



**KOMBİ TEMİZLİK KİMYASALLARININ MERKEZİ ISITMA  
PARÇALARI ÜZERİNDEKİ AŞINMA ETKİSİNİN ANALİZİ VE AŞINMA  
ÖNLEYİCİ YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ**

**Asena CEYLAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2023**

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Asena CEYLAN

08/12/2023

KOMBI TEMİZLİK KİMYASALLARININ MERKEZİ ISITMA PARÇALARI  
ÜZERİNDEKİ AŞINMA ETKİSİNİN ANALİZİ VE AŞINMA ÖNLEYİCİ YÖNTEM  
GELİŞTİRİLMESİ  
(Yüksek Lisans Tezi)

Asena CEYLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2023

ÖZET

Kombi, doğal gaz, LPG, elektrik veya diğer yakıtlarla çalışan ve evlerde veya küçük işletmelerde kullanılan bir ısıtma sistemidir. Kombiler, evlerin ısıtılması ve sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılan önemli bir araçtır ve düzenli olarak temizlenmeleri gerekmektedir. Kombi temizlik kimyasalları, kombilerin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı için kullanılan özel kimyasal ürünlerdir. Bu kimyasallar, kombi içindeki suyun kirlenmesini ve kalıntıların birikmesini önlemek ve kombinin daha verimli çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Ancak, kombi temizlik kimyasalları metal ve plastik parçaları etkileyebilir ve bu parçaların ömrünü kısaltabilir. Bu tez çalışması, kombi temizlik kimyasallarının merkezi ısıtma parçaları üzerindeki aşınma etkisini analiz etmek ve aşınmayı önleyici bir yöntem geliştirmeyi amaçlamaktadır. Tez çalışması kapsamında, farklı kombi temizlik kimyasalları kullanılarak gerçekleştirilen deneyler sonucunda merkezi ısıtma parçalarının aşınma oranları ölçülmüştür. Sentinel X100 ve Deren 110 kimyasalları (0,5 lt), 3,5 lt su ile seyreltilerek iki hafta boyunca ayrı ayrı 80° C sıcaklıkta kombi sisteminde dolaştırılmıştır ve merkezi ısıtma parçaları ile teması sağlanmıştır. Metal parçalardaki aşınma oranı su analiz yöntemi ile ölçülmüştür. Deneyden önce sisteme verilen kimyasallı su karışımından ve deneyden sonra sistemden çıkan kimyasallı su karışımından alınan numuneler dış laboratuvarında analiz edilmiştir. Plastik parçalardaki aşınma oranı belirlenmiştir. Bu kapsamda, bazı kimyasalların merkezi ısıtma parçaları üzerinde önemli aşınma etkisi oluşturduğu tespit edilmiştir. Tüm testler dikkate alınarak, tez sonucunda, kimyasal üretici firmasıyla aşınma önleyici yöntem geliştirilmiştir. Tez çalışma sonuçları, kombi üreticileri ve kullanıcıları için faydalı olabilir ve merkezi ısıtma parçalarının ömrünü uzatmaya yardımcı olabilir.

Bilim Kodu : 91213  
Anahtar Kelimeler : Kombi, temizlik kimyasalları, aşınma  
Sayfa Adedi : 85  
Danışman : Doç. Dr. Duygu UYSAL

ANALYSIS OF THE ABRASION EFFECT OF COMBI BOILER CLEANING  
CHEMICALS ON CENTRAL HEATING PARTS AND DEVELOPMENT OF AN  
ANTI-ABRASION METHOD

(M. Sc. Thesis)

Asena CEYLAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2023

ABSTRACT

Combi boiler is a heating system that works with natural gas, LPG, electricity or other fuels and is used in homes or small businesses. Combi boilers are an important tool used to heat homes and meet hot water needs, and they need to be cleaned regularly. Combi boiler cleaning chemicals are special chemical products used for regular cleaning and maintenance of combi boilers. These chemicals are used to prevent the water in the combi from getting dirty and from accumulating residues and to make the combi work more efficiently. However, boiler cleaning chemicals can affect metal and plastic parts and shorten the life of these parts. This thesis aims to analyze the wear effect of combi boiler cleaning chemicals on central heating parts and to develop an anti-wear method. Within the scope of the study, the wear rates of the central heating parts were measured as a result of the experiments carried out using different combi cleaning chemicals. Sentinel X100 and Deren 110 chemicals (0.5 lt) were diluted with 3.5 lt water and circulated separately in the combi system at 80°C for two weeks and contacted with the central heating parts. The wear rate of metal parts was measured by water analysis method. The samples taken from the chemical water mixture given to the system before the experiment and the chemical water mixture coming out of the system after the experiment were analyzed in the external laboratory. The wear rate on plastic parts was determined from measurements (size, weight with precision balance, compression ratio, hardness) and surface/burr control performed on the parts before and after the test. In this context, it has been determined that some chemicals have a significant wear effect on the central heating parts. Thus, the service life of the central heating components and the boiler performance may be adversely affected. Taking all the tests into account, as a result of the thesis, an anti-corrosion method was developed with the chemical manufacturer company. The results of the thesis study may be useful for combi boiler manufacturers and users and may help extend the life of central heating parts.

Science Code : 91213  
Key Words : Combi boiler, gas boiler, cleaning chemicals, abrasion  
Page Number : 85  
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Duygu UYSAL

## TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Doç. Dr. Duygu Uysal'a çok teşekkür ederim. Yüksek lisans sürecim boyunca gösterdiği sabır, özveri ve bilgi birikimi sayesinde tezimi başarıyla tamamladım. Daikin Türkiye Ar-Ge Ürün Uyumluluk Ekibi yöneticilerime ve Ar-Ge Parça Güvenirliliği ekibine tez çalışmam boyunca göstermiş oldukları destek ve sağladıkları motivasyon için teşekkür ederim. Çok çalışmayı, mücadele etmeyi, engelleri aşmayı, başarıya doğrulukla ulaşmayı öğreten annem Selma Yücel'e teşekkür ederim. Hayatımın her aşamasında benimle olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Enes Ceylan'a ve tez çalışmam sırasındaki sabrına, sevgisine teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KOMBİ VE KOMBİ TEMİZLİK KİMYASALLARI .....	5
2.1. Kombine Yapısı ve İşlevi .....	5
2.2. Kombi Çalışma Prensipleri .....	8
2.3. Merkezi Isıtma Parçalarının Yapısı ve İşlevleri.....	9
2.4. Kombi Temizliği .....	11
2.5. Temizlik Kimyasalları.....	14
2.5.1. Fernox .....	15
2.5.2. Sentinel .....	16
2.5.3. Deren kimya .....	18
2.5.4. Sentinel ve deren kimya temizlik kimyasalları içeriği .....	19
2.6. Temizlik Kimyasallarının Kullanımı ve Etkileri.....	27
3. AŞINMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ.....	31
3.1. Aşınma .....	31
3.2. Aşınma Türleri .....	32
3.3. Aşınmaya Etki Eden Faktörler .....	35

	<b>Sayfa</b>
3.4. Aşınma Analizi Yöntemleri .....	36
<b>4. DENEYSEL YÖNTEMLER</b> .....	<b>41</b>
4.1. Deney Tasarımı .....	41
4.2. Komponent Seçimi.....	43
4.3. Komponent İncelemesi.....	50
4.4. Testlerin Belirlenmesi ve Yapılacak Çalışmanın Yöntemi .....	58
<b>5. BULGULAR</b> .....	<b>61</b>
5.1. Kombi Temizlik Kimyasallarının Merkezi Isıtma Parçalarına Etkileri .....	61
5.2. Aşınma Analizi Sonuçları .....	61
5.3. Su Analizi ile Aşınma Miktarının Belirlenmesi.....	69
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>73</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>75</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>79</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>85</b>

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Kombi merkezi ısıtma devresi temizlik kimyasalları örnekleri.....	15
Çizelge 2.2. Sentinel X100 ve Deren 110 bileşen bilgisi (SDS) .....	20
Çizelge 4.1. Testler öncesi komponent incelemesi (O-ringler) .....	53
Çizelge 4.2. Testler öncesi komponent incelemesi (metal & plastik komponentler) .....	58
Çizelge 4.3. Çalışma boyunca gerçekleştirilen testlere ait koşullar.....	59
Çizelge 5.1. Parçalara ait testlerle ilişkili ağırlık bilgisi (O-ring hariç).....	63
Çizelge 5.2. Test 3 ve Test 4 öncesi sonrası O-ringlere ait ölçüm değerleri .....	65
Çizelge 5.3. Parçalara ait antifriz testleri ile ilişkili ağırlık bilgisi (O-ring hariç).....	68
Çizelge 5.4. Dış laboruvarda gerçekleşen su analizine ait numune bilgileri .....	70
Çizelge 5.5. Su analizi ile numunelerde ağır metal mevcudiyetinin gösterimi .....	71

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Soğuk suyun eşanjörden geçerek sıcak suya dönüştüğü; kombi çalışma prensibine ait görsel .....	9
Şekil 2.2. Kombi çalışma prensibini oluşturan temel merkezi ısıtma parçaları.....	11
Şekil 2.3. Potasyum pentaborat tetrahidrat bileşiğine ait moleküler yapı.....	21
Şekil 2.4. Disodyum molibdat bileşiğine ait moleküler yapı.....	23
Şekil 2.5. Sodyum nitrat bileşiğine ait moleküler yapı .....	24
Şekil 2.6. 2,2',2"-Nitrilotrietanol bileşiğine ait moleküler yapı .....	27
Şekil 3.1. Zamana göre serbest yüzey aşınma gelişimi.....	33
Şekil 5.1. Test 1 öncesi (TÖ) ve sonrası (TS) O-ringlere ait ağırlık ölçümü.....	62
Şekil 5.2. Test 2 öncesi (TÖ) ve sonrası (TS) O-ringlere ait ağırlık ölçümü.....	62
Şekil 5.3. Test 3 öncesi (TÖ) ve sonrası (TS) O-ringlere ait ağırlık ölçümü.....	63
Şekil 5.4. İstenilen donma koruyucu performansa göre antifriz miktarının belirlenmesi.....	66
Şekil 5.5. Deren 150 antifriz ile gerçekleştirilen teste ait (5) O-ring ağırlık analizi.....	67
Şekil 5.6. Sentinel X500 antifriz ile gerçekleştirilen teste ait (6) O-ring ağırlık analizi	67
Şekil 5.7. Deren 110 + temizlik kimyasalı ile gerçekleştirilen teste ait (7) O-ring ağırlık analizi .....	68

## RESİMLERİN LİSTESİ

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Kombi içerisinde yer alan komponentlerin gösterimi (a-f) .....	6
Resim 2.2. Kombideki tüm elektronik bağlantıları kontrol eden anakart .....	7
Resim 2.3. Kombinin sıcaklığını evin sıcaklığına göre ayarlayan oda termostatu (h) ....	7
Resim 2.4. Daikin internet sitesinde yer alan kullanım önerisi.....	14
Resim 2.5. Fernox markasına ait F1 temizlik kimyasalı.....	16
Resim 2.6. Sentinel markasına ait X100 temizlik kimyasalı .....	18
Resim 2.7. DRN 110.....	19
Resim 2.8. Disodyum molibdat bileşiğine ait katı.....	23
Resim 2.9. Sıvı 2,2',2''-Nitrilotrietanol bileşiğine ait sıvı.....	27
Resim 3.1. Aşınma analizi belirlemek için mikroskopik inceleme .....	39
Resim 4.1. Gerçek kullanım koşullarını taklit eden ömür testi standı.....	41
Resim 4.2. Kombinin ömür testi standı .....	42
Resim 4.3. Plakalı eşanjör contası .....	44
Resim 4.4. 17x3 O-ring.....	44
Resim 4.5. 18.64 x 3.53 O-ring.....	44
Resim 4.6. 17 x 4 O-ring.....	45
Resim 4.7. Isıtma işleminin gerçekleştirildiği plakalı eşanjör.....	46
Resim 4.8. Su döngüsünün sağlandığı çıkış borusu.....	46
Resim 4.9. Su döngüsünün sağlandığı dönüş borusu.....	47
Resim 4.10. Su döngüsünün sağlandığı çıkış hidroblok .....	47
Resim 4.11. Su döngüsünün sağlandığı dönüş hidroblok .....	48
Resim 4.12. Sıcak suyun üretimini ve dağıtımını sağlamak için devir daim yapan pompa.....	50
Resim 4.13. O-ringlerin çapak ölçümü .....	51

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.14. Hassas terazi ile hafif komponentlerin ağırlık ölçümü .....	52
Resim 4.15. ‘Bir test’ için kullanılan toplam O-ringler .....	52
Resim 4.16. Bir kombi içerisinde toplam 10 adet O-ring kullanım yerleri .....	54
Resim 4.17. Çizelge 4.1’de yer alan birinci O-ringe (a) ve onuncu O-ringe (b) ait sertlik ölçümü.....	55
Resim 4.18. Nixon Vma-2520 cihazı ile ölçümler .....	56
Resim 4.19. Ölçümlerin bilgisayar programı üzerinden okunması .....	56
Resim 4.20. O-ringlerde görülen çapaklara ait görseller .....	57
Resim 4.21. Testler öncesi komponent ağırlık ölçümleri .....	58
Resim 4.22. Testler sırasında sıcaklık parametresinin kombi üzerinde gösterimi.....	60
Resim 5.1. Test 3 sonrası (22 ve 24 numaralı O-ringlerin kullanıldığı) plakalı eşanjöre ait görsel.....	64
Resim 5.2. Plakalı eşanjör DHW çıkışında mavi sıvı .....	64
Resim 5.3. Test 4 sonrası gözlemlenen seyreltik mavi sıvı .....	66
Resim 5.4. İyileştirilmiş kimyasal ile yapılan test sonrası plakalı eşanjör .....	69
Resim 5.5. Su analizi için dış laboratuvara gönderilen örnekler .....	69

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu tez çalışmasında kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>CAS No.</b>	Chemical Abstracts Service (Kimyasal Kayıt Numarası)
<b>CFB</b>	Circulating Fluidized Bed (Akışkan Yatak)
<b>CH</b>	Central Heating (Merkezi Isıtma)
<b>DHW</b>	Drinking Hot Water (Kullanım Sıcak Suyu)
<b>Kons</b>	Konsantrasyon
<b>LPG</b>	Likit (Sıvılaştırılmış) Petrol Gazı
<b>MS</b>	Mass Spectrometry (Kütle Spektrometresi)
<b>OES</b>	Optical Emission Spectrometer (Optik Emisyon Spektrometresi)
<b>TÖ</b>	Test Öncesi
<b>TS</b>	Test Sonrası
<b>ICP</b>	Inductively Coupled Plasma (İndüktif Eşleşmiş Plazma)

## 1. GİRİŞ

Bu tez çalışması, kombi sistemlerinin düzenli bakımının önemi üzerine odaklanarak, özellikle kombi temizlik kimyasallarının merkezi ısıtma parçaları üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemeyi hedeflemektedir. Kombiler, evlerin ısıtma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak için kritik öneme sahip cihazlardır. Ancak, zamanla kombi içinde biriken kireç, tortu ve diğer kirleticiler, ısı transferini azaltabilir, tıkanıklıklara neden olabilir ve kombinin genel performansını ve verimliliğini düşürebilir. Bu bağlamda, kombi temizlik kimyasalları, bu birikimleri önlemek, sistemi temiz tutmak ve kombinin daha uzun süre verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için özel olarak formüle edilmiş ürünlerdir. Ancak, bu kimyasalların, özellikle kombideki metal ve plastik parçalara olan etkisi hakkında bazı endişeler bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasının ana hedefi, farklı kombi temizlik kimyasallarının merkezi ısıtma parçaları üzerindeki aşınma etkilerini sistematik bir şekilde değerlendirmek ve potansiyel aşınmayı engelleyici veya azaltıcı yeni bir yaklaşım geliştirmektir. Bu kapsamda gerçekleştirilen deneylerde, Sentinel X100 ve Deren 110 gibi belirli kombi temizlik kimyasalları belirli oranlarda su ile seyreltilmiş ve kombi sisteminde dolaştırılmıştır. Daha sonra, bu kimyasalların metal parçalar üzerindeki aşınma oranları, su analiz yöntemleriyle hassas bir şekilde ölçülmüştür. Ayrıca, plastik parçaların aşınma oranları, boyut, ağırlık, sıkıştırma oranı ve sertlik gibi çeşitli parametrelerle kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Bu araştırma, kombi temizlik kimyasallarının merkezi ısıtma parçaları üzerindeki etkilerini anlamak ve kombi bakımında daha etkili, aşınmayı minimize eden yöntemler geliştirmek açısından büyük önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar, bu kimyasalların kullanımıyla ilgili mevcut endişeleri hafifletmek ve daha güvenilir, uzun ömürlü ve verimli ısıtma sistemleri için kılavuz sağlama potansiyeline sahiptir (Altınbaş ve Gündüz, 2007). Bu tez çalışması, kombi temizliği konusunda ilerlemek ve kullanıcıların kombi bakımıyla ilgili daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olacak bilimsel bir temel sunmayı amaçlamaktadır.

### Literatür özeti

Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, akışkan yataklı (CFB) kazanların su duvarında meydana gelen erozyon sorununu çözmek için metal aşınma önleyici cihazlar tasarlanmış ve değerlendirilmiştir. Araştırma, su duvarı yüzeyinin erozyon dağılımını karşılaştırarak farklı cihazların etkinliğini analiz etmiştir. Sonuçlar, rüzgar tarafı ile su duvarı arasındaki açı 90°'den büyük olan ve rüzgar altı tarafına dik konumlandırılan bir tipin en iyi aşınma önleme etkisini sağladığını göstermektedir. Erozyon hızı, giriş hızı ve parçacık boyutuyla ilişkili olarak artmaktadır, ancak kohezyonlu parçacıkların eklenmesiyle bir miktar azalma göstermektedir. Ayrıca, kül biriktirme bölgesinin yüksekliği, parçacık çapının azalması ve kohezyonlu parçacık oranının azalmasıyla ilişkili olarak azalmaktadır. G tipi metal aşınma önleyici cihaz, altı ay boyunca CFB kazanında test edildiğinde erozyon oranlarını azaltma konusunda başarılı olmuştur. Bu nedenle, G tipi aşınma önleyici cihaz, enerji santrallerindeki CFB kazanlarının su duvarlarını etkili bir şekilde koruyabilecek potansiyele sahiptir (Li, Zhang, Wei, Wu ve Luo, 2023).

Xia ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, akışkan yataklı (CFB) kazanlarda su duvarlarında kullanılan aşınma önleyici kirişler, su duvarı erozyonunu önlemek için en etkili yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, ışın etkilerinin CFB simülasyonları ve deneysel yöntemler kullanılarak gaz-katı hidrodinamiği üzerinde araştırıldığı bir CFB test teçhizatında incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, duvar tabakası katılarının aşağı doğru akışının kiriş tarafından kesildiği ve daha sonra akışın aşağısında bir miktar geri yüklendiği gözlemlenmiştir. Düşen katılar aşınma önleyici kirişe çarptığında hızları hızla düşerken, bir kısmı kiriş üzerinde birikir. Kirişlerin altında düşen katıların hızı azalırken, duvarda yukarı doğru hareket eden katılar gözlenmiştir. Işın etkisi genişlik ve yüzeysel gaz hızıyla artmaktadır. Aşınma, genellikle kirişin üzerinde meydana gelir ve kirişin altından yukarısına doğru genişliğe bağlı olarak değişiklik gösterir. Kiriş yüksekliğiyle birleştiğinde, daha az erozyonla sonuçlanan optimum bir genişlik belirlenmiştir (Xia, ve diğerleri, 2015).

Houkang ve diğerleri, tarafından yapılan çalışmada ise, ultraviyole-ozon temizleme metodu ve elektrokimyasal temizleme metodu kullanılarak metal parçacıklar üzerinde temizleme yöntemleri incelenmiştir (Pu, ve diğerleri, 2022).

Panchenko ve diğerkleri, tarafından yapılan çalışmada, metaller üzerindeki uzun süreli aşınma kayıplarını ortaya koymuştur. Kayıp tahminleri ISO COPRAG programı kullanılarak elde edilmiştir (Panchenko, Marhakov, Igonin, Kovtanyuk ve Nikolaeva, 2014).

Zhang, Li ve Zhang'ın (2019) alışması, temizlik kimyasallarının gaz kazanlarının yanma ve ısı transferi yüzeyleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma, farklı temizlik kimyasallarının belirli kazan modellerindeki performansı üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Bu alışma, belirli kimyasalların kazanların verimliliği üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiler yaratabileceğini ve bu kimyasalların kazan parçalarının dayanıklılığına nasıl etki ettiğini detaylı olarak ele almıştır (Zhang, Li ve Zhang, 2019).

Smith ve Johnson'ın (2020) makalesi, kimyasal temizliğin kombi kazanlarının uzun ömürlülüğü üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu alışma, düzenli kimyasal temizliğin kombi kazanlarının ömrüne olan katkısını ve kazanın işlevselliği üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmiştir. Sonuçlar, düzenli temizlik uygulamalarının kazan parçalarının dayanıklılığını artırabileceği yönünde önemli ipuçları sağlamıştır (Brown ve Garcia, 2018).

Brown ve Garcia'nın (2018) alışması, temizlik ajanlarının kazan parçaları üzerindeki aşındırıcılığını incelemiştir. Araştırma, farklı temizlik maddelerinin kazan içindeki metal yüzeylere olan etkilerini test etmiş ve aşındırıcılık seviyeleri ile kazan parçaları üzerindeki aşınma oranları arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Bu alışma, belirli temizlik maddelerinin kazan parçalarına zarar verebileceği veya uzun vadede aşınmaya neden olabileceği konusunda önemli bulgular sunmuştur (Brown ve Garcia, 2018).

Wang ve Chen'in (2021) araştırması, kimyasal temizlik sonrası kazan bileşenlerinin korozyon ve aşınma direncini incelemiştir. Çalışma, temizlik sonrası kazan parçalarının dayanıklılığını ve uzun ömürlülüğünü değerlendirerek, farklı kimyasal temizlik yöntemlerinin kazanın genel sağlamlığı üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Bu alışma, kimyasal temizlik sürecinin kazan parçalarının uzun vadeli performansına olan etkilerini göstermektedir (Wang ve Chen, 2021).

Temizlik süreçlerinde sıcaklık ve basıncın metal yüzeyler üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar, farklı sıcaklık ve basınc seviyelerinin temizlik işlemleri sırasında metal

malzemelerin davranışlarına nasıl etki ettiğini incelemektedir. Araştırmalar, yüksek sıcaklık ve basınç altında yapılan temizlik işlemlerinin, metal yüzeylerde olası deformasyonları, korozyonu ve malzeme özelliklerindeki değişiklikleri gözlemlemiştir. Özellikle, yüksek basınç altındaki temizlik işlemlerinin metal yüzeylerde aşınmaya veya hasara yol açabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, uygun sıcaklık ve basınç seviyelerinin belirlenmesiyle, temizlik prosedürlerinin daha etkili ve metal yüzeylerin uzun ömürlülüğünü artırıcı yönde optimize edilebileceği sonucuna varılmıştır (Woodard ve Curran Woodard, 2006).

Diğer bir çalışma ise endüstriyel temizlik ekipmanları üzerinde sıcaklık ve basıncın etkilerini ele almaktadır. Çalışma, belirli sıcaklık ve basınç seviyelerinin temizlik verimliliği, malzeme dayanıklılığı ve ekipmanın uzun ömürlülüğü üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Yüksek sıcaklık ve basınç altında yapılan temizlik işlemlerinin ekipmanın performansını olumsuz yönde etkileyebileceği belirtilmiştir. Ancak, uygun sıcaklık ve basınç seviyelerinin belirlenmesiyle, endüstriyel temizlik ekipmanlarının tasarımında ve kullanımında daha dikkatli bir yaklaşımın benimsenerek daha etkili ve dayanıklı ekipmanlar geliştirilebileceği vurgulanmıştır (Harrington, 2001).

## 2. KOMBİ VE KOMBİ TEMİZLİK KİMYASALLARI

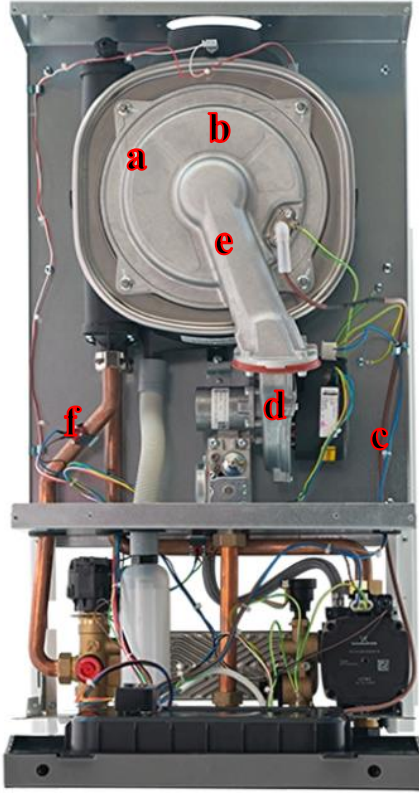
### 2.1. Kombinein Yapısı ve İşlevi

Kombi, evlerde veya diğer binalarda sıcak su ve ısı sağlamak için kullanılan bir cihazdır. Kombi kelimesi, "kombinasyon" kelimesinden türetilmiştir, çünkü cihaz hem bir kazan hem de bir su ısıtıcısı görevi görür.

Kombi, doğal gaz, propan veya elektrik gibi farklı yakıt türleriyle çalışabilir. Su, kombiye gelen soğuk su hattından geçer ve burada ısıtılır. Isıtılmış su daha sonra evdeki musluklardan ve duğ başlıklarından sıcak su sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca, kombi, evin ısıtma sistemi için de kullanılabilir. Kombi, sıcak suyu dağıtmak ve evin ısıtma sistemini çalıştırmak için bir pompa kullanır.

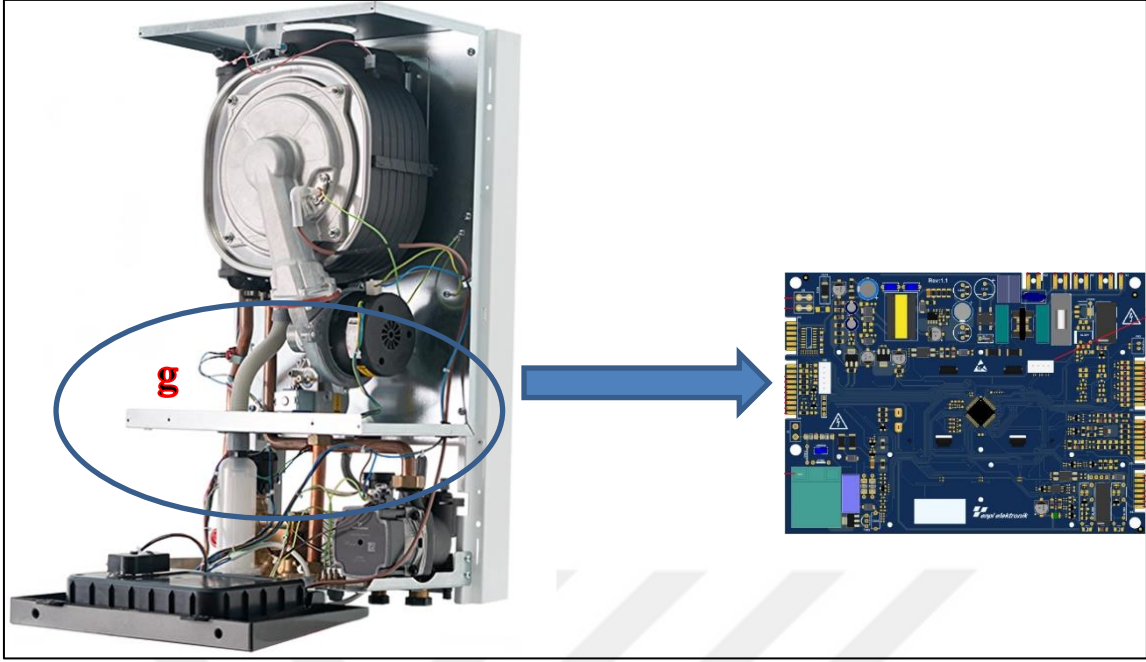
Kombiler, farklı boyut ve kapasitelerde bulunabilir ve birçok farklı marka tarafından üretilir. Bazı kombiler, ısı geri kazanımı gibi özelliklerle tasarlanmıştır ve daha fazla enerji verimliliği sağlar. Kombi bakımı, kombinein enerji verimliliğini korumak ve cihazın uzun ömürlü olmasını sağlamak için önemlidir (Altınbaş ve Gündüz, 2007).

Kombilerin içinde birçok farklı parça bulunur. Bazı önemli parçalar Resim 2.1'de gösterilmiştir.



Resim 2.1. Kombi içerisinde yer alan komponentlerin gösterimi (a-f)

- a. Isı eşanjörü: Kombi içindeki bu parça, suyun ısıtılması için kullanılır. Soğuk su, ısı eşanjöründe dolaşarak, kazanın yanındaki brülör tarafından üretilen sıcak gazlardan geçer ve bu sayede ısıtılır.
- b. Brülör: Brülör, doğal gaz veya LPG (Likit petrol gazı) gibi yakıtları yakarak ısı üretir.
- c. Pompa: Kombi içindeki pompa, ısıtılmış suyu dağıtmak ve evin ısıtma sistemi için suyu dolaştırmak için kullanılır.
- d. Basınç sensörü: Kombi içindeki basınç sensörü, su basıncının doğru seviyede olduğunu kontrol eder. Su basıncı, kombi için önemlidir, çünkü düşük basınç, kombinin çalışmasını etkileyebilir.
- e. Su sıcaklık sensörü: Su sıcaklık sensörü, kombi içindeki su sıcaklığını ölçer ve sıcaklığı kontrol eder.
- f. Emniyet ventili: Kombi içindeki emniyet ventili, basınç veya sıcaklık seviyelerinin belirli bir noktayı aşması durumunda kombinin güvenli bir şekilde kapanmasını sağlar.



Resim 2.2. Kombideki tüm elektronik bağlantıları kontrol eden anakart (Elektronik kart) (g)

g. Elektronik kart: Kombi içindeki elektronik kart, kombinin işleyişini kontrol eden ana bilgisayar olarak düşünülebilir.



Resim 2.3. Kombinin sıcaklığını evin sıcaklığına göre ayarlayan oda termostatu (h)

h. Termostat: Oda termostatu, bir odanın sıcaklığını ölçen ve kontrol eden bir cihazdır. İşlevi, odadaki sıcaklığı algılamak ve belirli bir sıcaklık seviyesini korumak için ısıtma veya soğutma sistemlerini kontrol etmektir (Lee, Lee ve Kim, 2017).

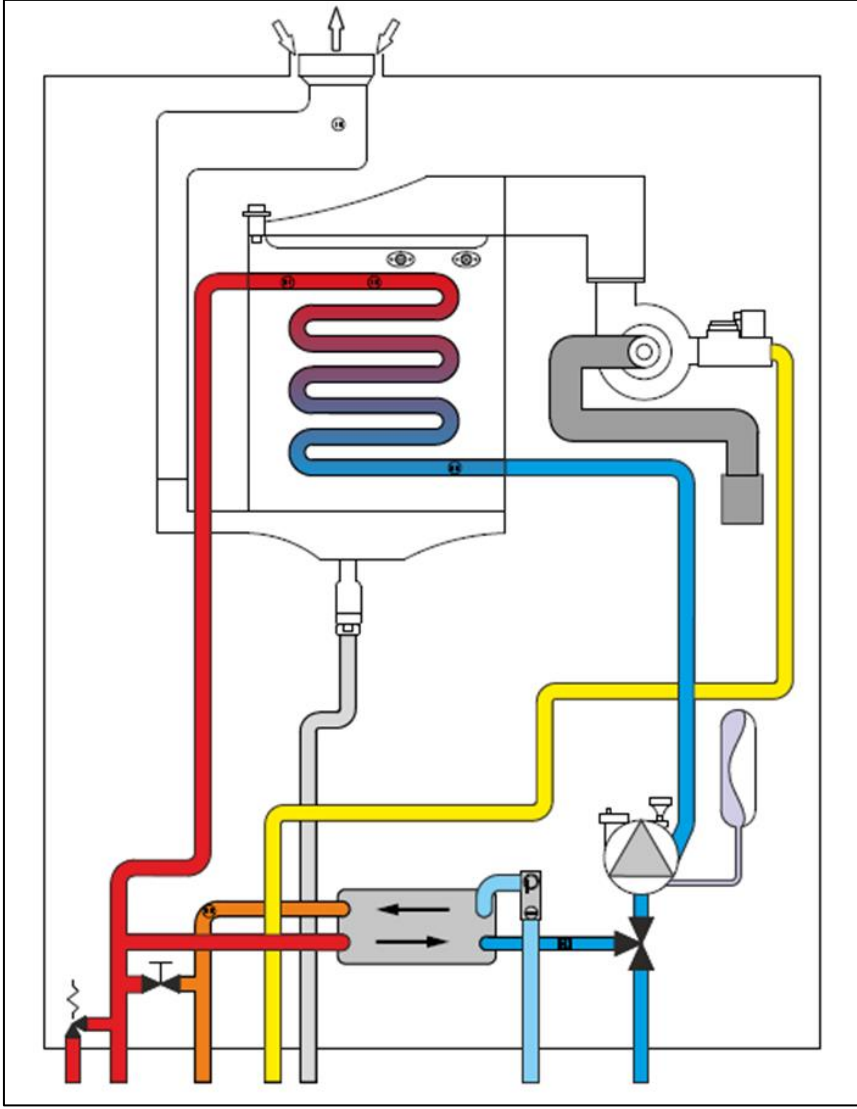
## 2.2. Kombi Çalışma Prensibi

Kombi, doğal gaz, LPG veya elektrik gibi bir yakıt kaynağından aldığı enerjiyi kullanarak evin sıcak su ve ısınma ihtiyaçlarını karşılayan bir cihazdır. İlk adım, yakıt kaynağından gelen yakıtın, brülör adı verilen bir cihazda yanmasıdır. Brülör, yakıtı küçük parçalara ayırır ve bir kıvılcım veya ateşleme sistemi kullanarak yakar. Yanan gazlar, bir eşanjör adı verilen bir cihazda sıcak suya veya evin ısıtma sistemi için gerekli olan suya ısı transferi yapar. Eşanjördeki su, evdeki bir termosifon veya radyatör gibi ısıtıcı cihazlara pompalanır ve bu cihazlar sıcak su veya ısı yayarak evi ısıtır (Şekil 2.1).

Kombinin çalışması sırasında, sensörler sıcaklık ve basınç gibi verileri ölçer ve bir mikroişlemci bu verileri kullanarak brülörün yanma hızını ve fanın hızını kontrol eder. Bu kontrol, kombinin enerji verimliliğini artırmak ve güvenliğini sağlamak için önemlidir. Kombinin aynı zamanda bir su deposu da bulunabilir. Bu su deposu, sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Kombi, evdeki sıcak su muslukları açıldığında, sensörler bu durumu tespit eder ve su deposundan sıcak su çekilir.

Kombi, ısınma veya sıcak su ihtiyacı yokken, bir termostat kombiye "bekleme" moduna geçmesini söyler ve kombi sıcaklığı sabit tutmak için ara sıra kısa aralıklarla yanar. Bu bekletme modu, kombinin enerji tasarrufu yapmasına yardımcı olur ve enerji tasarrufu sağlar.

Kombinin çalışma prensibi oldukça karmaşık olabilir, ancak temelde, yakıtın yanması ve eşanjör aracılığıyla sıcak suyun veya evin ısıtma sistemi için gerekli olan suyun ısıtılması ve pompalanmasıyla oluşur. Kombilerde bulunan sensörler ve mikroişlemciler, enerji verimliliğini artırır ve güvenliğini sağlar (Delgado-Montero, Rodriguez-Gallegos ve Perez-Pinal, 2015).



Şekil 2.1. Soğuk suyun eşanjörden geçerek sıcak suya dönüştüğü; kombi çalışma prensibine ait görsel

### 2.3. Merkezi Isıtma Parçalarının Yapısı ve İşlevleri

Kombi mahal ısıtması ve kullanım suyu ısıtması olarak farklı iki proses şeklinde çalışır. Kombi, mahal ısıtması için bir devre ve kullanım suyu için ayrı bir devre içerir.

Kombi mahal ısıtması için, cihazın içinde bulunan bir pompa, suyu ısıtmak ve radyatörlere göndermek için bir devre içinde dolaştırır. Bu devre, bir termostat tarafından kontrol edilir ve sıcaklığı ayarlanır.

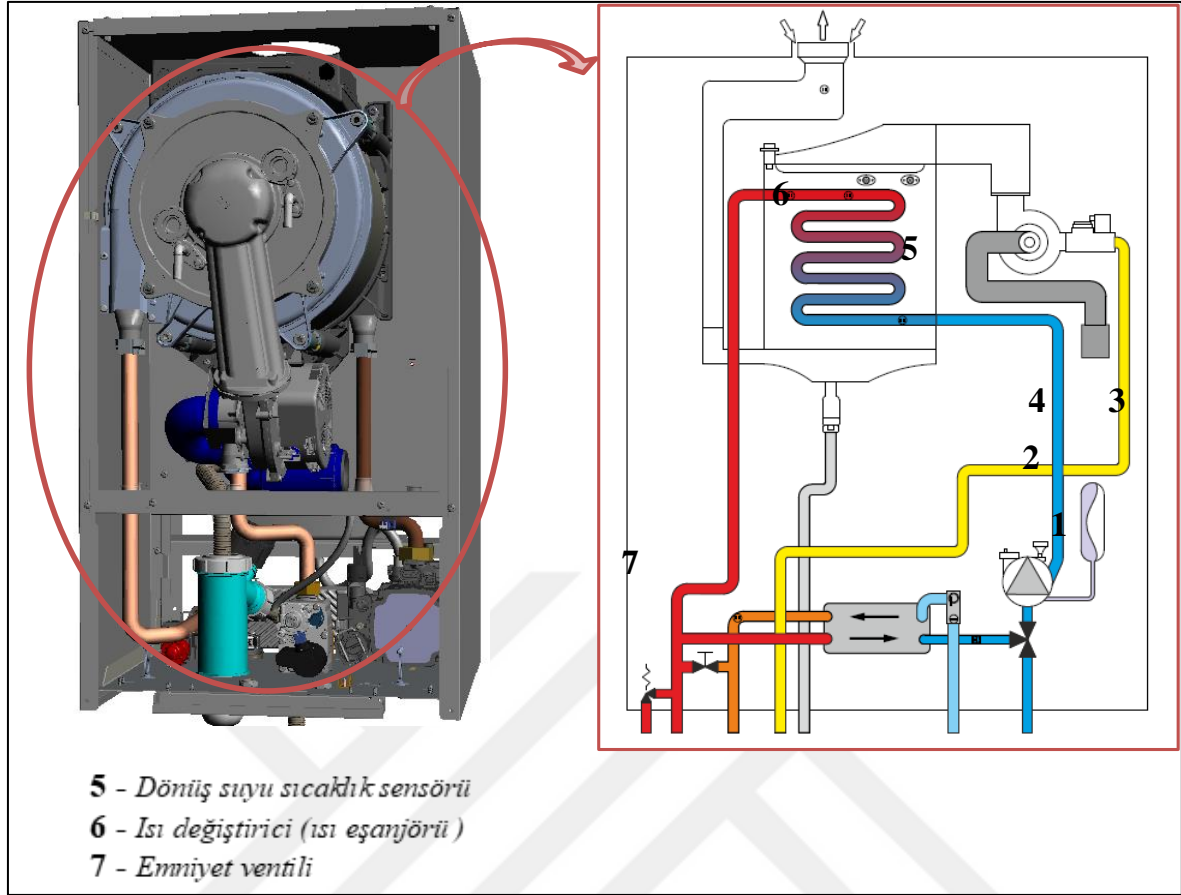
Kullanım suyu ısıtması için ise, kombi içinde bulunan bir başka ısıtma elemanı (genellikle bir plaka eşanjörü olarak bilinir) kullanılır. Kullanım suyu, ısıtma elemanı tarafından ısıtılarak musluklara gönderilir. Bu proses, kullanıcının musluk veya duşu açmasıyla tetiklenir (Arslan, 2004).

Mahal ısıtma, merkezi ısıtma olarak da adlandırılır. Teknik olarak merkezi ısıtma kelimesi daha çok kullanılsa da, incelenen makalelerde ‘mahal ısıtma’ kelimesine daha çok yer verilmiştir. Ancak aynı anlamı ifade etmektedir.

Kombi mahal ısıtma sistemi, konutların, apartmanların ve küçük işletmelerin ısıtma ihtiyacını karşılamak için yaygın olarak kullanılır. Bu sistemler genellikle enerji verimli ve kullanımı kolaydır, ayrıca birçok modern kombi cihazı, akıllı termostatlar ve uzaktan kumanda özellikleri gibi teknolojik yeniliklerle donatılmıştır.

Kombi cihazları, mahal ısıtması için suyu doğrudan cihaz içinde ısıtır ve sonra ısıtılmış suyu tesisat boruları aracılığıyla evdeki radyatörlere gönderir. Bu ısıtma prosesinde görev alan parçalar ‘merkezi ısıtma parçaları’ olarak tanımlanmıştır.

Şekil 2.1’de koyu mavi ve kırmızı ile belirtilen yollar, radyatörlerden gelen soğuk suyun ve radyatörlere giden sıcak suyun göstergesidir. Bu suyun temas ettiği tüm parçalar, merkezi ısıtmayı sağlamaktadır ve merkezi ısıtma parçalarıdır.



Şekil 2.2. Kombi çalışma prensibini oluşturan temel merkezi ısıtma parçaları

Bu çalışmada, kombi merkezi ısıtma çevriminde yer alan elastomer, plastik, alüminyum, bakır malzemelerin incelemesi gerçekleştirilmiştir.

#### 2.4. Kombi Temizliği

Kombi kullanım kılavuzları, kombi üreticileri tarafından sağlanan önemli kaynaklardır ve kombinin doğru şekilde çalışmasını sağlamak için takip edilmesi gereken talimatları içerir. Bu kılavuzlarda, kombinin düzenli bakımının ve temizliğinin yapılması gerektiği vurgulanır. Genellikle, kullanım kılavuzları, yılda bir kez kombinin teknik servis tarafından kontrol edilmesi, bakımı ve temizliği yapılması gerektiğini önerir (Çomaklı ve Çomaklı, 2019).

Kombi bakımı ve temizliği, kombinin performansını, enerji verimliliğini ve güvenliğini etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle, kombilerin düzenli olarak bir teknik servis

tarafından kontrol edilmesi ve temizlenmesi, olası sorunların tespit edilmesini ve önlenmesini sağlar (Daikin, 2023).

Bakım ve temizlik işlemi genellikle bir uzman teknisyen tarafından yapılmalıdır. Teknisyen, kombinin iç bileşenlerini kontrol eder, gaz bağlantılarını kontrol eder, su basıncını ayarlar, yanma odasını temizler, ısı eşanjörünü kontrol eder ve gerekli ise temizler. Ayrıca, kombinin su devir dolaşım sistemi, pompası ve radyatörler gibi diğer bileşenleri de gözden geçirir ve temizler (Daikin, 2023).

Bu rutin bakım ve temizlik işlemi, kombinin uzun ömürlü olmasını, verimli bir şekilde çalışmasını ve enerji maliyetlerinden tasarruf edilmesini sağlar. Aynı zamanda, kombinin güvenliğini artırır ve arıza riskini azaltır.

Kullanım kılavuzunda belirtilen yıllık bakım ve temizlik süresi, genellikle bir referans noktasıdır ve kombinin markasına, modeline ve kullanım koşullarına bağlı olarak değişebilir (Çomaklı ve Çomaklı, 2019).

Kombi temizliği, kombilere ait kullanım kılavuzlarında aşağıdaki gibi verilmiştir. Birkaç örnek ile incelenebilir.

- Kombinin, yılda en az bir kere, yetkili servis personeli tarafından bakımı yapılmalıdır.
- Kombinin, mevzuata göre belirlenen limitlere uygun olarak maksimum verim ve işletme performansını elde etmek amacıyla kombinin periyodik bakımları yapılmalıdır.

Kombinin temizlenmesi ve periyodik bakımından önce güç kaynağı kapatılmalı ve gaz vanası kapatılmalıdır.

Kombinin güvenilir, verimli ve uzun ömürlü kullanımı için yıllık bakım yaptırılması gerekmektedir (Daikin-D2CND024A1ABTR, 2023).

Bakım sırasında yapılacak şeyler

- Sızıntı kontrolü

- Ana eşanjörün baca tarafının temizlenmesi
- Yanma odası, fan ve venturinin temizlenmesi
- Su ve gaz devreleri kontrolü
- Baca kontrolü
- Brülörün temizlenmesi
- Gaz borularının sızıntı kontrolü
- Fanın çalışma kontrolü
- Sensörlerin kontrolü
- Gaz ayarları kontrolü
- Eşanjörün yıkanması
- Elektronik ekipman kontrolü

Periyodik bakım yıllık olarak yapılmalıdır. Periyodik bakım garanti kapsamında değildir (Airfel-A2CSC024AATR, 2023).

- Ürünün sürekli çalışmaya hazır olması ve çalışma emniyeti, güvenilirliği ve yüksek kullanım ömrü için önşart yetkili bir teknik servis tarafından ürünün yıllık kontrolünün ve iki yılda bir bakımının yapılmasıdır. Kontrol sonuçlarına bağlı olarak daha erken bakım gerekebilir (Vaillant-VMW 236/7-2, 2023).

Düzenli kontrol ve bakım, ısıtma tesisatının güvenli ve çevre dostu işletimi için ön koşuldur.

- Gerekli çalışmaların, sadece yetkili bir servis tarafından yapılmasını sağlanmalıdır.
- Tespit edilen arızaların hemen giderilmesi sağlanmalıdır (Bosch-WBC 24-1 DCE, 2023).
- Ürünün sürekli çalışmaya hazır olması ve çalışma emniyeti, güvenilirliği ve yüksek kullanım ömrü için ön şart yetkili bir teknik servis tarafından ürünün yıllık kontrolünün ve iki yılda bir bakımının yapılmasıdır.

Kontrol sonuçlarına bağlı olarak daha erken bakım gerekebilir (Demir Döküm, 2023).



### Kombinize düzenli bakım yaptırın.

- Kombinizin ve tesisatınızın bakım işlemlerini düzenli olarak yaptırmanız, kombinizin performansını arttırmakla beraber uzun ömürlü kalmasını sağlayacak ve enerji tüketiminizi de düşürecektir. Detaylı bakım talepleriniz için bizimle iletişime geçebilirsiniz.
- Tesisatınıza koruyucu kimyasal uygulaması kombinizin ve tesisatınızın kullanım ömrünü arttırır. Tesisatınıza uygun kimyasal seçimi ve uygulaması için Çağrı Merkezimize 444 999 0 numarasından ulaşabilirsiniz.

Resim 2.4. Daikin internet sitesinde yer alan kullanım önerisi (Daikin, 2023).

## 2.5. Temizlik Kimyasalları

Kombi temizliği için kullanılan temizlik kimyasalları, genellikle teknik servislerin tercihlerine ve üretici firmaların önerilerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ancak genel olarak aşağıdaki kimyasallar kombi temizliği için kullanılan yaygın bileşenlerdir:

**Kombi Temizleyici:** Kombi içindeki tortu, kireç, pas ve diğer kirleri temizlemek için kullanılan özel temizlik kimyasalıdır. Genellikle asidik özelliklere sahiptir ve kombi içindeki borularda ve ısı eşanjöründe birikmiş olan kirleri çözer.

**Kombi Koruyucu:** Kombi temizlendikten sonra, sistemdeki metal yüzeylerin paslanmasını önlemek ve kireçlenmeyi engellemek için kullanılan bir kimyasaldır. Bu koruyucu kimyasal, kombi içindeki suyun pH dengesini ayarlayarak koruma sağlar.

**Pas Önleyici:** Kombi içindeki metal parçaları paslanmadan korumak için kullanılan kimyasallardır. Pas önleyici kimyasallar, kombinin içindeki suyun oksidasyonunu engeller ve metal yüzeylerin paslanmasını önler.

**Kireç Çözücü:** Kombi içindeki kirecin temizlenmesi için kullanılan kimyasallardır. Kireç çözücüler, kireci çözerek borulardan ve ısı eşanjöründen uzaklaştırır ve kombinin verimli çalışmasını sağlar.

Su Yumuşatıcı: Kombiye gelen suyun sertliğini azaltmak ve kireç birikimini önlemek için kullanılan kimyasallardır. Su yumuşatıcılar, su içerisindeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarını gidererek suyun daha yumuşak hale gelmesini sağlar (Davis, t.y).

Bu kimyasalların spesifik marka ve ürün isimleri, üreticilere, bölgelere ve teknik servislere göre değişebilir.

Tabloda temizlik kimyasallarından üç farklı markanın çeşitleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kombi merkezi ısıtma devresi temizlik kimyasalları örnekleri

Fernox Restorer	Sentinel	DRN	İŞLEVİ
F1	X100	110	Temiz ısıtma sistemleri için kireç birikintisi ve paslanmaya karşı koruma sağlar. Sistemin ömrünü uzatarak maksimum verimlilik ve minimum yakıt kullanımı sağlar.
F3	X300	130	Özellikle yeni ısıtma sistemlerini temizlemek için kullanılan, kurulum artıkları ve gresyağının ortadan kaldırılmasına yarayan güçlü ve dayanıklı bir üründür. Bu işlem sistem parçalarını ve bu parçaların verimliliğini devamlı kılacak bir inhibitörün sisteme eklenmesine hazırlıktır.
F4	X400	140	Eski sistemlerin temizliği için geliştirilmiştir. Bu ürün radyatörler ve boru tesisatlarındaki devir daimi yeniler
F5	X500	150	Antifriz

### 2.5.1. Fernox

Fernox, su arıtma ve ısıtma sistemleri bakımı konusunda uzmanlaşmış bir İngiliz şirkettir. Şirket 1964 yılında kurulmuş olup, ısıtma ve soğutma sistemlerinin korunması, temizlenmesi ve optimize edilmesi için çözümler sunmaktadır. Fernox, geniş bir ürün yelpazesine sahiptir ve bu ürünler arasında su arıtma kimyasalları, su yumuşatma sistemleri, koruyucu katkı maddeleri, temizleyiciler, filtreler ve diğer ısıtma sistemleri bakım ürünleri bulunmaktadır. Fernox ürünleri, ısıtma sistemlerinde biriken kireç, tortu, pas ve diğer kirleticilerin temizlenmesini, sistemin korunmasını ve enerji verimliliğini artırmayı hedefler. Fernox ürünleri, endüstri standartlarına uygun olarak tasarlanır ve birçok ülkede kullanılmaktadır. Şirket, kalite kontrol ve araştırma geliştirme çalışmalarıyla bilinir ve müşterilerine güvenilir ve etkili ürünler sunmayı amaçlar.

Fernox'un ürünleri, ısıtma sistemlerinin temizliği, korunması ve bakımı konusunda geniş bir bilgi birikimine dayanmaktadır. Bu ürünler, profesyonel tesisatçılar, ısıtma sistemlerinin üreticileri ve ev sahipleri tarafından kullanılmaktadır. Fernox Restorer, Fernox tarafından üretilen bir kombi temizleme kimyasalıdır. Fernox Restorer, kombi içerisinde biriken kireç, tortu, pas ve diğer kirleticileri temizlemek için özel olarak formüle edilmiştir. Bu kimyasal, ısıtma sistemi içinde dolaştırılarak kirleticileri çözer ve temizler. Restorer, sistemi etkili bir şekilde temizlemeye yardımcı olur ve ısı transferinin iyileştirilmesine, enerji verimliliğinin artırılmasına ve kombinin performansının optimize edilmesine katkıda bulunur. Fernox Restorer, genellikle bir kombi temizleme işlemi sırasında kullanılır. Kullanım talimatları genellikle ürünle birlikte sağlanır ve doğru dozajı ve uygulama yöntemini takip etmek önemlidir (İnternet: <https://fernox.com/>, 2023).



Resim 2.5. Fernox markasına ait F1 temizlik kimyasalı

### 2.5.2. Sentinel

Sentinel, su arıtma ve ısıtma sistemleri bakımı konusunda uzmanlaşmış bir markadır. Şirket, İngiltere merkezli olup, dünya genelinde faaliyet göstermektedir. Sentinel, HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) sektöründe lider bir marka olarak bilinir.

Sentinel, çeşitli ısıtma ve soğutma sistemleri için ürünler ve çözümler sunmaktadır. Bunlar arasında su arıtma kimyasalları, su yumuşatma sistemleri, koruyucu katkı maddeleri,

temizleyiciler, filtreler ve diğerk bakım ürünleri bulunmaktadır. Sentinel ürünleri, ısıtma sistemlerinin verimliliğini artırmak, sistemi korumak ve uzun ömürlü olmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Sentinel ürünleri, ısıtma sistemlerinde biriken kireç, tortu, pas ve diğerk kirleticilerin temizlenmesi, sistemin korunması ve enerji tasarrufu sağlanması amacıyla kullanılır. Bu ürünler, ısı transferini iyileştirir, sistemde oluşabilecek korozyonu önler ve enerji maliyetlerini düşürmeye yardımcı olur.

Sentinel, kalite ve inovasyona önem veren bir markadır. Ürünleri, sektör standartlarına ve regülasyonlara uygun olarak üretilir ve kalite kontrol süreçleriyle desteklenir. Şirket, araştırma ve geliştirmeye yatırım yaparak, yeni ve gelişmiş ürünler sunmaya çalışır.

Sentinel X100, bir su arıtma ve ısıtma sistemi bakım ürünüdür ve Sentinel markasının ürünlerinden biridir.

Sentinel X100, ısıtma sistemlerinde kullanılan bir temizleme kimyasalıdır. Bu ürün, kombi ve diğerk ısıtma sistemlerinde biriken kireç, tortu, pas ve diğerk kirleticileri temizlemeye yardımcı olur. Aynı zamanda sistemde oluşabilecek korozyonu da azaltabilir. Sentinel X100, genellikle ısıtma sistemi temizliği ve bakımı için profesyoneller ve ev sahipleri tarafından tercih edilen bir üründür.

Sentinel X100, etkili bir temizleme işlemi sağlamak amacıyla özel olarak formüle edilmiştir. Sistem içinde dolaştırıldığında, kirleticileri çözer ve temizler. Böylece, ısı transferi iyileştirilir, enerji verimliliği artırılır ve sistem performansı optimize edilir.

Ürünün kullanım talimatları genellikle ürün ambalajı üzerinde yer alır ve bu talimatları dikkatlice okumak önemlidir. Talimatlara uygun dozajı ve uygulama yöntemini takip etmek, Sentinel X100'ün etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (İnternet: Sentinel Protects, 2023).



Resim 2.6. Sentinel markasına ait X100 temizlik kimyasalı

### 2.5.3. Deren kimya

Deren Kimya, 1984 yılında kurulmuş olup su şartlandırma ve hijyen kimyasalları ile endüstriyel su şartlandırma teknolojileri sektöründe hizmet veren bir kuruluştur.

Deren Kimya müşteri portföyünde; her sektörden sanayi tesisleri, otel, plaza, alışveriş merkezi ve kaplıca gibi hizmet tesisleri, jeotermal tesisler içme ve atık su arıtma tesisleri yer almaktadır. Deren Kimya bu tesislerin ısıtma, soğutma ve buhar sistemlerinde kullanılan proses suyundan kaynaklanan kışır-kireç, korozyon ve biyofilm oluşumunu önleyen su şartlandırma kimyasalları üretir. Bünyesinde kurulu kimya ve mikrobiyoloji laboratuvarlarında sistemlerden alınan su numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini yaparak raporlar hazırlar. Deren Kimya'nın sitesinde yer alan ürünlere baktığımızda aşağıdaki sınıflandırma görülmektedir (İnternet: Deren Kimya, 2023);

- Buhar kazanı su şartlandırma
- Soğutma sistemleri su şartlandırma
- Flushing ve pasivasyon kimyasalları
- RO/NF membran kimyasalları
- Legionella kontrol ve su hijyeni

- Atık su arıtma kimyasalları
- Jeotermal ve solar enerji inhibitörleri
- Havuz, spa, kaplıca kimyasalları
- Endüstriyel temizlik ve bakım kimyasalları
- Gemi kimyasalları ve yakıt katkıları

Deren Kimya, yerel bir marka olarak, su arıtma ve ısıtma sistemleri bakımı konusunda ihtiyaçları karşılamak amacıyla kendi temizlik kimyasallarını geliştirmiştir. Sentinel ve Fernox gibi yabancı markaların temizlik kimyasalları yüksek etkinlik ve kalite sunsa da, bazı kullanıcılar yerel bir alternatif arayışına girmektedir. Bu ihtiyaca yanıt vermek amacıyla Deren Kimya, kendi markası altında temizlik kimyasalları üzerine çalışmaya başlamıştır.



Resim 2.7. DRN 110

#### 2.5.4. Sentinel ve deren kimya temizlik kimyasalları içeriği

Sentinel ve Deren temizlik kimyasalları, hammadde olarak dört aynı kimyasal bileşeni içermektedir. Bu bileşenler, su ısıtma sistemlerinin etkili bir şekilde temizlenmesine yardımcı olmak için özel olarak seçilmiştir. Temizlik kimyasallarının içeriği, tortu, korozyon ürünleri ve diğer kirleticilerin etkili bir şekilde çıkarılmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Sentinel ve Deren markaları altında bulunan temizlik kimyasalları, pas önleyici maddeler, asidik veya bazik bileşenler, dispersanlar ve inhibitörler gibi aktif

bileşenleri içermektedir. Bu bileşenlerin özenle dengelenmiş bir kombinasyonu, su ısıtma sistemlerinin verimli ve sorunsuz bir şekilde çalışmasına katkıda bulunur. Sentinel ve Deren temizlik kimyasalları, su ısıtma sistemlerinin temizliği ve performansının korunması için güvenilir bir seçenek olarak bilinirler.

Çizelge 2.2. Sentinel X100 ve Deren 110 bileşen bilgisi (SDS)

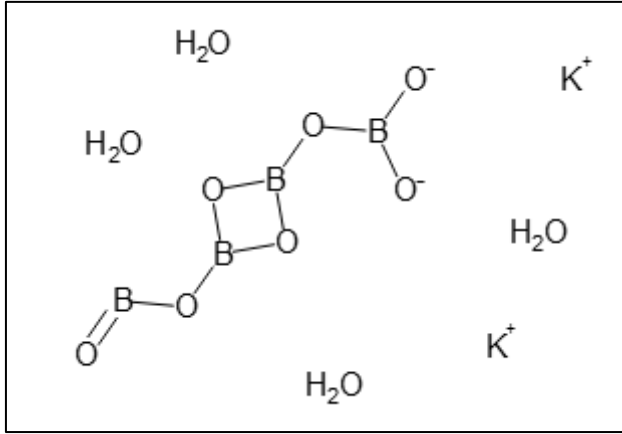
Madde	EC No	Cas No	Kons. (%)
Potasyum tetraborat tetrahidrat	215-575-5	12045-78-2	1-5
Disodyum molibdat	231-551-7	7631-95-0	1-5
Sodyum nitrat	231-554-3	7631-99-4	1-3
2,2',2''-Nitrilotriectanol	203-049-8	102-71-6	1-10

### Potasyum tetraborat tetrahidrat

Potasyum tetraborat tetrahidrat, kimyasal formülü  $K_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$  olan bir bileşiktir. Diğer adları arasında boraks, potasyum borat ve sakkaroz borat da bulunur. Potasyum tetraborat tetrahidrat, boron elementini içeren bir bileşiktir ve çeşitli endüstriyel ve evsel uygulamalarda kullanılır.

Potasyum tetraborat tetrahidrat, beyaz kristal yapıda olan bir tuzdur. Suda iyi çözünür ve bu özelliğiyle su bazlı çözeltiler için bir bileşen olarak kullanılabilir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda eriyebilir ve bu nedenle cam ve seramik üretiminde kullanılan bileşenlerden biridir.

Bu kimyasal, birçok endüstride çeşitli amaçlarla kullanılır. Örneğin, deterjan üretiminde, metal işleme endüstrisinde, tekstil boyama ve ağartma işlemlerinde, ateşe dayanıklı malzemelerin üretiminde ve tarım sektöründe bazı uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca, laboratuvarlarda analitik kimya çalışmalarında bir reaktif olarak kullanılabilir. (İzgi, 2010)



Şekil 2.3. Potasyum pentaborat tetrahidrat bileşiğine ait moleküler yapı

Potasyum pentaborat tetrahidrat, kombi temizlik kimyasallarında kullanılan bir bileşiktir çünkü çeşitli özelliklere sahiptir ve su ısıtma sistemlerinin temizliğinde faydalı olabilir. İşte potasyum pentaborat tetrahidrat'ın kombi temizlik kimyasallarında kullanılmasının bazı nedenleri:

*Pas Önleyici:* Potasyum pentaborat tetrahidrat, su ısıtma sistemlerinde oluşabilecek pas oluşumunu önlemeye yardımcı olabilir. Pas, su ısıtma sistemlerindeki metal bileşenlerin korozyona uğraması sonucu oluşabilir ve sistem verimliliğini düşürebilir. Potasyum pentaborat tetrahidrat, pas oluşumunu azaltarak ve pasın ilerlemesini engelleyerek sistemdeki metal bileşenlerin korunmasına katkıda bulunabilir.

*Korozyon İnhibitörü:* Potasyum pentaborat tetrahidrat, korozyon inhibisyonu sağlayabilen bir bileşiktir. Su ısıtma sistemlerindeki metal bileşenler, su ve oksijenle temas ettiğinde korozyona yatkın hale gelebilir. Potasyum pentaborat tetrahidrat, su içerisindeki korozyonu azaltarak metal bileşenlerin korozyona karşı daha dayanıklı olmasına yardımcı olabilir.

*Temizlik ve Tortu Çözme:* Potasyum pentaborat tetrahidrat, su ısıtma sistemlerinde biriken tortu ve kireç gibi kirleticilerin çözülmesine yardımcı olabilir. Bu bileşik, sistemdeki birikintilerin çözülmesini sağlayarak ısı transferini artırabilir ve sistem verimliliğini iyileştirebilir.

*pH Dengesi:* Potasyum pentaborat tetrahidrat, su ısıtma sistemlerinde pH dengesini sağlamak için kullanılabilir. Sistemdeki uygun pH seviyesi, korozyonun önlenmesi ve

sistem bileşenlerinin korunması için önemlidir. Potasyum pentaborat tetrahidrat, pH seviyesini dengeleyerek su ısıtma sistemlerinin daha sağlıklı bir şekilde çalışmasına yardımcı olabilir.

Potasyum pentaborat tetrahidrat, kombi temizlik kimyasallarında bu özellikleriyle birlikte kullanılarak su ısıtma sistemlerinin temizliği, korunması ve verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır (İzgi, 2010).

### Disodyum molibdat

Disodyum molibdat,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  kimyasal formülüne sahip bir bileşiktir. Molibden elementini içeren bir tuzdur ve çeşitli endüstriyel ve laboratuvar uygulamalarında kullanılmaktadır.

Disodyum molibdat, beyaz veya renksiz kristal yapıda bir bileşiktir. Suda kolaylıkla çözünebilir ve bu özelliği sayesinde su bazlı çözeltilerde yaygın olarak kullanılır. Disodyum molibdatın su çözeltileri, birçok reaksiyon ve uygulama için kullanılabilir.

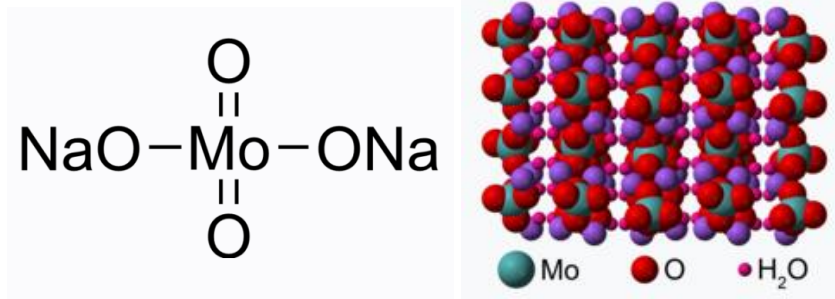
Bu kimyasal bileşik, birçok endüstri ve uygulama alanında farklı amaçlarla kullanılır. Örneğin, metal işleme endüstrisinde yüzey kaplama ve galvanizleme işlemlerinde katalizör olarak kullanılır. Ayrıca, kimya endüstrisinde reaktiflerin hazırlanması, analitik kimyada reaktif ve standart çözeltiler olarak kullanılabilir. Disodyum molibdat ayrıca laboratuvarlarda araştırma ve analiz çalışmalarında da kullanılmaktadır.

Disodyum molibdatın bazı özellikleri arasında yüksek çözünürlük, termal kararlılık ve kimyasal dayanıklılık sayılabilir. Ayrıca, belirli uygulamalarda antioksidan veya korozyon önleyici özelliklere sahip olduğu bilinmektedir.

Disodyum molibdat, kombi temizlik kimyasallarında kullanılan bileşiklerden biridir. Temizleme özellikleri çoğunlukla potasyum pentaborat tetrahidrat ile benzerdir. Disodyum molibdat ayrıca inorganik bir inhibitör özelliğine sahiptir.

*İnorganik Bir İnhibitör:* Disodyum molibdat, inorganik bir korozyon inhibitörüdür. Bu tür inhibitörler, su içinde iyonik etkileşimlerle korozyonu azaltır. Disodyum molibdatın

kullanılmasıyla, su ısıtma sistemlerindeki metal bileşenlerin korunması ve sistem verimliliğinin artırılması amaçlanır. (İnternet: Sodium Molybdate, 2023)



Şekil 2.4. Disodyum molibdat bileşiğine ait moleküler yapı



Resim 2.7. Disodyum molibdat bileşiğine ait katı

### Sodyum nitrat

Sodyum nitrat,  $\text{NaNO}_3$  kimyasal formülüne sahip olan bir bileşiktir. Genellikle mineral formunda bulunur ve doğada çökeltiler, kuru göller ve gübreler gibi çeşitli kaynaklarda bulunabilir. Ayrıca, endüstriyel olarak sentetik olarak da üretilebilir.

Sodyum nitrat, çeşitli endüstriyel, tarımsal ve laboratuvar uygulamalarında kullanılan çok yönlü bir bileşiktir. İşte sodyum nitratın bazı özellikleri ve kullanım alanları:

**Gübre ve Tarım:** Sodyum nitrat, azot kaynağı olarak kullanılan bir gübre bileşiğidir. Bitkiler için gerekli olan azotu sağlar ve bitkilerin büyümesini ve verimini artırabilir. Tarımda, sodyum nitrat genellikle topraklara uygulanır veya bitki besin solüsyonlarına eklenir.

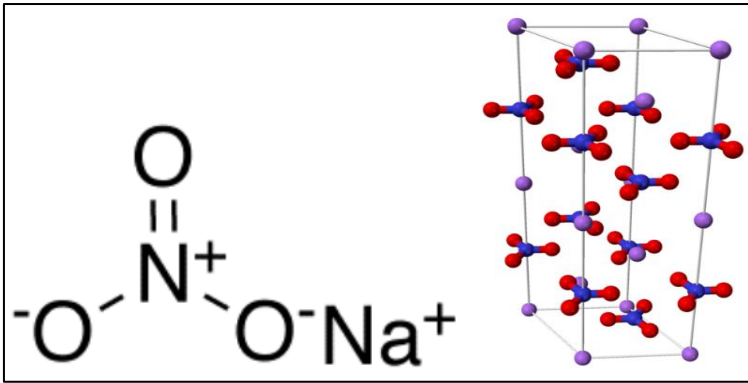
Gıda Koruması: Sodyum nitrat, gıda endüstrisinde koruyucu bir madde olarak kullanılır. Özellikle et ve et ürünlerinde, özellikle salam, sosis ve jambon gibi işlenmiş et ürünlerinde kullanılır. Sodyum nitrat, bakteri büyümesini engellemeye yardımcı olabilir ve gıdaların raf ömrünü uzatabilir. Bununla birlikte, aşırı miktarda tüketiminin sağlık üzerinde olumsuz etkileri olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Patlayıcılar: Sodyum nitrat, bazı patlayıcıların üretiminde kullanılan bir bileşendir. Özellikle barut ve piroteknik ürünlerde oksitleyici bir madde olarak kullanılır.

Metal İşleme: Sodyum nitrat, metal işleme endüstrisinde oksitleyici özellikleri nedeniyle kullanılır. Özellikle alüminyum ve çelik gibi metallerin oksidasyon reaksiyonlarında kullanılabilir.

Laboratuvar Uygulamaları: Sodyum nitrat, laboratuvarlarda çeşitli analitik ve kimyasal reaksiyonlarda kullanılan bir bileşiktir. Özellikle analiz kimyasında, reaktif olarak veya deney ortamlarında kullanılabilir.

Sodyum nitrat, yukarıda belirtilen kullanım alanlarına sahip olan bir bileşiktir.



Şekil 2.5. Sodyum nitrat bileşiğine ait moleküler yapı

#### '2,2',2''-Nitrilotrietanol'

"2,2',2''-Nitrilotrietanol" veya diğer adıyla "Tris(hidroksimetil)amin" bir organik bileşiktir. Kimyasal formülü  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$ 'dur.

Bu bileşik, endüstriyel ve laboratuvar uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle, metal işleme, temizlik maddeleri, boya ve kaplama endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır. Aynı zamanda bazı reaktiflerin sentezinde de kullanılabilir.

2,2',2''-Nitrilotrietanol, su ile iyi çözünen bir madde olup, bazik özellik gösterir. pH'ı nötr veya alkalidir. Bu özelliği, bazların tamponlama etkisi, metal iyonlarının çözüldükten uzaklaştırılması ve emülsiyon stabilizasyonu gibi uygulamalarda kullanılmasını sağlar.

Ancak, bu bileşiğin bazı sağlık ve çevresel etkileri de vardır. Konsantre formu cilt, göz ve solunum yollarında tahrişe neden olabilir. Bu nedenle, kullanırken uygun güvenlik önlemlerinin alınması önemlidir.

#### *Sağlık etkileri:*

**Cilt İritasyonu:** Konsantre formu ciltte tahrişe neden olabilir ve bazı insanlarda alerjik reaksiyonlara yol açabilir.

**Göz Tahrişi:** Bileşiğin konsantre çözeltileri gözleri tahriş edebilir ve zarar verebilir.

**Solunum Yolu Tahrişi:** Toz veya aerosol formunda bulunan 2,2',2''-Nitrilotrietanol, solunum yollarında tahrişe ve rahatsızlığa neden olabilir.

**Toksik Etkiler:** Yüksek konsantrasyonlarda veya uzun süreli maruziyet durumunda bu bileşiğin toksik etkileri olabilir. Bunlar arasında böbrek hasarı, karaciğer hasarı ve merkezi sinir sistemi etkileri yer alabilir.

#### *Çevresel etkiler:*

**Su Kaynaklarına Etki:** 2,2',2''-Nitrilotrietanol, suda çözünür ve kullanıldığında veya atık olarak boşaltıldığında su kaynaklarında kirliliğe neden olabilir. Bu, su ekosistemleri için olumsuz etkilere yol açabilir.

Biyolojik Çeşitlilik: Yüksek konsantrasyonlarda veya uzun süreli maruziyet durumunda bu bileşiğin canlı organizmalar üzerinde toksik etkileri olabilir ve biyolojik çeşitliliği etkileyebilir.

Bu etkiler, 2,2',2''-Nitrilotrietanol'ün yoğunluğu, maruziyet süresi ve miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, bu bileşiği kullanırken ve işlerken uygun güvenlik önlemlerini almak ve çevreye yayılımını önlemek önemlidir.

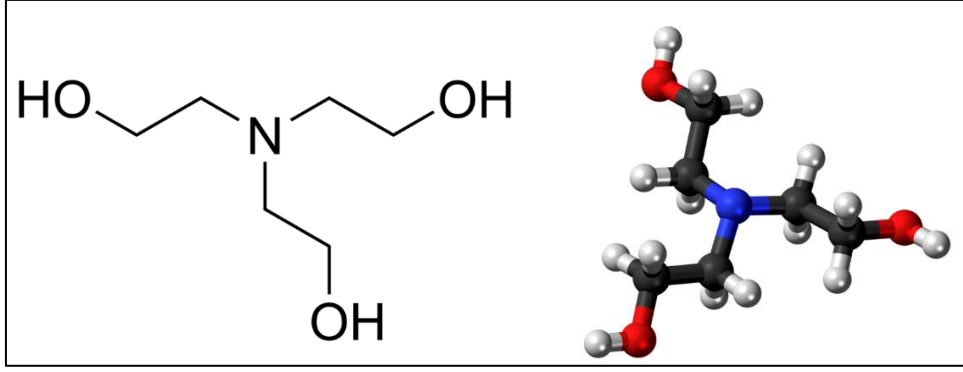
2,2',2''-Nitrilotrietanol (tris(hidroksimetil)amin), kombi temizlik kimyasallarında bir bileşen olarak kullanılabilir. Kombi temizlik kimyasalları, ısıtma sistemlerinde oluşabilen tortu, kireç ve pas gibi kirleticileri temizlemek ve sistemin verimliliğini artırmak için kullanılır.

2,2',2''-Nitrilotrietanol kombi temizlik kimyasallarında birkaç amaç için kullanılabilir:

**Kireç Çözme:** Kireç, suyun içinde bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzlarının birikmesi sonucu oluşan bir tortudur. 2,2',2''-Nitrilotrietanol, kirecin çözülmesine yardımcı olabilir ve bunun sonucunda kombi içerisindeki boruların ve eşanjörlerin daha iyi bir şekilde temizlenmesini sağlar.

**Pas Giderme:** Pas, metal yüzeylerde oluşan korozyon sonucu meydana gelir. 2,2',2''-Nitrilotrietanol, pasın çözülmesine yardımcı olabilir ve sistemin paslanmış bölgelerinin temizlenmesine katkıda bulunabilir.

**Temizlik ve Arıtma:** Bu bileşik, sistemde biriken tortu, organik kirleticiler ve diğer kalıntıları temizlemek için kullanılabilir. Kimyasal, sistem içindeki yüzeylere yapışmış olan kirleri çözebilir ve bu sayede daha etkili bir temizlik sağlar. (İnternet: Triethanolamine, 2023)



Şekil 2.6. 2,2',2''-Nitritotrietanol bileşiğine ait moleküler yapı



Resim 2.8. Sıvı 2,2',2''-Nitritotrietanol bileşiğine ait sıvı

## 2.6. Temizlik Kimyasallarının Kullanımı ve Etkileri

Kombi temizlik kimyasalları, kombi gibi ısıtma sistemlerinin bakımı ve temizliği için kullanılan özel formüle edilmiş kimyasal ürünlerdir. Kombi temizlik kimyasalları, kombi içinde biriken kireç, tortu ve diğer kirleticileri temizlemek ve sistemin daha verimli çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Kombi temizlik kimyasallarının kullanımı ve etkileri hakkında bazı temel bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

**Kullanım:** Kombi temizlik kimyasalları, genellikle kombi servisleri veya profesyonel tesisatçılar tarafından uygulanır. Kombi temizlik işlemi genellikle kombiye özel bir

solüsyonun sisteme enjekte edilmesiyle gerçekleştirilir. Bu solüsyon, kombi içindeki kireç, tortu ve diğer kirleticileri çözer ve daha sonra sistemden temizlenir.

**Temizlik Etkileri:** Kombi temizlik kimyasallarının ana amacı, kombi içinde biriken kireç ve tortuyu temizleyerek sistemdeki tıkanıklıkları ve verimsizliği gidermektir. Temizlik işlemi sonucunda aşağıdaki etkiler görülebilir:

**Daha iyi ısı transferi:** Kombi içindeki kireç ve tortunun temizlenmesi, ısı transferini artırır. Bu da kombinin daha verimli çalışmasını sağlar ve enerji tasarrufu sağlayabilir.

**Daha düşük enerji tüketimi:** Temiz bir kombi, daha az enerji harcar. Kireç ve tortunun birikimi, kombinin ısıtma suyunun daha fazla enerjiye ihtiyaç duymasına neden olabilir. Temizlik işlemiyle birlikte enerji tüketimi azalabilir.

**Daha uzun ömür:** Kombi temizlik kimyasallarının düzenli kullanımı, kombinin ömrünü uzatabilir. Kireç ve tortu birikimi, kombinin parçalarının aşınmasına ve zarar görmesine neden olabilir. Temizlik işlemi bu tür hasarları önleyebilir.

**Daha az arıza:** Temiz bir kombi, daha az arıza riski taşır. Kireç ve tortunun birikimi, kombi parçalarının düzgün çalışmasını engelleyebilir ve arızalara yol açabilir. Kombi temizlik kimyasalları, sistemdeki bu tür sorunları minimize edebilir.

**Olası riskler:** Kombi temizlik kimyasallarının yanlış kullanımı veya aşırı dozajı bazı risklere neden olabilir. Özellikle kombi üreticisi tarafından belirtilen talimatlara uyulmaması durumunda zararlı etkiler ortaya çıkabilir. Aşırı dozaj, kombi içindeki plastik veya metal parçalara zarar verebilir. Bu nedenle, kombi temizlik işlemi için her zaman uzman bir tesisatçıya veya kombi servisine başvurmak önemlidir.

Özetlemek gerekirse, kombi temizlik kimyasalları, kombi bakımı ve temizliği için özel olarak formüle edilmiş kimyasal ürünlerdir. Doğru şekilde kullanıldığında, kombi temizlik kimyasalları kombinin verimliliğini artırabilir, enerji tasarrufu sağlayabilir, kombinin ömrünü uzatabilir ve arızaları minimize edebilir. Ancak, doğru talimatlara uyulmaması veya yanlış kullanım durumunda zararlı etkiler ortaya çıkabilir (Davis, t.y).

Servis tarafından kullanımı;

Kombi içerisinde bulunan merkezi ısıtma çevrimi parçalarının tıkanma, paslanma, kireç gibi durumlarının giderilebilmesi için belli periyotlarla özel kimyasallarla temizlenmesi gerekmektedir.

Kombi merkezi ısıtma sistemi parçaları temizliği;

- Yılda bir kere yetkili servis tarafından gerçekleştirilir.
- Tavsiye edilen temizlik kimyasalı (1 LT), su ile yüksek oranda seyreltilerek kombi sistemine verilir.
- Kombi parçalarında tıkanık olduğu durumda tekrarlanabilir.



### 3. AŞINMA ANALİZİ YÖNTEMLERİ

#### 3.1. Aşınma

Aşınma, sürtünme veya diğer dış etkiler sonucunda bir nesnenin yüzeyinde meydana gelen aşındırıcı etkilerle oluşan madde kaybı veya deformasyondur. Aşınma genellikle malzemelerin temas halinde olduğu durumlarda meydana gelir ve zamanla malzeme yüzeyinin bozulmasına yol açabilir.

Aşınma, çeşitli faktörlerin etkisi altında gerçekleşebilir. Bunlar arasında sürtünme kuvveti, basınç, yüzey pürüzlülüğü, malzeme özellikleri ve çevresel koşullar gibi etkenler yer alır. Sürtünme, iki yüzey arasındaki hareket veya potansiyel hareketin direncidir. Sürtünme kuvveti, malzemelerin birbirine karşı uyguladığı dirençtir ve aşınma sürecinin ana nedenlerinden biridir.

Bir malzemenin aşınması, çeşitli etkilerin bir araya gelmesi sonucu gerçekleşir. Aşınma süreci aşağıdaki faktörlerin etkileşimiyle ortaya çıkar:

- **Sürtünme:** Sürtünme, iki yüzeyin birbirine temas ettiği ve birbirine karşı hareket ettiği durumlarda ortaya çıkar. Sürtünme kuvveti, malzemeler arasındaki temas ve kayma direncidir. Sürtünme kuvveti, malzemeler arasında temas yüzeyi üzerindeki moleküler etkileşimlerden kaynaklanır ve enerji kaybına neden olarak malzeme yüzeyinde aşınmaya yol açar.
- **Basınç:** Malzeme üzerine uygulanan basınç, aşınma sürecinde önemli bir rol oynar. Yüksek basınç, malzemeyi ezerek veya deforme ederek aşınma oluşumunu hızlandırabilir.
- **Yüzey Pürüzlülüğü:** Malzemenin yüzey pürüzlülüğü, aşınma sürecini etkileyebilir. Daha yüksek pürüzlü yüzeylerde, temas yüzeyinin alanı artar ve sürtünme kuvveti artış gösterebilir, bu da aşınma hızını artırabilir.
- **Malzeme Özellikleri:** Malzemenin özellikleri, aşınma direncini etkileyen faktörlerdir. Sertlik, tokluk, dayanıklılık ve kimyasal direnç gibi özellikler, malzemenin aşınmaya karşı direncini belirler.

- Çevresel Koşullar: Malzemenin aşınma hızını etkileyen çevresel koşullar arasında sıcaklık, nem, kimyasal etkiler ve diğer atmosferik koşullar yer alır. Örneğin, korozyon aşınmaya yol açabilir ve aşındırıcı ortamlar malzeme üzerinde hızlı madde kaybına neden olabilir.

Aşınma, malzeme yüzeyinde çeşitli etkilerle kendini gösterebilir. Bu etkiler arasında yüzeydeki madde kaybı, çizikler, yüzey pürüzlülüğünün artması, parçacıkların aşınmış yüzeyden ayrılması ve malzemenin şeklinde değişiklikler yer alabilir. Aşınma, makinelerde, araçlarda, yapı malzemelerinde ve birçok endüstriyel uygulamada karşılaşılan bir sorundur (Bildik, t.y).

Aşınmayı tam olarak tarif eden bir tanım yapmak zordur ancak kabul edilebilecek birkaç tanım şu şekilde yapılabilir:

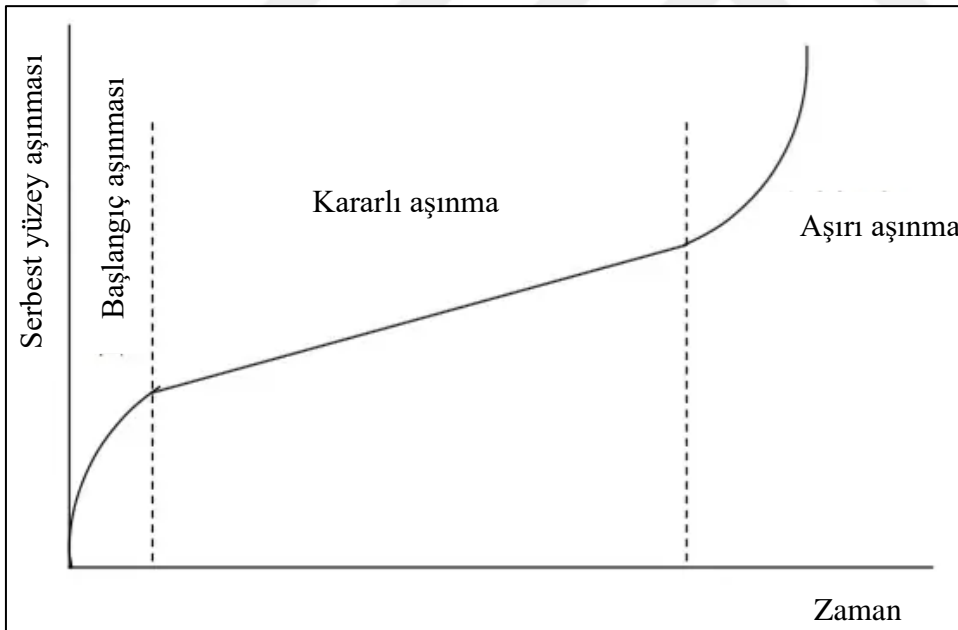
- Yüzey basıncı altında izafi hareket eden cisimlerde mekanik enerjinin etkisiyle yüzeylerden parçacıkların koparak malzeme yüzeyinin bozulmaya uğramasıdır.
- Bazı mekanik etkiler altında zamanla yüzeyde meydana gelen malzeme kaybıdır.
- Tribolojik zorlamalar nedeniyle katı cismin yüzeyinde sürekli olarak ilerleyen malzeme kaybıdır.
- Dış etkenlerle temas yüzeylerinde oluşan fiziksel ve kimyasal değişiklikler sonucu meydana gelen yıpranmalardır.

### 3.2. Aşınma Türleri

Aşınmayı türlerine ayırmak, literature göre farklılıklar gösterebilir. Tez çalışması kapsamında malzeme aşınma türleri incelenmiştir ve malzeme aşınma türlerine yer verilmiştir.

- *Yüzey Aşınması:* Yüzey aşınması, malzeme yüzeyinde sürtünme, darbe veya diğer dış etkilerle meydana gelen madde kaybı veya deformasyondur. Yüzey aşınması, malzeme yüzeyindeki tabakanın soyulması, yıpranması veya aşındırılması şeklinde ortaya çıkar. Yüzey aşınması, çeşitli faktörlerin etkisi altında gerçekleşir. Sürtünme, malzemelerin birbirine karşı hareket ettiği durumlarda yüzey aşınmasına neden olan önemli bir

etkendir. Malzeme yüzeyleri arasındaki sürtünme kuvveti, malzeme yüzeyindeki atomlar veya moleküller arasındaki etkileşimlerden kaynaklanır. Sürtünme kuvveti, malzeme yüzeyinde madde kaybına ve aşınmaya neden olan enerji kaybını temsil eder. Yüzey aşınması ayrıca darbe veya aşındırıcı maddelerin etkisiyle de oluşabilir. Darbeler veya aşındırıcı maddeler, malzeme yüzeyinde çizikler, yıpranmalar veya madde kaybına neden olabilir. Yüzey aşınması, çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve makinelerde karşılaşılan bir sorundur. Örneğin, metal parçaların sürtünmeye maruz kaldığı makine parçalarında yüzey aşınması meydana gelebilir. Yüzey aşınması, malzeme ömrünü kısaltabilir, performansı düşürebilir ve hatta arızalara neden olabilir. Yüzey aşınmasını azaltmak veya kontrol altına almak için çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemler arasında yağlama, sertleştirme, kaplama, yüzey pürüzlülüğünün azaltılması ve uygun malzeme seçimi gibi stratejiler yer alır. Bu önlemler, malzeme yüzeyinin dayanıklılığını artırarak yüzey aşınmasının etkilerini azaltmaya veya geciktirmeye yardımcı olur.



Şekil 3.1. Zamana göre serbest yüzey aşınma gelişimi (Makine Eğitimi, 2023)

- *Yorulma Aşınması:* Yorulma aşınması (tribolojik aşınma), yüzeylerin birbirine sürtünerek ve kayarak temas ettiği durumlarda ortaya çıkan bir aşınma türüdür. Yorulma aşınması, sürtünme, darbe ve diğer mekanik etkilerin birleşimiyle gerçekleşir. Yorulma aşınması, malzeme yüzeylerinin birbirleriyle temas halinde olduğu tribolojik sistemlerde (örneğin, makine parçaları, yataklar, dişliler) yaygın olarak görülür. Bu

süreçte, yüzeylerdeki mikroskobik deformasyonlar, sürtünme kuvvetleri ve yerel yüklemeler nedeniyle malzeme tabakasının soyulması veya yıpranması meydana gelir.

Yorulma aşınmasının birkaç farklı mekanizması vardır:

- *Yüzey Yıpranması:* Sürtünme kuvvetleri ve yerel yüklemeler, malzeme yüzeyinde çizikler, mikroçatlaklar ve plakaların oluşmasına neden olur. Bu yıpranmalar zamanla büyüyebilir ve malzeme tabakasının kaybına yol açabilir.
- *Malzeme Soyulması:* Sürtünme ve kayma, malzeme yüzeyindeki atomlar veya moleküllerin birbirinden ayrılmasına ve soyulmasına neden olabilir. Bu, malzeme yüzeyinde madde kaybına yol açar.
- *Aşındırma ve Oksidasyon:* Sürtünme ve sürtünme sırasında ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar, malzeme yüzeyinde aşındırma ve oksidasyon reaksiyonlarına neden olabilir. Bu da malzeme kaybına ve yüzey aşınmasına yol açar. Yorulma aşınmasının etkileri, malzeme ömrünü kısaltabilir, performansı düşürebilir ve tribolojik sistemlerin verimliliğini etkileyebilir. Yorulma aşınmasını kontrol altına almak veya azaltmak için çeşitli önlemler alınabilir. Bu önlemler arasında uygun yağlama, yüzey sertleştirme, kaplama, yüzey pürüzlülüğünün azaltılması, malzeme seçimi ve tasarım optimizasyonu gibi stratejiler yer alır. Triboloji, yorulma aşınması ve diğer tribolojik olaylarla ilgilenen bir bilim dalıdır. Triboloji çalışmaları, malzeme ve sistemlerin aşınma ve sürtünme direncini artırmak, enerji kaybını azaltmak ve tribolojik performansı iyileştirmek için kullanılır.
- *Kavitasyon Aşınması:* Kavitasyon aşınması, sıvı akışında yüksek hızlı basınç düşüşleri ve kabarcık oluşumu nedeniyle malzeme yüzeyinde meydana gelen erozyon şeklidir. Bu aşınma türü, genellikle sıvıların akışkanlığına ve hızına bağlı olarak ortaya çıkar. Kavitasyon aşınması, kabarcık oluşumu ve çökmesiyle karakterizedir. Sıvı akışında bölgesel olarak basınç düşerse, sıvının yerel basınç değeri buharlaşma noktasının altına düşebilir. Bu durumda, sıvıdaki gaz veya buhar kabarcıkları oluşur. Basınç tekrar arttığında, bu kabarcıklar hızla çöker ve patlar. Kabarcık çökmesi ve patlaması sırasında etrafındaki sıvı, yüksek hızlı jetler şeklinde malzeme yüzeyine çarpar ve erozyon etkisi yaratır. Bu süreç, malzeme yüzeyinde çizikler, oyuklar ve madde kaybına neden olabilir. Kavitasyon aşınması genellikle yüksek hızlı akışkanlarla çalışan sistemlerde gözlenir. Örnek olarak, denizaltı pervaneleri, pompa kanatçıkları, türbinler, gemi pervaneleri gibi suyun yüksek hızda akıtıldığı makinelerde kavitasyon aşınması görülebilir. Kavitasyon aşınması, malzeme yüzeylerinde hızlı madde kaybına

ve parçaların hasar görmesine neden olabilir. Bu da sistemlerin performansını düşürebilir ve ömürlerini kısaltabilir. Kaviteasyon aşınmasını önlemek veya azaltmak için çeşitli stratejiler kullanılır. Bunlar arasında malzeme seçimi, yüzey sertleştirme, akışkan hızının düzenlenmesi, akış düzeneklerinin tasarımı ve kaviteasyonu azaltıcı önlemler (örneğin, düzgün akış profilleri ve kabarcık oluşumunu engelleyen tasarımlar) yer alır. Bu önlemler, kaviteasyon aşınmasının etkilerini azaltarak sistemlerin daha uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlar.

- *Kimyasal Aşınma:* Kimyasal aşınma, malzemenin kimyasal etkileşimler sonucu madde kaybına uğraması veya yüzeyin bozulmasıdır. Bu aşınma türü, malzemenin temas halinde olduğu kimyasal maddelerin etkisiyle meydana gelir. Kimyasal aşınma, çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve etkileşimler sonucunda ortaya çıkar. Malzeme, agresif kimyasal ortamlara veya kimyasal maddelerin saldırısına maruz kaldığında, malzeme yüzeyinde çeşitli değişiklikler gerçekleşir. Bu değişiklikler, malzeme yüzeyinin erozyonu, çözünmesi, çürümesi veya kimyasal bileşiminin değişmesi şeklinde olabilir. Kimyasal aşınma, genellikle metal ve alaşım malzemeleri üzerinde gözlemlenir. Örneğin, asitler, bazlar, tuzlar, oksidasyon ortamları ve diğer kimyasal maddeler metal yüzeylerinde aşındırmaya neden olabilir. Bu tür aşınma, malzemenin kimyasal yapısının değişmesiyle birlikte erozyon, korozyon veya çözünme olarak ifade edilebilir. Kimyasal aşınmanın etkileri, malzeme yüzeyinde tabaka kaybına, delinmelere, çatlaklara veya erozyona yol açabilir. Bu da malzeme ömrünü kısaltabilir, performansını düşürebilir ve hatta yapısal bütünlüğünü tehlikeye atabilir. Kimyasal aşınmayı kontrol altına almak veya azaltmak için çeşitli önlemler alınır. Bunlar arasında malzeme seçimi, uygun kaplamaların kullanımı, koruyucu katmanların oluşturulması, kimyasal ortamların düzenlenmesi ve uygun bakım ve temizlik yöntemlerinin uygulanması yer alır. Bu önlemler, malzemenin kimyasal dayanıklılığını artırarak kimyasal aşınma etkilerini azaltmaya veya geciktirmeye yardımcı olur (Li, Xu ve Zhu, 2017).

### 3.3. Aşınmaya Etki Eden Faktörler

Aşınmaya etki eden faktörleri genel olarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Sürtünme
- Malzemenin yapısı (mikro, kristal)

- Malzemenin içeriği, kimyasal bileşimi
- Malzemenin cinsi
- Malzemenin sertliği
- Ortama bağlı faktörler
- Sıcaklık
- Isıl işlem
- Yük
- Hız

Bu faktörler, aşınmanın şiddetini ve hızını belirleyebilir. Malzeme tasarımı, yüzey işlemi ve uygun yağlama gibi stratejiler, bu faktörlerin kontrol altına alınmasında etkili olabilir ve aşınmanın azaltılmasına yardımcı olabilir (Asi, 2008).

#### **3.4. Aşınma Analizi Yöntemleri**

Aşınma analizi, bir malzemenin veya sistemin aşınma davranışının incelenmesi ve değerlendirilmesidir. Bu analizler, aşınma mekanizmalarının anlaşılması, aşınma hızının belirlenmesi, aşınma kaynaklı hasarların tespiti ve aşınma direncinin artırılması için çözümlerin geliştirilmesi amacıyla yapılır.

Aşınma analizi genellikle aşağıdaki adımları içerir ve tez çalışması kapsamında bu adımlar izlenmiştir.

*Aşınma Mekanizmalarının İncelenmesi:* İlk adım, aşınmanın hangi mekanizmalarla gerçekleştiğini anlamaktır. Yüzey yıpranması, soyulma, aşındırma, korozyon gibi farklı aşınma mekanizmaları olabilir. Bu mekanizmaların belirlenmesi, uygun analiz yöntemlerinin seçilmesine yardımcı olur.

*Numune Hazırlığı:* Aşınma analizi için numune hazırlığı önemlidir. Numuneler, aşınma testlerine tabi tutulacak şekilde belirli boyutlarda hazırlanır. Numuneler, gerçek çalışma koşullarını yansıtabilecek şekilde temsil edilmelidir.

*Aşınma Testleri:* Aşınma analizi için çeşitli test yöntemleri kullanılır. Bu testler, numunenin aşınma direncini ve performansını değerlendirmek için gerçekleştirilir. Örnek test yöntemleri arasında pin-on-disk testi, tribolojik testler, çekiç darbe testleri, aşınma test standları ve gerçek çalışma koşullarını taklit eden testler bulunur.

*Aşınma Miktarı ve Hızının Belirlenmesi:* Aşınma analizinde, aşınma miktarı ve hızının belirlenmesi önemlidir. Aşınma izleri, aşınma derinliği veya ağırlık kaybı gibi ölçümler kullanılarak aşınma miktarı hesaplanır. Bu veriler, aşınma hızını değerlendirmek ve farklı malzemelerin veya kaplamaların performansını karşılaştırmak için kullanılabilir.

*Aşınma Kaynaklı Hasarın Değerlendirilmesi:* Aşınma analizi, aşınma kaynaklı hasarların tespit edilmesi ve değerlendirilmesi için kullanılır. Mikroskopik incelemeler, aşınma izlerinin ve yüzey deformasyonlarının incelenmesiyle yapılır. Hasarın tipi, yayılımı ve derinliği değerlendirilir.

*Aşınma Direncinin Artırılması için Çözümlerin Geliştirilmesi:* Aşınma analizi sonuçları, aşınma direncini artırmak için çözümlerin geliştirilmesinde kullanılır. Malzeme seçimi, yüzey işlemleri, kaplamalar, yağlama sistemleri ve tasarım değişiklikleri gibi stratejiler, aşınma direncini artırmak amacıyla uygulanabilir.

Aşınma analizi, malzeme mühendisliği, endüstriyel süreçler, otomotiv, havacılık, enerji ve diğer birçok sektörde aşınma problemlerinin çözümüne yönelik önemli bir araçtır. Analiz sonuçları, malzeme performansını artırma, aşınma direncini geliştirme ve ömrü uzatma açısından önemli bilgiler sağlar.

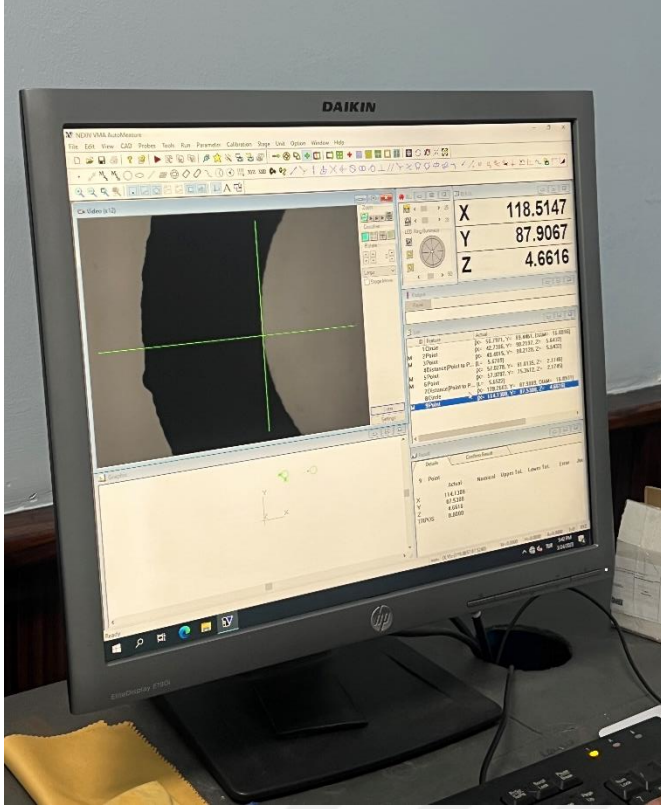
Aşınmayı analiz etmek için kullanılan yöntemler literatürde farklılık göstermektedir. Hangi yöntemin seçileceği, incelenen malzemenin özelliklerine, aşınma koşullarına ve analiz amacına bağlıdır. Kombine bir yaklaşım, farklı yöntemlerin bir arada kullanılması, daha kapsamlı bir aşınma analizi sağlayabilir.

Aşınma analizi için bir dizi yöntem ve teknik bulunmaktadır. İşte yaygın olarak kullanılan bazı aşınma analizi yöntemleri:

- Pin-on-Disk Testi: Bu test yöntemi, bir numunenin (pim) sabit bir yüzey (disk) üzerinde kaydırılmasıyla gerçekleştirilir. Numunenin aşınma direnci, aşınma miktarı ve aşınma hızı gibi parametreler ölçülerek değerlendirilir.
- Tribolojik Testler: Triboloji, sürtünme, aşınma ve yağlama gibi yüzeylerin etkileşimlerini inceleyen bir bilim dalıdır. Tribolojik testler, aşınma davranışını değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanır. Bu yöntemler arasında eğilim testleri, çizgi testleri, yuvarlanma testleri, dönme testleri ve slayt testleri bulunur.
- Mikroskobik İncelemeler: Aşınma analizinde mikroskobik incelemeler, aşınma izlerinin ve yüzey deformasyonlarının incelenmesi için kullanılır. Işık mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve transmisyon elektron mikroskobu (TEM) gibi mikroskopik teknikler, aşınma mekanizmalarını, hasarın tipini ve yayılımını incelemek için kullanılır.
- Aşınma Test Standları: Aşınma test standları, belirli çalışma koşullarını taklit ederek malzemenin aşınma direncini değerlendirmek için kullanılır. Bu testler, malzeme numunelerine belirli yükler, hızlar, ortam koşulları ve sürtünme etkileri uygular.
- Aşınma Direnci Testleri: Aşınma direnci testleri, malzeme numunelerinin belirli aşınma koşullarında ne kadar dayanıklı olduğunu değerlendirmek için kullanılır. Bu testler, aşınma kaynaklı ağırlık kaybı, derinlik ölçümleri, profil analizi, aşınma izlerinin boyutu ve şekli gibi parametreleri kullanarak aşınma direncini değerlendirir.
- Gerçek Çalışma Koşullarını Taklit Eden Testler: Bazı durumlarda, gerçek çalışma koşullarını taklit eden testler yapılır. Bu testler, malzemenin aşınma direncini gerçek kullanım senaryolarında değerlendirmek için tasarlanır. Örneğin, otomotiv endüstrisinde motor testleri veya türbinlerde kullanılan özel test cihazları bu kategoriye girer.

Bu yöntemler, aşınma analizinde yaygın olarak kullanılan araçlardır (Can, 2006).

Tez çalışması kapsamında, aşınmayı analiz etmek için mikroskobik incelemeler yöntemi kullanılmıştır. Metaller üzerindeki aşınmayı daha detaylı ele alabilmek için, testlerden önce ve sonra kombiye giren sudan numune örnekleri alınarak, su analizi gerçekleştirilmiştir. Sudaki metal konsantrasyonu ölçülmüştür. Analiz detayları Bölüm 5.3'te aktarılmıştır.



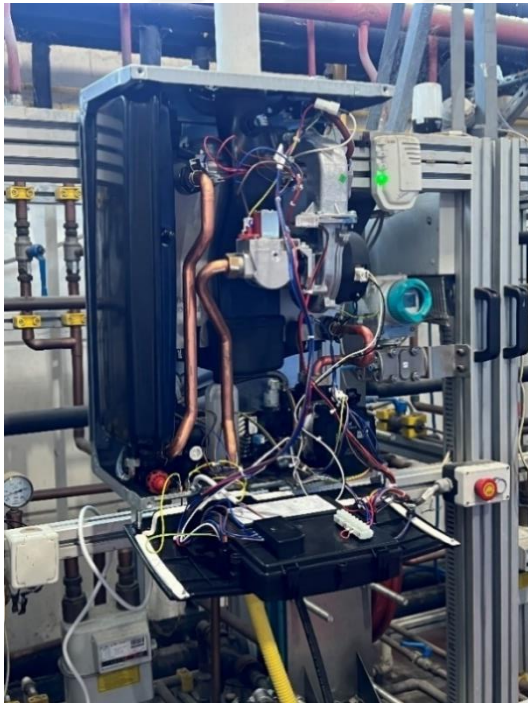
Resim 3.1. Aşınma analizi belirlemek için mikroskobik inceleme



## 4. DENEYSEL YÖNTEMLER

### 4.1. Deney Tasarımı

Merkezi ısıtma parçalarında kombi temizlik kimyasallarının aşınma etkisini analiz etmek için tasarlanan deneyde, gerçek kullanıcıya ait kullanım şartlarına göre hazırlanmış bir kombi ve ömür testi standı kullanılmıştır. Bu deneyin amacı, kombi temizlik kimyasallarının merkezi ısıtma parçaları üzerindeki aşınma etkisini değerlendirmektir. Gerçek kullanıcıların günlük kullanımda karşılaştığı faktörler, deney tasarımına entegre edilmiştir. Böylece, deney gerçek kullanım senaryolarını taklit edebilir ve kombi temizlik kimyasallarının gerçek kullanım koşullarında nasıl etkilediğini değerlendirebilir. Deney için gerçek kullanıcıya ait kullanım şartlarına uygun olarak hazırlanan bir kombi kullanılmıştır. Ayrıca, ömür testi standı da kullanılmıştır, bu stand kombinin aşınma etkisini uzun bir süre boyunca test etmek için tasarlanmıştır. Bu şekilde, kombi temizlik kimyasallarının merkezi ısıtma parçaları üzerindeki etkisini ölçmek ve aşınma mekanizmalarını değerlendirmek amacıyla aşınma analizi yapılmıştır.



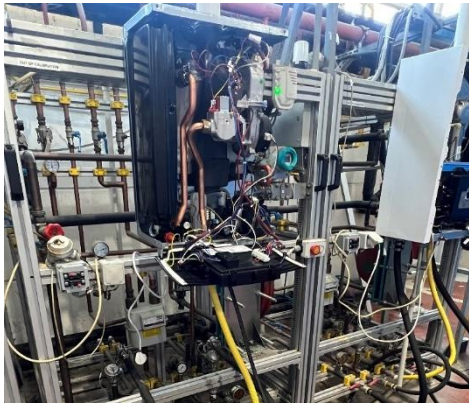
Resim 4.1. Gerçek kullanım koşullarını taklit eden ömür testi standı

Ömür testi standı, bir ürünün veya bir malzemenin belirli bir süre boyunca gerçek kullanım koşullarını taklit ederek dayanıklılığını ve performansını değerlendirmek için kullanılan bir test cihazı veya sistemidir. Bu test standları, ürünlerin ömürlerini belirlemek, tasarım değişikliklerini değerlendirmek, iyileştirmeler yapmak veya belirli standartlara uymasını sağlamak amacıyla kullanılır.

Ömür testi standları, ürünün maruz kalacağı stres faktörlerini simüle etmek için kontrol edilebilen bir dizi parametreye sahip olabilir. Örneğin, bir otomobil parçasının ömür testi standı, parçanın sürekli olarak titreşim, termal döngüler, yüksek hız veya yük altında çalışma gibi gerçek kullanım koşullarını taklit edebilir. Bu test standları, ürünün ne kadar süre veya ne kadar kullanım döngüsü boyunca sorunsuz çalışabileceğini, performansını, dayanıklılığını ve aşınma direncini değerlendirmek için kullanılır.

Ömür testi standları, belirli bir süre boyunca sürekli test yapılmasına olanak sağlayan otomatik veya yarı otomatik sistemler olabilir. Bu testler genellikle belirli bir sayıda döngü veya belirli bir süre boyunca gerçekleştirilir ve ürünün veya malzemenin performansı, aşınma miktarı, mukavemeti veya diğer belirlenmiş özellikler üzerindeki değişimler izlenir.

Ömür testi standları, ürünlerin güvenilirliğini ve dayanıklılığını artırmak, pazarlama öncesi ve sonrası kalite kontrolünü sağlamak, müşteri memnuniyetini artırmak ve ürün tasarımında iyileştirmeler yapmak için önemli bir araçtır. Bu testler, ürünün gerçek kullanım şartlarına ne kadar uygun olduğunu belirlemek için önemli veriler sağlar ve kalite güvencesi süreçlerinin bir parçası olarak kullanılır.



Resim 4.2. Kombin ömür testi standı

## 4.2. Komponent Seçimi

Testlere başlamadan önce, kombi merkezi ısıtma çevriminde yer alan test edilecek parçalar belirlenmiştir. Bu parçalar arasında elastomer, plastik, alüminyum ve bakır malzemeler bulunmaktadır. Bu seçim, kombi sisteminin önemli bileşenlerini ve farklı malzeme tiplerini kapsamaktadır. Elastomerler, yani elastik özelliklere sahip kauçuk benzeri malzemeler, conta veya keçe gibi sızdırmazlık elemanları olarak kullanılan parçalardır. Plastik malzemelere örnek olarak pompa gövdesi gibi bileşenler verilebilir. Plastik malzemeler, kombi sisteminin bazı işlevlerini yerine getirmek için kullanılır. Alüminyum ve bakır ise ısı transferi ve ısı değişimi için kullanılan ısı eşanjörü gibi parçalarda tercih edilen malzemelerdir. Bu parçaların belirlenmesi, deneyin kombi sisteminin önemli bileşenlerini kapsayacak şekilde gerçekleştirildiğini ve farklı malzeme tiplerinin aşınma etkisini değerlendirecek bir analiz yapılacağını göstermektedir.

Seçilen komponentler görsellerle aşağıda verilmiştir.

- Elastomer Komponentler;

Elastomerler, elastik özelliklere sahip olan polimerik malzemelerdir. Bu malzemeler, doğal kauçuk, sentetik kauçuk veya elastomerik polimerler gibi çeşitli formda bulunabilirler. Elastomerler, yüksek esneklik, geri dönüşümlü deformasyon ve sıkıştırılabilirlik gibi özelliklere sahiptir.

Elastomerler, genellikle sızdırmazlık, titreşim emilimi, yalıtım ve darbe emilimi gibi uygulamalarda kullanılırlar. Bu nedenle, otomotiv, tüketici elektroniği, tıbbi cihazlar, inşaat malzemeleri ve endüstriyel ekipmanlar gibi çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan önemli bir malzeme grubudur.

Elastomer komponentler, conta, keçe, salmastra, yaylar, conta elemanları, lastik contalar, kauçuk kaplamalar ve hortumlar gibi birçok farklı şekillerde bulunabilirler. Bu komponentler, sızdırmazlık sağlamak, titreşim ve gürültüyü azaltmak, sıcaklık değişikliklerine uyum sağlamak veya mekanik darbelerle dayanıklılık göstermek gibi önemli işlevleri yerine getirirler.

Elastomerler genellikle esnek, hafif, izolasyon özellikleri taşıyan ve iyi kimyasal dirence sahip olan malzemelerdir. Farklı elastomer türleri, farklı sıcaklık aralıklarında çalışabilir ve çeşitli ortamlara dayanıklılık gösterebilir. Örneğin, nitril kauçuk yağ direnci sağlarken, silikon kauçuk yüksek sıcaklık toleransı sunar.

Kombi içerisinde kullanılan elastomerler sızdırmazlık sağlama amaçlı kullanılmaktadır. Testler kapsamında dört farklı boyutta elastomer seçimi gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.3. Plakalı eşanjör contası

Resim 4-3'de yer alan plakalı eşanjör contası, seçilen kombide toplam dört adet kullanılmaktadır.



Resim 4.4. 17x3 O-ring

Resim 4-4'de yer alan 17x3 O-ring, seçilen kombide toplam dört adet kullanılmaktadır.



Resim 4.5. 18.64 x 3.53 O-ring

Resim 4.5'de yer alan 18.64 x 3.53 O-ring, seçilen kombide toplam bir adet kullanılmaktadır.



Resim 4.6. 17 x 4 O-ring

Resim 4.6'de yer alan 17 x 4 O-ring, seçilen kombide toplam bir adet kullanılmaktadır.

'O-ring' terimi, bir contanın şeklini ve yapısını tanımlamak için kullanılan bir terimdir. 'O' harfi, contanın kesit şeklinin bir halkayı andıran yuvarlak bir profili olduğunu ifade eder. 'O-ring', tam bir daire şeklinde olan ve içten veya dıştan basınca karşı sızdırmazlık sağlamak için kullanılan elastomerik bir contadır. 'O' harfi, contanın yuvarlak profilini temsil ederken, "ring" İngilizce'de halka veya yüzük anlamına gelir. Bu terim, O-ring'in genel şeklini ve tipini ifade etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Metal Komponentler;

Metal komponentler, çeşitli endüstrilerde geniş bir kullanım alanına sahip olan metal malzemelerden yapılmış parçalardır. Metal malzemeler, genellikle mükemmel mukavemet, dayanıklılık, ısı iletimi ve elektriksel iletkenlik gibi özelliklere sahiptir.

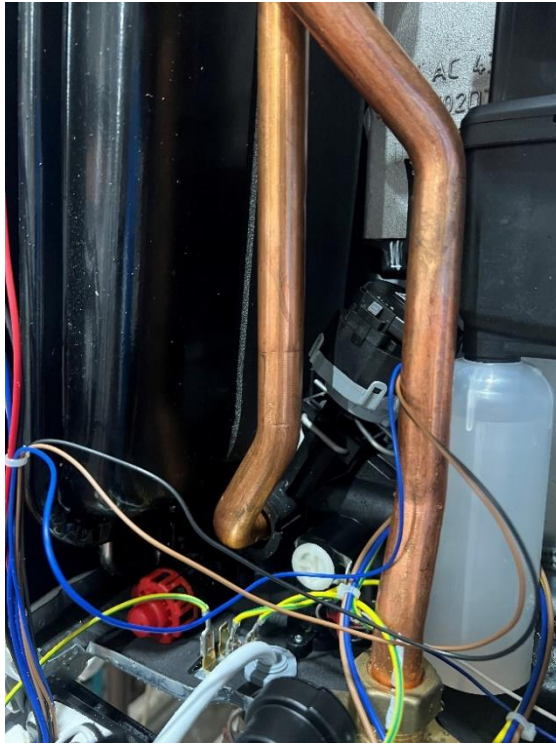
Metal komponentlerin farklı türleri vardır ve her biri belirli özelliklere sahip olabilir. Örneğin, çelik, geniş bir kullanım alanına sahip olan dayanıklı ve mukavemetli bir metaldir. Alüminyum, hafif olması, iyi ısı iletimi ve korozyon direnci gibi özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir metaldir. Bakır, yüksek elektriksel iletkenliği sayesinde elektrik ve elektronik uygulamalarda tercih edilen bir malzemedir.

Metal komponentlerin tasarımı, malzeme seçimi, işleme yöntemleri ve yüzey işlemleri gibi faktörler önemlidir. Bu faktörler, komponentin özelliklerini, performansını, dayanıklılığını ve uygunluğunu etkileyebilir. Metal komponentler, genellikle döküm, dövme, işleme ve kesme gibi üretim yöntemleriyle üretilir ve ihtiyaç duyulan özelliklere göre işlenir ve şekillendirilir.

Kombi içerisinde kullanılan metal komponentlere, ısı eşanjörü, yakıt brülörü, borular ve boru bağlantıları örnek verilebilir. Çalışma kapsamında, plakalı ısı eşanjörü, çıkış borusu, dönüş borusu, çıkış hidroblok, dönüş hidroblok, pompa komponentleri incelenmiştir.



Resim 4.7. Isıtma işleminin gerçekleştirildiği plakalı eşanjör



Resim 4.8. Su döngüsünün sağlandığı çıkış borusu

Kombi içerisindeki metal borular, ısınma sistemlerinde sıcak suyun veya buharın iletimini sağlamak için kullanılır. Genellikle bu borular, kombinin ısıtma bölümünden geçer ve suyun veya buharın taşınmasına yardımcı olur.

Kombi içerisindeki borular, genellikle yüksek sıcaklığa dayanabilen ve ısıyı verimli bir şekilde iletebilen malzemelerden yapılmıştır, örneğin çelik veya bakır gibi. Kombi içerisindeki borular, ısıtma işlemi sırasında suyun veya buharın enerjisini alır ve daha sonra dağıtım sistemi aracılığıyla ısıtma yapılacak odalara veya kullanım suyu hattına iletilir.

Bu borular, kombi sisteminin ana bileşenlerinden biridir ve doğru bir şekilde tasarlanmış ve yerleştirilmiş olmalıdır.



Resim 4.9. Su döngüsünün sağlandığı dönüş borusu



Resim 4.10. Su döngüsünün sağlandığı çıkış hidroblok



Resim 4.11. Su döngüsünün sağlandığı dönüş hidroblok

- Plastik Komponentler;

Plastik komponentler, genellikle polimer adı verilen sentetik malzemelerden yapılmış parçalardır. Plastikler, çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan malzemelerdir.

**Polimer Malzemeler:** Plastikler, polimer adı verilen büyük moleküllerden oluşan malzemelerdir. Polimerler, doğal veya sentetik olarak elde edilebilir. Sentetik polimerler, genellikle petrokimyasal kaynaklardan üretilir ve farklı özelliklere sahip olabilecek çeşitli türlerde mevcuttur.

**Esneklik ve Mukavemet:** Plastik komponentler, esneklik ve mukavemet gibi özelliklerde farklılık gösterebilir. Bazı plastikler yumuşak ve esnekken, diğerleri sert ve dayanıklı olabilir. Plastiklerin malzeme seçimindeki farklılıklar, uygulama gereksinimlerine bağlıdır.

**Hafiflik:** Plastik malzemeler genellikle hafiftir. Bu özellik, birçok uygulamada tercih edilmelerini sağlar. Özellikle taşımacılık sektöründe, hafiflik plastik komponentlerin kullanımını popüler hale getirir ve yakıt verimliliğini artırabilir.

**Kolay İşlenebilirlik:** Plastikler, çeşitli şekil ve boyutlarda üretilebilir. İstenilen şekle getirilebilmeleri, plastik komponentlerin tasarım özgürlüğünü artırır. Plastikler, enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon, döküm ve diğer işleme yöntemleriyle kolayca şekillendirilebilir.

**Korozyona Dayanıklılık:** Birçok plastik türü, korozyona dayanıklı olabilir. Bu özellik, plastik komponentlerin kimyasal maddelere ve çevresel etkilere karşı dayanıklılığını artırır.

Bu nedenle, plastikler, metal komponentlerin kullanılmaması gereken çevrelerde avantajlı olabilir.

**Elektriksel Yalıtım:** Plastikler, elektrik yalıtım özelliklerine sahip olabilir. Elektrik ve elektronik uygulamalarda kullanıldıklarında, plastik komponentlerin yalıtım sağlaması elektriksel güvenliği sağlar.

Plastik komponentlerin kullanımı, geniş bir endüstri yelpazesinde yaygındır. Otomotiv, elektronik, tıbbi cihazlar, ev aletleri, ambalaj, inşaat ve daha birçok sektörde plastik komponentler bulunabilir.

Kombi içerisinde kullanılan plastik komponentler aşağıdaki gibi örneklendirilebilir.

**Plastik Su Bağlantı Parçaları:** Kombi, su akışını sağlamak ve yönlendirmek için plastik su bağlantı parçaları kullanır. Bu parçalar, su giriş ve çıkışı, dolum vanası, besleme hortumları ve bağlantı elemanları gibi işlevlere sahip olabilir.

**Plastik Kapaklar ve Panel Parçaları:** Kombi, iç bileşenlerini korumak ve dış etkenlere karşı izole etmek için plastik kapaklar ve panel parçaları kullanır. Bu parçalar, kombinin dış görünümünü düzenler ve erişilebilirlik sağlar.

**Plastik Gaz Emniyet Ventili:** Kombi, güvenlik amacıyla gaz emniyet ventili kullanır. Bu plastik komponent, gaz akışını kontrol eder ve aşırı basınç veya diğer tehlikeli durumlar ortaya çıktığında gazın kesilmesini sağlar.

**Plastik Drenaj Boruları:** Kombi içinde kondens suyunun drenajını sağlamak için plastik drenaj boruları kullanılır. Bu borular, kombi içerisinde biriken kondens suyunun güvenli bir şekilde dışarı atılmasını sağlar.

**Plastik Sıcaklık Sensörleri:** Kombi, sıcaklık kontrolü ve güvenlik için plastik sıcaklık sensörleri kullanır. Bu sensörler, kombinin içindeki su veya gaz sıcaklığını ölçer ve gerektiğinde uygun işlemleri başlatır.

Plastik Pompa Gövdesi: Plastik pompa kullanımının avantajları arasında hafiflik, korozyona dayanıklılık, sessiz çalışma, düşük titreşim ve düşük enerji tüketimi gibi faktörler bulunabilir. Plastik pompa kullanımı, belirli uygulama gereksinimlerine bağlıdır ve üretici tarafından tasarım ve malzeme seçimi aşamalarında dikkate alınır.

Kombi içerisinde kullanılan plastik pompa gövdesi analizler sürecinde ele alınmıştır.



Resim 4.12. Sıcak suyun üretimini ve dağıtımını sağlamak için devir daim yapan pompa

### 4.3. Komponent İncelemesi

Testlere başlamadan önce, ilgili komponentler detaylı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Bu inceleme, komponentlerin başlangıç durumunu değerlendirmek ve testlerin etkilerini takip etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Testlerin tamamlanmasının ardından, komponent incelemeleri tekrarlanmıştır ve testlerin neden olduğu herhangi bir deformasyon veya değişiklik belirlenmiştir. Bu incelemeler, komponentlerin performansını ve dayanıklılığını değerlendirmek için önemli bir adımdır. Elde edilen veriler, test sonuçlarıyla karşılaştırılarak, test sürecinin komponentler üzerindeki etkisini objektif bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olmuştur. Bu bilgiler, ilerideki tasarım iyileştirmeleri veya üretim süreçlerinin optimize edilmesi için önemli bir referans noktası sağlar.

Yapılan komponent incelemesi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. İncelemeler arasında komponentlerin sertlik ölçümü yer almaktadır. Sertlik ölçümü, malzemenin yüzey sertliğini belirlemek için yapılan bir testtir. Buna ek olarak, komponentlerin iç çap ve

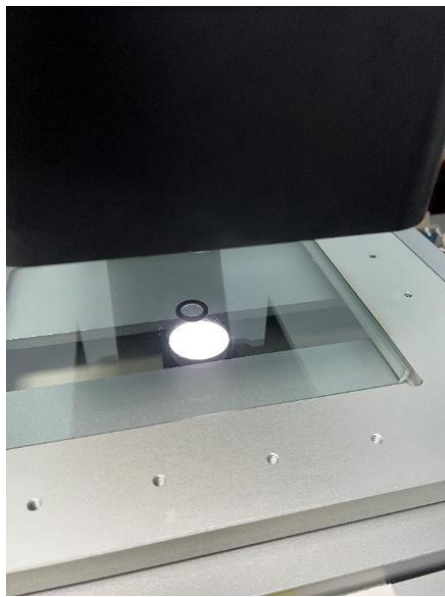
kalınlığı ölçülmüştür. Bu ölçümler, komponentlerin geometrik özelliklerini değerlendirmek ve uygunluğunu kontrol etmek amacıyla yapılmıştır.

Komponentler üzerinde çapak ölçümü de yapılmıştır. Çapak ölçümü, işleme süreci sırasında oluşabilecek kesici kenarların veya diğer hataların varlığını tespit etmek için gerçekleştirilen bir testtir. Bu ölçüm, komponentlerin işleme kalitesini ve yüzey durumunu belirlemek için önemlidir.

Ayrıca, mikroskopik inceleme yapılmıştır. Bu inceleme, komponentlerin yüzey detaylarını ve mikro yapısını inceler. Mikroskopik inceleme, malzemenin homojenliğini, çatlaklarını veya diğer mikro yapısal özelliklerini değerlendirmek için kullanılır.

Son olarak, hassas terazi ile ağırlık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm, komponentlerin hassas ağırlığını belirlemek ve üretim sürecindeki toleransları kontrol etmek amacıyla yapılır.

Tüm bu incelemeler, komponentlerin kalite, geometri, işleme durumu ve uygunluk açısından değerlendirilmesine yardımcı olur. Bu bilgiler, testlerin sonuçlarının daha kapsamlı bir şekilde yorumlanmasına ve gerekirse tasarım veya üretim süreçlerinde iyileştirmeler yapılmasına olanak tanımıştır.



Resim 4.13. O-ringlerin çapak ölçümü



Resim 4.14. Hassas terazi ile hafif komponentlerin ağırlık ölçümü

Bölüm 4.2’de yer alan elastomer komponentlerin, testlerden önce sertlikleri, iç çapları, kalınlıkları ve çapak boyutları ölçülmüştür. Ölçümler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bir kombi içerisinde toplam 10 O-ring seçilmiştir (Resim 4.16) ; *Dört adet plakalı eşanjör contası, dört adet 17 x 3 O-ring, bir adet 18.64 x 3.53 O-ring, bir adet 17 x 4 O-ring* (Resim 4.15)

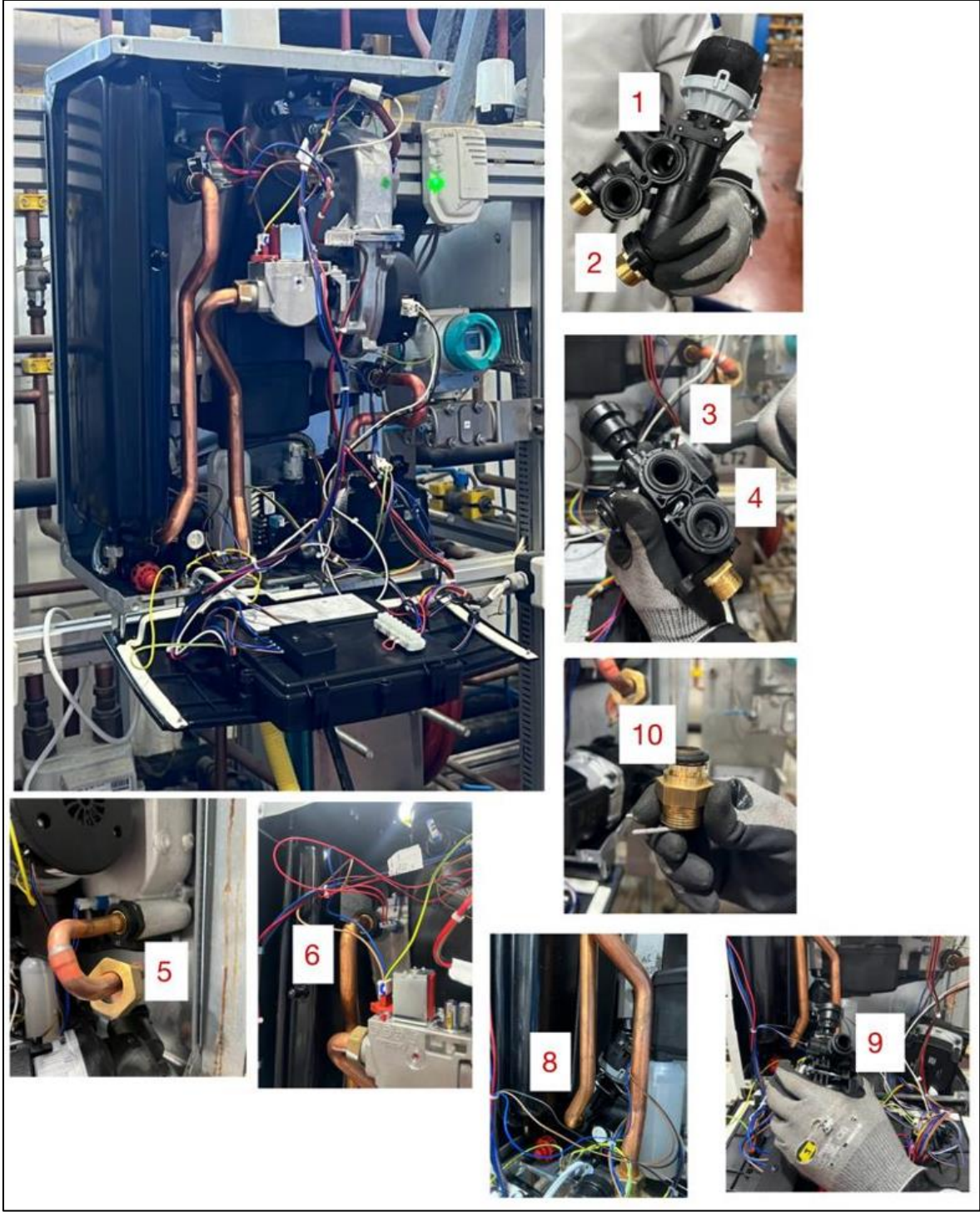
Çizelge 4.3’te verildiği gibi, kimyasalsız sadece su ile yapılan test (Test 1), Sentinel X100 kimyasalı ile yapılan test (Test 2) ve Deren 110 kimyasalı ile yapılan test (Test 3) olmak üzere toplam 30 adet O-ring incelemesi gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.15. 'Bir test' için kullanılan toplam O-ringler

Çizelge 4.1. Testler öncesi komponent incelemesi (O-ringler)

O-RİNG	SERTLİK (SHORE)	İÇ ÇAP (MM)	KALINLIK (MM)	ÇAPAK (MM)	AĞIRLIK (GRAM)
1	82	16,89	5,67	0,3	2,78859
2	83	16,89	5,69	0,37	2,78833
3	86	16,85	5,71	0,32	2,79408
4	85	16,94	5,69	0,18	2,78592
5	69	16,86	3,05	0,13	0,50577
6	69	16,86	3	0,13	0,49883
7	71	16,88	2,94	0,12	0,49453
8	69	16,91	3,05	0,12	0,51734
9	71	18,58	3,56	0,18	0,77525
10	75	16,91	3,94	0,05	1,09898
11	82	16,97	5,59	0,48	2,79014
12	81,5	16,96	5,67	0,14	2,77266
13	83	16,85	5,71	0,22	2,77853
14	81	16,84	5,55	0,28	2,78038
15	69	16,97	3	0,1	0,51009
16	71	16,77	3,02	0,08	0,48235
17	71	16,97	2,99	0,1	0,49155
18	70	16,97	3,05	0,12	0,51130
19	71	18,57	3,58	0,18	0,78212
20	72	16,86	3,95	0,03	1,08749
21	86	16,86	5,69	0,15	2,77120
22	84	16,90	5,69	0,45	2,80010
23	86	16,93	5,76	0,25	2,77926
24	86	16,85	5,63	0,29	2,76946
25	70	16,82	3,09	0,12	0,51199
26	68	16,97	2,99	0,12	0,49981
27	70	16,83	3	0,15	0,50660
28	70	16,88	3,05	0,1	0,50810
29	71	18,61	3,56	0,008	0,75453
30	78	16,90	3,92	0	1,06306



Resim 4.16. Bir kombi içerisinde toplam 10 adet O-ring kullanım yerleri

Resim 4.16'da gösterilen 10 O-ring Tablo 4.1'de gösterilen O-ringlerdir. 10-20 arası ve 20-30 arası kullanılan O-ring yerleri aynıdır. (Yani, birinci O-ring, on birinci O-ring ve yirmi birinci O-ring aynı yerde (fotoğrafta birinci O-ring olarak gösterilen yerde), dördüncü O-ring, on dördüncü O-ring ve yirmi dördüncü O-ring aynı yerde (fotoğrafta dördüncü O-ring olarak gösterilen yerde) kullanılmaktadır.)

Ölçümler sırasında yapılan incelemelerin bir parçası olarak, komponentlerle ilgili çeşitli görseller kaydedilmiştir. Bu görseller, ölçüm ve inceleme sürecinde elde edilen verilerin görsel bir temsilini sağlamaktadır. Ölçümler sırasında çekilen görseller, komponentlerin sertlik ölçümü, iç çap ve kalınlık ölçümü, çapak ölçümü, mikroskopik inceleme ve hassas terazi ile ağırlık ölçümü gibi farklı testlerin sonuçlarını yansıtmaktadır. Bu görseller, analizlerde kullanılmak üzere belgeleme amacıyla kaydedilmiş ve inceleme sürecinin bir parçası olarak değerlendirilmiştir.

Ağırlık ölçümüne ait görseller için ‘Resim 4.14’ görseli dikkate alınabilir.

- Sertlik Ölçümlerine Ait Görseller:

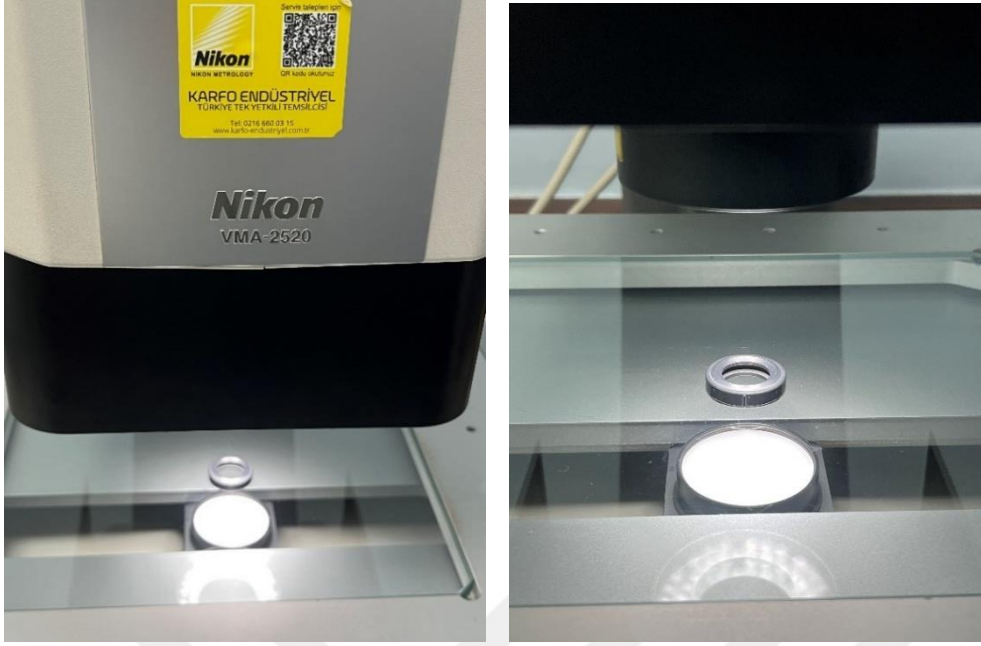
Ölçüm cihazından, Ek-2’de bahsedilmiştir.



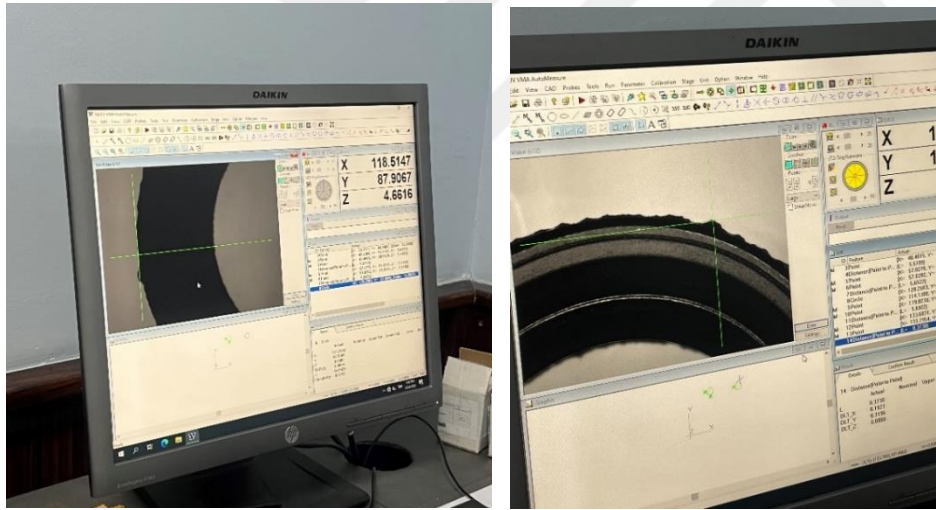
Resim 4.17. Çizelge 4.1’de yer alan birinci O-ringe (a) ve onuncu O-ringe (b) ait sertlik ölçümü

- İç Çap – Kalınlık Ölçümüne Ait Görseller:

Ölçüm cihazından, ‘Ek-2’de bahsedilmiştir.

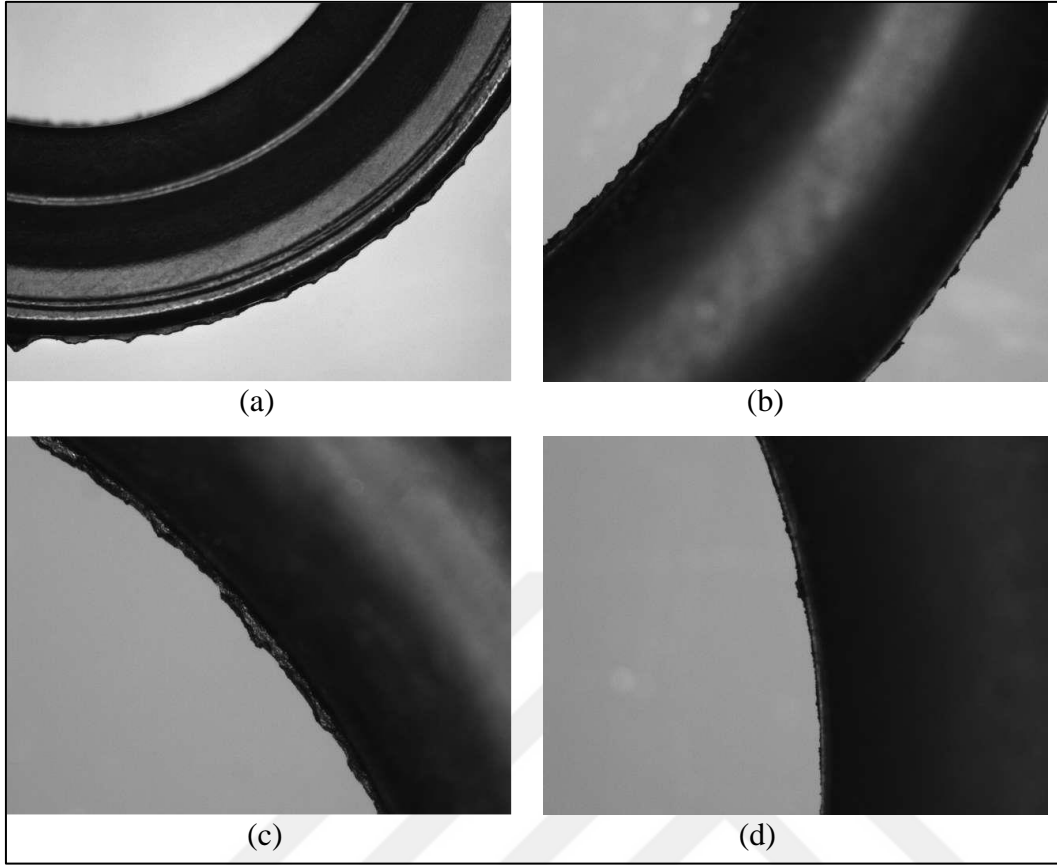


Resim 4.18. Nixon Vma-2520 cihazı ile ölçümler



Resim 4.19. Ölçümlerin bilgisayar programı üzerinden okunması

- Çapak Görselleri:



Resim 4.20. O-ringlerde görülen çapaklara ait görseller

- a. Birinci O-ringe Ait Çapak Görseli
- b. Beşinci O-ringe Ait Çapak Görseli
- c. Dokuzuncu O-ringe Ait Çapak Görseli
- d. Onuncu O-ringe Ait Çapak Görseli

Çapak boyutları, komponent incelemesi sırasında elde edilen verilerin analizinde kullanılmıştır. Bu veriler, çapakların boyutlarını belirlemek ve değerlendirmek amacıyla kaydedilmiştir. Tabloya işlenirken, maksimum boyutta olan çapaklar dikkate alınmış ve tablo üzerinde bu değerler işlenmiştir. Maksimum boyuttaki çapaklar, komponentlerin işleme sürecindeki olası hatalarını göstermek ve bu hataların toleranslarını değerlendirmek için önemlidir.

Bölüm 4.2’de yer alan metal ve plastik komponentlerin, testlerden önce ağırlıkları ölçülmüştür ve komponentlere dair detaylı resimler kayıt edilmiştir. Ölçümler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Testler öncesi komponent incelemesi (metal & plastik komponentler)

PARÇA	AĞIRLIK (kg)
Çıkış Borusu	0,183
Dönüş Borusu	0,142
Çıkış Hidroblok	0,530
Dönüş Hidroblok	0,175
Plakalı Eşanjör	0,636
Pompa	1,161



Resim 4.21. Testler öncesi komponent ağırlık ölçümleri

#### 4.4. Testlerin Belirlenmesi ve Yapılacak Çalışmanın Yöntemi

Kombi sistemi için 0,5 litre temizlik kimyasalı su ile seyreltilmiş bir karışım kullanılmıştır. Bu oran belirlenirken hızlandırılmış yaşlandırma testi dikkate alınmıştır. Yaşlandırma testi, bir malzemenin veya ürünün belirli bir süre boyunca gerçek kullanım koşullarına benzer koşullar altında maruz kalmasıyla yapılır. Bu test, malzeme veya ürünün uzun vadeli performansını değerlendirmek ve yaşlanma sürecinin etkilerini simüle etmek amacıyla yapılır. Yaşlandırma testleri, malzeme veya ürünün özelliklerinde zamanla meydana gelen

değişiklikleri, yıpranmayı, aşınmayı, korozyonu, renk solmasını, fiziksel dayanıklılığı vb. değerlendirmek için kullanılır. Bu testler, ürünün kullanım süresince nasıl davranacağını öngörmek, ömür beklentisini belirlemek, tasarım veya malzeme seçiminde iyileştirmeler yapmak amacıyla önemlidir. Yaşlandırma testleri, hızlandırılmış yaşlandırma ve doğal yaşlandırma olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Hızlandırılmış yaşlandırma testleri, malzeme veya ürünü normal kullanım koşullarında olduğundan daha yoğun bir şekilde maruz bırakarak yaşlanma sürecini hızlandırır. Bu yöntem, daha kısa sürede sonuç almayı sağlar. Doğal yaşlandırma testleri ise, malzeme veya ürünü gerçek kullanım koşullarında belli bir süre boyunca bekletmek veya kullanmak suretiyle yapılır. Bu yöntem, gerçek dünya koşullarını daha iyi simüle eder.

Çizelge 4.3. Çalışma boyunca gerçekleştirilen testlere ait koşullar

TEST NUMARASI	KİMYASAL	KİMYASAL MİKTARI (LT)	SU ORANI (LT)	SICAKLIK (T/°C)	BASINÇ (bar)	SÜRE (t/gün)
1	x	x	4	80	1,6	14
2	Sentinel X100	0,5	3,5	80	1,6	14
3	Deren 110	0,5	3,5	80	1,6	14
4	Deren 110	0,116	3,884	80	1,6	14
5	Deren 150 [Antifriz]	2	2	80	1,6	14
6	Sentinel X500 [Antifriz]	2	2	80	1,6	14
7	Deren 110 + kimyasal	0,5	3,5	80	1,6	14

Yaşlandırma testi dikkate alınarak hazırlanan kimyasal ve su karışımı, merkezi ısıtma için kombiye verilmiştir. Kombi, test sürecinde 80°C sıcaklıkta çalıştırılmıştır. Çalışma sürecinin ardından, komponentlerin durumu detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme, komponentlerin aşınma, korozyon veya diğer olası etkiler açısından değerlendirilmesini içermektedir. Bu yöntemlerle, temizlik kimyasallarının kombi üzerindeki etkisini ve komponentlerin performansını değerlendirmek amaçlanmaktadır.



Resim 4.22. Testler sırasında sıcaklık parametresinin kombi üzerinde gösterimi

## 5. BULGULAR

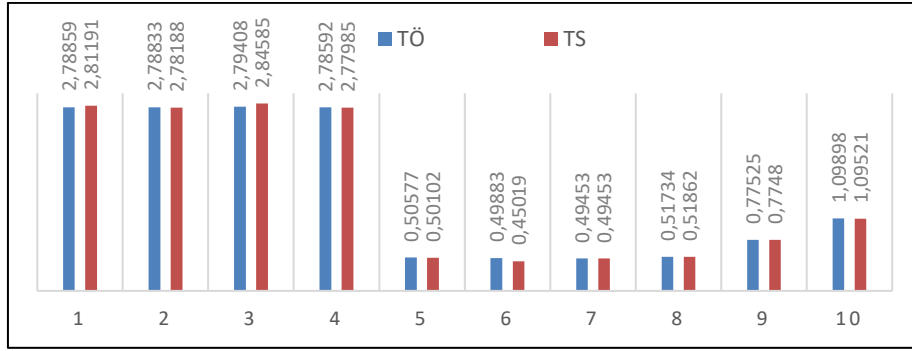
### 5.1. Kombi Temizlik Kimyasallarının Merkezi Isıtma Parçalarına Etkileri

Kombi temizlik kimyasallarıyla yapılan testler sonucunda, komponent incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler, testler öncesinde ve sonrasında gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Testlerin amacı, kombi sisteminin verimliliğini ve performansını artırmak için kullanılan temizlik kimyasallarının etkisini değerlendirmektir. Öncelikle, kombi sistemi üzerinde herhangi bir temizlik işlemi yapılmadan önce komponentlerin durumu belirlenmiştir. Ardından, kombi temizlik kimyasalları kullanılarak temizlik işlemi gerçekleştirilmiştir (Test 2 & Test 3). Temizlik kimyasalının etkisini belirlemek için karşılaştırma parametresi olarak testlere saf su eklenmiştir (Test 1). Temizlik işlemi tamamlandıktan sonra, komponentlerin durumu tekrar incelenmiş ve ölçümler yapılmıştır. Bu sayede, temizlik kimyasallarının kombi sistemi üzerindeki etkisi objektif bir şekilde değerlendirilmiştir. Kombi temizlik kimyasallarıyla yapılan testler, kombinin verimliliğini ve ömrünü artırmak için etkili bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Komponent incelemesi, testlerden önce ve sonra olacak şekilde Çizelge Ek-1' de verilmiştir.

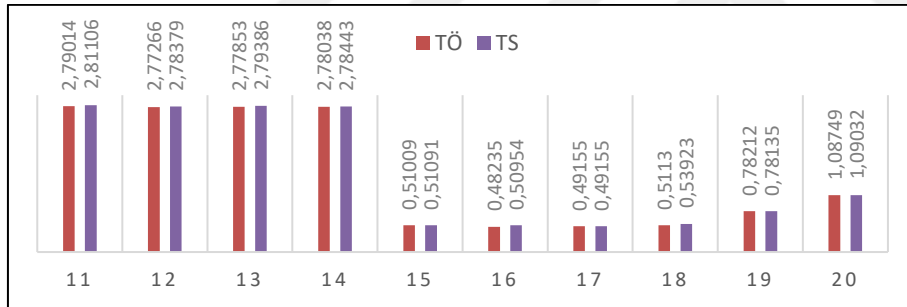
### 5.2. Aşınma Analizi Sonuçları

Bu çalışma kapsamında, temizlik kimyasalı kullanılmadan 80°C sıcaklığındaki suyun kombi içerisindeki O-ringler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Testler öncesinde ve sonrasında kombi içerisindeki O-ringlerin ağırlık ölçümleri alınmış ve elde edilen veriler Şekil 5.1'de grafikleştirilmiştir. Grafik analizi sonucunda, O-ringlerin ağırlıkları arasında belirgin bir farkın olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, temizlik kimyasalı kullanılmayan ve 80°C suyun O-ringler üzerindeki etkisinin, O-ringlerin ağırlığı açısından belirgin bir değişikliğe neden olmadığını göstermektedir.



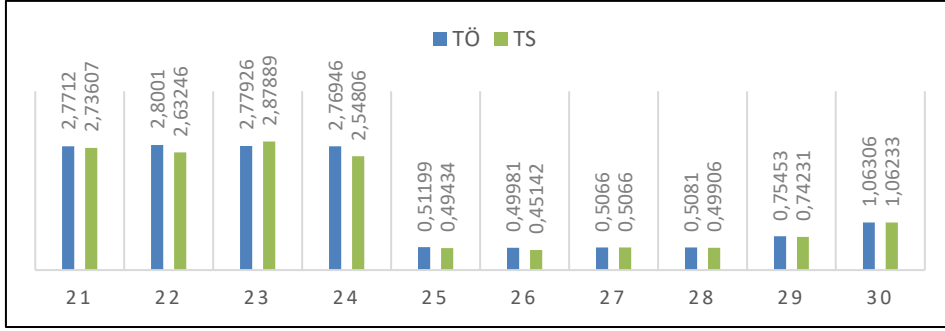
Şekil 5.1. Test 1 öncesi (TÖ) ve sonrası (TS) O-ringlere ait ağırlık ölçümü

Test 2 sürecinde, Sentinel X100 ve su karışımının kullanıldığı O-ringler üzerinde yapılan ağırlık ölçümleri, Şekil 5.2'de grafiksel olarak sunulmuştur. Grafik incelendiğinde, test öncesi ve sonrasında O-ringlerin ağırlıklarında dikkate değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu durum, Sentinel X100 ve su karışımının O-ringlerin sertliği üzerinde belirgin bir etki yaratmadığını göstermektedir



Şekil 5.2. Test 2 öncesi (TÖ) ve sonrası (TS) O-ringlere ait ağırlık ölçümü

Test 3'ün yürütüldüğü süreçte, Deren 110 ve su karışımının kullanılmıştır. Test öncesi ve sonrasında yapılan O-ring ağırlık ölçümleri incelendiğinde, 22 ve 24 numaralı O-ringlerin ağırlıklarında hafif bir azalma gözlemlendiği belirlenmiştir. Bahsedilen O-ringler, plakalı eşanjörün ve çıkış/dönüş hidroblok bağlantısının sağlanmasında kullanılmaktadır. Bu ağırlık azalmasının sebebi olarak, test sürecinde plakalı eşanjörde meydana gelen aşınma gösterilmiştir. Bu durum, özellikle 22 ve 24 numaralı O-ringlerin kullanıldığı alanlarda, test sırasında maruz kaldıkları aşınma nedeniyle ağırlık kaybının yaşandığını göstermektedir.



Şekil 5.3. Test 3 öncesi (TÖ) ve sonrası (TS) O-ringlere ait ağırlık ölçümü

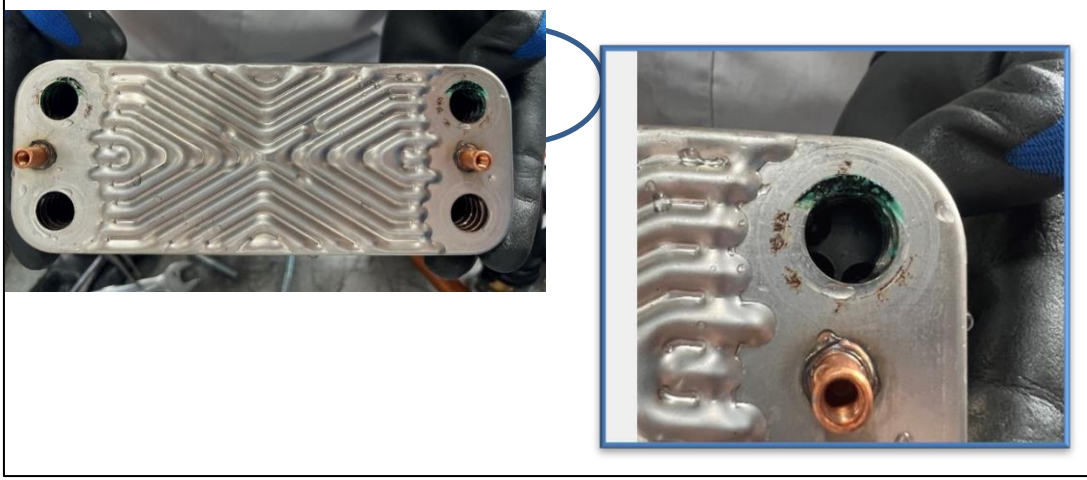
Şekil 5.3'teki grafik analizi sonrası, 22 ve 24 numaralı O-ringlerin kullanıldığı parça detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme, parçaların analizini gerektirmiştir. Bu kapsamda, Çizelge 5.1'de yer alan ağırlık bilgileri analiz edilmiştir ve çizelgeye göre ağırlık verilerinde gözle görülebilir bir düşüş yaşanmamıştır. Fakat test sonrasına ait parça görselleri, bir aşınma olma ihtimalini göstermiştir.

Çizelge 5.1. Parçalara ait testlerle ilişkili ağırlık bilgisi (O-ring hariç)

PARÇA	AĞIRLIK (kg)	T1-AĞIRLIK (kg)	T2-AĞIRLIK (kg)	T3-AĞIRLIK (kg)
Çıkış Borusu	0,183	0,183	0,183	0,183
Dönüş Borusu	0,142	0,142	0,142	0,141
Çıkış Hidroblok	0,530	0,542	0,512	0,520
Dönüş Hidroblok	0,175	0,181	0,179	0,190
Plakalı Eşanjör	0,636	0,636	0,642	0,651
Pompa	1,161	1,169	1,190	1,194

Test öncesi ve sonrası alınan komponent ağırlıkları tartım sonuçlarında, komponentlerin kurutma miktarlarında eşitlik olmama ihtimalinden ötürü bu değerler hassas değer olarak kabul edilmemiştir. Aşınma ihtimalleri, hassas terazi ile gerçekleştirilen O-ring ağırlık ölçümleri ve su analizi olarak kesin verilere dayandırılmıştır.

Daha net bir şekilde aşınma kesinliğini ve aşınma miktarını ortaya koymak için, test öncesi ve sonrası alınan su numuneleri su analizine gönderilmiştir (Bölüm 5.3).



Resim 5.1. Test 3 sonrası (22 ve 24 numaralı O-ringlerin kullanıldığı) plakalı eşanjöre ait görsel

Resim 5.2'de görüleceği gibi, Test 3 sonrası plakalı eşanjörün DHW çıkışında beklenmedik bir mavi sıvı çıkışı olmuştur.



Resim 5.2. Plakalı eşanjör DHW çıkışında mavi sıvı

İlk iki test sonrası bu sıvıya rastlanmamıştır. Bu mavi sıvının içeriğini anlamak için, sıvı analize gönderilmiştir. Sıvının, kullanılan kimyasalın miktarı ile ilişkisini kurmak ve aşınma önleyici yöntemi kullanılan kimyasal miktarı ile belirlemek için üçüncü test daha az kimyasal kullanılarak tekrarlanmıştır. Tekrarlanan testlere ait detaylar aşağıda belirtilmiştir. Bu test Çizelge 4.3'te de görülmektedir.

*Tekrarlanan test;*

Test 3, aynı koşullarda, seyreltik kimyasallı su ile tekrarlanmıştır.

Test 3 ; 0,5 lt kimyasal + 3,5 lt su

Tekrarlanan test (Test 4) ; 0,166 lt kimyasal + 3,84 lt su

Test 4 sonrası O-ring görsellerinde, kütle kaybının çok olmadığı fark edilmiştir. O-ringlerde ölçülen kütle kaybı ve sertlik değerleri testten önce ve sonra olmak üzere Çizelge 5.3'te verilmiştir (T4). Test 3 (T3) ile değerler karşılaştırılmıştır. Çizelgeden 5.2'den anlaşılacağı üzere, test 3 sonrasında 22 ve 24 numaralı O-ringte görülen ağırlık azalımı, daha seyreltik kimyasallı su kullanılarak tekrarlanan test 4 sonrası alınan ölçümlerde görülmemiştir. Bu daha az kimyasal kullanılarak parça aşımının önüne geçilmesini ispatlamaktadır. Ancak çalışmanın amacı, kullanım miktarı sabit kalacak şekilde aşınma geliştirici bir çözüm sunulmasıdır.

Çizelge 5.2. Test 3 ve Test 4 öncesi sonrası O-ringlere ait ölçüm değerleri

Numara	AĞIRLIK				SERTLİK			
	TÖ(T3)	TS(T3)	TÖ(T4)	TS(T4)	TÖ(T3)	TS (T3)	TÖ(T4)	TS(T4)
21	2,7712	2,73607	2,78044	2,84945	86	86	86	84
22	2,8001	2,63246	2,79051	2,83298	84	83	84	84
23	2,77926	2,87889	2,77491	2,81055	86	86	86	83
24	2,76946	2,54806	2,79175	2,81139	86	85	86	85
25	0,51199	0,49434	0,51311	0,51448	70	73	73	71
26	0,49981	0,45142	0,50321	0,50518	68	75	72	70
27	0,5066	0,5066	0,5066	0,5066	70	70	70	70
28	0,5081	0,49906	0,50641	0,50639	70	72	74	70
29	0,75453	0,74231	0,78350	0,78706	71	71	69	69
30	1,06306	1,06233	1,08404	1,09247	78	77	73	73

O-ring ağırlık ölçümleri hassas bir şekilde dikkate alınmıştır. Sertlik, hassas sonuçlarla bağdaştırılamamıştır.

Test sonrası alınan ölçümler ve görseller, seyreltik miktarın önerilen miktar olduğunu göstermektedir.

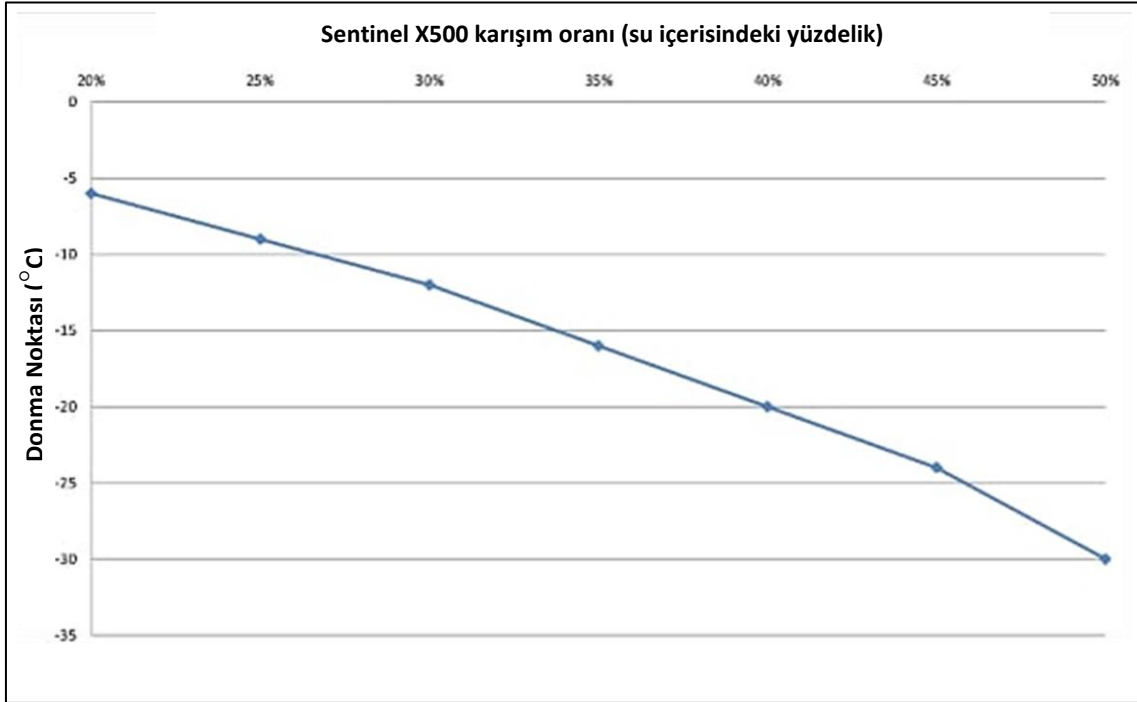


Resim 5.3. Test 4 sonrası gözlemlenen seyreltik mavi sıvı

Ancak bu testte de mavi sıvı gözlenmiştir. Test 4 sonrası oluşan mavi sıvı, Test 3 sonrası oluşan mavi sıvıya göre daha seyreltik yapıdadır. Sıvı içeriği Bölüm 5.3' te verilmiştir.

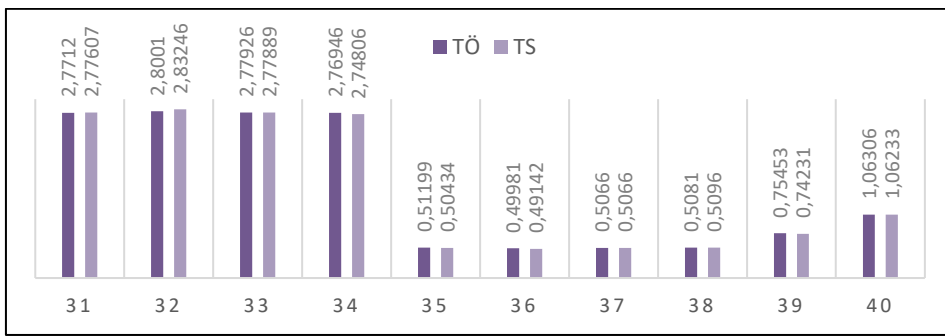
Çizelge 4.3'te ilk dört test, temizlik kimyasallarının etkisini incelerken, test 5 ve test 6 olarak koşulları verilen testler, antifrizlerin parça üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçlamıştır.

Sisteme verilecek antifriz ve su karışımı hazırlanırken, antifrizin koruma etkisini miktarına göre değiştiğini gösteren Şekil 5.4 göz önünde tutulmuştur

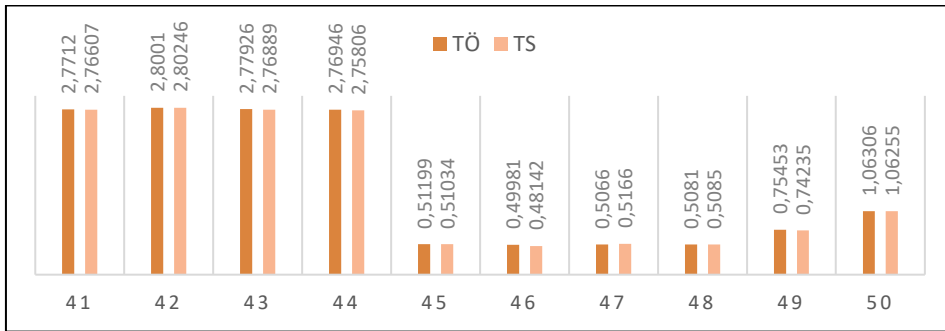


Şekil 5.4. İstenilen donma koruyucu performansa göre antifriz miktarının belirlenmesi

Şekil 5.4'e göre  $-30^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar olan korumanın, parçalar üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bu kapsamda, 2 LT antifriz ve 2 LT su karışımı sisteme verilmiştir. Sentinel X500 antifriz ve Deren 150 antifriz ile gerçekleştirilen testlere ait O-ring analizleri Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da, parça ağırlık analizleri Çizelge 5.3'te verilmiştir. Test sonrası, beklenmedik sıvı çıkışı meydana gelmemiştir. Sonuçlar, stabil dağılım gösterdiği ve test öncesi-sonrası parça analizlerinde fark olmadığı için her iki antifriz kullanımının da aşınma etkisine sahip olmadığını göstermektedir. Her iki marka için de, antifriz kullanımının parçaya zarar vermediği ispatlanmıştır.



Şekil 5.5. Deren 150 antifriz ile gerçekleştirilen teste ait (5) O-ring ağırlık analizi



Şekil 5.6. Sentinel X500 antifriz ile gerçekleştirilen teste ait (6) O-ring ağırlık analizi

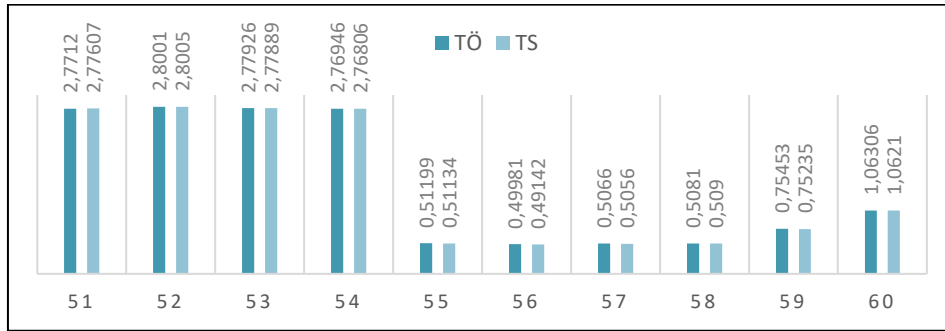
Test öncesi ve sonrası parça analizlerinde herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu sonuçlar, her iki antifriz markasının da parçalara herhangi bir aşınma etkisi yapmadığını ve kullanımlarının parçalara zarar vermediğini göstermektedir. Bu bağlamda, Sentinel X500 ve Deren 150 antifrizlerinin her ikisinin de güvenli ve etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.3. Parçalara ait antifriz testleri ile ilişkili ağırlık bilgisi (O-ring hariç)

PARÇA	AĞIRLIK (kg)	T1-AĞIRLIK (kg)	T5-AĞIRLIK (kg)	T6-AĞIRLIK (kg)
Çıkış Borusu	0,183	0,183	0,183	0,183
Dönüş Borusu	0,142	0,142	0,142	0,141
Çıkış Hidroblok	0,530	0,542	0,535	0,532
Dönüş Hidroblok	0,175	0,181	0,176	0,177
Plakalı Eşanjör	0,636	0,636	0,637	0,636
Pompa	1,161	1,169	1,165	1,164

Yedinci test, Deren 110 + kimyasalın etkisini analiz etmek için gerçekleştirilmiştir. Sisteme kimyasal (0,5 LT) ve su (3,5 LT) karışımı verilerek gerçekleştirilen teste ait koşullar Çizelge 4.3'te görülmektedir. Kimyasal detayları Bölüm 6'da verilmektedir.

O-ring aşınma analizi testten önce ve sonra kaydedilen O-ring ağırlık ölçümleri Şekil 5.7'de verilmektedir. Şekle göre, O-ring ağırlıklarında kayda değer bir kayıp görülmemiştir. Resim 4.16'da, test sırasında kullanılan O-ringlerin kullanım yerleri gösterilmiştir. Resim 4.16'da belirtilen birinci O-ring, Şekil 5.7'de elli birinci O-ringden gelmektedir.



Şekil 5.7. Deren 110 + temizlik kimyasalı ile gerçekleştirilen teste ait (7) O-ring ağırlık analizi

Yedinci testte gözlemlenen en önemli sonuç ise, test sonrası mavi su çıkışının olmamasıdır. Bu da bakır aşınmasının önlendiği anlamına gelmektedir.



Resim 5.4. İyileştirilmiş kimyasal ile yapılan test sonrası plakalı eşanjör

### 5.3. Su Analizi ile Aşınma Miktarının Belirlenmesi

Merkezi ısıtma parçalarının üzerindeki aşınma miktarını belirlemek , su analizi yaparak mümkündür. Kimyasallı su kullanımı, özellikle korozyon önleyici maddelerin eklenmesi gibi, merkezi ısıtma parçalarının aşınmasını azaltmayı hedefleyen bir yöntemdir. Kimyasallı suyun merkezi ısıtma parçaları üzerindeki aşınma miktarını belirlemek için izlenebilecek adımlar aşağıdaki gibidir.

Merkezi ısıtma sisteminin temizliği için testlerde kullanılan sıvı örnekleri, tüm testlerin başında ve sonunda alınmıştır.

Örnek alınırken, suyun temsilci bir örneği laboratuvar için hazırlanmıştır.

Su örnekleri laboratuvara gönderilmiştir.



Resim 5.5. Su analizi için dış laboratuvara gönderilen örnekler

Analiz sonuçları, suyun içeriği, kimyasal bileşimi ve koruyucu maddelerin konsantrasyonu hakkında bilgi sağlamıştır.

Çizelge 5.4'te dış laboratuvarında gerçekleştirilen su analize ait numune bilgileri verilmiştir. Numune numarası, Resim 5.4'te verilen numuneleri temsil etmektedir. 5 numaralı numune, teste gönderilmemiştir. Numune tanımlarına ait detaylar aşağıda verilmiştir.

A1 : Hiç kimyasal kullanmadan gerçekleştirilen test öncesi kombiye giren su

B1: Hiç kimyasal kullanmadan gerçekleştirilen test sonrası kombiden çıkan su

C1: Sentinel x100 test öncesi kombiye giren su

D1: Sentinel x100 test sonrası kombiden çıkan su

E1: Deren 110 test sonrası kombiden çıkan su

F1: Deren 110 test sonrası kombiden çıkan mavi su

Çizelge 5.4. Dış laboruvarında gerçekleştirilen su analizine ait numune bilgileri

Numune Numarası	Numune Tanımı	Renk
1	A1	Transparan
2	B1	Transparan
3	C1	Transparan
4	D1	Transparan
6	E1	Transparan
7	F1	Mavi

Kimyasallı su analizi sonuçları, merkezi ısıtma parçalarının aşınma miktarını belirlemede önemli bilgiler sağlamıştır. Dış laboratuvarında yapılan analiz sonucu laboratuvar tarafından elde edilen onaylı raporda yer alan sonuçlar Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Yedinci teste ait su numuneleri teste gönderilmemiştir. Mavi su ve aşınma bulgusu görülmediğinden dolayı, yedinci test su analizi ihtiyacı doğurmamıştır.

Çizelge 5.5. Su analizi ile numunelerde ağır metal mevcudiyetinin gösterimi

Metal	CAS-No	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Nikel	7440-02-0	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Bakır	7440-50-8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	3430
Mangan	7439-96-5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Alüminyum	7429-90-5	n.d	n.d	31	31	87	39
Demir	7439-89-6	n.d	n.d	n.d	45	n.d	n.d
Silisyum	7440-21-3	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Civa	7439-97-6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Zinkonyum	7440-66-6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Fosfor	7723-14-0	n.d	n.d	1284	888	n.d	66
Magnezyum	7439-95-4	11	n.d	n.d	13	12	n.d
Krom	7440-47-3	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Kurşun	7439-92-1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Arsenik	7440-38-2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

Yapılan kapsamlı analizlerin sonuçları, Çizelge 5.5'te detaylı olarak sunulmuştur. Çizelge 5.5, özellikle F1 numunesinde tespit edilen bakır miktarının 3430 mg/kg seviyesinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değer, F1 numunesini temsil eden mavi suda belirlenen bakırın, aşınma kaynaklı olduğunu göstermektedir. Suyun mavi olmasının sebebi ise, kimyasal içerisindeki molibdatın aşınma kaynaklı renk değişimine uğramasıdır. Metal miktarlarındaki bu artışlar, özellikle Deren 110 kimyasalının plakalı eşanjörde kullanılmasıyla ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla, yapılan analizlerin sonuçları, Deren 110 kimyasalının neden olduğu aşınma ihtimalini güçlendirmekte ve plakalı eşanjördeki olası aşınma kaynaklarını doğrulamaktadır.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan testler sonucunda, kimyasal kullanmadan gerçekleştirilen Test 1 ve Sentinel X100 kullanılarak gerçekleştirilen Test 2 sonuçlarının elverişli çıktığı tespit edilmiştir. Bu testler, merkezi ısıtma parçalarının aşınmasını azaltmayı hedefleyen koruyucu maddelerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Test 1 ve Test 2 sonuçları, kullanılan koruyucu maddelerin başarılı bir şekilde aşınmayı önlediğini göstermiştir.

Ancak, Deren 110 kullanılarak gerçekleştirilen Test 3 sonrasında, merkezi ısıtma parçalarında potansiyel bir aşınma olma ihtimaline karşı daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiği belirlenmiştir. Bu nedenle, Test 3 tekrar edilmiş ve Deren 110 daha az miktarda kullanılarak Test 4 gerçekleştirilmiştir. Test 3 ve Test 4'te kullanılan kimyasalın, aşınmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Deren 110'da koruyucu maddenin yetersiz olduğunu veya uygun olmayan bir kimyasalın kullanıldığını göstermektedir.

Aşınma tespiti su analizi ile kanıtlanmıştır. Dış laboratuvarında gerçekleştirilen su analizi ICP-OES/MS metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Metod farklılığından oluşabilecek farklı sonuçlar da göz ardı edilmemelidir. Deren 110 ürünündeki yüksek molibdat seviyesi bakır ölçümlerinde spektrum binmesi nedeniyle anormal düzeylerde tespit edilmiştir. Bakır analizinin Alev spektroskopisi yöntemiyle bakılması bu sorunun tekrar yaşanmasının ve kavram karışıklığını önleyecektir. Farklı metod kullanılarak gerçekleştirilecek bir analiz farklı sonuçlar ortaya çıkarabilir. Ancak çalışma sonucunda, çalışma boyunca ele alınan metod dikkate alınarak bir önlem alınmış ve Deren 110 kimyasalında iyileştirme sağlanmıştır.

Aşınma önleyici yöntem olarak; bakır inhibitörü seviyesi arttırarak Deren 110 kimyasal formülasyonda iyileştirme yapılmıştır. Yeni formül ile oluşturulmuş Deren 110 kimyasalı, tez boyunca Deren 110 + olarak isimlendirilmektedir.

Bakır, genellikle su sistemlerinde ve soğutma sistemlerinde metal aşınması ve korozyonun önlenmesi için kullanılan bir tür inhibitördür. Su sistemlerinde kullanılan birçok kimyasal bileşen, bakırın aşınmasını ve korozyonunu azaltmaya veya engellemeye yardımcı olur. Bakır inhibitörleri, bakır yüzeylerde pasif bir tabaka oluşturarak veya kimyasal olarak tepkimeye girerek, metalin su veya sistem içerisindeki diğer bileşenlerle reaksiyona girmesini azaltır. Özellikle su ısıtma / soğutma sistemlerinde, bakırın aşınması ve

korozyonu genellikle istenmeyen durumlardır. Bakır inhibitörleri, suyun içindeki aşınmayı ve korozyonu kontrol altında tutarak sistemdeki bakır bileşenlerin dayanıklılığını artırmaya yardımcı olabilir. Bu inhibitörler, genellikle su sistemlerine eklenen özel kimyasallar veya bileşikler şeklinde sunulur ve su sistemlerinin daha uzun ömürlü olmasına katkıda bulunabilir.

Deren 110 kimyasal formülasyonda, bakır inhibitörü olarak 'tril triazor' (%1-5) kullanılarak formülde iyileştirme sağlanmıştır. Bu oran, Deren tarafından gerçekleştirilen pek çok deneme sonucu, yüksek temizleme ve aşınma önleme sağlayacak optimum oran olarak belirlenmiştir.

"Tril Triazol" adı verilen kimyasal bileşikler, genellikle korozyon inhibitörleri olarak kullanılan triazol türevleridir. Bu bileşikler, metal yüzeylerde koruyucu bir tabaka oluşturarak korozyonu önlemeye veya azaltmaya yardımcı olabilirler. Tril triazol, özellikle bakır ve bazı diğer metallerin korozyonunu engellemede etkili olabilir. Dolayısıyla, tril triazol ve benzeri triazol türevleri, bakır ve diğer metallerin korozyonunu engellemede kullanılan kimyasal bileşenlerdir. Bu tür inhibitörler, metal yüzeylerde bir koruyucu tabaka oluşturarak su sistemlerinde veya endüstriyel kullanımlarda korozyonun azalmasına katkıda bulunabilir. Bu sayede, özellikle bakır borular gibi bileşenlerin daha uzun ömürlü olmasına yardımcı olabilirler.

İyileştirme sağlanan kimyasalın parçalar üzerindeki etkisini analiz etmek ve iyileştirmenin etkisini anlayabilmek için testler tekrar edilmiştir.

İyileştirme sağlanan kimyasal ile gerçekleştirilen test diğer testler ile aynı koşullarda gerçekleştirildi.

Test sonunda plakalı eşanjörden mavi su çıkışı gözlenmemiştir. Formülasyondaki iyileştirmenin faydalı olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmanın devamında, O-ring dışındaki komponentlerin ağırlık ve kalınlık ölçümlerinde yapılacak analizler ile çalışmanın zenginleştirilmesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Altınbaş, M. and Gündüz, S. (2007). Performance evaluation of a gas-fired residential combi-boiler. *Applied Energy*, 1259-1270.
- Amano, R., Ogata, H. and Oguchi, K. (2007). Development of a high-efficiency gas combustion burner for domestic gas boiler. *Journal of Thermal Science and Technology*, 3, 76-87.
- Arslan, M. (2004). Investigation of the factors affecting the efficiency of plate heat exchangers. *International Journal of Energy Research*, 28, 951-965.
- Asi, D. (2008). *Cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin aşınma performansının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 85-92.
- Bildik, O. (2022). *Çelik döküm malzemelerin aşınmasına C-Mn etkisi ve aşınma dayanımının artırılması*. Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, 45-62.
- Bouwer, M. and Van der Schaaf, T. (2010). Experimental and numerical investigation of heat transfer in a wall-hung gas-fired combi boiler. *Applied Thermal Engineering*, 3, 1154-1162.
- Bouwer, M. and Van der Schaaf, T. (2012). A review on domestic gas-fired combi boilers in Europe. *Energy Procedia*, 8(2), 71-80.
- Brown, R., and Garcia, S. (2018). Abrasiveness of cleaning agents and their effects on boiler parts. *Journal of Industrial Cleaning, Surface Treatment and Coatings*, 25(2), 123-136
- Can, A. (2006). *Tasarımcı mühendisler için malzeme bilgisi*. Ankara: Birsen Yayınevi, 68-72.
- Carvalho, M. (2007). Gas-fired boilers: optimization of air-fuel ratio for improved efficiency. *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 54, 947-958.
- Woodard & Curran Woodard (2006). *Cleaning of metal, industrial waste treatment handbook (second edition)*. New York: Elsevier, 122-142.
- Çomaklı, K. and Çomaklı, O. (2019). The influence of thermostat location on heating efficiency in hydronic central heating systems. *International Journal of Thermal Sciences*, 4, 160-167.
- Davis, A. (t.y). *A study of the effectiveness of combi cleaning chemicals*. California: University of California, 38-42.
- Delgado-Montero, J., Rodriguez-Gallegos, C. and Perez-Pinal, F. (2015). Analysis of the thermal-hydraulic behavior of a natural gas-fired boiler using artificial neural networks. *Energy Conversion and Management*, 2, 38-62.

- Harrington, J. (2001). *Industrial cleaning technology*. New York: Springer, 138-142.
- Hyun, T. (2008). Development of a High Efficiency Gas-fired Wall-mounted Boiler. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2076-2085.
- İnternet: American Cleaning Institute (t.y). The safety of combi cleaning chemicals. Web: <https://www.cleaninginstitute.org/>, Son Erişim Tarihi: 17/03/2023.
- İnternet: Airfel Kullanım Kılavuzu / Model No: A2CSC024AATR. (2023). Web: [https://www.airfel.com.tr/digifel-condense-24kw-alx-sb-yogusmali-kombi\\_182925](https://www.airfel.com.tr/digifel-condense-24kw-alx-sb-yogusmali-kombi_182925) , Son Erişim Tarihi: 28/09/2023.
- İnternet: Bosch Kullanım Kılavuzu / Model No: WBC 24-1 DCE. (2023). Web: <https://www.boschcondenskombi.com/bosch-condens-2500-w-24-kw-erp-20-726-kcal-h-yogusmali-kombi-kullanma-kilavuzu>, Son Erişim Tarihi: 01/06/2023.
- İnternet: Daikin Kullanım Kılavuzu / Model No: D2CND024A1ABTR. (2023). Web: [https://www.daikin.com.tr/premix-ndj-24-kw--tam-yogusmali-kombi\\_182907](https://www.daikin.com.tr/premix-ndj-24-kw--tam-yogusmali-kombi_182907) , Son Erişim Tarihi: 12/08/2023.
- İnternet: Demir Döküm Kullanım Kılavuzu / Model No: Atron Condense. (2023). Web: [www.demirdokum.com.tr/downloads/products-1/kullanma-kilavuzu-1772624.pdf](http://www.demirdokum.com.tr/downloads/products-1/kullanma-kilavuzu-1772624.pdf) , Son Erişim Tarihi: 13/08/2023.
- İnternet: Deren Kimya. (2023). Web: <https://derenkimya.com.tr/> , Son Erişim Tarihi: 12/08/2023.
- İnternet: Daikin (2023). Daikin kombi kullanım. Web: <https://www.daikin.com.tr/daikin-kombi-kullanim>, Son Erişim Tarihi: 12/08/2023.
- İnternet: Fernox (2023). <https://fernox.com/>, Son Erişim Tarihi: 14/08/2023.
- İnternet: Fernox (2023). Web: <https://fernox.com/>, Son Erişim Tarihi: 22/11/2023.
- İnternet: Makine Eğitimi (t.y). *Kesici takım aşınma tipleri ve aşınmanın nedenleri*, Web: <https://www.makinaegitimi.com/kesici-takim-asinma-tipleri-ve-nedenleri/>, Son Erişim Tarihi: 17/09/2023.
- İnternet: Sentinel Protects. (2023). Web: <https://www.sentinelprotects.com> , Son Erişim Tarihi: 25/11/2023.
- İnternet: Sodium Molybdate. (2023). Web: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_molybdate](https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_molybdate) , Son Erişim Tarihi: 14/08/2023.
- İnternet: Triethanolamine. (2023). Web: <https://en.wikipedia.org/wiki/Triethanolamine> , Son Erişim Tarihi: 16/12/2023.
- İnternet: Vaillant Kullanım Kılavuzu / Model No: Eco TEC Pure VMW 236/7-2 (H-TR). (2023). Web: <https://www.vaillant.com.tr/pdf/ecotec-pure-kullanm-klavuzu-1099614.pdf> , Son Erişim Tarihi: 03/06/2023.

- İzgi, M. (2010). *Potasyum pentaborat tetrahidrat ve lityum tetraborat trihidratın üretimi ve üretim şartlarının belirlenmesi*. Doktora Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars, 62-72.
- Jones, M. and Imran, M. (2009). Flame characteristics of a domestic gas burner. *Journal of the Energy Institute*, 4(2), 229-235.
- Khakimov, M., Zhukov, S. and Novikov, S. (2018). Gas boiler control systems. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 11(15), 17-22.
- Lee, Y., Lee, H. and Kim, J. (2017). Heat transfer characteristics of a finned-tube heat exchanger for residential gas boilers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 6, 1214-1222.
- Li, J., Xu, T. and Zhu, J. (2017). Simulation analysis and optimization of die-casting for automobile steering serve shell. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 7, 580-582.
- Li, X., Zhang, M., Wei, L., Wu, F. and Luo, K. (2023). . Effect of metal anti-wear device on the water wall erosion in CFB boiler. *Chemical Engineering Research and Design*, 3(4), 126-137.
- Luo, L., Li, Z. and Liu, C. (2018, Ocak). Dynamic modeling of a natural gas-fired residential wall-hung boiler for home heating. *Applied Thermal Engineering*, 11(2), 1175-1186.
- Panchenko, Y., Marhakov, A., Igonin, T., Kovtanyuk, V. and Nikolaeva, L. (2014). Long-term forecast of corrosion mass losses of technically important metals in various world regions using a power function. *Corrsion Science*, 8, 306-316.
- Pu, H., Dai, H., Zhang, T., Dong, K., Wang, Y., & Deng, Y. (2022). Metal nanoparticles with clean surface: The importance and progress. *Current Opinion in Electrochemistry*, 32, 100927.
- Razavi, S., Hassanpour, B. and Torabi, M. (2018, Aralık). Modeling and simulation of a domestic natural gas fired combustion heater and combi-boiler. *Energy Conversion and Management*, 8(2), 53-63.
- Sciazko, M. and Trojan, M. (2016). Investigation of the operation modes of natural gas-fired boiler burners. *Journal of Power Technologies*, 11(3), 45-62.
- Smith, A. and Johnson, B. (2020). Impact of chemical cleaning on the longevity of combi boilers. *Journal of Applied Engineering*, 15(3), 45-56.
- Wang, J., and Chen, K. (2021). Evaluation of corrosion and abrasion resistance of boiler components after chemical cleaning. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 30(4), 456-467.
- Xia, Y., Cheng, L., Yu, C., Xu, L., Wang, Q. and Fang, M. (2015). Anti-wear beam effects on gas-solid hydrodynamics in a circulating fluidized bed. *Particology*, 7(2), 173-184.

- Zaporozhets, N. and Yatskiv, I. (2016). Modelling of gas-fired appliances for heating and hot water supply systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 22(3), 122-145.
- Zhang, X., Li, Y., and Zhang, Z. (2019). Effects of cleaning chemicals on combustion and heat transfer surfaces in gas boilers. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 11(4), 4015.





**EKLER**

## EK-1. Çizelgeler

Çizelge 1.1. Test öncesi ve test sonrası tüm O-ringlerde parametre değişimi

Numara	AĞIRLIK		SERTLIK		İÇ ÇAP		KALINLIK		ÇAPAK	
	TÖ	TS	TÖ	TS	TÖ	TS	TÖ	TS	TÖ	TS
1	2,78859	2,8119	82	83	16,89	16,11	5,67	6,20	0,3	0,16
2	2,78833	2,78188	83	84	16,89	16,15	5,69	6,14	0,37	0,28
3	2,79408	2,84585	86	85	16,85	16,21	5,71	6,08	0,32	0,28
4	2,78592	2,77985	85	85	16,94	16,11	5,69	6,07	0,18	0,22
5	0,50577	0,50102	69	69	16,86	17,1	3,05	2,30	0,13	0,14
6	0,49883	0,45019	69	69	16,86	17,28	3	2,79	0,13	0,12
7	0,49453	0,49453	71	71	16,88	16,88	2,94	2,94	0,12	0,12
8	0,51734	0,51862	69	71	16,91	17,23	3,05	3,01	0,12	0,1
9	0,77525	0,7748	71	69	18,58	18,82	3,56	3,2	0,18	0,11
10	1,09898	1,09521	75	75	16,91	17,32	3,94	3,75	0,05	0,06
11	2,79014	2,81106	82	85	16,97	16,18	5,59	6,01	0,48	0,21
12	2,77266	2,78379	81,5	85	16,96	16,24	5,67	5,99	0,14	0,11
13	2,77853	2,79386	83	85	16,85	16,44	5,71	5,93	0,22	0,21
14	2,78038	2,78443	81	85	16,84	16,32	5,55	5,91	0,28	0,19
15	0,51009	0,51091	69	68	16,97	17,26	3	2,88	0,1	0,09
16	0,48235	0,50954	71	68	16,77	17,28	3,02	2,79	0,08	0,07
17	0,49155	0,49155	71	71	16,97	16,97	2,99	2,99	0,1	0,1
18	0,5113	0,53923	70	74	16,97	17,63	3,05	2,75	0,12	0,09
19	0,78212	0,78135	71	74	18,57	18,78	3,58	2,24	0,18	0,08
20	1,08749	1,09032	72	79	16,86	17,06	3,95	3,88	0,03	0,03
21	2,7712	2,73607	86	86	16,86	16,3	5,69	6,03	0,15	0,13
22	2,8001	2,63246	84	83	16,9	16,28	5,69	5,97	0,45	0,24
23	2,77926	2,87889	86	86	16,93	16,23	5,76	6,14	0,25	0,2
24	2,76946	2,54806	86	85	16,85	16,26	5,63	6,01	0,29	0,21
25	0,51199	0,49434	70	73	16,82	17,44	3,09	2,05	0,12	0,11
26	0,49981	0,45142	68	75	16,97	17,39	2,99	2,86	0,12	0,13
27	0,5066	0,5066	70	70	16,83	16,83	3	3	0,15	0,15
28	0,5081	0,49906	70	72	16,88	17,17	3,05	2,9	0,1	0,1
29	0,75453	0,74231	71	71	18,61	18,5	3,56	3,6	0,08	0,08
30	1,06306	1,06233	78	77	16,9	17,04	3,92	3,91	0	0,14

## EK-2. Deney Cihazları ve Teknik Özellikleri

### Ek-2.a. Ömür Testi Standı



Resim 2.1. Ömür testi standı

Test ünitesini çalıştırmadan önce;

- Test için hazırlanan prototipi üniteye dikkatlice asılır.
- Prototipin su, doğal gaz ve atık gaz bağlantıları (CH gidiş-dönüş, DHW giriş-çıkış, gaz giriş boruları) kontrol edilir.
- Günlük laboratuvar güvenlik kontrol formunda bulunan talimatların sağlandığını kontrol edilir.

Sistem parametreleri program üzerinden ayarlanır. Sisteme kimyasallı su verilerek testler başlatılır.

### Ek-2.b. Shoremetre (Sertlik Ölçer)

Tronic markasına ait sertlik ölçer kullanılmıştır. Bu sertlik ölçer, analog shoremetre kategorisinde yer almaktadır. 0-100 arası ölçüm aralığına sahiptir.

## EK-2. (devam) Deney Cihazları ve Teknik Özellikleri



Resim 2.2. Sertlik Ölçer

ISO Standartlarına göre düzenli kalibrasyonu sağlanmaktadır.

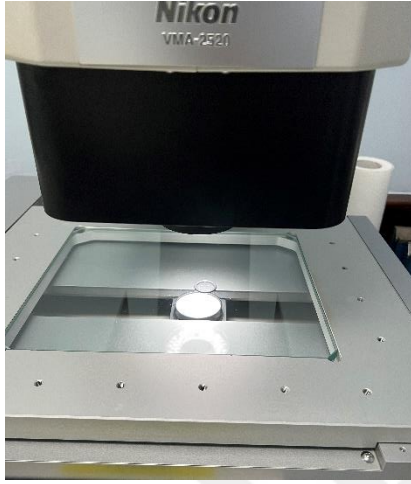
Tronic markasına ait sertlik ölçerler genellikle endüstriyel kullanımlar için tasarlanmış yüksek kaliteli cihazlardır. Bu ölçerler, malzeme sertliğini ölçmek ve belirli bir malzemenin dayanıklılığını veya elastikiyetini değerlendirmek için kullanılır.

Tronic sertlik ölçerlerinin çoğu taşınabilir cihazlardır ve kullanımı kolaydır. Genellikle sertlik değeri doğrudan okunabilir veya dijital bir ekran üzerinde görüntülenebilir. Bazı modeller aynı zamanda verileri kaydetme veya bilgisayara aktarma özelliklerine sahip olabilir.

Tronic sertlik ölçerleri, imalat, kalite kontrol, malzeme testi ve metalurji gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılır. Malzemelerin dayanıklılığını ve kalitesini değerlendirmek, üretim süreçlerini optimize etmek ve arızalı malzemeleri tespit etmek için bu ölçerlerden faydalanılır.

## EK-2. (devam) Deney Cihazları ve Teknik Özellikleri

### Ek-2.c. Nixon VMA-2520



Resim 2.3. Nixon VMA-2520

Uzun ve zorlu kalite kontrol prosesini son derece hassas ve hızlı bir şekilde gerçekleştirmek için tasarlanmış kameralı ölçüm sistemidir.

Endüstride oldukça geniş bir kullanım alanına sahip iNEXIV VMA-2520 cihazları, hızlı ve tam otomatik olmakla birlikte yüksek hassasiyetli ölçüm sonuçları sağlar. Yüksek görüntü kalitesi, otofokus özelliği, kullanıcı dostu arayüzü ve daha birçok özelliği sayesinde sektörünün en önemli firmalarında kendine yer bulmakta ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Tüm cihazlarımız prob ile kullanıma uygun olmakla birlikte ihtiyaç olması durumunda sonradan da sisteme montaj edilebilmektedir.

13 mm x 10 mm'ye kadar geniş bir görüntü alanı (0,35x'de), ölçüm hedeflerinin kolayca bulunmasını ve hizalanmasını sağlar. Beş kademeli zoom, yüksek çözünürlüklü görüntülerin yanı sıra hassas ölçüm sonuçları sağlar. 130 kata kadar büyütme yapabilen yüksek NA (0.11) ve düşük distorsiyonlu mükemmel Apochromat objektif lensi, iNEXIV serisi için net görüntüler sağlamak amacıyla özel olarak tasarlanmıştır.

## EK-2. (devam) Deney Cihazları ve Teknik Özellikleri

Parça yüzeyine olan 73,5 mm çalışma mesafesi, objektif lensi ve parçalar arasındaki çarpma olasılığını en aza indirir. Yüksek Z mesafesi, uzun ve derin deliklerin ölçülmesi için idealdir.





*Gazili olmak ayrıcalıktır...*