

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAÇLARDA LPG İLE ÇALIŞAN KLİMA TASARIMI
VE UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER KURDDAN

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmet ÇEVİK

Eylül 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARAÇLARDA LPG İLE ÇALIŞAN KLİMA TASARIMI VE
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖMER KURDDAN

Enstitü Anabilim Dalı	:	MAKİNE EĞİTİMİ
Tez Danışmanı	:	Prof.Dr.İsmet ÇEVİK

Bu tez 14 / 09 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmet ÇEVİK	Prof. Dr. Fethi HALICI	Yrd. Doç. Dr. Murat KARABEKTAŞ
Jüri Başkanı	Üye	Üye

ÖNSÖZ

Dünya nüfusundaki artışın yanında kişi başına enerji tüketimindeki hızlı yükselme, son yıllarda çevre kirliliği açısından önemli sorunlar oluşturmaya başlamıştır. Taşıtlardaki kirleticiliğin azaltılması, benzin fiyatlarının yüksek olması gibi nedenler araçlarda alternatif yakıt olarak LNG ve LPG'yi gündeme getirmiştir.

Üretimi hızla artan LPG'nin 2010 yılında toplam üretiminin 22 milyar ton olacağı tahmin edilmektedir. Bu veriler dikkate alındığında LPG'ye olan talebin gelecek yıllarda endüstriyel gelişmeler ve bunun sonucunda artan enerji ihtiyacına bağlı olarak daha da artacağı görülmektedir.

Oto gaz, ülkemizde 1990 lı yıllarda gündeme hızla alternatif yakıt olarak girmiştir. Kullanılan yakıt rezervinin azalması, fiyatların yüksek olması, çevre kirliliğinin artması sonucu, üretici firma sayısının ve ürün çeşitliliğinin artması ile, malzeme, imalat, enerji vb. mühendisliğin her dalında alternatif çalışmaların hızla ilerlemesinin önemi inkar edilemez.

Bu çalışmada motor yakıtı olarak kullanılan LPG'nin, aynı zamanda farklı özelliklerinden de istifade edilebileceğinin örneği vermeye çalışılmıştır. Araç klimalarının motora verdiği yükün hafifletilmesi amacıyla bir dizi deneyler yapılmıştır.

Tezin hazırlanması aşamasında bana her türlü desteği veren danışman hocam sayın Prof. Dr. İsmet ÇEVİK'e , Kahramanmaraş'taki çalışmalarında sürekli destek olan Yard.Doç.Dr.İbrahim MUTLU'ya , katkı ve desteklerinden dolayı Sayın Sıtkı GÜRDAL ve Sayın Murat KAPSIZ'a , Oto Alem'e , ayrıca fikirleriyle beni yalnız bırakmayan bütün hocalarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. LPG'nin Özellikleri ve Karakteristikleri.....	1
1.2.1. Fiziksel özellikler.....	1
1.2.1.1. Kaynama noktası.....	2
1.2.1.2. Buhar basıncı.....	3
1.2.1.3. Tutuşma sıcaklığı ve sınırı.....	4
1.2.1.4. Buharlaşma gizli ısısı.....	4
1.2.2. Kimyasal özellikler.....	5
1.2.3. LPG'nin karakteristikleri.....	6
1.3. Dünyada ve Türkiye'de LPG Sektörü.....	6
1.3.1. Dünyada ve ülkemizde LPG'nin yakıt olarak kullanılması.....	6
1.3.2. Dünyada oto gaz teşvikleri.....	9
1.3.3. Türkiye'de LPG pazarı.....	11

BÖLÜM 2.

BENZİNLİ MOTORLARDA LPG DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ.....	14
2.1. LPG'li Araçların Çalışma Prensipleri.....	14

2.2. LPG Dönüşüm Sistemleri Çeşitleri.....	14
2.3. LPG Dönüşüm Sistemini Oluşturan Parçalar ve Görevleri.....	15
2.4. LPG Dönüşüm Sistemleri İle İlgili Standartlar.....	25
2.5. LPG'li Sistemlerin Diğer Sistemlere Göre Kârlılığı.....	26
2.6. LPG'li Araçların ve Sistemlerinin Kontrolü.....	27
2.6.1. Dönüşüm öncesi kontroller.....	27
2.6.2. Dönüşüm sonrası ilk kontrol.....	27
2.7. LPG'li Araçların Periyodik Bakımları.....	27
2.8. LPG'li Araçlarda Güvenlik Önlemleri.....	28

BÖLÜM 3.

GÜNÜMÜZ ARAÇLARINDA KULLANILAN KLİMA SİSTEMLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ.....	31
3.1. Ana Hatlarıyla Klima.....	31
3.1.1. Klima nedir?	31
3.1.2. Soğutmanın temel teorisi.....	31
3.1.3. Soğutucu Akışkan.....	32
3.2. Otomobil Klimaları.....	34
3.2.1. Otomobil klimalarının çalışma prensipleri.....	34
3.2.2. Otomobil klimasını oluşturan elemanlar.....	35
3.2.2.1. Sınırlayıcı aygıt (genleşme valfi)	35
3.2.2.2. Evaporatör	36
3.2.2.3. Kompresör.....	37
3.2.2.4. Kondanser.....	38
3.2.2.5. Toplayıcı / Kurutucu.....	39
3.2.2.6. Manyetik kavrama.....	39

BÖLÜM 4.

DENEYSEL ÇALIŞMA VE HESAPLAMALAR.....	41
4.1. Veriler ve Hazırlanmaları.....	41
4.1.1. Deney yeri ve deney aracının teknik özellikleri.....	41
4.1.2. Deney aracının LPG dönüşüm sisteminin incelenmesi.....	42
4.1.3. Deneylerde kullanılan cihazlar ve elemanlar.....	42

4.1.4. Deneylelerde kullanılan fanın debi ölçümü.....	44
4.1.5. Düzeneğin elemanları arasındaki debi ve sıcaklık farkları.....	45
4.1.6. Deneylelerde kullanılan LPG'nin özellikleri	46
4.1.7. Deney aracının düşük, orta ve yüksek devirlerdeki yakıt tüketimleri.....	46
4.1.8. Deney aracında ısı kazancı (soğutma yükü) hesabı.....	47
4.1.8.1. Pencerelelerden gelen ısı kazancı.....	48
4.1.8.2. Tavandan gelen ısı kazancı.....	49
4.1.8.3. İnsanlardan gelen ısı kazancı.....	49
4.2. Deney Düzeneğinin Çalışma Prensipleri	50
BÖLÜM 5.	
DENEY SONUÇLARI VE ANALİZİ.....	54
5.1. Açık Sistemde Yapılan Deneyleler.....	54
5.1.1. Düşük, Orta Ve Yüksek Devirlerde Regülatörden Ölçülen Sıcaklık Değerleri.....	54
5.1.2. Düşük Devire Göre Ortaya Çıkan Soğutma Miktarı.....	59
5.1.3. Orta Devire Göre Ortaya Çıkan Soğutma Miktarı.....	63
5.1.4. Yüksek Devire Göre Ortaya Çıkan Soğutma Miktarı.....	67
5.2. Kapalı Sistemde Yapılan Deneyleler	72
5.2.1. Düşük, Orta Ve Yüksek Devirlerde Regülatörden Ölçülen Sıcaklık Değerleri.....	72
5.2.2. Düşük Devire Göre Ortaya Çıkan Soğutma Miktarı.....	77
5.2.3. Orta Devire Göre Ortaya Çıkan Soğutma Miktarı.....	81
5.2.4. Yüksek Devire Göre Ortaya Çıkan Soğutma Miktarı.....	85
5.3. Doğal Hava Akımına Göre Ortaya Çıkan Sıcaklık Ölçümleri.....	89
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	93
6.1. Sonuçlar.....	93
6.2. Öneriler.....	95
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	100

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

c	: Havanın özgül ısısı (kJ/kgK)
d/dk	: Devir / Dakika
F	: Toplam Pencere Alanı (m ²)
Hp	: Beygir Gücü
k	: Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/ m ² K)
K	: Kelvin
kJ	: Kilo Joule
kW	: Kilowatt
psi	: Psig – Basınç birimi
D	: Debi
Q	: Isı Kazancı (Soğutma yükü)
R-12	: Freon tipi soğutucu
$\Delta_{t,eş}$: Eş değer sıcaklık farkı (°C)
Δ_t	: Sıcaklık farkı (°C)
V	: 1 saniyede geçen havanın hacmi (m ³ / sn)
ζ	: Havanın yoğunluğu (kg / m ³)
Q	: Ortaya çıkan enerji (kJ/sn = kwatt)

Kısaltmalar

Atm	: Atmosfer basıncı
BTU	: İngiliz Isı Birimi
ECER	: Avrupa Topluluğu Emisyon Standardı
LPG	: Likit Petrol Gazı
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
PETDER	: Petrol Sanayi Derneği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Bütan ve propan basıncının sıcaklığa bağlı değişimi (MMO,1999)	4
Şekil 1.2. Buharlaştırma Gizli Isısı.....	6
Şekil 1.3. Benzin, LPG ve Motorinin yıllara göre Milyon Ton değerindeki satışları.....	13
Şekil 2.1. LPG dönüşüm sistemini oluşturan parçaların araç üzerindeki yerleri	18
Şekil 2.2. LPG tankı ve montajı.....	19
Şekil.2.3. Multivalf.....	20
Şekil 2.4. Multivalf koruması ve havalandırma boruları.....	21
Şekil 2.5. Dolum ağzı.....	22
Şekil 2.6. Benzin valfi.....	22
Şekil 2.7. LPG valfi.....	22
Şekil 2.8. Buharlaştırıcı (Regülatör).....	23
Şekil 2.9. Gaz ayar vanası.....	24
Şekil 2.10. Mikserler (Karıştırıcılar).....	24
Şekil 2.11. Yakıt Seçme Anahtarı.....	26
Şekil 3.1. Yüzme ve alkol sürülmesi sonrasındaki buharlaştırma.....	35
Şekil 3.2. Örnek soğutma yöntemi.....	35
Şekil 3.3. R-12 nin basınç ve sıcaklık eğrisi.....	36
Şekil 3.4. Soğutma sisteminin dört ana bileşeni ve akışkanın durumları.....	37
Şekil 3.5. Sabit basınçlı tip sınırlayıcı (genleşme valfi).....	38
Şekil 3.6. Termal tip sınırlayıcı (genleşme valfi).....	39
Şekil 3.7. Evaporatör.....	40
Şekil 3.8. Kompresör.....	40
Şekil 3.9. Kondenser	41
Şekil 3.10. Toplayıcı / Kurutucu.....	42
Şekil 3.11. Manyetik kavrama.....	43
Şekil 3.12. Soğutucu ünite elemanları.....	43
Şekil 4.1. Debi ölçümünün şematik görünümü.....	45

Şekil 4.2. Deney aracında ölçülen yakıt tüketim miktarı.....	47
Şekil 4.3. Açık sistem deneyinin prensip şeması	51
Şekil 4.3. Kapalı sistem deneyinin prensip şeması	52
Şekil 5.1. 2000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri.....	54
Şekil 5.2. 3000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri.....	55
Şekil 5.3. 4000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri.....	58
Şekil 5.4. 1. debinin açık sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması.....	58
Şekil 5.5. 2. debinin açık sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması.....	59
Şekil 5.6. 2000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	60
Şekil 5.7. 2000 d/dk ve açık sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	61
Şekil 5.8. 2000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	62
Şekil 5.9. 2000 d/dk ve açık sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	63
Şekil 5.10. 3000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	63
Şekil 5.11. 3000 d/dk ve açık sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	65
Şekil 5.12. 3000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	65
Şekil 5.13. 3000 d/dk ve açık sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	67
Şekil 5.14. 4000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	67
Şekil 5.15. 4000 d/dk ve açık sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	69
Şekil 5.16. 4000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	69
Şekil 5.17. 4000 d/dk ve açık sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	71
Şekil 5.18. Açık sistem için dengeye ulaşmış durumdaki sonuçlar.....	71
Şekil 5.19. 2000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri.....	73
Şekil 5.20. 3000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri.....	73
Şekil 5.21. 4000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri.....	76
Şekil 5.22. 1. debinin kapalı sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması.....	76

Şekil 5.23. 2. debinin kapalı sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması.....	76
Şekil 5.24. 2000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	78
Şekil 5.25. 2000 d/dk ve kapalı sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	79
.....	
Şekil 5.26. 2000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	80
Şekil 5.27. 2000 d/dk ve kapalı sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	80
.....	
Şekil 5.28. 3000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	82
Şekil 5.29. 3000 d/dk ve kapalı sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	82
.....	
Şekil 5.30. 3000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	84
Şekil 5.31. 3000 d/dk ve kapalı sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	84
Şekil 5.32. 4000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	86
Şekil 5.33. 4000 d/dk ve kapalı sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	86
.....	
Şekil 5.34. 4000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları.....	88
Şekil 5.35. 4000 d/dk ve kapalı sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı	88
.....	
Şekil 5.36. Kapalı sistem için dengeye ulaşmış durumdaki sonuçlar.....	89
Şekil 5.37. Doğal hava akımlı yapılan deney düzeneği.....	90
Şekil 5.38. 3000 d/dk ve 50 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	91
Şekil 5.39. 3000 d/dk ve 60 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	91
Şekil 5.40. 3000 d/dk ve 80 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	92

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Propan ve bütanın fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	2
Tablo 1.2 Çeşitli gazların hava ve oksijenle tutuşma hızları, sıcaklıkları ve aralıkları.....	4
Tablo 1.3. Değişik Propan / Bütan Oranlarında LPG'nin Gösterdiği Değişim Miktarı	6
Tablo 1.4. Avrupa'da propan ve bütan oranları.....	7
Tablo 1.5 Türkiye'de LPG ve oto gazın üretim, tüketim ve ithalat rakamları.....	11
Tablo 1.6 Milyon ton olarak LPG satışları.....	12
Tablo 2.1. Aracın Benzin ve LPG harcama mukayesesi.....	14
Tablo 4.1. Deney aracının teknik özellikleri	42
Tablo 4.2. Deneyde kullanılan LPG'nin özellikleri.....	46
Tablo 4.3. Her 10 dakika için devirlere göre bulunan yakıt ölçüm değerleri.....	47
Tablo 4.4 Güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı Akısı (Watt/m^2) dış ortam 40°C ve kuzey enlemi	49
Tablo 4.5 Bazı malzemelerin ısı geçirgenlik katsayıları (k) ($\text{kcal/hm}^2^\circ\text{C}$).....	49
Tablo 5.1. 2000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri (derece).....	55
Tablo 5.2. 3000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri (derece).....	56
Tablo 5.3. 4000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri (derece).....	57
Tablo 5.4. 2000 d/dk da , açık sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı.....	61
Tablo 5.5. 2000 d/dk da , açık sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı.....	62
Tablo 5.6. 3000 d/dk da , açık sistemde, 1. debide soğutma kapasitesi hesabı.....	64
Tablo 5.7. 3000 d/dk da , açık sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı.....	66
Tablo 5.8. 4000 d/dk da , açık sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı.....	68
Tablo 5.9. 4000 d/dk da , açık sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı.....	70
Tablo 5.10. Açık sistem için dengeye ulaşılmış durumdaki sonuçlar.....	71
Tablo 5.11. 2000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri (derece)	72
Tablo 5.12. 3000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri (derece)	74
Tablo 5.13. 4000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri (derece)	75

Tablo 5.14. 2000 d/dk da , kapalı sistemde 1. debide soğutma kapasitesi.....	78
Tablo 5.15. 2000 d/dk da , kapalı sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı	79
Tablo 5.16. 3000 d/dk da, kapalı sistemde, 1. debide soğutma kapasitesi hesabı	81
Tablo 5.17. 3000 d/dk da , kapalı sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı	83
Tablo 5.18. 4000 d/dk da, kapalı sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı	85
Tablo 5.19. 4000 d/dk da, kapalı sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı	87
Tablo 5.20. Kapalı sistem için dengeye ulaşmış durumdaki sonuçlar.....	89
Tablo 5.21. 3000 d/dk ve 50 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	90
Tablo 5.22. 3000 d/dk ve 60 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	90
Tablo 5.23. 3000 d/dk ve 80 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri	92

ÖZET

Anahtar Kelimeler: LPG’li sistemler, Alternatif soğutma, Klima

Araçlarda hazır bulunan klima sistemleri az da olsa araç motoruna yük olarak yansımaktadır. Bu ekstra yük, performans kayıplarına ve yakıt tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Yakıt olarak LPG kullanan sistemlere getirilebilecek küçük ek düzenekler sayesinde araç kabini içi soğumasına katkıda bulunulması düşünülmüştür.

İlk bölümde literatür çalışmaları sonucunda LPG ile ilgili özellikler, ülkemizde ve dünyadaki sektörleri hakkında bilgi verilmiştir. Diğer bölümlerde sırasıyla LPG’li dönüşüm sistemleri ve güvenliği incelenmiş, araç klimalarının çalışma prensipleri açıklanmıştır.

Son bölümde ise deneysel çalışmalara başlamadan önceki hazırlıklar açıklanmış, deneylere geçilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneylerde LPG’nin buharlaşması esnasında dışardan aldığı ısıyı tek merkezden alması sağlanmış ve bu merkezden geçen havanın araç kabini içine yönlendirilmesi yapılmıştır.

THE DESIGN OF VEHICLE AIR CONDITIONER USING LPG AND AN INVESTIGATION OF APPLICABILITY

SUMMARY

Key Words: LPG Systems, Alternative Cooling, Air Conditioner

The air conditioner systems in the vehicles are a little load to the engine. This extra load cause the increase of the fuel consumption and less of performance. It is thought to help by little additional mechanism to cool the vehicle cabin, for the systems which use, LPG as fuel.

In the first chapter, the result of the literature studies, information about the qualities of the LPG in our country and in the world markets is given. In the other chapters, sequently the transformation systems of LPG and the working principle of the vehicle air conditioners is explained.

In the last chapter, the preparations are explained before the experimental studies and then passed to experiments and the results evaluated. In the experiments, it is provided that the heat is got from an only centre and the air passed from this centre and steered into vehicle cabin as the evoporation of LPG is occuned.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1.Giriş

İçten yanmalı motorlarda özellikle kıvılcım ateşlemeli motorlarda motor performansı ve emisyonlar yönünden yakıtların özellikleri önem taşımaktadır. Kullanılan yakıtın kolaylıkla buharlaşabilmesi, havayla kısa sürede karışabilmesi ve birim hacimde yüksek enerji sağlayabilmesinin yanında tutuşma özellikleri, yanma hızının uygunluğu v.b. özellikler önemlidir.

Ülkemizde otomotiv yakıtı olarak kullanılacak LPG'nin özellikleri ve testleri ile ilgili olarak standartlar mevcuttur. Fakat henüz özel otomotiv gazı üretimi yapılmamakta olup sanayide ve konutlarda kullanılan LPG gazları dönüşüm yapılmış taşıtlarda da kullanılmaktadır. Bu da ülkemizde kullanılan ve %30 propan, %70 bütan'dan oluşan LPG olmaktadır. Avrupa ülkelerinde ve Amerika ile Kanada'da bu oranlar genellikle propan gazının ağırlıklı olduğu oranlar olmakla birlikte İtalya, Fransa, Yunanistan ve İspanya gibi Akdeniz ülkelerinde de yaklaşık ülkemizdeki oranlardaki gaz karışımları kullanılmaktadır. Günümüzde bir çok ülkede kullanılan LPG yakıtlarda, gazın karışım oranları mevsim özelliklerine göre değiştirilerek kullanılmaktadır. Tablo 1.1 de LPG yerine propan ve bütan gazlarının özellikleri verilmiştir. LPG için hesap yapılmak istenirse gazın birleşimindeki mol oranları kullanılarak LPG karışımının özellikleri bulunabilir.

1.2. LPG'nin Özellikleri ve Karakteristikleri

1.2.1. Fiziksel özellikler

Herhangi bir maddeyi emniyetli bir şekilde kullanabilmek için özelliklerini bilmek gerekir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ve Makine Mühendisleri

Odası'nın (MMO) ortak çalışmasında, taşıtlarda ve sanayide LPG kullanımında emniyet ve güvenilirlik açısından uyulması gereken kaideler ortaya konulmuştur. Meydana gelen kazalar insanlar ya emniyet kurallarına uymadıkları ya da bu maddelerin veya cihazların kullanılması hakkında yeteri kadar bilgi sahibi olmamalarından kaynaklandığını göstermektedir. LPG gazını büyük ölçüde oluşturan Bütan ve Propan gazının özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo1.1 Propan ve bütanın fiziksel ve kimyasal özellikleri

GAZ / ÖZELLİK	PROPAN	BÜTAN
Kimyasal formülü	C_3H_8	C_4H_{10}
Moleküler ağırlığı (kg/kmol)	44	58
Özgül ağırlığı (kg / lt)	0.51	0.58
Kaynama noktası (°C)	-43	-0.5
Donma noktası (°C)	-138	-188
Alt ısıl değeri (kcal / kg)	11100	10900
Tutuşma noktası (°C)	493-549	482-538
Yanma (tutuşma) limitleri (%)	2.1-9.5	1.5-8.5
Yanma hızı (m/s)	0.32	0.32
Alev sıcaklığı (°C)	1980	2008
Motor oktan sayısı	97	92

1.2.1.1. Kaynama noktası

Propan ve bütanın arasındaki en önemli farklardan birisi kaynama noktalarıdır. Kaynama noktası atmosfer basıncı altında, gaz fazından buhar fazına geçiş sıcaklığını vermektedir. Propan -43 °C sıcaklıkta sıvı halde bulunurken, bütan 0 °C sıcaklıkta sıvı fazında bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle soğuk iklimlerde LPG bünyesinde propan daha fazla tutularak sıvı fazdan gaz fazına geçiş kolaylaştırılmaktadır.

Bütanın kaynama noktası nispeten yüksek olduğundan genelde sıcak iklimli bölgelerde kullanılmaktadır. Kaynama noktası düşük olan propan ise daha çok soğuk iklimlerde kullanılır. Çünkü bu gibi yerlerde bütan yeterli basınç sağlayamaz.

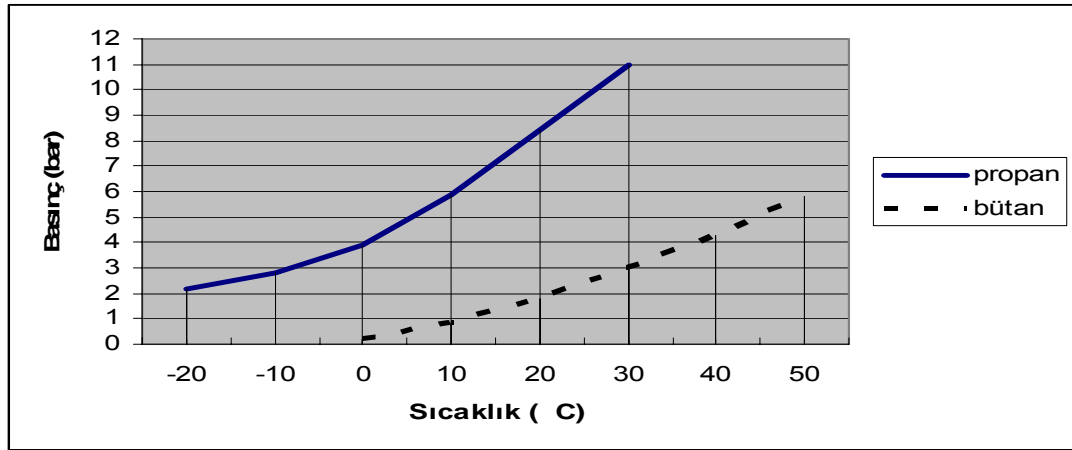
Son yıllardaki ekonomik şartlar bu durumu biraz değiştirmiştir. Bütan kimyasal maddelerin imalatında kullanılmaya başlanınca yakıt olarak eskisi kadar kolay bulunmaz olmuştur. Bunun sonucunda bütan kullanılan birçok bölgede zamanla daha az bütan kullanılmaya başlanmıştır. Bunun üzerine daha yüksek basınca göre yapılmış yakıt tanklarının ve teçhizatının kullanılması icap etmiştir.

Birçok hallerde bütan ve propan değişik oranlarda karıştırılır. Bu bilhassa kış aylarında bütanın yalnız başına tesisatı işletmeye yetecek kadar basınç sağlayamadığı bölgelerde yapılmaktadır. İki yakıtın karışım halinde bulunduğu bir depo içinde her gaz kendi hacmi nispetinde kısmi bir basınç yapar. Karışımın buhar basıncı, gazların ayrı ayrı kısmi basınçlarının toplamına eşittir. Belirli bir sıcaklıkta birkaç hidrokarbon karışımının buhar basıncını tayin edebilmek için o sıcaklıktaki mutlak basınç bakımından her gazın ayrı ayrı basıncını bulmak gerekir. Bunun için mutlak basınç göstergesindeki rakama 1 kp/cm² lik atmosfer basıncı ilave etmek suretiyle ortaya çıkar.

1.2.1.2.Buhar basıncı

LPG'nin önemli özelliklerinden biri olan buhar basınç değerine bağlı olarak yakıt tankında bulunan yakıtın sıvı ve buhar gazları arasındaki denge durumu sağlanmaktadır. Örneğin bütan için buhar basıncı 0,005 bar iken, propan için aynı sıcaklıkta 4 bara çıkar.

Görüldüğü gibi karışımın bütan / propan oranına bağlı olarak LPG nin buhar basıncı değişmektedir. Artan sıcaklıkla birlikte sıvı fazdaki propan hacmi hızla değişmekte ve basınç değerlerinde artış görölmektedir. Bu husus yakıt tanklarında emniyet açısından önem taşımaktadır.



Şekil 1.1 Bütan ve propan basıncının sıcaklığa bağlı değişimi (MMO,1999)

1.2.1.3. Tutuşma sıcaklığı ve sınırı

Karışımın tutuşabilmesi için gaz ve havanın uygun oranda karışmış olması gerekmektedir. Propan gazı kullanıldığı zaman gaz-hava karışımının en az % 2,1 gaz bulunmadıkça karışım tutuşmaz. Eğer gaz oranı % 9,5 ten fazla ise karışım alev almayacak kadar zengin olur. Tablo 1.2 de çeşitli gaz yakıtların hava ve oksijen ile karıştırıldıklarında tutuşma sıcaklıkları, maksimum tutuşma hızları ve tutuşma aralıkları verilmiştir.

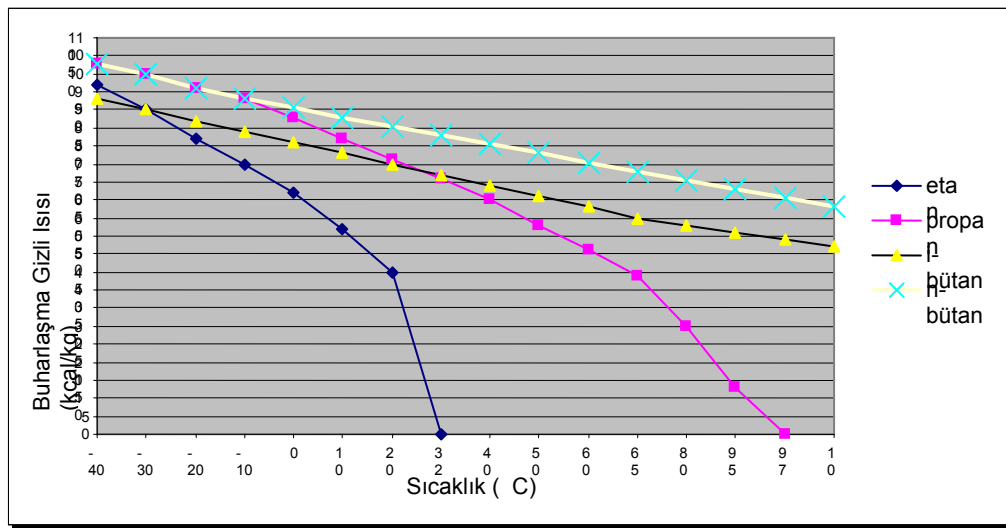
Tablo 1.2 Çeşitli gazların hava ve oksijenle tutuşma hızları, sıcaklıkları ve aralıkları

	Tutuşma Sıcaklıkları (°C)		Maksimum Tutuşma Hızı (cm/s)		Tutuşma Sınırları Karışımında % Hacim	
	Hava	Oksijen	Hava	Oksijen	Hava	Oksijen
Propan	510	490	32	450	2,1-9,5	2,0-4,8
Bütan	490	460	32	370	1,5-8,5	1,3-4,7
Hava Gazı	560	450	38	710	6,0-3,5	4,0-7,0
Asetilen	335	300	130	1310	2,3-8,2	2,8-9,3
Hidrojen	510	450	267	890	4,1-7,5	4,5-9,5

1.2.1.4. Buharlaşma Gizli Isısı

LPG, tankta sıvı halde muhafaza edildiğinden gaz haline geçirmek için oldukça yüksek derecelerde ısıya ihtiyaç vardır. Bu ısı motorda radyatörden gelen sıcak su ile

veya hava soğutmalı motorlarda sıcak hava ile ya da egzoz gazları ile sağlanmaktadır. LPG nin buharlaşma gizli ısısı Şekil 1.2 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Buharlaşma Gizli Isısı

1.2.2. Kimyasal özellikler

Propan ve bütanın kimyasal bileşimi esasında propilen ve bütilen olarak şekillendirilmiş diğer hidrokarbonların belli bir yüzdesini içerir. Motorlu taşıtlarda LPG'nin kullanılmasında düşük bir yüzde tutulmaktadır. Propan ve bütan (C_nH_{2n+2}) genel formülüne uyarlar, parafinik yapıya sahiptirler. Karbon arasındaki bağlar zayıftır. Zincir şeklinde bir bağ teşkil ettiklerinden tutuşmaya meyilleri fazladır. Isıl değerleri yüksek, özgül ağırlıkları azdır. İ-bütanın n-bütana göre her molekülünü teşkil eden atom sıralamasında ufak değişiklikler vardır. Aslında kapalı formülleri ve özgül ağırlığı aynıdır.

LPG tüplerinde n-bütan kullanılmaktadır. Bu düz bir zincir şeklindeki yapıya sahip olduğundan kolay parçalanır ve tutuşmaya meyili fazladır. Propan ve bütanın bir diğer özelliği de boya gibi maddeleri eritmesidir. Ayrıca kauçuk türü hortumların da deforme olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle LPG hortumları sentetik malzemedir yapılmaktadır. Yakıt tankı ile regülatör arasında yer alan basınç altındaki LPG hatları için özel bakır veya çelik borular kullanılmaktadır.

1.2.3. LPG'nin karakteristikleri

Normal benzin ile LPG arasında bazı temel farklılıklar vardır. LPG motoru gaz olarak besleyen propan-bütan karışımıdır. Böylece en uygun karışım hazırlanışı kolaylaşmakta bunun yanında emilen hava ile karışımı kolaylaşmaktadır. Normal sıvı yakıtların aksine LPG, emme zamanı tamamen buharlaşır ve böylece daha büyük bir hacme yayılır. Ayrıca gizli buharlaşma ısı motordaki termodinamik işlemi etkilemez. Bunun sebebi soğutma suyunun gaz karıştırıcıya girmeden önce buharlaştırıcıyı ısıtmasıdır.

Ayrıca bileşimi meydana getirenlerin elde edilebilirliğine ve iklim şartlarına göre benzer değişimler diğer ülkelerde de görülebilir. Propan verilen sıcaklıklarda daha yüksek basınçlar verebilir. Tablo 1.3 de piyasadaki değişik propan-bütan oranlarının ısı değerlerinde ve stokiyometrik hava-yakıt oranlarında yaklaşık % 9 civarında bir değişim ve oktan sayılarında 17 ye varan farklılık görülebilmektedir.

Tablo 1.3. Değişik Propan / Bütan Oranlarında LPG'nin Gösterdiği Değişim Miktarı

PROPAN / BÜTAN	%96 / %4	% 80 / % 20	DEĞİŞİM
Hacimsel ısı değeri (Mj/l)	23,5	25,6	% 8,9
Stokiyometrik Hava/Yakıt Oranı	15,26	16,69	% 9.3
RON	111	94	-17
MON	97	90	-7

LPG'nin birleşimi bir bölgeden diğerine büyük ölçüde değiştiği için buna bağlı olarak karakteristiklerinin de değişeceği beklenmelidir. Avrupa'da propan / bütan oranı %20-%96 arasında dalgalanmaktadır. (Tablo 1.4)

1.3. Dünyada ve Türkiye'de LPG Sektörü

1.3.1. Dünyada ve ülkemizde LPG'nin yakıt olarak kullanılması

Hava kirliliği, bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de,günlük hayatımızda karşı karşıya kaldığımız en büyük problemlerden birisi olarak varlığını sürdürmektedir,

Hava kirliliği genel olarak taşıtlar gibi hareketli ve güç santralleri, sanayi tesisleri, konutlar v.b. gibi sabit kaynaklardan, gaz ve partikül emisyonu şeklinde doğrudan doğruya veya dolaylı olarak çevreye yayılan kirleticilerden oluşmaktadır. Motorlu taşıtların egzozlarından kaynaklanan hava ve çevre kirliliği, son yıllarda en önemli problemlerden birisi olarak gündemdeki yerini korumaktadır. Yurt dışında yapılan çalışmalarda, motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların toplam hava kirliliğinde önemli oranda etkili olduğu belirlenmiştir. Bunu endüstri ve konut bacaları, termik santraller ve diğerleri izlemektedir.

Tablo 1.4. Avrupa'da propan ve bütan oranları

ÜLKELER / MEVSİM	PROPAN / BÜTAN ORANI	
	YAZ	KIŞ
Belçika	30 / 70	50 / 50
Almanya	PROPAN	PROPAN
Danimarka	50 / 50	70 / 30
İngiltere	PROPAN	PROPAN
Avusturya	20 / 80	80 / 20
Hollanda	30 / 70	70 / 30
İsveç	PROPAN	50 / 50
İsviçre	PROPAN	PROPAN

Geçmiş yıllarda, Amerika Birleşik Devletleri'nde motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin toplam hava kirliliğinde oranı %42 , Almanya'da %47 olarak bulunmuştur . Ülkemizde yapılan çalışmalarda, Ankara için egsoz gazlarının hava kirliliğindeki etkisi, partikül emisyonlarında %42, hidrokarbon emisyonlarında %86, azot oksit emisyonlarında %73, karbon monoksit emisyonlarında %87 ve toplam hava kirliliğinde ise %74 olarak belirlenmiştir . Verilen değerler, motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların Ankara için de diğer ülkelerdeki kadar hatta daha önemli bir yeri olduğunu göstermektedir.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirliliğin azaltılması çalışmaları ile ilgili olarak değişik ülkeler değişik yaklaşımlarda bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı, kurşunsuz yakıt gibi mevcut yakıt kalitesini iyileştirmeyi amaçlarken, bazı çalışmalar da çift yakıt veya doğal gaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (Liquefied Petroleum Gas-LPG)

olarak adlandırılan, propan ve bütan gazları veya bunların belirli oranlarda karışımları gibi alternatif yakıt türleri ile elektrik veya güneş enerjisi v.b. kullanıldığı yeni araç teknolojileri üzerinde sürdürülmektedir.

Çalışmaların zorlayıcı etkenleri çevre kirliliğinin azaltılması veya önlenmesi olmakla beraber, kullanılan yakıt rezervlerinin azalması, fiyatların yüksek olması, üretici firma sayısının ve ürün çeşitliliğinin artması ile malzeme, imalat, enerji v.b. mühendisliğin her dalında teknolojinin hızla ilerlemesinin önemi de inkar edilemez. Alternatif yakıt olarak Amerika, Kanada, Japonya, Güney Kore ve Avustralya ile bazı Avrupa ülkelerinde LPG kullanılırken, Brezilya'da etanol kullanılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde gerek standartlaşmaya yönelik gerekse yeni teknolojiler geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam ederken Türkiye ve benzeri gelişmekte olan ülkelerde de çalışmalara başlanmıştır. Ülkemizde, 1986 yılında, doğal gazın ısıtma sistemlerinde yakıt olarak kullanılmaya başlanmasından sonra motorlu taşıtlarda da doğal gaz kullanımı gündeme gelmiştir. Özellikle şehir içi toplu taşımacılıkta kullanılan belediye otobüslerinde yakıt olarak doğal gaz kullanılması yolunda yapılan çalışmalar başarılı olmuş ve Ankara'da dönüşümü yapılan otobüsler bir dönem toplu taşımacılıkta kullanılmıştır. Çevre Bakanlığı ve Otomotiv Sanayicileri Derneği ile birlikte 1993 yılının Aralık ayında, motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların azaltılmasına yönelik olarak yayınlanan bir deklarasyonla en kısa zamanda kurşunsuz benzin kullanımının artırılması amaçlanmış, EURO '93 Standardına ve katalizör kullanımına geçiş uyum programı oluşturularak; silindir hacmi 1800 cc ve daha yukarı otomobiller için en geç 01.01.1995, silindir hacmi 1600 ile 1799 cc olan otomobiller için en geç 01.01.1996, silindir hacmi 1400 ile 1599 cc olan otomobiller için en geç 01.01.1999 ve silindir hacmi 1399 cc'den küçük olan otomobiller için ise en geç 01.01.2000 tarihleri belirlenmiştir.

Ülkemizde özellikle 1996 yılında hızla artan ve çoğunlukla ticari araç sahiplerinin yöneldiği ve alternatif yakıt olarak seçilen, LPG kullanımı gündeme gelmiştir. Bu yakıtın seçilmesinin en önemli nedeni günümüzdeki fiyatların benzine oranla oldukça düşük olmasıdır. Haziran 1997 itibari ile normal benzin fiyatının yaklaşık 88500 TL/lt ve oto gaz fiyatının 34150 TL/lt olması bunun en güzel göstergesidir. Henüz çevre bilincinin tam oluşmadığı ülkemizde, LPG Yakıtının egsoz

emisyollarının düşük olmasının seçimde bir kriter olarak etkin rol oynadığı görüşü çok kuvvetli değildir. Çalışmanın bu bölümünde , LPG gazının alternatif yakıt olarak seçilebilecek diğer yakıtlarla karşılaştırmaları verilmiştir.

İlk olarak Amerika Birleşik Devletlerinde San Diego Gas - Electric Company tarafından denenen sıvılaştırılmış petrol gazı ile motorların çalıştırılması, otomotiv endüstrisinde son derece faydalı bir uygulama olarak kabul edilmektedir. Uzmanların bu yakıtta, yer yüzünde rezervinin çok fazla olması nedeni ile, büyük ümitler bağladıkları bilinmektedir.

Chicago'da düzenlenen uluslar arası bir toplantıda 1980 yılı başlarında her türlü motorlu araçta, her gün 80 milyar litre sıvılaştırılmış gaz kullanılabileceği hesaplanmıştır. Amerika'dan başka, bir çok ülkede de denemeler yapılmaktadır. En son olarak 1975 Eylülünde Rusya'da sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan ilk araç piyasaya çıkarılmıştır. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) petroldeki en hafif hidrokarbonlardan oluşur. Normal hava koşullarında gaz, basınç altında ise sıvı haline dönüşürler. Kuyularda petrol çıkarılırken veya rafinelerde petrol işlenirken yan ürün olarak elde edilirler. Ayrıca yer altındaki doğal gaz yataklarından da çıkarılır.

Bu gazlara basınç uygulandığında hacimleri 230-267 misli küçülür. Örneğin, 267 metreküplük gaz sıvılaştırıldığında 1 metreküplük bir hacme sığar. Evlerde ısıtma ve mutfak işlerinde kullanılan bu gazların adları metan, etan, propan ve bütan dır. Bunlardan şimdilik motor yakıtı olarak bütan ve propandan faydalanılmaktadır.

1.3.2. Dünyada oto gaz teşvikleri

İleri sanayi ülkelerinde hükümetlerin oto gaza temel yaklaşımı ; “çevre politikalarıyla teşvik etmek, enerji politikalarıyla sınırlamak” şeklindedir. Diğer bir ifade ile LPG emisyonları sebebiyle çevre dostu yakıt olarak tercih edilir, ancak ülkelerin genel enerji politikasından ayrı düşünülemez. 1997 dünya genelinde 10 milyon tonu aşan Oto-LPG pazarı asıl gelişme fırsatını, LPG'nin düşük fiyatlarla pazarlandığı; İtalya, Hollanda, Japonya ve Avustralya gibi ülkelerde bulmuştur. Bu ülkelerde otomotiv pazarlarının çeşitli kesimleri farklılık göstermektedir. Bazı

ülkelerde hangi alanların Oto-LPG den faydalanacağı pazarda güçlü oranlar, diğer ülkelerde hükümetler belirlemiş veya denetim altına alınmıştır. Oto-LPG teşviklerini değerlendirebilmek için, sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkeler temel alınarak, karşılaştırma yapmak yararlı olacaktır. Bu amaçla Japonya, ABD, Hollanda, Almanya gibi ülkelerin yanında Yunanistan, Endonezya, Çin ve Güney Kore gibi ülkelerdeki teşvikler aşağıda özetlenmiştir (MMO,2000) :

Japonya: Taksiler %95 oranında oto gazla çalışmakta, Nissan, Toyota her yıl 45 bin yeni taksiyi LPG'li olarak üretmektedir. Altı farklı kentte NO_x sınırlamaları nedeniyle oto gazlı araç kullanımı teşvik edilmektedir.

Avustralya: Tüm gazlı yakıt kullanan araçlar vergiden muaf olup, LPG fiyatı benzinin % 50'si değerindedir. Bu nedenle pazar payı hızla büyümüştür.

ABD: LPG'nin pazardaki çeşiti ağırlıklı olarak propandır. Otomobil ve hafif araçlarda yaygın olarak kullanılan yakıt benzin olup, bazı eyaletler kendi emisyon standartlarını uygulamaktadır. Kongre 1996 yılında "propan öğretim araştırma kanunu - PERA" çıkarmış propan öğretim ve araştırma konseyi (PERC) oluşturulmuştur. Bazı eyaletlerde alternatif yakıtlı araçların satın alınmasında "vergi kredisi" uygulaması vardır. Ülke genelinde LPG vergisi galon başına 13,6 cent dir.

Hollanda: Oto gazda vergi düşüktür. Hedef tüm araçların % 10'unun LPG dönüşümlü olmasıdır. Hükümet kamu taşıması yapan şirketlerde bir "niyet beyanı" imzalamış ve 2003 yılında gaz yakıtlarla çalışan otobüs sayısının toplamının %50'sine ulaşmasını hedeflemiştir.

Almanya: Metropolitan bölgelerdeki kirliliği azaltılması düşünülen oto gaz kullanımı teşviki 1995-2000 yılları arasını kapsamakta ve yakıt satış vergileri %60 düşük tutulmaktadır. Oto gazda vergi indirimi yeni yatırım faaliyetlerinin doğmasını sağlamaya yetmediğinden bu indirim süresinin 2009 yılına kadar uzatılması düşünülmektedir. Taşıt dayısı itibariyle dünyada ilk sıralarda yer alan Almanya'da büyük bir oto gaz potansiyeli vardır.

Yunanistan: Yoğun kirlilik yaşayan günlerde getirilen, gün aşırı kullanma sınırı LPG'li taşıtlarda yoktur. 1998 yılında oluşturulan Bakanlıklar arası kurul otogaz uygulamasını kullanmayı yaygınlaştırmaya çalışmaktadır.

Endonezya: Enerji ve Maden Bakanlığınca oto gaz temiz yakıt olarak kabul edilmiş, Temmuz 1995 ten beri Jakarta ve Surabaya'da taksiler LPG' ye dönüştürülmüştür.

LPG'ye dönüşüm hedefi otobüsleri de kapsayacaktır. Pazarın büyümesi beklenmektedir.

Güney Kore: Oto-LPG'ye yalnız; taksiler, otobüsler ve kamyonlarda izin verilmekte olup, oto gaz fiyatı benzinin 1/3 mertebesindedir. Çevre Bakanlığının eğilimi toplu taşıma araçlarının ve büyük kamyonların dizel yerine LPG'ye çevrilmiş olmasını tercih şeklindedir.

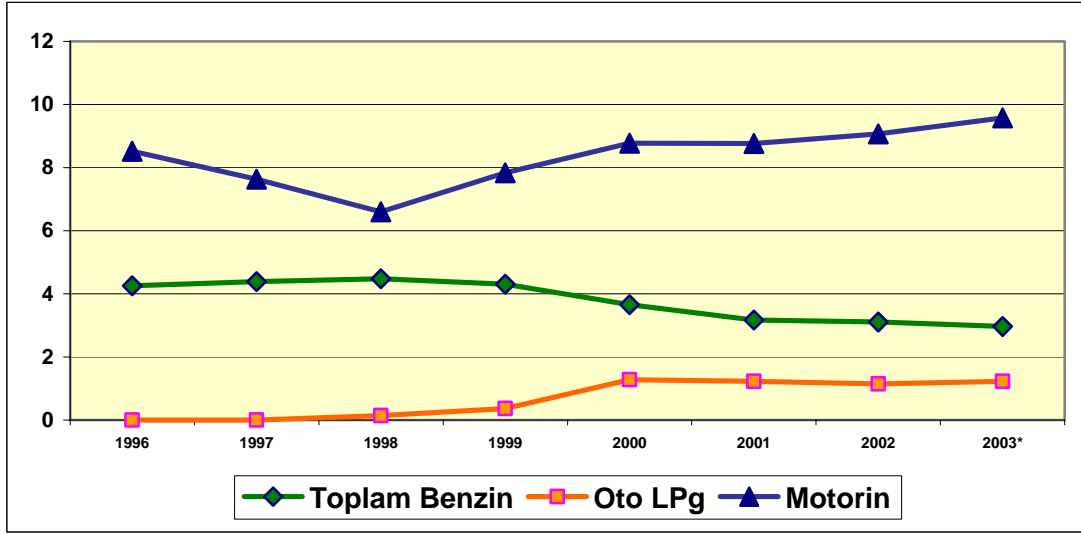
Çin: Büyük kentlerde 1995 yılından bazı resmi otolarda LPG dönüşümü yapılarak denenmiştir. Temel amaç hava kirliliğini azaltmaktır. Kamu taşımacılığında devlet desteği ilan edilmiştir. Dünyanın bu en kalabalık ülkesinde LPG pazarının büyümesi beklenmektedir.

1.3.3. Türkiye'de LPG pazarı

Toplumun 1960'ların başında tanıdığı LPG; hükümetlerce temel mutfak yakıtı sayılarak, akaryakıtlarda ayrı değerlendirilmiş ve tüketiciye gerçek fiyatının altında satılmasına dikkat edilmiştir. 1970 yılından itibaren LPG tüketimi, üretimi aşmış ve LPG ithal edilmeye başlanmıştır. Tükettiği petrol ürünlerinin büyük bir bölümünü ithal eden Türkiye'nin 1998 yılındaki 28 milyon tonluk petrol tüketimi içindeki LPG payı %11 olmuştur. 1998 yılının ikinci yarısında uygulamaya giren "Liberasyon uygulaması" sonucu ve LPG ve dökme LPG tüketimin hızla artış göstermesi ; LPG için yeni uygulamalar ve tedbirleri gündeme getirmiştir. Tablo 1.5 te Türkiye'de LPG ve oto gazın üretim, tüketim ve ithalat rakamları görülmektedir.

Tablo 1.5 Türkiye'de LPG ve oto gazın üretim, tüketim ve ithalat rakamları

YILLAR	ÜRETİM	LPG TÜKETİMİ	OTOGAZ TÜKETİMİ	İTHALAT %
1996	778	2.489	-	69
1997	748	2.873	70	73
1998	791	3.174	148	75
1999	660	3.364	500	80
2000 (Tahmin)	794	3.500	800	83



Şekil 1.3 Benzin, LPG ve Motorinin yıllara göre Milyon Ton değerindeki satışları

Eylül sonuçlarına bakıldığında, 2005 Senesi LPG kullanımının tüm sektörlerde toplam 3.7 milyon ton civarında tahmin edilmektedir. Otogaz kullanımı ise 1.5 milyon ton civarında gerçekleşebilir. Geçen sene otogaz kullanımı 1 milyon 387 bin ton olarak gerçekleşmişti. Otogaz sektörünün gelişmesindeki en kritik yıl 2000 senesidir. Otogaz satışları 2000 yılında 1 milyon 281 bin ton olarak gerçekleşmiş ve kalıcı olarak otomobil yakıtları içerisine girmiştir.

Tablo 1.6 Milyon ton olarak LPG satışları

Yıllar	Tüplü	Dökme	Otogaz
2005	1.730	0.450	1.500
2004	1.803	0.569	1.387
2003	1.656	0.570	1.262
2002	1.724	0.723	1.146
2001	1.810	0.794	1.231
2000	2.131	0.069	1.281
1999	2.035	0.944	1.362
1998	2.156	0.988	0.145

Bu gelişmeden de anlaşılacağı gibi doğalgazın yaygınlaşması Tüplü ve Dökme gaz sektörlerinde düşüşlere neden olurken otogaz sektörü büyümesini sürdürmüştür.

PETDER Petrol Sanayi derneği olarak LPG Kanunu bünyesinde hazırlanan Lisans Yönetmeliği sektör ile yakın işbirliği ve iletişim içinde hazırlanmış , kanunun

öngördüğü ve tanımladığı çerçeve içinde piyasada faaliyet gösteren ve göstermeyi planlayan tüm kuruluşlar lisans almak durumunda bırakılmıştır. Lisans Yönetmeliği, LPG Sektörünün en temel düzenlemesi ve bu yönde yapılan çalışma sektördeki birçok sorunu düzenleme altına alabilecek yapıdadır. (Dr.E.Metin Söyleşi)

BÖLÜM 2. BENZİNLİ MOTORLARDA LPG DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ

2.1. LPG'li Araçların Çalışma Prensipleri

Depodaki basıncın etkisi ile sıvı yakıt depodan, yakıt borularıyla yüksek basınç regülatörüne gönderilir. Depodaki basınç 16 atm den 1,5 atm ye kadar değişebilir. Yüksek basınç regülatörü yakıt basıncını 0,5 – 1 atmosfere düşürür.

LPG, yüksek basınç regülatörünü yarı gaz, yarı sıvı olarak terk eder ve buharlaştırıcıya gider. Buharlaştırıcıdaki bir bölümden LPG geçerken diğer bölümden de motordan gelen sıcak su geçmektedir. Sıcak su ısısını yakıtı vererek LPG nin tam buharlaşmasına yardımcı olur. Yakıt buharlaştıktan sonra alçak basınç regülatörüne geçer ve basıncı atmosferik basıncın biraz altına düşer. Böylece yakıt karbüratöre geçmeye hazır hale gelmiş olur. Yakıt basıncının atmosferik basıncın biraz altına düşürülmesi, motor çalışıp silindire hava akışı başlamadan yakıtın kendi kendine akışını önler. Venturide vakum meydana geldiğinde yakıt havaya karışmaya başlar. Karbüratör bu sistemlerde de karıştırıcı olarak görev yapar. LPG buhar halinde girdiği için normal sistemlerde olduğu gibi yakıtı atomize etmeye gerek yoktur. LPG hava boğazındaki mikser adı verilen bir karıştırıcı sayesinde havaya karışır ve emme manifoldu aracılığı ile silindirlere sevk edilir.

2.2. LPG Dönüşüm Sistemleri Çeşitleri

Trafik güvenliği, araç, yol ve insan unsurlarını içeren ülkemizin çok yönlü can alıcı sorunlarından birisidir. Bugün LPG'li araçlar; montaj tespitinden itibaren başlayıp bakım ve periyodik kontrol süreçlerini içermesi gereken denetim ortamının yeterince sağlanamaması nedeni ile bu can alıcı sorunun önemli bir parçası haline gelmiştir. Son günlerde basına yansıyan elim trafik kazalarından anlaşılacağı üzere

vatandaşların (tüketicilerin) bu alanda doğru bir şekilde bilgilendirilmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır.

LPG sistemlerinin; araçlara montajından başlayarak, kullanılmasına, bakım ve periyodik kontrollerine kadar tüketicilerin dikkat etmesi gereken bir dizi önemli kurallar vardır. Bu kuralların eksiksiz olarak yerine getirilmesi ile LPG'li araçlar tam anlamıyla güvenli çalışma koşullarına ulaştırılabilir. Bu nedenle öncelikle kullanıcıların montaj ve sonrasında varsa teknik yetersizlikler ve periyodik kontrol uygulamalarına ilişkin doğru bilgiye gereksinimi bulunmaktadır. Benzinli motorların aynı zamanda LPG ile çalışmasını sağlayacak dönüşüm sistemleri üç grupta sınıflandırılmıştır.

1. Grup (karbürasyon):Bu gruptaki araçlar birinci nesil karbüratörlü araçlardır. LPG dönüşüm sistemlerinin en basiti olan bu sistemde açık devreli LPG donanımı kullanılmaktadır. Yakıt tankından sıvı fazda alınan LPG, bir regülatör (buharlaştırıcı) yardımı ile emme manifoldunda yer alan bir gaz karıştırıcıya gönderilerek hava ile karıştırıldıktan sonra silindirlere yollanmaktadır.

2. Grup (elektronik kontrollü karbürasyon) : Bu gruptaki araçlar ikinci nesil yakıt püskürtmeli araçlardır. Bu dönüşüm sistemlerinde egzoz gazları içerisindeki oksijen miktarı ölçülerek, elektronik kumanda ünitesi yardımı ile yakıt miktarı regülatöre uygun şekilde verilmektedir.

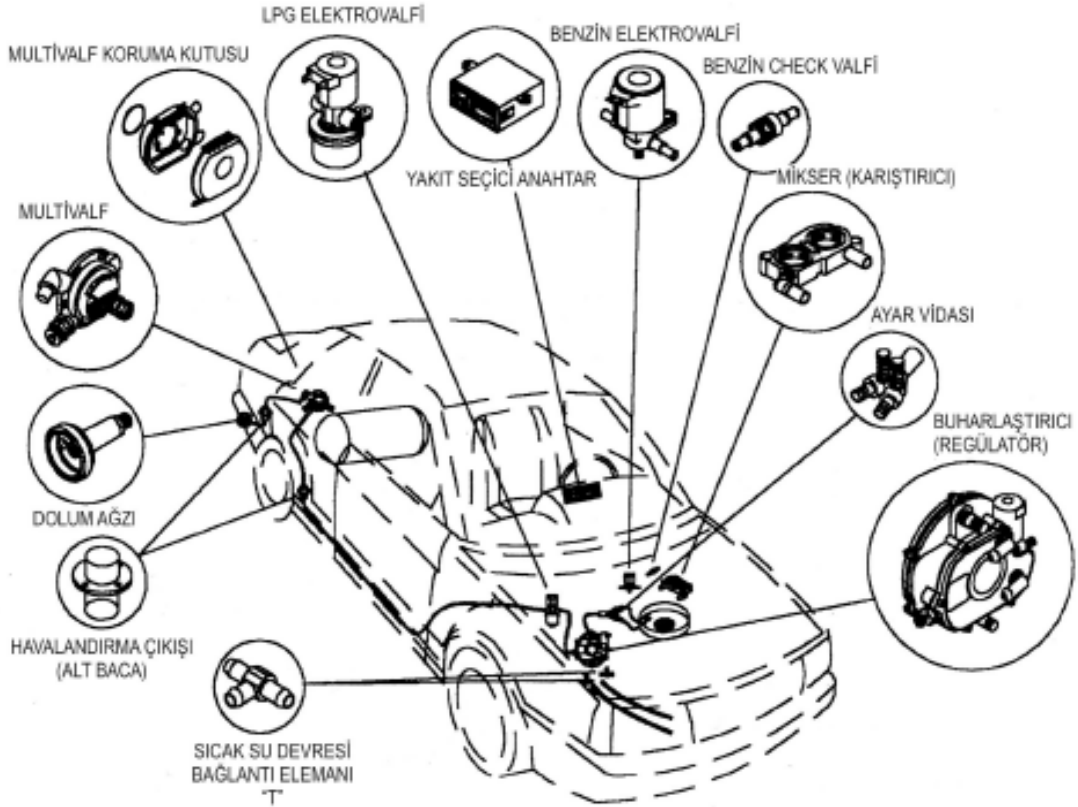
3. Grup (püskürtme) : Çok yaygın olarak kullanılmayan bu sistemler, üçüncü nesil sıvı LPG püskürtmeli sistemlerdir. Plastik manifoldlu araçların artmasıyla üçüncü nesil sistemlerde çoğalmaktadır.

2.3. LPG Dönüşüm Sistemini Oluşturan Parçalar ve Görevleri

2.3.1. LPG tankı

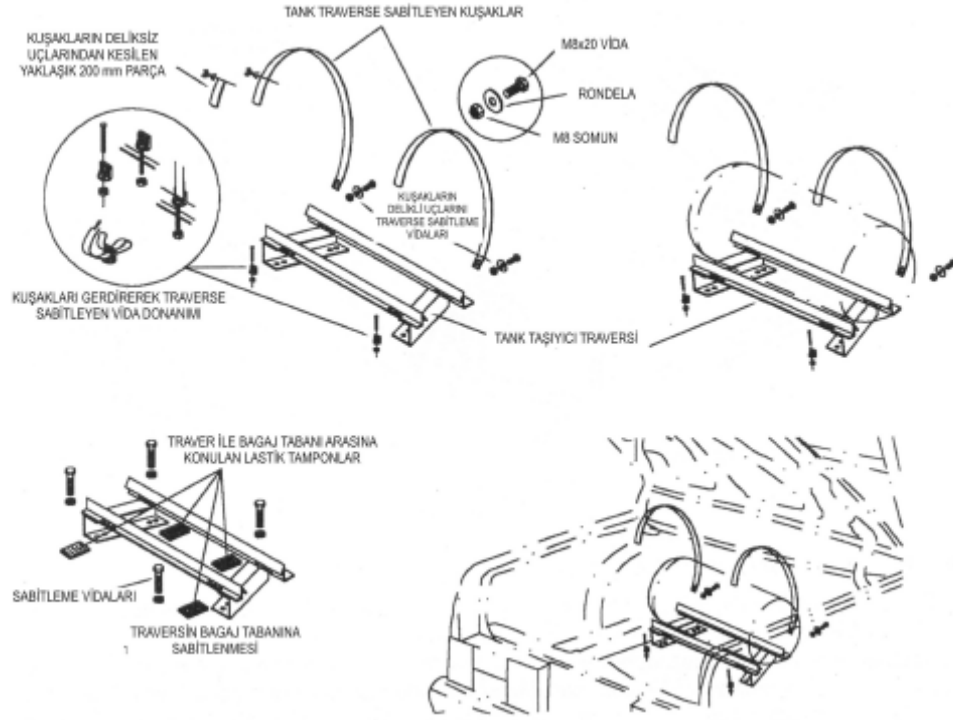
LPG tankı basınçlı kaplar statüsünde olup en çok 115 atmosfer basınca ve dış etkenlere dayanımlı olarak yapılırlar. Genellikle bu tanklar; 3-4 mm kalınlığında özel saclardan imal edilirler. Ayrıca saclar özel kaynak sistemiyle birleştirilir ve kaynaklar röntgen ışınlarıyla kontrol edilirler. Silindirik ve stepne olmak üzere iki

çeşit LPG yakıt tankı vardır. Bunlar kendi içlerinde ikiye ayrılırlar A tipi tanklar; 25 bar işletme basıncı, 30 bar test basıncına tabii tutulur, B tipi tanklar ise 25 bar işletme basıncı ve 45 bar test basıncına tabii tutulurlar. Tanklar son derece sağlam çarpmalara karşı esnek malzemelerden yapılmışlardır. Tankların çarpma sonucunda yırtılması ve patlaması söz konusu değildir.



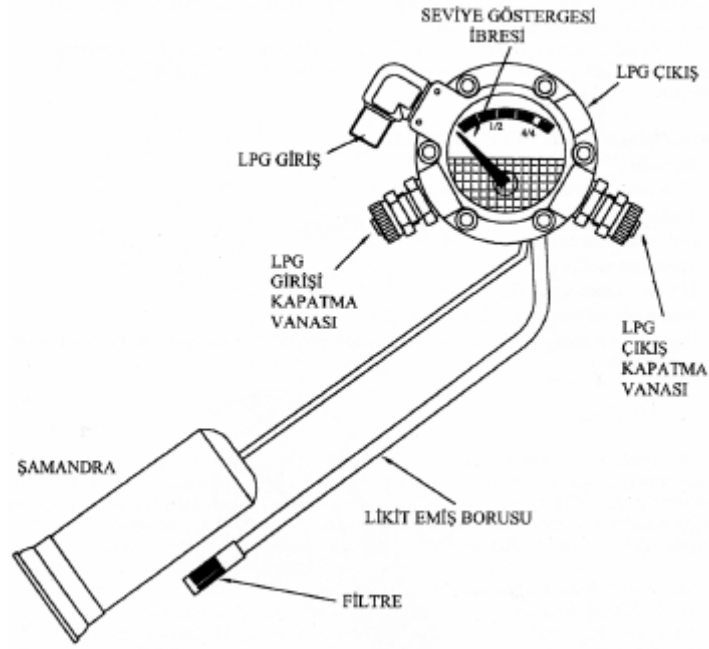
Şekil 2.1 LPG dönüşüm sistemini oluşturan parçaların araç üzerindeki yerleri

LPG tankları ECER 67 ve TSE standardında olmalıdır. LPG tankları imal tarihinden itibaren 10 yıldan fazla kullanılamazlar. LPG tankın binek araçlarda bagaj bölümüne, kendi orijinal sehпасı üzerine montajı yapılmalıdır. Ayrıca tank en az iki adet orijinal bağlama kayışı ile sıkı sıkıya gerdirilerek bağlanmalıdır. LPG tankın bağlama kayışları mutlaka lastik kaplamalı olmalıdır. Lastik kaplamasız çelik bağlama kayışları tankın boyasının yıpranmasına ve korozyon sonucu ise tank ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Tanktan sürekli LPG çekişi nedeni ile tank dış yüzeyinde terleme ve nemlenme meydana gelir.



Şekil 2.2. LPG tankı ve montajı

Tank boyası herhangi bir nedenden dolayı bozulmuş veya yıpranmış ise tankın bu bölgelerinde korozyon oluşur. Bu korozyon zamanla tankın delinmesine neden olabilir. Bunun önlenmesi için tankın yıpranan boya alanları temizlenerek bu bölgelerin yeniden boyanması sağlanmalıdır. Aracın hareketli olması nedeni ile LPG tankı her gün sayısız titreşime maruz kalır. Bunun sonucu tankı sabitleyen kayışlarda gevşemeler meydana gelir. Bağlama kayışlarının gevşemesi sonucu LPG tankı hareket ederek bağlantı ayarlarının bozulmasına neden olur. Bu durum ise LPG tankı üzerinde bulunan multivalfin çalışma açısının bozulmasına ve bakır borularının zorlanarak kırılmasına neden olur. Bu nedenle LPG tankı bağlama kayışları sık sık kontrol edilmeli, gevşeyen kayışlar gerdirilerek tank sabit duruma getirilmelidir. Eğer bağlantı kayışlarının gevşemesi sonucu LPG tankı yerinden hareket etmiş ise mutlaka yetkili LPG servisine gidilerek tankın multivalf montaj açısına uygun olarak yerine sabitleme işleminin yaptırılması gereklidir.



Şekil.2.3. Multivalf

2.3.2. Multivalf

Multivalfler LPG dönüşüm sistemlerinin en önemli elemanlarından biridir. ECER 67 ve TSE standartlarına uygun olmalıdır. LPG dönüşüm sistemlerinde tank tipine uygun multivalf montajı yapılmalıdır. Bu uygulamada en çok karşılaşılan ve ciddi tehlike yaratan bir sorundur. Tank A tipi ise (25 bar işletme basıncı, 30 bar test basıncı) montajda kullanılan multivalfte A tipi (üzerinde emniyet ventili olan multivalf) olmalıdır. Multivalfler LPG tankı üzerine doğrudan bağlanmaktadır. Kendi içlerinde ikiye ayrılırlar. A tipi multivalflerde; tanktaki basınç 25 bara ulaştığında, bu basıncı düşürmek için otomatik olarak açılan ve yüksek basıncın düşürülmesini sağlayan tahliye ventili (emniyet ventili) bulunur. B tipi multivalflerde ise tahliye ventili bulunmaz.

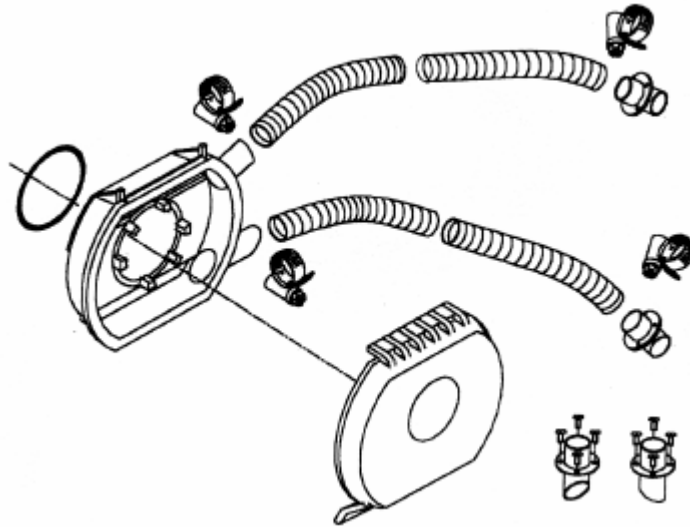
Multivalflerin görevi:

1. Tanka dolum işlemini yapar. Yakıt alma işlemi sırasında yakıt pompasından gelen LPG multivalften geçerek tanka ulaşır. Dolu limitini ayarlar. Mevcut standartlar ve güvenlik gereği tank %80 doldurulmalıdır. Multivalf bu görevi yerine getirir.
2. Tanktaki gaz seviyesini ölçer.
3. LPG'nin tanktan regülatöre ulaştırılmasını sağlar.

4. Multivalf üzerinde emme ve doldurma hatları üzerinde ventiller vardır. Tamir, bakım veya arıza sırasında bu hatlar ventiller kapatılarak kesilir. Böylece gaz çıkışı engellenir.

5. Aşırı akımı keser.

LPG oto gaz sistemi kapalı bir devredir. Kapalı devrede meydana gelebilecek herhangi bir kaçak (Kaza veya arıza sonucu borularda oluşabilecek delinme)sonucunda LPG gazı çevreye hızla yayılmaya başlar. Bu istenilen bir durum değildir. Bu nedenle Multivalf üzerinde bu tür kaçaklar sonucu oluşan aşırı akımı engelleyen bir güvenlik sistemi vardır. Bu sistem böyle durumlarda devreye girerek tanktan aşırı LPG çekimini engeller ve sistemi güvenlik altına alır. Multivalflerin tank çapına ve tank tipine uygun olarak seçilmesi ve uygun çalışma açısında montajının yapılması gerekmektedir. Bu konulardaki yanlışlık LPG sisteminizin emniyetli çalışmasını engeller. Bunun için yetkili LPG servislerine başvurarak tank ve multivalfin uyumlu olup olmadığını kontrol ettiriniz.

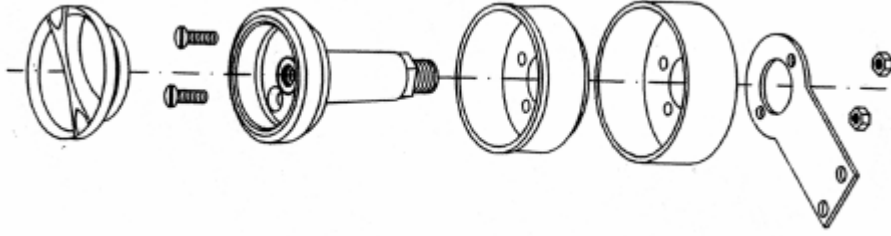


Şekil 2.4 Multivalf koruması ve havalandırma boruları

2.3.3. Multivalf koruması ve havalandırma boruları

LPG dönüşüm sistemlerinin önemli elemanlarından biri de multivalf koruma kutusu ve havalandırma borularıdır. Multivalf koruma kutusu multivalfi ve bağlantılarını içine alarak oluşabilecek gaz kaçaklarının havalandırma boruları aracılığı ile bagaj içerisinden araç dışına tahliye edilmesini sağlar. Bu nedenle multivalf koruma kutusunun ve havalandırma hortumlarının sağlam ve bagaj içerisine gaz sızıntısını

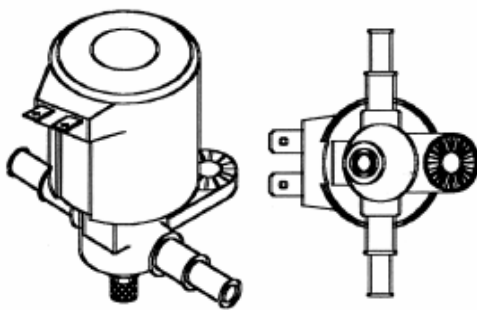
engelleyecek şekilde sızdırmaz olması gerekmektedir. Buralardan kaynaklanabilecek gaz sızıntısı bagaj içerisinde birikerek aracınızın yanmasına neden olabilecektir. Multivalf koruma kutusunun veya havalandırma hortumlarının sürekli kontrol edilmesi, koruma kapağının, hortum kelepçelerinin sağlam olmasına ve hortumların yırtık olmamasına dikkat edilmelidir. LPG tankı aracın bagajı içerisinde bulunduğu için bagaj içerisine konulan yükler, koruma kutusunun ve kapağının kırılmasına, hortum kelepçelerinin çıkmasına veya hortumların delinmesine neden olabilmektedir. Böylesi durumlarda mutlaka yetkili LPG servisine gidilerek bu hataların giderilmesi sağlanmalıdır.



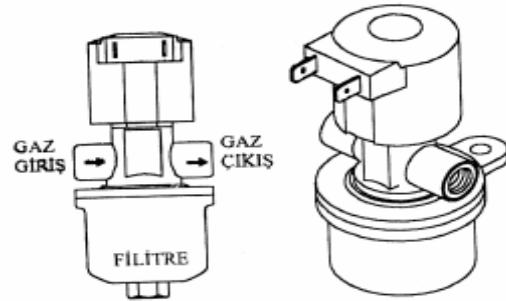
Şekil 2.5. Dolum ağzı

2.3.4. Dolum ağzı

Dolum ağzı ECER 67 ve TSE standartlarına uygun imal edilmiş olmalıdır. Mutlaka araç bagajının dışında bir yere montajı yapılmalıdır. Dolum ağzının araç bagajı içerisine konulması kesinlikle standartlara aykırıdır. Dolum ağzı çarpmalardan en son etkilenecek noktaya konulmalıdır. Tank ile dolum ağzı arasındaki bağlantıda mutlaka esnek bir bağlantı elemanı tercih edilmelidir.



Şekil. 2.6 Benzin valfi



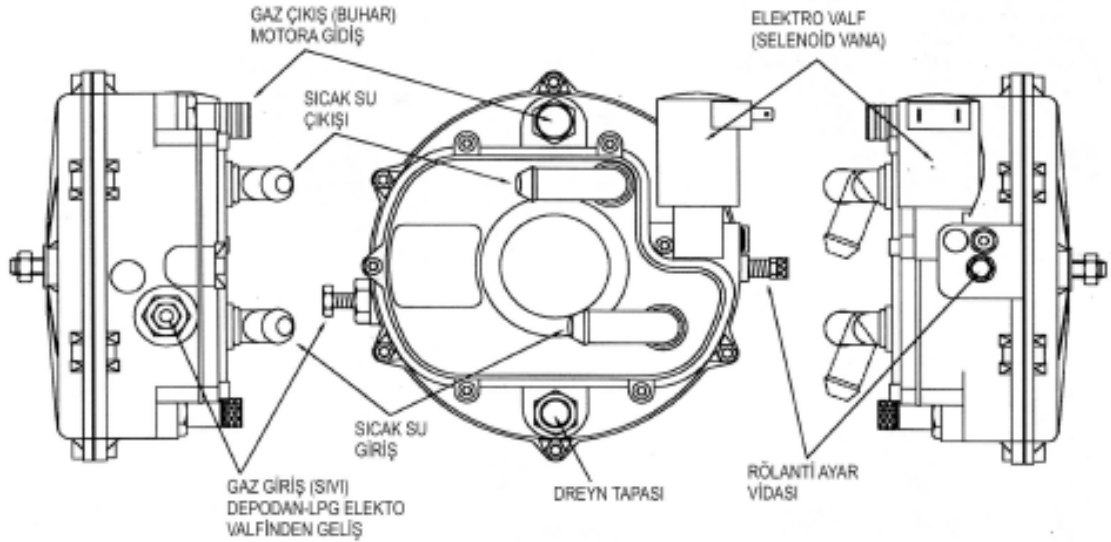
Şekil 2.7 LPG valfi

2.3.5. Benzin valfi

Benzin otomatığı ve karbüratör arasına konan, benzin geçişini sağlayan veya kesen elektromanyetik bir ayardır. ECER 67 ve TSE standartlarına uygun imal edilmiş olmalıdır.

2.3.6. LPG valfi

LPG tankı ve buharlaştırıcı arasında bulunan elektro-manyetik kumandalı bir valftir. Motor çalışmadığı veya benzin ile çalıştığında LPG akışını kesmektedir. ECER 67 ve TSE standartlarına uygun imal edilmiş olmalıdır.

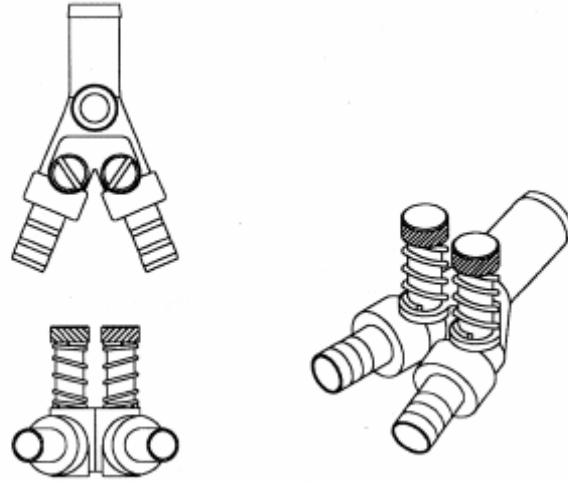


Şekil 2.8 Buharlaştırıcı (Regülâtör)

2.3.7. Buharlaştırıcı (regülâtör)

Motorun karbüratöre en yakın noktasına ve araca dikey olarak monte edilir. Görevi;

- 1.Yüksek basınçta tanktan gelen LPG'nin atmosferik basınca dönüşümünü sağlamak
- 2.Sıvı haldeki LPG'yi, motor suyunun sıcaklığından yararlanarak gaz haline dönüştürmek.
- 3.Motorun ihtiyacına göre LPG ayarını yapmak
- 4.Motorun devrine göre LPG ayarını yapmak



Şekil 2.9 Gaz ayar vanası

2.3.8. Gaz ayar vanası

Motorun 3500 d/dk ve üstündeki devirlerde ihtiyacı olan LPG'yi sağlamak amacı ile ayar vanası kullanılmaktadır. Motorun ihtiyacı olan gaz miktarı bulunduğunda ayar vidası sabitlenir. Dolayısıyla motora en ideal gaz akışı sağlanmış olur.

2.3.9. Mikser (karıştırıcı)

Karıştırıcı LPG ve hava, karışımını homojen bir şekilde sağlayan LPG dönüşüm sistemi parçasıdır. Karıştırıcının görevi motorun bütün çalışma durumuna uygun emilen hava ile orantılı gaz vermeyi sağlamaktır.



Şekil 2.10 Mikserler (Karıştırıcılar)

Karbüratörlü motorlarda en sağlıklı ve en verimli karıştırıcı montajı noktası karbüratörün en üst noktasıdır. Her motordaki farklı tipteki karbüratörler için farklı tipte karıştırıcılar vardır. Bunlar iki grupta toplamak mümkündür.

1. Grup
 - a. Set üstü karıştırıcılar
 - b. Plaka altı karıştırıcılar
2. Grup
 - a. Karışık sistemler
 - b. Çatallı sistemler

Set üstü karıştırıcılar : Bu tip karıştırıcılar karbüratörün üstünde bulunan karıştırıcılardır. Hava filtresi ile karbüratör arasına monte edilirler.karıştırıcı karbüratöre vidalanabilir veya yay ile tutturulabilir gerekli olan montaj için uygun pozisyonu belirlemek ve hava filtresi gövdesine delik açmak ve LPG geçirmek yeterli olacaktır.

Plaka altı karıştırıcılar : İki parçaya ayrılabilen karbüratörlerde gaz kelebeğinin üzerine monte edilirler. Bu tip karıştırıcılar daha ince olup montajları uzun sürmesine rağmen bazı avantajları vardır. Bunlardan birincisi hava ile LPG' nin daha iyi karışmasını sağlar ikincisi karbon monoksit gibi zararlı gazların emisyonu belirgin ölçüde azalır.

Karışık sistemler : Bu tip karıştırıcı sistemler karbüratörü delen bir rekor olarak tarif edilebilir. Doğru uygulanırsa iyi sonuçlar verirler. Her tür karbüratör için uygun değildirler. Montajında uzmanlık gerektirir. Doğru monte edilemeyen karıştırıcılardan hem iyi sonuç alınmaz, hem de karbüratör deforme edilmiş olunur.

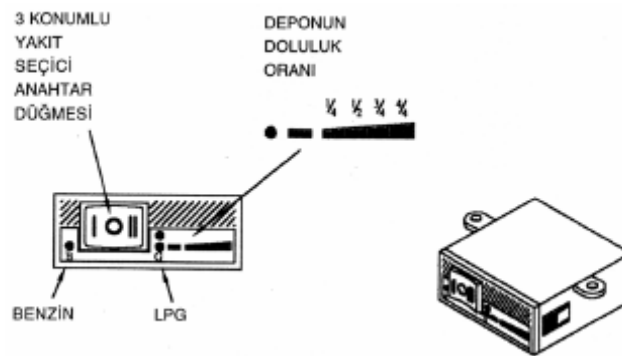
Çatallı sistemler : Karışık sistemlere nazaran daha kolay bir çözümdür. Her türlü karbüratöre uygulanabilir. Karıştırıcı sistemin çalışabilmesi için kelebek valflerinin başlangıç konumlarının yeniden ayarlanması gerekir; aksi halde sistem çalışmaz.

2.3.10. LPG taşıyıcı bakır boru ve hortumlar

LPG bakır borusunun temel görevi tanktaki gazı LPG valfine, LPG valfinden de regülatöre aktarmaktır. Bakır boru mutlaka 45 bar basınca dayanıklı olmalıdır. Tankın üzerindeki multivalften çıkan basınca dayanıklı bakır boru, egzozdan asgari

150 mm uzaklıkta veya araya yalıtkan malzeme koyarak 50 mm uzaklıkta, egzozun karşı tarafından, aracın en alt kanallarından, her 600 mm’de bir tutma mandalları ile tutturularak geçirilmeli, aracın yere sürtünmesi halinde bakır borunun zarar görmeyeceği bir noktadan regülatöre ulaştırılmalıdır. Bakır borunun dış yüzeyi taş vb. çarpmalara karşı dayanımı arttırmak amacıyla plastik ile kaplanmıştır. Bakır boru şoför mahalli ve çamurluklardan geçirilemez. Çamurluklardan geçirilen bakır boru uygulaması sıkça karşılaşılan yanlış bir uygulamadır. Bu yanlış uygulamada lastiklerden fırlayan taşların çarpması sonucu bakır borunun delinmesine neden olmaktadır. Ayrıca bakır borular zamanla LPG’den etkilenerek sertleşmekte, kırılgan bir yapıya sahip olmakta ve içlerinde korozif etki nedeni ile tıkanmalar oluşabilmektedir. Bu durumun oluşturacağı olumsuzlukları önlemek için bakır boruların 4 yılda bir değiştirilmesi önerilmektedir.

Sistemde iki çeşit hortum kullanılmaktadır. Bunlar: çelik zırlı örgülü LPG akış hortumu ve sığağa basınca dayanıklı su hortumlarıdır. Çelik zırlı örgülü hortum buharlaştırıcı ile karıştırıcı arasındaki LPG akışını sağlar. Bu hortum hidrokarbon bileşiklerine 20-30 °C sıcaklığa ve yağlı malzemelere dayanıklı olmalıdır. Sığağa, basınca dayanıklı su hortumlarının görevi motor soğutma suyunu buharlaştırıcıya getirmek götürmektir. Kauçuk malzemedendir yapılmıştır. 20-30 °C sıcaklığa ve en az 30 bar basınca dayanabilen mukavemette olmalıdır.



Şekil 2.11 Yakıt Seçme Anahtarı

2.3.11. Yakıt seçme anahtarı

Şoför mahalline monte edilen benzin veya LPG ile çalışma ve bekleme seçenekleri bulunan anahtardır. Görevi:

1. . Aracın benzinden LPG’ ye, LPG’ den benzine geçişini sağlar.

2. . LPG tankında bulunan gaz seviyesini gösterir.
3. Gerektiğinde benzin veya gaz valfinin kapalı konumda kalmasını sağlar.

2.4. LPG Dönüşüm Sistemleri İle İlgili Standartlar

Taşıtların LPG ile çalıştırılabilir şekilde dönüştürülmesi ile ilgili ve ülkeler tarafından resmen kabul edilmiş ortak standartlar mevcut değildir. Ancak her ülkenin kabul ettiği standartlar %80 – 90 a varan bir oranda ortak özellikler taşımaktadır. Örneğin bugün bir çok Avrupa ülkesinde, dönüşüm sistemleri ile ilgili olarak ya E/ECE/324 R-67 standardı veya bu standardın yalnızca birkaç maddesinin değiştirilmesi ile oluşturulan ulusal standartlar uygulanmaktadır.

Konu ile ilgili standartları iki kısımda ele almak mümkündür. Birinci tür standartlar dönüşüm sisteminin tanımı ve elemanların taşınması gerekli özelliklerle ilgilidir. İkinci tür standartlar ise dönüşümün taşıta uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken hususları içermektedir.

Birinci tür standartlar yakıt tankı, yakıt tankı üzerinde veya motor bölümünde bulunan emniyet ve kumanda valfleri, buharlaştırıcı (basınç regülatörü), yüksek ve düşük basınçlı LPG taşıma hortum ve borusu ile ilgili imalat, emniyet ve dayanıklılık standartlarıdır. Birinci tür standartların önemli ortak özellikleri ile ilgili elemana bağlı olarak aşağıdaki gibi verilebilir;

- Yakıt tankının test basıncı 30 bar, eğer tank üzerinde emniyet valfi yoksa 45 bardır.
- Tankın yırtılma test basıncı 100 bardır. İmalat gereği aşırı deforme olmuş (% 5 ten fazla) tanklar 5 mm den kalın malzemedен imal edilerek ısıtılma tabii tutulurlar.
- Tank üzerindeki dolun valfi % 80 dolun sınırlıdır. En az iki adet geri dönüşümsüz valfe ya da bir geri dönüşümsüz valf ile birlikte bir kapama valfine sahiptir. Geri dönüşümsüz valflerin biri mutlaka depo içinde kalmalıdır.
- Basınç emniyet valfi 25 bar için ayarlıdır.
- LPG kullanma valfi aşırı LPG debisi halinde bir kesme valfine sahip olmalıdır. Kesme valfi 1 bar basınç farkında çalışmaya başlamalıdır.

- Yakıt tankı taşıtın kapalı bir hacminde ise valfler sızdırmaz ve dış ortama havalandırması olan bir kapak ile örtülüdür. Test basınçları 50 bardır.
- Düşük basınçlı gaz hortumları 100 mbar da sızdırmazdır. Akış kesiti en az 500 mm² dir. Ve içi LPG gazından etkilenmeyen bir malzeme ile kaplıdır.
- Yüksek basınçlı LPG borusu dikişsiz çelik veya bakır borudur ve tek parça olmalıdır.

Dönüşümün taşıta uygulanması esnasında geçerli olan standartlar ise aşağıdaki ortak özelliklere sahiptir.

- Yakıt tankı taşıta sürekli takılı kalacak bir şekilde monte edilmelidir.
- Yakıt tankının üzerine oturduğu şasi elemanı plastik kaplı olmalıdır. Ayrıca tankı bağlamada kullanılan kayışlarda metal plastik veya başka tür sentetik olmalıdır(TS11939,1996).

2.5. LPG' li Sistemlerin Diğer Sistemlere Göre Kârlılığı

Sıvılaştırılmış petrol gazının üretimi oldukça kısıtlı olup (çok az bir miktar doğrudan doğal kaynaklardan, ham petrolün damıtılması sırasında %10-15 oranlarında yan ürün olarak) otomotiv amaçlı olarak tüketimi de yaygın değildir. Avrupa ülkeleri içinde en yüksek oranda otomotiv amaçlı LPG tüketimi, toplam benzin ve dizel yakıtı tüketiminin %15,5'i ile Hollanda'dadır. Rafineri çıkış maliyeti gerek benzinin gerekse dizel yakıtının altında olduğu için, üretim miktarının kısıtlı olması nedeniyle, genellikle otomotiv amaçları için kullanımının sınırlandırılması gerekmektedir. Bazı ülkelerde bu sınırlandırma LPG'nin otomotiv amaçlı satış fiyatı yükseltilecek bazı .ülkelerde ise LPG sistemi ile donatılmış taşıta ek vergi uygulanarak sağlanmaktadır. Bu şekilde, LPG Yakıtı dönüşümün getirdiği ek maliyetinin geri kazanılabileceği yıllık yakıt tüketimi (yıllık km) ortaya çıkmakta ve bu sınır genellikle yıllık 20.000 km'nin üstünde tutularak, özel araçlar dönüşümden caydırılırken, şehir içinde çalışan taksi ve minibüs gibi taşıtlar LPG yakıtı dönüştürülmeye özendirilmektedir.

LPG kullanımına dönüşümün ekonomiklik noktasının belirlenmesinde uygulanabilecek bir yöntem olarak aynı aracın benzin ve LPG ile yaptıkları harcamaları 01.04.2006 tarihi itibariyle hesap edelim.

Tablo 2.1. Aracın Benzin ve LPG harcama mukayesesi

		LPG	Benzin
Yakıt Tüketimi	lt /100 km	12,5	10
Yakıt Fiyatı	YTL / lt	1,40	2.60
Yakıt Maliyeti	YTL / km	0,175	0,260
Kilometre başına kazanç	YTL / km	0,85	-
LPG' ye dönüşüm maliyeti	YTL	700	-
1 yılda 15000 kmde ki harcama	YTL	2,625	4,125
1.yıl için kâr	YTL	1500	-
1. yıl için net kâr	YTL	800	-
Sonraki 4 yıllık harcama	YTL	10,500	16500
5 yıllık net kâr	YTL	6800	-
5 yıllık net kâr	km	38.857	-

2.6. LPG' li Araçların ve Sistemlerin Kontrolü

2.6.1. Dönüşüm öncesi kontroller

Dönüşüm öncesinde aracın bakımlarının yapılmış olması ve ayarlarının iyi olması gerekmektedir. Aracın ateşleme sistemi kontrol edilmeli, yakıt sisteminin (karbüratör temizliği) bakım ve ayarı yapılmalıdır.

2.6.2. Dönüşüm sonrası ilk kontrol

Aracınıza LPG dönüşüm sistemi montajı yapıldıktan sonra kullanılan malzemelerin ve yapılan montajın standartlara uygun olup olmadığı konusunda mutlaka Makine Mühendisleri Odasına kontrol ettirilmesi ve Montaj Tespit Raporunun alınması önerilmektedir.

2.7. LPG' li Araçların Periyodik Bakımları

2. Bölüm başlığı altında anlatılan kurallara araç kullanıcısı hemen hemen her fırsatta

dikkat etmeli ve buralardan kaynaklanan sorunları hemen gidermelidir.LPG' li araçların periyodik bakımları her 10.000 kilometrede bir yaptırılmalıdır. Bu bakımlarda;

- Elektrik tesisatı kontrol (özellikle kaçak akım) edilerek, bağlantılarda oksitlenme olup olmadığına bakılmalı
- Buharlaştırıcıda (Regülatörde) biriken ve yabancı maddeler temizlenmeli
- LPG valfindeki filtre temizlenmeli
- Valflerin ve buharlaştırıcı regülatörün tamir takımları değiştirilmeli
- Ana hortum ve bağlantı bileşenlerinin durumu kontrol edilmeli.
- Basınç düşürücüsünün (regülatörün) birinci ve ikinci kademe basıncı kontrol edilmeli
- Diyafram üzerindeki basıncı karşılayan delikte kirin birikip birikmediği kontrol edilmelidir.

2.8. LPG' li Araçlarda Güvenlik Önlemleri

LPG dönüşüm sistemleri doğru malzeme ve doğru montaj ile kullanıldığında güvenli bir yakıttır. Aracınızda, güvenli bir çalışmayı sağlamak için aşağıdaki önlemlerin alınması önerilmektedir.

- LPG tankı üzerinde bulunan multivalf, tankın % 80 doldurulmasını sağlayacak şekilde ayar edilmiştir. LPG dolumu sırasında daha fazla yakıt almak amacıyla LPG tankının ileri geri sallanması, multivalf ayarının bozulmasına neden olacaktır. Bu durumda ise LPG tankına fazla yakıt alınacaktır. Bu ise son derece tehlikeli bir durumdur. LPG tankı kullanım ömrü imalat tarihinden itibaren 10 (on) yıldır. Ayrıca aracınızı her vize işlemi öncesinde Makine Mühendisleri Odası'na kontrol ettirerek Gaz Sızdırmazlık Raporunun alınması gerekmektedir.
- LPG tankı ECR-67R ve TSE 12095 standardına uygun olmalıdır.LPG tankı, pvc kaplı iki adet çelik kuşakla bağlanmalıdır.
- LPG tankı ile benzin tankı arasında yalıtkan bir malzeme yok ise aralarında en az 50 mm mesafe olmalıdır.
- LPG tankı ile üzerinde bulunduğu sehpa birbirine temas etmeyecek şekilde izolasyon yapılmalıdır.
- LPG tankı ile multivalfin nominal çapları birbirine eşit olmalıdır.

- LPG tankının montajı multivalf üzerinde belirtilen açıda olmalıdır.
- Sızdırmazlık kutusu ve havalandırma hortumları mutlaka monte edilmelidir.
- Sızdırmazlık kutusu kapağı mutlaka takılmalı, kırık ya da çatlak olmamalıdır.
- Havalandırma hortumları alt bacaları mutlaka takılmalıdır.
- Havalandırma hortumları yırtık, kopuk, ekli olmamalı; içinden kablo vb. şeyler geçirmek amacıyla kesinlikle delinmemeli ve sızdırmazlığı sağlamak için her iki ucuna da metal kelepçe takılmalıdır.
- LPG dolum ağzı kesinlikle bagaj içerisinde olmamalıdır.
- LPG montajında kullanılan elemanların tamamı ECR-67R ve TSE standardına uygun olmalıdır.
- LPG bakır boruları üzeri pvc kaplı ve minimum 1 mm et kalınlığında olmalıdır.
- LPG bakır boruları kesinlikle araç kabini ve çamurluk içinden geçirilmemelidir.
- LPG bakır boruları ve LPG tankları egzoz boru, susturucu ve manifoldlarından en az 15 cm mesafede olmalıdır. Çok zorunlu durumlarda en az 5 cm yaklaştığında kalınlığı en az 1 mm olan yalıtkan malzeme ile yalıtılmalıdır.
- LPG bakır boruları araç altında en az 60 cm aralıklarda kroşelerle tutturulmalıdır.
- Regülatör - gaz ayar vidası – mikser arasına üzeri çelik tel kaplı orijinal LPG hortumları takılmalıdır.
- Motorun ilk çalıştırılması veya stop edilmesi durumunda güçlü bir LPG kokusu duyulabilir, bu normaldir. Ancak aracınız çalışmaya devam ederken meydana gelen LPG kokusu herhangi bir sızıntıya işaretler. Bu durumda aracınızı bekletmeden yetkili servise götürmeniz gereklidir.
- Aracınızı herhangi bir ateşe yakın bölgeye park etmeyiniz. LPG buharı havadan ağırdır, herhangi bir kaçak olduğunda LPG en düşük seviyeye yönelecektir. Bu yüzden aracınızı; gaz sızıntısı ihtimalini düşünerek kanalizasyon, çukur ya da buna benzer alanlara park etmeyiniz.
- Eğer aracınızı uzun süre kullanmayacak ve uzun süre garajda tutacaksanız multivalf üzerinde bulunan LPG valfini kapatmanız önerilmektedir.
- Aracınızın LPG ile çalıştığını belirten çıkartmaları aracın ön ve arka camına yapıştırınız.
- LPG dönüşümünden sonra mutlaka sızdırmazlık testi yapılmalıdır.

- Ateşleme sıcaklığı 500 °C'dir. Ateşleme sıcaklığının yüksek ve yakıt karışım oranının düşük olması nedeni ile benzine göre LPG kaçağından yangın tehlikesi azdır.
- Yakıt kaçağı oluştuğunda sigaralar söndürülmeli, motor ve tüm elektrik aksamaları kapatılmalıdır.
- LPG sızıntısı ile cildinizi temas ettirmeyin. Soğutucu bir yapıya sahip olan LPG soğuk yanıkların oluşmasına neden olur.
- Araçlarda ısıtma amaçlı açık alevli ısıtıcılar kesinlikle kullanılmamalıdır.
- Uzun süre benzin kullanılmaması nedeniyle benzin hortumları, karbüratör contaları, karbüratör şamandıra topu ve benzin otomatikleri kuru çalışmadan dolayı deforme olabilir. Bunlar kontrol ettirilmeli arızalı olanlar değiştirilmelidir.
- LPG' li araçlar yeraltı otoparklarına park edilmemelidir.
- Araç günde 2 defa bir süre benzinle çalıştırılarak benzin yakıt sisteminin kuru kalması engellenmelidir.

Netice olarak şu söylenebilir; teknik açıdan bakıldığında, mevcut bir benzinli taşıtın LPG ile çalışacak şekilde dönüştürülmesinin taşıt performansı, yakıt tüketimi vb. açılardan bir problem doğurmayacağını söylemek mümkündür. Emisyon açısından ise LPG uygulaması belli bir avantaja sahiptir. Sistemin emniyeti ile ilgili problemler de, gerekli standartlara uyulduğunda, kolayca çözülebilecek niteliktedir. Ancak bu standartlara uygun projelendirme, imalat ve uygulamanın emniyet açısından çok gerekli olduğu da açıktır. Taşıtlarda yaygın olarak LPG kullanımının asıl problemi, kısıtlı olan LPG üretimine (veya arzına) denk tüketimi sağlayacak bir fiyat politikasının belirlenmesi ve uygulanmasıdır.

BÖLÜM 3. GÜNÜMÜZ ARAÇLARINDA KULLANILAN KLİMA SİSTEMLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

3.1. Ana Hatlarıyla Klima

3.1.1. Klima nedir?

Klima ; sıcaklık kontrolü, hava sirkülasyon kontrolü, nem kontrolü ve havanın temizlenmesi görevlerini yerine getiren sistemlerin genel adıdır. Diğer bir tanımla klima; kabin içindeki havanın rahatlık veren bir sıcaklık ve nemlilikte olmasını sağlayan donanımların genel deyimidir. Kabin sıcaklığı yüksek olduğu zaman sıcaklığı düşürmek için ısı alınır (buna “soğutma” denir) ve tersi olarak, kabin sıcaklığı düşük olduğu zaman sıcaklığı artırmak için ısı verilir (buna “ısıtma” denir). Bunlara ek olarak rahatlık verici bir seviyede nem temin etmek için, havaya nem eklenir veya havadan nem alınır. Bu sebeplerden, havayı şartlandırmak için gerekli ekipman, temel olarak soğutucu , kalorifer, nem kontrol edici ve vantilatörden meydana gelmektedir.

Bir otomobilde klima genellikle, bir kalorifer veya nem alıcılı bir soğutucu (klima) ve bir vantilatörden oluşur. Konumuz gereği sadece soğutucu kısımları inceleyeceğiz.

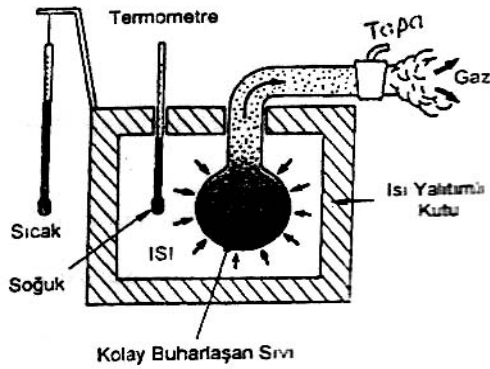
3.1.2. Soğutmanın temel teorisi

Yüzdükten sonra, sıcak bir günde bile biraz serinlik hissederiz. Bunun nedeni vücudumuzda kalan suyun buharlaşması sırasında vücudumuzdan ısı almasıdır. Aynı nedenden dolayı, kolumuza alkol sürdüğümüz zaman serinlik hissederiz çünkü, alkol buharlaşırken kolumuzdan ısı alır. Yani kısacası “bir sıvı buharlaştığı zaman üzerinde bulunduğu yerden (malzemedan) ısı alır” doğal özelliğini kullanarak nesnelere soğutabiliriz.



Şekil 3.1. Yüzme ve alkol sürülmesi sonrasındaki buharlaşma

Musluğu bulunan bir hazneyi, iyi yalıtılmış bir kutunun içine yerleştirelim. Bu haznenin içine atmosfer sıcaklığında kolayca buharlaşabilen bir sıvı koyalım. Musluk açıldığı zaman hazne içindeki sıvı buharlaşmak için gereken ısıyı kutunun içindeki havadan çekerek gaza dönüşür ve dışarıya kaçar. Bu anda kutunun içindeki havanın sıcaklığı musluk açılmadan önceki sıcaklığın altına düşer.



Şekil 3.2. Örnek soğutma yöntemi

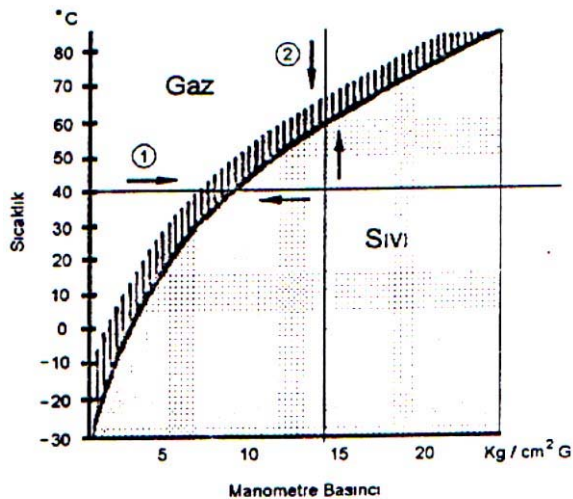
Bu yolla nesnelere soğutabiliriz fakat hazne içindeki sıvı sürekli azaldığı için ilave edilmesi gerekir. Bu yol gerçekçi bir yol değildir. Ancak gazı sıvı hale dönüştürüp, daha sonra bu sıvıyı tekrar buharlaştırabileceğimiz bir yöntem kullanarak soğutmanın sürekliliğini sağlayabiliriz.

3.1.3. Soğutucu akışkan

Genelde soğutma gazı soğutma sistemi içinde hareketli bir akışkan gibi davranan ve genişleme ile buharlaşma sırasında, ısıyı emerek soğutma etkisi oluşturmak için

sistemdeki elemanlar içinde dolaşan bir malzemedir. Araç klimalarında kullanılan soğutma gazlarından biri freon tiplerinden biri olan R-12'dir.

R12'nin Özelliklerini şöyle özetleyebiliriz ; atmosfer basıncı altında su 100 °C de kaynar. R-12 ise -29,8 °C de kaynar. Su 1 kg/cm² basınç altında 121 °C de kaynarken, R-12 ise 1 kg/cm² basınç altında -13 °C de kaynar. Eğer R-12 normal oda sıcaklığında ve atmosfer basıncı altında hava ile temas eder ve havaya bırakılırsa, ortam havasından ısıyı emecek ve ani olarak buharlaşıp gaza dönüşecektir. Aynı zamanda R-12 basınç altında kendisinden ısı alınarak kolayca tekrar yoğunlaştırılabilir. Aşağıdaki grafik sıcaklık ve basınç arasındaki ilişkiyi gösteren R-12 nin karakteristik eğrisini vermektedir. Grafik tüm basınç ve sıcaklık değerleri altında R-12 nin kaynama noktasını göstermektedir. Grafikte eğrinin üstünde kalan bölgede R-12 gaz durumunda , eğrinin altında kalan bölgede ise sıvı durumdadır. Gaz halindeki soğutma gazı, sıcaklığı değiştirmeden basıncı yükselterek veya basıncı değiştirmeden sıcaklığı düşürerek, sıvı hale dönüştürülebilir. Buna karşılık sıvı haldeki soğutma gazı, sıcaklığı değiştirmeden basıncı düşürerek veya basıncı değiştirmeden sıcaklığı artırarak gaz haline dönüştürülebilir. Bu soğutma gazı (R-12), klima için en emniyetli gazlardan biridir. Yancı, patlayıcı, zehirleyici, paslandırıcı özellikleri yoktur, kokusuzdur, giyecek ve yiyeceklere zarar vermez.

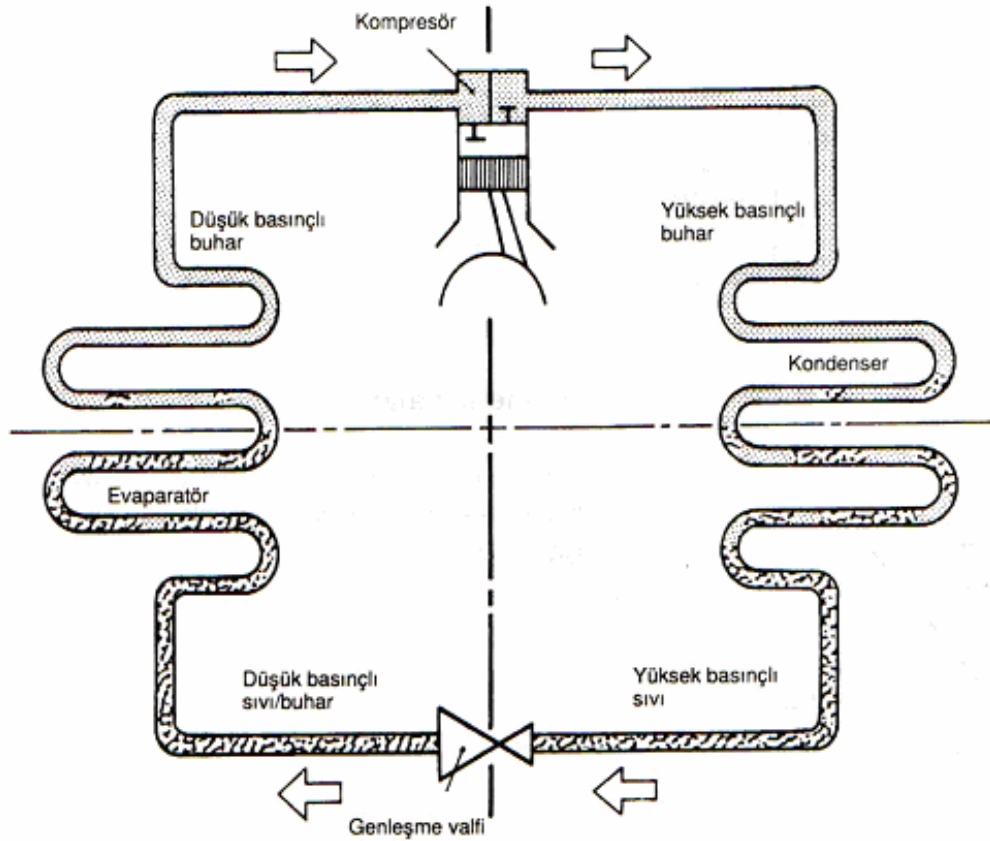


Şekil 3.3. R-12 nin basınç ve sıcaklık eğrisi

3.2. Otomobil Klimaları

3.2.1. Otomobil klimalarının çalışma prensipleri

Soğutma , ısının taşınması ve başka yere yerleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Mekanik Soğutma Sistemi'nde 4 ana bileşen vardır: Kompresör; piston ve benzeri metotlarla soğutucu gazı sıkıştıran ve kondansere gönderen buhar sıkıştırma pompasıdır. Kondanser, sıkıştırılmış sıcak gazdan aldığı ısıyı dışarı veren ve bu yol ile sıvı hale yoğunlaşmasına sebep olan ısı eşanjörüdür. Sıvı haldeki soğutucu akışkan daha sonra sınırlayıcı bölüme (genleşme valfine) gelir. Bu aygıt, akışkanın küçük bir delikten geçmesini sağlayarak akışı sınırlar ve basınç düşümüne sebep olur. Böylece akışkanın basıncı düştüğünde kaynama noktası düşer ve buharlaşması daha kolay olur. Akışkan buharlaştığında ise çevresinden ısı alarak ortamı soğutmuş olur. Bu olayın yani buharlaşmanın olduğu yerin adı da evaporatördür. Buradaki akışkan döngünün tamamlanabilmesi için tekrar kompresöre gider. Soğutucu akışkan ısıyı emmek ve başka bir yere transfer etmek üzere tekrar kullanılır.



Şekil 3.4. Soğutma sisteminin dört ana bileşeni ve akışkanın durumları

Soğutma çevriminde en çok istifade edilmek istenen bir nokta da ısı transfer oranıdır. Soğutma sistemlerinde çok iyi ısı iletkenliğine sahip olan bakır ve alüminyum gibi materyaller kullanılır. Diğer bir deyişle ısı bu malzemeler içinden kolayca akar. Isı transfer yüzeyini artırmak ısı transferini artırmak için başka bir yoldur. Hava soğutmalı kondanseler ve evaporatörler gibi soğutma sistemi ısı transfer elemanları çoğunlukla bakır boru ve alüminyum kanatçıklar ile yapılır. Daha sonra fanlar yardımı işe havanın kanatçıkların içinden daha fazla miktarda geçmesi sağlanır.

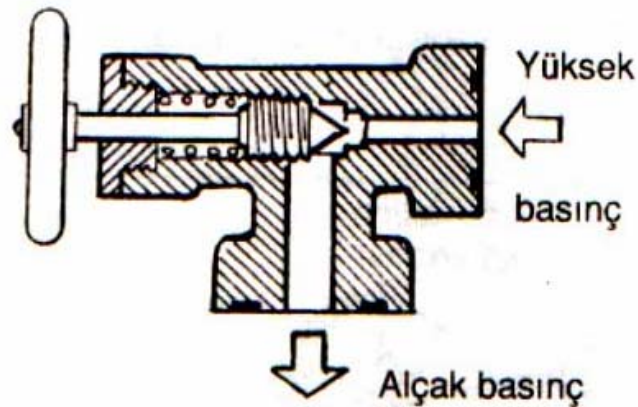
3.2.2. Otomobil klimasını oluşturan elemanlar

3.2.2.1. Sınırlayıcı aygıt (genişleme valfi)

Basınç düşümüne sebep olan ve aynı genel prensipte çalışan iki farklı tipi vardır.

- Sabit basınçlı tip genişleme valfi
- Termal tip genişleme valfi

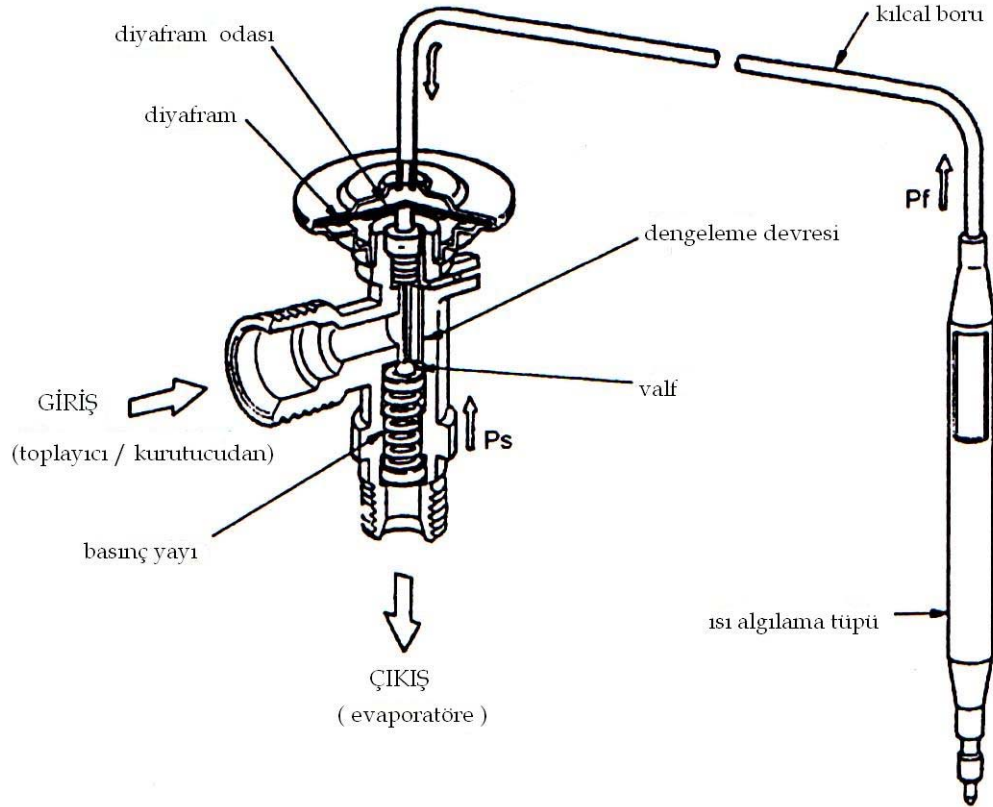
Sabit basınçlı tip genişleme valfi şekil 3.5 te gösterilmiştir. Basınç düşümünün sağlanması için sınırlayıcı aygıtın giriş deliğinin tamamen soğutucu akışkan ile dolu olması gereklidir. Akışkan; sınırlayıcının girişindeki küçük delikten geçmesi için zorlandığında aygıtın akış yönünün tersindeki bölümünde çok büyük bir basınç kaybı oluşur. Bu şekilde sıvı akışkan buğu veya sprey şeklinde evaporatöre gelir. Yani sadece basıncı düşmez aynı zamanda sıvının yüzey alanı çok fazla artar. Aygıt bu ismi evaporatör içine giden akışkanı sınırladığı için almıştır.



Şekil 3.5. Sabit basınçlı tip sınırlayıcı (genişleme valfi)

Sıvının $\frac{1}{4}$ " çapındaki bir borudan böylesine küçük çaptaki bir boruya sıkıştırılmasında yüksek basınç düşümü gerçekleşir. Sabit basınçlı tip genişleme valfinin hareketli bir parçası yoktur ve evaporatördeki herhangi bir ısı yükü değişiminden etkilenmez.

Termal tip genişleme valfine bağlı olarak evaporatör çıkışındaki ısı duyargası, çıkış sıcaklığını ölçerek genişleme valfinin gaz geçişine izin verip vermeyeceğini kontrol altına almak için kullanılır. Bu sayede evaporatörden yalnız evaporatörün buharlaştıracağı kadar akışkanın geçmesi kontrollü olarak sağlanmış olur. Ayrıca sistem elemanları daha rahat ve daha verimli biçimde çalışmış olurlar.

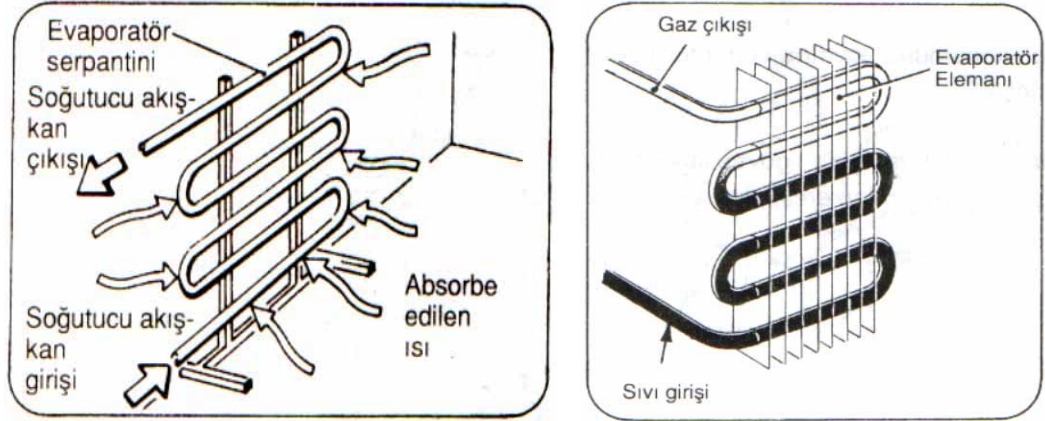


Şekil 3.6. Termal tip sınırlayıcı (genişleme valfi)

3.2.2.2. Evaporatör:

Genleşme valfinden geçen akışkan, evaporatörün içine gelir. Evaporatörün amacı kondanserin amacıyla terstir. Soğutucu akışkanın genişleme valfinin hemen öncesindeki durumu % 100 sıvıdır. Sıvının basıncı düşer düşmez kaynamaya başlar

ve bunu yaparken evaporatörün soğutma petekleri üzerinden geçen havadan ısı alarak ortamdaki havayı soğutur.

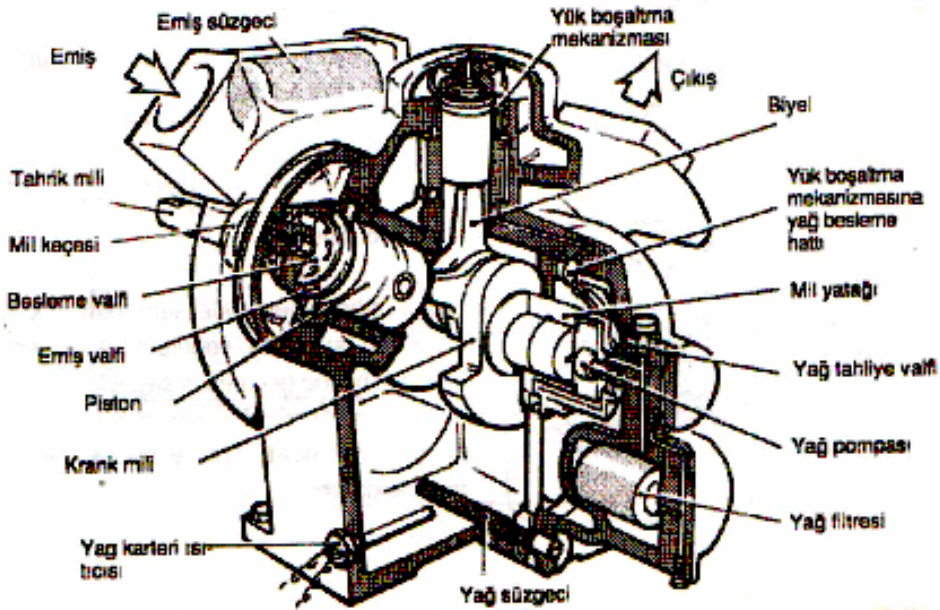


Şekil 3. 7. Evaporatör

Kondanser gibi evaporatörün de basit bir yapısı vardır. Fakat soğutma sisteminin önemli bir parçasıdır. Genellikle alüminyumdan imal edilirler.

3.2.2.3. Kompresör :

Kompresörün görevi gazı sıkıştırmak ve soğutucu akışkanı döngü içinde hareketlendirmektir. Böylece işlem istenildiği sürece tekrarlanır.



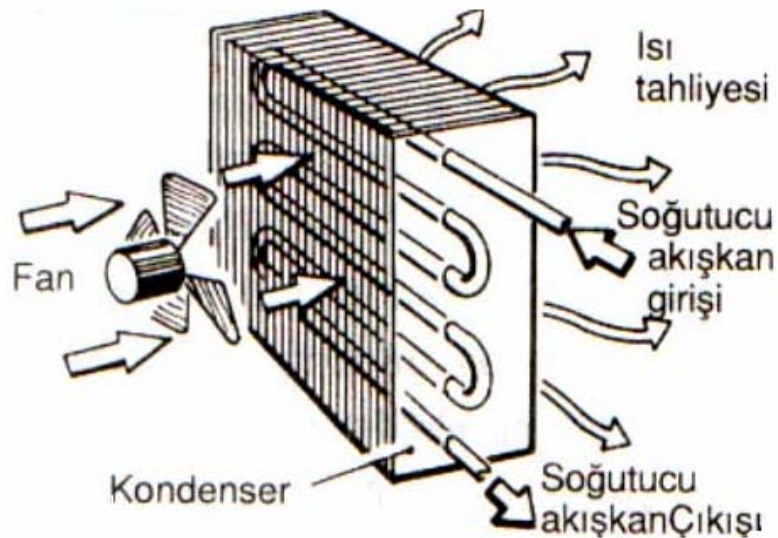
Şekil 3.8. Kompresör

Gazı sıkıştırmamızın sebebi tekrar sıvı fazına geçişi sağlayabilmektir. Bu sıkıştırma gaza biraz daha fazla ısı yükler. Şekil 3.8 .de bir kompresörün iç yapısı görülmektedir.

Yukarı ve aşağı hareketli pistonu ya da pistonları vardır. Pistonun aşağı yönlü hareketinde akışkan buharı (gazı) silindir içine alınır. Yukarı yönlü harekette bu gaz sıkıştırılır. Bu arada çek valf gibi çalışan çok ince valfler vardır ki bunlar gazın sıkıştırılması esnasında geldiği yere dönmesini engeller. Bu pistonlar açılıp kapanarak akışkan basıncını istenen düzeye getirirler. Sıkıştırılmış sıcak gaz kondansere doğru yol alır.

3.2.2.4. Kondanser :

Kondanser görünüşte evaporatör ile aynıdır. Isı transferine etki etmek için aynı temel prensipleri kullanır. Ancak, bu kez amaç sıvı faza geçen akışkan ile çevrimi evaporatör vasıtası ile tamamlamak olduğu için ısıyı atmamak gereklidir. Sıcak gaz fazındaki akışkanın ısısı , kondanser kanatçıklarına gelen hava akımından daha fazla olduğu için, eğimli yüzeydeki topun aşağı yönlü yuvarlanması gibi ısı da havaya doğru atılır.

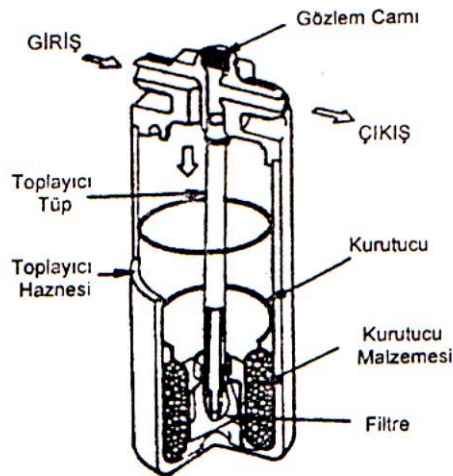


Şekil 3.9. Kondanser

Soğutma prosesinin ana tarifinde yer aldığı gibi ısı bir yerden bir yere hareketlenir, yer değiştirir. Kompresör basmaya devam ettiği için soğutucu akışkanın çevrime devam etmesi amacıyla bir basınç yükler. Böylece ısının bir yerden bir yere taşınması prensibi çalışmaya devam eder.

3.2.2.5. Toplayıcı / Kurutucu

Soğutma sisteminde ana komponentler olarak aslında 4 eleman olmasına karşın, birkaç yardımcı eleman da eklenmiştir. Şekil 3.6 da bir filtre ve bir görüş camı gösterilmiştir. Filtre, sistemdeki istenmeyen parçaları yakalar. Bunlar kaynak cürüfları, talaş kaldırma esnasında oluşan çapaklar veya katı yağ benzeri kalıntılar olabilir. Bu kalıntılar sistemi tıkayarak çalışmaz hale getirebilirler. Aynı zamanda sistemde istenmeyen su eserlerini (nemleri) de tutarlar. Soğutucu akışkan içinde nem bulunacak olursa bu nem, çalışan parçaları çürütecektir. Üstelik genişleme valfinin ağız kısmında donarak soğutucu akışkanın geçmesini engelleyebilir. Bu sorunları önlemek için kurutucu malzeme kullanılmaktadır. Görüş camı ise operatörlerin akış tünellerinde yeterli soğutucu akışkan olup olmadığını gözlemlemesini sağlar.

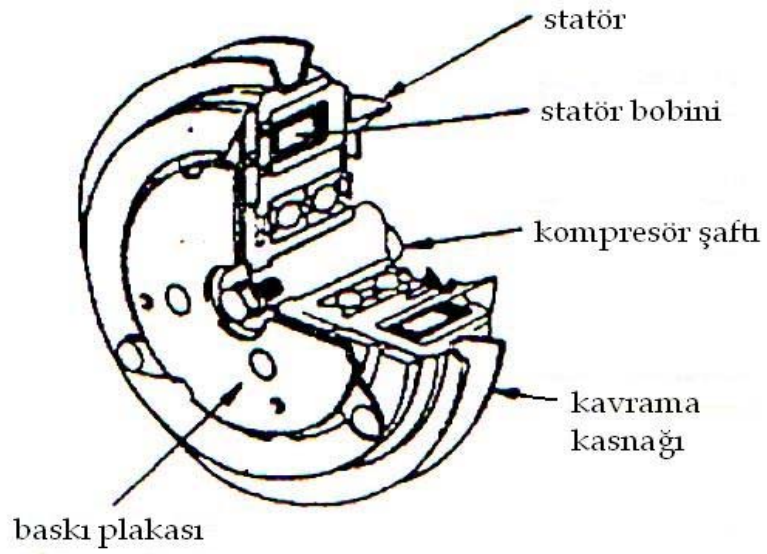


Şekil 3.10. Toplayıcı / Kurutucu

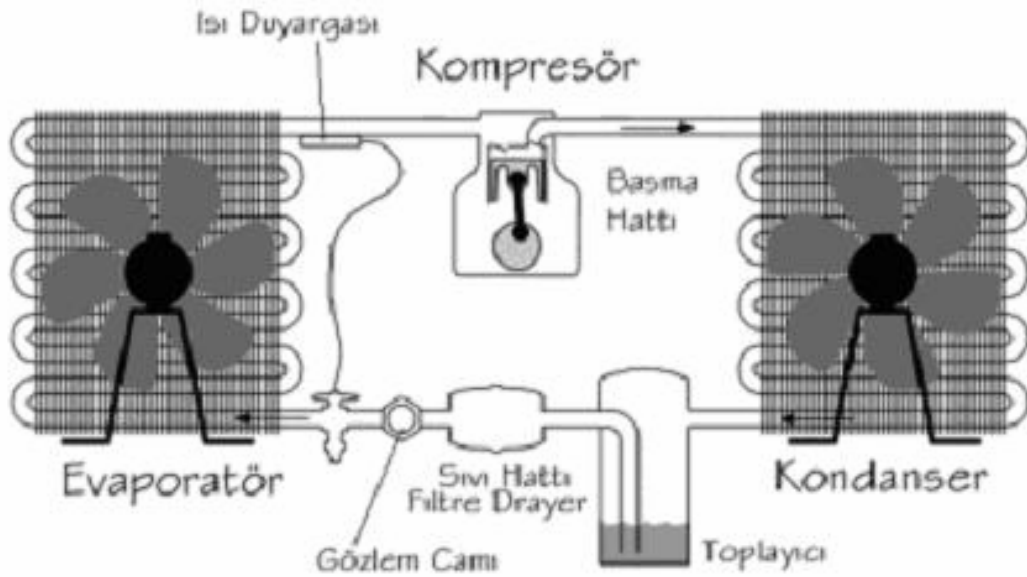
3.2.2.6. Manyetik kavrama

Kompresörü motora bağlamak ve ayırmak için kullanılan , rotor, stator ve baskı plakasından oluşan ünitedir. Stator kompresör gövdesine sabittir ve baskı plakası kompresör miline bağlanmıştır. Motorun her çalışmasında kasnak, kayışla krank

miline bağılı olduğundan dönecektir. Fakat kavramaya enerji verilinceye kadar kompresör çalışmayacaktır. Klima sistemi devreye sokulduğu zaman stator bobinine elektrik yüklemesi yapıldığında, elektromıknatis baskı plakasını çekerek plakayı kasnak üzerindeki sürtünme yüzeyine doğru bastırır. Plaka ve yüzey arasındaki sürtünme, kavrama grubunun tek bir ünite olarak dönmesine neden olur ve kompresörü tahrik eder.



Şekil 3.11. Manyetik kavrama



Şekil 3.12. Soğutucu ünite elemanları

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMA VE HESAPLAMALAR

4.1. Veriler ve Hazırlanmaları

4.1.1. Deney yeri ve deney aracının teknik özellikleri

Deneyleerin ilk kısmı Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde sanayi bölgesinde bulunan OTO ALEM isimli işyerinde gerçekleştirilmiştir. İş yerindeki test ve ölçüm cihazları kullanılarak aracın LPG ye dönüşüm sisteminin incelenmesi, ayarlanması, belirli devirlerdeki yakıt tüketimi ölçümü gibi çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca deney düzeneğinin araç üzerine bağlantısı yapılmış ve düzeneğin belirli devirlerdeki davranış şekli gözlemlenmiş, durum gerektirdikçe küçük düzenlemelere gidilmiştir.

Deney düzeneğinin araç üzerine bağlanıp, düzenlenmesinin ardından yol deneyi diyebileceğimiz, pratik durumu gözlemlemek için seyir halinde ölçümler alınmıştır. Doğal hava akışının düzeneğe girişi sağlanmış , belirli bir hızda seyir halinde iken havanın oluşturduğu soğutma etkisi ölçülmüştür.

Son olarak düzeneğin veriminin artırılması ve detaylı ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Laboratuvar ve Atölyelerinde çalışmalar tamamlanmıştır. Buradaki çalışmalarda deney düzeneğinin belirli bağlantı noktalarındaki debi ve sıcaklık farkları , yaklaşık olarak kayıplar hesabı, düzeneğin izoleli ve izolesiz durumları arasındaki farkları tespit edilmiştir. Ölçümlerin tamamı hem açık sistem hem de kapalı sistem olarak alınmıştır.

Deney aracı olarak 1994 model ve 1600 cc motora sahip Doğan SLX marka otomobil kullanılmıştır. Şekil 4.1. de deney aracının teknik özellikleri katalog değerleri olarak verilmiştir.

Tablo 4.1. Deney aracının teknik özellikleri

Markası ve modeli	1994 – Doğan SLX
Motor tipi	4 zamanlı
Silindir sayısı	4
Silindir çapı (mm)	86,4
Kurs mesafesi (mm)	67,4
Motor hacmi (cm ³)	1581
Sıkıştırma oranı	9,2 : 1
Tork (kgm)	13,5 (2900 d/dk.)
Beygir gücü (hp)	96 (5800 d/dk)
Soğutma tipi	Su ile
Ön lastik havası (psi)	28
Arka lastik havası (psi)	32

4.1.2. Deney aracının LPG dönüşüm sisteminin incelenmesi

Sistem BRC dönüşüm kiti ve ekipmanları ile SAMÇELİK marka LPG tankından oluşmaktadır. TSE ve ECE R67 standartlarına uygun yetkili firma montajlı ve Makine Mühendisleri Odası onaylı bir sistem olup yaklaşık 2 yıldır araç üzerinde kullanılmaktadır.

4.1.3. Deneylerde kullanılan cihazlar ve elemanlar

Deneyler öncesinde ve esnasında kullanılan cihazlar şunlardır:



- KTEST marka egsoz emisyon ölçümü cihazı



- DIGI-TEMP marka, 1 / 10 °C hassasiyetli, çift (iç ve dış) sensörlü, -50 ile +70 °C arası ölçüm yapabilen dijital termometre ve dijital saat



- BOSCH marka, değişik ara kademe voltajlarda çalışabilen (12V,9V ve 6V gibi) 55mm çaplı üfleyici fan



- 1 / 100 sn hassasiyetli, ara derece ölçme kademeleri bulunan kronometre



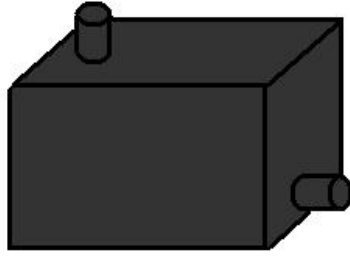
- ECA marka BK-G4 model ve 02558667 seri nolu , 0,001m³ hassasiyetli debi ölçer ($Q_{max}= 6 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{min}= 0,04 \text{ m}^3/\text{h}$, $P_{max}= 0,5 \text{ bar}$)



- LPG sistemlerinde kullanılan BRC marka regülatör



- GOOD WILL İnstek marka GPC-3030DQ model 0.01 Volt hassasiyetle ayarlanabilen güç kaynağı



- Basınç sönümleyici ve araç kabini olarak kullanılan 0,020 m³ hacimli metal kabin



- Sürtünme katsayısı düşük olan PVC malzemedен imal edilmiş 50 mm çaplı bağlantı hattı ve uygun bağlantı elemanları



- Regülatör ve kabini izole etmekte kullanılan izolasyon malzemesi

- Convert It Pro 3.0 b birim dönüştürme programı

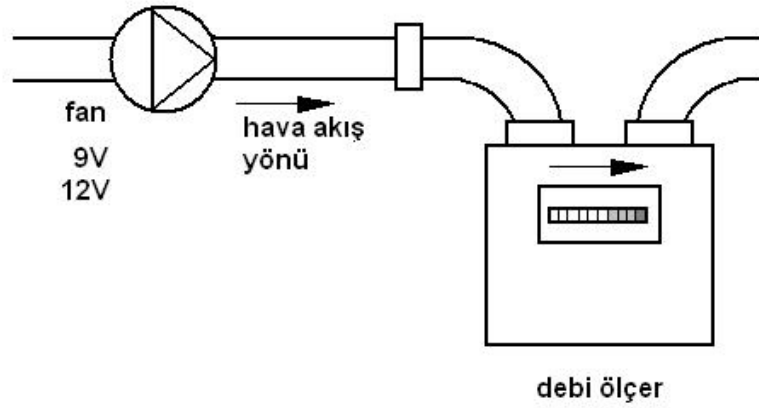
4.1.4. Deneylerde kullanılan fanın debi ölçümü

Deneyde sisteme belirli bir debide hava aktarılması gerektiğinden araç üzerinde temin edilebilecek ölçüdeki voltaj bir potansiyometre ile ayarlanmış, çalışma devri voltajı olarak 12V ve 9V tercih edilmiştir. Fan ve debi ölçe arasındaki bağlantı, debi ölçerin standart bağlantı aparatı ile sağlanmış ve standart çapın dışına çıkılmamıştır.

Potansiyometre önce 9 volt kademesine alınmış, debi ölçer üzerindeki sayaç sıfırlanmış, ve belirli bir süre fan çalıştırılarak sayaç ölçümü not edilmiştir. Aynı ölçüm 12 volt içinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlere göre 9 V daki debi Q_1 , 12 V daki debi Q_2 olarak isimlendirilip ;

$$Q_1 = 0,0014 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$Q_2 = 0,0027 \text{ m}^3/\text{sn} \quad \text{olarak tespit edilmiştir.}$$

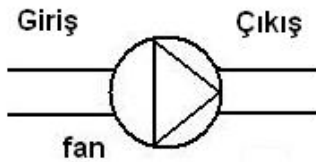


Şekil 4.1. Debi ölçümünün şematik görünümü

4.1.5. Düzeneğin elemanları arasındaki debi ve sıcaklık farkları

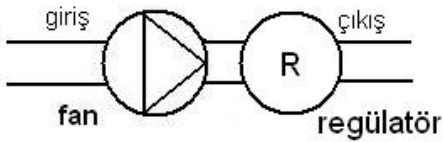
Deney düzeneğinin elemanlarının her birinde sürtünmeden dolayı ne kadar ısınma olabileceğini görmek amacıyla sıcaklık farkı ölçümleri alınmıştır. Sürtünmeden dolayı oluşan ısınma elde edilmek istenen verimi negatif yönde etkileyeceğinden bu sonuçların bilinmesi gerekmektedir. Basınç ve hız faktörleri bilinmediğinden yapılan hesaplamalarda debi sabit olarak alınmıştır. Hesaplamalar ;

$$\Delta T_{1,gerçek} = T_{1,çıkış} - T_{1,giriş} \quad \Delta T_{2,gerçek} = T_{2,çıkış} - T_{2,giriş} \quad \text{olarak yapılmıştır.}$$



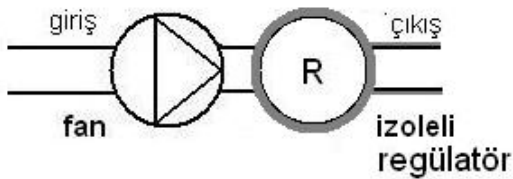
$$\Delta T_1 = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$



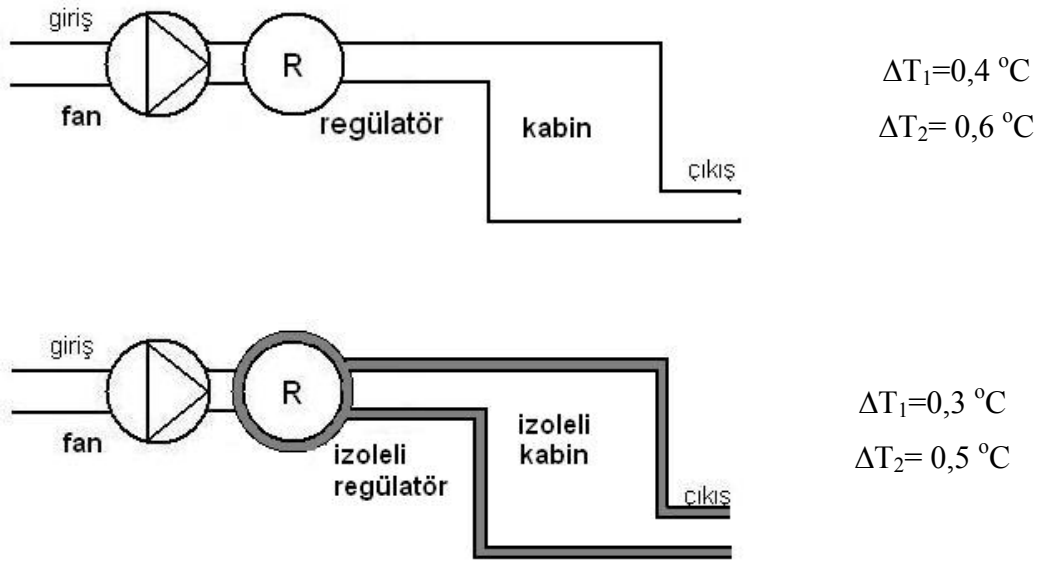
$$\Delta T_1 = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$



$$\Delta T_1 = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 0,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$



4.1.6. Deneylerde kullanılan LPG'nin özellikleri

Deneylerde kullanılan yakıt piyasada satılan %30 Propan ve %70 bütan gazından oluşan LPG dir. Deneylerde aşağıda özellikleri verilen AYGAZ miks LPG kullanılmıştır.

Tablo 4.2. Deneyde kullanılan LPG'nin özellikleri

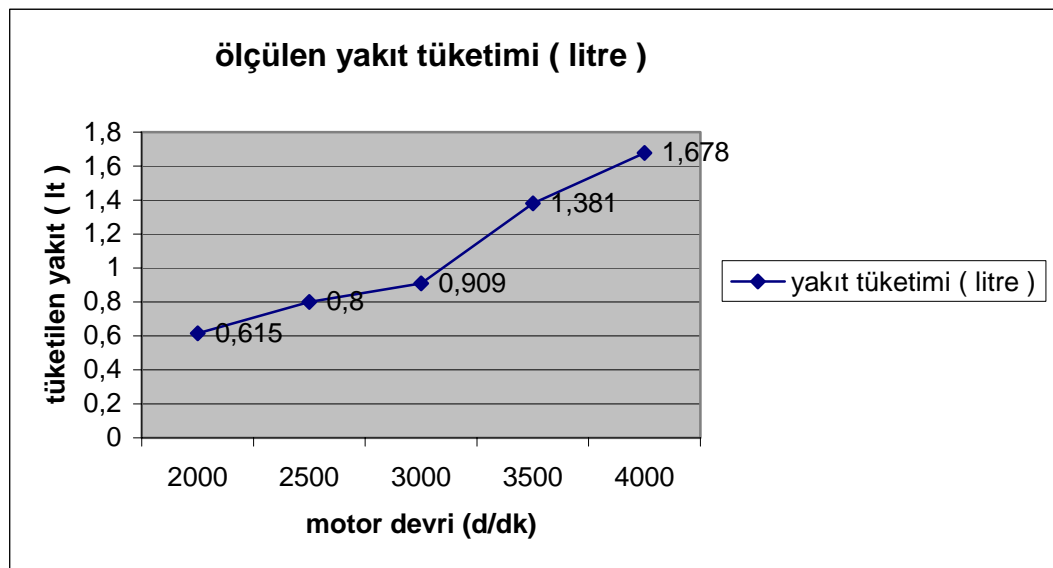
Alt ısıl değer (kJ / kg)	45876
Kükürt (% ağırlık)	0,1
Oktan sayısı	RON 105 – MON 94
Hava / yakıt oranı (kg / kg)	15,55
Özgül ağırlık (kg / lt)	0,547 – 0,573
Tutuşma sıcaklığı (havada $^\circ\text{C}$)	482-549

4.1.7. Deney aracının düşük, orta ve yüksek devirlerdeki yakıt tüketimleri

Bu işlem yapılırken gazın kaba alınması mümkün olmadığı için, ölçüm aracın LPG deposunda yapılmıştır. Depo tam doldurulup araç yol şartlarında her devirde 10 dakika çalıştırılıp bu süre boyunca yaktığı gaz miktarının tespiti için araç benzin konumuna alınır. LPG istasyonuna kadar gidilip, dolun işlemi yapıp her dolunun göstergesi alınmıştır. Tablo 4.3. te bu yakıt çizelgesi verilmiştir.

Tablo 4.3. Her 10 dakika için devirlere göre bulunan yakıt ölçüm değerleri

Devir (d / dk)	Yakılan miktar (litre)
2000	0,615
2500	0,800
3000	0,909
3500	1,381
4000	1,678



Şekil 4.2. Deney aracında ölçülen yakıt tüketim miktarı

4.1.8. Deney aracında ısı kazancı (soğutma yükü) hesabı

Soğutma yükü hesabı yapılırken deney şartları göz önünde bulundurularak bazı kabuller yapılmış ve bunlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Araç normal camlıdır (renksiz ve tek cam).
2. Seyir saati 16.00 dir.
3. Dış ortam sıcaklığı 40 °C dir.
4. İç ortamda soğutma sonrasında hedeflenen sıcaklık 30°C dir. (pratikte tavsiye edilen sıcaklık farkı 8 °C dir.)
5. Aracın yüksek hızlara çıkmasıyla oluşacak ısı artması ihmal edilmiş ve sabit ısı yükü kabul edilmiştir.
6. Aracın havalandırma ünitesinin dış ortamdan hava almadığı ve iç sirkülasyon yaptığı kabul edilmiştir.

4.1.8.1. Pencerelerden gelen ısı kazancı

Güneşten radyasyonla ısı kazancı pencerelerden meydana gelmektedir. Araç üzerindeki pencerelerin yön ve büyüklüğü tespit edilmiştir buna göre :

- Ön cam0,93 m²
- Sağ yan camları toplamı.....0,64 m²
- Sol yan camları toplamı.....0,64 m²
- Arka cam 0,93 m²

Pencerelerden radyasyonla olan ısı kazancı $Q_{PEN.1} = F \times Q_G$ şeklinde hesaplanır. Pik yükü saat 16.00 da batı, kuzey batı ve güney batı yönlerinde oluşur. Buna göre:

$Q_{PEN.1}$: Isı kazancı (watt)

F : İlgili yöndeki pencere toplam alanı (m²)

Q_G : Radyasyonla gelen ısı akısı (Watt / m²)

$$Q_{PEN.1} = (F_B \times Q_{G(B)}) + (F_{KB} \times Q_{G(KB)}) + (F_{GB} \times Q_{G(GB)})$$

$$Q_{PEN.1} = (0,64 \times 500) + (0,93 \times 350) + (0,93 \times 350)$$

$$Q_{PEN.1} = 971 \text{ Watt}$$

Pencerelerden ayrıca konveksiyon yoluyla da ısı kazancı olur. Bu hesap aşağıdaki şekilde yapılabilir.

$$Q_{PEN.2} = K \times F \times \Delta_t$$

$Q_{PEN.2}$: Isı kazancı (watt)

K : Isı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

F : Toplam pencere alanı (m²)

Δ_t : Eşdeğer sıcaklık farkı olup gün içinde zamana bağlı olarak değişir (°C)

$$Q_{PEN.2} = K \times F \times \Delta_t$$

$$Q_{PEN.2} = 5 \times 3,14 \times 10$$

$$Q_{PEN.2} = 157 \text{ watt}$$

Tablo 4.4 Güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı akısı (Watt/m²). Dış ortam 40 °C ve kuzey enlemi

YÖN	SAAT 08.00	SAAT 12.00	SAAT 16.00
BATI	50	50	500
DOĞU	500	50	50
GÜNEY	50	200	50
KUZEY	50	50	50
KUZEY DOĞU	350	50	50
GÜNEY DOĞU	350	150	50
GÜNEY BATI	50	150	350
KUZEY BATI	50	50	350

4.1.8.2. Tavandan gelen ısı kazancı

$Q_{TAVAN} = K \times F \times \Delta_{t,eş}$ formülüyle çatıdan gelen ısı kazancı hesaplanır.

Q_{TAVAN} : Isı kazancı (watt)

K : Isı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

F : Tavan alanı (m²)

$\Delta_{t,eş}$: Eşdeğer sıcaklık farkı olup gün içinde zamana bağlı olarak değişir (°C)

$$Q_{TAVAN} = K \times F \times \Delta_{t,eş}$$

$$Q_{TAVAN} = 5 \times 1.1 \times (40-30)$$

$$Q_{TAVAN} = 55 \text{ watt}$$

Tablo 4.5 Bazı malzemelerin ısı geçirgenlik katsayıları (k) (kcal/hm² °C)

Malzeme	K değeri
Basit tek camlı pencere ve dış kapı (metal)	5,0
Normal cam	1,0
Renkli cam	0,40 – 0,60

4.1.8.3. İnsanlardan gelen ısı kazancı

Araçtaki taşıma kapasitesinin en üst sınırı olan 4 kişi üzerinden ve ofisler, konutlar ve oteller için kullanılan hesaplamalar kullanılmıştır.

Duyulur ısı : 70 Watt/kişi,

Gizli ısı : 60 Watt/kişi

Araç içindeki yolcu sayısı : 4

$$Q_{\text{INSAN}} = \text{Yolcu sayısı} \times (\text{duyulur ısı} + \text{gizli ısı})$$

$$Q_{\text{INSAN}} = 4 \times (70 + 60)$$

$$Q_{\text{INSAN}} = 520 \text{ watt}$$

Sonuç olarak bütün ısı kazançlarını topladığımızda, ortaya aracın sisteminden geçirdiğimiz havanın taşınması gereken soğutma yükü çıkacaktır.

$$Q_{\text{TOPLAM}} = Q_{\text{PEN.1}} + Q_{\text{PEN.2}} + Q_{\text{TAVAN}} + Q_{\text{INSAN}}$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = 971 + 157 + 55 + 520$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = 1703 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = 1,703 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{TOPLAM}} = 1703 \times 3,414 = 5815 \text{ Btu}$$

4.2. Deney Düzeninin Çalışma Prensibi

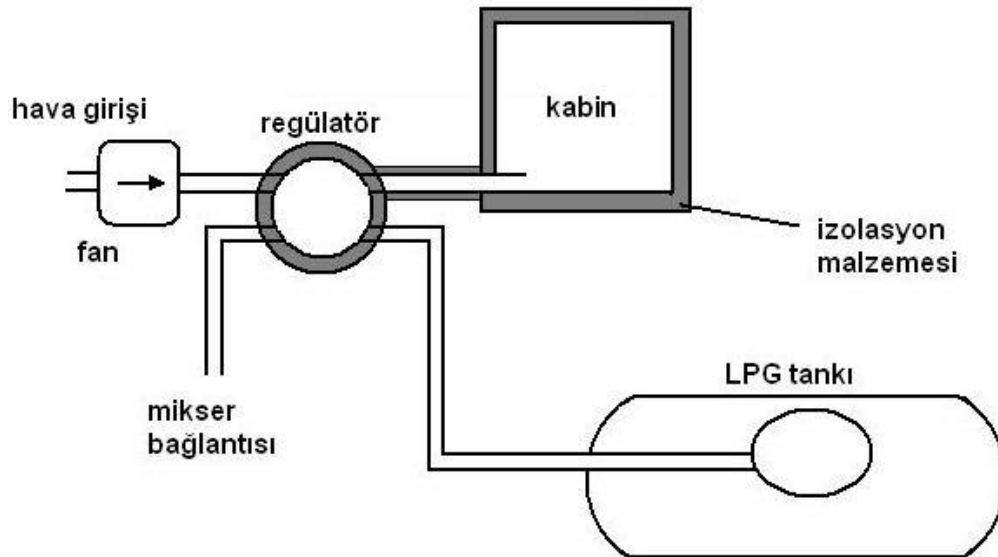
Termodinamiğin I. Kanununa göre “enerji ne yoktan var edilebilir, ne de vardan yok edilebilir, yalnız şekil değiştirebilir”. Enerjinin kendisi iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır ve ısı, enerjinin bir şeklidir. Aynı zamanda enerjinin son şeklidir, çünkü tüm enerji şekilleri eninde sonunda ısıya dönüşür.

Termodinamiğin II. Kanununa göre “ısı enerjisini iletilemek için, bir sıcaklık farkı oluşturulmalı ve bu durum korunmalıdır”. Isı enerjisi yoğunluk ölçeğinde yukardan aşağıya doğru iletilir. Yüksek sıcaklıklı bir maddeden çıkan ısı, düşük sıcaklıklı bir maddeye doğru hareket eder. Bu işlem sıcaklık farkı var olduğu sürece devam eder. Bu iletimin hızı doğrudan sıcaklık farkıyla değişir. Sıcaklık farkı ne kadar yüksek olursa ısı da o kadar fazla oranda hareket eder.

Termodinamik kanunları göz önüne alınarak düzenlenen deneyin prensip şeması aşağıda verilmiştir. LPG dönüşüm sistemindeki regülatör isimli elemanın bir görevinin soğutma sistemindeki suyun sıcaklığından faydalanarak LPG tankından gelen yakıtın buharlaşmasını sağladığı önceki bölümlerde açıklanmıştı. Yine LPG yi oluşturan Propan gazının kaynama derecesinin $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve Bütan gazının kaynama derecesinin $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu belirtilmişti.

Yakıtın buharlaşması için çok yüksek sıcaklıklardaki ısıtıcı ya da başka maddelere ihtiyaç yoktur. Bunun içindir ki dış ortamdan alınacak olan yaklaşık sıcaklığı $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan hava da yakıtın buharlaşmasına yardımcı olacaktır.

Deneyle için 2 tip sistem düşünülmüştür. Açık sistem olan ilk düşüncede dış ortamdan alınan hava fan yardımıyla araç kabini içine yönlendirilecektir. Bu durumda kabin içi ve kabin dışı basınç değerlerinin deney şartları için uygun olduğu kabul edilmiştir. Kapalı sistem olan ikinci bölümde ise araç kabini içinde bulunan havanın dış ortama açılmadan yapılan deney düzeneği içinde devri daim etmesi istenmiştir.



Şekil 4.3. Açık sistem deneyinin prensip şeması

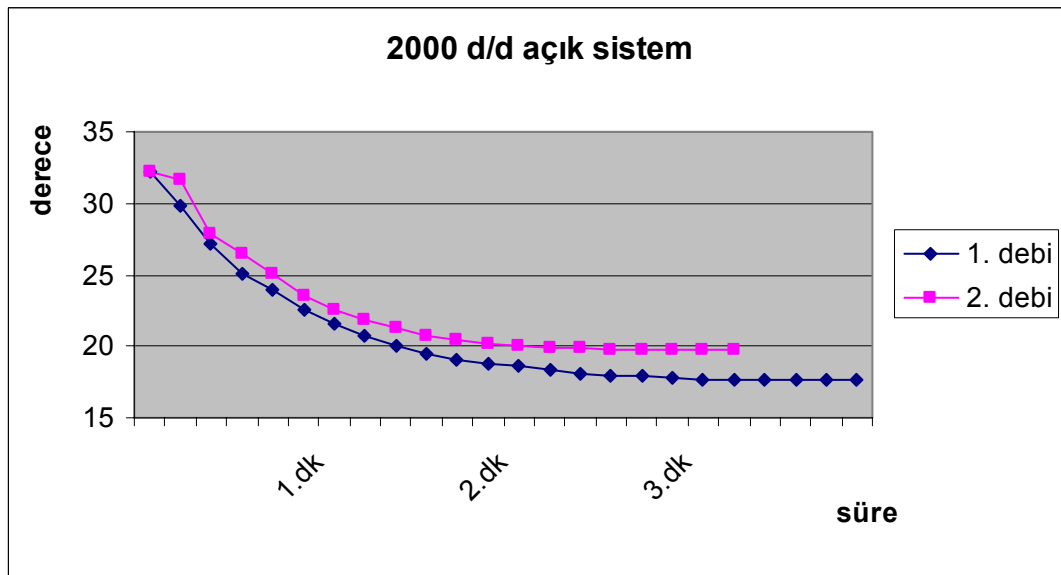
4. Her klimalı aracın harcadığı fazla yakıt, ülke genelinde büyük harcamalar getireceğinden bu düzeneğin yaygınlaşması neticesinde ülke ekonomisine ciddi kazanımlar olacaktır.
5. Klimasız fakat LPG ile çalışan araçları bulunan, orta direk olarak bilinen vatandaşların genel durumu göz önüne alındığında ekonomik anlamda kabin içi serinletilmiş olacaktır.
6. Kış mevsimi için soğutma suyunun tekrar devreye girdiği ek tertibat konulacaktır.
7. Düzeneğinin maliyeti çok fazla olmadığı için araç sahibi için ekonomik bir serinleme imkanı bulabilecektir. Seri üretim aşaması düşünüldüğünde sistemin maliyetinin daha da düşeceği tahmin edilmektedir.
9. Basit gibi görünen bu tip çalışmaların ortaya çıkardığı büyük sonuçlar, deneysel çalışmaları destekleyen birçok kuruluşa isteklendirme sağlayacaktır.
10. Bu çalışma ve benzeri çalışmalar beraberinde farklı düşünce, teori ve projelere fikir kaynağı olmaktadır.

BÖLÜM 5. DENEY SONUÇLARI ve ANALİZİ

5.1. Açık Sistemde Yapılan Deneyler

5.1.1. Düşük, orta ve yüksek devirlerde ölçülen sıcaklık değerleri

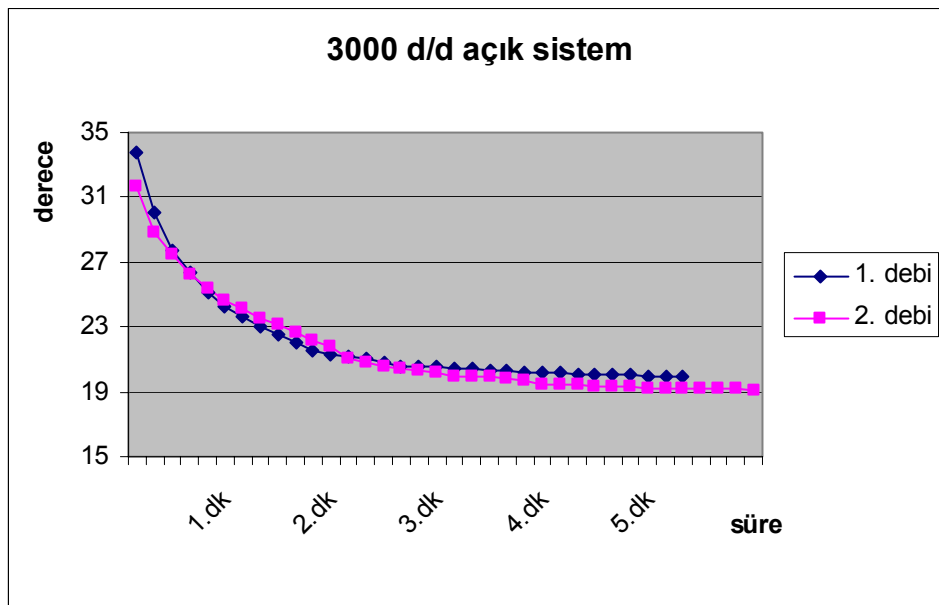
Deneyler Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Atölyelerinde ve Laboratuvarlarında gerçekleştirildi. Deney düzeneği hazırlanıp araç üzerinde montaj yapıldıktan sonra sırasıyla aracın 2000, 3000 ve 4000 d/d ölçümlerinin sonuçları alınıp kayıt edildi. Ölçüm noktası olarak kabin girişi alındı. Deney esnasındaki dış ortam sıcaklığının ölçüm başlangıçlarında farklı olduğu ve 31,5 ile 32,7 °C arasında değiştiği tespit edildi. Deney başlarında nbmj, motor sıcaklığının normal çalışma sıcaklığına gelmesi sağlandı. Bu devirlerde araç kabini içine giren havanın derecesinin düşmesi ve belirli bir sıcaklıkta sabit kalması beklendi. Her 10 saniye için kaydedilen değerler aşağıda verilmiştir. Ayrıca her bir devir için içeri yönlendirilen havanın debisi daha önceden belirlenen 2 kademedede verildi.



Şekil 5.1. 2000 d/d'deki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri

Tablo 5.1. 2000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri (derece)

(Süre) Dakika	(Süre) Saniye	Q ₁ de ölçülen kabin giriş değerleri (°C)	Q ₂ de ölçülen kabin giriş değerleri (°C)
1.dk	10	32,2	32,2
	20	29,8	31,7
	30	27,2	27,8
	40	25,1	26,4
	50	23,9	25,1
	60	22,6	23,6
2.dk	10	21,6	22,6
	20	20,8	21,9
	30	20	21,3
	40	19,5	20,8
	50	19,1	20,5
	60	18,8	20,2
3.dk	10	18,6	20
	20	18,4	19,9
	30	18,1	19,9
	40	18	19,8
	50	17,9	19,8
	60	17,8	19,7
4.dk	10	17,7	19,7
	20	17,7	19,7
	30	17,6	
	40	17,6	
	50	17,6	
	60	17,6	



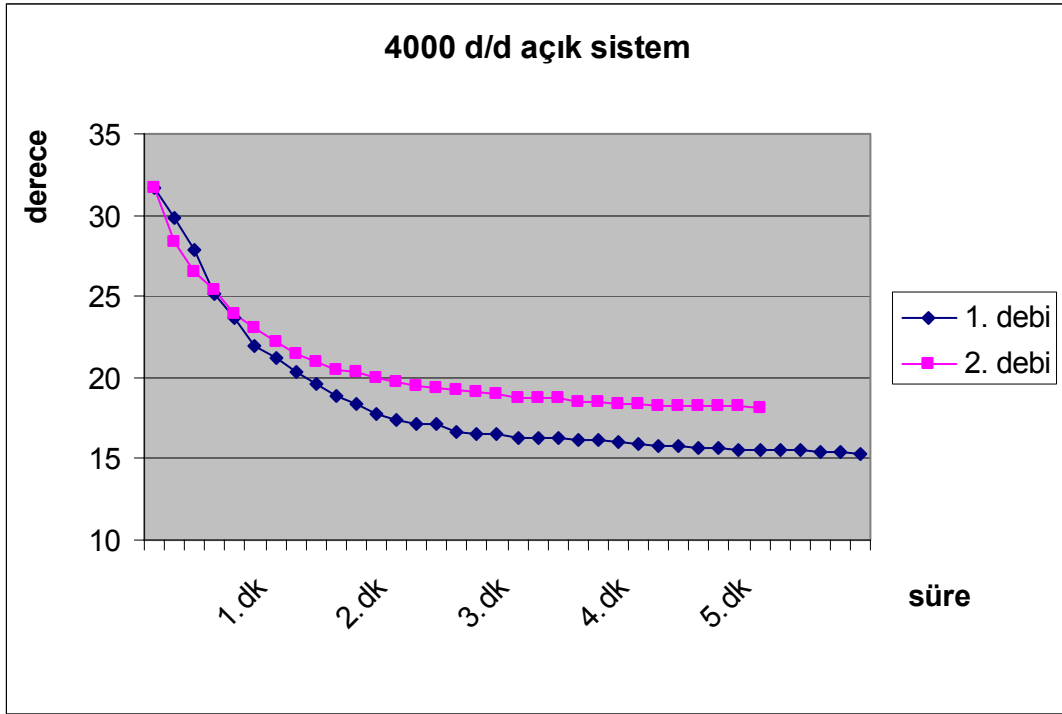
Şekil 5.2. 3000 d/d daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri

Tablo 5.2. 3000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri (derece)

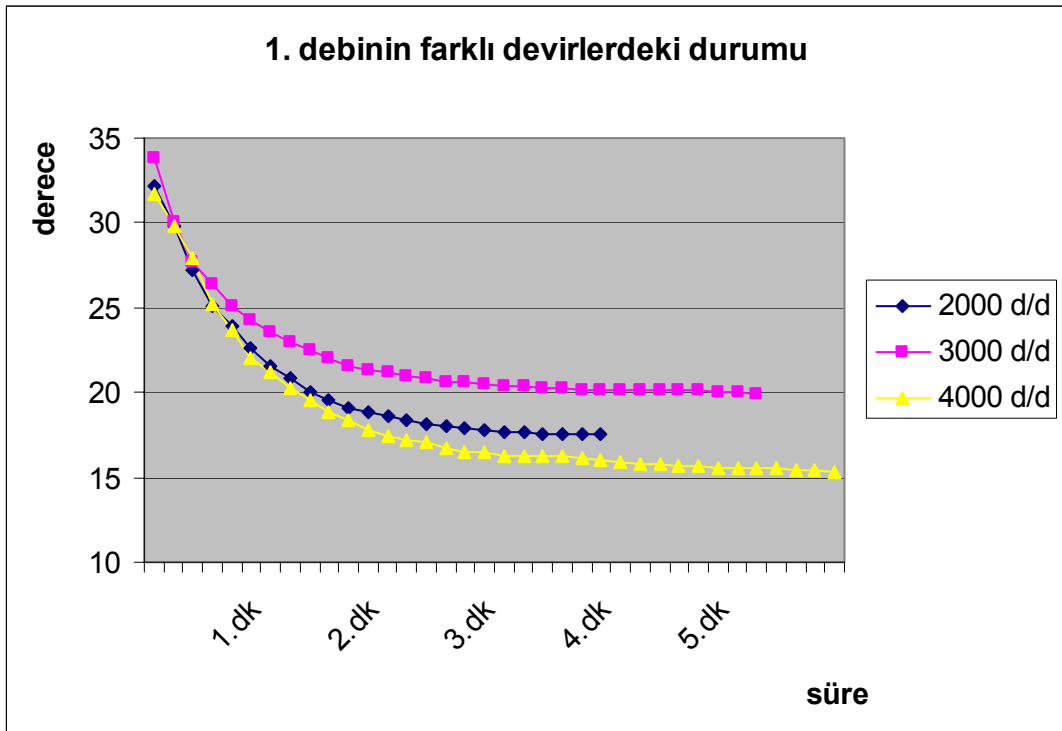
(Süre) Dakika	(Süre) Saniye	Q ₁ de ölçülen kabin giriş değerleri (°C)	Q ₂ de ölçülen kabin giriş değerleri (°C)
1.dk	10	33,8	31,7
	20	30,1	28,8
	30	27,7	27,5
	40	26,4	26,2
	50	25,1	25,4
	60	24,3	24,6
2.dk	10	23,6	24,1
	20	23	23,5
	30	22,5	23,2
	40	22	22,6
	50	21,6	22,2
	60	21,3	21,8
3.dk	10	21,2	21,1
	20	21	20,8
	30	20,8	20,6
	40	20,6	20,4
	50	20,6	20,3
	60	20,5	20,2
4.dk	10	20,4	20
	20	20,4	19,9
	30	20,3	19,9
	40	20,3	19,8
	50	20,2	19,7
	60	20,2	19,5
5.dk	10	20,2	19,5
	20	20,1	19,4
	30	20,1	19,3
	40	20,1	19,3
	50	20,1	19,3
	60	20	19,2
6.dk	10	20	19,2
	20	19,9	19,2
	30		19,2
	40		19,2
	50		19,2

Tablo 5.3. 4000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri (derece)

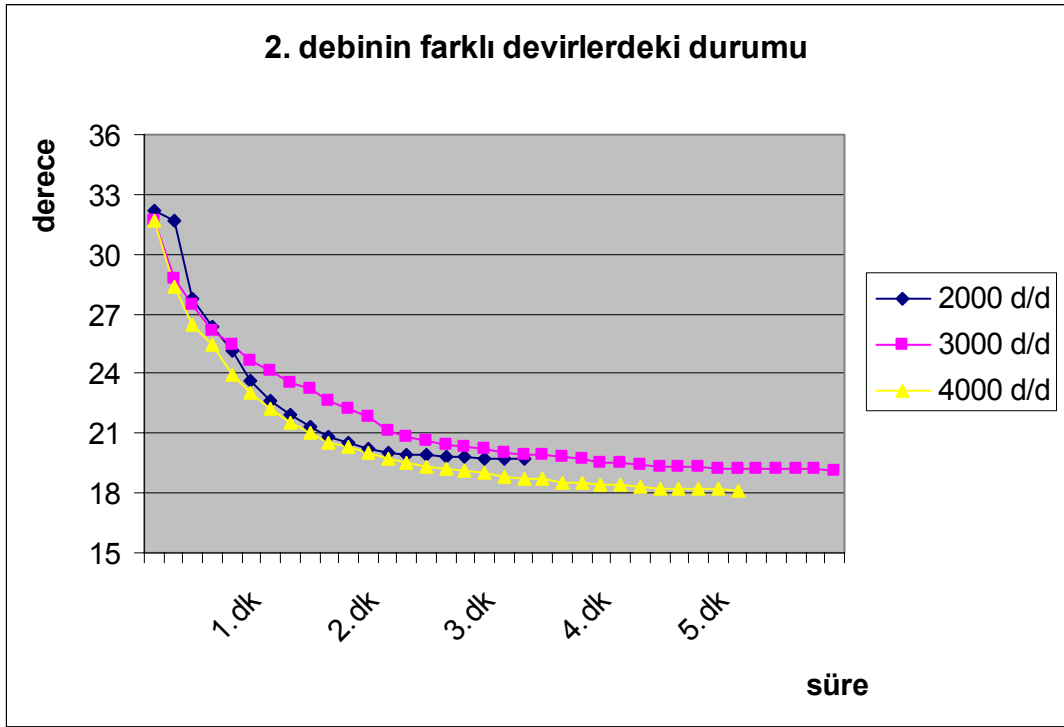
(Süre) Dakika	(Süre) Saniye	Q ₁ de ölçülen kabin giriş değerleri (°C)	Q ₂ de ölçülen kabin giriş değerleri (°C)
1.dk	10	31,7	31,7
	20	29,8	28,4
	30	27,9	26,5
	40	25,2	25,4
	50	23,7	23,9
	60	22	23
2.dk	10	21,2	22,2
	20	20,3	21,5
	30	19,6	21
	40	18,9	20,5
	50	18,4	20,3
	60	17,8	20
3.dk	10	17,4	19,7
	20	17,2	19,5
	30	17,1	19,3
	40	16,7	19,2
	50	16,5	19,1
	60	16,5	19
4.dk	10	16,3	18,8
	20	16,3	18,7
	30	16,3	18,7
	40	16,2	18,5
	50	16,1	18,5
	60	16	18,4
5.dk	10	15,9	18,4
	20	15,8	18,3
	30	15,8	18,2
	40	15,7	18,2
	50	15,7	18,2
	60	15,6	18,2
6.dk	10	15,6	18,1
	20	15,5	
	30	15,5	
	40	15,4	
	50	15,4	
	60	15,3	



Şekil 5.3. 4000 d/d'daki 1 ve 2. debilere göre kabin giriş değerleri



Şekil 5.4. 1. debinin açık sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması



Şekil 5.5. 2. debinin açık sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması

5.1.2. Düşük devire göre ortaya çıkan soğutma miktarı

Soğutma yüküne karşılık gelebilecek enerji miktarının hesaplanması için temel olarak $Q=m.c.\Delta_t$ ya da eşdeğer olarak $Q=V.\zeta.c.\Delta_t$ bağıntıları kullanılabilir. Her 10 saniye için bu değerlerin 1. ve 2. debiye bağlantılı olarak hesaplamaları tablolarda verilmiştir. Dış ortam sıcaklığı $32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Araç kabini içindeki yük daha önceki bölümlerde $Q_{\text{TOPLAM}}=1,703\text{ kW}$ olarak hesaplanmıştı. Oranlama yapıldığında ortaya çıkan sonuç, % olarak aşağıdaki tablo ve şekillerde ayrıntılı olarak devirlere göre belirtilmiştir.

Dış ortam sıcaklığı.....	T_2	(Kelvin)
Kabin içine yönlendirilen (kabin girişi) sıcaklık.....	T_1	(Kelvin)
Hava giriş-çıkış sıcaklık farkı.....	Δ_t	
1 saniyede geçen havanın hacmi.....	V	(m^3 / sn)
Havanın yoğunluğu	ζ	(kg / m^3)
Havanın özgül ısısı.....	c	(kJ / kgK)
Ortaya çıkan enerji.....	Q	($\text{kJ}/\text{sn} = \text{kwatt}$)

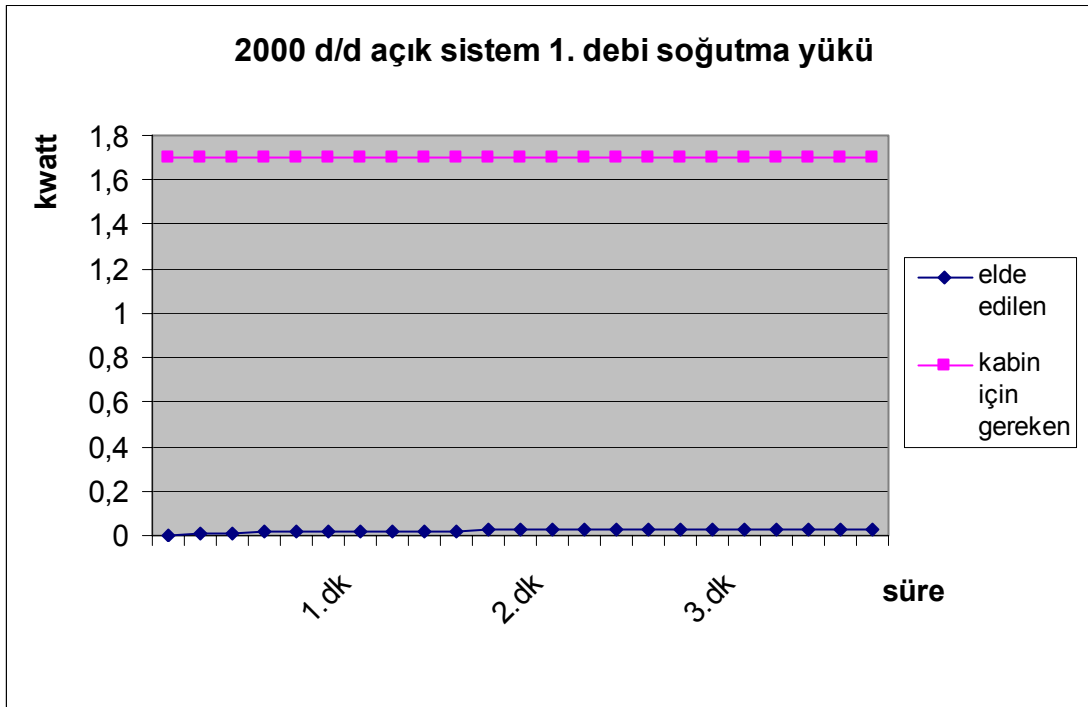
Örnek hesaplama yapacak olursak ;

$$\begin{aligned}
 30. \text{ saniye ve 1.debi için} \quad Q_{1.30} &= V \cdot \zeta \cdot c \cdot \Delta_t \\
 (2000 \text{ d/dk}) \quad Q_{1.30} &= 0,0014 \times 1.217 \times 1.004 \times (305,2-300,2) \\
 Q_{1.30} &= 0,0085 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{1.30} &= 0,0085 \text{ kW} & \text{Soğutma kapasitesi : \% 0,5} \\
 \hline
 Q_{\text{TOPLAM}} &= 1,703 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 30. \text{ saniye ve 2.debi için} \quad Q &= V \cdot \zeta \cdot c \cdot \Delta_t \\
 (2000 \text{ d/dk}) \quad Q &= 0,0027 \times 1.217 \times 1.004 \times (305,2-300,8) \\
 Q &= 0,0145 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

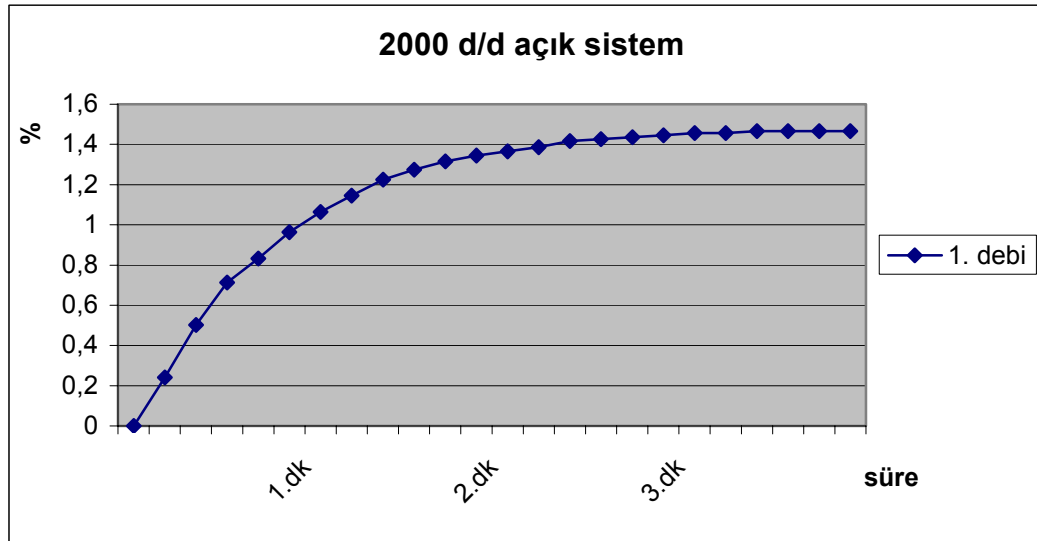
$$\begin{aligned}
 Q_{1.30} &= 0,0145 \text{ kW} & \text{Soğutma kapasitesi : \% 0,9} \\
 \hline
 Q_{\text{TOPLAM}} &= 1,703 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Şekil 5.6. 2000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

Tablo 5.4. 2000 d/dk da , açık sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı

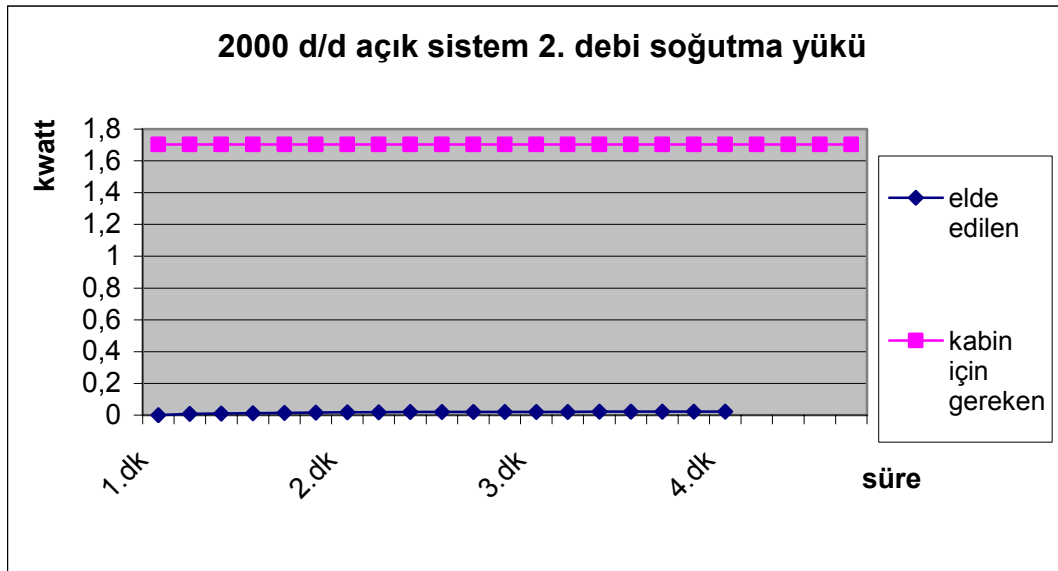
Süre (dk)	Süre (sn)	Ortam sıcaklığı (kelvin)	1.debi kabin giriş sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	305,2	302,8	2,4	0,004104	1,703	0,240986
	30	305,2	300,2	5	0,00855	1,703	0,502055
	40	305,2	298,1	7,1	0,012141	1,703	0,712918
	50	305,2	296,9	8,3	0,014193	1,703	0,833412
	60	305,2	295,6	9,6	0,016416	1,703	0,963946
2.dk	10	305,2	294,6	10,6	0,018126	1,703	1,064357
	20	305,2	293,8	11,4	0,019494	1,703	1,144686
	30	305,2	293	12,2	0,020862	1,703	1,225015
	40	305,2	292,5	12,7	0,021717	1,703	1,27522
	50	305,2	292,1	13,1	0,022401	1,703	1,315385
	60	305,2	291,8	13,4	0,022914	1,703	1,345508
3.dk	10	305,2	291,6	13,6	0,023256	1,703	1,36559
	20	305,2	291,4	13,8	0,023598	1,703	1,385672
	30	305,2	291,1	14,1	0,024111	1,703	1,415796
	40	305,2	291	14,2	0,024282	1,703	1,425837
	50	305,2	290,9	14,3	0,024453	1,703	1,435878
	60	305,2	290,8	14,4	0,024624	1,703	1,445919
4.dk	10	305,2	290,7	14,5	0,024795	1,703	1,45596
	20	305,2	290,7	14,5	0,024795	1,703	1,45596
	30	305,2	290,6	14,6	0,024966	1,703	1,466001
	40	305,2	290,6	14,6	0,024966	1,703	1,466001
	50	305,2	290,6	14,6	0,024966	1,703	1,466001
	60	305,2	290,6	14,6	0,024966	1,703	1,466001



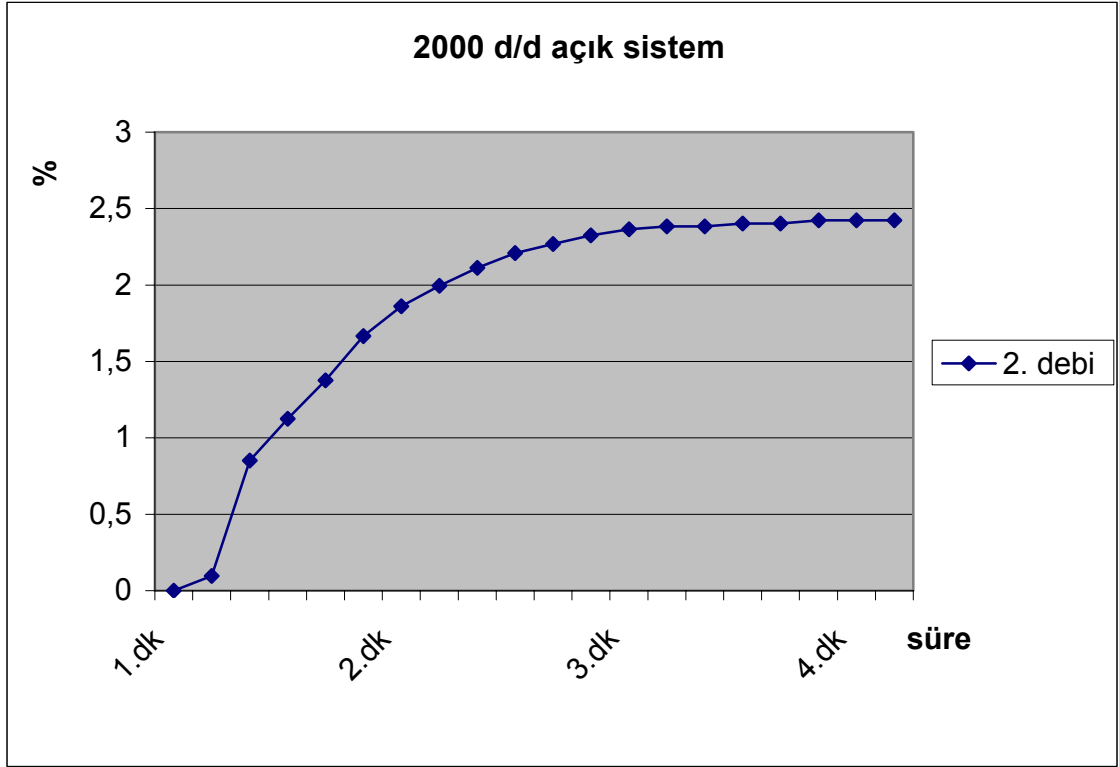
Şekil 5.7. 2000 d/dk ve açık sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

Tablo 5.5. 2000 d/dk da , açık sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Ortam sıcaklığı (kelvin)	2.debi kabin giriş sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	305,2	304,7	0,5	0,00165	1,703	0,096888
	30	305,2	300,8	4,4	0,01452	1,703	0,852613
	40	305,2	299,4	5,8	0,01914	1,703	1,123899
	50	305,2	298,1	7,1	0,02343	1,703	1,375807
	60	305,2	296,6	8,6	0,02838	1,703	1,666471
2.dk	10	305,2	295,6	9,6	0,03168	1,703	1,860247
	20	305,2	294,9	10,3	0,03399	1,703	1,99589
	30	305,2	294,3	10,9	0,03597	1,703	2,112155
	40	305,2	293,8	11,4	0,03762	1,703	2,209043
	50	305,2	293,5	11,7	0,03861	1,703	2,267176
	60	305,2	293,2	12	0,0396	1,703	2,325308
3.dk	10	305,2	293	12,2	0,04026	1,703	2,364063
	20	305,2	292,9	12,3	0,04059	1,703	2,383441
	30	305,2	292,9	12,3	0,04059	1,703	2,383441
	40	305,2	292,8	12,4	0,04092	1,703	2,402819
	50	305,2	292,8	12,4	0,04092	1,703	2,402819
	60	305,2	292,7	12,5	0,04125	1,703	2,422196
4.dk	10	305,2	292,7	12,5	0,04125	1,703	2,422196
	20	305,2	292,7	12,5	0,04125	1,703	2,422196

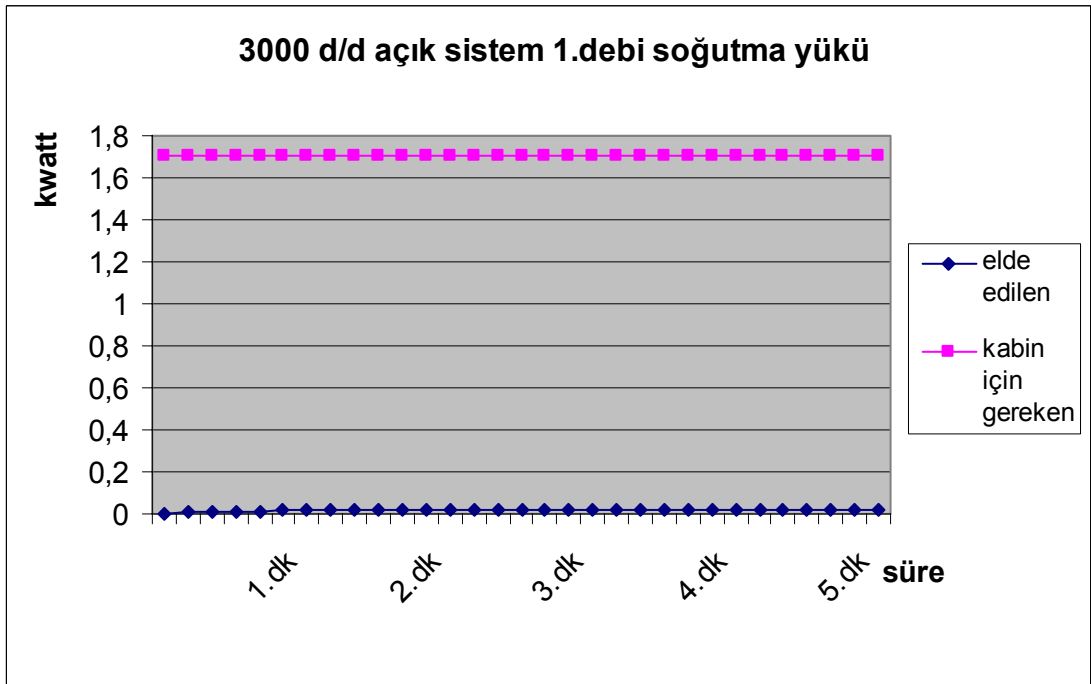


Şekil 5.8. 2000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları



Şekil 5.9. 2000 d/dk ve açık sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

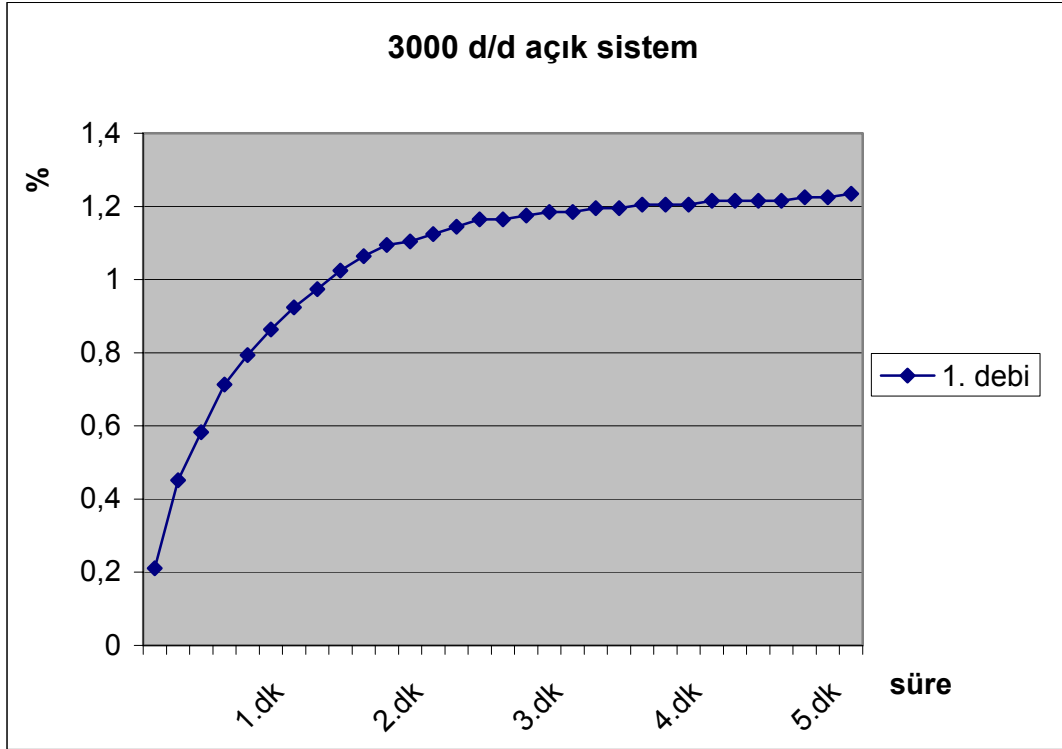
5.1.3. Orta devire göre ortaya çıkan soğutma miktarı



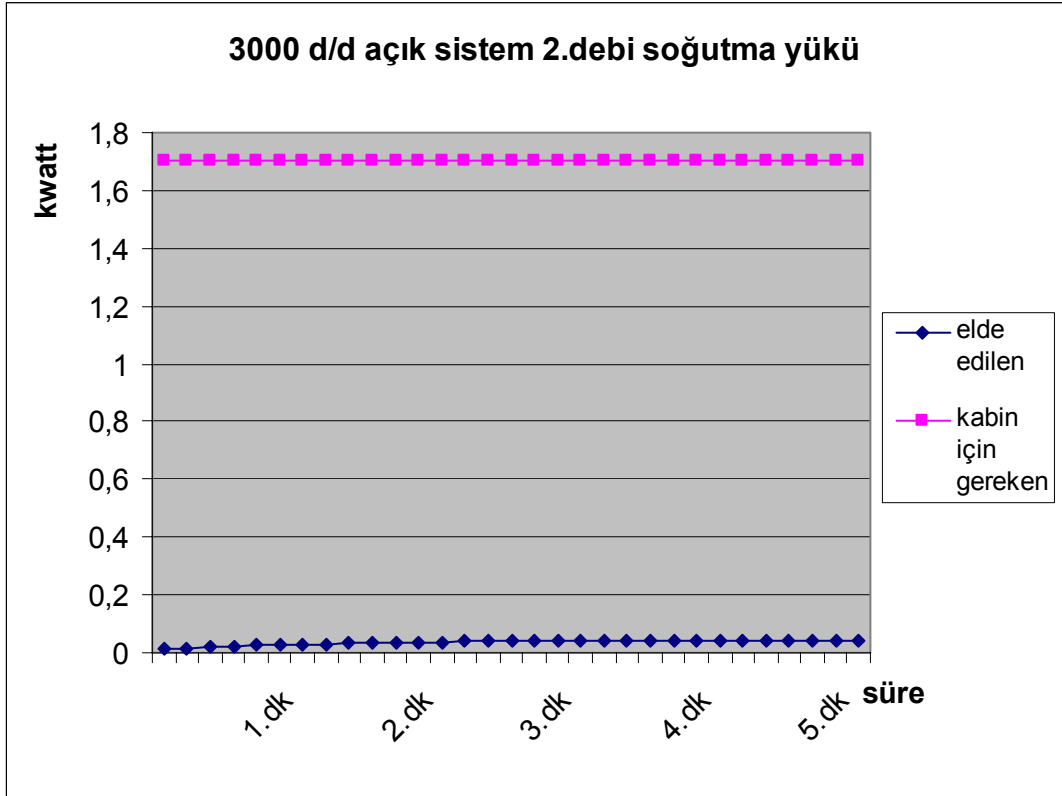
Şekil 5.10. 3000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

Tablo 5.6. 3000 d/dk da,açık sistemde, 1. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Ortam sıcaklığı (kelvin)	1.debi kabin giriş sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	305,2	303,1	2,1	0,003591	1,703	0,210863
	30	305,2	300,7	4,5	0,007695	1,703	0,45185
	40	305,2	299,4	5,8	0,009918	1,703	0,582384
	50	305,2	298,1	7,1	0,012141	1,703	0,712918
	60	305,2	297,3	7,9	0,013509	1,703	0,793247
2.dk	10	305,2	296,6	8,6	0,014706	1,703	0,863535
	20	305,2	296	9,2	0,015732	1,703	0,923782
	30	305,2	295,5	9,7	0,016587	1,703	0,973987
	40	305,2	295	10,2	0,017442	1,703	1,024193
	50	305,2	294,6	10,6	0,018126	1,703	1,064357
	60	305,2	294,3	10,9	0,018639	1,703	1,09448
3.dk	10	305,2	294,2	11	0,01881	1,703	1,104521
	20	305,2	294	11,2	0,019152	1,703	1,124604
	30	305,2	293,8	11,4	0,019494	1,703	1,144686
	40	305,2	293,6	11,6	0,019836	1,703	1,164768
	50	305,2	293,6	11,6	0,019836	1,703	1,164768
	60	305,2	293,5	11,7	0,020007	1,703	1,174809
4.dk	10	305,2	293,4	11,8	0,020178	1,703	1,18485
	20	305,2	293,4	11,8	0,020178	1,703	1,18485
	30	305,2	293,3	11,9	0,020349	1,703	1,194891
	40	305,2	293,3	11,9	0,020349	1,703	1,194891
	50	305,2	293,2	12	0,02052	1,703	1,204932
	60	305,2	293,2	12	0,02052	1,703	1,204932
5.dk	10	305,2	293,2	12	0,02052	1,703	1,204932
	20	305,2	293,1	12,1	0,020691	1,703	1,214974
	30	305,2	293,1	12,1	0,020691	1,703	1,214974
	40	305,2	293,1	12,1	0,020691	1,703	1,214974
	50	305,2	293,1	12,1	0,020691	1,703	1,214974
	60	305,2	293	12,2	0,020862	1,703	1,225015
6.dk	10	305,2	293	12,2	0,020862	1,703	1,225015
	20	305,2	292,9	12,3	0,021033	1,703	1,235056



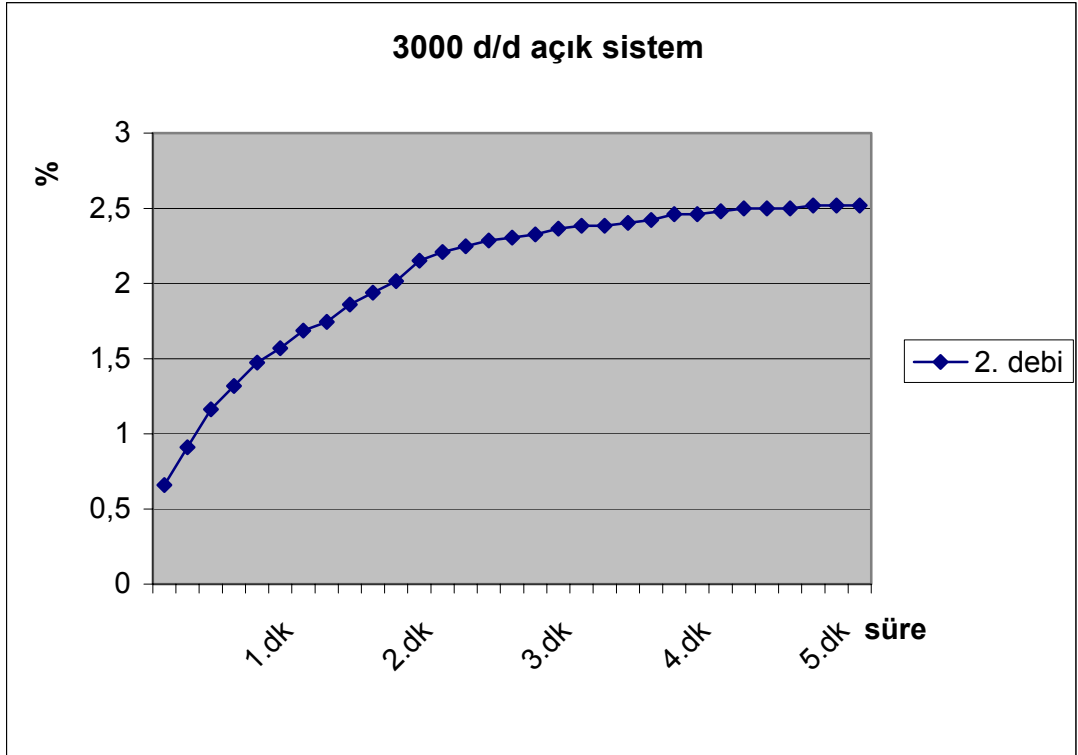
Şekil 5.11. 3000 d/dk ve açık sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı



Şekil 5.12. 3000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

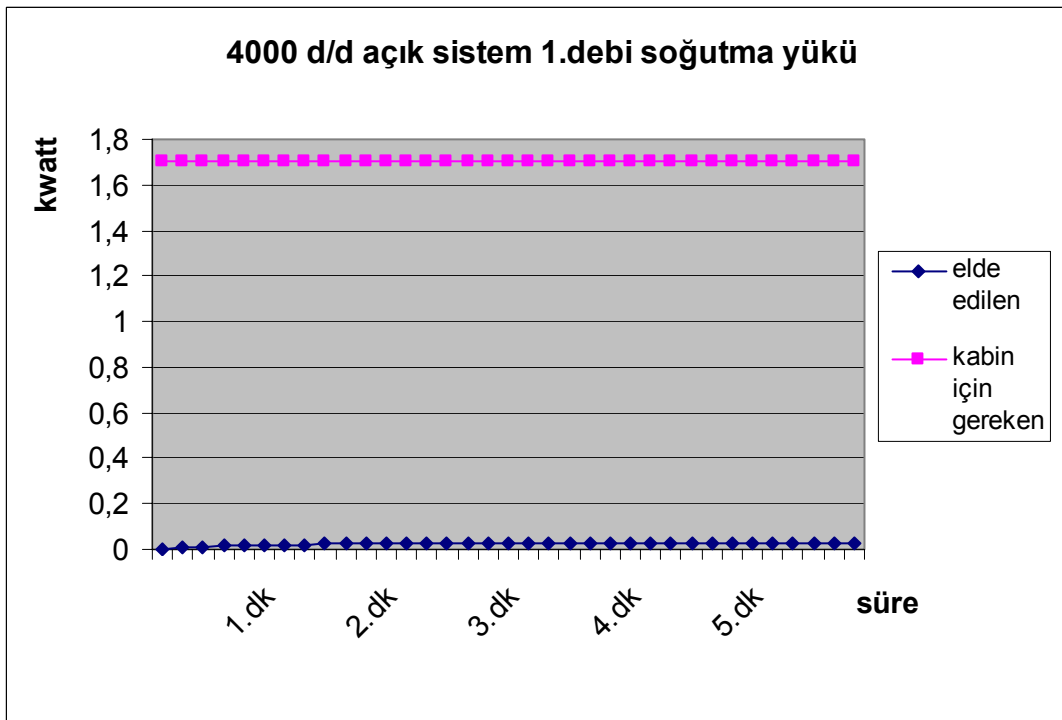
Tablo 5.7. 3000 d/dk da , açık sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Ortam sıcaklığı (kelvin)	2.debi kabin giriş sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	305,2	303,1	3,4	0,01122	1,703	0,658837
	30	305,2	300,7	4,7	0,01551	1,703	0,910746
	40	305,2	299,4	6	0,0198	1,703	1,162654
	50	305,2	298,1	6,8	0,02244	1,703	1,317675
	60	305,2	297,3	7,6	0,02508	1,703	1,472695
2.dk	10	305,2	296,6	8,1	0,02673	1,703	1,569583
	20	305,2	296	8,7	0,02871	1,703	1,685849
	30	305,2	295,5	9	0,0297	1,703	1,743981
	40	305,2	295	9,6	0,03168	1,703	1,860247
	50	305,2	294,6	10	0,033	1,703	1,937757
	60	305,2	294,3	10,4	0,03432	1,703	2,015267
3.dk	10	305,2	294,2	11,1	0,03663	1,703	2,15091
	20	305,2	294	11,4	0,03762	1,703	2,209043
	30	305,2	293,8	11,6	0,03828	1,703	2,247798
	40	305,2	293,6	11,8	0,03894	1,703	2,286553
	50	305,2	293,6	11,9	0,03927	1,703	2,305931
	60	305,2	293,5	12	0,0396	1,703	2,325308
4.dk	10	305,2	293,4	12,2	0,04026	1,703	2,364063
	20	305,2	293,4	12,3	0,04059	1,703	2,383441
	30	305,2	293,3	12,3	0,04059	1,703	2,383441
	40	305,2	293,3	12,4	0,04092	1,703	2,402819
	50	305,2	293,2	12,5	0,04125	1,703	2,422196
	60	305,2	293,2	12,7	0,04191	1,703	2,460951
5.dk	10	305,2	293,2	12,7	0,04191	1,703	2,460951
	20	305,2	293,1	12,8	0,04224	1,703	2,480329
	30	305,2	293,1	12,9	0,04257	1,703	2,499706
	40	305,2	293,1	12,9	0,04257	1,703	2,499706
	50	305,2	293,1	12,9	0,04257	1,703	2,499706
	60	305,2	293	13	0,0429	1,703	2,519084
6.dk	10	305,2	293	13	0,0429	1,703	2,519084
	20	305,2	292,9	13	0,0429	1,703	2,519084



Şekil 5.13. 3000 d/dk ve açık sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

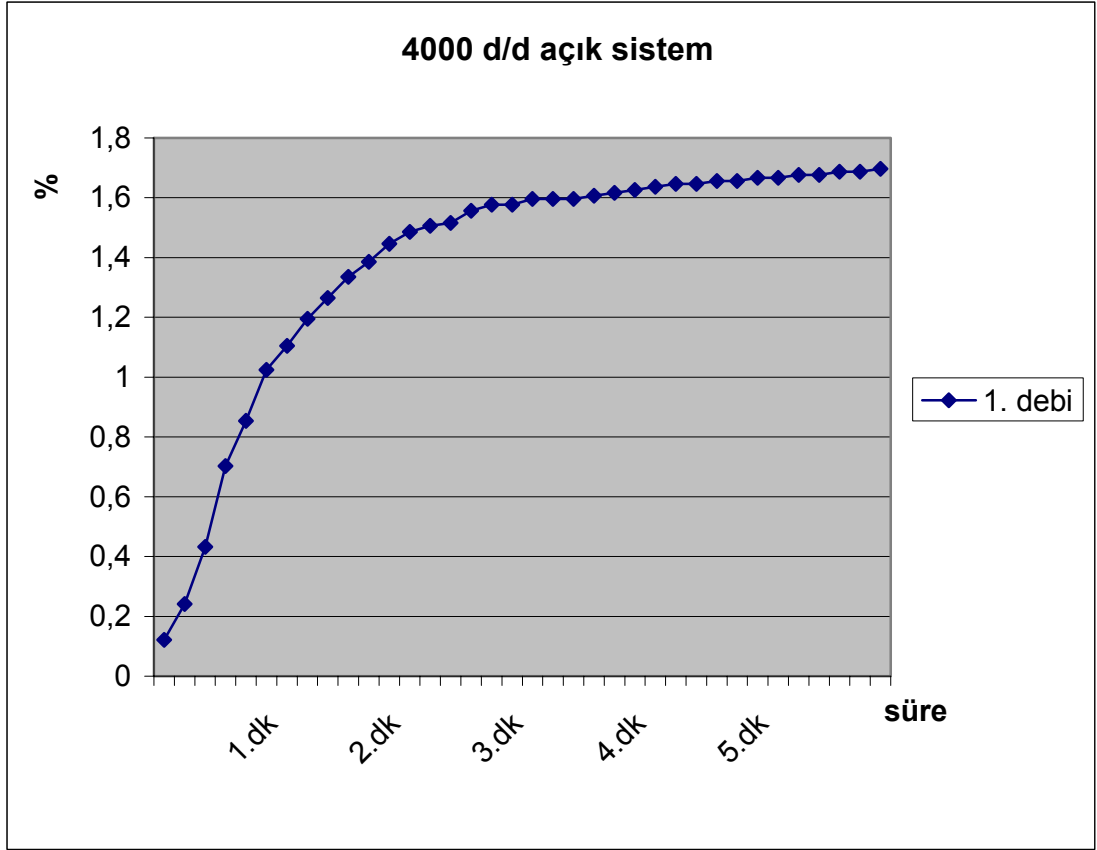
5.1.4. Yüksek devire göre ortaya çıkan soğutma miktarı



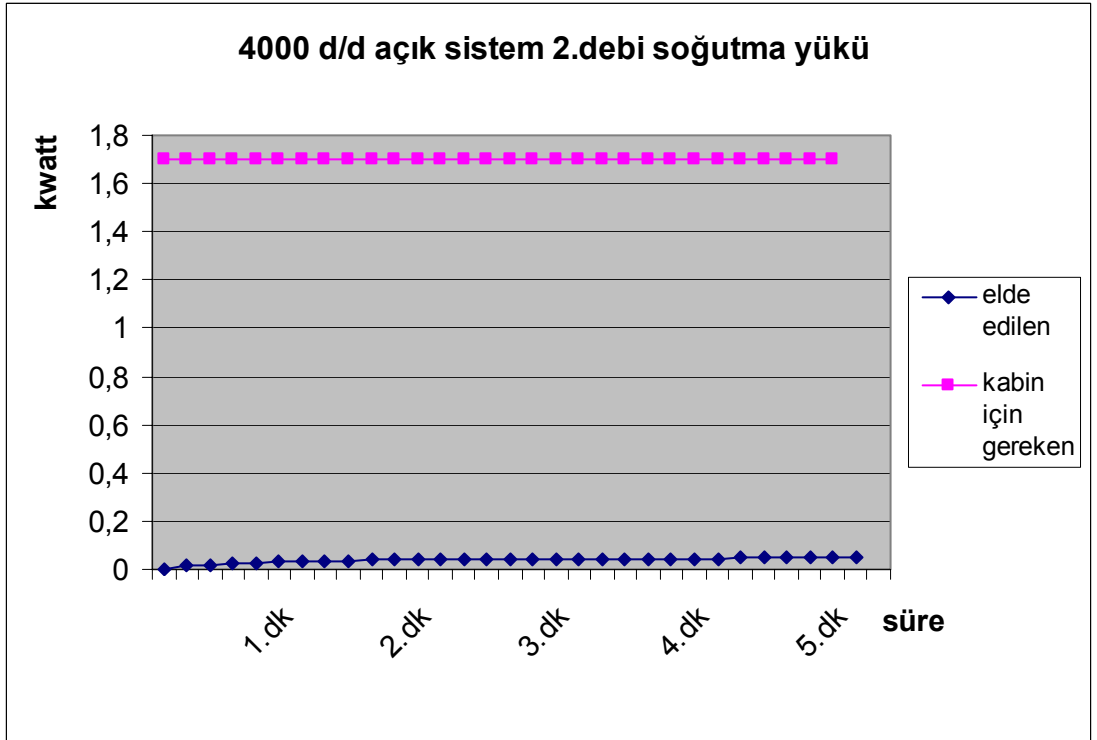
Şekil 5.14. 4000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

Tablo 5.8. 4000 d/dk da, açık sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Ortam sıcaklığı (kelvin)	1.debi kabin giriş sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	10	305,2	304,7	0,5	0,000855	0,703	0,121622
	20	305,2	302,8	2,4	0,004104	1,703	0,240986
	30	305,2	300,9	4,3	0,007353	1,703	0,431767
	40	305,2	298,2	7	0,01197	1,703	0,702877
	50	305,2	296,7	8,5	0,014535	1,703	0,853494
	60	305,2	295	10,2	0,017442	1,703	1,024193
2.dk	10	305,2	294,2	11	0,01881	1,703	1,104521
	20	305,2	293,3	11,9	0,020349	1,703	1,194891
	30	305,2	292,6	12,6	0,021546	1,703	1,265179
	40	305,2	291,9	13,3	0,022743	1,703	1,335467
	50	305,2	291,4	13,8	0,023598	1,703	1,385672
	60	305,2	290,8	14,4	0,024624	1,703	1,445919
3.dk	10	305,2	290,4	14,8	0,025308	1,703	1,486083
	20	305,2	290,2	15	0,02565	1,703	1,506166
	30	305,2	290,1	15,1	0,025821	1,703	1,516207
	40	305,2	289,7	15,5	0,026505	1,703	1,556371
	50	305,2	289,5	15,7	0,026847	1,703	1,576453
	60	305,2	289,5	15,7	0,026847	1,703	1,576453
4.dk	10	305,2	289,3	15,9	0,027189	1,703	1,596536
	20	305,2	289,3	15,9	0,027189	1,703	1,596536
	30	305,2	289,3	15,9	0,027189	1,703	1,596536
	40	305,2	289,2	16	0,02736	1,703	1,606577
	50	305,2	289,1	16,1	0,027531	1,703	1,616618
	60	305,2	289	16,2	0,027702	1,703	1,626659
5.dk	10	305,2	288,9	16,3	0,027873	1,703	1,6367
	20	305,2	288,8	16,4	0,028044	1,703	1,646741
	30	305,2	288,8	16,4	0,028044	1,703	1,646741
	40	305,2	288,7	16,5	0,028215	1,703	1,656782
	50	305,2	288,7	16,5	0,028215	1,703	1,656782
	60	305,2	288,6	16,6	0,028386	1,703	1,666823
6.dk	10	305,2	288,6	16,6	0,028386	1,703	1,666823
	20	305,2	288,5	16,7	0,028557	1,703	1,676864
	30	305,2	288,5	16,7	0,028557	1,703	1,676864
	40	305,2	288,4	16,8	0,028728	1,703	1,686905
	50	305,2	288,4	16,8	0,028728	1,703	1,686905
	60	305,2	288,3	16,9	0,028899	1,703	1,696947



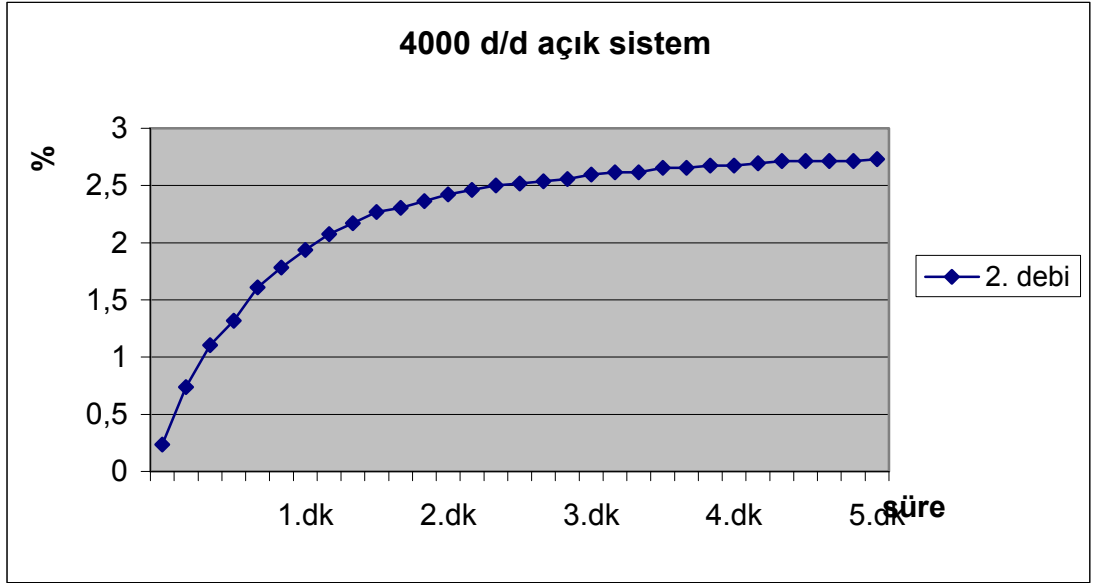
Şekil 5.15. 4000 d/dk ve açık sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı



Şekil 5.16. 4000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

Tablo 5.9. 4000 d/dk da, açık sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı

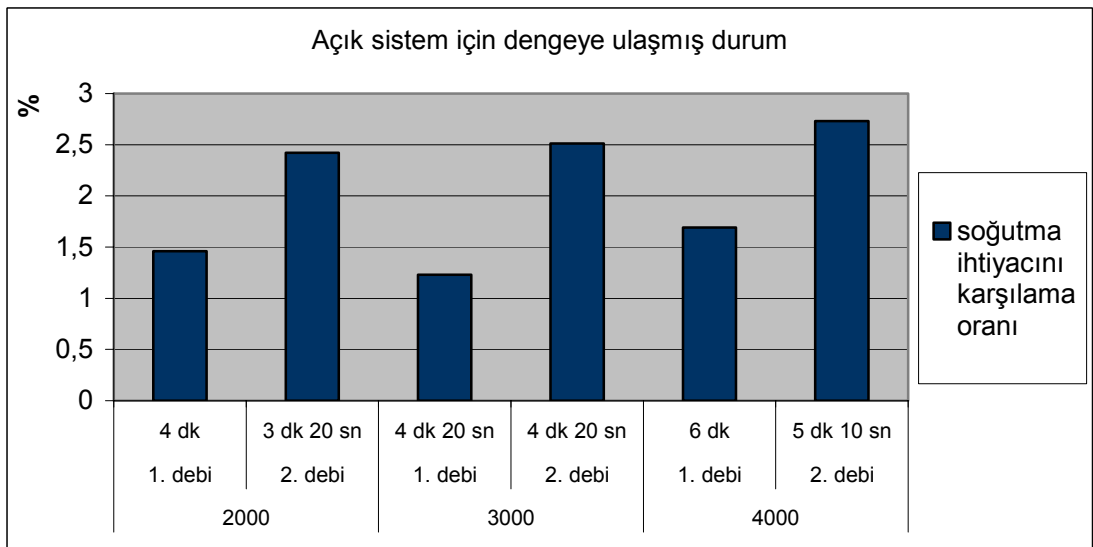
Süre (dk)	Süre (sn)	Ortam sıcaklığı (kelvin)	2.debi kabin giriş sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	10	305,2	304,7	0,5	0,00165	0,703	0,234708
	20	305,2	301,4	3,8	0,01254	1,703	0,736348
	30	305,2	299,5	5,7	0,01881	1,703	1,104521
	40	305,2	298,4	6,8	0,02244	1,703	1,317675
	50	305,2	296,9	8,3	0,02739	1,703	1,608338
	60	305,2	296	9,2	0,03036	1,703	1,782736
2.dk	10	305,2	295,2	10	0,033	1,703	1,937757
	20	305,2	294,5	10,7	0,03531	1,703	2,073400
	30	305,2	294	11,2	0,03696	1,703	2,170288
	40	305,2	293,5	11,7	0,03861	1,703	2,267176
	50	305,2	293,3	11,9	0,03927	1,703	2,305931
	60	305,2	293	12,2	0,04026	1,703	2,364063
3.dk	10	305,2	292,7	12,5	0,04125	1,703	2,422196
	20	305,2	292,5	12,7	0,04191	1,703	2,460951
	30	305,2	292,3	12,9	0,04257	1,703	2,499706
	40	305,2	292,2	13	0,0429	1,703	2,519084
	50	305,2	292,1	13,1	0,04323	1,703	2,538462
	60	305,2	292	13,2	0,04356	1,703	2,557839
4.dk	10	305,2	291,8	13,4	0,04422	1,703	2,596594
	20	305,2	291,7	13,5	0,04455	1,703	2,615972
	30	305,2	291,7	13,5	0,04455	1,703	2,615972
	40	305,2	291,5	13,7	0,04521	1,703	2,654727
	50	305,2	291,5	13,7	0,04521	1,703	2,654727
	60	305,2	291,4	13,8	0,04554	1,703	2,674105
5.dk	10	305,2	291,4	13,8	0,04554	1,703	2,674105
	20	305,2	291,3	13,9	0,04587	1,703	2,693482
	30	305,2	291,2	14	0,0462	1,703	2,71286
	40	305,2	291,2	14	0,0462	1,703	2,71286
	50	305,2	291,2	14	0,0462	1,703	2,71286
	60	305,2	291,2	14	0,0462	1,703	2,71286
6.dk	10	305,2	291,1	14,1	0,04653	1,703	2,732237



Şekil 5.17. 4000 d/dk ve açık sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

Tablo 5.10. Açık sistem için dengeye ulaşılmış durumdaki sonuçlar

Devir (d/dk)	Debi	Süre	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
2000	1. debi	4 dk	1,46
	2. debi	3 dk 20 sn	2,42
3000	1. debi	4 dk 20 sn	1,23
	2. debi	4 dk 20 sn	2,51
4000	1. debi	6 dk	1,69
	2. debi	5 dk 10 sn	2,73



Şekil 5.18. Açık sistem için dengeye ulaşılmış durumdaki sonuçlar

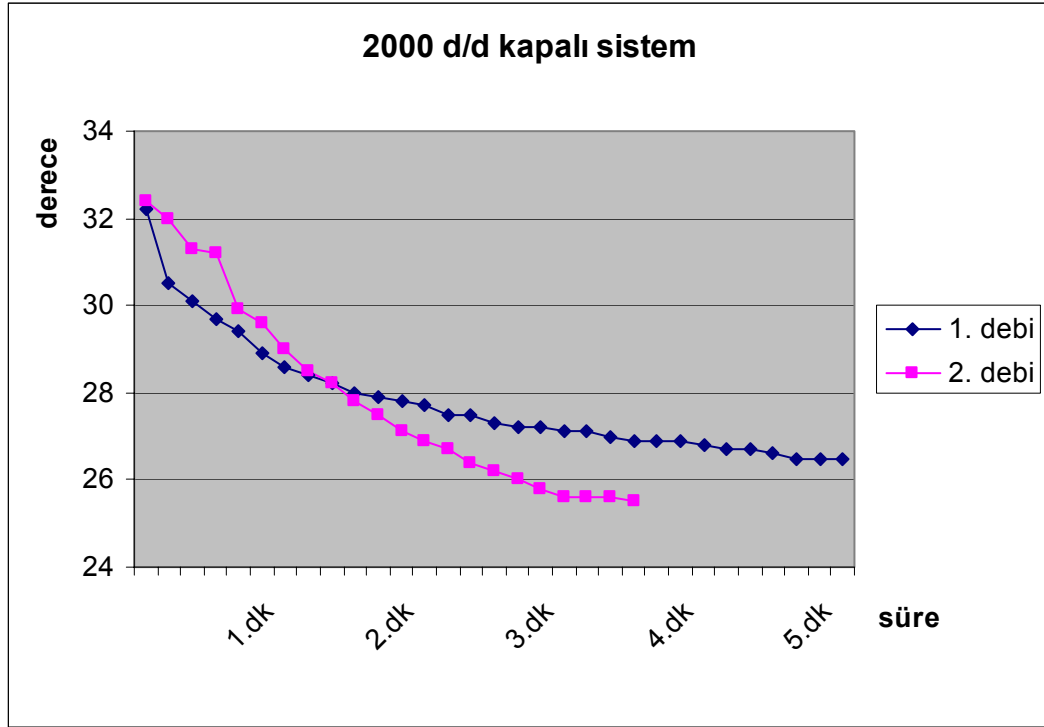
5.2. Kapalı Sistemde Yapılan Deneyler

Açık sistem şartlarının tamamının geçerli olduğu bu ön deneylerdeki tek fark ölçüm noktasının kabin çıkışında bulunmasıdır. Dış ortam sıcaklığı 32,7 °C olarak alınmıştır. Deney sonuçları aşağıya çıkarılmıştır.

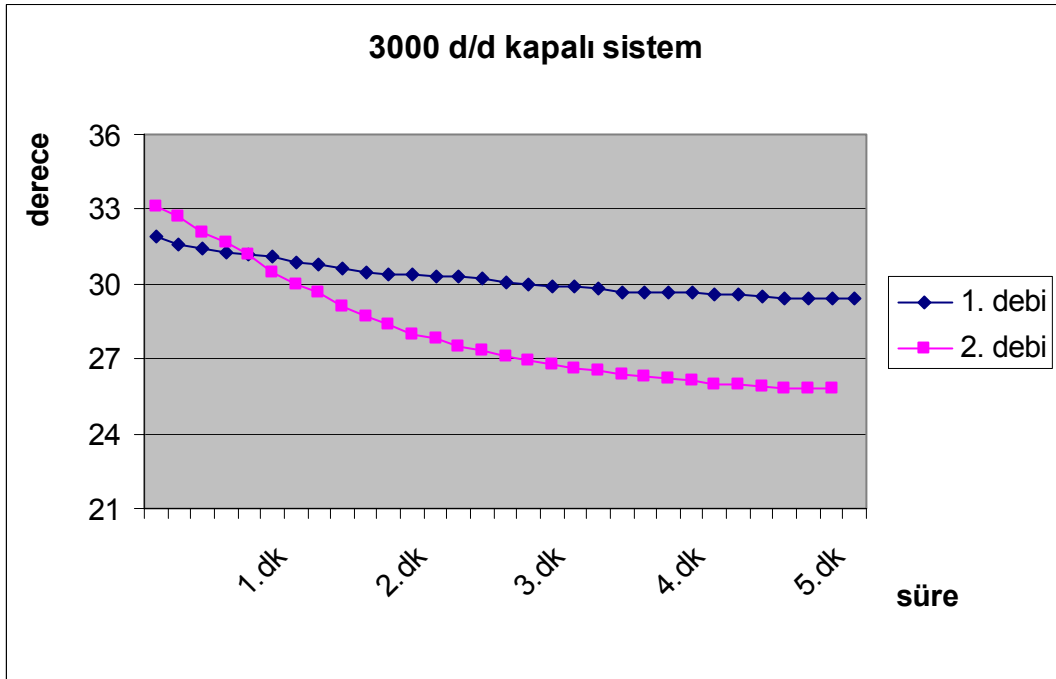
5.2.1. Düşük, orta ve yüksek devirlerde ölçülen sıcaklık değerleri

Tablo 5.11. 2000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri (derece)

(Süre) Dakika	(Süre) Saniye	Q ₁ de ölçülen kabin çıkış değerleri (°C)	Q ₂ de ölçülen kabin çıkış değerleri (°C)
1.dk	10	32,2	32,4
	20	30,5	32
	30	30,1	31,3
	40	29,7	31,2
	50	29,4	29,9
	60	28,9	29,6
2.dk	10	28,6	29
	20	28,4	28,5
	30	28,2	28,2
	40	28	27,8
	50	27,9	27,5
	60	27,8	27,1
3.dk	10	27,7	26,9
	20	27,5	26,7
	30	27,5	26,4
	40	27,3	26,2
	50	27,2	26
	60	27,2	25,8
4.dk	10	27,1	25,6
	20	27,1	25,6
	30	27	25,6
	40	26,9	25,5
	50	26,9	
	60	26,9	
5.dk	10	26,8	
	20	26,7	
	30	26,7	
	40	26,6	
	50	26,5	
	60	26,5	



Şekil 5.19. 2000 d/d'daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri



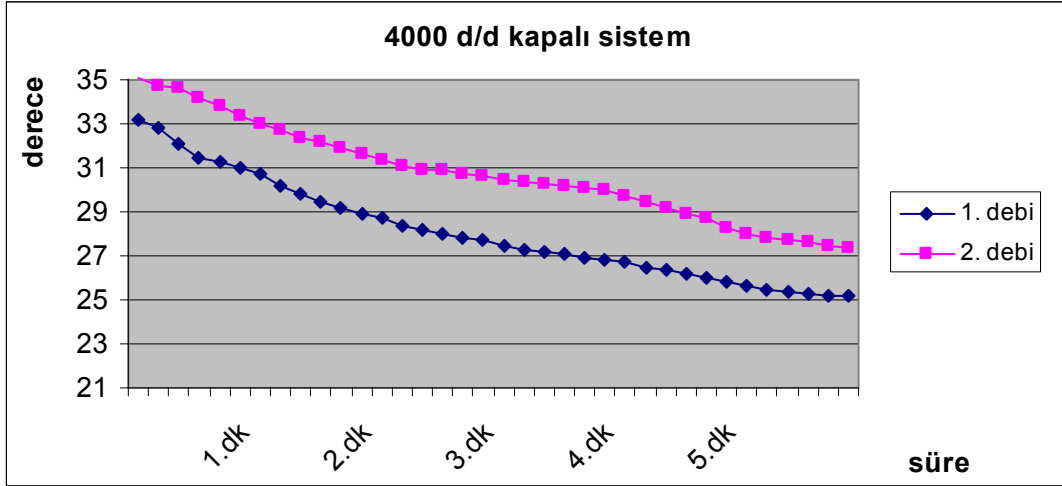
Şekil 5.20. 3000 d/d'daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri

Tablo 5.12. 3000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri (derece)

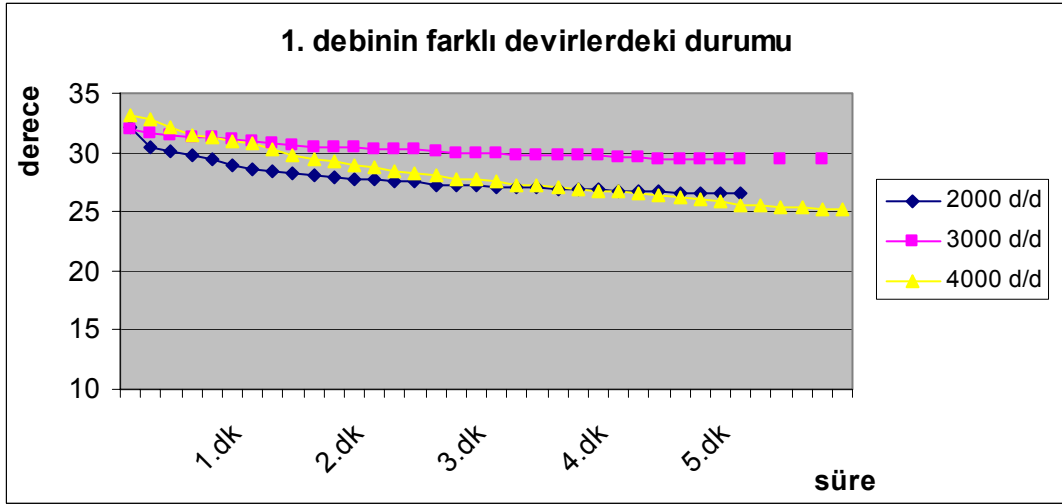
(Süre) Dakika	(Süre) Saniye	Q ₁ de ölçülen kabin çıkış değerleri (°C)	Q ₂ de ölçülen kabin çıkış değerleri (°C)
1.dk	10	31,9	33,1
	20	31,6	32,7
	30	31,4	32,1
	40	31,3	31,7
	50	31,2	31,2
	60	31,1	30,5
2.dk	10	30,9	30
	20	30,8	29,7
	30	30,6	29,1
	40	30,5	28,7
	50	30,4	28,4
	60	30,4	28
3.dk	10	30,3	27,8
	20	30,3	27,5
	30	30,2	27,3
	40	30,1	27,1
	50	30	26,9
	60	29,9	26,8
4.dk	10	29,9	26,6
	20	29,8	26,5
	30	29,7	26,4
	40	29,7	26,3
	50	29,7	26,2
	60	29,7	26,1
5.dk	10	29,6	26
	20	29,6	26
	30	29,5	25,9
	40	29,4	25,8
	50	29,4	25,8
	60	29,4	25,8
6.dk	10	29,4	

Tablo 5.13. 4000 d/dk daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri (derece)

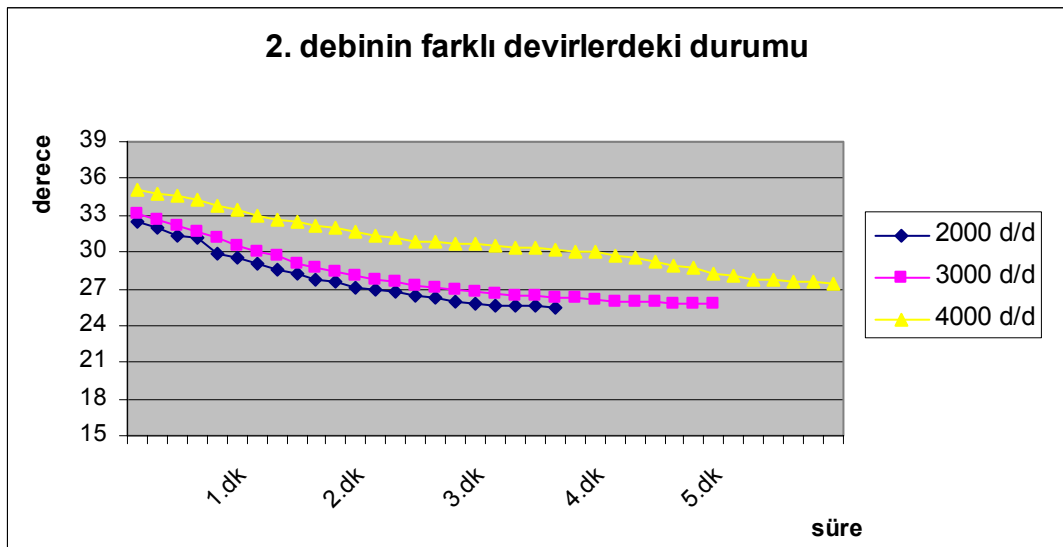
(Süre) Dakika	(Süre) Saniye	Q ₁ de ölçülen kabin çıkış değerleri (°C)	Q ₂ de ölçülen kabin çıkış değerleri (°C)
1.dk	10	33,2	35,1
	20	32,8	34,7
	30	32,1	34,6
	40	31,5	34,2
	50	31,3	33,8
	60	31	33,4
2.dk	10	30,7	33
	20	30,2	32,7
	30	29,8	32,4
	40	29,5	32,2
	50	29,2	31,9
	60	28,9	31,6
3.dk	10	28,7	31,4
	20	28,4	31,1
	30	28,2	30,9
	40	28	30,9
	50	27,8	30,7
	60	27,7	30,6
4.dk	10	27,5	30,5
	20	27,3	30,4
	30	27,2	30,3
	40	27,1	30,2
	50	26,9	30,1
	60	26,8	30
5.dk	10	26,7	29,7
	20	26,5	29,5
	30	26,4	29,2
	40	26,2	28,9
	50	26	28,7
	60	25,8	28,3
6.dk	10	25,6	28
	20	25,5	27,8
	30	25,4	27,7
	40	25,3	27,6
	50	25,2	27,5
	60	25,2	27,4



Şekil 5.21. 4000 d/d'daki 1 ve 2. debilere göre kabin çıkış değerleri



Şekil 5.22. 1. debinin kapalı sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması



Şekil 5.23. 2. debinin kapalı sistemde farklı devirlerde ölçülen değerlerinin kıyaslanması

5.2.2. Düşük devire göre ortaya çıkan soğutma miktarı

Soğutma yüküne karşılık gelebilecek enerji miktarı önceki bölümlerde $Q_{TOPLAM}=1,703$ kW olarak hesaplanmıştır. Bu sistem kapalı olduğu için, giriş havası sıcaklığı kabin çıkışı değerleri alınmış ve ölçüm noktası olarak kabin çıkışı tespit edilmiştir. Oranlama yapıldığında ortaya çıkan sonuç, % olarak aşağıdaki tablo ve şekillerde ayrıntılı olarak devirlere göre belirtilmiştir.

Dış ortam (regülatör giriş) sıcaklığı.....	T_2	(Kelvin)
Kabin içinden çıkış sıcaklığı.....	T_1	(Kelvin)
Hava giriş-çıkış sıcaklık farkı.....	Δ_t	
1 saniyede geçen havanın hacmi.....	V	(m^3 / sn)
Havanın yoğunluğu	ζ	(kg / m^3)
Havanın özgül ısısı.....	c	(kJ / kgK)
Ortaya çıkan enerji.....	Q	($kJ/sn = kwatt$)

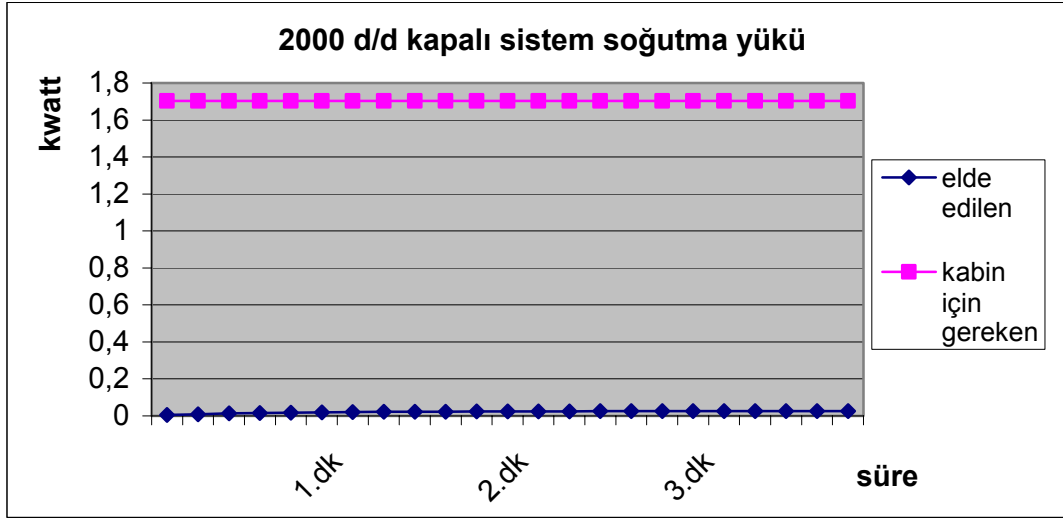
Örnek hesaplama yapacak olursak ;

$$\begin{aligned}
 30. \text{ saniye ve 1.debi için} \quad Q_{1.30} &= V \cdot \zeta \cdot c \cdot \Delta_t \\
 (2000 \text{ d/dk}) \quad Q_{1.30} &= 0,0014 \times 1.217 \times 1.004 \times (305,7-300,2) \\
 Q_{1.30} &= 0,0094 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l}
 Q_{1.30} = 0,0094 \text{ kW} \\
 \hline
 Q_{TOPLAM}=1,703 \text{ kW}
 \end{array}
 \quad \text{Soğutma kapasitesi : \% 0,55}$$

$$\begin{aligned}
 30. \text{ saniye ve 2.debi için} \quad Q &= V \cdot \zeta \cdot c \cdot \Delta_t \\
 (2000 \text{ d/dk}) \quad Q &= 0,0027 \times 1.217 \times 1.004 \times (305,7-300,8) \\
 Q &= 0,016 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

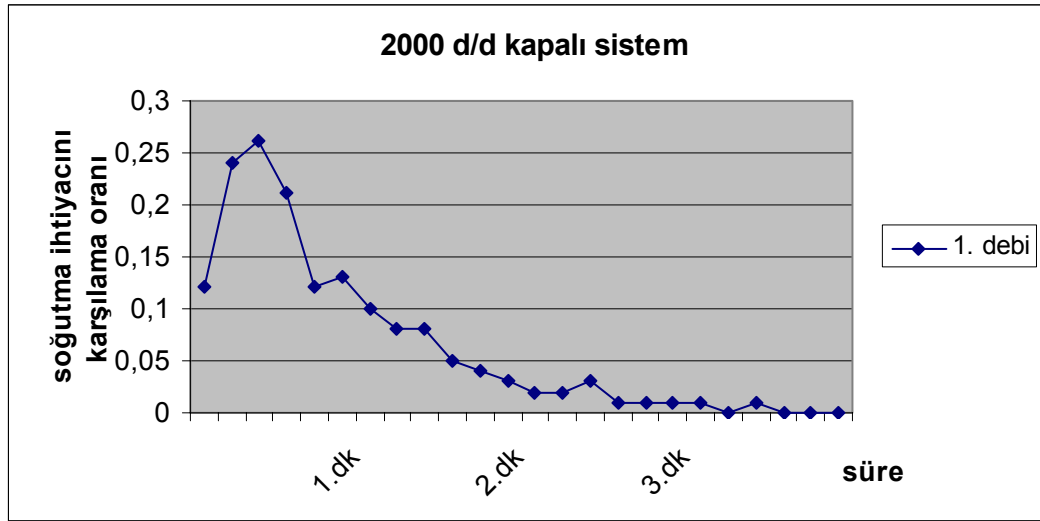
$$\begin{array}{l}
 Q_{1.30} = 0,083 \text{ kW} \\
 \hline
 Q_{TOPLAM}=1,703 \text{ kW}
 \end{array}
 \quad \text{Soğutma kapasitesi : \% 0,49}$$



Şekil 5.24. 2000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

Tablo 5.14. 2000 d/dk da , kapalı sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı

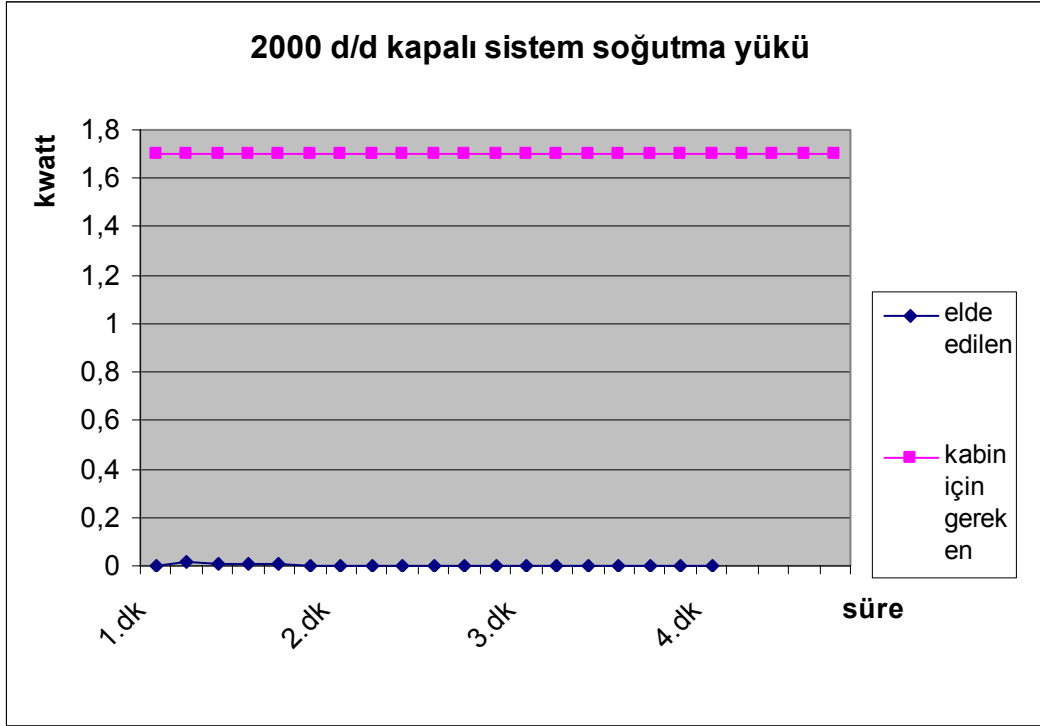
Süre (dk)	Süre (sn)	Regülatör giriş sıcaklığı (kelvin)	1.debi kabin çıkış sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı (kelvin)	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
	10	305,7	305,2	0,5	0,000855	0,703	0,121622
	20	305,2	302,8	2,4	0,004104	1,703	0,240986
	30	302,8	300,2	2,6	0,004446	1,703	0,261069
	40	300,2	298,1	2,1	0,003591	1,703	0,210863
	50	298,1	296,9	1,2	0,002052	1,703	0,120493
	60	296,9	295,6	1,3	0,002223	1,703	0,130534
1.dk	10	295,6	294,6	1	0,00171	1,703	0,100411
	20	294,6	293,8	0,8	0,001368	1,703	0,080329
	30	293,8	293	0,8	0,001368	1,703	0,080329
	40	293	292,5	0,5	0,000855	1,703	0,050206
	50	292,5	292,1	0,4	0,000684	1,703	0,040164
	60	292,1	291,8	0,3	0,000513	1,703	0,030123
2.dk	10	291,8	291,6	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	20	291,6	291,4	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	30	291,4	291,1	0,3	0,000513	1,703	0,030123
	40	291,1	291	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	291	290,9	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	60	290,9	290,8	0,1	0,000171	1,703	0,010041
3.dk	10	290,8	290,7	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	20	290,7	290,7	0	0	1,703	0
	30	290,7	290,6	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	290,6	290,6	0	0	1,703	0
	50	290,6	290,6	0	0	1,703	0



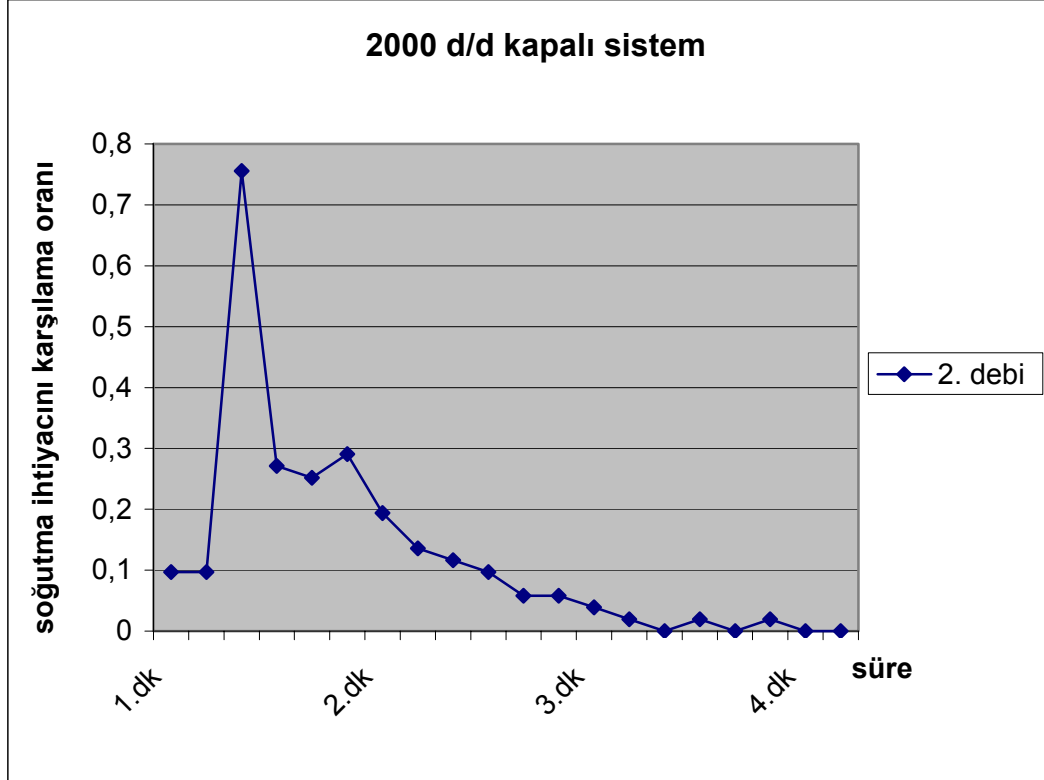
Şekil 5.25. 2000 d/dk ve kapalı sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

Tablo 5.15. 2000 d/dk da , kapalı sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Regülatör giriş sıcaklığı (kelvin)	2.debi kabin çıkış sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	10	305,7	305,2	0,5	0,00165	1,703	0,096888
	20	305,2	304,7	0,5	0,00165	1,703	0,096888
	30	304,7	300,8	3,9	0,01287	1,703	0,755725
	40	300,8	299,4	1,4	0,00462	1,703	0,271286
	50	299,4	298,1	1,3	0,00429	1,703	0,251908
2.dk	60	298,1	296,6	1,5	0,00495	1,703	0,290664
	10	296,6	295,6	1	0,0033	1,703	0,193776
	20	295,6	294,9	0,7	0,00231	1,703	0,135643
	30	294,9	294,3	0,6	0,00198	1,703	0,116265
	40	294,3	293,8	0,5	0,00165	1,703	0,096888
	50	293,8	293,5	0,3	0,00099	1,703	0,058133
3.dk	60	293,5	293,2	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	10	293,2	293	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	20	293	292,9	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	30	292,9	292,9	0	0	1,703	0
	40	292,9	292,8	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	50	292,8	292,8	0	0	1,703	0
4.dk	60	292,8	292,7	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	10	292,7	292,7	0	0	1,703	0



Şekil 5.26. 2000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

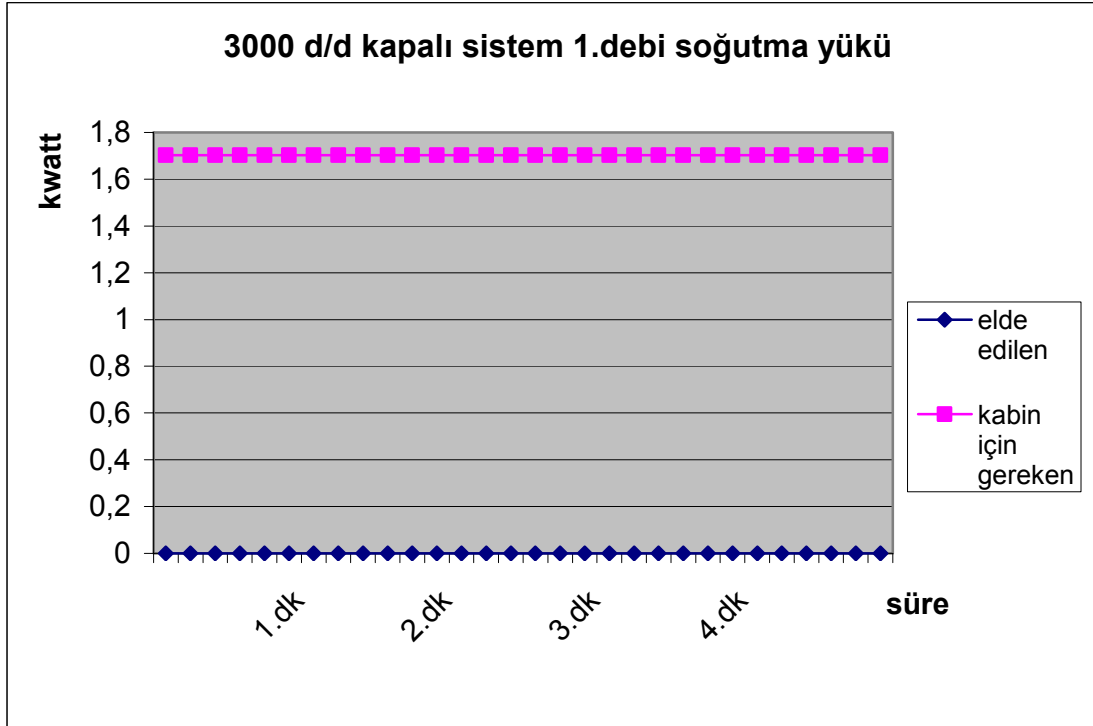


Şekil 5.27. 2000 d/dk ve kapalı sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

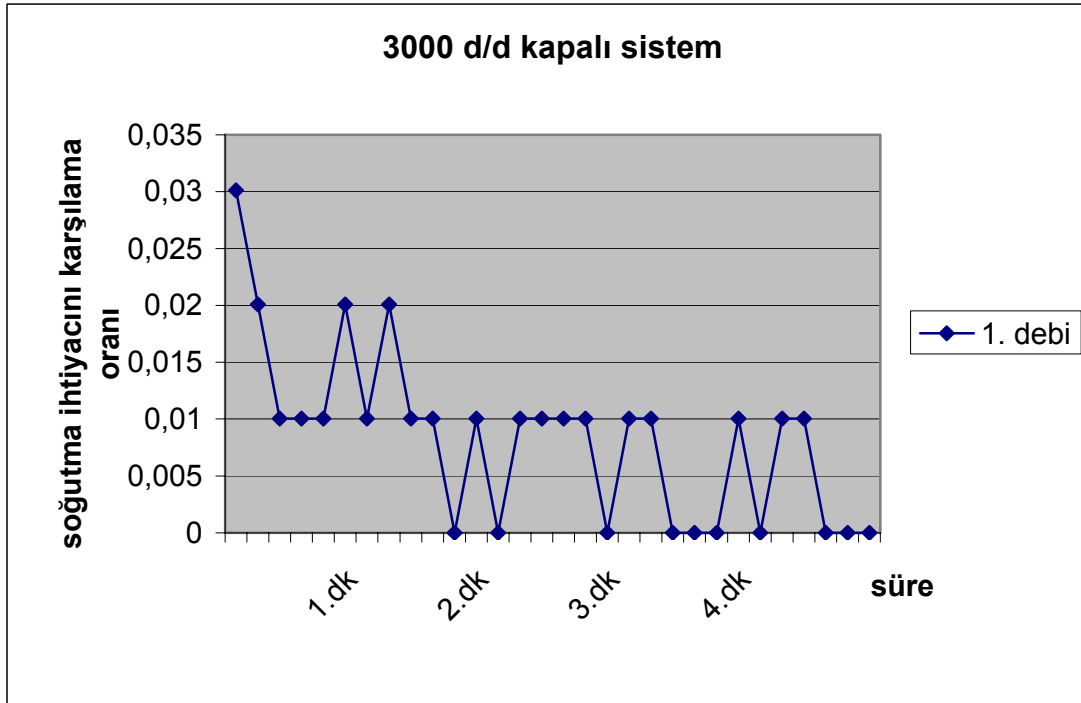
5.2.3. Orta devire göre ortaya çıkan soğutma miktarı

Tablo 5.16. 3000 d/dk da, kapalı sistemde, 1. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Regülatör giriş sıcaklığı (kelvin)	1.debi kabin çıkış sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	304,9	304,6	0,3	0,000513	1,703	0,030123
	30	304,6	304,4	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	40	304,4	304,3	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	304,3	304,2	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	60	304,2	304,1	0,1	0,000171	1,703	0,010041
2.dk	10	304,1	303,9	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	20	303,9	303,8	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	30	303,8	303,6	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	40	303,6	303,5	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	303,5	303,4	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	60	303,4	303,4	0	0	1,703	0
3.dk	10	303,4	303,3	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	20	303,3	303,3	0	0	1,703	0
	30	303,3	303,2	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	303,2	303,1	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	303,1	303	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	60	303	302,9	0,1	0,000171	1,703	0,010041
4.dk	10	302,9	302,9	0	0	1,703	0
	20	302,9	302,8	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	30	302,8	302,7	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	302,7	302,7	0	0	1,703	0
	50	302,7	302,7	0	0	1,703	0
	60	302,7	302,7	0	0	1,703	0
5.dk	10	302,7	302,6	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	20	302,6	302,6	0	0	1,703	0
	30	302,6	302,5	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	302,5	302,4	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	302,4	302,4	0	0	1,703	0
	60	302,4	302,4	0	0	1,703	0
6.dk	10	302,4	302,4	0	0	1,703	0



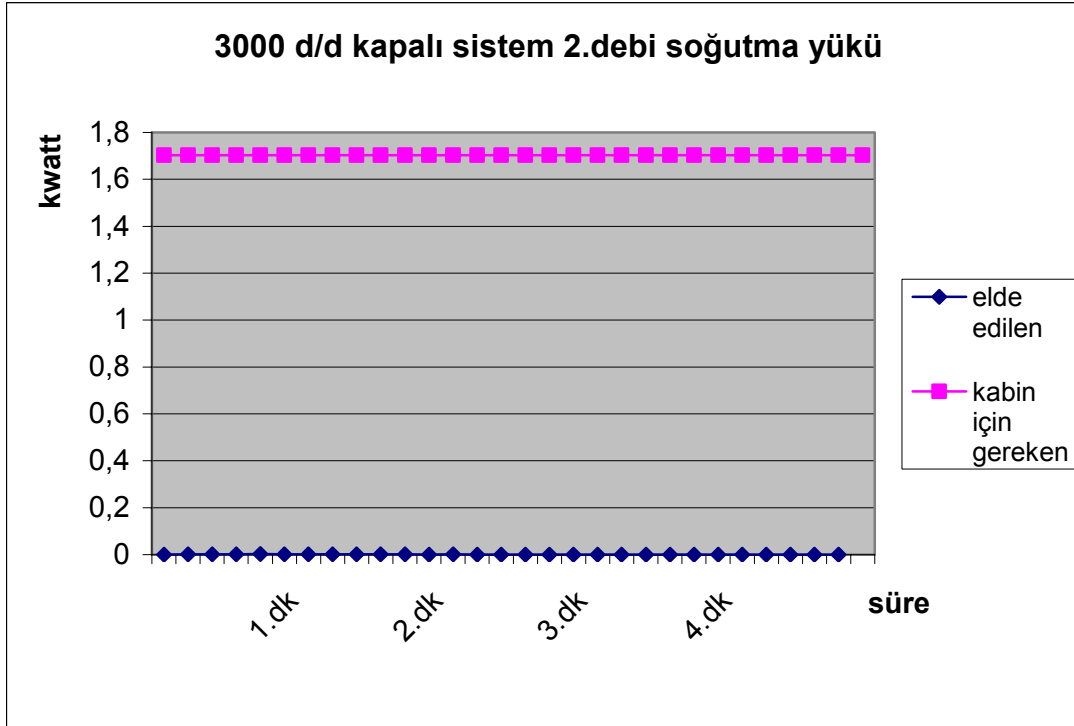
Şekil 5.28. 3000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları



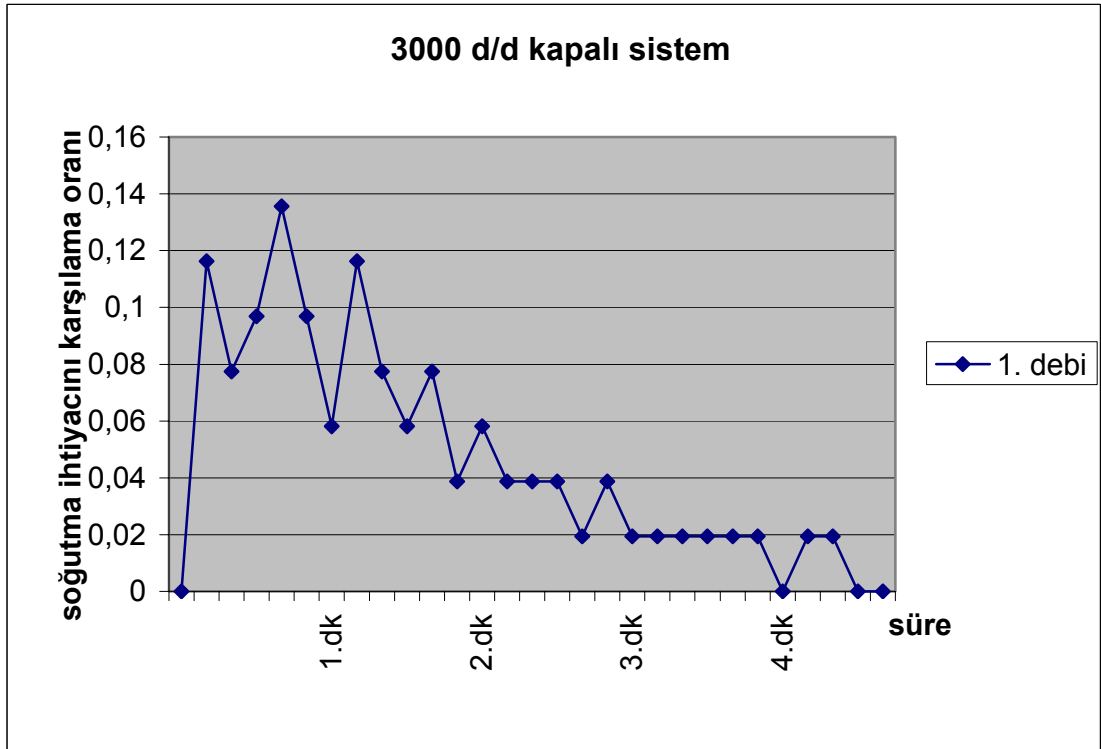
Şekil 5.29. 3000 d/dk ve kapalı sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

Tablo 5.17. 3000 d/dk da , kapalı sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Regülatör giriş sıcaklığı (kelvin)	2.debi kabin çıkış sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	305,7	305,7	0	0	1,703	0
	30	305,7	305,1	0,6	0,00198	1,703	0,116265
	40	305,1	304,7	0,4	0,00132	1,703	0,07751
	50	304,7	304,2	0,5	0,00165	1,703	0,096888
	60	304,2	303,5	0,7	0,00231	1,703	0,135643
2.dk	10	303,5	303	0,5	0,00165	1,703	0,096888
	20	303	302,7	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	30	302,7	302,1	0,6	0,00198	1,703	0,116265
	40	302,1	301,7	0,4	0,00132	1,703	0,07751
	50	301,7	301,4	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	60	301,4	301	0,4	0,00132	1,703	0,07751
3.dk	10	301	300,8	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	20	300,8	300,5	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	30	300,5	300,3	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	40	300,3	300,1	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	50	300,1	299,9	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	60	299,9	299,8	0,1	0,00033	1,703	0,019378
4.dk	10	299,8	299,6	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	20	299,6	299,5	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	30	299,5	299,4	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	40	299,4	299,3	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	50	299,3	299,2	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	60	299,2	299,1	0,1	0,00033	1,703	0,019378
5.dk	10	299,1	299	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	20	299	299	0	0	1,703	0
	30	299	298,9	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	40	298,9	298,8	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	50	298,8	298,8	0	0	1,703	0
	60	298,8	298,8	0	0	1,703	0



Şekil 5.30. 3000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları

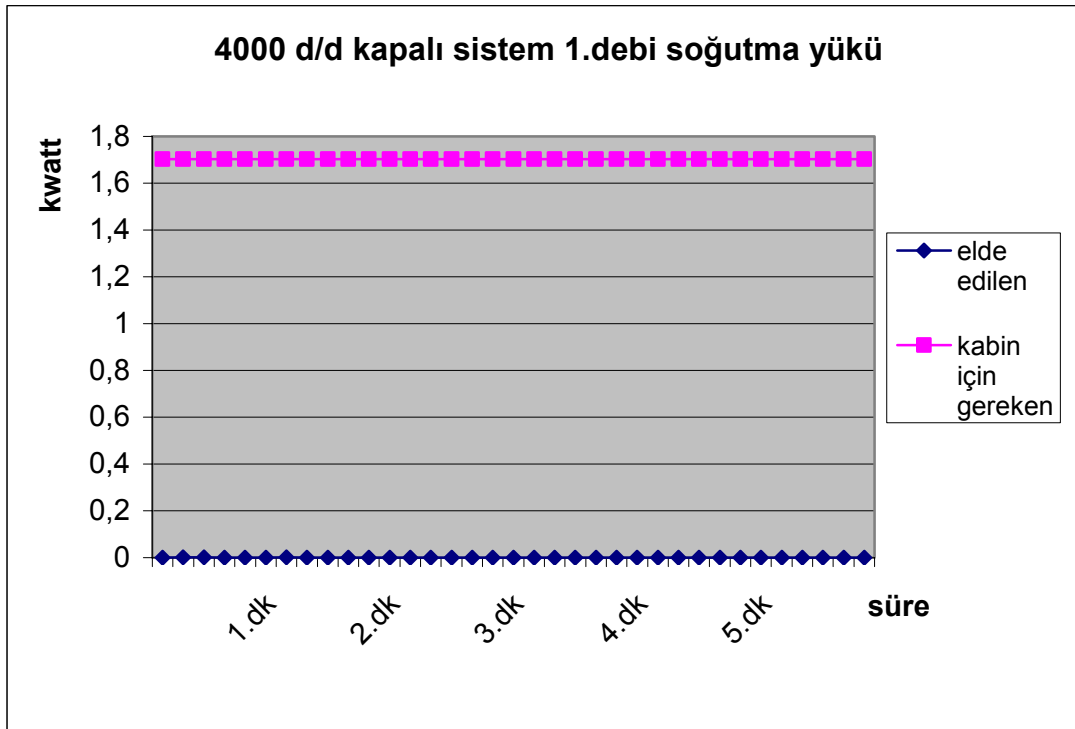


Şekil 5.31. 3000 d/dk ve kapalı sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

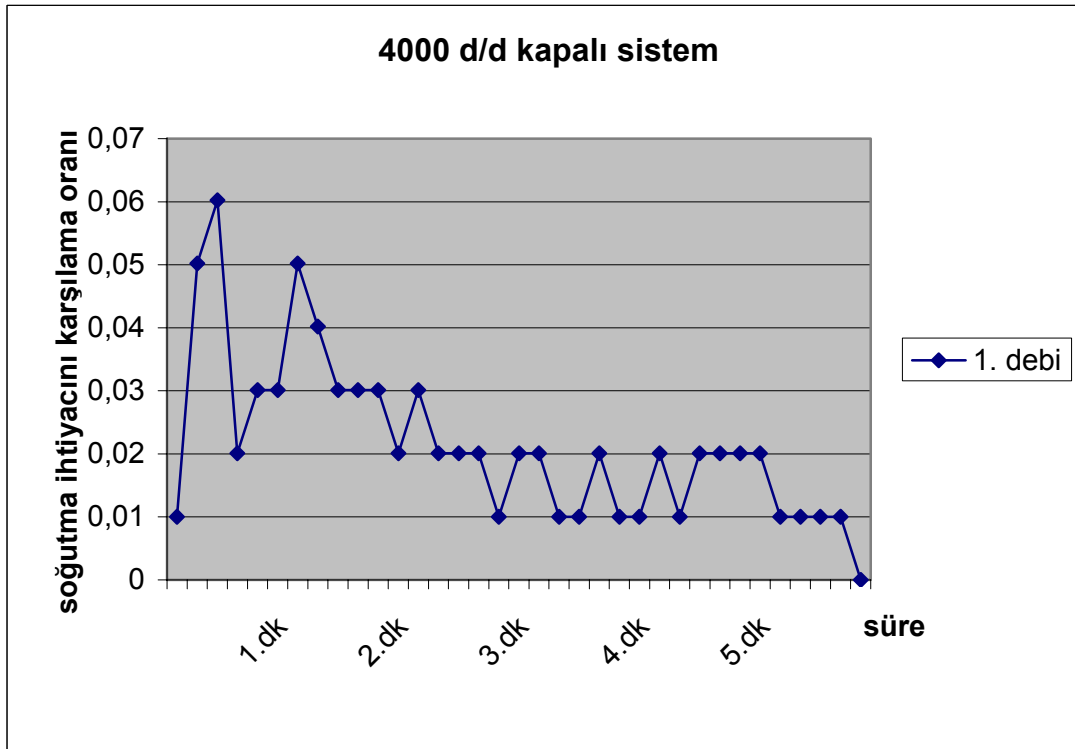
5.2.4. Yüksek devire göre ortaya çıkan soğutma miktarı

Tablo 5.18. 4000 d/dk da, kapalı sistemde 1. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Regülatör giriş sıcaklığı (kelvin)	1.debi kabin çıkış sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	20	305,7	305,6	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	30	305,6	305,1	0,5	0,000855	1,703	0,050206
	40	305,1	304,5	0,6	0,001026	1,703	0,060247
	50	304,5	304,3	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	60	304,3	304	0,3	0,000513	1,703	0,030123
2.dk	10	304	303,7	0,3	0,000513	1,703	0,030123
	20	303,7	303,2	0,5	0,000855	1,703	0,050206
	30	303,2	302,8	0,4	0,000684	1,703	0,040164
	40	302,8	302,5	0,3	0,000513	1,703	0,030123
	50	302,5	302,2	0,3	0,000513	1,703	0,030123
	60	302,2	301,9	0,3	0,000513	1,703	0,030123
3.dk	10	301,9	301,7	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	20	301,7	301,4	0,3	0,000513	1,703	0,030123
	30	301,4	301,2	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	40	301,2	301	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	50	301	300,8	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	60	300,8	300,7	0,1	0,000171	1,703	0,010041
4.dk	10	300,7	300,5	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	20	300,5	300,3	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	30	300,3	300,2	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	300,2	300,1	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	300,1	299,9	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	60	299,9	299,8	0,1	0,000171	1,703	0,010041
5.dk	10	299,8	299,7	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	20	299,7	299,5	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	30	299,5	299,4	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	299,4	299,2	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	50	299,2	299	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	60	299	298,8	0,2	0,000342	1,703	0,020082
6.dk	10	298,8	298,6	0,2	0,000342	1,703	0,020082
	20	298,6	298,5	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	30	298,5	298,4	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	40	298,4	298,3	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	50	298,3	298,2	0,1	0,000171	1,703	0,010041
	60	298,2	298,2	0	0	1,703	0



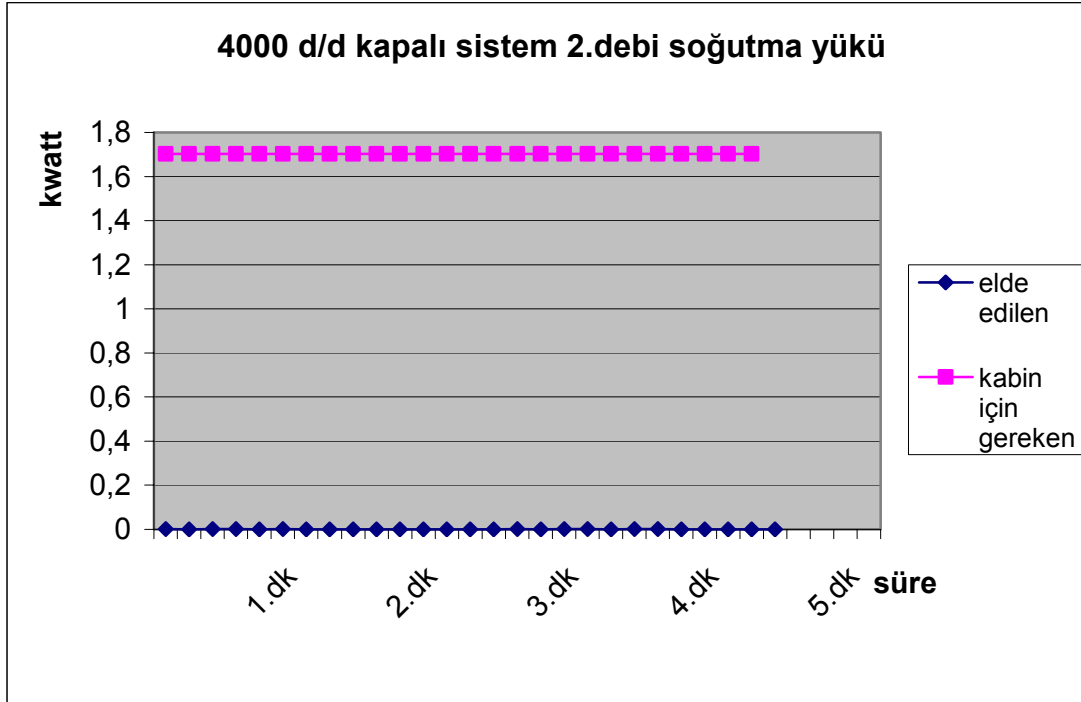
Şekil 5.32. 4000 d/dk ve 1. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları



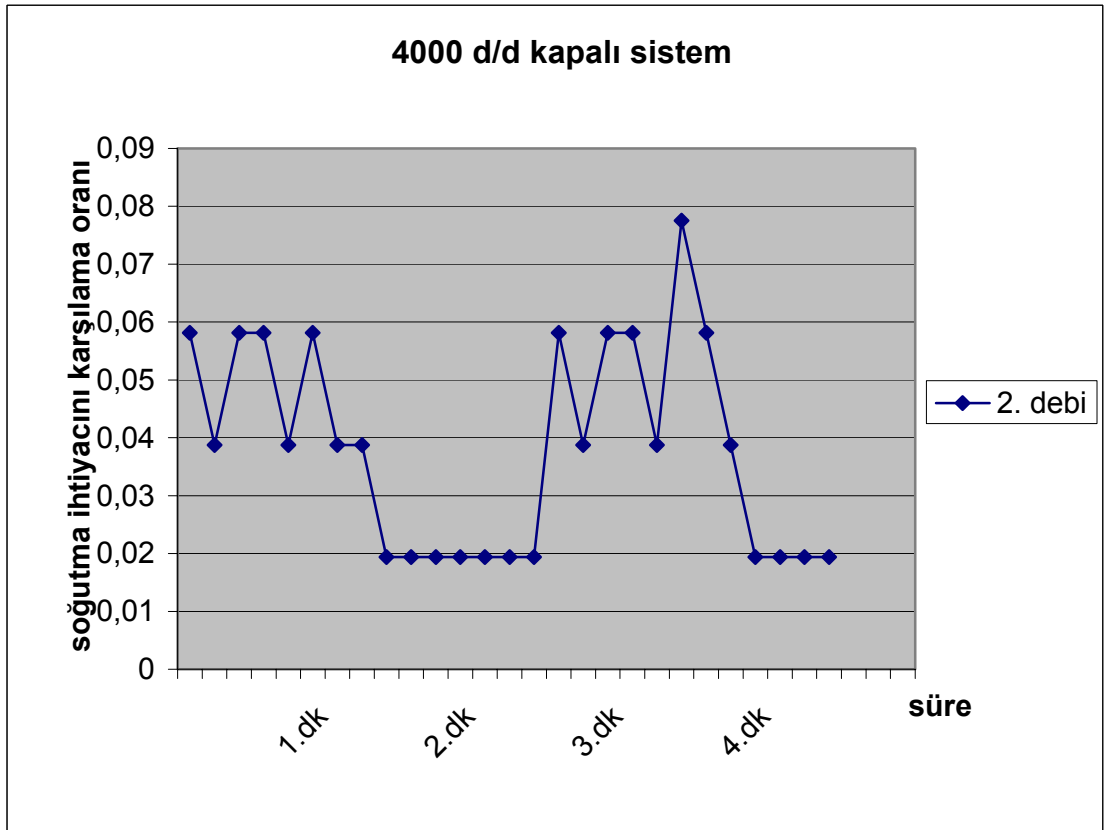
Şekil 5.33. 4000 d/dk ve kapalı sistemde 1. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

Tablo 5.19. 4000 d/dk da, kapalı sistemde 2. debide soğutma kapasitesi hesabı

Süre (dk)	Süre (sn)	Regülatör giriş sıcaklığı (kelvin)	2.debi kabin çıkış sıcaklığı (kelvin)	Sıcaklık farkı	Ortaya çıkan soğutma (kwatt)	Kabin içi soğutma yükü (kwatt)	Soğutma ihtiyacını karşılama oranı (%)
1.dk	10	305,7	305,4	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	20	305,4	305,2	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	30	305,2	304,9	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	40	304,9	304,6	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	50	304,6	304,4	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	60	304,4	304,1	0,3	0,00099	1,703	0,058133
2.dk	10	304,1	303,9	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	20	303,9	303,7	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	30	303,7	303,6	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	40	303,6	303,5	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	50	303,5	303,4	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	60	303,4	303,3	0,1	0,00033	1,703	0,019378
3.dk	10	303,3	303,2	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	20	303,2	303,1	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	30	303,1	303	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	40	303	302,7	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	50	302,7	302,5	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	60	302,5	302,2	0,3	0,00099	1,703	0,058133
4.dk	10	302,2	301,9	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	20	301,9	301,7	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	30	301,7	301,3	0,4	0,00132	1,703	0,07751
	40	301,3	301	0,3	0,00099	1,703	0,058133
	50	301	300,8	0,2	0,00066	1,703	0,038755
	60	300,8	300,7	0,1	0,00033	1,703	0,019378
5.dk	10	300,7	300,6	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	20	300,6	300,5	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	30	300,5	300,4	0,1	0,00033	1,703	0,019378
	40	300,4	300,3	0,1	0,00033	1,703	0,019378



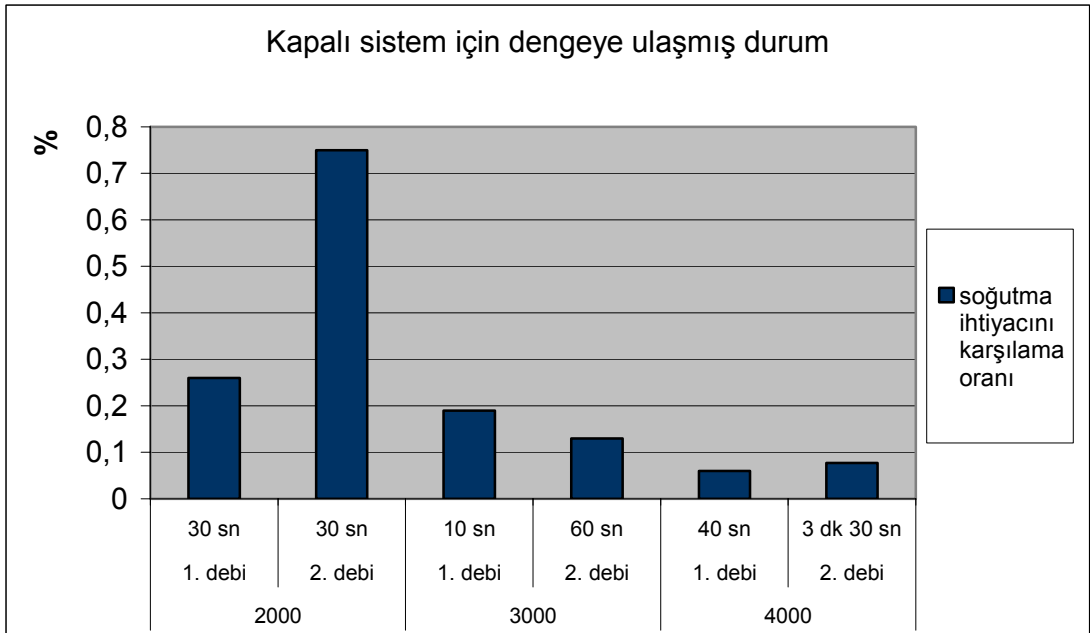
Şekil 5.34. 4000 d/dk ve 2. debi için kabin içi gereken soğutma ve elde edilen soğutma miktarları



Şekil 5.35. 4000 d/dk ve kapalı sistemde 2. debi için soğutma ihtiyacını karşılama oranı

Tablo 5.20. Kapalı sistem için dengeye ulaşılmış durumdaki sonuçlar

Devir (d/dk)	Debi	Süre	Soğutma ihtiyacını karşılama oran (%)
2000	1. debi	30 sn	0,26
	2. debi	30 sn	0,75
3000	1. debi	10 sn	0,19
	2. debi	60 sn	0,13
4000	1. debi	40 sn	0,06
	2. debi	3 dk 30 sn	0,077

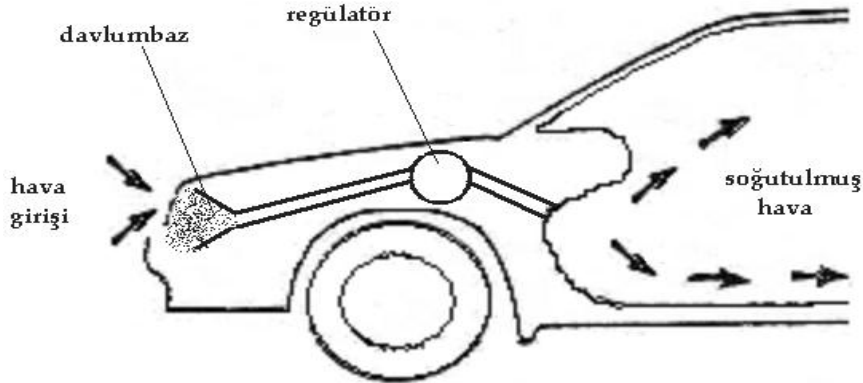


Şekil 5.36. Kapalı sistem için dengeye ulaşılmış durumdaki sonuçlar

5.3. Doğal Hava Akımına Göre Ortaya Çıkan Ölçümler

Debi miktarı bilinerek yapılan deney sonuçlarının dışında, aracın doğal hızından kaynaklanan hava akışını debi miktarı kabul edip, seyir halinde bir dizi ölçüm yapılmıştır. Dış ortam sıcaklığı $31,5^{\circ}\text{C}$ dir.

Deneye hazırlık için daha önceden yapıldığı gibi regülatör içerisinden geçen sıcak suyun bağlantıları sökülüp , yerine hava akışını sağlayacak tertibat yapılandırılmıştır (Şekil 5.37). Bu yapıda aracın radyatör kısmının yan tarafına, hava akışını doğrudan karşılayabilecek bir noktaya üçgen prizma şeklinde havayı toplamaya yardımcı olacak bir davlumbaz yerleştirilmiştir. Davlumbazda toplanan hava kısa bir kanal vasıtasıyla regülatöre, oradan da kabin içine yönlendirildi. Araç devir saati 3000 d/dk gösterecek şekilde 50, 60 ve 80 km sabit hızlarda deneme sürüşleri gerçekleştirildi. Yapılan ölçümler neticesinde aşağıdaki değerlere ulaşıldı. Deney süreleri, araç kabini içine giren hava sıcaklığının dengeye ulaşmasına kadar geçen zaman olarak kabul edildi.



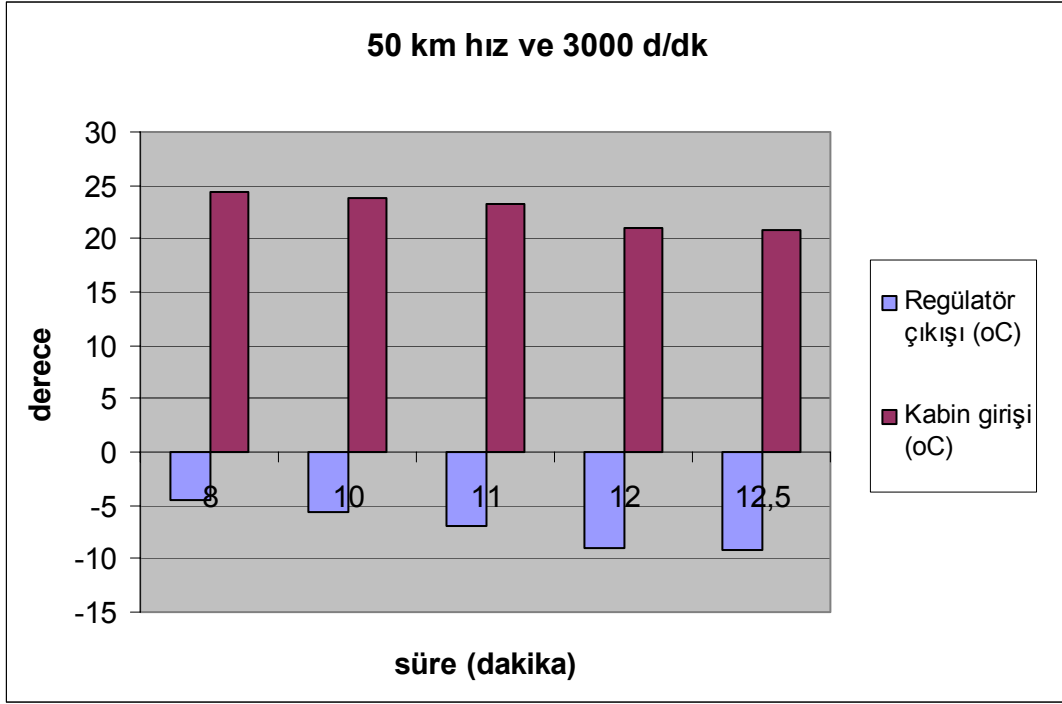
Şekil 5.37. Doğal hava akımlı yapılan deney düzeneği

Tablo 5.21. 3000 d/dk ve 50 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri

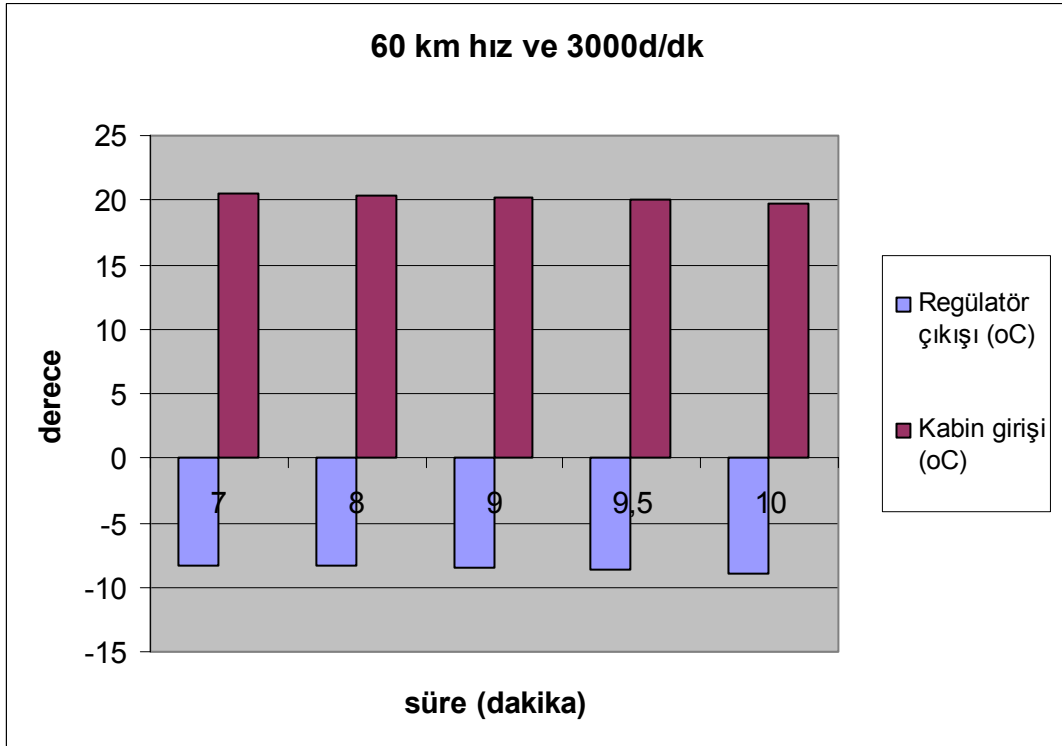
Regülatör çıkışı (°C)	Kabin girişi (°C)	Süre (dakika)
- 4,5	24,3	8
- 5,6	23,9	10
- 7	23,3	11
- 9	21	12
- 9,1	20,9	12,5

Tablo 5.22. 3000 d/dk ve 60 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri

Regülatör çıkışı (°C)	Kabin girişi (°C)	Süre (dakika)
- 8,3	20,5	7
- 8,4	20,3	8
- 8,5	20,2	9
- 8,6	20	9,5
- 8,9	19,7	10



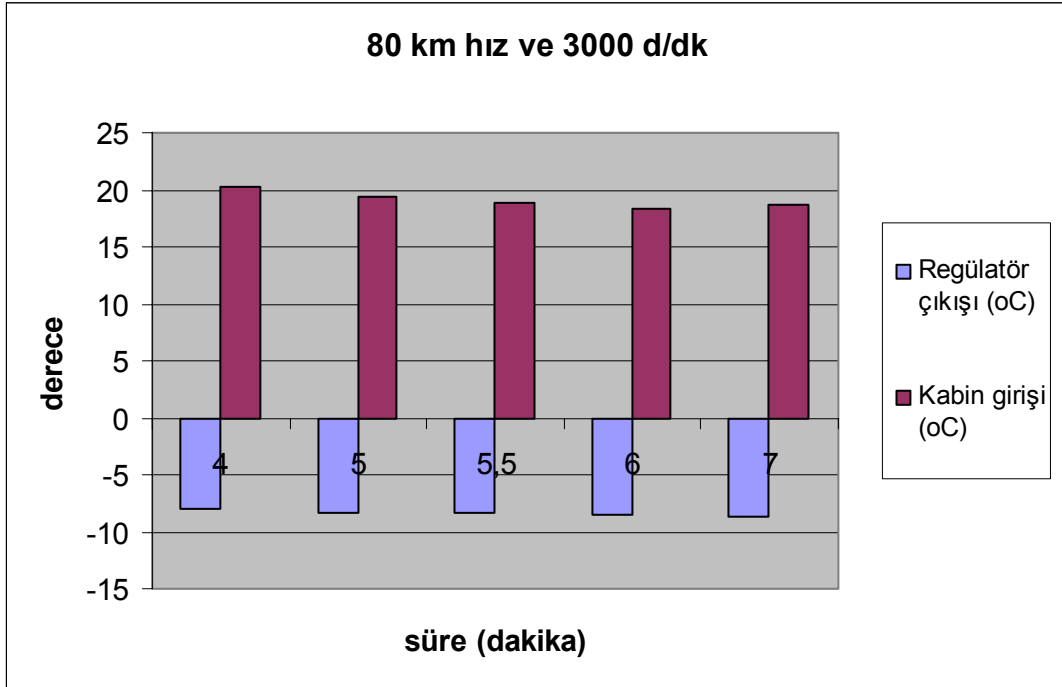
Şekil 5.38. 3000 d/dk ve 50 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri



Şekil 5.39. 3000 d/dk ve 60 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri

Tablo 5.23. 3000 d/dk ve 80 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri

Regülatör çıkışı (°C)	Kabin girişi (°C)	Süre (dakika)
- 8	20,2	4
- 8,3	19,3	5
- 8,4	18,9	5,5
- 8,5	18,3	6
- 8,6	18,6	7



Şekil 5.40. 3000 d/dk ve 80 km hız sabitlerinde ölçülen sıcaklık değerleri

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Sonuçlar arasında yapılan değerlendirmede dengeye ulaşmış durumdaki verileri dikkate alınmıştır. Yapılan bütün çalışmalar sonucunda araç kabini için gereken soğutma en yüksek açık sistemde, 4000 d/d ve 2. debide elde edilmiştir ve % 2,73 oranında bir soğutma ortaya çıkar.

Üzerinde çalışılan sistem, normal otomobil kliması bulunan araçlarda, klima sisteminin motora verdiği yükün en fazla % 2,73 ü azaltılabilmektedir. Ya da farklı bir deyişle soğutulması düşünülen araç kabininde ancak % 2,73 lük bir soğutma yapabilmektedir.

2000 d/dk, bir araç için normal seyir devri ile rölanti devri arasında olduğu için geçiş devri olarak düşünülmesi gerekir. Bu durumda hava akımının 1. veya 2. debide olması kabin içindeki sıcaklık açısından durumu değiştirmeyecektir.

Yakıtın ekonomik seviyede tüketimi ve trafik hız kuralları dikkate alındığında 3000 d/dk önemsenecek bir devir olarak karşımıza çıkar. Bu duruma bağlı olarak hem daha kısa sürede hem de daha verimli soğutma elde edebilmek için 2. debinin aktif duruma getirilmesi uygun olacaktır.

Şehir dışı seyahatlerdeki hız limitlerinde 4000 d/dk ya çıkılması gayet normal bir durumdur. Hava debisinin 1 veya 2 durumunda olması zaman açısından önemsenecek bir durum arz etmez, ancak soğutma kazancı açısından düşünüldüğünde aradaki farklar dikkat çeker. Genel anlamda düşünüldüğünde motorun harcadığı LPG miktarının artması buharlaşma için dışardan alınacak olan

ısınında artmasını getirecektir. Dolayısıyla en yüksek soğutmanın 2. debi konumunda 4000 d/dk da seyredirken gerçekleşmesi normaldir.

Açık sistemde dış ortamdan devamlı olarak alınan hava zamanla daha fazla soğutulmuş ve araç kabini içine yönlendirilmesiyle belirli bir kazanım sağlanmıştır. Kapalı sistemde giriş havası olarak kabinden çıkan hava tekrar sistem içinde çevrilmeye çalışılmıştır. Bu durumda kazancın sistemin çalışmaya başladığı ilk zamanlarda gerçekleştiği ve daha sonraları soğutma ihtiyacı hiç karşılanamaz hale geldiği görülmüştür.

Araç seyirinde kullanılan en sık devirler olan 3000 d/dk ve 4000 d/dk da iken 2. kademedeki debinin kullanılması halinde açık sistemde soğutma ihtiyacı kısmen sağlanacaktır. 1. kademe debinin daha az sonuç vermesi motorda kullanılan LPG miktarının azlığından yani LPG buharlaşması için gerekli olan ısıya fazla ihtiyaç duyulmamasından kaynaklanmaktadır. Doğal hava akımı debi olarak kabul dildiğinde dengeye ulaşma zamanları sonuç olarak verilmiştir. Ölçülen sıcaklık değerleri havanın regülatörden çıktıktan hemen sonraki değerleri ve kabin içine giriş noktasındaki değerleridir.

Doğal hava akımı deneyinde 50 km hızda regülatör çıkış değerleri diğer hızlara göre farklılık göstermektedir. Dış ortamdan gelen havanın sıcaklığı regülatör çıkışında yaklaşık 40 derece farka kadar seyretmektedir. Sürenin uzaması değerlerin artmasını sağlayacakmış gibi görünse de regülatör çıkış değerinin yükselmesi regülatör içindeki diyafram ve diğer parçaların donmasına neden olacaktır.

Doğal hava akımı deneyinde 60 km ve 80 km hızlarda ölçülen değerler farkı önemsizmeyecek kadar azdır. Deney sürelerinin belirtilen değerlerin sonunda regülatörün buzlanmasından dolayı motor çalışması dengesiz hale gelmiş ve araç seyri aksamaya başlamıştır. Buradan da doğal hava akımının debi olarak yeterli olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ortaya çıkan sonuçlar 1581 cm³ hacimli bir motor içindir. Daha düşük hacimli motorlarda doğru orantılı olarak soğutma miktarı da azalacaktır. Daha yüksek

hacimli motorlarda ise yine doğru orantılı olarak soğutma miktarı da artacaktır. Dış ortam sıcaklığı daha fazla olan bölgelerde belirli bir soğutma miktarı elde edilmesine rağmen hissedilebilen soğutmanın azalacağı tahmin edilmektedir.

Dış ortam sıcaklığı daha az olan bölgelerde ise elde edilen soğutmanın hissedilmesinin kolaylaşacağı tahmin edilmektedir. Nemli bölgelerde hem soğutma yükü hesabının, hem de yapılan deneylerin hesaplamalarının nem oranına göre yapılması gerekmektedir.

Deneyler için farklı iklimler, farklı hava sıcaklıkları, farklı seyir yönleri ve buna bağlı olarak farklı saatler daha başka sonuçlar verebilecektir. Bunun için değerlendirme yapılırken deney ortamının şartlarının göz önünde tutulması gerekmektedir.

6.2. Öneriler

Deneylerde ek tertibatlar kullanılarak verim artırılabilir. Regülatör içinden geçen hava kademeleri (debileri) hassas olarak ayarlanabilir. Deney düzeneği montajı ve malzeme seçimi detaylı araştırıldığında verim daha da artacaktır. Regülatördeki buzlanmayı tespit edebilecek sensörler ile hava debisi uygun oranda artırılabilir, böylece hava üzerinden daha fazla ısı çekilmiş olur. Çalışmalar 1. ve 2. debi fark etmeksizin, uzun zamanlı araç kullanımlarında yani şehirler arası yolculuklarında net olarak verim sağlayabilecek yapıdadır.

Üzerinde çalışılan soğutma sistemi çalışmadığı zamanlarda da yakıtın buharlaşmasına yardımcı olmak üzere fanın sürekli olarak çalışması gerekmektedir. Kış mevsimi şartları düşünüldüğünde ise bu sistemin tamamen devre dışı kalması ve soğutma suyunun regülatör içine devam etmesi sağlanmalıdır.

Sonuç olarak sistemden daha iyi verimler alınabilmesi için çok büyük teknik değişiklikler gerekmektedir. Maliyet – performans kıyaslaması yapıldığında elde edilen soğutmanın az, maliyetin çok olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sisteme parçaların eklenmesi karmaşık bir yapıyı getireceğinden sistemin bakım ve yalıtımının sağlanmasının kolay olmaması, basınç düzenlemesinin zor olması ve

arıza verme olasılığının artması gündeme gelecektir. Bütün şartlar göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmanın devam ettirilmesi ya da geliştirilmesi tavsiye edilecek durumda değildir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Sonuçlar arasında yapılan değerlendirmede dengeye ulaşmış durumdaki verileri dikkate alınmıştır. Yapılan bütün çalışmalar sonucunda araç kabini için gereken soğutma en yüksek açık sistemde, 4000 d/d ve 2. debide elde edilmiştir ve % 2,73 oranında bir soğutma ortaya çıkar.

Üzerinde çalışılan sistem, normal otomobil kliması bulunan araçlarda, klima sisteminin motora verdiği yükün en fazla % 2,73 ü azaltılabilmektedir. Ya da farklı bir deyişle soğutulması düşünülen araç kabininde ancak % 2,73 lük bir soğutma yapabilmektedir.

2000 d/dk, bir araç için normal seyir devri ile rölanti devri arasında olduğu için geçiş devri olarak düşünülmesi gerekir. Bu durumda hava akımının 1. veya 2. debide olması kabin içindeki sıcaklık açısından durumu değiştirmeyecektir.

Yakıtın ekonomik seviyede tüketimi ve trafik hız kuralları dikkate alındığında 3000 d/dk önemsenecek bir devir olarak karşımıza çıkar. Bu duruma bağlı olarak hem daha kısa sürede hem de daha verimli soğutma elde edebilmek için 2. debinin aktif duruma getirilmesi uygun olacaktır.

Şehir dışı seyahatlerdeki hız limitlerinde 4000 d/dk ya çıkılması gayet normal bir durumdur. Hava debisinin 1 veya 2 durumunda olması zaman açısından önemsenecek bir durum arz etmez, ancak soğutma kazancı açısından düşünüldüğünde aradaki farklar dikkat çeker. Genel anlamda düşünüldüğünde motorun harcadığı LPG miktarının artması buharlaşma için dışardan alınacak olan

ısınında artmasını getirecektir. Dolayısıyla en yüksek soğutmanın 2. debi konumunda 4000 d/dk da seyredirken gerçekleşmesi normaldir.

Açık sistemde dış ortamdan devamlı olarak alınan hava zamanla daha fazla soğutulmuş ve araç kabini içine yönlendirilmesiyle belirli bir kazanım sağlanmıştır. Kapalı sistemde giriş havası olarak kabinden çıkan hava tekrar sistem içinde çevrilmeye çalışılmıştır. Bu durumda kazancın sistemin çalışmaya başladığı ilk zamanlarda gerçekleştiği ve daha sonraları soğutma ihtiyacı hiç karşılanamaz hale geldiği görülmüştür.

Araç seyirinde kullanılan en sık devirler olan 3000 d/dk ve 4000 d/dk da iken 2. kademedeki debinin kullanılması halinde açık sistemde soğutma ihtiyacı kısmen sağlanacaktır. 1. kademe debinin daha az sonuç vermesi motorda kullanılan LPG miktarının azlığından yani LPG buharlaşması için gerekli olan ısıya fazla ihtiyaç duyulmamasından kaynaklanmaktadır. Doğal hava akımı debi olarak kabul dildiğinde dengeye ulaşma zamanları sonuç olarak verilmiştir. Ölçülen sıcaklık değerleri havanın regülatörden çıktıktan hemen sonraki değerleri ve kabin içine giriş noktasındaki değerleridir.

Doğal hava akımı deneyinde 50 km hızda regülatör çıkış değerleri diğer hızlara göre farklılık göstermektedir. Dış ortamdan gelen havanın sıcaklığı regülatör çıkışında yaklaşık 40 derece farka kadar seyretmektedir. Sürenin uzaması değerlerin artmasını sağlayacakmış gibi görünse de regülatör çıkış değerinin yükselmesi regülatör içindeki diyafram ve diğer parçaların donmasına neden olacaktır.

Doğal hava akımı deneyinde 60 km ve 80 km hızlarda ölçülen değerler farkı önemsizmeyecek kadar azdır. Deney sürelerinin belirtilen değerlerin sonunda regülatörün buzlanmasından dolayı motor çalışması dengesiz hale gelmiş ve araç seyri aksamaya başlamıştır. Buradan da doğal hava akımının debi olarak yeterli olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ortaya çıkan sonuçlar 1581 cm³ hacimli bir motor içindir. Daha düşük hacimli motorlarda doğru orantılı olarak soğutma miktarı da azalacaktır. Daha yüksek

hacimli motorlarda ise yine doğru orantılı olarak soğutma miktarı da artacaktır. Dış ortam sıcaklığı daha fazla olan bölgelerde belirli bir soğutma miktarı elde edilmesine rağmen hissedilebilen soğutmanın azalacağı tahmin edilmektedir.

Dış ortam sıcaklığı daha az olan bölgelerde ise elde edilen soğutmanın hissedilmesinin kolaylaşacağı tahmin edilmektedir. Nemli bölgelerde hem soğutma yükü hesabının, hem de yapılan deneylerin hesaplamalarının nem oranına göre yapılması gerekmektedir.

Deneyler için farklı iklimler, farklı hava sıcaklıkları, farklı seyir yönleri ve buna bağlı olarak farklı saatler daha başka sonuçlar verebilecektir. Bunun için değerlendirme yapılırken deney ortamının şartlarının göz önünde tutulması gerekmektedir.

6.2. Öneriler

Deneylerde ek tertibatlar kullanılarak verim artırılabilir. Regülatör içinden geçen hava kademeleri (debileri) hassas olarak ayarlanabilir. Deney düzeneği montajı ve malzeme seçimi detaylı araştırıldığında verim daha da artacaktır. Regülatördeki buzlanmayı tespit edebilecek sensörler ile hava debisi uygun oranda artırılabilir, böylece hava üzerinden daha fazla ısı çekilmiş olur. Çalışmalar 1. ve 2. debi fark etmeksizin, uzun zamanlı araç kullanımlarında yani şehirler arası yolculuklarında net olarak verim sağlayabilecek yapıdadır.

Üzerinde çalışılan soğutma sistemi çalışmadığı zamanlarda da yakıtın buharlaşmasına yardımcı olmak üzere fanın sürekli olarak çalışması gerekmektedir. Kış mevsimi şartları düşünüldüğünde ise bu sistemin tamamen devre dışı kalması ve soğutma suyunun regülatör içine devam etmesi sağlanmalıdır.

Sonuç olarak sistemden daha iyi verimler alınabilmesi için çok büyük teknik değişiklikler gerekmektedir. Maliyet – performans kıyaslaması yapıldığında elde edilen soğutmanın az, maliyetin çok olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sisteme parçaların eklenmesi karmaşık bir yapıyı getireceğinden sistemin bakım ve yalıtımının sağlanmasının kolay olmaması, basınç düzenlemesinin zor olması ve

arıza verme olasılığının artması gündeme gelecektir. Bütün şartlar göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmanın devam ettirilmesi ya da geliştirilmesi tavsiye edilecek durumda değildir.

KAYNAKLAR

- [1] MAKİNA MÜH. ODASI “Klima Tesisatı” Yayın No : MMO/2001/296
- [2] MAKİNA MÜH. ODASI “LPG Tesisatı” Yayın No : MMO/2001/299
- [3] MAKİNA MÜH. ODASI “Araçlarda LPG Dönüşümü Mühendis El Kitabı”
Yayın No : MMO/2001/217
- [4] ERGENEMAN, M., SORUŞBAY, C., Benzin Motorlu Taşıtların LPG
Kullanımına Dönüşümü, Mühendis ve Makine, Sayı 441, Ekim 1996
- [5] KAREL, A., Benzin Motorlu Taşıtlarda LPG Dönüşümlerinin Getirdikleri,
Mühendis ve Makine, Sayı 449, Haziran 1997
- [6] GÜNERHAN, H., Duyulur Isı Depolama ve Bazalt Taşı, Mühendis ve
Makine , Sayı 530, Mart 2004
- [7] GÜRSOY, M., Hava Kompresörleri ve Basınçlı Hava Tekniği, MG Grubu
Teknik Yayınları, İzmir 1991
- [8] SİPAHİOĞLU, S. Endüstriyel Okullar İçin Temel Pnömatik, MEB
Yayınları, Ankara 1994
- [9] PANCAR, Y., Pnömatik, MEB Yayınları, Eskişehir 1994
- [10] ÖZÜNAL, S., GÜLEÇ, K., Endüstriyel Okullar İçin Soğutma ve
İklimlendirme Cilt I-II, Editör: UYAREL, A., Evren Ofset A.Ş., Ankara
1994
- [11] ÖZ., E., Merkezi Isıtma, Editör: UYAREL, A. Ajans-Türk Matbaacılık Sanayi
A.Ş., Ankara 1995
- [12] ÖZ., E., Gaz Emniyet Kuralları, Editör: UYAREL, A. Ajans-Türk Matbaacılık
Sanayi A.Ş., Ankara 1995
- [13] BROSNAN, C., Mitchell Automotive Heating and Air Conditioning Systems,
New Jersey 1987
- [14] SERTAN, M., Endüstriyel ve Ticari Soğutma Sistemlerinin Bakımı, Evren
Ofset A.Ş., Ankara 1994
- [15] ZORKUN, M., ARDIÇ, A., Soğutma Tekniği ve Klima, Milli Eğitim
Basımevi, İstanbul 1980

- [16] ÖZKOL, N., Uygulamalı Soğutma Tekniği, MMO, Yayın No: 115/1999
- [17] S.Ü.T.E.F. , Taşıtlarda Yakıt Olarak LPG Kullanımı, Konya 1998
- [18] Otomotiv Satışları ve Akaryakıt Tüketim İlişkisi Raporu, Petrol Sanayi Derneği, Aralık 2004
- [19] Üretim, Satış, İthalat, İhracat Eylül 2005 Raporu , Otomotiv San. Der.
- [20] 2005 Yılı Sektör Raporu, Petrol Sanayi Derneği
- [21] Akaryakıt Sektörü 2004 Yılı Raporu (Madeni Yağ ve LPG) Petrol Dünyası, Sayı 19, Ocak 2006
- [22] Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri, DİE, Ağustos 2005
- [23] METİN, E., Söyleşi , Petrol Dünyası Dergisi, Sayı 19, Ocak 2006
- [24] Aylık İstatistiki Bilgiler Bülteni, Otomotiv Sanayi Derneği, Eylül 2005
- [25] AKTAY, İ., Otto Motorlarında LPG kullanımının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İrdelenmesi, Y.Lisans Tezi, Dumlupınar Üniv., Haziran 2002
- [26] KAYA, M., LPG Sektörü- Taşıtlarda LPG dönüşüm Sistemleri ve Karşılaşılan Problemler, Y.Lisans tezi, SaÜ, Ocak 2002
- [27] YILMAZ, N., LPG'li Taşıtlarda Güvenlik Sorunları ve Güvenlik Sisteminin İyileştirilmesi, Y.Lisans Tezi, SaÜ, Şubat 2004
- [28] ÇENGEL, Y., BOLES, M., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Literatür Yayınları, İstanbul 1996
- [29] TANER, K., Soğutma, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2005
- [30] KÖKTÜRK, U., Soğutma Tekniği Cilt I, Avcı Matbaası, İstanbul 1999
- [31] KÖKTÜRK, U., Soğutma Tekniği Cilt II, Avcı Matbaası, İstanbul 2001
- [32] KÖKTÜRK, U., İklimlendirme ve Klimatoloji Tekniği Cilt I, Eğitim yayınları, İstanbul 1978
- [33] ŞENSOY, A., İSKİD Avrupa Topluluğu Klima Mevzuat Raporu, İSKİD Yayınları, 2003
- [34] <http://www.desteknik.com.tr>

- [35] <http://www.teknyayincilik.com>
- [36] <http://www.osd.org.tr>
- [37] <http://www.otam.itu.edu.tr>
- [38] <http://www.iskav.org.tr>
- [39] <http://www.iskid.org.tr>
- [40] <http://www.elyadal.org.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Ömer KURDDAN, 1977 yılında Tokat'ta doğdu. Aynı ilde sırasıyla Gazi Paşa İlkokulu, Cumhuriyet Orta Okulu, Tokat Teknik Lisesi Motor Bölümü'nü bitirdi. 1996 yılında SaÜ T.E.F. Otomotiv Öğretmenliği Bölümü'ne kayıt olup, 2000 yılında mezun oldu ve aynı yıl Kahramanmaraş'ın Pazarcık İlçesinde bulunan Çıraklık Eğitim Merkezi'ne Motor Öğretmeni olarak atandı. 2006 Temmuz ayından itibaren Amasya Merzifon İlçesi Mesleki Eğitim Merkezinde aynı görevi sürdürmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.