



**BİREYSEL ISITMA SİSTEMLERİNDE TESİSAT TEMİZLİĞİNİN
TERMAL KONFOR VE YAKIT TASARRUFU ANALİZİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

Muhammet YÜRÜK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2022

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Muhammet YÜRÜK

...../...../.....

BİREYSEL ISITMA SİSTEMLERİNDE TESİSAT TEMİZLİĞİNİN TERMAL
KONFOR VE YAKIT TASARRUFU ANALİZİNİN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Muhammet YÜRÜK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2022

ÖZET

Bu çalışmada bireysel ısıtma sistemlerinde tesisat temizliğinin termal konfor ve yakıt tasarrufu yönünden analizi yapılmıştır. Bunun için Ankara ilinde yer alan bir dairenin ısıtma sistemi ele alınmıştır. Dairenin öncelikle tesisat temizliği yapılmadan farklı sıcaklıklar için tüketilen doğalgaz miktarı belirlenmiş ve aynı sıcaklıklardaki baca gazı salımları ölçülmüştür. Bunun yanında termal kamera vasıtasıyla temizlik öncesi radyatörlerin fotoğrafları çekilerek sıcaklık dağılımları raporlanmıştır. Ardından tesisat temizleme işlemine geçilmiş ve aynı şartlar temizlik sonrası için de tekrarlanmıştır. Böylece temizlik öncesi ve sonrası değerler karşılaştırılarak yapılan yakıt tasarrufu ve baca gazı salımları grafiklerle ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda radyatör yüzey sıcaklığında 5 °C'lık bir artış yaşanmıştır. Bunun yanında, CO salımında % 25'lik, NO salımında % 21'lik, CO₂ salımında % 8'lik ve O₂ salımında da % 3,17'lik bir azalma gözlemlenmiş, ayrıca yakıt sarfiyatında ise yaklaşık % 22 oranında bir tasarruf sağlanmıştır.

Bilim Kodu : 92808

Anahtar Kelimeler : Bireysel ısıtma sistemleri, radyatör temizliği, tesisat temizliği, enerji tasarrufu

Sayfa Adedi : 119

Danışman : Doç. Dr. Halil İbrahim VARİYENLİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMAL COMFORT AND FUEL SAVING
ANALYSIS OF INSTALLATION CLEANING IN INDIVIDUAL HEATING SYSTEMS
(M. Sc. Thesis)

Muhammet YÜRÜK

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
January 2022

ABSTRACT

In this study, the analysis of installation cleaning in individual heating systems in terms of thermal comfort and fuel saving is performed. Therefore, the heating system of an apartment in the province of Ankara is discussed. First, The amount of natural gas consumed for different temperatures is determined without cleaning the intallation of the flat, and at the same time, stack gas emissions temperatures are measured. In addition, the temperature distributions are reported by taking photos of the radiators before cleaning by means of a thermal camera. Then, the installation cleaning process is started and the same conditions are repeated for the post-cleaning process. Thus, the fuel savings and stack gas emissions gained by comparing the values before and after cleaning are presented via graphics. As a result of the study, an increase of 5 °C was experienced in the radiator surface temperature. In addition, a 25% reduction in CO emissions, 21% in NO emissions, 8% in CO₂ emissions, 3,17% in O₂ emissions has been observed, and a decrease of approximately 22% has been made in fuel consumption.

Science Code : 92808

Key Words : Individual heating systems, radiator cleaning, installation cleaning, energy saving

Page Number : 119

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Halil İbrahim VARIYENLİ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda her türlü emeğini ve yardımını esirgemeyen, çalışmamı nihai hale getirmemde olan katkılarından dolayı danışmanım Sayın Doç. Dr. Halil İbrahim VARİYENLİ hocama teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca deneyleri yapmamız için bize evini açan Doç. Dr. Ata HANLAR hocama da şükranlarımı sunuyorum. Bu süre zarfında bana destek olan ve her zaman yanımda hissettiğim eşim Şaduman YÜRÜK'e ve kimi zaman gereken ilgiyi gösteremediğim çocuklarım Yusuf Bilal YÜRÜK ve Zeynep Rana YÜRÜK'e sabırlarından dolayı teşekkür etmek istiyorum. Ayrıca beni eğitim hayatım boyunca maddi manevi her zaman destekleyen anne ve babama şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. ISITMA SİSTEMLERİ	17
3.1. Tarihsel Gelişimi	17
3.2. Isı ve Konfor	18
3.3. Kullanıldığı Alana Göre Isıtma Sistemi Çeşitleri	18
3.3.1. Lokal (oda) ısıtma	18
3.3.2. Bireysel ısıtma.....	20
3.3.3. Merkezi ısıtma.....	21
3.3.4. Bölgesel ısıtma (uzaktan ısıtma)	22
3.3.5. Birleşik (kojenerasyon) ısıtma	23
3.4. Kullanılan Isı Taşıyıcı Akışkan Türüne Göre Isıtma Sistemleri	24
3.4.1. Sıcak sulu ısıtma sistemleri.....	24
3.4.2. Kızgın sulu ısıtma sistemleri	25
3.4.3. Buharlı ısıtma sistemleri	25

	Sayfa
3.4.4. Sıcak hava ile ısıtma sistemleri	26
3.4.5. Kızgın yağ ile ısıtma sistemleri.....	26
3.5. Kullanılan Borulama Sistemine Göre Isıtma Sistemleri	26
3.5.1. Tek borulu sistem.....	26
3.5.2. Çift borulu sistem.....	28
3.5.3. Mobil (kollektörlü) sistem	32
3.5.4. Yerden (zemin altı) ısıtma sistemleri	36
3.6. Isıtma Tesisatının Temel Elemanları	40
3.6.1. Kombiler	40
3.6.2. Kat kaloriferleri.....	45
3.6.3. Radyatörler	50
3.6.4. Borular	53
3.6.5. Genleşme depoları.....	58
3.6.6. Pompalar	61
4. ISITMANIN VERİMİNİ ETKİLEYEN ETKENLER ve KORUMA YÖNTEMLERİ	63
4.1. Sert Su, Kireçlenmeye Etkisi	63
4.1.1. Geçici su sertliği.....	63
4.1.2. Kalıcı su sertliği	63
4.2. Çökelme Oluşumu ve Çökelmeyi Etkileyen Faktörler	64
4.2.1. Kalsiyum çökmesi.....	65
4.2.2. Çökelmeye etkiyen faktörler	66
4.3. Çökelme Oluşumunu Önleme Metotları	66
4.3.1. Kimyasal uygulama.....	66
4.3.2. Fiziksel uygulama	68

	Sayfa
4.4. Boru ve Tesisatta Korozyon.....	68
4.4.1. Borularda dış korozyon	69
4.4.2. Alaşımsız veya düşük alaşımlı demirlerin korozyonu	70
4.4.3. Galvanizli demirin korozyonu	71
4.4.4. Paslanmaz çeliğin korozyonu.....	75
4.4.5. Bakır ve bakır alaşımlarının korozyonu	76
4.5. Tesisat Temizliği	82
4.5.1. Tesisat temizliğinin önemi	82
4.5.2. Tesisat temizliğinin faydaları.....	83
4.5.3. Tesisat temizliği nasıl yapılır	84
4.6. Baca Gazları	86
4.6.1. Oksijen (O_2)	87
4.6.2. Karbondioksit (CO_2)	87
4.6.3. Karbonmonoksit (CO).....	87
4.6.4. Kükürtdioksit (SO_2)	87
4.6.5. Azotoksitler (NO_x).....	88
4.6.6. Baca Gazı Sıcaklığı	88
5. MATERYAL VE METOD	89
5.1. Baca Gazı Analiz Cihazı	89
5.2. Termal Kamera.....	91
5.3. Radyatörler	93
5.4. Radyatör Temizleme Makinası	95
5.5. Radyatör Temizleme Kimyasalı.....	96
5.6. Nötralize Kimyasalı	97

	Sayfa
5.7. Teorik Analiz	98
5.7.1. Belirsizlik analizi	98
5.7.2. Radyatörden olan ısı transferi	98
5.7.3. Salımların ve baca gazların analizi	99
5.7.4. Yakıt tasarrufu analizi	100
5.8. Deneyin Yapıldığı Mahal	100
5.9. Deneyin Yapılışı.....	101
6. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	103
6.1. Tesisat Temizliğinin Baca Gazı Salım Miktarına Etkisi.....	103
6.2. Tesisat Temizliğinin Baca Gazı Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi	107
6.3. Tesisat Temizliğinin Tüketilen Doğalgaz Miktarı Üzerindeki Etkisi	108
6.4. Tesisat Temizliğinin Radyatörlerdeki Sıcaklık Dağılımına Etkisi.....	109
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	111
7.1. Sonuçlar.....	111
7.2. Öneriler	112
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	119

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. PE-X yerden ısıtma boru çap ve kapasiteleri.....	37
Çizelge 5.1. Çalışmada kullanılan baca gazı analiz cihazı referans değerleri	90
Çizelge 5.2. Termal kamera cihazının teknik özellikleri	92
Çizelge 5.3. Çalışmada kullanılan panel radyatörlerin teknik özellikleri.....	94
Çizelge 5.4. Çalışmada kullanılan radyatör temizleme makinasının teknik özellikleri..	96
Çizelge 5.5. Çalışmada kullanılan radyatör temizleme kimyasalı teknik detayı	97
Çizelge 5.6. Nötralize kimyasalı teknik detayı	97

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Kombili örnek ısıtma tesisatı	20
Şekil 3.2. Isı pay ölçerli örnek merkezi ısıtma sistemi	21
Şekil 3.3. Örnek bölgesel ısıtma tesisatı	22
Şekil 3.4. İki devreli örnek bölgesel ısıtma tesisatı	23
Şekil 3.5. Birleşik ısıtmalı örnek tesisat şeması.....	23
Şekil 3.6. Gaz motorlu paket tip kojenerasyon ünitesi prensip şeması.....	24
Şekil 3.7. Tek borulu kat kaloriferli örnek tesisat şeması.....	27
Şekil 3.8. Termostatik vanalı, kat kaloriferli, çift borulu örnek ısıtma tesisatı şeması...	28
Şekil 3.9. Sıcak sulu, pompalı, kapalı genişleme depolu, alttan dağıtım alttan toplamalı merkezi ısıtma sistemi tesisat şeması	30
Şekil 3.10. Sıcak sulu, pompalı, kapalı genişleme depolu, üstten dağıtım alttan toplamalı merkezi ısıtma sistemi	31
Şekil 3.11. Üstten dağıtım ve üstten toplamalı merkezi ısıtma sistemi tesisat şeması	32
Şekil 3.12. Mobil sistem ve hazır koruyucu spiral kılıflı PE-X borusu.....	33
Şekil 3.13. PE-X Borularında kullanılan düzelticiler	34
Şekil 3.14. Mobil sistemlerde kullanılan radyatör bağlantı şekilleri	35
Şekil 3.15. Yerden ısıtma şekilleri.....	37
Şekil 3.16. Yerden ısıtmanın radyatörlü sistemlere göre ısı dağılım şeması	39
Şekil 3.17. Örnek hermetik kombi içyapısı ve dış ortam bağlantı şeması	41
Şekil 3.18. Örnek yoğuşmalı kombi içyapısı ve yoğuşma devresi	42
Şekil 3.19. Yoğuşmalı kombi de turbo eşanjörün konumu.....	42
Şekil 3.20. Konvansiyonel ve kondenzasyonlu kombinin verimsel karşılaştırılması.....	43
Şekil 3.21. Katı yakıtlı kat kaloriferi ve içyapısı	45
Şekil 3.22. Sıvı yakıtlı örnek bir kat kaloriferi içyapısı	47

Şekil	Sayfa
Şekil 3.23. Açık genişleme deposu tesisat şeması	59
Şekil 3.24. Membranlı kapalı genişleme tankı (deposu) ve membran çeşitleri	60
Şekil 3.25. Dolaşım pompası içyapısı.....	62
Şekil 4.1. Yeterli akış hızına sahip olamayan soğuk içme suyunun geçtiği St 35 çelik tesisatta meydana gelen çökme korozyonu	70
Şekil 4.2. Farklı kalitede galvanizli boru kesitleri	71
Şekil 4.3. Dikişli galvaniz borunun 200:1 büyütülmüş dikiş kesiti	72
Şekil 4.4. Yeni sayılabilecek ve yüksek çinko miktarlı kaplama tabakasına sahip kurallara uygun galvanizli soğuk su borusu kesiti	72
Şekil 4.5. Uzun dönem kullanılmış galvanizli boruda kireç-pas tabakası	73
Şekil 4.6. Boylerden alınmış boru kesitleri.....	73
Şekil 4.7. Sıcak kullanma suyu tesisatındaki yüksek sıcaklık nedeniyle kabaran galvaniz tabaka ve alt kesitte yüksek çökme korozyonu.....	74
Şekil 4.8. 105°C kazan suyuyla ısıtılan çift katlı sıcak su boylerindeki cidarlarında çökme korozyonu da görülen kabaran galvaniz tabaka.....	74
Şekil 4.9. Sıcak su boylerindeki gerilme yırtığı korozyonuna uğramış 100:1 oranında büyütülmüş bir paslanmaz çelik boru kesiti	75
Şekil 4.10. Sıcak kullanım suyundaki boylerin paslanmaz çelik (1.4541) plakaları	76
Şekil 4.11. Koruma tabakalı bakır soğuk su borusu	77
Şekil 4.12. Bakır soğuk su borusunda tipik delik ve çökme korozyonu tip 1.....	78
Şekil 4.13. Bakır soğuk su borusunda çökme korozyonu tip 1 üzerindeki kabarcık	78
Şekil 4.14. Yakut rengi bakır I-oksit (Cuprit, Cu ₂ O) kristaller	79
Şekil 4.15. Bakır sıcak su borusundaki tipik delik korozyonu tip 2	79
Şekil 4.16. Bakır sıcak su sirkülasyon borusundaki sert lehim noktasında erozyon korozyonu.....	80
Şekil 4.17. Bakır sıcak su sirkülasyon borusundaki düzensiz sert lehim bağlantısının erozyon korozyonunu başlatması.....	80

Şekil	Sayfa
Şekil 4.18. Pirinç soğuk su armatürü dışlisi kesitinde çinko çözülmesi	81
Şekil 4.19. Tesisat temizliği öncesi ve sonrası görünümü	83
Şekil 4.20. Tesisat temizleme yöntemi	85
Şekil 6.1 Çeşitli çalışma sıcaklıklarında çevreye salınan CO miktarı	103
Şekil 6.2. Çeşitli çalışma sıcaklıklarında çevreye salınan NO miktarı	104
Şekil 6.3. Çeşitli çalışma sıcaklıklarında çevreye salınan CO ₂ miktarı.....	105
Şekil 6.4. Çeşitli çalışma sıcaklıklarında çevreye salınan O ₂ miktarı.....	106
Şekil 6.5. Tesisat temizliğinin baca gazı sıcaklığı üzerindeki etkisi.....	107
Şekil 6.6. Temizlik öncesi ve sonrası günlük kullanılan doğalgaz miktarları	108
Şekil 6.7. Radyatör temizlenmeden önceki termal fotoğraf	109
Şekil 6.8. Radyatör temizlendikten sonraki termal fotoğraf	109

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Bacalı bir şömine ile ısıtılan örnek mahal	19
Resim 3.2. Elektrikli konvektör ısıtıcı	19
Resim 3.3. Kollektör bağlantı şekli.....	36
Resim 3.4. Otomatik yüklemeli kat kaloriferi	46
Resim 3.5. Brülör çeşitleri	48
Resim 3.6. Doğalgazlı kat kaloriferi içyapısı.....	49
Resim 3.7. Elektrikli kat kaloriferi içyapısı	50
Resim 3.8. Panel Radyatör ve kesiti	51
Resim 3.9. Alüminyum radyatör.....	52
Resim 3.10. Döküm dilim radyatör.....	52
Resim 3.11. Çelik radyatör	53
Resim 3.12. Bakır boru ve bağlantı elemanları.....	54
Resim 3.13. Çelik boru ve bağlantı elemanları.....	55
Resim 3.14. Galvanizli çelik boru ve bağlantı elemanları	56
Resim 3.15. Plastik boru ve bağlantı elemanları.....	57
Resim 3.16. Kapalı genişleme depoları	58
Resim 3.17. Dolaşım pompaları.....	61
Resim 5.1. Baca gazı analiz cihazı.....	90
Resim 5.2. Termal kamera	91
Resim 5.3.Çalışmada kullanılan panel radyatör	93
Resim 5.4. Radyatör temizleme makinası.....	95
Resim 5.5. Radyatör temizleme kimyasalı	96
Resim 5.6. Nötralize kimyasalı	97

Resim	Sayfa
Resim 5.7. Deney yapılan mahalin projesi	101

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

$K_{B8.2}$

Baz kapasitesi (mol/m^3)

$K_{S4.3}$

Asit kapasitesi (mol/m^3)

$\emptyset$

Çap (mm.)

Kısaltmalar

Açıklamalar

EPDK

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu

Bcm

Milyar metreküp

TS

Türk Standardı

LPG

Sıvılaştırılmış petrol gazı

PE

Polietilen

MMO

Makine Mühendisleri Odası

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında sanayileşmenin oldukça gelişmesinin bir neticesi olarak enerji her zamankinden daha fazla önem kazanmıştır. Bunun yanında enerjiye harcanan kaynaklar ülke ekonomilerine, özellikle Türkiye gibi enerjisinin çoğunu ithal kaynaklardan sağlamak zorunda olan ülkeler için büyük külfetler getirmektedir. Bunun yanında yıllara göre artan enerji talebi de göz önünde bulundurulursa açığın daha da arttığı görülmektedir.

Türkiye, sınırlı olan yer altı zenginliğiyle, petrol ve doğalgazda maalesef net bir ithalatçı konumunda bulunmaktadır. Ülkemizde doğalgaz üretimi yıllar itibarıyla, tüketimin % 2'si seviyesinin altında gerçekleşmektedir. Bu da doğalgazda ithalata bağımlılık oranımızı % 99'un üzerine taşımaktadır. Bu durum da dış ticaret açığında gaz ithalatının ne denli önemli olduğunu göstermektedir [1].

Küresel olarak birincil enerji tüketiminde, doğalgaz, petrol ve kömürün peşinden 3. sırada yer almakta olup ülkemizde ise doğalgaz nihai toplam enerji tüketiminde; petrolden sonra 2. Sıradadır. Karadeniz'de bulunan ve Akdeniz'deki muhtemel rezervler dışında, Türkiye'nin yaklaşık 18,5 bcm. doğalgaz rezervi ve üretilen düşük miktarlı doğalgaz ile senelik tüketiminin %1'ini bile karşılayamadığı görülür. Doğalgaz üretimine bakıldığında, 2008 yılında 969 bcm seviyesinde gerçekleştirilmiş olan miktar sonraları yakalanamamış ve 2011, 2018 ve 2019 seneleri dışında azalma eğilimi olmuştur. Ülkemizde doğalgaz üretimi 2019 yılında 2018'e kıyasla yaklaşık olarak % 11 artmış ve 474 bcm seviyelerinde gerçekleşmiştir [1].

Enerjimizin temelini oluşturan doğalgaz, ülkemizde birçok sektörde kullanılmakta olmasının yanında önemli ölçüde de konutlarımızda ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. EPDK'nın Aralık 2020 verileri incelendiğinde konutlarda kullanılan doğalgaz payının % 38,132 olduğu, bunun da evlerimizde kullandığımız doğalgaz miktarının tüm doğalgaz tüketimin üçte birinden fazlasına denk geldiği anlamını taşımaktadır. Bu kullanım miktarları mevsimsel ve aylık bazlarda değişiklik gösterse de bu rakamlar hatırı sayılır öneme sahiptir. Tüm bunlar göz önüne alındığında konutlarda, özellikle de ısınmada kullanılan doğalgaz tüketimine ne kadar para harcandığı ve bunun ülke bütçesinden nedenle büyük pay aldığına bakmak gerekir.

Bir fosil yakıt olan doğalgazın ülkelerin enerji üretimlerinde bu denli önemli olmasının yanında artık ülkeler daha çok sürdürülebilir enerji ile bu durumu düzeltmeye çalışmaktadırlar.

İklimin değişikliği, önümüzdeki 50 yıl içinde fosil yakıtların olası tükenmesi, artan enerji talebi ve fosil yakıt açısından fakir ülkelerde enerji kaynaklarının güvence altına alınması gibi birçok nedenden dolayı yenilenebilir enerji kullanımına artan bir ilgi mevcuttur. Yenilenebilir enerji; güneş, rüzgar, jeotermal, hidro, biyokütle, dalgalar ve okyanus akıntıları olarak temsil edilebilir. Bu kaynaklar, tüketildiklerinden daha hızlı bir şekilde doğada yeniden var olan enerji kaynaklarıdır [2].

Dünyanın birçok ülkesinde enerjide sürdürülebilir bir gelişme için yenilenebilir enerjiye büyük önem verilmekte olup, enerji verimliliğini artıran ve yenilenebilir enerji ile düşük karbon salımlı sistemlere geçişler desteklenmektedir. Bunun için iklim değişikliklerinin etkisini mümkün olan en kısa zamanda minimum seviyelere çekmek için yenilenebilir enerjiye ve enerji verimliliğine verilen önem her geçen gün daha da fazla anlam kazanmaktadır.

Enerji verimliliği, kullanılan enerji kaynaklarının üretim-tüketim boyunca her safhada en etkin şekilde kullanılmasını ifade eder. Bu kavram; gaz, ısı, basınçlı hava, buhar, elektrik gibi değişik şekillerde bulunabilen enerji kaçaklarının engellenerek, konfor standardının, sosyal refahın ve hizmet sunumunun etkilenmeden, yenilikçi teknolojiler tarafından üretilen enerjinin tüketiminin azaltılması olarak düşünülebilir. Böylece enerji verimliliği, sektördeki diğer hedeflerin de tamamlandığı, düşük karbon salımlı bir ekonomiye geçişin desteklendiği yatay bir alan olarak, sürdürülebilir bir kalkınma yolundaki çabaların en önemli yapıtaşlarını oluşturmaktadır [1].

Her alanda olduğu gibi ısıtma sistemlerinde de enerji verimliliği çalışmaları yapılmaktadır. Kullanım alanının fazla olması bu alanda yapılan tasarrufun önemini daha da artırmaktadır. Binalarda enerji verimliliği üzerine yoğunlaşmış araştırmacıların sayısı oldukça fazladır [3].

Enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının artırılması çabaları her daim gündemde olsa da konutlarda ısıtmada hala fosil yakıtlar kullanılmaya devam edilmektedir.

Bu sebeple sürdürülebilir enerji çalışmalarına paralel olarak mevcut durumu da göz önünde bulundurup sistemlerimizi enerji verimliliği esas alacak şekilde düzenlememiz gerekmektedir. Bu sebeple doğalgazın konutlardaki kullanım payının yüksek olmasının nedenlerine bakılacak olursa, bunlardan en önemlilerinden birinin doğalgazın diğer ısıtma sistemlerine göre daha ekonomik olması ve yakıt tasarrufu sağlayan cihazların artması olarak sıralanabilir. Hatta günümüzde yoğunmalı kombilerin tercih edildiğini de görülür. Fakat asıl gözden kaçırılan bunların bakımları ve tesisatta kullanılan sistemlerin temizliğidir. Boruların temizliği, radyatörlerin temizliği yani temiz bir ısıtma sistemidir. Çoğumuzun kombi bakımları kadar önem vermediği bu tesisat temizliğinin aslında kombimizin verimini arttıracak ve radyatörlerden daha çok ısı elde etmemizi sağlayacağı yadsınamaz.

Tesisatlarımızda özellikle ülkemizde kullandığımız suların kireçli olmasından ötürü ısı performansının zamanla düştüğü görülmektedir. Bu sebeple yüksek sıcaklıklarda çalışan ısıtma sistemlerinde kireçlenme, sadece suların değil onunla birlikte çökelme oluşturduğu kombilerin, borularımızın, radyatörlerin hatta bütün tesisatın da en büyük düşmanıdır.

Bu çalışmada, bireysel ısıtma sistemlerinde genellikle ihmal edilen tesisat temizliğinin konfor ve yakıt tasarrufuna etkisinin analizini deneysel olarak inceleyip sonuçları ortaya koymaktır. Deneylerde hali hazırda kullanılan bir dairenin ısıtma tesisatı incelenmiş ve radyatörler ve ısıtma tesisatı temizlenmeden önce ve temizlendikten sonra aynı şartlarda termal kamera vasıtasıyla radyatör yüzeylerindeki sıcaklık farkı ve radyatör yüzeyindeki ısı değişimi incelenmiş ve tespit edilmiştir. Ayrıca baca gazı ölçüm cihazı ile tesisat temizliğinden önce ve sonraki aynı şartlarda baca gazı emisyon değerlerinin de ölçümü yapılmış ve incelenerek tesisat temizliğinin emisyon ve verimliliğe olan etkisi analiz edilmiştir. Bu çalışma ile hem bireylerde tesisat temizliğinin sistem performansına etkisinin farkındalığını oluşturmak hem de bunun sonucu olarak enerjide dışa bağımlılığı azaltmak amaçlanmıştır. Ayrıca fosil yakıt kullanımını azaltarak çevre kirliliği ve küresel ısınmayı azaltmak hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılan literatür taramasında, ısıtma sistemlerinde tesisat temizliğinin termal konfor ve yakıt tasarrufu üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır ancak ısıtma sistemlerinin performansının artırılması ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış ve bu bölümde yer verilmiştir.

Toros, ısıtma cihazlarının ısı davranışlarını incelemiş farklı malzemelerdeki radyatör tipleri için transfer fonksiyonlarını çıkartarak, bu fonksiyonların zaman sabitlerini hesaplamıştır. Çalışmada yapılan hesaplarda alüminyum radyatörlerin zaman sabitlerinin daha kısa olduğu görülmüştür. Sistemin zaman sabiti ne kadar küçük ise, sistemin cevabının da o kadar hızlı olacağı ve son değere erişme zamanının kısılacağına vurgu yapılmıştır. Zaman sabitinin kısa olması ve rejime daha çabuk geçmesi istenilen bir durum olduğu, fakat zaman sabitinin kısa olması kararsızlık problemini de beraberinde getireceğini belirtmiştir. Bu çalışmada görülen, alüminyum radyatörlerin bulundukları ortamı daha çabuk ısıtmaya başlayacağını, bunun yanında alüminyum radyatörleri sırası ile panel, döküm ve çelik radyatörlerin takip ettiğine vurgu yapmıştır [4].

Ali Bıdı, Uli Höffer, çalışmalarında ısı hatlarında oluşan oksitlenmenin kaynaklarını araştırmışlardır. Oksijenin dış yüzeylerde sürekli olarak temas etmesi sonucunda korozyonun başlayacağını ve ancak bu yüzlerin korozyon yönünden dayanıklı malzemelerde kapladığı takdirde ya da su ve agresif ile olan temasının tümüyle ortadan kaldırılması durdurulabileceğinin altını çizmişlerdir. Korozyonun oluşumunu azaltmak ve muhtemel kireçlenmenin önüne geçmek için sıcak su tesisatındaki su sıcaklığının mümkün olduğu kadar düşük tutulması gerektiğinden bahsetmişlerdir. Bunun yanında lejyoner mikrobunu öldürmek için de en az 60 °C'ye ihtiyaç olduğuna dikkat çekmişlerdir. Tüm bunların ışığında korozyonu başlatan birçok faktörün olduğu ve bu bilgilerden yola çıkarak tesisatlarda, koroze olmayan bir madde olan plastik önerilmiştir. Plastiklerin tesisat uygulamalarında birçok çeşidi varken bunların hepsini karşılaştırarak, ona göre uygulama kararı almak gerekliliğinin üzerinde durulmuş ve “Cam Elyaf Takviyeli” boruların kullanımını önermişlerdir [5].

Çanakcı ve Akıncı çalışmalarında, Antalya ilinde geniş çapta bulunan ve bilinen yollarla sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı çiftçi seralarını dikkate aldıkları bir anket araştırması yapmışlardır. Araştırmada, seralardaki ısıtma ve havalandırma yöntemlerini saptamışlardır. Bunun yanında eskiden LPG'li ve dizel yakıtın kullanıldığı sistemlerin daha fazla olduğu, fakat işletme giderlerinin artmasına bağlı olarak bu sistemlerden vazgeçildiğini belirtmişlerdir. İşletmelerde ısıtmaya başlanma sıcaklığı 0 °C'ye yaklaştığı saatler olarak belirlenmiştir. Ayrıca ısıtma işlemlerinin bitkinin isteklerinden ziyade sadece don oluşumunda koruma amacıyla yapılması, ürünlerin verim ve kalitesinin düşmesine neden olduğuna dikkat çekilmiştir. Sonuç olarak, Çanakcı, Akıncı çalışmaları, bölgedeki seralarda modern olan ısıtma sistemlerin tercih edilmesine gereksinim duyulduğunu, fakat yatırım maliyetlerinin fazla olması ve çoğunlukla sera boyutlarının yeterli olmaması nedeniyle istenilen gelişmenin sağlanamadığını, dolayısıyla bölgede yapılacak planlamalarda, çalışmada varılan sonuçların baz alınabileceğini belirtmişlerdir [6].

Kaya, çalışmasında Adapazarı ilçesinde kurulmuş olan 2 310 Megawatt'lık doğal gazla çalışan bir santralin, yoğunlaşma ünitesindeki atık ısısından faydalanılarak ek bir ısı pompası dizaynı yaparak, hanelerin ısıtılması amacıyla ek olarak düşünülmüş bu sistem ile kombili sistemlerin uzun vadede bağlı maliyet ilişkisini ortaya koymuştur. Kaya, yapmış olduğu hesaplamalar sonucunda kombine bir çevrime ısı pompası konulduğu durumlar için Adapazarı içerisinde 20 000 adete kadar konutun ısıtılabilirliğini belirtmiştir. Isı pompasını, birim maliyet bakımından doğal gaz yakıtıyla kıyasladığında, ısı pompasının yoğunlaştırucu sıcaklığı 60 °C'de ekonomik olarak üstün durumda olduğunu, yoğunlaştırucunun sıcaklığının artmasıyla, 100 °C'de doğal gaz yakıtıyla hemen hemen denk olduğunu tespit etmiş, ısı pompası yoğunlaştırucunun 100 dereceden fazla sıcaklıklara sahip olduğu durumlarda ise doğal gaz yakıtının kullanımının daha ekonomik olduğunu görmüştür. Sonuç olarak, ısı pompası sistemlerini, mahallerin ısıtılmasında kullanılmasının hem ekonomik açıdan bir kazanç, hem de çevre kirliliğinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması bakımından önemli olduğuna vurgu yapmıştır [7].

Özsoy, çalışmasında Isparta ilindeki merkezi bir ısıtma sisteminin kullanıldığı konutlarda oturanların, ısıtma sistemlerinden olan memnuniyetlerini ve şikayetlerini ele aldığı bir araştırma ortaya koymuştur. Hane sakinlerinden alınan görüşmelere göre % 45 oranında apartmanda ısınma şikayetine sahip olanların var olduğu bildirilmiştir. Özsoy, mevcut yakıt paylaşımında arsa payının yerine, merkezi ısıtma sistemleri için ısı sayacı

kullanılması durumunda asgari % 15’lik bir enerji tasarrufu sağlanabileceğine dikkat çekmiştir. Isı pay ölçerlerin kullanımıyla tüketim alışkanlıklarının değişmekte olduğunu, kullanıcıların ısı kaçakların önlemek için tedbirlerinin kendilerinin almakta olduklarına, böylece kendi aile ekonomilerine de katkı sağladıklarına vurgu yapmıştır. Özsoy, yaptığı görüşmelerde tüketim temelli ölçme ve faturalandırma yapan sistemlere hanelerin çok da sıcak bakmadıkları gözlemlemiş ve bu uygulamanın adil olmadığını belirtmişlerdir. Özsoy, buradaki asıl sorunun, tüketim temelli ölçme ve faturalandırma sisteminin yeterince anlatılamamış olduğunu düşünmektedir. Bundan dolayı ısı pay ölçerlerin tanıtımı ve halkın bilinçlendirilmesi adına daha kapsayıcı çalışmaların yapılması gerektiğine vurgu yaparak çalışmasının sonuçlandırmıştır [8].

Öztop, araştırmasında buhar üretimi yapan işletmelerin, özellikle buhar kazanlarının ömrünü etkileyen korozyona neden olan problemleri ve bunların çözümü hakkında çalışmıştır. Kazan içerisinde buhar elde edilirken sisteme alınan su içerisinde katı partiküllerin de bulunduğunu ve zamanla bu partiküllerin buhar hatları üzerine yapışarak tabaka oluşturduğunu ve ısı transferinde yalıtım etkisi gösterdiğini belirtmiştir. Korozyonun buharın geçtiği hatlarda görülmesinin temel nedeninin suyun sahip olduğu pH değeri ve oksijenin miktarı olduğunu göstermiştir. Çalışmasında bu birikintilerin önüne geçmek için bir koruma programı kullanmıştır. Koruma programında, depozit; yani birikinti ve tortu oluşumunu engelleyen ve korozyonu önleyen, organo fosfat ve dispersant özelliğine sahip polimerle ve pH düzenleyici maddelerden oluşan bir kimyasal kullanmıştır. Sıcaklığın 120 °C’den büyük olduğu sistemlerde, korozyona asıl sebebi olan CO₂ karbondioksit su içerisinde çözündüğünü ve zayıf asit olan H₂CO₃ bileşimini oluşturduğu ve bu karbonik asidin (H₂CO₃) pH değerinin azalmasına neden olduğunu belirtmiştir. Bu burumdan dolayı kapalı devre olan buhar hatlarında yüksek pH’a çoğunlukla sıcaklığın 80 ila 100 °C olduğu kondensin dönüş hattında rastlanıldığına dolayısıyla pH değerinin 7’den küçük olması durumunda su asidik özellik göstereceğinden dolayı pH’ın 7’den büyük olmasının gerekliliğine vurgu yapmıştır. Korozyon ve çökelti gibi proseslerin çalışmasını ve bakım ücretlerinin artırması sağlayan problemlerle mücadele için kimyevi koruma programına aralıksız devam edilmesi sonucuna varmıştır [9].

ŞİK çalışmasında, yönetmeliğe tamamen uygun olan doğalgaz ile çalışan kaskat ısıtma tesisat tasarımını yapmıştır. Isıtma amaçlı doğalgaz kullanımında yakıt kazancı sağlamak için otomatik sistemler kurmuştur. Çalışmasında kaskat sistem ile klasik kazan sistemini karşılaştırmış, kaskat sistemler baca gazındaki gizli ısıyı aldığı için veriminin çok yüksek olduğunu belirtmiştir. Teorik olarak kaskat sistemlerdeki bu verimin % 109'lara ulaştığını görmüştür. Çalışmasında yakıt verimini artırmak için modülasyonlu brülör kullanmıştır. Bu brülör ile tam yoğuşma miktarının tek kademeli olan bir brülör kullanımıyla kıyaslandığında % 76 daha fazla olduğuna ve yakıt tüketimini önemli derecede azalttığına dikkat çekmiştir. Doğal gaz hatlarında oluşabilecek gaz sızıntılarının neden olduğu kazaların önüne geçmek için, doğal gaz iç tesisatlarında gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana kullanılmasının zorunlu hale getirilmesi tavsiyesinde bulunmuştur. Doğalgazın yaygın kullanıldığı bölgelerimizde, doğalgaza dönüşüm çalışmaları tamamlandıktan sonra tüketicilerin ekipman, tesisat ve otomatik güvenlik kontrol sistemlerinin düzenli bakım ve kontrollerini yapmadıklarını, bunun da can ve malullük gibi üzücü olaylara yol açtığını vurgulamış, bu tür ekipman, baca ve tesisatların düzenli kontrol ve muayenesinin tüketicilerin ve inşaat yöneticilerin isteklerine bırakılmaması gerektiğine dikkat çekmiştir. Raporlara göre iki yılda bir MMO teknisyenleri veya yetkili doğalgaz şirketi sertifikalı mühendisleri tarafından bakım ve kontrol yapılmasının zorunlu hale getirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur [10].

Tetik, çalışmasında, doğalgaz ile çalışan bir bireysel ısıtma sistemini farklı işletim koşulları altında deneysel olarak incelemiştir. Radyatörün ısıtma yüzey alanının iki katına çıkartılması sonucunda ortama verilen ısı değerinde %13'lük bir artış, üç katına çıkartılmasıyla ise % 15'lik bir artış elde etmiştir. Radyatördeki suyun sıcaklığının artması sonucu entropi üretimi ile tersinmezliği de artırdığını tespit etmiştir. Dış hava sıcaklığının artmasıyla, entropi üretiminin ve tersinmezliklerin azaldığını tespit etmiştir. Su akışı yükseldikçe radyatörden ortama verilen ısının da yükseldiğini gözlemlemiştir. Radyatörden daha çok ısının dışarıya atılması ile entropi üretimi ve tersinmezliklerin de arttığını tespit etmiştir. Dış hava sıcaklığı arttıkça sistemdeki entropi üretimi ve tersinmezliklerin arttığını da gözlemlemiştir. Sistemdeki su debisi arttıkça yakılan yakıtın miktarın da artması sonucu baca sıcaklığında % 20 değerinde bir artış meydana geldiğini görmüştür. Yükselen baca gazı sıcaklığı ile çevreye atılan CO ve NO_x gazlarının emisyonları da arttığını tespit etmiştir. Farklı dış hava sıcaklığında yaptığı deneylerde, artan hava sıcaklığının radyatörden alınan ısı miktarının artması üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu

görürken, entropi üretimi ve tersinmezlik değerlerinin de artmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Yakıt akışının az bir miktarda artmasının baca gazı sıcaklığı ve karbon monoksit salımına çokta bir etkisi olmadığını, azot oksit salımının ise artmasına sebep olduğunu tespit etmiştir [11].

Tekin, çalışmasında, enerji ve ekserji açısından verimi yüksek bir ısıtma sistemi kurulması ve yakıt sarfiyatının asgari düzeylere indirilmesini amaçlamıştır. Merkezi ısıtma sisteminin bileşenlerini inceleyerek enerji ve ekserji analizlerini yapmış ve bunların her biri için enerji ve ekserji verimlerini hesaplamıştır. Sistem üzerinde teorik olarak bazı iyileştirmeler yapmıştır. Çeşitli değişkenleri inceleyerek; dış hava sıcaklığı arttıkça tersinmezlik miktarının azaldığını, ekserji veriminin arttığı ve tüketilen yakıt miktarının azaldığını görmüştür. Çalışmasında, yanma havası miktarı azaldıkça ekserji veriminin de azaldığını tespit etmiştir. Yanma havası miktarının yakıt tüketimine etkisini de incelemiş ve yanma havası miktarı azaldıkça yakıt tüketiminin arttığını, ayrıca tam yanma şartlarından uzaklaştıkça ve doğalgaz yetersiz yanma havası ile reaksiyona girdikçe de yakıt tüketiminin arttığını görmüştür. Çalışmasında, sıcak su debisinin yakıt tüketimine etkisini de incelemiş ve sıcak su debisi azaldıkça yakıt tüketiminin de azaldığını belirtmiştir. Ayrıca gidiş-dönüş suyu sıcaklık farkının yakıt sarfiyatına etkisini de incelemiş ve gidiş-dönüş suyu sıcaklık farkı arttıkça yakıt tüketiminin azaldığını ortaya koymuştur [12].

Pekgüzelsu, çalışmasında, merkezi ısıtma suyu sıcaklığının ve kullanım suyu debisinin, plakalı ısı değiştiricisinin kullanım suyu kanalındaki kireçlenmeye etkisini deneysel olarak incelemiştir. Isıtma suyu sıcaklığının 85 °C gibi yüksek bir değerde sabit tuttuğu ve ısıtma suyu debisini de 15 lt/dk seviyesine getirdiği deneyde numunede kirlenme oluşumunu tespit etmiş ve kimyasal element ve kristal analizi yapmıştır. Yapılan kesitler incelendiğinde, kanal yüksekliklerinin neredeyse tamamını tıkayarak birçok kanalda akışa izin vermeyerek tıkanmalara neden olan sert kirlenmeler olduğunu gözlemlenmiştir. Plakalı değiştiricinin tasarımından dolayı, su ısı değiştirici içinde farklı hızlarda hareket etmiş, bu sonucu daha net görebilmek amacıyla, model çalışmaları yapmıştır. Deney sonlarında ısı değiştirici kesilerek çökelmenin yoğun olduğu bölgeleri tespit etmiş, kanal tasarımının etkisini gözlemiştir. Alınan sonuçlar, model çalışmalarında olduğu gibi kombi hattının çıkış kanalında yoğunluk olduğunu göstermiştir. Yapmış olduğu çalışmada, literatür çalışmalarını da göz önüne aldığında, kirlenme oluşumuna sadece yüksek sıcaklığın neden

olmadığını, suyun akış hızının, dolayısıyla plaka tasarımının da oldukça önemli olduğunu ortaya koymuştur [13].

Evren, çalışmasında, Bursa özelinde, bireysel, merkezi ve bölgesel ısıtma sistemleri ile ısıtılan özdeş özellikteki bina yapılarını seçerek, enerji verimliliklerini ve ısıtma kaynaklı karbondioksit emisyonlarını karşılaştırmıştır. Evren, yapmış olduğu çalışma sonunda incelediği projeksiyonlara göre, tekil ısıtma sistemlerinin, merkezi ve bölgesel ısıtma ile değiştirildiği takdirde önemli derecede enerji tüketiminde iyileşme olacağını görmüş, ayrıca CO₂ emisyonunda da dikkat çekici bir azalma olduğunu da belirtmiştir. Bu sonuçların yanında kojenerasyonlu sistemleri diğer ısıtma sistemleri ile karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada ise kojenerasyonlu sistemlerin yaptığı tasarrufunun, kojenerasyonlu olmadan en verimli durumun bile 3 katından fazla olduğunu belirtmiştir. Kojenerasyonun hem doğalgaz tüketiminde hem de ilgili karbon emisyonların da azaltımı açısından ısıtma sistemleri için önemi olduğu gerçeğini ortaya koymuştur. Daha iyi bir politika oluşturmaya yönelik bu açıklamalar ışığında, kojenerasyonun en önemli araçlardan biri olarak düşünülebileceği önerisinde bulunmuştur [14].

Çalışır, panel radyatörlerin sahip olduğu ısı güçlerinde iyileştirme yapmak ve bunun yanında kullanılan malzeme ağırlığının azaltılmasını hedeflediği bir çalışma yapmıştır. Bununla birlikte sayısal incelemeler de gerçekleştirmiştir. Çalışır, gerçekleştirilen yoğun simülasyon çalışma sonuçlarından incelenen parametreleri kapsayan bir korelasyon oluşturmuştur. Konvektör et kalınlığı ve konvektör yüksekliğinin artırılmasının ısı transferini artırıcı özelliklerinin olduğu belirtilmiş ayrıca bu iki parametre birlikte değerlendirildiğinde konvektör yüksekliğinin ısı güç üstünde, konvektör et kalınlığının ise radyatör ağırlığı üstünde etkisinin daha fazla olduğu oluşturulan korelasyonlarda gözlemlenmiştir. Nihai tasarım radyatör için farklı yükseklikte ve farklı uzunluktaki radyatörler için gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında uzunluğu ve yüksekliği fazla olan radyatörlerde bağlantı konumunun TBOE (Üst-alt-zıt-çıkış) olması durumunda TBSE (Üst-alt-aynı-çıkış) bağlantı konumuna göre daha üniform panel sıcaklık dağılımları olduğu ve daha yüksek ısı güçlerin elde edildiği görülmüştür. Gerçekleştirilen deneysel ve sayısal araştırmalar sonucunda panel radyatör üretimlerinde değişikliğe gidilmiş ve radyatör ağırlığının azalması sayesinde yıllık yaklaşık 350.000 €'luk bir tasarruf sağlamıştır [15].

Varlıca, çalışmasında, 24kW/35kW kapasiteli bir kombinin ısı eşanjörünün üzerindeki kireçlenme olayını kurulmuş olan deney tesisatı ile incelemiştir. Yapmış olduğu çalışmada kombi cihazının 5 yıllık çalışmasını 5 ile 7 günde hızlandırılmış olarak tamamlamıştır. Çalışma neticesinde elde ettiği verileri inceleyerek kombinin 3 yıl, 5 yıl ve 10 yıllık çalışması gerçekleştirilmiş ve çalışma sonucunda ısı eşanjörü kesilerek oluşan kireçlenme de incelenmiştir. Test sonuçları incelediğinde 15 yılın sonunda ısı değiştirgecinde oluşan kireçlenmenin farklı iki rakip kombilerin performansında olumsuz etkiler doğurduğunu kanıtlamıştır. Kombin giriş gücü kontrol ettiğinde, kireç nedeniyle % 30 performans kaybının olduğunu görmüş, ayrıca kireçlenmeden dolayı zararlı gazlarda da % 10 artış olduğunu gözlemlemiştir (CO_2 % 8,7 - % 9,6). Test sonuçlarını incelediğinde kireçlenmenin, kombi cihazının performansı ve eşanjör ömrü üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu gözlemlemiştir. Bunun yanında kirecin ısı değiştirgecinin çeperlerini sardığı ve bundan dolayı da basınç farkını da arttığını görmüştür. Kombi su sıcaklığını 80 °C'ye ayarladığı zaman eşanjörün yüzey sıcaklığının tasarım şartlarından yaklaşık 20 °C üstünde olduğunu gözlemlemiştir. Kireçlenmenin kombinin tam performans da değil de modülasyon yüklerinde çalışmasına sebep olduğunu görmüştür [16].

Öztok, çalışmasında 48 yalıtımlı daireden oluşan varsayımsal bir bina tasarlayarak bina için farklı ısıtma sistemi ve farklı yakıtlar olmak üzere, doğalgazlı kombili bireysel sistemli, doğalgazlı kazanlı merkezi sistemli, fueloil kazanlı merkezi sistemli, kömür kazanlı merkezi sistemli (3 tip kömürlü), dökme gaz LPG-propanlı kazanlı merkezi sistemli 5 tür alternatif sistem üzerinde çalışmıştır. Öztok, yukarıda belirtilen kriterler sonucunda toplanan verileri irdelendiğinde bütün bölgelerde % 86 ila % 88 aralığında en etkin sonuca ulaşan sistemin doğalgaz kazan sistemi olduğunu ortaya koymuştur. İkinci en iyi seçenek olarak doğalgazlı bireysel sistemi göstermiştir. Doğal gaz alternatiflerinden sonra, sıralamalarda kömürle çalışan sistemler yer almaktadır. Ancak yakıt maliyetleri açısından iyi performans göstermesine rağmen, sera gazı emisyonları açısından alternatif seçenekler arasında en kötü performansı sergilemektedir. Öztok, linyit yakıtlı sistemlerin ardından ithal kömürün geldiğini onu da fuel oil'in takip ettiğini belirtmiştir. İthal kömür sistemi ile fuel oil sisteminin tüm iklim bölgelerindeki başarı performansı incelendiğinde, yakıt maliyetleri açısından ithal kömür sisteminin daha iyi sonuçlar verdiği, sera gazı açısından ise fuel oil sisteminin daha iyi olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca sera gazı emisyonunda en ideal ikinci sistem olmasına yanında yakıt maliyetinde en kötü performansı sergileyen LPG-Propan bazlı Dökme Gaz sistemi olmuştur. Öztok,

araştırmasında fosil kaynaklı sistemlerde bina ısıtması için bir seçim yöntemi oluşturmuştur [17].

Kılınçer, çalışmasında, Bursa ilinde bulunan bir kamu binasında, sıcak suyun kullanıldığı bir ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. Çalışması esnasında yapıdaki mahallerin ısı kaybı hesabını yapmış, ayrıca mahallerin ekserji kayıplarıyla mahallerde bulunan fancoillerin tersinmezliklerini hesaplamıştır. Mahallerde ısıtma ekipmanı olarak fancoil kullanmıştır. Binada kış aylarında ısıtma, yaz aylarında soğutma gereksinimi bulunmaktadır. Fancoil sistemi iki borulu olarak tasarlandığından teknik hacimde ortak kollektör oluşturulmuştur. Kılınçer, binanın toplam ısıyı kaybı 1 036 847 W olarak hesaplamıştır. Çalışmasında, kazanın çalışma rejim sıcaklığı arttıkça kazanın ikinci kanuna göre verimi artmakta ve tersinmezliği azalmakta olduğu sonucuna ulaşmıştır. Kılınçer, yaptığı tez çalışmasının sonuçlarını dikkate alarak aşağıdaki önerilerde bulunmuştur: Sistemde en fazla ekserji kaybı kazanda oluşmuştur. Meydana gelen ekserji kaybını azaltmak için atılan ısıdan faydalanmak amacıyla ekonomizör kullanılabilir. Mahallerdeki enerji kaybını azaltmak ve ısıtma sisteminin çalışma verimliliğinin artırılması için binaya otomasyon sistemi kurulmalıdır. Fancoil cihazlarında oluşan tersinmezlikleri azaltmak veya artmasını engellemek amacıyla cihazların yılda iki kere olmak üzere periyodik bakımları yapılmalıdır. Hata analizi ile bulunun bu hata oranını asgariye indirmek için veri ölçümünde kullanılan cihazlarının çok hassas cihazlar seçilmesi gerekmektedir. Fancoillerdeki entropi üretimini asgariye indirmek ve ısıtma sisteminin optimizasyonu sağlanması açısından ısıtma sistemi sıcaklık rejiminin 70 – 50 °C olarak belirlenmesi fayda sağlayacaktır [18].

Sahnoun, çalışmasında uçak ısıtma sistemlerinde uçak yakıtı yerine doğalgazın kullanılmasını amaçlamıştır. Bunu yaparken doğalgazlı sistemlerin mevcut uçak ısıtma sistemlerine oranla daha az maliyetli olduğunu ve daha az bakım ekipmanı içerdiğini belirtmiştir. Çalışmasında doğalgazın avantajlarına değinmiş, doğalgazın uçak yakıtına oranla donma noktasının -296 °C olmasından dolayı avantajlı olduğunu, pilotun yakıt hava karışım oranlarını uçuş durumuna ve irtifasına göre kontrol edemediğine dikkat çekmiştir. Mevcut sistemlerde yakıt akış kontrolünün olmamasından dolayı, bu karışım akışının tüm uçuş şartlarında sabitlendiğini, yakıt/hava karışımının kontrol edilmesi için bir karbüratör veya enjeksiyon sistemine benzer spesifik bir sistemin gerekli olduğuna dikkat çekmiş, bu sebeple, sistemin daha da karmaşık olabildiğine, çok fazla bakım gerektirdiğine ve uçuş

esnasında daha çok arızanın meydana geldiğine vurgu yapmıştır. Ancak doğalgazlı sistemlerde ise akış kontrol valfi ile gaz akışı artırıp azaltarak bu durumun üstesinden gelineceğini belirtmiştir. Doğalgazın başka bir avantajını ise gaz kütlesinin ağırlığı ve uçak yakıtından daha hafif olması olarak göstermiş, havacılık tasarımında uçağın ağırlığının ve uçağın balasını için daha hafif materyallerin kullanılmasının uçak etkinliği için önemli olduğuna vurgu yapmıştır. Ayrıca doğalgazın tüketim miktarının metreküp ile ölçülürken, uçakta ise yakıtın saatlik pounda göre ölçüldüğünü ve bu durumda çeşitli hataların ortaya çıkabildiğini belirtilmiştir. Tüm bunlar ışığında yapılan çalışmalarda öğretmen ve öğrencilerin bu kaynaktan yararlanmasını umduğunu belirtmiştir [19].

Yiğit ve Kabu,l trijenerasyon sisteminin EES (Engineering Equation Solve) yazılımı kullanılarak enerji ve ekserji analizi yapmışlardır. Belirlenen çalışma şartlarında aylık $1\ 000\ m^3$ doğal gaz tüketen trijenerasyon sisteminin elektrik üretimi 3,018 kW, ısıtma kapasitesi 10,12 kW ve soğutma kapasitesi 6,574 kW olduğunu hesap etmişler, bu kapasitelerde üretim yapabilen trijenerasyon sisteminin ısı verimin % 24, COP'nin 0,68 ve toplam ekserji yok oluşunun 8,49 kW olduğunu belirlemişlerdir. Sistemin elemanlarının toplam yok olan ekserjideki payının en yüksek orandan düşüğe doğru sırasıyla kazanda % 28, kondenser I'de % 24, absorberde % 14, generatörde % 12, kondenser II'de % 11 evaporatörde % 9 ve türbinde % 2 olduğunu hesap etmişlerdir. Kojenerasyon sisteminin termodinamik analizi sonucunda en fazla ekserji kaybının yaşandığı ünitelerin % 32 yoğunlaştırıcı, % 25 yanma odası, % 23'lerde atık ısı kazanında olduğunu ortaya koymuşlardır. Absorbsiyon soğutma sisteminde ise en fazla ekserji kaybının yaşandığı ünitelerin % 37 kondenser % 31 generatör ve % 18'lerde evaporatörde olduğu tespit etmişlerdir. Ayrıca türbin giriş sıcaklığının yaklaşık % 57 arttırılması ile ısı verimin ve elektrik üretimi kapasitesinin % 62 arttığını bununla birlikte ekserji kayıplarının % 14 azaldığını fark etmişlerdir. Bunun yanı sıra kondenser I basıncının arttırılmasının ısı verimi düşürdüğünü ve ekserji kaybını arttırdığını belirlemişlerdir. Kondenser I basıncının % 66 artması ile ısı verimin ve elektrik üretiminin sadece % 2 azalmasına karşın, ekserji kaybının yaklaşık iki katına çıktığını gözlemlemişlerdir. Sistemin soğutma kısmının elemanı olan evaporatör sıcaklığının yükselmesi ile COP artarken ekserji kayıplarının azaldığını, ancak kondenser sıcaklığının yükselmesi ile COP'nin azaldığını buna karşılıklı ekserji yok oluşunun arttığını ortaya koymuşlardır. Isı değiştiricisi etkinliğinin artışıyla COP'nin arttığı, ekserji kaybının ise azaldığı sonucuna ulaşmışlardır [20].

Ulusoy, çalışmasında saatte 8,5 ile 12 ton buhar üretebilen 2 adet buhar kazanının, 49 adet fakülte ve idari bina altlarında bulunan eşanjörler ve bu eşanjörler ile kazan arasında taşıma elemanı olan 8 473 m boru hattının enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Çalışmasında ısıtma sisteminin faal olduğu 6 aylık süreyi dikkate alarak değerlendirmiştir. Bu süre zarfında 3 759 028 m³ doğalgaz kullanmıştır. Kazanlardaki tersinmezliklerin sebebinin büyük kısmının hava fazlalık katsayısı, buhara enerji geçişi sırasında olan tersinmezlikler ve baca gazı sıcaklıkları gibi etkenlerden kaynaklandığı belirtmiştir. Yaptığı incelemede yıllık toplam yakıt maliyeti 1 068 558,80 \$ olarak tespit etmiştir. Kazana girdi çıktı yapan akışların parasal karşılığı saatlik dolar türünden değerlendirildiğinde en büyük maliyetlerin baca gazı maliyeti ve yakıt maliyeti olduğunu, bu durumun sebebinin ise bacalar ekserjisinin fazla olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada ısıtma sistemi bütün olarak düşünüldüğünde, en önemli sistem elemanı olan kazanın verimini ortalama olarak % 90 bulurken, ekserji verimini ise % 3 bulmuştur. Bütün sistemdeki ekserik verimini ise % 29 dolayında belirtmiştir. Sistemdeki ekserjiden kaynaklı kayıpların yaklaşık olarak % 95'inin kazanlarda, % 2,8'inin boru hatlarında, % 1,6'sının eşanjörlerde olduğunu ve gerisinin de diğer sebeplerden kaynaklandığını tespit etmiştir. Ayrıca sistemin tek bir yerden kontrol edilebileceği, her noktadaki çalışma, arıza bilgilerinin alınıp anında müdahale edilmesi ile çok ciddi verim sağlanmış olunacağı dikkat çekmiştir. Bunun içinde ciddi bir otomasyon sistemi ve sistem elemanlarına ihtiyacının gerekliliğine vurgu yapmıştır [21].

Özağdaş, çalışmasında doğal gaz yakıtlı bir kazandan çıkan atık baca gazı ısısından yararlanılarak bir ekonomizer tasarlamış ve sistemin ekonomik analizini yaparak amortisman süresini hesaplamıştır. Kafkas Üniversitesi Paşacayırı Yerleşkesi bölgesel ısıtma sisteminin ortalama duyulur baca gazı enerji kaybının % 3,08 olduğunu, bu kaybın ısı baca gazları vasıtasıyla atmosfere yayıldığını ve kayıp bu ısının yıllık parasal değerini yaklaşık 14 941,32 TL olduğunu hesaplamıştır. Bu kayıp ısıdan faydalanmak amacıyla tasarlanan ekonomizer için ekonomik analiz yapmıştır. Çalışmasında, kazan çıkışındaki duman borusu üzerine yerleştirilmiş bir ekonomizer yardımıyla 122 °C sıcaklığında olan atık baca gazların duyulur enerjisinin geri dönüştürerek ısı merkezinin bitişiğinde bulunan Kaz Yetiştiriciliği Ünitesi'nin ısıtılmasını amaçlamıştır. Hesaplamalarda sistem ömrünü 20 yıl, faiz oranını ise % 8 almıştır. Pompaların yıllık işletme giderlerinin bulunmasında gereken günlük çalışma saatlerini 24 saat (6 aylık 950,4 kW) ve elektrik birim fiyatını da 0,7102 TL/kWh olarak almıştır. Özağdaş, bu sistemin yaklaşık maliyeti 16 843,16 TL,

amortisman süresini ise 3,3 yıl olarak hesaplamıştır. Net Bugünkü Değer Metodu ile hesaplanan sistemin yıllık tasarruf miktarı 5 025,15 TL; 20 yıllık ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı toplam tasarruf miktarı ise 32 494,66 TL olarak hesaplamıştır [22].

3. ISITMA SİSTEMLERİ

3.1. Tarihsel Gelişimi

İnsanoğlu ilk çağlardan itibaren soğuktan korunmak için değişik yöntemler araştırmışlardır. Bunun için önceleri açık alanlarda ateş yakmışlar, sonraları ise kapalı alanlarda, açıkta ateş yakmışlar ve bu kapalı olan alanında üzerine bir delik açmışlardır. Ancak kapalı olan bu alanlarda karbonmonoksit'e bağlı zehirlenmeler olmuş ve can kaybı yaşamışlardır.

İlerleyen yıllarda ise çeşitli ısıtma sistemleri geliştirilmiştir. Örneğin batı ülkelerinde şömine kullanılmıştır. Fakat şöminelerde ısı enerjisinin çoğu bacalarda kaybedilirken yalnızca ısıma ile ısınma olduğundan, şöminelerin ardından katı ve sıvı yakıt kullanan sobalar üretilmeye başlanmıştır. Önceleri tuğla içeren sobalar kullanılırken, sonrada 1650 yılına gelindiğinde ABD'de, demirden yapılmış sobalar kullanılmaya başlanmıştır.

Sobalarda ısınma, ısıma ve taşıma yoluyla mahal ısıtmaya dayanırken, buna ek olarak boru kullanılan sobalarla borulardan geçen sıcak gazlar da ortamın ısıtılmasına katkı sağlamaktadır. Şimdilerde ise lüks sayılamayacak birçok hanede, halen daha katı ve sıvı yakıtlı sobalar kullanılmaktadır.

Tek bir merkezde ısıtma amacıyla hazırlanmış sıcak akışkanın istenilen bir ortama taşınması ile yapılan ısıtma, Romalılardan bu yana bilinen ve günümüzde ise merkezi ısıtma adı verilen bir tekniğe dayanır.

Romalılar, ocak yaktıklarında ortaya çıkan sıcak dumanla, döşemelerin altından ya da duvarlardan geçirdikleri kanallar vasıtasıyla salonlarını ve özellikle de halka açık olan banyoların ısıtırlardı. Bu yöntem hala Uzakdoğu'da binaların ısıtılmasında sıkça kullanılmaktadır.

1850'li yıllarda ısı hatlarında sıcak su, 1880'lilerde ise buhar tüketilmeye başlanmıştır. Ülkemizdeyse, cumhuriyetin ilk döneminin ardından, merkezi bazı ısıtma teknikleri ilk

olarak kamu binalarında kullanılmaya başlanmıştır. 1950’lilerin ardından her çeşit binalarda uygulanmasıyla ülke geneline yayılmıştır [23].

3.2. Isı ve Konfor

İnsan bedeni sürekli olarak ısı üreterek enerji kaybeden bir sisteme sahiptir. Bu enerji kaybı; ortamın koşullarına, giyime ve vücut sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir. İnsanın kendini rahat hissedebilmesi için ürettiği ile kaybettiği enerji arasında bir denge kurulması gerekmektedir.

Isıtma tesisatı, yılın soğuk günlerinde, ortamın sıcaklığının artırılmasıyla insanın çevresine yaydığı ısı enerjisini kontrol etme ve ortamla ısı denge kurarak kendisi için konforlu bir ortam oluşturmak amacından doğmuştur.

Uygun bir ısıtma tesisatından, dış hava sıcaklıklarına bağlı olarak, ortam sıcaklığını daima istenilen dereceye getirmesi ve bu sıcakta muhafaza etmesi beklenir.

Birincil enerji kaynağı olarak ısıtma sistemlerinde genellikle katı, sıvı ve gaz fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Günümüzde buna ek olarak güneş enerjisi destekli sistemler üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır

Her türlü farklı uygulamalar için, uygun olan en iyi sistemin, ısıtıcı elemanın, yakıtın ve ısıtıcı akışkanın seçilmesinde “Mühendislik ve Ekonomik Analizlerin” yapılması gerekmektedir [23].

3.3. Kullanıldığı Alana Göre Isıtma Sistemi Çeşitleri

Isıtma sistemlerinin belirli ölçülerde gruplandırılması mümkündür. Sistemin ısı kapasitesi ve kullanıldığı alana göre 5 grupta toplanabilir:

3.3.1. Lokal (oda) ısıtma

Bu ısıtma türünde ortamın ısıtılması için gerekli olan enerji, mahalin içerisinde üretilir. Buna, soba, şömine ve elektrik ısıtıcılar gibi sistemleri örnek verebiliriz. Bu sistemlerde

ısıtıl kapasite 1-10 kW arasındadır. Resim 3.1’de bacalı bir şömine kullanılarak ısıtılan bir mahal görülmektedir [23].



Resim 3.1. Bacalı bir şömine ile ısıtılan örnek mahal [24]

Lokal ısıtma sistemlerinde klasik olarak sadece ısıtıcının bulunduğu yer ısınmış olur. Ayrıca odanın yalıtımı, duvar iç malzemesi, sıvası, boyası gibi durumlara göre oda dışarısına ısı kaçaklarının olması gibi dezavantajları da mevcuttur. Ayrıca soba gibi ek borulu sistemlerde boru ve bacalardan, şömine gibi sistemlerde bacadan ısı kayıpları yaşanmaktadır.

Elektrikli ısıtıcılarda ise değişik kullanım şekilleri mevcut olup birçok çeşidine rastlamak mümkündür. Örnek olarak Resim 3.2’de elektrikli konvektör ısıtıcı görülmektedir.

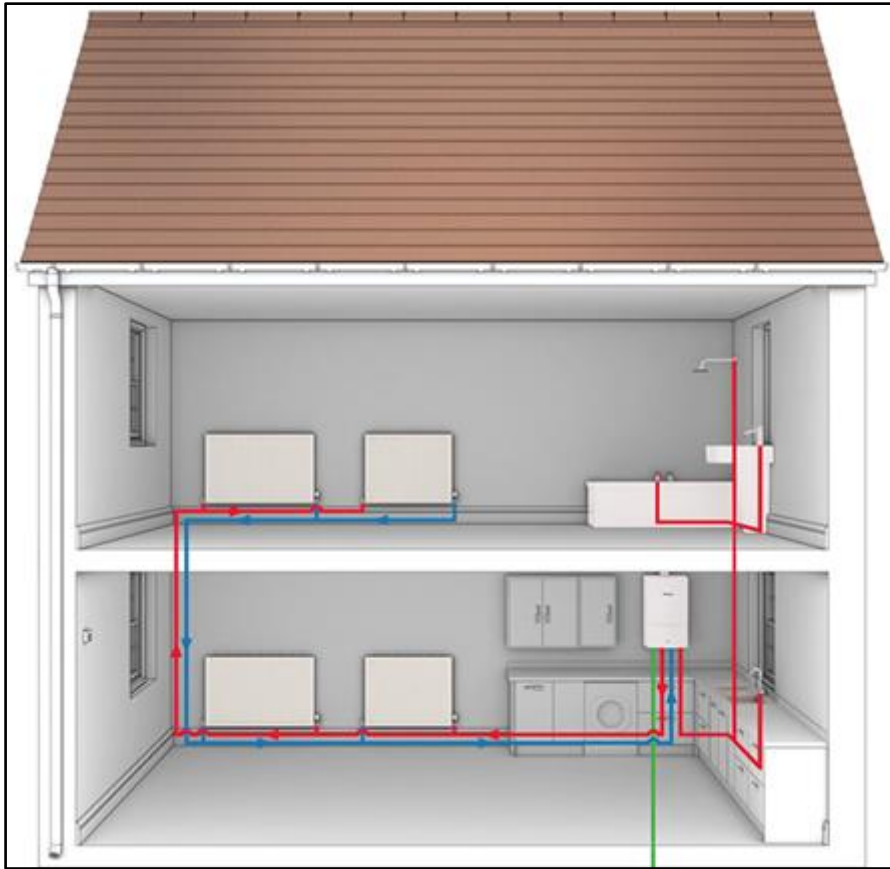


Resim 3.2. Elektrikli konvektör ısıtıcı [25]

Elektrikli ısıtıcılarda elektrik kullanım miktarlarında ısıtıcının türüne göre ek maliyet oluşturabilirler. Soba, şömine gibi ısıtıcılar bunların yanında borulama ve bacalama işlemleri için gerekli koşulları sağlaması gerekir. Bu özellikle atık baca gazı zehirlenmeleri açısından son derece önemlidir.

3.3.2. Bireysel ısıtma

Isı ihtiyacının 10kW ile 40kW arasında değiştiği mahallerin, bağımsız biçimde ısıtılmasına bireysel ısıtma denilmektedir. Bu sistemler “kat kaloriferi” ya da “villa ısıtması” olarak da adlandırılırlar. Isıtıcı akışkan olarak maksimum 90°C’de su kullanılır. Yakıt olarak ise katı yakıt, mazot (motorin), doğal gaz ya da LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) tercih edilebilir. Isı üretici olarak sistemde kombi, kat kaloriferi veya yoğuşmalı kazanlar (baca gazındaki ısının geri kazanıldığı) kullanılabilir. Şekil 3.1’de kombili örnek bir ısıtma tesisatı görülmektedir [23].



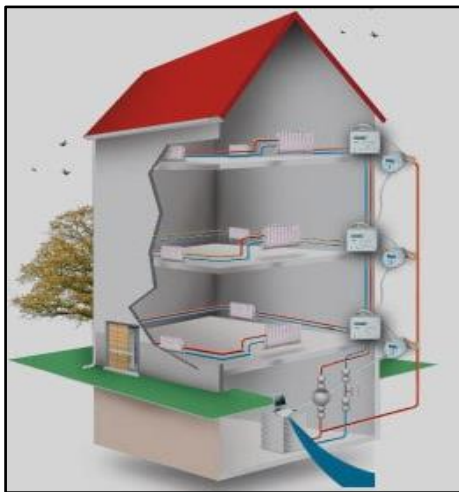
Şekil 3.1. Kombili örnek ısıtma tesisatı [26]

Bireysel ısıtmada sistemin bağımsız olması üstünlük sağlarken, ilk yatırım maliyetleri açısından ekonomik olduğunu söylemek pek mümkün gözükmemektedir. Çok katlı binalarda, alt veya üst kattaki hanelerin kullanımdan kaynaklı yakıt yakma sorunları da oluşturabilirler. Buna rağmen ülkemizde özellikle de kombili bireysel ısıtma sistemleri çok sık kullanılmaktadır.

3.3.3. Merkezi ısıtma

Kazan dairesi gibi tek bir merkezde üretilen ısıнын taşıyıcı akışkanla ısıtılmak istenen mahale yerleştirilmiş olan radyatör, fancoil, konvektör gibi ısıtıcılara gönderilmesiyle yapılan ısıtma türüne “merkezi ısıtma” denir. Isıtıcı akışkan maksimum 110 °C’de sıcak su olup, site tarzında bloklar şeklinde yapılan apartmanlarda kullanımı sıkça görülür [23].

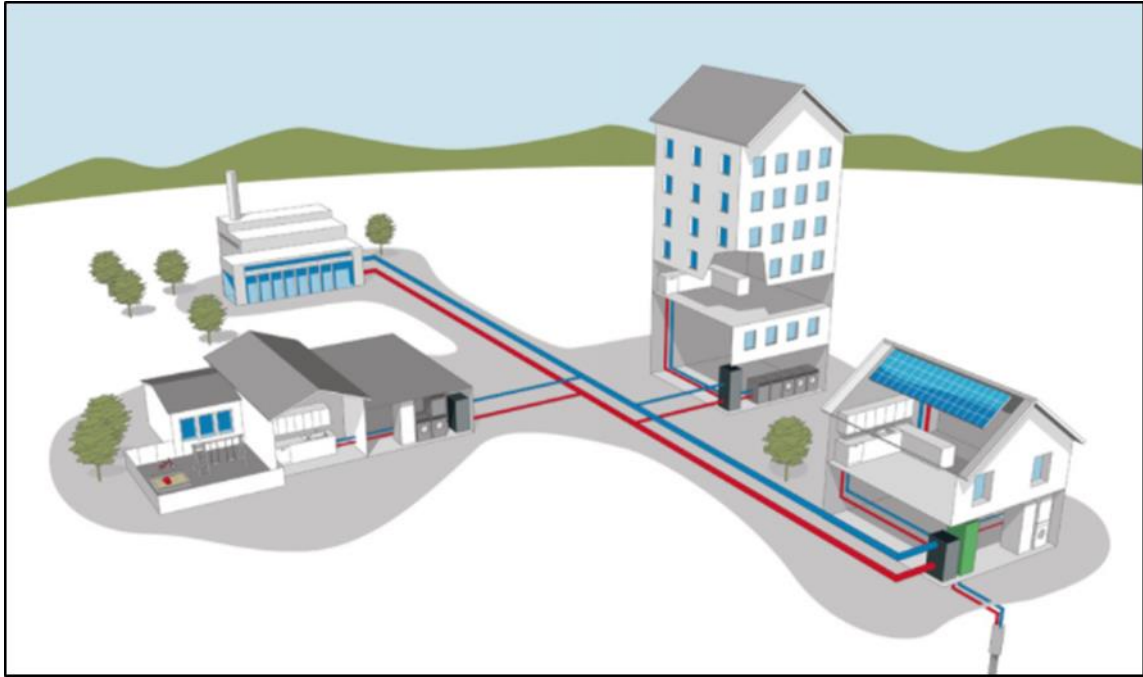
Sistemde çevresel açıdan doğalgaz veya sıvı yakıtlar tercih edilmesi önerilmektedir. Uygun şekilde kullanıldığında, işletme ve yatırım giderleri de göz önüne bulundurulduğunda bireysel sistemlere nazaran daha avantajlı olduğu söylenebilir. Ülkemiz için, her dairenin kendi kullandığı enerji kadar ödeme yaptığı kalorimetrelerin yaygınlaşması ve sıcaklık ayarlayıcı cihazların (termostatik vanalar) kullanımıyla en ideal, problemsiz ve en ekonomik ısıtma türüdür denilebilir. Şekil 3.2’de ısı pay ölçerli örnek merkezi ısıtma sistemi görülmektedir [23].



Şekil 3.2. Isı pay ölçerli örnek merkezi ısıtma sistemi [27]

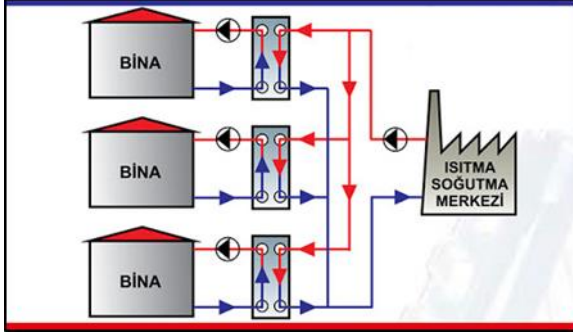
3.3.4. Bölgesel ısıtma (uzaktan ısıtma)

Endüstriyel işletmeler, site tarzı toplu konutlar, kışlalar, hastaneler, sokak ve şehir ısıtmaları gibi büyük çaplı ısıtma biçimlerine “bölgesel ısıtma” denir. Bir ısı merkezinde üretilen enerji boru şebekesi ve ısı taşıyıcı akışkan tarafından ısıtılacak binalara taşınır. Bölgesel ısıtma, tek merkezli yanma kontrolü açısından çevreye en az zarar veren teknik olarak en ekonomik olanıdır. Şekil 3.3’de örnek bir bölgesel ısıtma sistemi görülmektedir [23].



Şekil 3.3. Örnek bölgesel ısıtma tesisatı [28]

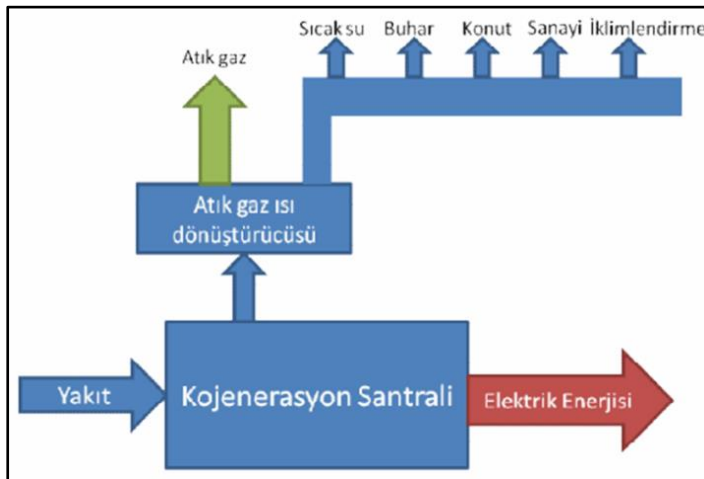
Bölgesel ısıtmada, ısıtma merkezi ile binalar arasındaki mesafeye bağlı olarak, bir ya da iki devreye sahip sistemler inşa edilebilir. Isıtılacak olan binalar ile ısıtma merkezi arası 1 km’den daha az, 90 °C sıcaklıkta su kullanan tek devreli sistemler uygunken, daha büyük çaplı ısıtma mahallerinde ise genelde ilk devrede 180 °C’lerde, kızgın ve de yüksek basınçlı su ya da buhar kullanılır. Kızgın olan bu akışkan her yapının altındaki ısı eşanjörleri ile ikincil devrede bulunan suyu 90 °C’ye kadar ısıtarak, binalarda bulunan radyatör gibi ısıtıcılara farklı pompalarla basılır. Şekil 3.4’de iki devreli olarak tasarlanmış eşanjörlü bölgesel ısıtma sistemi tesisatı görülmektedir [23].



Şekil 3.4. İki devreli örnek bölgesel ısıtma tesisatı [29]

3.3.5. Birleşik (kojenerasyon) ısıtma

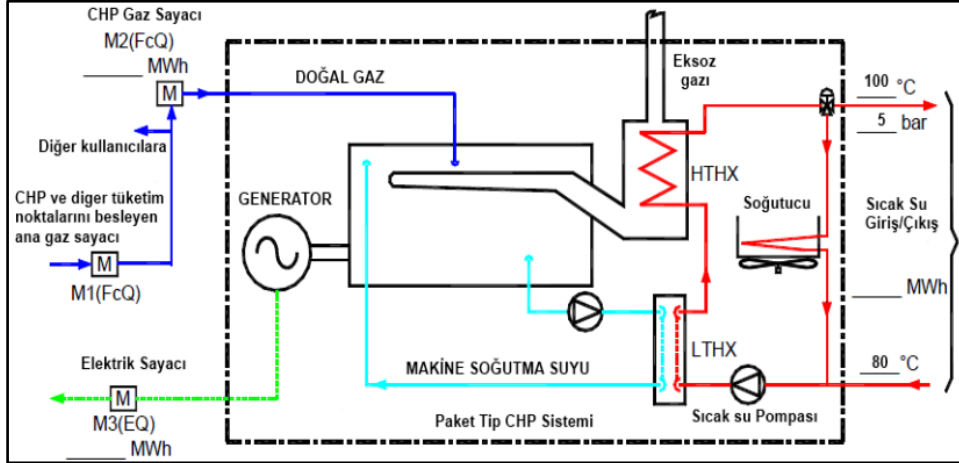
Kojenerasyon, birleşik ısı-güç üretimi (CHP) demektir. Bölgesel ısıtmanın bir başka uygulaması olup, işletme giderleri açısından ekonomik, verim açısından çok üstündür. Bununla beraber, kurulum maliyetlerinin fazla olması sebebiyle ülkemizde daha elektrik tüketiminin çok olduğu sanayi kuruluşları haricinde pek yaygın kullanımı bulunmamaktadır. Dizel jeneratörlerle elektrik üretilirken, jeneratörün egzost borusundan çıkan yüksek sıcaklıktaki gazlar ile ısı değiştirgeci kullanılarak sıcak su elde edilir ve bu su da ısıtma amaçlı kullanılır. Şekil 3.5’dekojenerasyonlu bir ısıtma sisteminin şeması yer almaktadır [23].



Şekil 3.5. Birleşik ısıtma örnek tesisat şeması [30]

Yalnız elektrik üretimi için kullanılan termik santrallerde verim % 30 ya da % 40’ı geçmezken, kojenerasyonlu sistemde ikili üretim yapıldığından verim % 80 – 90 seviyelerine ulaşabilmektedir. Kojenerasyonlu sistemler, yakıtın elektriğe ve ısıya

dönüştürmedeki en etkin yoldur. Bunun gibi sistemler ile enerji üretiminin maliyetleri % 40'lar oranında düşürülerek, azami derecede tasarruf sağlanmış olmaktadır. Şekil 3.6'da örnek bir kojenerasyonlu sistem ünitesinin prensip şeması verilmiştir [31].



Şekil 3.6. Gaz motorlu paket tip kojenerasyon ünitesi prensip şeması [31]

3.4. Kullanılan Isı Taşıyıcı Akışkan Türüne Göre Isıtma Sistemleri

3.4.1. Sıcak sulu ısıtma sistemleri

TS 2796 standardına göre sıcak sulu ısıtma sistemleri, kazanın çıkış su sıcaklığının 110 °C ve altında olduğu sistemlerdir. Genellikle 90/70 °C (90 °C gidiş, 70 °C dönüş) sistemlerin kullanılmasının yanında, 80/60 °C, 70/50 °C veya 65/45 °C değerleri de seçilerek daha konforlu ısıtma yapmak (bina yalıtımı iyi olmak kaydıyla) mümkündür. Yerden ısıtma tesisatlarında ya da yoğuşmalı kazan kullanımında çıkış su sıcaklığı 45°C veya 50 °C'ye kadar azaltılabilmektedir. Kazanda üretilen bu sıcak su borular vasıtasıyla ısıtıcı elemanlara taşınır, bu esnada borularda ortama ısı vererek odayı ısıtır ve kazana geri döner. Sistemde suyun ısınması bağlı olarak artan suyun hacmi genleşme tankı (kabı) adı verilen bir depoda toplanır. Sıcak sulu sistemler dolaşım türlerine göre ikiye ayrılırlar [32]:

Doğal dolaşım: Bu sistemde su, yerçekiminin etkisiyle dolaşır. Isınan suyun yoğunluğu azaldığı için sistemin üst bölümlerine çıkar, ardından radyatörlerde soğuyarak ağırlaşır ve yerçekiminin etkisiyle tekrar kazana geri döner. Dolaşımın hızı suyun gidiş ve dönüş sıcaklıklarına bağlı olarak değişir. Yoğunluk farkından kaynaklı basınç farklarının küçük olmasından dolayı dolaşımdaki sürtünme kayıplarını düşürmek için büyük boru çapları

kullanılır. Pompanın kullanılmadığı ve elektriğe ihtiyaç duymayan su sistemler özel uygulamalar hariç günümüzde pek de kullanılabılır değildir. Ayrıca sistemdeki hava nedeniyle iyi bir ısınma sağlanamayabilir [32].

Pompa (zorlanmış) dolaşımı: Bu sistemlerde su boru hatlarına pompa vasıtasıyla basılmaktadır. Pompa basınçlarının yüksek olmasından ötürü sistemin tüm bileşenlerinde güçlü bir sirkülasyon sağlanır. Boru çapları bu yüzden küçük seçilebilir. Sistem hem ekonomiktir hem de ısı kayıpları azdır. Ayrıca sistemde hava problemleri de çok yaşanmaz [32].

3.4.2. Kızgın sulu ısıtma sistemleri

TS 2736 standardına göre kazan çıkış sıcaklığının 110 °C üzerinde olduğu ve genellikle 120 -180 °C aralığında kazan çıkış suyu sıcaklığına sahip olan sistemlerdir. Suyun buharlaşmasının önüne geçmek için bu sistemlerde, sistem tarafından, çıkış su sıcaklığının doyma basıncından daha yüksek bir basınçla basınçlandırılması gerekir. Sistemin atmosfer ile teması yoktur. Çoğunlukla, kapasitesi büyük bölgelerin ısıtılmaları amacıyla ya da yüksek sıcaklık gerekliliğine sahip proseslerde kullanılır. Konutlarda, maliyetlerinin yüksek oluşu ve güvenlik açısından uygun olmamaları nedeniyle kullanılmazlar [32].

3.4.3. Buharlı ısıtma sistemleri

Buharlı sistemler konfor ısıtmasında pek kullanılmamakta olup genellikle çabuk ısıtılması gereken sergi ve fuar alanlarının ısıtılması amacıyla kullanılır. İşletme zorluğu açısından sıcak ve kızgın sulu ısıtma sistemlerinin kullanımı, buharlı sistemlerle kıyaslandığında daha yaygındır

Buharlı ısıtma sistemleri 3 kategoride incelenebilir. Alçak (düşük) basınçlı buharlı ısıtma sistemleri, kazan çıkış basıncının en çok 2 bar olduğu sistemlerdir. Yüksek basınçlı buharlı ısıtma sistemlerinde kazan çıkış basıncı 2 bardan daha fazlasına sahiptir. Vakumlu buharlı ısıtma sistemlerinde kazan çıkış basıncı atmosfer basıncından azdır ve 0,05 ile 0,75 barlık değişen basınç değerlerine sahiptir ve sıcaklığı da asgari 65 °C civarında olan sistemlerdir [32].

3.4.4. Sıcak hava ile ısıtma sistemleri

Klima santrali gibi bir merkezde ısıtılmış olan havanın kanallar vasıtasıyla ısıtılmak istenen mahale taşınmasıyla yapılan sistemlerdir. Özgül ısısının düşük olmasından ötürü hava kötü bir ısı taşıyıcıdır. Bu sebeple ısıtma için çok fazla sistemde dolaştırılması gerekir bunun için de büyük kesitli kanallara ve güçlü fanlara gerek duyar. Pahalı bir sistem olduğu için ısıtmanın yanında hava sirkülasyonunun da istendiği sinema, toplantı salonu, tiyatro gibi yerler için uygundur [32].

3.4.5. Kızgın yağ ile ısıtma sistemleri

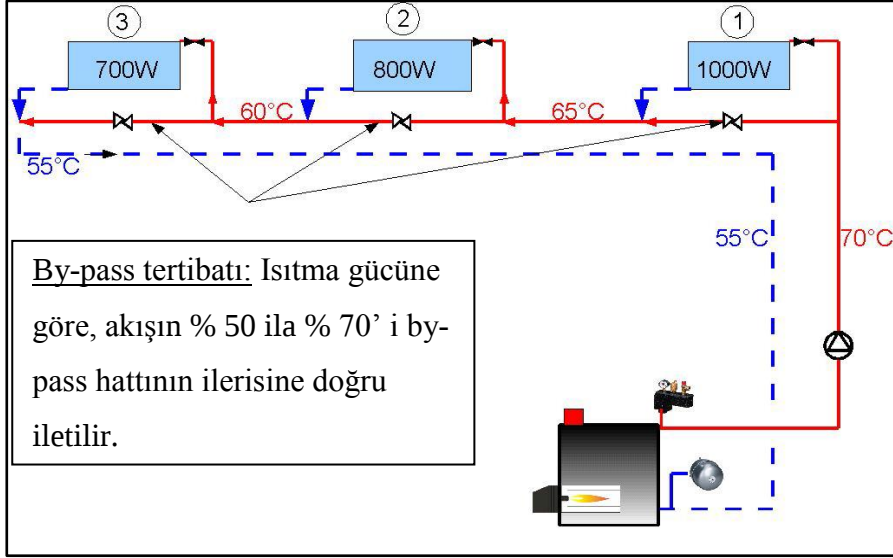
Bazı sistemlerde özel amaç için kaynama sıcaklıklarının 260 °C - 390 °C arasında olduğu ısı transfer yağları kullanılır. Basıncının yüksek olmamasından ayrıca korozyon yapmamasından ötürü kızgın yağlar diğer kızgın su ve buharlı sistemlere göre daha güvenlidir. Sistemin yatırım maliyetleri diğer sistemlerden daha azdır ve işletilmesi de daha kolaydır. Bundan dolayı ağaç, tekstil, otomotiv, kimya sanayi gibi endüstriyel olarak ısıtma ve kurutma ihtiyacı gibi yüksek sıcaklığın istendiği yerler için kızgın sulu ve buharlı sistemlere nazaran daha çok tercih edilmektedirler [32].

3.5. Kullanılan Borulama Sistemine Göre Isıtma Sistemleri

Kullanılan borulama sistemine göre ısıtma tesisatlarını 4 başlık altında incelenebilir. Bunlar aşağıda avantaj ve dezavantajları ile birlikte açıklanmıştır:

3.5.1. Tek borulu sistem

Kat kaloriferi tesisatlarında kullanılan tek borulu sistemde, kazanın ana su besleme borusu tüm radyatörlerden geçer. Her radyatör gerekli miktarda sıcak suyu branşmanla ana borudan alır. Ana borularda kesit daralır. Radyatörde soğutulan su ana boruya geri gönderilir. Her radyatörden sonra ana borudaki su sıcaklığı biraz düşer. Tüm radyatörlerde dolaşarak soğutulan ana borudaki su tekrar kazana verilir. Şekil 3.7’de sisteme örnek bir tesisat görülmektedir [33].



Şekil 3.7. Tek borulu kat kaloriferli örnek tesisat şeması [34]

Bu sistemin ana özelliği su dönüşüne yakın radyatörün çalışması için daima daha az sıcak su kullanmasıdır. Bu özelliğinden dolayı aynı hat üzerine kurulabilecek radyatör sayısı bellidir. Dağıtım yöntemi, akış borusu ilk önce kuzey radyatöre gelecek şekilde tasarlanmalıdır. Tek borulu sistem, çift borulu sisteme göre daha düşük yatırım maliyetine sahiptir ve görünümü daha güzeldir. Tek borulu sistemin dezavantajı kapı eşiğinde zeminden geçmesidir [33].

Avantajları;

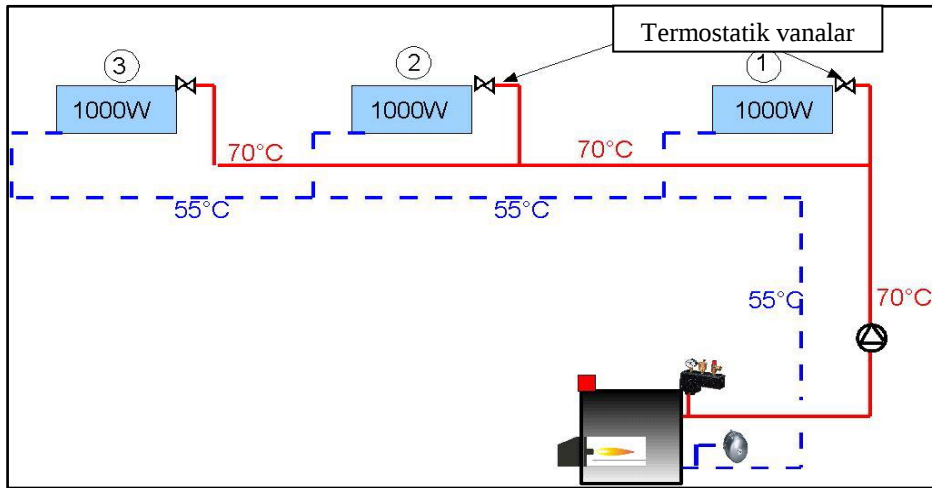
- Maliyeti düşük basit sistemlerdir.

Dezavantajları;

- Ardışık olarak bağlanan radyatörlerdeki giriş su sıcaklığı, hat boyunca azalır. Öyle ki bir sonraki radyatör eşit boyutlara sahip bile olsa daha az ısıtır.
- Bir hatta seri bağlanacak radyatörün sayısı sıcaklık düşüşünden ötürü sınırlıdır.
- Radyatörler seri bağlandığı için yüksek dirençlerden dolayı güçlü pompalar gerektirir bu da pompanın elektrik sarfıyatı arttırmaktadır [34].

3.5.2. Çift borulu sistem

Çift borulu sistemlerde kazandan çıkan sıcak ana besleme hattı her bir radyatöre bir branşman yardımı ile bağlanır. Böylece her bir radyatöre eşit sıcaklıkta besleme yapılmış olur. Radyatörlerde soğuyan su ise toplama hattı adı verilen ayrı bir ana kolonla tekrar kazana geri gönderilir. Çift borulu sistemlerde tek borulu sistemler gibi her radyatör çıkışında olan su sıcaklığı kaybı yaşanmaz. Şekil 3.8’de termostatik vana kullanılarak yapılmış çift borulu ısıtma tesisatı görülmektedir.



Şekil 3.8. Termostatik vanalı, kat kaloriferli, çift borulu örnek ısıtma tesisatı şeması [34]

Avantajları;

- Şu anda kullanılır durumda olan binalarda en yaygın kullanılan sistemdir.
- Radyatörlerin giriş sıcaklığı radyatörler paralel bağlandığı için, boru hattı boyunca sabit kalır. Aynı boru hattına bağlanan radyatörlerin ısıtma kapasitesinde azalma meydana gelmez.
- Paralel bağlanmış radyatörlerin düşük dirençleri nedeniyle yüksek güçte bir pompa gerektirmezler. Sadece kritik hattaki elemanların basınç kayıpları hesaplanarak pompa basma yüksekliği belirlenmektedir [34].

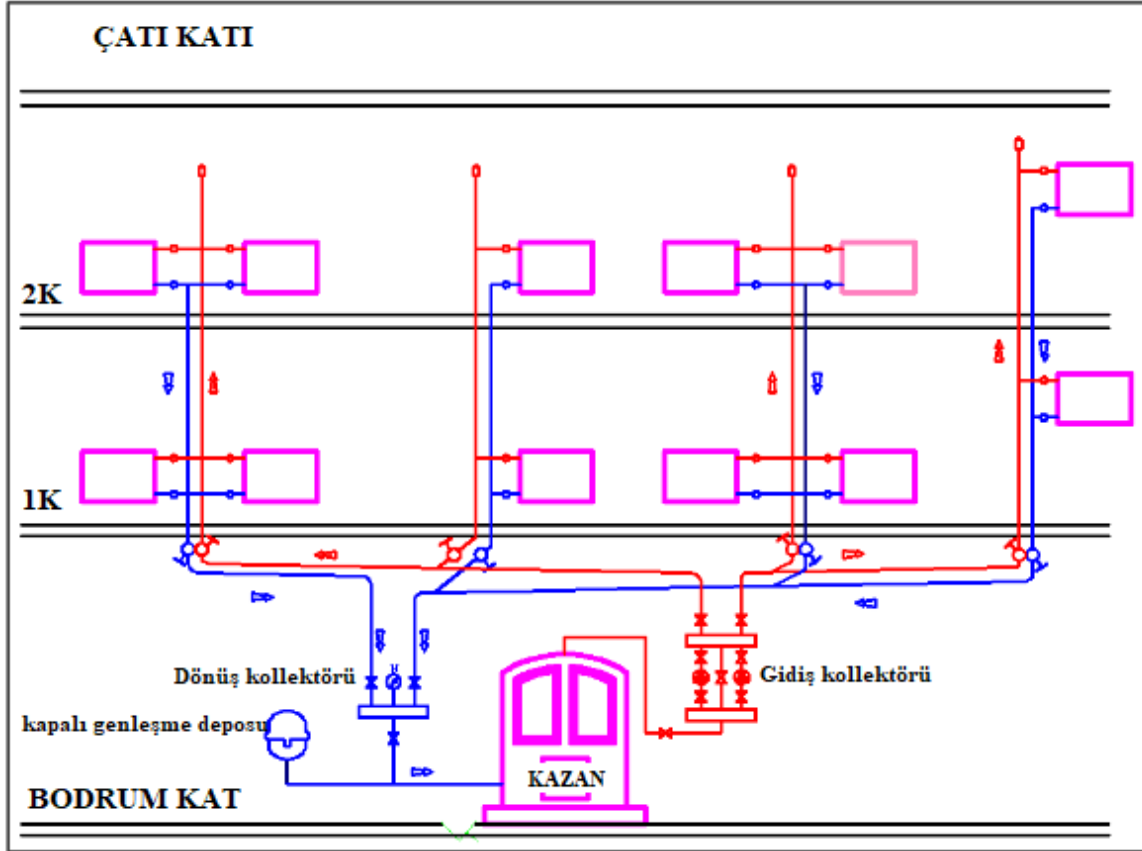
İki borulu pompalı sıcak sulu proseslerde başlıca uygulanan sistemler şunlardır:

Altan dağıtmalı ve alttan toplamalı ısıtma sistemi

Bu sistemde genellikle binanın bordum katına yerleştirilmiş bir sıcak su kazanından çıkan ana besleme hattı devirdaim pompalarının emiş kollektörüne gelir. Burada, pompa çıkış kollektörü, dağıtma kollektörü görevini üstlenir. Yataya yerleştirilmiş olan ana besleme boru hattı bodrum kattaki tavan seviyesinde istenilen bölgelere dağıtım yapar. Bu bölgelerden dik borular (besleme kolonu) vasıtasıyla sıcak su üst katlara ulaştırılır.

Besleme kolonundan her radyatöre branşmalar ile sıcak su bağlantısı yapılır. Radyatörden dönen sular ise yine besleme kolonuna paralel olarak yerleştirilmiş dönüş ya da toplama kolonuna branşmanlarla bağlanır. Dönüş hatları bodrumda yataydaki ana borulara bağlıdır. Yani radyatörlerden çıkan suların tamamı dönüş kollektörüne bağlıdır.

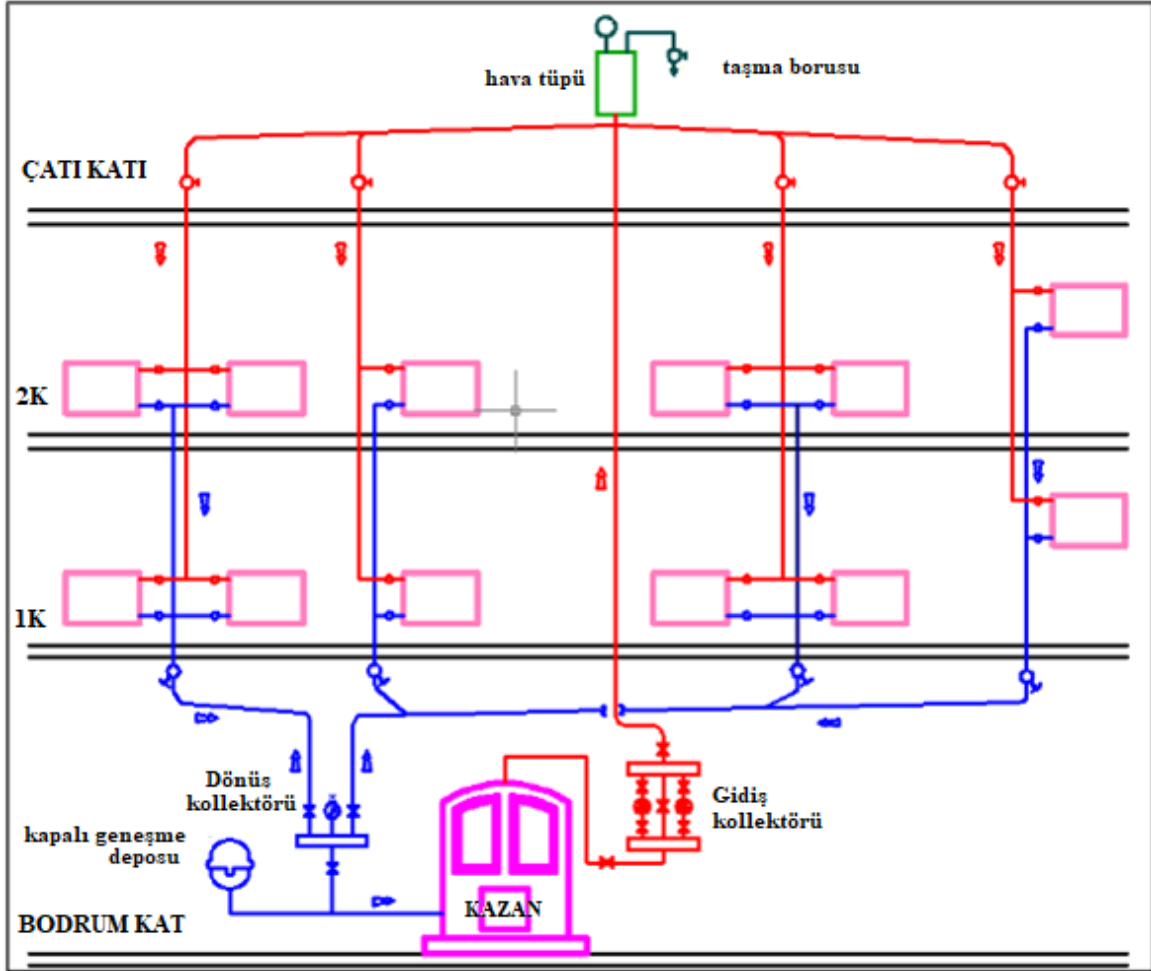
Kazanın girişinde bir kapalı genleşme deposu bulunur. Genleşme deposu ile kazanın arasında bir vana bulunması istenmez. Üst kata çıkan gidiş borusunda en üst noktaya, hava tüpüyle, 1/2" çapında hava boşaltım vanası ve otomatik pürjörün montajı yapılmalıdır. Bu hizada düşey hatlara doğru giden boruların % 2 eğime sahip olması gerekir. Yatay boru ve branşmanlara da eğim verilmelidir. Böylece sistemde oluşan hava kendiliğinden en üst noktaya çıkarak sistemden tahliyesi sağlanır. Bu doğal hareket pompaya da yardımcı olmaktadır. Şekil 3.9'da bu sisteme ait tesisat şeması yer almaktadır [35].



Şekil 3.9. Sıcak sulu, pompalı, kapalı genleşme depolu, alttan dağıtmalı alttan toplamalı merkezi ısıtma sistemi tesisat şeması [36]

Üstten dağıtmalı ve alttan toplamalı ısıtma sistemi

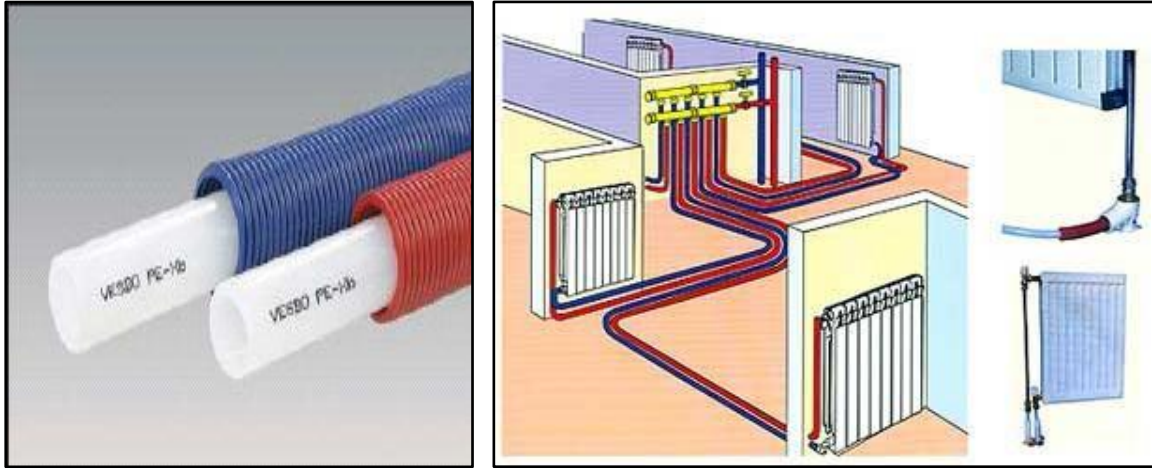
Bu sistemler tam çatı katlarına ve tam bir bodruma sahip binalarda için uygundur. Tüm katların tamamını eşit derecede, yani homojen olarak ısıtılması mümkündür. Bu sebeple en iyi çalışan sistem olarak tanımlanırlar. Şekil 3.10'da görülen üstten dağıtmalı alttan toplamalı ısıtma sisteminde, kazandan çıkan sıcak su ana besleme hattı ile çatı katına ulaşır ve buradan % 1 veya % 2 eğime sahip dağıtım boruları vasıtasıyla çatıdaki düşey hatlara gelir. Radyatörler bu düşey besleme kolonlarına branşmanlarla bağlanarak sıcak suyla beslenirler. Dönüş işlemleri ise bir önceki sistemle aynı şekle sahiptir. Çatı kata çıkan gidiş hattının en üst noktasına hava tüpü, hava boşaltım vanası (1/2") ile otomatik hava purjör montajının yapılması gereklidir [36].



Şekil 3.10. Sıcak sulu, pompalı, kapalı genleşme deposu, üstten dağıtım alttan toplamalı merkezi ısıtma sistemi [36]

Üstten dağıtım ve üstten toplamalı ısıtma sistemi

Bodrum katında boruların geçebileceği hiçbir alan yok ise şemsiye sistemi de denilen üstten dağıtım ve üstten toplamalı sistemler alternatif olabilir. Sistem yer çekimine karşı çalıştığından dolayı 90/70 °C sıcaklıktaki sistem için basınç kaybının hesabı yapılırken 1 metre düşey boru başına 12,5 mmss ekleme yapılması gerekir. Gidiş ile dönüş hattı için toplamda 25 mmss ekleme yapılmalıdır. Isıtma açısından istenmeyen bir sistem olup mevcut sistemlerin içerisinde en kötü sistemdir denilebilir. Gerekli olunmadıkça kullanılmaz ve bugün pek de uygulanan bir sistem değildir. Şekil 3.11’de bu sisteme örnek bir tesisat şeması görülmektedir [36].



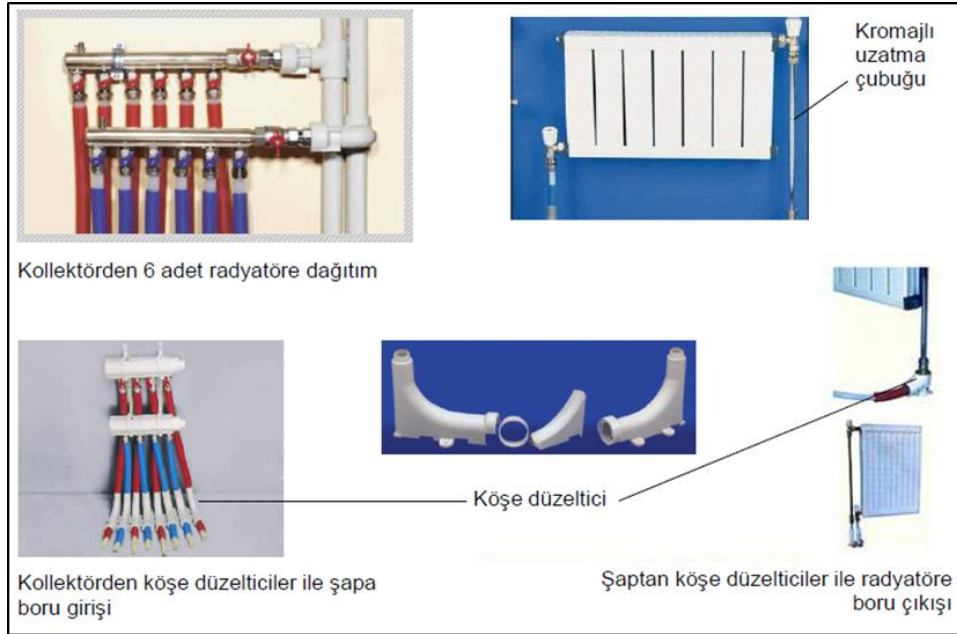
Şekil 3.12. Mobil sistem ve hazır koruyucu spiral kılıflı PE-X borusu [34]

Avantajları;

- Estetiktir, daire içerisinde gözü rahatsız edebilecek radyatör boruları görünmez, mekanlardaki kullanım alanlarını azaltmaz.
- Her radyatör için kolon çıkmaya ihtiyaç yoktur ve kolon sayısı teke düşer. Katlardaki beton tabya delme işlemleri azalır. Dolayısıyla kolon malzeme gerekliliği, işçilik maliyetleri ve montaj için harcanan zaman azalır.
- Kat içlerinde hızlıca uygulanabilir. En uygun olan yöntem, her katın ana kolonundan her bir radyatör için ayrı ayrı gidiş ve dönüş borularını zemine döşemektir. Borular kangal halinde temin edildiği için nakliyesi de kolay olmaktadır. Bağlantılar için kaynatma işlemleri yoktur, dolayısıyla kaynak makinesi gibi aletlere ihtiyaç duymadıkların için hızlı ve kolay montaj yapılabilir
- Katlarda her bir radyatör için ayrı gidiş ve dönüş boruları olmadığından kritik hattın uzunluğu azalır bunun yanında basınç kaybı da azdır. Kat içinde tesisatta fittings kullanılmadığı için yerel akış kayıpları düşüktür. Daha düşük basma yüksekliğinden dolayı küçük bir pompa yeterlidir bu da ilk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürür.
- Plastik boruların hasar görmesi durumunda, hasarlı boru spiral kılıf içerisinde kolaylıkla sökülerek yenisi ile değiştirilebilir. Borunun geçtiği zeminin kırılmasına neden yoktur. Bununla beraber sadece borusu değiştirilecek olan radyatörün vanasının kapatılması yeterlidir diğer vanaların kapatılmasına gerek olmadığı için onlar ısıtma işlemine devam edebilirler.
- Boruların kullanım ömürleri işletme sıcaklığı ve basıncına göre değişebilir fakat bu ömür 50 seneyi bulabilmektedir [34].

PE-X mobil sistem boruların döşenmesinde dikkat edilecek noktalar;

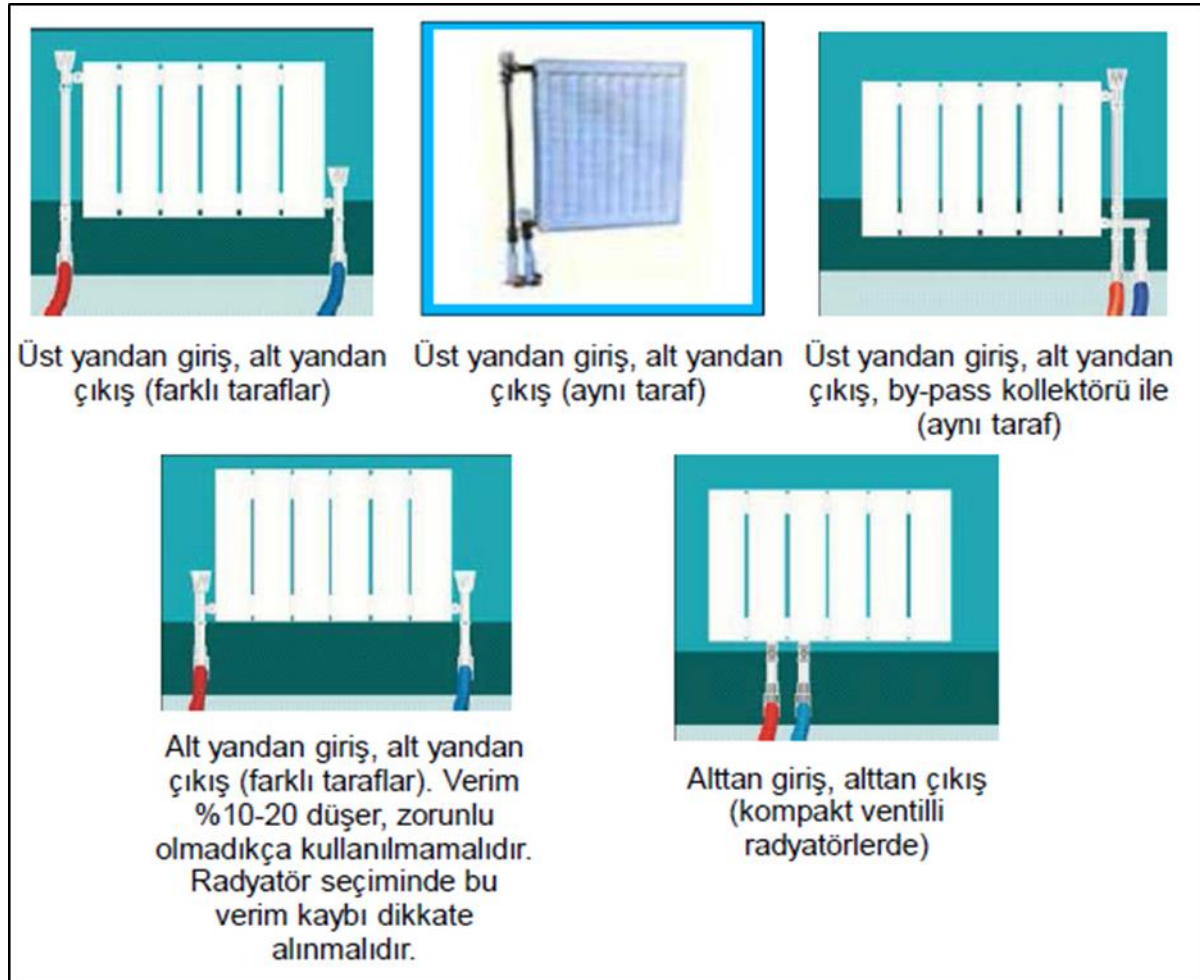
- 0 °C'nin altında döşeme işleminin yapılmaması gerekir. Döşeme yapabilmek için boruların ortam sıcaklığında (20 °C) depolanması istenir.
- PE-X borularının güneş ışığından uzak tutulması gereklidir.
- PE-X borular dışardan gelecek darbelere karşı korunmalıdır.
- -Borular döşenirken mümkün mertebe gerdin olmalı, keskin dönüş yapmaktan kaçınılmalıdır. Aksi durumda PE-X boruların değişimi gerektiğinde yeni boruların koruyucu kılıf borulardan geçirilmesi imkansız olacaktır.
- Kollektör giriş ve çıkışlarında zemindeki şap ile 90 derecelik bükülme olacağından buralarda köşe düzelticilerin kullanılması gereklidir. Bun düzelticiler borulardaki genleşmeleri dengeler ve çatlama ve sızıntı oluşumunu engellerler. Şekil 3.13'de kullanılan bu düzelticiler görülmektedir.
- -PE-X boruların zeminden çıkıp radyatöre bağlanabilmesi için radyatör kapatma vanalarının ağız tarafı aşağı bakacak şekilde olması gereklidir. Aksi takdirde bükülen boruda gerilim oluşabilir ve dolayısıyla çıkan ortaya zayıf noktalarda çatlamlar oluşabilecektir [34].



Şekil 3.13. PE-X Borularında kullanılan düzelticiler [34]

Mobil sistemlerde radyatör bağlantı şekilleri;

- Bağlantı yapılırken radyatörler giriş ve çıkışlarına vana konulmalıdır. Gerekli durumlarda tesisat suyunu boşaltılmaya gerek kalmadan ve sistem çalışırken bile bir tek radyatör, vanaları kapatılıp tesisattan sökülebilir. Radyatörün üst kısmına havanın boşaltılabilmesi için pürjör konulması gerekir.
- Eğer radyatörler 1,6 metreden uzun ise, suyun radyatör içinde sirkülasyonunu tam olarak yerine getirebilmesi ve radyatörlerden tam olarak ısı verim alınabilmesi için farklı noktalardan çapraz bağlanması gerekmektedir.
- Radyatörlerin bağlantısı yapılırken hiçbir zaman alttan gidiş ve üstten dönüş olacak şekilde yapılmamalıdır. Bu tür bağlantıda etkinlik (verim) kaybı % 45'le, %50'ye kadar çıkabilmektedir. Şekil 3.14'de radyatör bağlantı şekilleri gösterilmiştir [34].



Şekil 3.14. Mobil sistemlerde kullanılan radyatör bağlantı şekilleri [34]

3.5.4. Yerden (zemin altı) ısıtma sistemleri

Şap içerisine döşenen borular ile yapıldığı için bu sistemler genelde yeni binalarda uygulanmaktadır. Tesviyesi yapılan kat betonu üzerine duvarın kenarlarına ses yalıtımı sağlayan straforlar ve bunun da üzerine polipropilen folyolar serilerek uygulanır. Ardından döşemenin türüne ve boruların aralıklarına göre klipsli lamalar zemine sabitlenir. Bu lamalar yerine kendinden modüllü olan yalıtkan paneller de kullanılabilir. Bu paneller polipropilen folyo, strafor ve klipsli lamaların işlevine tümüyle sahiptirler.

Zemine döşenecek olan borular boyları, başlangıç noktasına monte edilecek olan, su dağıtma ve toplama ünitesi görevi yapan kollektörde devirdaim pompası olup olmaması durumuna göre 80 metre ile 120 metre aralığında sınırlı kalacağı için borular döşenirken tek bir grup halinde uygulanmamalıdır. Başlangıçtan itibaren uygun olan metrajda boru rezistans gibi zemine döşenir ardından başladığı noktaya tekrar döner. Bu gidiş ve dönüş işlemine bir grup adı verilir [34].

Borular, seçilmiş olan döşemenin türüne ve boruların aralıklarına göre döşendikten sonra her bir borunun ağzı kollektöre gelecek şekilde bağlanır. Resim 3.3'te kollektörün nasıl bağlandığı görülmektedir. Kollektörün bulunduğu yer, döşenecek boruların mekanlara eşit uzaklıkla olacak şekilde ayarlanmalıdır. Her bir grubun kontrolü ayrı bir vana vasıtasıyla yapılır. Mekan eğer büyük ise, ısıtma işleminden birden fazla grup kullanılabilir [34].

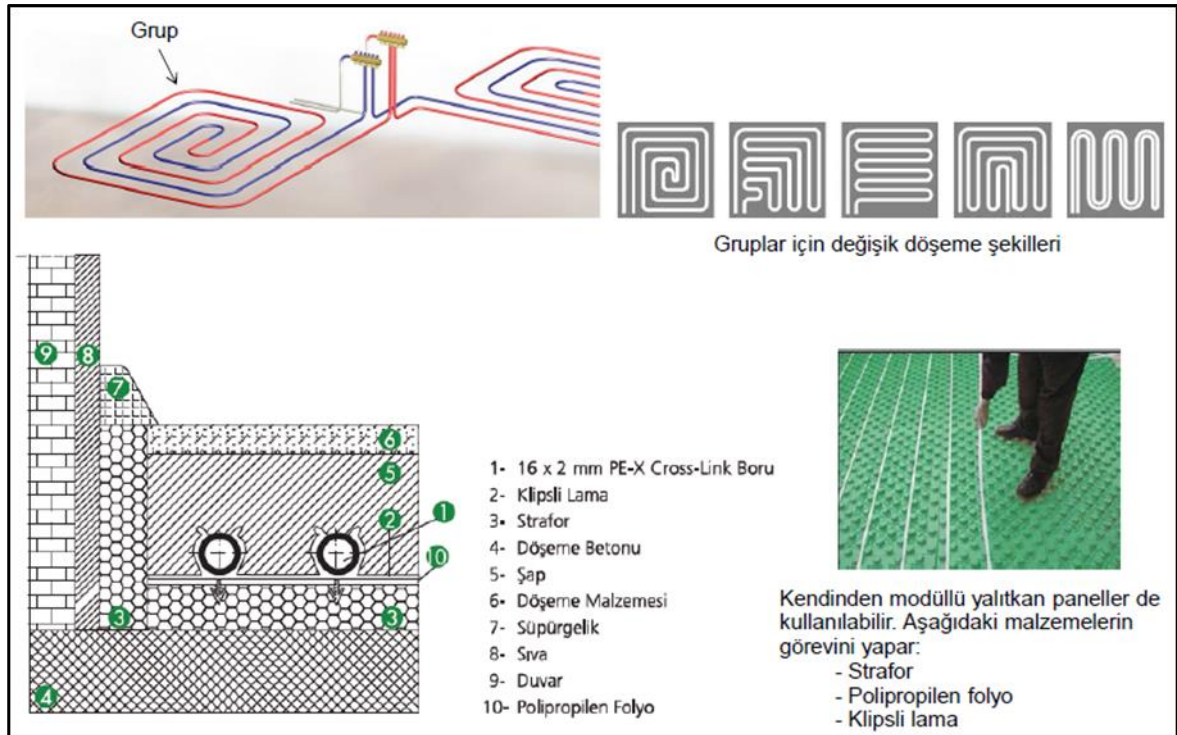


Resim 3.3. Kollektör bağlantı şekli [38]

Yerden ısıtma için kullanılacak olan boru çaplarının ve et kalınlıklarının da incelenmesinde fayda vardır. Kullanılan boruların çaplarına göre sutaşıma kapasiteleri değişeceğinden ve bunun da ısı verimi etkileyeceğinden ötürü kullanılan boruların et kalınlıklarının da ısı iletimi katsayısında etkisi büyüktür. Bunun yanında Şekil 3.15’de boruların farklı şekillerde döşenmesi, Çizelge 3.1’de ise ısıtma boru çap ve kapasiteleri görülmektedir [34].

Çizelge 3.1. PE-X yerden ısıtma boru çap ve kapasiteleri [34]

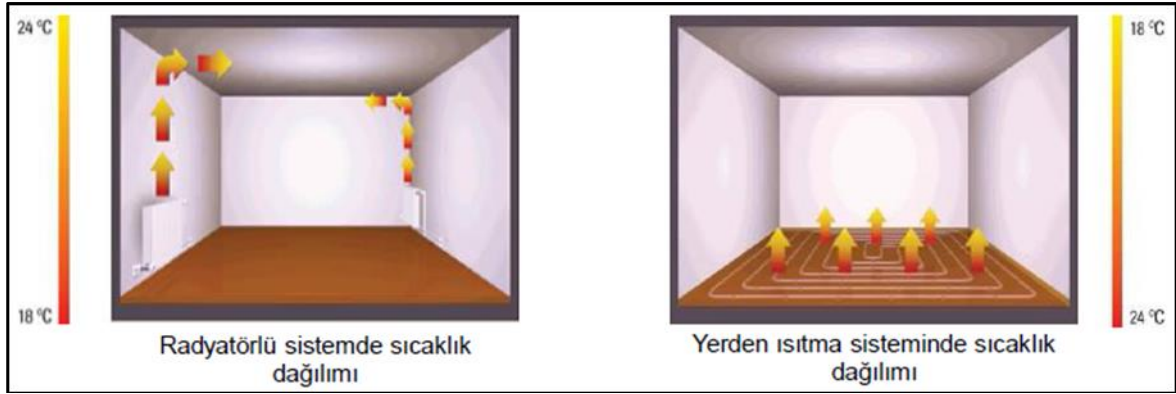
Çap	Et kalınlığı	Ağırlık	Su taşıma kapasitesi	Rulo boyu
14 (mm)	2 (mm)	0,078 (kg/m)	0,079 (l/m)	200 (m)
16 (mm)	2 (mm)	0,091 (kg/m)	0,113 (l/m)	200 (m)
17 (mm)	2 (mm)	0,098 (kg/m)	0,133 (l/m)	200 (m)
18 (mm)	2 (mm)	0,104 (kg/m)	0,154 (l/m)	200 (m)
20 (mm)	2 (mm)	0,120 (kg/m)	0,201 (l/m)	200 (m)
26 (mm)	3 (mm)	0,220 (kg/m)	0,314 (l/m)	100 (m)
32 (mm)	3 (mm)	0,260 (kg/m)	0,531 (l/m)	50 (m)



Şekil 3.15. Yerden ısıtma şekilleri [34]

Avantajları;

- Estetik bir görünüme sahip olduğu için ortamda boru ya da radyatör gibi göz rahatsız edici şeyler yoktur ayrıca bu durum mekana daha fazla kullanım alanı bırakır.
- Ortamda eşit bir ısıtma olacağından ötürü konforludur. Ayrıca ısı tavanda birikmez ve insan boyu seviyesinde kalacağı için daha etkin bir ısıtma sunar.
- Isıtma için kullanılan su ile ortamın sıcaklık farkının az olmasından dolayı radyatörlerdeki gibi odada aşırı bir hava akımı oluşturmazlar. Dolayısıyla tozun sirkülasyonunun da önüne geçileceğinden duvar ve perdelerde kirlenme meydana gelmez.
- Uygulama esnasında zemine strafor döşendiği için katlar arasında ayrıca ısı ve ses yalıtımı da sağlanmış olur.
- Çalışma sıcaklıkları gidiş ve dönüş hattında 40/30° C gibi düşük olduğundan ötürü yoğunlaşmalı kombi ya da kazan seçilmesi durumunda yüksek verimler elde edilebilir.
- Bu sistemler, radyatörlü sistemlere göre ısı dağılımı açısından daha homojen bir dağılım sağlar aynı zamanda ısınan havanın radyatörlü sistemlerdeki gibi tavan bölgesinde değil zeminde toplanmasını sağlar. Şekil 3.16'de bu durum daha iyi görülmektedir.
- Sistemde radyatör ve metal boru gibi parçalar olmadığından oksitlenme ve çürüme problemi olmaz
- Sadece bir kolon yeterli olduğu için beton tabya delme işlemi daha azdır. Dolayısıyla işçilik ve malzeme gibi maliyetle azalır ve montaj için gerekli sürelerde daha az olur.
- Kat içlerinde hızlıca uygulanabilir. En yaygın olan yöntem, her katta ana kolondan her bir radyatöre ayrı ayrı gidiş ve dönüş borularını zemine döşemektir. Borular kangal halinde temin edildiği için nakliyesi de kolay olmaktadır. Bağlantılar için kaynatma işlemleri yoktur, dolayısıyla kaynak makinesi gibi aletlere ihtiyaç duymadıkların için hızlı ve kolay montaj yapılabilir.
- Her oda kollektör bağlantısındaki vanası sayesinde istendiğinde kapatılarak istenen odalarınki açılabilir.
- Boruların kullanım ömürleri işletme sıcaklığı ve basıncına göre değişebilir fakat bu ömür 50 yıla kadar çıkabilmektedir [34].



Şekil 3.16. Yerden ısıtmanın radyatörlü sistemlere göre ısı dağılım şeması [34]

Yerden ısıtma borularının döşenmesinde dikkat edilecek noktalar;

- Sistem kurulmadan önce projelendirme ve çizim yapılması gerekir. Mahalin ısıtma ihtiyacı ve planına göre döşeme biçimi, grup sayısı, boru aralıkları, boru çap ve et kalınlıkları, kollektör ağız sayısı, boru metrajları, straforun kalınlık ve yoğunluğu gibi parametrelerin önceden belirlenmesi gerekir.
- 0 °C'nin altında döşeme işleminin yapılmaması gerekir. Döşeme yapabilmek için boruların ortam sıcaklığında (20 °C) depolanması istenir.
- PE-X borularının güneş ışığından uzak tutulması gereklidir.
- PE-X borular dışardan gelecek darbelere karşı korunmalıdır.
- Her bir grupta kullanılan boru uzunluklarının hidrolik balanslama açısından eşit olması gerekir.
- Şapa gömülen borularda kesinlikle ekleme işlemi yapılmamalı, her bir grupta için kullanılan borular tek parçadan oluşmalıdır.
- -Kollektör giriş ve çıkışlarında zemindeki şap ile 90 derecelik bükülme olacağından buralarda köşe düzelticilerin kullanılması gereklidir. Bun düzelticiler borulardaki genişmeleri dengeler ve çatlama ve sızıntı oluşumunu engellerler.
- Zeminde genişmeden veya deprem gibi nedenlerden dolayı dilatasyona veya derz aralıklarına ihtiyaç olabilir. Projenin tasarımında ve uygulamasında inşaat ekibi ile iş birliğinin sağlanması, gruplama yapılırken dilatasyonların ve derzlerin dikkate alınması ve boru hattının zemini geçmemesi gerekmektedir.
- Borular döşenirken birbirlerinin üzerlerinden atlama yapılmamalıdır.
- Borulara, bir kez şap dökülmeden önce ve bir kez de şap döküldükten sonra zemin malzemesi döşenmeden önce basınç testi uygulanması gerekir.

- Şap dökme işlemi yapılırken, boru ve şap arasında hava boşluklarının kalmamasına dikkat edilmelidir. Eğer hava boşluğu kalırsa o bölgede ısı perdesi oluşacağından mahale aktarılan ısı miktarı da azalır.
- Yerden ısıtmada kullanılan borular koruyucu kılıf borular kullanılmadan şapın içerisine doğrudan gömülürler. Bu yüzden ısıtma gidiş suyunun sıcaklığı maksimum 40 °C'dir. Eğer ısıtma gidiş suyunun sıcaklığı 50 °C'nin üstünde olursa, doğrudan şapın içerisine gömülü borularda ısıl genleşme olacağından şap ve zemin zarar görebilir. Bu sebeple, yerden ısıtma sistemleri uygulanırken pompadan hemen sonra, ısıtma gidişine mutlaka bir limit termostat koyulması gerekir [34].

3.6. Isıtma Tesisatının Temel Elemanları

Bu başlıkta bir ısıtma sisteminin temel elemanlarını içeren cihaz ve malzemeler listelenecektir.

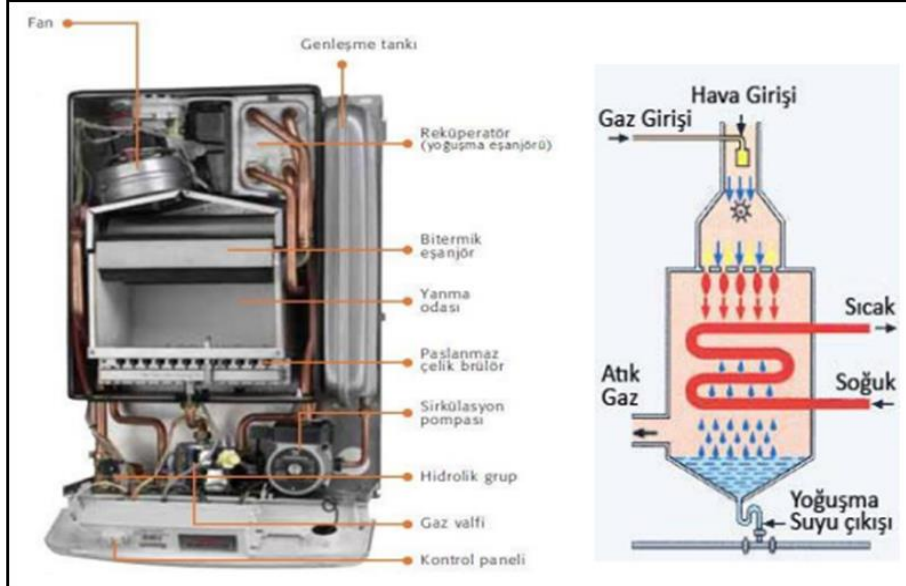
3.6.1. Kombiler

Kombiler şofbenlerdeki gibi borular ile gelen suyun ısıtılması ilkesine göre çalışırlar. Ayrıca kombiler hem sıcak su hem de ısıtma ihtiyacının sağlanması amacıyla kullanılırlar. Sıcak suyun kullanım önceliği olan kombilerde sıcak suyun musluğu açıldığı anda kombideki ani su ısıtıcısı sayesinde anında sıcak su verilir.

Kombiler genel olarak iki farklı kapasiteye sahiptirler. En sık kullanılanları 7 500 ila 20 000 kcal/h kapasitelerinde değişmektedir. Diğer cihazlarda ise 10 000 ila 30 000 kcal/h arası kapasite ayarı yapılabilmektedir. Kombi kullanılarak, yalıtımı iyi olan bir konutta 300-350 m²'ye kadar bir alanın ısıtılması mümkündür. Bu cihazlarda baca tepmesinden bacanın çekmemesine, aşırı ısınmadan alev sönmeye, donmaya ve gaz kaçağına kadar her türlü önlemler alınmıştır. Montaj kolaylığı ve az yer kaplaması gibi avantajları olan kombiler sessiz çalışırlar. Bunun yanında kombilere oda ve dış hava termostatları da bağlanabilmektedir. Kombiler, yanma için gerekli havayı alış şekillerine göre bacalı, hermetik ve yoğunlaşmalı olmak üzere üç gruba ayrılırlar [39]. Bunlardan bacalı olanlar artık teknolojik olarak geri kaldıkları ve üretilmedikleri için çalışmada yer verilmeyecektir.

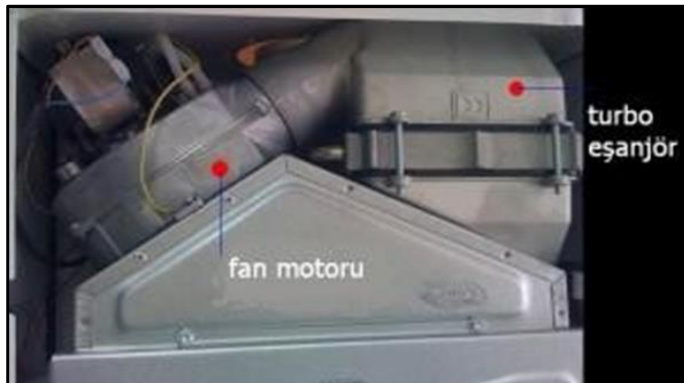
Hermetik kombiler

olur. Bu sebepten dolayı bu eşanjörlere “sekonder eşanjör” de denilir. Şekil 3.18’de örnek bir yoğuşmalı kombi içyapısı ve yoğuşma ünitesinin şekli görülmektedir [40].



Şekil 3.18. Yoğuşmalı kombi içyapısı ve yoğuşma devresi [35]

Yoğuşmalı kombilerin içerisinde konvansiyonel kombilerde bulunan iki adet eşanjöre ek olarak “turbo eşanjör” denilen üçüncü bir ısı değiştirgeci daha bulunur. Bu eşanjör fan motorunun üst kısmında, fan motorunun bitişiğinde bulunur. Şekil 3.19’de bu eşanjörün konumu gösterilmiştir.

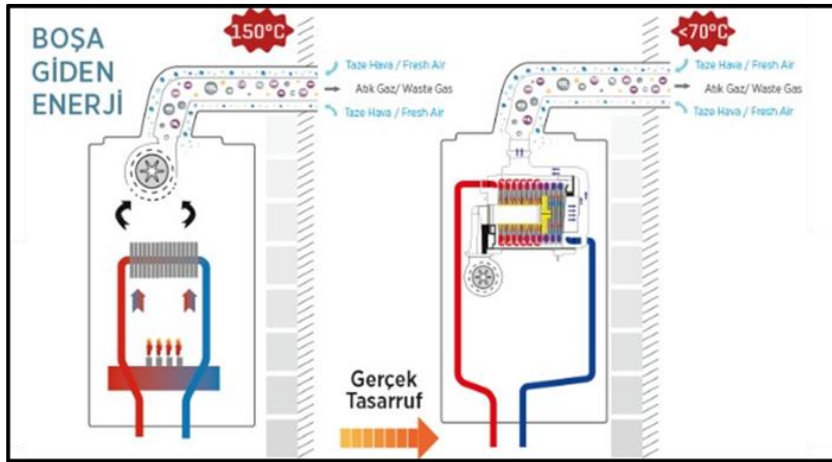


Şekil 3.19. Yoğuşmalı kombi de turbo eşanjörün konumu [40]

Doğalgazın hava ile yanması sonucu elde edilen sıcak atık gaz, atmosfere verilmeden önce son kez turbo eşanjörün yüzeyine temas ederek, ısınıp orada bırakarak atmosfere atılır. Bu

arada asidik özellikte olan yoğuşma suyu da yoğuşma sonucu açığa çıkar. Bu su tahliye edilmelidir. Tasarıma bağlı olarak yoğuşma eşanjörleri kazanın yan tarafına da yerleştirilebilir. Şekil 3.20, konvansiyonel ve yoğuşmalı kombilerin karşılaştırmasını göstermektedir. Yoğuşmalı kombine bir kazanda, egzoz gazını doğrudan çevreye veren geleneksel kombilerden farklı olarak, bu gazlar önce bir fan motoru yardımıyla yoğuşma eşanjörüne yönlendirilir ve sıcak atık gazların içerisindeki sudan dolayı soğuk olan eşanjör yüzeyine temas etmesi nedeniyle yoğuşma meydana gelir.

Konvansiyonel kombilerde % 93 verim söz konusudur çünkü su buharındaki ısı enerjisi bacadan atılır ve su buharının içindeki bu gizli enerji (ısı) göz ardı edilmiştir. Yoğuşmalı kombilerde ise bu verim % 109'a ulaşır çünkü giriş suyu ile baca gazları atmosfere bırakılmadan önce çarpıştırılır, bunun sonucunda baca gazlarındaki su buharında bulunan gizli ısıdan faydalanmış olur [40]. Burada bahsi geçen verimin %100'ün üzerinde olması, verim hesaplamasında doğalgazın alt ısı değerlerinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.20. Konvansiyonel ve kondenzasyonlu kombinin verimsel karşılaştırılması [40]

Kombilerin avantajları ve dezavantajları

Avantajları;

- Merkezi sistemin aksine her dairenin kendi kontrolüne sahip olmasına izin verir. Her daire yandığında yakıtını tam öder, ısıtırken ve mümkün olduğu kadar sıcak su kullanır. Apartmanda doğalgaz faturalarını daireye gönderme ve para toplama derdi ortadan kalkar.

- Hem ısıtma hem de kullanım sıcak suyu hemen temin edilebilir.
- Duvar yüzeyine montaj yapıldığından fazla yer kaplamaz.
- Sirkülasyon (devirdaim) pompası ve kapalı genleşme deposu üzerindedir. Paketi ve kompakt yapısı ile dairelerde rahatlıkla kullanabilirsiniz.

Dezavantajları;

- Birçok farklı kaliteye sahiptirler. Standart kombilerin hizmet ömrü kısa olup, sadece 5-7 yıl kadardır. Öte yandan kaliteli ve en son teknolojik ürünlerin kullanım ömrü ise 20 yıl civarlarındadır.
- İşletme giderleri merkezi sisteme göre daha fazladır. Ülkemizde dairelerin ortalama alanının 100 metrekare olduğu göz önüne alındığında iyi bir sıcak su hazırlamak için en az 20 000 kcal/h kapasiteli bir cihaza ihtiyaç olacağından, her daire için her zaman ısıtma ihtiyacından daha büyük ekipmanların seçilmesi gerekmektedir. Bu durumda dur-kalk sayısı arttıkça yakıt tüketimi ve servis maliyetleri artacaktır. Bu sorunu aşmak için oda sıcaklığına göre de modüle edilebilen üç tam modülasyonlu kombi ilk tercih olmalıdır. Kazan kesinlikle oda kontrol ekipmanları ile birlikte kullanılmalıdır.
- İşletme giderleri merkezi sisteme göre daha yüksektir. Türk dairelerinin ortalama alanının 100 metrekare olduğu göz önüne alındığında en az 20 000 kcal/saat kapasiteli sıcak suyu rahatça kullanabilmek için düşünüldüğünden, her daire için her zaman ısıtma ihtiyacından daha büyük ekipmanların seçilmesi gerekmektedir. Bu durumda dur-kalk sayısı arttıkça yakıt tüketimi ve servis maliyetleri artacaktır. Bu sorunu aşmak için oda sıcaklığına göre de modüle edilebilen üç tam modülasyonlu kombi ilk tercih olmalıdır. Kazan kesinlikle oda kontrol ekipmanları ile birlikte kullanılmalıdır.
- Standart kombinin verimi düşüktür ancak teknolojinin ilerlemesi ile yeni kombinin verimi % 93,5'e yükselmiştir. Bu değer, düşük kaliteli birçok yer tipi kazanda bile elde edilememektedir. Ayrıca günümüzde baca gazlarındaki su buharını yoğunlaştırarak % 107-109 verim sağlayan yoğunlaşmalı kazanlar ilk tercihtir. Alternatif olarak, yoğunlaşmalı bir kombi kullanılabilir.
- Çok katlı dairelerin olduğu yerleşim yerlerinde ilk yatırım maliyeti nispeten yüksektir. Merkezi sistem her zaman kombine sistemin fiyatının, 3-4 birimlik küçük bir daire hariç, her hanenin bir kombi satın aldığı zamandan daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Tüm avantaj ve dezavantajları değerlendirildiğinde, kombine sistemin sadece daireler için uygun olduğu ve avantajlı olduğu durum, her dairenin kendi ısıtmasını sağlamasıdır. Eğer apartman sakinlerinde birlik olursa merkezi kazan dairesi

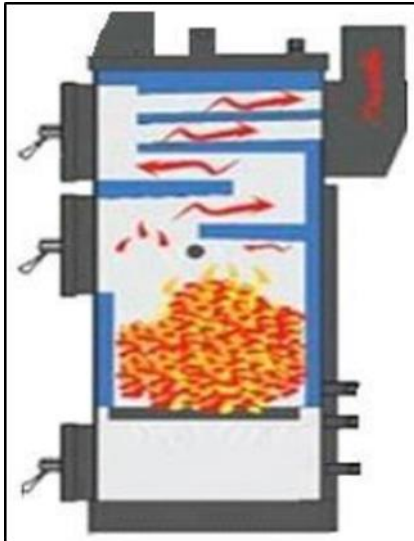
verimi daha yüksek ve ekonomik olacaktır. Küçük binalarda (4,5 katlı daire ya da küçük villalarda) kombi pratikliği ile öne çıkmaktadır. Vurgulanması gerekli olan konu, yüksek kaliteli üç tam modülasyonlu kombine kazanın seçilmiş olmasıdır [41].

3.6.2. Kat kaloriferleri

Kat kalorifer kazanları temel olarak yakıtları yakıtın cinsine göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, katı, sıvı ve gaz yakıtlı kazanlar olarak üçe ayrılır. Buna ek olarak elektrik kullanan kat kaloriferleri de vardır. Günümüz koşullarında en yaygın olarak kullanılan ve en popüler olan gaz yakıtlı kazanlardır. Katı yakıtı göre kullanımının daha rahat oluşu, otomatik kontrole sahip olması, yakıt depolama veya atık bertarafına gerek olmayışı ve verimliliğinin yüksek oluşuyla, gaz yakıtı olanlar çok tercih edilirler [42].

Katı yakıtlı kat kaloriferi

Villalar, müstakil evler ve apartmanlar için üretilirler. Bu tip kazanlar yakıt açısından odun, kömür vb. kullanırlar. Şekil 3.21’de katı yakıtlı örnek bir kat kaloriferi ve içyapısı görülmektedir.



Şekil 3.21. Katı yakıtlı kat kaloriferi ve içyapısı [42]

Katı yakıtlı kat kaloriferinde katı yakıt kazana elle yüklenebildiği gibi otomatik (stokerle) olarak da yüklenebilir. Resim 3.4’de otomatik yüklemeli kat kaloriferi görülmektedir. Yük,

kazan kapağının alt tabakasını geçmemelidir. Kullanılan kömür çok büyük olmamalıdır. Yakmak için kazana yüklenmiş olan kömür, tahta parçalarıyla yardımıyla tutuşturulur. Daha iyi yanma sağlamak için hava fan tarafından ayarlanır.



Resim 3.4. Otomatik yüklemeli kat kaloriferi [42]

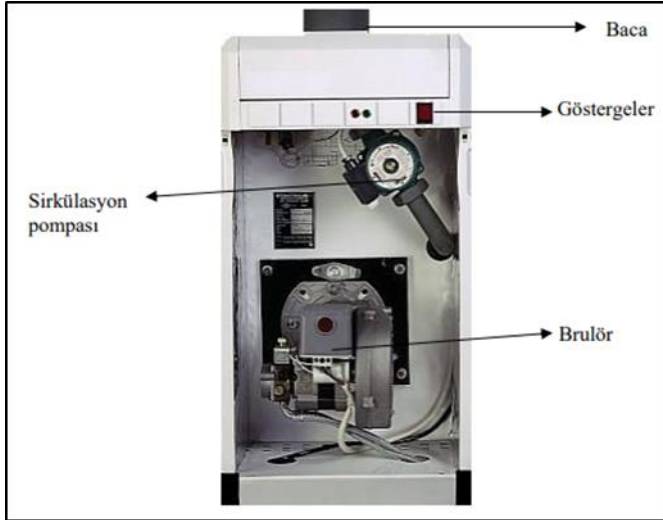
Kazan banyo, mutfak, yatak odası vb. yerlere yerleştirilmemelidir. Kazanın yeri seçilirken, binanın etkin bir şekilde ısıtma sağlayabilecek en uygun bölümünün seçilmesine öncelik verilmelidir. Baca bağlantısı iyi yapılmalıdır. Ayrıca müstakil bir konutta kurulacak ve montaj evin bodrum katına yerleştirilecekse pencerelerin boyutlarının uygun olmasına dikkat edilmesi gerekir.

Katı yakıtlı ısıtma sistemlerinde, Açık bir genişleme tankı kullanılırsa, bu durum, sistemin daha güvenli ve verimli çalışmasına yardımcı olur. Gerekli değişiklikler yapılarak katı yakıtlı kazan gaz yakıtı kullanacak şekilde dönüştürülebilir. Kat kaloriferi, sıcak su ve ısıtma ihtiyaçlarımızı karşılayacak şekilde tasarlanabilir. Bir termostat yardımıyla kazanda üretilen su istenilen sıcaklığa ayarlanabilir [35].

Sıvı yakıtlı kat kaloriferi

Sıvı yakıtlı kazanlarda yakıt olarak motorin ve akaryakıt yakılır. Katı yakıtlı olan kat kaloriferi kazanlarından farklı olarak sistemde brülör bulunur. Daha temiz, daha düzenli bir ortama sahip olmak bu kazanların bir avantajdır. Yakıt deposu, kazandan ayrı olarak monte edilmiştir. Brülör, yakıt deposundan aldığı yakıtı ucundaki nozullar (memeler) yardımıyla

yanma odasına püskürtür. Meme açısı yanma odasının boyutuna göre seçilir. Verimlilikleri katı yakıtlı kazanlardan daha yüksektir. Hızlı devreye girer ve otomasyona uygundurlar. Şekil 3.22’de örnek bir sıvı yakıtlı kat kaloriferinin içyapısı görülmektedir.



Şekil 3.22. Sıvı yakıtlı örnek bir kat kaloriferi içyapısı [42]

Normal tasarımlı boylersiz kazanların yanında boylerli kazanlar da vardır. Boyler ile günlük sıcak su ihtiyacını karşılayabiliriz. Kazanlar, iyi yalıtım, sessiz ve verimli çalışma ve suyun hızlı ısıtılması yoluyla yakıt tasarrufu sağlar. Emniyet termostatu suyun aşırı ısınmasını, otomatik tahliye purjörü kazanda hava oluşumunu engellerler ve emniyet valfi sayesinde de kapalı sistemde olası basınç artışlarını önüne geçilerek tam bir güvenlik sağlanır.

Kazanda yaz/kış ayarı yapıldığında sadece sıcak su kullanılabilir veya aynı anda hem sıcak su hem de ısıtma sağlanabilir. Sıcaklık, kazan üzerindeki bir termometre ile kazan basıncı ise bir manometre ile kontrol edilebilir. Program saatlerinin ayarlanmasıyla saatlik, günlük, haftalık ve daha uzun ayarlamalar yapılabilir.

Kat kaloriferlerinin uzun bir ömre sahip olması için, tesisatın ve kazanların kireçlenmesini önlemek amacıyla yumuşak suyun kullanılması tavsiye edilmektedir. Tesisattaki su gereksiz yere tahliye edilmemelidir. Kapalı genişleme tankı kullanılmalı, dönüş hattına filtre konulmalıdır. Boşaltma valfi tesisatın en alt noktasına, tahliye valfi ise tesisatın en yüksek noktasına konulması gerekir. Radyatör giriş ve çıkışında birer vana konulmasında

fayda vardır. Yakıt deposu ve kat kaloriferinin yakınında şömine veya soba gibi yanıcı başka cihazlar bulunmamalıdır. Resim 3.5’te sıvı yakıtlı kat kaloriferlerinde kullanılan çeşitli brülörler görünmektedir [35].



Resim 3.5. Brülör çeşitleri [42]

Gaz yakıtlı kat kaloriferi

Gaz yakıtlı kazanlar katı, sıvı ve gaz yakıtlı kat kaloriferleri arasında en yüksek verime sahip olanıdır. Bunun nedeni doğalgazın yüksek yanma verimine sahip olması ve kazan tasarımının teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişmesidir. Doğalgazın çok temiz ve çevre dostu olması, nakliye ve depolama sorunu olmaması, kolay kullanımı, sıcaklık kontrolü ve yüksek ısı verimi ile alternatif enerjide ön plandadır. Bu nedenle doğalgaz kullanan yakıcı cihazların çeşitleri hızla artmaktadır. Resim 3.6’da doğal gazlı kat kaloriferin içyapısı görülmektedir.

Kat kaloriferi kazanlar villalarda, müstakil evlerde ve apartman dairelerinde kullanılmaktadır. Gerekli ayarları yapmak için uzaktan kumanda sistemi kullanılabilir. Dahili eşanjörü nedeniyle evin sıcak su ihtiyacını kolaylıkla karşılayabilir. Yaz aylarında ayar yapılarak sıcak su elde edilebilir. Kazan kapasitesinin evin ısı ihtiyacını giderebilecek türde olması gerekir. Gaz yakıtlı Kat kaloriferleri, diğer yerler sistemlerdeki gibi yatak odası, mutfak, balkon veya salona yerleştirilmemelidir. Bacanın bağlantısının çok iyi olması gerekir. Yanma için gerekli havanın ayarı iyi yapılmalıdır. Geniş aralıklı modülasyon özellikleri sayesinde gereksiz enerji tüketiminin önüne geçilebilir. Bunun yanında konforlu bir ısıtma sağlar [35].



Resim 3.6. Doğalgazlı kat kaloriferi içyapısı [42]

Elektrikli kat kaloriferi

Günümüzde çok popüler olmasa da aslında % 99 verimle çalışır. Diğer kat kaloriferleri ile karşılaştırıldığında, riski çok düşüktür. Bağlı olduğu elektrikli cihaz tesisatının sağlam ve gerekli kalınlıkta çekilmiş olması gerekir. Yakıt yakmadığından dolayı çok sessiz çalışır. Otomatik kontrol çok kolaydır. Kesinlikle çevreye atık bırakmazlar. Ortama yakıt dökülmesi, gaz sıkışması vb. problemleri yoktur. Elektriğin sürekli bir enerji olması sebebiyle depolama diye bir şeye gerek duyulmaz. Isıtma tesisatlarında kullanılabileceği gibi sıcak kullanım suyu ihtiyacını karşılamak için de kullanılabilirler. Resim 3.7’de örnek bir elektrikli kat kaloriferi ve içyapısı görünmektedir [42].



Resim 3.7. Elektrikli kat kaloriferi ve içyapısı [12]

3.6.3. Radyatörler

Isıtma sistemlerinde en çok kullanılan ısı dağıtıcıları radyatörlerdir. Radyatördeki toplam ısı transferinin yaklaşık % 70-80'i konveksiyon, % 20-30'u radyasyon (konveksiyon) yoluyla olmasına rağmen, geçmişte yanlış isimlendirilen radyatör ismi günümüzde hala kullanılmaktadır.[43].

Dört tip radyatör çeşidi mevcuttur, bunlar aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır:

Panel radyatörler

Şekillendirilmiş preslenmiş iki levhanın bir araya getirilerek alın altına özel kaynaklarla birleştirilmesi sonucunda üretilirler. Yaklaşık 1 milimetre kalınlığında sacdan imal edilirler. Isıtıcı içerisinde dolaşan akışkan, küçük çaplı fakat çok sayıda kanala dağılarak ısıtma yapar. Isıl verimi arttırmak için dikey kanatlar ısıtıcının iç yüzeyine kaynak yapılarak 7 kg/cm^2 basınç altında test edilerek piyasaya sürülmektedirler. Bu ısıtıcılar için panel radyatör adı da kullanılır.

Panel ısıtıcının üretim yüksekliği 300-900 mm, boyu ise 400-3 000 mm'dir. Panel ısıtıcılar, ısıtma akışkanını taşıyan yüzeyin adını alırlar. Kendi içlerinde panel kanat (PK), panel kanat kanat panel (PKKP), panel (P), panel kanat panel (PKP) ve olarak çeşitlendirilmişlerdir. Resim 3.8'de örnek bir panel radyatör ve içyapısı görülmektedir.

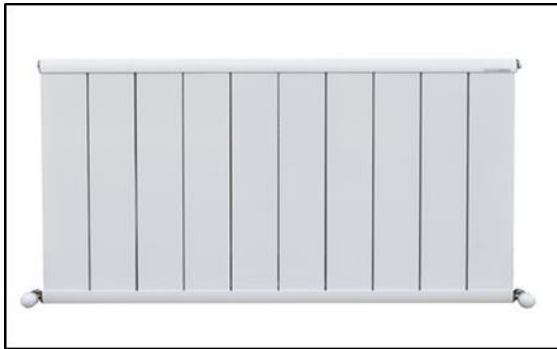


Resim 3.8. Panel Radyatör ve kesiti [43]

Panel ısıtıcılar kolay montaja sahiptirler. Piyasadaki ısıtıcılarla beraber temin edilen taşıyıcı konsolu, yan kol tutucu, M5 vidalar, Ø 10 milimetre dübel, M12 vidalar, plastik pabuçlar, kör tapalar ve purjörli tapaları ile monte edilirler. Montaj, ısıtıcının boyutuna uygun noktalarda delikler açarak dübellerin yerleştirilmesiyle başlar. Taşıyıcı konsolunun monte edilmesiyle ısıtıcı buraya asılır. Branşman bağlantısının diğer tarafındaki ısıtıcı deliği tapa ve purjörli tapa ile kapatılır. Yeterli verim elde etmek için yerden en az 100 mm yüksekliğe kurulmalıdır. Bir niş içine yerleştirilirse; P ve PK için en az 30 milimetre, PKKP içinse en az 60 milimetre nişin kenarından boşluk bırakılmalıdır [43].

Alüminyum radyatörler

Alüminyum ısıtıcılar dilimli olarak pres-döküm yöntemiyle üretilmektedir. Dış görünümü ve pürüzsüz yüzeyi sayesinde göze hoş görünürler. Dilimlerin arasındaki kanatlar sayesinde havanın temas alanı mümkün olduğunca arttırılmıştır. Alüminyumdan yapılmış olmasından dolayı bu tür ısıtıcılar oldukça hafiftir. Bununla beraber maliyeti yüksek denilebilir. Isıtma sıvısı olarak oksijen içeriği yüksek olan su kullanılırsa, korozyon riski vardır. Bu sebeple, suyun geçtiği kanallara, bazı alüminyum radyatörlerde çelik borular yerleştirilir. Çelik olan bu borular alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Hava türbülansını ve termal gücünü artırmak için radyatörler kanatlara şekillendirilirler. Resim 3.9'da örnek bir alüminyum radyatör görülmektedir [43].



Resim 3.9. Alüminyum radyatör [43]

Döküm radyatörler

Döküm radyatörler dilimler halinde üretilir, kapasiteleri isteğe göre ayarlanabilirler. Pratik olarak 30 dilime kadar gruplama yapılabilirler. Zorunlu hallerde dilimli gruplar artırılabilir. Giriş ve çıkışın farklı tarafta olması gerekir (çapraz bağlantı). Dökme demir korozyona karşı dayanıklı olup bu nedenle ömürleri uzundur. Döküm radyatörler genel olarak 4 bar basınca kadar sıcak su sistemlerinde kullanılabilirler. Her bir dilimin 60 mm. kalınlığı mevcuttur. Resim 3.10’da örnek döküm dilim radyatör çeşidi görülmektedir [43].



Resim 3.10. Döküm dilim radyatör [43]

Çelik Radyatörler

Bu tür radyatör minimum 1,25 milimetre kalınlığında pastan temizlenmiş ve genellikle yapısal çeliği Fe-37 saçtan imal edilirler. Sıcak sulu sistemlerde maksimum işletme basıncı 4 bar değerindedir. Döküm radyatörlere göre çelik radyatörlere daha hafif ve ucuzdurlar. Kaçakları kaynakla tamir edilebilir. Korozyona karşı dayanıklı değildirler. Resim 3.11’de çelik radyatöre ait resim görülmektedir [43].



Resim 3.11. Çelik radyatör [44]

3.6.4. Borular

Bir ısıtma tesisatında 4 çeşit boru tipi kullanılmaktadır. Boru seçimi özellikle boru çapı seçimleri çok önemlidir. Kullanılan boruların tiplerine göre avantaj ve dezavantajları bulunabilir. Bu borular aşağıda belirtilmiştir:

Bakır borular;

- Mevcut binalarda açıktan geçen ısıtma tesisatında kullanılırlar.
- Hoş bir görünüme sahiptirler ayrıca cila ya da boya uygulanabilir. Sıcak su geçtiğinde plastik bir boru gibi deforme olmaz ve sarkmaz.
- Kesit daralması sebebiyle, bakır boru ek parçalarının akış direnci plastik boru ve parçalarına göre daha küçüktür.
- Oksijeni geçirmezler. Resim 3.12’de örnek bakır boru ve bağlantı elemanları görülmektedir [34].

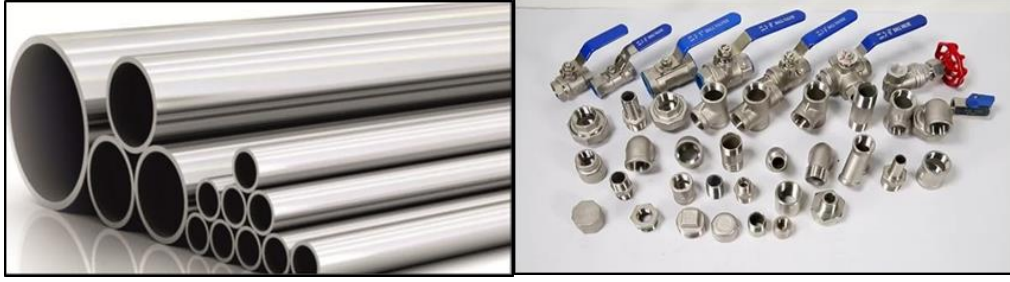


Resim 3.12. Bakır boru ve bağlantı elemanları

Bakır boru ve bakır alaşımlı borular kullanma amacına göre farklı sertlik dereceleri ve standartlarda imal edilir. Tanımlanmış hizmet tipine göre çalışma sıcaklığı, basınç ve birleştirme yöntemi için doğru tipte bakır borunun kullanılması önemlidir. Ülkemizde geçerli olan TS EN 12449 no'lu “Bakır ve Bakır Alaşımlı Dikişsiz Çekme Boru” standardıdır. Amerikan normlarına göre alaşımlı dikişsiz bakır çekme borular O61 tavllanmış, H55 yumuşak çekme veya H80 sert çekme sonrası yumuşatılmış normal, standart normal ve ağır seri kalınlıklarında kullanılmaktadır. Amerikan normlarında alaşımlı çekme bakır borular, ASTM B88M'e göre K, L veya M tipi O60 tavllanmış olarak imal edilir. H sert çekme sonrası yumuşatılmış veya ASTM B75/B75M'e göre O60 az tavllanmış yumuşatılmış borular, soğutma gaz tesisatı için tip L sert çekme, sifonlar için Tip L yumuşak, numune hatları için Tip L sert çekme olarak tanımlanır ve kullanılır [45].

Çelik borular;

- Mekanik dayanımı iyidir ve uzun ömürlüdürler.
- Oksijeni geçirmezler.
- Fittingslerle borular kaynaklı olarak birleştirilmelidirler. Kapalı ısıtma tesisatında kullanıldığında dişli fittingsler oksijen girişine neden olurlar. Resim 3.13'de çelik boru ve bağlantı elemanları görülmektedir [34].



Resim 3.13. Çelik boru ve bağlantı elemanları

Galvanizli çelik borular;

- Açık bir tesisat olan kullanım suyu boru hatları için galvanizli çelik borular kullanılmaktadır, çünkü boru hattının iç yüzeyinin korozyona dirençli olması ihtiyaç istenir.
- Boru hattından geçen suyun sıcaklığı 60 °C'yi geçmemelidir. Bu sıcaklığın üzerinde boru hattının iç duvarında sudaki maddelerin oluşturduğu koruyucu tabaka oluşmayacak ve açık tesisatın boru hatları korozyona uğrayacaktır. Bunun yanında galvaniz tabakası bu sıcaklığın üzerinde erir ve kullanma suyuna karışır. Yüksek korozyon riski nedeniyle sıcak su tesisatlarında (Z sirkülasyon boru hatları dahil) kullanılması uygun değildir.
- Isı taşıyıcı akışkanın sıcaklığının 100 °C'yi geçtiği güneş enerjisi sistemlerinde galvanizli çelik borular kullanılmamalıdır, çünkü galvanizli tabaka yüksek sıcaklıklarda erir ve ısı taşıyıcı akışkana karışırlar.
- Galvanizleme kalitesi (kalınlık, homojenlik) yukarıda belirtilen hasarın başlangıç sınırını etkiler.
- Bakır malzemelerle kullanıldığında akış yönü sırasına dikkat edilmesi gerekir. Akış yönü olarak bakır borulardan sonra galvanizli borular kullanılmamalıdır. Resim 3.14'de galvanizli çelik boru ve bağlantı elemanları görülmektedir [34].



Resim 3.14. Galvanizli çelik boru ve bağlantı elemanları

Plastik borular;

- Mevcut binalarda açık ısıtma borularında kullanılırlar.
- Hafif ve taşınması kolaydır.
- Maliyetleri düşüktür.
- Sıcak suda esnekliği yüksektir, bu yüzden sıcak su geçerken deformasyonu ve sarkmayı önlemek için alüminyum folyoya sahip plastik borular kullanılmalıdır.
- Plastik borular iyi bir yapı malzemesi olmasıyla birlikte açıktan geçtiği zamanlarda güneş ışığı plastik boruyu zamanla kırılgan ve gevrek bir hale getirir.
- Boru ek parçalarının kaynağındaki kesitin daha dar olması nedeniyle akış direnci yüksektir.
- Oksijen korumasız şekilde imal plastik borular, oksijenin geçmesine izin verirler.
- Bilhassa yerden ısıtma için kullanılan sistemlerinde "oksijen bariyerli" boruların kullanılması gerekir.
- Kalorifer tesisatı uygulamalarında PPRC (PolyPropylene Random Copilmer) tipi borular kullanır ve alüminyum folyolu borular sıcaklık değiştiğinde deformasyona neden olmazlar.
- Mobil olan sistemlerde plastik borular kullanılmaktadır.
- Yerden ısıtma tesisatı için PE-X ve PP-RC borular kullanılmaktadır [34].

Resim 3.15’de çeşitli markaların plastik boru ve bağlantı elemanları görülmektedir.



Resim 3.15. Plastik boru ve bağlantı elemanları

Borularda bakım ve temizlik

Tüm borular ve bağlantı elemanları sahaya sevk edildiği zaman ve depolanırken boruların aksel deformasyonu, içine kir, pislik ve istenmeyen malzemelerin girmesini engellemek için imalatçı tavsiyesi doğrultuda yerleştirilmelidir. Temin edilen borular boyalı, ön yalıtımlı ve kaplamalı olabilir. İhtiyaç halinde antipas boya veya kaplama malzemesine göre tamir edilmelidirler.

Montajdan önce çapak, pas, tartar, kir ve benzeri yabancı maddelerden arındırılmalıdır. Montaj süresince boşta kalan kalan açık uçlar geçici koruma önlemi olarak sıkı geçme metal, plastik tapalar veya benzeri kapaklar ile kapatılmalıdır.

Montaj esnasında sisteme giren ve yapışan yabancı malzeme miktarını en aza indirmek çok önemlidir. Tüm borular ve bağlantı parçaları temiz ve passız olmalıdır. Nihai kapatmadan önce hiçbir açık uç bırakılmamalıdır. Tüm boru bağlantı noktaları temizlenmeli ve düzeltilmelidir. Kir ve artıkların boru devresi sistem suyuna girmesini önlemek için şu tedbirler alınmalıdır;

- Boru hattı ve bileşenlerinin iç yüzeylerindeki tartar veya yağlar temizlenmelidir.
- Montaj sırasında oluşan toprak, keten, macun, talaş veya inşaat malzemelerinin temizlenmesi gerekir.
- Boru hattı içerisinde aşındırıcı veya kimyasal akışkanlar, korozyon önleyiciler veya antifriz dâhil tümünün temizliği önemlidir.

- Fueloil yakıt boru tesisatı, doğalgaz tesisatı sadece temiz kullanma suyu niteliğindeki su ile temizlenir, borular için başka bir kimyasal temizleyiciye izin verilmemektedir [45].

3.6.5. Genleşme depoları

Isıtma sisteminde su ısındıkça hacimleri genişler ve sistemde daha fazla yer kaplamaya başlar. Bu genişmiş olan suyun bir yerde toplanması ve sahip olduğu enerjini (ısısını) bırakması gerekir. Sistemde bu işlemi gerçekleştiren tanka genleşme deposu veya "imbisat tankı" adı verilir. Genleşme tankının işlevleri şu şekilde sıralanabilir;

- Sistemde ısınmış olan suyun toplanıp soğuşmasını sağlamak,
- Sistemde su sıkıntısı olması durumunda su ikmalini yapmak,
- Herhangi bir basınç artışı durumunda sistemin dengesini sağlamak için fazla basıncı tahliye etmek,
- Soğutma suyunu kazana geri vererek kazan sıcaklığının tehlikeli seviyelere ulaşmasını önlemektir.

Resim 3.16'da çeşitli kapalı genleşme depoları görülmektedir.



Resim 3.16. Kapalı genleşme depoları [42]

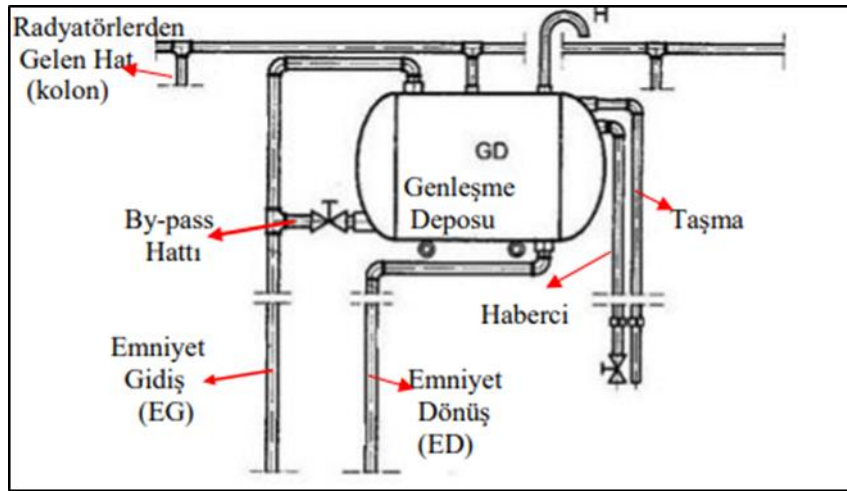
Genleşme tankları yapılarına göre açık ve kapalı tiplere ayrılmaktadırlar. Açık genleşme tankları genellikle otomatik olarak kontrol edilmesi zor olan katı yakıt sistemlerinde kullanılmaktadırlar. Kapalı genleşme tankları ise sıvı yakıt ve doğalgaz sistemlerinde kullanılmaktadır. Elektrik kesintisi gibi olası arızalarda brülör çalışmadığı için sistem sorun yaşamayacaktır. Ancak, kömürle çalışan katı yakıt sistemlerinde elektrikler

kesildiğinde bile yanma devam edebilir. Günümüzde fanlı olarak üretilen katı yakıtlı sistemlerde elektriğin kesilmesinden sonra yanma devam etmeyeceği için kapalı genleşme tankları kullanılmaktadır [42].

Açık genleşme depoları

Sistemin en üstünde bulunur. Bu genellikle çatı katıdır. Çatıdaki alanın uygun olmadığı durumlarda tavana yakın olarak da yerleştirilmektedir. Atmosfere açıktır yani dışarıdan hava girişi veya içeriden su buharı çıkışı vardır. Bu deponun seviyesine kadar tüm tesisat su ile doludur. Suyun buharlaşmasının yanında, çeşitli sızıntılar, onarım ve bakım nedeniyle kaybedilen su, bu depo tarafından doldurulur.

Açık olan genleşme tankındaki (kabındaki) su belirli bir minimum değerin altında ise su dışarıdan, manuel veya şamandıra yardımıyla sisteme otomatik olarak basılacaktır. Sistemde hava olmadığından emin olmak için radyatörü kontrol etmek gerekir. Özellikle seviye olarak en üstte bulunan radyatörün havasının alınması gerekmektedir. Şekil 3.23’de örnek açık genleşme deposu tesisat şeması görülmektedir [42].



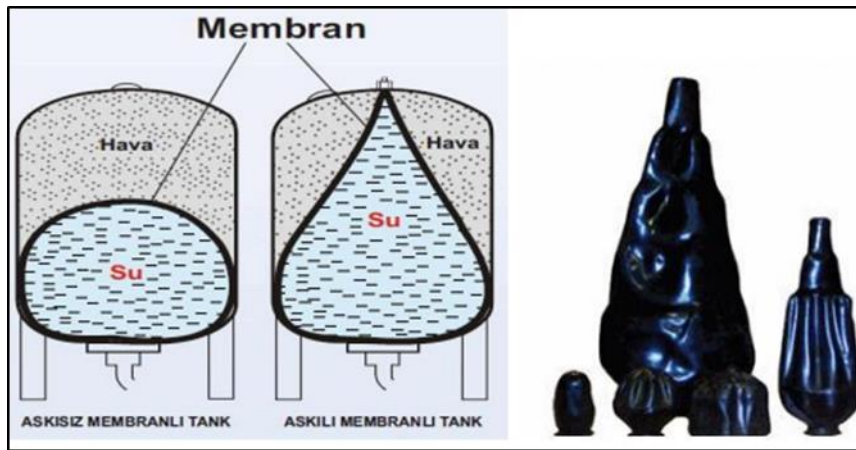
Şekil 3.23. Açık genleşme deposu tesisat şeması [12]

Açık genleşme tankı, sıcak su ısıtma cihazının üstüne yerleştirilmiştir. Kazan ile genleşme kabı arasındaki emniyet borusunda vana yoktur. Giriş ve dönüş suyu emniyet boruları kazandan hemen önce ve sonra giriş ve dönüş borularına bağlanır ve ortasında vana yoktur. Bu şekilde sistem dengede ve basınç altında kalır.

Isıtma cihazındaki iki veya daha fazla kazan birlikte çalıştırıldığında, her bir kazanın ayrı bağımsız genişleme tankı olmalıdır. Bu tankların hesaplanması, sistemdeki su miktarına ve buna bağlı tek kazana göre yapılmalıdır. Emniyet borusu doğru bağlanmamışsa, vana kapalıyken kazan devreye alınırsa genişlemediği için kazan patlayacaktır. Genleşme tankı çatı arasına yerleştirilecekse mutlaka yalıtılmalıdır. Aksi takdirde donma meydana gelebilir ve bu da patlamaya neden olabilir. Aynı şekilde, boru hattı da yalıtılmalıdır [42].

Kapalı genişleme depoları

Kapalı genişleme tankı, yakıt olarak sıvı ve gaz kullanan kombi ve kat kaloriferlerinin içerisinde, merkezi ısıtma sisteminde ise kazan dairesinde kazanın yakınında bulunur ve dönüş suyu hattına borularla bağlanır. Kapalı genişleme tankları, yalnızca mekanik yanmanın otomatik kontrollü olduğu sahip sıvı ve gaz yakıtlı ısıtma sistemleri için kullanılır. Manüel beslemeli kömür yakıtlı kazanlarda büyük sıcaklık farkları veya artışları olabilir. Bu nedenle katı yakıt sistem için açık genişleme tankı kullanılmalıdır. Kapalı genişleme depolarının içerisinde membran bulunur. Membranın etrafında ise azot veya hava vardır. Şekil 3.24’de Membranlı kapalı genişleme tankı (deposu) ve membran çeşitleri görülmektedir [42].



Şekil 3.24. Membranlı kapalı genişleme tankı (deposu) ve membran çeşitleri [42]

Kapalı genişleme deposunun avantajları;

- Kapalı ısıtma sisteminde tesisat suyu hava ile temas etmeyeceğinden sisteme giren oksijen nedeniyle paslanma veya delinmelere neden olmaz.

- Kapalı ısıtma sisteminde su buharlaşmayacağı veya yok olmayacağı için ilave tesisat dolum suyunun ısıtılmasından dolayı oluşacak ısı kayıpları burada olmayacaktır.
- Bunun yanında kapalı ısıtma sisteminde ilave dolum suyundan ötürü sisteme kireç ilavesi de olmayacaktır. Bu nedenle sistem kireçlenmeden dolayı tıkanmaz, streten dolayı çatlama yapmaz, ısınmama gibi sorunlar oluşmaz ve bunlara bağlı yakıt maliyetleri de artmaz.
- Kapalı sistemde her noktadaki basınç dağılımı eşit olduğu için her radyatörler daha dengeli ısı verirler.
- Kapalı sistemde membranlı genişleme tankı kazanın yakınına monte edildiğinden, açık sistemden çatıya çekilen borulardan, yalıtımdan, işçilikten, boruların katlarda kaybettirdiği alan kaybından tasarruf sağlanmış olunur ayrıca donma tehlikesinin de önüne geçilir. Bunların sonucunda çatı katları ve diğer hacimler de başka amaçla değerlendirilebilirler [42].

3.6.6. Pompalar

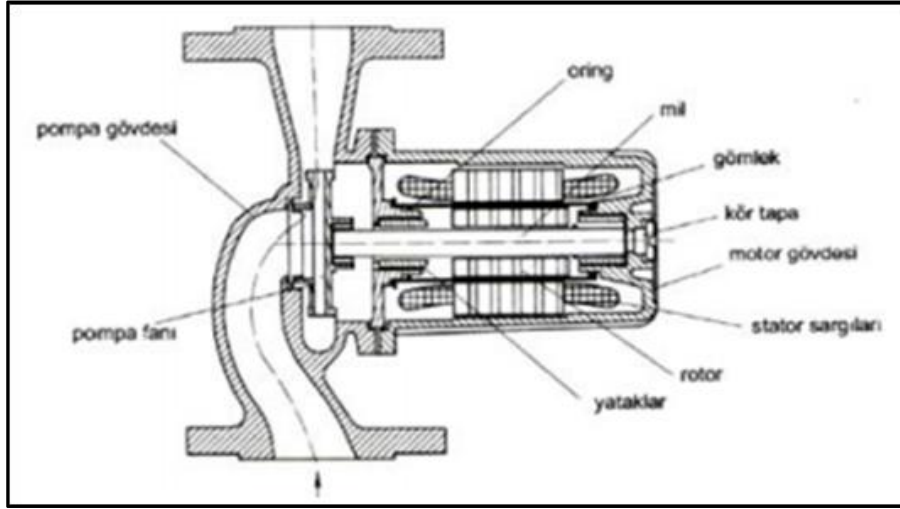
Sistemde bulunan suyun devir daim yapmasını sağlayan, yani sistemde dolaşp ve kazana geri dönmesini sağlayan pompaya "sirkülasyon pompası" veya "dolaşım pompası" denir. Resim 3.17’de örnek dolaşım pompaları görülmektedir [42].



Resim 3.17. Dolaşım pompaları [42]

Sistem için en önemli elemanlardır. Kat kaloriferleri ve kombilerde kullanılan pompanın kademe ayarı mevcuttur. Pompa kademesi su hacmine, boru uzunluğuna ve ısıtıcı kapasitesine göre ayarlanır. Çok hızlı veya çok yavaş su sirkülasyonunun bazı dezavantajları vardır. Borudaki su hızının yaklaşık 2,5 – 3 m/sn olması gerekir. Çok hızlı devir daim yaptığında, suyun ısı enerjisi ısıtıcı tarafından emilmeden kazana geri döner ve

yavaş devirde olduğunda ise sondaki ısıtıcılarda ısınma sorunları yaşanır. Çünkü su sahip olduğu ısı enerjisinin çoğunu baştaki ısıtıcılarda harcamış olacaktır. Sistemin özelliklerine göre sirkülasyon pompası gidiş veya dönüş hattına yerleştirilir. Açık genleşme tankı olan bir sistemde genellikle çıkış hattına yerleştirilirken, diğer sistemlerde dönüş hattına yerleştirilir. Özellikle sıvı ve gaz yakıtlı kombi ve kat kaloriferlerinde fabrika tarafından dönüş hattına konulur. Şekil 3.25'te örnek dolaşım pompası içyapısı görülmektedir [42].



Şekil 3.25. Dolaşım pompası içyapısı [42]

4. ISITMA SİSTEMLERİNİN VERİMİNİ ETKİLEYEN ETKENLER VE KORUMA YÖNTEMLERİ

4.1. Sert Su, Kireçlenmeye Etkisi

Su, çok miktarda çökelti oluşturabilecek iyon içeriyorsa, su "sert su" olarak tanımlanır. Sert sular, kalsiyum, magnezyum ve ağır metal iyonları içermektedirler. Sabun ile çökelti oluştururlar. Günümüzde sertlik, numunedeki tüm yüksek yüklü katyonların toplam konsantrasyonuna eşdeğer olan kalsiyum karbonat konsantrasyonu türünden ifade edilmektedir. Sert su kullanılarak hazırlanan buzlar, buğulu bir görünüme sahip olur [46].

Su sertliği geçici ve kalıcı su sertliği olmak üzere iki grupta incelenebilir:

4.1.1. Geçici su sertliği

Bikarbonat iyonu, HCO_3^- içerir. HCO_3^- içeren su ısıtılırsa, bikarbonat iyonu (CO_3^{2-}), CO_2 ile H_2O olmak üzere kolaylıkla ayrışır. CO_3^{2-} suda çok değerlikte olan katyonlar ile tepkime vererek (CaCO_3^{2-}) ile (MgCO_3) çökeltisiyle kazantaşı denilen tortu oluşturur. Kazantaşı adı verilen bu tür kireç oluşumu, buhar üreten endüstriyel kazanlar ve buharla çalışan enerji santralleri için çok önemli bir sorun teşkil etmektedir. Kazan taşı oluşumu (tortu), su ısıtıcısının verimini düşürür ve bu da kazanın aşırı ısınmasına neden olur. Geçici sert su, suya sönmüş kireç eklenerek ve metal karbonat çökeltisinin filtrelenmesiyle yumuşatılabilir. Baz madde, su ve karbonat iyonları oluşturmak için bikarbonat iyonlarıyla reaksiyona girer [46].



4.1.2. Kalıcı su sertliği

HCO_3^- yanında önemli derişiklerde, SO_4^{2-} gibi diğer anyonlar da içerir. Kalıcı sert suyu yumuşatmak için, içerisine çamaşır sodası (Na_2CO_3^-) eklenir. Ortamdaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi katyonlar karbonat şeklinde çöktürülür. Geriye kalan su soydum (Na^{+2}) iyonu

içeren yumuşatılmış sudur. Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarını içeren su sabun ile çökelti oluşturur ve köpürmeyi engeller [46].

Suyu yumuşatmak, suda sertliğe neden olan minerallerin (katyonlar ve anyonlar) sudan ayrılması anlamına gelir. Yumuşatılmış su aşağıdaki nedenlerden dolayı önemlidir:

Yıkama aşamasında daha az deterjan tüketilir ve sert sudaki mineraller su borularında birikerek boruların tıkanmasına ve basınç kaybına neden olur. Kapalı sistem çalışsa bile kombi sistemlerindeki ısı eşanjörünün tıkanmasına, gaz tüketiminin artmasına ve sistem arızasına neden olurlar. Su ürünleri yetiştiriciliğinde de önemli yere sahiptir.

Su sertliğini etkileyen en önemli bileşenler bikarbonat ve kalsiyum ve magnezyum sülfatlardır. Az miktarda kalsiyum ve magnezyum klorür ve nitrat içerirler. Sudaki bikarbonatın neden olduğu sertlik havalandırma ile kısmen giderilebilir. Ayrılan CO_2 suda çözünmeyen karbonatlar oluşur [46].



Sülfatların neden olduğu sertlik ise genelde bu yöntemle giderilemez. Suların yumuşatılması için kullanılan metotların başlıcaları şunlardır;

- Soda-Kireç içeren metot
- Alüminyum-sülfat ve Şap ile uygulanan metot
- Permutit metodu
- Tri sodyum fosfat metodu
- İyon değiştiricisi metodu

Bu metotlar hep aynı prensibe sahiptir. Ca ve Mg tuzlarını alarak ya da Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarını Na^{+2} iyonlarıyla değiştirerek yapırlar [46].

4.2. Çökelme Oluşumu ve Çökelmeyi Etkileyen Faktörler

Sudak Sudaki iyon çökeltisi boru tıkanması, artan enerji tüketimi ve çalışma sorunları gibi problemlere neden olabilir. Bu tortuların çıkarılması da çok pahalıdır. Bu sorun özellikle

kazanlarda ve soğutma sistemlerinde kullanılan eşanjörlerde görülmektedir. Çökelmeler genellikle kalsiyum karbonatın çözünürlüğünün azalmasıyla meydana gelir [47].

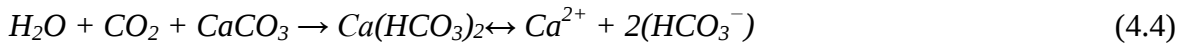
Çökelme oluşumu iki şekilde sınıflandırılabilir;

- Alkalınların çökmesi
- Alkalın olmayanların çökmesi

Alkali çökelme, kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksitin çökertilmesiyle meydana gelir. Magnezyum hidroksit çökmesi durumunda, çözünürlük (çökelme eğilimi) sıcaklıkla ters orantı olarak değişiklik gösterir. 82°C ve üzeri sıcaklıklarda $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$ 'ten daha kolay çökelti oluşturmaktadır [47].

Alkali olmayan çökelme sadece konsantrasyonla ilgilidir ve ayrışma reaksiyonu yoktur. Bu tür bileşiklerin örnekleri anhidrat ($CaSO_4$), hemihidrat ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$) ve dihidrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)'dur. Bu bileşimlerin her biri farklı çözünme özelliklerine sahiptir. Anhidrit çökeltmesi 120°C'nin altında daha olasıdır, hemihidrat çökeltmesi ise 120°C'nin üzerinde görülür. Sülfat kaynaklı çökelme ise daha zor oluşur [47].

4.2.1. Kalsiyum çökmesi



Eşitlik 4.4'e göre çift taraflı reaksiyona uygun olarak su ısıtıldıkça sistemden ayrılan karbondioksit, CO_2 - CO_3^{2-} - HCO_3^- dengesini bozar. Karbonat konsantrasyonu da 71°C'nin üzerinde yükselir ve Eşitlik 4.5'e uygun olarak bikarbonat iyonu oluşur.



CO_3 iyonları kalsiyum iyonları ile birleşerek kalsiyum karbonatı oluştururlar.



Su daha fazla ısıtıldığında ise kalan karbonatlar Eşitlik 4.7'de belirtilen formlara dönüşürler.



Kalsiyum karbonat iki kristal forma sahiptir. Bunlar aragonit ve kalsittir. Kalsiyum karbonatla iki kristal yapının bileşiminde olabilir [40].

4.2.2. Çökelmeye etkiyen faktörler

Kimyasal faktörler

Aşırı doymuş çözeltilerde çökeltme meydana gelmesi daha olasıdır. Daha saf kristal yapıyı içeren çözelti, en güçlü çökeltme yapısına sahiptir. Karışık kristal yapısına sahip çözeltisinin çökeltme yapısı zayıftır. Akış hızındaki bir artış kütle transferinde artışa yol açarken, arayüz kayması malzemenin yüzeye yapışma olasılığını azaltır. Güçlü bağ katmanının büyümesi doğrusalken, zayıf bağ katmanının büyümesi ise asimptotiktir. Tipik uygulamalarda, çökeltme oluşumu ile yüzey sıcaklığı arasında üstel bir ilişki vardır [40].

Sistem malzemesi ve proses faktörleri

Kimyasal reaksiyonların çökeltmesinin en önemli nedeni ısı transferi işlemidir. Faz değişimi olmayan ısıtma işleminde yüksek sıcaklık yüzeyinde meydana gelirken, faz değişimi olmayan soğutma işleminde partikül ayrılması nedeniyle çökeltme meydana gelir. Öte yandan, temas halindeki akışkana bağlı olarak, yüzey malzemesi farklı katalitik reaksiyonlara girerek çökeltme oluşumunu engelleyebilir veya artırabilir. Yüzey düzgün temizlenmezse, temizlik öncesine göre daha fazla çökeltmeye neden olabilir. Eşanjör çeşitleri arasında plakalı eşanjörlerin çökeltme işlemine daha duyarlı olduğu belirtilmektedir [40].

4.3. Çökeltme Oluşumunu Önleme Metotları

4.3.1. Kimyasal uygulama

Proses öncesi kuvvetli asitler ilave edilerek bikarbonat oluşumunun engellenmesi ve önleyici veya azaltıcı etkisi olan katkı maddelerinin kullanılması ile tasarlanmış

uygulamaları içerir. Bu uygulamada, güçlü bir asit eklenmesi genellikle bikarbonat iyonlarını su ve karbon dioksit'e dönüştürür.



İnhibitörlerin kullanılmasında dört temel metot vardır [16].

Eşik inhibitörleri

Polifosfatların ve bazı polimerlerin kullanımı, kalsiyum çökmesi olasılığını azaltır. Bunlar, çöktürme işleminin geciktirilmesine katkı sağlar. Çok sert suda bile 1 ila 5 mg/L'lik bir inhibitör etkili olabilmektedir. Fakat evaporatif soğutmada sadece bu tip bir uygulama etkili olmamaktadır. Çünkü konsantre suda çözünür kompleks, yüksek dozda polifosfat gerektirir [47].

Seyreltici

Organik seyrelticiler (polimerler gibi) kullanıldığında moleküller elektrikle yüklenir. Asılı bulunan katıları yüzeylerinden emer ve bu katıları seyreltirler. Bu nedenle, elektrostatik olarak yüklü parçacıklar, içlerinde itici güç oluşturur. Diğer bir deyişle, seyrelticiler, parçacıkların nötr durumda olması yerine yüklerini artırarak bu katı parçacıkların pıhtılaşmasını önlerler [47].

Yüzey aktif madde

Bu tür malzemeler, çökeltme önleyici bir yapı oluşturarak katıların yüzeye yapışmadan su içinde transferine devam etmelerini sağlar.

Kristal form dönüştürücüler

Bu tür maddeler kristal yapıyı değiştirerek daha zayıf çöktürmelerin oluşmasına neden olur. Bu kimyasallar, endüstriyel sistemler için, özellikle de soğutma sistemleri ve kazanlar için ilk tercihtir.

Çökelti oluşturabilecek bir madde kullanıldığında, kalsiyum iyonlarını sodyum iyonlarıyla değiştirmek için katyon değiştirici reçineler kullanılabilir. Magnezyum karbonat kireç çökeltme işlemi ile kalsiyum ve bikarbonat iyonları elde etmek bile mümkündür. Bu tip proseslerde suda bulunan kalsiyum klorür ve kalsiyum bikarbonat, magnezyum karbonat ve kireç etkileşime girerek çökelti oluşturabilirler. Oluşan çökelti daha sonra filtre edilebilir [47].

4.3.2. Fiziksel uygulama

Adından da anlaşılacağı gibi, bu uygulama kimyasal reaksiyonları içermeyen bir işlem kullanır. Uygulama manyetik alanlara dayanmaktadır. Bu işlem için kalıcı mıknatıslar, elektromıknatıslar veya elektrotlar kullanılır [40].

4.4. Boru ve Tesisatta Korozyon

“Korozyon” DIN 50900’de (Deutsches Institut für Normung), “Hamaddenin ölçülebilir bir değişme göstermesine neden olan ve metal bir yapı parçasının veya bir bütün sistemin fonksiyonuna zarar veren, metal malzemenin çevresiyle reaksiyonudur.” olarak tanımlanmaktadır.

Yine aynı normda “Korozyon zararı” da açıklanmaktadır ve basit olarak şöyle tanımlanabilir: : “Korozyon nedeniyle metal bir yapı parçasının veya bir bütün sistemin fonksiyonuna verilen zarardır.” Korozyon genel olarak şu şekilde oluşur;

- 1- Su gibi tepkimeye giren maddelerin aşağıdaki maddelerle beraber saldırısıyla
 - Oksijen (kullanım suyu, yağmur suyu, yapı nemi),
 - Asitler (hidroklorik asit, karbondioksit, sülfürik asit),
 - Eriyikler (sodalı su, kireçli su, alkalik sıvı),
 - Tuzlar (lehim yağı, yemek tuzu, amonyaklı, kalsiyumlu ve magnezyum klorürlü beton ve şap katkıları,
 - Su buharı ve kükürt oksit içeren eden gazlar.
- 2- Galvanik hücre oluşturarak yani iki farklı metal ve iletken bir sıvı (elektrolit) olduğunda farklı yüzey özelliklerine sahip metaller ve elektrolitler de galvanik hücreler oluşturur. Örneğin, yüzey parçalarının oksidasyonu.

Çözünme eğilimi, çözünme basıncıdır. Düşük çözünme basıncına sahip metaller değerli, yüksek çözünme basıncına sahip metaller değersiz kabul edilir. Elektrokimyasal gerilim sırasına göre metaller potansiyellerine göre ayrılırlar. Buna göre;

Galvanik etki, çelik boruların veya metalik olmayan kaplanmış kapların (plastik veya emaye gibi) hasarlı parçalarının katodik koruması için kullanılır. Bu nedenle tesisatta kullanılabilecek malzemeler arasında anot olarak değeri en düşük olan magnezyum çubuklar kullanılmaktadır. Bu anotlar örneğin su ısıtıcılarında, yeraltı suyu depolarında ve uzun doğalgaz boru hatlarında kullanılırlar [48].

4.4.1. Borularda dış korozyon

Dış yüzeyle sürekli temas halinde olan oksijen, nemle birleşerek korozyonu başlatır. Korozyon şu şekillerde başlar;

- Pasifize yüzeyler pasifize olmayan yüzeylerin yanında ise; çelik borular beton veya alçı içine gömülürse yüzeylere pasifize olur, yani yoğun bir oksit tabakası oluşur. Bu durum katot etkisi göstererek çeliğin çözülmesini engel olur.
- Duvara veya zemine gömülü tesisatların etraflarında boşluk kalmayacak şekilde tamamen kapatılmazsa pasifize olmayıp anot haline gelirler. Biraz nem varsa, korozyon hemen başlayacaktır.
- Katoda kıyasla, pasivasyon yüzeyi (anot) ne kadar küçük olursa, korozyon o kadar hızlı ilerler ve malzeme o kadar hızlı hasar görür.
- Yapı malzemeleri klorür, amonyak, sülfat ve nitrat gibi aşındırıcı maddeler içerir; bunlar ise şap ve beton katkıları, sıva ve ağaç koruma kaplamalarında kullanılır.
- Kimya şirketlerinde, endüstrilerde ve ahırlarda havayı aşındırıcı maddeler korozyon başlatır.
- Nem, ısı izolasyon malzemesinden geçerek boru hattının yüzeyine ulaşır; mineral yün ve köpük gibi yalıtım malzemelerinin gözenekleri nemi sürekli olarak tutabilir ve buradan giren nem boru hattını aşındırır.
- Galerilerde bulunan ve yeterli miktarda izole edilmemiş hatlarda eğer nem olursa korozyon başlar.

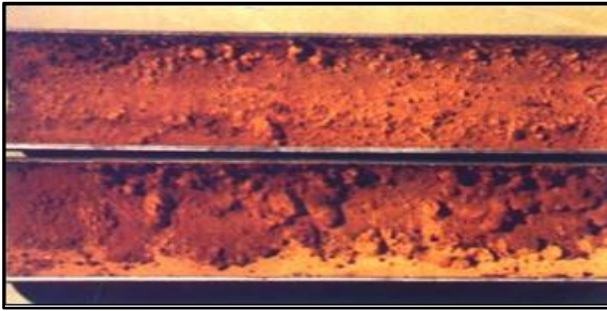
Bu yüzeyler tamamen korozyona dayanıklı malzemelerle kaplanırsa veya nem ve aşındırıcı maddelerle olan teması tamamen kesilirse dış yüzey korozyonu önlenir.

DIN 50930'da metal malzemenin suyla korozyon etkisi aşağıdaki hammaddeler için açıklanmaktadır [48];

- Alaşımlı ve düşük alaşımlı demir
- Alevle galvanizlenmiş demir
- Paslanmaz elikler
- Bakır ve bakır alaşımları

4.4.2. Alaşımsız veya düşük alaşımlı demirlerin korozyonu

Alaşımsız veya düşük alaşımlı demirler, borular veya kaplar olarak ev tesisatlarında kullanıma uygun değıldir, çünkü koruyucu bir tabaka oluşturamazlar ve ağırlıkla çökmeye neden olabilir ve nadiren delik korozyonu meydana gelebilir. Bu malzemenin kullanımı için koruyucu bir tabaka oluşturabilecek su için, yeterli bir akış hızı ve durağıan olamaması gereklidir. Kalıplar, armatürler ve pompalar gibi döküm malzemeleri, yüksek korozyon direncine sahip olduğıundan ve ayrıca dökümlerin daha kalın olması nedeniyle korozyondan etkilenme olasılığı düşüktür. Ancak bu yapı malzemesi nedeniyle zamanla korozyon atıkları içme suyuna ve kullanma suyuna pas olarak karışabilir. şekil 4.1'de bu tür korozyona ait bir görsel yer almaktadır [48].

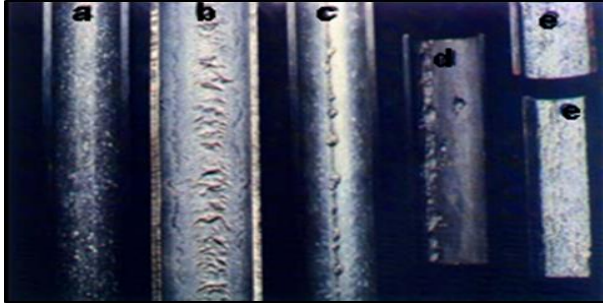


şekil 4.1.Yeterli akış hızına sahip olamayan soğıuk içme suyunun getiğı St 35 elik tesisatta meydana gelen çökme korozyonu, üstte üst kesit, altta da daha fazla çökme görölen alt kesit [48]

şekil 4.1'de belirtilen hammadde grubuna ait malzemelerden su ile temas halinde katodik koruma veya koruyucu kaplamalar yapılarak önlem alınmalıdır. Örneğın, emaye kaplamalar çok iyi dayanıklılık gösterir. Sıcak su boylerleri gibi malzemelerin korozyon korumasına ilişkin bilgileri DIN 4753'te bulunabilir [48].

4.4.3. Galvanizli demirin korozyonu

DN80 çapında sadece DIN 2440 ve DIN 2441'e uygun galvanizli çelik borular kullanılabilir. Farklı kalitedeki galvanizli borular Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şekil 4.3'te, dikiş yönünde kesilmiş kötü galvanizlenmiş boru kesitini de görülmektedir. DN80'i aşan çaplar ve bağlantı parçaları için DIN 50976 uygulanmaktadır. Galvanizli boruların lehimlenmesi, ısı girişi bölgesinde yüksek bir korozyon riski taşır.



Şekil 4.2. Farklı kalitede galvanizli boru kesitleri [48]

Galvanizli borulardan DIN 50930'un temel isterlerinin yerine getirilmesi durumunda beklenen ömür alınabilir. Detaylar için normlara bakılabilir;

- Dikişi bile görülmeyen sorunsuz galvanizli çelik boru
- Galvaniz kaplamasındaki kalınlaşmalar – DIN2444'e uygun değil fakat korozyon kimyası açısından dezavantaj oluşturmaz
- Kaynağı uygun yapılmamış boru – dikiş hariç galvaniz kaplaması iyi
- Korozyonu başlamış kullanılmış, dikişli, galvanizli boru. Özellikle dikişe yakın bölgede korozyon görülmektedir.
- Havayla püskürtülerek uygulanmış galvaniz. Bu tür galvaniz kaplamalar galvanizin eriyerek akmasına yol açabilmektedir.

Galvaniz tabakasının rolünü anlamak için temel malzeme demir ile üst saf çinko tabakası arasında farklı demir-çinko alaşımı fazlarının olduğunu bilmek gerekir. Yüzeydeki saf çinko, bu alaşım fazlarını kapatmaktadır. Genellikle bakla kahverengi olan mat gri, bu alaşım fazının üst yüzeye yükseldiğini gösterir. Bu rengin olduğu boru hattında korozyon etkisi daha hızlı görünecektir. Benzer şekilde, mat gri galvaniz kaplama, eğilme, darbe ve mekanik strese karşı daha az dirençlidir ve kolayca kalkabilir [48].



Şekil 4.3. Dikişli galvaniz borunun 200:1 büyütülmüş dikiş kesiti, boru içi kısmındaki dikiş ucunda galvaniz kaplamanın olmadığı açıkça görülmektedir [48]

İlk başlarda, galvanizli yüzey üzerinde koruyucu açık renkte bir çinko tabakası oluşur ve çinko sürekli olarak suya karışır. Zamanla, galvanizli tabaka sıvı ile reaksiyona girerek tamamen ayrışır ve çözülmüş bir şekilde su ile beraber tamamı taşınır. Uzun vadede de tesisatta kireç pas tabakası oluşumu gözlenecektir. Şekil 4.4. ve 4.5.'de bu durumlar görülmektedir [48].



Şekil 4.4. Yeni sayılabilecek ve yüksek çinko miktarlı kaplama tabakasına sahip kurallara uygun galvanizli soğuk su borusu kesiti [48]



Şekil 4.5. Uzun dönem kullanılmış galvanizli boruda kireç-pas tabakası, galvanizsiz fittinglerde çökme korozyonu da görülmektedir [48]

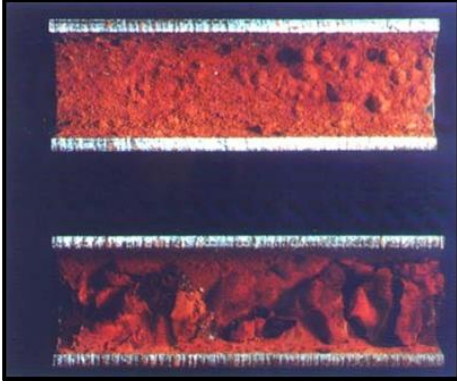
Galvaniz borular için aşağıdaki temel kurallar geçerlidir;

- Karbondioksiti fazla olan sularda kullanımı doğru değildir. ($K_{B8.2} > 0,5 \text{ mol/m}^3$ veya $\text{pH} < 7,3$ ve $K_{S4.3} < 2,0 \text{ mol/m}^3$ ve $> 5,0 \text{ mol/m}^3$)
- Bakır ve alaşımında bakır olan malzemelerden sonra kullanımı doğru değildir. Bakır ve bakır alaşımlı cihazlar veya kaplar akış doğrultusunda sadece galvanizli borulardan sonra kullanılabilir. Aksi durumda bakır suda çözündüğü için galvanizli borularda korozyon riski yüksektir. Sistemde bakır alaşımlı armatür mümkün olduğunca az kullanılmalıdır. Bakır veya bakır alaşımına sahip tesisattan sonra galvaniz tesisata geçiş yapılırsa temas korozyonu riski ortaya çıkmaktadır.
- $> 60^\circ\text{C}$ 'nin üstünde kullanılması doğru değildir. Sıcak kullanma suyundaki Sıcak kullanım suyunda yüksek korozyon riskini azaltmak ve galvaniz kaplamanın kabarmasını önlemek için galvaniz kaplama yüzeyinin sıcaklığı 60°C 'yi geçmemesi gerekir (bakınız Şekil 4.7 ve 4.8). Sıcaklık arttıkça, gözenek korozyonu olasılığı artar ve "potansiyel dönüşüm" olarak da bilinen bir etkiyle ilişkilidir. Sıcaklık arttıkça, galvanizleme potansiyeli artar ve demirin potansiyelini aşar. Galvanizlemenin mantığı tam tersine döner. Şekil 4.6'da bu örnek gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Boylerden alınmış boru kesitleri. Sağda 110°C sıcaklık girişindeki borular, solda da 40°C çıkıştaki borular. Soldan sağa doğru akışkan ve dış yüzey sıcaklığı artışına paralel olarak artan korozyon görülmektedir [48].

- Kullanım sıcak suyunun sıcaklığı 60°C 'de tutulmalı ve ısıtma cihazından geçen soğuk su boru hattı iyi yalıtılmalıdır. Günümüz teknolojisine göre sıcak su tesisatlarında galvaniz boru sistemleri artık kullanılmamaktadır. Çünkü Lejyoner hastalığına neden olan Lejyonella mikroorganizmalarını öldürmek için tesisatta $\geq 60^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ısı dezenfeksiyonu gereklidir.



Şekil 4.7. Sıcak kullanma suyu tesisatındaki yüksek sıcaklık nedeniyle kabaran galvaniz tabaka ve alt kesitte yüksek çökme korozyonu [48]



Şekil 4.8. 105°C kazan suyuyla ısıtılan çift katlı sıcak su boilerindeki cidarlarında çökme korozyonu da görülen kabaran galvaniz tabaka [48]

DIN özelliklerine uygun galvaniz borular koruma tabakasına sahip sularda 50 yıla kadar kullanılabilir, bunun için uygun çalışma koşullarında ve kurallara uygun olarak montaj yapılmış olması gerekir. Çoğunlukla delik ve çökme korozyonuna bağlı olarak yukarıdaki ideal koşullardan sapma olması durumunda bu ömürde kısılacaktır.

Galvanizli borunun seçici korozyonu örneği aslında galvaniz çözülmesidir. Demir-çinko alaşım fazının saldırısına bağlı olarak, kısmen metalik çinko içeren partiküllerin ayrışmasının neden olduğu bu durum, DIN standartlarına uygun olmayan püskürtmeli galvaniz borularda ortaya çıkar.

Kantitatif katkı maddelerinin (ortofosfat ve polifosfat veya silikat gibi) dozlanması, korozyon, pas ve çinko çözünmesini önleyebileceklerini kanıtlamıştır. Bu katkı maddeleri bölgesel şartlara göre kullanılmalıdır. Kahverengi su oluşumu gibi ilk korozyon belirtileri ortaya çıktığında önleyici tedbirler almak önemlidir.

Dış korozyon, galvanizli malzemedeki ortam neminin ve malzemenin çevresindeki yapıdaki (sünger gibi) nemin uzun süre tutulmasından kaynaklanır. Benzer şekilde, nem etkisi farklı kaplamalarda, alçı veya alçı yapı malzemeleri ve magnezyum klorür katkıları yapı malzemelerinden yapılan kaplamalarla temas halinde oluşur. Dış korozyondan koruma, tesisatı sudan veya nemden uzak tutarak sağlanabilir. Bu mümkün değilse, malzeme yalıtılarak korozyona dayanıklı hale getirilir [48].

4.4.4. Paslanmaz çeliğin korozyonu

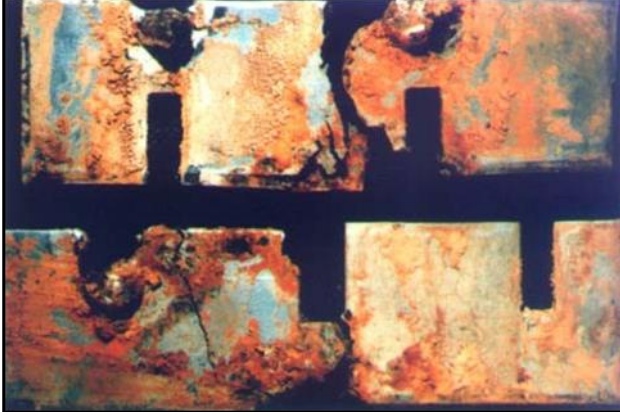
En az % 16 krom içeren çelik, paslanmaz çelik olarak kabul edilir. Kullanıma en uygun çeliklerdir ve ayrıca % 9 nikel konsantrasyonu içerirler. Molibden alaşımları içeren paslanmaz çelik, delik korozyonuna karşı daha dirençlidir. Ev içi tesisatında diğer malzemelerin kullanılmamasından dolayı boyler ve ısıtma çubukları için paslanmaz çelikler kullanılırlar. Günümüzün içme suyu tesisatlarında da paslanmayan çelik borular kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelik malzemeler, yalnızca metal oksitlerden oluşan ve yapışkan ancak çıplak gözle görülemeyen pasif koruyucu bir katmana sahip olduklarında dayanıklıdır. Boru yüzeyinde kabuklanma, yüksek klorürlü su, montaj hataları ve klorürlerin varlığında (örneğin dezenfeksiyon çalışması sırasında) oksitleyici maddeler kullanıldığında, bu pasif koruyucu tabaka zarar görecektir ve delinme korozyonu meydana gelecektir. Benzer şekilde, sutaşı görüldüğünde, sudaki yüksek klorürler de paslanmaz çelik tesisatın delik ve yarık korozyonuna uğramasına neden olabilirler (bakınız Şekil 4.9) [48].



Şekil 4.9. Sıcak su boylerindeki gerilme yırtığı korozyonuna uğramış 100:1 oranında büyütülmüş bir paslanmaz çelik boru kesiti (malzeme 1.4541), kullanma suyunun temas ettiği yüzeyden başlayan bir ana yırtık ve altta da delik korozyonu görülmektedir [48]

Paslanmaz çeliklerdeki birçok korozyonun oluşmasının asıl nedeni yanlış kaynağa yapılan montaj kusurlarıdır. Delik korozyonu için eğer şartlar müsait ise gerilmeler yırtılmalara sebebiyet verebilirler (bakınız Şekil 4.10). Yine lehimin sert olduğu bağlantı türlerinde de korozyon tehlikesi mevcuttur.



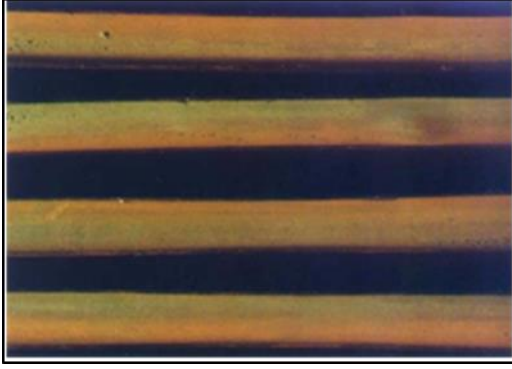
Şekil 4.10. Sıcak kullanım suyundaki boylerin paslanmaz çelik (1.4541) plakaları. Yırtıkların yanında kaynak noktalarındaki korozyon tehlikesi rahatlıkla görülmektedir [48]

Paslanmaz çeliğin kullanımında karar vericiler işletme ve su şartlarıdır. Doğru çeliği seçmek, korozyon risklerini önlemek için en iyi önleyici tedbirdir. Diğer malzemelerle karıştırılan tesisat uygulamalarında paslanmaz çelik aslında herhangi bir sorun yaratmaz ancak değerli olmayan metal parçalar temas korozyonuna uğrayabilir. Katkı maddelerinin eklenmesi, paslanmaz çelikte delik korozyonunu ve yırtılma korozyonunu doğrudan önleyemez.

Suyla temas eden yüzeyin koşulları, dış yüzey korozyonu için de geçerlidir. Oluşumunda nemin varlığı yeterlidir. Daha az klorür katkılı yalıtım malzemelerinin kullanılması, suyun buharlaşması nedeniyle yüzeyde kalan klorür delinme korozyonuna neden olabilmektedir [48].

4.4.5. Bakır ve bakır alaşımlarının korozyonu

Galvanizli borularda sıklıkla meydana gelen korozyon hasarları bakır boruların kullanımını arttırmaktadır. Yine, basit ve hızlı montaj bu eğilimi desteklemektedir. Bununla birlikte, değerli bir malzeme olan bakır borular korozyon hasarına tabidir. Şekil 4.11’de örnek koruma tabakalı bakır boru görülmektedir.



Şekil 4.11. Koruma tabakalı bakır soğuk su borusu [48]

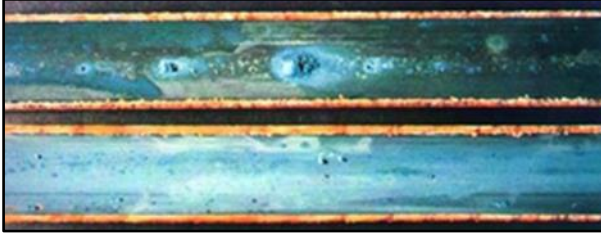
İçme suyu için yapılan tesisatındaki boru malzemesi yalnızca DIN 1787 standardına uygun SF-Bakır olabilir. Uygulamada F 22 tipi kangal boru ve F 37 tipi boy boru kullanılmaktadır. Montajda armatür ve bağlantı elemanları olarak pirinç, dökümler, bronz ve diğer bakır alaşımları kullanılmaktadır. Bazen de bakır-nikel alaşımlı boylerler kullanılır.

Özellikle ilk işletme koşullarında içme suyu için kullanılan bakır borular ancak içinde bakır oksit tabakası oluştuğunda dayanıklı olabilir. Suyun doğasına ve çalışma koşullarına bağlı olarak bu oksit tabakası üzerinde, çoğunlukla malakit (yeşil renkli bakır taşı) şeklinde farklı üst tabakalar oluşacaktır. Bunun yanında, normal şartlar geçerli olduğunda bakır borudan suya insan sağlığına zararsız bir miktar bakır karışabilir. $K_{B8,2} > 1,0 \text{ mol/m}^3$ veya $\text{pH} < 7,0$ ve $K_{S4,3} > 5,0 \text{ mol/m}^3$ koşulları su için mevcutsa, bakır borular gıda zehirlenmesine neden olabilirler [48].

Günümüzde bakır boruların delinmesine neden olabilecek iki korozyon yapısı vardır.

Delinme Tip 1

Pratik olarak soğuk su hatlarında meydana gelmektedir. Saldırılan kısımlardaki yeşil renkte bazik olan bakır karbonatların güçlü oluşumu ile açıklanır (bakınız Şekil 4.12 ve 4.13). Bu korozyon noktası esas olarak alt tabakanın yüzeyini kaplayan bir bakır oksit tabakası ile kaplanır, ancak korozyon noktasının altında farklı koşullar altında bakır oksit ve bakır klorür bulunur (bakınız Şekil 4.14). Delinme tip 1 bugünkü bilgiler dahilinde bakır borularda en sık rastlanan korozyondur [48].



Şekil 4.12. Bakır soğuk su borusunda tipik delik ve çökme korozyonu tip 1 [48]



Şekil 4.13. Bakır soğuk su borusunda çökme korozyonu tip 1 üzerindeki kabarcık [48]



Şekil 4.14. Yakut rengi bakır I-oksit (Cuprit, Cu₂O) kristaller [48]

Şekil 4.13'te görülen bakır borudaki kabarma kaldırıldığında, ana malzeme bakırdaki çökme korozyonunu örtmüş olan alttaki yakut rengi bakır I-oksit (Cuprit, Cu₂O) kristaller görülmektedir.

Delinme Tip 2

Temelde sıcak su hatlarında görünür. Boru, iç ve dış yüzeylerinin görünüşte zararsız gibi durmasıyla ifade edilir. Dış yüzeyde makroskopik minik iğne delikleri olarak görünür. İç yüzeyde, görünüşte güçlü fakat gevşek bir kaplama ile kaplanmıştır. Bu çoğunlukla açık kahverengi kaplamanın altında, çok sayıda delinme noktasının yanı sıra az miktarda yeşil

bakır korozyon ürünleri gözlemlenebilir (bkz. Şekil 4.15). Bu delici saldırının olduğu lekeleri altı bakır oksitle doludur [48].



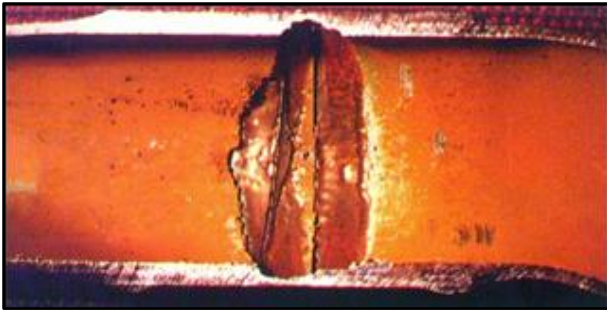
Şekil 4.15. Bakır sıcak su borusundaki tipik delik korozyonu tip 2 [48]

Delinme tipi 1'e göre daha az yaygın olan Delinme tipi 2, yumuşak ve sıcak suyun geçtiği bakır borularda görülür. Delinme korozyonu tip 1 sadece 40°C'nin altındaki sıcaklıklarda görülebilmektedir ve bu durum, su yapısına ve boru yüzeyinin kalitesine bağlıdır. Bu tip korozyon, yeraltı sularından geçen boru hatlarında yüzey sularına göre daha yaygındır. Bunun nedeni, yüzey sularında yeterince detaylı incelenmemiş olan organik maddelerin varlığıdır.

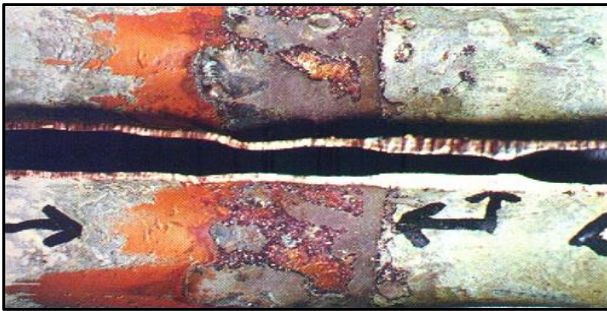
Üretim ve montaj koşullarından etkilenen yüzey kirlenmesi de korozyona neden olan bir etkidir. Bunlar, sert bakır boru üretiminde çıkan yağ atıkları ve yumuşak bakır borularda bulunan karbon filmleridir. Montajda kullanılan lehim artıkları, metal partiküller ve diğer yabancı cisimler bu korozyona neden olabilir, bu nedenle bakır boru ek parçaları yıkanmalı ve temizlenmelidir. Benzer şekilde, sistemin yarı dolu su nedeniyle hava/su faz sınırı, uzun süreli su birikmesi gibi uygun olmayan çalışma koşulları bakır boruların daha baştan korozyona uğramasına neden olacaktır. Normal çalışma koşullarında cihaz içerisinde yabancı maddelerin dolaşımını engellemek için aslında cihazın girişine 50-100 mikronluk ince filtre takılması esastır.

Delinme korozyonu tip 2, esas olarak sıcak su boru hatlarında olmak üzere çok fazla karbondioksit içeren acı sularda ve yumuşak sularda meydana gelir. Bu tip korozyon, alkali fosfatlar ve silikatlar eklenerek önlenir. Sıcak suyun sıcaklığı 60°C ile sınırlı kalmalıdır. Devreye almak için soğuk suda alınan önlemler gereklidir.

Bakır malzemelerde yaygın olarak görülen bir diğer korozyon türü de erozyon korozyonudur. Erozyon korozyonu tipik olarak çıplak bakır yüzeyinin bir kısmında meydana gelir. Yüksek akış hızı nedeniyle oksit koruyucu tabaka suya çıkartılır ve çıplak bakır yüzeyi böylece korumasız kalır (bkz. Şekil 4.16 ve 4.17). Akış hızı çok yüksek olduğu durumlarda meydana gelen bu korozyon, akış hızı düşürülerek önlenabilir. Burada sadece teorik veya hesaplanan çap hızı değil, aynı zamanda dönüş, daraltma ve bağlantı parçaları gibi dar bölümlerde dikkate alınmalıdır. Montaj sırasında, yerel düzeydeki akış hızı sınırını aşmasına neden olan hızlarda korozyon meydana gelebileceğinden, lehim tümsekleri, bükülmeler, büzülme ve keskin kenarlar ortadan kaldırılmalıdır. Sirkülasyon boru hatları doğru bir şekilde döşenmeli ve izinsiz olarak pompa ve vanaların karıştırılması önlenmelidir [48].



Şekil 4.16. Bakır sıcak su sirkülasyon borusundaki sert lehim noktasında erozyon korozyonu, pompadan sonraki vana kontrolsüz tam açık pozisyonda olduğu için çok yüksek akış hızına ulaşılmıştır [48]

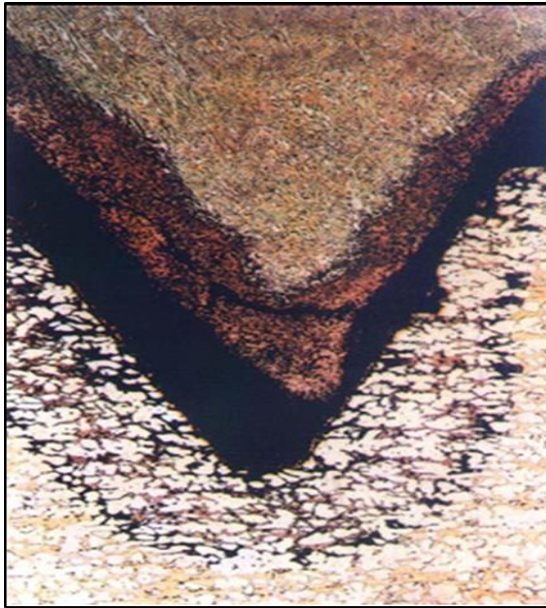


Şekil 4.17. Bakır sıcak su sirkülasyon borusundaki düzensiz sert lehim bağlantısının erozyon korozyonunu başlatması, yüksek kaynak ısısı ve fazla lehim esas malzeme bakırın güçlü oksidasyonuna ve yüzeyin bozulmasına neden olmuştur, bu da bu noktada su çevrisi oluşturmuş ve erozyon korozyonunun zeminini hazırlamıştır [48]

Pirinçte çinkonun çözünmesi de gerçekleşir. Yüzey çinkosunda bir azalma ve bakırda bir artış ile kendini gösterir. Korozyon kalıntıları giderildikçe bakırdaki artıştan dolayı bakır sarı yerine kırmızı görünmeye başlar.

Alman Bakır Enstitüsü tarafından 1973 ve 1978 yıllarında yapılan araştırmalar, çinko bozunma korozyonunun formunun Almanya'da çok önemli bir rol oynamadığını gösterse de, bakır-çinko alaşımlarının bazı sularda çinko bozunmasına yatkın olduğu gözlemlenmiştir. Bu korozyon şekli, $\text{pH} > 8,3$ olan sıcak, yumuşak, klorlu suda meydana gelir. Tuz oranı düşük olan sert su nedeniyle sıcak su cihazının vanasında bir miktar çinko ayrışmaları görülmüştür. Bu zararlar suyun vanada uzun süre kalmasıyla kendini gösterir ve buharlaşma tuz konsantrasyonunun artmasına neden olur.

Rotguss ve bronzların, çinko ayrışmasına dayanımları fazladır. Çinko ayrışmasından dolayı yapılacak kimyasal uygulamaların hiçbirisi olumlu etki göstermez (bakınız Şekil 4.18). Bakır yönünden zengin (% 65'ten çok bakır olan) pirinç türlerin kullanımı gereklidir [48].



Şekil 4.18. Pirinç soğuk su armatürü dışlisi kesitinde çinko çözülmesi [48]

Bakır borunun dış yüzeyinde korozyon, burada nemin kalıcı olmasıyla meydana gelir. Son zamanlarda, bakır borularda stres yırtılması korozyonu da rapor edilmiştir. Gerilim yırtılması korozyonu, amonyum bağlantıları veya amonyak ve nitrit içeren elektrolitlerden kaynaklanır. Bu kimyasalların her ikisi de bakır borunun dış yalıtım malzemesinde

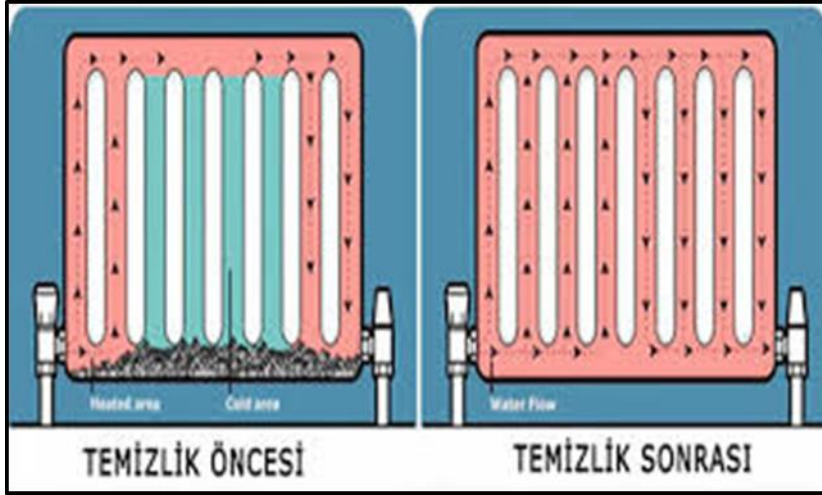
bulunur. Bu nedenle gerilme yırtılması korozyonu dış yüzeyden başlar. Bunu önlemek için amonyak bağlantısı veya amonyak ve nitrit içeren elektrolitten oluşan yalıtkan malzemeler kullanılmamalıdır [48].

4.5. Tesisat Temizliği

4.5.1. Tesisat temizliğinin önemi

Günümüzde iklimin değişikliklerinin de etkisiyle kış ayları artık daha soğuktur. Kombi, ısıtma sistemini basitleştiren, ısı dağıtımın merkezi olarak adlandırılan ve kışların vazgeçilmezi olan bir buluştur. Verimliliği artırmak ve ısı seviyelerini en üst düzeye çıkarmak için radyatörün temiz ve suların saf olması istenir. Isıtma tesisatında bulunan ve ısıtma sistemini zorlaştıran tortular, çamurlu su ve diğer maddeler sıcaklığın düşmesine neden olur. Bu, pek çok kişinin önemsemediği ama üzerine düşülmesi gereken bir sorundur. Ev ve iş yerlerinin ısıtılmasında kullanılan kombilerden daha yüksek verim ve ısı elde etmek için kombilerin ve radyatörlerin temizliği ve bakımı yapılmalıdır [49].

Radyatörler ısınma amacıyla şebeke suyu kullanılır. Şebeke suyunun ihtiva ettiği kireç ve toprak atıkları radyatörlerin içerisinde birikerek bir tabaka oluştururlar. Günden güne bu tabaka kalınlaşıp, radyatörlerin ısı kaybına dolayısıyla mahalin ısınmasına engel olur. Dolayısıyla ısı ortama yayılmadığından dolayı ısınmak için zorunlu olarak kombinin derecesi yükseltilir. Bu da enerji sarfiyatına sebebiyet olur. Buradan da anlaşıldığı üzere aslında radyatör temizleme işlemi, artık kombiden aldığı ısıyı taşıyamayan pis suyun yenilenmesi ve peteklerin iç yüzeylerinde birikmiş olan kirli tabakanın yıkanarak atılması işlemidir [50].



Şekil 4.19. Tesisat temizliği öncesi ve sonrası radyatörlerin görünümü [49]

Radyatörün alt kısmında çöken ve suyun hareketini zorlaştıran maddelerin kombiyi zorladığı ve aşırı doğalgaz enerjisi tüketimine neden olduğu Şekil 4.19'dan görülmektedir. Kombi ve radyatörlerin ömürlerinin uzun olması için her yıl düzenli bir zaman dilimi içerisinde bakımlarının yapılması gerekmektedir [49].

4.5.2. Tesisat temizliğinin faydaları

Yakıt tasarrufu

Kombi ve radyatör temizliği yaptırmanın pek çok faydası bulunmaktadır. Bunların en başında da yakıt tasarrufu gelmektedir. Düzenli olarak bakımı yapılan radyatörlerin hem alt hem de üst kısmı olması gerektiği gibi ısınır. Ayrıca bunun için gereğinden fazla enerji harcanması gerekmez. Böylece bu cihazlardan olması gereken verim alınır ve yüklü doğalgaz faturaları ile karşılaşılmaz.

Daha iyi ısı iletimi

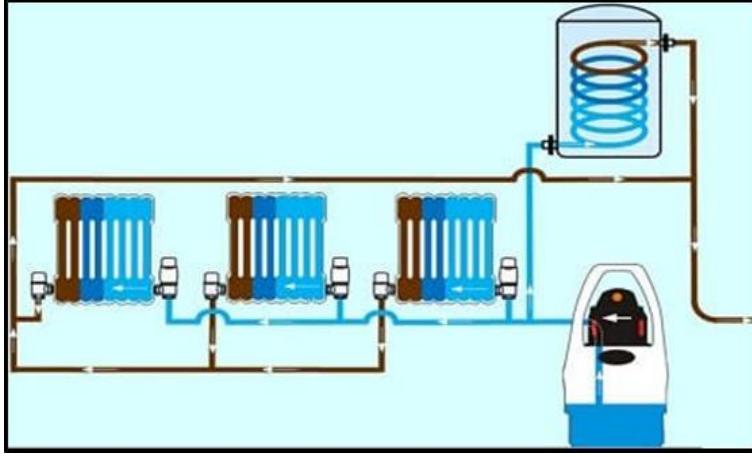
Tıkalı ve arızalı olan radyatörlerin her yanı aynı derecede ısınmaz. Bu nedenle de kullanıcılar çok iyi ısınamadıklarından yakınırırlar. Buna nazaran gelen doğalgaz faturası ise kişilerin bütçelerini sarsmaktadır. Ancak radyatör temizleme hizmeti ile bu sorunların tamamının üstesinden gelinebilir. Düzenli olarak bakımı yapılan radyatörler çok daha iyi ısınır ve etrafa daha iyi ısıyı yayarlar.

Tesisatın ömrü uzar

Bunların yanında yapılan temizleme işlemi yakıt tasarrufu ve daha iyi ısı vermesinin yanında kullanılan tesisatın ömrünü de uzatır. Eğer kışa girmeden gereken radyatör bakımı yapılırsa, sonrasında daha büyük arızaların ortaya çıkmasının önüne geçilir. Bu da tesisatın ömrünü uzatır ve yüklü masraflardan kurtarır [51].

4.5.3. Tesisat temizliği nasıl yapılır

- 1- Kombi kapatılarak elektrikle olan bağlantısı kesilir. Bunu yapmadaki amaç temizlik sırasında tesisattan çıkan kireç, tortu gibi maddelerin kombinin içerisinden dolaşıp filtre eşanjör, sirkülasyon pompası gibi hassas olan malzemeleri tıkamasına veya bozmasına mani olmaktır.
- 2- Radyatör temizlemede kullanılan makine, kombi altından tesisata ya da banyoda bulunan havlupan veya radyatör sökülerek tesisata bağlanır. Banyodaki havlupana bağlanmasının nedeni temizlik esnasında hem temiz suya, hem de bir pis su giderine ihtiyaç olması ve bunları aynı anda banyoda bulabiliyor olmamızdır. Ayrıca temizlik boyunca oluşan kirlenme, banyoda daha kolay temizlenebilmektedir. Aksi durumda parke ve halılar üzerine temizlik sırasında su ya da kimyasal dökülebilir.
- 3- Makine bağlantıları yapıp kombi kapatıldıktan sonra tüm radyatörler açık olacak şekilde 10 dakika makine çalıştırılır.
- 4- Makinaya temiz su girişi yapmak için temiz su musluğu kullanılır ardından makine tarafından temiz suyu tesisata basılarak sistemin kaba pisliğin atılmış olur. Kaba pislikler ve çamurlaşmalar tamamen tesisattan uzaklaştırılana dek işleme devam edilir.
- 5- Sistemdeki kirecin yumuşaması ve sıcak suda kimyasalların daha etkin temizlenmesi nedeniyle sistemdeki ve makine içindeki su 30-40°C'ye kadar ısıtılmalıdır.
- 6- Temizlik ekipmanları için geliştirilen kimyasallar, ekipmanın boyutuna göre hesaplanır ve ekipmana yeterli miktarda kimyasal eklenir. Radyatördeki metre tülün hesabına göre kimyasal miktarı hesaplanır. Kimyasalların oranı 1/100'dür yani 1 litre kimyasal 100 litre suya kadar seyreltilebilir. Kimyasalları ekledikten sonra cihazdaki su ile karışması ve sirkülasyonun sağlanması için tüm radyatörler açık halde makine çalıştırılarak 5-10 dakika beklenir. Şekil 4.20'de örnek bir radyatör temizleme şeması görülmektedir [51].



Şekil 4.20. Tesisat temizleme yöntemi [51]

Kimyasal işlem süresi

- 1-Kimyasalın tesisata yayılmasında ve su sıcaklığının ayarlanmasının ardından, sistemdeki tüm radyatörlerin vanaları kapatılır ve sadece bir tek radyatörün vanaları açılarak temizliğe başlanır. Açık olan radyatör güzelce temizlenmesinden ardından kapatılarak bir sonraki radyatöre geçilir ve aynı işlemler sırasıyla bu şekilde devam eder. Buradaki gaye yüksek olan su debisinin tek bir radyatöre verilmesi ve radyatörde güçlü bir sirkülasyon sağlayarak temizliğin verimli olmasına yardımcı olmaktır. Bütün radyatörler açık şekilde temizlik yapıldığında basınçlı su en yakın radyatörden geri dönecek ve sonraki radyatörler istenilen şekilde temizlenemeyecektir ya da sonraki radyatörlerde iyi bir süpürme etkisi olamadığı için sökülen pislikler dışarı atılamayacaktır.
- 2- Tüm radyatörler bu işlemi tamamladıktan sonra sisteme temiz su göndermek için temiz su vanası, sistemden kirli suyu tahliye etmek için tahliye vanasını açılır. Ardından nötralizasyon işlemine başlamak için tüm radyatör vanalarını açılır. Nötralizasyon işlemi tamamlandıktan sonra bu su boşaltılır ve sisteme temiz su gönderilir.
- 3- Cihaza, temiz su beslemesi tamamlandıktan sonra sistem koruyucu madde ilave edilerek 15-20 dakika sirküle edilir. Sistem koruma kimyasalları, tesisat ve kombinin tüm bileşenlerini koruyabilir ve korozyona uğramasını engeller. Sudaki yabancı maddelerin oluşumunu geciktirerek sisteminizi uzun süreler temiz kalmasına yardım eder. Böylece tesisatın ve kombinin ömrü uzar. Ayrıca kirlilik oluşumu da gecikeceğinden doğal gaz maliyeti de düşmüş olacaktır.

- 4- Sistemi kombi bağlantısı yapılmadan önce kombinin filtresi de temizlenmelidir. Ardından gerekli bağlantılar yapılarak kombi çalıştırılır ve su takviyesi yapılarak su basıncı 1,5 bar olana takviye yapılır.
- 5- Kombi çalıştırıldıktan bir süre sonra tüm radyatörlerin havası alınarak radyatörlerin sıcaklıkları kontrol edilmelidir [51].

4.6. Baca Gazları

Baca gazı analizlerinin değerlendirilmesine geçmeden önce yanmanın kimyasal denklemlerini hatırlamakta fayda olacaktır. Yakıt tam olarak yandığında, içerisinde bulunan karbon (C) karbondioksit (CO_2), hidrojen (H_2) su buharına (H_2O), kükürt (S) kükürt dioksit (SO_2) dönüşmektedir.

Tam Yanma [52] ;



Eksik Yanma [19] ;



Buradan, yetersiz oksijen nedeniyle karbonun karbon monoksit formunda kaldığı ve karbondioksit dönüştürülmediği durumlarda enerji kaybının yaklaşık %70 olduğu görülebilir. Bunu akılda tutarak, genel bir kural olarak, mükemmel bir yanma sağlamak için yakıtı verilen hava belirli bir oranda arttırılır. Buna hava fazlalık katsayısı denir. Yakıt cinsine göre değişen bu katsayının gerekli değerden az olması durumunda karbon monoksit oluşacak, üretilen enerji azalacak, kurum oluşacaktır fazla olmasında ise yanmaya dahil olmayan hava ısı olarak bacadan atılacak ve yanma verimi düşecektir. Bu nedenle baca gazı analizörü kullanılarak işletme sırasındaki yanmayı optimize etmek için baca gazı analizi

kolaylıkla elde edilip değerlendirilebilir, brülöre ve kazana anında müdahale edilebilir [52].

4.6.1. Oksijen (O_2)

Yakıt tipine ve hava fazlalığı faktörüne göre, karbon monoksit oluşumuna mahal vermemek için baca gazındaki oksijen oranının mümkün olduğunca düşük olması arzu edilir.

Baca gazı analizleri için, doğalgazda % 2-3, sıvı yakıtta % 3-4 ve katı yakıtta % 5-6 oksijen oranları ideal değerler olarak kabul edilirler [52].

4.6.2. Karbondioksit (CO_2)

Yakıtın tipine bağlı olarak baca gazında yüksek oranda karbondioksit bulunması tercih edilir. Doğalgazda % 11, sıvı yakıtta % 14, katı yakıtta % 14 olan karbondioksit değerinin baca gazı analizi için uygun bir seviye olduğu söylenebilir. Konumuzla doğrudan ilgili olmasa da, iyi yanmanın doğal sonucu olarak baca gazında karbondioksit çok ihtiyaç duyulurken, atmosferdeki sera etkisi nedeniyle son yıllarda bir emisyon olarak kabul edilmektedir. Düşük karbonlu, yüksek hidrojenli yakıtların yaygınlaşması ve fosil yakıtların kullanımına getirilen kısıtlamalar ile bu duruma çözüm üretilebilir [52].

4.6.3. Karbonmonoksit (CO)

Sebebi olduğu enerji kaybı ve duman kirliliği nedeniyle baca gazında karbon monoksit istenmez ve emisyon olarak kabul edilir. Karbon monoksit, yakıtta verilen oksijeni artırarak ve eksik yanmayı tamamlayarak karbon dioksit dönüştürülmelidir. Baca gazı analizinde karbon monoksit içeriği 100 ppm'e kadar sorun teşkil etmez [52].

4.6.4. Kükürtdioksit (SO_2)

Yakıtta kükürtün yanması sonucu üretilen kükürt dioksit, çevre için en tehlikeli emisyonlardan biri olarak kabul edilir. Bu gaz salımın brülör ve kazanlarda alınacak

önlemlerle ilgisi olmayıp sadece düşük kükürtlü yakıtların baca gazında indirgenebilir. Doğal gaz kullanırken "0" olan baca gazındaki kükürt dioksitin miktarı, % 0,5 kükürt içeriğine sahip ithal kömür kullanıldığında 150-200 ppm'e ulaşabilir. Baca gazındaki kükürt dioksit düşük sıcaklıklarda su buharı ile birleşerek sülfürik aside dönüşür ve kazanın zarar görmesine neden olur [52].

4.6.5. Azotoksitler (NO_x)

Yakıt tipine bağlı olarak fırına verilen havanın fazlalık katsayısı ve fırın tasarımına bağlı olarak oluşan azot oksitler çevresel emisyon olarak kabul edilir. Hava yakıt ayarının elverdiği orandan başka azot oksitlere müdahale imkanı yoktur, sadece kazan alırken dikkat edilmesi gereken bir parametre olarak kabul edilir. Günümüzde sık olarak tartışılan "Baca gazları resirkülasyon sistemi"ne ek olarak, "Düşük NO_x brülörleri" de azot oksitlerle mücadelede etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir [52].

4.6.6. Baca gazı sıcaklığı

Yakıtın cinsine ve içindeki kükürt içeriğine bağlı olarak kazandan çıkan baca gazının mümkün olduğunca düşük olması umulmaktadır. Aşırı yakıt akışı, kazanın yetersiz ısıtma yüzeyi ve baca gazının kirlenmesi, yüksek baca gazı sıcaklığına neden olur. Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta, kazan testi ve baca gazı analizinin kazanın anma gücüne uygun bir yakıt debisinde yapılması gerektiğidir. Çünkü düşük kazan kapasitesinde baca gazı sıcaklığının da düşük olması beklenir. Yüksek baca gazı sıcaklığı verim kaybı anlamına gelir. Baca gazı sıcaklığının düşürülebileceği minimum değer, baca gazının yoğunlaşma (çiy) sıcaklığı ile ilgilidir. Öte yandan yoğunlaşma sıcaklığı, baca gazındaki kükürt dioksit (SO_2) içeriğine ve dolayısıyla yakıttaki kükürt (S) içeriğine de bağlıdır. Doğal gaz kullanıldığında 130 – 150 °C, katı ve sıvı yakıt kullanıldığında 130 – 175 °C baca gazı sıcaklıkları uygun değerler olarak kabul edilebilir. Baca gazı sıcaklığı yüksek olduğunda brülöre ve kazana müdahale edilmeli, kapasite kısmen düşürülerek veya kazan borusuna türbülator eklenerek baca gazı sıcaklığının düşürülmesi gerekir. Baca gazı sıcaklığındaki her 20 °C'lik düşüş için verim % 1 artar [52].

5. MATERYAL ve METOD

Çalışmada kullanılan baca gazı analiz cihazı, termal kamera, radyatör, radyatör temizleme makinası, radyatör temizleme ve nötralize kimyasalına ait bilgiler ile ürünlerin resimleri ve teknik özellikleri aşağıda başlıklar halinde listelenmiştir. Ayrıca çalışmanın yapıldığı mahallin mimari projesi ve mahale ilişkin açıklamalara da yer verilmiştir. Çalışma yapılırken izlenen metot ise son başlıkta detayları ile ele alınmıştır.

5.1. Baca Gazı Analiz Cihazı

Çalışmada kullanılan baca gazı analiz cihazının görseli Resim 5.1’de bulunmaktadır. Cihaza ait özellikler de Çizelge 5.1’de verilmiştir.

İşletmelerin ve konutların ısıtma sistemlerine ait gaz yakıcı cihazların yanma kontrollerinin yapılmasında kullanılmaktadır. 6 sensöre kadar eklenebilen Oksijen (O_2), Karbon monoksit (CO), Azot oksit (NO), Sülfür (SO_2) veya Azot dioksit (NO_2), Hidrokarbon (C_xH_y), Hidrojen (H_2) ve Hidrojen sülfür (H_2S) sensörleri katı yakıtlarda da rahatlıkla kullanabilir ve yanma verimliliğini, kayıpları hesaplanabilmektedir. 2.60 l/dk pompa çekiş gücüne sahip olduğundan hızlı bir şekilde ölçüm yapılabilir. Cihazdan bağımsız ayrılabilen el kontrol ünitesi ile kazan ve brülör ayarlarında analiz cihazı ölçüm yerinde iken ekran üzerinden brülör ve kazan yanma değerlerine göre gerekli ayarlamalar rahatlıkla yapılabilir. Cihaz üzerindeki entegre yazıcısı sayesinde ölçüm sonuçları yazdırılabilir. Kazan ayarlarında ilk çalıştırmada veya farklı durumlarda yüksek çıkan karbon monoksitten cihazın etkilenmemesi için özel karbon monoksit yıkama pompası ile ölçümün yarım kalmadan ayarı yapabilmektedir. Özel gaz hazırlama ünitesi sayesinde ve otomatik su boşaltma sayesinde hızlı ve doğru sonuçlar alınmaktadır. Kazan servislerinde, ağır endüstride, ağır sanayideki kazanlarda, gaz motorlarında, gaz türbini ve resmi emisyon ölçümü yapılması zorunlu olan işletmelerdeki farklı proseslerin emisyon ölçümlerinde kullanılmaktadır. Opsiyonel bluetooth modülü veya wifi modülü sayesinde telefon, tablet ve PC’den cihaza bağlantı yapılabilir.



Resim 5.1. Baca gazı analiz cihazı

Çizelge 5.1. Çalışmada kullanılan baca gazı analiz cihazı referans değerleri

Ölçülen Değerler	Ölçüm Aralığı/Ölçüm Birimi
O ₂	% 0-21
COH ₂ düzeltilmeli	0-4000 ppm
CO % (opsiyonel)	0-63.000 ppm
NO ppm (opsiyonel)	0-5000 ppm
NO ₂ ppm (opsiyonel)	0-1000 ppm
SO ₂ ppm (opsiyonel)	0-5000 ppm
H ₂ ppm (opsiyonel)	0-2000 ppm
CxHy (opsiyonel)	0-4 %VOL
Gaz sıcaklığı	0-500 °C
Yüksek gaz sıcaklığı (opsiyonel)	0-1100 °C
Ortam sıcaklığı	±99 °C
Basınç	±100 hPa
Fark basınç (opsiyonel)	±100 hPa
İslilik	0-9 İs
Ortam basıncı	300-1100 hPa
Hesaplanan Değerler	
CO ₂ (Karbondiyoksit), CO (u) (CO seyreltilmemiş), Verim %0-120, Kayıp, Fazla Hava Katsayısı (Lambda), Çiğlenme Noktası, mg/m ³ , mg/kWh, O ₂ -referans	

5.2. Termal Kamera

Çalışmada sıcak yüzeyleri için termal kamera kullanılmıştır. Bir cisim her sıcaklığa göre farklı ışıınım yaymaktadır, termal kameralar da bu ışıınımları, görünür aydınlatma olmadan görünmesini sağlar. Böylece termal kamerada bir cismin yüzey sıcaklığı görüntülenebilir. Çalışmada kullanılmış olan cihaz 240 x 180 görüntü kalitesi, $-20^{\circ} + 650^{\circ} \text{ C}$ çalışma sıcaklığı aralığı ve $0,5^{\circ} \text{ C}$ hassasiyete sahip olup ayrıca minimum maksimum ve ortalama değerleri alınabilmektedir. Bu sebeple cihaz ile radyatörlerden ısı değerleri kolaylıkla alınmıştır. Bu cihaz ile, sıcak noktalar, olası arızalar, izolasyon ve rutubet problemleri de kolayca algılanabilmektedir. Cihaza ait görsel Resim 5.2’de, teknik bilgiler ise Çizelge 5.2’de yer almaktadır.



Resim 5.2. Termal kamera

Çizelge 5.2. Termal kamera cihazının teknik özellikleri

Teknik Özellikleri	
Dedektör Türü	Soğutmasız mikrobolometrik
Termal çözünürlüğü	240×180 piksel
Uzamsal Çözünürlüğü	1.82 mrad
Termal Hassasiyeti	$\leq 0.05^{\circ}\text{C}$
Spektral Aralığı	7.5-13 μm
Görüş Alanı	25° X19°
Görüntü frekansı	60 Hz
Fokus	Manuel
Minimum Fokus Mesafesi	0.4 m
Ekranı	320×240 piksel, 3.5" dokunmatik LCD
Zoom	4× dijital zoom
Resim İçinde Resim(PIP)	Gerçek görüntü üzerinde ölçeklenebilir (Termal füzyon)
Dahili Kamera	3.1 megapiksel, Led ışığa sahip
Ses Kaydı	Bluetooth kullanarak 60 sn.
Metin Kaydı	Önceden tanımlanmış listeden ya da ekranda sanal klavyeden
Sıcaklık Aralığı	-20°C ~ 650°C
Doğruluk	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ veya $\pm 2\%$
Emissivite Düzeltme	0.1 den 1.0 'e kadar değiştirilebilir ya da listeden seçilebilir
Renk Paletleri	Arctic, Gray, Iron, Lava, Rainbow ve Rainbow HC
Ayar Kontrolleri	Yerel birim, dil, tarih ve zaman ayarları, otomatik kapanma
Hafıza	Mini SD kart (512 MB)
Dosya Türü	Standart JPEG
Veri İletişimi	USB-mini, USB-A, Kompozit video
Lazer İşaretleyici	Termal görüntü üzerinde otomatik
Batarya Tipi	Li-Ion şarj edilebilir
Batarya Ömrü	4 saat, pil durumunu gösterir
Şarj Sistemi	Kamera içinde dahili şarj cihazı
Harici Güç Kaynağı	AC adaptör ile 90/260 V AC.
Güç Yönetimi	Otomatik Kapanma (kullanıcı seçimli)
Çalışma Sıcaklığı	-15 °C ~ 50 °C
Saklama Sıcaklığı	-40 °C ~ 70 °C
Nem	Çalışma ve saklamada: IEC 68-2-30/ 24 saat, 95% bağıl nem
Koruma Sınıfı	IP54 IEC 529
Sarsıntı ve Titreşimler	25G, IEC 68-2-29 / 2G, IEC 68-2-6
Standart Aksesuarlar	Sert taşıma çantası, FLIR Tools Yazılım CD'si, Kullanım kılavuzu ve dokümanları, Kalibrasyon sertifikası, Batarya, El askısı, Lens kapağı, Güç kaynağı, USB kablosu, Video kablosu, mini SD hafıza kartı ve kart adaptörü
Ağırlık	825 g (bataryalı halde)
Boyutlar	246 mm x 97 mm x 184 mm

5.3. Radyatörler

Çalışmada panel radyatörler kullanılmıştır. 25 mm. hatveye sahip olan bu radyatörler aynı zamanda yüksek ısı güce sahiptir. Zirkonyum ve kataforez boya teknolojilerini kullanarak üretilen bu radyatörler uzun süre paslanmadan ve arızalanmadan kullanılabilir. Radyatörler, TSE (Türkiye), BSI (İngiltere), DIN (Almanya), CE gibi kalite belgelerine sahiptirler. Ayrıca LRQI ve TSE onaylı ISO 9001, ISO 14001 ve OHSAS 18001 sertifikaları da buna dahildir. Resim 5.3’de ürüne ait görsel bulunmaktadır. Ürün piyasaya 400 mm den 3000 mm arasındaki boyutları ile piyasaya sunulmaktadır, ölçüm yapılan mahallerde 400, 500, 600 mm’lik radyatörler kullanılmıştır. Radyatörlerin ısı değerleri Çizelge 5.3’te görülmektedir.



Resim 5.3. Çalışmada kullanılan panel radyatör

Çizelge 5.3. Çalışmada kullanılan panel radyatörlerin teknik özellikleri

Panel Radyatör	Teknik Özellikleri
Genel Özellikleri	
Tipi	22
Hatve Mesafesi milimetre	25
Boya	Zirkonyum Kaplama ve Kataforez Boya
Test Basıncı bar	13
Garanti	10 Yıl
Kapasite	
300 milimetre (75 °C / 65 °C) watt	1,052
400 milimetre (75 °C / 65 °C) watt	1,315
500 milimetre (75 °C / 65 °C) watt	1,563
600 milimetre (75 °C / 65 °C) watt	1,798
900 milimetre (75 °C / 65 °C) watt	2,448
300 milimetre (75 °C / 65 °C) kcal/h	905
400 milimetre (75 °C / 65 °C) kcal/h	1,131
500 milimetre (75 °C / 65 °C) kcal/h	1,344
600 milimetre (75 °C / 65 °C) kcal/h	1,546
900 milimetre (75 °C / 65 °C) kcal/h	2,105
Boyutları	
Yükseklik milimetre	300-400-500-600-900
Uzunluk (minimum - maksimum) milimetre	400 - 3000
Derinlik milimetre	105
Ağırlık (600 milimetre - 1 metre için) kilogram	33.7
Diğer Özellikler	
Su Hacmi litre.	5,6
Kompakt Ventil Seçeneği	Tip ve boyutlar için yetkili satıcıdan bilgi alınız.
Kompakt Tapa Seçeneği	Tip ve boyutlar için yetkili satıcıdan bilgi alınız.
Zemine Montaj Özelliği	Var

5.4. Radyatör Temizleme Makinası

Çalışmada radyatör temizleme makinasını kullanılmıştır. Kompresörlü olan bu radyatör temizleme makinasında çift yönde kontrol edilebilme özelliği mevcuttur. Temizlik esnasında “Çift Yön Kontrol Anahtarı” ile suyun ters akışını ve tesisatta boru hatlarına yapışmış olan pisliklerin borulardan kopması sağlanır. Resim 5.4’de ürünün resmi görülmektedir. Çalışmada kullanılan cihaz 2 farklı moda sahiptir:

Darbeli Mod: Makina darbeli moda alındığında tesisattan gelen suyun debisine göre zamanını otomatik ayarlayarak basınçlı vuruşlar yapabilir.

Sürekli Mod: Sürekli moda alındığında kompresör içindeki havayla orantılı olacak şekilde, temizlik yapılan hat boyunca sürekli bir basınç oluşturur.

Cihaz ile güneş enerjisi sistemlerine ve jeotermal sistemlerine dolum yapılabilir. Cihazın havası alınabilir ve temizlenebilir. Çizelge 5.4’de teknik bilgilere yer verilmiştir.



Resim 5.4. Radyatör temizleme makinası

Çizelge 5.4. Çalışmada kullanılan radyatör temizleme makinasının teknik özellikleri

Teknik Detaylar		
Ürün genişliği:	380 mm.	
Frekansı (kadar):	60 Hz.	
Frekansı (itibaren):	50 Hz.	
Ürünün ağırlığı:	28 kg.	
Ürünün yüksekliği:	630 mm.	
Maksimum çalışma basıncı:	8 bar	
Maksimum akış:	5 m ³ /h	
Motor performans:	1,5 kW.	
Şebeke gerilimi:	230 V.	
Yağ ayırma oranı:	99,9 %	
Partikül tutma oranı:	0,3 mikron kompresör	
Derinliği:	340 mm.	
Maksimum su basıncı:	7 bar	
Maksimum su sıcaklığı:	30 °C	
Boru çapları (kadar):	DN 50 /2 Inch	

5.5. Radyatör Temizleme Kimyasalı

Çalışmada kullanılan temizleme kimyasalı, kireçlenmenin önlenmesi ve korozyondan koruma ile pompa ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır. Bu kimyasal radyatör temizleme cihazının depo kısmına belirli bir miktar ilave edilir. Ürünün görseli Resim 5.5’de verilmiştir.



Resim 5.5. Radyatör temizleme kimyasalı

Çizelge 5.5. Radyatör temizleme kimyasalı teknik detayı

Teknik Detayları			
Ürünün ağırlığı:			6,3 kg
Ürünün İçeriği:		Toplam	6 lt

5.6. Nötralize Kimyasalı

Çalışmada kullanılan nötralize kimyasalı toz şeklinde imal edilmiştir. % 10 ile % 30 arasında su kullanılarak inceltilir. Nötralize kimyasalı yıkama işlemi tamamlandıktan sonra tesisatta kalan asidin etkisini yok etmek için % 3 oranında suyla karıştırılarak kullanılması gerekir. Bakır ve demir gibi malzemeler için uygundur. Resim 5.6’da ürün görseli yer almaktadır.



Resim 5.6. Nötralize kimyasalı

Çizelge 5.6. Nötralize kimyasalı teknik detayı

Teknik Detaylar	
Ürün ağırlığı:	1 kg
İçerik:	Toz

5.7. Teorik Analiz

5.7.1. Belirsizlik analizi

Deneysel çalışmalarda çeşitli sebeplerden dolayı meydana gelen belirsizlikler denklem 1 yardımıyla hesaplanmıştır. Sıcaklık ve doğal gaz tüketimi ölçümündeki belirsizlikler ayrı ayrı hesaplanmış ve toplam belirsizlik değeri 0,96 olarak bulunmuştur. Bu değer literatürde kabul edilebilir aralıkta yer almaktadır.

$$W_F = \left[\left(\frac{\partial F}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (5.1)$$

Bu ifadedeki F değeri x bağımsız değişkenler ile tarif edilen bir fonksiyon, W ifadeleri de belirsizlik değerlerini göstermektedir. Sıcaklık ölçümü hassasiyeti ± 0.05 °C olan termal kamera ile yapılmış, ölçüm yerinin hassasiyeti 0.7 ve okuma hassasiyeti de 0.2 olarak dikkate alınmıştır. Sıcaklık ölçümündeki belirsizlik değeri denklem 2 ile $\pm 0,73$ °C olarak bulunmuştur.

$$W_{sıcaklık} = \left[(w_{termal\ kamera})^2 + (w_{ölçüm\ yeri})^2 + (w_{okuma})^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0,73 \quad (5.2)$$

Doğal gaz tüketimi, hassasiyeti $\pm 0,6$ m3 olan sayaç üzerinden ölçülmüştür. Burada okuma hassasiyeti 0,2 olarak dikkate alınmış ve belirsizlik değeri Eşitlik 5.3 yardımıyla $\pm 0,63$ m3 olarak bulunmuştur.

$$W_{gaz\ tüketimi} = \left[(w_{sayaç})^2 + (w_{okuma})^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0,63 \quad (5.3)$$

5.7.2. Radyatörden olan ısı transferi

Taşımla olan ısı transferi radyatör yüzeyi ile ona temas eden akışkan arasındaki ısı taşınım katsayısına (h), yüzey ile akışkan arasındaki sıcaklık farkına ve ısı transfer yüzey alanına bağlıdır. Meydana gelen ısı taşınımı Eşitlik 5.4 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q = h A \Delta T \quad (5.4)$$

Burada Q radyatörlerden havaya taşınım ile geçen ısı miktarı, h ısı taşınım katsayısı, A ısı transfer yüzey alanı ve ΔT yüzey ile hava arasındaki sıcaklık farkıdır. Bu denklemdeki h değerinin bulunması boyutsuz sayılar yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} Pr \quad (5.5)$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_s + T_\infty}{2}} \quad (5.6)$$

$$Nu = \left[0,825 + \frac{0,387 * Ra_L^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right]^2 \quad (5.7)$$

$$h = \frac{k}{L} Nu \quad (5.8)$$

Eşitlik 5.5’de yer alan Ra_L Rayleigh sayısını, g yer çekimi ivmesini, T_s yüzey sıcaklığını, T_∞ ortam havasının sıcaklığını, ν havanın kinematik viskozitesini, Pr Prandtl sayısını, L karakteristik uzunluğu temsil etmektedir. Eşitlik 5.8’deki Nu Nusselt sayısını, k havanın ısı iletim katsayısını göstermektedir.

5.7.3. Salımların ve baca gazı sıcaklıklarının analizi

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5.9)$$

Burada $\bar{x}$ salımın ortalamasını, i, kombinin T_{45} derecedeki salım miktarını, n ise T_{80} dereceye kadar olan salımları, x_i bu 5’er derecede artan toplam salım miktarlarını, paydadaki n ise farklı kombi sıcaklıklarında ölçülen toplam ölçüm miktarını temsil etmektedir.

Eşitlik 5.9 aynı zamanda baca gazı sıcaklık ortalamasını bulmak için de kullanılmıştır. Bu durumda $\bar{x}$ baca gazı sıcaklık ortalamasını, i, kombinin T_{45} derecedeki baca gazı sıcaklığını, n ise T_{80} dereceye kadar olan baca gazı sıcaklıklarını, x_i bu 5’er derecede artan

toplam sıcaklık değerini, paydadaki n ise farklı kombi sıcaklıklarında ölçülen toplam ölçüm miktarını temsil etmektedir.

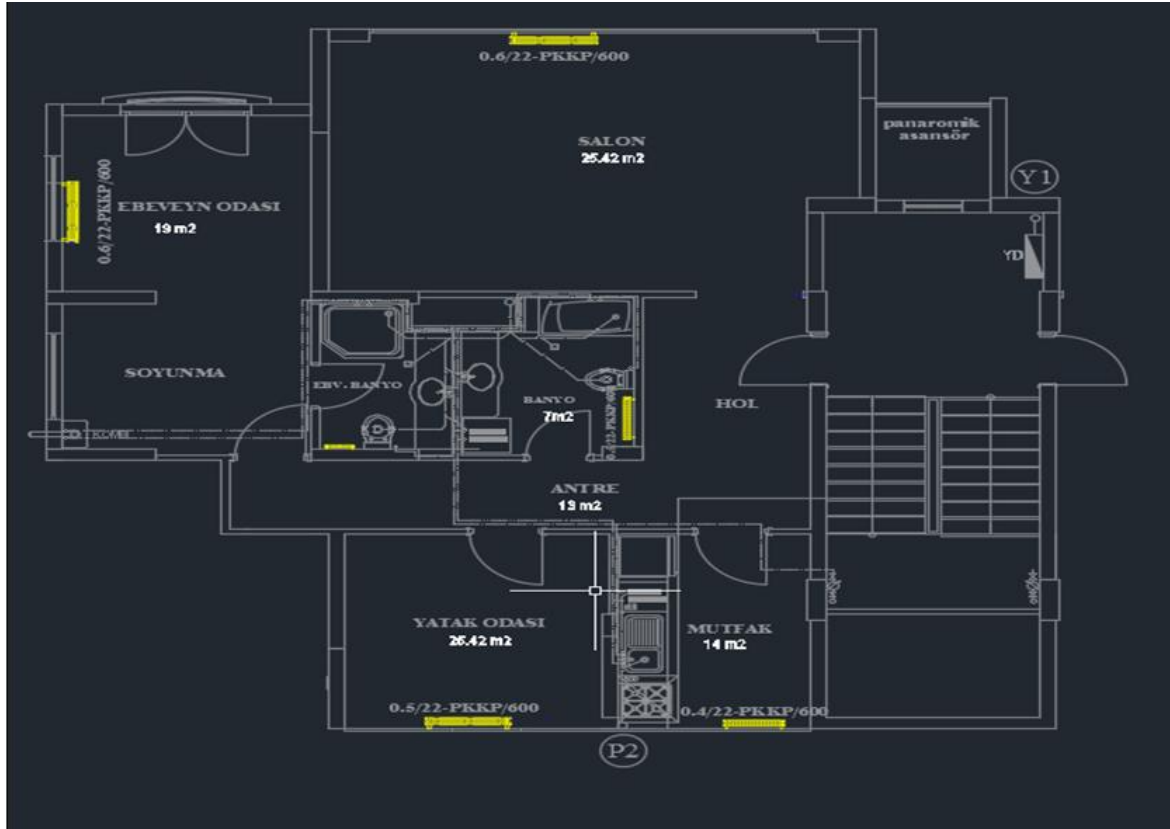
5.7.4. Yakıt tasarrufu analizi

$$\text{Doğal gaz tasarruf miktarı (\%)} = \frac{V_{TS} - V_{TÖ}}{V_{TÖ}} \times 100 \quad (5.10)$$

Çalışmada elde edilen metreküp cinsinden doğalgaz kullanımına bağlı yüzdesel tasarruf Eşitlik 5.10 ile hesaplanmıştır. Burada V_{TS} temizlik sonrası tüketilen doğalgazın m^3 cinsinden miktarını, $V_{TÖ}$ temizlik öncesi tüketilen doğalgazın m^3 cinsinden miktarını temsil etmektedir.

5.8. Deneyin Yapıldığı Mahal

Deney, Abidinpaşa Mah. Münzeviler Cad. 53/14 Mamak Ankara'da bir dairede yapılmıştır. Deneyin yapıldığı apartman bodrum, zemin ve 3 kattan oluşmaktadır. Kat planı Resim 5.6'da görünen deneyin olduğu daire, 3. katta bulunmaktadır ve kuzeydoğu cephelidir. Daire $98 m^2$ ve 2,8 m yüksekliğindedir. Radyatör yerleşimi Resim 5.6'da görüldüğü gibi sarı renkte gösterilmiştir.



Resim 5.7. Deney yapılan mahalin projesi

5.9. Deneyin Yapılışı

Deneylere 6 Şubat 2021 tarihinde başlanmıştır. İlk olarak temizlik yapılmadan önce kombinin hermetik baca borusu çıkışından, baca gazı analiz cihazının probunun uç kısmı bacanın merkezinde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kullanılan kombi hermetik kombi olduğu için baca gazı ölçümü yapılan yer çıkış borusunun dirsek kısmında yer almaktadır. Hermetik kombilerde baca kısmında iki adet iç içe geçmiş boru bulunmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan gazlar iç kısımdaki boruda yer almaktadır. Bu sebeple baca gazı ölçüm probu iç borunun içerisinde bulunmaktadır.

Baca gazı analiz cihazı içindeki vakum pompası ile bacadan atık gazı vakumlayarak ve toz tutucu ön filtreden geçirerek içindeki sensörlere göndermektedir. Bu sırada baca gazı içindeki su buharı da cihaz üzerindeki su tutucu ayrı bir hazne vasıtasıyla toplanır ve dışarı atılır. Daha sonra kombi sıcaklığı sırası ile 45 – 50 – 55 – 60 – 65 – 70 – 75 – 80 °C'lerinde çalıştırılır ve her radyatörün yüzey sıcaklığı termal kamera ile çekilmiştir. Kombinin her sıcaklık değerine göre baca gazı analiz cihazından, bacadan çevreye olan

CO, NO, CO₂, O₂ atık gazların ve bu gazların sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Ayrıca doğalgaz sayacından günlük olarak kullanılan doğalgaz m³ cinsinden okunarak kaydedilmiştir.

9 Şubat tarihinde radyatör temizleme işlemi profesyonel teknik ekip tarafından yapılmıştır. Tesisat temizliği cihazı banyodaki radyatör sökülerek buradan tesisatla irtibatlandırılmıştır. Banyodaki radyatör bağlantısının kullanılma sebebi, ıslak zemin olması ve pis su tesisatı olmasıdır. Tesisat temizliğini yapmadan önce tüm radyatörler kapatılmıştır. Temizleme cihazı ile ilk olarak temizlenecek radyatör hariç diğerleri kapatılarak sisteme su basılmıştır. Uygulanan bu yöntem bütün radyatörlerde de uygulanmıştır. Böylece radyatörlerin ve boruların içerisindeki çamurlu su boşaltılmıştır. Tesisat temizliğinin bir sonraki aşaması ise tesisat temizleme makinasının depo kısmına 1 litre tesisat temizleme kimyasalı (asit) ilave edilmiştir. Tüm tesisat suyu temizleme cihazında bulunan elektrikli ısıtıcı vasıtasıyla 60 °C'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta sabit kalması sağlanmıştır. Tüm radyatör vanaları kapatılmış, sadece bir radyatöre ait vanalar açılmış ve yüksek sıcaklıktaki asitli su ile 15 dakika radyatör ile tesisat temizleme cihazı arasında 15 dakika devridaim ettirilmiştir. Sırası ile tüm radyatörlere aynı şartlarda temizleme işlemi uygulanmıştır.

Tesisat temizleme işlemi tamamlandıktan sonra radyatörlerin içerisindeki asidi ve temizleme sonucu oluşan kireç ve tortulu suyu atabilmek için bu kez tüm radyatöre ayrı ayrı 5'er dakika temiz su basılmıştır. Son olarak ise tesisat içerisinde kalan asidin etkisinin tamamen ortadan kaldırmak için radyatör temizleme makinasının depo kısmına nötrle kimyasalı ilave edilmiştir. Böylece tesisat içeride kalan asit nötrleştirilip etkisiz hale getirilmiştir. Buna ilave olarak kombi bağlantı hatlarındaki fitrelerde ayrıca temizlenmiştir.

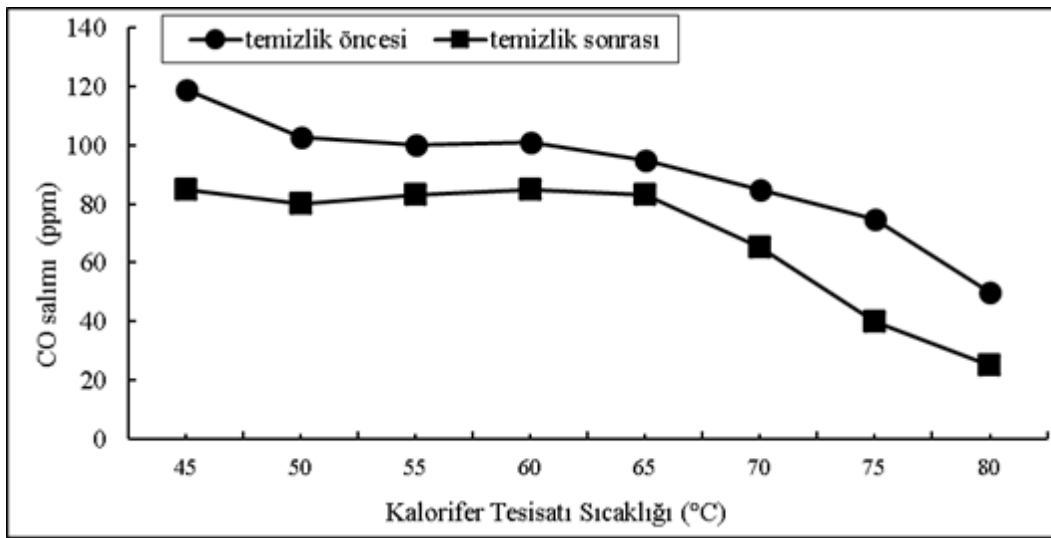
Tesisat temizliği yapıldıktan sonra yapılan deneyler, temizlik yapılmadan önceki deney şartlarında yapılmış olup her radyatörün yüzey sıcaklığı termal kamera ile görüntüleri alınmış ve tesisat temizliği yapılmadan elde edilen deney verileri ile bilimsel olarak kıyaslanmıştır. Her iki deneyde de sıcaklık değerine göre baca gazı analiz cihazından, bacadan çevreye olan CO, NO, CO₂, O₂ gazlarının emisyon değerleri ve bu gazların sıcaklıkları tespit edilerek kıyaslanmıştır. Ayrıca her iki deneyden elde edilen doğalgaz tüketim değerleri kıyaslanarak irdelenmiştir. Deneylerden elde edilen veriler, çevreye atılan atık gaz salımı yönünden de irdelenmiştir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, baca gazı ölçümlerinde elde edilen değerler ve baca gazı sıcaklıkları, temizlik öncesi ve sonrası olmak üzere grafikler halinde verilmiştir. Yakıt olarak doğalgazın kullanılmasından dolayı ve doğalgazın muhtevasında kükürt (S) bulunmadığı için SO₂ emisyonları grafikte yer almamaktadır. Aşağıda CO, NO, CO₂, O₂ emisyonları ve baca gazı sıcaklıkları ile temizlik öncesi ve sonrası kullanılan yakıt miktarına ait grafikler yer almaktadır:

6.1. Tesisat Temizliğinin Baca Gazı Salım Miktarına Etkisi

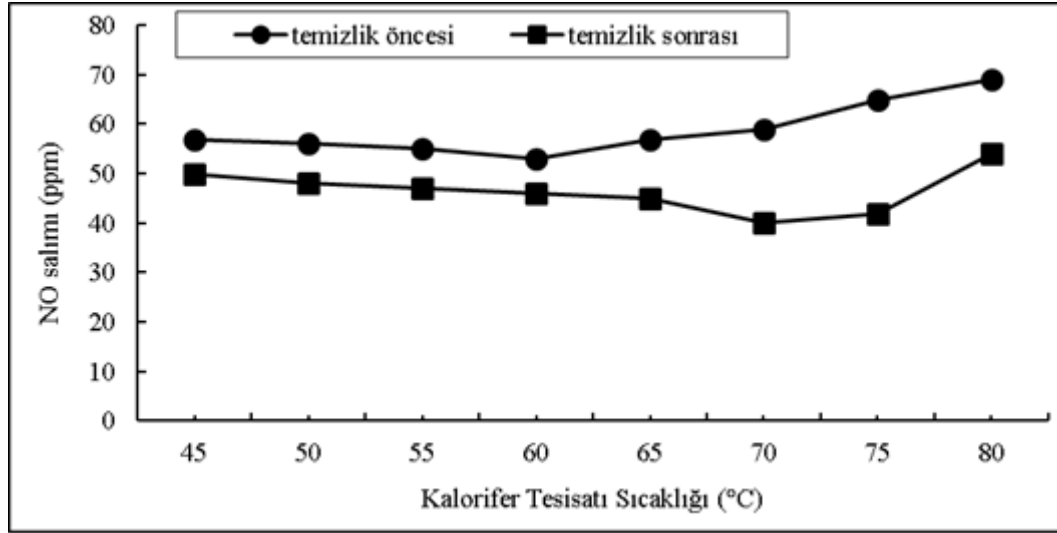
Elde edilen sonuçların kıyaslama işlemi baca gazı miktarı, baca gazı sıcaklığı, tüketilen doğalgaz miktarı ve radyatörlerde meydana gelen sıcaklık dağılımlarına göre yapılmıştır.



Şekil 6.1. Farklı çalışma sıcaklıklarında atmosfere atılan CO miktarı

Şekil 6.1’de temizlik öncesinde 45 °C kalorifer tesisatı sıcaklığında 119 ppm olan CO miktarının temizlik sonrasında aynı sıcaklıkta 85 ppm’e kadar düştüğü görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak CO miktarında % 28’lik bir azalma meydana geldiğini göstermektedir. Yine çeşitli sıcaklıklarda ölçülen değerlere göre ise temizlik öncesi toplam 728 ppm olan CO salımının temizlik sonrasında toplam 546 ppm’e düştüğü söylenebilir. Bu durumda ise ortalama CO salım miktarının % 25 azaldığını söyleyebiliriz.

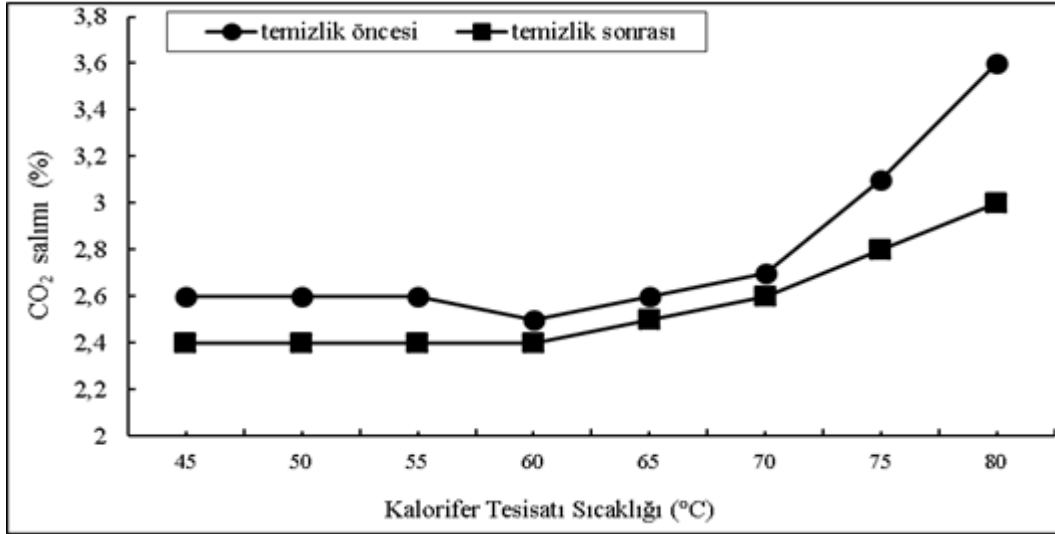
CO emisyonu eksik yanma sonucu ortaya çıkmaktadır. Yanmanın gerekli oksijen ihtiyacını karşılayamadığını gösterir. Radyatör temizliğinin her ne kadar yanmaya doğrudan bir etkisi olmasa da temiz bir kombi ve tesisat sonucunda tüketilen gaz miktarı da azalmaktadır. Bu da dolayısıyla çevreye daha az CO salımı olacağı anlamı taşımaktadır.



Şekil 6.2. Farklı çalışma sıcaklıklarında atmosfere atılan NO miktarı

Şekil 6.2’de temizlik öncesinde 45 °C kalorifer tesisatı sıcaklığında 57 ppm olan NO miktarının temizlik sonrası aynı sıcaklıkta 50 ppm’e düştüğü görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak NO miktarında % 12’lik bir azalma meydana geldiğini göstermektedir. Yine çeşitli sıcaklıklarda ölçülen değerlere göre ise temizlik öncesi toplam 471 ppm olan NO salımının temizlik sonrası toplam 372 ppm’e düştüğü söylenebilir. Bu durumda ise ortalama NO salım miktarının % 21 azaldığı görülür.

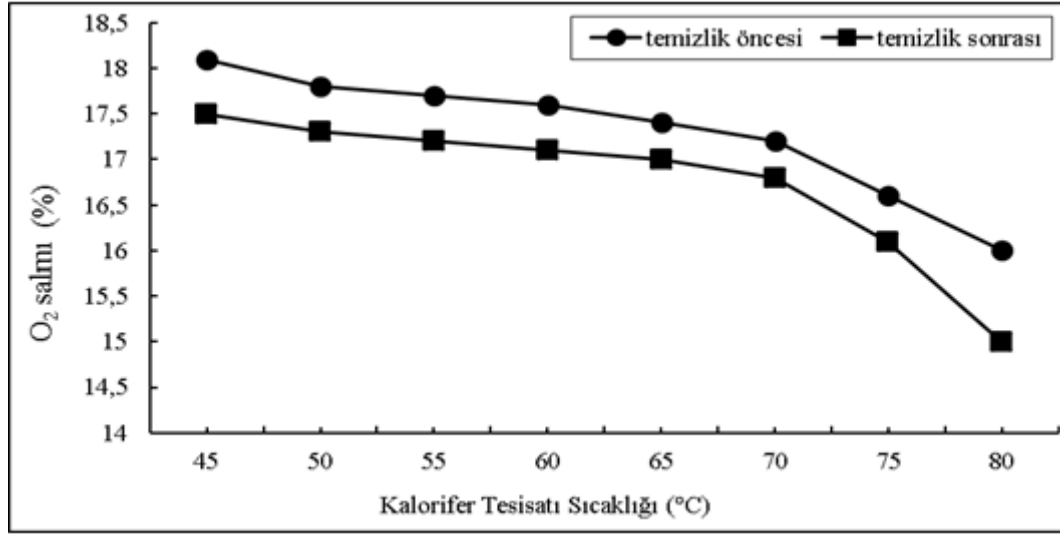
NO salımındaki azalma yine daha az miktarda yakıt tüketilmesine bağlanabilir. NO çevre kirliliğine neden olan bir gazdır ve ayrıca suda kolayca çözünebildiğinden suya karışmaya müsaittir. Bunun yanında havadaki su buharıyla karışarak asit yağmurlarına neden olmaktadır. Tüm bunlar ise canlı yaşamında son derece olumsuz etki bırakır. Dolayısıyla sadece tesisat temizliği ile bile bu olumsuz etkinin azaltılabilmesi mümkün görülmektedir.



Şekil 6.3. Farklı çalışma sıcaklıklarında atmosfere atılan CO₂ miktarı

Şekil 6.3’de çeşitli çalışma sıcaklıklarında çevreye salınan CO₂ miktarı yüzdesel olarak verilmiştir. Burada temizlik öncesinde 45 °C kalorifer tesisatı sıcaklığında % 2,6 olan CO₂ miktarının temizlik sonrası aynı sıcaklıkta % 2,4’e düştüğü görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak CO₂ yüzdesinde 0,2 puanlık bir azalma meydana geldiğini göstermektedir. Yine çeşitli sıcaklıklarda ölçülen değerlere göre ortalama % 2,78 olan CO₂ salım yüzdesinin temizlik sonrasında % 2,56’ya düştüğü söylenebilir. Bu durumda ise ortalama CO₂ salım miktarının % 8 azaldığı görülür.

CO₂ emisyonu yanma sonucu ortaya çıkmaktadır ve CO₂ aslında yanma verimi açısından önemlidir. Çünkü CO₂ miktarı ne kadar yüksek çıkarsa bu durum yanmanın ne denli dengeli olduğunu gösterir. Yani CO₂ emisyonunun yüksek olması istenen bir durumdur. Fakat CO₂ de bir tür sera etkisi yapar ve küresel ısınmaya yol açar. Ayrıca doğanın karbon emisyon dengesini bozar. Bunların sonucunda buzulların erimesi gibi canlı türlerini tehlikeye atan durumlar ortaya çıkar. Kısacası her ne kadar CO₂ iyi bir yanmayı işaret etse de neticede fosil yakıtların bir yan ürünüdür ve fazlası çevre ve canlılar için zararlıdır. Bu sebeple tesisat temizliği, bu emisyon değerini daha az fosil yakıt kullanımına bağlı olarak azaltmayı başarabilmektedir.

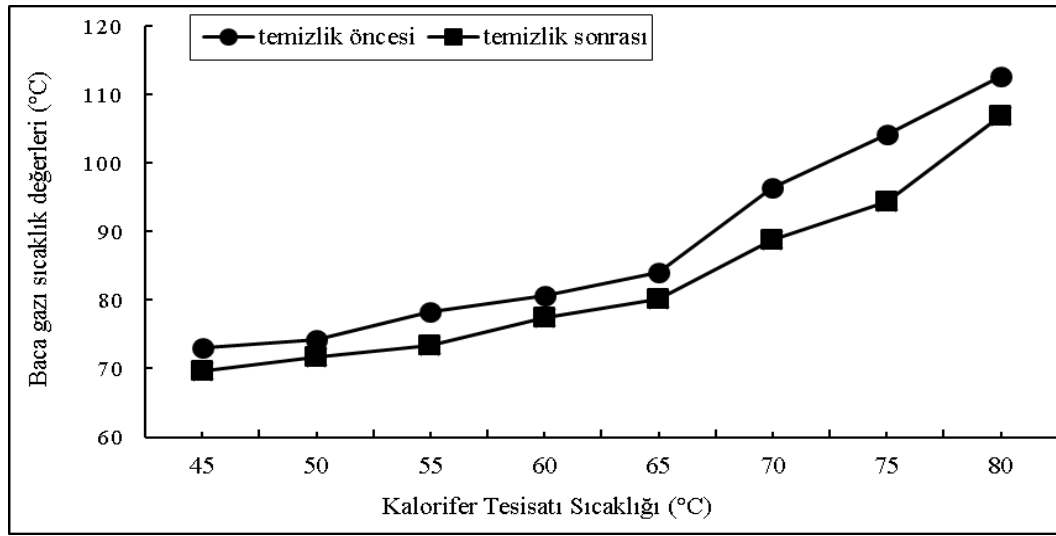


Şekil 6.4. Farklı çalışma sıcaklıklarında atmosfere atılan O₂ miktarı

Şekil 6.4'te çeşitli çalışma sıcaklıklarında çevreye salınan O₂ miktarı yüzdesel olarak verilmiştir. Burada temizlik öncesinde 45 °C kalorifer tesisatı sıcaklığında % 18,1 olan O₂ miktarının aynı sıcaklıkta % 17,5'e düştüğü görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak O₂ yüzdesinde 3,3 puanlık bir azalma meydana geldiğini göstermektedir. Yine çeşitli sıcaklıklarda ölçülen değerlere göre ortalama % 17,3 olan O₂ salım yüzdesinin temizlik sonrasında % 16,75'e düştüğü söylenebilir. Bu durumda ise ortalama O₂ salım miktarının % 3,17 azaldığı görülür.

O₂'nin baca gazında fazla olması istenmez. Bu durum yanmaya gereğinden fazla havanın girdiği ve tepkimeye uğramadan bacadan atıldığı anlamına gelir. Ayrıca bacadan atılan O₂ yanma esnasında ısındığı için baca gazı sıcaklığını da yükselterek ısı verimde olumsuz bir etki yaratır. Tesisat temizliği ise ısınma için gereken yakıt miktarını azalttığı için dolaylı olarak O₂ emisyonunu aşağı çekmeye yardımcı olmaktadır.

6.2. Tesisat Temizliğinin Baca Gazı Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi

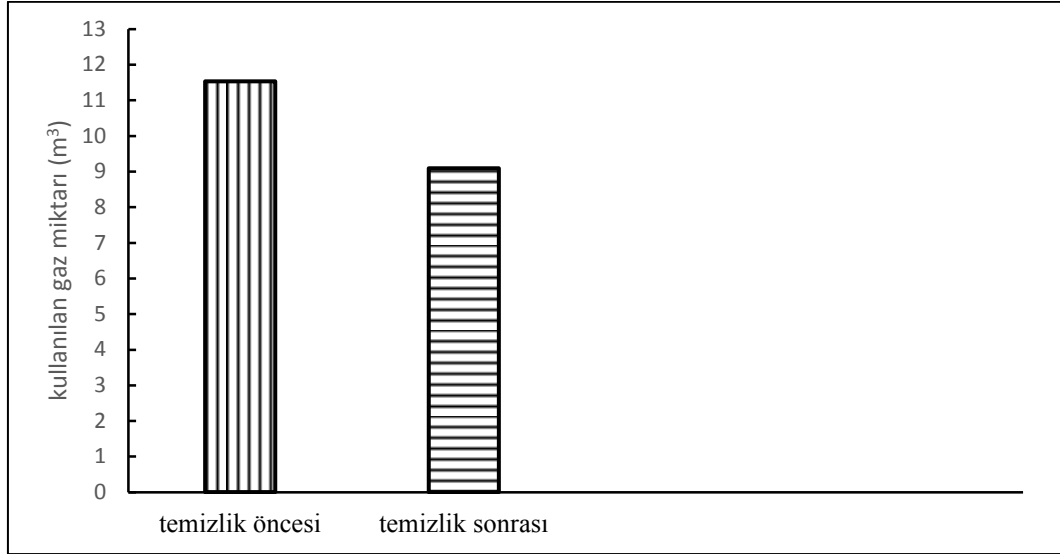


Şekil 6.5. Tesisat temizliğinin baca gazı sıcaklığı üzerindeki etkisi

Şekil 6.5’da temizlik öncesinde 45 °C kalorifer tesisatı sıcaklığında 73 °C olarak okunan baca gazı sıcaklığının, temizlik sonrasında 69,7 °C’ye düştüğü görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak baca gazı sıcaklığında % 5’lik bir azalma meydana geldiğini göstermektedir. Yine çeşitli sıcaklıklarda ölçülen değerlere göre ise temizlik öncesi ortalama baca gazı sıcaklığı 87,9 °C iken temizlik sonrasında ise ortalama 82,78 °C’ye düştüğü söylenebilir. Bu durumda ise baca gazı sıcaklığındaki düşüşün % 5,8’i bulunduğu görülür.

Baca gazı sıcaklığının verimli bir yanmada mümkün mertebe düşük olması beklenir. Bu da yakılan yakıttan maksimum verim elde edilmesi açısından önemlidir. Baca gazı sıcaklıkları ne kadar fazla olursa o derece çevreye atıl ısı salımı olur. Dolayısıyla bu durum, aslında ısınma için kullanılan enerjinin çevreye atıldığı ve istenilen sıcaklık için daha fazla yakıt yakılacağı anlamına gelir. Hem maddi hem de çevresel olarak zararları olan baca gazı sıcaklığının daha az yakıt tüketimine bağlı olarak azalıyor olması tesisat temizliğinin bir avantajını göstermektedir.

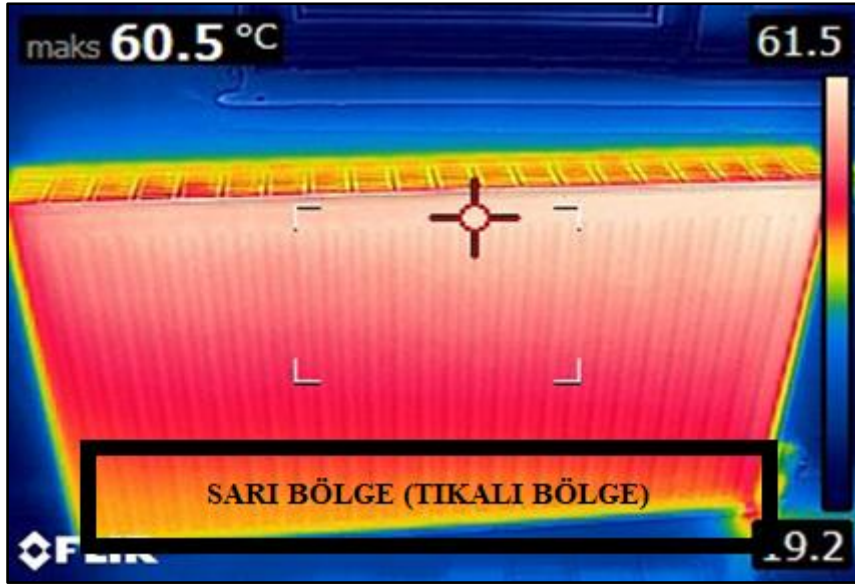
6.3. Tesisat Temizliğinin Tüketilen Doğalgaz Miktarı Üzerindeki Etkisi



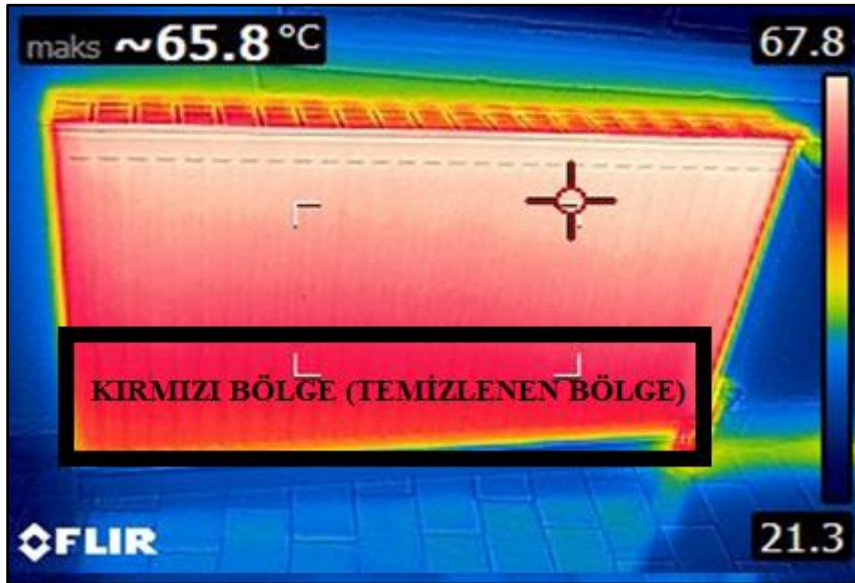
Şekil 6.6. Temizlik öncesi ve sonrası günlük kullanılan doğalgaz miktarları

Şekilde 6.6’de temizlik öncesi ve temizlik sonrası tüketilen doğalgaz miktarları görülmektedir. Temizlik öncesi kombinin odaları ısıtmak için daha fazla yakıt yakmaya ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Çünkü temiz olmayan bir ısıtma sisteminde ısının odaya yayılmasını engelleyen kirlenmeler mevcuttur. Bu kirlenmeler hem kombi hem de radyatörlerde dolaşan sıcak suyun ısısının yeterince çevreye yayılamadığını gösterir. Grafikte temizlik yapılmadan önceki günlük doğalgaz kullanımının $11,53 \text{ m}^3$ ’ü bulunduğu görülmektedir. Fakat temizlik yapıldıktan sonra ise bu tüketimin $9,09 \text{ m}^3$ ’e kadar düştüğü görülmektedir. Bu da % 21,16’lık bir yakıt tasarrufu olduğu anlamına gelmektedir ki bu oran gayet iyi bir oran olup neredeyse dörtte bir oranında daha az yakıt ve dolayısıyla daha az maddi kayıp anlamı taşımaktadır.

6.4. Tesisat Temizliğinin Radyatörlerdeki Sıcaklık Dağılımına Etkisi



Şekil 6.7. Radyatör temizlenmeden önceki termal fotoğraf görüntüsü



Şekil 6.8. Radyatör temizlendikten sonraki termal fotoğraf görüntüsü

Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’deki fotoğraflar incelendiğinde, radyatör temizliği yapılmadan önce radyatörün alt kısımlarının sarı renkte olduğu ve sıcaklık değeri maksimum 60,5 °C olarak ölçüldüğü görülmektedir. Temizlik sonrası ise radyatörün alt kısmındaki sarılıkların kırmızıya döndüğü ve maksimum sıcaklığın 65,8’e yükseldiğı tespit edilmiştir. Burada

yaklaşık olarak temizlik işlemi sonrasında radyatör yüzeyinde 5 °C'lik bir artış yaşandığı görülmektedir.

Yine fotoğraflara bakıldığında sıcaklığın, temizlik öncesi radyatörün orta bölümlerinde daha yoğun olduğu alt bölgelere doğru düştüğü, dolayısıyla homojen olmayan bir ısı dağılımı olduğu görülmektedir. Bunun sebebi radyatörün alt kısmında biriken kirlenmenin radyatörlerden yeterli derecede verim alınmasını engellemesidir. Bu da ısı dağılımının yeterince düzgün olmamasına sebep olmaktadır.

Temizlik sonrası radyatörün alt kısmındaki kirlenmenin ortadan kalkmasının sonucunda ısı dağılımı radyatörün tüm bölgelerinde daha homojen bir şekilde yayıldığı görülmektedir. Bunun sonucunda radyatörün alt bölgelerinde sıcaklığın gözle görünür derecede arttığı ve temizlik sonrası radyatörden daha fazla ısı verim elde edildiği gözlemlenmiştir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Yapılan çalışmanın sonucunda temizlik öncesi ve sonrası kullanılan doğalgaz miktarında günlük 2,44 m³'lük bir fark olduğu görülmüştür. Bu da yaklaşık olarak günlük 4,66 TL'lik bir tasarruf sağlandığı anlamına gelmektedir (Başkentgaz 2021 Ağustos ayı perakende satış fiyatları). Yılın 5 aylık diliminde doğal gazın aktif olarak kullanıldığı varsayıldığında bir yılda 700 TL'lik bir miktarın fazladan ödendiği görülmektedir. Radyatör temizliğinin maliyetinin ortalama 250 TL arasında olduğu düşünülürse, ayrıca radyatör temizliğinin 5 sene de bir yapılmasının da yeterli olacağından 5 sene gibi bir sürede kullanıcıya yaklaşık olarak 3 250 TL'lik bir tasarruf olarak geri dönmüş olacaktır. Tabi bu hesaplama konutun bulunduğu ile göre oradaki doğalgaz fiyatlarına ve temizlik ücretlerine göre değişiklik gösterebilir. Dolayısıyla bu tasarrufun miktarının ortalama kabul edilip, daha fazla tasarrufun da olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yukarıdaki hesaplamalara göre radyatör temizliğinin maliyeti göz önüne alındığında radyatör temizliği yalnızca 53. günde kendini amorti ettiği ve kullanıcıya çok büyük bir kazanç sağladığı görülür. Ayrıca radyatör temizliği sadece tasarruf değil çevreye ve doğaya da çok büyük katkı sağlamaktadır. Öncelikle yakıt tüketiminde sağlanan % 21,16'lık azalış sayesinde doğaya salınan fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan sera gazları da azalmış olacaktır.

Yılın 5 aylık kısmında doğal gaz tüketildiği varsayılırsa, yıllık doğal gaz kullanımında yaklaşık 366 m³'lük bir azalış olmaktadır. 1 m³ doğal gazdan yaklaşık 1,86 kg CO₂ doğaya atıldığı düşünüldüğünde her yıl 680 kg CO₂ doğaya karışmasının önüne geçilebilir. Ayrıca Türkiye'de 15 milyon konut olduğunu varsayarsak yılda yaklaşık 10 211 megaton CO₂'in fazladan doğaya ve çevreye karıştığı görülmektedir.

CO, NO, CO₂, O₂ baca gazı analizi yapıldığında ise CO salımında % 25'lik, NO salımından % 21'lik, CO₂ alınımdan yaklaşık % 8'lik ve O₂ salımında % 3,17'lik bir azalış gözlemlenmektedir.

Fosil yakıtların tüketilmesi sonucu oluşan sera gazı salımları, insan faaliyetlerinin bir sonucu ortaya çıkan sera etkisi içerisinde en yüksek orana sahip olmasından dolayı, küresel ısınmaya karşı mücadelede önemli bir paya sahiptir. Nitekim radyatör temizliği ve temiz bir ısıtma tesisatı bile bu mücadeleye önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu çalışma, hem çevreye hem de ülke ekonomisine katkısından dolayı radyatör ve tesisat temizliğinin daha çok önemsenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Geleceğe daha temiz ve daha yaşanabilir bir dünya bırakmak adına bu tür çalışmaların, insanlarda çevresel anlamda da bir farkındalık oluşturacağı kesindir.

7.2. Öneriler

Yapılan çalışmada ortaya konulan yakıt tasarrufu, konfor şartları ve çevresel faktörler göz önüne alındığında maddeler halinde aşağıdaki gibi önlemler ve öneriler sıralanabilir.

- Radyatörler ve kombiler kullanım sıklığına bağlı olarak en az 5 senede bir temizletilmelidir.
- Tesisat temizliği bu işin ehli insanlar tarafından yaptırılmalıdır. Çünkü aksi durumda radyatörlerde delinme ya da kombi de hasar oluşabilir.
- Radyatörlerin sadece su ile temizlenmesi kireci temizleyemeyeceği için sağlıklı bir temizlik oluşturmayacaktır.
- Tesisatı temizlemek için su basmak tesisattaki kireçli su miktarını artıracığından önerilmez.
- Kombi filtresi belirli aralıklarla kontrol edilmelidir. Bu filtre tesisatta girebilecek pislikleri önler.
- Kombinin periyodik bakımları zamanında yaptırılmalıdır.
- Radyatörler belirli zamanlarda elle kontrol edilerek ısının homojen olup olmadığı kontrol edilebilir.

Bu öneriler kişiye maddi olarak tasarrufun yanında ülke ekonomisi ve çevresel açıdan da yarar sağlayacaktır. Unutulmamalıdır ki gelecekte fosil yakıtların çevreye olan zararları daha belirgin olacaktır. Her ne kadar yenilenebilir enerji kaynakları konusunda dünyada gelişmeler yaşansa da kömür gibi çevresel zararları çok fazla olan kaynaklar hala tüketilmeye devam edilmektedir. Görünen o ki fosil yakıtların çevreye olan zararları bir süre daha devam edeceğe benzetilmektedir. Fakat öyle de olsa alacağımız küçük önlemlerle

bile bu zararı en aza indirmek mümkündür. Bu yüzden gelecek kuşaklara nasıl bir dünya bırakacağımızdaki gerçekler bugün alınacak önlemlerle belirlenecektir. Lütfen çevremizi korumaya önce kendimizden başlayalım.

KAYNAKLAR

1. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. (2020). *Enerji görünümü 2020 Raporu*. İstanbul: TSKB Enerji Çalışma Grubu, 18, 19, 28, 32.
2. Bayraktar, B.N. (2005). Enerji Kullanımı Yönünden Ülkelerin Uygarlık Düzeylerinin Karşılaştırılması. Türkiye 7. Enerji Kongresi, 1 (85), 1.
3. Yao J. and Zhu N., “Enhanced supervision strategies for effective reduction of building energy consumption -- A case study of Ningbo,” *Energy Build.*,43:2197–2202 (2011)
4. TOROS (1999). *Isıtma cihazlarının geçiş fonksiyonları*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Ali BIDI, Uli HÖFFER (2001). *Tesisatta korozyon*, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 355-369.
6. ÇANAKCI, AKINCI (2007). Antalya ili seralarında kullanılan havalandırma ve ısıtma sistemleri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2007, 20(2), 241-251.
7. KAYA (2009). Isı pompası ve kombi ısıtma sistemleri maliyet analizlerinin karşılaştırılması, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2009, 6(2), 39-47.
8. ÖZSOY (2009). Merkezi ısıtma sistemlerinde ısınma problemleri ve yakıt paylaşımı, *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2009, 1(1), 10-17.
9. ÖZTOP (2009). *Kapalı devre buhar tesisatlarında korozyon oluşumu ve kontrolü*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
10. ŞIK (2010). *Doğal gaz yakıtlı ısıtma tesisatlarında emniyet ve yakıt tasarrufu sağlayacak otomatik kontrol düzeneğinin geliştirilmesi üzerine teorik ve deneysel araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
11. TETİK (2011). *Doğalgaz yakıtlı bireysel ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
12. TEKİN (2013). *Merkezi ısıtma sistemlerinin termodinamik analizi ve çeşitli parametre değişimlerinin ekserji verimliliği ve yakıt tüketimine etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
13. PEKGÜZELSU (2015). *Bir kombide kullanılan plakalı ısı değiştiricisinde birikinti oluşumunun deneysel olarak incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
14. EVREN (2015). *Bursa ilinde konut ısıtma sistemlerinin enerji verimliliği ve karbondioksit salımı azaltım potansiyellerinin karşılaştırmalı analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

15. ÇALIŞIR (2017). *Panel radyatör ısıtma gücünün iyileştirilmesi yönünde su kanalı, panel ve konvektörün ayrı ayrı ve birlikte sayısal ve deneysel olarak araştırılması*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
16. VARLICA (2018). *Kombi eşanjörlerinde kireçlenme oluşumu ve performansa etkisinin deneysel yollarla incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
17. ÖZTOK (2019). *Isıtma sistemlerinin enerji verimlilikleri ile karbon salım potansiyellerinin çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
18. KILINÇER (2019). *Sıcak sulu bina ısıtma sisteminin ekserji analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
19. SAHNOUN (2020), *Uçak klima ve ısıtma sistemi*. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
20. YİĞİT, KABUL (2020). Doğalgaz kullanılan bir trijenerasyon sisteminin enerji ve ekserji analizi, *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2020, 12(3), 92-100.
21. ULUSOY (2020). *Merkezi bir ısıtma sisteminde enerji ve ekserji analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
22. ÖZAĞDAŞ (2020). *Bölgesel ısıtma sisteminde ekonomizer tasarımı ile enerji geri kazanım potansiyelinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
23. İnternet: Çolak, L. (2012). Isıtma, soğutma, iklimlendirme ve sistem tasarımı, Bölüm 4. Isıtma tesisatı ve ısı kaybı hesapları, 54-57, Web: https://www.baskent.edu.tr/~lcolak/MAK441/MAK440_Ders_Notlar_Bolum_3.pdf adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
24. İnternet: Muratordom.pl (Ekim 2012). Çelik veya dökme demir ekli bir şömine mi? Web: <https://muratordom.pl/instalacje/kominki/jaki-kominek-wybrac-stalowy-czy-zeliwny-ogrzewanie-kominkowe-aa-cS4t-G51X-pLKh.html> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
25. İnternet: Konerji (2012). AEG konvektör ısıtıcı, Web: http://www.banyoisitma.com/elektrikli_konvektor.asp adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
26. İnternet: Bosch Termo teknoloji Ltd.(2021). Kazanlar hakkında bilgi edinin, Web: <https://www.worcester-bosch.co.uk/products/boilers/explained> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
27. İnternet: Atilla Ekizoğlu (2017). Merkezi sistemde fatura hesaplama, Web: <https://www.isipaylasim.net/merkezi-sistemde-fatura-hesaplama> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.

28. İnternet: Sesinoks (2017). Bölgesel ısıtma ve soğutma çözümleri, Web: <http://www.sesinoks.com.tr/esanjorler/plakali-esanjorler/bolgesel-istitma-ve-sogutma-cozumleri/> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
29. İnternet: Tanpera (2021). Bölgesel ısıtma & soğutma, Web: <https://www.tanpera.com.tr/bina-uygulamaları/bolgesel-istitma-amp-sogutma/> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
30. İnternet: Mehmet Şener (2014). Kojenerasyon, Web: <http://jeotekniker.blogspot.com/2014/03/kojenasyon.html> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
31. Pravadalıoğlu, S. (2012). Kojenerasyon Sistemleri ile Yerinde Enerji Üretimi. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi*, 77, Ocak-Şubat, 24-25.
32. İnternet: Çolak, L. (2012). Isıtma, soğutma, iklimlendirme ve sistem tasarımı, Bölüm 4. Isıtma tesisatı ve ısı kaybı hesapları, 59-60, Web: https://www.baskent.edu.tr/~lcolak/MAK441/MAK440_Ders_Notlar_Bolum_3.pdf adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
33. İnternet: Megep (2006). Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme, Kat kaloriferi tesisatı – 1. 3-6. Web: <https://docplayer.biz.tr/1526913-T-c-milli-egitim-bakanligi-megep-mesleki-egitim-ve-ogretim-sisteminin-guclendirilmesi-projesi-tesisat-teknolojisi-ve-iklimlendirme.html> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
34. Gençler, S. (2011). Isıtma tesisat tekniğinin temelleri, *Vorlage Viessmann Akademie Viessmann Werke*, Aralık 2011, 11-22.
35. İnternet: Megep (2006). Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme, Kat kaloriferi tesisatı – 1. 10. Web: <https://docplayer.biz.tr/1526913-T-c-milli-egitim-bakanligi-megep-mesleki-egitim-ve-ogretim-sisteminin-guclendirilmesi-projesi-tesisat-teknolojisi-ve-iklimlendirme.html> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
36. İnternet: Varyenli, H. (2013). Isıtma sistemleri ders notları, 31, 32, Web: <https://docplayer.biz.tr/106956824-Gazi-universitesi-teknoloji-fakultesi-enerji-sistemleri-muhendisligi-bolumu-esm-214-istitma-sistemleri-ders-notlari.html> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
37. İnternet: Şimşek, E. (2013). Isıtma sistemleri ders notları, 33, Web: http://deneyan.com/Content/images/documents/istitma1_70063756.pdf adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
38. İnternet: Züher Sözen, Aç. (2017). Kollektör montajı nasıl yapılır, Web: <https://www.youtube.com/watch?v=3x-e9VH-v-IB> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
39. İnternet: ATAÖK, G. (2000). Doğalgaz Hakkında Genel Bilgiler, Web: <https://mimoza.marmara.edu.tr/~gatakok/enerji/33.htm> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.

40. VARLICA (2018). *Kombi eşanjörlerinde kireçlenme oluşumu ve performansa etkisinin deneysel yollarla incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya. 5, 6.
41. İnternet: Gözde, Y.(2016). Doğalgaz Nedir? Web: <https://silo.tips/download/milyar-m-sanayide-53-milyar-m-enerji-retiminde-ve-078-milyar-m-gbre-sanayiinde-t> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
42. İnternet: Megep (2015). Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme, Kat kaloriferi montajı. Web: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kat%20Kaloriferi%20Montaj%C4%B1.pdf adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
43. İnternet: Variyenli, H. (2017). Isıtma sistemleri laboratuvarı ders notları,114-116. Web: <https://docplayer.biz.tr/47369256-Gazi-universitesi-teknoloji-fakultesi-enerji-sistemleri-muhendisligi-bolumu-esm-316-isitma-sistemleri-laboratuari-ders-notlari.html> adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
44. İnternet: Diyaız Radyator (2003). Kolon, Web: <https://www.dizaynradyator.com/urun/Kolon> adresinden 15 Ağustos 2021’de alınmıştır.
45. Karakaş, İ.,Uzgu, S., Çelimli, İ. Tesisat boru ve bağlantı elemanları el kitabı, *Mekanik Tesisat Müteahhitleri Derneği*. 1.Basım, Kasım 2020, ISBN: 978-975-6263-43-3.
46. İnternet: Bilici, İ. (2014). Sert su ve arıtma yöntemleri, Ders Notları, 1-2, Web: http://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/ibrahimbilici_05.10.2015_2L9W.pdf adresinden 20 Haziran 2021’de alınmıştır.
47. Canbulat, S.G. (1996). *Measurement of Scale Formation in an Experimental Heat Exchanger Circuit*. Tez Çalışması, Johannesburg.
48. Makine Mühendisleri Odası. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı, Ekim 2001 ISBN 975-395-453-0, 355-369.
49. İnternet: Bozkurt Teknik (Aralık 2016). Petek temizliği önemi ve faydaları, Web: <http://bozkurtteknik.blogspot.com/> adresinden 25 Nisan 2021’de alınmıştır.
50. İnternet: Gül Tesisat. (Aralık 2016). Petek temizliğinin ısınmaya faydası, Web: <https://www.kombipetekbakimi.net/petek-temizliginin-isinmaya-faydasi.html> adresinden 25 Nisan 2021’de alınmıştır.
51. İnternet: Servis Olsun (Eylül 2018). Kombi petek temizliğinin faydaları nelerdir, Web: https://servisolsun.com/tr_tr/petek-temizliginin-faydolari/ adresinden 25 Nisan 2021’de alınmıştır.
52. İnternet: Tesisat (Nisan 2016). Petek temizliği ve kuralları, Web: <https://www.tesisat.org/petek-temizligi-kurallari.html> adresinden 25 Nisan 2021’de alınmıştır.
53. Bilgin, A. (2006). Kazanlarda enerji verimliliği, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 95, s13-15.



GAZİ GELECEKTİR...