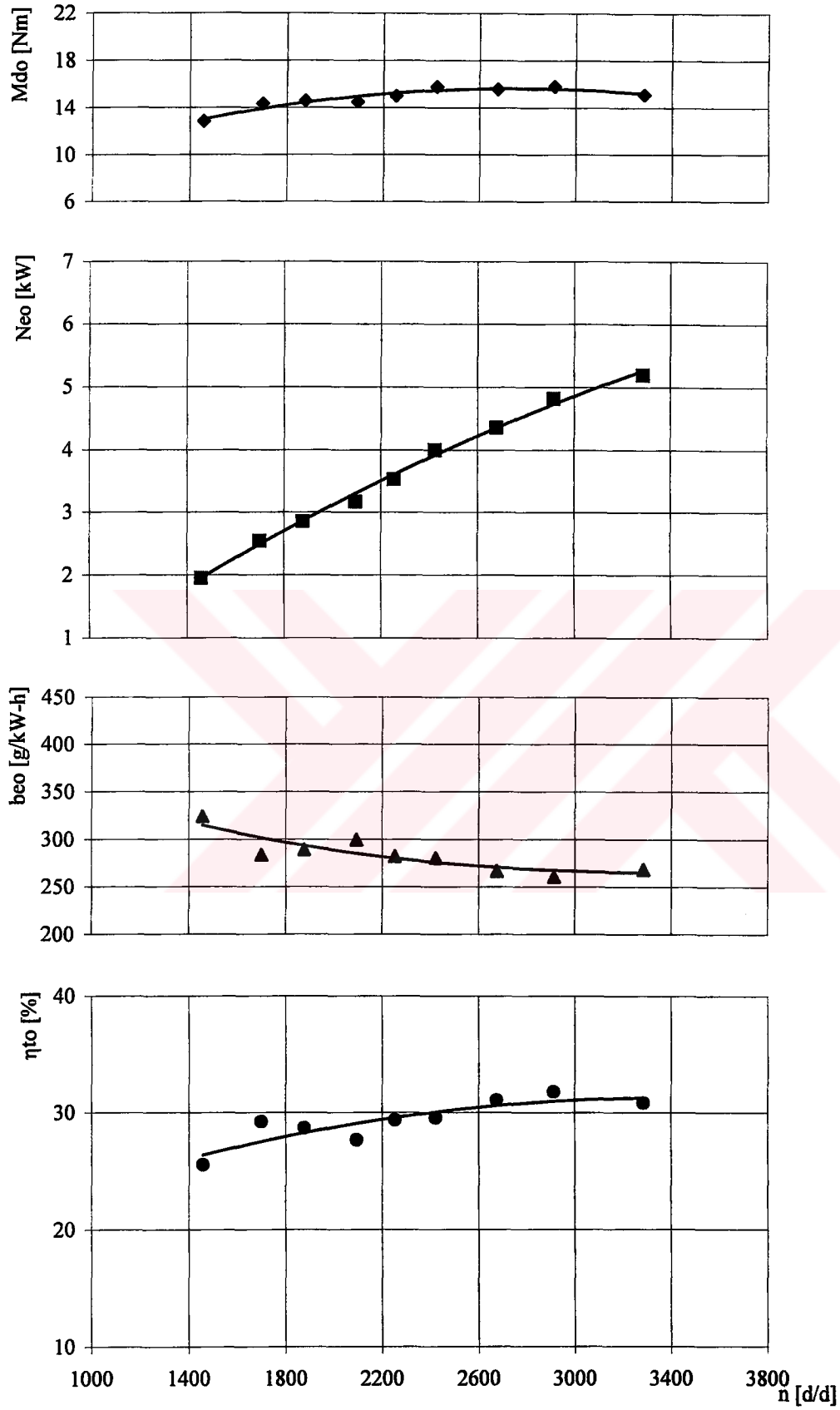
Çizelge 3.13 5S10 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00912
Yakıtın Özgül Kütlesi	:770,000 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,01025
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10403,479 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99888
Ortam Bağlı Nemi	:60 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:23 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:21,104 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{t0} [%]
3285	2,175	40	15,122	5,198	264,187	31,3
2915	2,275	44	15,817	4,825	258,758	31,9
2675	2,240	47	15,573	4,359	268,100	30,8
2420	2,270	49	15,782	3,997	280,497	29,5
2255	2,155	55	14,983	3,535	282,494	29,3
2095	2,085	58	14,496	3,178	298,022	27,7
1875	2,095	67	14,565	2,858	286,884	28,8
1700	2,060	76	14,322	2,548	283,685	29,1
1455	1,845	87	12,827	1,953	323,286	25,6



Şekil 3.14 5S8 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.15 5S10 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.14 5S12 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

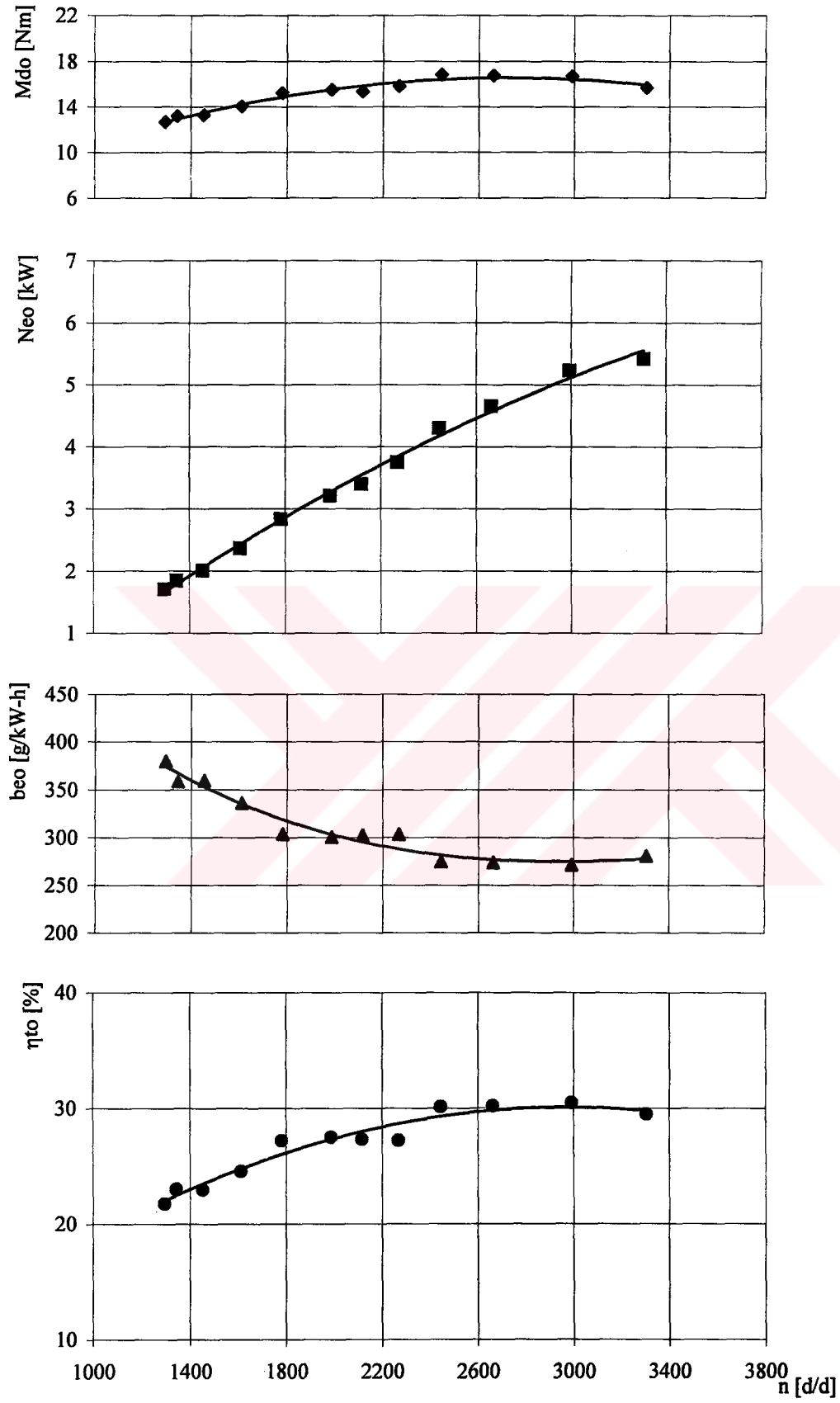
Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0.99875
Yakıtın Özgül Kütlesi	:775,100 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0.99860
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10390,643 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1.00015
Ortam Bağıl Nemi	:48 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:27 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:26,786 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{10} [%]
3300	2,230	37	15,685	5,417	278,779	29,7
2990	2,375	39	16,705	5,227	274,083	30,2
2660	2,380	44	16,740	4,660	272,502	30,4
2445	2,395	47	16,845	4,310	275,803	30,0
2265	2,250	49	15,826	3,751	303,973	27,2
2115	2,185	54	15,368	3,401	304,177	27,2
1985	2,200	58	15,474	3,214	299,688	27,6
1780	2,165	65	15,228	2,836	303,033	27,3
1610	2,000	70	14,067	2,370	336,765	24,6
1455	1,885	77	13,258	2,018	359,432	23,0
1345	1,875	84	13,188	1,856	358,326	23,1
1295	1,800	86	12,660	1,715	378,652	21,9

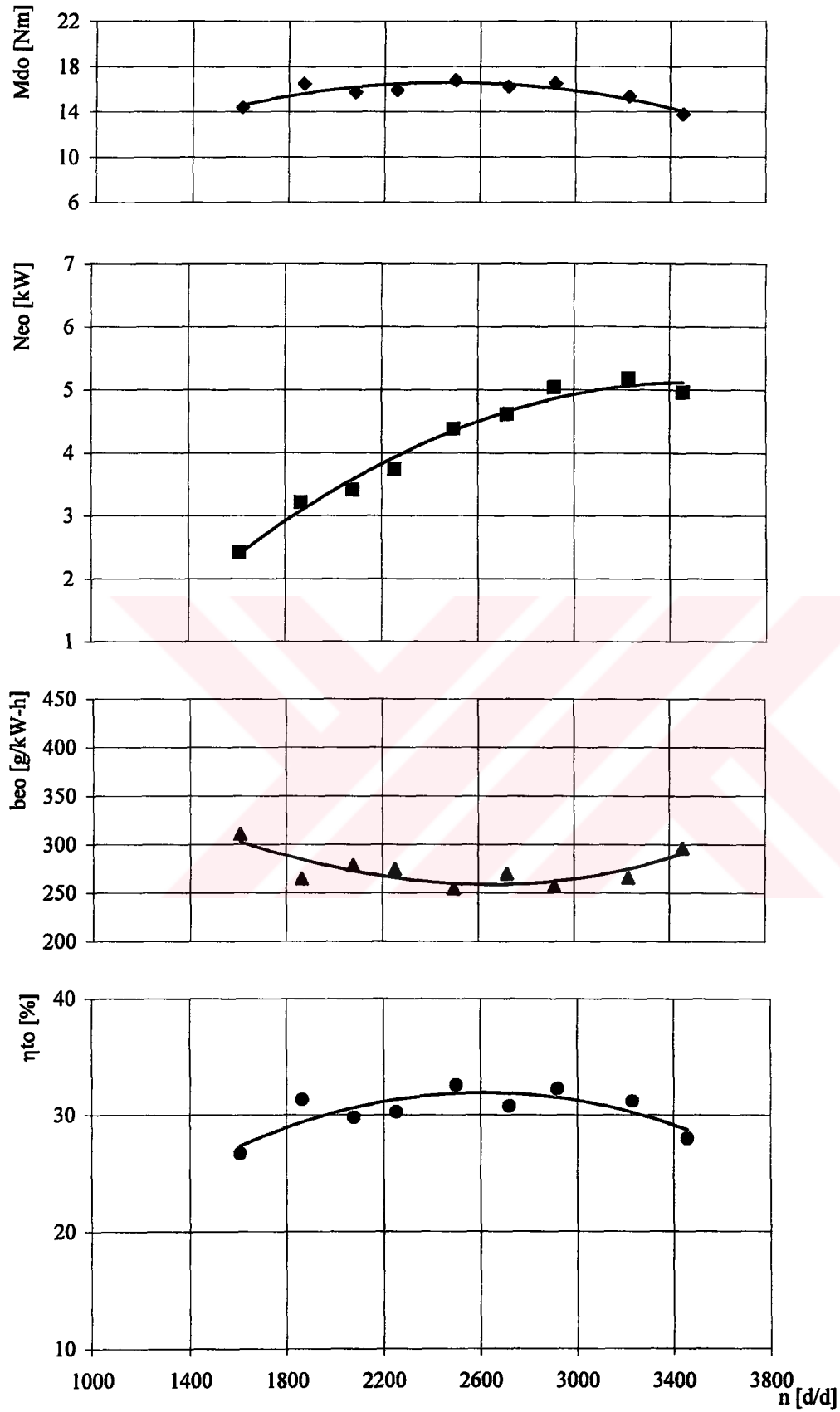
Çizelge 3.15 15S15 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0,99967
Yakıtın Özgül Kütlesi	:787,200 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0,99963
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10359,753 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1,00004
Ortam Bağıl Nemi	:61 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:24,506 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{10} [%]
3455	1,955	39	13,736	4,967	292,684	28,4
3225	2,185	41	15,353	5,181	266,866	31,1
2915	2,350	44	16,512	5,037	255,799	32,5
2720	2,310	46	16,231	4,620	266,759	31,1
2500	2,390	51	16,793	4,393	253,017	32,8
2250	2,265	55	15,915	3,747	275,071	30,2
2080	2,240	60	15,739	3,426	275,801	30,1
1865	2,350	67	16,512	3,222	262,565	31,6
1610	2,050	75	14,404	2,427	311,471	26,7



Şekil 3.16 5S12 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.17 15S15 için $GKA=1/1$ değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.16 15S18 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

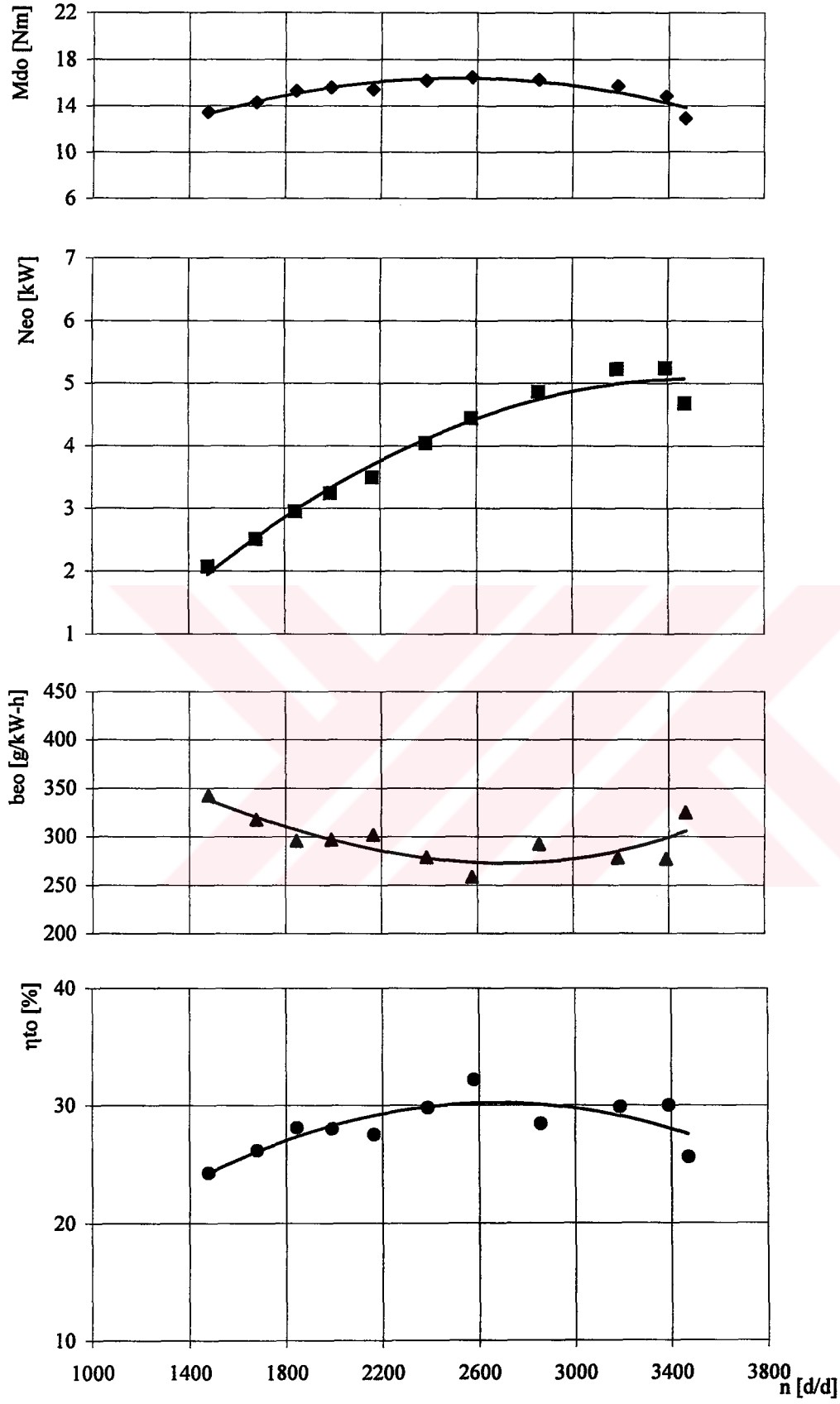
Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0.99875
Yakıtın Özgül Kütlesi	:794,900 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0.99860
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10339,775 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1.00015
Ortam Bağıl Nemi	:48 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:27 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:26,786 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{10} [%]
3470	1,835	38	12,907	4,687	321,727	25,9
3390	2,105	39	14,806	5,252	279,717	29,7
3185	2,230	39	15,685	5,228	281,033	29,6
2860	2,315	40	16,283	4,873	293,940	28,3
2575	2,345	50	16,494	4,444	257,837	32,3
2385	2,305	51	16,212	4,046	277,656	30,0
2165	2,195	54	15,439	3,498	303,354	27,4
1990	2,215	60	15,574	3,244	294,346	28,3
1845	2,175	66	15,298	2,953	293,925	28,3
1680	2,035	72	14,313	2,516	316,250	26,3
1480	1,910	81	13,434	2,080	339,982	24,5

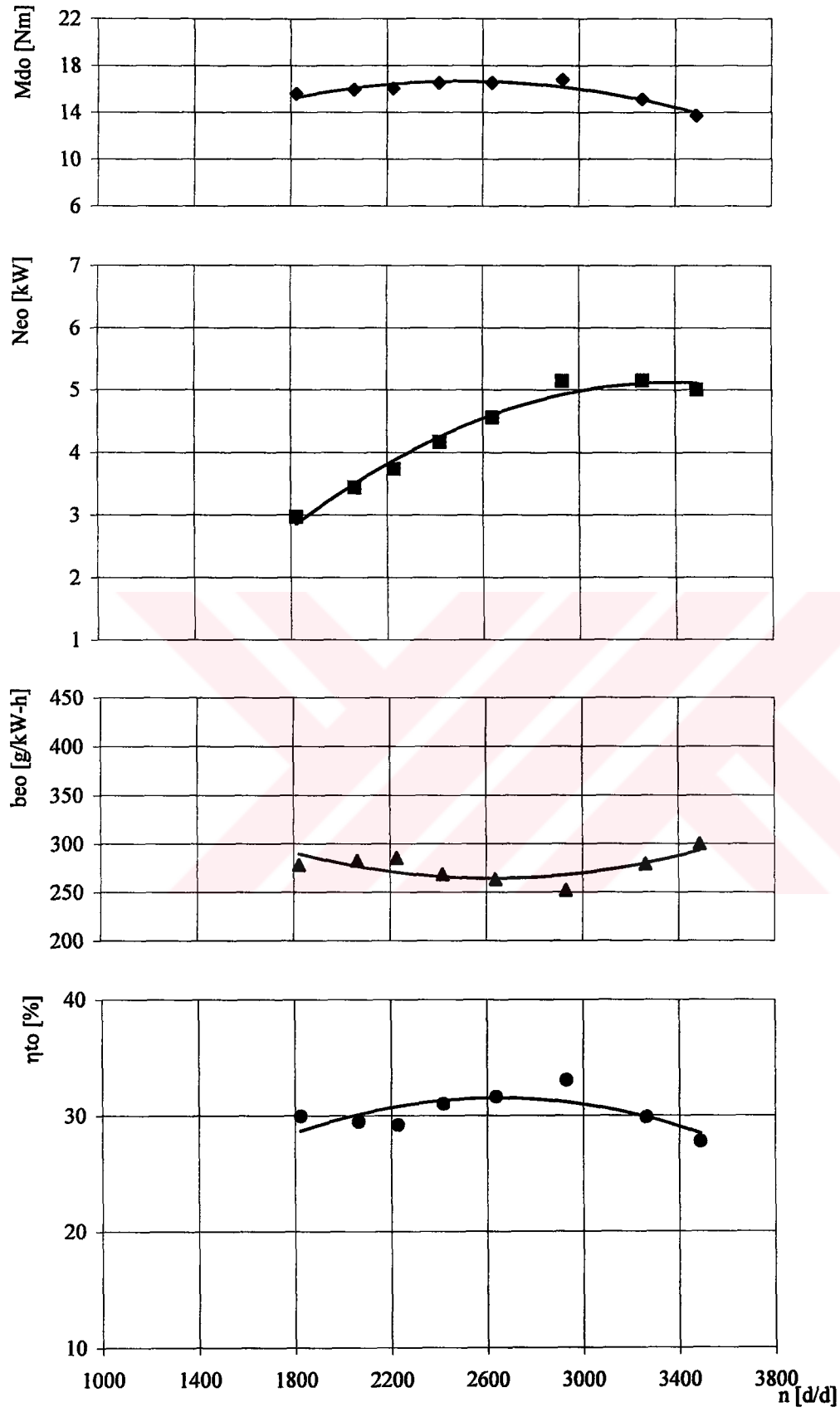
Çizelge 3.17 20S20 ile GKA=1/1 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:3600 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0.99817
Yakıtın Özgül Kütlesi	:802,200 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0.99794
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10320,606 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1.00022
Ortam Bağıl Nemi	:60 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:26 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:25,215 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{10} [%]
3485	1,950	40	13,724	5,005	288,986	28,8
3260	2,145	40	15,097	5,150	280,847	29,7
2930	2,385	45	16,786	5,147	249,808	33,4
2640	2,350	48	16,540	4,569	263,792	31,6
2415	2,345	52	16,505	4,171	266,754	31,2
2225	2,280	54	16,047	3,736	286,759	29,1
2065	2,265	60	15,941	3,445	279,921	29,8
1820	2,215	70	15,590	2,969	278,376	29,9



Şekil 3.18 15S18 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.19 20S20 için GKA=1/1 değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.18 KB ile GKA=1/2 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

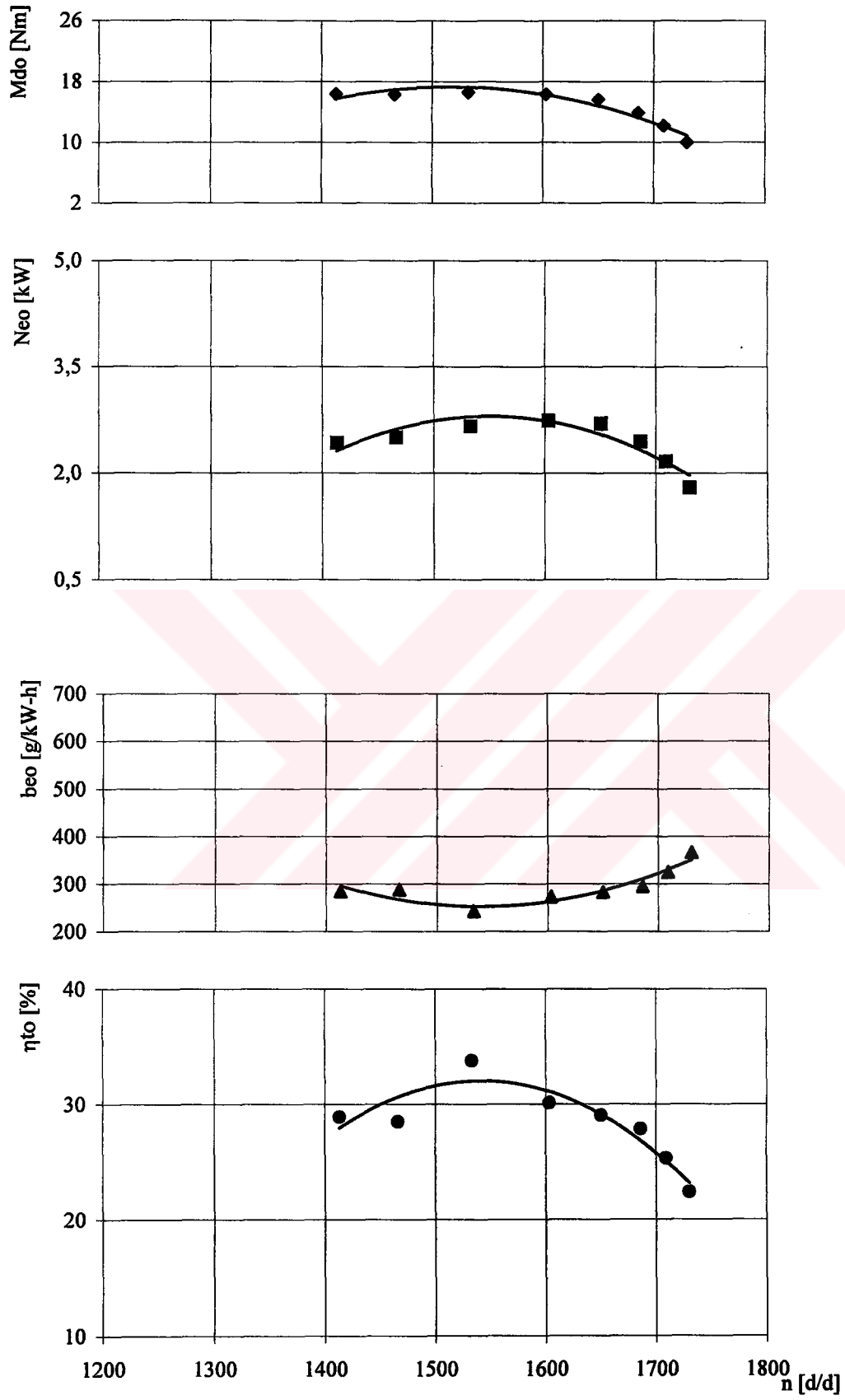
Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0,99954
Yakıtın Özgül Kütlesi	:742,100 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0,99948
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10471,766 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1,00005
Ortam Bağlı Nemi	:56 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:27 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:25,215 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η _{to} [%]
1730	1,415	81	9,944	1,800	366,557	22,4
1710	1,725	76	12,122	2,169	324,212	25,3
1685	1,975	74	13,879	2,447	295,141	27,8
1650	2,225	70	15,636	2,700	282,824	29,0
1600	2,325	72	16,339	2,735	271,364	30,3
1535	2,365	83	16,620	2,669	241,218	34,0
1465	2,325	74	16,339	2,505	288,361	28,5
1415	2,335	78	16,409	2,430	282,027	29,1

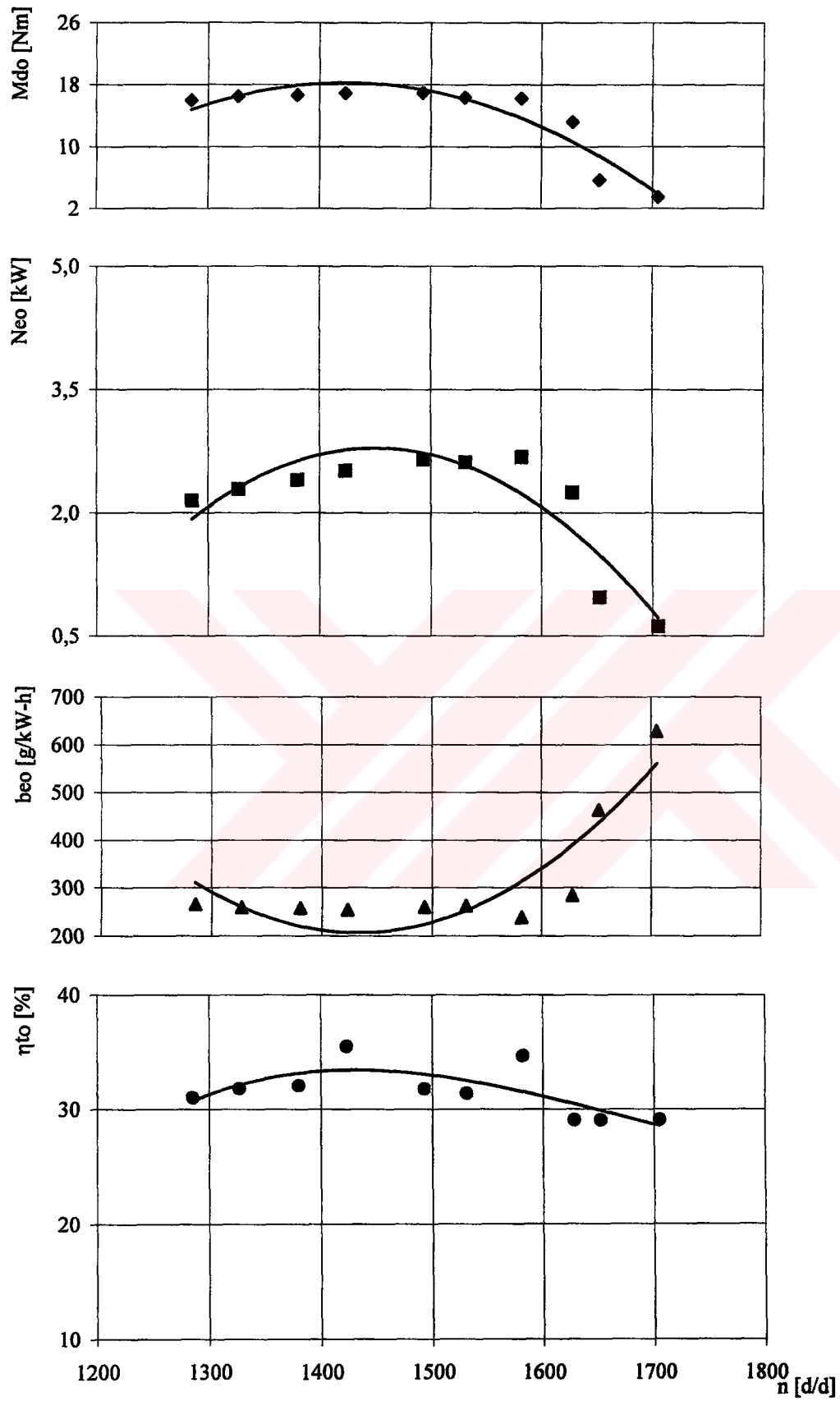
Çizelge 3.19 2S3 ile GKA=1/2 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,01682
Yakıtın Özgül Kütlesi	:750,600 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00838
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10451,308 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99908
Ortam Bağlı Nemi	:45 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:22 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:19,827 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η _{to} [%]
1705	0,500	135	3,446	0,615	640,115	12,9
1650	0,815	118	5,618	0,970	464,261	17,7
1630	1,915	83	13,201	2,251	284,349	28,9
1580	2,350	83	16,200	2,678	239,046	34,4
1530	2,375	77	16,372	2,621	263,293	31,3
1495	2,465	77	16,992	2,658	259,619	31,7
1425	2,450	83	16,889	2,518	254,230	32,4
1380	2,415	86	16,648	2,404	257,034	32,0
1325	2,395	89	16,510	2,289	260,840	31,5
1285	2,320	93	16,993	2,150	265,712	31,0



Şekil 3.20 KB için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.21 2S3 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.20 2S5 ile GKA=1/2 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

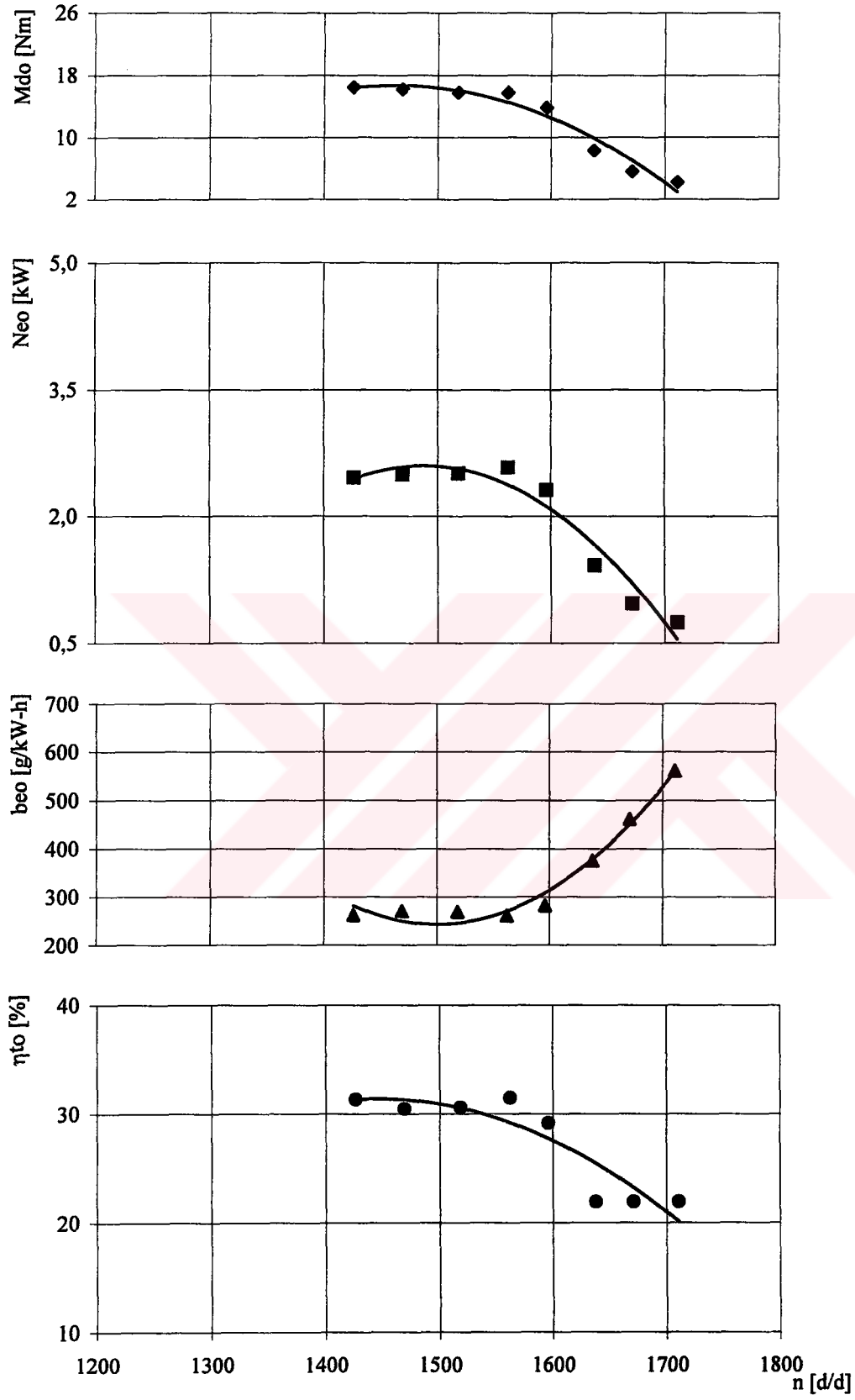
Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00087
Yakıtın Özgül Kütlesi	:755,800 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00097
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10438,643 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99989
Ortam Bağlı Nemi	:63 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:23,798 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η ₁₀ [%]
1710	0,595	130	4,175	0,747	559,742	14,7
1670	0,795	121	5,578	0,974	460,867	17,9
1640	1,185	102	8,315	1,427	373,492	22,1
1595	1,975	83	13,858	2,313	283,164	29,1
1560	2,250	81	15,788	2,577	260,406	31,6
1520	2,250	81	15,788	2,511	267,259	30,8
1470	2,315	81	16,244	2,499	268,590	30,7
1425	2,350	84	16,490	2,459	263,198	31,3

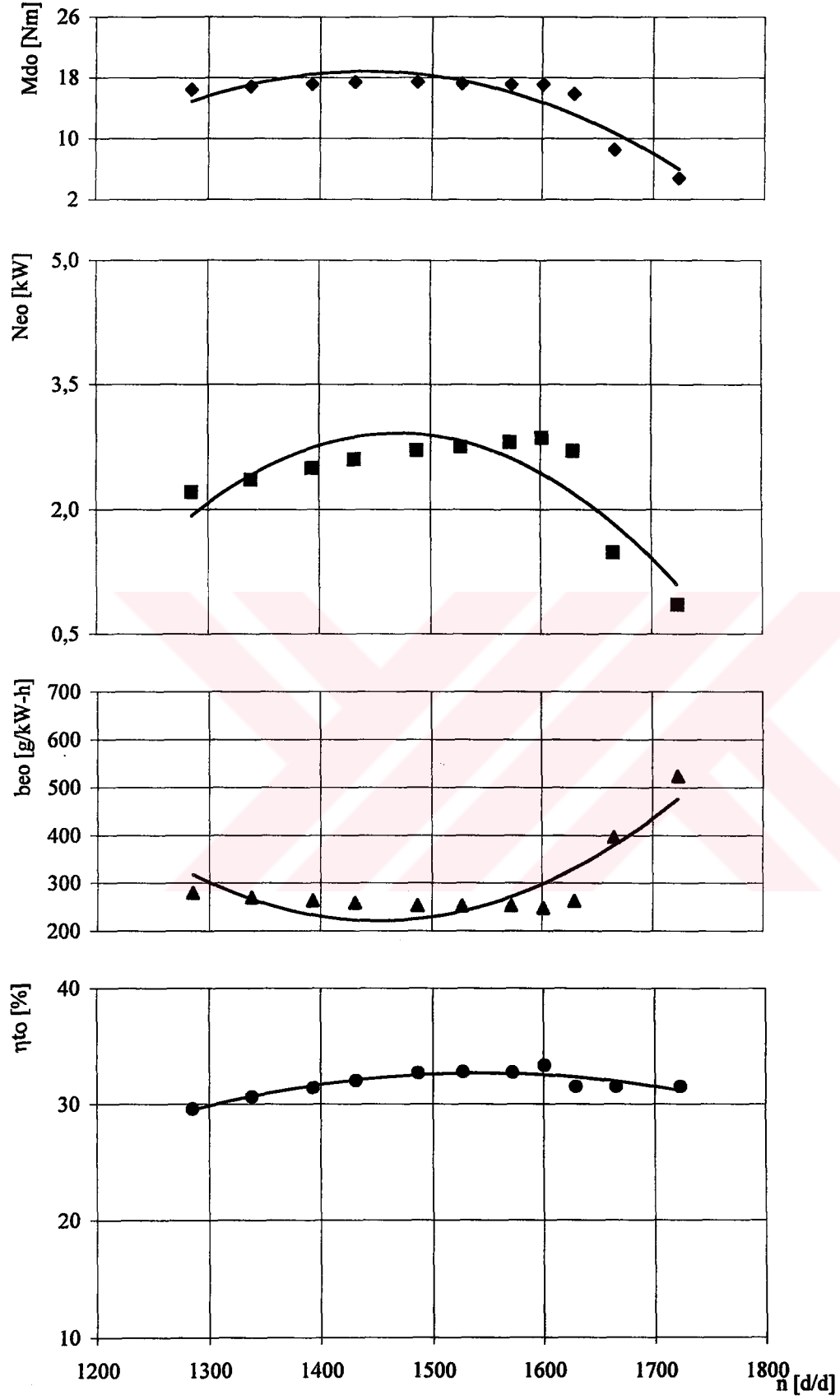
Çizelge 3.21 2S8 ile GKA=1/2 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,01436
Yakıtın Özgül Kütlesi	:763,500 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,01614
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10419,680 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99825
Ortam Bağlı Nemi	:45 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:23,798 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η ₁₀ [%]
1725	0,685	119	4,734	0,854	532,761	15,5
1665	1,235	92	8,536	1,487	395,995	20,8
1630	2,300	76	15,898	2,712	262,924	31,4
1600	2,475	76	17,108	2,864	248,914	33,2
1570	2,475	76	17,108	2,810	253,671	32,5
1525	2,495	76	17,246	2,752	259,063	31,9
1485	2,525	79	17,453	2,712	252,897	32,6
1430	2,515	81	17,384	2,601	257,158	32,1
1395	2,480	82	17,142	2,502	264,070	31,3
1340	2,440	85	16,866	2,365	269,554	30,6
1285	2,380	88	16,451	2,212	278,353	29,7



Şekil 3.22 2S5 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.23 2S8 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.22 5S8 ile GKA=1/2 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

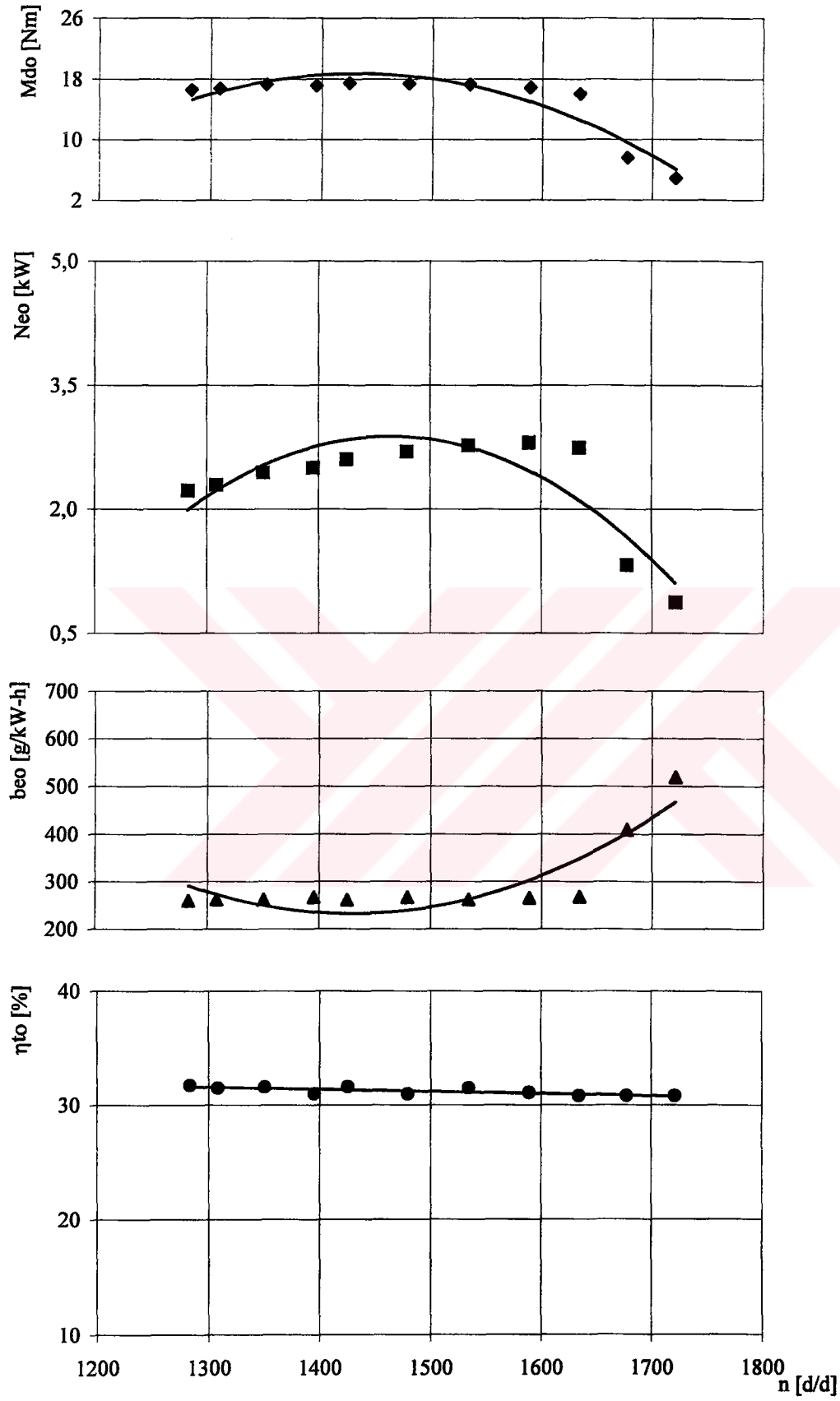
Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00467
Yakıtın Özgül Kütlesi	:764,800 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00524
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10416,454 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99942
Ortam Bağlı Nemi	:46 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:24,506 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η ₁₀ [%]
1720	0,695	120	4,856	0,874	522,509	15,8
1675	1,085	101	7,581	1,328	408,340	20,2
1635	2,300	75	16,070	2,749	265,755	31,1
1590	2,415	74	16,874	2,807	263,780	31,3
1535	2,475	75	17,293	2,778	263,053	31,4
1480	2,495	76	17,433	2,700	267,080	30,9
1425	2,500	81	17,468	2,605	259,745	31,8
1395	2,450	82	17,118	2,499	265,444	30,9
1350	2,475	86	17,293	2,443	260,844	31,7
1310	2,400	91	17,760	2,299	261,977	31,5
1285	2,375	95	16,594	2,231	258,522	31,9

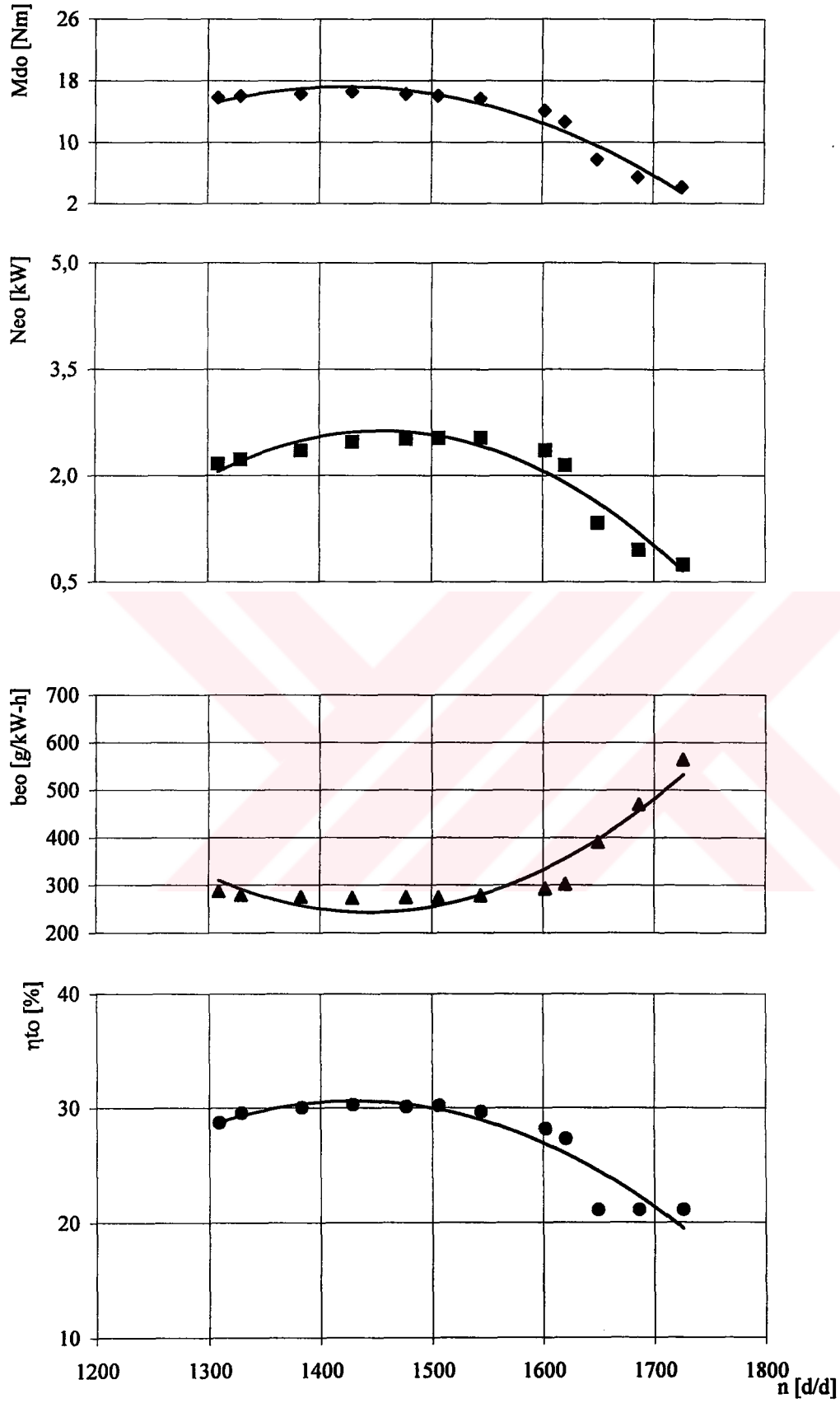
Çizelge 3.23 5S10 ile GKA=1/2 değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0,99522
Yakıtın Özgül Kütlesi	:770,000 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0,99463
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10403,479 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1,00059
Ortam Bağlı Nemi	:63 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:26,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:26,001 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η ₁₀ [%]
1725	0,585	133	4,131	0,745	561,601	14,7
1685	0,765	124	5,402	0,952	471,564	17,5
1650	1,095	107	7,732	1,335	389,890	21,2
1620	1,795	86	12,675	2,149	301,402	27,4
1600	1,995	81	14,088	2,359	291,525	28,4
1545	2,225	79	15,712	2,540	277,548	29,8
1505	2,275	81	16,065	2,530	271,782	30,4
1475	2,310	81	16,312	2,518	273,108	30,3
1430	2,350	82	16,595	2,483	273,531	30,2
1385	2,310	86	16,312	2,364	273,945	30,2
1330	2,275	89	16,065	2,236	279,899	29,5
1310	2,245	89	15,853	2,173	287,969	28,7



Şekil 3.24 5S8 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.25 5S10 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.24 5S12 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

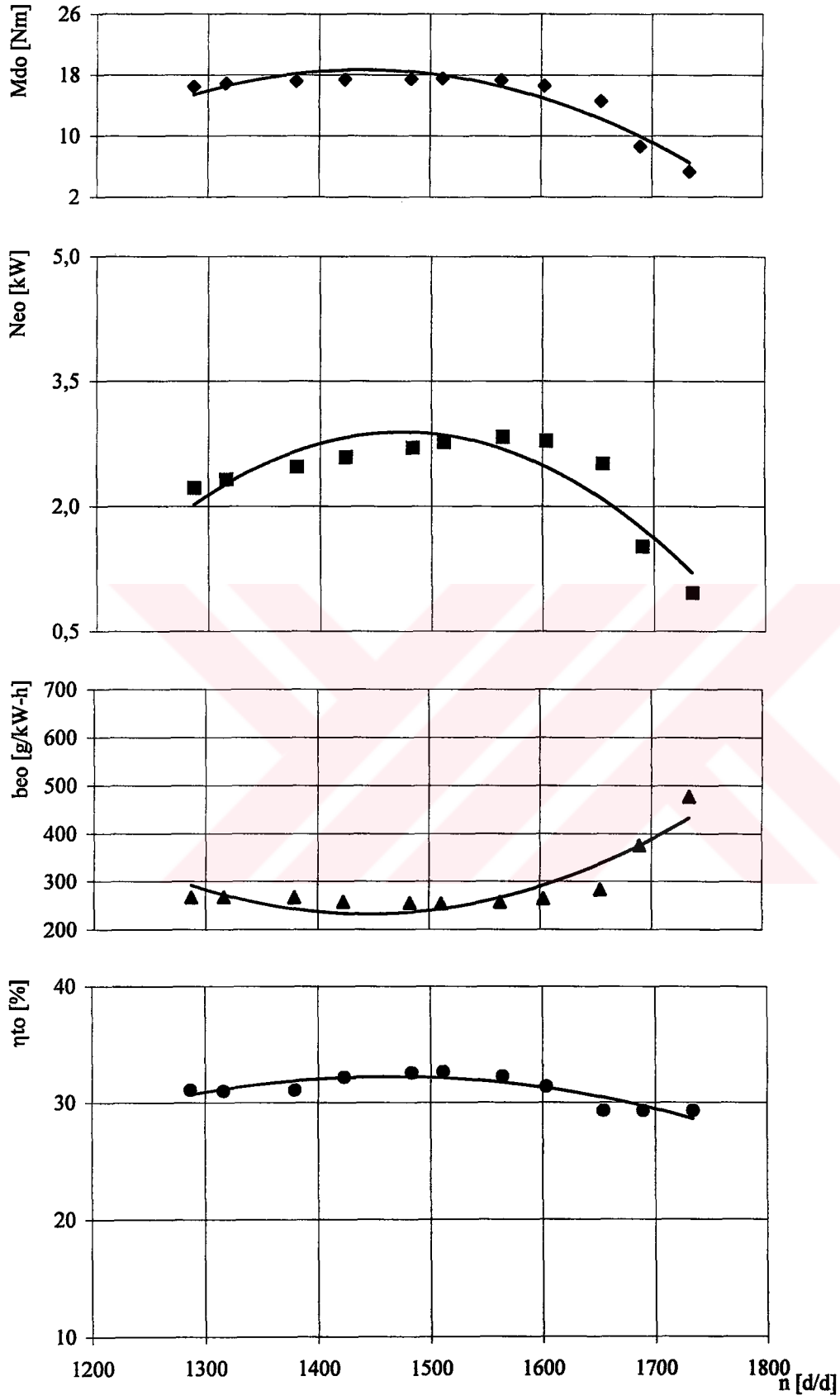
Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00637
Yakıtın Özgül Kütlesi	:775,100 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00716
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10390,643 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99921
Ortam Bağıl Nemi	:46 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:23,798 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{t0} [%]
1735	0,760	120	5,300	0,962	480,169	17,2
1690	1,235	97	8,612	1,523	375,286	22,1
1655	2,085	78	14,540	2,518	282,286	29,3
1605	2,385	75	16,632	2,743	264,645	31,3
1565	2,485	76	17,330	2,838	257,059	32,2
1510	2,515	79	17,539	2,771	253,248	32,7
1485	2,500	81	17,434	2,709	252,660	32,8
1425	2,495	83	17,400	2,594	257,469	32,1
1380	2,460	84	17,156	2,477	266,437	31,1
1315	2,420	89	16,877	2,322	268,261	30,9
1285	2,365	94	16,493	2,218	265,966	31,1

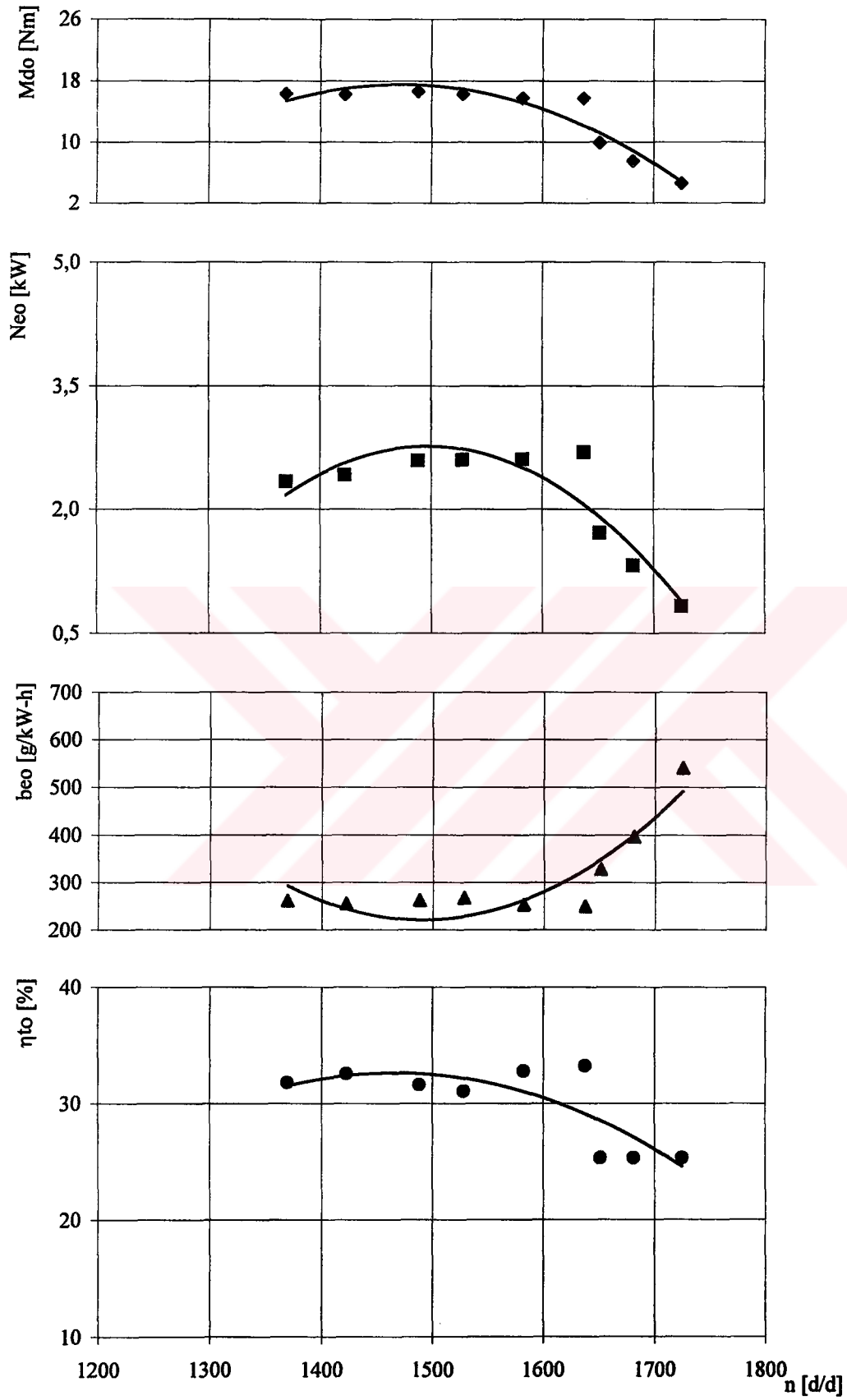
Çizelge 3.25 15S15 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00067
Yakıtın Özgül Kütlesi	:787,200 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00075
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10359,753 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99991
Ortam Bağıl Nemi	:58 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:24,506 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{t0} [%]
1725	0,655	126	4,597	0,829	541,640	15,3
1680	1,075	108	7,545	1,326	395,340	21,0
1650	1,415	101	9,931	1,714	327,062	25,4
1635	2,245	84	15,756	2,696	250,091	33,2
1580	2,245	86	15,756	2,605	252,778	32,8
1530	2,320	82	16,283	2,607	264,922	31,3
1490	2,375	83	16,669	2,599	262,533	31,6
1420	2,315	92	16,248	2,414	254,967	32,6
1370	2,325	93	16,318	2,339	260,306	32,9



Şekil 3.26 5S12 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.27 15S15 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.

Çizelge 3.26 15S18 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

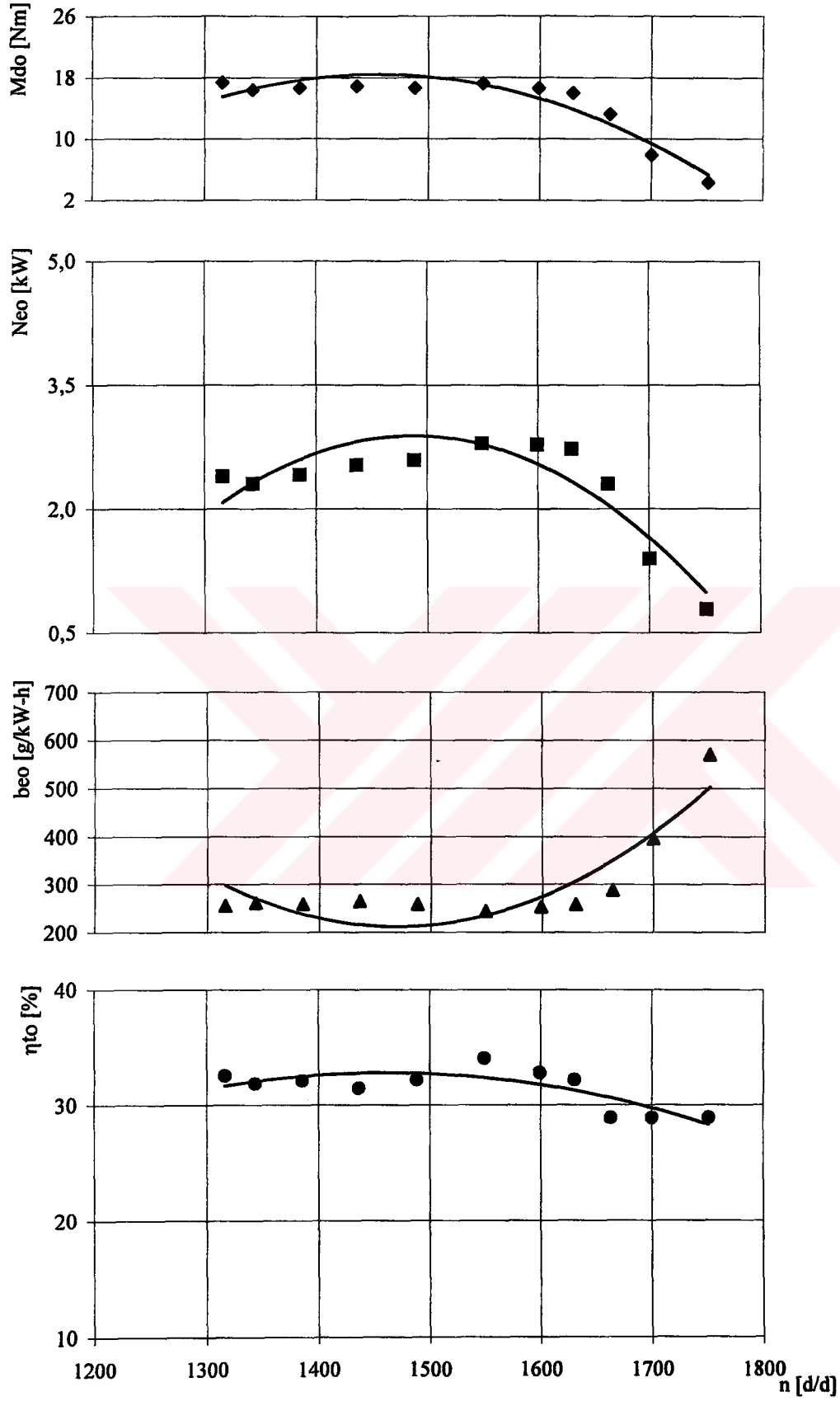
Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):1,00605
Yakıtın Özgül Kütlesi	:794,900 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):1,00680
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10339,775 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):0,99925
Ortam Bağlı Nemi	:47 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:25 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:23,798 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{10} [%]
1750	0,615	126	4,290	0,785	574,569	14,5
1700	1,130	103	7,883	1,420	393,787	21,1
1665	1,895	86	13,220	2,303	287,147	29,0
1630	2,295	81	16,011	2,731	257,140	32,3
1600	2,385	81	16,638	2,786	252,076	33,0
1550	2,475	83	17,266	2,800	244,704	34,0
1490	2,385	85	16,638	2,594	257,948	32,2
1435	2,415	85	16,848	2,530	264,507	31,4
1385	2,385	91	16,638	2,411	259,207	32,1
1345	2,350	95	16,394	2,307	259,485	32,1
1315	2,495	93	17,406	2,395	255,356	32,6

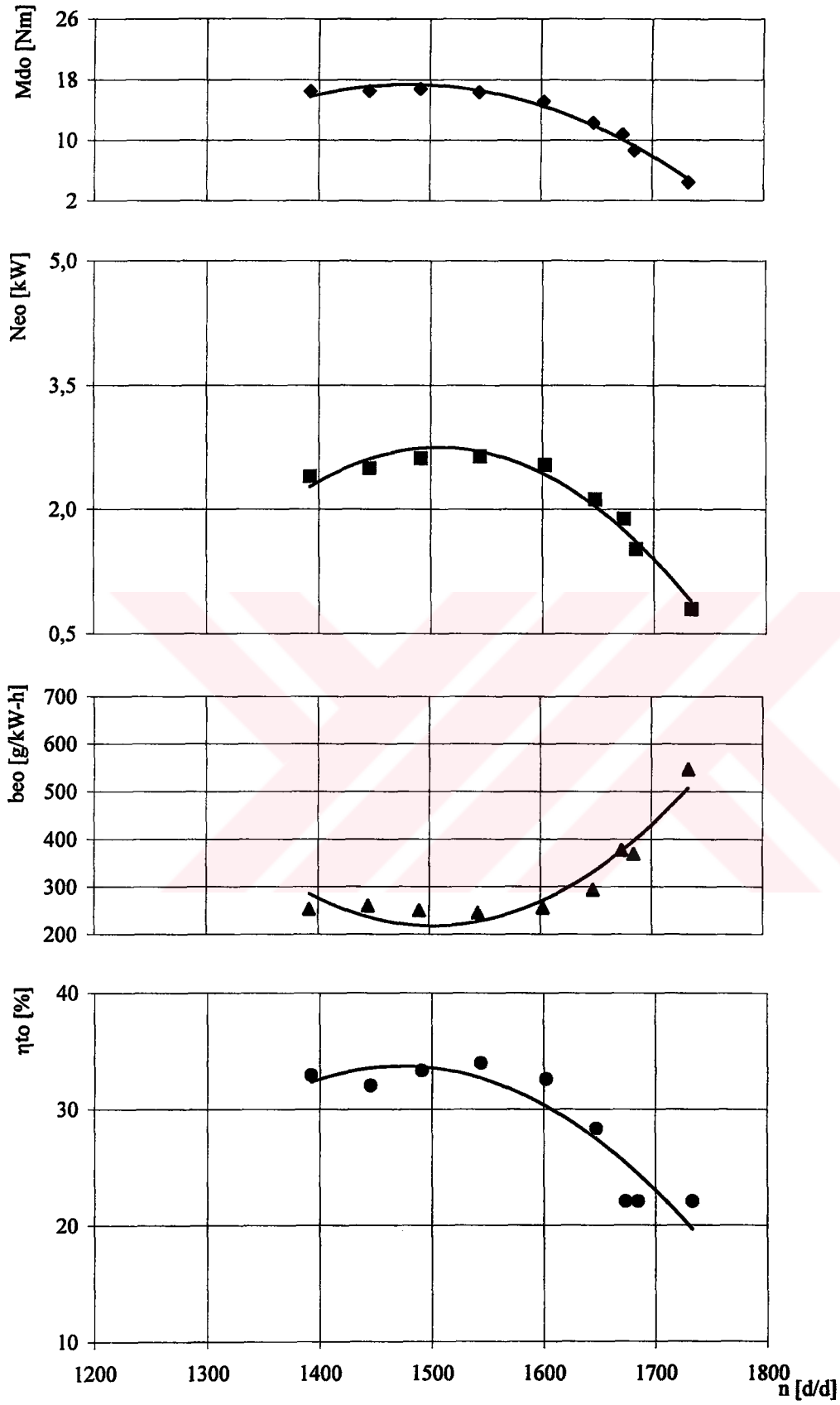
Çizelge 3.27 20S20 ile $GKA=1/2$ değerinde yapılan performans deneyi sonuçları.

Boşta Çalışma Devri	:1800 [d/d]	Düzeltilme Katsayısı (K):0,99769
Yakıtın Özgül Kütlesi	:802,200 [kg/m ³]	Düzeltilme Katsayısı (α):0,99741
Yakıtın Alt Isıl Değeri	:10320,606 [kJ/kg]	Düzeltilme Katsayısı (β):1,00028
Ortam Bağlı Nemi	:56 [%]	
Ortam Sıcaklığı	:26,5 [°C]	
Havanın Su Buharı Doyma Basıncı	:26,001 [mmHg]	

n [d/d]	G [kg]	t [s]	Md ₀ [Nm]	Ne ₀ [kW]	be ₀ [g/kW-h]	η_{10} [%]
1735	0,625	133	4,401	0,799	544,651	15,3
1685	1,225	103	8,626	1,521	369,467	22,6
1675	1,530	82	10,774	1,888	373,791	22,3
1645	1,750	93	12,323	2,121	293,401	28,4
1600	2,150	89	15,140	2,535	256,567	32,5
1545	2,325	89	16,373	2,647	245,701	33,9
1490	2,385	89	16,795	2,619	248,362	33,6
1445	2,345	89	16,513	2,497	260,464	32,0
1390	2,340	96	16,478	2,397	251,563	33,1



Şekil 3.28 15S18 için GKA=1/2 değerinde motor karakteristikleri.



Şekil 3.29 20S20 için $GKA=1/2$ değerinde motor karakteristikleri.

3.5 Egzoz Emisyon Deneyleri

Deneylerde kullanılan motorun egzoz gazı bir boru ile atmosfere atılmaktadır. Egzoz emisyonlarının ölçümü için bu borunun egzoz manifoldu çıkışından 1,5 m uzaklıktaki bir noktasından, sisteme bağlı Sun MGA 1200 marka gaz analiz cihazına motorun her yük kademesinde numune göndermek suretiyle karbonmonoksit, karbondioksit ve yanmamış hidrokarbon kirleticilerinin miktarları ölçülmüştür.

Emisyon ölçümünde kullanılan Sun MGA 1200 marka gaz analiz cihazı, mikroişlemci teknolojisi kullanılarak imal edilmiş olup, yazıcı bağlantı kiti sayesinde ölçüm sonuçlarını kağıda aktarabilmektedir. Cihaza ait kirletici ölçüm özellikleri Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.28 Gaz analiz cihazı ölçüm özellikleri.

Gaz	Ölçüm Sınırı	Ayırıcılık
Karbonmonoksit (CO)	0 – 10 [%vol]	0,01 [%]
Karbondioksit (CO ₂)	0 – 20 [%vol]	0,01 [%]
Yanmamış Hidrokarbon (HC)	0 – 2000 [ppm]	1 [ppm]

3.5.1 Egzoz emisyon deneyi sonuçları

Egzoz emisyon ölçümleri de başta kurşunsuz benzin olmak üzere Bölüm 3.1.1’de belirtilen dokuz farklı makroemülsiyon ile gaz keleşinin tam (1/1) ve yarım (1/2) açık pozisyonlarında yapılmıştır. Daha sonra ölçülen karbonmonoksit, karbondioksit ve yanmamış hidrokarbon değerleri motor hızına bağlı grafikler haline dönüştürülmüştür.

Çizelge 3.29 KB ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

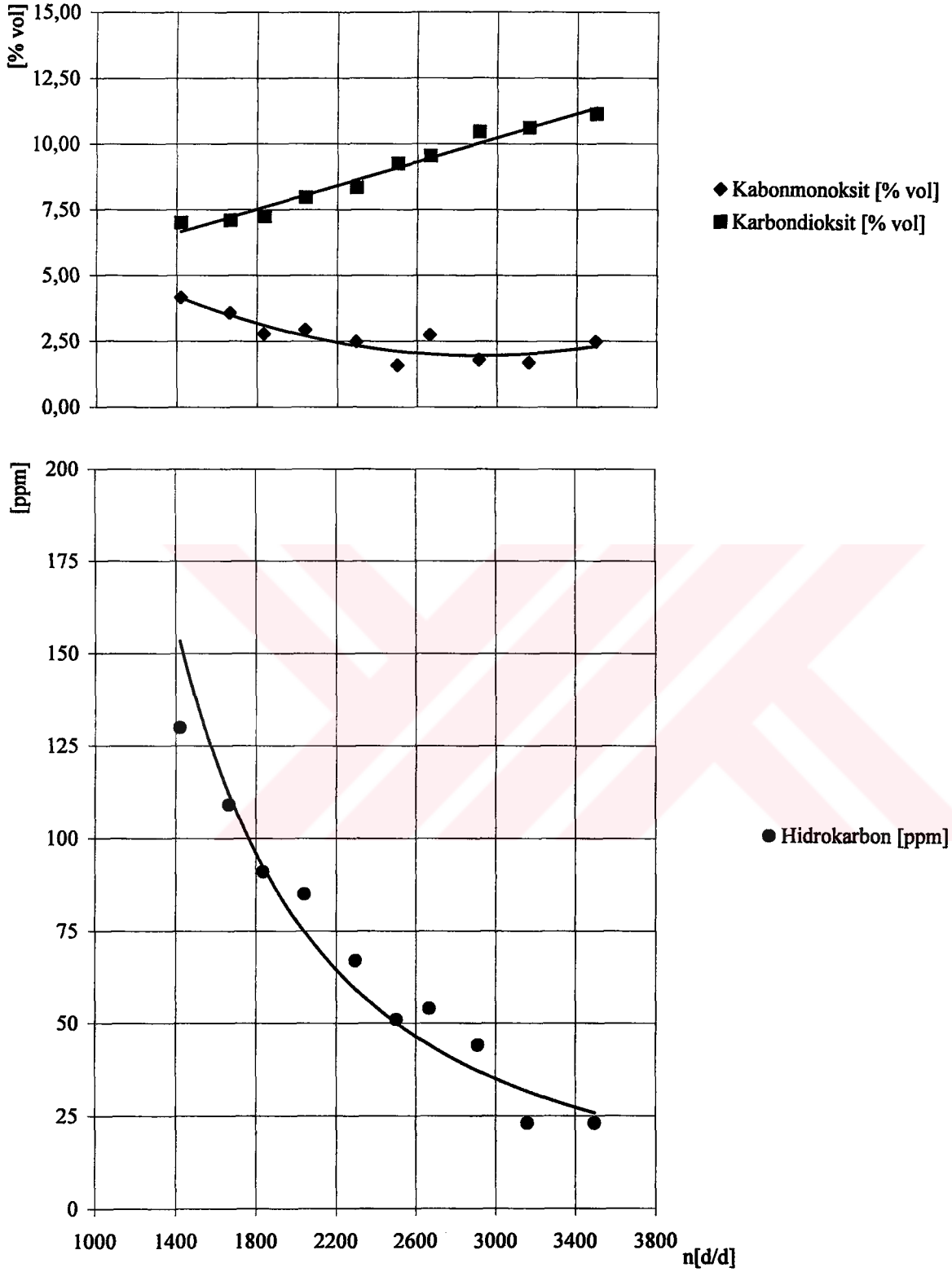
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3495	2,49	11,13	23
3160	1,70	10,61	23
2910	1,79	10,46	44
2665	2,73	9,56	54
2500	1,59	9,26	51
2295	2,49	8,34	67
2040	2,93	7,98	85
1835	2,77	7,25	91
1665	3,57	7,10	109
1420	4,16	7,01	130

Çizelge 3.30 2S3 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

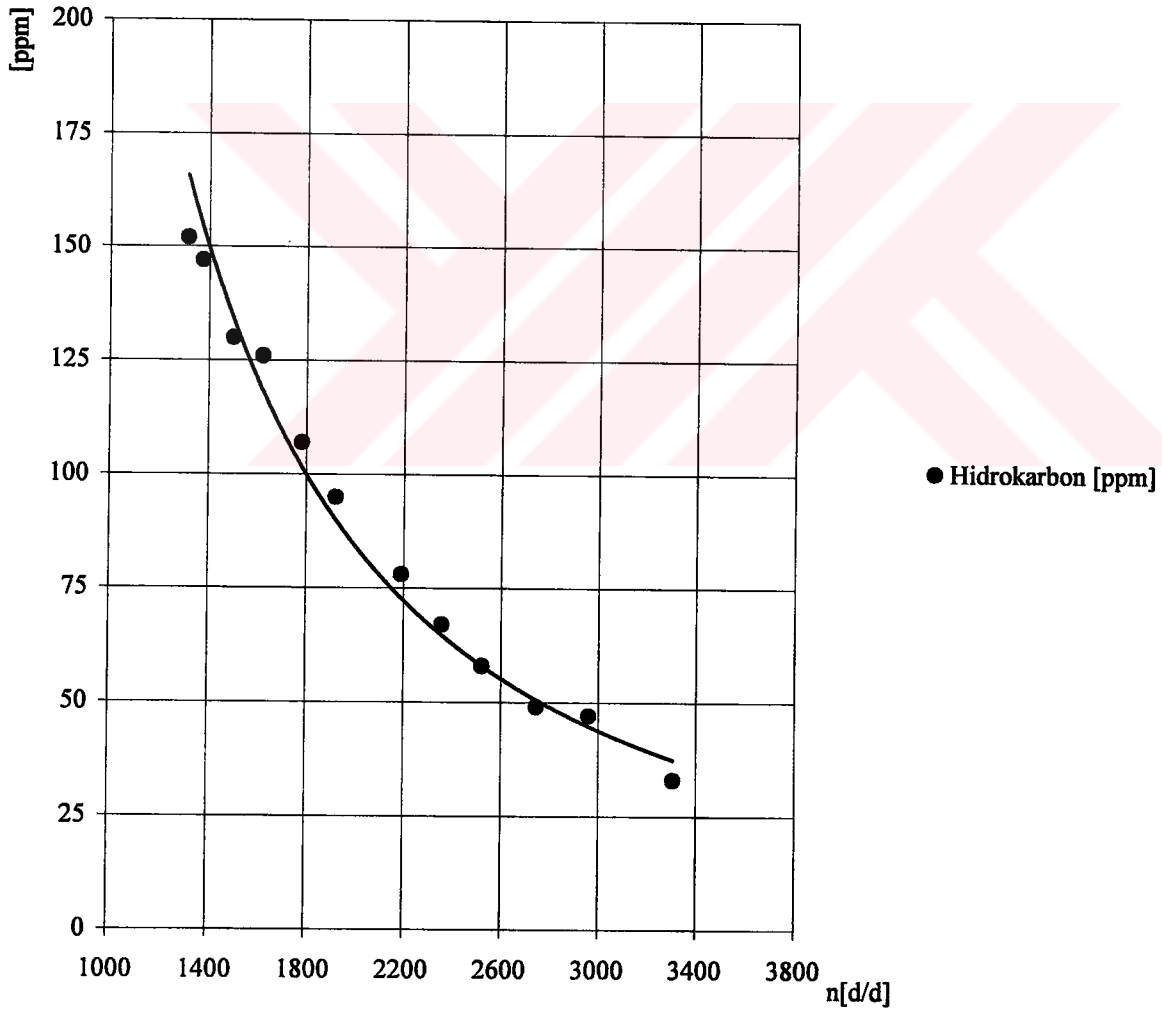
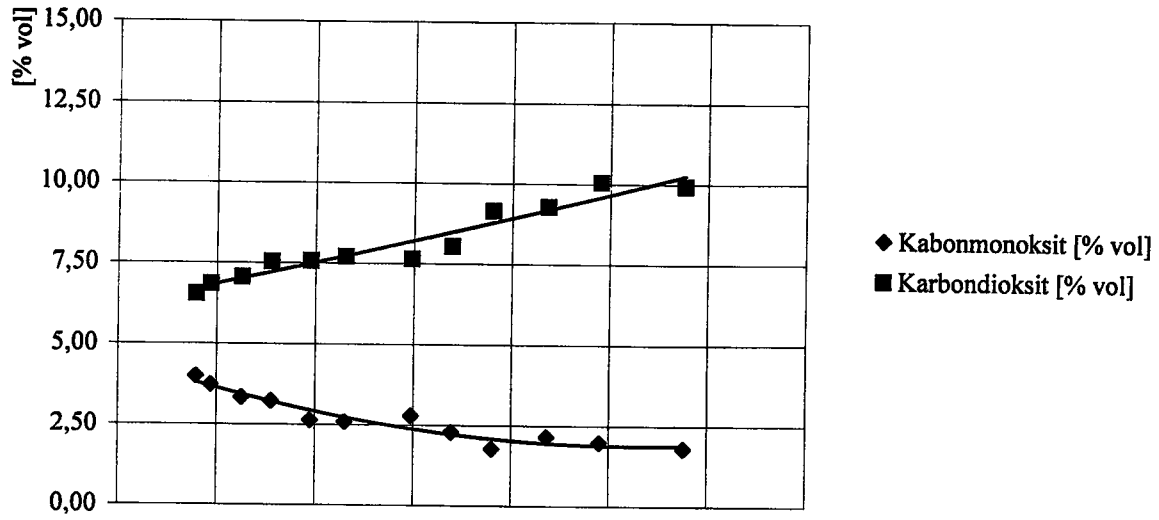
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3305	1,79	9,95	33
2960	1,98	10,07	47
2745	2,15	9,30	49
2520	1,78	9,16	58
2355	2,29	8,05	67
2190	2,79	7,65	78
1920	2,58	7,71	95
1780	2,63	7,57	107
1620	3,22	7,54	126
1500	3,33	7,07	130
1375	3,73	6,85	147
1315	3,99	6,55	152

Çizelge 3.31 2S5 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

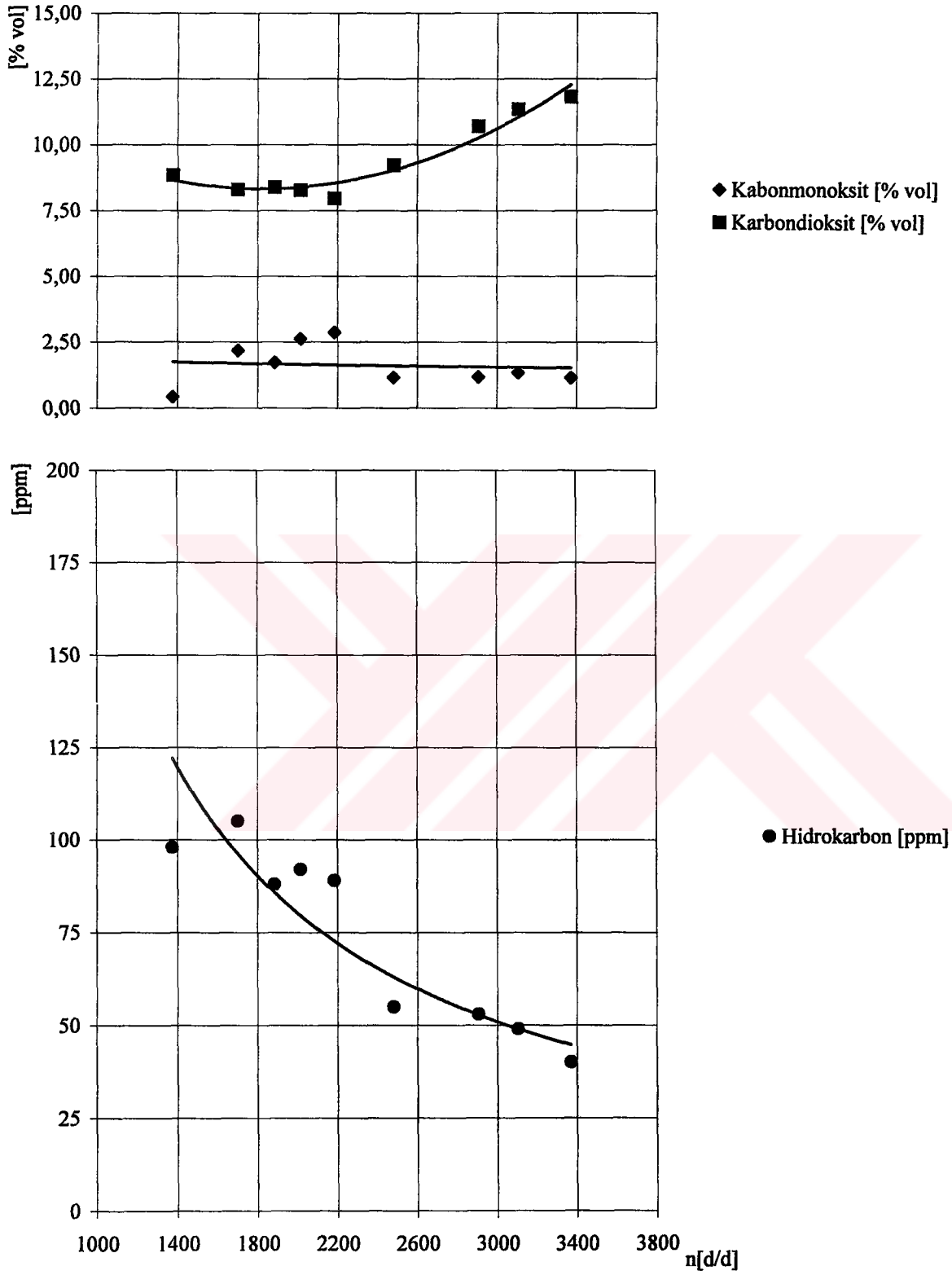
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3370	1,15	11,82	40
3105	1,34	11,35	49
2905	1,18	10,71	53
2480	1,16	9,24	55
2185	2,86	7,97	89
2015	2,62	8,28	92
1885	1,73	8,39	88
1700	2,18	8,30	105
1375	0,42	8,86	98



Şekil 3.30 KB için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.31 2S3 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.32 2S5 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.32 2S8 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları

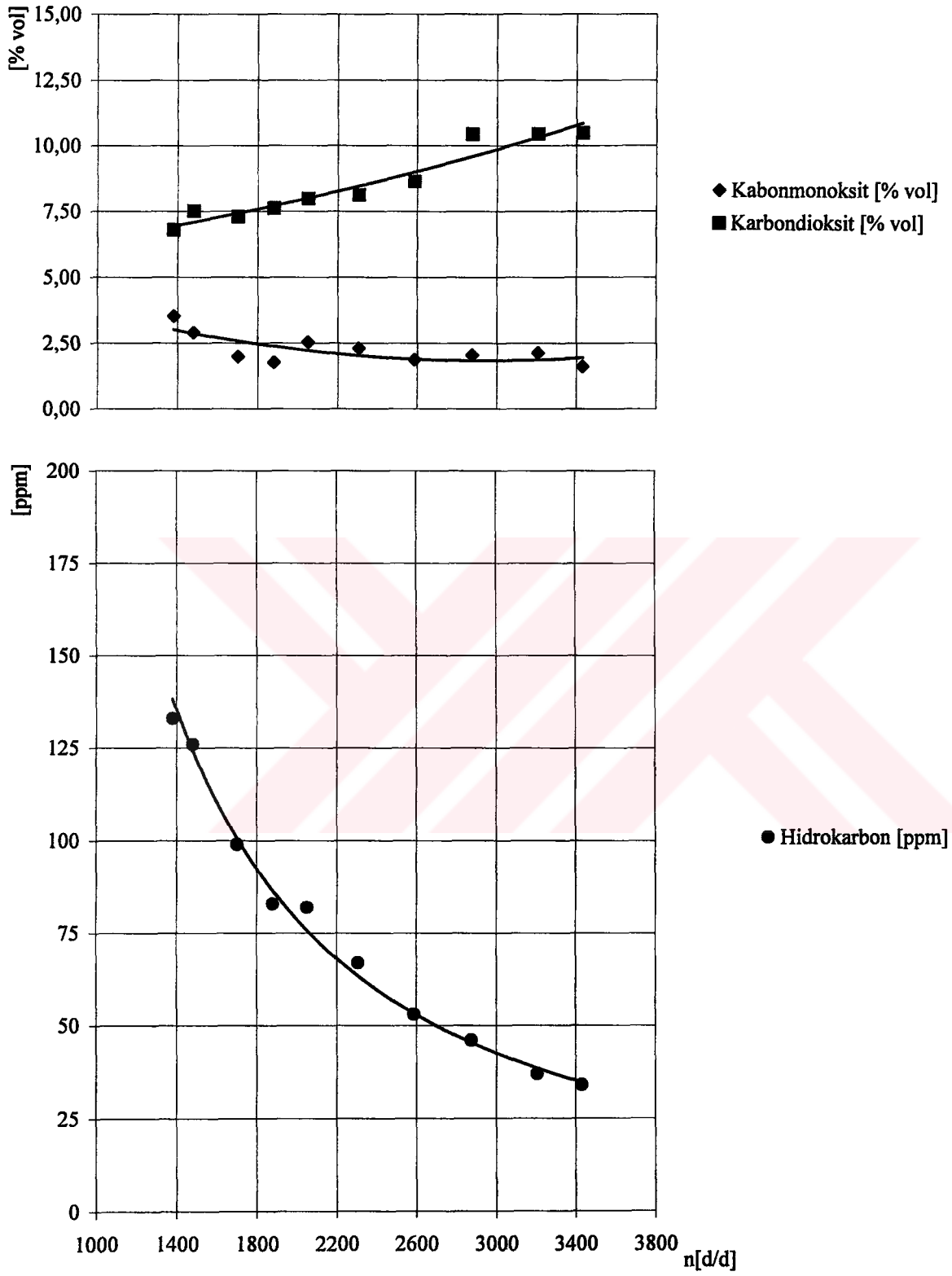
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3430	1,62	10,49	34
3205	2,13	10,45	37
2875	2,04	10,44	46
2585	1,87	8,65	53
2305	2,30	8,13	67
2050	2,53	7,99	82
1880	1,77	7,62	83
1700	1,98	7,30	99
1480	2,90	7,51	126
1380	3,52	6,80	133

Çizelge 3.33 5S8 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

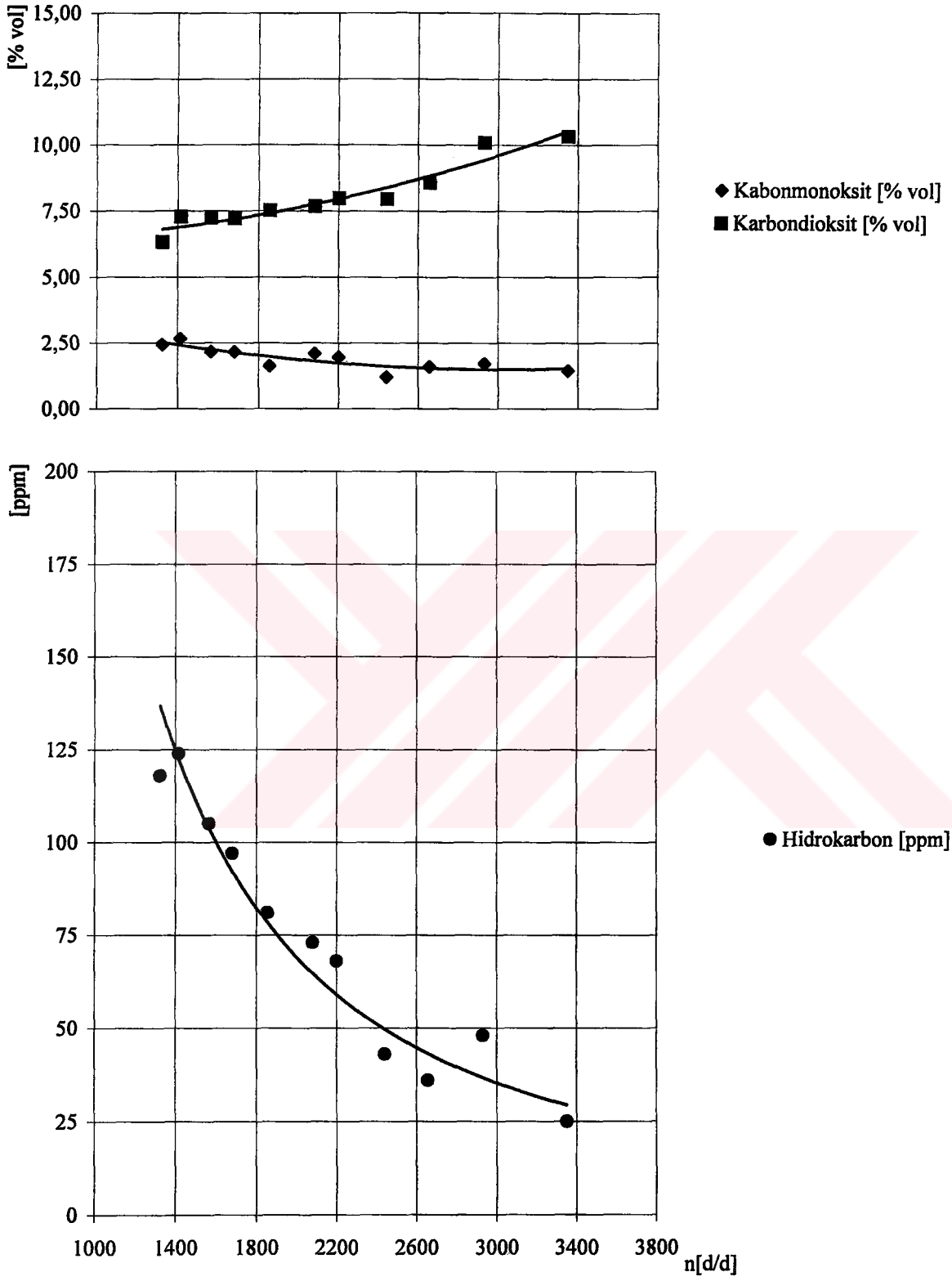
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3350	1,44	10,33	25
2930	1,72	10,11	48
2665	1,60	8,58	36
2440	1,2	7,96	43
2200	1,95	7,99	68
2080	2,09	7,68	73
1855	1,63	7,52	81
1680	2,16	7,22	97
1565	2,16	7,24	105
1415	2,65	7,29	1254
1325	2,43	6,33	118

Çizelge 3.34 5S10 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

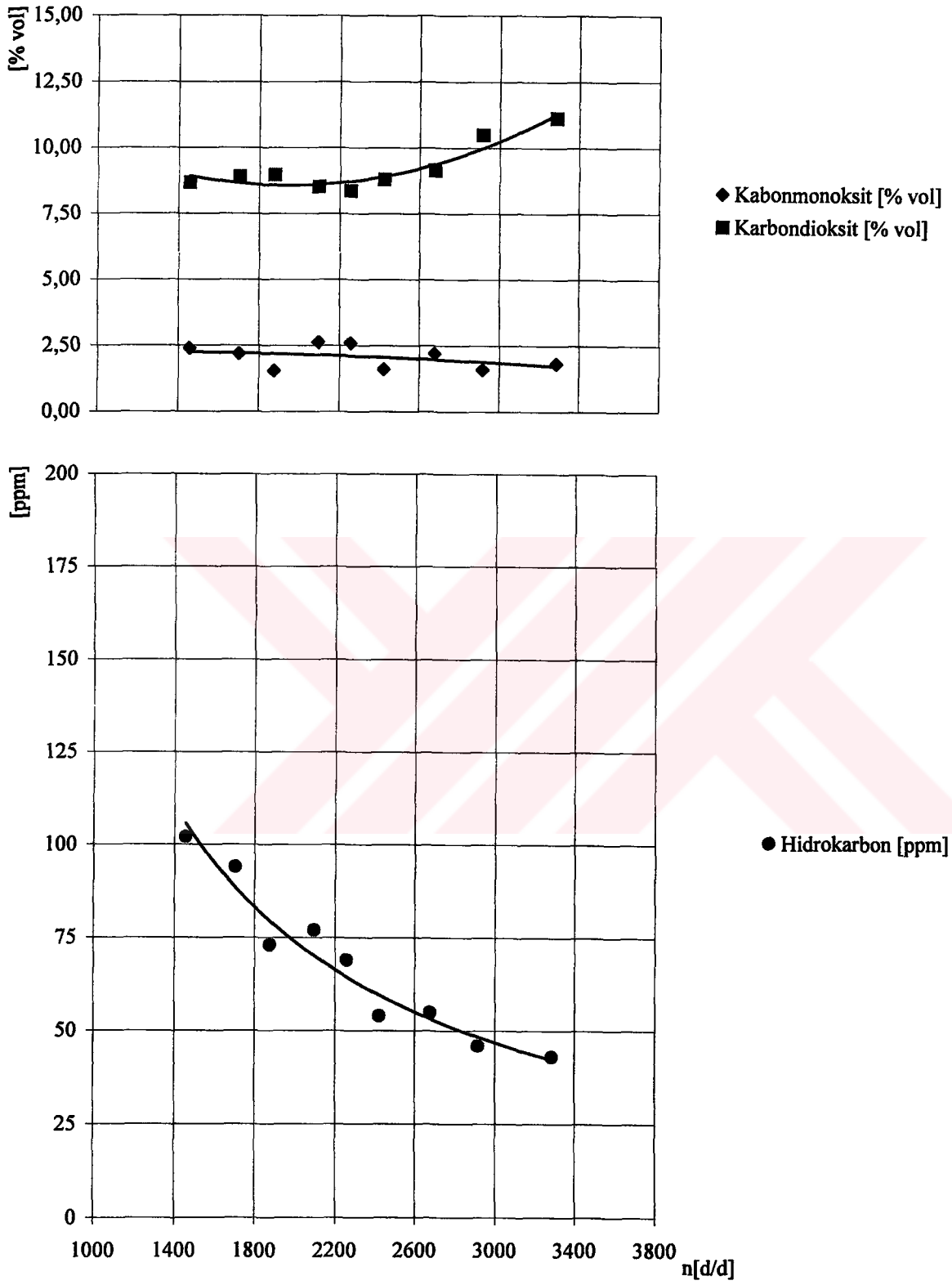
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3285	1,83	11,14	43
2915	1,60	10,50	46
2675	2,21	9,15	55
2420	1,62	8,81	54
2255	2,54	8,37	69
2095	2,62	8,52	77
1875	1,55	8,97	73
1700	2,19	8,91	94
1455	2,39	8,68	102



Şekil 3.33 2S8 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.34 5S8 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.35 5S10 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.35 5S12 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

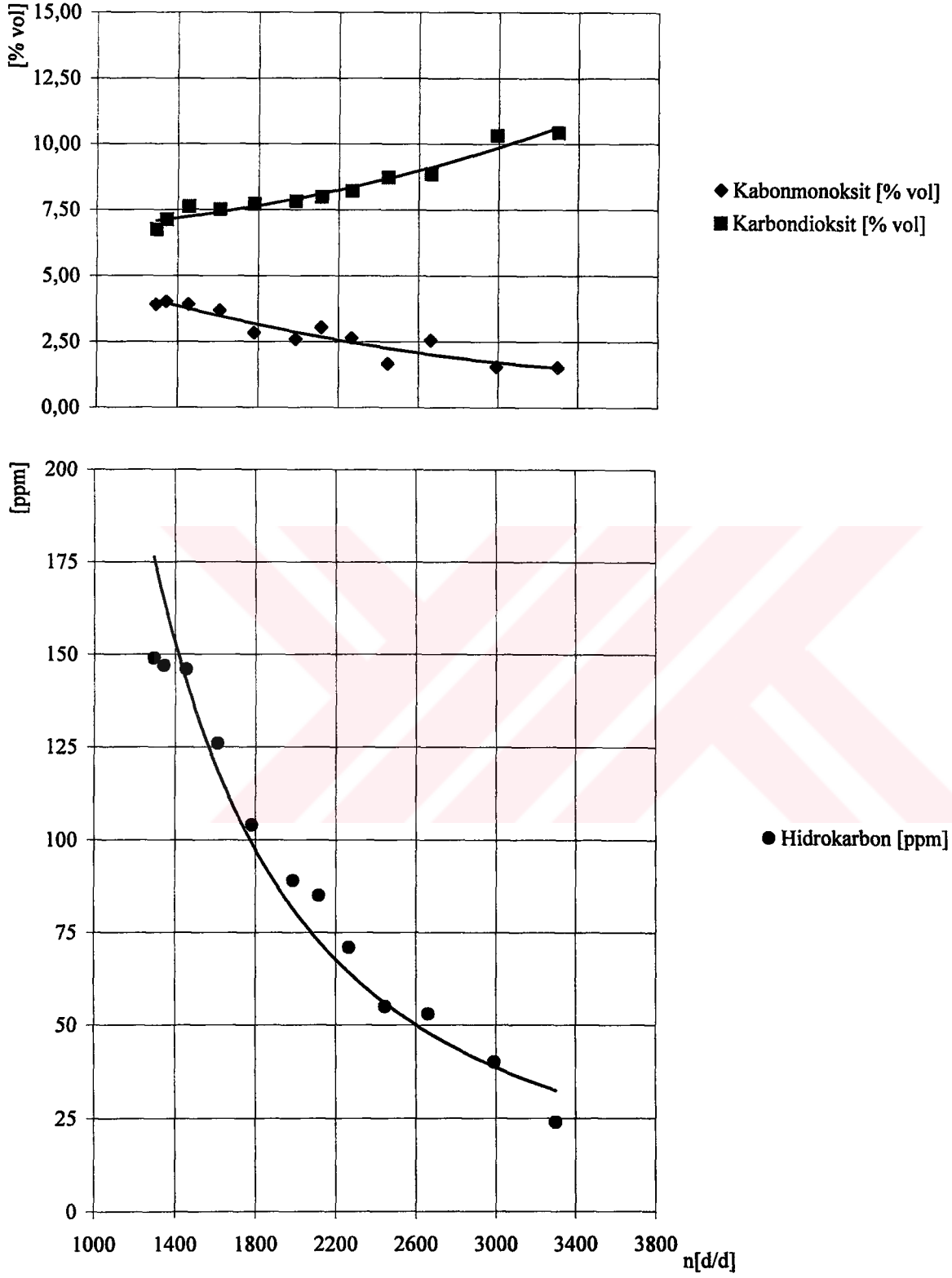
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3300	1,52	10,43	24
2990	1,55	10,33	40
2660	2,55	8,86	53
2445	1,67	8,74	55
2265	2,64	8,22	71
2115	3,04	7,99	85
1985	2,59	7,82	89
1780	2,84	7,72	104
1610	3,68	7,51	126
1455	3,91	7,62	146
1345	4,01	7,13	147
1295	3,91	6,76	149

Çizelge 3.36 15S15 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

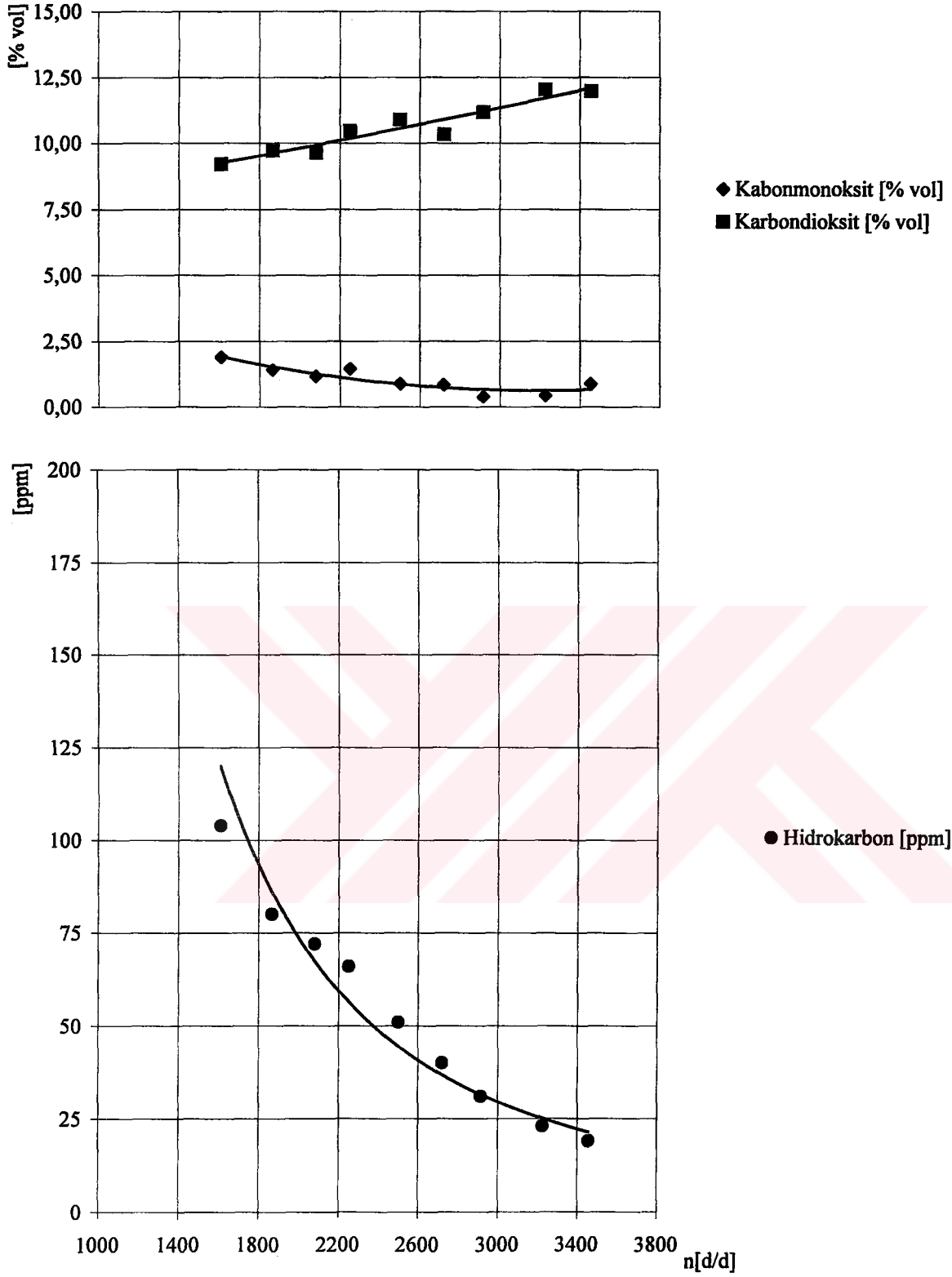
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3455	0,88	11,98	19
3225	0,43	12,04	23
2915	0,38	11,18	31
2720	0,84	10,34	40
2500	0,88	10,90	51
2250	1,45	10,47	66
2080	1,46	9,65	72
1865	1,41	9,72	80
1610	1,90	9,22	104

Çizelge 3.37 15S18 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

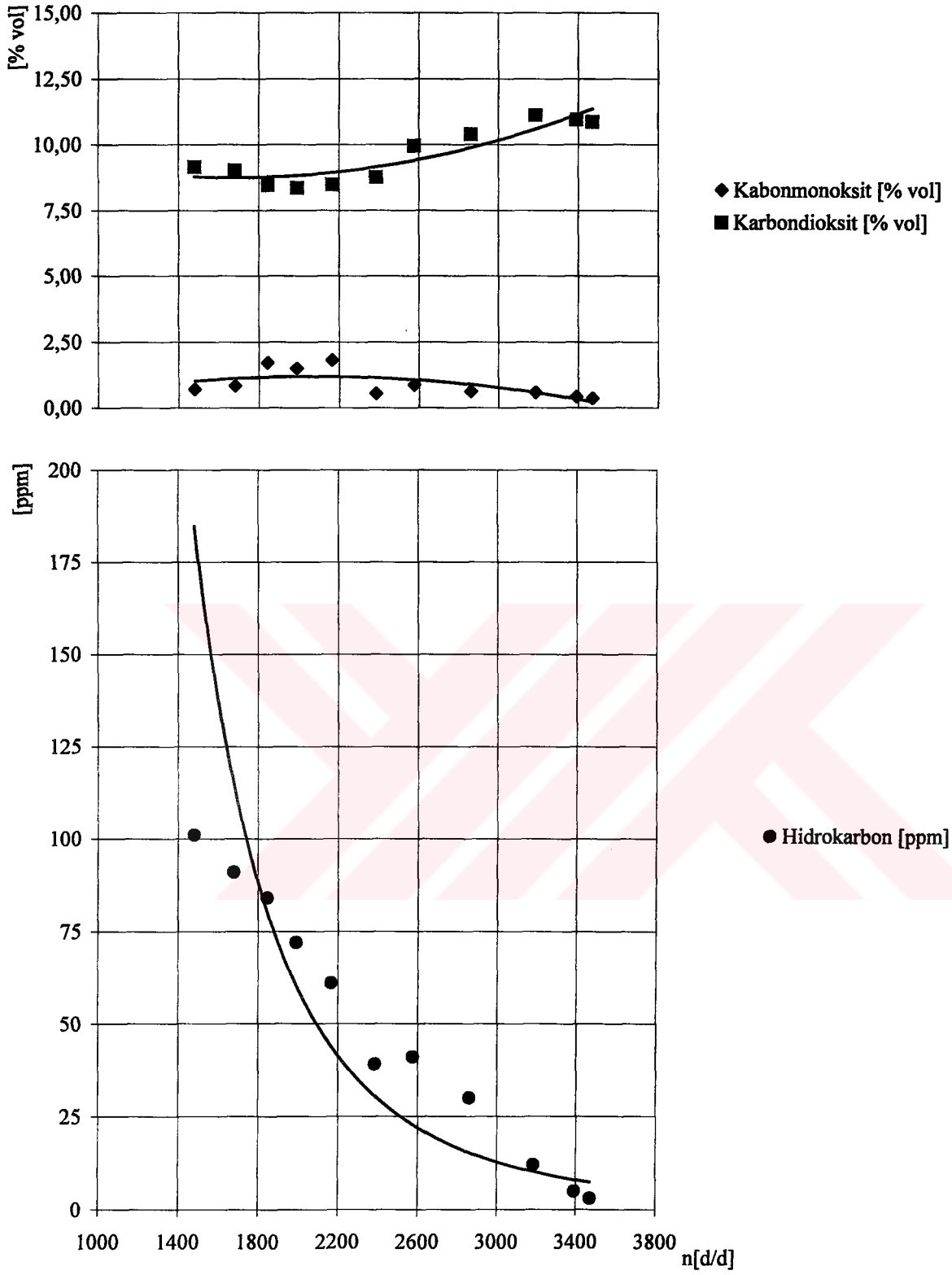
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3470	0,36	10,88	3
3390	0,42	10,97	5
3185	0,58	11,13	12
2860	0,62	10,39	30
2575	0,87	9,96	41
2385	0,54	8,77	39
2165	1,81	8,49	61
1990	1,50	87,36	72
1845	1,72	8,47	84
1680	0,84	9,03	91
1480	0,70	9,16	101



Şekil 3.36 5S12 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



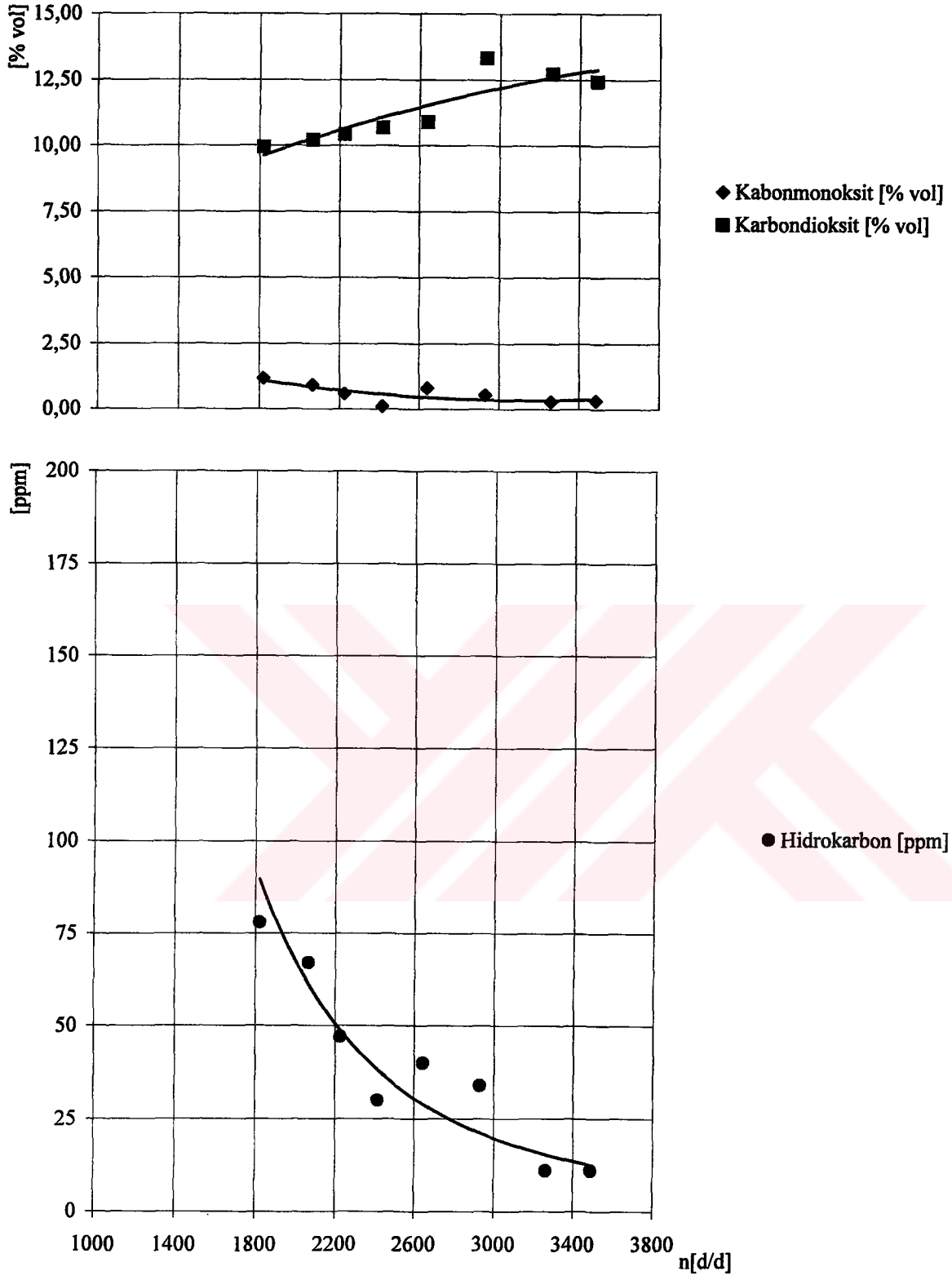
Şekil 3.37 15S15 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.38 15S18 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.38 20S20 ile GKA=1/1 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
3485	0,33	12,45	11
3260	0,29	12,73	11
2930	0,53	13,32	34
2640	0,80	10,91	40
2415	0,10	10,68	30
2225	0,58	10,43	47
2065	0,92	10,22	67
1820	1,17	9,95	78



Şekil 3.39 20S20 için GKA=1/1 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.39 KB ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

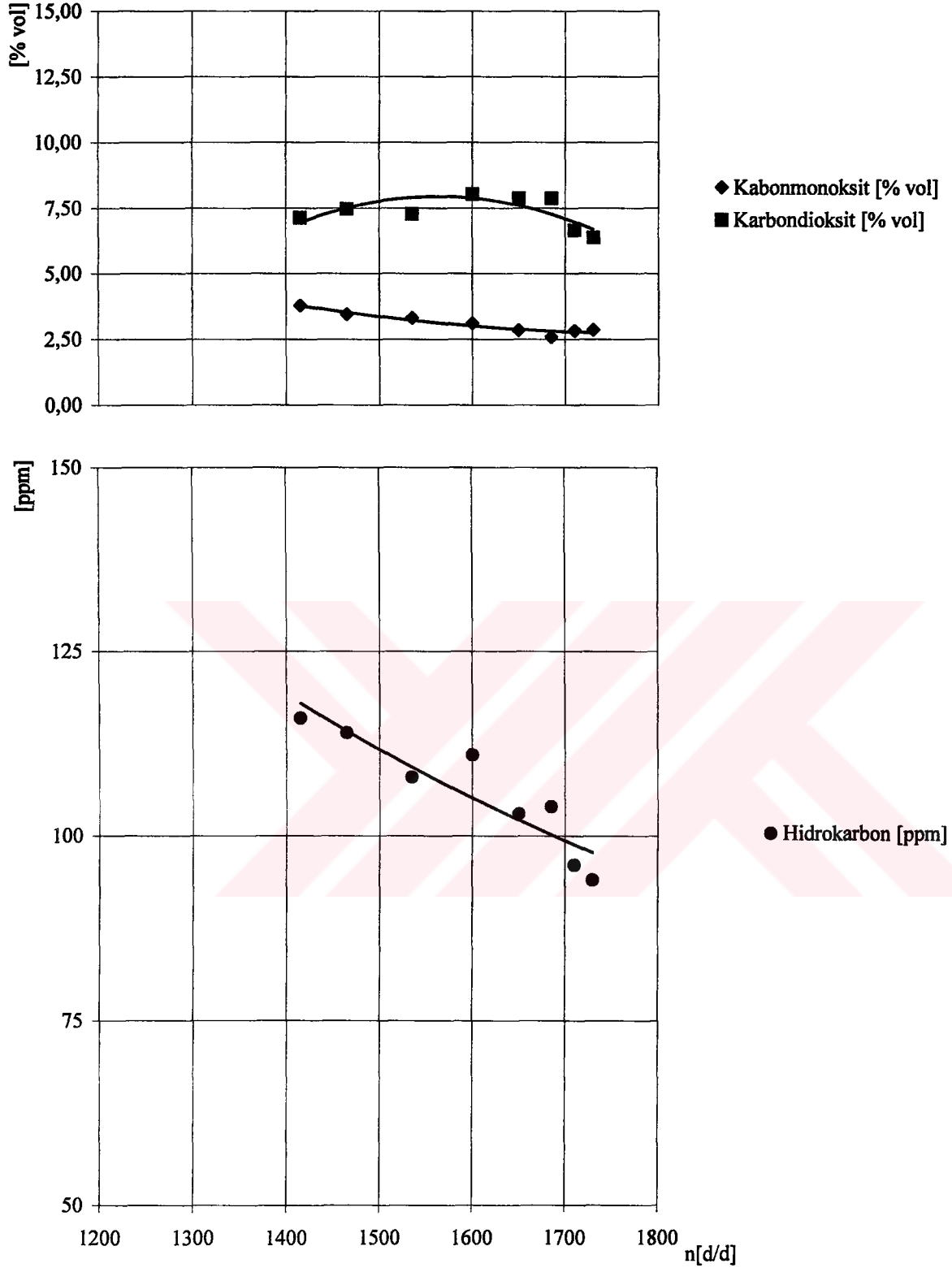
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1730	2,86	6,38	94
1710	2,82	6,67	96
1685	2,58	7,88	104
1650	2,84	7,88	103
1600	3,11	8,04	111
1535	3,31	7,29	108
1465	3,45	7,48	114
1415	3,79	7,14	116

Çizelge 3.40 2S3 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

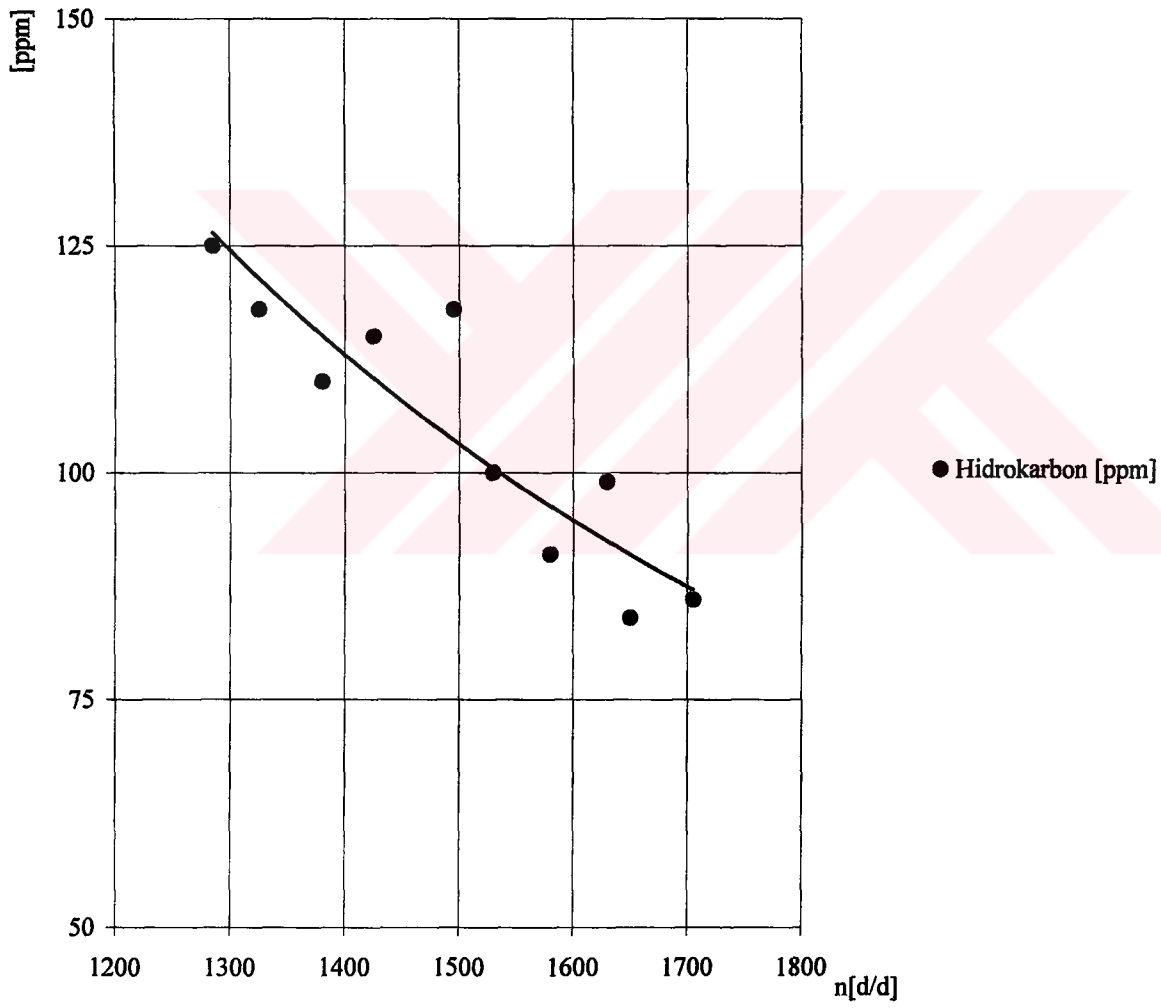
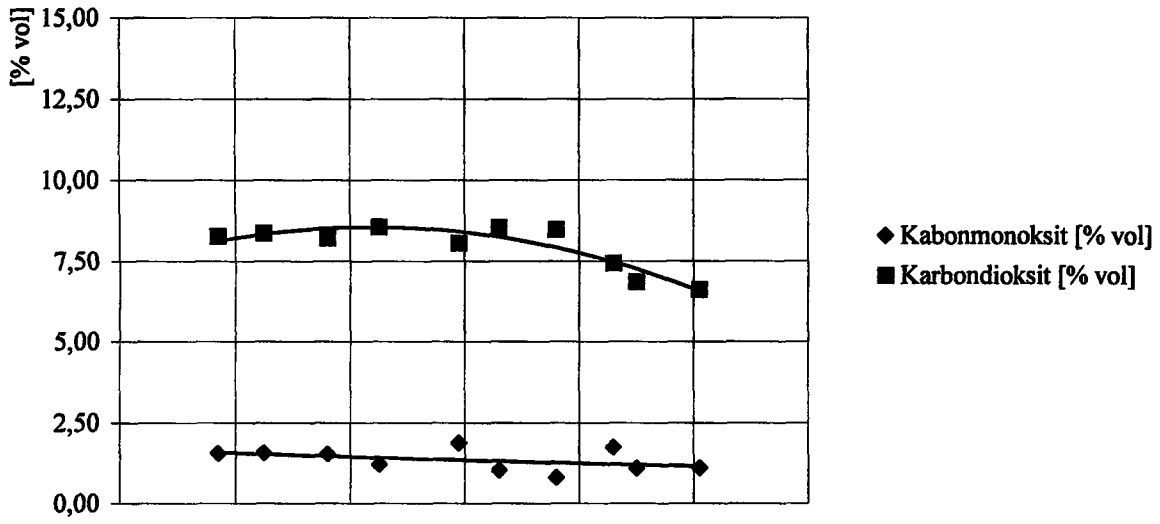
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1705	1,10	6,62	86
1650	1,09	6,86	84
1630	1,75	7,44	99
1580	0,81	8,48	91
1530	1,04	8,54	100
1495	1,88	8,07	118
1425	1,21	8,56	115
1380	1,54	8,22	110
1325	1,58	8,37	118
1285	1,56	8,27	125

Çizelge 3.41 2S5 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

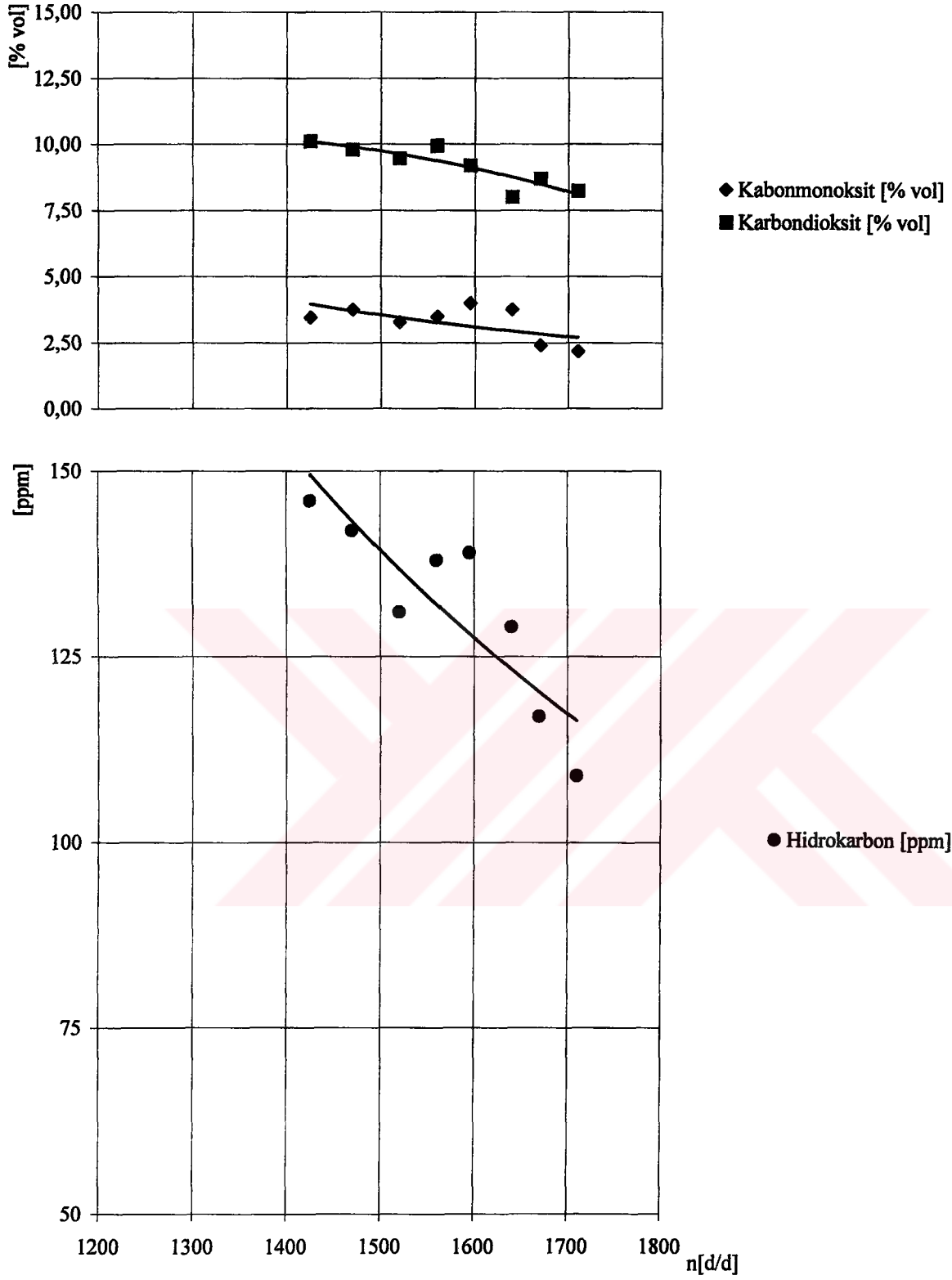
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1710	2,18	8,23	109
1670	2,41	8,70	117
1640	3,76	8,01	129
1595	3,99	9,20	139
1560	3,48	9,94	138
1520	3,28	9,47	131
1470	3,76	9,80	142
1425	3,45	10,11	146



Şekil 3.40 KB için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.41 2S3 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.42 2S5 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.42 2S8 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

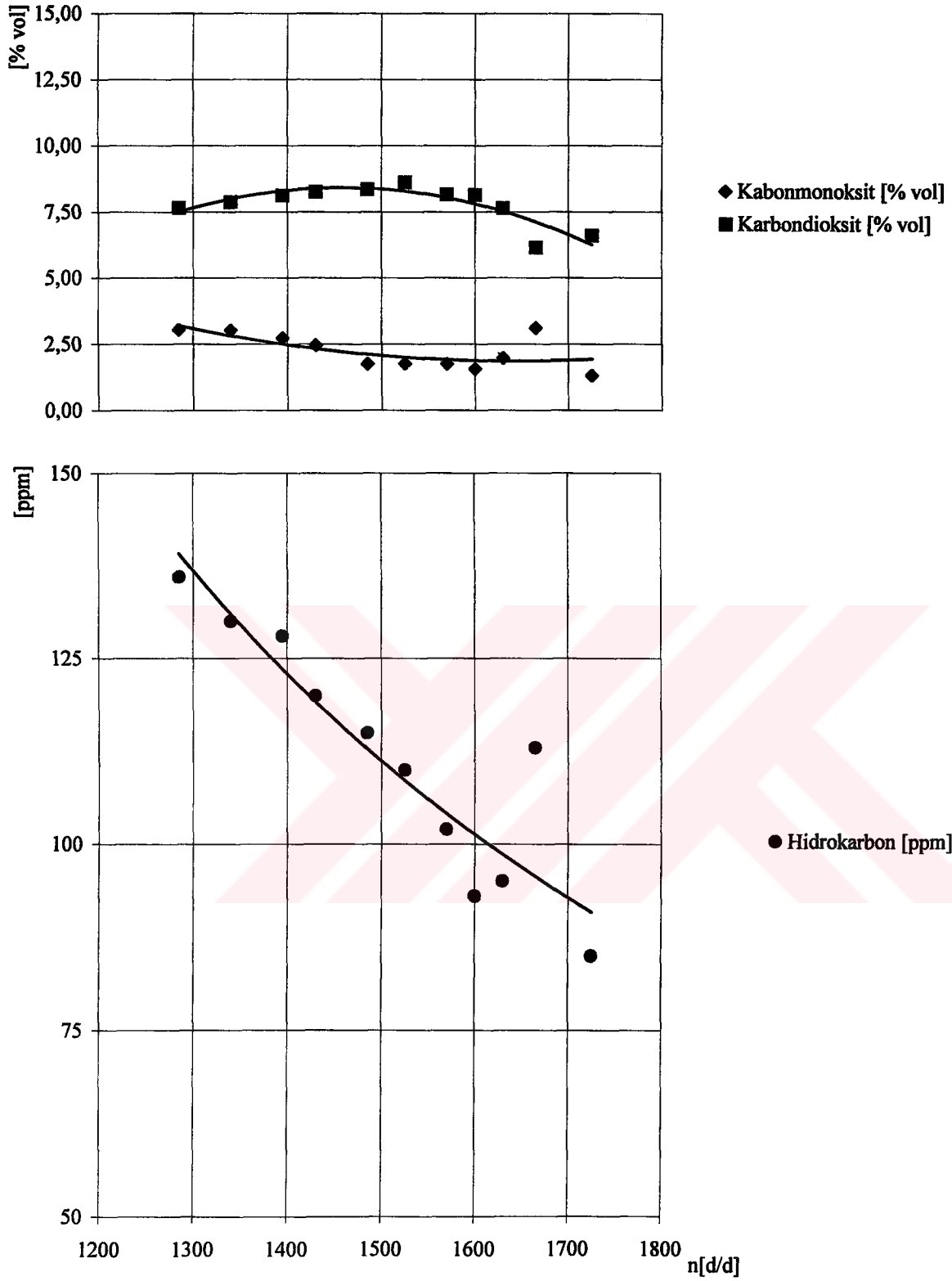
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1725	1,30	6,61	85
1665	3,11	6,15	113
1630	1,96	7,64	95
1600	1,56	8,15	93
1570	1,75	8,17	102
1525	1,76	8,62	110
1485	,75	8,35	115
1430	2,46	8,26	120
1395	2,72	8,13	128
1340	3,02	7,88	130
1285	3,03	7,66	136

Çizelge 3.43 5S8 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

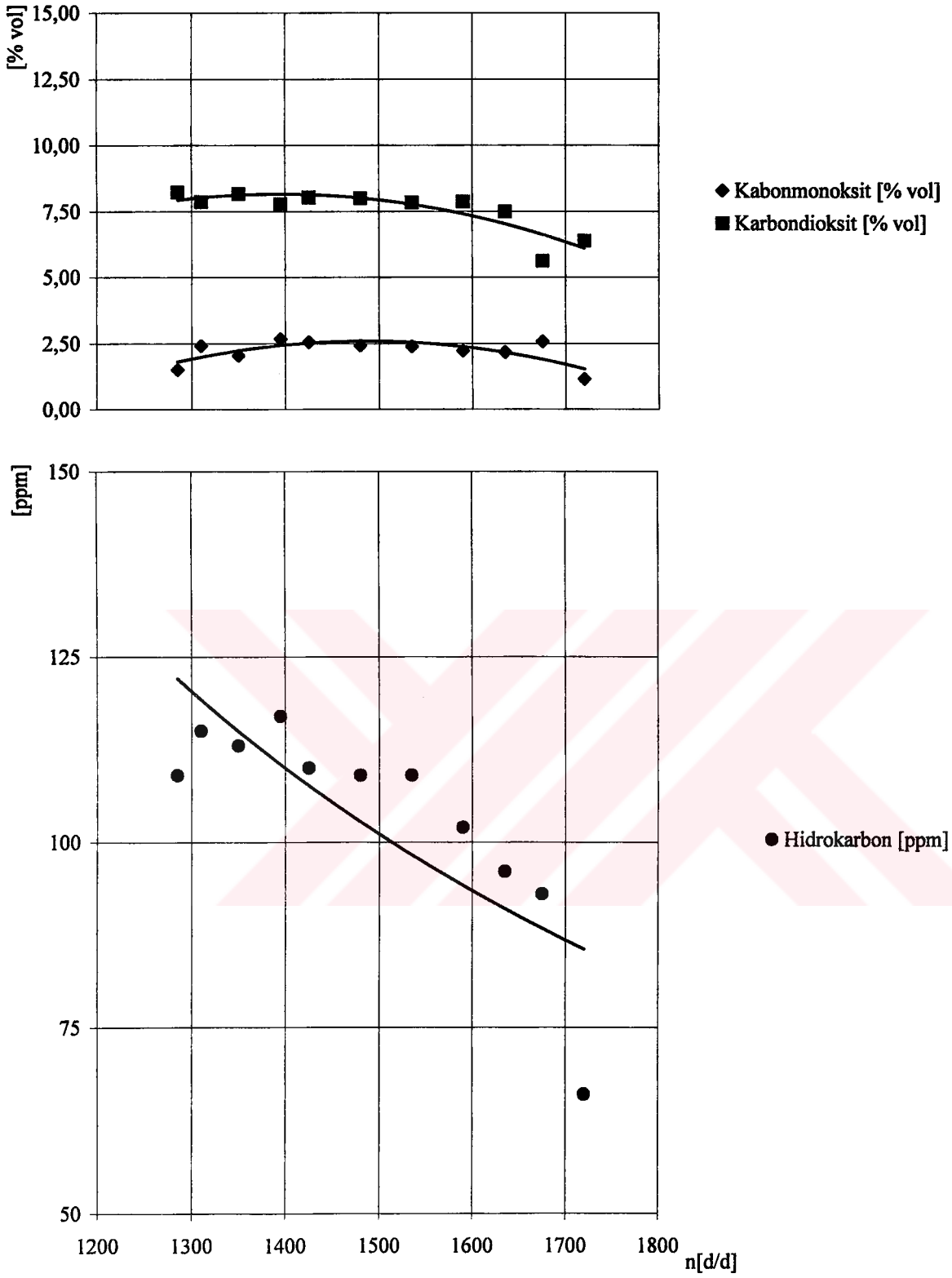
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1720	1,14	6,38	66
1675	2,57	5,92	93
1635	2,17	7,50	96
1590	2,23	7,87	102
1535	2,39	7,84	109
1480	2,43	8,01	109
1425	2,55	8,04	110
1395	2,67	7,79	117
1350	2,05	8,18	113
1310	2,42	7,87	115
1285	1,51	8,23	109

Çizelge 3.44 5S10 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

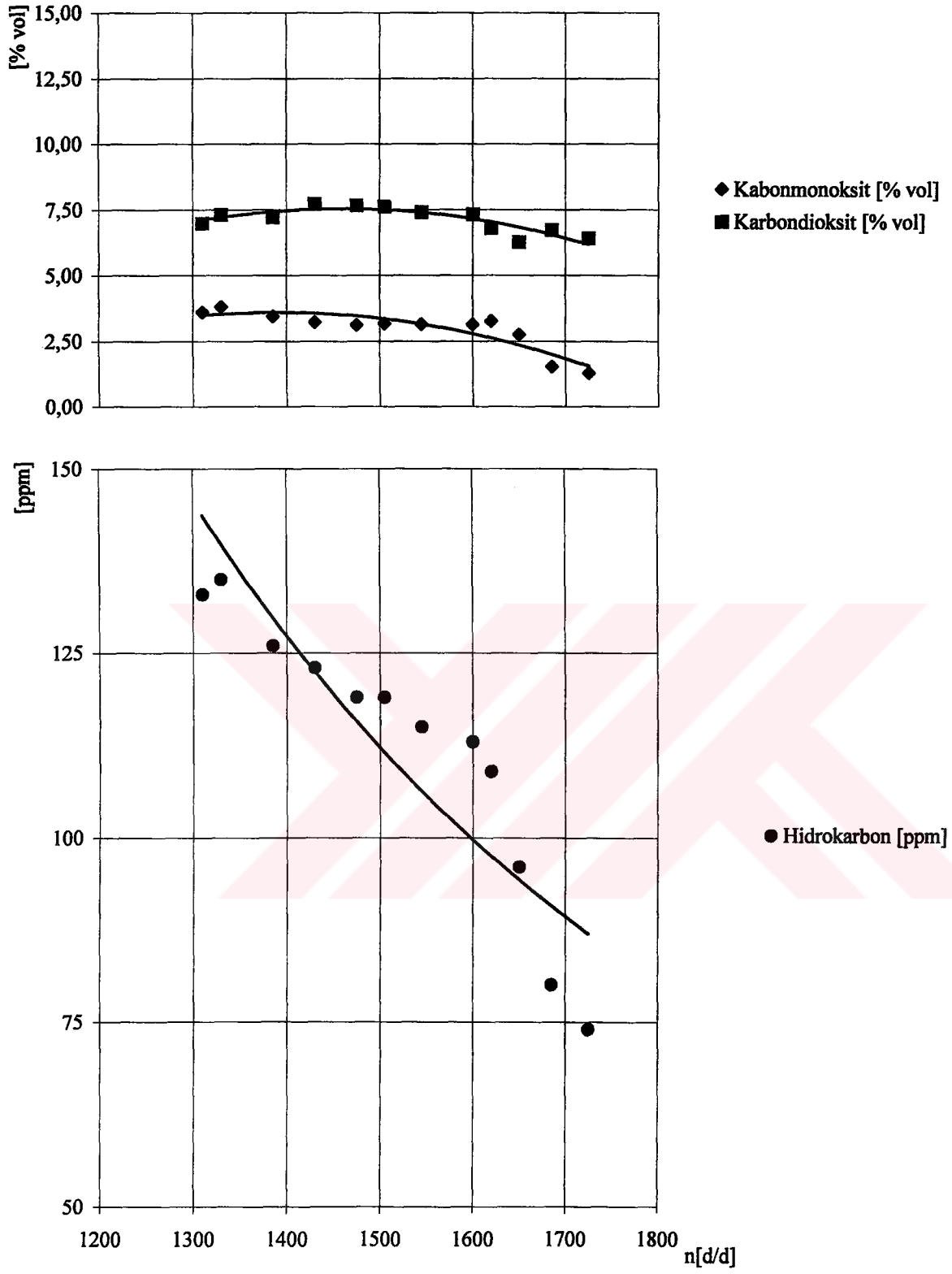
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1725	1,27	6,41	74
1685	1,53	6,73	80
1650	2,75	6,27	96
1620	3,26	6,80	109
1600	3,14	7,33	113
1545	3,15	7,41	115
1505	3,18	7,62	119
1475	3,12	7,66	119
1430	3,23	7,72	123
1385	3,45	7,23	126
1330	3,81	7,32	135
1310	3,61	6,99	133



Şekil 3.43 2S8 için $GKA=1/2$ değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.44 5S8 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.45 5S10 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.45 5S12 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

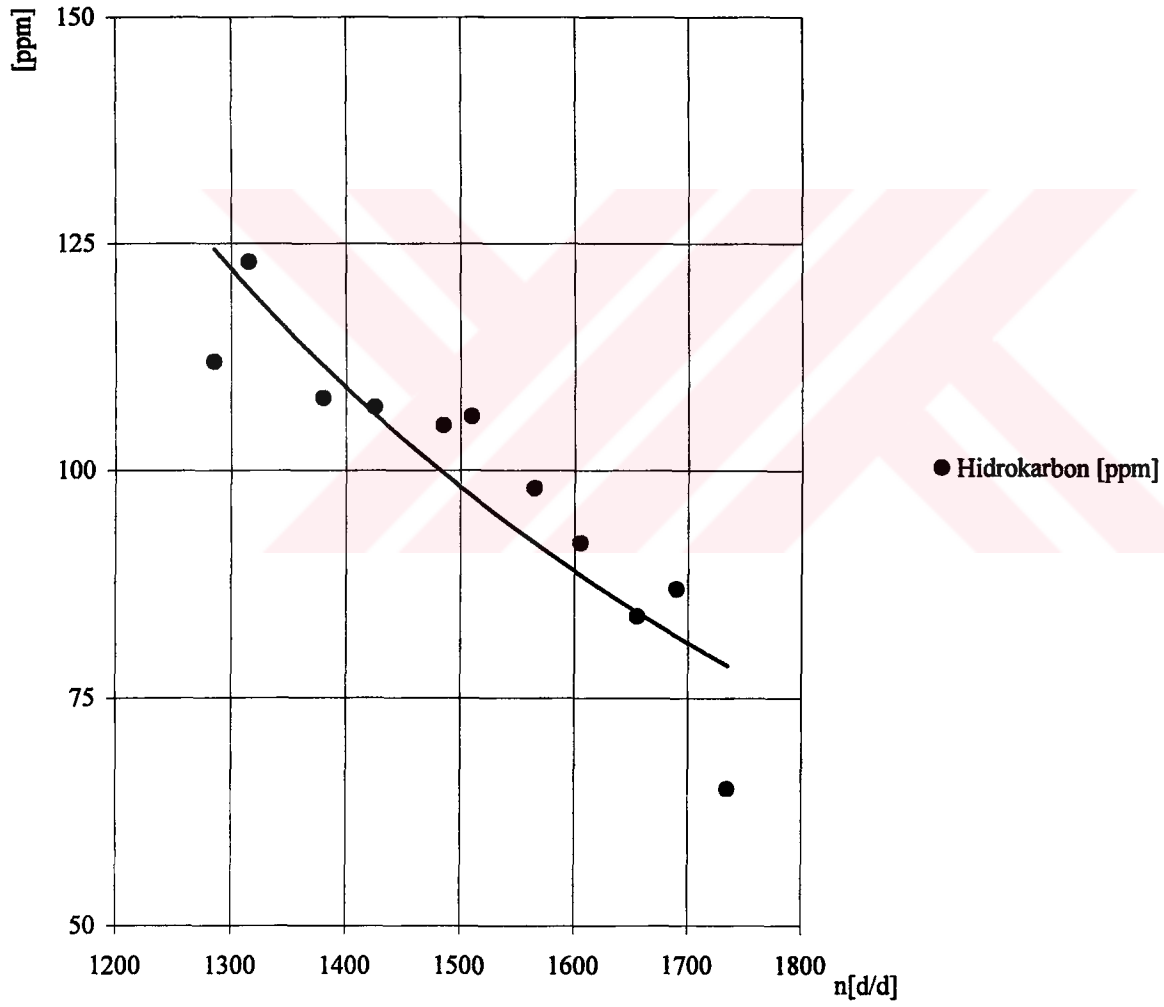
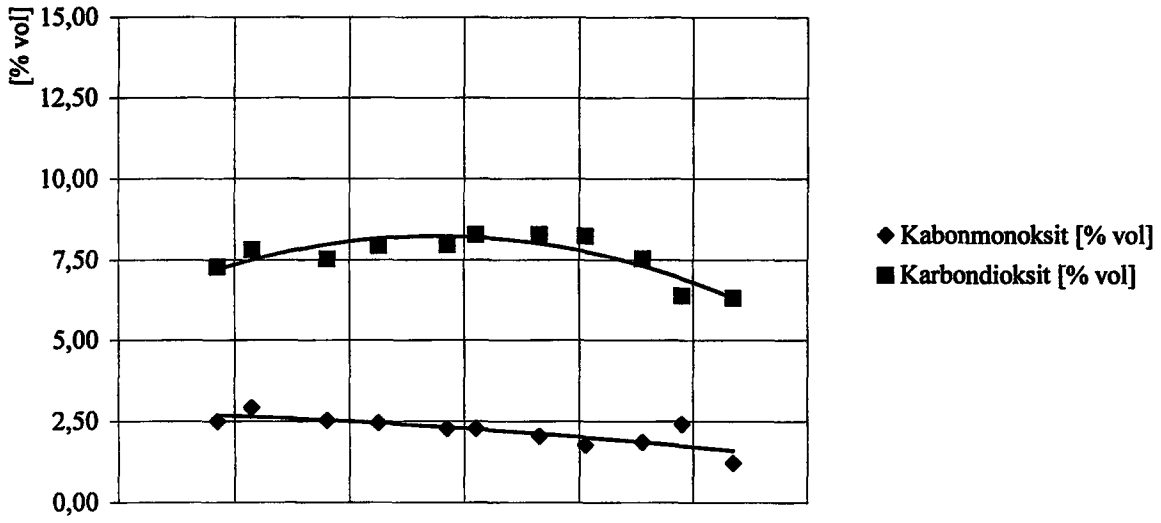
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1735	1,21	6,32	65
1690	2,42	6,40	87
1655	1,85	7,54	84
1605	1,78	8,24	92
1565	2,04	8,28	98
1510	2,28	8,28	106
1485	2,28	7,97	105
1425	2,45	7,94	107
1380	2,52	7,53	108
1315	2,91	7,82	123
1285	2,50	7,29	112

Çizelge 3.46 15S15 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

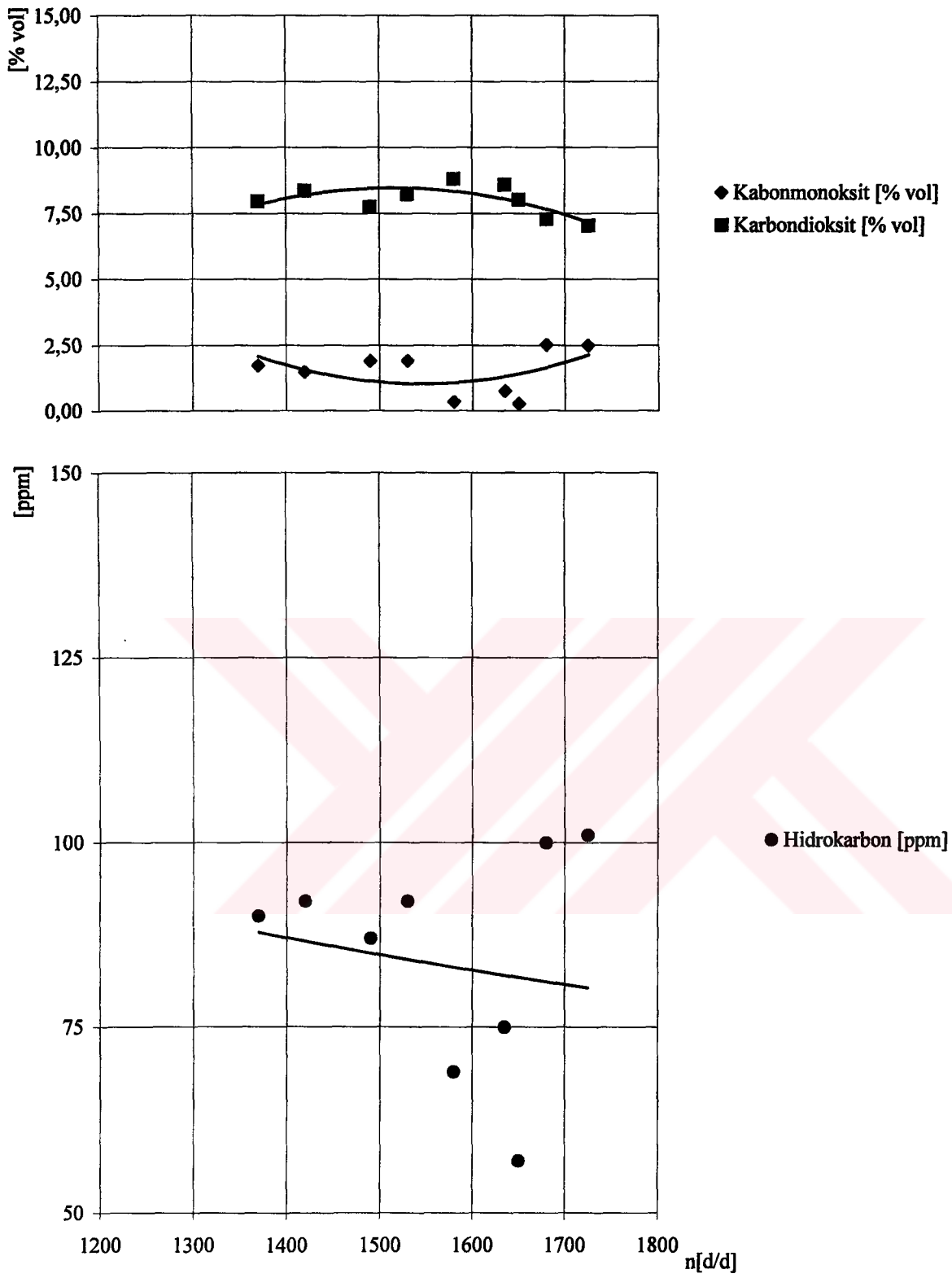
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1725	2,50	7,04	101
1680	2,52	7,29	100
1650	0,27	8,03	57
1635	0,75	8,59	75
1580	0,35	8,82	69
1530	1,91	8,23	92
1490	1,90	7,75	87
1420	1,49	8,37	92
1370	1,74	7,97	90

Çizelge 3.47 15S18 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

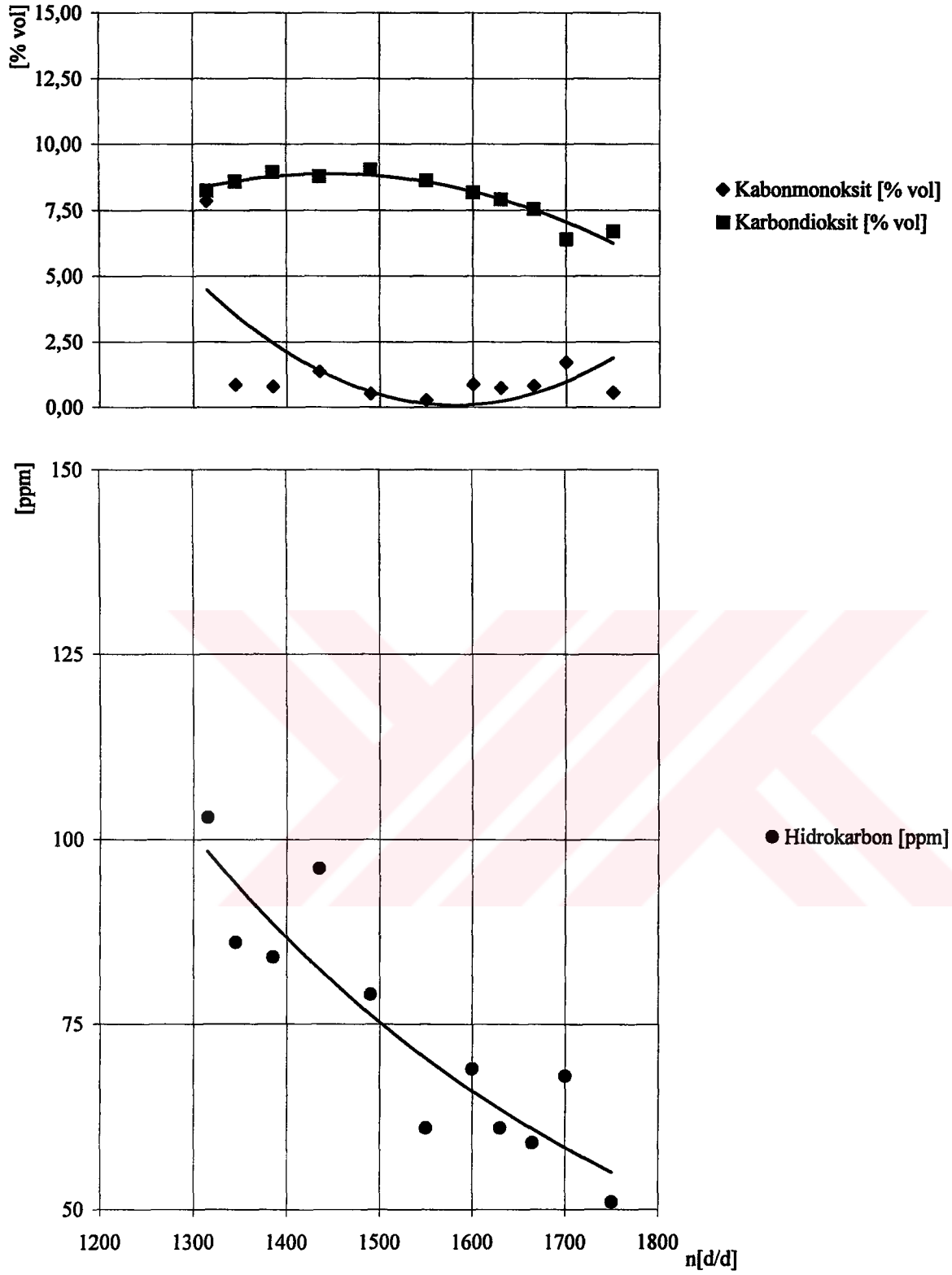
n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1750	0,56	6,71	51
1700	1,72	6,41	68
1665	0,81	7,54	59
1630	0,74	7,92	61
1600	0,87	8,18	69
1550	0,27	8,63	61
1490	0,51	9,03	79
1435	1,36	8,79	96
1385	0,79	8,94	84
1345	0,86	8,59	86
1315	1,85	8,24	103



Şekil 3.46 5S12 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



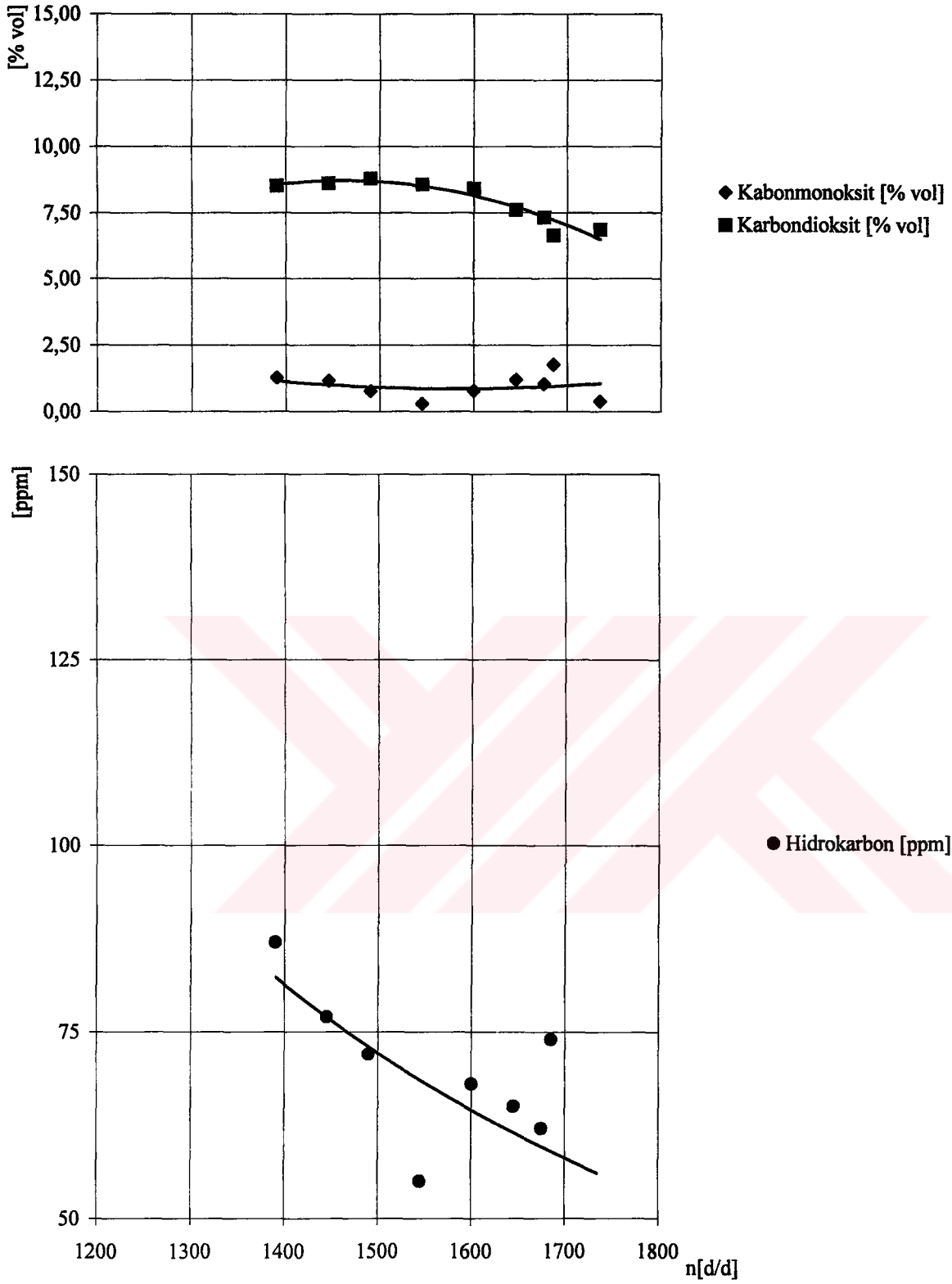
Şekil 3.47 15S15 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.



Şekil 3.48 15S18 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

Çizelge 3.48 20S20 ile GKA=1/2 değerinde ölçülen egzoz emisyonları.

n [d/d]	CO [%vol]	CO2 [% vol]	HC [ppm]
1735	0,38	6,86	46
1685	1,77	6,65	74
1675	1,04	7,33	62
1645	1,18	7,61	65
1600	0,78	8,42	68
1545	0,30	8,58	55
1490	0,77	8,81	72
1445	1,15	8,62	77
1390	1,27	8,53	87



Şekil 3.49 20S20 için GKA=1/2 değerinde egzoz emisyonlarının değişimi.

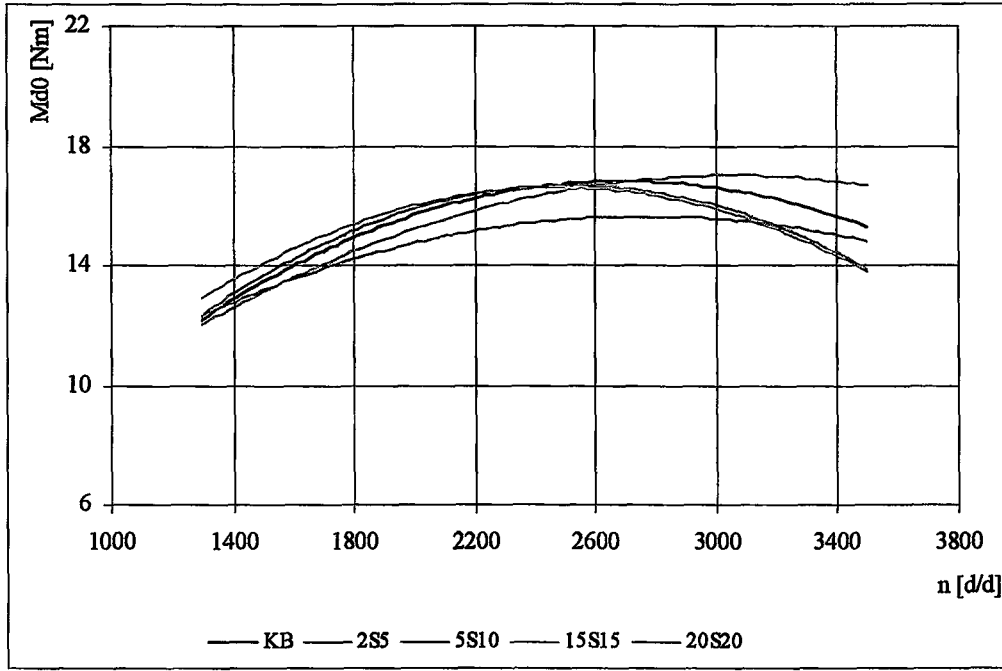
4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonuçları üç farklı kısımda değerlendirilebilir.

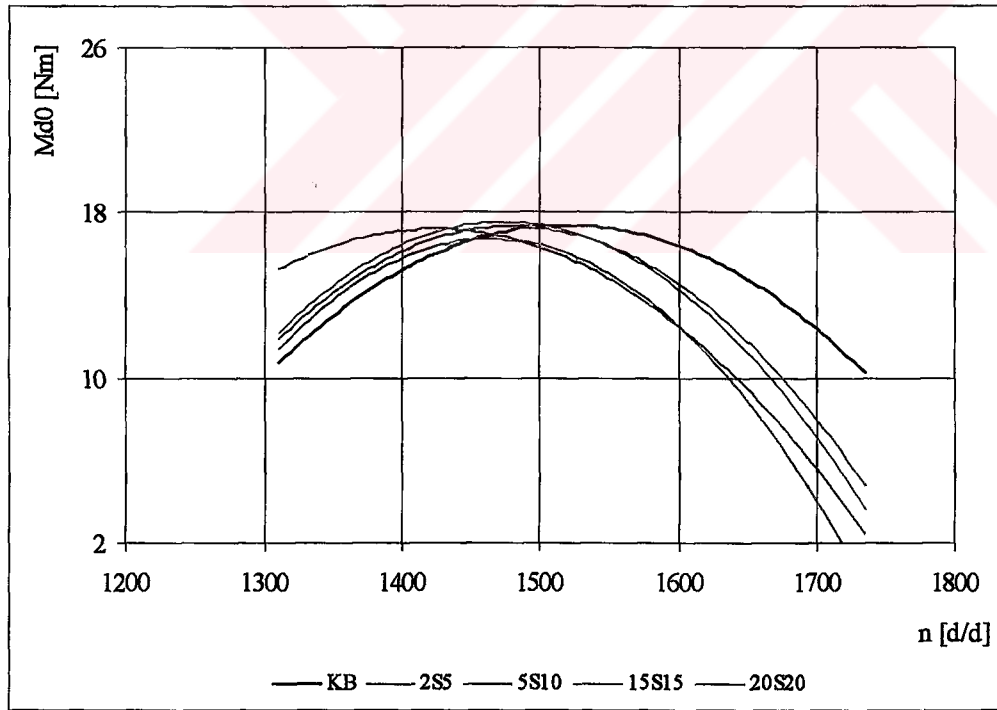
- 1- Emülsiyon hazırlama ile ilgili çalışmaların sonuçları.
- 2- Motor performans deneylerinin sonuçları.
- 3- Egzoz emisyon deneylerinin sonuçları.

Hacimsel olarak %5-10-15-20 su içeren emülsiyon yakıtlarda kararlı bir faz yapısı oluşturabilmek için yapılan emülsiyon hazırlama çalışmalarının sonuçları göstermiştir ki isopropil alkol hacimsel olarak yüksek oranlarda su içeren emülsiyonlarda kararlı bir faz yapısını sağlamaya yeterli değildir. Ancak hacimsel olarak %5 su içeren karışımlarda hacimsel %2'lik isopropil alkol katkısı; motorda yakıt olarak kullanılabilecek benzin-su emülsiyonun oluşturulmasında yeterli olmuştur. Bu karışım içerisinde ki su damlacıklarının çapı çok küçüktür (Şekil 3.1). Hacimsel olarak %2 isopropil alkol katkılı %5 su içeren emülsiyon Bölüm 3.1'de belirtildiği gibi kararlı yapısını uzun bir süre devam ettirememektedir. Daha büyük oranlarda su içeren emülsiyonların da %5'lik emülsiyon yapısında olabilmesi için isopropil alkol miktarının artırılması gerekmektedir. Hacimsel olarak %5 isopropil alkol ve %10 su içeren emülsiyon da, %5 su içeren emülsiyon yapısına yakın bir yapıda olmasına karşılık hem emülsiyon içerisinde ki su damlacıklarının çapları daha büyük, hem de kararlı yapının korunabildiği süre daha kısadır. Emülsiyon içerisinde ki su miktarı arttıkça karışımın yapısı gittikçe kötüleşmekte ve su damlacıklarının çapı büyümektedir. Bu da emülsiyon yakıtın mutlaka sürekli karıştırma ile motora gönderilmesi gerektiğini göstermektedir. Hacimsel olarak %15 ve %20 su içeren karışımlara hacimsel olarak aynı oranda isopropil alkol katılmış olmasına rağmen %5 su ve %2 isopropil alkol içeren referans emülsiyon yakıtın yapısına ulaşamamıştır. Kullanılan su oranının üzerine çıkılmaması için de %15 ve %20 su içeren karışımlarda isopropil alkol miktarı daha fazla artırılmamıştır.

Motor performans deneylerinin sonuçları; hacimsel olarak %5-10-15-20 su içeren referans emülsiyon yakıtı en yakın yapıda ki emülsiyonlar ile ki bu emülsiyonlar 2S5, 5S10, 15S15 ve 20S20 olarak kodlanmış emülsiyonlardır, kurşunsuz benzinin sağladığı performans değerlerinin karşılaştırılması şeklindedir. Bu karşılaştırmalar yapıldığında değişimlerin tam bir uyum içerisinde olmadığı görülmektedir.

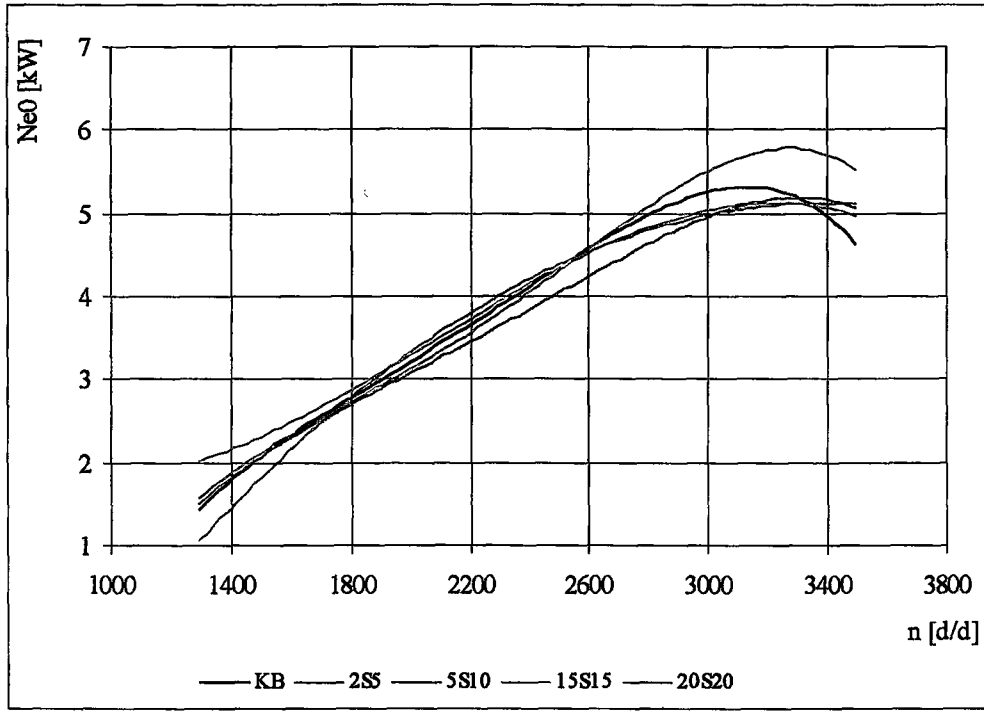


Şekil 4.1 $GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen döndürme momenti değişimlerinin karşılaştırılması.

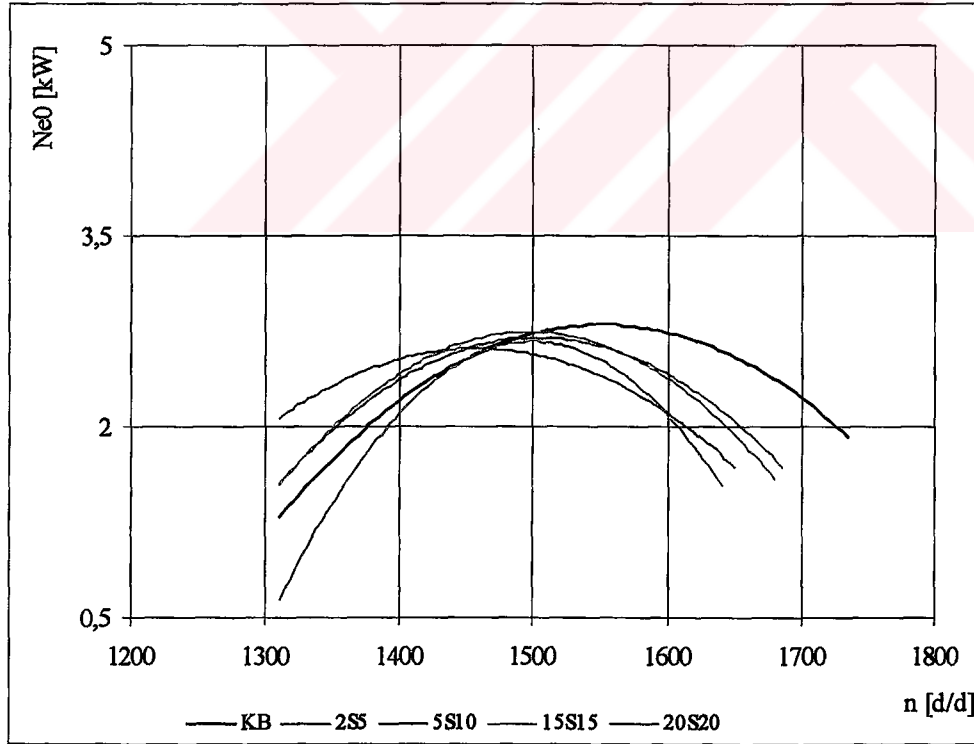


Şekil 4.2 $GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen döndürme momenti değişimlerinin karşılaştırılması.

Döndürme momenti değişimlerine bakıldığı zaman (Şekil 4.1 ve 4.2); GKA'nın 1/1 olduğu durumda 2S5 ve 5S10 dışında ki emülsiyonlar ile elde edilen maksimum değer KB ile elde edilen değerle aynı olduğu ve yaklaşık olarak 2500 d/d civarında gerçekleştiği görülmektedir. 5S10 emülsiyonunda maksimum momentin yine 2500 d/d değerinde gerçekleştiği, bu değer diğer emülsiyonlar ve KB ile elde edilen döndürme momentinden yaklaşık %7.3 daha düşük bir değer olduğu görülmektedir. 2S5 emülsiyonunda ise maksimum döndürme momenti 2900 d/d hızında elde edilmiş olup KB'ne göre yaklaşık %2,9, diğer emülsiyonlara göre ise yaklaşık %9,9 daha fazladır. Ancak bu hızlarda diğer emülsiyonlarla elde edilen döndürme momentleri KB ile elde edilen döndürme momentlerinin altında kalmaktadır. GKA'nın 1/2 olduğu durumda maksimum döndürme momentlerinin 5S10 emülsiyonu hariç diğer emülsiyonlarda ve kurşunsuz benzinde yaklaşık 1500 d/d hızda alındığı bu değer KB, 15S15 ve 20S20 emülsiyonlarında aynı olduğu, 2S5 ve 5S10 emülsiyonlarında maksimum momentin 1500 d/d 'nın altında elde edildiği ve 2S5 emülsiyonunda KB'den yaklaşık %0,5 5S10 emülsiyonunda ise yaklaşık %0,63 daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca GKA'nın 1/2 olduğu durumda döndürme momentleri, emülsiyon yakıtlarda büyük yüklerde KB'den daha büyük değerde, düşük yüklerde ise KB'den daha düşük değerdedir.



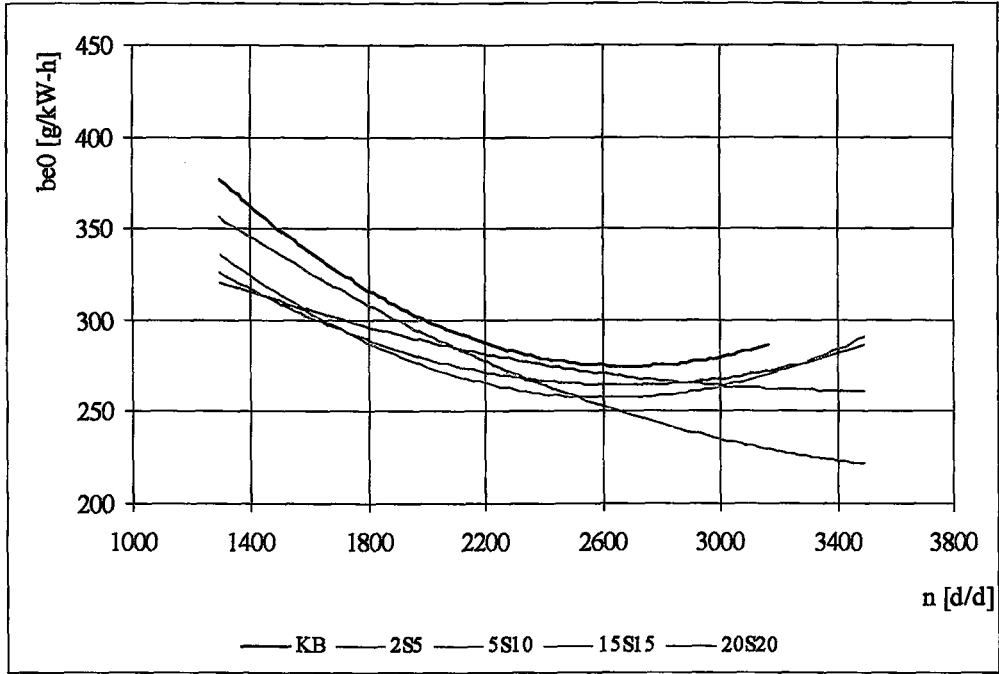
Şekil 4.3 $GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen efektif güç değişimlerinin karşılaştırılması.



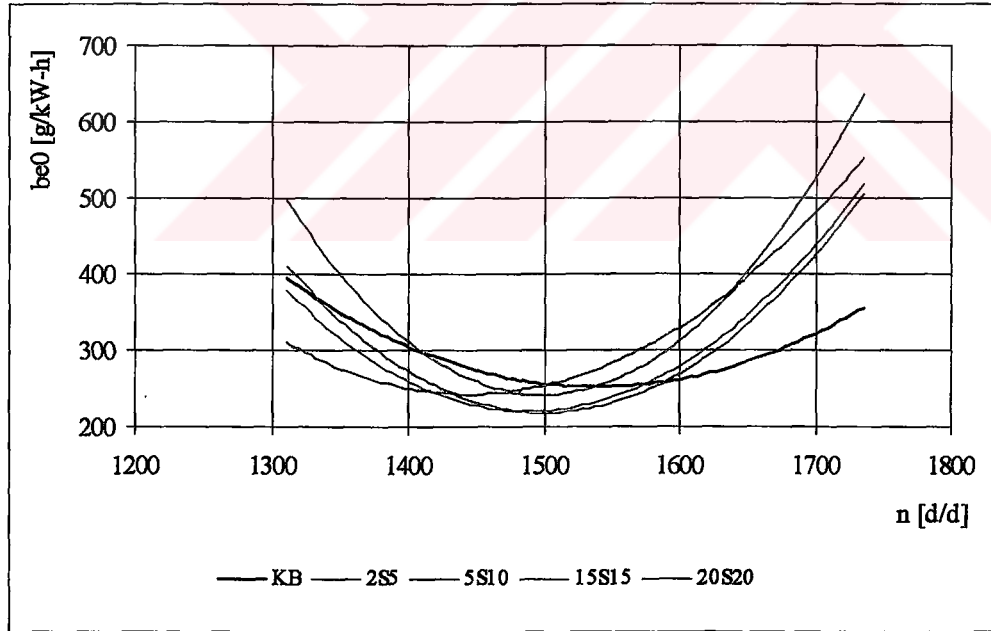
Şekil 4.4 $GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen efektif güç değişimlerinin karşılaştırılması.

Efektif güç değişimlerine bakıldığında (Şekil 4.3 ve 4.4); GKA'nın 1/1 olduğu durumda motorun en çok çalıştığı hız aralığı olan 1800 ile 2600 d/d aralığında efektif güçlerde emülsiyon yakıt kullanımından kaynaklanabilecek, artma veya azalma yönünde belirgin bir değişimin olmadığı görölmektedir. Şekil 4.3'de maksimum güç 2S5 emülsiyonu ile yapılan deneyde elde edilmiş olup, bu güç KB ile elde edilen güçten %8 daha fazladır. Burada da diğer üç emülsiyon ile elde edilen maksimum efektif güç, KB ile elde edilen maksimum efektif gücün altındadır. GKA'nın 1/2 olduğu değerde maksimum efektif güç yaklaşık 1600 d/d hızında, emülsiyon yakıtlarda ise daha düşük hızlarda elde edildiği görölmektedir. Yüksek hızlarda bütün emülsiyon yakıtlarla elde edilen efektif güçlerin KB ile elde edilen efektif güçten daha düşük olduğu görölmektedir. 2S5 ve 5S10 emülsiyonlarında bu düşüş, yaklaşık %13,74, 15S15 ve 20S20 emülsiyonlarında ise yaklaşık %7.3 mertebesindedir.





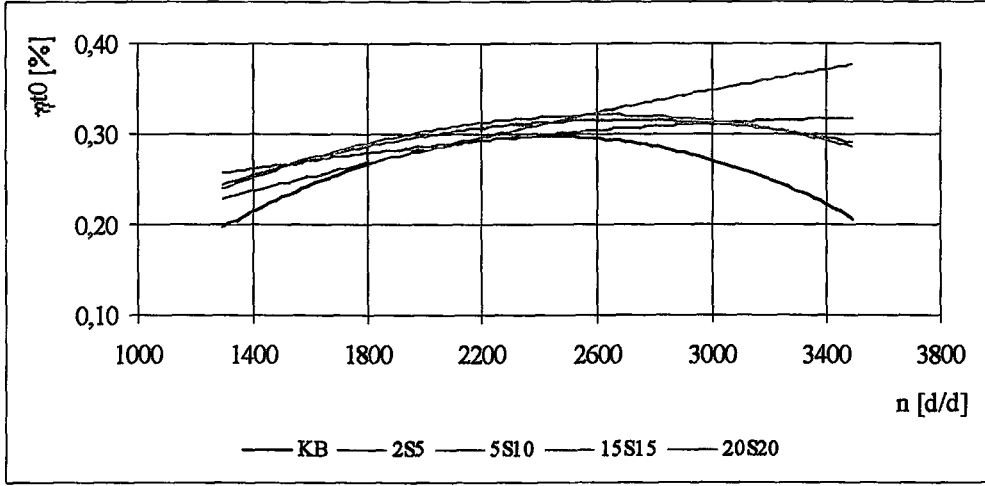
Şekil 4.5 $GKA=1/1$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen özgül yakıt sarfiyatı değişimlerinin karşılaştırılması.



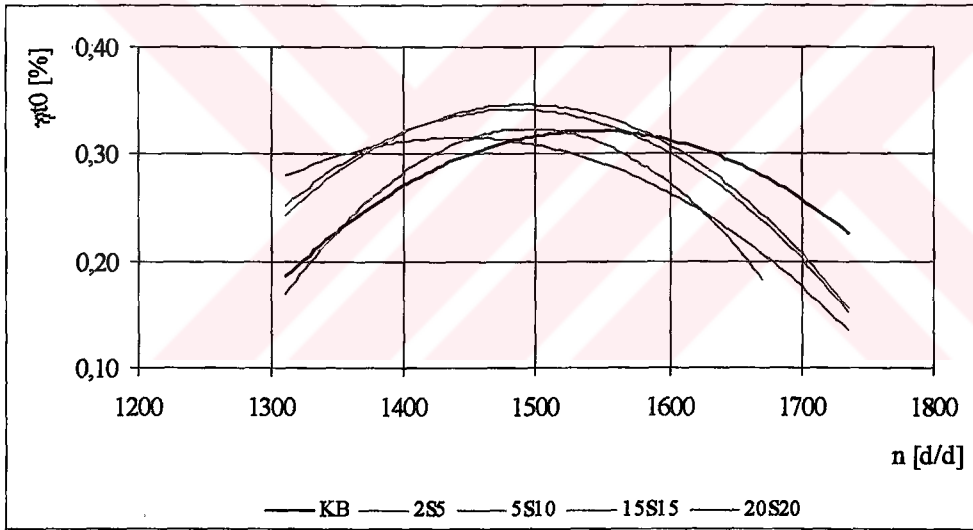
Şekil 4.6 $GKA=1/2$ değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen özgül yakıt sarfiyatı değişimlerinin karşılaştırılması.

Özgöl yakıt sarfiyatı değişimlerine bakıldığında (Şekil 4.5 ve 4.6); GKA'nın 1/1 olduğu durumda tüm emülsiyonlarla bütün yük kademelerinde elde edilen özgöl yakıt sarfiyatlarının KB'ne göre düşük olduğu görölmektedir. Bu düşüş hacimsel olarak daha fazla su ve isopropil alkol içeren emülsiyonlarda daha belirgin bir hal almaktadır. KB'de en düşük yakıt sarfiyatı 2900 d/d hızında gerçekleşmiştir. Aynı hızda; 2S5 emülsiyonu ile elde edilen değer yaklaşık %12, 5S10 emülsiyonunda %4,53, 15S15 emülsiyonunda %5,6 ve 20S20 emülsiyonunda %7,83 daha azdır. Görüldüğü gibi en düşük özgöl yakıt sarfiyatı 2S5 ile elde edilmiştir. Ancak karışım içerisinde ki su ve isopropil alkol miktarı ile orantılı bir azalmanın olması gerektiği halde bu emülsiyon ile elde edilen yakıt sarfiyatında ki düşme bu kuralı bozmaktadır. 2S5 dışındaki emülsiyonlarla elde edilen özgöl yakıt sarfiyatlarında düzgün bir azalmanın olduğu zaten açıkça gözökmektedir. GKA'nın 1/2 olduğu durumda elde edilen özgöl yakıt sarfiyatında ki değişimler düzgün bir seyir izlememekle birlikte yine de KB ile elde edilen yakıt sarfiyatlarının altındadır. Bu durumda düşük yüklerde KB'ne göre bütün emülsiyonlarla elde edilen özgöl yakıt sarfiyatları KB ile elde edilen yakıt sarfiyatlarından daha fazladır. Büyük yüklerde ise bu durumun tam tersi söz konusudur.





Şekil 4.7 GKA=1/1 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen termik verim değişimlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.8 GKA=1/2 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen termik verim değişimlerinin karşılaştırılması.

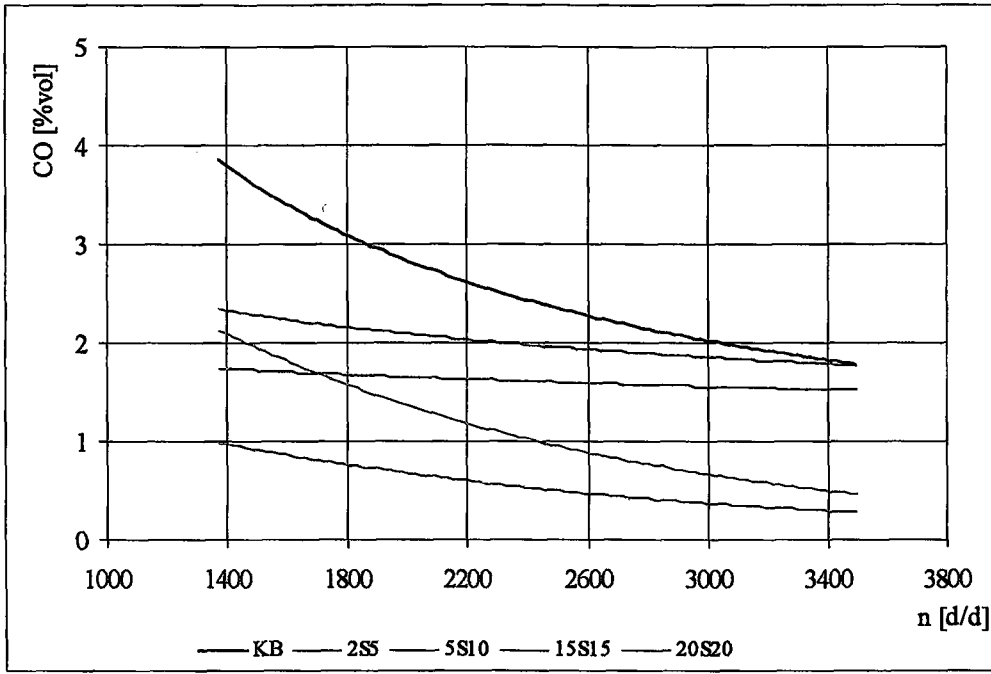
Toplam verim değişimlerinde de GKA'nın hem 1/1 hem de 1/2 olduğu durumlarda emülsiyonlarla elde edilen toplam verim değerleri KB ile elde edilen değerlere göre daha yüksektir. Ancak bu fark GKA'nın 1/2 olduğu durumda 1/1'e göre daha belirgindir. Her iki durumda da değişimlerin düzgün bir seyir izlemediği de görölmektedir (şekil 4.7 ve 4.8).

Sonuç olarak isopropil alkol katkılı benzin-su emülsiyon yakıtlarının özgül yakıt sarfiyatı dışında ki motor performans karakteristiklerine belirgin bir etkisi olmamaktadır. Diğer motor karakteristiklerinde ki bu değişimler özgül yakıt sarfiyatında olduğu gibi her yük kademesinde düzgün değildir.

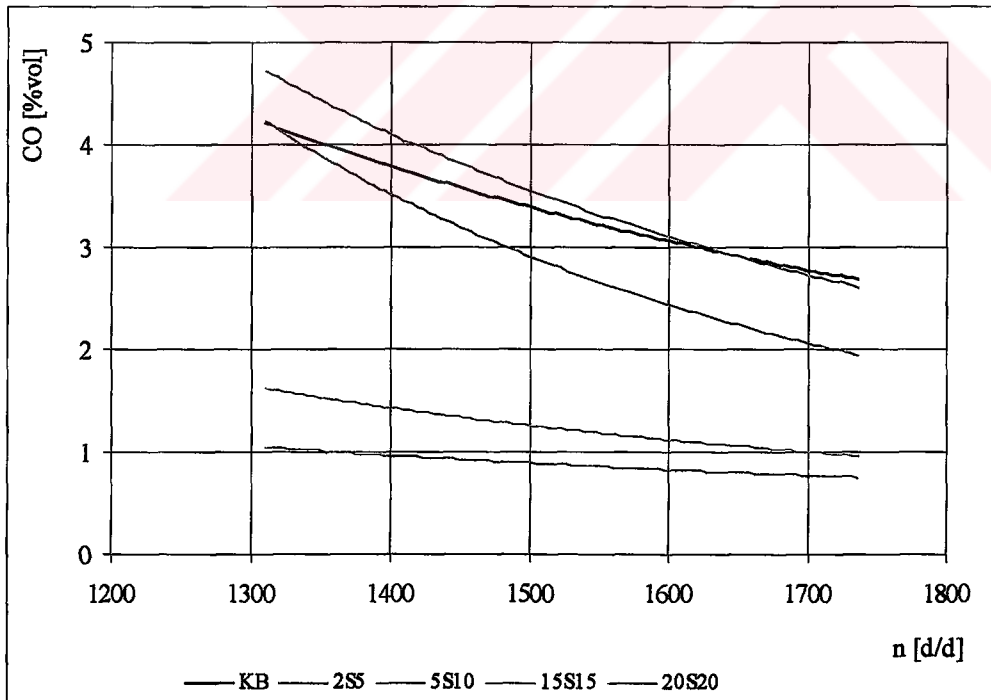
Sonuçların değerlendirilmesinin son aşamasını egzoz emisyonları ile ilgili olan kısım meydana getirmektedir. Egzoz emisyon deneylerinde; karbonmonoksit, karbondioksit ve yanmamış hidrokarbon ölçümleri yapılabilmektedir.

Karbonmonoksit emisyonlarında GKA'nın 1/1 olduğu durumda KB'ne göre belirgin düşüşler kaydedilmiştir (Şekil 4.9). Bu düşüşler karışımdaki su ve isopropil alkol miktarının artmasıyla daha da fazla olmaktadır. Ancak hacimsel olarak %10 su ve %5 isopropil alkol içeren emülsiyonla yapılan deneyde ölçülen değerler hacimsel olarak %5 su ve %2 isopropil alkol içeren emülsiyonla yapılan deneyde ölçülen değerlerden daha yüksektir. KB ile ölçülen karbonmonoksitin minimum değeri 5S10 emülsiyonu ile ölçülen minimum değerle hemen hemen aynıdır. GKA'nın 1/2 olduğu durumda da karbonmonoksit emisyonlarının minimum değerlerinde bütün emülsiyonlarda KB'ne göre azalmalar olmaktadır (Şekil 4.10).

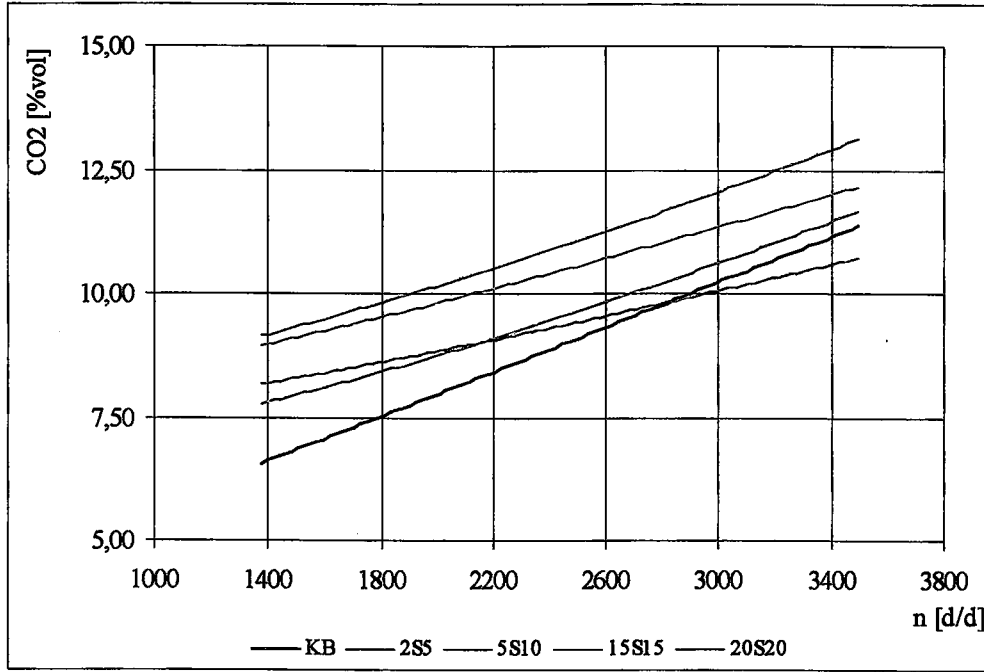
Karbondioksitin minimum değerlerinde ise karbonmonoksitte ki azalmaya karşılık tüm emülsiyonlarla yapılan ölçümlerde artışlar olduğu görölmektedir (Şekil 4.11 ve 4.12). Bu da kullanılan yakıt içerisinde bulunan karbonun daha fazla bir kısmının karbondioksit dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Doğal olarak karbonmonoksit emisyonunda ki azalmalar karbondioksit emisyonunda artışlara neden olmaktadır. Ancak burada yine istisnai bir durum söz konusudur; GKA'nın 1/2 olduğu durumda 5S10 emülsiyonu ile yapılan ölçümlerde karbonmonoksit emisyonunda düşme olduğu halde karbondioksit emisyonunda artış olmamış hatta bu emülsiyon ile belirtilen durumda en düşük karbondioksit emisyonları elde edilmiştir.



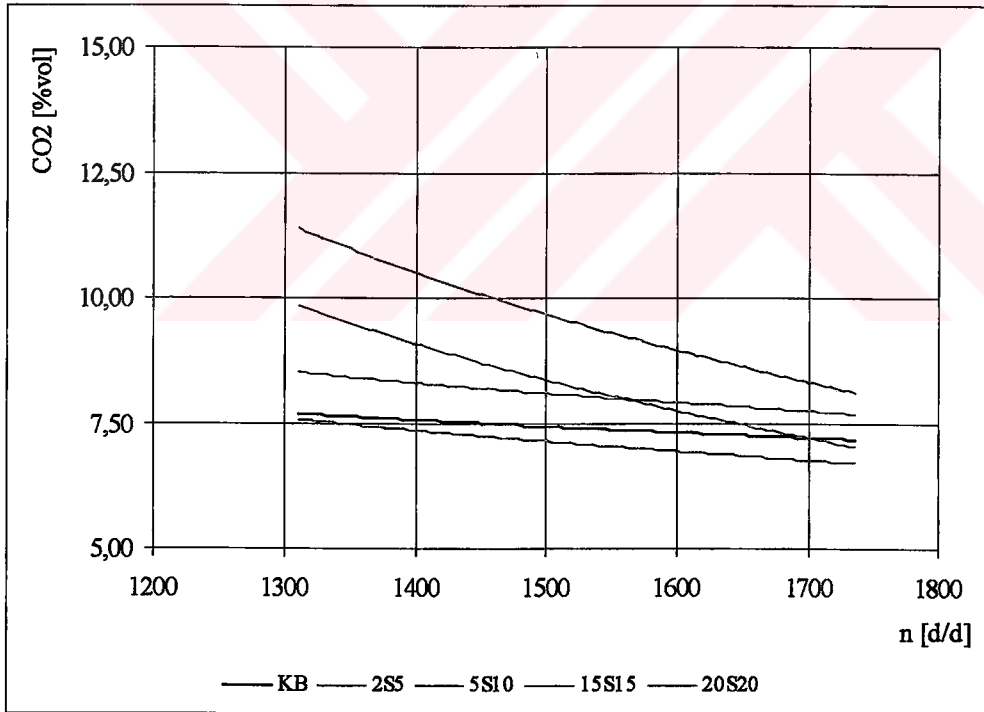
Şekil 4.9 GKA=1/1 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbonmonoksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.10 GKA=1/2 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbonmonoksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.11 GKA=1/1değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbondioksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması.

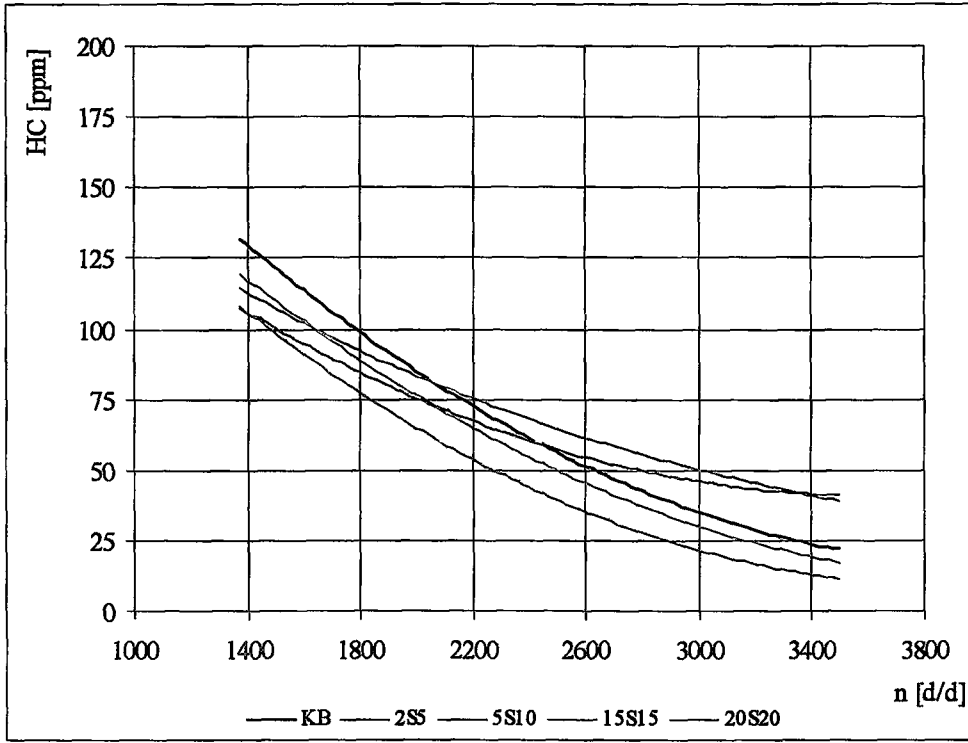


Şekil 4.12 GKA=1/2 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen karbondioksit emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması.

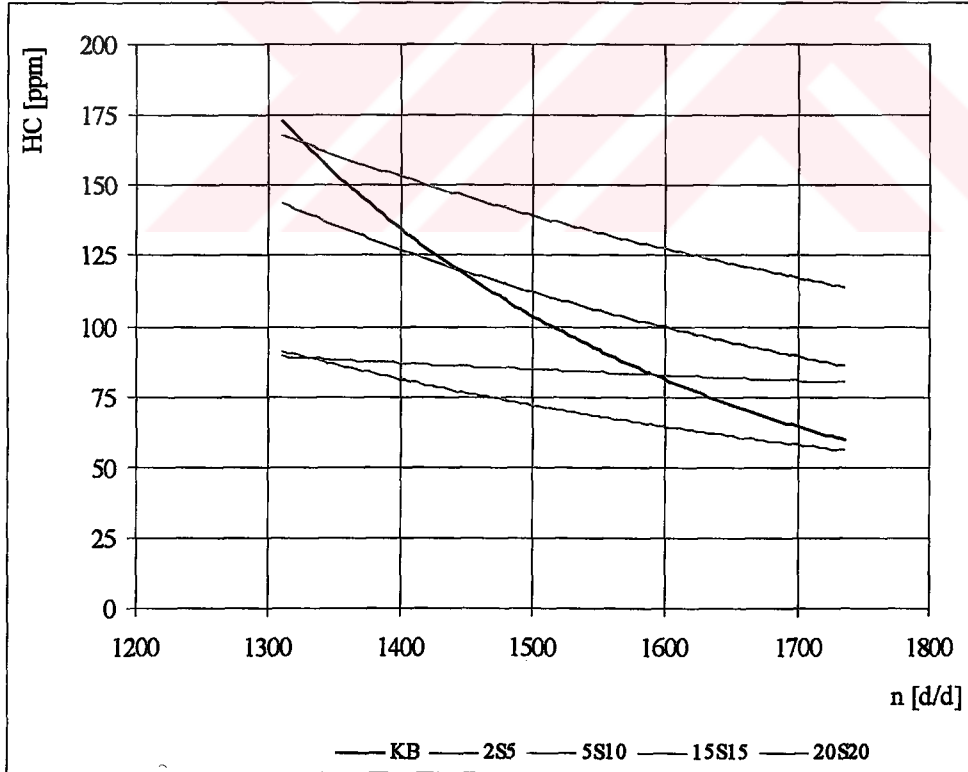
Yanmamış hidrokarbon miktarlarındaki değişimler ise (Şekil 4.13 ve 4.14); emülsiyonlarla elde edilen değerlerin KB ile elde edilen değerlere göre daha az olduğunu göstermektedir. GKA'nın 1/1 olduğu durumda emülsiyonlarla KB arasında yanmamış hidrokarbon açısından düzgün bir azalma olmasına rağmen bazı yük kademelerinde 2S5 ve 5S10 emülsiyonlarında değerlerin diğer iki emülsiyona ve KB göre daha yüksek olduğu da görülmektedir. Büyük yüklerde yani düşük hızlarda tüm emülsiyonlarla elde edilen yanmamış hidrokarbon miktarları KB'nin altındadır. GKA'nın 1/2 olduğu durumda da büyük yüklerde emülsiyonlarla elde edilen hidrokarbon miktarlarının KB ile elde edilenlerin altındadır. Ancak GKA'nın 1/2 olduğu durumda, düşük yüklerde ve 1600 d/d hızın üstünde 20S20 emülsiyonu dışında ki emülsiyonlarla oluşan hidrokarbonlar KB ile oluşan hidrokarbonların üzerindedir.

Sonuç olarak; isopropil alkol katkılı benzin-su emülsiyonların ölçülen egzoz emisyonları açısından olumlu etkisi olduğu söylenebilir.





Şekil 4.13 GKA=1/1 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen yanmamış hidrokarbon emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.14 GKA=1/2 değerinde KB, 2S5, 5S10, 15S15, 20S20 yakıtları ile elde edilen yanmamış hidrokarbon emisyonu değişimlerinin karşılaştırılması.

Bu çalışmada gerek motor performans, gerekse egzoz emisyon deneyleri olsun tamamı laboratuvar ortamında tek silindirli bir test motorunda ve motor üzerinde hiçbir parametre değiştirilmeden yapılmıştır. Bu deneylerin; sıkıştırma oranı, ateşleme avansı gibi parametrelerin değiştirilerek, çok silindirli taşıt motorunda ve taşıt üzerinde yapılmasının sonuçlar üzerine etkisi farklı olabilir. Ne kadar bir su ilavesinin vuruntuyu azaltıcı veya tamamen ortadan kaldırıcı bir etki yaptığının tespit edilmesinin de ileride konuyla ilgili yapılacak diğer araştırmalara faydası olacaktır. Ayrıca emülsiyonlarda kullanılacak farklı katkı maddeleri ile yapılacak deneylerin, katkı maddesinin deney sonuçlarına etkisini göstermesi açısından da önemi vardır. Böylece benzin-su emülsiyonları için en uygun katkı maddelerinin neler olabileceği de ortaya çıkmış olacaktır.



KAYNAKLAR

- Alasfour, F., (1997), "Butanol-A Single Cylinder Engine Study:Engine Performance", International Journal of Energy Research, 21:1
- Allan, F., Barton, M., ve Tjandra, J., (1989), "Eucalyptus Oil as a Cosolvent in Water-Ethanol-Gasoline Mixtures", Fuel, 68:11-17
- Andrews, G. E., ve Salih, F. M., (1993), "Ignition Timing and Mixture Strength Influence on Emissions for a Gasoline/30% Ethanol Fuel", Automobile Emissions and Combustion the National Exhibition Centre, Birmingham, UK
- Bata, M. R. ve Roan, V. P., (1988), "Effects of Ethanol and/or Methanol in Alcohol-Gasoline Blends on Exhaust Emissions", The Energy-Sources Technology Conference and Exhibition, New Orleans
- Bayındır, H., İlkılıç, C. ve Sarsılmaz, C., (1997), "Yerli Otomobillerde LPG Kullanımı", I. Uluslararası Katılımlı Otomotiv Teknolojisi Kongresi, Adana: 87-94
- Binion, W. S., (1998), "In Cylinder Water Injection Engine", United States Patent No: 5718194
- Brooks, R. J., (1983), "Introduction of Alcohol-Water Mixtures Into Gasoline Operated Engine", United States Patent No: 4385593
- Caputo, C., (1989), "Device for The Injection in Internal Combustion Engine of Combustible Emulsion With a Readily Variable Emulsion Ratio", United States Patent No: 4831970
- Coleman, N. G. ve Sibley, J. E., (1997), "Fuel Control System for an Internal Combustion Engine Using Aqueous Fuel Emulsion", United States Patent No: 5682842
- Compere, A. L., Gogin, M. J. ve Griffith, W. L., (1984), "Extracting Alcohols from Aqueous Solutions", United States Patent No: 4445908
- Connor, M. J., (1992), "Coordinated Water and Fuel Injection System System", United States Patent No: 5148776
- Crothers, W. T., (1977), "Multiple Fuel Supply System for an Internal Combustion Engine", United States Patent No: 4031864
- Deutsche Normen Umrechnungsfaktoren für Dauerleistung an der Befriebsstelle Gegenüber Bezugsszuztant, DIN 6270
- Dryer, F. L., (1975), "Fundemental Concepts on the Use of Emulsions as Fuels", Aerospace and Mechanical Sciences Report No: 1224
- Durgun, O., (1989), "Motorlarda Benzin-Etil Alkol-İsopropanol Karışımlarının Kullanılması", İkinci Yanma Sempozyumu, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul
- Dutkiewicz, R. K., (1980), "Scenarios for Alcohol Fuels", Proceedings 4th International Symposium on Alcohol Fuel Technology, Guarujá, Brasil 2:781

Englin, B. A., Kyuregyan, S. K., Levinson, G. I., Demidenko, K. A. ve Golosava, V. F., (1978), "Low Temperature Properties of Gasoline-Methanol", ZM-KHIM Abstract No:15

Feuerman, A. I., (1979), "Gasoline-Water Emulsion", United States Patent No: 4158551

Fujimoto, S., (1983), "Stable Homogenous Fuel Composition for Internal Combustion Engine and Process for Preparing The Same", United States Patent No: 4410333

Furahama, S., (1996), State of The Art in Hydrogen Fueled Engines, 4:359-385

Garnet, T. K., (1994), Automotive Fuels and Fuels Systems, Pentech Press, London

Gerry, M., (1980), "Fuel and water Homogenization Means", United States Patent No: 4227817

Gerry, M., (1984), "Fuel and Water Homogenizer", United States Patent No: 4463708

Goldfarb, F. A., (1972), "Water Vapor Injection System and Method For an Internal Combustion Engine", United States Patent No: 3655169

Grosse, W. A. ve Cherry, N., (1983), "Hydrocarbon-water Fuels, Emulsions, Slurries and Other Particulate Mixtures", United States Patent No: 4392865

Gunnerman, R. W., (1992), "Aqueous Fuel for Internal Combustion Engine and Method of Combustion", United States Patent No: 5156114

Hagen, D. L., (1977), "Methanaol As a Fuel: A Review With Bibliography", SAE Transactions No: 2764

Hervey, R., (1986), "Fuel and Water Vaporizer for Internal Combustion Engines", United States Patent No: 4594991

Hirao, O. ve Pefley, K. R. Present and Future Automotive Fuels, Performance and Exhaust Clarification, John Wiley & Sons, New York

Hobbs, C. L., (1992), "Water Introduction in Internal Combustion Engine", United States Patent No: 5125366

Holdt, D., (1993), "Alternative Fuels Update", Automotive Engineering, 101:8

Hoshino, T. ve Iwai, N., (1991), "Demonstration of Prototype Near-Neat Methanol Vehicle Controlled Fleet Test", International Journal of Vehicle Design (12):229-239

Ignacio, A., Layrisse, R., Dominigo, R. P., Rivas, H., Jimenez, E., Quintero, L., Salazar, J., Rivero, M., Cardenas, A., Chirinos, M. L., Royas, D. ve Marquez, H., (1990), "Viscous Hydrocarbon-in-Water Emulsions", United States Patent No: 4923483

Inamura, T., (1978), "Water Injection System for Internal Combustion Engine", United States Patent No:4125092

Jose, M. R., (1982), "Method and Apparatus Utilizing Alcohol as Fuel for Internal Combustion Engine", United States Patent No: 4342282

Karaosmanoğlu, F., Aksoy, H. A., ve Civelekoğlu, H., (1987) "The Effects of Isopropanol Addition on Gasoline-Alcohol Motor Fuel Blends"

Karaosmanoğlu, F., Tuna, I. A. ve Aksoy, H. A., (1989), "Alkol-Benzin Karışımlarının Motor Yakıtı Özellikleri", İkinci Yanma Sempozyumu, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul

Kessler, A., (1996), "Fuel Feeding Apparatus and Method", United States Patent No: 5542379

Kester, F. L., Fitzsimmons, R. V. ve Klass, D. L., (1983), "Stabilized Gasoline-Alcohol Fuel Composition", United States Patent No: 4384872

Kolchin, A., ve Demidov, V., (1984), "Design of Automotive Engines", English Translation, Mir Publishers, Moscow

Kummer, J. T., (1975), Letter to Technology Review, 4:64-65

Kyle, B. G., (1981), "Low Energy Process of Producing Gasoline-Ethanol Mixtures", United States Patent No: 4297172

Landis, P. S., (1979), "Method for Producing a Stabilized Gasoline-Alcohol Fuel", United States Patent No: 4154580

Lestz, S. S. ve Mayer, W. E. (1972), "The Effect of Direct-Cylinder Water Injection on Nitric Oxide Emission from an S. I. Engine", Proceeding 14th FISITA Congress, London, England 2:34-41

Letcher, T. M., Heyward, C., Wootton, S. ve Shuttleworth, B., (1986), "Tenary Phase Diagrams for Gasoline-Water-Alcohol Mixtures", Fuel, 65:891-894

Marshall, E., Poughkeepsie, D. ve Sung, R. L., (1986), "Clear Stable Gasoline-Alcohol-Water Motor Fuel Composition", United States Patent No: 4599088

Marshall, E., Poughkeepsie, D. ve Sung, R. L., (1986), "Motor Fuel Composition", United States Patent No: 4565548

Marshall, E., Poughkeepsie, D., ve Sung, R. L., (1985), "Motor Fuel Composition", United States Patent No: 4565548

McCoy, F. C. ve Eckert, G. W., (1975), "Process of Preparing Novel Microemulsion", United States Patent No: 3876391

Mezheritsky, A. D. ve Hallmi, E. M., (1998), "Water/Fuel Mixing System for a Gasoline Engine", United States Patent No: 5823149

Miller, R., J., (1984), "Water Injection System for a Combustion Engine", United States Patent No: 4448153

Modak, A., ve Caretto, L. S., (1970), "Engine Cooling by Direct Injection of Cooling Water", SAE Paper No: 700887

Nicholls, J. E., El-Messiri, A. I. ve Newhall, H. K., (1969), "Inlet Manifold Water Injection for Control of Nitrogen Oxides—Theory and Experiment" SAE Paper No: 690018

Norman, A. S. ve John, M. B., (1982), "A Technical Assesment of Alcohol Fuels", SAE Paper No: 820261

Osten, D. W. ve Sell, N. J., (1983), "Methanol-Gasoline Blends: Blending Agent to Present Phase Separation", Fuel, 62:268-270

Perry, F., (1977), "Water Vapor Injection System for Internal Combustion Engine", United States Patent No: 4046119

Peters, B. D. ve Stebar, R. F., (1976), " Water–Gasoline Fuels–Their Effect on Spark Ignition Engine Emissions and Performance", SAE Paper No:760547

Piotrowsky, A. B., (1977), "Novel Microemulsion", United States Patent No: 4046519

Quader, A. A., (1971), "Why Intake Charge Dilution Decreases Nitric Oxide Emission from Spark Ignition Engine", SAE Paper No: 710009

Quader, A. A., (1974), "Lean Combustion and The Misfire Limit in Spark Ignition Engines", SAE Paper No: 7410055

Reed, D., (1986), "Propane Fueled Vehicles", Automotive Engineering, 90:133

Renda, W. A., (1982), "Water Injection System for Internal Combustion Engine", United States Patent No: 4351289

Rodriguez, D., Terrer, T. M., Jimenez, E., Silva, F. ve Salazar, J., (1990), "Process for Stabilizing a Hydrocarbon in Water Emulsion and Resulting Emulsion Product", United States Patent No: 4976745

Rosenthal, J. W. ve Kozlowski, R., (1976), "Motor Fuel Composition", United States Patent No: 3988122

Shimada, T., Yamada, K., ve Zaha, Y., (1993), "Fuel Emulsion Engine", United States Patent No: 5245953

Soruşbay, C. ve Arslan, E., (1988), "Hidrojen Yakıtlı İçten Yanmalı Motorlarda Yanma Performansı", Mühendis ve Makine Dergisi, 29:23-28

Spears, G. B., (1978), "Water Injection System for Internal Combustion Engine", United States Patent No: 4096829

Teves, A. Y., (1996), "Fuel Water Converter for Automotive and Other Engines", United States Patent No: 5513600

Tkito-Borsa, T., Wittayakun, J., Pacus, D. A., Selim, S. ve Cowley, S. W., (1998), "Properties of an Ethanol-Diethyl Ether-Water Fuel Mixture for Cold-start Assistance of an Fueled Vehicle", Industrial and Engineering Chemistry Research, 37(8), 3366-3374

Valenti, M., (1991), "Alternative Fuels Paving The Way to Energy Independance", Mechanical Engineering, December: 28

Wang, H., Oda, N., Takamoto, S., Kimura, Y. ve Mizuguchi, H., (1999), "Water Injection Foaming Devolatilizing Method and Apparatus", United States Patent No: 6007749

Weis, K. ve Rudd, J. W., (1959), "Engine Performance Improvement", Auto Engineer, 49:424-432

Wenzel, E. ve Steinmann, W. H., (1977), "Clear and Stable Liquid Fuel Compositions for Internal Combustion Engine", United States Patent No: 4002435

West, R. C. (1968), Handbook of Chemistry and Physics, The Chemical Rubber Company, Ohio

Yacoub, Y., Bata, R. ve Gautam, M., (1998), "The Performance and Emission Characteristics of C-1-C-5 Alcohol-Gasoline Blends With Matched Oxygen Content in a Single-Cylinder Spark Ignition Engine", Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part a Journal of Power and Energy, 212:363-379

Yağcıoğlu, E., (1984) "Biyokütle Enerjisi", Elektrik İşleri Etüd İdaresi Bülteni: 1-75

Yahşi, S., Bayka, D., Eralp, C. ve Albayrak, K., (1994), "Doğalgazın Araçlarda Kullanımı ve Çevreye Etkileri", Ortadoğu Teknik Üniversitesi

Yeiser, J. O., (1972), "Fluid Addition System for Internal Combustion Engine", United States Patent No: 3631843

Zeilinger, K. (1971), "Influence of water njection on Nitric Oxide Formation in Petrol Engines", Institute of Mechanical Engineers Conference on Air Pollution Control in Transport Engines, Paper No: C122171

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	09.04.1969	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1984-1986	Kadıköy Suadiye Lisesi
Lisans	1986-1991	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1992-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Makine Müh Anabilim Dalı, Enerji Makinaları Programı
Doktora	1995-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enst Makine Müh Anabilim Dalı, Enerji Makinaları Programı
Çalıştığı kurum	1993-	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Otomotiv Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi