

**T.C.**

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK DEVİRLİ PİSTONLU POMPA SİLİNDİR BLOKU İLE SABİT  
VALF PLAKASI ARASINDA SÜRTÜNMEYE BAĞLI AŞINMA  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Mehmet Fatih AKKUŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi. E. Selçuk ERDOĞAN**

**EDİRNE-2019**

MEHMET FATİH AKKUŞ'Un hazırladığı "YÜKSEK DEVİRLİ PİSTONLU POMPA SİLİNDİR BLOKU İLE SABİT VALF PLAKASI ARASINDA SÜRTÜNMEYE BAĞLI AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek lisans/ ~~Doktora~~ tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

Prof. Dr. Muhammet Murat Tahir ALTINBALIK

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul Selçuk ERDOĞAN

.....

.....

İmza

.....

.....

.....

Tez Savunma Tarihi: 13.06.2019

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığımı onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul Selçuk ERDOĞAN

Tez Danışmanı

İmza

.....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

.....

(Ünvan, Ad, Soyad)

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI  
DOĞRULUK BEYANI**

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

13.06.2019  
Mehmet Faik AKKUŞ  


Yüksek Lisans Tezi

Yüksek Devirli Pistonlu Pompa Silindir Bloku İle Sabit Valf Plakası Arasında  
Sürtünmeye Bağlı Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

## ÖZET

Günümüzde ilerleyen teknolojik imkânlar ile üretime bağlı iyileştirmeler sayesinde hidrolik sistemlerin vazgeçilmez parçası olan hidrolik pompaların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle debisi ve basıncı ayarlanabilir pompalar, karmaşık yapısına ve ağırlıklarına rağmen havacılık sektöründe geniş kullanım alanı bulmaktadır. Bu tür pompa türlerinden birisi de eksenel pistonlu pompalardır.

Havacılıkta, uçaklar, helikopter hatta roket tahrik sistemlerinde aktif olarak kullanılan pistonlu pompaların stabilitesi ve çalışma ömrü gibi etkenler çok önemli rol oynamaktadır. Bu da yapısal olarak daha dayanıklı, daha verimli ve uzun ömürlü pompa tasarımını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada havacılık sektöründe yüksek devirlerde kullanılan eksenel pistonlu pompaların deformasyona maruz kalan parçalarından olan silindir bloku ile valf plakasının sürtünmeye bağlı aşınma davranışının ve özelliklerinin deneysel incelenmesi amaçlanmıştır.

**Yıl** : 2019

**Sayfa Sayısı** : 74

**Anahtar kelimeler:** Eksenel Pistonlu Pompa, Silindir Bloku, Valf Plakası, Sürtünme, Aşınma,

Master Thesis

Analysis of Abrasive Wearing Behaviour between Cylinder Block and Valve Plate of Axial Piston Pump at High Speed.

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

## **ABSTRACT**

Nowadays, parallel to developing technology and technological possibilities, in help with production improving processes, hydraulic pumps which are essential parts of hydraulic systems become widespread. Especially pumps which have adjustable flow rate and pressure, no matter their complicated structure and weight, have wide usage area even at aviation sector. One of those kind of pumps calls axial piston pump.

Stability, lifetime and such criterias play big roles for piston pumps, which actively used by aircrafts, helicopters even rockets thrust systems. Therefore those kind of criterias, obligate to use more durable structurely, more efficient pumps which have good lifetime values and good design skills.

In this study, it's aimed to experimentally examine abrasive and wearing behaviour between cylinder block and valve plate of an axial piston which use by aviation sector, at high turning speed.

**Year** : 2019

**Number of Pages** : 74

**Keywords** : Axial Piston Pump, Cylinder Block, Valve Plate, Friction, Wear

## ÖNSÖZ

Hazırlanan bu yüksek lisans tezinde yüksek devirlerde dönen aksenal piston pompalarının silindir bloku ile valf plakası arasındaki aşınma ve sürtünme davranışı deneysel incelenmeye çalışılmıştır. Bu suretle yapılan deneysel çalışmalar ayrıntılı bir biçimde yer almaktadır.

Tez konumun belirlenmesinde, araştırma aşamalarında ve çalışmalarımın tamamlanmasında destek olan değerli hocam ve tez danışmanım sayın Dr. Öğr. Görevlisi E. Selçuk ERDOĞAN'a bana ayırdığı değerli zamanı ve sağladığı destek ile göstermiş olduğu sabır için teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarımın destek veren çalışma arkadaşlarıma ve Sn. Aziz ASRAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tezimin ve çalışmalarımın başlangıcından bitimine kadar bana inanan, benden yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan eşim Cevriye AKKUŞ ile oğlum Yusuf Çağrı AKKUŞ'a teşekkür ederim.

Mehmet Fatih AKKUŞ

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
KISALTMALAR .....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
EKLER LİSTESİ .....	x
BÖLÜM 1 : GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
1.1 Pompalar Hakkında Genel Bilgi.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
1.3 Çalışmanın İçeriği .....	3
BÖLÜM 2: LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
BÖLÜM 3: MALZEME VE YÖNTEM.....	8
3.1 Piston Pompaların Yapısı.....	8
3.2 Kontrol Plakası Yüzey ve Malzeme Bilgileri.....	9
3.3 Silindir Bloğu Çalışma Yüzey ve Malzeme Bilgileri.....	11
3.4 Aşınma Yüzeyleri Ölçü ve Tolerans Değerleri.....	13
3.5 Test Cihazı ve Özellikleri.....	15
3.6 Ölçüm Cihazları ve Özellikleri.....	21
BÖLÜM 4 : DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	26
4.1 Yüksek Devir Testleri.....	26
4.2 Uzun Süreli Testler.....	28
4.3 Test Öncesi Malzemelerin Mikroskopta İncelenmesi.....	28
BÖLÜM 5 : SONUÇLAR .....	33
5.1 Kuvvetler ve Yapısal Analiz.....	33
5.2 Test Değerleri ve Test Öncesi Yüzey Pürüzlülükleri.....	35
5.3 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Resimleri.....	39
5.4 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Yüzey Pürüzlülükleri.....	47
5.5 Elde Edilen Veriler ve Değerlendirmeleri.....	48
BÖLÜM 6 : TARTIŞMA .....	56
KAYNAKLAR .....	57
EKLER .....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	74

## KISALTMALAR

<b>L</b>	: Uzunluk (mm)
<b>n</b>	: Dönme sayısı (devir/dk)
<b>P</b>	: Sürtünen parçalar arası yüzey basıncı (bar)
<b>P<sub>alan</sub></b>	: Pürüzlülükte merkez çizgi üzerindeki alan (mm <sup>2</sup> )
<b>Q<sub>alan</sub></b>	: Pürüzlülükte merkez çizgi altındaki alan (mm <sup>2</sup> )
<b>r</b>	: Sürtünme temas yüzeyi iç çap(mm)
<b>R</b>	: Sürtünme temas yüzeyi dış çap(mm)
<b>Ra</b>	: Yüzey Pürüzlülüğü Aritmetik ortalama
<b>Rz</b>	: Yüzey pürüzlülüğünde 5 en yüksek ve 5 en alçak noktanın ortalaması
<b>Vq</b>	: Düşey büyütme değeri
<b>Y<sub>1-2</sub></b>	: Aşınma Derecesi miktarı

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1 Pompa Türleri .....	1
Şekil 3. 1 Eksenel Piston Pompa .....	8
Şekil 3. 2 Eksenel Piston pompada debi ayarı. ....	9
Şekil 3. 3 Eksenel Piston pompa arka kapak .....	9
Şekil 3. 4 Lepleme Tezgahı .....	11
Şekil 3. 5 Silindir Bloğu .....	12
Şekil 3. 6 Piston pompa silindir bloğu aşınma temas yüzeyi .....	13
Şekil 3. 7 Piston pompa arka kapağı çalışma yüzeyi .....	14
Şekil 3. 8 Yüksek devir piston pompa test tezgahı .....	15
Şekil 3. 9 Test tezgahının kontrol edildiği program ve arayüzü .....	16
Şekil 3. 10 Test tezgahından test esnasında alınan program ekran örneği. ....	17
Şekil 3. 11 Piston pompanın montajı ve yüksek devirli motor .....	18
Şekil 3. 12 Test tezgahı hidrolik ünitesi .....	19
Şekil 3. 13 Test süresince sızıntı ve kaçakların gözlendiği açıklık .....	20
Şekil 3. 14 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı .....	21
Şekil 3. 15 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı Ekranı .....	21
Şekil 3. 16 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2 .....	22
Şekil 3. 17 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazından alınmış ölçüm sonucu örneği .....	22
Şekil 3. 18 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2 Ekranı .....	23
Şekil 3. 19 Yüzeylerin görüntülediği mikroskoplar.....	24
Şekil 3. 20 Parçaların mikroskop altında yüzeyinin incelenmesi .....	25
Şekil 4. 1 Yüksek devir testleri çevrimdeki basınç değerleri .....	27
Şekil 4. 2 Yüksek devir testi numune basınç değişim grafiği .....	27
Şekil 4. 3 Yüksek devir testi debi zaman değişim grafiği .....	27
Şekil 4. 4 Yüksek devir testi güç zaman grafiği .....	28
Şekil 4. 5 2 nolu piston pompanın test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü .....	29
Şekil 4. 6 1 nolu piston pompa silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü .....	29
Şekil 4. 7 3 nolu piston pompası silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü .....	30
Şekil 4. 8 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü .....	30
Şekil 4. 9 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü .....	31
Şekil 4. 10 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü .....	31

Şekil 4. 11 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü .....	32
Şekil 4. 12 6 nolu piston pompa kapağının mikroskopta incelenmesi .....	32
Şekil 5. 1 Eğim Plakası- piston pabuçları arası maksimum eşdeğer gerilme .....	33
Şekil 5. 2 Silindir bloğu basınç ve moment değerleri .....	34
Şekil 5. 3 Silindir bloğu toplam deformasyon değerleri .....	34
Şekil 5. 4 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği .....	35
Şekil 5. 5 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği .....	35
Şekil 5. 6 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) karşılaştırmalı grafiği (Kırmızı 2 nolu pompa, yeşil- 1 nolu pompa) .....	36
Şekil 5. 7 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa) .....	36
Şekil 5. 8 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa) .....	37
Şekil 5. 9 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa) .....	37
Şekil 5. 10 Test edilen pompaların numaralandırılması ve silindir blokları .....	39
Şekil 5. 11 5 saat çalışmış 2 nolu pompa kapak yüzeyi .....	40
Şekil 5. 12 5 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi .....	40
Şekil 5. 13 5 saat çalışmış 4 nolu pompa kapak yüzeyi .....	41
Şekil 5. 14 5 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	41
Şekil 5. 15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	42
Şekil 5. 16 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	42
Şekil 5. 17 10 saat çalışmış 1 nolu pompa kapak yüzeyi .....	43
Şekil 5. 18 10 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi .....	43
Şekil 5. 19 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	44
Şekil 5. 20 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	44
Şekil 5. 21 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	45
Şekil 5. 22 15 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi .....	45
Şekil 5. 23 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	46
Şekil 5. 24 15 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	46
Şekil 5. 25 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi .....	47
Şekil 5. 26 Ra değerinin grafiksel elde edilmesi.....	48
Şekil 5. 27 1 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği.....	49
Şekil 5. 28 2 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği.....	50
Şekil 5. 29 3 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği .....	50
Şekil 5. 30 4 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği .....	50
Şekil 5. 31 1 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği .....	51

Şekil 5. 32 2 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği .....	51
Şekil 5. 33 3 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği .....	51
Şekil 5. 34 4 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği .....	52
Şekil 5. 35 1 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği .....	52
Şekil 5. 36 2 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği .....	52
Şekil 5. 37 3 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği .....	53
Şekil 5. 38 4 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği .....	53
Şekil 5. 39 1 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği .....	53
Şekil 5. 40 2 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği .....	54
Şekil 5. 41 3 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği .....	54
Şekil 5. 42 4 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği .....	54
Şekil 5. 43 Piston kapağı test öncesi ve sonrası Ra değişim grafiği .....	55
Şekil 5. 44 Silindir bloğu test öncesi ve sonrası Ra değişim grafiği .....	55

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3. 1 DIN18509 standardına göre 41CrAlMo7 kimyasal kompozisyonu .....	10
Çizelge 3. 2 41CrAlMo7 Çeliğinin ısıtılma sıcaklık ile sertlik değerleri Çizelgesi .....	10
Çizelge 3. 3 41CrAlMo7 çeliğinin bazı mekanik özellikleri .....	10
Çizelge 3. 4 DIN1705 standardına göre CuSn12Ni kimyasal kompozisyonu .....	11
Çizelge 3. 5 DIN1705 standardına göre CuSn12Ni bazı mekanik özellikleri .....	12
Çizelge 5. 1 Yüksek devir testi 4.pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi .....	37
Çizelge 5. 2 Yüksek devir testi 4. pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi .....	38
Çizelge 5. 3 1 Nolu pompa için uzun süreli test basınç, debi ve güç Çizelgesi .....	38
Çizelge 5. 4 Numunelerin yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri Çizelgesi .....	48



## EKLER LİSTESİ

EK 1 2 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlülüğü.....	59
EK 2 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey pürüzlülüğü.....	59
EK 3 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey profil eğrisi.....	60
EK 4 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey pürüzlülük değerleri.....	60
EK 5 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey profil eğrisi.....	60
EK 6 5 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	61
EK 7 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	61
EK 8 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	62
EK 9 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	62
EK 10 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	63
EK 11 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	63
EK 12 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	63
EK 13 15 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....	64
EK 14 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	64
EK 15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	65
EK 16 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	65
EK 17 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	65
EK 18 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	66
EK 19 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	66
EK 20 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	66
EK 21 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	67
EK 22 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	67
EK 23 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	67
EK 24 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	68
EK 25 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	68
EK 26 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	68
EK 27 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak pürüzlülük eğrisi.....	69
EK 28 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	69
EK 29 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi.....	69
EK 30 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	70
EK 31 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi .....	70

EK 32 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	70
EK 33 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	71
EK 34 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	71
EK 35 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	71
EK 36 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....	72
EK 37 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....	72

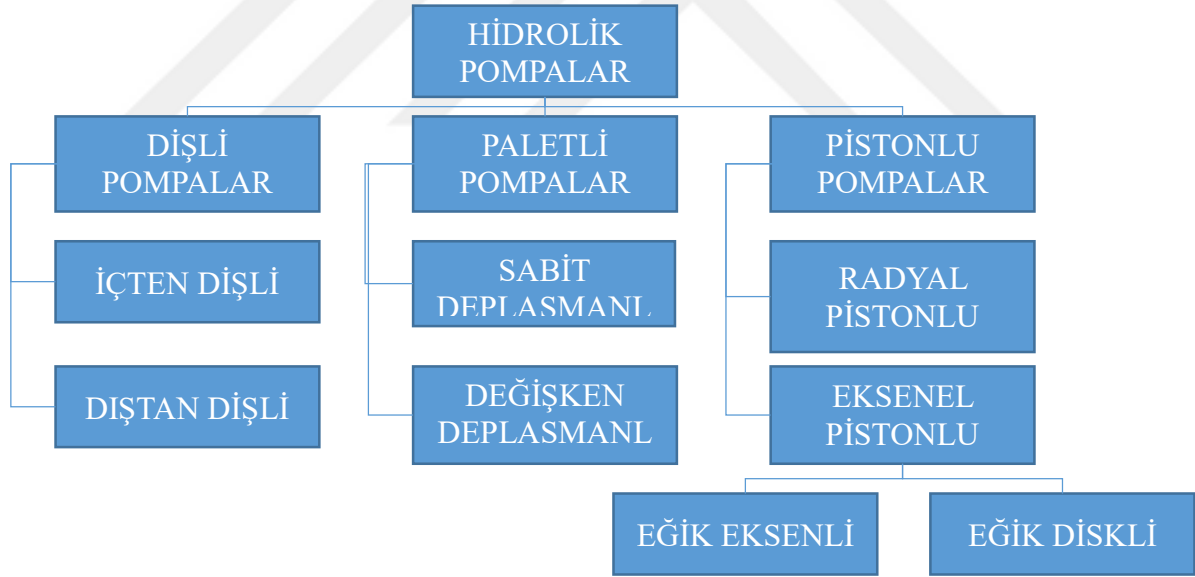


# BÖLÜM 1

## GİRİŞ VE AMAÇ

### 1.1Pompalar Hakkında Genel Bilgi

Hidrostatik gücün, mekanik güce dönüştürülmesinde kullanılan verimli yöntemlerden birisi de pompalardır. Günümüzde havacılıktan tarıma, ev ve iş yerleri uygulamalarından günlük kullanımda geniş bir alanda ihtiyaca en uygun karşılık veren farklı türdeki pompalar bulunmaktadır. Pompaların türleri şekil 1.1de gösterilmektedir.



**Şekil-1.1** Pompa Türleri

Farklı türdeki pompalardan birisi de piston pompalardır. Özellikle ayarlanabilir debi ve yüksek çalışma basıncı aralığında bulunmasından dolayı havacılık ve otomotiv sektöründe yaygın kullanım alanı bulunmaktadır.

Günlük Ve Ticari Hayatta Kullanım: Kendi içerisinde 2 temel alt gruba ayrılan pistonlu pompalara günlük ve ticari hayatta, evlerde su depolarında kullanımından, araçlar üzerinde yağlama ve beton pompalamaya kadar geniş bir yelpazede

karşılaşmaktayız. Otomotiv sektöründe traktörlerde yağlama ve direksiyon ile fren sistemlerinin hidrolik hatlarının basınçlandırılmasında, özellikle değişken debi istenilen yerlerde aksel pistonlu pompalar kullanılmaktadır.

**Uzay Ve Havacılık Sanayisinde:** Her ne kadar yapısal olarak karmaşık ve ağır olsalar da aksel pistonlu pompaların havacılıkta kullanımı yaygındır. Farklı eğim açılarında çalışma şartlarının iyi oluşu, dişli pompaların sahip olduğu dezavantajların olmayışı, değişken debi, yüksek basınç gibi kriterler uçaklarda yakıt pompalanması ve hidrolik hatların basınçlandırılması, elevator ve rudderlerde mekanik hareketin sağlandığı yerlerde ağırlıklı olarak piston pompalar kullanılmaktadır. Aynı zamanda helikopterlerde acil iniş prosedürü devreye girdiği zaman piston pompalar belirli bir süre maksimum devir ve maksimum basınç limitlerinde çalıştırılabilmektedir.

**Silah, Roket ve Diğer Mühimmat Sanayisinde:** Günümüzde gelişen radar ve güdümlü sistemleri ile roketlerin menzilleri daha da uzamakta, hassasiyetleri artmakta ve radara yakalanmamak için performansı yüksek roketler geliştirilmektedir. Bu kapsamda, çok uzun süreler çalışmasalar bile kısa sürede en yüksek performansı gösterecek piston pompa tasarımları yapılmakta ve pompalar bu alanda geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Roketlerde kullanılan piston pompalar için uzun süreli dayanımdan ziyade, kısa süre zarfında ancak çok yüksek devirlerde çalışan pompalara da ihtiyaç duyulmaktadır. Öyle ki otomotiv ve havacılık sektöründe kullanılan piston pompaların devirlerinin 500 ile 2500 devir/ dk arasında değişirken roketler için bu sayılar 10.000-200.000 d/d ya ulaşabilmektedir.

## **1.2 Çalışmanın Amacı**

Yapılan bu çalışmada, yüksek devirde çalışan piston pompaların aşınma davranışı incelenmiştir. Çalışma ile, üretim öncesi tasarım sürecinde ürün iyileştirme ve aşınma yüzeyi optimizasyonu açısından kaynak teşkil etmesi amaçlanmıştır. Evvelce, yapılan testlerde, piston pompa performansları yeterli gelmemekte, çalışma ömrü nispeten daha kısa olmaktadır. Talaşlı imalat sürecinde de meydana gelen tolerans darlıklarına bağlı üretim zorlukları, çalışma esnasında meydana gelen mekanik hasarlar, hammaddenin kolay erişilebilir olmayışı ve tasarım sürecini şekillendirecek literatür kaynağının yeterli olmayışı, bu çalışmanın yapılmasını gerekli kılan etkenlerdir.

Aşınma yüzeylerinde dayanımın daha yüksek olduğu malzemelerin geliştirilmesi ile, sadece savunma sanayine değil, aynı zamanda otomotiv sektöründe ve günlük

kullanımlardaki piston pompaların ömrü uzatılmış olacak ve daha istikrarlı, bakım giderleri azaltılmış uzun ömürlü pompalar insanlığın hizmetine sunulmuş olacaktır.

### **1.3 Çalışmanın İçeriği**

Bu çalışmada yüksek devirlerde çalışan piston pompaların valf plakaları ile piston pabuçları yüzeylerine etkiyen kuvvetler hesaba katılarak bu yüzeylerdeki sürtünme kuvvetlerinde zamana bağlı aşınma incelenmiştir. Sabit devirde farklı sürelerdeki aşınma davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde, uzun süreli çalışma sonucu yüzeylerin nasıl deforme olduğu anlaşılmış ve sonuçta tasarım sürecinde birtakım parçalarda yeniden düzenlemeye gidilmiştir.



## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ÖZETİ

Khalil, Svoboda & Bhat (2004) yapmış olduğu çalışmada, elektrik kontrollü, konik silindir bloklı aksel piston pompalarda kontrol plakasının matematiksel modellemesi ve tasarımı üzerine çalışmıştır.

Konik silindiri aksel piston pompalar üzerine etki eden dinamik kuvvetler analiz edilerek kontrol plakasının performansını sıfır derece eğim açısında açıklayan matematiksel modellemesi geliştirilmiş ve gerçek sonuçlar ile çok yakın değerler elde edildiği anlaşılmıştır.

Gowd & Reddy (2006) yapmış olduğu çalışmada ANSYS programı kullanarak aksel piston pompanın sonlu elemanlar yöntemiyle analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmasında piston yuvaları ve pabuçlarına etkiyen kuvvetler üzerinden analiz gerçekleştirmiştir.

Hareket eden pistonların silindir bloğu, pabuçlar ve piston yüzeyi üzerine etkisi incelendiğinde, malzeme değiştirilmeden nominal basıncın 420 bara kadar yükseltilebileceği anlaşılmıştır.

Bergada, Watton & Kumar (2008) çalışmasında aksel piston pompalarda kontrol plakası ile silindir bloğu arasındaki basınç, akış, kuvvet ve tork değerlerini hesaplamış, farklı eğim açılarında bu değerlerin değişime ilişkin modellemeler yaparak matematiksel formülasyonu çıkarmıştır.

Çalışmada silindir bloğu ile kontrol plakası arasındaki basınç dağılımının analitik çözümü, sızdırma, kuvvet ve torkların hesaplanmasının yapılabileceği yeni formülasyon seti ortaya konmuştur. Dış kaçağın iç kaçaklardan daha fazla olduğu görülmüş, kavitasyonun yüksek dönme hızlarında, küçük basınçlarda ve küçük boşluklarda daha kolay ortaya çıktığı anlaşılmıştır.

Yamaguchi A. (2002) yapmış olduğu çalışmada piston pompalardaki mekanik kontaklar kuvvetleri ile güç kayıpları arasındaki ilişkiyi inceleyen ve piston ile silindir yuvası iç cidarı arasındaki tribolojik durumları incelemiştir.

Çalışmasında orta ve yüksek hız operasyonlarında mekanik kontakt kuvvetleri ile güç kayıpları incelenmiş ve piston yüzeyindeki basınç dağılımı konusunda 3 farklı metod ile yapılan hesaplamalarda, kontakt kuvvetlerinin hidrodinamik etkiler ile önce artıp sonra azaldığı, silindir bloğu sonundaki kontakt kuvvetlerinin piston kütlesiyle doğru orantılı olarak arttığı anlaşılmıştır. Solid kontaklara bağlı güç kayıp oranlarının hidrodinamik kuvvetler ile azaldığı anlaşılmıştır.

Manring & Damtew (2001) yapmış olduğu çalışmada, eksenel piston pompanın kontrol plakası üzerindeki kontrol torku üzerine piston pompa yay kuvvetlerinden kaynaklı etkilerini hesaplamıştır.

Çalışmada, pompanın iç dinamiklerinin yanısıra, dinamik hesaplamalar için gerekli denklemler geliştirilmiş, çalışmasının sonucu olarak, piston pompalardaki yay kullanımının kontrol plakasının sabitlemesi, pompa kontrolünde backlash boşluğunun önlenmesi, kinetik enerjinin absorbe edilerek piston pompanın daha stabil çalışması konularında uygun yay kriterlerinin avantajlı etkilerinin olduğu gözlenmiştir.

Kazama, Tsuruno. & Sasaki (2008) yapmış olduğu çalışmasında, kontrol plakalı eksenel piston pompalardaki parçalar arasındaki tribolojik sürtünmeden kaynaklı ısının ölçümlerini parça bazında ele almıştır.

Hidrolik akışkanların viskozitesi, akışkanın giriş sıcaklığı, akışkan türü, akışkan çıkış hızı, silindir bloğu dönüş hızı, piston serbestisi gibi kriterler parametre olarak alınıp yapılan ölçümler neticesinde çıkış hattı basıncının artması ile kontrol plakası, silindir bloğu ve eğim plakası yüzeyinde sıcaklığın neredeyse eşit oranda arttığı, dönme hızı arttırıldığında ise sıcaklığın çalışma şartlarına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Silindir bloğundaki en yüksek sıcaklık artışının blok alt-ölü kısmında piston gövdesi iç cidarında 1000 dev/dak da takribi 30°C sıcaklık artışı olduğu görülmüştür. Kontrol plakası ile silindir bloğu arasında ince yağ filmi olması ve sürekli hidrodinamik akışkan etkisi olmasına rağmen, akışkan sıcaklığı 900 dev/dak da 4°C artmış; kontrol plakası yüzeyinde en yüksek sıcaklık artışı ise 20°C olmuştur.

Bergada, Davies, Xue & Kumar (2009) yapmış olduğu çalışmasında, yağ basıncı ve sıcaklığın, kontrol plakası ile silindir bloğu arasındaki film tabakasının inceliğine ve piston pompanın bu bölgedeki dinamik etkisini incelemiştir.

Yağ sıcaklığının azalması ile ortalama film tabakası inceliğinin azaldığı, pompa çıkış basıncının azalması ile de yağ film tabakasının inceliğinin daha az bir oranda azaldığı görülmüştür. Buna bağılı olarak düşük sıcaklık ve düşük basınç değerlerinde yağ film tabakası kalınlıklarının en yüksek değerde olduğu anlaşılmaktadır.

Sfantos & Aliabadi (2007) yapmış olduğu çalışmada, aşınma davranışının 3 boyutta kayan parçaların sınır koşullardaki sürtünme bazında analizini simülasyon şeklinde gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada, piston pabuç kafaları gibi 3 boyutta maruz kalınan sürtünmeden pin-on test tezgahları yüzeyi ve piston pompaların silindir bloğu ile kontrol plakası yüzeyi arasında meydana gelen sürtünme gibi farklı senaryolar simüle edilerek incelenmiştir.

Nümerik basınç dağılımı yönteminin başarılı sonuçlar çıkardığı gözlemlenen çalışmada, sadece temas yüzeyinin modellenmesi ile, buralarda malzeme kayıpları gerçekleştiğinden dolayı, analizlerinin nispeten daha kolay olduğu, uzun periyotlardaki simülasyonlara uygun olduğu ve büyük modellemelere uyarlama rahatlığının bulunduğu görülmüştür. Ancak mevcut yöntemin, klasik sürtünme kurallarıyla açıklanabilecek mikroyapılara uygulanabilmesinin belirli limitler dahilinde yapılabileceği anlaşılmaktadır.

Salles & Blanc (2011) çalışmalarında titreşimli yükler altında aşınma davranışı numerik süreçte, dinamik Lagrange Frekans zaman metodu yöntemiyle, Coulomb'un sürtünme kanunu hesabı temel alınarak incelemiştir.

Titreşimle aynı anda aşınma durumunun incelendiği çalışmada, tribolojik ve dinamik olaylar iki farklı zaman dilimine ayrılmıştır. Doğrusal olmayan kuvvetlerin hesaplanması için alternatif bir zaman skalası temel alınmıştır. Titreşim altındaki yüklerden kaynaklı aşınma sonuçlarının karşılaştırılması açısından durağan durum hesaplamaları da gözden geçirilmiştir. Tasarım esnasında, titreşime dayalı durumların göz önünde bulundurulmasının öneminin yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Kurban, Erdem & Canbulut (2011) yapmış oldukları çalışmalarında eğik plakalı eksenel piston pompaların pompa ve motor performansı üzerinde etkisi bulunan kayıcı pabuçların performansını incelemişlerdir.

Her ne kadar viskoz moment kayıpları, viskoz akışkan kaçakları, ve güç kayıplarına ilişkin denklemler farklı bölgeler için elde edilmiş olsa da, sızıntı ve kaçakların hızın artması ile doğru orantılı arttığının deneysel olarak ölçüldüğü çalışmada, sızıntı ve hız arasındaki ilişki, viskoz güç kaybı- devir ilişkisi, akış güç kaybı- devir ilişkisi incelenmiş ve denklemleri ortaya konmuştur.

İzciler & Öcal (1993) çalışmalarında yüzey topoğrafyasına bağlı olarak aşınmanın ölçümü konusunu incelemiştir. Yüzey pürüzlülükleri, pürüzlülük hesaplama yöntemleri gibi konulara değinmekle beraber, aşınma hesabı ile pürüzlülük arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlar, formülasyonun yanısıra Abbot eğrisine değinmişler ve pürüzlü yüzeydeki doluluk ve boşlukların formülasyonunu çıkartmışlardır.

Okayasu, Izuka, Ninomiya, Manabe & Shiraishi (2013) Cu-Al-Ni-Fe-Sn içerebilen alaşımlarda mekanik ve aşınma davranışları üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarında özellikle bronz alaşımları konusunda deneysel yaklaşım sergilemişlerdir.

Yeni bronz tabir edilen ve %10,5 Al, %3,1 Fe, %3,2 Ni, %1,1 Mn ve %3,7 Sn içeren alaşımın sertlik değerinin diğer alaşımlardan daha yüksek olduğu, bu nedenle mükemmel aşınma özellikleri gösterdikleri anlaşılmış, bu alaşımın sünekliğinin bilinen alaşımlara nispeten daha düşük olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Liu, Shen & Yang (2014) sonlu elemanlar yönteminin farklı sürtünme modellerinin farklı dönme aşınma davranışlarına uygulamasını simüle etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen simülasyonlar ile deneysel çalışmaların aşınma eğrileri arasında aşınma davranışları açısından örtüştüğü anlaşılmıştır. Mevcut çalışma, farklı kayma rejimlerindeki muhtelif hasarlanmaları, plastik gerilme sürtünme kayma gerilmesi analizleri ile irdelemektedir.

## BÖLÜM 3

### MALZEME VE YÖNTEM

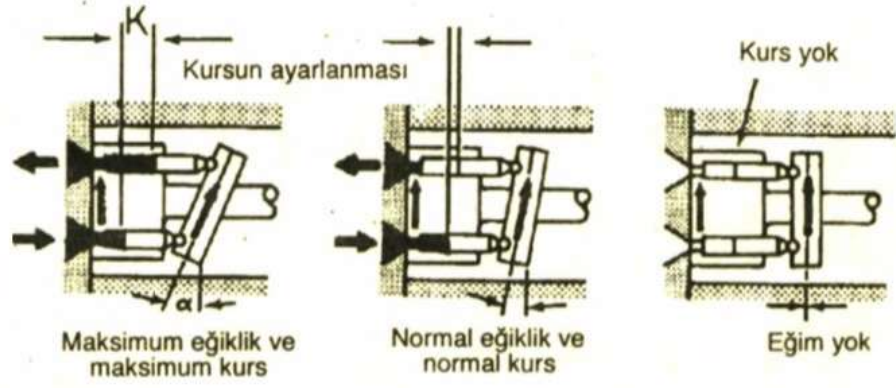
#### 3.1 Piston Pompaların Yapısı

Piston pompaların tasarımı her ne kadar derin deneysel temellere dayansa da, yakın zamana kadar tasarım sürecini şekillendiren denklemler yakın zamana kadar bulunmamaktaydı(Khalil vd., 2004). Bu bağlamda farklı kullanım amaçlarına göre farklı tasarımlarda ve mekanizmalar içeren farklı eksenel piston pompalar imal edilmektedir. Ancak temel olarak eksenel piston pompaların kısımlarını, gövde, pompa mili, oynak mafsalsal, piston kolu ve piston, silindir bloku, valf plakası ve dağıtım plakası şeklinde sıralayabiliriz. Bir eksenel pistonlu pompanın genel görünümü Şekil3.1de verilmiştir.



Şekil 3. 1 Eksenel Piston Pompa

Çalışma esnasında, oynak mafsaldaki eğim plakasının açısı arttırıldığı zaman, pistonların yuva içerisine girdiği mesafe artacağından pompanın debisi de artar. Açılı küçüldükçe pompa debisi de azalmaktadır(Şekil3.2).

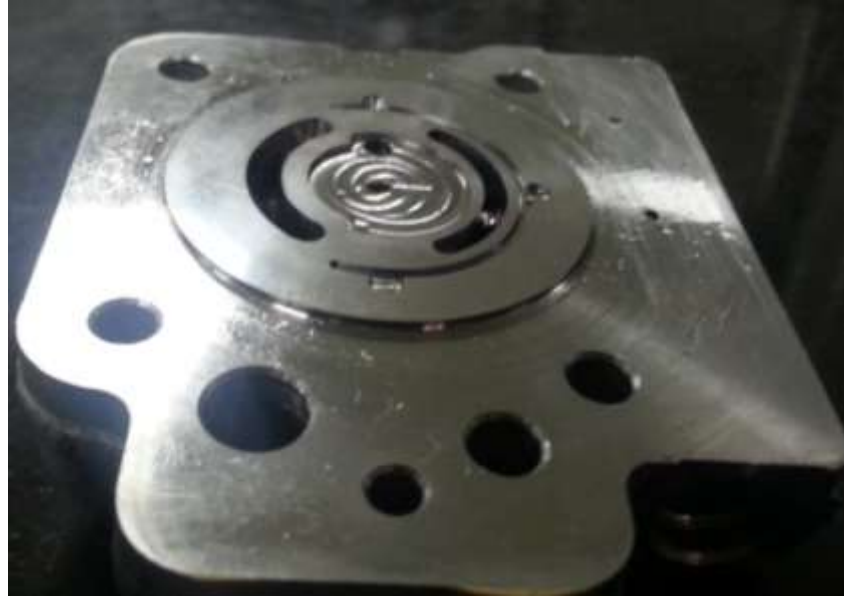


Şekil 3. 2 Eksenel Piston pompada debi ayarı.

### 3.2 Kontrol Plakası Yüzey ve Malzeme Bilgileri

Arka kapak yüzeyinde sabit ve bütünleşik olan kontrol plakası 41CrAlMo7 (DIN18509) dövme çelikten imal edilmiş olup yüzey lepleme yöntemiyle işlenmiştir.

Şekil 3.3'te genel görünümü verilmiş olan kontrol plakasının kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.1'de görülmektedir. Kontrol plakası malzemesini ısıl işlem ve sıcaklık değerleri Çizelgesi (Çizelge 3.2) ile 41CrAlMo7 çeliğinin bazı mekanik özellikleri Çizelge 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3. 3 Eksenel Piston pompa arka kapak

**Çizelge 3. 1** DIN18509 standardına göre 41CrAlMo7 kimyasal kompozisyonu

Element	C	Mn	Al	Cr	Mo
Bileşimi (%)	0,38-0,45	0,4-0,7	0,8-1,2	1,5-1,8	0,2-0,35

**Çizelge 3. 2** 41CrAlMo7 Çeliğinin ısıtım işlem sıcaklık ile sertlik değerleri Çizelgesi

İşlem	Sıcak Şekil Verme Sıcaklığı (°C)	Yumuşak Tavlama Sıcaklığı (°C)	Yumuşak tavlama Sertliği (Brinell)	Nitrasyon Sonrası Yüzey Sertliği (Vickers)	Sertleştirme Sıcaklığı (°C)	Sertleştirme Ortamı	Menevişleme Sıcaklığı (°C)	İşlem Sonrası Gerilim Giderme Sıcaklığı (°C)	Nitrasyon Sıcaklığı (°C)
Değer	1050-850	650-700	262	950	880-920	Yağ /Su	570-650	550-570	500-520

**Çizelge 3. 3** 41CrAlMo7 çeliğinin bazı mekanik özellikleri

Mekanik Özellik	Akma Gerilimi (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Sertlik (Brinell)	Elastisite (%)
Değer	940	1130	340	11

Kontrol plakası mevcut yüzey pürüzlülüğü lepleme yöntemiyle sağlanmıştır. Yüzey düzlemselliği 0,002; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,005 değerleri olarak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük giderme işlemi yapılan lepleme tezgâhı sürekli yağlama ile hassas ayarların yapılması sonrası çalıştırılmaktadır (Şekil 3.4).



**Şekil 3. 4** Lepleme Tezgahı

### **3.3 Silindir Bloğu Çalışma Yüzey ve Malzeme Bilgileri**

Aşınma plakası ile beraber çalışan ve sabitlenmiş plaka yüzeyine temas ederek burada aşınmayı gerçekleştiren karşı parça 13.000 dev/dak dönen silindir bloğudur.

Kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.4 te verilmiş olan CuSn12Ni (DIN1705) bronz alaşımından toz metalürjisi yöntemi ile imal edilmiş olan silindir bloğu talaşlı işleme yöntemiyle üretilmiştir.

**Çizelge 3. 4** DIN1705 standardına göre CuSn12Ni kimyasal kompozisyonu

<b>Element</b>	Cu	Sn	Ni	Pb	Zn
<b>Bileşimi (%)</b>	84	12	2	1	1

Aşınma yüzeyi olarak kullanımı açısından bronz alaşımı, aşınmaya dayanıklı yatak ve burçlarda, piston pompalarda ve aşınma miktarının yüksek olabileceği sürtünme yüzeylerinde kullanılmaktadır. Yüzeyi mikron seviyesinde yüksek hassasiyet ile taşlanmıştır. Sertlik değeri 80 Brinell dir (Çizelge 3.5).

**Çizelge 3. 5** DIN1705 standardına göre CuSn12Ni bazı mekanik özellikleri

<b>Mekanik Özellik</b>	Akma Gerilimi (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Sertlik (Brinell)	Elastisite (%)
<b>Değer</b>	140	260	80	12-14

Silindir bloğu (Şekil3.5) sürtünme yüzey pürüzlülüğü DIN3142 standardına göre 0,4 değerindedir. Taşlama, raybalama, kaba honlama yöntemleri ile elde edilebilen bu değerler yüksek devirli yataklamalar, sızdırmazlık istenen yüzeyler pistonlar, kaymalı yataklar ve fren kasnakları gibi yüzeylerde aranabilmektedir. Test edilen plakada mevcut yüzey pürüzlülüğü taşlama yöntemiyle elde edilmiştir. Yüzey düzlemselliği 0,005; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,01 değerleri olarak belirlenmiştir.



**Şekil 3. 5** Silindir Bloğu

### 3.4 Aşınma Yüzeyleri Ölçü ve Tolerans Değerleri

Piston pompa silindir bloğu mevcut yüzey pürüzlülüğü taşlama yöntemiyle elde edilmiştir. Yüzey düzlemselliği 0,005; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,01 değerleri olarak belirlenmiştir.

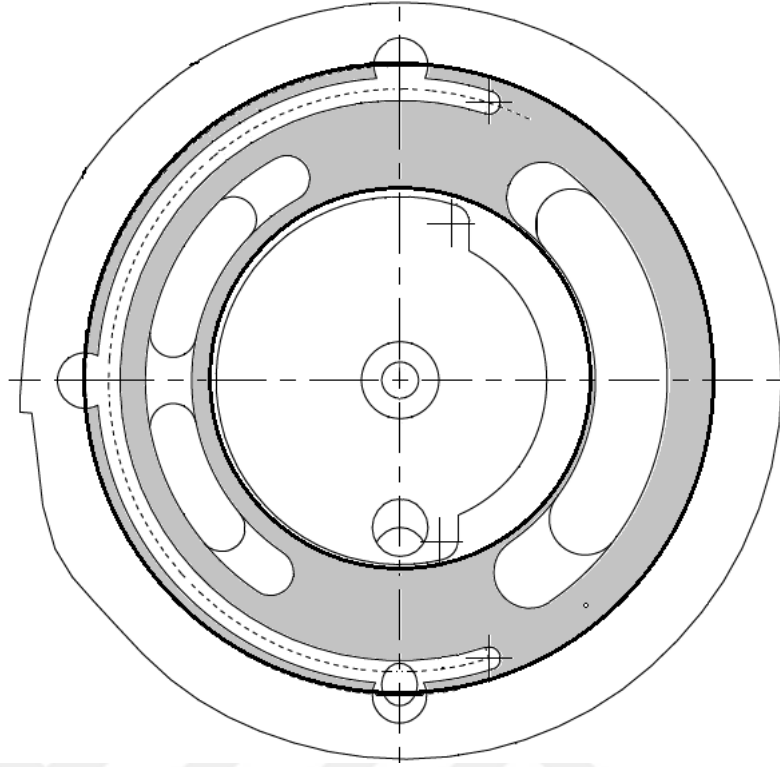
Kontrol plakası ile temas ederek aşınacak toplam yüzey alanı, verilen ölçüler baz alınarak hesaplandığında,  $40,0195\text{mm}^2$ , en büyük çapın ise 13,8mm olduğu hesaplanmıştır. Kontrol plakası ile temas ederek aşınmanın gerçekleşeceği silindir bloğu yüzeyi şekil 3.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 3. 6** Piston pompa silindir bloğu aşınma temas yüzeyi

Çalışmada baz alınan aksenal piston pompanın kontrol plakası, pompa arka kapağı yüzeyi ile sıkı geçmelidir. Kontrol plakası mevcut yüzey pürüzlülüğü lepleme yöntemiyle elde giderilmiştir. Yüzey düzlemselliği 0,002; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,005 değerleri olarak belirlenmiştir.

Silindir bloğu ile temas ederek aşınmanın gerçekleşeceği yüzeyde (şekil3.7) alan  $283,579\text{mm}^2$  olarak hesaplanmış, kontrol plakası ölçülerinde en büyük çap ise 18,1mm olarak ölçülmüştür. Temas edecek alan koyu çizgili daire arasında kalan gri bölgedir.



**Şekil 3. 7** Piston pompa arka kapağı çalışma yüzeyi

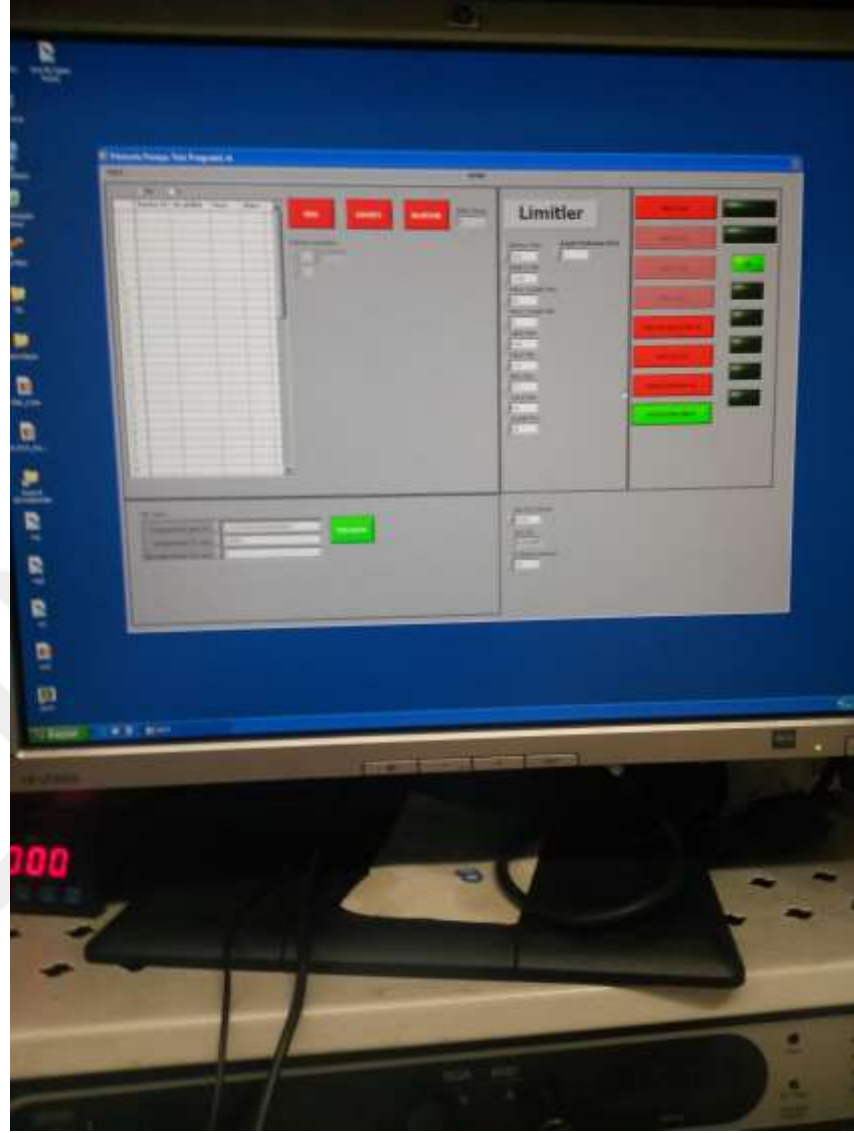
### 3.5 Test Cihazı ve Özellikleri

Yüksek devirli piston pompaların test edilmesi için, test tezgâhı özel olarak geliştirilmiştir. Test cihazı (şekil 3.8) bilgisayar, yüksek devirli (12000dev/dak) motor ve hidrolik aksam olarak 3 bölümden oluşmaktadır.

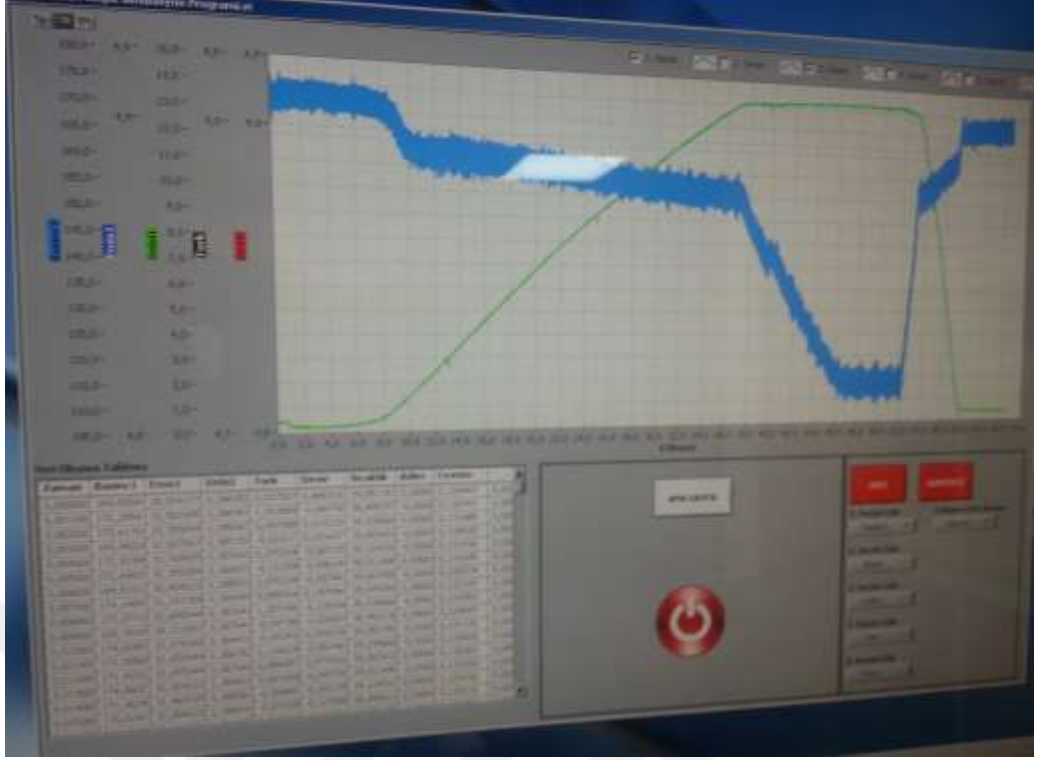


**Şekil 3. 8** Yüksek devir piston pompa test tezgâhı

Bilgisayarda, basınç, sıcaklık, devir, debi, süre gibi değerlerin gösterildiği ve ayarlandığı, motor ile haberleşerek testin başlangıç, bitiş ve motor kontrolünün sağlandığı, aynı zamanda test süresi, debi değişimleri ve sıcaklık gibi değerlerin anlık olarak takip edilebildiği bir yazılım mevcuttur. Yazılım National Instruments'in LabView programı ile lisanlı ve özel olarak hazırlanmıştır (şekil3.9).



Şekil 3. 9 Test tezgâhının kontrol edildiği program ve ara yüzü



**Şekil 3. 10** Test tezgâhından test esnasında alınan program ekran örneği.

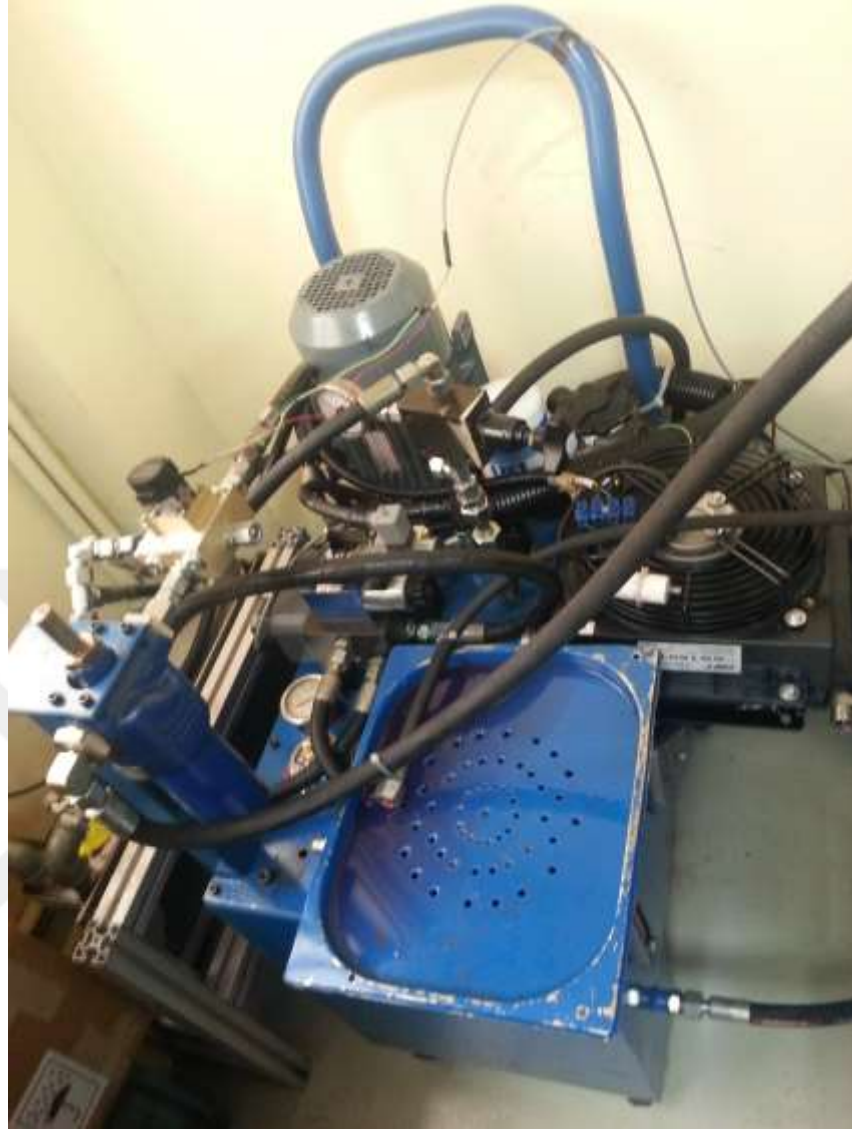
Mevcut yazılımda test koşullarının limitleri de belirlenerek, test için sınır koşullar hazırlanabilmektedir. Dijital olarak valf aç/kapa, motor besleme açma ve kapama, ısıtıcı açıp kapama gibi işlemler gerçekleştirilebilmekte ve basınç, motor sıcaklık, debi maximum ve minimum değerleri ile akım ve voltaj kritik değerleri limitlendirilebilmektedir. Şekil 3.10'da test esnasında program ara yüzünden alınmış ekran görüntüsü görülmektedir.



**Şekil 3. 11** Piston pompanın montajı ve yüksek devirli motor

Piston pompanın, bilgisayar programından belirlenen devir ve sürede çevriminin sağlandığı motor, 12000dev/dak çevrimle dönen, elektrik motorudur (şekil 3.11). Motorun rotoru ile piston pompanın tahrik milinin bağlantısının sağlanması için motor ile pompa arasında gerekli hidrolik besleme ve çıkışların alınabildiği, barometreler ile analog olarak basıncın takip edilebildiği bir ara ünite eklenmiştir.

Test edilecek pompalar, bu üniteye motora karşı konuma hızlı bir şekilde montajlanmakta ve test bitiminde kolaylıkla sökülebilmektedir.



**Şekil 3. 12** Test tezgâhı hidrolik ünitesi

Test esnasında, pompanın gerekli emiş ve basınç değerlerini sağlayabilmesi için gerekli olan hidrolik ünite, motorun alt kısmında bulunmaktadır (şekil 3.12). Besleme, tahliye hatları ile bu hatlara bağlı valfler ve filtre de içeren ünite, karıştırıcı motorlu bir tanka da sahiptir.

Teste başlanmadan önce, harici olarak sürekli çevrim sağlayabilecek şekilde tasarlanan hidrolik ünite, testte karşılaşılabilecek sorunlara tedbir olması açısından bir tahliye vanası ile çek valfe de sahiptir.



**Şekil 3. 13** Test süresince sızıntı ve kaçakların gözleendiği açıklık

Test esnasında meydana gelen sızıntı ve kaçakların tespit edilebilmesi ve gözlemlenebilmesi için, piston pompanın montajının gerçekleştirildiği redüktör üzerinde bir kanal açılmıştır (Şekil 3.13). Test tezgahı tahrik mili ile piston pompanın milinin montajlandığı bu noktada kaçaklar izlenmekte ve duruma göre müdahale edilerek test durdurulmaktadır.

### 3.6 Ölçüm Cihazları ve Özellikleri

Testleri gerçekleştirilen numunelerin ölçümlerinin yapıldığı 2 adet yüzey pürüzlülük ölçüm cihazları ile mikroskop görüntüleri ve ekran görüntüleri şekil 3.14 ve şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3. 14 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı



Şekil 3. 15 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı Ekranı



**Şekil 3. 16** Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2

Açıklama		
A Hesp Sonuç		
Ra	0.087	µm
Rz	0.849	µm
Rz1max	1.248	µm

**Şekil 3. 17** Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazından alınmış ölçüm sonucu örneği

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı (şekil3.16) ölçüm sonuçlarını bir rapor ile çıktı verme özelliğine sahiptir (şekil 3.17). Pürüzlülük ölçüm sonuçları aynı zamanda ölçüm sonrasında cihaz ekranından görülebilmekte ve bu arayüz ile hangi değerlerin raporlanacağı seçilebilmektedir (şekil 3.18).



**Şekil 3. 18** Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2 Ekranı

Yüzey pürüzlülük cihazları, yatay ekseninde belirli bir alandaki, aşınmış yüzeyin mikron hassasiyetindeki ölçümlerini gerçekleştiren cihazlardır. Bu cihazlar ile yüzeyde gözle görülemeyen çizgiler ile aşınmış yüzeylere ilişkin hassas ölçüm sonuçları elde edilebilmektedir.

Yüzey pürüzlülük ölçüm değerlerinin analiz edilebilmesi ve ölçülen değerler uluslararası standartlar ile kabul edilmiş olan ISO EN4287 ve ölçüm koşulları da ISO EN 4288 standardıyla belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ölçüm sonuçları olarak aritmetik ortalama pürüzlülük değeri ( $R_a$ ); ortalama pürüzlülük derinliği ( $R_z$ ) ve maksimum pürüzlülük değeri ( $R_{z1_{max}}$ ) gibi ölçüm değerleri alınmıştır.

Burada  $R_a$ : tüm profil değerlerinin toplamının aritmetik ortalamasını;  $R_z$ : Değerlendirme uzunluğu içinde beş örnekleme uzunluğunun ortalama beş değerini,  $R_{z1_{max}}$ : değerlendirme uzunluğu içinde beş örnekleme uzunluğunun en büyük beş  $R_z$  değerini göstermektedir.

Yüzeydeki deformasyonun gözlemlenebileceği bir diğer cihaz mikroskoptur (şekil 3.19). Mikroskop yardımıyla büyütme yapılabilmekte ve yüzeydeki küçük çizikler ve deforme olmuş alanlar gözlemlenebilmektedir.



**Şekil 3. 19** Yüzeylerin görüntülediği mikroskoplar



**Şekil 3. 20** Parçaların mikroskop altında yüzeyinin incelenmesi

Büyütme gücü istenilen miktara kadar manuel ayarlanabilen mikroskoplardan direkt bilgisayar üzerinden kontrol edilebilmekte ve görüntüler bir kamera yardımıyla ve bir yazılım aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir (şekil 3.20).

Mikroskop büyütme gücü 50x ile 1000x arasında olup, bu çalışmada genellikle 50x ile 500x büyütme gücü değerleri kullanılmıştır. Bilgisayar programı, büyütmeye bağlı olarak resimler üzerine ölçekleri otomatik olarak koymaktadır.

## BÖLÜM 4

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

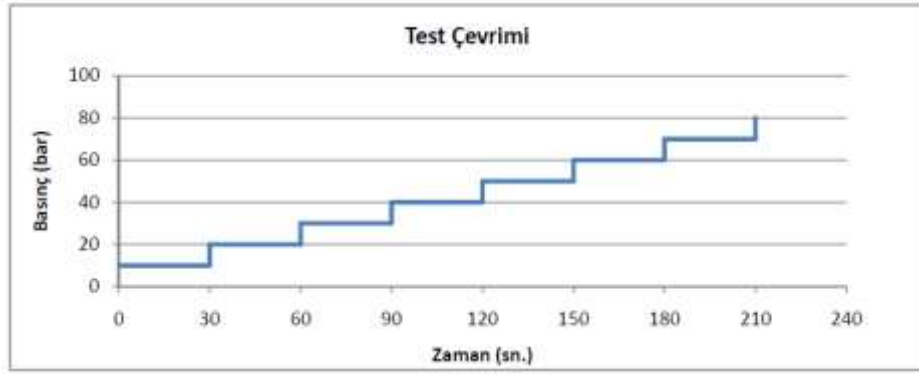
Test tezgâhında farklı pompalar ile gerçekleştirilen testler, kısa sürede maksimum performans (zorlama) testi, uzun süreli testler, dalgalanma testleri ve kaçak testleri gibi muhtelif testlere tabi tutulmaktadır.

Sızdırma testi, oluk üzerinden kaçağın gözle takip edilerek yapıldığından ve yüksek performans testleri ve uzun süreli testler devam ederken gözlemlendiğinden, aşınma açısından dikkate alınmamıştır. Numune seçimi yapılırken, düşük devirde uzun süreli kaçak testi yapılmış olan pompaların numune seçilmemesine özen gösterilmiştir.

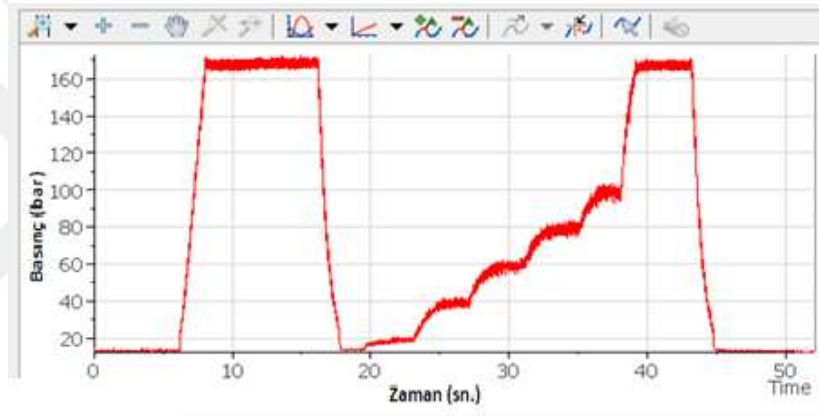
Testler süresince basınç değişimleri (bar), debi (lt/dak) ve motor güç (kW) değerleri kaydedilmiş, raporlanmıştır. Testler farklı zaman dilimlerinde ve aynı pompalar üzerinde belirli aralıklarla gerçekleştirildiğinden, pompaların aşınma durumları, tüm testlerin süreleri toplamı üzerinden incelenmiştir.

#### 4.1 Yüksek Devir Testleri

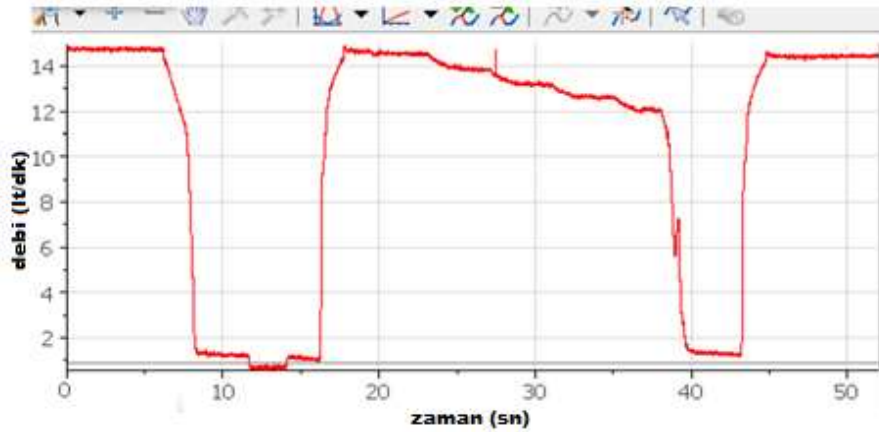
Test tezgahında en yüksek performans değerlerini gözlemlemek için gerçekleştirilen testlerdir. Her bir test 2,5 dakikalık sürelerde farklı pompalar üzerinde gerçekleştirilmekte ve tüm veriler ayrıntılı olarak kayıt altına alınmaktadır. Pompa, maksimum debi verecek şekilde açısı ayarlanmakta ve mil 12000 dev/dak olacak şekilde test süresince tahrik edilmektedir. Pompa, basınç değerleri kademeli arttırılarak (şekil 3.21) ve basınç pikleri yaptırılarak (şekil 3.22) da test edilmektedir.



Şekil 4. 1 Yüksek devir testleri çevrimdeki basınç değerleri



Şekil 4. 2 Yüksek devir testi numune basınç değişim grafiği



Şekil 4. 3 Yüksek devir testi debi zaman değişim grafiği



**Şekil 4. 4** Yüksek devir testi güç zaman grafiği

Zamana göre debi (şekil4.3) ve güç değerleri (şekil 4.4) de alınarak test edilen pompalar, kontroller sonrası de montaj sonrası uzun süreli testlere sokulmaktadır.

#### **4.2 Uzun Süreli Testler**

Kısa süreli yüksek performans testlerinin ardından hasarlanmamış olan pompalar daha uzun süreli testlere tabi tutulmak üzere de montaj ve kontrol sonrasında yeniden test tezgâhına bağlanmaktadır.

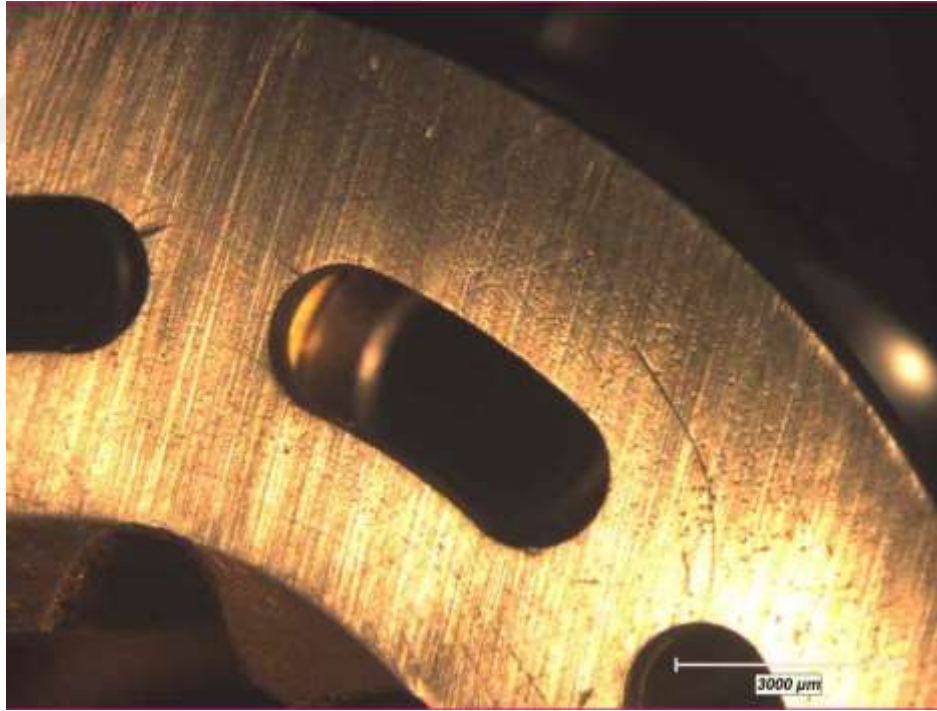
Bu testler süresince, piston pompalar 80-90 dakika süresince yüksek devirde tahrik edilerek hasarlanma durumları gözlenmektedir. Ancak pompaların aşırı ısınmasının önlenmesi adına, testler ara ara soğutma duruşları yapılarak tekrarlanmaktadır. Pompalar bu esnada kısa süreli testlere nispeten daha yüksek miktarda sıcaklık ve aşınmaya maruz kalmaktadır.

#### **4.3 Test Öncesi Malzemelerin Mikroskopta İncelenmesi**

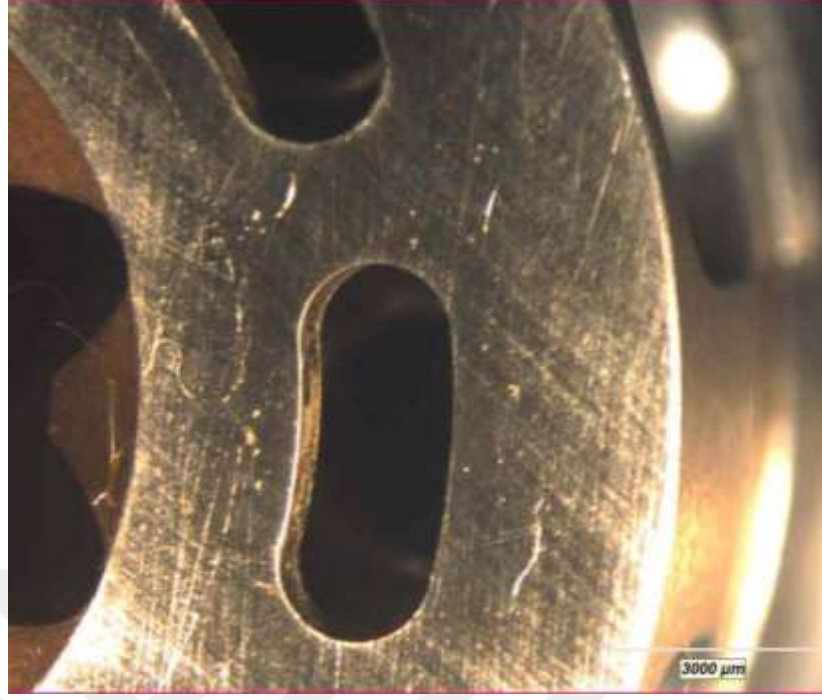
Talaşlı imalat yöntemi ile imal edilmiş ve yüzeyi lepleme yöntemi ile iyileştirilmiş piston kapağı ile, silindir bloğunun test öncesi değerlerinin belirlenmesi açısından yüzey mikroskop görüntüleri testler başlamadan önce incelenmiş ve yüzey özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçekte 3000µm olarak gösterilen resimler 63x büyütme ile, 20µm olarak gösterilenler 500x büyütme ile görüntülenmişlerdir. Şekil 4.5'te 2 numaralı piston pompanın silindir bloğunun test öncesi yüzey ayrıntısı verilmiştir. 1 numaralı numunenin silindir blok yüzey ayrıntısı da şekil 4.26'da görülmektedir.



Şekil 4. 5 2 nolu piston pompanın test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

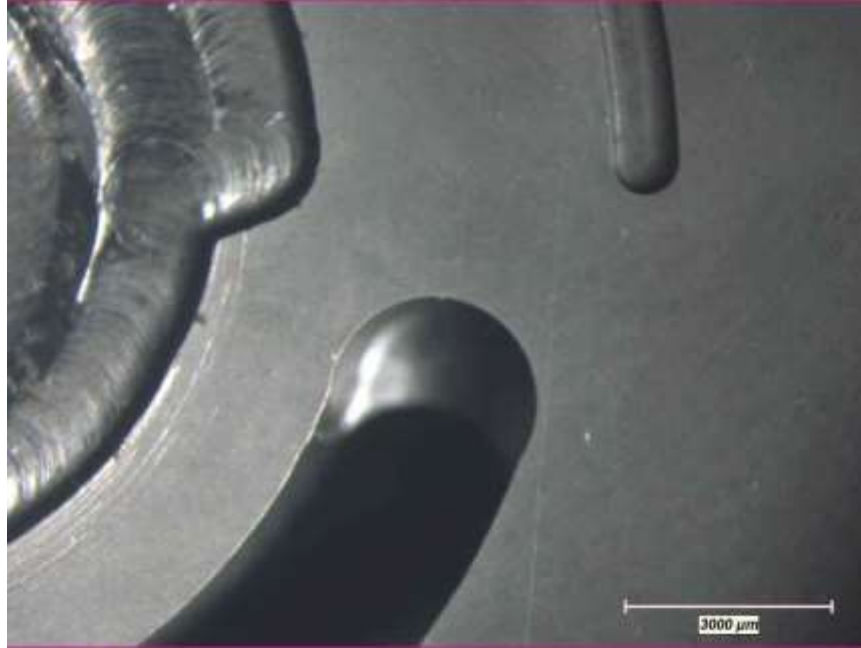


Şekil 4. 6 1 nolu piston pompa silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü



**Şekil 4. 7** 3 nolu piston pompası silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü

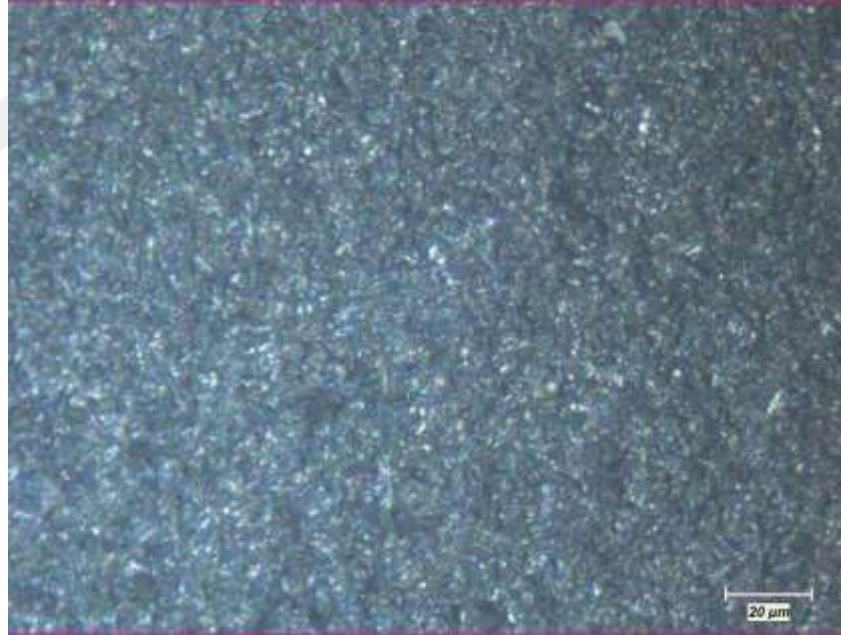
Şekil 4.7’de verilen 3 nolu piston pompa silindir bloğu ile 1 numaralı piston pompa kapak yüzey ayrıntısından (şekil4.8 ve şekil 4.9) anlaşılacağı üzere, yüzeyde deformasyon izleri bulunmamaktadır.



**Şekil 4. 8** 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü



**Şekil 4. 9** 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü



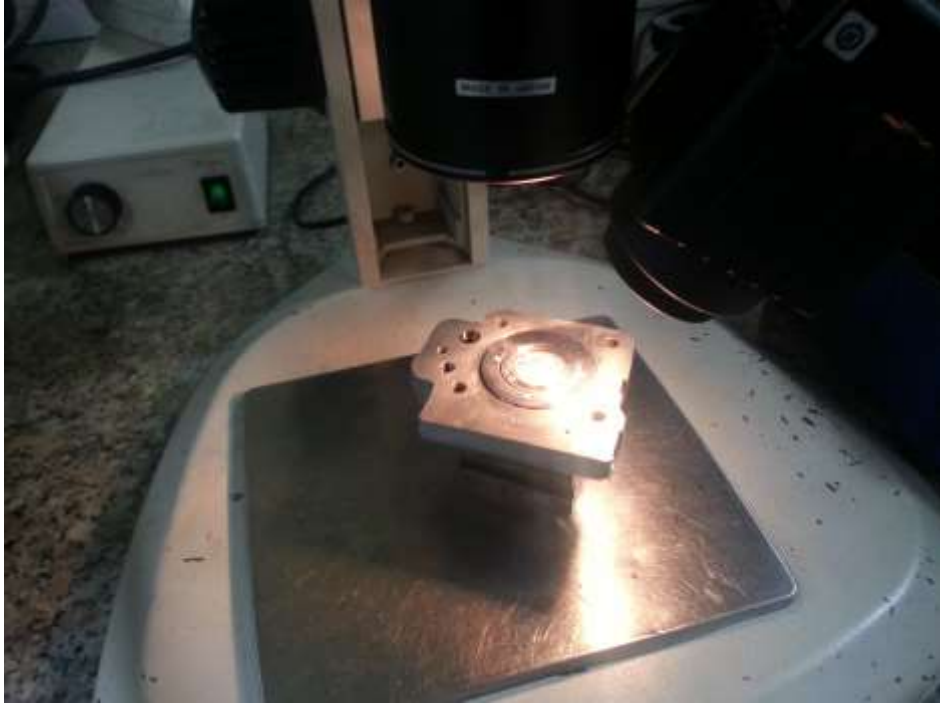
**Şekil 4. 10** 2 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

Test öncesi daha yüksek büyütme gücünde görüntüsünün alındığı 2 nolu piston pompa kapak yüzeyi (şekil 4.10) ile 1 numaralı numune yüzey görüntüsünde (şekil 4.11) de lokal deformasyon izlerine rastlanmamıştır.



**Şekil 4. 11** 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

Test öncesi ve test sürecinde aralıklı olarak yüzey ayrıntıları her bir piston pompa kapak ve silindir bloğu yüzeyi için tekrarlanmıştır. Örneğin 2 numaralı piston pompa kapağının mikroskop görüntüsünün alınması şekil 4.12’de genel hatlarıyla gösterilmiştir.



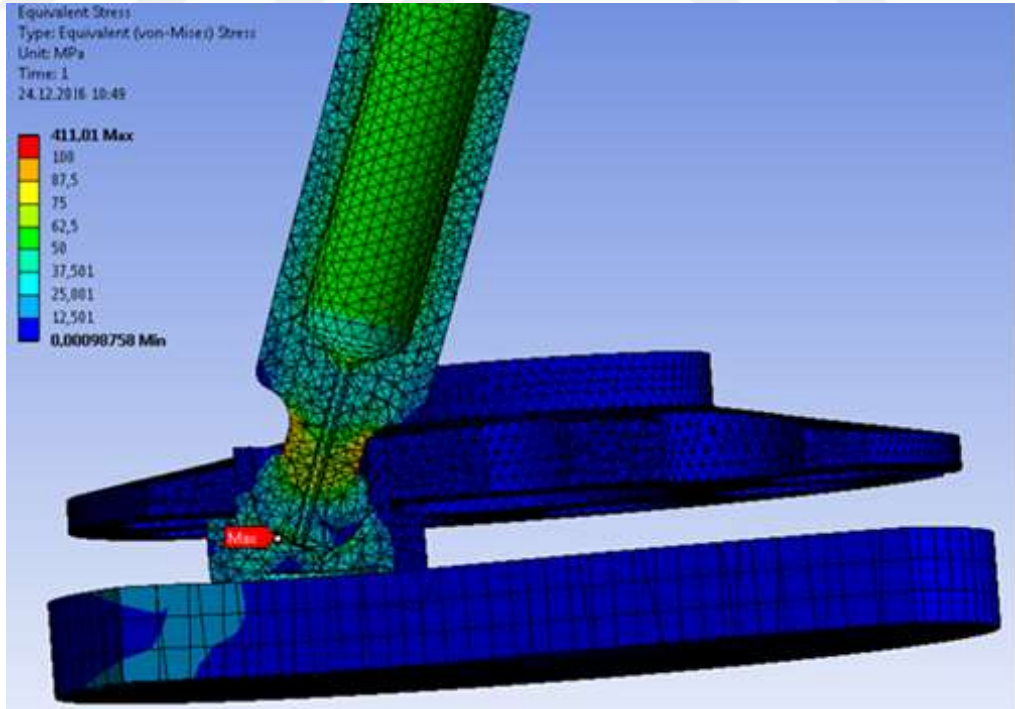
**Şekil 4. 12** 2 nolu piston pompa kapağının mikroskopta incelenmesi

## BÖLÜM 5

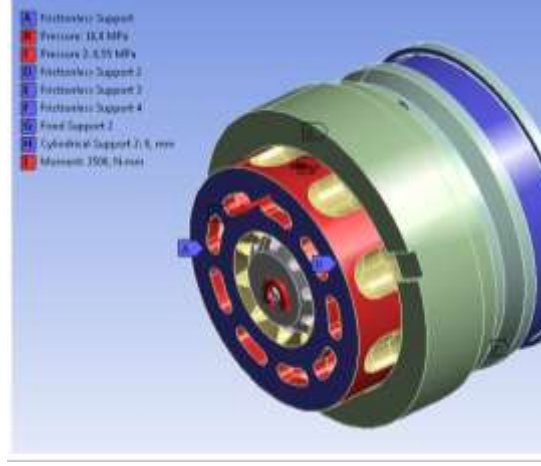
### SONUÇLAR

#### 5.1 Kuvvetler ve Yapısal Analiz

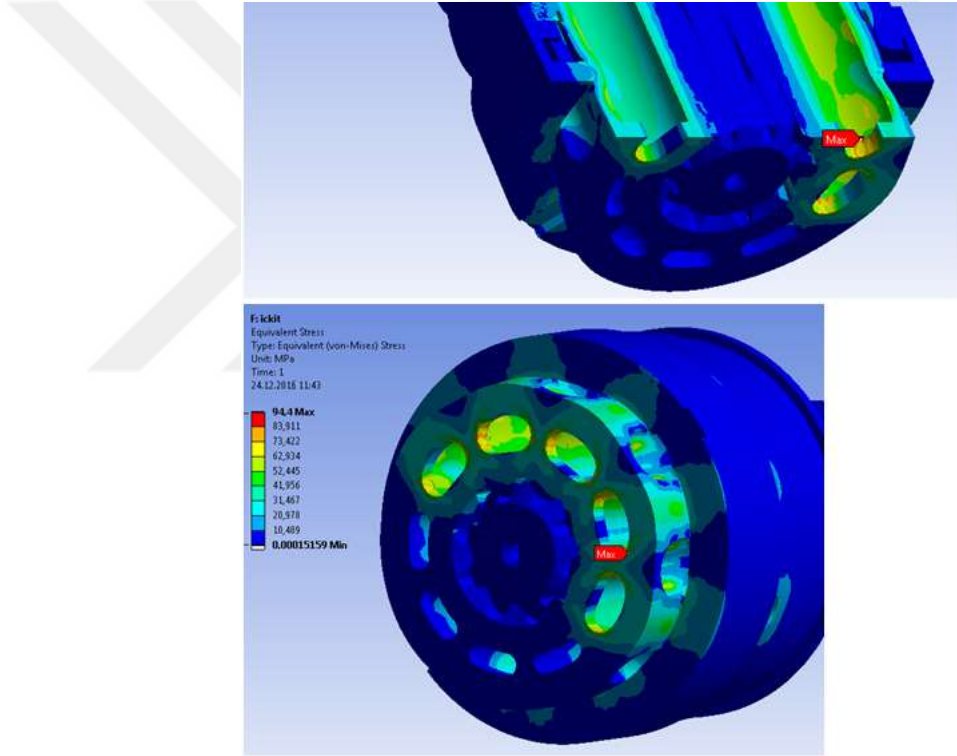
ANSYS programı ile yapılan yapısal mukavemet analizleri neticesinde, silindir bloğu alt yüzeyi ile kontrol plakası arasındaki sürtünmeler göz önüne alınmadığında, silindir bloğu tarafından kontrol plakası üzerine uygulanan basıncın 0,55Mpa, silindir bloğu dış yüzeyinin pompa gövde iç cidarına uygulamış olduğu basıncın 16,8 Mpa olduğu anlaşılmaktadır(şekil 5.2). Aynı zamanda çalışma prensibinin anlaşılması açısından, eğim plakası ile piston pabuçları arasındaki eşdeğer gerilme şekil 5.1’de irdelenmiştir.



Şekil 5. 1 Eğim Plakası- piston pabuçları arası maksimum eşdeğer gerilme



Şekil 5. 2 Silindir bloğu basınç ve moment değerleri



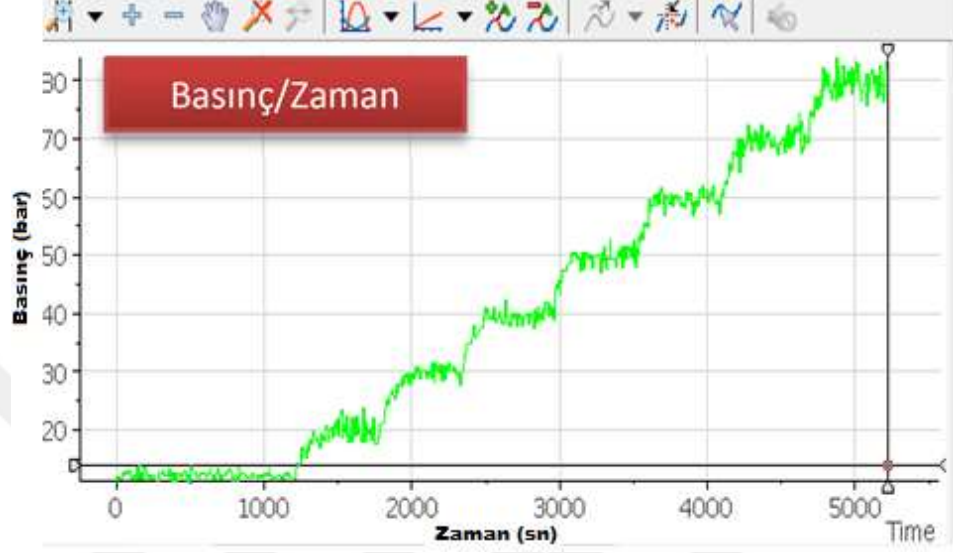
Şekil 5. 3 Silindir bloğu toplam deformasyon değerleri

Silindir bloğunu döndürmek için gerekli olan toplam moment ise, yüzey sürtünmelerinin hesaba katılmadığı durumda 3500Nm olduğu görülmektedir.

Yüksek performansta çalışma esnasında silindir bloğu üzerinde meydana gelebilecek deformasyon ve bu deformasyonun hangi bölgelerde ne seviyede olabileceği Şekil 5.3 de gösterilmiştir.

## 5.2 Test Değerleri ve Test Öncesi Yüzey Pürüzlülükleri

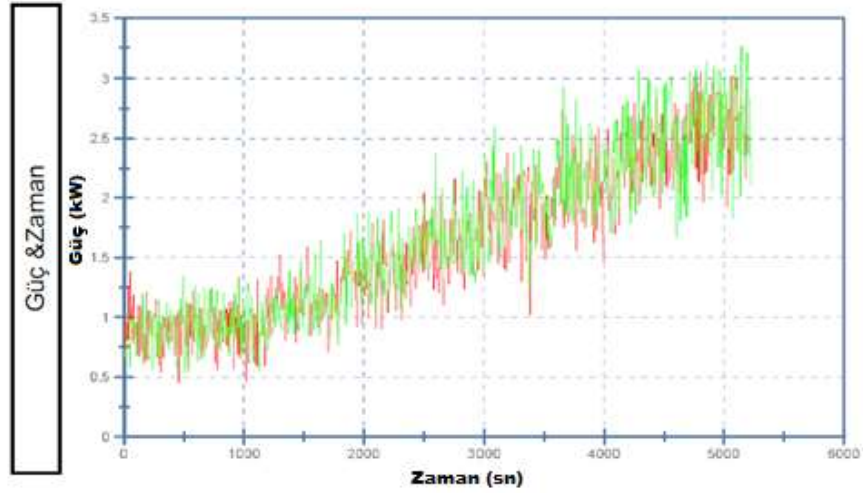
Piston pompasının çalışması esnasında pompaların basınç (şekil 5.4), debi (şekil 5.5) ve pompa tahrik motorunun güç değerleri (şekil5.6) test süresince takip edilmiş, pompalar farklı senaryolara göre performans testlerine tabi tutulmuştur.



Şekil 5. 4 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği



Şekil 5. 5 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği



**Şekil 5. 6** Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) karşılaştırmalı grafiği (Kırmızı 2 nolu pompa, yeşil- 1 nolu pompa)

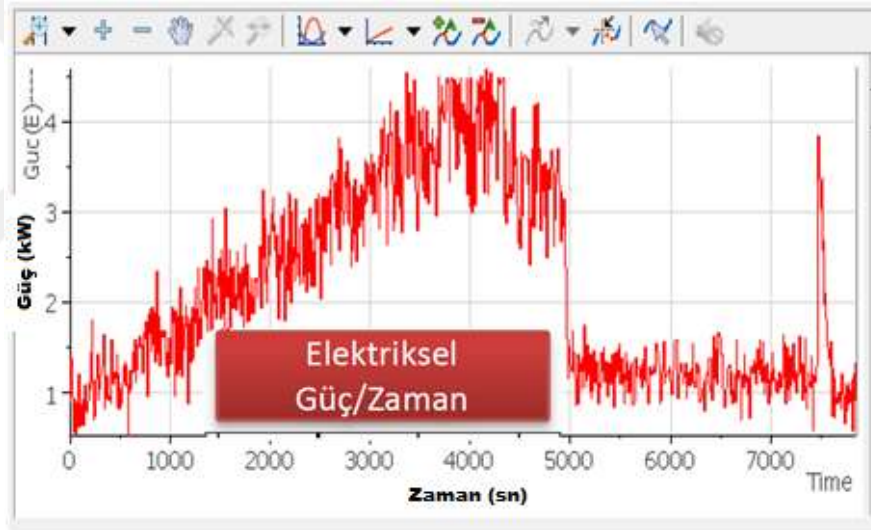


**Şekil 5. 7** Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa)

4 numaralı örnek piston pompa uzun süreli test basınç grafiği (şekil5.7), debi (şekil 5.8) ve tahrik güç grafiği (şekil 5.9) alınmıştır. 1 ve 2 numaralı piston pompa güç-zaman karşılaştırmalı değerleri şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5. 8 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa)



Şekil 5. 9 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa)

4. pompa için basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5. 1 Yüksek devir testi 4. pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi

Basınç (Bar)	Debi lt/dak)	Elektriksel Güç(kW)
20	14,51	1,26
40	13,8	1,84
60	13,15	2,35
80	12,56	2,98
100	12,04	3,35
170	0,7	1,21

**Çizelge 5. 2** 4 Nolu pompa için uzun süreli test basınç, debi ve güç Çizelgesi

Basınç (Bar)	Debi lt/dak)	Elektriksel Güç(kW)
20	12,1	1,14
40	11,6	1,64
60	11,16	2,2
80	10,6	2,6
100	10,38	3,18
120	9,83	3,67
140	9,08	4,03
160	5,89	3,34

**Çizelge 5. 3** Yüksek devir testi 1.pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi

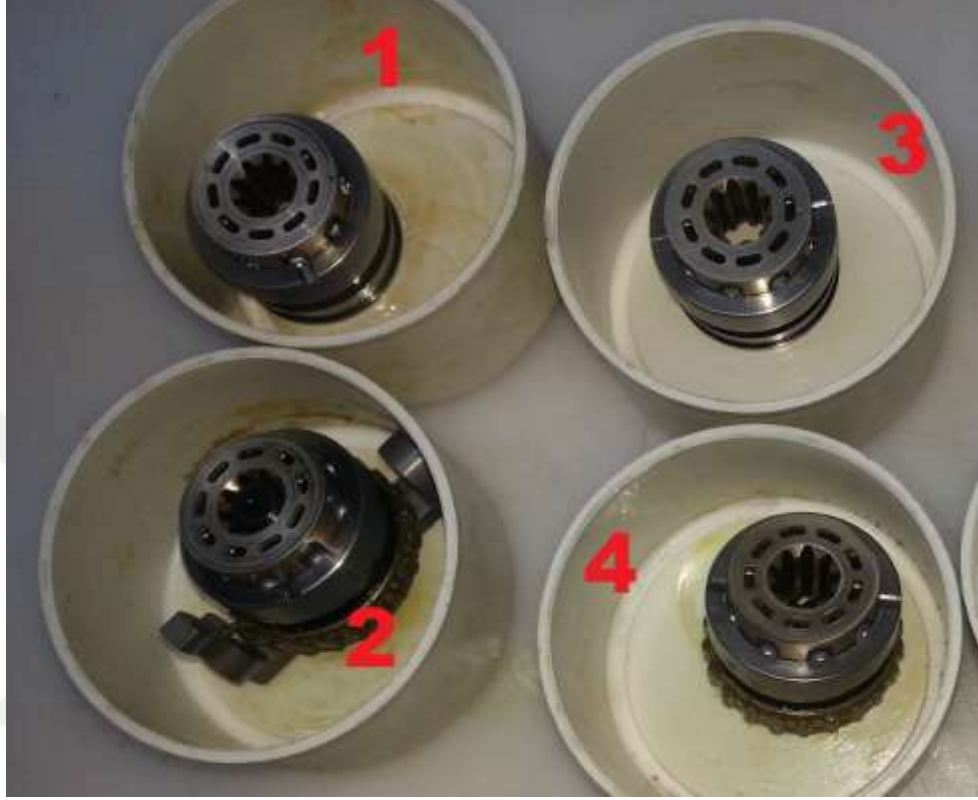
Basınç (Bar)	Debi lt/dak)	Elektriksel Güç(kW)
20	12,45	1,26
40	11,93	1,74
60	11,05	2,18
80	10,43	2,65
100	9,68	3,4
120	9,08	3,8

4 nolu pompa basınç, debi ve tahrik motor elektriksel güç değerleri Çizelge 5.2'de; aynı değerler 1. Pompa için de Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde karşılaşılan yüzey ölçüm parametrelerinden Ra aritmetik ortalama pürüzlülüğü gösteren istatistiksel bir değerdir. Yüzey pürüzlülük profiline karşılık gelen y koordinatlarının mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır. Rz ise maksimum pürüzlülük derinliğini gösteren parametredir. Yüzey pürüzlülük profilinin verilen ölçü bölümündeki en geniş profil tepesi Rp'nin yüksekliğine ve en derin profil koyağı Rv derinliğine dayanan bir değerdir. Niceliği yapılan 5 ölçüme göre belirlenir. Rz1max ise yapılan Rz ölçümleri arasında en yüksek değeriğe sahip olan ölçüm sonuçlarını gösterir.

### 5.3 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Resimleri

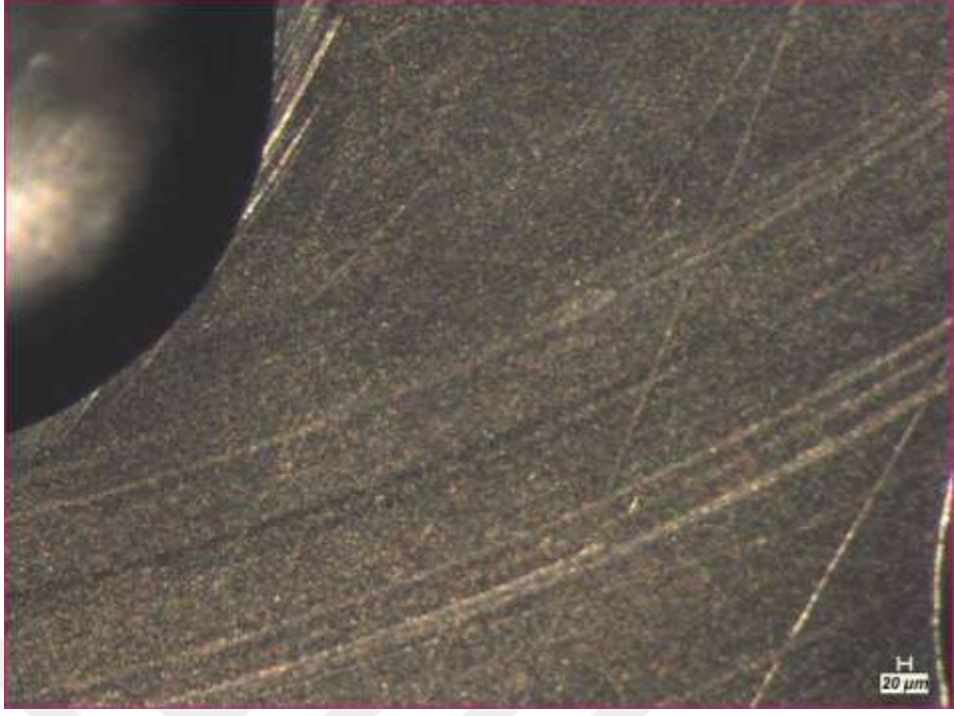
Karışıklığın önüne geçilmesi adına her biri özdeş seçilmiş, birbirinin aynısı 4 adet piston pompanın numaralandırılması henüz testler başlamadan yapılmıştır (şekil5.10).



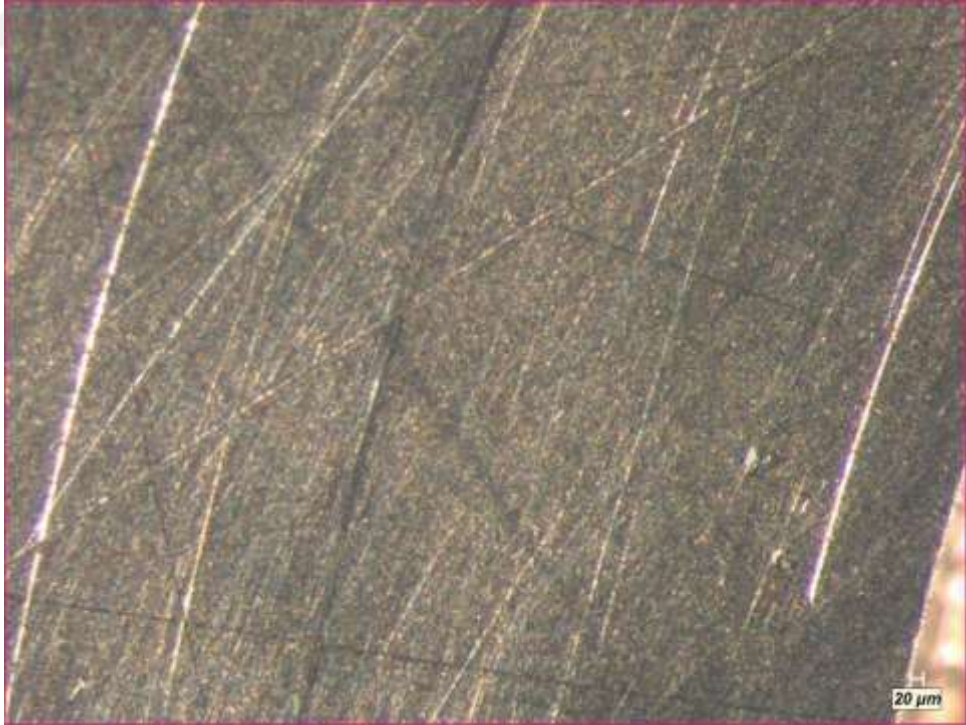
**Şekil 5.10** Test edilen pompaların numaralandırılması ve silindir blokları

Numaralandırılmış pompaların her biri toplamda 5 saati bulan ve 90'ar dakikalık periyotlarda gerçekleştirilen testler sonucunda demonte edilerek incelenmiş, bu inceleme esnasında silindir blokları ile pompa kapaklarının mikroskop görüntüleri alınmıştır.

5 saatlik çalışma sonucu alınan 2 numaralı pompa silindir bloğu mikroskop görüntüsü şekil 5.11'de; 3 nolu pompa silindir bloğu görüntüsü şekil 5.12'da verilmiştir.



Şekil 5.11 5 saat çalışmış 2 nolu pompa kapak yüzeyi

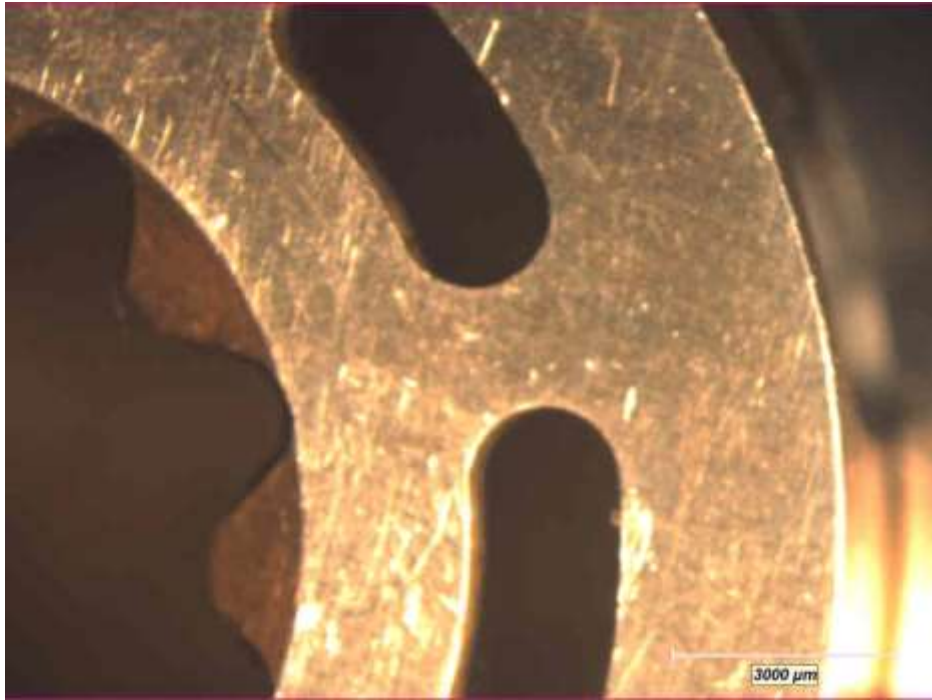


Şekil 5.12 5 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi

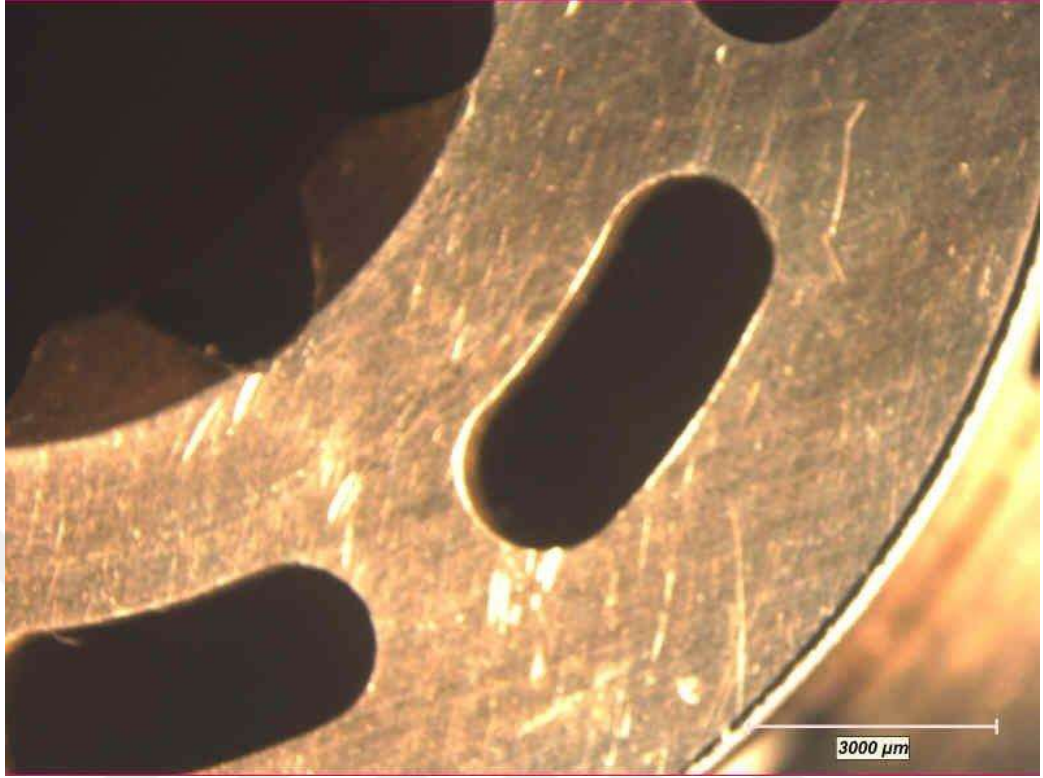


**Şekil 5.13** 5 saat çalışmış 4 nolu pompa kapak yüzeyi

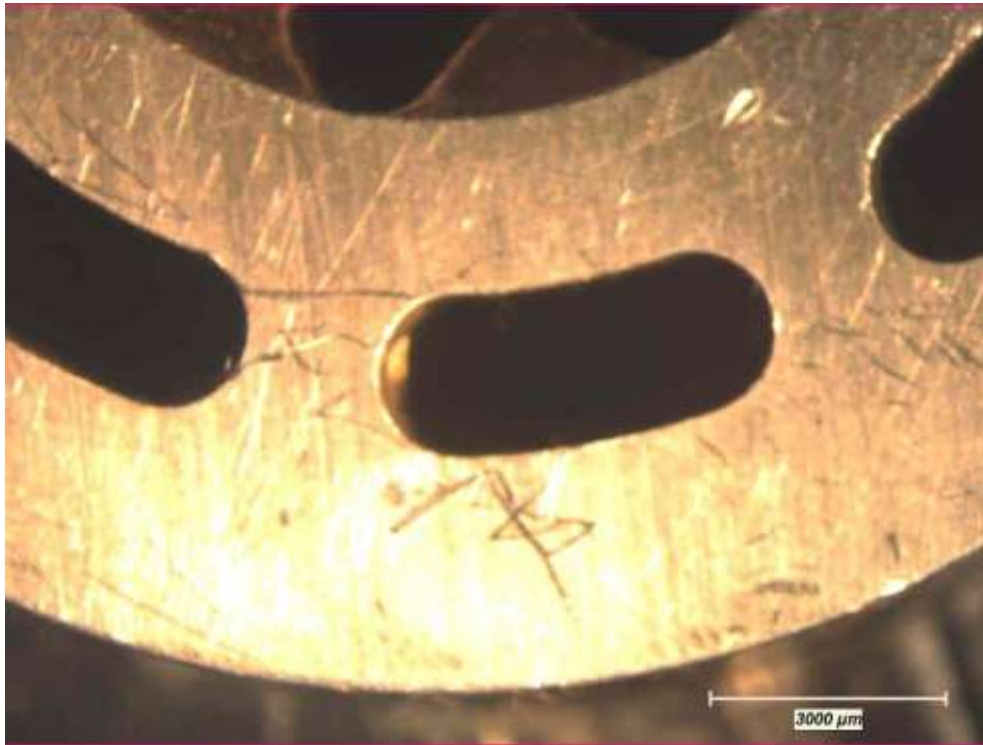
Şekil 5.13’de 5 saat çalışma sonucunda 4 nolu pompa kapak yüzeyindeki üretim kaynaklı çizgiler görünmektedir. 5 saat sonunda 1 nolu pompa (şekil5.15), 2 nolu pompa silindir bloğu (şekil 5.14) ile 3 nolu pompa silindir bloğu yüzeyinde de henüz gözle görülür bir aşınma olmadığı anlaşılmaktadır.



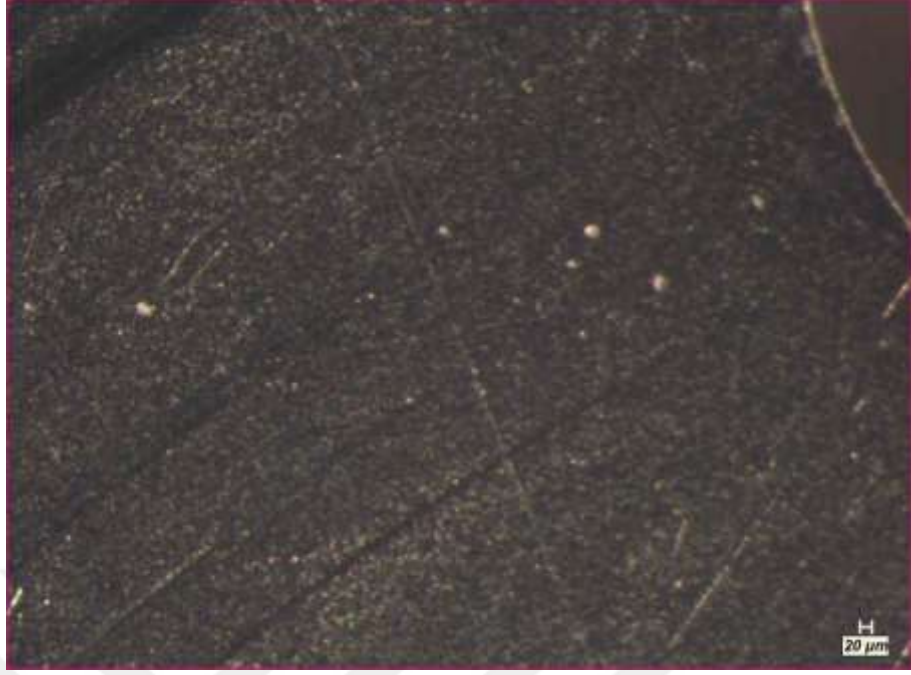
**Şekil 5.14** 5 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi



Şekil 5.15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi

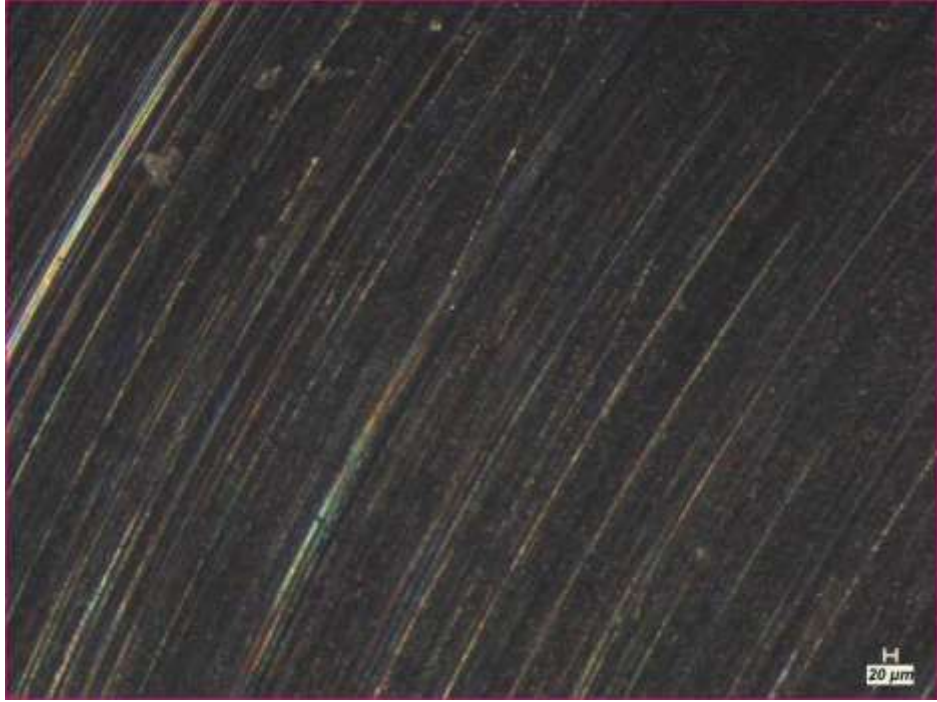


Şekil 5.16 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi

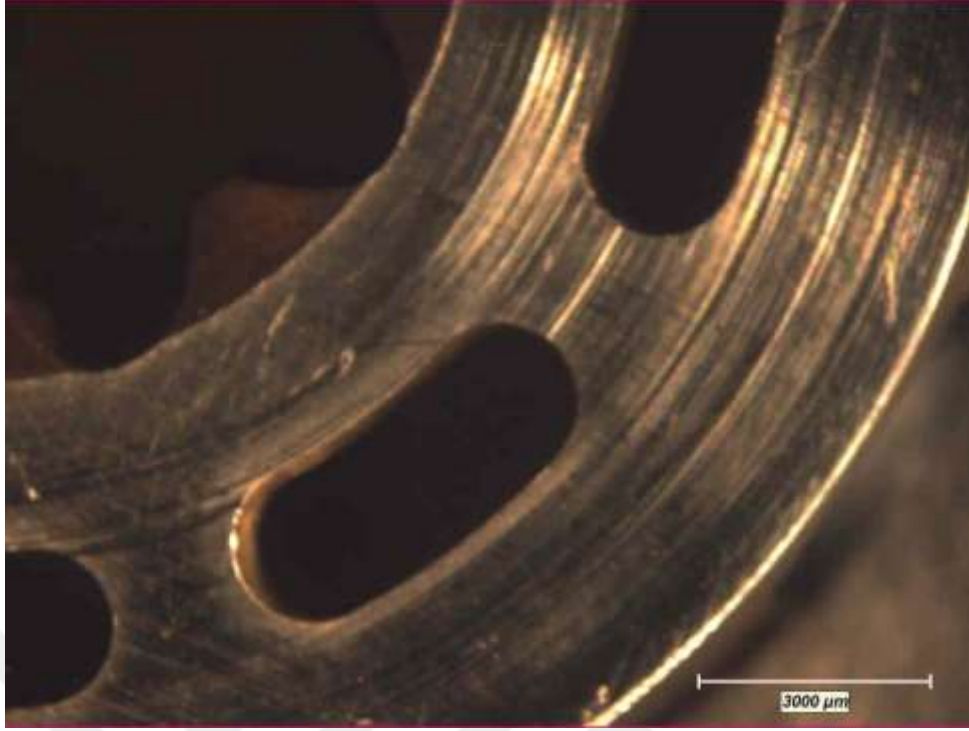


**Şekil 5. 17** 10 saat çalışmış 1 nolu pompa kapak yüzeyi

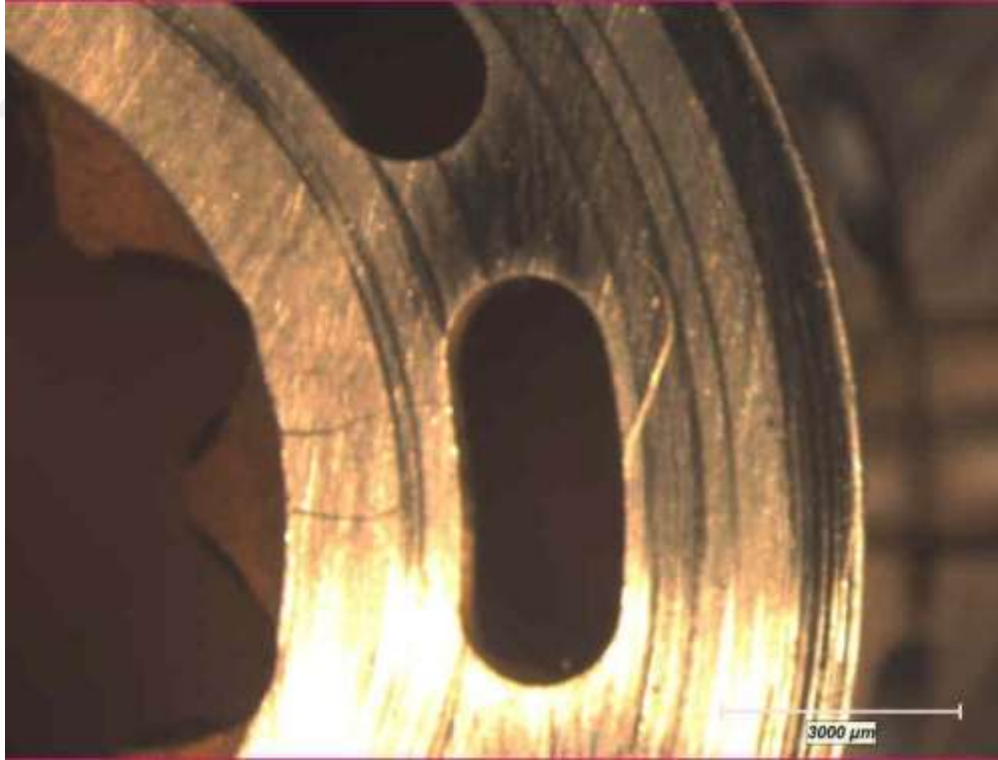
10 saatlik testler sonucunda 1 nolu pompa kapak yüzeyi (şekil 5.17) ile 3 nolu pompa kapak yüzeyinde (şekil 5.18) derin çizgilerin oluşmaya başladığı dikkat çekmektedir.



**Şekil 5. 18** 10 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi

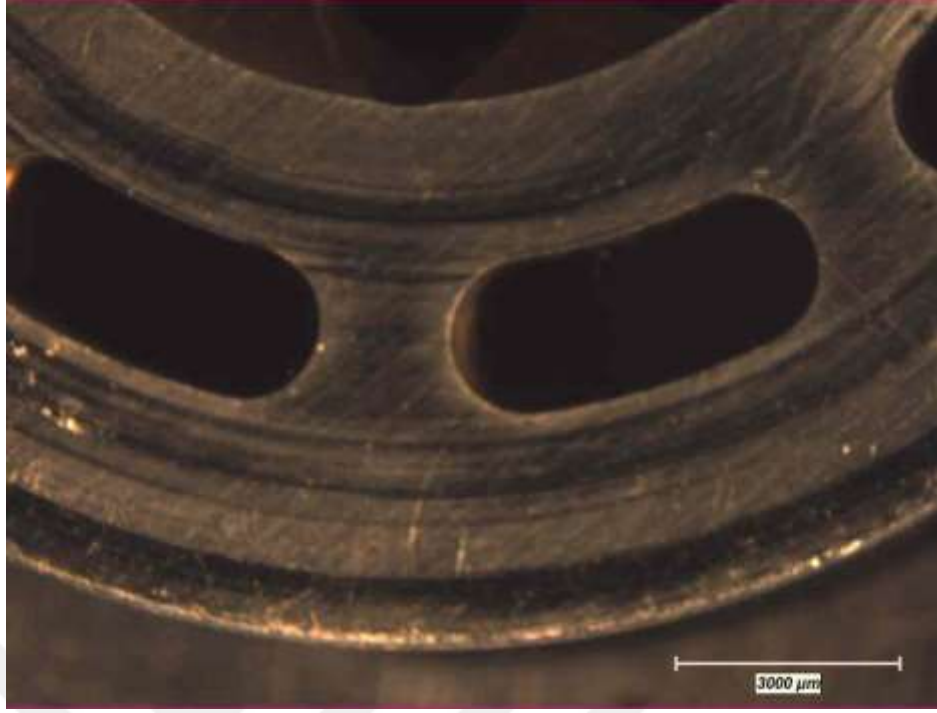


**Şekil 5. 19** 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi

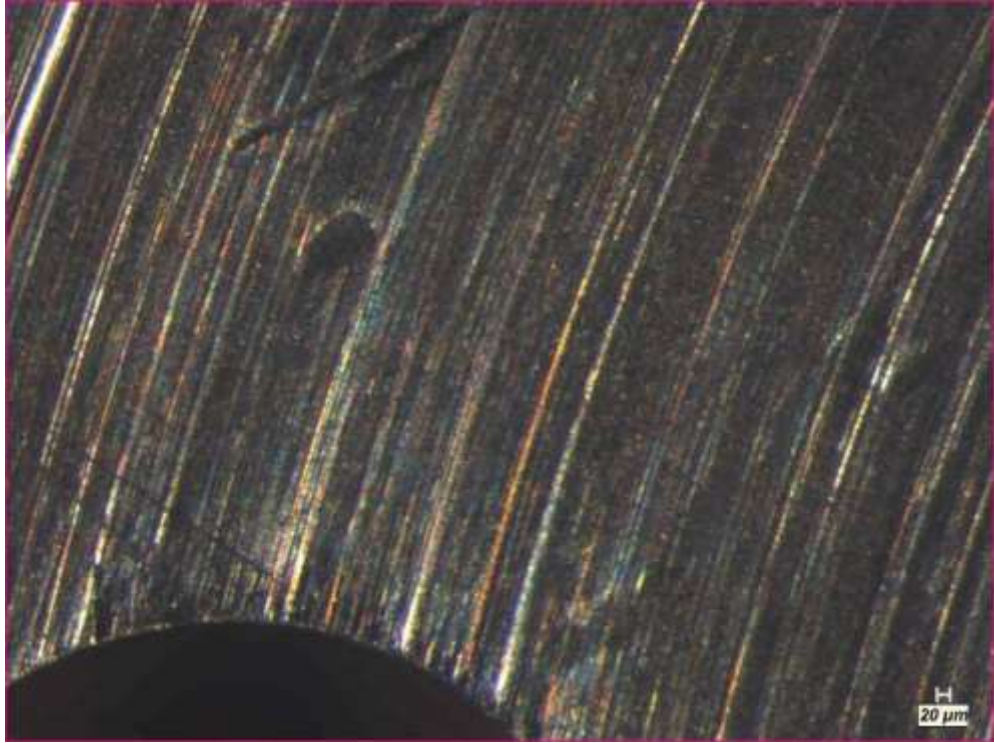


**Şekil 5. 20** 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi

10 saatlik testler sonucunda 1 nolu silindir blok yüzeyi (şekil 5.20) ile 4 nolu pompa silindir blok yüzeyinde (şekil 5.21), kapak yüzeyindekilerinden daha derin çizgilerin oluşmaya başladığı dikkat çekmektedir.



**Şekil 5. 21** 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzeyi

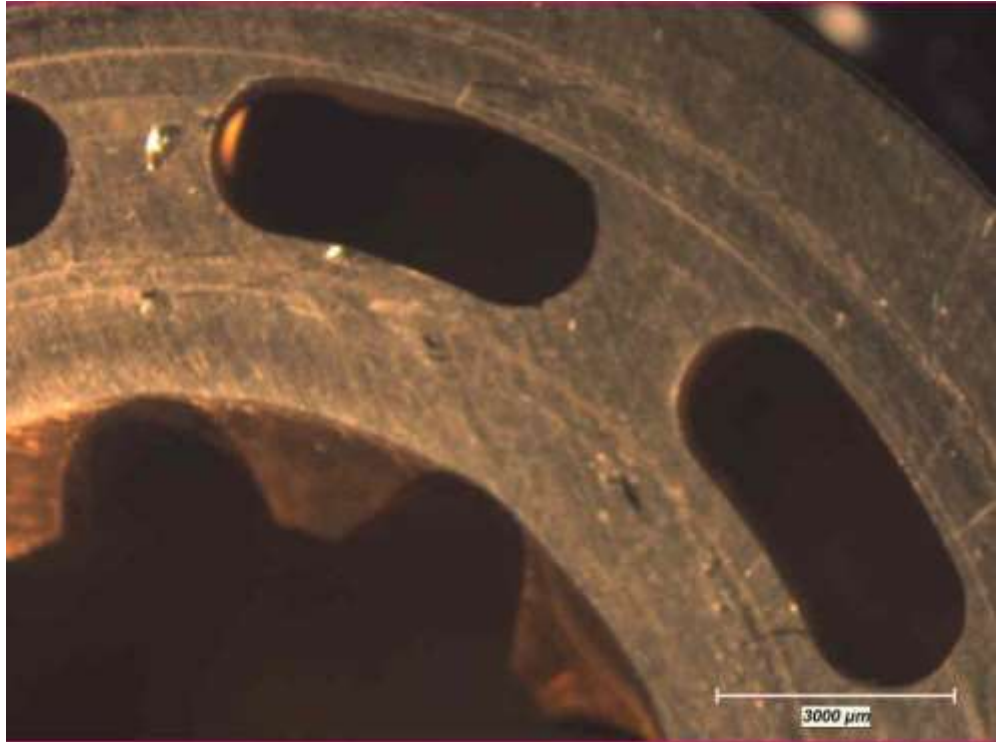


**Şekil 5. 22** 15 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi

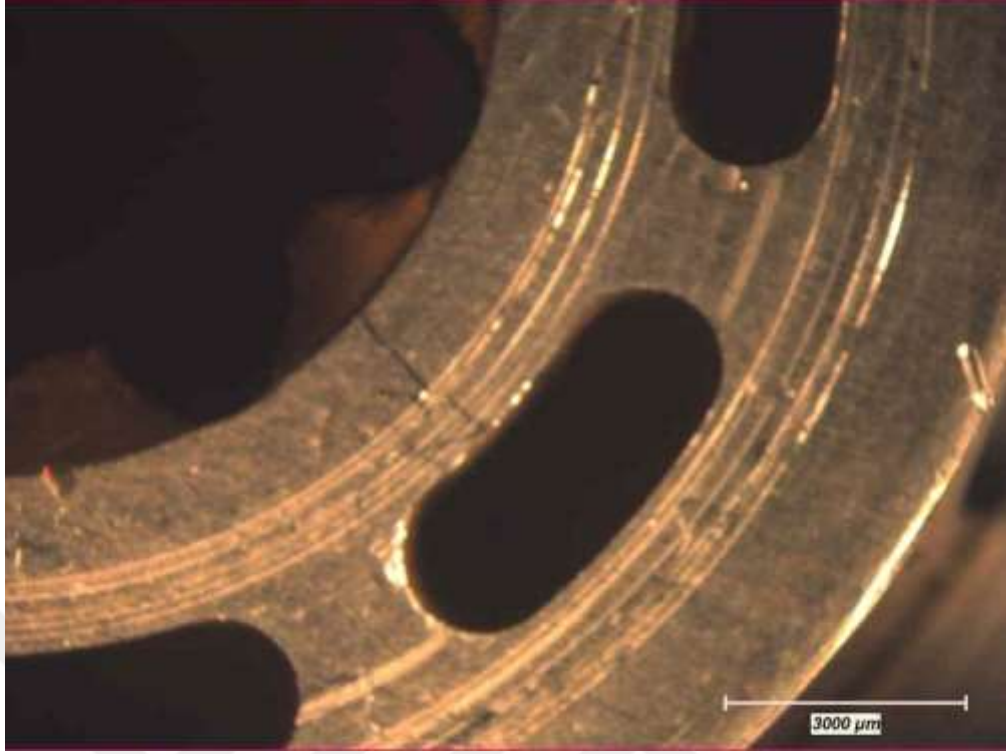
15. saate ulaşıldığında 3 nolu silindir blok yüzeyi (şekil 5.22) ile 3 nolu pompa silindir blok yüzeyinde (şekil 5.23) ve 2 nolu pompa silindir blok yüzeyindeki (şekil 5.24) deformasyon verilmiştir. Burada dönüş doğrultusunda derin çizgiler görülmektedir.



Şekil 5. 23 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi



Şekil 5. 24 15 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi



**Şekil 5. 25** 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi

15 saat çalışmış 1 nolu piston pompa silindir blok yüzeyinde (şekil 5.25) görüleceği üzere, yüzeyde derin çizgiler halinde, dönme eksenini boyunca deformasyon görülmektedir.

#### **5.4 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Yüzey Pürüzlülükleri**

5 saat süren testler sonucunda kontrol işlemi için sökülen piston pompalardan 2 numaralı piston pompa silindir blok yüzey pürüzlülük raporu ek-40'ta verilmiştir. Testler süresince alınmış olan yüzey pürüzlülük değerleri ve yüzey profil eğrileri raporları ekler (ek1- ek37) bölümünde verilmiştir.

#### **5.5 Elde Edilen Veriler ve Değerlendirmeleri**

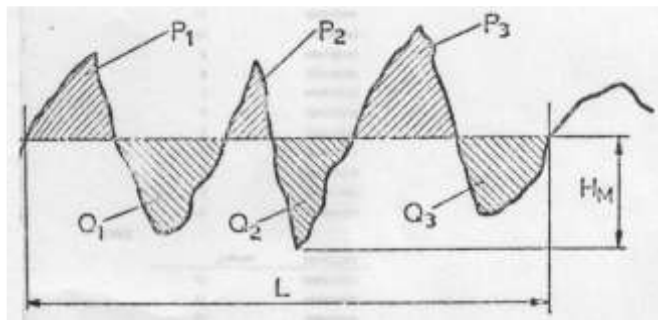
4 adet piston pompanın farklı test koşullarına maruz bırakıldıktan sonraki yüzey pürüzlülükleri ölçülmüş ve çizelge 5.4'te sunulmuştur. Gerçek çalışma koşullarına çok yakın şekilde yapılan testler sonucu silindir blokları ile piston arka kapak yüzeylerinde derin çizikler oluştuğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 5. 4** Numunelerin yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri Çizelgesi

Parça No	Toplam Test Süresi (Saat)	Silindir (Ra)	Blok	Silindir (Rz)	Blok	Piston Kapak (Ra)	Piston kapak (Rz)
1	5	0,062		1,047		0,049	0,662
2	5	0,077		0,656		0,057	0,575
3	5	0,044		0,581		0,065	1,195
4	5	0,087		0,849		0,076	1,344
1	10	0,128		1,201		0,136	2,525
2	10	0,072		0,641		0,157	1,4
3	10	0,088		1,097		0,174	1,688
4	10	0,071		0,706		0,153	2,263
1	15	0,290		2,698		0,199	2,363
2	15	0,421		2,487		0,197	1,744
3	15	0,449		3,176		0,159	2,450
4	15	0,579		3,898		0,585	6,450

Yüzey pürüzlülüğünde Ra'nın aritmetik anlamda sapmayı ifade ettiği (şekil 5.26) ve BSJ standardında merkez eksenini ortalama yüksekliği olarak tarif edildiği unutulmamalıdır. Ra'nın grafik olarak elde edilebilmesi için;

$$Ra(\mu m) = \left( \frac{P_{alan} + Q_{alan}}{L} \right) \times \frac{1000}{Vq} \quad (5.1)$$



**Şekil 5. 26** Ra değerinin grafiksel elde edilmesi

denklemden faydalanılabilir(“Yüzey pürüzlülüğü Ölçümü”, 2018, sf.4).

Aşınmış yüzeyin biçimini saptamada bulunacak olan miktarlar, sürtüşen yüzeylerin her noktada aşınma miktarı; yüzey arasındaki p basınç diyagramı; aşınmada hasil olan parçaların göreceli pozisyonlarındaki değişme, yani birleşmenin aşınması olacaktır. Bu hesaplar, malzemelerin aşınma kanunlarına dayanıp birleşmenin genel şeklini nazara alırlar. Basınç dağılımını hesaplamak için

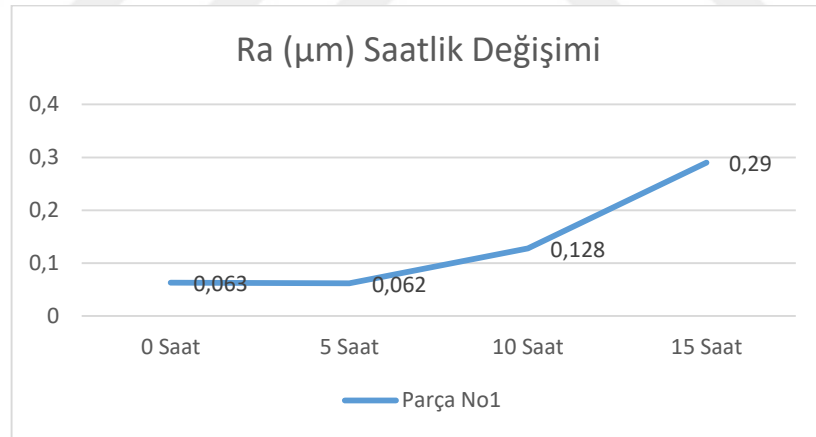
$$P = \int_s p \cos \alpha dS = 2\pi \int_{y_1}^{y_2} p \cos \alpha r dy = 2\pi \cos^2 \alpha \int_{y_1}^{y_2} p y dy \quad (5.2)$$

denklemini elde edilebilir; bu formülün entegrasyonu ile elde edilen

$$\gamma_{1-2} = \frac{P \times n \times (k_1 + k_2)}{(R - r)} \quad (5.3)$$

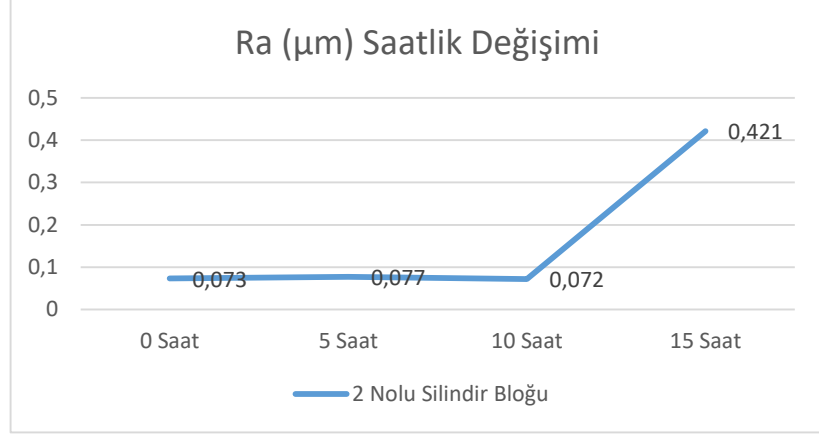
denklemini ile de zaman içindeki aşınma derecesi, birleşme için, emin çalışma koşulları (P ve n), boyutları ve şekli (R, r) ve karşılıklı parçaların (k<sub>1</sub> ve k<sub>2</sub>) malzemelerinin aşınma karakteristiklerine bağlı olarak hesaplanabilir. (Oğuz, 1993).

Bu hesaplama yönteminde, Ra ve Rz değerleri k<sub>1</sub> ve k<sub>2</sub> malzemelerinin aşınma karakteristiklerine etki etmektedir.

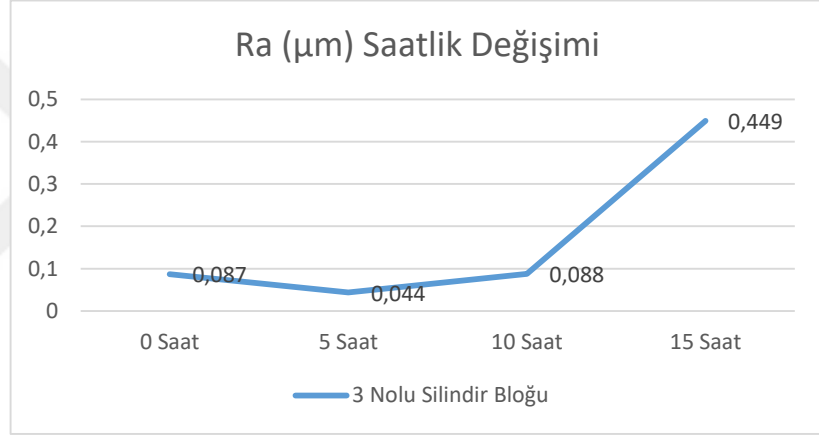


**Şekil 5. 27** 1 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği

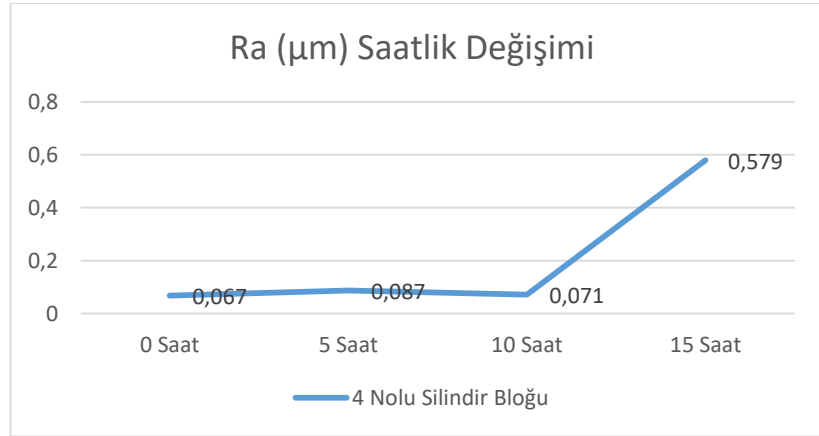
Birbirine özdeş 4 adet piston pompanın, çalışma şartları ve test koşulları ile süreleri aynı olmasına rağmen pürüzlülük değerlerinin farklılık gösterdiğini şekil 5.27, şekil 5.28, şekil 5.29 ve şekil 5.30'te verilen zamana göre Ra değerinin değişim grafikleri üzerinden anlamak mümkündür.



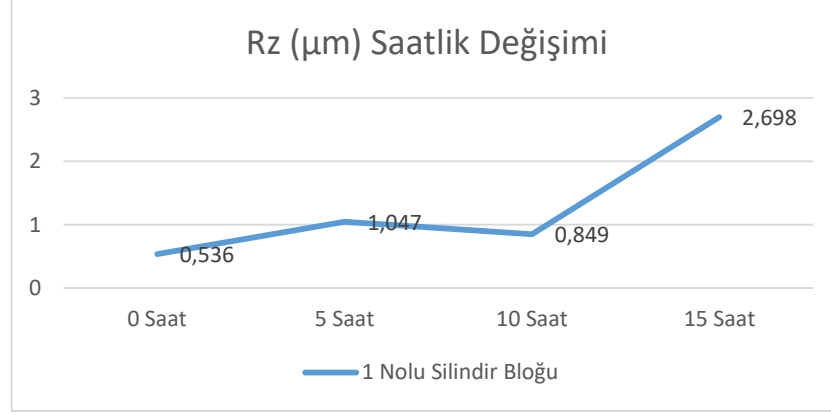
Şekil 5. 28 2 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği



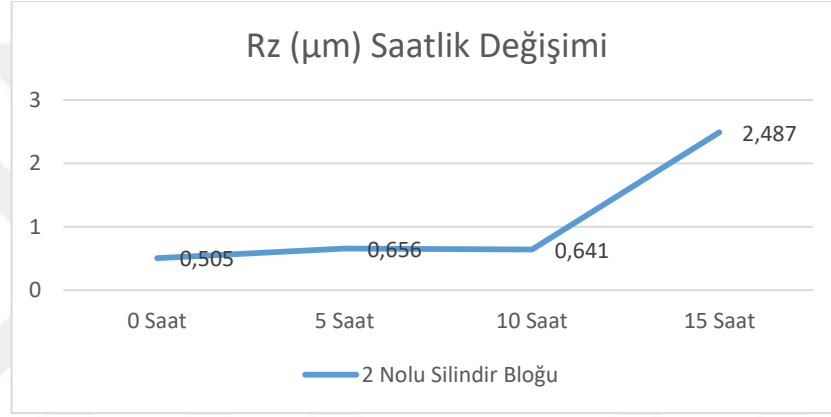
Şekil 5. 29 3 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği



Şekil 5. 30 4 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği

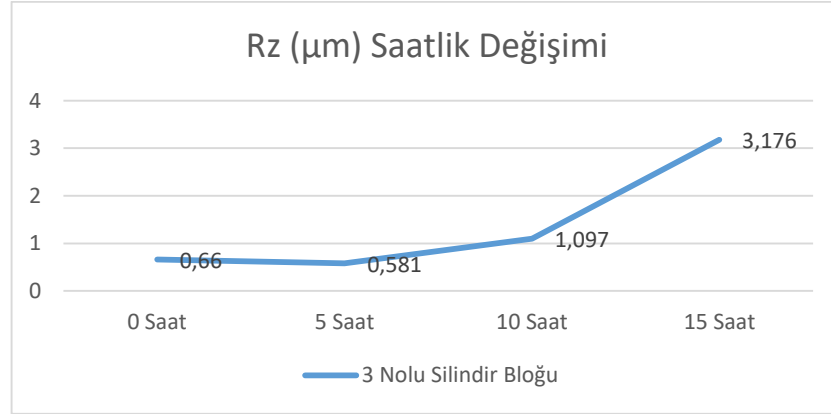


**Şekil 5. 31** 1 nolu silindir bloğunun saatlük Rz değişim grafiği

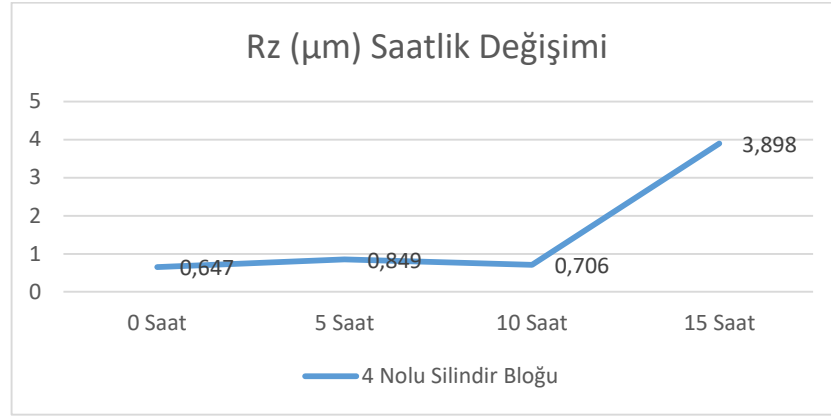


**Şekil 5. 32** 2 nolu silindir bloğunun saatlük Rz değişim grafiği

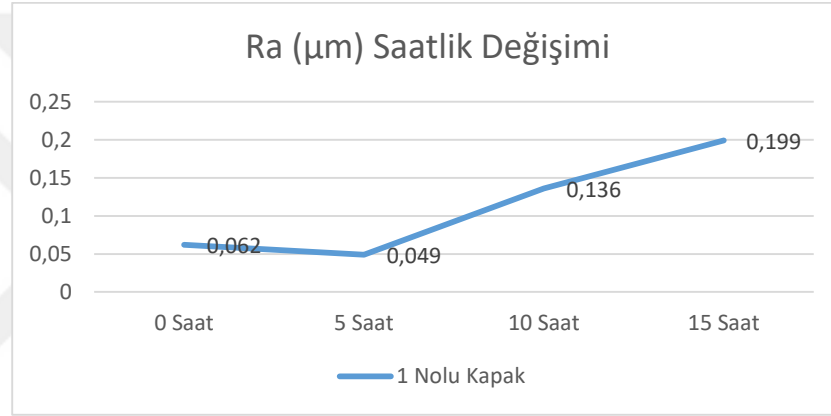
Test koşullarına göre saate bağlı olarak Rz değişim grafiklerini 1 nolu pompa silindir bloğu (şekil5.31) 2 nolu silindir bloğu (şekil 5.32), 3 nolu silindir bloğu (şekil 5.33) ve 4 nolu silindir bloğu (şekil 5.34) için test süresi arttıkça arttığını görmek mümkündür.



**Şekil 5. 33** 3 nolu silindir bloğunun saatlük Rz değişim grafiği

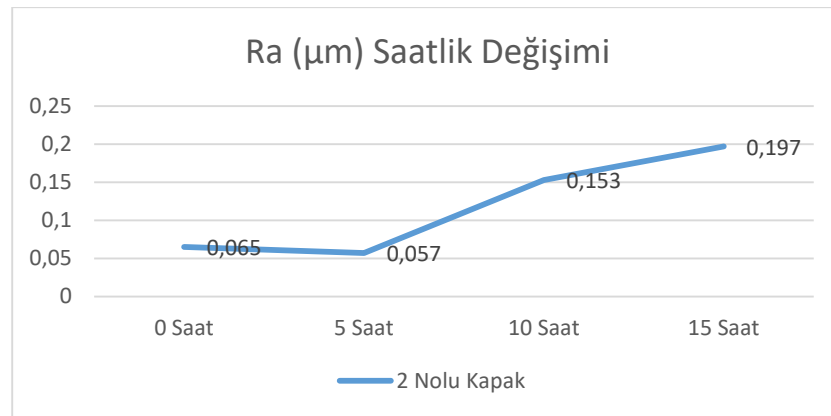


**Şekil 5. 34** 4 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği

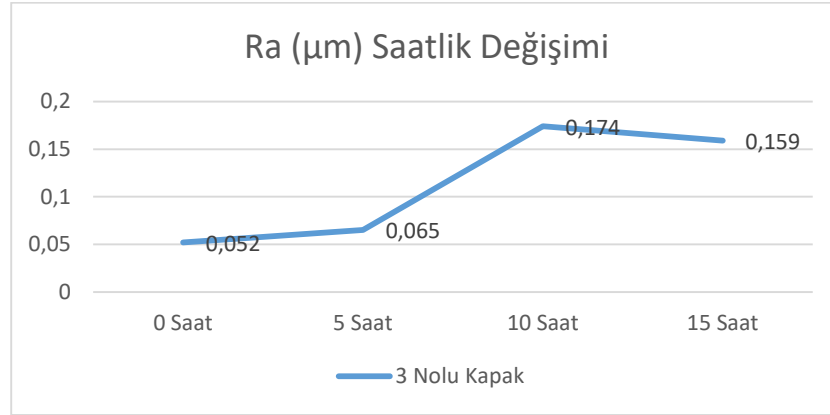


**Şekil 5. 35** 1 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği

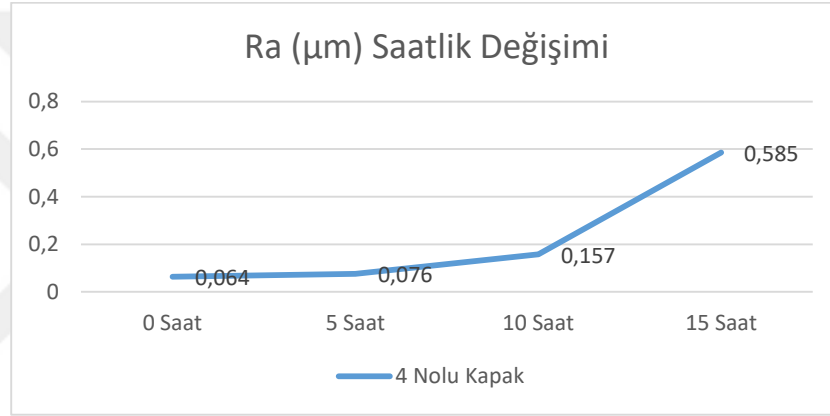
Pompa kapak Ra değişimlerine bakıldığında 1 nolu pompa grafiği (şekil 5.35), 2 nolu pompa (şekil(5.36) ve önce azaldığı, 5. Saatten sonra artmaya başladığı, 3 nolu pompa için (şekil 5.37) 10. Saatten sonra bir düzelmeye maruz kaldığı görülebilmektedir. Bunun yanında 4 nolu pompa kapağı grafiği (şekil 5.38) beklendiği şekilde sürekli artış göstermiştir.



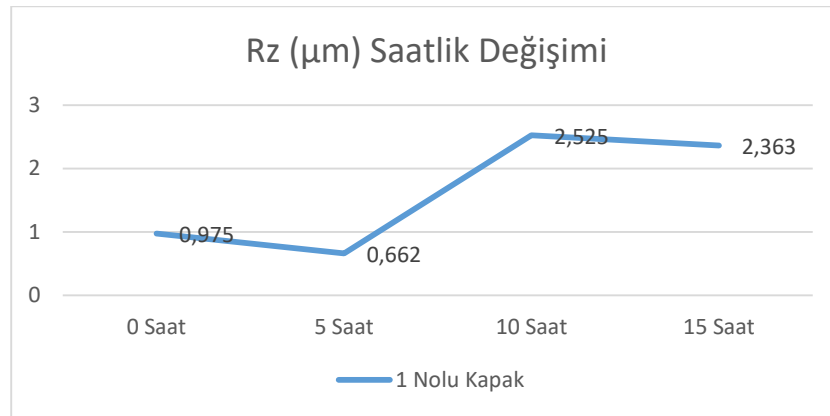
**Şekil 5. 36** 2 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği



**Şekil 5. 37** 3 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği

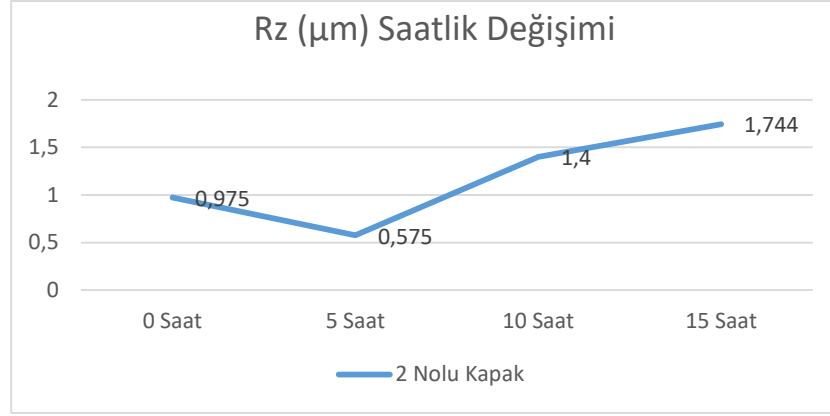


**Şekil 5. 38** 4 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği

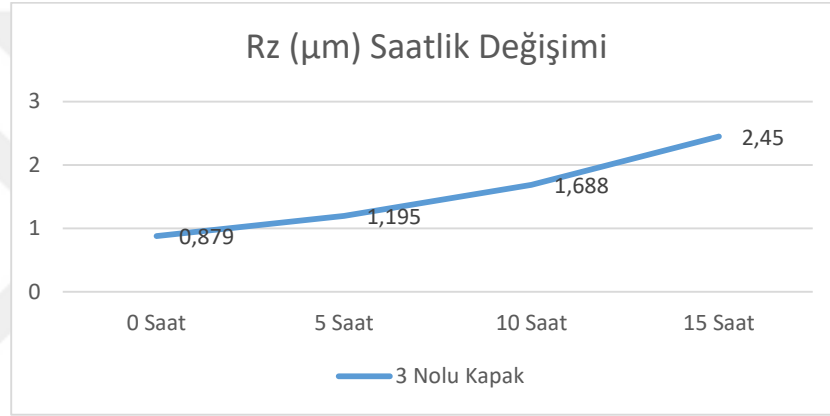


**Şekil 5. 39** 1 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği

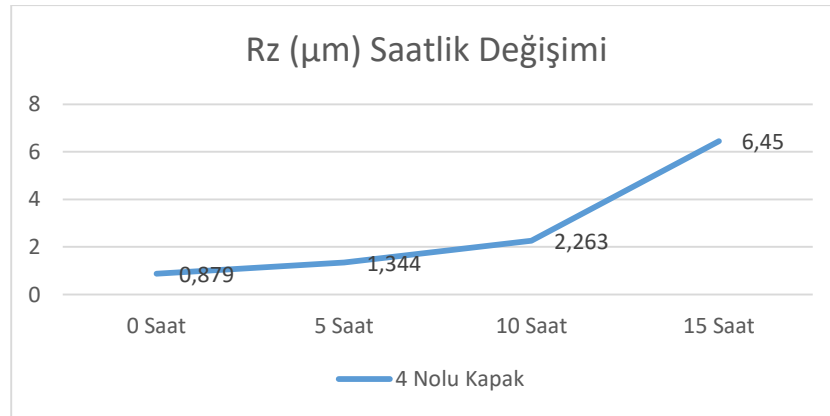
1 nolu pompa kapağının Rz grafiği şekil 5.39'da, 2 nolu pompa için aynı grafik şekil 5.40'de, 3 nolu pompa için şekil 5.41'de, 4 nolu pompa için kapak Rz grafiği de şekil 5.42'de görülmektedir. Buradan 3 ve 4 nolu pompa kapağında derin çiziklerin lineer olarak arttığı anlaşılmaktadır.



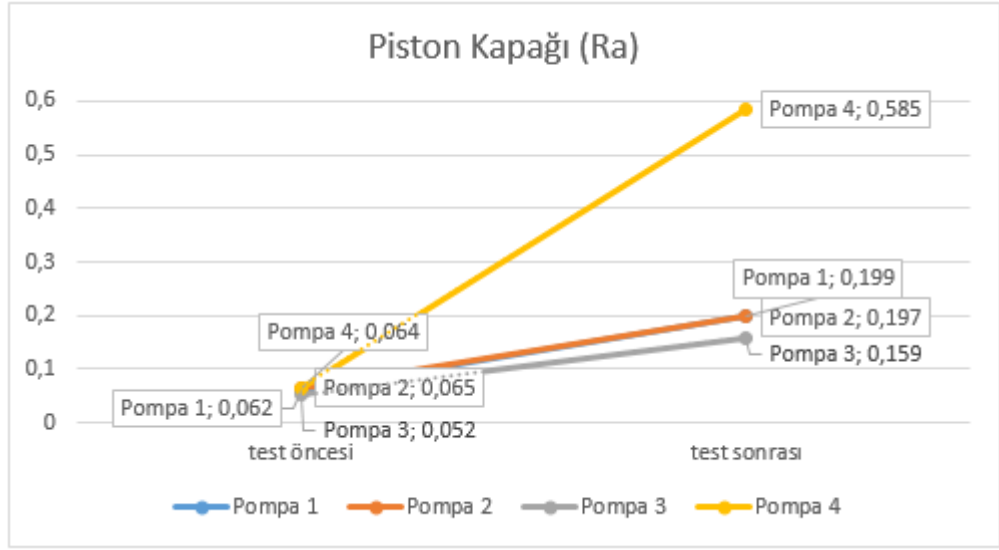
Şekil 5. 40 2 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği



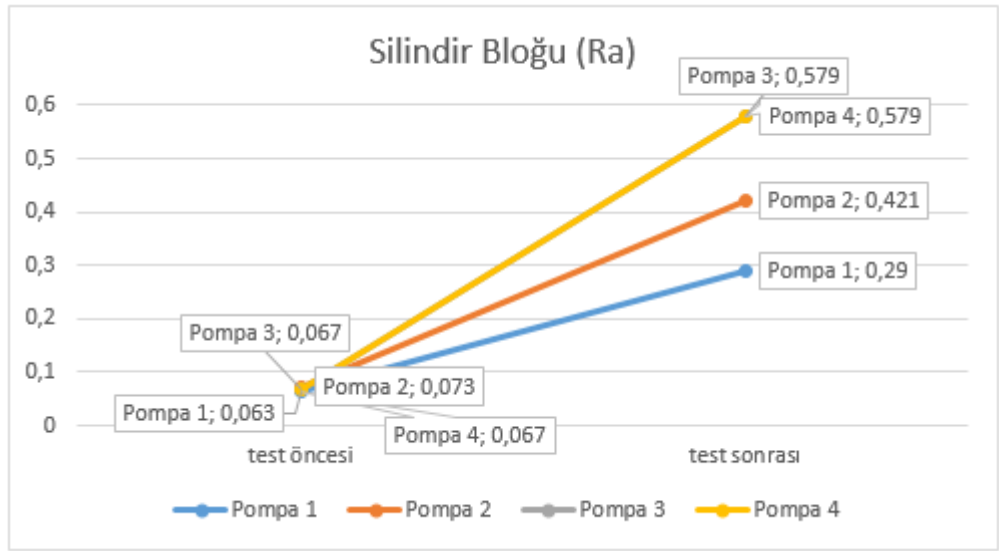
Şekil 5. 41 3 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği



Şekil 5. 42 4 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği



Şekil 5. 43 Piston Kapağı Test Öncesi ve Sonrası Ra Değişim Grafiği



Şekil 5. 44 Silindir Bloğu Test Öncesi ve Sonrası Ra Değişim Grafiği

Silindir bloğu test öncesi Ra değişim grafiği (şekil 5.44) ile pompa arka kapak Rz değerleri grafiği (şekil 5.43) incelendiğinde, tüm pompalar için zaman geçtikçe aritmetik yüzey pürüzlülük değeri olan Ra ile Rz değerlerinin farklı oranlarda da olsa artış gösterdiği anlaşılmaktadır.

Buna göre test edilen numune pompalar, her ne kadar geometrik özellikleri ve malzemeleri aynı olsa da, aynı test koşullarına tabi tutulsalar da farklı oranlarda aşınmaya maruz kaldıkları anlaşılmaktadır.

## BÖLÜM 6

### TARTIŞMA

Günümüzde gelişen ve uygulama alanı genişleyen havacılık sanayii, havacılıkta kullanılan piston pompaların da geliştirilmesi gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Bu alanda, yüksek hızda olmayan düşük-orta devirde dönen piston pompalar için bir çok tasarım, hesaplama ve analiz dokümanı literatüre kazandırılmıştır.

Yapılan çalışmada, düşük hızlarda dönen piston pompaların valf plakaları ile silindir blokları arasındaki aşınma davranışının, yüksek devirli dönme hızlarında da benzer şekilde gerçekleştiği gösterilmiştir. 12000 devir/dk hızlarda sürtünen plakalar arasında kaynama, yanma, moleküler düzeyde fizikokimyasal özelliklerde değişim emarelerine rastlanmamış, aşınmanın mekanik olarak gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

CuAl10Ni bronz plakaların 10 saate kadar çalışması esnasında, aşınma belirli bir korelasyon ile artmıştır. Ancak 10 saatin üzerinde aşınma hızı ve miktarı ivmeli bir şekilde artış gösterme eğilimine girmiştir. 41CrAlMo7 çeliğinden mamul kontrol plakası /pompa arka kapak yüzeyindeki aşınmanın, bazı istisnai durumlar haricinde beklendiği şekilde belirli bir korelasyon ile gerçekleştiği görülmektedir.

Devir sayısının artmasının, aşınma ile doğru orantılı olduğu bilinmekle beraber, yüksek devirlerde aşınma davranışının malzemeye bağımlılığı ve farklı malzemeler altındaki davranışı konularında çalışmalar yapılabilir.

Sonuç olarak, simülasyon ortamında, belli parçaları izole edilerek kısmen yapılan testlere nazaran, gerçek ortamda, pompanın gerçek debi, basınç ve dönme hızlı değerlerinin olması gereken ve beklenen yağlama ortamında ve çevresel koşullarda test edilmesi açısından yapılan bu çalışma yüksek devirlerde çalışan pompalar için bilimsel katkı sağlayacaktır. Yüksek devirlerde çalışan pompalar için benzer bir çalışma olmayışı da yapılan bu çalışmayı orijinal kılmaktadır.

## KAYNAKLAR

Bergada Granyó, J. M., Davies, D. L., Xue, Y., & Kumar, S. (2009). Experimental investigation in axial piston pumps barrel dynamics. In *10th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization* (pp. 1-6).

Bergada, J. M., Watton, J., & Kumar, S. (2008). Pressure, flow, force, and torque between the barrel and port plate in an axial piston pump. *Journal of dynamic systems, measurement, and control*, 130(1), 011011.

Gowd, U.M., Reddy, C.(2006) Finite Element Analysis of Axial Piston Pumps Using Ansys, [https://jntuhceh.ac.in/faculty\\_portal/uploads/staff\\_downloads/744\\_nc058-2006.pdf](https://jntuhceh.ac.in/faculty_portal/uploads/staff_downloads/744_nc058-2006.pdf) 515 002

İzciler, M., Öcal, İ.(1993). Yüzey Topoğrafyasına Bağlı Olarak Aşınmanın Ölçümü, 1. *Demir-Çelik Sempozyum Bildirileri*, 828-833

Kazama, T., Tsuruno, T., & Sasaki, H. (2008). Temperature measurement of tribological parts in swash-plate type axial piston pumps. In *Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power* (Vol. 2008, No. 7-2, pp. 341-346). The Japan Fluid Power System Society.

Khalil, M. B., Svoboda, J., & Bhat, R. B. (2004). Modeling of swash plate axial piston pumps with conical cylinder blocks. *TRANSACTIONS-AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN*, 126(1), 196-200.

Kurban, A. O., Erdem, K. O. Ç., & Canbulut, F. (2011). EKSENEL PİSTONLU POMPA VE MOTORLARDA KAYICI PAPUÇ PERFORMANS ARAŞTIRMASI-AKIŞ VE VİSKOZ GÜÇ KAYBI. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(1), 305-311.

Liu, J., Shen, H. M., & Yang, Y. R. (2014). Finite element implementation of a varied friction model applied to torsional fretting wear. *Wear*, 314(1-2), 220-227.

Manring, N. D., & Damtew, F. A. (2001). The control torque on the swash plate of an axial-piston pump utilizing piston-bore springs. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 123(3), 471-478.

Oğuz, B.(1993). Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları *Oerlikon yayını* 2-3

Okayasu, M., Izuka, D., Ninomiya, Y., Manabe, Y., Shiraishi, T.(2013). Mechanical and Wear Properties of Cu-Al-Ni-Fe-Sn Based Alloy, *Advances in Material Research*, 2(4) DOI:<http://dx.doi.org/10.12989/amr.2015.4.4.221>, 221-235

Salles, L., Blanc, L.(2011). Dynamic Analysis of Fretting-Wear in friction Contact Interfaces, *International Journal of Solids and Structures* 48(10) 1513-1524

Sfantos, G.K., Aliabadi, M.H.(2007). A Boundary Element formulation for Three-Dimensional Sliding Wear Simulation. *Wear* 262(5-6), 672-689 doi: 10.1016/j.wear.2006.08.008

Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü. [w5.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf](http://w5.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf) (Erişim Tarihi: Kasım2018)

Yamaguchi, A.(2002). Motion of the Piston in Piston Pumps and Motors (Theoretical Discussion in Relation to Solid Contact Force and Power Loss). *JSME International Journal Series B Fluids and Thermal Engineering*, 43(2), 213-218

## EKLER

Açıklama  
OSAAT

---

**A** Hesp Sonuç

---

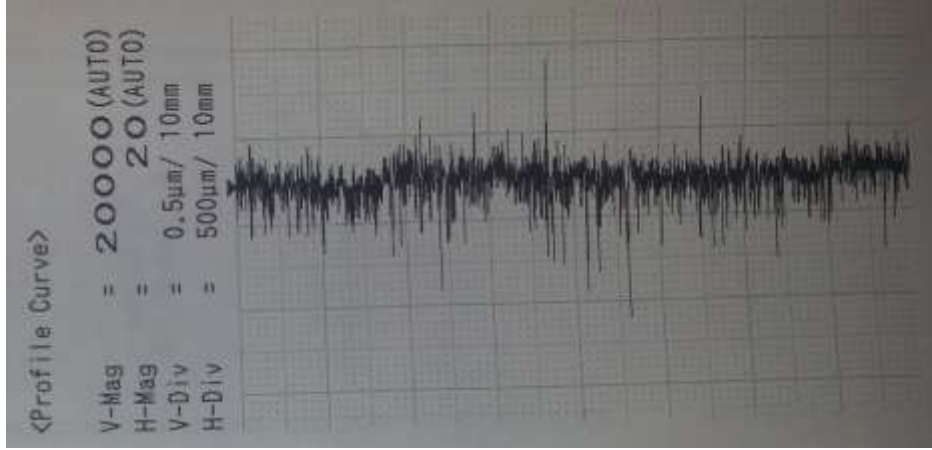
Ra	0.073	μm
Rz	0.505	μm
Rz1max	0.611	μm

**EK-1** 2 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlüğü

Ra	=	0.062 μm
Rz	=	0.975 μm
Rt	=	1.500 μm

<Profile Curve>

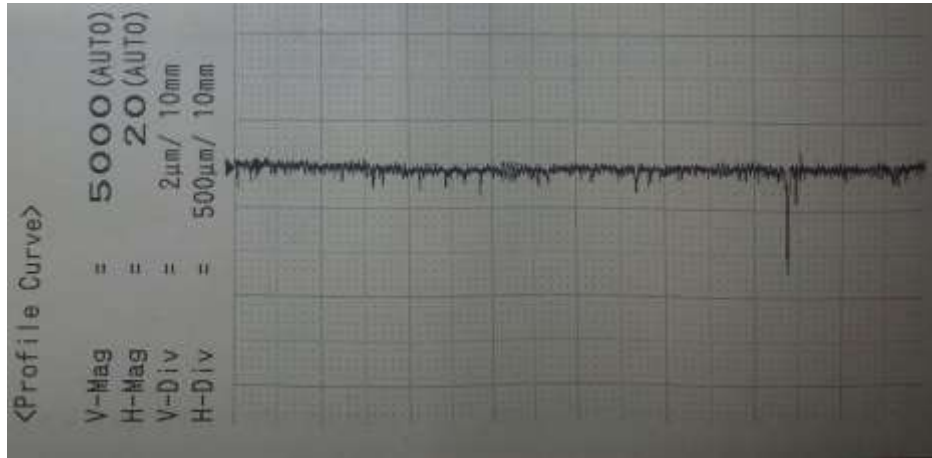
**EK-2** 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-3** 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey profil eğrisi

Work	=	
Comment	=	
Date	=	27. Nov. 18
Time	=	14:20:24
Ra	=	0.065µm
Rz	=	1.195µm
Rt	=	2.750µm

**EK-4** 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey pürüzlülük değerleri



**EK-5** 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey profil eğrisi

---

**A** Hesp Sonuç

---

Ra	0.087	μm
Rz	0.849	μm
Rz1max	1.248	μm

**EK-6** 5 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

---

**A** Hesp Sonuç

---

Ra	0.044	μm
Rz	0.581	μm
Rz1max	0.809	μm

**EK-7** 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

Mitutoyo SURFTEST SJ-310

Tarih 24/09/2018  
Zaman 15:30:18

Açıklama

---

**A** Hesp Sonuç

Ra	0.128	µm
Rz	1.201	µm
Rz1max	1.851	µm

**EK-8** 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

---

**A** Hesp Sonuç

Ra	0.088	µm
Rz	1.097	µm
Rz1max	2.972	µm

**EK-9** 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

Açıklama  
10SAAT

---

**A** Hesp Sonuç

---

Ra	0.071	μm
Rz	0.706	μm
Rz1max	0.972	μm

**EK-10** 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

**A** Hesp Sonuç

---

Ra	0.290	μm
Rz	2.698	μm
Rz1max	5.702	μm

**EK-11** 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

**A** Hesp Sonuç

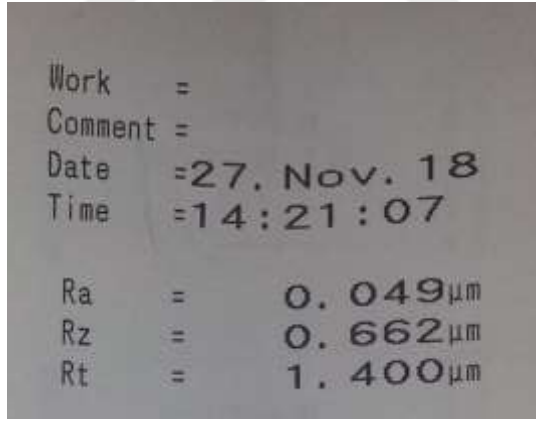
---

Ra	0.449	μm
Rz	3.176	μm
Rz1max	6.233	μm

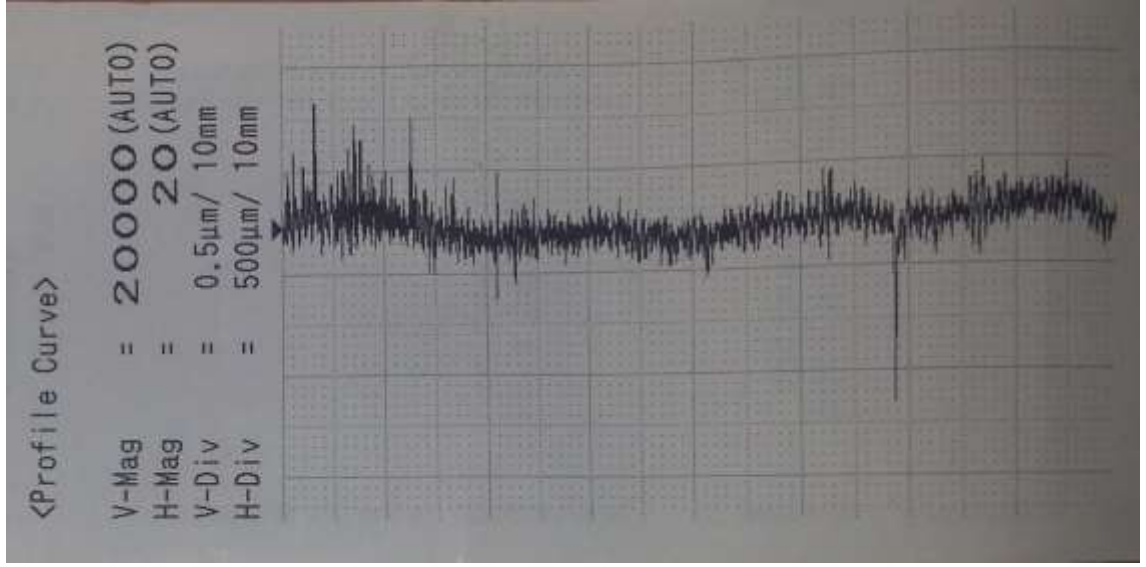
**EK-12** 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



**EK-13** 15 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



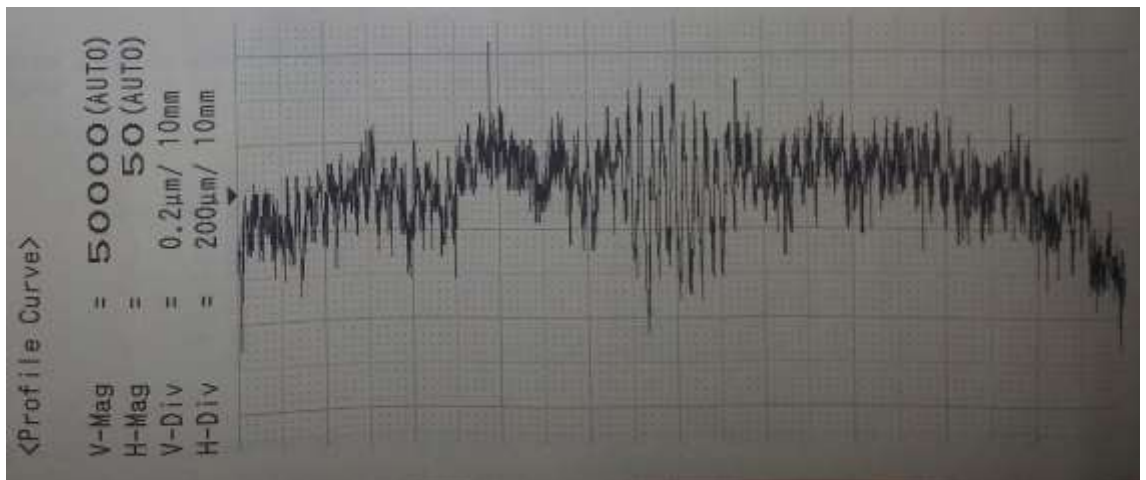
**EK-14** 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-15** 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



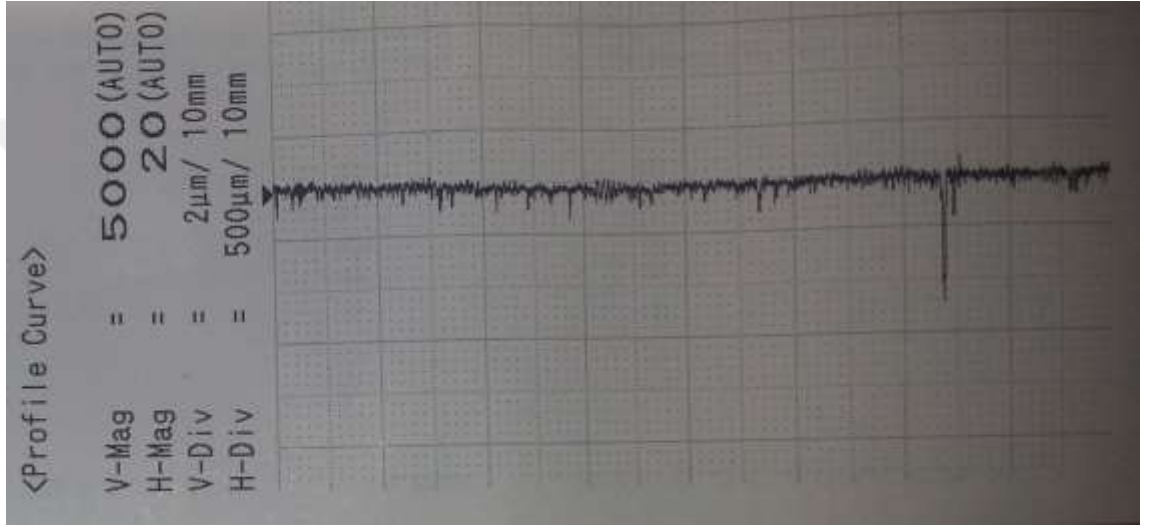
**EK-16** 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-17** 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



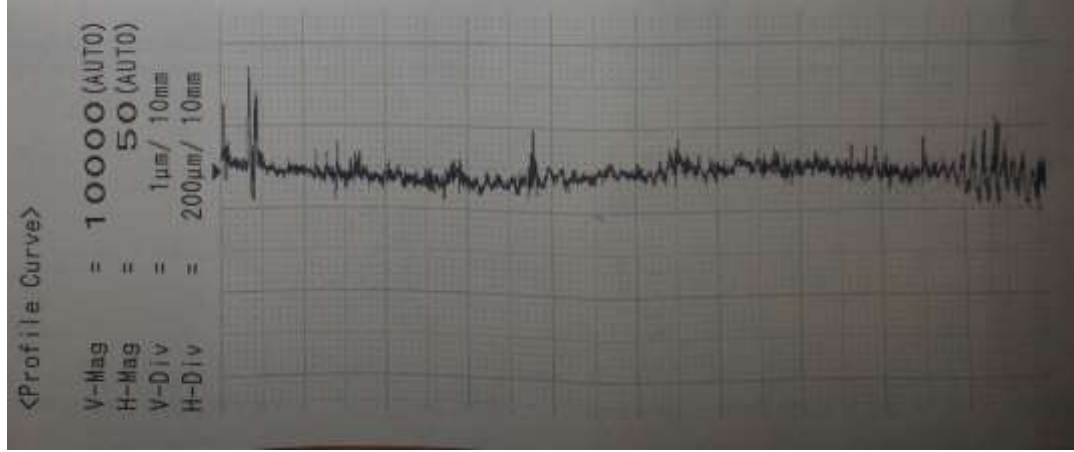
**EK-18** 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-19** 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



**EK-20** 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-21** 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi

Operators	
Roughness (ASME' 95)	
Eval.Length	= 3.000mm
M.Speed	= 0.6mm/s
Cutoff value	= 0.8mm
Cutoff	= Gaussian
Meas.Range	= ±400.0µm
Tilt	= Straight
C.F.R.	= None
Ra	= 0.136µm
Rz	= 2.525µm
Rz.I	= 1.325µm
Rt	= 3.500µm
Rz.J	= 2.277µm

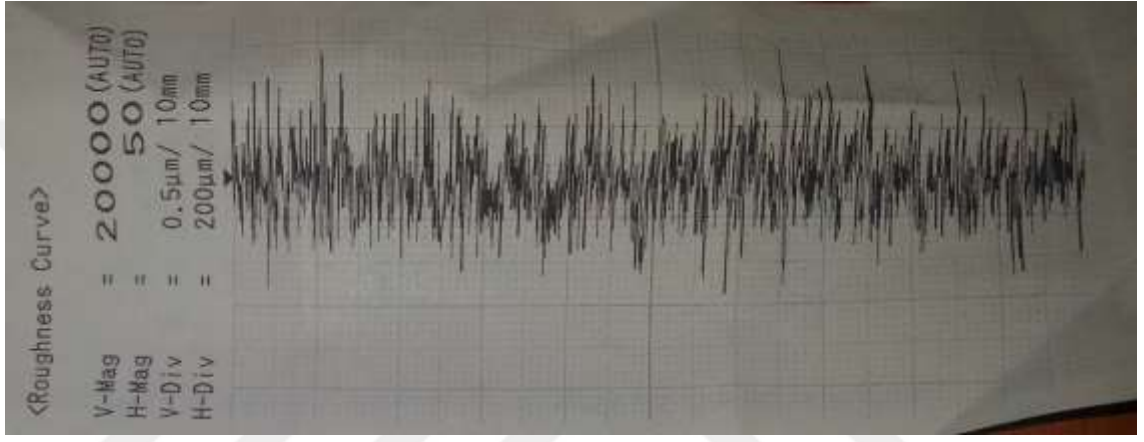
**EK-22** 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-23** 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi

Work	=	
Comment	=	
Date	=	03. Oct. 18
Time	=	14:25:31
Ra	=	0.157µm
Rz	=	1.400µm
Rc	=	1.215µm
Rt	=	1.475µm

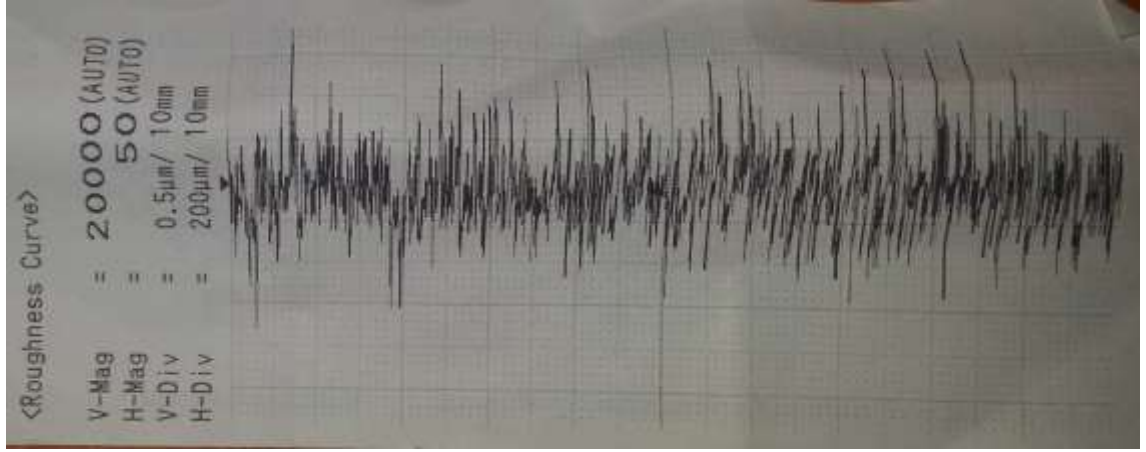
**EK-24** 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



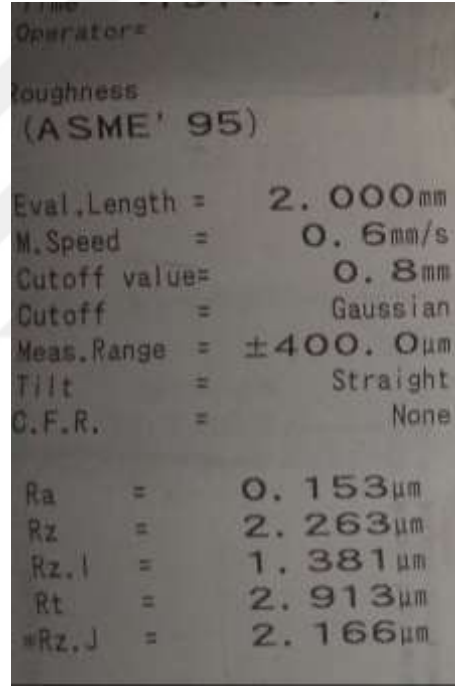
**EK-25** 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi

ZEISS & ACOT	Ver. 5.13	
Surfcom 130A		
Work	=	
Comment	=	
Date	=	03. Oct. 18
Time	=	14:24:40
Ra	=	0.174µm
Rz	=	1.688µm
Rc	=	1.415µm
Rt	=	1.800µm

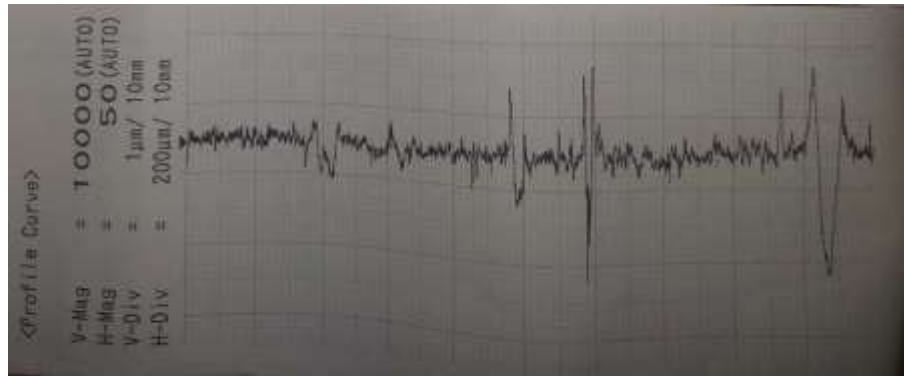
**EK-26** 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-27** 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak pürüzlülük eğrisi



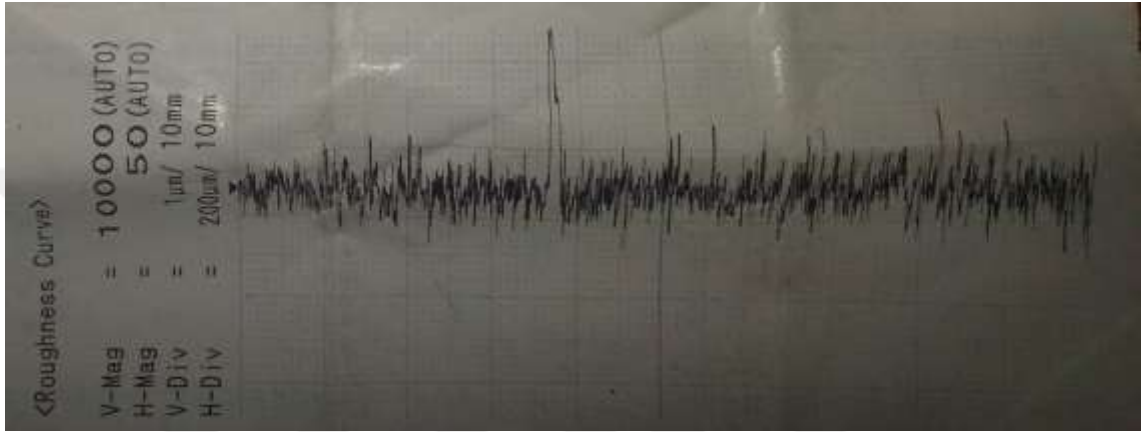
**EK-28** 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-29** 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi

Work	=	
Comment	=	
Date	=	03. Oct. 18
Time	=	14:26:05
Ra	=	0.199 $\mu\text{m}$
Rz	=	2.363 $\mu\text{m}$
Rc	=	1.538 $\mu\text{m}$
Rt	=	2.888 $\mu\text{m}$

**EK-30** 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-31** 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi

Date	=	28. Sep. 18
Time	=	15:46:27
Operator	=	
Roughness (ASME' 95)		
Eval.Length	=	2.000mm
M.Speed	=	0.6mm/s
Cutoff value	=	0.8mm
Cutoff	=	Gaussian
Meas.Range	=	$\pm 400.0\mu\text{m}$
Tilt	=	Straight
C.F.R.	=	None
Ra	=	0.197 $\mu\text{m}$
Rz	=	1.744 $\mu\text{m}$
Rz.J	=	1.213 $\mu\text{m}$
Rt	=	2.475 $\mu\text{m}$
*Rz.J	=	2.038 $\mu\text{m}$

**EK-32** 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-33** 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi

Time	= 15:47:54
Operator	
Roughness (ASME '95)	
Eval. Length	= 2,000mm
N. Speed	= 0,8mm/s
Cutoff value	= 0,8mm
Cutoff	= Gaussian
Meas. Range	= ±400,0µm
Tilt	= Straight
C,F,R	= None
Ra	= 0,159µm
Rz	= 2,450µm
Rz.1	= 1,535µm
Rt	= 3,350µm
+Rz.J	= 2,200µm

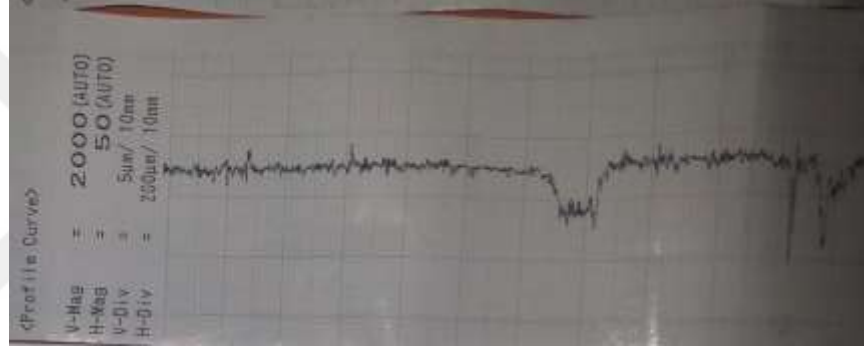
**EK-34** 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-35** 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi

Roughness (ASME' 95)	
Eval.Length =	3.000mm
M.Speed =	0.6mm/s
Cutoff value =	0.8mm
Cutoff =	Gaussian
Meas.Range =	±400.0µm
Tilt =	Straight
C.F.R. =	None
Ra =	0.585µm
Rz =	6.450µm
Rz.1 =	4.029µm
Rt =	10.538µm
Rz.J =	8.165µm

**EK-36** 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



**EK-37** 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi

Açıklama OSAAT		
A Hesp Sonuç		
Ra	0.063	µm
Rz	0.536	µm
Rz1max	0.675	µm

**EK-38** 1 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlülüğü

Açıklama  
0SAAT

---

**A** Hesp Sonuç

---

Ra	0.087	μm
Rz	0.660	μm
Rz1max	0.760	μm

**EK-39** 3 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlüğü

Açıklama  
5SAAT

---

**A** Hesp Sonuç

---

Ra	0.077	μm
Rz	0.656	μm
Rz1max	0.927	μm

**EK-40** 5 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

## ÖZGEÇMİŞ

İsim : Mehmet Fatih AKKUŞ

Uyruk : T.C.

Cinsiyet : Erkek

Doğum Yeri : İstanbul

Doğum Tarihi : 15.06.1984

Medeni Durum : Evli (1 çocuk)

İlkokul : Karacabey14 Eylül İlköğretim Okulu- Bursa

Ortaokul : Anadolu İmam Hatip Lisesi- Tekirdağ

Lise : Namık Kemal Anadolu Lisesi- Tekirdağ

Lisans : Ulusal Havacılık Üniversitesi Uçak Bakım Onarım Mühendisliği Bölümü (2011)