

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

“Isıtma Tesisat Sistemlerinde Kimyasal Yıkama(Flushing) Uygulamalarının Tesisat Ömrüne Ve Enerji Verimliliğine Etkisi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Cevdet DEMİRTAŞ’a teşekkürü bir borç bilirim. Danışman vefatından sonra danışmanlığımı üstlenen, görüş ve önerilerinden yararlandığım, zorlu süreçte bana destek olan kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SEYHAN’a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen Makine Mühendisliği Bölümü’ndeki tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan annem Münüre PEKTAŞ ve babam Yakup PEKTAŞ’a, fedakar ve anlayışlı davranarak yardımlarını esirgemeyen eşim Şebnem Gizem PEKTAŞ’a, ve mutluluk kaynağım oğlum Orkun PEKTAŞ’a teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Ömer PEKTAŞ

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Isıtma Tesisat Sistemlerinde Kimyasal Yıkama(Flushing) Uygulamalarının Tesisat Ömrüne Ve Enerji Verimliliğine Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SEYHAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23/01/2025

Ömer PEKTAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Binalarda Enerji.....	3
1.1.1. Binalarda Enerji Kullanımı	3
1.1.2. Binalarda Enerji Kayıpları	6
1.2. Binalarda Isıtma Sistemleri	10
1.2.1. Kazan ve Kombiler	10
1.2.2. Fırın (Furnaces).....	12
1.2.3. Alan Isıtıcıları	13
1.2.4. Isı Pompaları ve Klimalar	14
1.2.5. Güneş Enerji Sistemleri	15
1.3. Merkezi Isıtma Sistemleri	16
1.3.1. Binalarda Merkezi Sistem Isıtma Enerji Kayıpları	19
1.4. Kapalı Çevrim Isıtma Sistemlerinde Su Davranışları	21
1.4.1. Korozyon.....	21
1.4.2. Depozit	24
1.4.3. Mikrobiyolojik Aktivite	25
1.5. Kimyasal Yıkama ve Koruma Programı	26
1.5.1. Kimyasal Yıkama (flushing)	27
1.5.2. Kimyasal Koruma Programı	28
1.6. Literatür Araştırması	29
1.7. Tezin Amacı	37
1.8. Tezin Genel Yapısı	38
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	40

2.1. Yıkama Uygulaması.....	43
2.2. Koruyucu Uygulaması.....	53
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	55
3.1. Aylara Göre Teorik Enerji Kayıpları ve Doğalgaz İhtiyacı	58
3.2. Aylara Göre Teorik Doğalgaz İhtiyacı ve Gerçek Tüketim Miktarının İrdelenmesi	61
3.3. Maliyet Analizi.....	70
4. SONUÇLAR.....	72
5. ÖNERİLER.....	74
6. KAYNAKLAR	75
7. EKLER.....	80
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

ISITMA TESİSAT SİSTEMLERİNDE KİMYASAL YIKAMA(FLUSHİN) UYGULAMALARININ TESİSAT ÖMRÜNE VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Ömer PEKTAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SEYHAN
2025, 79 Sayfa

Isıtma-soğutma tesisat sistemlerinde, sistem içerisine suda çözünmüş halde bulunarak giren oksijen, askıda katı madde, organik ve inorganik bileşikler vb. istenmeyen maddeler zaman içerisinde kazan, ekipman yüzeyleri ile tesisat borularının iç cidarlarında depozit oluşumu ve korozyona sebep olur. Oluşan bu korozyon zaman içinde boru cidar kalınlıklarının azalmasına ve depozit tabakaları ise ısı transfer yüzeylerinde yalıtım işlevi görerek ısı transfer yüzey alanının verimliliğini azaltmaktadır. Yapılan bu çalışmada bu gibi sorunlarla başa çıkmak için alınabilecek önlemler arasında yer alan kimyasal yıkama ve koruyucu program irdelenmiştir. Çalışmada 2021, 2022, 2023 ve 2024 yılları ısıtma sezonu dönemlerine ait ortalama sıcaklık değerleri tespit edilerek binanın teorik enerji ihtiyacı, buna bağlı olarak da teorik doğalgaz tüketim miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu teorik tüketim değerleri, aylık gerçekleşen gerçek doğalgaz tüketim miktarlarıyla kıyaslanarak uygulanan kimyasal yıkama ve koruyucu programının başarısı analiz edilmiştir. Çalışmada, uygulamadan sonraki yıllarda teorik ve gerçekleşen doğalgaz tüketimlerinin birbirine yakınsayarak, atık enerji oranının azalıp sistem verimliliğinin arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte aylık doğalgaz tüketim miktarı ile ilgili olarak, tüketim-zaman grafikleri incelendiğinde farklı aylarda düşük sapmalar oluşmasına rağmen genel eğilimin uygulamadan sonraki yıllarda azaltma yönünde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal yıkama, Korozyon ve depozit oluşumu, Enerji verimliliği, Mekanik tesisat sistemi

PhD. Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF CHEMICAL CLEANING APPLICATIONS ON HEATING INSTALLATION SYSTEMS ON INSTALLATION LIFE AND ENERGY EFFICIENCY

Ömer PEKTAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Mechanical Engineer Graduate Program
Consultant: Asst. Prof. Dr. Mehmet SEYHAN
2025, 79 Pages

In heating and cooling installation systems, undesirable substances such as dissolved oxygen, suspended solids, organic and inorganic compounds, which enter the system with over time, cause deposit formation and corrosion on the inner surfaces of boilers, equipment, and pipelines. In time, this corrosion leads to a reduction in pipe wall thickness, while deposit layers act as insulation on heat transfer surfaces, reducing the efficiency of heat transfer surface areas. In this study, chemical cleaning and protective programs, which are among the measures that can be taken to address such problems, were analyzed. The average temperature values for the heating seasons of 2021, 2022, 2023, and 2024 were determined, and the theoretical energy requirement of the building, as well as the theoretical natural gas consumption was calculated. These theoretical consumption values were compared with the actual monthly natural gas consumption data, and the effectiveness of the applied chemical cleaning and protective program was analyzed. In the study, in the years following the implementation, it was determined that in the years following the implementation, the theoretical and actual natural gas consumption values converged, indicating a decrease in energy waste and an increase in system efficiency. Moreover, an analysis of the monthly natural gas consumption-time graphs revealed that, despite minor deviations in certain months, the overall trend shifted towards reduced consumption in the years following the implementation.

Key Words: Chemical cleaning, Corrosion and deposit formation, Energy efficiency
Mechanical installation system

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1 . (a) Enerji kaynak türlerinin kullanım miktarları ve (b) kaynak kullanım miktarlarının yüzdesel dağılımı, (URL-2, 2024)	4
Şekil 2. (a) Enerji kaynaklarının binalardaki kullanım amaçlarına göre yüzdelik dağılımı, (b) elektrik kaynağının binalardaki kullanım amaçlarına göre yüzdelik dağılımı, (c) Doğalgaz kaynağının binalardaki kullanım amaçlarına göre yüzdelik dağılımı, (URL-2, 2024).....	5
Şekil 3. Farklı duvar formlarında oluşan ısı kaybı (Souza, 2024).....	7
Şekil 4. Farklı çatı formlarında oluşan ısı kaybı (Souza, 2024)	8
Şekil 5. Farklı Döşeme formlarında oluşan ısı kaybı kaybı (Souza, 2024).....	9
Şekil 6. Farklı cam formlarında oluşan ısı kaybı (Souza, 2024)	10
Şekil 7. (a) Yer tipi kazan görüntüsü, (b) Tipik bir kombi görüntüsü (URL-16, 2024)	11
Şekil 8. Tipik bir ısıtma fırınının görünüşü (URL-4, 2024)	12
Şekil 9. Tipik bir elektrikli alan ısıtıcısının örnek görüntüsü (URL-4, 2024).....	13
Şekil 10. (a) Split klimalara ait farklı iç üniteler, (b) Havadan havaya bir ısı pompasının dış ünitesi (URL-4, 2024)	15
Şekil 11. Güneş enerjili ısıtma sistemine ait dış paneller ve tesisatı (URL-17, 2024)	16
Şekil 12. Demir boru dış ve iç yüzeyinde oluşan korozyon	22
Şekil 13. Kazan içindeki alev borularında oluşan depozit katmanları	24
Şekil 14. Demir boru yüzeylerinde mikrobiyolojik oluşum	25
Şekil 15. Binanın ısıtma tesisatı akım şeması	41
Şekil 16. (a) Torbalı fitrenin gövdesi, (b) üst kapağının açılmış hali ve (c) 25 µm' luk pislik tutucu fitre.....	42
Şekil 17. Kat branşman ayrımlarında bulunan pislik tutuculara ait görüntüler.....	43
Şekil 18. Kimyasal yıkama başlangıç aşaması iş akış şeması	44
Şekil 19. Kimyasal yıkama birinci aşama iş akış şeması	46
Şekil 20. Kimyasal yıkama ikinci aşama iş akış şeması.....	46
Şekil 21. Kimyasal yıkama üçüncü aşama iş akış şeması	48
Şekil 22. Kimyasal yıkama dördüncü aşama iş akış şeması.....	49
Şekil 23. Kimyasal yıkama son aşama iş akış şeması	50

Şekil 24. (a) Tesisat suyundan numunelerin alındığı ağız, (b) Tesisattan alınan numunelerin kapalı bir şekilde laboratuvar ortamına gönderilmesi, (c) Sistemden alınan numunelerin süreç içerisinde değişimi	51
Şekil 25. (a) Numunelerin hazırlanması, (b) Su kimyasal analiz cihazının görüntüsü, (c) pH, DO ve ORP ölçüm cihazı	52
Şekil 26. Kimyasal Dozaj Ünitesi	54
Şekil 27. 2021 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği	64
Şekil 28. 2022 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği	64
Şekil 29. 2023 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği	65
Şekil 30. 2024 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği	66
Şekil 31. 2021 ve 2022 Yılları İle 2023 ve 2024 Yıllarının Aylık Ortalama Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği.....	67
Şekil 32. Tesisat Suyundaki $\sum Fe^{+2/+3}$ Oranı İle Film Amin miktarının Zamana Göre Değişim Grafiği	69
Şekil 33. Tesisat Suyundaki Film Amin ile pH Değerinin Zamana Göre Değişim Grafiği.....	70

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Sıcaklık değerlerine göre koruyucu kimyasal seçimi (URL-11, 2024).....	29
Tablo 2. Kimyasal yıkama ön hazırlık aşaması.....	44
Tablo 3. 2021 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri	59
Tablo 4. 2022 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri	60
Tablo 5. 2023 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri	60
Tablo 6. 2024 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri	61
Tablo 7. Yıllara göre aylık teorik doğalgaz tüketim miktarlarının(sm3) değişimi.....	62
Tablo 8. Yıllara göre aylık gerçek doğalgaz tüketim miktarlarının (sm3) değişimi	62
Tablo 9. Tesisat su numunelerinin kimyasal analiz tablosu	63
Tablo 10. 2021 ile 2022 ve 2023 ile 2024 Yılları Ortalama Gerçek Doğalgaz Tüketiminin Yüzde Oransal Farkı	68
Tablo 11. Kimyasal uygulama programı yatırım maliyet tablosu	70
Tablo 12. Maliyet amortisman analizi	71

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASME	: Amerikan Makine Mühendisleri Birliği
GSHP	: Toprak Kaynaklı Isı Pompaları
ASHP	: Hava Kaynaklı Isı Pompaları
BRICS	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti Ekonomileri
U	: Isıl Transfer Katsayısı W/m^2K
AB	: Avrupa Birliği
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
ODEX	: Enerji Verimliliği Endeksi
TEP	: Ton Eş Değer Petrol
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
MPY	: Korozyona uğrayan bir metal yüzeyinde 1 yılda meydana gelen mil (0,001 inç) olarak kalınlık azalması
ATP	: Adenozin Trifosfat
CFU	: Coloni-Forming Units
IAE	: Uluslararası Enerji Ajansı
EV	: Elektrikli Araç
SKA	: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

1. GENEL BİLGİLER

Enerjide verimlilik kavramı, enerji üretiminden tüketimine kadarki tüm aşamalarda en yüksek verimlilikle harcamaları ifade eden bir kavramdır. Başka bir açıdan bakılırsa, enerji verimliliği; farklı formlarda olabilen enerji türlerindeki kayıpların minimize edilmesi ve gelişmiş teknolojilerin kullanımıyla üretim, hizmet sunumu, yaşam konforu veya toplumsal refah üzerinde olumsuz bir etki yaratmadan enerji tüketiminin azalmasıdır. Bu ekonomik enerji politikası, enerji sektörüyle ilgili diğer ulusal hedeflere katkı sağlayan ve düşük karbonlu bir ekonomiye geçiş sağlayan geniş kapsamlı bir alan ve sürdürülebilir kalkınma çabalarının en önemli unsurlarından birini oluşturur.

Birleşmiş Milletlerin (United Nations) 2015 yılında sürdürülebilir kalkınma amaçları (Sustainable Development Goals) çevre kirliliğini azaltma, yoksulluğu giderme, adil refah paylaşımı, dünya barışını 2030 yılına kadar başarılı bir şekilde tamamlamayı hedefleyen 17 başlıktan oluşmaktadır (Pradhan vd., 2017; URL-14, 2024). Sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA) 7 erişilebilir ve temiz enerjisi, SKA 13 iklim eylemi ve SKA 11 sürdürülebilir şehirler ve topluluklar başlıkları temiz enerji ve enerjinin etkin kullanılmasının şehirlerde sağlanması hedeflenmiştir. Ülkemizin enerjide dışa bağıllığının azaltılması, SKA vb. etkenler göz önüne alınarak hazırlanan 12. Kalkınma (URL-15, 2024) planında 3.2.2.2. enerji başlığı altında her alanda enerji verimliliğini arttıran faaliyetler yaygınlaştırılması hedeflenmiştir.

1760 sanayi devriminin başlamasıyla, tüm dünyada insan gücünün kullanılmasından makine gücünün kullanılmasına doğru bir yönelim gerçekleşmiştir. Bu durumda, Türkiye dahil olmak üzere dünya genelindeki enerji tüketiminin artmasıyla sonuçlanmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, dünya genelindeki birincin enerji talebi 14 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) seviyesinde olup, gelecekteki 20 yıl içinde %45'lik bir artışla 20,3 milyar TEP seviyelerine erişebileceğini söylemektedir (Duman & Sağbaş, 2020).

Enerji verimliliği ilerlemesi fosil yakıtlardan uzaklaşmak için çok önemlidir. IEA'nın 2050 yılına kadar, sıfır enerji sektörü emisyonuna ulaşma hedefiyle uyumlu olarak dünya genelinde enerji verimliliği iyileştirmelerinin hızlandırılması, 2030 yılına kadar petrol talebindeki öngörülen düşüşün %70'inden fazlasını ve doğalgaz talebindeki düşüşün %50'sini sağlayabilecektir. 2024 yılında Çin'deki toplam petrol kullanımına kabaca eşdeğer olacak olan bu petrol talebindeki düşüş, büyük ölçüde araçların yakıt verimliliğinin

iyileştirilmesi ve EV'lere geçiş de dahil olmak üzere teknik verimlilik kazanımlarından kaynaklanmaktadır. Verimlilikle ilgili doğal gaz talebindeki düşüş, 2024 yılında Avrupa'nın toplam doğal gaz kullanımından daha fazla olacaktır ve büyük ölçüde binaların yalıtımı ve ısıtmanın elektrikli cihazlarla sağlanması gibi önlemlerden kaynaklanmaktadır. Enerji verimliliği iyileştirmelerinin hızlandırılması, 2050 yılına kadar net sıfır emisyonu ulaşma yolunda, 2030 yılına kadar tüm karbondioksit (CO₂) emisyonu azaltımlarının üçte birinden fazlasını sağlayabilecektir. 2010'dan 2022'ye kadar, enerji yoğunluğundaki iyileştirmeler, küresel CO₂ emisyonlarında yaklaşık 7 gigaton kümülatif bir azalmaya katkıda bulunmuştur (IEA, 2024). Uluslararası verilerden küresel enerji tüketimindeki büyümenin 2023 yılında ivme kazandığını görülmektedir. Küresel enerji kullanımı, tüketiminin %42'sini oluşturan BRICS ülkelerinin etkisiyle %5,1 oranında ivmeli bir şekilde büyüme göstermiştir. Enerji tüketim oranlarına bakıldığında Çin'de %6,6, Hindistan'da %5,1, Brezilya'da %3,3, artmış olup Rusya'da %0,3 Ukrayna savaşının da etkisiyle biraz durgunlaşmıştır. Güney Afrika'da ise enerji arzında yaşanan sorunlar nedeniyle enerji kullanımı oranında %1,2'lik bir düşüş görülmektedir. Buna karşılık, OECD'de enerji tüketimi, ılımlı veya yavaş ekonomik büyüme ve zayıf endüstriyel faaliyet bağlamında %1,5'luk azalma göstermiştir. Enerji kullanım oranı, AB'de %4,2, Almanya'da %9,3, Japonya'da %3,5 ve Güney Kore'de %2,8 oranlarında düşüş göstermiş olup, ABD'de sabit kalmıştır (URL-3, 2024).

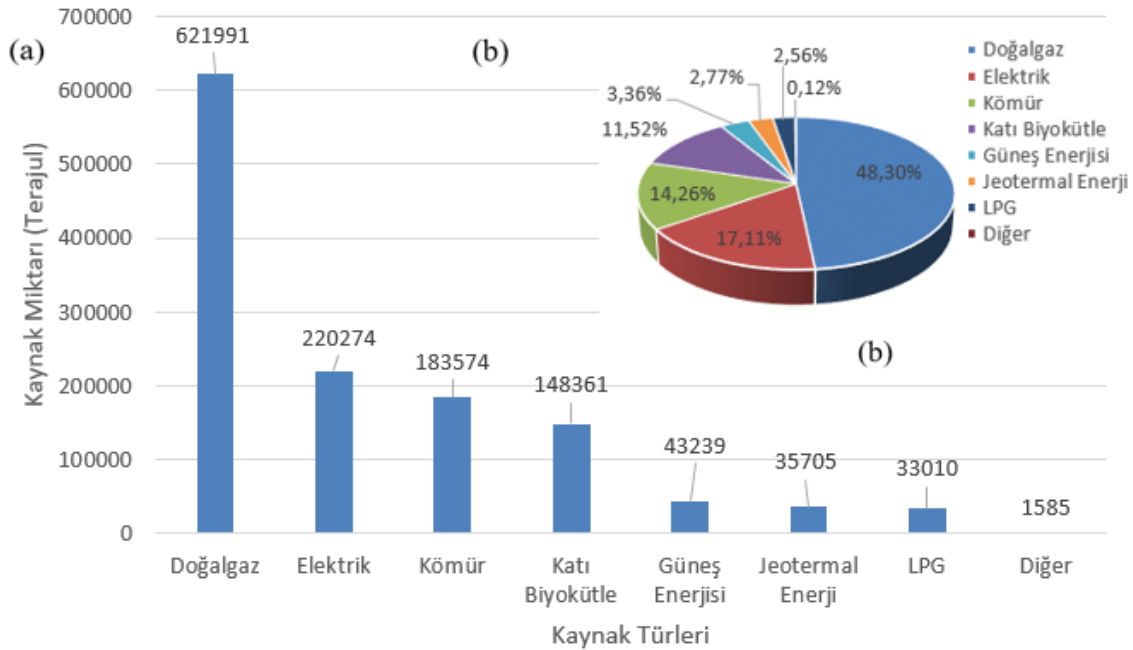
Giderek artan bina enerji tüketiminin nedenleri arasında dünya nüfusunun genel olarak artış göstermesi, iklim değişikliği, hane elektrik yükünün artması, gayrimenkullerin büyümesi, elektrikli ev aletleri çeşitliliğinin artması, mevcut binalarda yüksek enerji tüketimi, sanayi yapısındaki değişiklikler, altyapı eksikliği ve devlet denetiminin artırılmasıyla ilgili eksiklikler gibi birçok faktör belirlenmiştir. Buna yönelik uygun karşı önlemlerin irdelenmesiyle, öncelikli gelişmiş denetim stratejilerinin uygulanabilir olduğunu görülmektedir. Yeni inşa edilen binalar için bilgi entegrasyonu ve şifreleme yoluyla sıkı bir kontrol sisteminin kurulması, büyük ölçekli kamu binaları için bir enerji verimliliği denetim sisteminin oluşturulması ve yenilenebilir enerjinin bina uygulaması için ilave uzman kontrol listesi ile ödül-ceza yaklaşımı dahil olmak üzere gelişmiş devlet denetim stratejilerinin, bina enerji verimliliğini teşvik etmede büyük avantajlar sağladığı görülmektedir (Yao&Zhu, 2020).

1.1. Binalarda Enerji

1.1.1. Binalarda Enerji Kullanımı

Binalar, insanların yaşadığı, çalıştığı dolayısıyla da büyük miktarda enerji kaynağının tüketildiği yerlerdir. Dolayısıyla da yapı ve iç dekorasyon malzemesi alanında, yeni enerji tasarruflu ve çevre dostu malzemeler, günümüz koşullarında içinde bulunduğumuz çağın talebi haline gelmiştir (Li, 2011). Binalar, daha düşük karbonlu bir geleceğe geçişimizin kritik bir parçası olup, küresel enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından ve küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık üçte birinden sorumludurlar. Sadece Avrupa'da, 220 milyondan fazla mevcut bina (veya bina stokunun %75'i) enerji açısından verimsizdir ve birçoğu ısıtma ve soğutma için fosil yakıtlara güvenmektedir. Yapılan analiz çalışmalarına göre, ısıtmada fosil yakıtlardan temiz elektrikle çalışan ısı pompası uygulamalarına %20'lik bir geçişin CO₂ emisyonlarını %9 oranında azaltacağını göstermektedir. Akılcı çözümlerle birleştirildiğinde, 2030'a kadar hava kirliliğinin azalmasından kaynaklanan insan sağlığı harcamalarının 3 milyar avro kadar azaltılabileceği öngörülmektedir. Bugün inşa edilen herhangi bir binanın ömürümüzdeki 50 yıl kadar ekonomik ömrünün olacağını varsaydığımızda, yeni binaların yeşil olmasını ve mevcut binaların karbondan arındırılmış olmasını sağlamak, iklim değişikliğiyle mücadele çabalarımızın anahtarıdır (URL-12, 2024). Bina enerji tüketimi, toplumsal ekonominin ve kalkınmanın tüm gelişimiyle ilgili hayati bir konumdadır. Yapı malzemelerinin ve ısıtma sistemlerinin ısıl izolasyonu ve bina yalıtımlarındaki düşük verimlilik nedeniyle, ülkelerde birim bina alanı için ortalama ısıtma enerjisi tüketimi, gereğinden çok daha fazla olabilmektedir. Özellikle enerji arzında problem yaşayan ülkelerde, enerji tasarrufu stratejisi kaçınılmaz bir seçim haline gelmiştir. Bunu başarmak amacıyla, geleneksel metot olarak söyleyebileceğimiz ısıtma kaybını azaltmak için bina dış yalıtımı iyileştirmek, pencereleri çift cam ve uygun gövde malzemesinden tasarlayarak yapmak akılcı bir çözüm olarak düşünülmektedir. Daha yenilikçi olarak karşımıza çıkan yol ise, binalarda gerçek zamanlı veri analizi kullanarak ısıtma, iklimlendirme, aydınlatma ve diğer sistemleri herhangi bir anda bulunan kişi sayısı ile buna bağlı ihtiyaçlar doğrultusunda otomatik olarak ayarlamalarına olanak tanıyan akıllı, otonom çalışabilen dijital araçlarla donatılmasıdır. Bulunulan lokasyona ve iklime bağlı olarak bu binalara rüzgar veya güneş enerjisi hatta hibrit olarak da uygulayarak enerji kullanımında yenilenebilir kaynakların payını arttırmak bu yapıları daha da verimli ve temiz hale getirebilmektedir (Li, 2011& URL-12, 2024).

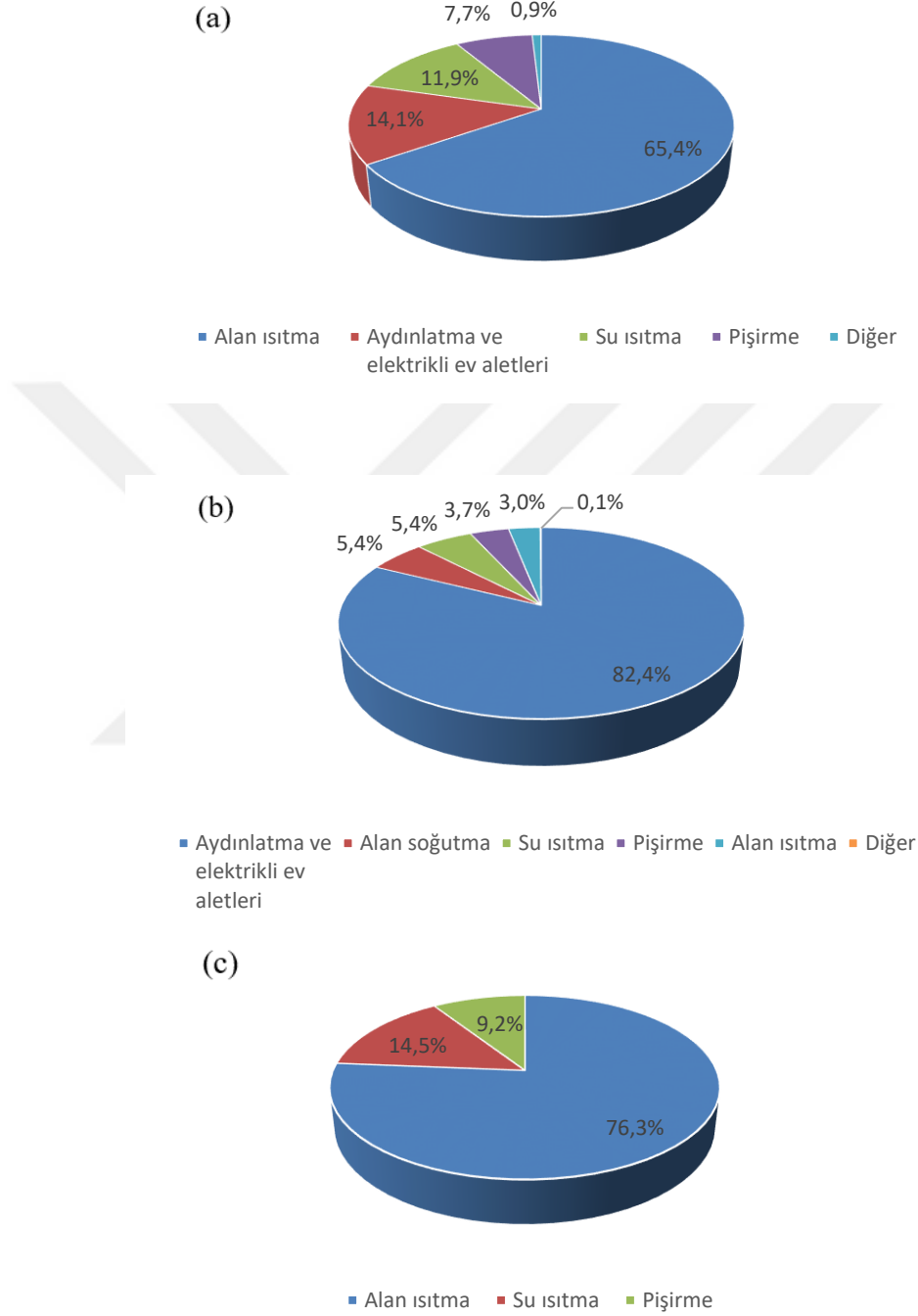
Ülkemizde konut sektöründe ısıtma amaçlı enerji tüketimi, tüketilen toplam enerjinin çok yüksek bir oranını oluşturmaktadır. Eski binalarda enerji tüketimi m² başına 200-250 kWh civarındadır. Yeni binalarda bu değer m² başına 100-150 kWh ile sınırlandırılmak istenmektedir. Binaların ilgili mevzuatları ve tekniğe uygun olarak yalıtılması sonucu %50 ye varan oranlarda enerji tasarrufu yapmak mümkün olmaktadır. Hane halkı Nihai Enerji Tüketim Araştırması sonuçlarına göre; 2022 yılında hanelerin toplam nihai enerji tüketimi 1 milyon 287 bin 738 TJ olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1 (a)'da görüldüğü gibi enerji kaynağı kullanımı olarak doğalgaz 621.991 TJ ile ilk sırada yer alırken onu 220274 TJ ile elektrik kaynağı izlemektedir. Şekil 1 (b)' de ise hanelerde tüketilen enerji kaynaklarının yüzdesel paylarına göre dağılımı incelendiğinde, nihai enerji tüketiminde %48,3 ile doğal gaz, %17,1 ile elektrik ve %14,3 ile kömür en çok tüketilen enerji kaynakları olmaktadır. (URL-2, 2024).



Şekil 1 . (a) Enerji kaynak türlerinin kullanım miktarları ve (b) kaynak kullanım miktarlarının yüzdesel dağılımı, (URL-2, 2024)

Şekil 2 (a)' ya bakıldığında hane halkı toplam nihai enerji tüketimi, kullanım amacına göre incelenmiş olduğu görülmektedir. 2022 yılında mahal ısıtılması amacıyla tüketilen enerji oranı, toplam tüketimin % 65,4'ünü oluşturmuştur. Mahal ısıtmasından sonra, sırasıyla aydınlatma ve elektrikli ev aletleri kullanımı %14,1 ile ikinci sırayı, su ısıtma %11,9 ile

üçüncü sırayı, pişirme amaçlı tüketim % 7,7 ile dördüncü sırayı ve son olarak da alan soğutma gibi diğer amaçlı tüketimlerin payı da %0,9 olarak gerçekleşmiştir (URL-2, 2024).



Şekil 2. (a) Enerji kaynaklarının binalardaki kullanım amaçlarına göre yüzdelik dağılımı, (b) elektrik kaynağının binalardaki kullanım amaçlarına göre yüzdelik dağılımı, (c) Doğalgaz kaynağının binalardaki kullanım amaçlarına göre yüzdelik dağılımı, (URL-2, 2024)

Şekil 2 (b) incelendiğinde ise, hanelerde en çok tüketim payına sahip enerji türü olan doğal gazın %76,3'ü alan ısıtmada, %14,5'i su ısıtmada, %9,2'si ise pişirme amaçlı proseslerde kullanıldığı görülmektedir. Son olarak şekil 2. (c) incelendiğine, enerji kaynağı türleri içinde en çok kullanılan ikinci kaynak olan elektriğin ise kullanım amacına göre aydınlatma ve elektrikli ev aletleri %82.4 ile ilk sırayı alırken, alan soğutma ve su ısıtmanın payları %5.4, pişirme amaçlı kullanım payı % 3.7 ve alan ısıtma payı % 3 olarak gerçekleşmiştir (URL-2, 2024).

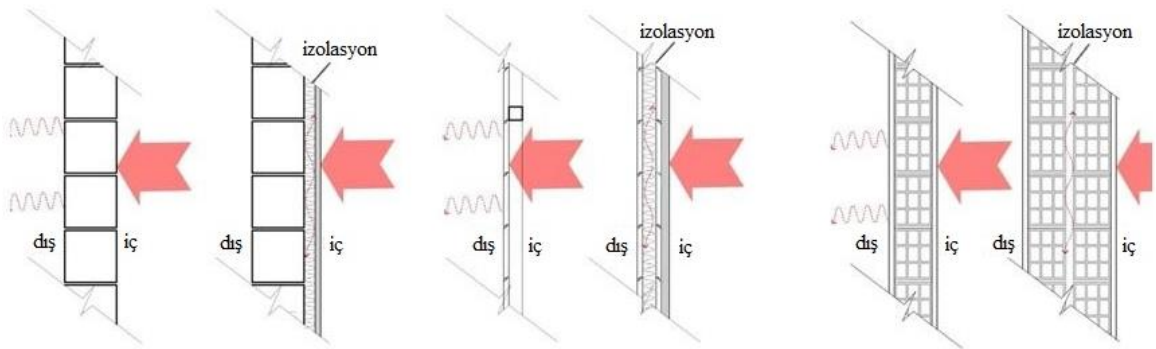
1.1.2. Binalarda Enerji Kayıpları

Bulunduğumuz herhangi bir yerde termal koşullar istenilen aralıklarda olduğunda vücudumuz çevreyle dengede olur ve faaliyetleri normal şekilde gerçekleştirmemize imkan sağlamaktadır. Diğer taraftan baktığımızda, bir mekan çok sıcak veya çok soğuk olduğunda, kısa sürede ruh halimizde ve bedenimizde değişiklikler olduğu gözlenmektedir. Isıl ortamdaki memnuniyetsizlik, ısı dengesi kararsız olduğunda, yani vücudun ürettiği ısı ile vücudun çevreye kaybettiği ısı arasında farklar olduğunda ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık ve performans arasındaki ilişkiye ilişkin ofis ortamında yapılan 24 farklı çalışmanın analizi göre, 15°C ile 30°C arasındaki performans değeri, 21°C ile 23°C arasındaki ideal referans değerle karşılaştırıldığında çalışma performansında %10'luk bir azalma olduğunu ortaya çıkarmıştır (Souza, 2024).

Kendimizi olumsuz hava koşullarından korumak, mimari yapının temel işlevlerinden biridir. Bu, aktif bir şekilde (örneğin ısıtma veya iklimlendirme ekipmanı kullanılarak) veya pasif bir yolla (güneş ışıınımı ve havalandırma gibi.) ve mimariye uygun malzemeler kullanılarak yapılabilir. Soğutma ve ısıtma teknolojilerinin gelişmesi iç mekan koşullarını iyileştirmiş olsa da, aynı zamanda inşa edildikleri ortamlara uygunluk sağlamayan binaların oluşturulmasına sebep olmuş, bu da onları soğutma, ısıtma ve iç mekanlarında ideal konfor sağlama noktasında daha maliyetli olmaktadır. Mevcut iklim koşulları dikkate alınarak tasarlanmamış cam cepheli ofis binaları, karmaşık iklimlendirme sistemlerine, iç konfor sıcaklığını koruma görevini devretmektedir. Binanın dış cephesi, dış ve iç ortam hava değerleri arasında filtre görevi görmesi nedeniyle önemli bir parçadır ve tasarım sırasında mevcut bölgesel iklim koşullarının dikkate alınması gerekir. Sıcak bölgelerde genellikle geniş açıklıklar ve gölgeli alanlarla binanın mümkün olduğu kadar havalandırılmasına çalışılır. Soğuk bir bölgede ise tam tersine, dış cephe güneşin mahallere girmesine izin

vererek binadaki ısıyı korur. Isı akışının yönü her zaman en sıcak yüzeyden en soğuk yüzeye doğru olur. Isı iletimi ise dış ve iç yüzeyin sıcaklıkları arasında fark olduğunda gerçekleşmektedir. Isı transfer katsayısı (U) olarak adlandırılan ve ısı geçirgenliğinin bir ölçüsü olan bu değer, katmanı geçen enerjinin miktarına bağlı olarak ısı yalıtımının uygunluğunu bilmemize yardımcı olmaktadır. Ortaya çıkan U değeri düşükse iyi yalıtılmış bir yüzeye sahip olduğumuz anlamına gelmektedir. Yüksek bir değer ise bizi termal açıdan yetersiz bir yüzeye karşı uyaracaktır. Bir diğer önemli kavram ise malzemenin ısıyı tutup yavaş yavaş çevreye geri verme özelliği olan termal atalettir. Termal ataleti yüksek olan malzemeler, atmosfer sıcaklığındaki değişikliklere gecikmiş bir tepki vermektedir. Termal atalet, gündüz ve gece arasında büyük termal genliklerin olduğu iklimlere sahip bölgelerde geçerli olmaktadır. Günler arası sıcaklık farkının az olduğu kıyı bölgeleri ve sahalarda, yüksek sıcaklıkların mahallere girmesini önlemek için ısıl ataleti düşük malzemelerin kullanılması gerekmektedir.

Şekil 3'te, farklı duvar formlarında dış ortama doğru oluşan ısı kaybı durumları şematik olarak sunulmuştur. Şekillerin tek katmanlılarında ısı yalıtım malzemesi kullanılmadığı durumda iç taraftaki ısının dışarıya doğru kaçtığı görülmektedir. Şekillere dikkatli bakıldığında, çift katmanlı olan ve mekanlar arasındaki ısı transferini en aza indirmek için iç ve dış cephe yapı yüzeyleri arasına ısı yalıtım malzemesi uygulananlarda ise iç taraftaki ısının daha iyi korunduğu ve yalıtım malzemesinin bariyer görevi üslendiği görülmektedir.

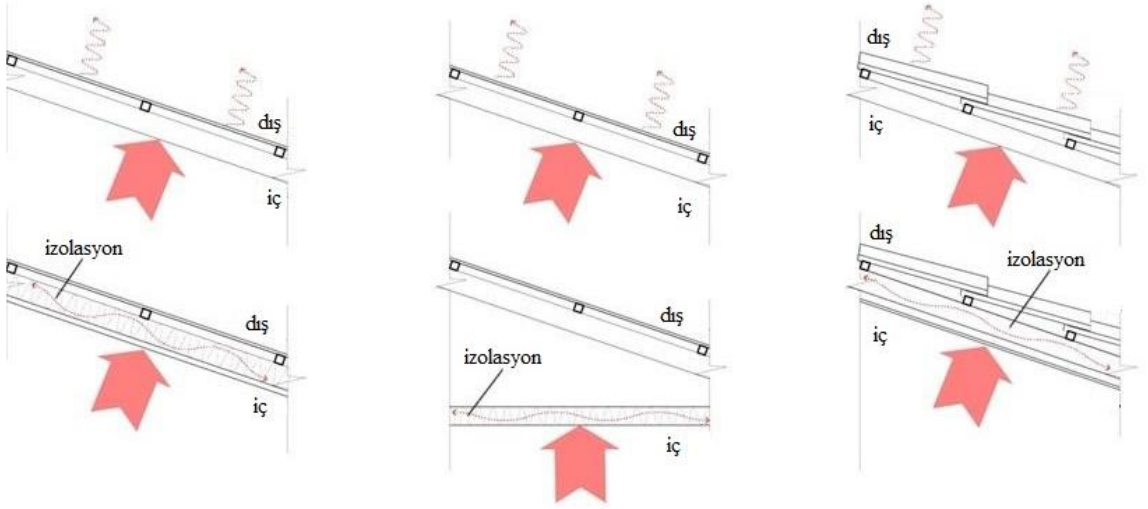


Şekil 3. Farklı duvar formlarında oluşan ısı kaybı (Souza, 2024)

Duvarlara iç taraftan uygulanan alçı sıva sayesinde ısı konfor artarken, dış yüzey tarafında imalatı fen ve sanat kurallarına uygun şekilde yapılan, su ve nem yalıtım özelliği

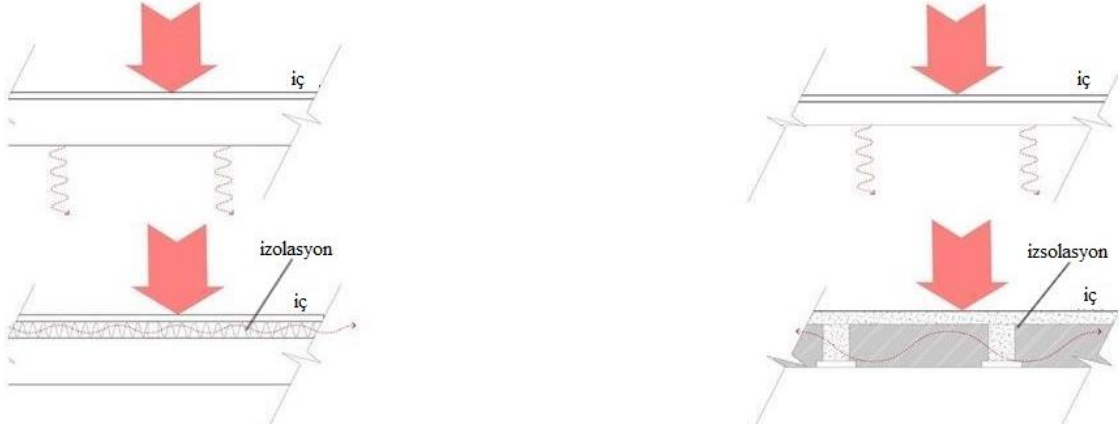
olan membranların kullanılması yapı elemanlarının ömrünü oldukça artırmaktadır. Dış cephe kaplama malzemeleri bölge iklim şartlarına uygun olması oldukça önemli olup, kötü hava şartlarına karşı dayanıklılık ve koruma sağlayabilecek türde seçilmelidir.

Şekil 4'e bakıldığında, binaların dış duvar yapılarında olduğu gibi, iç mekan ısı konforu sağlamak için uygun nitelikte yalıtım malzemelerinin çatı yapılarında da kullanılmasının önemi görülmektedir. Şekillerde, farklı çatı formları için tek katmanlı çatı yapılarında iç mahal ısının dışarıya kaçtığı görülmektedir. Çift katmanlı ve mekanlar arasındaki ısı transferini en aza indirmek için iç ve dış cephe yapı yüzeyleri arasına ısı yalıtım malzemesi uygulanan diğer formlarda ise aynı yalıtımlı duvarlarda olduğu gibi iç taraftaki ısının daha iyi korunduğu ve yalıtım malzemesinin bariyer görevi üslendiği görülmektedir. Çatıya uygulanacak ısı yalıtımından önce, yalıtım malzemelerinin su ve nem geçişiyle zarar görmesini engellemek için uygun nitelikte yalıtım membranları veya astarlar kullanmak gerekmektedir. Ayrıca genellikle başarılı sonuçlar veren ve maliyet açısından uygun olabilecek bir başka yöntem ise açık renkli yapı malzemelerinin kullanılmasıdır.



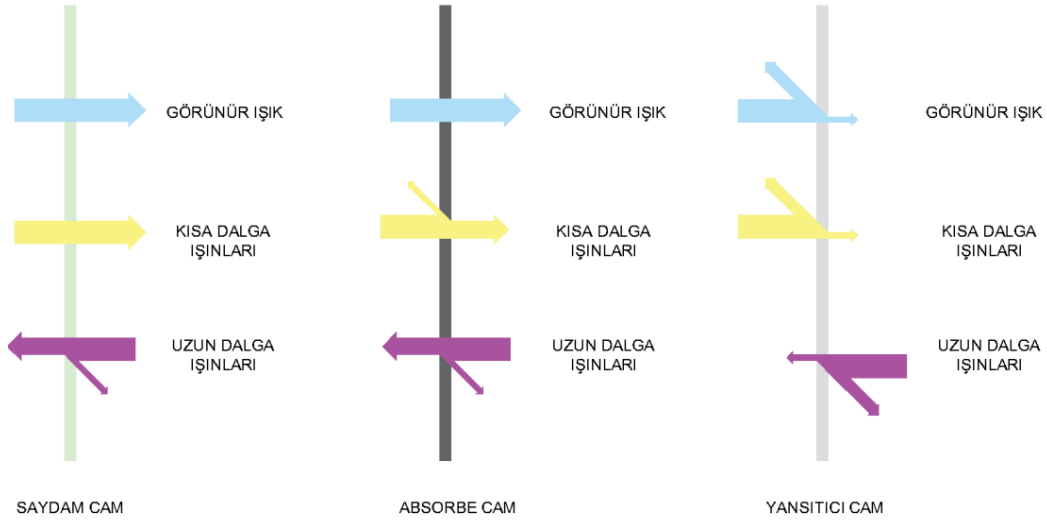
Şekil 4. Farklı çatı formlarında oluşan ısı kaybı (Souza, 2024)

Şekil 5'te ise, binalarda genellikle dikkate değer görülmemesine rağmen, zemin yalıtımının da aynı duvar ve çatı formlarında olduğu gibi, uygun şekilde ısı, su ve nem izolasyonu yapıldığı takdirde, zemin ile iç mahal arasındaki yapı elemanlarının zarar görmesi engellenmiş olup, ısı kaybının da kontrol altında tutulabileceği görülmektedir.



Şekil 5. Farklı Döşeme formlarında oluşan ısı kaybı kaybı (Souza, 2024)

Şekil 6'da saydam, absorbe ve yansıtıcı cam formlarında oluşan ısı kaybının şematik hali sunulmuştur. Burada pencere ve dış cephelerde bulunan farklı yapıdaki camlardan görünür ışık saydam ve absorbe camdan kolaylıkla geçebildiği halde yansıtıcı camdan büyük ölçüde geri dönmektedir. Kısa dalga boylu ışınlar, saydam camdan rahatlıkla geçebildiği halde, absorbe camdan büyük bir kısmı geçebilirken bir kısımda geri yansımaktadır. Yansıtıcı cam ise kısa dalga boylu ışınların geçişine büyük ölçüde engel olmaktadır. Yansıtıcı cama gelindiğinde, görünür ışık, kısa dalga boylu ışık hem de uzun dalga boylu ışık için benzer davranışı sergilediğini görmekteyiz. Bu cam türü tüm ışık çeşitlerini büyük oranda yansıtmaktadır. Camlar binalarda ısı kaybının en çok olduğu yapı elemanlarıdır. Camlar güneş ışınımının içeri girmesine izin verebileceği gibi, kullanılan camın özelliklerine bağlı olarak bina içindeki ısıtma sistemlerinin ürettiği ısıyı da muhafaza edebilir veya ısıyı dışarı atılmasına olanak sağlayabilmektedir. Bu yüzden özellikle soğuk iklimlerde yaşayan insanların, yapılarda pencere alanlarını oldukça küçük tutması enerji tasarrufunun ilk adımı olarak görülmektedir. Nitelikli ve teknik özellikleri dikkatle incelenerek bulunduğu iklime uygun olarak seçilen cam ve uygun şekilde tasarlanan doğrama kısımlarıyla pencerelerden kaçan ısı en aza indirilebilmektedir.



Şekil 6. Farklı cam formlarında oluşan ısı kaybı (Souza, 2024)

1.2. Binalarda Isıtma Sistemleri

Isıtma sistemi kavramı oldukça geniştir ve terim birçok farklı kurulum türünü tanımlamak için kullanılabilir. Bazı ısıtma sistemleri enerji kaynağı olarak odun, kömür, fuel oil, doğalgaz vb. yakıt kullanırken, bazıları da doğrudan elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirerek kullanmaktadır. Bir diğer önemli fark ise ısıнын iç mekanlara ulaşma şeklidir. Bazı sistemler iç mekan havasını doğrudan ısıtırken, diğerleri su veya buhar gibi bir ara sıvı kullanarak ortamı ısıtmaktadır. En yaygın ısıtma cihazı türleri kazanlar, fırınlar, mahal ısıtıcıları ve ısı pompalarıdır. Bir mahallin veya binanın ısıtma yöntemine karar verirken mevcut iklim koşulları ve yapı özellikleri değerlendirilerek fizibilite çalışması yapılmalıdır. Ama yine de herhangi bir mühendislik problemlerinde olduğu gibi, her seçeneğin kendi içinde avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Binalarda ısıtma sistemleri, kazan ve kombiler, fırın (furnace), alan ısıtıcıları, ısı pompaları ile klimalar ve güneş enerji sistemleri olarak 5 ana grupta toplanmaktadır. Bunlar aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

1.2.1. Kazan ve Kombiler

Şekil 7 (a) ve (b)'de sırasıyla yer tipi bir kazanlardan oluşan bir kazan dairesi ile duvarı asılmış bir kombinin tipik görüntüleri verilmiştir. Kazanlar ve kombiler, boru tesisatlarında dolaşan akışkanı ısıtır ve daha sonra ısı değişticileri ile yüksek sıcaklıktaki sıvıdan iç mekan havasına ısı transferi sağlanmaktadır. Isıtma tesisatında kullanılan akışkan

genellikle sıcak su veya buhardır. Sıcak su; yer konvektörleri, hava apareyleri, fancoil, yerden ısıtma boruları, radyatörler gibi yöntemler aracılığıyla ısıyı ilgili yerlere iletmış olur. Modern uygulamalarda, sıcak su, kazanlar ve kombiler için en uygun maliyetli ısıtma sıvısı olarak kabul edilmektedir. Buharlı ısıtma ise, bir bina ısıtmasının ötesinde farklı üretim prosesleri gibi başka amaçlar için kullandığında uygulanabilir. Bir kazan yalnızca mahal ısıtması için kullanılacaksa, işletme maliyetleri ve iş güvenliği açısından genellikle sıcak sulu sistemlerin kullanılması önerilmektedir.



Şekil 7. (a) Yer tipi kazan görüntüsü, (b) Tipik bir kombi görüntüsü (URL-16, 2024)

Kazanlar ayrıca kullandıkların yakıtların cinsine göre de sınıflandırılabilir. Yakıtlar maliyet ve emisyon açısından farklılık gösterir ve aşağıda bazı örnekler verilmiştir:

- Doğal gaz, kazanlar için yaygın, uygun maliyetli ve temiz bir yakıttır. Uygulamada doğalgaz arzı genellikle tüketicilerin ihtiyaç noktasına kadar sağlandığından, yakıt arz açısından bir nakliye planlaması gibi durumlara ihtiyaç yoktur.
- Fuel oil, doğalgazın yaygınlaşmasından önce ülkemizde yaygın seçenek olarak ısıtmada kullanılmaktaydı. Uygun maliyetli bir yakıttır, ancak doğal gazdan daha yüksek emisyonlara sahiptir. Fuel oil arzı nakliye araçlarıyla teslim edilmesi gerektiğinden, bina sahiplerinin stoklarını düzenli bir şekilde kontrol etmesi gerekmektedir. Bu kontrollere göre talep planlaması yapmaları gerekmektedir.
- Biyokütle, biyoyakıtlara dönüştürülebilen büyük miktarda organik atığa erişimi olduğu yerleşim yerlerinde kazanlar için uygun bir yakıt olarak değerlendirilebilir. Biyogaz veya biyodizel, harici bir tedarikçiden satın alınması gerektiğinde biyokütle ısıtması çok pahalı olabilmektedir.

- Propan' da kazanlar için yakıt olarak kullanılmaktadır. Fuel oil gibi bu yakıt türü de nakliye araçlarıyla teslim edilmesi gerekir, ancak fuel oil'e göre daha yüksek verimlilik ve daha düşük emisyon değerlerine sahiptir.

Doğrudan elektrik enerjisiyle çalışan direnç telli kazanlar da vardır, ancak özellikle ülkemiz gibi elektrik enerjisinin pahalı olduğu yerlerde işletme maliyetleri çok yüksek olabilmektedir. Bu nedenle çok tercih edilmemektedir.

1.2.2. Fırın (Furnaces)

Şekil 8'de mahal ısıtmasında kullanılan fırınların görüntüleri verilmiştir. Fırınlar, kazanlar ve kombilerle kıyaslandığında, aynı enerji kaynaklarıyla çalışmaktadır ve bu nedenle iki cihaz türü sıklıkla birbirine karıştırılabilmektedir. Aradaki temel farklılık, fırınların iç mekan havasını doğrudan ısıtması, kazanların ise sıcak su veya buharla dolaylı ısıtma sağlamasıdır. Fırınlar, kazanlardan daha basit ve kurulumu daha ucuzdur ancak fırınlarda ısıtılmış hava yalnızca cebri hava akışıyla sağlanabilmektedir. Fırınlar ayrıca, gerekli hava akışını sağlamak için güçlü fanlar gerektirdiğinden tasarımlarına da bağlı olarak mahallerde gürültü kirliliğine neden olabilmektedir. Fırınlar, hava kanalları için yeterli bir mimariye sahip binalarda kullanılabilmektedir. Kazanlarda ise bu durum daha farklı olup su özellikle yüksek katlı binalarda dikey mesafeler için sıcak havadan daha etkili bir akışkan olup ve tesisat boruları da hava kanallarına göre daha kompakt yapıdadırlar. Binanın dikey mesafesi yüksekse ve bölgesel ısıtma gerekiyorsa kazan kullanılması daha uygun bir seçenek olabilmektedir.



Şekil 8. Tipik bir ısıtma fırınının görünüşü (URL-4, 2024)

1.2.3. Alan Isıtıcıları

Kazanlar ve fırınlar merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılırken, bina mahallerinin bağımsız ısıtmaya ihtiyacı olduğunda alan ısıtıcıları yaygın şekilde kullanılan bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 9’da farklı tipte alan ısıtıcıları ile ilgili görseller sunulmuştur. Alan ısıtıcıları, odun, kömür, lpg, doğalgaz ve elektrik gibi birçok enerji kaynağı mahal ısıtması amacıyla kullanabilmektedir. Özellikle bu kaynaklardan en öne çıkanı elektrik diyebiliriz. Çünkü elektrikli ısıtıcılar, direnç telli veya infrared yapısıyla doğrudan iç mekan havasını ısıttıkları için temiz, kompakt yapıdadırlar ve binanın elektrik güç kaynağını kullandıkları için de kullanışlı ve taşınabilirler. Alan ısıtıcılarının ilk yatırım maliyeti düşüktür, ancak işletme maliyeti yüksektir. Gazla çalışan alan ısıtıcılarının çalıştırılması genel olarak daha ucuzdur, ancak bir gaz kaynağı ihtiyaç duymaktadırlar. Kapalı alanlarda, bulunduğu mahallin taze havasını kullanan soba, doğalgaz sobası vb. üniteler ortamda eksik yanma oluştuğunda özellikle karbon monoksit gibi insan sağlığı için ölümcül zararlı atık gazlar ürettiğinden bu ortamların uygun şekilde havalandırılmaları gerekmektedir.



Şekil 9. Tipik bir elektrikli alan ısıtıcısının örnek görüntüsü (URL-4, 2024)

1.2.4. Isı Pompaları ve Klimalar

Şekil 10 (a)'yı incelediğimizde, klima sistemlerine ait farklı model iç üniteler görülmektedir. Klimalarda da havadan havaya bir ısı pompasıyla benzer özellikleri göstererek dış hava kaynağından kazandığı ısıyla genişletilip, buharlaştırılır ve sonrasında kompresörde sıkıştırılan akışkanın iç üniteye yoğunlaştırılmasıyla sahip olduğu ısı enerjisini ortama bırakır. Soğutmada ise tam tersi olarak, genişleme valfinde genişip sonrasında iç üniteye buharlaştırılan soğutucu akışkan iç mekan ısını toplar ve kompresörde sıkıştırılıp ve yoğunlaşma yoluyla yüksek ısını dış ortama aktarmaktadır. Şekil 10 (b)'ye baktığımızda, ısı pompaları, yanmalı ısıtıcılar gibi düşük işletme maliyetlerine sahip ve dirençli ısıtıcılar gibi temiz bir çalışma sağlayan modern cihazlardır. Bir ısı pompasında, soğutucu akışkan bina dışındaki bir kaynaktan ısı toplamak için genişir ve buharlaşır, ardından mahal içerisine ısıyı serbest bırakmak için sıkıştırılıp yoğunlaştırılmaktadır. Isı pompaları, ısıyı çıkardıkları kaynağa bağlı olarak hava, su veya toprak kaynaklı üniteler olarak tanımlanabilmektedir. Hava kaynaklı ısı pompaları (ASHP) en uygun fiyatlı olanıdır, ancak toprak kaynaklı ısı pompaları (GSHP) en verimli olanıdır. Bununla birlikte, her üç ısı pompası türü de dirençli ısıtıcılardan çok daha verimlidir. Hava kaynaklı ısı pompaları daha uygun fiyatlıdır, ancak dış ortam sıcaklıkları kullanılan akışkanın donma aralığına yaklaştığında verimleri azalmaktadır. Bu pompaların yüksek kapasiteli modelleri, -20°C kadar düşük sıcaklıklarda çalışabilmektedirler. Toprak kaynaklı ısı pompaları bu sınırlamaya sahip olmamasının sebebi, toprak sıcaklığı yıl boyunca hava sıcaklığından kaynaklı daha az değişmesidir. Ancak bu sistemlerin kurulum maliyeti hava kaynaklı ısı pompalarına kıyasla daha yüksektir. Birçok ısı pompası modeli tersinir çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır, yani yaz aylarında klima olarak kullanılabilirler. Bu şekilde, iki mekanik sistemi tek bir kurulumda birleştirilebilmektedir. Ancak bazı modellerde yalnızca bir ısıtma modu vardır ve klima olarak kullanılamamaktadırlar. Bazı ısı pompası modelleri, tıpkı fırınlar gibi havayı doğrudan ısıtmak için tasarlanırken, diğerleri tıpkı kazanlar gibi sıcak su kullanmaktadır. Isı pompaları, mini bölmeli klimalara benzer bir görünüme sahip kompakt versiyonları da mevcuttur.



Şekil 10. (a) Split klimalara ait farklı iç üniteler, (b) Havadan havaya bir ısı pompasının dış ünitesi (URL-4, 2024)

1.2.5. Güneş Enerji Sistemleri

Güneş enerjisiyle ısıtma sistemleri, pasif güneş enerjisi ve aktif güneş enerjisiyle ısıtma olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Özünde, bu sistemler güneşten termal enerji toplar ve toplanan bu enerjiyi mahallerin ısıtılması amacıyla veya kullanım sıcak suyunu ısıtmak için kullanılmaktadır. Pasif güneş enerjisi sistemleri, ısıyı toplamak için binanın yapı elemanlarından faydalanır. Bu, daha yüksek güneş ışınımına izin veren camlar, uygun eğimli bina mimari yüzeyleri veya uygun eğimle tasarlanmış çatı yönleriyle sağlanabilmektedir. Şekil 11'e bakıldığında ise, aktif güneş enerjisiyle ısıtma sistemlerine ait bir kollektör grubu, kollektörlerin birbiri ile bağlantısını sağlayarak ısıtılmış suyu sisteme taşıyan tesisat bileşenlerini görülmektedir. Elektrik üreten fotovoltaik panellerin aksine, termal güneş panelleri güneşten enerji yakalamak ve yukarıda belirtilen ısınma amaçlı ve sıcak kullanım suyu elde etmek gibi ihtiyaçlar için bu enerjiyi suya aktarmak amacıyla kullanılmaktadır. Normalde bu sistemler, enerji kaynağının sürekli olmaması ve depolama seçeneklerinin çok sınırlı olması nedeniyle tek başına, bağımsız sistemlerde kullanılması çok uygun olmamaktadır. Ancak, bu sistemler günün belli dönemlerinde doğal gaz veya diğer kaynaklarla çalışan mevcut ısıtma sistemlerine ilave entegrasyonla tamamlayıcı olarak kullanılabilirler. (Dinçer, 2020).



Şekil 11. Güneş enerjili ısıtma sistemine ait dış paneller ve tesisatı (URL-17, 2024)

1.3. Merkezi Isıtma Sistemleri

Merkezi ısıtma sisteminde, ısı binanın uygun bir mahalline yerleştirilmiş bir dizi ekipmanlar vasıtasıyla üretilmektedir. Ancak bunun binanın geometrisi ve düzeni açısından mutlaka "merkezi" bir nokta olması gerekmez. Merkezi ısıtma sistemleri, ıslak sistemler olarak da bilinen hidrolik ve kuru sistemler olarak da bilinen zorlamalı hava sistemleri olarak iki bölümde kategorize edilir. Bu sistemler ısıнын üretildiği cihaz, dağıtım sistemi ve kontrol sistemi olmak üzere üç ayrı parçadan oluşurlar. Hidronik veya ıslak sistemler bir kazan, bir brülör, bir sirkülasyon su pompası, bir yakıt tankı, boru tesisatı, radyatörler, çeşitli emniyet cihazları ve kontrol ekipmanlarından oluşur (Martinopoulos vd., 2018; Papadopoulos vd., 2008). Isı, bir dizi farklı ısıtma ekipmanı tarafından üretilir ve ısı transfer ortamına (genellikle su) aktarılır. Isı üretme yöntemleri olarak genellikle doğal gaz fuel oil, motorin, biyokütle (odun veya pelet gibi.) kazanı, ısı pompası, güneş kolektörleri veya bunların bir kombinasyonu kullanılır. Isı transfer edilmiş akışkan, bir pompa yardımıyla borular aracılığıyla ilgili yerlere dağıtılır. Gerekli enerji, ısıtılan alanlara farklı tipteki radyatörler, konvektörler veya yerden ısıtma boruları aracılığıyla iletilmektedir. Sensörler, aktüatörler ve yazılım algoritmalarından oluşan bir otomasyon kontrol sistemi, kazanın açılıp kapanmasını ve genellikle kazan suyu dönüş sıcaklığını kontrol ederek belirlenen oda sıcaklıklarına göre sistemin çalışmasını sağlamaktadır.

Radyatörler hidronik sistemlerde en yaygın kullanılan ısı yayıcılarıdır. Genellikle, radyatörler ısı üretim cihazına tek borulu veya iki borulu sistemler aracılığıyla bağlanmaktadır. Tek borulu bir ısıtma sisteminde, tüm radyatörler sırayla aynı besleme

borusuna bağlanır ve dönüş borusu son radyatörden ana devreye gitmektedir. Bu, sıcaklığın boru boyunca azaldığı ve radyatörlerden tüm odalarda ihtiyaç duyulan ısı çıkışını sağlamak için sırasıyla radyatörlerin boyut olarak artması gerekebileceği anlamına gelmektedir. Tek borulu sistemin, binanın merkezi besleme-dönüş borularına her daire için iki veya üç yollu bir vana yerleştirilerek dairelere bireysel ısıtma özelliği kazandırılabilir. Böylece ısı tüketiminin kolay ve güvenilir bir şekilde ölçülmesini sağlanabilir. İki borulu sistemde ise, her radyatöre iki ayrı boru gitmekte olup, bu borulardan biri radyatörü beslerken diğeri suyu kazana geri götürmektedir. İki borulu bir sistemin genel özelliği, radyatörlerin aynı akış sıcaklığı ve aynı sıcaklık farkı için boyutlandırılmış olmasıdır. Bu nedenle optimum şekilde çalışmak için hidrolik olarak dengelenebilir. Radyatörler, radyatör türüne bağlı olarak bulunduğu ortama radyasyon ve konveksiyon kombinasyonu yoluyla ısı sağlamaktadırlar. Sistemlerin çoğunluğu eskiden 90/70 °C lik besleme-geri dönüş sıcaklıklarıyla boyutlandırılırken, günümüzde ısı kayıplarını azaltmak ve düşük sıcaklıklı veya yoğunlaşmalı kazanların daha yüksek verimliliklerinden yararlanmak için sistemleri daha düşük sıcaklıklara göre boyutlandırma eğilimi olmaktadır. Besleme/geri dönüş sıcaklıklarının azalmasıyla radyatörlerin boyutu artar. İç sıcaklık, evin uygun olan herhangi bir noktasındaki bir termostatla veya her radyatördeki termostatlar ve kontrol vanalarıyla kontrol edilebilir. Konforlu bir ortam, otomatik, güvenli bir çalışma ve enerji tasarrufu istendiği durumlarda bunu sağlayan çeşitli kontrol sistemleri geliştirilmiştir.

Merkezi sistemlerde kullanılan diğer bir yaygın tasarımda, yerden ısıtma olarak bilinen radyant sistemler olup, binaları ısıtmak için enerji açısından verimli bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Karmann vd., 2017). Bu sistemde sıcak su, zeminin altına belli bir desende döşenen ince plastik esaslı borular aracılığıyla dolaştırılır. Borular, genelde donatılı kat betonunun üstündeki ince bir şap tabakasına gömülür. Odaların sıcaklığı, zon kontrol vanaları, pompalar ve termostatlar aracılığıyla, her boru ringinden geçen sıcak su akışını düzenleyerek kontrol edilmektedir. Termostat, diğer merkezi ısıtma sistemlerine kıyasla birkaç derece daha düşük ayarlanabilir ve bu şekilde enerji tasarrufu sağlanır, ancak sistem yüksek termal atalet nedeniyle sıcaklık ayarlarına hızlı bir şekilde yanıt vermez. Yakıt tüketimi ise, zemin sıcaklığını, dış hava ve oda sıcaklığını aynı anda algılayan ve kendini bu sıcaklık değerlerine göre kalibre edebilen gelişmiş otonom kontrol türleri sayesinde daha da azaltılabilir (Papadopoulos vd., 2008).

Merkezi ısıtma sistemlerinde iç mahal enerji sağlayıcısı olarak fanlı konvektörler ve fancoil üniteleri günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki cihazda tasarım

olarak kanatlı borulu bir ısıtma serpantini, filtre ve fan bölümünden oluşmaktadır. Isı transfer yöntemi, büyük oranda zorlamalı konveksiyon olarak gerçekleşir ve ısı, fan aracılığıyla odanın her yerine dağıtılmaktadır. İstenen oda sıcaklığı, elektronik bir termostat kullanılarak ayarlanabilmektedir. Termostat üzerinde bulunan sıcaklık sensörü, ortamın gerçek sıcaklığı ile termostat üzerindeki istenilen sıcaklık değeriyle karşılaştırır ve ortamı, istenilen sıcaklığa ulaşmak için fan devri, fancoil cihazının on-off kontrolü yada cihaza su giriş-çıkışını kontrol ederek mahal istenilen sıcaklık değerinde iklimlendirilebilir.

Merkezi sistemlerde ana ısı kaynağı olarak elektrikli bir kazan veya elektrikle çalışan bir ısı pompası da kurulabilir. Ilıman iklime sahip bölgelerde, hava-hava ısı pompaları 3 den daha yüksek mevsimsel performans değerine ulaşabilmektedir. Jeotermal kaynaklı ısı pompaları, 3,5 ile 4,5 arasında değişebilen mevsimsel performans faktörleri ile daha soğuk iklime sahip bölgeler için daha verimli bir çözümdür (Akpınar&Hepbaslı, 2007). Hibrit bir ısıtma sisteminde, bir kazan, hava kaynaklı ısı pompası (ASHP) veya yer kaynaklı ısı pompası (GSHP) ile senkronize bir şekilde birleştirilebilir (Omer, 2008; Lucia vd., 2017). Bu sistemler, bir ısı pompası ile bir yoğunlaşmalı kazanın yüksek verimliliğini birleştirerek çok zorlu iklim koşullarında bile genel sistem verimliliğini artırır (Zmeureanu&Wu, 2007).

Başka bir seçenek de güneş enerjisiyle çalışan termal sistemlerin kullanılmasıdır. Konut kullanımlarında ise güneş enerjisiyle çalışan sıcak su ısıtma sistemleri en yaygın seçenektir. Sıcak su üretmek için termosifon, doğrudan ve dolaylı sirkülasyon sistemleri ve hava sistemleri gibi bir dizi sistem kurulabilir (Martinopoulos vd., 2018). Ortam sıcaklığı 0 °C'nin altında olsa bile güneş enerjisi sistemlerinin yıl boyunca kullanılabilmesi için dolaylı sirkülasyon sistemleri tercih edilir. Genellikle, tipik güneş enerjisiyle çalışan termal sistemler düz plakalı güneş kolektörleri, bir depolama tankı ve boru tesisatlarından oluşur. Güneş radyasyonunun sıcak su biçiminde faydalı enerjiye dönüştürülmesi için ortalama yıllık sistem verimliliği, çoğunlukla kullanılan güneş enerjisiyle çalışan kolektörün türüne bağlı olarak %30 ila %40 arasında değişir ((Martinopoulos vd., 2018; Tsilingiridis vd., 2004). Bu sistemlerin geri ödeme süresi, gerekli termal yük için uygun tasarım ve boyutlandırma sağlandığı sürece üç ila dört yıl kadar kısadır (Tsilingiridis vd., 2004; Brinkworth, 2001). Ayrıca güneş enerjisi sistemleri, daha büyük bir güneş kolektörü alanı, daha büyük bir depolama tankı ile birlikte özellikle daha soğuk iklim bölgelerinde vakumlu tüplü güneş kolektörlerinin kullanımıyla, mekan ısıtma ve diğer sıcak su ihtiyaçlarını sağlamak için de kullanılabilir (Anastaselos, 2016).

Zorlamalı hava ile çalışan merkezi ısıtma sistemlerinde, ısı transferi aracısı olarak hava kullanılır. Bu sistemler doğalgaz, yağ veya biyokütle gibi enerji kaynaklarının yakılmasıyla elde edilen ısı enerjisini kullanarak havayı ısıtır, ısıtılmış bu hava, duvarda, zeminde veya tavanda bulunan difüzörler aracılığıyla ilgili alanlara bir kanal dağıtım ağıyla ulaştırılır (Martinopoulos vd., 2018). Bir hava üfleyici fan, kanallar ve kanal sistemindeki diğer bileşenlerin neden olduğu sürtünme direncini aşmak için havaya gerekli basıncı verir. Diğer tüm merkezi ısıtma sistemleri gibi, termostatlar zorlamalı hava ısıtma sistemlerinin çalışmasını kontrol etmek için kullanılır. Hava ısıtmanın en büyük avantajı, radyatörler veya yerden ısıtma gibi suyun ısıtılmasına dayalı bir sistemin aksine, oda havasının hızla ısıtılmasıdır.

1.3.1. Binalarda Merkezi Sistem Isıtma Enerji Kayıpları

Kazanlarla ilgili başlıca enerji kayıpları, baca kayıpları ile radyasyon ve konveksiyon kayıpları olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Baca kayıpları, yanma sonucu gazların bacaya girdikten sonra atmosfere kaybolan ısıyı temsil etmektedir. Baca kayıpları yakıt bileşimine, ateşleme koşullarına ve baca gazı sıcaklığına bağlıdır. Bunlar kuru baca gazı kayıpları(baca gazı sıcaklığına bağlı olarak baca gazındaki duyulur ısı enerjisi) ve neme bağlı baca gazı kaybı (yanma sonucu yüksek baca gazı sıcaklığından oluşansu buharındaki gizli enerji) olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. ASME PTC 4-2013, kazan verimliliğini belirlemek için kullanılan kazanlardaki ısı kayıplarının ölçümü ve hesaplanmasına yönelik yönergeler sağlamaktadır. Bu standartta dikkate alınan ısı kayıpları şunları içerir:

- Kuru baca gazı kaynaklı ısı kaybı: Kazandan çıkan baca gazı ile ortam hava sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkından dolayı kaybedilen ısıyı ifade etmektedir. Bu kayıp, baca gazının taşıdığı ısıdan kaynaklanır ve aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q_{dry}=C_{pg} (T_f - T_a) \times m_{fg} \quad (1)$$

Denklem 1'deki, Q_{dry} kuru baca gazından kaynaklanan ısı kaybını, C_{pg} baca gazının özgül ısısını, T_f kazan çıkışındaki baca gazının sıcaklığını, T_a kazan girişindeki yanma havasının sıcaklığını, m_{fg} ise baca gazı kütle debisini ifade etmektedir

- Yakıttaki nem nedeniyle ısı kaybı: Bu kayıp, yakıttaki nemin buharlaşarak ısıyı uzaklaştırması sonucu ortaya çıkmaktadır. Yakıttaki nem nedeniyle oluşan ısı kaybı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q_{nem} = (H_{fg}(H_w - H_s) \times m_f) \quad (2)$$

Denklem 2'deki, Q_{nem} yakıttaki neme bağlı ısı kaybını, H_{fg} suyun buharlaşma entalpisi, H_w yakıtın nem içeriği, H_s kuru yakıtın nem içeriğini ve m_f yakıtın kütleli debisini ifade etmektedir.

- Havadaki nem nedeniyle ısı kaybı: Bu kayıp, yanma havasındaki nemin buharlaşarak ısıyı uzaklaştırması sonucu ortaya çıkmaktadır. Havadaki nemin neden olduğu ısı kaybı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q_{air} = [1 - (x_o/x_a)] \times m_{fg} \times C_{pg}(T_f - T_a) \quad (3)$$

Denklem 3'deki, Q_{air} havadaki nem nedeniyle oluşan ısı kaybını, X_o baca gazındaki oksijen konsantrasyonunu, X_a yanma havasındaki oksijen konsantrasyonunu ifade etmektedir.

- Radyasyon ve konveksiyona bağlı ısı kaybı: Yüksek sıcaklıkta çalışan bir kazanının dış yüzeyi çevresinden daha sıcaktır ve bu nedenle hem radyasyon hem de konveksiyon yoluyla ısı kaybeder. Radyasyon ve konveksiyondan kaynaklanan ısı kaybı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q_{radconv} = U_x A_x (T_f - T_a) \quad (4)$$

Denklem 4'deki, $Q_{radconv}$ radyasyon ve konveksiyondan kaynaklanan ısı kaybını, U kazan yüzeyinin toplam ısı transfer katsayısını, A kazanın yüzey alanını ifade etmektedir.

Radyasyon ve konveksiyon kaybı ($Q_{radconv}$), bir ünitenin dış yüzey alanıyla orantılı olup ünitenin kapasitesi ise hacmiyle orantılıdır. Bu nedenle, yakıt girdisinin yüzdesi olarak $Q_{radconv}$, küçük üniteler için büyük ünitelere göre daha yüksektir. Ayrıca artık dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanan tamamen su duvarı akışlı kazanlarda dış yüzey sıcaklıkları yük aralığında oldukça sabit kalmaktadır. Bu, Btu/h cinsinden gerçek kaybın da yük aralığı boyunca oldukça sabit olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle, yakıt girişi

yüzdesi olarak $Q_{radconv}$, egsoz gazı çıkışı azaldıkça artar. Örneğin, $Q_{radconv}$ tam yükte %1 ise, yarım yükte %2 ve çeyrek yükte %4 olacaktır. Verimlilik açısından bakıldığında, iki ünitenin yarım yükte çalışmasından ziyade bir ünitenin tam yüke yakın çalışması daha iyidir. Bu özellikle küçük üniteler için geçerlidir. Aynı şekilde, aynı tesiste farklı kapasitelerdeki kazanların bulunmasının da avantajları vardır, böylece talebin düşük olduğu dönemlerde daha küçük üniteler kullanılabilir (URL-5, 2024).

- Eksik yanmadan kaynaklanan ısı kaybı: Bu kayıp, yanma işleminin tamamlanmaması ve yanmamış yakıt ve diğer yanıcı maddelerin çevreye salınması durumunda ortaya çıkar. Bu ısı kaybı genellikle uçucu veya dip küllerdeki yanmamış karbona göre hesaplanır. Her kayıp, orijinal tasarımla karşılaştırıldığında olası iyileştirmelerin belirlenmesine yardımcı olur (ASME, 2014).

1.4. Kapalı Çevrim Isıtma Sistemlerinde Su Davranışları

Kapalı sistemler genellikle çalışma prensiplerine göre ısıtma (sıcak su) veya soğutma (soğutulmuş su) olarak sınıflandırılmaktadır. Isı transfer akışkanı olarak genellikle su veya su bazlı maddeler kullanılmaktadır. Su şartlandırma ürünü teknolojilerini sınıflandırmanın çeşitli yolları mevcut olsa da en yaygın yöntemlerden biri, temel korozyon inhibitörlerinin indirgeyici maddeler, oksitleyici maddeler veya film oluşturmalar olup olmadığıdır. Temel korozyon inhibitörlerinin yanı sıra akışkanın pH'ı ve bakır iyonları gibi faktörler de korozyonu etkilemektedir. Uygulanan maddeler ile birlikte pH'ı istenilen düzeyde kontrol etmek ve metal korozyonunu en aza indirmek amaçlanmaktadır (Hartwick, 2001). Kapalı çevrim sistemlerin izlenmesi, arıtma programının korozyon, tortu, mikrobiyolojik oluşum ve dozaj/iyileşme seviyesi hedeflerini karşıladığının doğrulanmasını gerektirmektedir. Korozyon izlemede ayrıca tesisatta malzeme erozyonu veya delinme tipi bir hasarın oluşup oluşmadığı da takip edilmelidir.

1.4.1. Korozyon

Ahmad'a göre, korozyon, malzemelerin çevreleriyle kimyasal etkileşime girerek bozulmasıdır (Ahmad, 2006). Aşağıda şekil 12 (a)'da yüksek oranda korozyon maruz kalmış demir boru tesisatının delinerek su kaçırdığı görülmektedir. Şekil 12 (b) ise aynı tesisatın boru içindeki korozyon oluşumu görülmektedir. Tesisat sisteminin korozyon düzeyinin

belirlenebilmesi için izleme yapılması gerekmektedir. Korozyon olup olmadığını görmek için boruları kesmek yerine, iyi tasarlanmış bir denetleme ve takip programı, tesisat hakkında aynı bilgiyi çok daha az çabayla sağlayacaktır. Kazanların ve soğutucuların fiziksel muayenesi, genel sistem performansını belirlemenin en etkili yolu olsa da, diğer yaklaşımlar da ekipmanlar hakkında aynı bilgiyi sağlayabilir.



Şekil 12. Demir boru dış ve iç yüzeyinde oluşan korozyon

Tesisattaki korozyon durumunu denetleme ve takip programları olarak korozyon plakaları kullanılabilir. Korozyon plakaları, genel korozyon oranlarının yanı sıra meydana gelen korozyonun türü hakkında da bilgi sağladığından en yaygın izleme türüdür. Sistemde belirli bir süre kalan ve akışkanla temas halinde olan korozyon plakası aşağıdaki verileri bize sunmaktadır. Bunlar sırasıyla; Genel korozyon hızı, Pitting (Çukurcuk) korozyon hızı, Mikrobiyolojik oluşum göstergeleri ve Galvanik korozyon belirtileridir (Hartwick, 2001).

Bakımı iyi yapılan bir sistemde korozyon oranı neredeyse sıfır olmalıdır. Çoğu kapalı çevrim sistemler bronz, prinç ve bakır gibi sarı metaller içermektedir. Yeterli şekilde korunmazlarsa, korozyondan kaynaklı çözünmüş bakır iyonları çelik yüzeyler üzerinde birikebilir ve galvanik korozyon etkisine neden olabilmektedir (Bordoloi, 2017).

Doğru sonuca ulaşılabilmesi açısından kapalı çevrim bir sisteme yerleştirilecek korozyon plakalarının bazı kriterleri karşılaması gerekir. Bu kriterleri maddeler halinde belirtmek gerekirse:

- Plakalar, sistemdeki tesisat malzemesi ve ekipmanlara benzer metalurjiye sahip olmalıdır.
- Uygulamada plakaların sistemde kalma süreleri farklı olmalıdır. Örneğin bazı plakalar 30 gün gibi kısa bir süre, bazılarının bir yıla veya uygun görülen daha uzun zaman dilimleri için test edilmesi gerekir.
- Plakaların etrafından geçen akış hızı, sistemin farklı bölümlerindeki ana hat ve branşman kollarına yakın olmalıdır. Bu, 1,2 ile 1,5 m/s arasındaki normal akış hızlarından 0,03 m/s kadar düşük bir değere kadar değişkenlik gösterebilir.
- Sıcaklığın korozyon oranları üzerinde büyük etkisi olduğundan plakaların sistemin en sıcak bölümüyle aynı sıcaklığı veya mümkün olduğu kadar ona yakın olması gerekir.
- Plakalar 30 günden az bir zaman için kısa süreliğine test yapılması durumunda korozyon oranı artacaktır. Korozyon oranının gerçek değeri kısmen seviyenin kendisidir, ancak asıl değer birkaç ay veya yıl içindeki değişimle daha doğru bir şekilde anlaşılmaktadır. Hedef, tesisatın herhangi bir noktasında metal kaybı olmadan, sistemi sürekli olarak düşük korozyon hızlarında tutabilmektir.

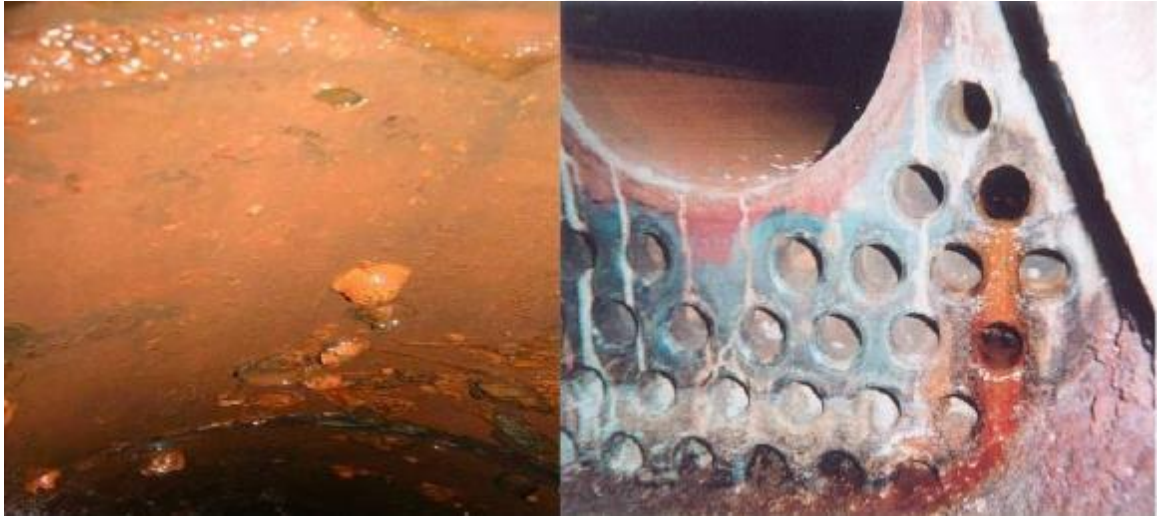
İkinci bir yöntem de düşük maliyetli, anlık korozyon oranlarını belirlemek için elektrokimyasal ölçüm cihazları kullanmaktır. Bu yöntem gün geçtikçe daha yaygın ve erişilebilir hale gelmektedir. Elektrokimyasal izleme, birkaç gün gibi kısa sürelerde hızlı sonuçlar sağlar ve korozyon oranlarının yalnızca aylık ortalamaları kullanarak değil, aynı zamanda günlük olarak verilerin toplanabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu kadar kısa sürelerdeki korozyon oranlarına ilişkin güvenilir veriler elde edebilmek, farklı sistem operasyonların da sağlanan korozyon korumasını etkileyip etkilemediğinin belirlenmesine imkan sağlamaktadır.

Elektrokimyasal izleme yöntemleri kadar ileri teknoloji olmasa da, korozyon eğilimlerini takip etmenin basit ve etkili bir tekniği de kapalı devre sıvısındaki demir ve bakır konsantrasyonlarını ölçebilmektedir. Sistem metali paslandıkça sıvının içine karışır. Sudaki bu metal konsantrasyonu, korozyonun eğilimiyle ilgili olup bitenler hakkında bilgi vermektedir. Bu ölçümler tesisatta düzenli aralıklarla yapıldığında, korozyona neyin sebep

olduğunu söylemese de ne zaman başladığıyla ilgili bilgi sağlayabilmektedir. Sonrasında ise bu durumun çözümü ve korozyon oluşumunun engellenmesi için etkili yöntemler araştırabilme seçeneği sunabilmektedir (Bordoloi, 2017 & Hartwick, 2001).

1.4.2. Depozit

Kapalı devre çalışan ısıtma sistemlerinde tesisat ve kazan, fancoil, radyatör gibi ekipmanların iç yüzeylerinde depozit oluşumu sistem sağlığı ve performansını çok önemli bir biçimde etkilemektedir. Bu sistemleri kapalı devre sirkülasyon sağladığından dolayı tesisat bileşenlerinin iç yüzeyleri gözükmemektedir. Ancak tesisatta, bir delinme, yüksek oranda kapasite kaybı ve su sirkülasyonunun durmasının anlaşılması gibi sonuçlar ortaya çıkmadan, depozit oluşumu kapalı bir sistemde genellikle dikkate alınmaz. Bu durumlarda genellikle müdahale için geç kalındığı dönemlerde ortaya çıkarak kendini göstermektedir.



Şekil 13. Kazan içindeki alev borularında oluşan depozit katmanları

Şekil 13’de bir buhar kazanının iç yüzeyi ile borulu tip eşanjör yüzeylerinde alev boruları dış yüzeylerinde oluşan depozit katmanları görülmektedir. Şekilde açık bir şekilde görüldüğü gibi bu katmanlar ısı transfer yüzeylerinde transferin verimliliğini azaltacak yönde etki oluşturacaktır. Dolayısıyla da depozit takibinin en iyi yolu enerji kayıp oranlarını tespit etmektir. Sistem normal sınırlar içinde çalışıyorsa riskin düşük düzeyde olduğu kabul edilmektedir. Bazı arıtma programlarının, özellikle bazı glikollerde kullanılan fosfat inhibitörlerinin, kullanılan suyun sertliğine karşı oldukça hassas olduğu unutulmamalıdır.

Şartlandırılmış, gerekli yeterlilikte su kullanılmazsa fosfatlar mevcut sertlikle reaksiyona girebilir ve tortular oluşabilmektedir (Generowicz vd., 2023).

1.4.3. Mikrobiyolojik Aktivite

Mikrobiyolojik etki kapalı devre ısıtma-soğutma sistemlerinde sorun oluşturur. Şekil 14’de, tesisat içinde mikrobiyolojik aktiviteden kaynaklı korozyon oluşumu görülmektedir. Dolayısıyla düşük sıcaklıklı sistemlerde, özelliklede soğuk su devrelerinde mikrobiyolojik kaynaklı korozyonun meydana gelip gelmediğinin değerlendirilmesi de oldukça önem arz etmektedir. Sürekli olarak 60°C'nin (140°F) üzerinde çalışan sıcak su devrelerinde veya gliserol konsantrasyonunun %20'nin üzerinde olduğu soğutulmuş sistemlerde mikrobiyolojik oluşum nadiren izlenmektedir. Ancak bu koşullar karşılanmadığında, mikrobiyolojik aktivite izleme ve test programının bir parçası olmalıdır. Test, plaka sayımı (ml başına koloni oluşturan birimler CFU cinsinden) veya tüm mikroorganizma türlerinin ölçümünü veren ve dakikalar içinde sonuç sağlayan ATP (adenozin trifosfat) tahlili yoluyla yapılabilir (Munn, 2019). Kapalı devreler, güneş ışığına, O₂ ve diğer bakteri besiyerlerine oldukça kapalı olduğundan dolayı anaerobik bakteriler üreyebilmektedir (desulfuivibrio, desulfuricans, clostridia gibi). Mikrobiyolojik aktivite için ise su akışkanlı soğutma tesisatı sistemlerinde genellikle <103 CFUs/mL ATP'nin makul sınırlar içinde olduğu kabul edilir (Alhamid vd. (2019; Kıncay vd., 2008).



Şekil 14. Demir boru yüzeylerinde mikrobiyolojik oluşum

1.5. Kimyasal Yıkama ve Koruma Programı

Kimyasal yıkama (Flushing) ekipmanlarının performansını, verimliliğini ve güvenliğini korumak için çeşitli endüstrilerde kullanılan temel işlemlerdir. Bu işlemler, boru hatları, ısı eşanjörleri ve kazanlar gibi kapalı sistemlerden kireç, yağ, boya, koruyucu maddeler, pas, kaynak cürufu ve diğer kirleticileri çıkarmak için kimyasalların kullanımını içerir. Kimyasal yıkama, sistemden kalan kalıntıları veya kirleticileri çıkarmak için kullanılırken, dozajlama, korozyonu ve kireçlenmeyi önlemek için sisteme belirli kimyasallar eklemeyi içerir. Bu işlemler, kapalı sistemlerin güvenilirliğini, uzun ömürlülüğünü korumak ve optimum seviyelerde çalışmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Yeni kurulan bir ısıtma veya soğutma sisteminde ya da bu sistemlere büyük metrajlı revizyonlar veya değişiklikler yapıldığında kimyasal temizlik işleminin sürece dahil edilmesi önemlidir. İşletme sürecinde ise devam eden su analizi, sistem sağlığı hakkında iyi bir gösterge sağlar ve önleyici, düzeltici faaliyetlerin belirlenmesine yardımcı olur. Sistemler, korozyon aktivitesini gösteren artan demir seviyeleri gibi su kalitesinde bir bozulma gösterdiğinde tesisat suyunun detaylı kimyasal ve mikrobiyolojik analizi gerçekleştirilerek yol haritası belirlenmesi gerekir. Bu yoğun korozyon göz ardı edilirse tesisat boruları ve ekipmanlarda yüksek malzeme erozyon ve delinme başlar. Buda sistemin ekonomik ömrünü oldukça azaltır.

Kimyasal temizleme işlemi sırasında, tesisatların ve ekipmanların iç yüzeylerinden koroziyon demir çıkarıldıkça sistemdeki demir seviyeleri artar. Bu seviyeler plato yapmaya başladığında temizleme prosedürü tamamlanır. Bu işlemin uzunluğu, çalışmalara başlamadan önce sistemde bulunan demir oksit seviyelerine bağlı olarak değişir. Daha sonra kapalı sistem, korozyon inhibitörleri ve biyosit içeren kimyasal olarak işlenmiş su ile yeniden doldurulur. Sistemden numune alınır ve kimyasal temizleme işleminin etkinliğini sağlamak için analiz yapılır. Testler şunları içerir; Pseudomonas, sülfat indirgeyici bakteriler, TVC, nitrit indirgeyici bakteriler, pH, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik, toplam alkalinite, toplam askıda katılar, klorür, sülfat, nitrat, çözünbilir demir, toplam demir, toplam molibden, nitrat, toplam fosfat, çözünmüş oksijen, toplam çözünmüş katılar ve bakır (URL-6, 2024).

Kimyasal yıkamadan sonra bu sistemlerin uygun şekilde nötrleştirilmesi son derece önemlidir. İşlem gerçekleştirildikten sonra, boruların iç yüzeyleri daha fazla paslanmayı ve korozyonu önlemek için koruyucu bir tabaka vasıtasıyla pasifleştirilir (Baboo, 2020).

1.5.1. Kimyasal Yıkama (flushing)

Kimyasal yıkama (Flushing), kelime anlamıyla bol miktarda su ve yardımcı kimyasallarla yıkamak olup, bu ifade inşaat ve mekanik tesisat literatüründe özellikle kapalı devrelere yapılan ilk yıkama uygulama yöntemini tanımlamaktadır. Flushing uygulaması tek başına bir anlam taşımamakta olup sonrasında kalıcı olarak uygulanacak ve işletmenin parçası haline dönüşecek olan Kimyasal Koruma Programına hazırlık uygulamasıdır. Kimyasal yıkama türleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

Kimyasal Yıkama Türleri (flushing);

- Statik flushing
- Dinamik flushing
- Yağdan arındırma
- Biosit yıkaması
- Yüzey oksitlerin giderilmesi
- Atık bertarafı-Son flushing
- Nötralizasyon (Sadece inhibitörlü asit temizliklerinde)
- Pasivasyon

Demir malzemelerden yapılan tesisat boruları, üretim sürecinde ve nakliye öncesi depolama sırasında havada bulunan nem ve oksijenin korozif etkilerinden korunması için çeşitli koruyucu maddelerle kaplanmaktadır. Bu malzemelerinin yerinde uygulaması yapıldıktan sonra boru iç cidarlarında bulunan koruyucu tabaka, sirkülasyon suyundaki bileşenleri tutmakta ve tesisatta kısa sürede tortulara ve çamurlaşma oluşumuna sebep olmaktadır. Bunun dışında tesisatların imalat sürecinde parçaları birleştirmek için uygulanan dişli imalatlar veya kaynak işlemleri sonrası tesisat içinde kaynak çapakları, cüruf ve farklı kimyasallar birikebilmektedir. Bu istenmeyen maddeler, kapalı devre içerisinde basınçlı suyun etkisi ile farklı noktalara sürüklenirler ve sistemin ek yerlerinde, fancoil serpantin gövdesinin farklı yerlerinde, kazan ve boyler serpantin yüzeylerinde, test ve ölçü aletlerinin orifis girişlerinde, pislik tutucu filtrelerinde birikerek sistemin çalışmasını ve performansını önemli ölçüde etkilemektedir (URL-7, 2024).

Kapalı devre temizliği için kullanılması uygun görülen kimyasal ürünler, yağ, çamur, kaynak çapakları, demir depozitleri, pas, inorganik toz ve parçacıklarının alınması, sökülmesi, temizlenmesini sağlayan nitelikte olmalıdır. Fancoil sistemleri, merkezi

iklimlendirme sistemleri, kazan, eşanjör, chiller, boyler, Soğutma kulesi vb. ısıtma cihazlarının tesisat ile bağlantılarında by-pass hatları olmalıdır. Bu sistem devreleri, yıkama esnasında kirli suyun atılabilmesi için hızlı boşaltmaya ve doluma olanak verecek çapta drenaj hatlarına sahip olmalıdır. Tesisat genelini dikkate aldığımızda sirkülasyonun düzgün olarak sağlanamadığı dönüşü veya by-pass noktası olmayan hatlar mümkün olduğunca yapılmamalı ve su deşarjına izin verecek yapıda olması oldukça önemlidir. Kazan dairesinin binanın üst kotu olan çatı alanlarına yerleştirilmesi durumunda, dikey kolon hatlarının en alt noktalarına uygun çapta vanalar yerleştirilerek kolondaki su rahatlıkla boşaltılabilmesi sağlanmalıdır.

1.5.2. Kimyasal Koruma Programı

Kimyasal koruma programı, ısıtma ve soğutma kapalı devre mekanik tesisatında dolaşan suyun korozyon, depozit oluşumu, çamurlaşma ve bakterilerin zararlı etkilerine karşı, bilimsel ve teknik yöntemler kullanılarak uygulama ve sonraki süreçte tesisattaki suyun izlenmesi ve denetim altında tutulmasını kapsamaktadır. Kimyasal koruma programıyla birlikte süreç tamamlanmış olup sistem en yüksek verimle çalışmaya devam etmesi beklenmektedir. İzleme programı, tesisat suyundan belli aralıklarla numune alınması ve laboratuvar ortamında bu suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi içermektedir. Tesisattaki suyun korozyon içeriği, kimyasal içerik, birikim/çamurlaşma, mikrobiyolojik etki ve koruma kimyasalı konsantrasyonu seviyesini takip etmek ve sistemi istenilen değerler işletmek için bu durum oldukça önem taşımaktadır. Koruma kimyasalı seçimi en az yıkama kimyasalı seçimi kadar önemlidir. Sistem içinde, seçilen kimyasal tipine ve özelliklerine bağlı olarak sirkülasyon sırasında belli bir konsantrasyon oranının korunması gerekmektedir. Çalışma sınır değerlerinin aşılması etkin korumanın sağlanamamasına neden olur. Bunun ölçümü için sisteme ORP kontrollü dozajlama pompası ilavesi edilebilir (UFC, 2023;URL-8, 2024).

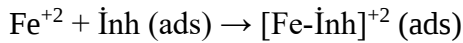
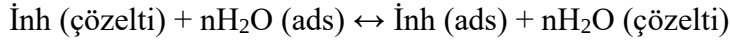
Koruma kimyasalı seçimi yaparken sistemde dolaşan suyun sıcaklığı dikkate alınarak çalışma koşullarına en uygun ürün içeriğine sahip kimyasalı seçmek çok önemlidir. Şartlara uygun koruyucu kimyasal seçimi yapılmadığı durumlarda sistem de istenmeyen sonuçların oluşması muhtemeldir. Tablo 1’de kapalı devre suyu işletme sıcaklığına bağlı olarak kimyasal seçim tablosu görülmektedir.

Tablo 1. Sıcaklık değerlerine göre koruyucu kimyasal seçimi (URL-11, 2024)

Sistem Tipi	Koruma Programı	
Yüksek sıcaklık su sistemi >171 °C	Sülfid Programı, Amin Programı	
Orta sıcaklık su sistemi 121 °C – 171 °C	Sülfid Programı, Amin Programı	
Düşük sıcaklık su sistemi < 121 °C	Nitrit – azole Nitrit-Molibdat – azole	Molibdat – azole Organik inhibitör
Soğutma suyu	Nitrit – azole Nitrit-Molibdat – azole Polisilikat– azole	Molibdat – azole Organik inhibitör
Glikol karışımli soğutma suyu	Molibdat – azole	Organik inhibitör

Koruma kimyasal inhibitörlerin Koruma Kinetiği ise;

İnhibitörler, bir veya birkaç su molekülü ile yer değiştirerek metal yüzeyine adsorblanmaktadır. İnhibitör molekülü yeni oluşan Fe^{+2} iyonu ile birleşerek metal yüzeyinde, metal inhibitör kompleksi oluşturur.



Oluşan kompleks, metal çözünmesini inhibe etmektedir. Adsorpsiyon atom, iyon ya da moleküllerin bir katı üzerine tutunması şeklinde tanımlanmakta olup sabit sıcaklık ve basınçta kendiliğinden gerçekleşmektedir. (URL-9, 2024;Kıncay vd., 2008).

1.6. Literatür Araştırması

Li vd. (2023) yaptıkları çalışmada, kapalı soğutma suyu sistemleri için iki korozyon inhibitörü, nitrit bazlı ve nitrit-molibdat korozyon inhibitörü karışımı birbirleriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada, karbon çeliği koruması için bu iki inhibitörü konsantrasyon ve pH açısından optimize etmeyi ve yüzeydeki çift katmanlı yapı ve korozyon inhibisyonu üzerindeki etkisi hakkında bilgi edinmeyi amaçlamışlardır. Korozyon inhibisyon

verimliliğinin ve optimizasyonunun hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için elektrokimyasal empedans spektroskopisi ve potansiyodinamik test dahil olmak üzere elektrokimyasal analiz yapılır ve bu, daldırma testi ve mikroskobik analizle doğrulanmıştır. Yüzey filminin elektronik özellikleri, inhibisyon mekanizmasına ve karışım inhibitöründeki her bir bileşenin rolüne dair yeni bilgiler sağlayan Mott-Schottky yöntemi ile analiz edilmiştir. Araştırmada nitrit ve molibdat karışımının, çift katmanlı yapıya sahip olması nedeniyle daha yüksek inhibisyon verimliliği gösterdiği saptanmıştır. Nitrit tek başına koruyucu bir yüzey filmi oluşturabilirken, molibdat daha düşük donör yoğunluğuna sahip n tipi yarı iletken bir filme yol açar ve dolayısıyla daha iyi bir inhibisyon etkisine neden olduğu ortaya koyulmuştur.

Groysman (2017) yaptığı çalışmada, tesisatta kirlenmenin korozyonla ciddi şekilde bağlantılı olduğunu ve çalışmada organik, inorganik, operasyon öncesi, proses tarafı, su tarafı ve yanma tarafı kirliliğini açıklamaktadır. Kirlilikten dolayı ortaya çıkan durumlar ve problemler, kirliliğin mekanizması, organik ve soğutma suyu sistemlerindeki kirliliğin kontrol yöntemleri analiz edilmektedir. Sistemlerin mekanik ve kimyasal temizleme yöntemleri, operasyon öncesi temizleme ve pasifleştirme, güvenlik, çevresel ve genel temizlik uygulaması önerileri sunulmaktadır.

Yee vd. (2019) yaptıkları çalışmada, su soğutma sistemleri, çelik boru hatlarını korozyon oluşumuna karşı korumak için etkili kimyasal işlem gerektirdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada, açık sirkülasyonlu akış koşullarının varlığında karbon çeliğinin korozyonu üzerinde molibdat ve nitritin kimyasallarının inhibisyon etkisini incelemek için deneyler yürütülmüştür. 1018 sınıfı karbon çeliği, dönen bir kafes ve düşük akış devresi deneyleri içinde simüle edilmiş soğutma suyu (SCW) çözeltisine daldırma testi yoluyla numune olarak kullanılmıştır. Korozyon oranları, 72 saat daldırma işleminden sonra ağırlık kaybı yöntemi ile ölçülmüştür. Sonuçlar, molibdat ve nitritin kombine inhibitör işleminin, %99,6 inhibisyon verimliliğiyle korozyon oranını oldukça düşük bir değere indirmede etkili olduğu gözlenmiştir. Yüzey morfolojisi, inhibe edilmiş çeliğin oksit filmle korunduğunu ancak yine de biraz çukurlaşma yaşadığını göstermiştir.

Alhamid vd. (2019) yaptıkları çalışmada, soğutma kuleleri endüstriyel makinelerde üretkenliği ve verimliliği artırmak için kullanıldığını belirtmiştir. Korozyon ve yüzeylerde yosun oluşumu ısı transfer sistemini engeller ve böylece soğutma kulesinin verimlilik seviyesini etkilediğini söylemiştir. Çalışma, kapalı bir soğutma kulesi sisteminde ozon kullanımının korozyon ve bakteriler üzerindeki etkisini belirlemeyi çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem, soğutma kulesi havuzuna ozon enjekte etmek ve laboratuvarında AAS,

Titrimetrik ve TPC bakteri testleri uygulayarak su analizi gerçekleştirerek tespitler yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, 0,5 g/saat üretkenlik oranına sahip ozon kullanımının korozyona neden olduğunu göstermektedir, bu da sudaki demir içeriğinin 0,04 mgFe/l'den 0,07 mgFe/l'ye çıkmasından görülebileceğini söylemiştir. Ayrıca, sülfat iyonları 11 mgSO₄²⁻/l'den 20 mgSO₄²⁻/l'ye çıkmış ve bakteri sayısı 2x10⁵ CFU/ml'den 3x10⁴ CFU/ml'ye düştüğünü ortaya koymuştur.

Liu vd. (2023) yaptıkları çalışmada, termik santralde dolaşan su soğutma sistemleri büyük miktarda su tükettiğini ve sistemde kireçlenme ve korozyon gibi bazı sorunların oluştuğunu açıklamıştır. Bu çalışmada, sirkülasyon suyunda bulunan mikroplar (bakteri vb.) ile ilgili yeni bir su arıtma prosesi sunmuşlardır. Sirküle olan soğutma suyunun mikrobiyal arıtma prosesinin mekanizması ve etkileyen faktörler incelenmiştir. 300 MW'lık bir termik santralin soğutma sisteminden gelen su kullanılmış, dinamik simülasyon testi gerçekleştirilmiş ve mikrobiyal arıtma prosesi ile geleneksel kimyasal arıtma prosesi arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar, besin çözültisi dozajının kalsiyum sertliği üzerinde pozitif, besin çözültisi dozajı ile havalandırma oranı arasındaki etkileşimin ise negatif etki gösterdiğini göstermiştir. Besin çözültisi konsantrasyonunun azaltılması ve havalandırma oranının artırılması karbon çeliği ve paslanmaz çeliğin korozyonunu yavaşlatmak için faydalı olduğu belirtilmiştir. Geleneksel kimyasal arıtma süreciyle karşılaştırıldığında, mikrobiyal arıtma süreci yüksek konsantrasyon oranında kireç önleme ve korozyon önleme hedefine ulaşabilir olduğunu göstermiştir. Yeşil, verimli ve çevre dostu mikrobiyal arıtma süreci, soğutma suyu sisteminin kararlı ve ekonomik çalışmasında sirküle edilen soğutma suyunun arıtımı için yeni bir yöntem sağladığı belirtilmiştir.

Generowicz vd. (2023) yaptıkları çalışmada, güç santrallerindeki tesislerin ve termik güç santrallerinin yüksek verimlilikte çalışması gerektiğini vurgulamışlardır. Verimliliklerinin de büyük ölçüde soğutma suyunun kalitesi bağlı olduğunu söylemişlerdir. Su, genellikle kolay bulunabilmesi ve büyük bir termal kapasiteye sahip olması nedeniyle proseslerde en yaygın kullanılan soğutma aracı olduğunu fakat suyun kullanımı çeşitli sonuçlara yol açabileceğini söylemişlerdir. Yüzeyleri bu kirlilikten kurtarmak için kullanılan kimyasallar nedeniyle sistemin bir süre devre dışı kalması, özellikle küçük termik santrallerde sistemin birikintilerden temizlenmesinin sık aralıklarla yapılamadığını belirtmişlerdir. Her tesisin kurulum, altyapı ve işletme özellikleri farklı olabildiğinden dolayı sistemler için en uygun temizlik yöntemlerini bilmek operasyonel süreçler için önemli olduğunu söylemişlerdir. Çalışmada, tesislerin sistemlere ait ekipman ve boru

tesisatlarındaki oluşan kireç tabakası, korozyon vb. kirlilikleri çözme yöntemlerine genel bir bakış sunulmaktadır.

Opel vd. (2018) yaptıkları çalışmada, korozyon ve tıkanıklık ile ilgili, depolama veya ısı transfer aracı olarak suyu kullanan farklı mühendislik sistemlerinde ki gizli tehlike olduğundan bahsetmiştir. Bu istenmeyen oluşumlardan kaynaklı sistemlerin verimlilik ve iş kayıpları, yüksek maliyetli önlemler ve ciddi maddi kayıplar oluşmasına neden olabilir. Tesisat borularındaki kılcal çatlaklar nedeniyle dolaşan suyun içine oksijen girişi, orta derece sıcaklıklar nedeniyle daha yüksek mikrobiyal aktivite ve sistem bileşenlerinde korozyona sebep olabileceği belirtilmiştir. Saha çalışmasında, tesisat borularındaki kimyasal mikrobiyal su kalitesi ve korozyonun yerinde incelenebilmesine olanak sağlamıştır. Bu çalışmaların sonuçları değerlendirilerek uygulanacak süreçleri belirlenir ve korozyonu önlemek için önlemler geliştirilebilir. Ayrıca çalışmada korozyon ve tıkanıklığın nedenlerinin özellikle operasyonel hatalarla ilgili olduğu saptanmıştır.

Liu vd. (2024) yaptıkları çalışmada, enerji verimliliği elde etmek için çok önemli olan ısı kaynağı kulesi, ısı pompası sistemlerinde temel bileşenler olduğunu belirtmiştir. Sorunu çözmek için bu çalışma, kapalı tip ısı kaynağı kulelerindeki kanatlı-borulu ısı eşanjörlerinin hem korozyon direncini hem de ısı transfer performansını artırmak için tek adımlı bir elektrokaplama yöntemi ile uygulanan yeni bir süperhidrofobik (SHP) kaplamayı tanıtmayı amaçlamaktadır. Kaplamanın süperhidrofobik yapısı temas açısı ölçümleriyle doğrulanırken, yapısal bütünlüğü ve kimyasal bileşimi çeşitli yöntemlerle, yani X-ışını kırınımı, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi, X-ışını fotoelektron spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskobu ile doğrulanmıştır. Korozyon direnci testleri, kaplamanın 0 °C'de %15 ağırlıkta kalsiyum klorür çözeltisinde 30 gün sonra $1,400 \times 10^{-6}$ A/cm²'lik bir korozyon akım yoğunluğu ve $1,50 \times 10^4$ Ω cm² 'lik düşük frekans modülü $|Z|0,01$ Hz göstermesiyle önemli bir iyileşme göstermiştir. Ek olarak, ısı transferi deneyleri, aynı koşullar altında kaplanmamış kanatçıklara kıyasla ısı transferi verimliliğinde %42,5'lik bir artış göstermektedir ve bu da şu anda geliştirilen SHP kaplamanın önemli ısı transferi performansını göstermekte olduğunu ortaya koymuştur. Bu araştırmada mevcut bulgular, bu SHP kaplamanın uygulanmasının ısı kaynağı kulelerinin dayanıklılığını ve verimliliğini önemli ölçüde artırabileceğini ve daha sürdürülebilir bina altyapılarının oluşabileceğini göstermiştir.

Öztop (2009) yaptığı tez çalışmasında, buhar tesisat sistemlerinde oluşan korozyondan bahsetmiştir. Öztop (2009), yapılan araştırmalara göre korozyonun tesisat sistemlerinde

büyük ölçekli maddi zararlara uğrattığı ve bunun korozyona karşı gerekli önlemleri almak için yeterli olduğunu belirtmektedir. Uygulama olarak İstanbul'da bulunan The Marmara Otel'i'ne ait kapalı devre buhar hattı incelediğini, 2008 ve 2009 yıllarında düzenli aralıklarla, sistemde bulunan suyun içeriği analiz edilerek, uygulanan korozyon koruma programı irdelenmiştir. Korozif etkiyi en aza indirebilmek için, sistemin devreye alınmasından başlanarak koruma programının uygulanmasına ve oluşabilecek dalgalanmaların sürekli izleme yöntemiyle denetim altına alınması gerektiği sonucuna varmıştır.

Bordoloi (2017) yaptığı tez çalışmasında, karbon çeliği, üstün mekanik özellikleri sayesinde su iletim sistemlerinde yaygın olarak kullanıldığı fakat bu çeliklerin korozyona karşı oldukça hassas olduklarını söylemiştir. Sistem tesisatlarında ve ekipmanlarda iç korozyonun, kapalı devre ısıtma-soğutma sisteminin arızalanmasının ana neden olduğunu belirtmiştir. Çözünmüş tuzlar ve gazlar, düşük pH, yüksek sıcaklık, galvanik ve mikrobiyal aktivite gibi su kalitesi parametreleri, iç korozyon oranını büyük ölçüde etkilediği için korozyonun mutlaka kontrol altına alınması gerektiğini söylemişlerdir. Korozyonu kontrol altına almanın yaygın bir yolunun korozyon inhibitörleri kullanmak olduğunu fakat bu ürünlerin toksik maddeler olduğunu dolayısıyla günümüzde mevcut araştırmaların çevre dostu korozyon inhibitörleri geliştirmeye odaklandığını söylemiştir. Yaptığı çalışmada, farklı koşullar altında (su sıcaklığı, suyun pH'ı gibi.) kullanım suyu ile kapalı devre ısıtma-soğutma sistemi için çevre dostu bir korozyon inhibitörü olarak sodyum kaprilat(SC) kullanma durumunu araştırmıştır. Çalışmada dört elektrokimyasal teknik ve taramalı elektron mikroskobu kullanılmış ve sonuçlar SC'nin 10 mM konsantrasyonda, pH 8'de ve oda sıcaklığında (295 K) %96 korozyon inhibisyon verimliliği sağladığını ortaya koymuştur. İnhibisyon verimliliğinin SC konsantrasyonuna bağlı olduğu bulundu. Değişen sıcaklıklarda yapılan deneyler, SC'nin 333 K'ye kadar korozyonu da etkili bir şekilde engellemiştir. İnhibitörün ayrıca 7-10 pH aralığında korozyonu da etkili bir şekilde engelleyebildiğini belirtmiştir. Çalışma, SC'nin karbon çelik yüzeyine adsorpsiyonunun çok hızlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan yüzey analizi çalışması, 295 K'de 30 gün boyunca 10 mM SC çözeltisinde tutulan karbon çelik için için, inhibitörsüz çözeltide tutulan numuneye kıyasla ihmal edilebilir düzeyde korozyon olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, SC, 333 K'ye kadar karbon çelikten yapılmış su akışkanlı ısıtma-soğutma sistemleri için korozyon inhibitörü olarak verimli bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Jones (1997) yaptığı çalışmada, merkezi ısıtma sistemlerindeki bileşenlerin korozyona uğramasının temel mekanizmalarını özetlemiş ve korozyon oranlarını artırabilecek veya azaltabilecek faktörleri belirtmiştir. Daha sonra ısıtma sistemlerindeki korozyon hasar ve arızalarla ilgili üç farklı durumla ilgili analiz çalışması yapmıştır. Sadece 2 yıllık hizmetten sonra çelik radyatörlerin paslanması, alüminyum ısı eşanjörü borularının erken çukurlaşma korozyonu ve yumuşak çelik su borularında dış korozyon oluştuğunu gözlemlemiştir.

Nussupbekov vd. (2022) yaptıkları çalışmada, mevcut termik santrallerin düşük verimliliğiyle ilişkili sorunlardan birine olası çözümleri araştırmaktadır. Bu faktörler hem ekipmanın amortismanından hem de ısı ve kütle transfer süreçlerini yoğunlaştırmak için etkili teknolojilerin eksikliğinden kaynaklandığını söylemişlerdir. Tesisat hatlarında ve ekipmanlardaki boşluklarda görünen kireç birikintilerinin oluşma nedenlerini açıklamışlardır. Oluşan bu depozit ve katı birikintilerin ısı iletkenliğinin, ısı değiştirici borularının yapıldığı metallerin ısı iletkenliğinden çok daha az olması nedeniyle, ısı transferinin oranını önemli ölçüde azalttıklarını belirtmişlerdir. Katı birikintiler, soğutma sıvısı akış hızında bir azalmaya, yakıt tüketiminde bir artışa ve tüm ısı değişim ünitesinin teknolojik çalışma modunda verimsizliğe yol açar. Araştırmada, ısı eşanjörü borularını katı tortu birikintilerinden temizlemek için çeşitli yöntemler ve çeşitli teknolojik yöntemler analiz edilerek, sisteme uygulanacak elektro-hidrolik işlem yönteminin avantajları doğrulanmıştır. Bu teknoloji vasıtasıyla özgül ısı ve güç işletmelerinde ısı eşanjörü borularını temizlemek için uygulamanın sonuçları gösterilmiştir ve bu sonuçlar, hem işlem süresi hem de enerji maliyetleri açısından diğer temizleme yöntemlerine göre avantajlarını doğrulanmıştır.

Farh vd. (2023) yaptıkları çalışmada, su, petrol veya gaz gibi akışkanları taşıyan metalik boru hatlarının, korozyon nedeniyle bozulmaya, sızıntılara, patlamalara ve farklı deformasyonlara uğradığını belirtmişlerdir. Uygun bir korozyon koruma tekniği, özellikle zorlu ortamlarda ve aşındırıcı etki oluşturan korozif ortamlarda bu metalik boru hatlarının korozyonunu önleyebilir. Önceki çalışmalara dayanarak, bu kapsamlı inceleme, metalik boru hatları için hem dış hem de iç korozyon koruma tekniklerini derinlemesine ele almak için erken bir girişim olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Dış korozyon koruma teknikleri pasif, aktif ve hibrit korozyon koruma teknikleri olarak sınıflandırıldığını, bu tekniklerden pasif teknikler arasında kaplamalar, astarlar, bariyerler, malzeme tasarımı, elektriksel izolasyon, inhibitörler ve çoklu pasif teknikler, aktif korozyon koruma teknikleri arasında ise anot ve etkili akım katodik koruma yöntemleri bulunduğunu söylemişlerdir.

Aktif ve pasif teknikler, yeni keşfedilen korozyon türleri veya kaplama bozulmalarına karşı daha kapsamlı bir korozyon koruma sistemi sağlamak için sıklıkla birleştirilerek hibrid yöntemler geliştirildiğinden bahsedilmiştir. Korozyon koruma tekniklerinin işlevleri, avantajları, dezavantajları, sınırlamaları ve eksiklikleri ile bunların kullanımını kontrol eden çeşitli hususlar ele alınmış ve tartışılmıştır. Bu incelemede, araştırmacıların, uygulayıcıların ve endüstriyel sektörün yalnızca uygun dış ve iç korozyon koruma tekniğini seçmek için değil, aynı zamanda mevcut araştırma boşluklarını doldurmak ve gelecekteki ortaya çıkabilecek farklı yönlerle odaklanmak için politikalarını önceliklendirmelerine yardımcı olabileceğini söylemişlerdir.

Colombo vd. (2018) yaptıkları çalışmada, bir polietilen tereftalat (PET) preform kalıplama tesisine hizmet eden kapalı devre su soğutma sisteminin korozyondan kaynaklı oluşan arızalarını irdelemiştir. Tesiste, çoğunluğu su ön arıtımından sonra hem de enjeksiyon kalıplama makinelerinde bulunan tesisat boruları yoğun bir korozyon olayından etkilendiğini ve tüm tesisin işlevselliğini kaybetme riskiyle karşı karşıya geldiğini belirtmişlerdir. Kapalı soğutma devrelerinde tespit edilen ana sorunun, su kimyasında belirgin bir değişiklik ve kalıpların ile soğutma kanallarının iç yüzeylerinde tekrarlayan kirlenmelere yol açan büyük miktarda metal iyonu olduğunu belirtmişlerdir. 6 °C'de çalışan kapalı soğutma suyu devresinde suyun analizde ve alınan çamurlaşmış tortu numunesinde, yüksek miktarda metal (çinko ve demir) içerdiğini ve suyun pH'nın hafif asidik düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir. Verileri, besleme kuyusundan gelen suyun fiziksel ve kimyasal özellikleriyle karşılaştırılmış, hem soğutma devrelerinden hem de besleme kuyularından gelen suyun agresifliğini değerlendirmek için galvanizli çelik borularda ön elektrokimyasal karakterizasyon yapılmıştır. Laboratuvar analiz sonuçları ve mevcut teknik dokümanların incelenmesi sonucunda, tesiste meydana gelen hasarın esas olarak malzeme seçimi ve suyun kimyasal arıtımı konusunda yapılan yetersiz tesis yönetiminden kaynaklandığı ortaya koyulmuştur.

Bütün (2023) yaptığı tez çalışmasında, merkezi ısıtma sistemlerinde korozyonun önlenmesi için manyetik filtrelerin etkisini incelemektedir. Merkezi ısıtma sistemlerinde su ve metalik malzemelerin bir arada olması korozyon riskini artırır, bu da sistemdeki donanımların arızalanmasına ve verimliliğin düşmesine yol açar. Borularda biriken demir tozları ve parçacıkların sisteme zarar vermemesi için temizleme kimyasalları ve manyetik filtreler kullanılması önerilmektedir. Çalışmada, manyetik filtrenin suyun içindeki demir miktarını azalttığı ve sistemin verimliliğini artırdığı gözlemlenmiştir. Manyetik filtreler,

demir tozlarını mıknatıslar aracılığıyla toplar ve bu sayede korozyon ve tıkanıklıkları engeller. Sonuç olarak, manyetik filtrelerin ve koruyucu kimyasalların merkezi ısıtma sistemlerinde korozyonla mücadelede etkili araçlar olduğu ve sistem performansını artırdığı bulunmuştur.

Demirpolat ve Demirpolat (2019) yaptıkları çalışmada, ısıtma sistemlerinde kullanılan donanım, çözünmüş gazlar ve suyun sertliği nedeniyle kireçlenme ve oksitlenmeye maruz kalmakta, bu da ısı transferini olumsuz etkileyerek sistemin verimini ciddi şekilde düşürmekte olduğunu tespit etmişlerdir. Verimi azalan sistemlerde işletme maliyetleri artarken emisyonların da yükselmekte olduğunu, kışır ve kireç tabakaları, ısıtma sistem elemanlarında termal gerilimleri artırarak kısa zamanda hasara yol açabileceğini ve sistemin ekonomik ömrünü kısaltabileceğini açıklamışlardır. Korozyon ve kireçlenmeye karşı alınacak önlemler ise maliyetli ve zaman alıcı olduğunu söylemişlerdir. Kirlilik direncinin oluşumu, akışkan sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, akış hızı ve akışkanın sertliği gibi faktörlere bağlı olduğunu, yapılan deneysel çalışmalar ise kirlilik direncinin ısıtma sistemlerinin verimini düşürdüğünü ve yakıt giderlerini artırdığını gösterdiğini belirtmişlerdir.

Munn (2019) yaptığı çalışmada, kapalı devre ısıtma ve soğutma suyu sistemlerinde korozyon nedeniyle yaşanan arızalar günümüzde dahi oldukça yaygın olduğunu ve sistemlerdeki tesisat, ekipman ve cihazların üretildiği farklı metaller, metal türüne ve çevresel koşullara bağlı olarak genel veya yerel korozyona uğrayabileceğini söylemiştir. Bu sistemlerde korozyonu oluşturan başlıca etkenin suda çözünmüş oksijen olduğunu belirtmiştir ancak suyun sıcaklığı, hız profili, sistemdeki tortu varlığı ve bi-metalik bileşiklerde bu korozyonun oluşmasında önemli rol aldığını, mikrobiyal etkili korozyonun ise, özellikle tortular altında veya orta sıcaklıklarda önemli bir sorun olarak karşımıza çıktığını söylemiştir. Tasarım, kurulum, devreye alma ve bakım hataları, sistemde sorunlara yol açabildiğini, ancak iyi uygulamalar ve sistemlerin gerekli işletme şartlarına uyularak operasyonlarını sürdürmesinin sağlanması ile arıza olasılığını önemli ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

Mermer (2009) yaptığı tez çalışmasında, korozyonu, malzemelerin çevrelerinden gelen kimyasal etkiler sonucu bozulması olarak açıklamış ve genellikle sistem verimliliği düşmeden fark edilemeyeceğini belirtmiştir. Sistem verimliliğindeki bu kayıpların, ülkelerin gayri safi milli gelirlerinin %5'ine kadar çıkabileceğini söylemiştir. Bu nedenle, sistemlerin devreye alınmasının ardından korozyondan korunma önlemleri alınması gerektiğini söylemiştir. Mekanik tesisatlar içerisinde, özellikle kullanım suyu, sıhhi tesisatlar, ısıtma ve

klima sistemleri gibi alanlarda korozyonun en belirgin olduğu tesisat türleri olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, açık devre mekanik tesisatlar da korozyonun yapısı, içme suyu ve soğutma suyu korozyonunun önlenmesi ve kontrolü ele alınmıştır. İstanbul'daki Capitol AVM'nin açık soğutma kulesi örneğinde, 2005-2009 yılları arasında yapılan korozyon koruma programı analiz edilmiştir. Sonuç olarak, korozyonun etkisini en aza indirmek için, sistemin devreye alınmasından sonra koruma programlarına başlanmalı ve sürekli izleme yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Yürük (2022) yaptığı tez çalışmasında, bireysel ısıtma sistemlerinde tesisat temizliğinin termal konfor ve yakıt tasarrufu açısından etkisi incelenmiştir. Araştırmada, Ankara ilinde bir dairenin ısıtma sistemi ele alınmıştır. İlk olarak, tesisat temizliği yapılmadan farklı sıcaklık seviyelerinde tüketilen doğalgaz miktarı belirlenmiş ve aynı sıcaklıklarda baca gazı salımları ölçülmüştür. Ayrıca, termal kamera kullanılarak temizlik öncesinde radyatörlerin fotoğrafları çekilmiş ve sıcaklık dağılımları raporlanmıştır. Ardından, tesisat temizliği gerçekleştirilmiş ve aynı koşullar temizlik sonrası için tekrar ölçülmüştür. Bu sayede, temizlik öncesi ve sonrası veriler karşılaştırılarak yakıt tasarrufu ve baca gazı salımları grafiklerle sunulmuştur. Sonuçlar, radyatör yüzey sıcaklığında 5 °C'lik bir artış olduğunu göstermiştir. Ayrıca, CO salımında %25, NO salımında %21, CO2 salımında %8 ve O2 salımında %3,17'lik bir azalma gözlemlenmiş, bunun yanı sıra yakıt tüketiminde yaklaşık %22'lik bir tasarruf sağladığı ortaya koyulmuştur.

Isıtma-soğutma tesisat sistemlerinde ve iklimlendirme sistemlerinde korozyon oluşumu, tesisatta korozyonu önleme ve koruyucu yöntemlerle ilgili çalışmalar, kazan veya tesisatta kireçlenme ile depozit oluşumunun, sistem verimliliğine ve yakıt maliyetine etkisi, bireysel ısıtma sistemlerinde radyatör temizliğinin verimliliğe etkisi, tesisatta mikrobiyolojik oluşum ve bu oluşumların zararlı etkisinden korunma yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış ve bu bölümde yer verilmiştir. Yukarıda özetlenen çalışmalarda da görüldüğü üzere, merkezi ısıtma sistemlerinde kimyasal yıkama (flushing) ve koruyucu program uygulamasının tesisat ömrüne ve ısıtma verimliliğine etkisinin araştırıldığı herhangi bir deneysel çalışmaya rastlanılmamıştır.

1.7. Tezin Amacı

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarla amaçlananlar ve literatüre potansiyel katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Mekanik tesisat sistemlerinde zamana bağlı olarak tesisat borularının iç cidarlarında, kazan ve ekipman yüzeylerinde depozit oluşumu, korozyon ve tabakalaşmanın ısı transfer yüzey alanının azalmasının kazan ve sistem verimliliğine potansiyel etkileri,
- Tesisatlar da biriken kalıntı maddelerin suyun boru içerisindeki hız profilini bozarak sistemin kapasite kontrolüne etkileri ile tesisat materyallerinde erozyona sebep olmasının sonuçlarının irdelenmesi,
- Bu durumlarla başa çıkmak için sisteme belli ölçeklerde özel kimyasal ürün dozajlayarak sistemin yıkanması ve bu kirliliklerden arındırılması, sistemdeki demir değerinin 1 ppm in altına düşmesini amaçlayarak, tesisattaki yüksek korozyonun kontrol altına alınmasını sağlayabilmek,
- İlk aşama olan yıkama programının beklenen etkilerinin oluşmasından sonra, farklı bir özel kimyasal ile ikinci aşama olan koruyucu program evresine geçilerek tesisat ile ilgili ekipmanların ekonomik ömürlerini uzatmak ve sistemi müsaade edilen en düşük korozyon hızında tutulabildiğinin tespitini yapmak,

gibi sıralanabilir.

1.8. Tezin Genel Yapısı

Bu tez çalışması, tesisatlarının kimyasal yıkama ve koruma programı ile korozyon ve kirliliği kontrol altında tutulabileceğini açık bir şekilde anlatmak için her biri belirli bir amaca yönelik altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, genel bilgiler verilmiş olup, binalarda enerji kullanımı, farklı yapı elemanlarından enerji kayıplarının oluşumu, binalarda ısıtma sistemleri, kapalı devrelerde oluşan kimyasal ve mikrobiyolojik sorunlar hakkında genel bilgi, tez konusunun literatürdeki yeri ve literatüre katkılarının yanı sıra tezin amacı hakkında açıklamalar yapılmıştır.

İkinci bölümde, uygulamanın yapıldığı binanın yapısal özellikleri ve işletme koşulların dan bahsedilmiştir. Yıkama ve koruyucu olarak kullanılan ürünün kimyasal özellikleri verilmiştir. Yıkama uygulamanın yapılmasını açıklayan iş akış şemaları ve koruma programının nasıl yapılacağı hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, aylık doğalgaz ihtiyacıyla ilgili sıcaklık ortalamalarını da dikkate alarak teorik enerji ihtiyacı ve buna bağlı doğalgaz kullanım miktarları hesaplanmıştır. Gerçekleşen gerçek doğalgaz tüketimleri ile teorik doğalgaz tüketimleri kıyaslanarak aynı

grafikler üzerinde verilmiş, yakıt sarfiyatının uygulamadan önceki döneme göre değişimi farklı yıllara ait grafiklerde incelenmiştir. Bunun dışında gerçek ve teorik tüketim miktarı arasındaki korolasyon aynı grafikler üzerinde irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, bir önceki bölümdeki bilgilerin analizi yapılmış ve sonuçlar çıkarılmıştır. Uygulama sırasında tesisatta ve atılan kirli suda gözlemlenen durumlar bu bölümde anlatılmıştır. Sistemde detaylı bir su arıtma cihazının olmaması tesisat suyundaki sertliğin nedeni olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma genel olarak değerlendirilmiş yapılan uygulamanın tesisat ömrüne ve enerji verimliliğine etkisi açıklanmıştır.

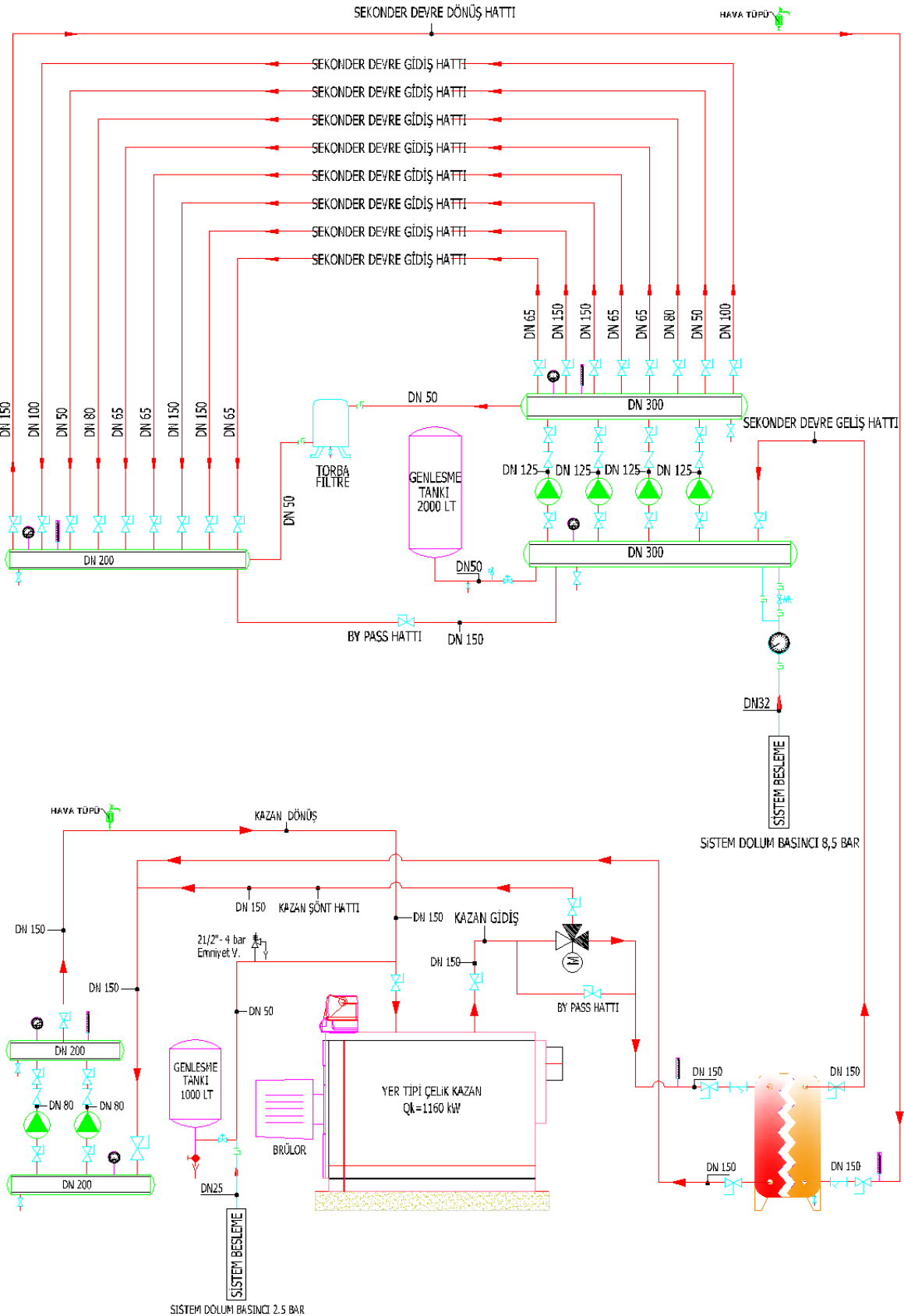
Beşinci bölümde, yapılan çalışma ile ilgili önerilere yer verilmiştir. Benzer uygulamayı yapacak olan araştırmacı veya uygulayıcılara, elde edilen önemli tecrübeler aktararak gelecekte daha etkili ve başarılı uygulama süreçlerinin yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Altıncı ve son bölümde ise, bu tezin ortaya çıkmasına rehberlik edip ışık tutan önceki araştırma ve çalışmaların yer aldığı kaynakça bölümü sunulmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu uygulama çalışması Ankara'nın Çankaya ilçesinde bulunan bir binanın kapalı devre ısıtma sisteminde yapılmıştır. Çalışmada, kapalı devre mekanik tesisatlardaki korozyonun sonuçlarına, uygulanan korozyon koruma ve izleme programlarına dikkat çekilmeye çalışılmıştır. İncelenen yapı tek bloktan ve 25 kattan oluşmakta olup toplam kapalı alını 25.000 m² dir. Bina tesisatı, 2008 yılında devreye alınmış olup 2022 yılına kadar herhangi bir kimyasal yıkama ve koruma programı uygulanmamıştır. Binada ısıtma cihazı olarak 2 borulu fancoil sistemi vardır. Isıtma sistemi tesisatında yaklaşık 20 m³ su bulunmaktadır. Sistemde ana kolon hattından her kat için branşman ayrımı yapılmış olup gidiş yönüne filtre takılmıştır.

Şekil 15'de Autocad ortamında hazırlanmış sisteme ait detaylı akış şeması paylaşılmıştır. Kazan dairesi binanın 2. bodrum katındadır ve sistemde 2,5 bar işletme basıncına sahip 1 adet kazan vardır. Kazanın nominal ısıtma gücü 1160 kW olup aynı mahalde plakalı eşanjör ile ayrılarak primer devreyi oluşturmuştur. Sekonder devre ise 8 zondan oluşmuş olup 8,5 bar işletme basıncına sahiptir ve tüm binayı tek kollektörden beslemektedir. Primer ve Sekonder devre, 80–60 C° gidiş ve dönüş sıcaklıklarında tasarlanmıştır.



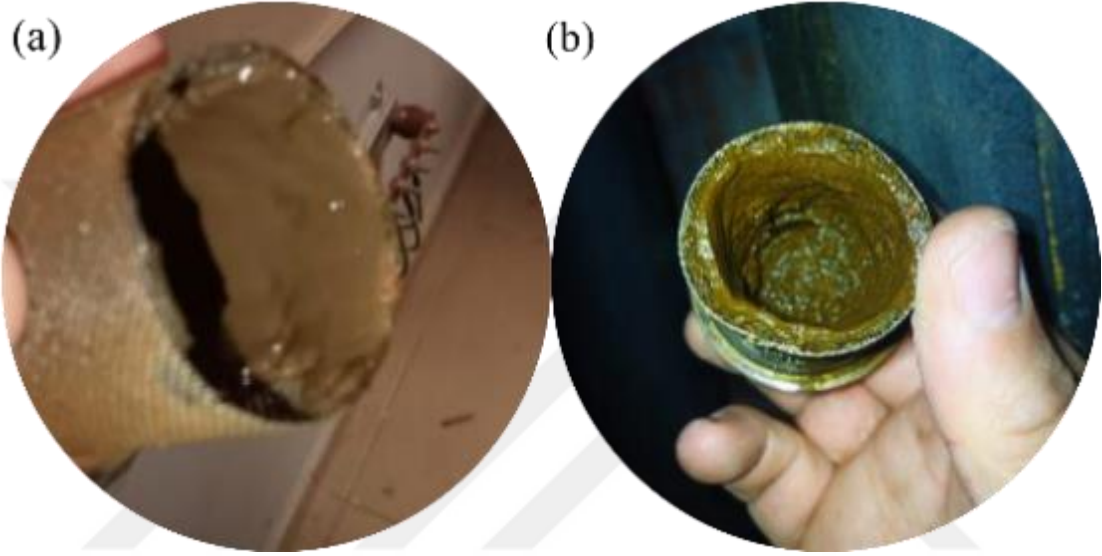
Şekil 15. Binanın ısıtma tesisatı akım şeması

Şekil 16 (a, b ve c)'de sırasıyla torba filtrenin sisteme bağlanmış gövdesi, üst kapağının açılmış hali ve pislik tutucu torbanın resimleri sunulmuştur. resmi bulunan torbalı filtre montajı, sisteme kimyasal yıkama uygulamasına başlanmadan önce Temmuz-2022'de yapılmıştır. Bu filtre vasıtasıyla tesisat suyunda dolaşan ve büyüklüğü 25 μm dan daha büyük olan partiküllerin tutulabilmesi sağlanmaktadır. Böylece uygulamanın başladığı Aralık 2022'e kadarki 5 aylık süreçte suyun aşırı kirliliği bir miktar azaltılarak kimyasal yıkama uygulamasının ön hazırlığı yapılmış olur.



Şekil 16. (a) Torbalı fitrenin gövdesi, (b) üst kapağının açılmış hali ve (c) 25 μm 'luk pislik tutucu fitre

Şekil 17’de farklı katlara ait branşman ayrımlarında bulunan kat filtreleri görülmektedir. Kimyasal yıkama uygulamasından önce alınmış bu görüntülerde sistemdeki aşırı kirlilik ve çamur oluşumu net bir şekilde görülmektedir. Bu filtreler, kimyasal yıkama uygulaması yapılmadan önceki dönemler de temizliği yapıldıktan yaklaşık 2 ay sonra tekrar aynı duruma gelmekteydi ve 2 aylık periyotlarda temizlenmesi gerekmektedir. Uygulamadan sonra kirliliği kontrol altına aldığımızda filtrelerin temizlik periyotları 6 aya çıkmıştır.



Şekil 17. Kat branşman ayrımlarında bulunan pislik tutuculara ait görüntüler

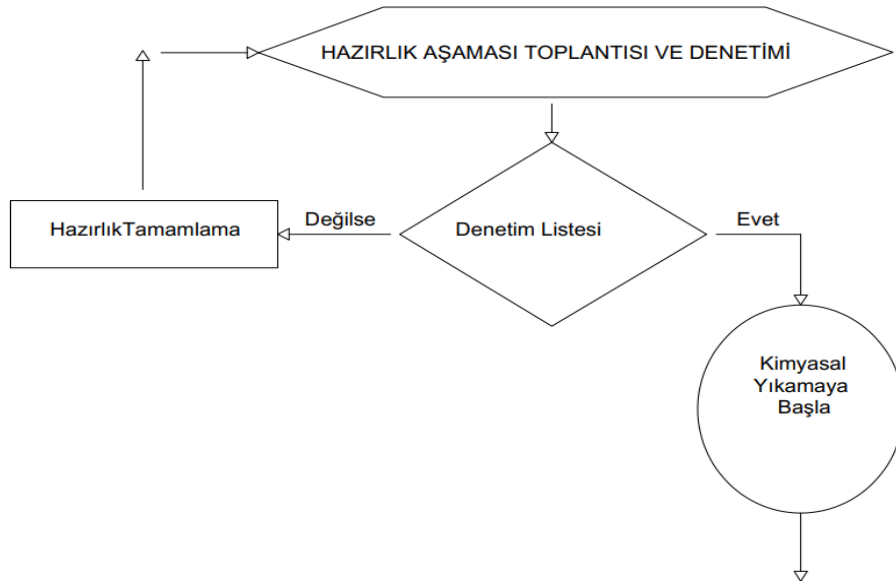
Şekil 16 ve 17’de görüldüğü üzere, binada bulunan ısıtma tesisatında aşırı derecede çamur, özellikle korozyondan kaynaklı kirlenme bulunmaktadır. Bu oluşan olumsuz etkilerin giderilmesi için aşağıda alt başlıklarda sunulan yıkama ve koruyucu uygulamasının nasıl yapıldığına dair ayrıntılı bilgiler sunulacaktır.

2.1. Yıkama Uygulaması

Isıtma tesisatındaki sorunların giderilmesi için yapılan işlemlerin ilk adımı olan yıkama uygulamasında Aralık 2022 dönemi itibarıyla Kurita markasının Ferrolin 8634 (güvenlik bilgi formu ve ürünün teknik bilgileri Ek-1 ve Ek-2 de paylaşılmıştır) ürünü ile online kimyasal yıkama programına başlanmıştır. Online kimyasal olarak geçen bu Ferrolin 8634 diğer ürünlerden en belirgin farklı sistem aktif olarak çalışırken de sorunsuz bir şekilde kullanılabilmesidir. Uygulanacak yıkama işlemi için kimyasala karar verme

aşamasında tesisatın genel durumu analiz edilmiş, yoğun korozyon sonucu oluşabilecek delinme ve hasarlar göz önünde bulundurularak daha kısa sürede sonuç veren agresif kimyasalların kullanımından kaçınılmıştır. Tablo 2’de sunulan kimyasal yıkama ön hazırlık yönergesi adımları itinayla adım adım kontrol edilmiştir. Bu kontrollerde kullanılacak kimyasalın içeriği, tesisatın fiziksel durumu, sirkülasyon sürecinde sorun oluşturabilecek imalat hataları, sirkülasyon sağlayan pompaların genel durumu ve sistem dolumu ile boşaltmanın uygun koşullarda yapılıp yapılamadığı irdelenmiştir. Bu ön kontroller neticesinde Şekil 18’de sunulan iş akış şemasına göre ısıtma tesisat sisteminin bu kimyasalın uygulanmasında herhangi bir sorun görülmediği tespit edildikten sonra uygulamaya başlanmasına karar verilmiştir.

Ferrolin 8634 modeli kimyasalının sisteme uygulanmasından önce Ek-1’de sunulan güvenlik bilgi formundaki dikkat edilmesi gereken güvenlik kurallarına riayet edilmiştir. Buna göre Şekil 19’da sunulan iş akış şeması hazırlık ve denetim aşamasından sorunsuz geçildikten sonra kimyasal yıkama uygulamasının birinci aşamasını göstermektedir. Bu aşamada tesisat suyla doldurulup işletme basıncına getirilip pompalar çalıştırılmıştır. Daha sonra Ek 2’de verilen ürünün teknik bilgiler formundaki önerilen doz miktarları sistemin durumu gözetilerek 20 m³ su hacmindeki sisteme en düşük oran olan %0.2 oranında yaklaşık 40 kg’lık ürün uygulanmıştır. Bu uygulamaya Aralık 2022 yılında başlanmış ve 48 saat süreyle sistem işletmeye alınmıştır.

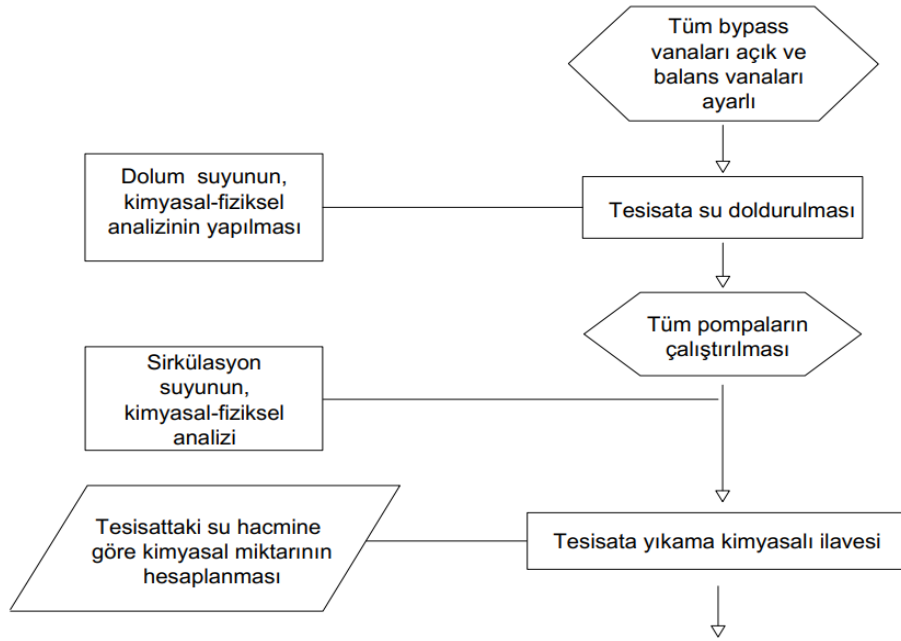


Şekil 18. Kimyasal yıkama başlangıç aşaması iş akış şeması

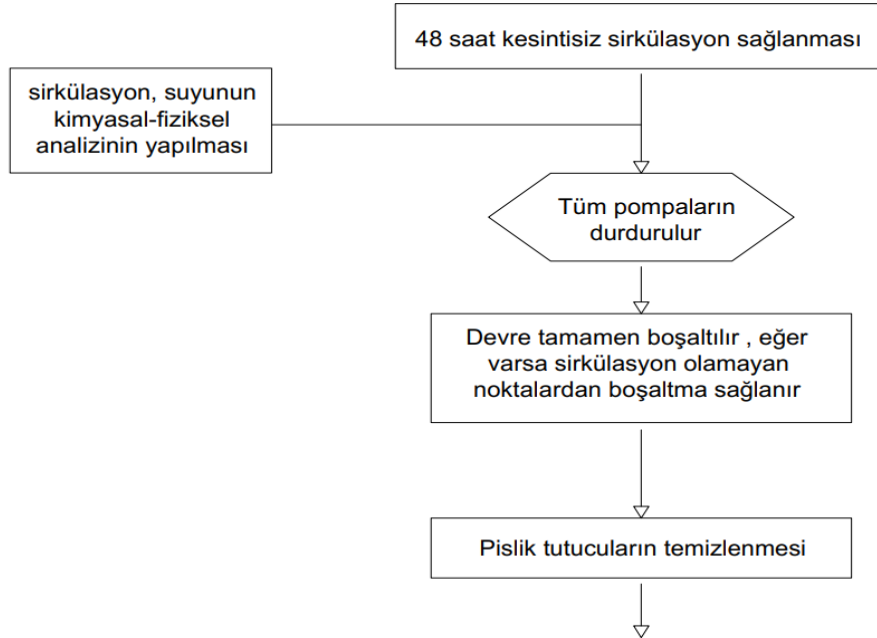
Tablo 2. Kimyasal yıkama ön hazırlık aşaması

KİMYASAL YIKAMA UYGULAMASI BAŞLANGIÇ DENETİM LİSTESİ		
	Uygulama yapılacak Devre adı:	Açıklama
1	Kimyasal Yıkama Uygulama Esasları içeriği incelenmiş, içerik hakkında değerlendirme yapılmış mı?	
2	Tesisatın tamamında imalatlar tamamlanmış mı?	
3	Tesisatta basınç testleri yapılarak sızdırmazlık sağlanmış mı?	
4	Sistemde bulunan cihazlar by-pass ile sirkülasyon sisteminden izole edilmiş mi?	
5	Sirkülasyon sistemi kapsamında düşey kotta ve/veya ölü bölgede kalan tesisatlar ile cihaz hatlarının alt noktalarından su boşaltması yapılabilir mi ?	
6	Sistemin en alt noktalarında ve kritik noktalarda boşaltma yapılabilir mi ?	
7	Sirkülasyon pompalarının kalıcı enerjileri var mı?	
8	Sirkülasyon pompaları devreye alınmış mı?	
9	Tesiste kesintisiz su kaynağı temin edilmiş mi?	
10	Tesisatlara su dolumu sağlayacak alt yapı mevcut mu?	
11	Tesisat su dolum hatlarının çapları hızlı dolum için yeterli mi?	
12	Tesisat su boşaltma noktaları hızlı boşaltma için yeterli ve doğru noktalara tesis edilmiş mi?	
13	Toprak altında olan hat var mı? Su boşaltması yapılabilir mi?	
14	Tesisattan hızlı su boşaltmasını karşılayacak gider altyapısı mevcut mu?	

Kimyasal yıkama işleminin ilk 48 saati tamamlandıktan sonra Şekil 20’de verilen iş akış şeması takip edilerek tesisatta bulunan tüm suyun tahliye işlem prosedürlerinin uygulanmasına geçilmiştir. Birinci aşamanın devamı olan bu süreçte sistem 48 saat boyunca kesintisiz çalıştırılarak sistemde bulunan yoğun kirlilik ve çamurun suya karışması sağlanmıştır. Bu aşamada oluşacak bir kesinti askıdaki bu maddelerin tekrar tesisat yüzeylerine çökmesiyle sonuçlanabileceği için süreklilik çok önemlidir. İkinci aşamanın sonunda pompalar durdurulup sistemdeki kirli su hızlı bir biçimde sistemden tahliye edilmiştir. Bu aşamada Şekil 24 (a)’da görülen numune alma ağzından analiz için ikinci numune alımı gerçekleştirilmiştir. Bu alınan numune analiz için test laboratuvarına gönderilmiştir. Bu aşamadan sonra tesisattaki tüm pislik tutucular temizlenerek üçüncü aşamaya geçilir.



Şekil 19. Kimyasal yıkama birinci aşama iş akış şeması



Şekil 20. Kimyasal yıkama ikinci aşama iş akış şeması

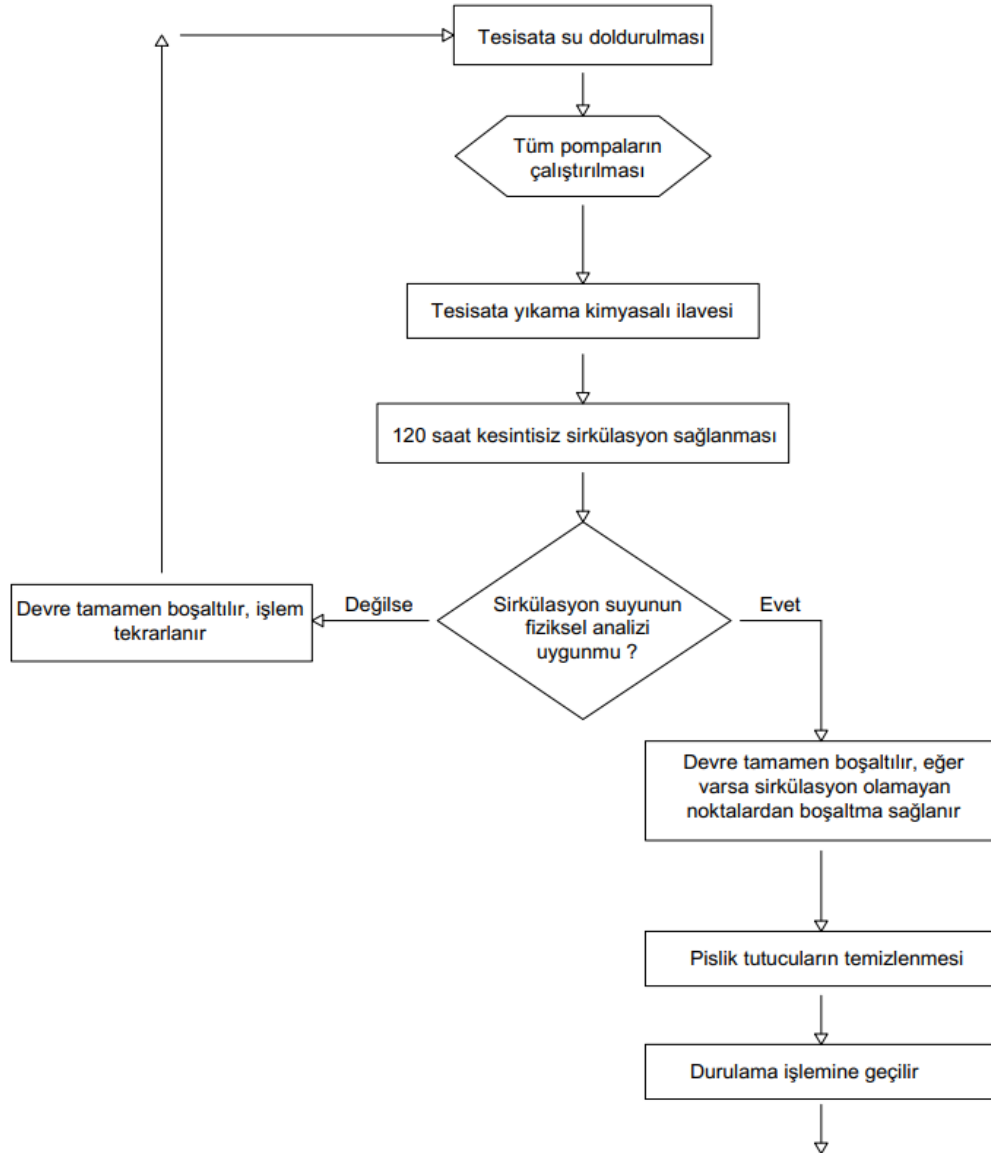
Şekil 21’de kimyasal yıkama işleminin üçüncü uygulanmasına ait iş akış şeması sunulmuştur. Bu aşamada sistem tekrar su ile doldurularak işletme basıncına getirildikten

sonra sirkülasyon pompalar aktif hale getirilmiştir. Daha sonra sistem sorunsuz şekilde çalışırken birinci aşamada belirlenen yaklaşık 40 kg Ferrolin 8634 kimsayal yıkama ürününden tesisata dozajlama yapılmıştır. Sistem içerisine enjekte edilen bu kimyasalın 25 katlı binanın her katında bulunan boru ve fancoilleri tamamen dolaşıp sistemdeki kirliliği suda askıda kalması için sistem 120 saat kesintisiz sirkülasyona tabi tutulmuştur. 120 saat sonunda sistemde aynı noktadan fiziksel muayene işlemi için numune alınmış ve gözle fiziksel muayenesi yapılmıştır. Burada gözle muayenede Şekil 24 (c)'de görülen yıkama öncesindeki çamurlu suyun uygulanan kimyasal yıkama işlemiyle nasıl berraklaştığının yani kirliliğinin giderilmesinin kontrolü kastedilmektedir. Bu aşama sonunda sistem tamamen boşaltılarak tüm pislik tutucular temizlenmiş ve dördüncü aşamaya geçilmiştir.

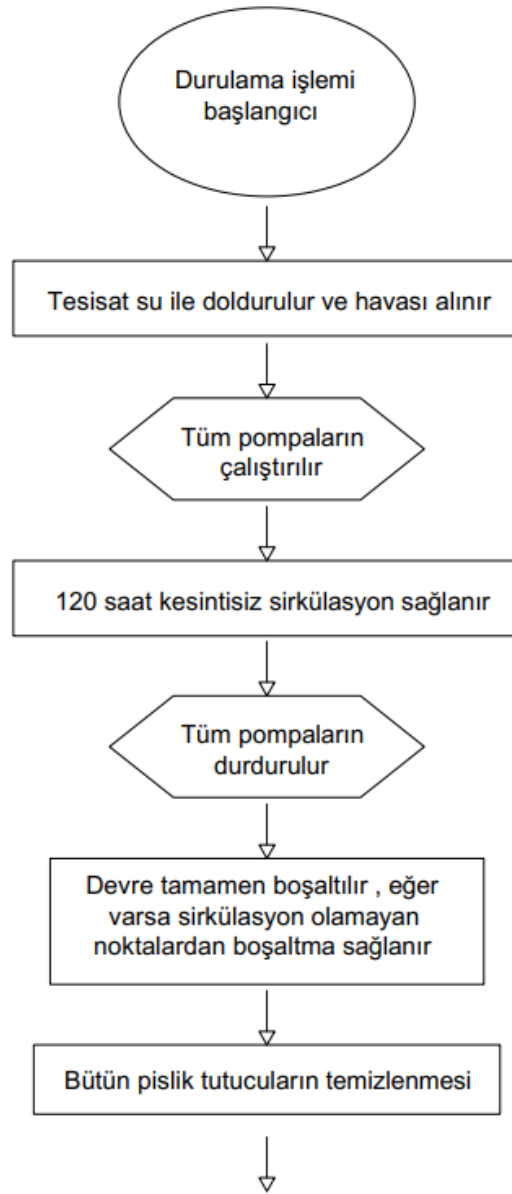
Şekil 22'de üçüncü aşamada ısıtma tesisat sistemine uygulanan kimyasal yıkama işleminin durulanmasının uygulanış biçimini içeren dördüncü aşamaya ait iş akış şeması sunulmuştur. Bu aşamada sisteme uygulanan kimyasalın durulanması ve kimyasal yıkama neticesinde elde edilen iyileşmenin olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Isıtma tesisat sistemi tekrar su ile doldurularak işletme basıncına getirilmiş ve sistemde oluşan havanın alınması sağlanarak sistemin her noktasına suyun ulaşması sağlanmıştır. Daha sonra pompalar çalıştırılıp sistemde durulamanın yapılabilmesi için sistem içindeki suyun 120 saat kesintisiz sirkülasyon sağlanmıştır. 120 saat sonunda sirkülasyon pompaları devre dışı bırakılıp artık maddelerin çökelme yapmaması için hızlı bir biçimde ısıtma tesisat sistemindeki su tahliyede edilmiştir. Son olarak sistemde bulunan tüm pislik tutucular temizlenip dördüncü aşama başarıyla tamamlanmıştır.

Şekil 23'de dördüncü durulama aşamasından sonra sistemde istenmeyen aşınma, tortu ve diğer kirleticilerin sürekli takip edildiği son aşamaya ait iş akış şeması verilmiştir. Her zamanki gibi bu aşamada da sistem dolumu yapılarak işletme basıncına getirilmiş ve sistemde oluşan hava alındıktan sonra sistem devreye alınmıştır. Bu aşamada önceki aşamalarda uygulanan kimyasal yıkama işlemi neticesinde tesisat içerisinde istenmeyen kirlilik aşınmanın kabul edilebilir seviyeye gelene kadar yıkama işlemi tekrarlanmıştır. Bu süreçte tesisatın sağlığının korunması ve ömrünün uzatılabilmesi için tesisattaki suyun fiziksel yani gözle ve mıknatısla demir tozlarının oluşum miktarının belirlenmesi ve fiziksel olarak yapılan gözlemin yanında tesisat sağlığının tespit edilmesi için kesin bilgi sunan kimyasal analizlerde gerçekleştirilmiştir. Şekil 24 (a)'da görülen numune alım noktasından alınan su örnekleri kimyasal analize tabi tutularak tesisat içerisindeki suda demir ($Fe^{+2,+3}$) değerinin 1 ppm in altına düşene kadar kimyasal durulama işlemi devam ettirilmiştir. Bu

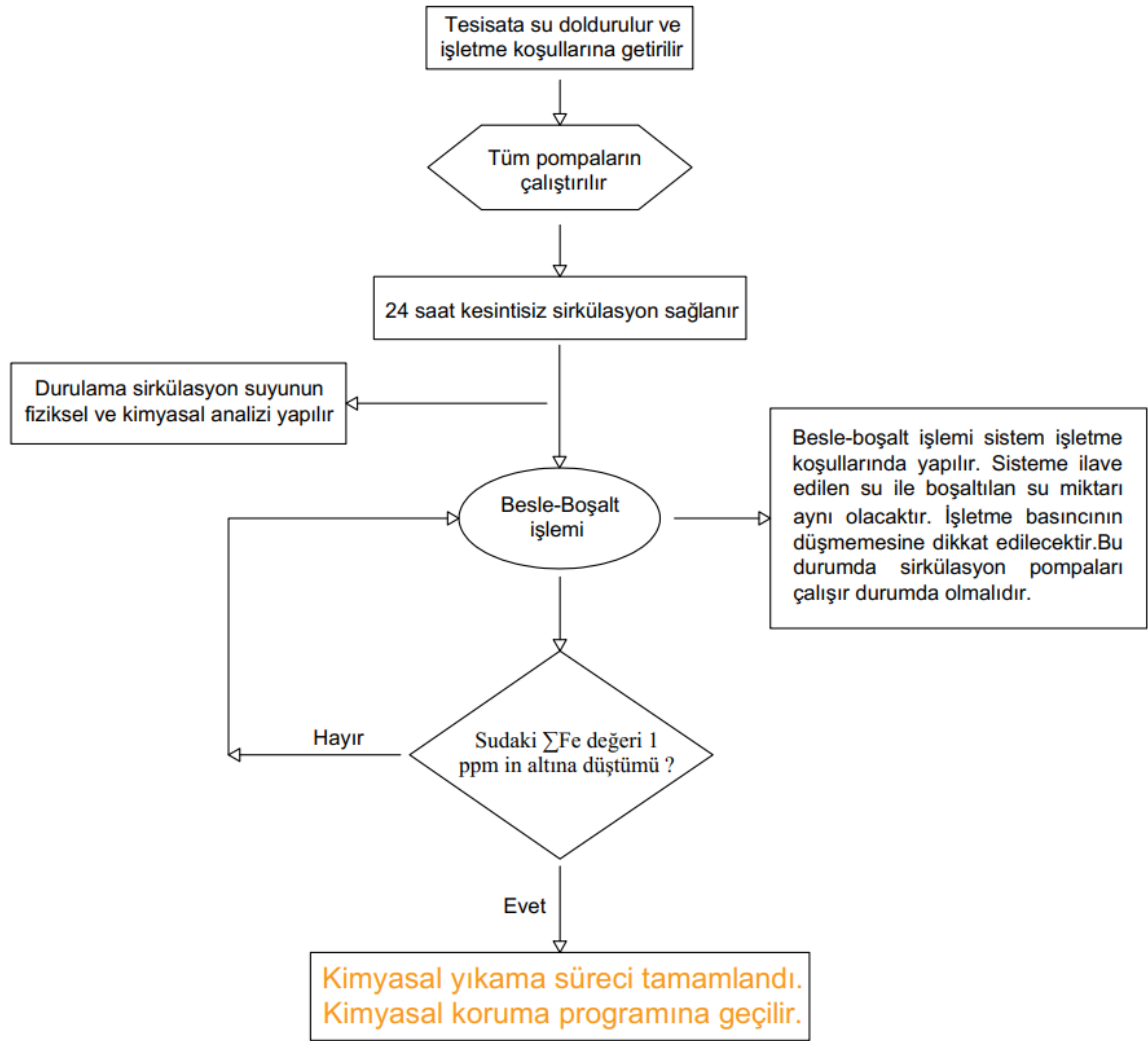
süreçte önceki durulama aşamasından farklı olarak sistem de bulunan suyun tamamen boşaltılmayıp bunun yerine günlük sistemden yaklaşık 1 m³'lük su tahliye edilip aynı miktarda temiz su sisteme dahil edilmiştir. Aralık 2022 yılında başlanan kimyasal yıkama ve durulama işlemi yaklaşık 120 gün sürmüş ve istenilen tesisat suyundaki demir değerinin 1 ppm değerinin altına düştüğü Mart 2023 tarihinde yıkama ve durulama işlemi başarıyla tamamlanmıştır. Mart 2023'ten sonra bu ısıtma tesisat sisteminde sağlanan bu başarının devam ettirilip tesisat sağlığının korunması için koruyucu program aşamasına geçilmiştir.



Şekil 21. Kimyasal yıkama üçüncü aşama iş akış şeması



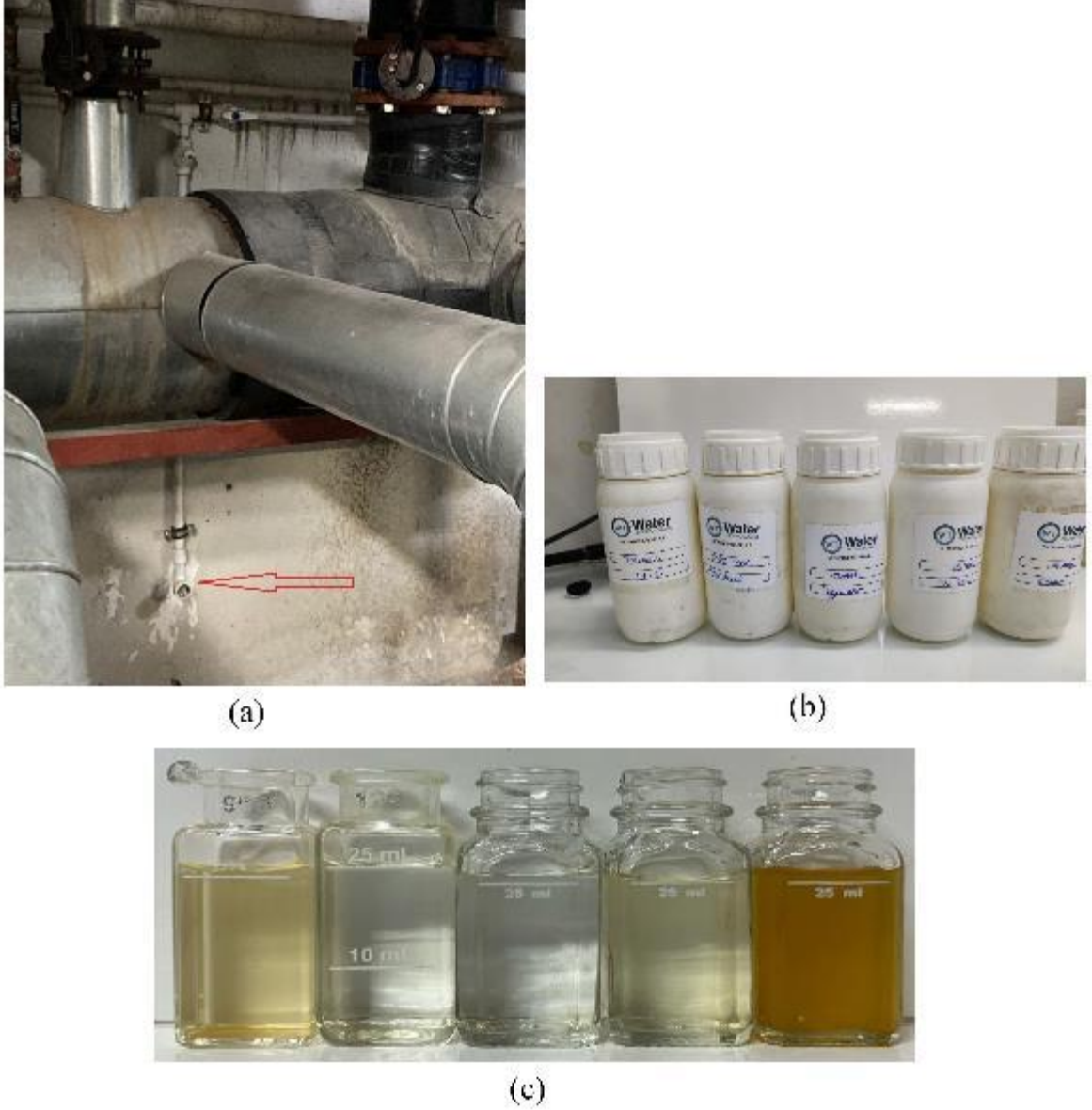
Şekil 22. Kimyasal yıkama dördüncü aşama iş akış şeması



Şekil 23. Kimyasal yıkama son aşama iş akış şeması

Şekil 24 (a, b ve c)'de sırasıyla sistemden numune alınan yeri, alınan numunelerin teste gönderilmesi için konulduğu korunaklı kaplar ve kimyasal yıkama ve durulama aşamalarında sistemden alınan numunelerin süreç içerisinde değişimleri verilmiştir. Kimyasal yıkama ve durulama süresince Şekil 24 (a)'da görülen noktadan 3 defa numune alınmış ve test için Kurita firmasına gönderilmiştir. Numune ölçümünde kullanılan cihazlara ait detaylar ilerleyen sayfalarda sunulmuştur. Şekil 24 (c)'de ilk yıkama işleminden sonra alınan numunenin renginin koyu kahve renginde olduğu görülmüştür. Durulama işlemi sonrasında alınan 2. numunenin renginin açık sarı renginde olduğu ve ilerleyen durulama işlemlerinde alınan 3. Numunenin renginin daha açık sarı renge döndüğü görülmüştür. İlk yıkamadan sonraki duruma işlemlerine doğru numunelerin renginin koyu kahve renginden

açık sarı renge dönmesi sistemde kaydedilen iyileşmenin açık bir göstergesidir. Bu numunelerden yapılan kimsayal analizlere ait sonuçlar Bölüm 3’te sunulmuştur.



Şekil 24. (a) Tesisat suyundan numunelerin alındığı ağız, (b) Tesisattan alınan numunelerin kapalı bir şekilde laboratuvar ortamına gönderilmesi, (c) Sistemden alınan numunelerin süreç içerisinde değişimi

Şekil 25 (a)’da tesisat numune alım istasyonundan alınan numunelerin Kurita firmasının laboratuvar ortamında ölçüme hazırlanmasına ait görseller sunulmuştur. hazırlanması görülmektedir. Şekil 25 (b)’de Ölçüme hazırlanan sistem suyu numunelerin içerisinde bulunan kimyasal maddelerin analizinde kullanılan Hach Lange DR3900 model masa üstü tespit cihazı sunulmuştur. Bu cihaz demir dışında amonyum, kimyasal oksijen

ihtiyacı (KOİ), klor, nitrat, fosfat vb. gibi 50 farklı parametre için 200'den fazla test kapasitesine sahiptir. Şekil 25 (c)'de ise suyun pH, İletkenlik, çözünmüş oksijen (DO) gibi kimyasal parametrelerini ölçmekte kullanılan Hach HQ 2100 model analiz cihazı görülmektedir. Suyun tüm analizleri tek bir cihazdan elde edilemediği için Şekil 25 (b ve c)'de görülen 2 farklı özellikte ve kalibrasyonda test cihaz ve kitleri kullanılarak ısıtma tesisat sununun analizinde istenilen parametre değerleri elde edilebilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 25. (a) Numunelerin hazırlanması, (b) Su kimyasal analiz cihazının görüntüsü, (c) pH, DO ve ORP ölçüm cihazı

2.2. Koruyucu Uygulaması

Kimyasal yıkama ve durulama uygulamasının Mart 2023 sonuna doğru su içerisindeki demir miktarı 1 ppm'in altına düşmesinden sonra sistem sağlığının sürekliliğinin sağlanabilmesi adına Kimyasal Koruma Programına başlanmıştır. Bu kimyasal koruma programı başlatılarak tesisatta tekrardan korozyon oluşumunun başlaması ve ilerlemesinin yanı sıra tesisat sisteminde bulunan boruların delinmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Kimyasal koruma programı kapsamında da bir önceki aşamada olduğu gibi Kurita markasının bir ürünü olan Cetamine F 365 kimyasalı (güvenlik bilgi formu ve ürünün teknik bilgileri Ek-3 ve Ek-4 de paylaşılmıştır) koruyucu kimyasal ürünü kullanılmıştır. Isıtma tesisatı koruma kimyasal olarak geçen bu Cetamine F 365'in seçilme nedeni online yıkama kimyasalı ile en iyi uyum sağlayacak ürün olduğundan dolayıdır. Cetamine F 365 modeli kimyasalının sisteme uygulanmasından önce Ek-3'de sunulan güvenlik bilgi formundaki dikkat edilmesi gereken güvenlik kurallarına riayet edilmiştir.

Bu ürün, organik inhibitör içerikli olup metal yüzeyine absorbe edilmiş koruyucu bir hidrofobik film yapıcı özelliği vardır. Bu özelliği sayesinde tesisatın iç yüzeyleri ile akışkan arasında bir bariyer oluşturarak kireç yapıcı magnezyum, kalsiyum iyonları ve demirle birleşerek korozyona sebep olan suda çözünmüş oksijen atomlarının zararlı etkilerini ortadan kalkmasına yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra yüzeyi daha kararlı halde tutmasından dolayı suda askıda bulunan organik ve inorganik maddelerin tesisat yüzeylerine tutunmasını önlemektedir. Her ne kadar kimyasal yıkama durulama işlemi başarıyla tamamlanmış olsa da hala sistem içerisinde var olan kirleticilerin koruyucu kimyasalın boru cidarında hidrofobik film yapısı sayesinde kat filtrelerinde biriken bu maddeler periyodik bakımlarla rahatça temizlenmesi sağlanmıştır. Koruma programı sürecinde de tesisattan su numunesi alınmaya devam edilmiş ve bu numuneler daha önce bahsedildiği şekilde aynı firma tarafından kimyasal ölçümleri yapılmış olup çıkan sonuçlar Bölüm 3'te paylaşılmıştır. Bu süreçte tesisat iç yüzeylerinin doğru şekilde kaplandığından emin olunması açısından tesisat suyundaki film amin miktarının 0,5-0,6 ppm aralığında kalması istenmektedir.

Kimyasal yıkama sonrası koruyucu uygulamasına geçilmesiyle birlikte sisteme, Şekil 26'da resmi sunulan kimyasal dozaj pompa ünitesi ısıtma tesisat sistemine monte edilmiştir. Isıtma sisteminde oluşan kayıp kaçaklar veya arıza sebebiyle zorunlu olarak yapılan su deşarjları için sisteme taze su beslemesi yapılması gerekmektedir. Çöpe giden kimyasal içerikli su yerine yapılan bu taze besleme suyunda koruyucu kimyasal bulunmamaktadır. Bu

yüzden sistemden atılan kimyasal içerikli suya orantılı olarak sisteme ilave Cetamine F 365 takviyesi yapılmakta ve bu sayede ürünün konsantrasyon aralığı istenilen seviyede tutulmaktadır.



Şekil 26. Kimyasal Dozaj Ünitesi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, sistemin ısıtma sezonundaki doğalgaz kullanım miktarları tespit edilerek enerji kullanım oranıyla ilgili analizler gerçekleştirilmiştir. 2021 ve 2022 yıllarına ait bina ısıtmasında kullanılan ortalama doğalgaz kullanım miktarının hesaplanıp, 2023 ve 2024 yıllarındaki aylık kullanım oranına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Kış dönemi için iç mahallerdeki ortalama konfor sıcaklığı 22°C olacak şekilde ısıtma sistemi çalıştırılmaktadır. Dış ortam için, aylık ortalama sıcaklık değerlerinin doğalgaz kullanımı oranına olan etkisi aşağıda bulunan denklem 5 aracılığıyla hesaplanmıştır. Böylece yıllar arasında farklılık gösteren aylık sıcaklık değerinin, doğalgaz kullanım miktarına olan etkisi arındırılmıştır. Bina dış cephesi cam cephe ve gaz beton duvarlar olmak üzere 2 farklı yapı malzemesinden oluşmaktadır. Bina çatısı, betonarme üzeri düzeltme şapı ve bitümlü su yalıtım membranı ile kaplanmıştır. Bina tabanı ise betonarme ve düzeltme şapından oluşmaktadır. Aşağıda bu dört farklı yüzey için ısıl geçirgenlik katsayısı hesaplanmıştır.

$$Q=U_xA_x\Delta T \quad (5)$$

Q :Bina Cephelerinden Oluşan Isı Kaybı (W)

U : Isıl Geçirgenlik katsayısı (W/m² K)

A : Yüzey Alanı m²

ΔT : İç-Dış Ortam Sıcaklık Farkı (K°)

➤ Cam Cephe yüzeyleri için;

Cam cephelerin toplam yüzey alanı $A_1=7000 \text{ m}^2$ olup ısıl geçirgenlik katsayısı, Ek-5’de bulunan Seyhancam Tic. Ltd. Şti. firmasının tablosundan 4+12+4 mm ısıcam S modeli cam alınarak $U_{\text{cam}}=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirlemiştir. Burada 4 mm ilk camın kalınlığını, 12 mm camlar arası boşluğu ve diğer 4 mm ise 2. camın kalınlığını ifade etmektedir.

➤ Duvar Cephe yüzeyleri için;

Gaz beton duvarlı cephelerin yüzey alanı $A_2=2300 \text{ m}^2$ olup ısıl geçirgenlik katsayısı aşağıda bulunan denklem 6 aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{1}{U} = R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_e \quad (6)$$

Burada;

d : Yapı malzemesinin kalınlığını (m)

λ : Malzemenin ısı iletim katsayısı (W/mK)

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci (m^2K/W),

R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci (m^2K/W)

ifade etmektedir.

$$\frac{1}{U_{duvar}} = R_i + \frac{d_{iç\ siva}}{\lambda_{iç\ siva}} + \frac{d_{tuğla}}{\lambda_{tuğla}} + \frac{d_{yalıtım}}{\lambda_{yalıtım}} + R_e$$

$$\frac{1}{U_{duvar}} = 0,04 + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,2}{0,3} + \frac{0,05}{0,04} + 0,13$$

Buradan duvar yüzeyleri için ısı geçirgenlik katsayısı $U_{duvar} = 0,47 \text{ W/m}^2K$ olarak hesaplanır. Yukarıda bulunan malzemelerin ısı iletim katsayıları Ek-6' da yer alan TS 825 Yapı malzeme ve bileşenlerinin ısı iletkenlik hesap değeri tablosundan alınmıştır. İç sıva için alçı harçlı 1400 kg/m^3 birim hacim kütleli olan malzeme, duvar malzemesi için gaz betondan mamül 650 kg/m^3 birim hacim kütleli olan malzeme, yalıtım malzemesi için ise 5 cm, mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi olan taş yünü 0,40 malzeme türü alınmıştır. Binanın gaz beton duvarlı olan bölümlerinin dış cephe kaplaması 2 mm kalınlığında alüminyum malzemedan yapılmış olup malzeme kalınlığı çok küçük ve ısı iletkenlik değeri çok yüksek (190 W/mK) olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.

➤ Çatı yüzeyleri için;

Binanın çatı alanında betonarme üzeri şap dolgusunun üzerinde bitümlü su yalıtım membranı kullanılmış olup çatı alanı toplam $A_3 = 1900 \text{ m}^2$ olarak belirlenmiştir. Denklem 6 kullanılarak çatı yüzeylerinde oluşan ısı geçirgenlik katsayısını hesaplarsak;

$$\frac{1}{U_{çatı}} = R_i + \frac{d_{beton}}{\lambda_{beton}} + \frac{d_{yalıtım}}{\lambda_{yalıtım}} + \frac{d_{şap}}{\lambda_{şap}} + \frac{d_{membran}}{\lambda_{membran}} + R_e$$

$$\frac{1}{U_{çatı}} = 0,04 + \frac{0,25}{2,5} + \frac{0,005}{0,19} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,05}{1,4} + 0,13$$

Buradan duvar yüzeyleri için ısıl geçirgenlik katsayısı $U_{\text{çatı}} = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanır. Burada yer alan betonarme yapı malzemesi, Ek-6'dan 2400 kg/m^3 birim hacim kütleli donatılı normal beton olan malzeme, şap dolgu malzemesi için çimento harçlı 2000 kg/m^3 birim hacim kütleli malzeme, yalıtım malzemesi için ekstrüde polistiren köpük (XPS) $0,04$ olan türü, bitümlü su yalıtım membranı için ise 1200 kg/m^3 birim hacim kütleli malzeme alınmıştır.

➤ **Taban döşemesi için;**

Binanın en alt katı tamamıyla otopark alanı olduğu için ısıtılmamaktadır. Bu alan yer seviyesinin 13 m aşağısında olduğundan dolayı dış ortama komşu bir duvarı bulunmamakta olup, toplam alanı $A_4 = 1900 \text{ m}^2$ olarak belirlenmiştir. Yapılan sıcaklık ölçümlerde mahallin ortalama sıcaklığı $18 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu tespit edilmiştir. Denklem 6 kullanılarak taban yüzeylerinde oluşan ısıl geçirgenlik katsayısını hesaplarsak;

$$\frac{1}{U_{\text{taban}}} = R_i + \frac{d_{\text{beton}}}{\lambda_{\text{beton}}} + \frac{d_{\text{şap}}}{\lambda_{\text{şap}}} + R_e$$

$$\frac{1}{U_{\text{taban}}} = 0,13 + \frac{0,25}{2,5} + \frac{0,05}{1,4} + 0,13$$

Buradan bina taban yüzeyleri için ısıl geçirgenlik katsayısı $U_{\text{taban}} = 2,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanmıştır. Burada yer alan betonarme yapı için, Ek-6'dan 2400 kg/m^3 birim hacim kütleli donatılı normal beton olan malzeme, şap dolgu için çimento harçlı 2000 kg/m^3 birim hacim kütleli malzeme alınmıştır.

Tüm yapı yüzeylerinden iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamını denklem 7 aracılığıyla hesaplarsak;

$$\sum AU = U_{\text{cam}}A_1 + U_{\text{duvar}}A_2 + U_{\text{çatı}}A_3 + U_{\text{taban}}A_4 \quad (7)$$

$$\sum AU = (1,6 \times 7000) + (0,47 \times 2300) + (0,64 \times 1900) + (2,53 \times 1900)$$

Buradan ısı kaybı toplamı $\sum AU = 18.304,00 \text{ W/K}$ olarak hesaplanmıştır.

Binada merkezi havalandırma üniteleri bulunmamakta olup taze hava ihtiyacı olduğunda pencereler açılarak temiz hava ihtiyacı karşılanmaktadır. Aşağıda doğal havalandırma ile oluşan ısı kaybı denklem 8 aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$H_V = 0,33x n_h x V_h \quad (8)$$

Burada;

H_V : Havalandırma yolu ile oluşan ısı kaybı (W/K)

V_1 : Hacimce hava değişim debisi (m^3/h),

n_h : Hava değişim oranı (h^{-1}),

V_h : Havalandırılan hacim (m^3)

ifade etmektedir.

Burada bulunan V_h değeri aşağıdaki denklem 9 aracılığıyla hesaplanmaktadır. Denklem 9'da bulunan $V_{brüt}$ değeri, binanın toplam iç hacmini (m^3) ifade etmektedir.

$$V_h = 0,8 \times V_{brüt} \quad (9)$$

$$V_h = 0,8 \times 33.500,00$$

Buradan $V_h = 26.800,00 m^3$ olarak hesaplanmıştır.

$$H_V = 0,33 \times 0,8 \times 26.800$$

Buradan n_h değeri TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standartlarına göre 0,8 alınmıştır. Buna göre $H_V = 7075 W/K$ olarak hesaplanmıştır. Buradan iletim ve taşınım ile doğal havalandırma yoluyla oluşan toplam özgül ısı kaybı, denklem 10 ile hesaplanırsa;

$$H_T = \sum AU + H_V \quad (10)$$

$$H_T = 18304 + 7075$$

Buradan $H_T = 25.379,00 W/K$ olarak bulunur.

3.1. Aylara Göre Teorik Enerji Kayıpları ve Doğalgaz İhtiyacı

Bu bölümde, çalışmanın yapıldığı yıllara ait aylık ortalama sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu aylık sıcaklık değerleri, yukarıda hesaplanan iletim, taşınım ve doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı (H_T) değeriyle çarpılarak birim zamanda gerçekleşen toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Bu değerlere bağlı olarak W

cinsinden birim zamanda teorik olarak gerçekleşmesi beklenen enerji kayıpları ($Q_c + Q_d + Q_{\phi} + Q_t + H_v$) hesaplanmıştır. Burada Q_c , cam yüzeylerden gerçekleşen ısı kaybını, Q_d , duvar yüzeylerden oluşan ısı kayıplarını, Q_{ϕ} , bina çatı alanlarından gerçekleşen ısı kaybını, Q_t bina tabanından oluşan ısı kaybını, H_v ise havalandırma yolu ile oluşan ısı kaybını ifade etmektedir. Daha sonra hesaplanan bu toplam ısı kaybı değeri, aylık gerçekleşen kWh cinsinden ısı kaybına çevrilerek aşağıdaki ilgili ay ve yıla ait tablolara işlenmiştir. Bu enerji kayıplarını karşılaması için tüketilmesi gereken teorik doğalgaz miktarları, enerji değerlerinin doğalgazın alt ısı değeri olan $9,59 \text{ kWh/m}^3$ değerine bölünmesiyle hesaplanmış ve aynı tabloya işlenmiştir. 2021, 2022, 2023 ve 2024 yılları için gerekli hesaplamalar yapılarak aşağıda paylaşılmıştır:

➤ 2021 yılı;

Tablo 3’de ilk satırda 2021 yılına ait dış ortamın aylık ortalama sıcaklık değerleri ısıtma sezonu olan ocak, şubat, mart, nisan, ekim, kasım ve aralık ayları için belirlenmiştir. Sıcaklık mevsimsel etki sebebiyle ocaktan ekim ayına kadar yükselmekte olup sonrasında tekrar düşmeye başlamıştır. Bu değerlere göre oluşan toplam ısı kaybı ikinci satırda verilmiştir. Isı kaybı değerleri de aylık sıcaklık değeri değişkenine bağlı olarak kasıma kadar azalıp sonrasında artmaya başlamıştır. Son satır da ise bu enerji kaybını karşılamak için kazanın harcaması beklenen teorik doğalgaz tüketimi hesaplanarak çizelgeye işlenmiştir.

Tablo 3. 2021 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (C°)	-0,15	1,6	5,1	10,3	12,0	5,8	1,8
Aylık Toplam Isı Kaybı Değerleri(kWh)	353.223,96	294.938,65	272.969,73	187.142,69	167.361,31	253.795,97	323.478,11
Aylık Toplam Doğalgaz İhtiyaç Miktarı (Sm ³)	36.842,96	30.754,81	28.464,00	19.514,36	17.451,65	26.464,65	33.730,77

➤ 2022 yılı;

Tablo 4’de ilk satırda 2022 yılına ait dış ortamın aylık ortalama sıcaklık değerleri ısıtma sezonu olan ocak, şubat, mart, nisan, ekim, kasım ve aralık ayları için belirlenmiştir. 2022 yılında aylık sıcaklık ortalamaları, 2021 yılına göre azda olsa değişkenlik göstermiştir. Sıcaklık mevsimsel etki sebebiyle ocaktan ekim ayına kadar yükselmekte olup sonrasında tekrar düşmeye başlamıştır. Bu değerlere göre oluşan toplam ısı kaybı ikinci satırda

verilmiştir. Isı kaybı değerleri de aylık sıcaklık değeri değişkenine bağlı olarak kasıma kadar azalıp sonrasında artmaya başlamıştır. Son satır da ise bu enerji kaybını karşılamak için kazanın harcaması beklenen teorik doğalgaz tüketimi hesaplanarak çizelgeye işlenmiştir.

Tablo 4. 2022 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (C°)	-0,2	1,6	5,2	10,5	12,1	6,0	1,9
Aylık Toplam Isı Kaybı Değerleri(kWh)	354.089,24	294.938,65	257.133,54	184.180,32	151.525,12	250.833,60	307.641,92
Aylık Toplam Doğalgaz İhtiyaç Miktarı (Sm ³)	36.922,76	30.754,81	26.812,67	19.205,46	15.800,33	26.155,75	32.079,45

➤ 2023 yılı;

Tablo 5’de ilk satırda 2023 yılına ait dış ortamın aylık ortalama sıcaklık değerleri ısıtma sezonu olan ocak, şubat, mart, nisan, ekim, kasım ve aralık ayları için belirlenmiştir. 2023 yılında aylık sıcaklık ortalamaları da benzer şekilde 2022 yılına göre bazı aylar için değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Sıcaklık mevsimsel etki sebebiyle ocaktan ekim ayına kadar yükselmekte olup sonrasında tekrar düşmeye başlamıştır. Bu değerlere göre oluşan toplam ısı kaybı ikinci satırda verilmiştir. Isı kaybı değerleri de aylık sıcaklık değeri değişkenine bağlı olarak kasıma kadar azalıp sonrasında artmaya başlamıştır. Son satır da ise bu enerji kaybını karşılamak için kazanın harcaması beklenen teorik doğalgaz tüketimi hesaplanarak çizelgeye işlenmiştir.

Tablo 5. 2023 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (C°)	-0,2	1,5	5,0	10,3	12,1	5,9	1,8
Aylık Toplam Isı Kaybı Değerleri(kWh)	354.089,24	296.321,09	260.194,66	187.142,69	151.525,12	252.314,78	309.172,47
Aylık Toplam Doğalgaz İhtiyaç Miktarı (Sm ³)	36.922,76	30.898,97	27.131,87	19.514,36	15.800,33	26.310,20	32.239,05

➤ 2024 yılı;

Tablo 6’da ilk satırda 2024 yılına ait dış ortamın aylık ortalama sıcaklık değerleri ısıtma sezonu olan ocak, şubat, mart, nisan, ekim, kasım ve aralık ayları için belirlenmiştir.

2024 yılı aylık sıcaklık ortalamaları da diğer yıllara benzer şekilde küçük değişkenlikler içermektedir. Diğer yıllara paralel şekilde ısı kaybı değerleri de aylık sıcaklık değeri değişkenine bağlı olarak kasıma kadar azalıp sonrasında artmaya başlamıştır. Bu değerlere göre oluşan toplam ısı kaybı ikinci satırda verilmiştir. Isı kaybı değerleri de aylık sıcaklık değeri değişkenine bağlı olarak önce azalmakta ekim ayından sonra ise artmaya başlamaktadır. Son satır da ise bu enerji kaybını karşılamak için kazanın harcaması beklenen teorik doğalgaz tüketimi hesaplanarak çizelgeye işlenmiştir.

Tablo 6. 2024 yılı sıcaklık, enerji kaybı ve teorik doğalgaz ihtiyaç değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (C °)	-0,2	1,6	5,3	10,6	12,0	5,3	1,3
Aylık Toplam Isı Kaybı Değerleri(kWh)	354.089,24	305.472,17	255.602,99	182.699,14	153.055,68	261.201,89	316.825,26
Aylık Toplam Doğalgaz İhtiyaç Miktarı (Sm ³)	36.922,76	31.853,20	26.653,07	19.051,00	15.959,92	27.236,90	33.037,04

3.2. Aylara Göre Teorik Doğalgaz İhtiyacı ve Gerçek Tüketim Miktarının İrdelenmesi

Bir önceki bölümde ısıtma tesisat sisteminde teorik olarak hesaplanan ısı kaybını ve bunu karşılamak için gerekli olan teorik doğal gaz ihtiyacının gerçek tüketim miktarıyla kıyaslanması bu bölümde sunulmuştur. Bunların yanı sıra aşağıdaki maddeler bu bölüm kapsamında ele alınmıştır.

- Kimyasal yıkama yapılmadan önceki 2021 ve 2022 yıllarına ait ortalama gerçek doğalgaz tüketim miktarı ile yıkama yapıldıktan sonraki 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama gerçek doğalgaz tüketim miktarını,
- Sudaki film amin ve demir ($Fe^{+2/+3}$) oranının zamana bağlı değişimini,
- Sudaki film amin ve pH oranının zamana bağlı değişimini, gösteren grafikler çizilerek aralarındaki korolasyon irdelenmiştir.

Tablo 7’de Bölüm 3.1 de hesaplanan teorik doğalgaz tüketim miktarları toplu halde verilmiştir. Binanın ısıtma sisteminin çalışmadığı mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında tabloya herhangi bir veri girişi yapılmamıştır.

Tablo 7. Yıllara göre aylık teorik doğalgaz tüketim miktarlarının(sm3) değişimi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	....	Ekim	Kasım	Aralık
2021	36.842,96	30.754,81	28.464,00	19.514,36	.....	17.451,65	26.464,65	33.730,77
2022	36.922,76	30.754,81	26.812,67	19.205,46	.....	15.800,33	26.155,75	32.079,45
2023	36.922,76	30.898,97	27.131,87	19.514,36	.....	15.800,33	26.310,20	32.239,05
2024	36.922,76	31.853,20	26.653,07	19.051,00	.....	15.959,92	27.236,90	33.037,04

Tablo 8’de ise binanın doğalgaz sayacından alınan tüketim endeksleri hesaplanarak gerçek doğalgaz tüketim miktarları toplu halde verilmiştir. Burada verilen değerler ile ilgili Ek-7’de ki kazan teknik bilgi formu incelenerek, De Dietrich GTE 520 kazan modeli için verim $\eta=0,9$ alınarak elde edilmiştir. Yine aynı şekilde binanın ısıtma sisteminin çalışmadığı mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında endeks değişimi sıfır (0) olduğu için tabloya herhangi bir veri girişi yapılmamıştır.

Tablo 8. Yıllara göre aylık gerçek doğalgaz tüketim miktarlarının (sm3) değişimi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	....	Ekim	Kasım	Aralık
2021	33.563,70	32.966,10	32.609,70	13.379,40	.....	7.664,40	20.061,00	36.536,40
2022	46.728,90	35.955,90	40.752,90	8.053,20	.....	7.143,30	14.590,80	29.245,50
2023	37.178,10	38.184,30	27.553,50	15.894,90	.....	2.737,80	19.303,20	30.483,00
2024	39.298,50	27.523,80	24.710,40	9.395,10	.....	6.772,30	22.577,10	33.967,01

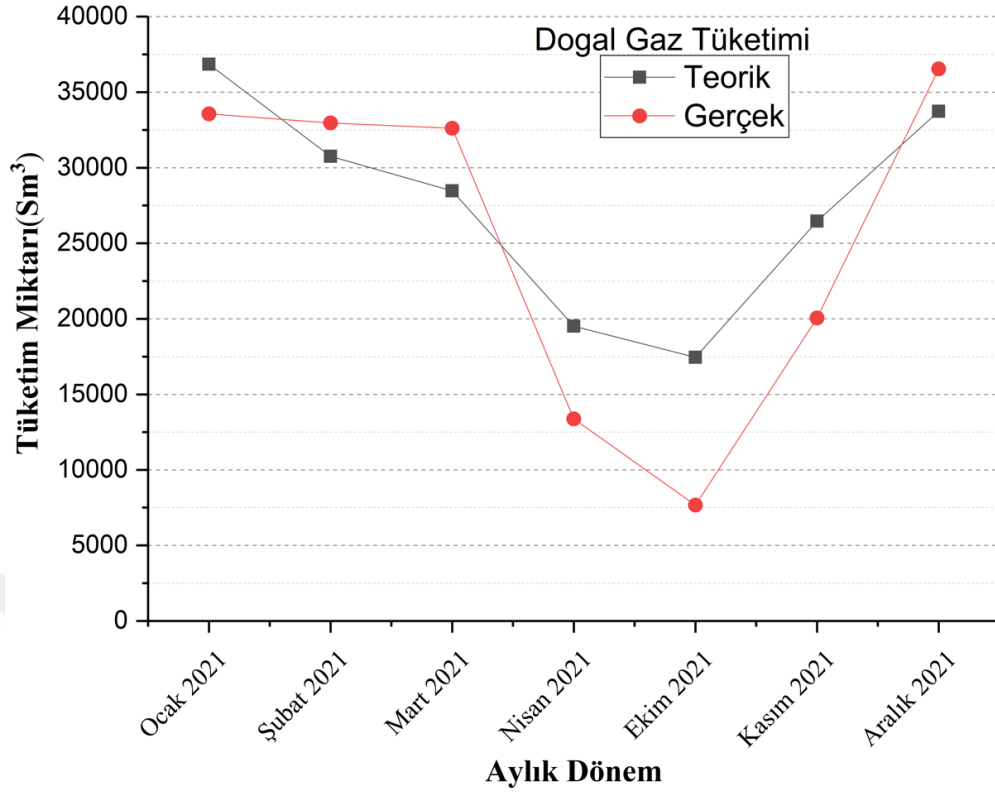
Aralık 2022 ile Nisan 2024 dönemini kapsayan zaman aralığında ısıtma devresinden 8 kez numune alma işlemi ve alınan suya kimyasal analiz uygulanmıştır. Tablo 9’da alınan su numunelerinin laboratuvar ortamında analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler sunulmuştur. Bu Analizde suyuni çerisinde pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı (TDS), p-Alkalite, m-Alkalite, toplam sertlik, Klorür, $Fe^{+2/+3}$ ve Film amin miktarları ölçülmüştür. Tabloya dikkatli bakıldığında suyun pH, $Fe^{+2/+3}$ değerleri ile sudaki film amin konsantrasyonu dışında kalan diğer maddelerde anlamlı bir değişim olmadığı görülmektedir. Tesisat sistemlerinde kireç ve depozit oluşumunun en önemli nedenlerinden biri olan toplam sertlik değeri ise izin verilen limitlerin üzerindedir. Bu durumun sebebi olarak, sistem dolumu için kullanılan suyun sadece 25 μm lik sediment filtreden geçirilerek doğrudan sisteme gönderilmesidir. Söz konusu binanın kiralık bir bina olması ve sisteme verilecek

sebeke suyunun sertliğini azaltmak için gerekli olan su arıtma ve yumuşatma sisteminin maliyetli olması sebebiyle bu konuda herhangi bir detayla arıtma ve şartlandırma işlemi yapılamamıştır.

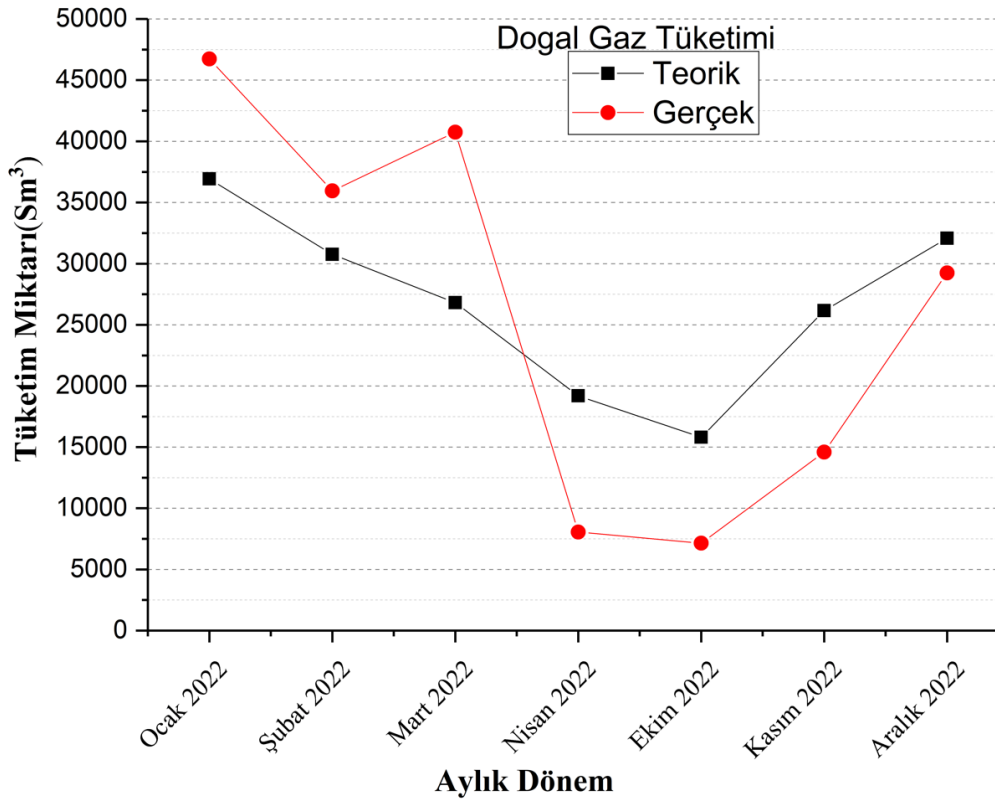
Tablo 9. Tesisat su numunelerinin kimyasal analiz tablosu

	Aralık 22	Ocak 23	Şubat 23	Mart 23	Nisan 23	Ekim 23	Ocak 24	Nisan 24	Kaplı Devre Limitleri
pH	8,63	8,53	7,5	7,55	7,81	7,65	7,63	7,10	7,80-8,50
İletkenlik	670	530	669	803	671	641	652	709	<1500 $\mu\text{m}/\text{cm}$
TDS	442	350	435	522	436	417	424	461	-
p-Alkalite	20	10	0	8	0	0	0	0	-
m-Alkalite	280	250	20	190	110	200	82	110	<350 ppm
Toplam Sertlik			170	160	220	180	160	154	<50 ppm
Klorür			110	164	90	100	100	90	<250 ppm
Fe ^{+2/+3}	6,22	4,12	2,88	1,41	0,9	0,75	0,72	0,75	<1 ppm
Film Amin	0	0,15	0,35	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1	0,5-2,0 ppm

Şekil 27 ve 28'e bakıldığında, uygulama yapılmadan önceki 2021 ve 2022 yıllarına ait olan teorik ve gerçek tüketim verileri gösterilmiştir. Bu dönemlerde ki ΣFe değeri kabul edilebilir düzeyin en az 6 kat yukarısında olup tesisat kirliliği çok yüksek düzeydedir. Bu dönemde teorik ile gerçek doğalgaz tüketimi arasındaki fark genel olarak fazladır. Bunun yanı sıra özellikle ortalama hava sıcaklıklarının en düşük değerlerde olduğu ocak, şubat, mart ve aralık aylarında gerçek doğalgaz tüketim eğrileri teorik olarak hesaplanan doğalgaz tüketim eğrilerine genel olarak yakın veya üstünde kalmıştır. Aralık 2022 ayına dikkatli bakıldığında 2021 yılına göre gerçek doğalgaz tüketimi azalmış ve teorik değerinin altında kaldığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak Aralık 2022'de başlanan yıkama sürecinin tesisattaki kirliliği azaltarak olumlu etkilerini hızla gösterdiği söylenebilir.

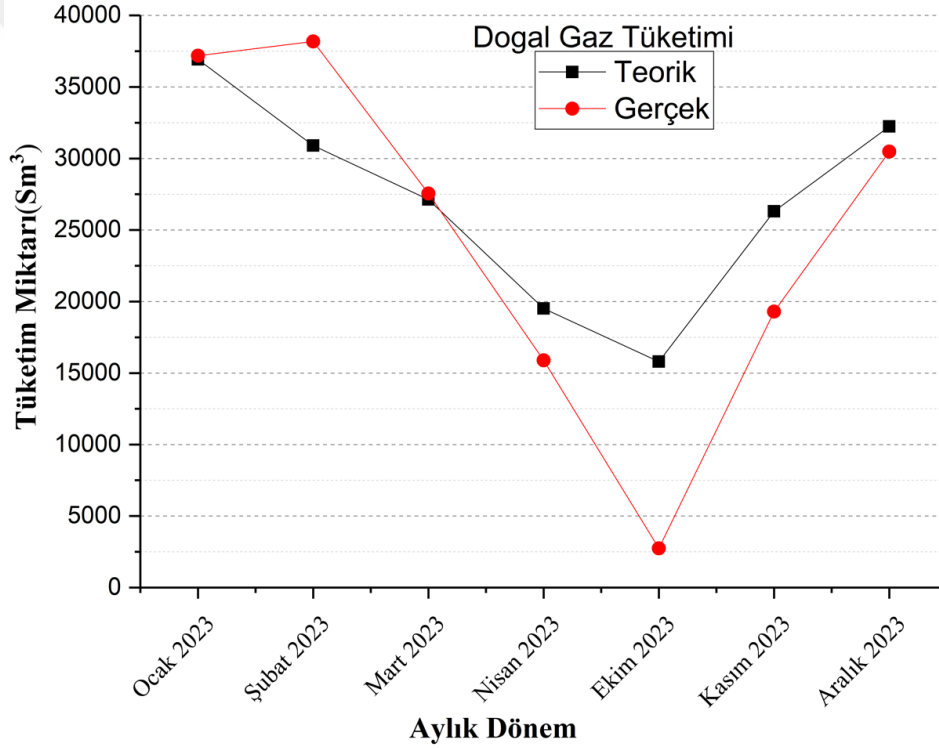


Şekil 27. 2021 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği

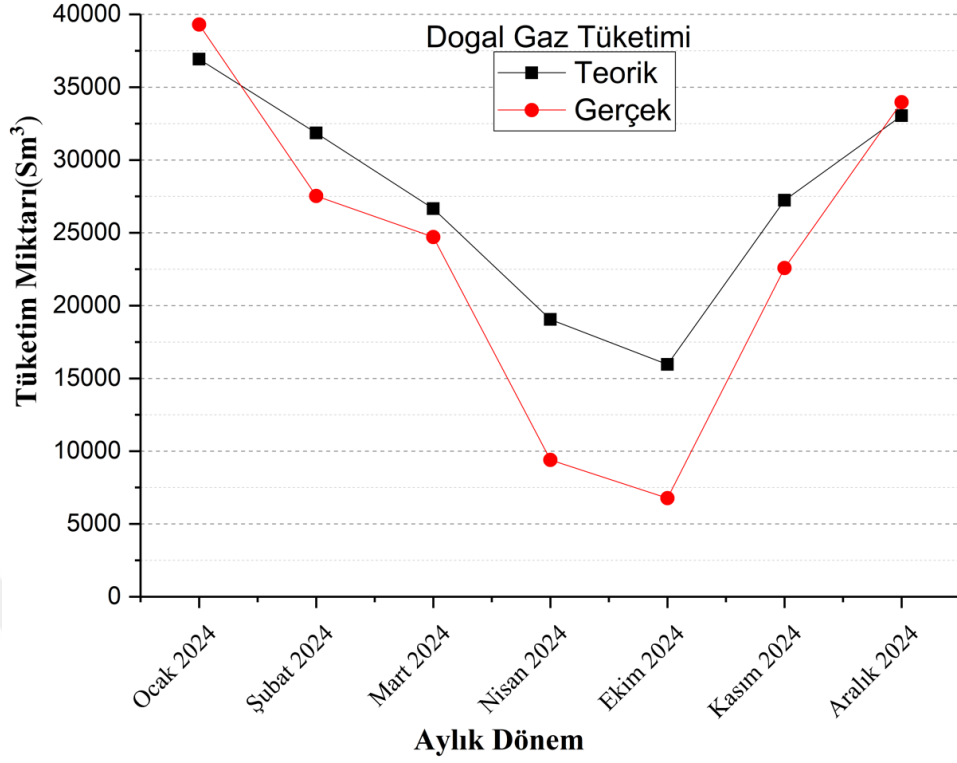


Şekil 28. 2022 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği

Şekil 29 ve 30'a bakıldığında ise, uygulama yapıldıktan sonraki 2023 ve 2024 yıllarına ait olan teorik ve gerçek tüketim verileri gösterilmiştir. Bu dönemlerde ki $\sum Fe$ değeri kabul edilebilir düzeye inmiştir. Yıkama uygulaması sonrası teorik ve gerçek doğalgaz tüketim eğrileri incelendiğinde aradaki fark büyük ölçüde kapanarak tüketim eğrilerinin birbirine yaklaştığı görülmektedir. Ortalama hava sıcaklıklarının en düşük değerlerde olduğu ocak, şubat, mart, kasım ve aralık ayları dikkate alındığında, 2021 ve 2022 yıllarında gerçekleşenin tam tersi bir şekilde bir yönelimin olduğu izlenmiştir. Yıkamanın tamamlanarak koruyucu programa geçildiği Mart 2023'den sonra, gerçek doğalgaz tüketim eğrileri teorik olarak hesaplanan doğalgaz tüketim eğrilerinin genel olarak çok yakın veya altında kaldığı görülmektedir.



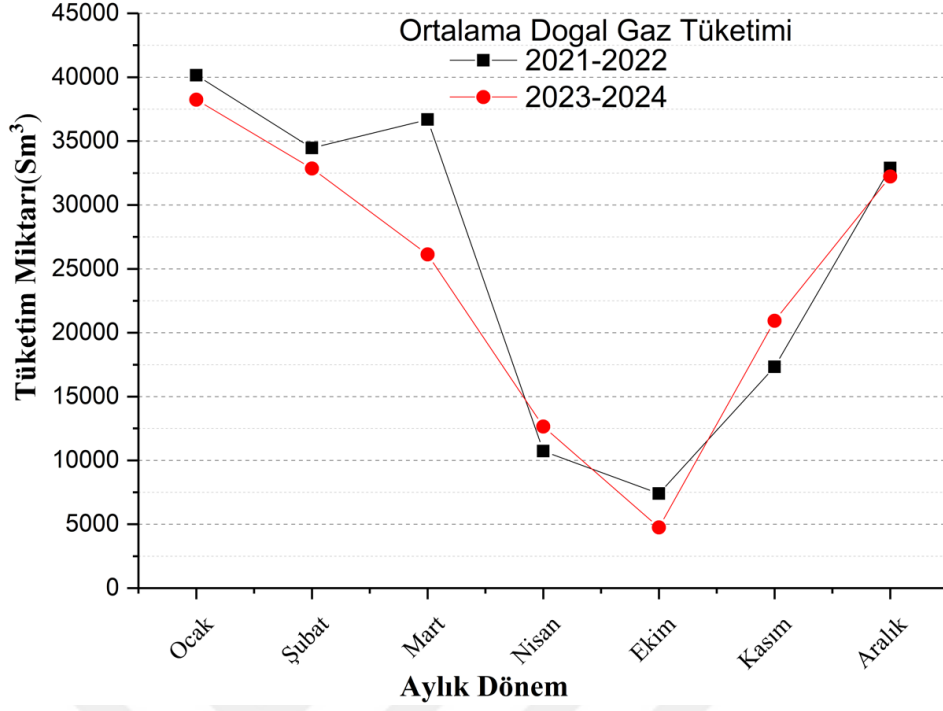
Şekil 29. 2023 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği



Şekil 30. 2024 Aylık Teorik ve Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği

Şekil 27, 28, 29 ve 30 birlikte değerlendirildiğinde aylık doğalgaz tüketim ortalamalarının diğer tüketim aylarına göre düşük olduğu nisan ve ekim aylarında gerçek doğalgaz tüketim miktarlarının, teorik olarak hesaplanan doğalgaz tüketim miktarlarından daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli sebebi, bu aylarda günlük ortalama sıcaklık değerleri, tüketimin yüksek olduğu aylara göre daha yüksek gerçekleşmektedir. Bu yüzden, özellikle hafta sonları, tatil günleri ve hafta içi gece saatlerinde kazanların hizmet dışına alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu aylarda gereksiz olduğunda kazanlar hizmet dışına alınarak fazla yakıt sarfiyatının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Şekil 31’de ise yıkama öncesi ortalama gerçek doğalgaz tüketim değerlerinin, yıkama sonrası değerlerle kıyaslandığı grafik görülmektedir. Bu grafik de operasyon önceki ve sonraki yıllara ait ortalama tüketim değerleri alınarak, işletme ile ilgili nedenlerle ortaya çıkabilecek tüketimi arttırıcı veya azaltıcı etkilerin azaltılması amaçlanmıştır. 2021 ve 2022 yılları ortalamasının yılın doğalgaz tüketimin yüksek olduğu ocak, şubat, mart, kasım ve aralık aylarında 2023 ve 2024 ortalama tüketimlerinden genel olarak yüksek olduğu, sadece kasım ayında 2021 ve 2022 yılı tüketim ortalamasının düşük kaldığı net bir biçimde görülmektedir.



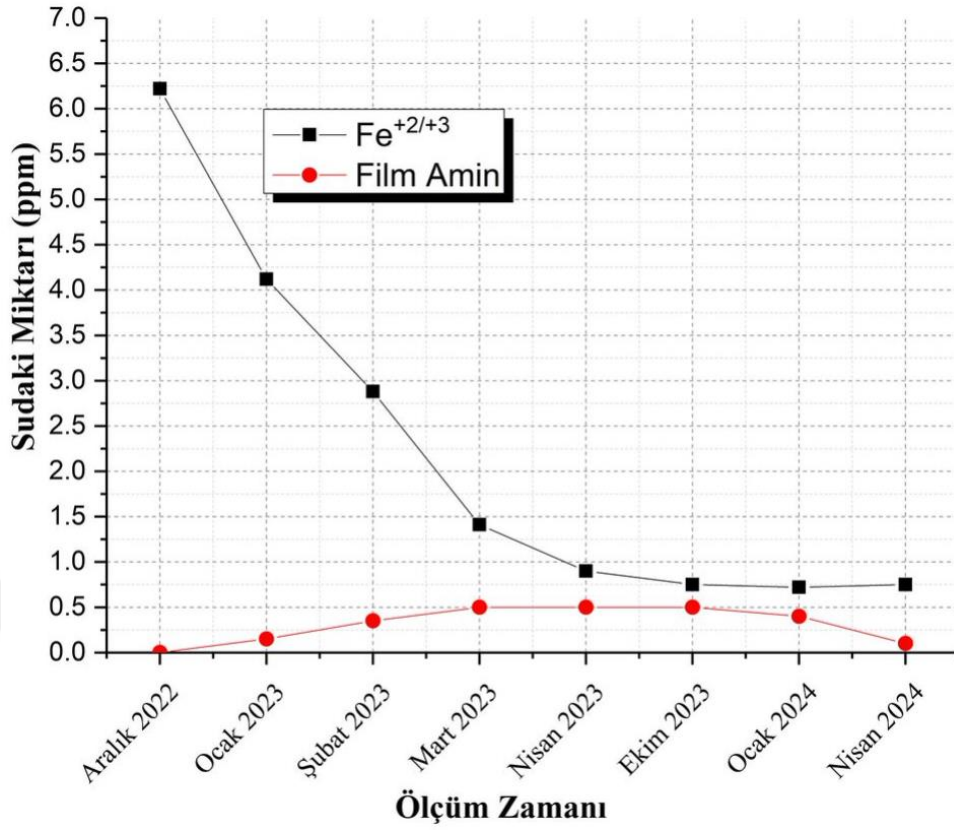
Şekil 31. 2021 ve 2022 Yılları İle 2023 ve 2024 Yıllarının Aylık Ortalama Gerçek Doğalgaz Tüketimi Grafiği

Tablo 10' da 2021 ve 2022 ile 2023 ve 2024 yıllarının aylık ortalama gerçek doğalgaz tüketim miktarları m^3 cinsinden verilmiştir. Kimyasal uygulama öncesi gerçek doğalgaz tüketimlerinin, uygulama sonrası gerçek doğalgaz tüketimleriyle kıyaslandığında, ocak, şubat, mart, ekim ve aralık ayları için azalmış olup, nisan ve kasım ayında artış yönünde bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Genel toplam farkına bakıldığında ise kimyasal yıkama uygulaması sonrası doğalgaz tüketimlerinin % 6,59 oranında azaldığı görülmektedir.

Tablo 10. 2021 ile 2022 ve 2023 ile 2024 Yılları Ortalama Gerçek Doğalgaz Tüketiminin Yüzde Oransal Farkı

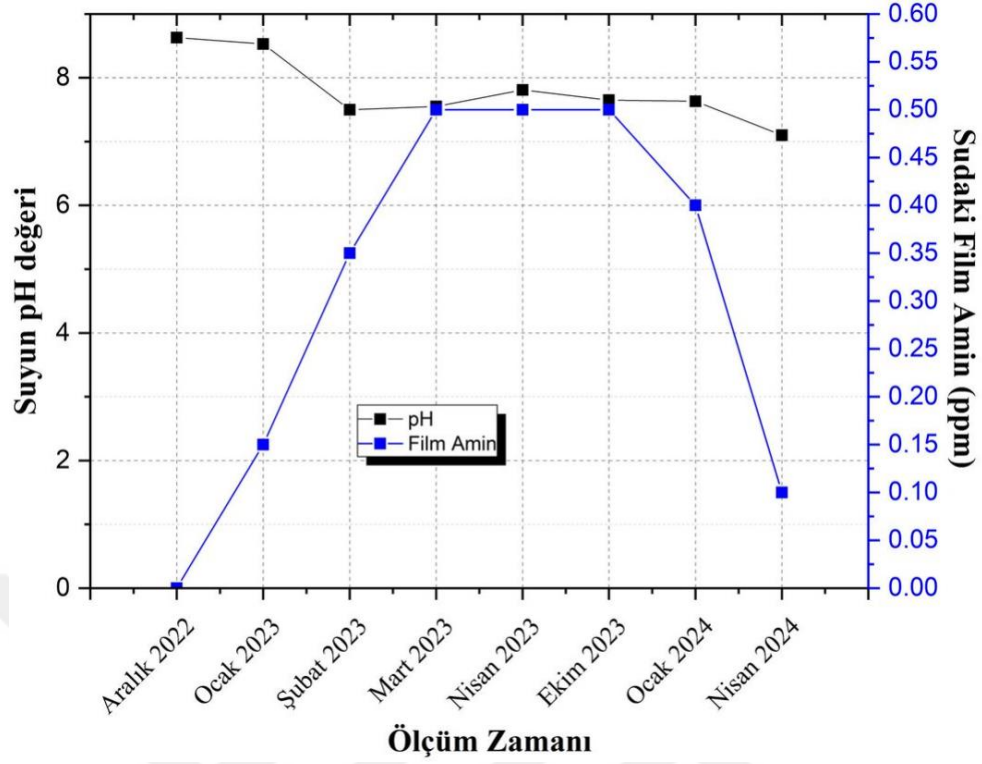
	2021 ve 2022 Gerçek Doğalgaz Ortalaması (Sm ³)	2023 ve 2024 Gerçek Doğalgaz Ortalaması (Sm ³)	Yüzdesel Fark (%)
Ocak	40.146,30	38.238,30	4,75
Şubat	34.461,00	32.854,05	4,66
Mart	36.681,30	26.131,95	28,76
Nisan	10.716,30	12.644,55	-17,99
...	...	...	...
Ekim	7.403,85	4.755,05	35,78
Kasım	17.325,90	20.940,15	-20,86
Aralık	32.890,95	32.225,00	2,02
Genel Toplam Farkı	179.625,60	167.789,06	6,59

Şekil 32 tesisat suyundaki demir oranı ile uygulanan kimyasalın dozajına bağlı olarak değişen film amin konsantrasyon miktarlarını göstermektedir. Tesisattaki suyun korozyon oranıyla ilgili kimyasal analiz sonuçlarında kirliliğin önemli bir göstergesi olarak sudaki $Fe^{+2/+3}$ oranına Aralık 2022’de 6,22 ppm seviyesindeyken Mart 2023’de limit değer olan 1 ppm in altına düştüğü görülmektedir. Koruyucu programa geçildikten sonrada film yapıcı amin kimyasalı tesisat iç yüzeylerini koruyarak korozyonun limitler içerisinde kalmasını sağladığı görülmektedir. Ocak 2024’den sonra film amin miktarında düşüş gözlemlenmiş ve bunun sonucu olarak sudaki $Fe^{+2/+3}$ değerlerinin 0,72 den 0,75 ppm e doğru artma eğilimi gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 32. Tesisat Suyundaki $\sum Fe^{+2/+3}$ Oranı İle Film Amin miktarının Zamana Göre Değişim Grafiği

Şekil 33 de ise sudaki film amin konsantrasyonunun artmasıyla suyun pH değerinin azaldığı görülmektedir. Sistemde film amin konsantrasyonu limit aralığı seviyelerinde tutulduğunda, suyun pH değerinin de kapalı devre limitleri dahilinde istenilen değerlere uygun olarak kaldığı grafikten anlaşılmaktadır.



Şekil 33. Tesisat Suyundaki Film Amin ile pH Değerinin Zamana Göre Değişim Grafiği

3.3. Maliyet Analizi

Kimyasal koruma programı uygulanmasına karar verildikten sonra sistemin su kapasitesine ve sistemde dolaşan suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yıkama ve koruyucu kimyasal, kimyasal dozajlama için pompa ünitesi, sisteme bağlantı için boru ve diğer ek parçaları, filtreleme görevi için paslanmaz çelik gövdeli bag filtre alımı yapılmıştır. Tablo 11’de alınan bu malzemelerin vergiler dahil maliyetleri verilmiştir.

Tablo 11. Kimyasal uygulama programı yatırım maliyet tablosu

Malzemeler	Toplam Fiyat (dolar)
Yıkama Kimyasalı	3.300,00 \$
Koruma Kimyasalı	1.335,00 \$
Pompa ve Bağlantı malzemeleri	375,00 \$
Bag Filtre	2.367,00 \$
Toplam Tutar	7.377,00 \$

Tablo 12’de ilk yatırım maliyetimizin, elde edeceğimiz kazançlara göre amortisman hesabı verilmiştir. Tablo 11’de, kimyasal yıkama programı kapsamında ortaya çıkan 7.377,00 \$’lık ilk yatırım maliyetinin, 2. yıl dahi dolmadan kendisini amorti edip 2024 yılı sonu itibariyle 4.323,00 \$’lık bir kazanç oluşturduğu görülmektedir. Bu kazanç değerini güncel kur üzerinden günümüz Türk Lirası değerine çevirdiğimizde 2024 yılı sonunda $4.323,00 \$ \times 36,42 \text{ TL}/\$ = 157.443,66 \text{ TL}$ gibi bir kazanç elde edildiği görülmektedir.

Tablo 12. Maliyet amortisman analizi

	İLK YATIRIM MALİYETİ	ELDE EDİLEN KAZANÇLAR						
	Toplam Maliyet Amortismanı (7.377,00 \$)	Doğalgaz Birim Fiyat(\$/m ³)	Yıllık Doğalgaz Tasarrufu (m ³)	Toplam Doğalgaz Kazancı (\$)	Yıllık Toplam Arıza Giderme süresi (Saat)	İşçilik Birim Fiyat (4,78 \$/saat)	Toplam işçilik kazancı (\$)	Yıllık Kazanç Toplamı (\$/yıl)
2023	1.527,00	0,43	12.000,00	5160	144	4,79	690	5850
2024	-4.323,00	0,43	12.000,00	5160	144	4,79	690	5850

4. SONUÇLAR

Korozyon, malzemelerin içinde bulunduğu ortam ile kimyasal ve elektro-kimyasal reaksiyona girerek fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin değişime uğraması olup yavaş ilerleyen bir reaksiyondur. Bu nedenle de etkilerinin geç fark edilmesi ve sistemin bir parçası ya da bütününe deforme olduktan sonra farkına varılması olayına çok sık rastlanır. Bu programın gerçekleştirildiği binada, demir boru tesisatlarında lokal delinme veya derin yırtıklar, fancoil serpantinlerinde sivri demir çapaklarından kaynaklı delinmeler oldukça sık aralıklarla gerçekleşmektedir. Yüksek korozyona maruz kalan kapalı tesisat sisteminde doğru yöntemlerle uygulanan kimyasal yıkama ve sonrasındaki izleme programında, planlanana uygun sonuçlar içeren bulgular elde edilmiştir. Yıkama, durulama ve koruma programının uygulandığı ısıtma tesisat sistemi içerisinde dolaşım suyunun, pH, demir (Fe) miktarı ve film amin oranı dışındaki değerlerde anlamlı bir değişim olmamıştır.

Yıkama öncesi gerçek doğalgaz tüketimleriyle karşılaştırıldığında, yıkama sonrası gerçek tüketim değerlerinin daha düşük olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Sistemdeki korozyonun çok açık bir göstergesi olan ΣFe değerinin hızla düşmeye başladığı gözlemlenmiştir. Yıkama uygulamasına geçilmeden önceki analizlerde bu oran 6,22 ppm seviyelerinde iken Mart 2023 sonu itibarıyla kabul edilebilir sınır değer olan 1 ppm altına düşmüştür.

Yapılan bu çalışma genel olarak değerlendirilmiş, işletme personeli ile birlikte analiz edilmiştir. Tesisat ömrüne, özellikle doğalgaz tüketimiyle orantılı olarak enerji verimliliğine olan etkisi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

➤ Tesisat Ömrüne Etkisi;

Korozyon ve Tortu Birikiminin Önlenmesi: Kimyasal yıkama, boru hatlarında biriken demir, kireç, tortu, pas ve diğer yabancı maddelerin temizlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu maddeler, borularda tıkanmalara ve korozyona neden olmaktadır. Kimyasal yıkama sayesinde bu birikintiler temizlenir, bu da tesisatın genel sağlığını koruyarak kullanım ömrünü uzatmakta ve önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Tıkanma ve Daralma Riskini Azaltma: Boru çaplarının tortu nedeniyle daralması, tesisatın verimli çalışmasını engelleyebilmektedir. Kimyasal yıkama, bu daralmaların önüne geçerek sistemin daha uzun süre optimal performans göstermesini sağlamıştır.

Bakım Maliyetlerinin Azaltılması: Kimyasal yıkama sayesinde tesisatın daha az arızalanması ve daha uzun süre sorunsuz çalışması, bakım ve onarım maliyetlerini önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür.

➤ Enerji Verimliliğine Etkisi

Isı Transferini İyileştirme: Boru hatlarında ve eşanjör plakaları, kazan, fancoil serpantinleri gibi cihaz yüzeylerinde biriken tortular, ısının verimli bir şekilde aktarılmasını engellemektedir. Bu durum, daha fazla enerji harcanmasına ve verimsiz bir ısınmaya yol açmaktadır. Bunun yanı sıra borulardaki daralma yerel ve sürekli kayıpları arttırdığı için pompanın basma yükü dolayısıyla enerji tüketimini artırmaktadır. Yapılan kimyasal yıkama, duruma ve koruma işlemiyle ısı transfer yüzeylerini temizleyerek sistemin enerji verimliliğini önemli ölçüde arttırmıştır.

Pompa ve Isıtıcı Yükünü Azaltma: Temiz borular, suyun daha rahat dolaşmasını ve ısının daha etkin yayılımını sağlamaktadır. Bu da pompaların ve ısıtıcıların daha az enerji harcayarak çalışmasını mümkün kılmaktadır. Böylece enerji tüketimi azalır ve sistemin verimliliği artmaktadır.

Sonuç olarak, yıkama, durulama ve koruma uygulamalarının ısıtma tesisatı sistemlerinin bakımında önemli bir rol oynadığı, enerji tasarrufu sağladığı ve sistemlerin genel performansını iyileştirdiği anlaşılmıştır. Tez kapsamında yapılan analizler ve deneysel veriler, bu yöntemlerin sistem ömrünü artırdığı ve enerji verimliliğini optimize ettiği yönündeki bulguları desteklemektedir.

5. ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmiş olduğu 25 katlı bir binanın ısıtma tesisatının sağlığının korunabilmesi ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için yapılması gereken korozyon etkiyi makul düzeye indirebilmek ve o düzeyde tutabilmek en önemli önceliktir. Bunu yapabilmek için öncelikle kimyasal yıkama, sonrasında kimyasal koruma ve ısıtma tesisat sisteminin sürekli olarak izleme programına ara verilmeden sürdürülmesi olduğu kanaatine varılmıştır. Kimyasal yıkama ile koruma ve izleme programları korozyonla mücadelede ayrılmaz iki yöntemdir. Isıtma sistemlerinin tesisatının kurulmasından daha önemli olan onun uzun ömürlü ve en iyi verimde çalışabilmesi için çalışan teknik servis elemanlarına konu hakkında özel bilgilendirme ve eğitim verilmesi gerekmektedir. İzleme programı işletme personeli tarafından kolay anlaşılır ve takip edilebilir açıklikte planlanmalıdır. İzleme programında kullanılan ölçüm cihazlarının kalibrasyonları düzenli olarak yapılmalıdır. Ayrıca ısıtma mevsimi dışındaki zaman dilimlerinde, devrelerin sirkülasyon pompalarının çalışmadığı dönemler olmaktadır. Bu dönemlerde de izleme programı devam ettirilmelidir.

Bununla birlikte tesisatta filtre temizliğine gerekli önem verilmeli, ekipman ve cihaz bakımları düzenli olarak mutlaka yapılmalıdır. Enerji verimliliği açısından, sistemlerin ekonomik ömürlerinin uzun olması ile birlikte işletmenin verimli ve etkin bir şekilde sürdürülebilirliği için bu temizlik ve bakımlar oldukça önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad, Z. (2006). Principles of corrosion Engineering and corrosion control. Butterworth-Heinemann, 1-8.
- Akpınar, E.K. & Hepbaslı, A. (2007). A comparative study on exergetic assessment of two ground-source (geothermal) heat pump systems for residential applications”, Building and Environment, 42, 2004-2013.
- Alhamid, M. I., Bismo, S., Nainggolan, F. &Yatim, A. (2019). Analysis Of The Effectiveness Of Ozonation On Corrosion And Bacteria On Closed System Cooling Towers. AIP Conference Proceedings, 2062.
- Anastaselos, D., Oxizidis S., Manoudis, A. & Papadopoulos, A.M. (2016). Environmental performance of energy systems of residential buildings: towards sustainable communities. Sustainable Cities and Society, 20, 96-108.
- The American Society of Mechanical Engineers (2014). Fired Steam Generators. ASME PTC 4-2013, 66-95.
- Baboo, P. (2020). Boilers and Steam Lines Chemical Cleaning. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 9, 30-39.
- Bordoloi, I. (2017). Inhibition of carbon steel corrosion in closed-loop-water heating/cooling systems using sodium caprylate as an environmentally-friendly corrosion inhibitor. McGill University, Department of Chemical Engineering, Master of Engineering, Montreal.
- Brinkworth, B.J. (2001). Solar DHW system performance correlation revisited. Solar Energy, 71, 377-387.
- Bütün, B.O. (2023). Merkezi Isıtma Sistemlerinde Korozyon Oluşumunun İncelenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Colombo, A., Oldani, L. & Trasatti, S.P. (2018). Corrosion failure analysis of galvanized steel pipes in a closed water cooling system. Engineering Failure Analysis, 84, 46–58.
- Demirpolat, H. & Demirpolat, S.O. (2019). Kirlilik Direncinin Bireysel Isıtma Sistemlerine Etkisi. 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Dinçer, İ. & Aburayash, A.brahim. (2020). Energy Sustainability. Energy systems, 59–92.
- Duman, Altan A. & Sağbaş, A. (2020). Türkiye’nin Enerji Verimliliği Ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum Ve Gelecek Projeksiyonu. Verimlilik Dergisi 1, 10-11.
- Farh, H.M.H., Seghier, M.A.B. & Zayed, T. (2023). A Comprehensive Review Of Corrosion Protection And Control Techniques For Metallic Pipelines. Engineering Failure Analysis, 143.

- Generowicz, N., Makara, A., Kowalski, Z. & Kulczycka, J. (2023). Removing Scale Deposits from Heating Systems. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32, 5433-5445.
- Groysman, A. (2017). *Corrosion Problems and Solutions in Oil Refining and Petrochemical Industry*. Berlin/Germany:Springer Science, Business Media.
- Hartwick, D. (2001). Water Treatment In Closed System. *ASHRAE Journal*, 30-40.
- Jones, D.R.H. (1997). Corrosion of central heating systems. *Engineering Failure Analysis*, 4(3), 179-194.
- Boehle, L., Callioni, F., Howarth, N., Isik, M., Lachmann, S., Miller, J., Businge C.N. & Voswinkel, F. (2024). *Enerji Verimliliği Raporu*. Uluslararası Enerji Ajansı(IEA), 9-11.
- Karmann, C., Schiavon, S. & Bauman, F. (2017). Thermal comfort in buildings using radiant vs. all-air systems: a critical literature review. *Building and Environment*, 111 123-131.
- Kıncay, O., Ağustos, H., Akbulut, U. & Kürekçi, A. (2008). Kapalı Devre Mekanik Tesisatlarda Korozyon -1. *Tesisat Dergisi*, 152, 48-56.
- Kıncay, O., Ağustos, H., Akbulut, U. & Kürekçi, A. (2008). Kapalı Devre Mekanik Tesisatlarda Korozyon ve Bir Yapıda İncelenmesi -2. *Enerji Teknolojileri ve Mekanik Tesisat Dergisi*, 153, 52-60.
- Li, Y. & Ren, S. (2011). *Building decorative Materials*. Beijing/China:Science Press.
- Li, Z., Zhu, Z., Wang, J., Wang, M., Hou, T., Li, Q. & Yu, P. (2023). Optimization And Understanding Of Corrosion Inhibitors For Cooling Water System. *Anti-Corrosion Methods and Materials*, 70, 259-267.
- Liu, N., Liu, X., Wang, L., Zhu, X. & Gu, Q. (2023). Circulating Cooling Water Treatment Of Thermal Power Plant Based On Microbial Treatment Process. *Desalination and Water Treatment*, 289, 62-72.
- Liu, Q., Li, N., Duan, J., Song, M. & Shi, F.(2024). Enhancing Corrosion Resistance And Heat Transfer Performance Of Fin-Tube Heat Exchangers For Closed Type Heat-Source Towers By Superhydrophobic Coatings. *Journal of Building Engineering*, 96.
- Lucia, U., Simonetti, M., Chiesa, G. & Grisolia, G. (2017). Ground-source pump system for heating and cooling: review and thermodynamic approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,70, 867-874.
- Martinopoulos, G., Papakostas, K.T. & Papadopoulos, A.M. (2018). A comparative review of heating systems in EU countries, based on efficiency and fuel cost. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 687-699.
- Mermer, M. (2009). *Açık Devre Mekanik Tesisatlarda Korozyon Oluşumu Ve Kontrolü*. Y.T.E., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Munn, P. (August 2019). Corrosion In Closed Heating And Chilled Water Systems. Waterline.
- Nussupbekov, B.R., Sakipova, S.E., Ospanova, D.A., Kutum, B.B., Shaimerdenova, K.M. & Bekturganov, Zh.S. (2022). Some Technological Aspects Of Cleaning Pipes Of Heat Exchangers From Solid Scale Deposits. Bulletin of the Karaganda University, Physics Series, 108(4), 106-114.
- Omer, A.M. (2008). Ground-source heat pumps systems and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 344-371.
- Opel, O., Wiegand, M., Neumann, K., Zargari, M. & Plessner, S. (2018). Corrosion in Heating and Cooling Water Circuits - A Field Study. Energy Procedia, 155, 359-366.
- Öztop, M. (2009). Kapalı Devre Buhar Tesisatlarında Korozyon Oluşumu ve Kontrolü. Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Papadopoulos, A.M., Oxizidis, S. & Papandritsas, G. (2008). Energy, economic and environmental performance of heating systems used in Greek buildings. Energy and Buildings, 40, 224-230.
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W. & Kropp, J.P. (2017). A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions. Earth's Future, 5, 1169-1179.
- Souza, E.(2024, Nisan 25). Arch Daily: https://www.archdaily.com/915546/learn-how-to-avoid-the-main-sources-of-energy-loss-in-your-home?ad_medium=gallery adresinden alınmıştır.
- T.S.K.B.(2020).Enerji görünümü 2020 Raporu. İstanbul: TSKB Enerji Çalışma Grubu, 32, 34.
- Tsililingiridis, G., Martinopoulos, G. & Kyriakis, N. (2004). Environmental performance of thermosyphonic domestic solar hot water systems under different climatic conditions: a case study for Greece. Global Nest Journal, 6(3), 183-195.
- Tsililingiridis, G., Martinopoulos, G. & Kyriakis, N. (2004). Life cycle environmental impact of a thermosyphonic domestic solar hot water system in comparison with electrical and gas water heating. Renewable Energy, 29, 1277-1288.
- Unified Facilities Criteria (UFC) (2023). Industrial Water Treatment Operation and Maintenance. US Army Corps of Engineers UFC 3-230-13.
- URL-1. (2024, Nisan 25). Elektrik Rehberiniz: <https://www.elektrikrehberiniz.com/enerji/binalarda-enerji-verimlilik-22641/> adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2024, Nisan 25). TÜİK Haber Bülteni: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Nihai-Enerji-Tuketim-Istatistikleri2022-53805#:~:text=Hanelerde%20en%20çok%20tüketilen%20enerji,%255%2C4%20olarak%20gerçekleşti> adresinden alınmıştır.

- URL-3. (2024 Aralık 29). EnerData:<https://yearbook.enerdata.net/totalenergy/world-consumption-statistics.html> adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2024, Nisan 25).Nearby Engineers:<https://www.ny-engineers.com/blog/how-mechanical-engineers-describe-the-different-types-of-heating-systems> adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2024, Temmuz 8). Natural Resources Canada: <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/energy-efficiency-for-industry/canadian-industry-program-energy-conservation-cipec/become-cipec-leader/boiler-system-energy-losses/5431#radiation> adresinden alınmıştır.
- URL-6. (2024, Ağustos 2). WMS Environmental Reliance in Compliance:<https://watermanagementservices.co.uk/chemical-cleaning-flushing-and-dosing/> adresinden alınmıştır.
- URL-7. (2024, Ağustos 2). Aksem Kimya:<https://aksemkimya.com.tr/kimyasal-susartlandirma/kapali-devre.html> adresinden alınmıştır.
- URL-8. (2024, Temmuz 8). Sg Kimya: https://sgkimya.com.tr/?page_id=877 adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2024, Temmuz 8). Hydrosafe-Aksem Kimya, Eğitim ve Seminer Notları: <https://slideplayer.biz.tr/slide/13921196/> adresinden alınmıştır.
- URL-10. (2024, Temmuz 8). Weather Spark: <https://tr.weatherspark.com/h/y/97345/2021/2021-y%C4%B1%C4%B1-i%C3%A7in-Ankara-T%C3%BCrkiye-Tarihi-Hava-Durumu#Figures-Temperature> adresinden alınmıştır.
- URL-11. (2024, Temmuz 8). Kurita: <https://www.kurita.eu/tr/bize-ulasin/> adresinden alınmıştır.
- URL-12. (2024, Aralık 8). World Economic Forum: <https://www.weforum.org/stories/2021/02/why-the-buildings-of-the-future-are-key-to-an-efficient-energy-ecosystem/> adresinden alınmıştır.
- URL-13. (2024, Aralık 8). Strateji ve Bütçe Başkanlığı: https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf adresinden alınmıştır.
- URL-14. (2024, Aralık 28). United Nations: <https://sdgs.un.org/goals> adresinden alınmıştır.
- URL-15. IEA (2024, Aralık 28). Uluslararası Enerji Ajansı: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf> adresinden alınmıştır.
- URL-16. (2024, Aralık 29). Appliance Standards Awareness Project: <https://appliance-standards.org/product/commercial-boilers> adresinden alınmıştır.
- URL-17. (2024, Aralık 30). <https://www.alfalaval.com.tr/endustriler/hvac/hvac/gunes-enerjisi-sistemi/> adresinden alınmıştır.

- Yao, J. & Zhu, N. (2011). Enhanced supervision strategies for effective reduction of building energy consumption - A case study of Ningbo. *Energy and Buildings*, 43, 2197-2202.
- Yee, J. C., Kee, K. E., Hassan, S., Nor, M. Faizairi M. & Ismail, M. C. (2019). Corrosion Inhibition of Molybdate and Nitrite For Carbon Steel Corrosion in Process Cooling Water. *Journal Of Engineering Science And Technology*, 14, 2431-2444.
- Yürük, M. (2022). Bireysel Isıtma Sistemlerinde Tesisat Temizliğinin Termal Konfor Ve Yakıt Tasarrufu Analizinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Ocak, Ankara.
- Zmeureanu, R. & Wu, XY. (2007). Energy and exergy performance of residential heating systems with separate mechanical ventilation. *Energy*, 32, 187-195.



7. EKLER

EK – 1 : Ferrolin 8634 Kimyasalının Güvenlik Bilgi Formu (1 sayfa)

EK – 2 : Ferrolin 8634 Kimyasalının Teknik Bilgi Formu (1 sayfa)

EK – 3 : Cetamine F 365 Kimyasalının Güvenlik Bilgi Formu (1 sayfa)

EK – 4 : Cetamine F 365 Kimyasalının Teknik Bilgi Formu (1 sayfa)

EK – 5 : Seyhancam Tic. Ltd. Şti.'ne Ait Cam Teknik Bilgi Formu (1 sayfa)

EK – 6 : TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları (16 sayfa)

EK – 7 : De Dietrich GTE 520 Kazan Teknik Bilgi Formu (1 sayfa)





Güvenlik Bilgi Formu

uyarınca R.G. 13/12/2014 - 29204

Ferrolin 8634

ürün numarası: 48957

Revizyon No.: Vers. 2.0

Hazırlama Tarihi: (İlk versiyon) 24.01.2017
24.01.2017

BÖLÜM 1: Maddenin/karışımın ve şirketin/dağıtıcının kimliği

1.1 Madde/karışımın kimliği

Ticari isim Ferrolin 8634
Ürün numarası 48957

1.2 Madde veya karışımın belirlenmiş kullanımları ve tavsiye edilmeyen kullanımları

İlgili belirlenmiş kullanımlar Water treatment chemicals
Klima maddesi

BÖLÜM 2: Zararlılık tanımlanması

2.1 Madde veya karışımın sınıflandırması

Sınıflandırma: T.C 28848

ciddi göz hasarı/göz tahrişi 1 Göz Hsr. 1 H318
belirli hedef organ toksisitesi - tekrarlı maruz kalma 2 BHOT Tekrar.Mrz. 2 H373

Kısaltmaların tam metni için: Bakınız BÖLÜM 16.

En önemli olumsuz fiziko-kimyasal, insan sağlığı ve çevresel etkiler

Kısa veya uzun süreli maruz kalma sonrası gecikmeli veya hemen ortaya çıkan etkiler beklenebilir.

2.2 Etiket unsurları

Etiketleme: T.C 28848

Uyarı kelimesi tehlike

İşaretler

GHS05, GHS08



Zararlılık ifadeleri

H318 Ciddi göz hasarına yol açar.
H373 Uzun süreli veya tekrarlı maruz kalma sonucu organlarda hasara yol açabilir.

Önlem ifadeleri

P260 Sisini/buharını/spreyini solumayın.
P280 Koruyucu eldiven/koruyucu kıyafet/göz koruyucu/yüz koruyucu kullanın.
P305+P351+P338 GÖZ İLE TEMASI HALİNDE: Su ile birkaç dakika dikkatlice durulayın. Takılı ve yapması kolaysa, kontak lensleri çıkartın. Durulamaya devam edin.
P310 Hemen ULUSAL ZEHİR DANIŞMA MERKEZİNİN 114 NOLU TELEFONUNU veya doktoru/... arayın.

2.3 Diğer zararlar

PBT ve vPvB değerlendirilmesinin sonuçları

Bu karışım, bir PBT veya bir vPvB olarak değerlendirilen herhangi bir madde içermemektedir.

BÖLÜM 3: Bileşim/İçindekiler hakkında bilgi

3.1 Maddeler

İlgili olmayan (karışım)

3.2 Karışımlar

Tehlikeli içerikler

Maddenin adı	Tanımlayıcı	Ağ. (%)	GHS uyarınca sınıflandırma	M faktörleri
tetrasodyum etilen diamin tetraasetat	CAS-No 64-02-8	10 - < 25	Akut Tok. 4 / H302 Göz Hsr. 1 / H318	
1-Hidroksietan-1,1-difosfonik asit	CAS-No 2809-21-4	1 - < 5	Met. Ağnd 1 / H290 Akut Tok. 4 / H302 CiltAğnd 1C / H314 Göz Hsr. 1 / H318	

Ferrolin® 8634

Çalışan Su Devreleri için Tortu ve Çamur Temizleyici

Temel Uygulamalar:

Ferrolin® 8634 mineral tabakalarla kirlenen soğutma devreleri, kapalı ısıtma sistemleri, ve kazanlar için tortu ve çamur temizleyici bir üründür.

Genel Tanım:

Ferrolin® 8634 sequestrant, dispersant ve organik polimer karışımı sıvı bir üründür. Ürün içeriğindeki bütün aktifler FDA onaylıdır.

Fiziksel ve Kimyasal Özellikler:

Görünüm: Berrak, renksiz sıvı.
pH (%1): 10.20± 0.50
Yoğunluk (20°C): 1.095 ± 0.095 g/cm³

Dozaj ve Uygulama:

Ferrolin® 8634 şartlandırılacak devre suyunda çözelti şeklinde kullanılır. Ürün konsantrasyonu ve uygulama süresi, tortu miktarı, balçık türü, çalışma sıcaklığı ve süre gibi farklı etkenlere bağlıdır.

Konsantrasyon:
Devrenin kirliliğine bağlı olarak % 0.2 – 2 arası ürün konsantrasyonu tavsiye edilmektedir.

Uygulama süresi:
Sıcaklığa ve devrenin kirliliğine bağlıdır. Genellikle bir hafta ile üç ay arası çalışma tavsiye edilmektedir.

Temizlik süresince, sistemdeki kirliliğin bertaraf edilmesi için düzenli olarak blöf yapılması gerekmektedir. Besi suyuna aynı

konsantrasyonda yeni ürün eklenmelidir.

Temizliğin sonunda, eğer gerekiyorsa, su içindeki kirliliğin yeniden çöküp depozit oluşturmamasını engellemek için, devrenin hızlı bir şekilde boşaltılması tavsiye edilmektedir.

Avantajlar:

Kullanım sırasında tesisin durdurulması gerekli değildir. Kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat, kalsiyum sülfat ve demir oksitler üzerinde etkilidir. Talimatlara uygun kullanıldığında korozyon riski yoktur. Kullanımdan sonra nötralizasyon ve pasivasyon gerekmez. Ürün zehirli değildir. Ürün asidik değildir.

Atık şartlandırması:

Ferrolin® 8634 atıkları yerel yönetmeliklere göre şartlandırılmalıdır.

Analiz:

Ferrolin® 8634 miktarı PO_4^{3-} konsantrasyonundan hesaplanabilir. Besi suyundaki PO_4^{3-} konsantrasyonu hesaba katılmalıdır. Toplam PO_4^{3-} miktarının tam olarak bulunabilmesi ancak fosfonik asidin oksidatif parçalanmasıyla mümkündür.

Analiz metodu:

BKG analiz metodu A2-Organik fosfat
1 g/m³ Ferrolin® 8634 = 0.015 g/m³ PO_4^{3-}

Depolama ve Kullanım Önlemleri:

Ferrolin® 8634 0 – 35 °C arasında depolanmalıdır. Ferrolin® 8634 kapalı kapta iki yıl dayanır. Bilgi için lütfen ürün güvenlik bilgi formuna bakınız.

Güvenlik bilgi formu

13 Aralık 2014 tarihli, 29204 sayılı, "T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Zararlı Maddeler Ve Karışımlara İlişkin Güvenlik Bilgi Formları Hakkında Yönetmelik" hükümlerine uygun düzenlenmiştir.

Baskı tarihi: 07.09.2015

Versiyon No 1

Yeniden düzenleme tarihi: 07.09.2015

Bölüm 1: Maddenin/karışımın ve şirketin/dağıtıcının kimliği

1.1 Madde/Karışım kimliği

Ticari adı: **Cetamine F 365****Ürün kodu 48027**

Ürün kodu 48027

1.2 Madde veya karışımın belirlenmiş kullanımları ve tavsiye edilmeyen kullanımları

Daha başka önemli bilgi mevcut değildir.

Ürünün Kullanım Yeri

Kimyasal ürünün uygulama metodu katkı maddesi

Su işlemcisi

Su şartlandırma maddesi

Bölüm 2: Zararlılık tanımlanması

2.1 Madde veya karışımın sınıflandırılması

Düzenlemeye göre sınıflandırma (EC) No 1272/2008

Skin Corr. 1B H314 Ciddi cilt yanıklarına ve göz hasarına yol açar.

Eye Dam. 1 H318 Ciddi göz hasarına yol açar.

STOT RE 2 H373 Uzun süreli veya tekrarlı maruz kalma sonucu organlarda hasara yol açabilir.

Aquatic Acute 1 H400 Sucul ortamda çok toksiktir.

Aquatic Chronic 2 H411 Sucul ortamda uzun süre kalıcı, toksik etki.

2.2 Etiket unsurları

Yönetmelik (EC) No 1272/2008'e göre etiketleme Ürün SEA yönetmeliğine göre sınıflandırılmış ve etiketlenmiştir.

Zararlılık işaretleri



GHS05

GHS08

GHS09

Uyarı Kelimesi Tehlike

Etiketlendirme için tehlikeyi belirleyici bileşenler:

(Z)-N-9-oktadesenilpropan – 1,3- diamin

Zararlılık ifadesi

H314 Ciddi cilt yanıklarına ve göz hasarına yol açar.

H373 Uzun süreli veya tekrarlı maruz kalma sonucu organlarda hasara yol açabilir.

H410 Sucul ortamda uzun süre kalıcı, çok toksik etki.

(Devamı sayfa 2 'da)

(Sayfa 1 'nin devamı)

Önlem ifadesi

P260 Sisini/buharını/spreyini solumayın.

P273 Çevreye verilmesinden kaçının.

P280 Koruyucu eldiven/koruyucu kıyafet/göz koruyucu/yüz koruyucu kullanın.

P303+P361+P353 CİLDE (veya saçta) TEMAS EDERSE: Bulaşmış bütün giysileri derhal çıkarın. Cildi suyla çalkalayın/

duş alın.

P305+P351+P338 GÖZ İLE TEMASI HALİNDE: Su ile birkaç dakika dikkatlice durulayın. Takılı ve yapması kolaysa,

kontakt lensleri çıkartın. Durulamaya devam edin.

P310 Hemen ULUSAL ZEHİR DANIŞMA MERKEZİNİN 114 NOLU TELEFONUNU/doktoru arayın.

P304+P340 SOLUNURSA: Kişiyi açık havaya çıkarın ve nefes alması için rahat tutun.

P301+P330+P331 YUTULDUĞUNDA: Ağızınızı çalkalayın. İstifra etmeye ÇALIŞMAYIN.

Bölüm 3: Bileşimi/içindekiler hakkında bilgi

3.2 Karışımlar

Tarifi: Sulu amin çözeltisi.

İhtiva ettiği tehlikeli maddeler:

CAS: 7173-62-8 (Z)-N-9-oktadesenilpropan – 1,3- diamin %2,5- <10

EINECS: 230-528-9 STOT RE 1, H372; Skin Corr. 1A, H314; Aquatic Acute 1, H400 (M=10);

Reg.nr.: 01-2119487002-46-xxxx Aquatic Chronic 1, H410 (M=1); Acute Tox. 4, H302

CAS: 61791-26-2 amin, doymuş alkil, 11-EO

NLP: 500-153-8 Eye Dam. 1, H318; Aquatic Acute 1, H400; Acute Tox. 4, H302; Skin Irrit. 2,

CAS: 61790-33-8 Tallow amine

EINECS: 263-125-1 STOT RE 2, H373; Asp. Tox. 1, H304; Skin Corr. 1B, H314; Aquatic Acute

AT - numarası: 612-286-00-X 1, H400 (M=10); Aquatic Chronic 1, H410 (M=10); Acute Tox. 4, H302

ek uyarılar: belirtilmiş olan tehlike işaretlerinin metnini Bölüm 16'dan alınız



ÜRÜN BİLGİSİ

Cetamine® F 365

Alüminyum İçeren Sıcak ve Soğuk Su Kapalı Devreler İçin Organik, Hepsi Bir Arada Ürün

Temel Uygulamalar:

Cetamine® F 365 sıcak su sistemleri, kapalı soğutma sistemleri ve çiller suyu sistemlerinde koruyucu film tabakası oluşturarak kireçlenme ve korozyonu önleyen organik bir üründür. Cetamine® F 365 içeriğindeki poliaminler çözülmüş oksijenle metal yüzeyi (bakır ve çelik) arasında bariyer oluşturan ve oksijen korozyonunu durduran su geçirmez koruyucu bir film tabakası yaratır. Cetamine® F 365 içindeki film yapıcı aminler kalsiyum karbonat kristallerinin yapısını bozarak yumuşak ve yüzeylere yapışmayan bir formda kalmasını sağlar.

Genel Tanım:

Cetamine® F 365 film yapıcı amin ve özel bakır inhibitörü içeren sıvı bir üründür.

Fiziksel Özellikler:

Görünüm: Beyaz-sarımtırak, bulanık sıvı
pH (% 1'lik): 8.7 ± 0.5
Yoğunluk (20°C): $0.99 \pm 0.03 \text{ g/cm}^3$

İşleyiş Şekli:

Poliamin, metal yüzeye nüfuz edip, yüzey ile su arasında sürekli bariyer oluşturan bir film tabakasının oluşmasını sağlar. Bakır malzemenin korunması için ekstra özel bakır inhibitörü içerir. Film yapıcı aminlerle nötralize edici aminlerin birlikte kullanılması eksiksiz bir şartlandırma sağlar. Nötralize edici aminler karbondioksit ile reaksiyona girer ve pH değerinin kabul edilebilir düzeye yükselmesine yardımcı olarak film yapıcı aminlerin verimini artırır. Ayrıca film yapıcı aminler kalsiyum karbonatın kristal yapısını değiştirir. Yapısı değişen kristaller metal yüzeyine tutunamaz.

Dozajı:

Genel olarak dozaj ortalama 1 l/m^3 'tür. Dozaj konsantrasyon sayısı, klor miktarı, yarı ömür gibi pek çok faktöre bağlıdır ve tercihen bir KURITA temsilcisinden yardım alınmalıdır.

Uygulama:

İlk kullanım için, Cetamine® F 365 doğrudan devreye enjekte edilmelidir. Besi suyu miktarına göre düzenlenen otomatik dozaj sistemi ile şartlandırma yapılabilir. Tüm dozaj ekipmanlarında, teflon diyafram, o-ring ve çek valf, PE ve PP emiş ve deşarj boruları tavsiye edilmekte, Viton malzeme dozaj için kullanılmamalıdır. Cetamine® F 365 seyreltilmeden kullanılmalıdır. Cetamine® F 365 sadece endüstriyel amaçlı bir üründür.

Analiz:

Cetamine® F 365 miktarı film yapıcı amin konsantrasyonundan KURITA Analiz metodu A17 veya Rose Bengal metodu ile saptanabilir. Bulunması gereken minimum serbest poliamin miktarı bir KURITA temsilcisi yardımı ile belirlenmelidir. Cetamine® F 365'in uygun dozajı ayrıca pH ölçümüyle de kontrol edilmelidir.

Performans Değerleri									
Isıcam Sistemleri			Cam Kombinasyonu	Gün Işığı (EN 410)		Güneş Enerjisi (EN 410)		Isı geçirgenlik Katsayısı (U değeri) W/m ² K (EN 673)	
				Geçirgenlik %	Dışa Yansıtma %	Toplam Geçirgenlik %	Gölgeleme Katsayısı	Hava	Argon
		Standart Çift Cam	4+12+4	80	14	75	0,86	2,9	2,7
			4+16+4					2,7	2,6
	ISI KAYBINI 50% AZALTIR	S	4+12+4	79	12	56	0,64	1,6	1,3
			4+16+4					1,3	1,1
GÜNEŞ İSİSİ GİRİŞİ 40% AZALTIR	ISI KAYBINI 50% AZALTIR	K	4+12+4	71	10	44	0,51	1,6	1,3
			4+16+4					1,3	1,1

TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standardı'nda yeni binalar için tavsiye edilen $U_p = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerine (pencerelerin cam+doğrama, ısı geçirgenlik katsayısı), Isıcam S ve Isıcam K ile ulaşılabilir.



2.1.4 Yüzeysel ısı iletim direnci (taşınım)

Yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısı iletim direnç değerleri için, Çizelge 1'de verilen R_i ve R_e değerleri kullanılmalıdır.

Çizelge 1 - Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşınım) direnç değerleri

Sıra no	Yapı bileşeni tipi ³⁾	Yüzeysel ısı iletim direnci ^{1) 2)}	
		R_i (m ² K / W)	R_e (m ² K / W)
1	Dış duvar (Sıra no 2 'de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		5)
4	Toprak temaslı dış duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde	0,13	5)
7.2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde	0,17	
8	Bodrum tavanı	0,17	5)
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı		0

1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda $R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve 4 ve 10'uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere $R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.

2) Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması ile ilgili hesaplamalarda kullanılacak olan iç ve dış yüzeysel ısı iletim direnci için Madde 2.4.6'ya bakınız.

3) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 1 'e bakınız.

4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 'de verilen değerler kullanılır.

5) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.

Ek E - Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (λ_h) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
1	DOĞAL TAŞLAR			
1,1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.)	> 2800	3,5	10000
		2600	2,3	200 / 250
1,2	Tortul, sedimente taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	200 / 250
1,3	Gözenekli püskürük taşlar	< 1600	0,55	15 / 20
1,4	Granit	2500-2700	2,8	10000
1,5	Bazalt	2700-3000	3,5	10000
1,6	Mermer	2800	3,5	10000
1,7	Alçı taşı	< 2600	2,3	200 / 250
1,8	Yapay taşlar	1750	1,3	40 / 50
1,9	Arduvaz	2000-2800	2,2	800 / 1000
2	DOĞAL ZEMİNLER (doğal nemlilikte)			
2,1	Kum, kum-çakıl	1700-2200	2	50
2,2	Kil, alüvyon	1200-1800	1,5	50
3	DÖKME MALZEMELER (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3,1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,7	3
3,2	Bims çakılı (TS 3234)	< 1000	0,19	3
3,3	Yüksek fırın cürufu	< 600	0,13	3
3,4	Kömür cürufu	< 1000	0,23	3
3,5	Gözenekli doğal taş mıcırları	< 1200	0,22	3
3,6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)	< 100	0,06	3
3,7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	< 200	0,055	3
3,8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15	0,05	3
3,9	Testere ve plânya talaşı	200	0,07	2
3,1	Saman	150	0,058	3
4	SIVALAR, ŞAPLAR VE DİĞER HARÇ TABAKALARI			
4,1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	1	15 / 35
4,2	Çimento harcı	2000	1,6	15 / 35
4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,7	10
4,4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,51	10
4,5	Alçı harçlı şap	2100	1,2	15 / 35
4,6	Çimento harçlı şap	2000	1,4	15 / 35
4,7	Dökme asfalt kaplama	2100	0,7	50000

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
4,8	Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,3 0,35 0,38	
4,9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,2 0,24 0,29	
5	BETON YAPI ELEMANI (Bu bölümde yer alan elemanlar tek başına bir yapı elemanını ifade etmektedir. Yapı elemanının bir örgü harcı kullanılarak uygulanması durumunda λ_h değerleri Sıra no: 7'den alınmalıdır.)			
5,1	Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar			
	Donatılı	2400	2,5	80 - 130
	Donatısız	2200	1,65	70 / 120
5,2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5,2,1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarla 6)	800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0,39 0,44 0,49 0,55 0,62 0,7 0,79 0,89 1 1,3 1,6	70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150
5,2,2	Sadece genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) 6)	300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,1 0,13 0,15 0,19 0,21 0,24 0,27 0,3 0,35 0,42 0,49	70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
5,3	Tuvenan hâlindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5,3,1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600	0,81	3 / 10
		1800	1,1	3 / 10
		2000	1,4	5 / 10
5,3,2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar 6)	600	0,22	5 / 15
		700	0,26	5 / 15
		800	0,28	5 / 15
		1000	0,36	5 / 15
		1200	0,46	5 / 15
		1400	0,57	5 / 15
		1600	0,75	5 / 15
		1800	0,92	5 / 15
		2000	1,2	5 / 15
5,3,3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar	400	0,12	5 / 15
		450	0,13	5 / 15
		500	0,15	5 / 15
		550	0,16	5 / 15
		600	0,18	5 / 15
		650	0,19	5 / 15
		700	0,2	5 / 15
		750	0,22	5 / 15
		800	0,24	5 / 15
		900	0,27	5 / 15
		1000	0,32	5 / 15
		1100	0,37	5 / 15
		1200	0,41	5 / 15
		1300	0,47	5 / 15
5,4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5,4,1	Ahşap testere veya plânya talaşı betonu	400	0,14	5 / 15
		600	0,19	5 / 15
		800	0,25	5 / 15
		1000	0,35	5 / 15
		1200	0,44	5 / 15
5,4,2	Çeltik kapçığı betonu	600	0,14	5 / 15
		700	0,17	5 / 15

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
5,5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanları dâhil)	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000	0,11 0,13 0,15 0,15 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25 0,29 0,31	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6	YAPI PLÂKALARI VE LEVHALAR			
6,1	Gaz beton yapı levhaları (TS EN 771-4'e uygun plâkalar)			
6,1,1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	400 500 600 700 800	0,2 0,22 0,24 0,27 0,29	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6,1,2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800	0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6,2	Hafif betondan duvar plâkaları	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

[illegible]

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.1.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,27	5 / 10
		600	0,28	5 / 10
		650	0,3	5 / 10
		700	0,31	5 / 10
		750	0,33	5 / 10
		800	0,34	5 / 10
		850	0,36	5 / 10
		900	0,37	5 / 10
		950	0,38	5 / 10
		1000	0,4	5 / 10
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,22	5 / 10
		600	0,23	5 / 10
		650	0,23	5 / 10
		700	0,24	5 / 10
		750	0,25	5 / 10
		800	0,26	5 / 10
		850	0,26	5 / 10
		900	0,27	5 / 10
		950	0,28	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
7.1.4.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,19	5 / 10
		600	0,2	5 / 10
		650	0,2	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		750	0,22	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		850	0,23	5 / 10
		900	0,24	5 / 10
		950	0,25	5 / 10
		1000	0,26	5 / 10
7.1.5	Düşey delikli hafif tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlalarla)			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.1.5.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,19	5 / 10
		600	0,2	5 / 10
		650	0,2	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		750	0,22	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		850	0,23	5 / 10
		900	0,24	5 / 10
		950	0,25	5 / 10
		1000	0,27	5 / 10
7.1.5.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı lâmba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,16	5 / 10
		600	0,17	5 / 10
		650	0,17	5 / 10
		700	0,18	5 / 10
		750	0,19	5 / 10
		800	0,2	5 / 10
		850	0,2	5 / 10
		900	0,21	5 / 10
		950	0,22	5 / 10
		1000	0,24	5 / 10
7.1.6	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	600	0,33	5 / 10
		700	0,36	5 / 10
		800	0,39	5 / 10
		900	0,42	5 / 10
		1000	0,45	5 / 10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'ye uygun)	700	0,35	5 / 10
		800	0,4	5 / 10
		900	0,44	5 / 10
		1000	0,5	5 / 10
		1200	0,56	5 / 10
		1400	0,7	5 / 10
		1600	0,79	15 / 25
		1800	0,99	15 / 25
7.3	Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar (TS EN 771-4'e uygun)	2000	1,1	15 / 25
		2200	1,3	15 / 25

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7,3,1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar	400	0,2	5 / 10
		450	0,21	5 / 10
		500	0,22	5 / 10
		550	0,23	5 / 10
		600	0,24	5 / 10
		650	0,25	5 / 10
		700	0,27	5 / 10
		800	0,29	5 / 10
7,3,2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar	350	0,11	5 / 10
		400	0,13	5 / 10
		450	0,15	5 / 10
		500	0,16	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,21	5 / 10
		700	0,22	5 / 10
7,4	Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar	750	0,24	5 / 10
		800	0,25	5 / 10
7,4,1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) 5)	450	0,31	5 / 10
		500	0,32	5 / 10
		550	0,33	5 / 10
		600	0,34	5 / 10
		650	0,35	5 / 10
		700	0,37	5 / 10
		800	0,4	5 / 10
		900	0,43	5 / 10
		1000	0,46	5 / 10
		1200	0,54	5 / 10
		1400	0,63	5 / 10
		1600	0,74	10 / 15
		1800	0,87	10 / 15
		2000	0,99	10 / 15

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7,4,2	Doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450	0,28	5 / 10
		500	0,29	5 / 10
		550	0,3	5 / 10
		600	0,31	5 / 10
		650	0,32	5 / 10
		700	0,33	5 / 10
		800	0,36	5 / 10
		900	0,39	5 / 10
		1000	0,42	5 / 10
		1200	0,49	5 / 10
		1400	0,57	5 / 10
		1600	0,62	10 / 15
		1800	0,68	10 / 15
		2000	0,74	10 / 15
7,4,3	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450	0,23	5 / 10
		500	0,24	5 / 10
		550	0,25	5 / 10
		600	0,26	5 / 10
		650	0,27	5 / 10
		700	0,28	5 / 10
		800	0,3	5 / 10
		900	0,32	5 / 10
		1000	0,35	5 / 10
7,4,4	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450	0,18	5 / 10
		500	0,2	5 / 10
		550	0,21	5 / 10
		600	0,22	5 / 10
		650	0,23	5 / 10
		700	0,25	5 / 10
		800	0,27	5 / 10
		900	0,3	5 / 10
		1000	0,32	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7,4,5	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450	0,16	5 / 10
		500	0,17	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,2	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		900	0,26	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
7,4,6	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla yapılan duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla 6)	500	0,26	5 / 10
		600	0,29	5 / 10
		700	0,32	5 / 10
		800	0,35	5 / 10
7,5	Boşluklu briket veya bloklarla yapılan duvarlar			
7,5,1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
7.5.1.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)	450	0,28	5 / 10
		500	0,29	5 / 10
		550	0,31	5 / 10
		600	0,32	5 / 10
		650	0,34	5 / 10
		700	0,36	5 / 10
		800	0,41	5 / 10
		900	0,46	5 / 10
		1000	0,52	5 / 10
		1200	0,6	5 / 10
		1400	0,72	5 / 10
		1600	0,76	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.5.1.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ ün altında olan harç kullanılarak hafif beton- dan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)	450	0,23	5 / 10
	< 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm ,	500	0,25	5 / 10
	< 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,	550	0,27	5 / 10
	< 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	600	0,28	5 / 10
	< 5 sıra boşluklu genişlik < 490 mm,	650	0,3	5 / 10
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda	700	0,32	5 / 10
		800	0,36	5 / 10
		900	0,4	5 / 10
		1000	0,52	5 / 10
		1200	0,6	5 / 10
		1400	0,72	5 / 10
		1600	0,75	5 / 10
7,5,2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm, olan bloklarda	<1800	0,92	20 - 30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	<1800	1,3	20 - 30
7,6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi ; < 1600 kg/m ³ > 1600, < 2000 kg/m ³ > 2000, < 2600 kg/m ³ > 2600 kg/m ³		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ			
8,1	Ahşap			
8,1,1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8,1,2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,2	40
8,2	Ahşap mamulleri			
8,2,1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400
8,2,2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	700	0,13	50 / 100

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600	0,13	70
		800	0,15	70
		1000	0,17	70
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	< 200	0,046	5
		< 300	0,058	5
9	KAPLAMALAR			
9,1	Döşeme kaplamaları			
9,1,1	Linolyum	1200	0,17	800-1000
9,1,2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9,1,3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9,1,4	Halı vb. kaplamalar	200	0,06	
9,2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9,2,1	Mastik asfalt kaplama > 7 mm	2000	0,7	
9,2,2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			
	Bitümlü karton	1100	0,19	2000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	14000
	0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil	900	0,19	100000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	14000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000-5000	0,19	20000
9,2,3	Armatürlü veya armatürsüz plâstik pestil ve folyolar			
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütilen örtü	1600	0,26	300000
	ECB etilen kopolimer örtü	1000	0,19	80000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1200	0,3	100000

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
10	ISI YALITIM MALZEMELERİ			
10,1	Ahşap yünü levhalar TS EN 1317116) Kalınlık d < 25 mm Kalınlık d ≥ 25 mm Isıl iletkenlik grupları 65 70 75 80 85 90	460-650 360-460	0,15 0,065 0,07 0,075 0,08 0,085 0,09	2 / 5 2 / 5
10,2	Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler			
10,2,1	Poliüretan (PUR) - (DIN 18159-1'e uygun) Isıl iletkenlik grupları 35 40	 (>45)	 0,035 0,04	 30-100
10,2,2	Reçine - formaldehit köpüğü (UF) – (DIN 18159-2'ye uygun) Isıl iletkenlik grupları 35 40	 (≥10)	 0,035 0,04	 1 - 3
10,3	Sentetik köpük malzemeler			
10,3,1	Ekspande polistiren köpük (PS) levhalar			
10,3.1.1	Polistiren – Parçacıklı köpük - TS 7316 EN 13163'e uygun Isıl iletkenlik grupları 35 40 İZOCAM İZOPOR	 ≥ 15 ≥ 20 ≥ 30	 0,035 0,04	 20-50 30-70 40-100
10,3,2	Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar			
10,3.2.1	Ekstrüde polistiren köpüğü – TS 11989 EN 13164'e uygun Isıl iletkenlik grupları 30 35 40 İZOCAM FOAMBOARD	 (≥ 25)	 0,03 0,035 0,04	 80-250

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
10.3.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü -TS 11989 EN 13164'e uygun - Bina su yalıtımının dış tarafında 8) örneğin çatı örtüsünün 9) Isıl iletkenlik grupları 30 35 40 İZOCAM FOAMBOARD	(≥ 30)	0,03 0,035 0,04	80-250
10,3,3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar			
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun Isıl iletkenlik grupları 25 30 35 40	(≥ 30)	0,02515) 0,03 0,035 0,04	30-100
10,4	Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar			
10,4,1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166'ya uygun Isıl iletkenlik grupları 30 35 40 45	(≥ 30)	0,03 0,035 0,04 0,045	10-50
10,5	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun Isıl iletkenlik grupları 35 40 45 50 İZOCAM CAMYÜNÜ, İZOCAM TAŞYÜNÜ	(8-500)	0,035 0,04 0,045 0,05	1
10,6	Cam köpüğü			
10,6,1	Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun Isıl iletkenlik grupları 45 50 55 60	(100-150)	0,045 0,05 0,055 0,06	11)

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
10,6,2	Cam köpüğü - bina su yalıtımının dış tarafında			
	Isıl iletkenlik grupları			
	45	(110-150)	0,045	11)
	50		0,05	
	55		0,055	
10,7	Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	35		0,035	
	40		0,04	
	45	(110-450)	0,045	5
	50		0,05	
	55		0,055	
	60		0,06	
	65		0,065	
	70		0,07	
10,8	Mantar yalıtım malzemeleri			
	Mantar levhalar - TS 304 EN 13170'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	45	(80-500)	0,045	5-10
	50		0,05	
	55		0,055	

Not: Bu Ek'te; TS 825 standardında tanımlanan hesaplamalarda kullanılmak üzere; ısı iletkenlik grupları ve/veya birim hacim kütlesine bağlı olarak yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değerleri ile su buharı difüzyon direnç faktörleri yer almakta olup, birim hacim kütlesine göre ısı iletkenlik hesap değerleri ortalama değerlerdir. Ancak, yapıda kullanılacak malzemelerin TSE tarafından ürün belgelendirmesi yapılmış ürünlerin belgelenmiş tasarım ısı değeri beyanı, ilgili yapıya ilişkin başka bir temel gerek ile öngörülen şartları etkilemediği ve mal sahibinin tâbi olduğu, İhale Kanunu veya özel sözleşmeler gibi hukuki gereklere zarar getirmedeği müddetçe sorumluluğu ürün imalatçısı tarafından üstlenilmesi halinde yapı projesinde kullanılabilir.

1.1 Technical specifications

Maximum operating pressure :	6 bar	Boiler thermostat setting :	30 - 85° C
Maximum operating temperature :	100°C	Safety thermostat setting :	110° C
Maximum safety temperature of boiler : (as per TRD 702)	120°C		

TYPE OF BOILER		GTE 507	GTE 508	GTE 509	GTE 510	GTE 511	GTE 512	GTE 513	GTE 514	GTE 515	GTE 516	GTE 517	GTE 518	GTE 519	GTE 520	GTE 521	GTE 522	GTE 523	GTE 524	GTE 525
Useful efficiency	kW	348 to 406	406 to 464	464 to 522	522 to 580	580 to 638	638 to 696	696 to 754	754 to 812	812 to 870	870 to 928	928 to 986	986 to 1044	1044 to 1102	1102 to 1160	1160 to 1218	1218 to 1276	1276 to 1334	1334 to 1392	1392 to 1450
Power input	kW	387 to 451	451 to 516	516 to 580	580 to 644	644 to 709	709 to 773	773 to 838	838 to 902	902 to 967	967 to 1031	1031 to 1096	1096 to 1160	1160 to 1224	1224 to 1289	1289 to 1353	1353 to 1418	1418 to 1482	1482 to 1547	1547 to 1611
Number of sections		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Water capacity	l	389	427	465	503	541	579	617	655	693	731	769	807	845	905	943	981	1019	1057	1095
Water resistance	$\Delta T=10K$ mbar	18	22	28.4	34.8	42	50	57.6	67.2	77.6	88	99.2	110.4	122.4	135.6	149.6	164.4	179.6	195.2	211.2
(1)	$\Delta T=15K$ mbar	8	9.9	12.6	15.5	18.7	22.4	25.8	30	34.7	39.6	44.6	49.6	54.8	60.4	66.4	72.4	78.8	85.2	91.6
	$\Delta T=20K$ mbar	4.5	5.5	7.1	8.7	10.5	12.5	14.4	16.8	19.4	22.2	25	27.6	30.4	33.6	36.8	40	43.2	46.4	49.6
Pressure in the furnace for nozzle pressure = 0	mbar	1.7	1.75	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.85	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
Flue gas temperature minus room temperature (1)(3)	K	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190	<190
Mass flue gas flow rate (1) (2)	Fuel oil kg/h	620	700	770	850	920	1000	1070	1150	1220	1300	1370	1450	1520	1600	1670	1750	1820	1900	1970
	Gas kg/h	650	730	810	890	970	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1520	1590	1670	1750	1830	1910	1990	2070
Combustion chamber :																				
- Recorded Diameter	mm	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614	614
- Equivalent Diameter	mm	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694	694
- Depth	mm	706	817	928	1039	1150	1261	1372	1483	1594	1705	1816	1927	2038	2189	2300	2411	2522	2633	2744
- Volume	m ³	0.28	0.32	0.36	0.40	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.70	0.74	0.78	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.05
Loss on stoppage* $\Delta T=30K$	%	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Shipped weight	kg	1852	2046	2237	2412	2601	2810	3000	3171	3364	3561	3756	3955	4124	4343	4538	4734	4930	5107	5297

* Loss on stoppage : total heat emission when the burner is off as a percentage of the nominal input power when the difference between the mean boiler temperature and the room temperature is 30 K.

- (1) Nominal operation (top boiler power)
 (2) CO₂ = 13.1 to 13.5% with fuel oil and 9.5% with natural gas.
 (3) Boiler temperature : 80°C
 Room temperature : 20°C

ÖZGEÇMİŞ

Ömer PEKTAŞ, İlköğrenimini 2004 yılında Arsin Merkez Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini ise 2007 yılında Trabzon Fatih Lisesi'nde tamamladı. 2008-2013 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini onur öğrencisi olarak tamamladı. 2022 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. İyi derece İngilizce bilmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

