

ELEKTROŞOK ISITMA SİSTEM  
UYGULAMASI VE KOMBI-KAZAN  
SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Haluk DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Mart - 2008

**ELEKTROŞOK ISITMA SİSTEM UYGULAMASI  
VE KOMBİ-KAZAN SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Haluk DOĞAN

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Abdullah KEÇECİLER

Mart - 2008

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Haluk DOĞAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı ELEKTROŞOK ISITMA SİSTEM UYGULAMASI VE KOMBİ-KAZAN SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../03/2008

Üye : Prof. Dr. Ramazan KÖSE

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdullah KEÇECİLER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../2008 gün ve .....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ELEKTROŞOK ISITMA SİSTEM UYGULAMASI VE KOMBİ-KAZAN SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Haluk DOĞAN

Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi 2008  
Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr.Abdullah KEÇECİLER

### ÖZET

Çağımızda tüketimi hızla artan ve gelecekte de artmaya devam edecek olan en önemli ihtiyaçlardan biri hiç şüphesiz enerjidir. Bugün dünyanın ticari enerji talebinin % 90 kadarı fosil yakıtlardan; geri kalanı ise yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji tarafından karşılanmaktadır. Halen hidrolik dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından yakın bir gelecekte daha önemli bir katkı beklenmektedir. Türkiye yerli enerji kaynakları ile talebini karşılayamamaktadır.

Elektrikle ısıtmabir çok konstrüksiyonla kullanılmaktadır.Elektrikle ısıtma uygulamaları için kullanılan önemli metotlar; rezistans ısıtması, ısı pompası ve her ikisinin kombinasyonudur. Bir elektrik rezistans elemanı, rezistans teli, taşıyıcı izole maddesi ve elektrik teli ile rezistans telinin bağlantı terminalinden oluşur. Rezistans ısıtması elektriği 860 kcal/kW seviyesinde ısıya dönüştürür. Teorik olarak elektrik ısıtması % 100 verimlidir. Isıtıcı elemana verilen her bir kalori için 1 kalori ısı kazanılmaktadır.

Elektrikli ısıtma sistemleri hakkında yapılan ön araştırmalardan sonra, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvarına Elektroşok ısıtma sistemi tek borulu kalorifer sistemiyle sıcak sulu olarak kurulmuştur. Ortamda hesaplanan ısı ihtiyacını karşılamak üzere test düzeneği işletmeye alınarak ısı maliyetleri tespit edilmiştir. Aynı şartlarda doğalgazlı kombinin işletme maliyetleri karşılaştırılmıştır. Sistemin kurulumundan itibaren çeşitli ölçüm ve hesaplamalarla ekonomisi araştırılmıştır. Sonuç olarak gerek elektrikli kombinin verimliliği gerekse diğer sıcak sulu ısıtma sistemlerinin verimliliğinin artırılması konusunda önemli bilgilere ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektroşok ısıtma sistemi, Kombi kazan sistemleri.



## **ELECTROSHOCK HEATING SYSTEM APPLICATION AND COMPARE TO BOILER, CENTRAL HEATING BOILER SYSTEM**

Haluk DOĞAN

Mechanical Engineering, M.Sc. Thesis 2008

Supervisor: Assist. Prof. Abdullah KEÇECİLER

### **SUMMARY**

There is no doubt that one of the most significant needs, consumption of which is increasing rapidly in our time and will continue to increase in the future as well is energy. About 90% of demand for commercial energy of the world is met by fossil fuels; the rest, however, is met by hydrolic and nuclear energy in the present time. More important contribution is still being anticipated from renewable energy resources except hydrolic resources in the immediate future. Turkey isn't able to meet its demand by domestic energy resources.

Electric heating is being used with many constructions. Resistance heating, heat pump and combination of both are important methods used for electric heating applications. A electrical resistance element consists of resistance wire, carrier insulation substance and connection terminal of electric wire and resistance wire. Resistance heating converts electricity into heat in 860 kcal/ kw level. Theoretically, electricity heating is efficient of 100%. 1 calorie heat is gained for each calorie given to heater elements.

Electroshock heating system has been installed with single-pipe central heating system in hot water manner in laboratory of Department of Mechanical Engineering of Kütahya Dumlupınar University after preliminary investigations made about electrical heating systems. Testing apparatus has been commissioned and heat costs are determined in order to meet heat requirement calculated in the ambient. Operating costs of natural gas central heating boiler have been compared in the same conditions. Its economy has been investigated by various measurements and calculations as from the instalment of the system. As a consequence, important information has been obtained regarding increase of efficiency of both electrical central heating boiler and other hot-water-heating-systems

**Key words :** Electroshock heating system, boiler central heating boiler system.

## TEŞEKKÜR

Üniversite hayatımın ve tez çalışmamın tamamında bana yön veren desteğini esirgemeyen kişiliğiyle ve çalışmalarıyla kendime örnek aldığım çok değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Yrd. Doç.Dr. Abdullah Keçeciler'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimi esnasında ders aldığım, tecrübelerinden faydalandığım, bir bilgi hazinesi olan her zaman ne söyleyeceğini merakla bekleyip her sözünden dersler çıkardığım sayın hocam Prof. Dr. Ramazan Köse'ye teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca bana destek veren doğruluğun ve çalışmanın önemini bana yaşayarak öğreten babam Bekir Doğan ve annem Raziye Doğan'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
1.GİRİŞ .....	1
2. ISITMA SİSTEMLERİ.....	4
2.1. Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması .....	4
2.1.1. Lokal Isıtma .....	5
2.1.2. Merkezi Isıtma .....	11
2.1.3. Bölge Isıtması (Uzaktan Isıtma) .....	16
2.1.4. Radyant Isıtma Sistemi .....	20
3. ISI KAYBI HESABI.....	22
3.1. İletimsel Isı Kaybı .....	23
3.2. Labratuar Isı Kaybı Hesabı.....	27
4. ELEKTROŞOK ISITMA TEKNOLOJİSİ .....	30
4.1. Elektroşok Isıtma Sisteminin Verimi .....	32
4.2. Elektroşok Isıtma Sisteminin Diğer Isıtma Sistemlerine Karşı Üstünlükleri .....	32
4.3. Elektroşok Isıtma Sisteminin Isıtma Hızı .....	32
4.4. Teknik Özellikleri.....	33
4.4.1. Elektroşok Isıtma Sistemi ve Diğer Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması ....	33
4.4.2. Kat Kaloriferlerinin Teknik Özellikleri (Trifaze) .....	34
4.5. Mekanik Montajı .....	34
4.6. Elektrik Montajı.....	34
4.7. Sıcak Sulu Sistemlerde Sıcak Su Alımı .....	35
4.7.1. Yaz Konumunda .....	35
4.7.2. Kış Konumunda .....	35
5. YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	36

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.1. Termodinamik Tabloların Oluşturulmasında Kullanılan Suyun Termodinamik Özelliklerinin Bilgisayar İle Hesaplanması İçin Hızlı Denklemler .....	43
5.1.1. Doymuş Buhar Bölgesi .....	44
5.1.2. Sıcaklığın Fonksiyonu Olarak Doyma Basıncı .....	51
5.1.3. Basıncın fonksiyonu olarak doyma sıcaklığı .....	51
5.1.4. Aşırı sıkıştırılmış bölge .....	52
5.1.5. Kızgın Buhar Bölgesi .....	53
5.2. Doymuş su buharının termodinamik özellikleri için basit eşitlikler .....	54
5.2.1. Ampirik eşitlikler .....	54
6. SONUÇLAR .....	59
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	62
EKLER .....	64

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Tek Borulu Yatay Isıtma Sistemi .....	7
2.2. Tek Borulu Yatay Isıtma Sistemi .....	7
2.3. Alttan Dağıtım Alttan Toplamalı Çift Borulu Kat Kaloriferi .....	8
2.4. Üstten Dağıtım Üstten Toplamalı Çift Borulu Kat Kaloriferi .....	8
2.5. Üstten Dağıtım Alttan Toplamalı Çift Borulu Kat Kaloriferi .....	8
2.6. Kat Ve Villa Isıtmasında Kullanılan Kalorifer Kazanı .....	9
2.7. Kat Ve Villa Isıtmasında Kullanılan Kombi Cihazı .....	10
2.8. Açık Genleşme Depolu Alttan Dağıtım ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi .....	12
2.9. Kapalı Genleşme Depolu Alttan Dağıtım Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi .....	12
2.10. Açık Genleşme Depolu Üstten Dağıtım Ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi .....	13
2.11. Kapalı Genleşme Depolu Üstten Dağıtım Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi .....	14
2.12. Düz Geri Dönüşlü 2 Borulu Dağıtım Sistemi .....	18
2.13. Ters Geri Dönüşlü 2 Borulu Dağıtım Sistemi .....	18
2.14. Çeşitli Isıtma Şebeke Tipleri .....	18
2.15. Bir Radyant Isıtıcı Teknik Detayları .....	20
3.1. Bir Binada Meydana Gelen Isı Kayıpları .....	22
3.2. Yapı Elemanı Bileşenleri (İç Sıva + Tuğla + Dış Sıva) .....	23
3.3. Yapı Elemanından İletim Ve Taşınım Yoluyla Isı Geçişi .....	24
3.4. Bir Duvardaki Katmanlar .....	25
3.5. Labaratuvarın şematik çizimi .....	27
3.6. Labaratuvarın Isıtma Sisteminin Çizimi .....	29
4.1. Elektroşok Isıtma Sisteminin fotoğrafı .....	31
4.2. Elektroşok Isıtma ünitelerinin fotoğrafı .....	31
4.3. Elektroşok Isıtma Sisteminin Şeması .....	32
5.1. Basınçlı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği fotoğrafı .....	36
5.2. Basınçlı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği Birinci Aşama .....	40
5.3. Basınçlı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği İkinci Aşama .....	40
5.4. Basınçlı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği Üçüncü Aşama .....	41
5.5. Basınçlı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği Dördüncü Aşama .....	41
5.6. Basınçlı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği Beşinci Aşama .....	42

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1. Isı Kaybı Hesabında Yapı Bileşenleri İçin Kullanılan Semboller.....	26
3.2. DIN 4701 'e Göre Yüzey Isı Taşınım Katsayıları ve Isıl Dirençleri.....	26
3.3. Labratuar Isı Kaybı Hesabı Çizelgesi .....	28
4.1. Elektroşok Isıtma Sistemi Ve Diğer Isıtma Sistemlerini Karşılaştırılması .....	33
4.2. Kat Kaloriferlerinin Teknik Özellikleri (Trifaze) .....	34
4.3. Elektrikli Kombi Ve Kazan Elektrik Sarfiyat Listesi (YTL) .....	35
5.1. Su Ve Su Buharı Tablosu Doymuş Haller .....	43
5.2. Hesaplana Ve Gerçek Doyma Basınçlarının Karşılaştırılması.....	55
5.3. Hesaplana Ve Gerçek Doyma Sıcaklıklarının Karşılaştırılması .....	55
5.4. Hesaplanan Ve Gerçek Doymuş Su Entalpilerinin Karşılaştırılması.....	56
5.5. Hesaplanan Ve Gerçek Su Buharı Entalpilerinin Karşılaştırılması.....	56
5.6. Hesaplanan Ve Gerçek Buharlaşma Isılarının Karşılaştırılması .....	57
5.7. Hesaplanan Ve Gerçek Doymuş Su Özgül Hacim Karşılaştırılması .....	57
5.8. Hesaplanan Ve Gerçek Su Buharı Özgül Hacim Karşılaştırılması.....	58

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
v	Özgül hacim [ $m^3 / kg$ ]
d	Yoğunluk [ $kg / m^3$ ]
h	Özgül entalpi [ $kJ/kg$ ]
s	Özgül entropi [ $kJ/kgK$ ]
Cp	Özgül ısı [ $kJ/kgK$ ]
$\mu$ s	Dinamik viskozite [ $kg / ms$ ]
P	Basınç[MPa]
T	Sıcaklık [ $^{\circ}C$ ]
K	Toplam ısı geçiş katsayısı [ $kcal / m^2 h^{\circ}C$ ]
$\alpha_{iç}$	İç yüzeyin ısı taşınım katsayısı [ $cal / m^2 h^{\circ}C$ ]
$\alpha_{dış}$	Dış yüzeyin ısı taşınım katsayısı [ $kcal / m^2 h^{\circ}C$ ]
d	Her bir yapı bileşeninin kalınlığı [m]
k	Her bir yapı bileşeninin ısı iletim katsayısı [ $(kcal / m h^{\circ}C)$ ]
n	Bitişik yapı malzemesi sayısı
<b><u>Alt indisler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
s	doymuş sıvı noktası [ $x = 0$ ]
b	doymuş buhar noktası [ $x = 1$ ]
d	doyma

## 1.GİRİŞ

Dünya ülkeleri sahip oldukları doğal enerji kaynakları bakımından birbirleri ile aynı imkânlarla sahip değillerdir. Artan dünya nüfusu ile beraber bu fosil yakıtların tüketimi ve bunun bir sonucu olarak dünyadaki küresel ısınma gittikçe artmaktadır. Artan enerji talebi ekonomik gelişmelerin artmasına ve büyümesine de neden olmaktadır. Bugün sanayinin oluşturduğu gaz atıklar ve özellikle CO<sub>2</sub> atıkları küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak Eğer yıllık %1 olan atmosferik karbondioksit yoğunluğu artış oranının korunacağı hipotezine dayanan gelecek projeksiyonlarını incelersek, yaklaşık 70 yılda atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunun bugünkü seviyesinin iki katına çıkacağı ve gezegenin ortalama sıcaklığının yaklaşık 2°C artacağı sonucu çıkarılabilir [1]. Bu durum etkili gelişmelerle ve yakıt değişimi ile azaltılabilir. Bu gelişmeler çevreyle bağlantılı olarak yeni ve temiz enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmaktadır. Enerjinin çevre ve teknolojik gelişmeler arasındaki yakın ilişkisinden dolayı, onun ciddi tartışmalarda yer almasında önemli bir faktör olmuştur. Daha temiz bir enerji teknolojisi için bazı potansiyel çözümler geliştirilmektedir. Örneğin fosil yakıtlardaki kullanımının azaltılması ve su, güneş, rüzgâr, biyogaz, jeotermal, hidrojen gibi çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasıdır.

Elektrik, ısı ve mekanik enerji üretiminde kullanılan hidrokarbon bileşiklerinin (petrol, doğalgaz vb) yanması sırasında ortaya çıkan ve sera etkisi en endişe verici gaz olan CO<sub>2</sub> atıklarının azaltılması dünyanın en büyük sorunları arasındadır. Bu azaltılma iki şekilde yapılabilir; ya enerji dönüştürücüleri daha verimli hale getirilir veya fosil yakıt türleri enerji üretiminde hiç kullanılmaz.

Gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, enerjinin dikkatsiz ve verimsiz kullanılması sorunu, ülkemizde de ortaya çıkmaktadır. Ancak, son yıllarda sanayi kuruluşlarının başındaki dinamik yöneticiler, enerjinin ne kadar büyük bir girdi olduğunun ve kullanımında en yüksek verimin elde edilmesinin gerektiğini görmüşler ve firmalarında enerji yönetimi çalışmalarını başlatmışlardır. Bu süreç, yavaş ilerlemesine rağmen, ülkemiz açısından önemli bir gelişmedir ve gün geçtikçe enerji sıkıntısının baş göstermeye başladığı bir dönemde ülkemiz için öncelikli ele alınması gereken konulardan biri de enerji yönetimidir.

Yönetimden amaç, enerjinin nerede ve hangi şekilde sisteme verildiğinin belirlenmesi ve enerjinin korunumu yasasının denklikle sağlanmasıdır. Isı denkliği; denge şartlarında sisteme verilen enerji miktarı ile sistemden çıkan enerji miktarı arasında bir ilişki kurulmasıdır. Bunun



dışında, ısı denklığı yardımıyla, ısı sistemlerin planlanmasında, sistemin ısı verimi ve tükettiği yakıt miktarı tam ve doğru şekilde tahmin edilebilir olmasıdır.

Isı denklığının amaçları daha genel bir şekilde aşağıdaki gibi belirtilebilir:

- Kullanılan veya tüketilen enerjinin gerçek miktarlarının belirlenmesi,
- Tesislerin verimlilik, etkinlik ve performansının düzenli olarak izlenmesi,
- Malzeme, tesis ve proses konularında yapılabilecek değişikliklerin, enerji tüketimine etkilerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- Enerji tüketimini azaltmak amacıyla yapılacak iyileştirme çalışmalarında, öncelik verilmesi gereken yerlerin belirlenmesi,
- Yapılacak tüm iyileştirme çalışmaları için gerekli olan verilerin sağlanması,
- Sistemin temel amacı olan, en düşük enerji tüketimi ile maksimum üretimin gerçekleştirilmesi.

Türkiye’de enerjinin % 29’u ısınma amaçlı konutlarda tüketilmektedir. Bu tüketimi azaltmak için eski konutların seviyelerinin iyileştirilmesi ve yeni konutlarda ise Avrupa Birliği (AB) kurallarına uygun yalıtım seviyesi sağlanması için gerekli önlemler alınmalıdır. Planlama, enerji tasarrufu ve enerji verimliliği düşüncesi üzerine kurulmalıdır. Kış aylarında insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaşan ısınma kaynaklı hava kirliliğinin önlenmesi, doğalgaz ve yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ısınmayı sağlayacak gerekli yatırım çalışmaları ile mümkün olabilir. Enerji savurganlığı, özellikle kat kaloriferi ile merkezi ısıtma sistemlerinin karşılaştırılmalarında doğru değerlendirme yapılarak önenebilir. Bu amaca dönük teknolojiyi sınırlandıran alışılmış sistemler yerine, daha verimli alternatif ürünler kullanarak maliyeti azaltmak mümkündür.

Tek başına belirleyici olmasa da, ülkelerin kalkınmasında bol ve ucuz enerji kaynaklarının önemli bir rol oynadığı bir gerçektir. Enerji kaynakları içerisinde hiç bir enerji kaynağı şimdiye kadar insanoğlunun yaşamına petrol kadar dâhil olmamıştır. Gerçekten de petrol, vasıtaları ve makinaları hareket ettirmede ısı ve güç elde etmede kullanılmasının yanı sıra, polyesterden plastiğe, ilaç hammaddesinden tarım ilaçlarından bilgisayar çipine varıncaya kadar günlük hayatta kullandığımız binlerce üründe hammadde olarak kullanılmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)’dan alınan bilgilere göre enerji alanında dışa bağımlılık oranı %72’ler seviyesinde ve tedbir alınmaması halinde bu oranın yüzde 80’ler

seviyesine çıkabileceği belirtiliyor.[8] Türkiye'nin 2004 yılında 87,8 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) olarak gerçekleşen birincil enerji talebinin ancak %28'inin yerli kaynaklarla karşılanabilmektedir. Dışarıdan satın aldığımız ve alt yapısına yüksek bedeller ödediğimiz devamlılığı meçhul olan enerji kaynakları yerine yurt içinde üretebileceğimiz ve yenilenebilir olan enerji kaynaklarının kullanılması ve mevcut olan sistemlerinde verimli kullanımı planlamaktır.

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın gerektirdiği enerjiyi sıkıntıya düşmeden, en ekonomik maliyetlerle ve çevreyi koruyarak karşılamak gerekmektedir. Nitekim enerji sektöründe temel amaç, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli ve kesintisiz bir şekilde (yenilenebilir enerji kaynakları) ve mümkün olan en düşük maliyetlerle karşılanabilmesidir.

Türkiye'de 1992 yılına kadar yerli kömür tüketimi, 1992 sonrasında ise kömür standartlarının yükseltilmesi ile ithal kömür tüketimi yoğunlaşmıştır. Hava kirliliğinin önüne geçmek için kömür standartları arttırılsa dahi hava kirliliği bir miktar azalsa da bu istenilen düzeyde olmamıştır. 1994 yılından itibaren doğalgazın Türkiye'de gelişimi hızlı bir şekilde büyük kentler başta olmak üzere şehirlere ana hatlar döşenmeye başlamış büyük yatırımlar yapılmış kömürlü sobaların, kömürlü kazanların yerini, kombi, doğalgaz kazanı gibi doğalgazlı cihazlar almaya başlamıştır. Dolayısıyla ısıtma sistemlerinde kömürün yerini artık büyük oranda doğalgaz almaktadır. Doğalgaz kömüre göre çevreye daha az zarar vermesi ve hava kirliliğininde azaltıcı etkisi bulunmaktadır.

Araştırmanın kapsamı ülkemizde bilinen ısıtma kombi cihazlarıyla karşılaşılan ısı enerjisinin maliyetinin, termoşok ısıtma sistemi maliyeti ile karşılaştırmaktır. Teorik açıdan ülkemizde elektrik pahalı bir enerji girdisi olmasına rağmen sistemde farklı kullanım dizaynıyla ekonomik olmaktadır. Ayrıca tesis edilen sistemin bacasız olması, mevcut ısıtma sistemlerine uygulanabilir olması, ayrı abonelik gerektirmemesi ve yurt dışından bağımsız üretebileceğimiz bir kaynak olması açısından daha sağlıklıdır.

## 2. ISITMA SİSTEMLERİ

Bir ve birden fazla hacmi istenilen sıcaklığa çıkarmak ve bu sıcaklıkta kararlı bir şekilde tutma işlemine ısıtma; bu işlemleri yapan tesislere de ısıtma sistemleri denir. Isınma ihtiyacı, insan vücudu ile çevresi arasındaki ısı alışverişi ile bir ısı değişimi dengesi kurma ve ısı konfor ortamını sağlama gereğinden doğmuştur. İnsanların barındığı veya çalıştığı binalarda ısı konfor şartları verimli çalışma ve sağlık yönünden önemlidir. Isıl konfor günümüzde yalnız insanlar için değil bütün hassas cihaz ve makineler için de gereklidir. Canlılar içerisinde insan, fizyolojik bakımından tropikal iklim şartlarına uygundur. Bir insanın rahat ve güvenli yaşayabilmesi için çevre sıcaklığının belli bir değerde olması gerekir. Bu değer 15 °C ile 27°C arasında değişir. Dış hava sıcaklığı kış aylarında çok düştüğü için ortamların ısıtılması gerekmektedir.

Bugün ülkemizde konut ısıtılmasında esas ısı kayıp – kazanç hesapları TSE 825 ve DIN 4701 normunun Türkiye koşullarına göre düzenlenmiş edildiği bir formata göre yapılmaktadır. Söz konusu metodda kullanılan pek çok kabul ve katsayının hangi referanslara veya çalışmalara dayandığı bilinmez. Yapılan hesaplar tek boyutlu ve kararlı rejimde uygulanmakta, hesaplar esnasında bina elemanlarının ısı kayıp ve kazanç hesaplamalarında çok önemli etkisi olan dış sıcaklığın günlük minimum- maksimum sıcaklık farkı hiç dikkate alınmamaktadır. Bu tahmin edilemeyen faktörün yaratacağı olumsuz durumları ortadan kaldırmak için hesaplanan yük üzerine emniyet yüzdeleri ilave edilmektedir. Doğal olarak bu durum gerek ilk yatırım esnasında ciddi sermaye kayıplarına ve işletme esnasında kapasite altı verimsiz çalışmada dolayı gereksiz enerji kayıplarına yol açmaktadır.

### 2.1. Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması

#### I. Isıl Kapasitesine Göre

- i. Lokal ısıtma
- ii. Merkezi ısıtma
- iii. Bölgesel ısıtma

#### II. Isıtmada Kullanılan Akışkan Cinsine Göre

- i. Sıcak Sulu ısıtma
- ii. Buharla ısıtma
- iii. Sıcak Hava ile ısıtma

### **III. Gidiş-Dönüş boru Sayısına Göre**

- i. Tek borulu Isıtma Devresi
- ii. Çift Borulu Isıtma Devresi

### **IV. Binadaki Dağıtım ve Toplama şekline Göre**

- i. Üstten Dağıtım Sistemleri
- ii. Alttan Dağıtım Sistemleri
- iii. Eşit Yol Uzunluklu Dağıtım Devreleri

### **V. Dolaşımının Sağlanmasına Göre**

- i. Pompalı Isıtma devreleri
- ii. Doğal Dolaşımli Isıtma Devreleri

### **VI. Genleşme Kabına Göre**

- i. Açık Genleşme Kapalı Isıtma Sistemleri
- ii. Kapalı genleşme Kapalı Isıtma Sistemleri

### **VII. Sıcaklığına Göre**

- i. Düşük Sıcaklık Devreli 75/65 °C veya 55/45 °C Sistemler
- ii. Alışılabilen 90/70 C Sistemler
- iii. Kaynar Sulu 120°C Üzerinde Sistemler

### **VIII. Isının Ortama Verilişine Göre**

- i. Isıtma Elemanlı (Radyatör v.b) Isıtma devreleri
- ii. Yüzey Altından (Döşemeden-Duvardan –Tavandan ) Isıtma Devreleri

### **IX. Radyant Isıtma Sistemleri**

#### **2.1.1. Lokal Isıtma**

Kombi veya kazan tipi ısıtma cihazları kullanarak yapılacak kat kaloriferi sistemi ile villa tipi binaların veya tesisatı bulunmayan çok katlı binaların bağımsız olarak ısıtılmasıdır. Bu tesisatın ilk tesis ve işletme masrafları merkezi sistemlere göre daha fazladır. Merkezi kalorifer

tesisatı bulunan binalarda kat sahipleri arasında çıkan anlaşmazlıklar nedeniyle, bu tip tesisatın uygulama sahasını gün geçtikçe artırmış bulunmaktadır.

Ayrıca bu sistemle ısıtılan dairelerin büyük çapta işletme avantajları vardır. Bunlar;

- Değişik sıcaklıklara ayarlanabilir olması,
- Tatil günlerinde tamamen kapatılması,
- Dairede kısmi ısıtmanın yapılabilmesi,
- Otomatik kontrol düzeniyle büyük çapta yakıt tasarrufunun sağlanabilmesidir.

Kat ısıtmasının yapıldığı kat, binanın en üst katı ise dairenin döşemesi ve çatısı izole edilmelidir. Ara kat olması halinde, bu takdirde alt ve üst katların sobalı olması durumunda enerji kaybı artar. Bu kaybı asgari hale getirmek için döşemenin halı gibi muhtelif örtü malzemeleri ile izole edilmesi gerekir. Aksi halde komşu hacimlere giden enerji kaybı nedeniyle ekonomik olmaktan çıkar.

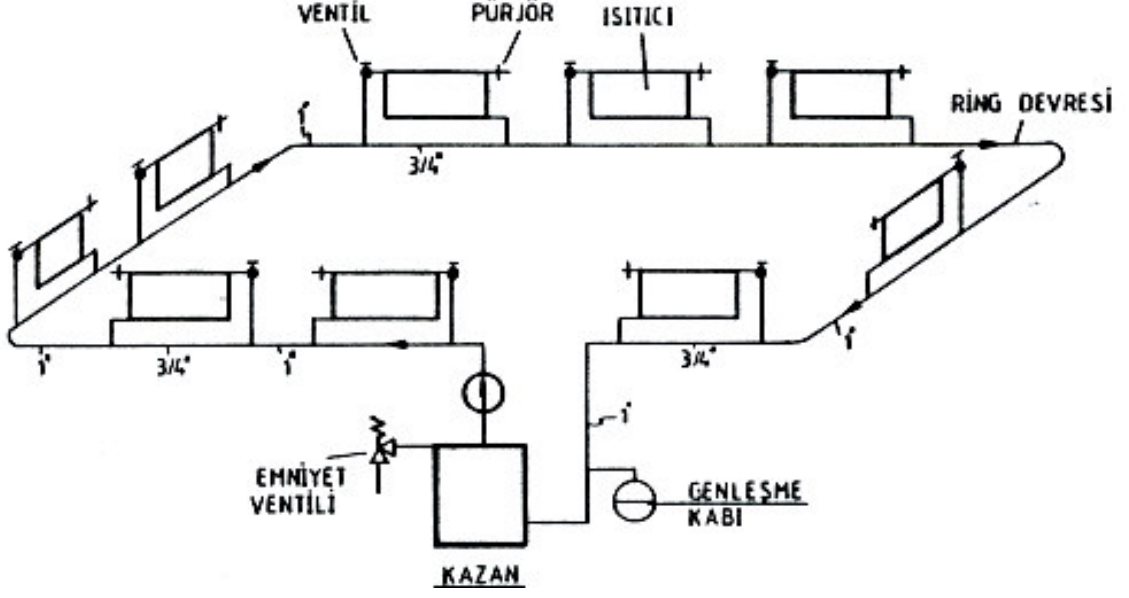
Kat kaloriferi tesisatı, tek ve çift borulu olmak üzere iki şekilde yapılır. Tek borulu sistem çift boruluya göre daha az yatırım masraflı olduğu gibi görünüm itibarı ile de daha estetikdir. Tek borulu sistemin mahsuru ise kapı eşiklerinde döşeme içerisinden geçmesidir. Bu sistemde kazandan çıkan ana besleme borusu bütün radyatörleri dolaşır. Her radyatör gereği kadar sıcak suyu bir branşman ile ana borudan alır. Ana boruda kesit daraltılır. Radyatörde soğuyan su tekrar ana boruya verilir. Her radyatörden sonra ana borudaki suyun sıcaklığı biraz düşer. Bütün radyatörleri dolaşarak soğuyan ana borudaki su kazana döndürülür. Sistemin ana özelliği dönüşe yakın radyatörlerin daima daha az sıcak su ile çalışmasıdır. Bu özellikten dolayı aynı hat üzerinde kullanılacak radyatör sayısı sınırlıdır. Gidiş borusu önce kuzey yönündeki radyatörlere verecek şekilde dağıtım yapılması tasarlanmalıdır.

Şekil 2.1' da tek borulu yatay ısıtma sistemi, Şekil 2.2 Tek borulu sistemde radyatör bağlantısı görülmektedir.

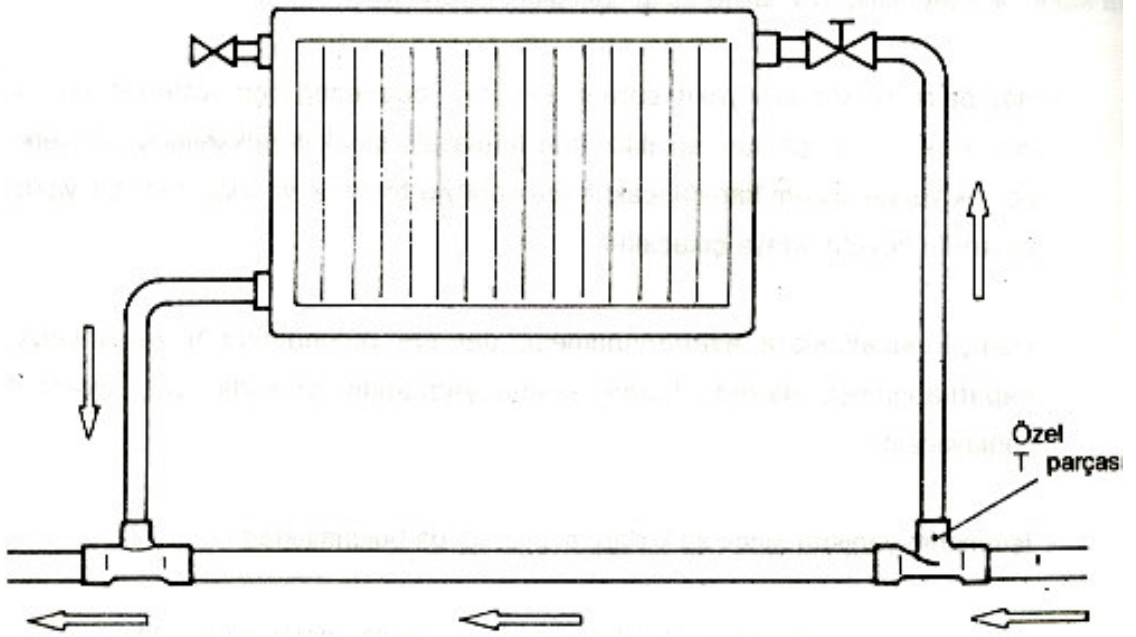
Çift borulu sistem ise üç şekilde uygulanır. Bunlar;

- i. Üstten Dağıtma ve Alttan Toplama
- ii. Alttan Dağıtma ve Alttan Toplama
- iii. Üstten Dağıtma ve Üstten Toplama

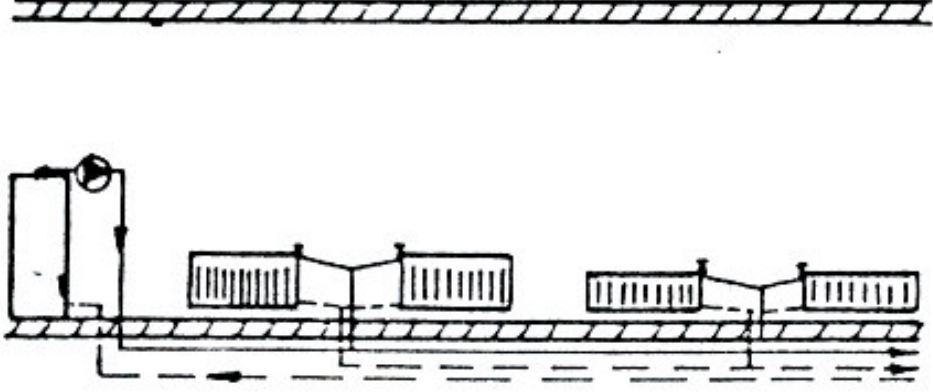
Çift borulu kat kalorifer sistemine ait bazı örnek şekiller Şekil 2.3, 2.4 ve 2.5 verilmiştir.



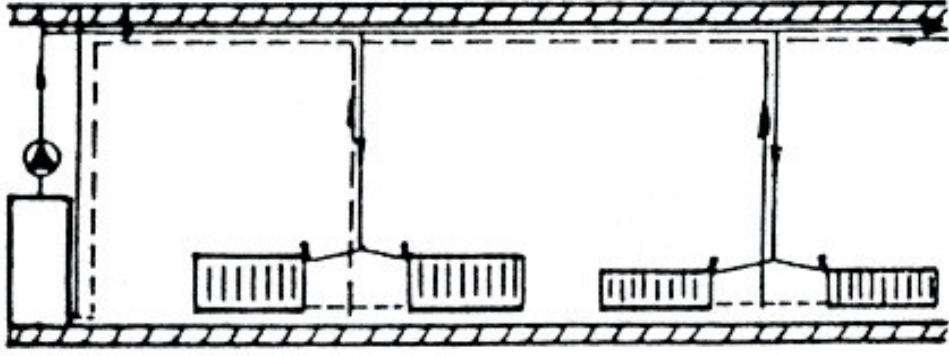
Şekil 2.1. Tek Borulu Yatay Isıtma Sistemi [4]



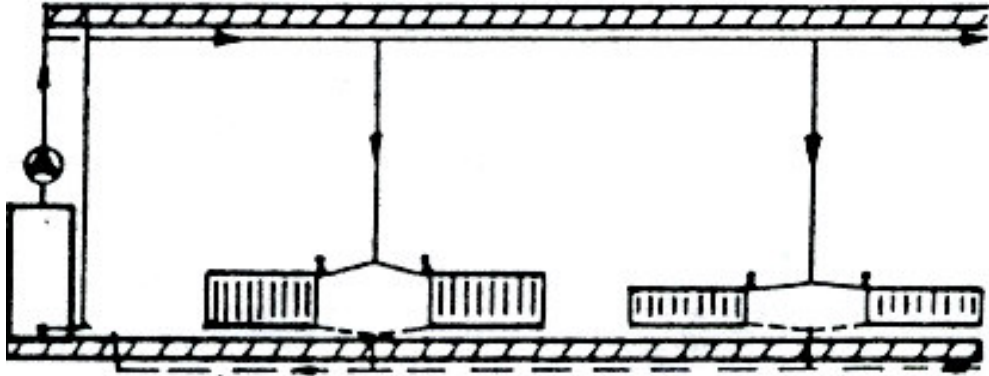
Şekil 2.2. Yatay Tek Borulu Sistemde Radyatörün Bağlanma Şekli [4]



Şekil 2.3. Alttan Dağıtım Alttan Toplamalı Çift Borulu Kat Kaloriferi [4]



Şekil 2.4. Üstten Dağıtım Üstten Toplamalı Çift Borulu Kat Kaloriferi [4]

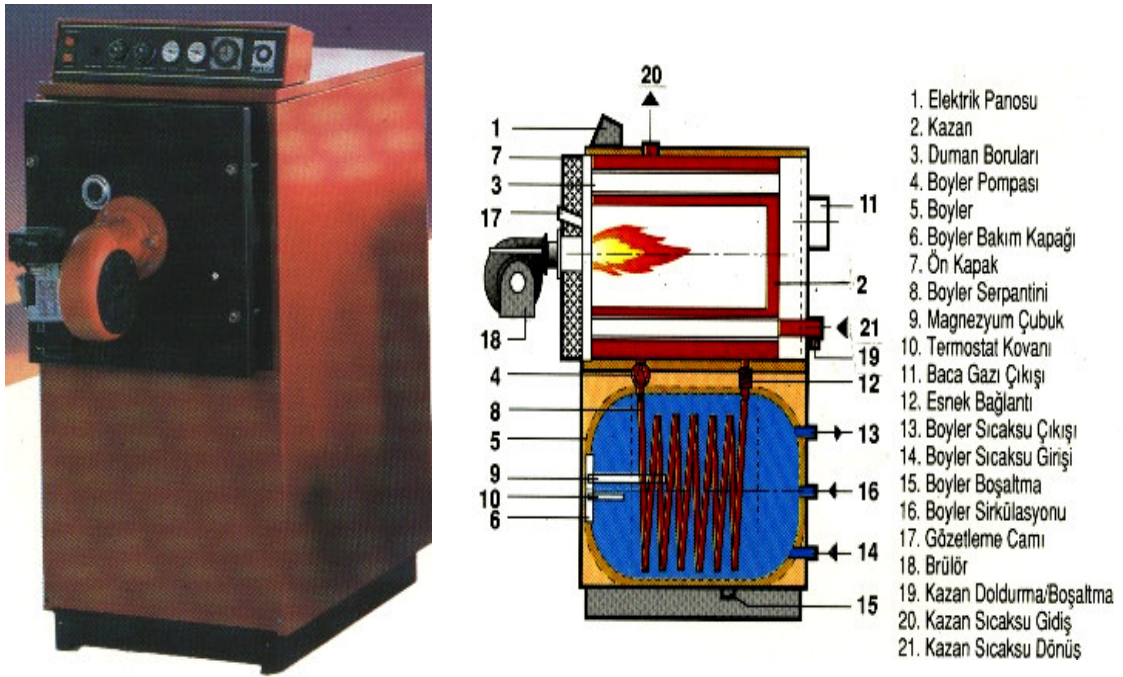


Şekil 2.5. Üstten Dağıtım Alttan Toplamalı Çift Borulu Kat Kaloriferi [4]

### 2.1.1.1. Kat ve Villa Isıtmasında Kullanılan Kalorifer Kazanları

Doğal gaz ile veya sıvı yakıtla çalışabilen bu kazanların hem ısıtma suyunu hem de ısıtma ve kullanma sıcak suyunu birlikte üretebilecek, otomatik kontrol sistemleriyle donatılmış tipleri vardır.

Bu kazanların uzun ömürlü olması, işletme veriminin yüksek olması, yakıt tasarrufunun yüksek olması gibi avantajlarının yanında kazan dairesine ihtiyaç duyulması, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması gibi dezavantajları vardır.

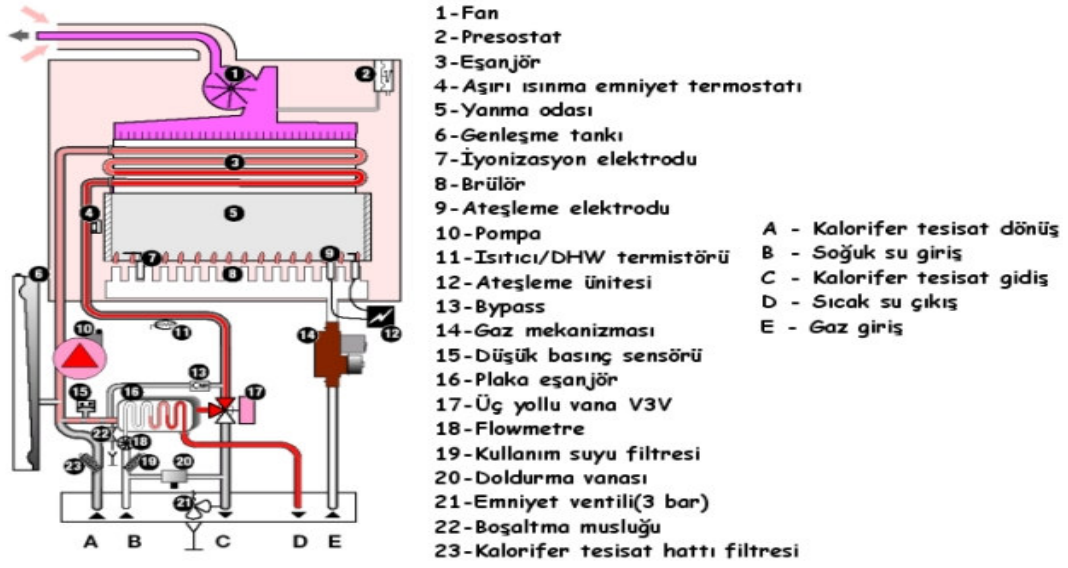


Şekil 2.6. Kat ve Villa Isıtmasında Kullanılan Kalorifer Kazanı [2]

### 2.1.1.2. Kat ve Villa Isıtmasında Kullanılan Kombi Cihazları

Kat ve villa ısıtmasında kullanılan şofben tipindeki kombi cihazları hem sıcak suyunu hem de kullanma sıcak suyunu birlikte üretmesi, duvara monte edildiği için az yer kaplaması, ucuz olması gibi avantajları bulunmaktadır. Şekil 2.7' de Kat ve Villa ısıtmasında kullanılan kombi cihazı görülmektedir.





Şekil 2.7. Kat ve Villa Isıtmasında Kullanılan Kombi Cihazı [3]

Bacalı kombilerde yanma odası cihazın bulunduğu ortama açıktır ve yanma sırasında cihaz, ortamın havasını kullanır. Bacalı kombiler banyoya, yatak odalarına, apartman boşluğu gibi ortamlara ve hacmi en az 8 m<sup>3</sup>'ten az olan yerlere monte edilemez. Bacalı kombilerde yanma sonucu oluşan atık gazları mevcut baca aracılığıyla dışarıya atılır. Hava girişi ve bacası şartnamelere uygun olmayan yerlerde bu tip cihazların kullanılması can güvenliği açısından tehlikeli olduğundan Gaz Şirketi tarafından gaz açma onayı verilmemektedir.

Hermetik kombilerde bacaya gerek yoktur. Ortamın havasını kullanmadığı için kısıtlama getirmeden kullanılırlar. Yanma için gerekli havayı bir fan vasıtasıyla ve özel iç içe geçen iki borudan oluşan hava akım borusu sayesinde dışarıdan alırlar. Hermetik kombiler mutlaka dış duvara veya dış duvara yakın bir yere monte edilmeli ve hava akım borusu atmosfere açık olmalıdır.

Yoğuşmalı cihazlarda gerek cihaz fiyatlarının yüksek olması, gerekse düşük sıcaklıkta çalışmasından dolayı daha fazla radyatör maliyeti getirdiğinden yoğuşmalı sistemlerde ilk yatırım maliyeti yüksektir. Yoğuşmalı kazanlarda olduğu gibi bu cihazlar da duman gazı içerisindeki su buharını yoğuşturarak ve baca gazı sıcaklığını düşürerek ilave enerji kazanırlar. Böylece daha az enerji tüketimi ile işletme maliyeti düşer.

## **2.1.2. Merkezi Isıtma**

Isıtılacak binaların bodrum katlarında ayrı kazan daireleri tesis edilmek suretiyle kazanlarda üretilen ısınn taşıyıcı bir akışkan vasıtasıyla istenen ortamlara yerleştirilmiş ısıtıcılara gönderilmesi suretiyle gerçekleştirilen ısıtmaya merkezi ısıtma denir [2].

### **2.1.2.1. Sıcak Sulu Isıtma Sistemleri**

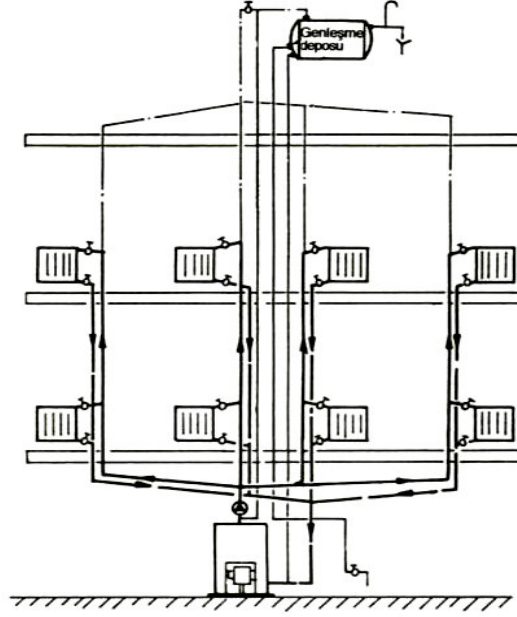
Bir sıcak su sistemi genel olarak sıcak su kazanı, su taşıyıcı borular, ısıtıcı elemanlar, sirkülasyon pompası, genişleme kabı, otomatik kontrol cihazları ve ara parçalarından oluşur. Isıtıcı akışkan olarak sıcaklığı 110°C'nin altında bulunan sıcak su kullanılır. Sıcak su sistemlerinin büyük çoğunluğu atmosfere açıktır ve su sıcaklığı 90 °C değerini aşmaz. Sıcak su kazanında üretilen sıcak su, borularla ısıtılacak hacimlere yerleştirilmiş radyatör, sıcak hava apareyi gibi ısıtıcı elemanlara taşınır. Burada soğuyarak ısını oda hacmine bırakan sıcak su kazana geri döner [2].

### **2.1.2.2. Sıcak Sulu Tesislerde Uygulanan Başlıca Sistemler**

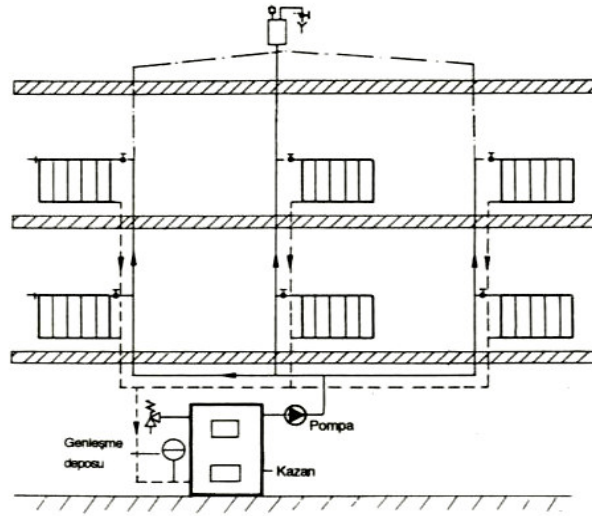
- i. Alttan dağıtmalı ve alttan toplamalı ısıtma sistemi,
- ii. Üstten dağıtmalı ve alttan toplamalı ısıtma sistemi,
- iii. Üstten dağıtmalı ve üstten toplamalı ısıtma sistemi,

#### **2.1.2.2.1. Alttan Dağıtmalı ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi**

Bu sistemlerde genellikle bodrum kata yerleştirilen sıcak su kazanından çıkan ana besleme borusu, sirkülasyon pompaları emiş kollektörüne gelir. Pompa çıkış kollektörü ise dağıtma kollektörü görevini yapar. Dağıtma kollektöründen yatay ana besleme boruları ile bodrum katı tavanı seviyesinde istenilen noktalara dağıtım yapılır. Bu noktalardan besleme kolonu adı verilen dik borularla su üst katlara ulaşır. Her radyatöre branşmanlarla besleme kolonundan sıcak su bağlanır. Dönüş kolonları bodrum katta toplanan yatay ana borular ile birleşirler. Böylelikle bütün radyatörlerden toplanan su dönüş kollektörüne ulaşır. Binanın en üst seviyesinde genişleme kabı vardır. Bu kap gidiş ve dönüş emniyet boruları ile kazan giriş çıkışına arada hiçbir vana olamayacak şekilde bağlanır. Ayrıca bütün çıkış kolonları bir havalık borusu ile genişleme kabına bağlıdır. Yatay borulara ve branşmanlara eğim verilmeli. Böylece sistem içinde oluşacak havanın en üst noktaya doğru kendiliğinden akarak boşalması sağlanır Şekil 2.8 ve Şekil 2.9' de açık genişleme depolu ve kapalı genişleme depolu alttan dağıtmalı ve alttan toplamalı ısıtma sistemi görülmektedir.



Şekil 2.8. Açık Genleşme Depolu Alttan Dağıtmalı ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi [4]



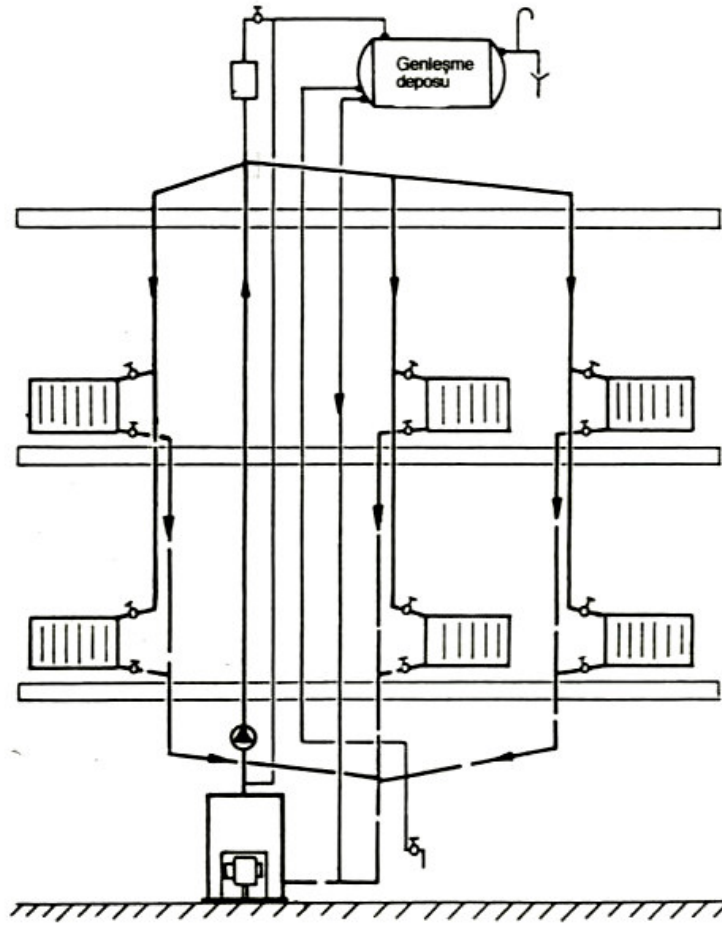
Şekil 2.9. Kapalı Genleşme Depolu Alttan Dağıtmalı ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi [4]

#### 2.1.2.2.2. Üstten Dağıtmalı ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi

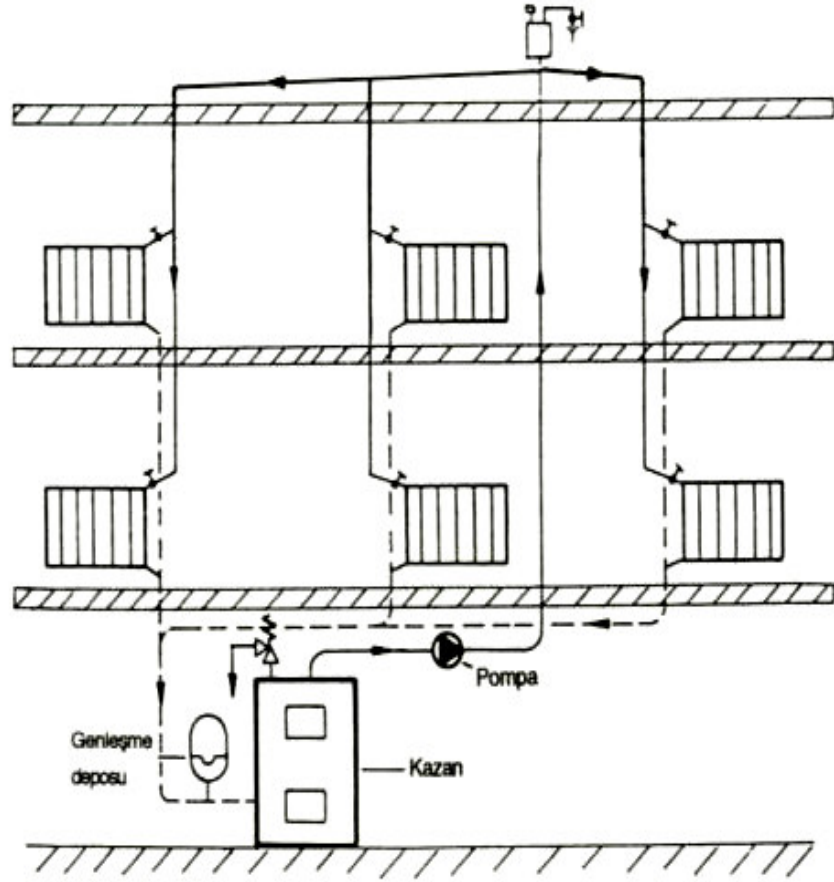
Bu sistem çatısı teras olmayan ve tam bodrumlu binalarda uygulanır. Bütün katları aynı derecede yani homojen olarak ısıtmak mümkündür. Bu nedenle en iyi çalışan sistem olarak bilinmektedir.

Şekil 2.10' de görülen üstten dağıtmalı alttan toplamalı ısıtma sisteminde ise kazandan çıkan ana besleme kolonu ile su çatı katına ulaşır. Buradan %1 veya %2 eğimli dağıtım boruları ile çatı içinde düşey kolonlara ulaşır. Düşey besleme kolonları ve branşmanlarla radyatörler sıcak su ile beslenir. Dönüş ise bir önceki sistemin aynıdır.

Şekil 2.11' de kapalı genişleme depolu üstten dağıtmalı alttan toplamalı ısıtma sistemi görülmektedir. Üst kata çıkan gidiş borusunda en üst noktada hava tüpü, 1/2" hava boşaltma vanası ve otomatik hava pürjör montajı yapılmalıdır.



Şekil 2.10. Açık Genişleme Depolu Üstten Dağıtmalı ve Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi [4]



Şekil 2.11. Kapalı Genleşme Depolu Üstten Dağıtmalı Alttan Toplamalı Isıtma Sistemi [4]

### 2.1.2.2.3. Üstten Dağıtmalı ve Üstten Toplamalı Isıtma Sistemi

Eğer bodrum katta boruları geçirmek üzere hiçbir yer yoksa şemsiye sistemi denilen üstten dağıtmalı ve üstten toplamalı ısıtma sistemi kullanılabilir. Sistem pompa yardımı ile doğal dolaşıma karşı çalıştığı için  $90/70$  ° C sistemin basınç kaybı hesabında 1 m düşey boru için 12,5 mmSS eklenmelidir. ( Gidiş ve dönüş boruları toplamında 25 mmSS eklenmelidir )

Isıtma bakımından istenmeyen en kötü olan bir sistemdir. Zorunlu hallerde uygulanır ve bugün için çok az uygulanan bir sistemdir.

### 2.1.2.3. Sıcak Sulu Isıtma Sistemlerinde Hava Tahliyesi

Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde hava, sistemdeki su dolaşımını engeller ve korozyona neden olur. Hava yapan boru ve radyatörler iyi çalışmaz. Hatta sistemin bir bölgesinde dolaşım tamamen durabilir. Suyun içerdiği hava miktarı sıcaklığa ve basınca bağlıdır. Su soğukken içinde eriyen hava, ısındığında gaz halinde açığa çıkar. Su ile birlikte sürüklenen bu hava su hızı

ne kadar fazla ise sudan o kadar zor ayrılır. Kalorifer tesisatından hava alınırken pompanın durdurulması yararlıdır. Sıcak sulu sistemlerde hava oluşmasının ana kaynakları; sisteme beslenen taze su ve açık genişleme depolarıdır. Bu kaynaklardan giren erimiş haldeki hava kazanda ısınma sırasında basıncın düşük olduğu üst katlarda gazlaşarak açığa çıkar.

Pratikte oluşan havanın hareketini boru sistemi içinde en yüksek noktaya yönlendirmek için yatay borulara akış yönünde yukarı doğru hafif bir eğim (%1 veya %2) verilir

Havalık boruları çatı arasında bulunur. Havalık borularını çatı arasına çıkarma olanağı olmayan yerlerde tavan altında toplayarak emniyet gidiş borusuna veya diğer bir kolona bağlamak mümkündür. Havalık borusu çıkma olanağı olmayan yerlerde gidiş kolonunun sonu 1/2 ” boru ile 500 mm daha yükseltilerek hava tüpü veya hava boşaltma pürjörü bir boru üzerine konulabilir.

#### **2.1.2.4. Sıcak Sulu Isıtma Sistemlerinde Donmanın Önlenmesi**

Sıcak sulu sistemlerin tasarımında su sıcaklığının donma noktasının altına düşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Isıtılmayan hacimlerden geçen borular bulunması halinde bu borularda bulunan suyun sıcaklığı donma noktasının altına düşecek ve boruların çatlamasına neden olacaktır.

Büyük binaların ısıtılmasında, sistemde bu şekilde donma noktası altında elemanlar bulunması olasılığı daha fazladır. Sirkülasyon devam ettiği yani pompa çalıştığı sürece her hangi bir donma söz konusu değildir. Kazan çalışmıyor bile olsa bütün sistemdeki su sıcaklığı donma noktası altına düşmeden her hangi bir donma olayı meydana gelmez.

Soğuk iklimlerde, geceleri ve hafta sonlarında, çalışmayan iş yerlerinde sirkülasyon pompası bu yüzden devamlı çalıştırılmalıdır. Eğer sistem uzun süreli olarak durdurulacak ise bu durumda ısıtma sisteminde mevcut bütün suyun tamamen boşaltılması gerekir. Radyatör dilimlerinin alt kısımlarında kalan az miktarda suyun donarak o noktalarda çatlamalara neden olduğu pratikte görülmüştür.

Soğuk bölgelerdeki sıcak sulu ısıtma sistemlerinde, sistem çalışmakta olsa bile çatı arasındaki tesisatta bulunan hareketsiz suyun donma olasılığı vardır. Bu durumu önleyebilmek için çatı arasındaki genişleme deposu, bütün havalık boruları, emniyet boruları çok iyi izole edilmelidir.

### **2.1.3. Bölge Isıtması**

Bölge ısıtması, endüstri tesisleri, toplu konut uygulamaları, mahalle ve şehir ısıtmaları gibi büyük ölçekli ısıtma olarak tanımlanabilir. Bölge ısıtmasında çeşitli sistemler oluşturulabilir. Klasik bölge ısıtmasında bir ısı merkezinde üretilen ısı, boru şebekesi ile primer devre akışkanı tarafından ısıtılacak binalara taşınır. Her binanın altındaki ısı değiştirgecinde sekonder devrede dolaştırılan ısıtıcı akışkan ısıtılır. Primer devrede sıcak su, kızgın su veya buhar; sekonder devrede ise genellikle 90/70 ° C sıcak su dolaşır [2].

Sekonder devre daha önce üzerinde durulan sıcak sulu merkezi ısıtma sistemidir. Bölge ısıtmasında kullanılan diğer bir sistemde ise; Primer devrede üretilen sıcak su veya kızgın su doğrudan bloklara verilir. Burada her blok altında bir otomatik karıştırma vanası vardır. Bu vanada primer devreden alınan yüksek sıcaklıktaki su ile bloktan dönen düşük sıcaklıktaki su istenen oranda karıştırılarak bloktaki ısıtıcılara gönderilir. Daha küçük boyutlu uygulamalarda ise bir merkezde üretilen sıcak su ile doğrudan blokları ısıtmak mümkündür.

#### **2.1.3.1. Sıcak Sulu Bölge Isıtması**

Prensip olarak su sıcaklığı 120 °C nin altındadır. Ancak uygulamada genellikle 90/70 °C sistemler kullanılır. 90/70 °C sıcak su kullanıldığında sistemi tek devreli yapmak mümkündür. Bu durumda blok altındaki eşanjörler ortadan kalkar. Ayrıca basınç düşük olduğundan kullanılan cihaz ve elemanlar daha ucuz, sistem daha basit ve güvenlidir. Buna karşılık düşük sıcaklık ve düşük sıcaklık farkı nedeniyle boru çapları büyük ve ısıtıcı yüzey miktarları fazladır. Bir diğer dezavantajda sistemdeki su miktarının fazlalığıdır. Yarıçapı 500 m' den küçük olan bölgelerde sıcak su genellikle teknik ve ekonomik açıdan avantajlı olmaktadır [2].

Bu sistem konut sitelerinde, iş merkezlerinde, hastanelerde, büyük otellerde, askeri tesislerde, buhar üretimi olmayan endüstri tesislerinde başarı ile uygulanabilir.

#### **2.1.3.2. Kızgın Sulu Bölge Isıtması**

100° C üzerindeki sıcaklıktaki suya kızgın su adı verilir. Ancak ısıtma tesisatında 120°C ve üzerindeki sıcaklıktaki suya kızgın su denilmektedir. Kızgın su tesisatında sistem atmosfere kapalıdır. Basınçlandırma bir pompa veya denge kabı denilen bir basınçlı kap ile gerçekleştirilir. Denge kabı bir genişleme kabı olarak da düşünülebilir.

Kızgın su büyük kapasiteli bölge ve şehir ısıtması amacı ile kullanılacaksa, su gidiş sıcaklığı 180 °C ye kadar çıkabilir. Sıcaklığın yüksek olması nedeniyle kızgın sulu tesislerde

kullanılacak vana ve armatürler en az PN 16 serisi olmalıdır. Gidiş ve dönüş suyu arasındaki fark ise 80 °C ye kadar büyütülebilir. Kullanılan sıcaklıklar arasında 160/80 °C, 150/90 °C, 150/70 °C gibi örnekler verilebilir. Primer kızgın su şebekesinin döşenmesinde en üst noktalarda havalandırma ve en alt noktalarda da boşaltma olanağı bulunmalıdır.

### **2.1.3.3. Buhar İle Bölge Isıtması**

Buhar ile bölge ısıtması sadece endüstriyel tesisler için geçerlidir. Eğer sistemde, başka amaçlarla buhar üretiliyorsa, ısıtma içinde aynı buhardan yararlanılabilir. Tesisatta mevcut buhar yoksa sadece ısıtma amacı ile buharlı bölge ısıtması günümüzde kullanılmamaktadır.

### **2.1.3.4. Tek Merkezli Bölge Isıtması**

Şehir ısıtmaları hariç genellikle bölge ısıtmaları tek ısı merkezli sistemlerdir. Bu sistemde dallanan tip şebeke kullanılır. Dallanan tip şebekede, bütün kullanma yerleri bir tek kol ile beslenir. Dolayısıyla bu sistem tamir ve boru patlamaları halinde zorluklar yaratır. Sadece problem olan noktada değil, bu noktadan sonraki bütün kullanma yerlerinde besleme kesilir. Boru şebekesini bir, iki, üç veya dört borulu yapmak mümkündür. Bir borulu sistem sadece buharlı tesisat için geçerlidir. Bu sistemde tek borudan kullanıcıya buhar ulaştırılır. Ancak kondens geri gönderilmez. Pahalı bir işletme sistemi olup, çok özel durumlarda kullanılır.

İki borulu sistem en yaygın kullanılan sistemdir. Bir boru buhar veya kızgın su gidiş, diğer boru kondens veya kızgın su dönüş borusudur.

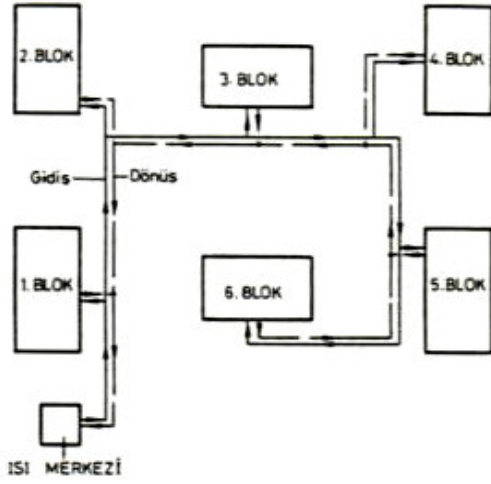
#### **İki borulu ısıtma sistemlerini;**

- i. Düz geri dönüşlü
- ii. Ters geri dönüşlü ( Tichelmann sistemi veya eşit direnç sistemi ) olarak düzenlemek mümkündür.

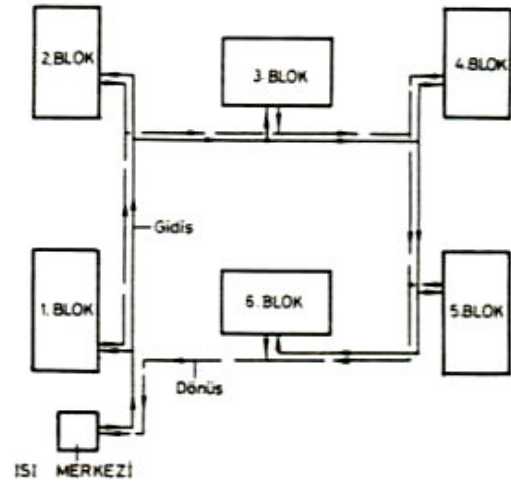
Şekil 2.14 ve şekil 2.15' de bu sistemler şematik olarak görülmektedir. Düz geri dönüşlü sistemlerde paralel gidiş ve dönüş boruları aynı çaplıdır. Bu sistemlerin tasarımı ve yapımı kolaydır. Ayrıca boru çaplarından dolayı daha ucuz ve ekonomiktir. Ancak ayar veya reglaj problemi vardır. İlk ulaşılan blokta gidişle dönüş hattı arasında basınç farkı çok fazladır. Bu fark en son blokta ise çok azalır. Dolayısıyla eğer önlem alınmazsa ilk blokta su dolaşır ve bu blok iyi ısınırken son blokta az su dolaşır ve bu blok iyi ısınmaz.

Ters geri dönüşlü sistemde ise basınç farkı dağılımı düzgündür. Dolayısıyla reglaj gereksinimi minimumdadır. Eğer mümkün oluyorsa çift borulu tesisat Tichelmann sistemine (eşit direnç sistemi) göre tasarlanmalıdır.

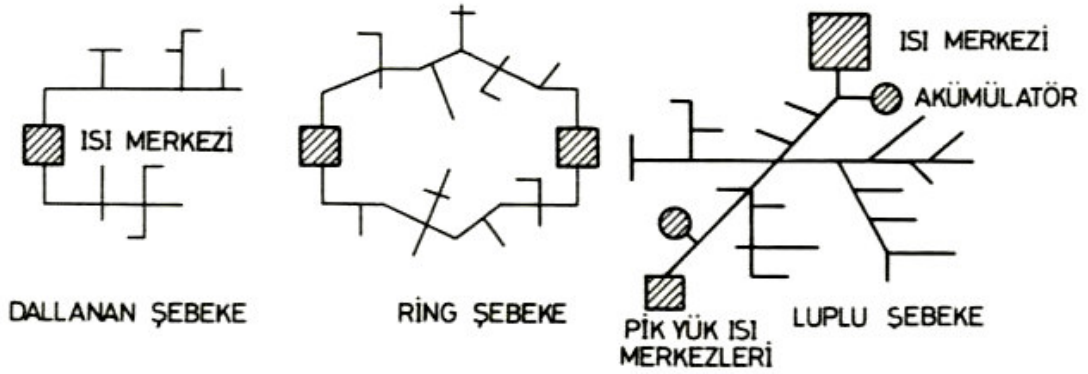




Şekil 2.12. Düz Geri Dönüştü 2 Borulu Dağıtım Sistemi [2]



Şekil 2.13. Ters Geri Dönüştü 2 Borulu Dağıtım Sistemi [2]



Şekil 2.14. Çeşitli Isıtma Şebeke Tipleri [2]

### 2.1.3.5. Çok Merkezli Bölge Isıtması

Büyük şehir ısıtmalarında sistemin kullanım güvenliği açısından aynı kullanım noktasına farklı santrallerden besleme yapabilmek esastır. Çok merkezli bölge ısıtması boru dağıtım şebekesi olarak iki ana tiptir.

- i. Ring şebeke
- ii. Luplu (Alt bölgesi) şebeke

Her iki tip şebeke de Şekil 2.16' de şematik olarak gösterilmiştir. Ring şebeke daha büyük sistemler için uygun olup, özellikle birden fazla ısı santrali bulunduğu kullanılır. Her hangi bir arıza halinde, kullanım yerlerinin başka koldan beslenebilme imkânı bulunmaktadır.

Luplu şebekede ise pik yük ısı santralleri ve boylerler bulunmaktadır. Bu sistem en büyük şebekelerde kullanılır. Sistemin çalışma güvencesi artırılmış ve her kullanıcıya en az iki noktadan ulaşılabilme olanağı getirilmiştir.

#### **2.1.3.6. Bölge Isıtmasının Merkezi Isıtmaya Göre Avantajları**

- i. Baca maliyeti çok daha azdır.
- ii. Kazanlar daha az yer kaplar.
- iii. Binalara yakıt ve kül taşıma problemi yoktur.
- iv. Temiz ve kolaydır.
- v. Çevreyi daha az kirletir.
- vi. İşletme maliyeti daha düşüktür.
- vii. Otomatik kontrol maliyeti çok daha azdır.
- viii. Daha tehlikesizdir.
- ix. Daha sağlıklı ve konforlu bir ısıtma yöntemidir.

#### **2.1.3.7. Bölge Isıtmasının Merkezi Isıtmaya Göre Dezavantajları**

- i. Galerilerin, galerilerdeki boruların, izolasyonların ve konsolların kuruluş maliyeti yüksektir.
- ii. Galerilerdeki borulardan ısı kaybı olur. Rutubet, izolasyonları farelerin yemesi, kontrol zorlukları nedeniyle izolasyonlar zamanla bozulur. Bunun sonucu olarak uzun vadede galerideki boruların ısı kayıpları çok ciddi boyutlara ulaşır.
- iii. Galerideki boruların su hacmi, sistemin ısınma sürecini geciktirecek, kesintili işletmede yakıt giderini artıracaktır.
- iv. Galerideki borular zamanla çürüyecektir. Kuruluştan bir süre sonra (ortalama 5 yıl sonra) sistem sık sık kesintiye uğrayacaktır.

- v. Sistemin arıza yapması durumunda tonlarca su harcanacak, sistemin kireç bağlama riski artacaktır.

Sonuç olarak her apartman bloğunun altına bir kazan dairesi yapılmasının işletmede daha ekonomik ve zaman içinde daha problemsiz olacağı söylenebilir.

#### 2.1.4. Radyant Isıtma Sistemleri



Şekil 2.15. Bir Radyant Isıtıcı Teknik Detayları

Radyant ısıtma sistemleri konusunda insanlar için esin kaynağı yine doğadır. Kış aylarında bulutlu bir havada dolaşıldığında ve bir anda güneş bulutların arasından çıktığında canlılar yüzeylerinde sıcaklık hissederler. Hissedilen bu ısınmanın nedeni bir anda 5–10 °C hava sıcaklığı artışı değil, canlılara ulaşmaya başlayan kızılötesi ışınlardır. Güneş tekrar buluta girdiğinde bu ısınma ortadan kalkacaktır. İşte aynı düşünceden yola çıkarak “Radyant Isıtma Sistemleri” tasarlanmıştır. Bu sistem aynen doğada olduğu gibi ortam havasının ısıtılması yerine kişilerin doğrudan konfor sıcaklığını hissetmelerini sağlamaktadır. Radyant ısıtma sistemi uygulamalarında ısıtıcıların uygun yerleşimi işe mekan içindeki tüm bölgelerin yada sadece istenen bölgelerin ısıtılabilmesi mümkündür.

Havayı ısıtarak yüksek mekanlar ısıtıldığında, ısınan hava yükseldiğinden ısıtılması gerekmeyen üst kısımlarda sıcaklık 40°C ye ulaşırken döşeme seviyesinde hava sıcaklığı 12 – 13 °C civarındadır. Böylece tavandan ve hava değişiminden büyük enerji kayıpları olmaktadır.

Radyant Isıtma Sistemleri ile elde edilebilecek enerji tasarrufu dışında sağlanan diğer önemli avantajlar ise;

- İdeal ısıtma
- Havayı ısıtmadığı için minimum infiltrasyon kayıpları (kaybolan ve sızan havalar)
- Ortamda hava hareketi olmadığından dolayı toz probleminin olmaması
- Isı katmanlaşması olmadığı için minimum çatı kayıpları
- Homojen ısı dağılımı
- Spot ısıtma
- Çalışma sıcaklığına erişmek için bekleme gerekliliğinin olmaması, birkaç dakika içinde ısınabilmesi
- İş gücü gereksinimi olmaması ve bakım maliyetlerinin çok düşük olması
- Vardiya çalışmalarında bölgesel ısıtma olanağı

Aşağıda sıralanan alanlar, bilinen konvansiyonel hava ısıtmalı sistemlerle ısıtılması çok zor, çok pahalı ya da mümkün olmayan alanlardır.

- Isının yükselerek kullanılmayan tavan boşluğuna hapsoldüğü tüm yüksek tavanlı mekanlar.
- Aşırı hava akımlı, kapıların genelde açık kaldığı giriş ve çıkış alanları.
- Isıtmanın kısa süreli ihtiyaç duyulduğu alanlar.
- Geniş Alan içerisinde ısıtılması istenen nokta ya da bölgesel alanlar.
- Kenarları açık üstü kapalı alanlar

Bu alanlar için en iyi çözüm radyant ısıtma 'dır.

En genel anlamda yukarıda sınıflandırdığımız radyant ısıtma uygulamalarını ticari örnekler halinde şöyle sıralayabiliriz.

- Fabrikalar, Atölyeler, Oto Servis ve Showroomlar, Spor Salonları, Cami/Kiliseler, Depo, Uçak Hangarları, Sera, Hayvan Çiftlikleri, Kafe/Restoran, Bahçe/Teras/Açık Alan

Radyant ısıtma sistemlerinde yakıt olarak LPG yada Doğalgaz kullanılmaktadır. Doğalgaz bulunmayan bölgelerde Dökme LPG yakıtı tercih edilmekte olup, Türkiye’de genelde tüm yakıt firmaları tarafından servis verilmektedir. Tesisin sınırları içine konulacak bir LPG tankı sistemi beslemek için pratik bir çözümdür. Bu LPG tankı yakıt firmaları tarafından ücretsiz temin edilmektedir.

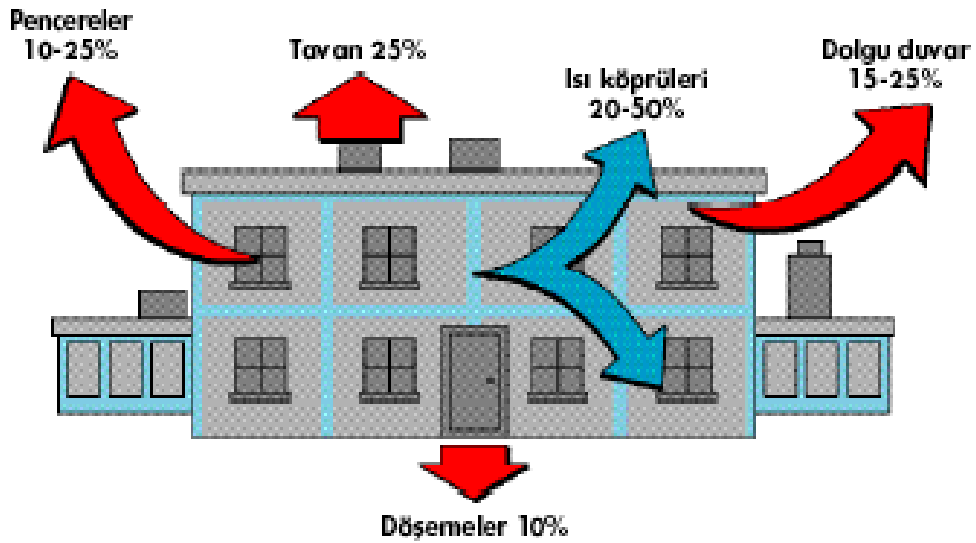
### 3. ISI KAYBI HESABI

Isı kaybı hesaplarını yapabilmek için gerekli sayısal değerlerin bir kısmı mimari projeden bir kısmı ise mimari proje esas alınarak seçilmiş veya hesaplanmış verilerden alınır. Binanın ısı kayıplarının belirlenmesi için, binadaki her bölümün (hacmin) ısı kaybı yapılmalıdır.

Eğer bir binanın bir dairesinin ısıtılması isteniyorsa o daireye ait bütün odaların ısı kayıpları hesaplanır. Her odaya istenilen konfor sıcaklığını sağlamak amacıyla kaybedilen ısıyı karşılayacak kapasitede ısıtıcı yerleştirilir. Dairedeki bütün bölümlerin ısı kayıpları toplamını karşılayacak büyüklükte kat kaloriferi kazanı veya kombi seçilir. Bir binanın ısıtılması isteniyorsa, dairelerin toplam ısı kaybına karşılık kazan seçilir.

Binanın her bir hacmi iki şekilde ısı kaybeder. Birincisi, yapı bileşenlerinden ısı geçişi (İletimsel) şeklinde gerçekleşir. Yapı bileşenlerinden ısı geçişi, iletim ve taşınımın bir arada olduğu şekilde gerçekleşir. Isı önce oda ortamından duvar yüzeyine doğru taşınım, sonra duvar iç yüzeyinden duvar dış yüzeyine iletimle, daha sonrada duvar dış yüzeyinden dış ortama taşınım ile geçer.

İkincisi, hacmin pencere ve kapılarının açılan kısımlarının kasaları ile tam olarak çakışmaması nedeniyle sızıntı (Enfiltrasyon) yoluyla içeriden dışarıya ısı kaybı olmaktadır. Hacmin ısı kaybı bu iki yolla meydana gelen kayıpların toplanması ile bulunur.



Şekil 3.1. Bir Binada Meydana Gelen Isı Kayıpları [2]

### 3.1. İletimsel Isı Kaybı

Yapı bileşenlerinin iletimsel ısı kayıpları aşağıdaki formül ile hesaplanır. İletimsel ısı kayıplarının hesabında, bu formüle göre hazırlanmış, ısı kaybı cetvelinden yararlanılır. Bu cetvelde bilinen sayısal değerler yerlerine yazılır ve gerekli işlemler yapılarak hesaplar yürütülür.

$$Q = A.K.\Delta T$$

Burada;

Q: Isı kaybı miktarı (W)

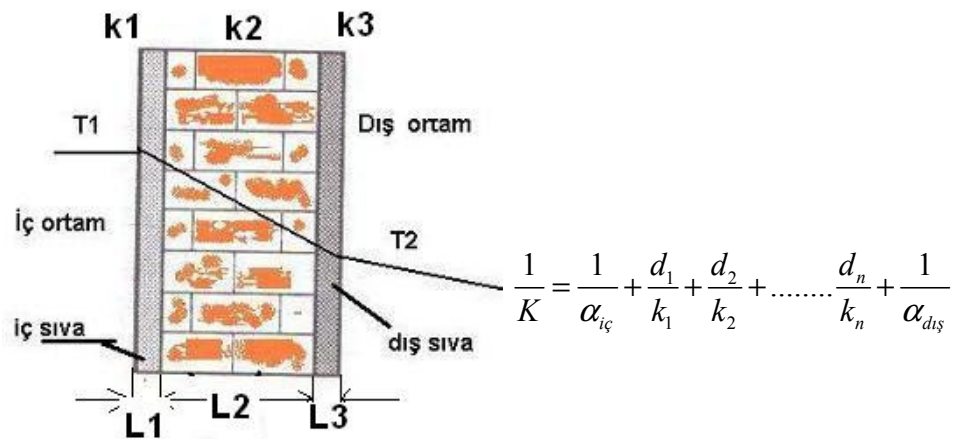
A: Yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

K: Toplam ısı geçiş katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$\Delta T$ : Yapı bileşenlerinin iki tarafındaki sıcaklık farkı (°K)

Toplam ısı geçiş katsayısı K, çeşitli kalınlıklardaki katmanlardan ( iç sıva+ delikli tuğla+ dış sıva gibi ) oluşan yapı bileşenlerinin 1 m<sup>2</sup> 'sinden 1 derecelik sıcaklık farkı bulunması durumunda saatte kcal cinsinden geçen ısı miktarını vermektedir.

Çeşitli malzemelere ait k değerleri Türk standartları (TS) çizelgelerden bulunarak kullanılır. K toplam ısı geçiş katsayısı aşağıda verilen ifadeden hesaplanır.



Şekil 3.2. Yapı elemanı bileşenleri (iç sıva + tuğla + dış sıva)

**Burada ;**

K: Toplam ısı geçiş katsayısı ( $W /m^2 K$ )

$\alpha_{iç}$ : İ yüzeyin ısı taşınım katsayısı ( $W /m^2 K$ )

$\alpha_{dış}$ : Dış yüzeyin ısı taşınım katsayısı ( $W /m^2 K$ )

d: Her bir yapı bileşeninin kalınlığı (m)

k: Her bir yapı bileşeninin ısı iletim katsayısı ( $W /m K$ )

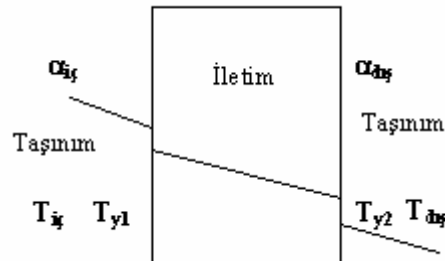
n: Bitişik yapı malzemesi sayısı

Yukarıdaki denklemden de görüldüğü gibi buradaki ısı geçişi iletim ve taşınım yoluyla olan ısı geçişini içermektedir. Şekil 3'3 de Şematik olarak taşınım ve iletimle ısı geçişi görülmektedir.

$T_{iç}$  sıcaklığındaki ortamdan duvara doğru taşınım ile ısı geçişi olmaktadır.  $T_{y1}$  sıcaklığındaki duvar iç yüzeyinden  $T_{y2}$  sıcaklığındaki duvar dış yüzeyine doğru iletimsel bir ısı geçişi olmaktadır.  $T_{y2}$  sıcaklığındaki dış yüzeyden,  $T_{dış}$  sıcaklığındaki dış ortama doğru ise taşınım yoluyla ısı geçişi olmaktadır.

K toplam ısı geçiş katsayısı bulunduğundan sonra, hesabı yapılan yüzeyin alanı  $m^2$  olarak ve iç- dış ortam sıcaklığları arasındaki sıcaklık farkı  $\Delta T$  olarak belirlenir Bu değerler

$Q = A.K.\Delta T$  denkleminde yerine yazılırsa, kcal/h cinsinden, o yüzeyden kaçan ısı miktarı bulunur. Bütün yüzeylerden hesaplanan ısı kayıpları toplanarak da odadan saatte kaçan toplam ısı miktarı bulunur.



**Şekil 3.3.** Yapı elemanından İletim ve Taşınım Yoluyla ısı Geçişi

D kalınlığındaki bir yapı bileşeninin paralel iki yüzeyinin bir  $m^2$  'sinden  $1^\circ C$  'lik sıcaklık farkında 1 saatte geçen ısı miktarı. Isı geçirgenliği olarak tanımlanır. Isı geçirgenliği  $\lambda$  simgesi ile gösterilir.

$$\lambda = \frac{k}{d} \quad (W / m^2 K)$$

Isı geçirgenliği yukarıdaki formülden hesaplanabilir. Isı geçirgenliğinin tersi, Isı direnci olarak tanımlanmaktadır. Isı direnci;

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{d}{k} \quad (m^2 K / W)$$

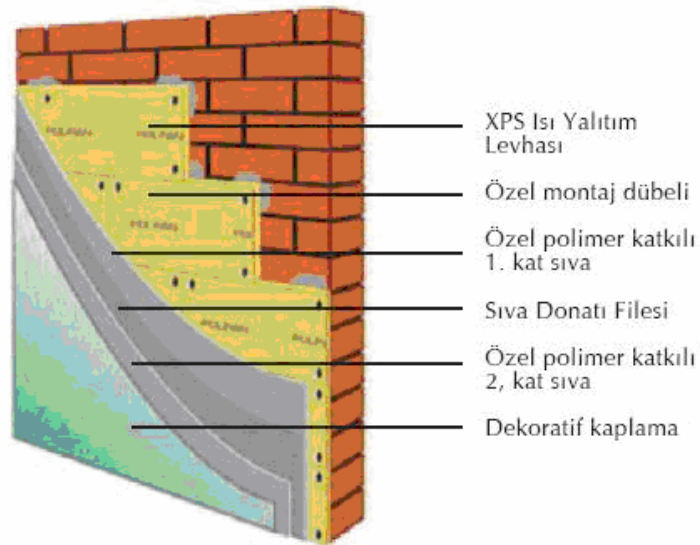
İfadesiyle verilmektedir. Farklı özelliklerdeki tabakalardan (iç sıva + delikli tuğla + dış sıva)

Oluşan yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik direnci,

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n}$$

İfadesiyle bulunabilir. Buradan aşağıdaki ifade elde edilir.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$



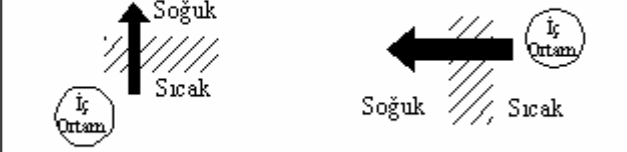

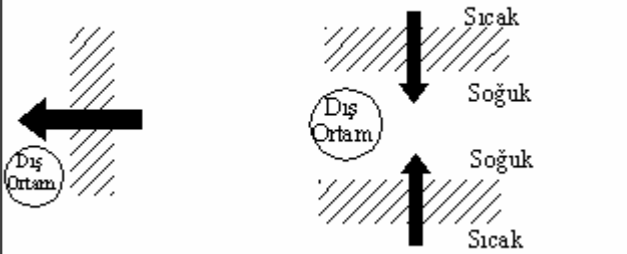
Şekil 3.4. Bir Duvardaki Katmanlar



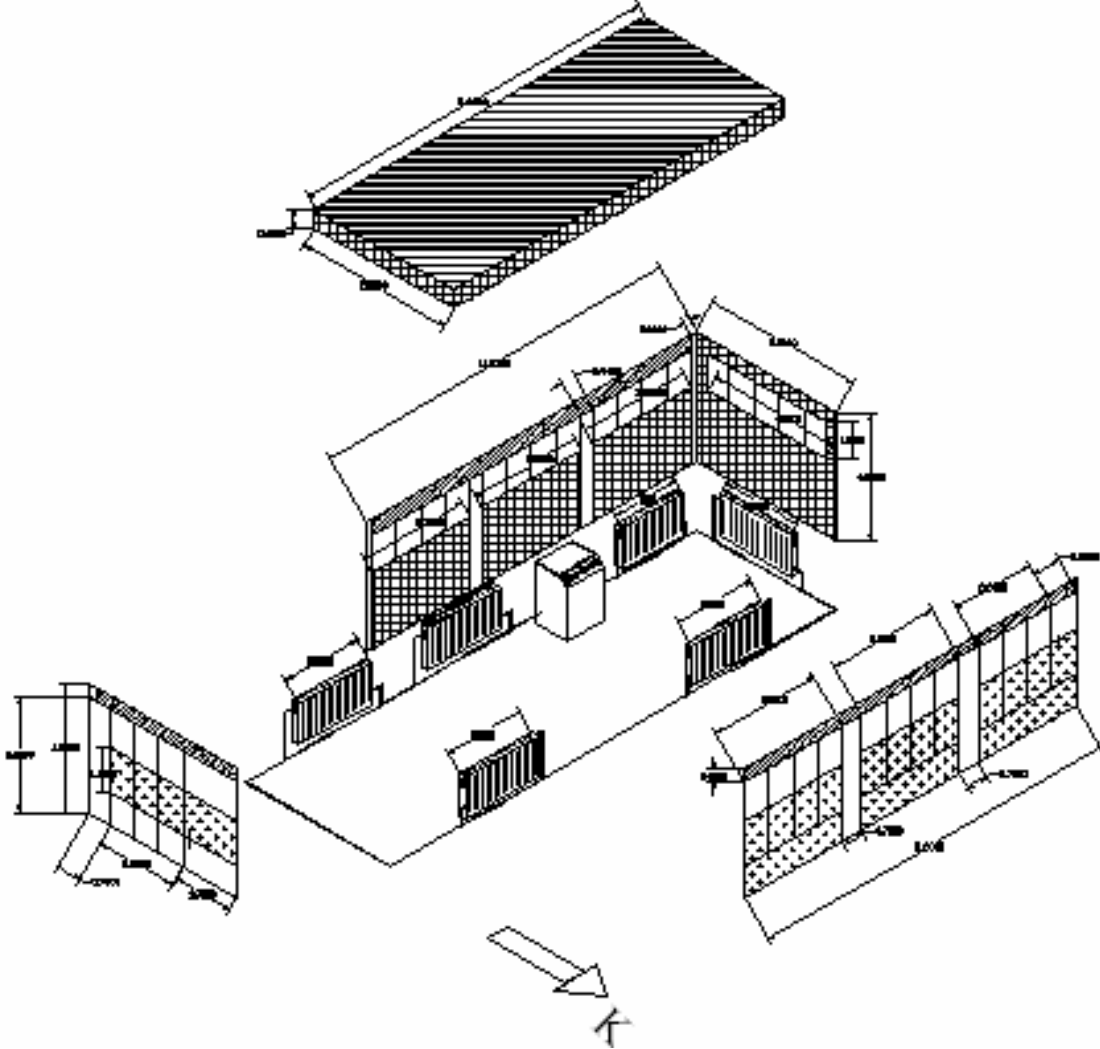
**Çizelge 3.1.** Isı Kaybı Hesabında Yapı Bileşenleri İçin Kullanılan Semboller

Sembol	Anlam
TP	Tek Pencere
ÇP	Çift Pencere
ÇCP	Çift Camlı Pencere
DK	Dış kapı
İK	İç Kapı
BK	Balkon Kapısı
BDD	Bitişik Dış Duvar
KD	Komşu Duvar
DD	Dış Duvar
İD	İç Duvar
Ta	Tavan
Dö	Döşeme

**Çizelge 3.2.** DIN 4701 'e Göre Yüzey Isı Taşınım Katsayıları ve Isıl Dirençleri [4]

Durum	Isı Taşınım Katsayısı $W/m^2K$	Isı Direnç $W/m^2K$
	İç yüzeyler ısı geçişi yatay veya yukarı 8.14	0.12
	İç yüzeyler ısı geçişi aşağı 5.82	0.17
	Bütün dış yüzeyler 23.3	0.04

### 3.2. Laboratuvar Isı Kaybı Hesabı

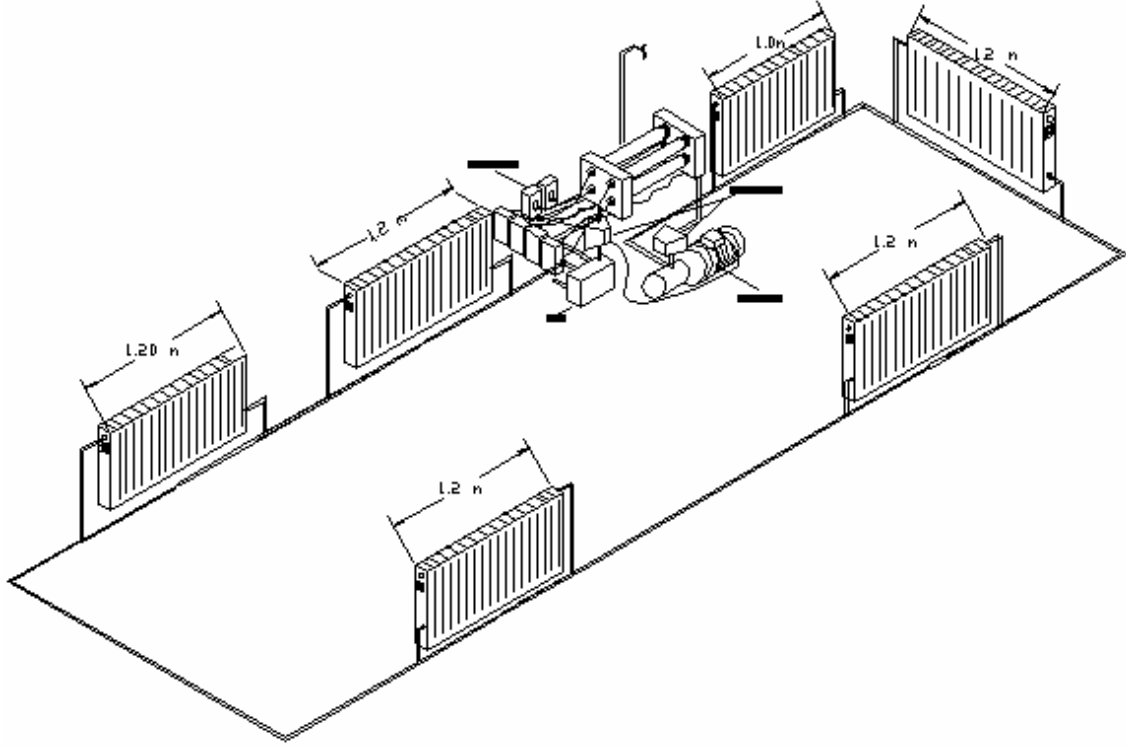


Şekil 3.5. Laboratuvar şematik çizimi

Çizelge 3.3. Laboratuvar Isı Kaybı Hesabı Çizelgesi

D.P.Ü. MUH. FAK. ISI KAYBI TABLOSU																
Yapı bileşenleri				Alan hesabı					Isı Kaybı Hesabı				Zamlar			
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Isı İletim Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Zamsız Isı Kaybı	İşletme	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Toplam Isı İhtiyacı
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Watt /m <sup>2</sup> K	K	Watt	%	%	%	1+%	Watt
<b>GÜNEY DUVAR CEPHESİ</b>																
kolon	G	60	1,27	4	5,08	1		5,08	2,1	2	21,336					
4 TC	G		3,52	1,1	3,872	3		11,616	5,2	2	120,806					
İD	G	35	11,83	4	47,32	1	8,95	38,37	0,67	2	51,4159					
<b>BATI DUVAR CEPHESİ</b>																
5 TC	B	-	4,2	1,1	4,62	1		4,62	5,2	32	768,768					
DD	B	35	5	4	20	1	4,62	15,38	0,8	32	393,728					
<b>KUZEY DUVAR CEPHESİ</b>																
İK	K	-	0,9	2,4	2,16	1		2,16	5,2	5	58,16					
3 TC	K	-	2,6	1,42	3,692	1		3,692	5,2	5	95,992					
4 TC	K	-	3,5	1,42	4,97	2		9,94	5,2	5	258,44					
Kolon D	K	60	1,4	3,6	5,04	1		5,04	2,1	5	52,92					
Kolon Y	K	60	11,83	0,4	4,732	1		4,732	2,1	5	49,686					
Tahta İB	K	3	11,83	4	47,32	1	25,26	22,06	0,15	5	18,545					
<b>DOĞU DUVAR CEPHESİ</b>																
İK	D	-	1,92	2,4	4,608	1		4,608	5,2	2	47,9232					
3 TC	D	-	2,6	1,4	3,64	1		3,64	5,2	2	37,856					
Kolon D	D	60	0,76	3,6	2,736	1		2,736	2,1	2	11,4912					
Kolon Y	D	60	5	0,4	2	1		2	2,1	2	8,4					
Tahta İB	D	3	5	4	20	1	12,99	7,01	0,15	2	2,103					
<b>DÖŞEME</b>																
Dö	-	60	11,83	5	59,15	1		59,15	1,74	20	2058,42					
											4051,9906	15	0	0	1,15	4659,79

W cam ( uzunluk)		A cam (yükseklik)		L cam							
m		m		m <sup>2</sup>							
4,2		1.1		4.62							
Sız.Kat.(a)		Fuga uzunluğu (L)		Oda Durum Katsayısı (R)		Bina Durum kats.(H)		Sıc.Farkı		Ze(duv-pen)	
m <sup>3</sup> /mh		m				W.h/m <sup>3</sup> .K		°C		Watt	
Kapı	Pencere	Kapı	Pencere								
40	3	0	4.62	0,7		0.7		32		1	
TOPLAM ISI İHTİYACI(Qi)				SIZINTIYLA ISI KAYBI (Qs)				TOPLAM ISIGEREKSİNİMİ(Qh)			
4659,79				310.46				4970.25			



**Şekil 3.6.** Labaratuvarın ısıtma sistemi çizimi

Labaratuvarında yaptığımız çalışmada 4,970 kW olan ısı kaybı karşın cihazımız 7,1 mtül pkkp türü panelle 20°C sıcaklığı elde etmek için saatte 1,7 kW elektrik harcadığı tesbit edilmiştir. Bu değerin diğer ısıtma sistemleri ile karşılaştırılması ve elektroşok sisteminin tanımı dördüncü bölümde yapılacaktır.

#### 4. ELEKTROŞOK ISITMA TEKNOLOJİSİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmek kadar tüketilen enerjinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji olması önemlidir. Bundan dolayı elektrik sadece elektronik ve mekanik cihazları çalıştırma aydınlatma gibi standart kullanım alanından çıkartılıp ısıtma sistemlerindedeki kullanılmalıdır. Burada önemli olan noktalardan bir tanesinde elektriğin diğer ısıtma sistemleri ile karşılaştırıldığında ekonomik olmasıdır.

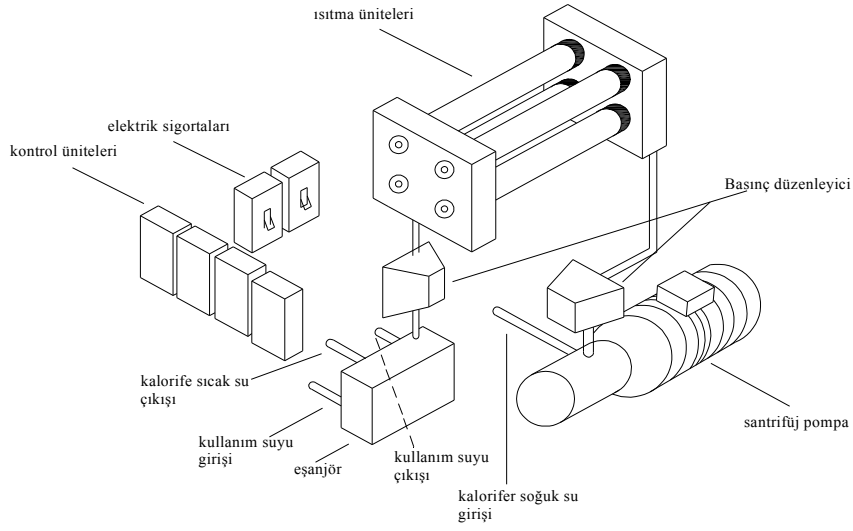
Elektroşok ısıtma sistemi, bilinen resistansla ısıtma sistemlerine benzer şekilde basınç altında kısa süreli ısıtma ile yapılmaktadır. Böylece enerjide verim artışı sağlamaktadır. Bu ise elektrikle ısıtmanın pahalı bir sistem olmaktan çıkarmaktadır. Sistem Kapalı devreli basınç kontrollü olarak tasarlanmıştır. Çok hazneli kısa süreli ısıtma tüp rezistanslarla gerçekleştirilmiştir. Cihaz iki kısımda kombi olarak çalışmaktadır. Açık devreli kullanım suyu ısıtması ve kapalı devreli radyatör ısıtması şeklindedir. Şekil 3.5 de devre şemasında görüldüğü gibi 3 bölümlü şok ısıtmanın yapıldığı yüksek basınçlı hazne cihazın temel işlevini oluşturmaktadır. Bu kısma 3 kademeli pompa ile şehir şebeke suyu 12 bar basınca kadar sıkıştırılarak gönderilmektedir. Burada sıcaklığı yükselen suyun basıncı bir presostat aracılığıyla istenilen düzeye ayarlanabilmektedir. Isıtma işlemleri elektrik şebekesinin 3 fazlı voltajına göre 3 kademeli haznede yapılmaktadır. Su sıcaklığı ayarlı termostad ve röle kontaktörlerini uyarmakta böylece istenilen radyatör ısıtı temin edilmektedir. Sirkülasyon pompasının radyatör dönüş borusundan çektiği su rezistansların monteli olduğu bölgeye gelir. Bu kısımda küçük bir hacimde sıkıştırılan su yüksek basınçlara çıkarılmaktadır. Çok bölmeli haznede yüksek basınçlı su rezistansların ani ısıtı ile şok ısıtmaya tabi olur. Ani olarak sıcaklığı yükselen suyun basıncı yüksek olduğundan doğrudan sisteme verilemez. Bölmelerden toplanan akışkan basınç düşürücü presostat ile kullanım suyu basıncına ayarlanır. Buradan kapalı devreli ısınma amaçlı radyatörlere ve açık devreli kullanım suyu olarak musluklara bağlanır. Radyatörlerde dolaşan sıcak su pompa basıncı ile sirkülasyon yaptırılır. Peryodik olarak ısıtma işlevi termostatta ayarlanan ısıya kadar devam eder.



Şekil 4.1. Elektroşok Isıtma cihazının fotoğrafı



Şekil 4.2. Isıtma ünitelerinin fotoğrafı



**Şekil 4.3.** Elektroşok Isıtma sisteminin şeması

#### 4.1. Elektroşok ısıtma sisteminin verimi

Oda sıcaklığı 22 °C, su sıcaklığı 60 °C istendiğinde ve gerilim tam 380V olduğunda; 10.000 kcal/h(11,62 kW) ısı kaybı olan bir alanı ısıtmak için saatte 4 kW'lık enerji harcar. Bu bilgiler TSE tarafından inceleme sonucu onanmıştır.

#### 4.2. Elektroşok ısıtma sisteminin diğer ısıtma sistemlerine karşı üstünlükleri

- Doğrudan elektrikle ısınmaya oranla %72
- Fuel oil'den %68
- LPG'den %41
- Mazot'tan % 40

Daha ekonomik olup doğalgaz ile eşdeğerdir.[5]

#### 4.3. Elektroşok ısıtma sisteminin ısıtma hızı

- Elektroşok'la anında ısıtma yaptığından, maksimum 15 dakikada tüm radyatörler istenilen sıcaklığa ulaşır.

#### 4.4. Teknik Özellikleri

- Trifaze elektrikle(380 volt gerilimde) çalışır.
- Sirkülasyon motoru, 4 kademeli olup tamamen sessizdir.
- Isıtıcı üniteler birbirinden bağımsız kademeli çalışır.
- Radyatör sisteminde su eksilmesi olduğunda motor ve ısıtıcı üniteler otomatik olarak devre dışı kalır ve arıza yapması önlenir.
- Genleşme deposu sayesinde sistem basıncı otomatik olarak ayarlanır.
- Zaman saati ile cihaz 24 saat programlanır.
- Oda termostadı ile oda sıcaklığı otomatik olarak ayarlanır, ısıtıcı üniteler devreye otomatik olarak girip çıkarak ekonomi sağlamaktadır.
- Cihazın içinde emniyet termostadı bulunmaktadır.
- Otomatik su tahliye cihazı ile fazla su basma tehlikesi kaldırılmıştır.
- Radyatör sisteminde su eksildiğinde otomatik olarak kendi tamamlar.

##### 4.4.1. Elektroşok Isıtma Sistemi Ve Diğer Isıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

**Çizelge 4.1.** Elektroşok ısıtma sistemi ve diğer ısıtma sistemlerini karşılaştırılması

Yakıt cinsi	Dışa Bağımlılık	Atık madde	Baca	Hava kirliliği	Yakıt deposu	Koku	Risk	Depozit	Yakıt ödeme şekli
Elektroşok	+	+	+	+	+	+	+	+	1 Aylık
Doğalgaz	-	-	-	-	+	+	-	-	1 Aylık
Katı yakıt	-	-	-	-	-	-	-	+	Peşin
Sıvı yakıt	-	-	-	-	-	-	-	+	Peşin
LPG	-	-	-	-	-	-	-	-	Peşin

NOT: Elektrikte Ocak 2008 itibari ile Türkiye yurt dışına bağlıdır ancak elektrik yenilenebilir kaynakları üretim yapılarak yurt dışından bağımsız hale getirilebilir.



#### 4.4.2. Kat Kaloriferlerinin Teknik Özellikleri (Trifaze)

**Çizelge 4.2.** Kat kaloriferlerinin teknik özellikleri (trifaze)

ISITICI CİHAZ CİNSİ	ISI KAPAS.(KCAL)	MAX.ISI ALANI (M <sup>2</sup> )	AĞIRLIĞ I (Kg)	EBATLARI (cm)	SİGORTA (A)	KABLO KALINLIĞI (mm)
KT 380	15000	80	40	43X56X69	3X32	4X6
KT1 380	18000	105	40	43X56X69	3X32	4X6
KT2 380	25000	165	40	43X56X85	3X63	4X6
KT3A 380	35000	245	50	43X56X85	3X80	4X10
KT3B 380	55000	415	55	43X56X85	3X100	4X16
KT3C 380	70000	540	60	43X56X85	3X125	4X25
KT3C 380	90000	705	65	55X65X80	3X125	4X35

#### 4.5. Mekanik Montajı

- Cihaz arkasında ki giriş ve çıkış bağlantı hortumları ile kalorifer sistemine kolayca monte edilir. Tesisatın giriş, çıkışına ve su takviyesi için radyatör sisteminin uygun bir bölümüne vana takılmalıdır. Özellikle kuyu suyu kullanıldığında motorun girişine mutlaka filtre takılması gerekir.
- Cihaz, radyatör sistemine takılmadan önce radyatör sistemi iyice yıkanmalı pislikten arındırılmalıdır.
- Su basıncı kesinlikle 2,5 atü olmalıdır. Motor düğmesi (1), ısıtıcı ünite düğmeleri (0) konumundayken kendi suyunu otomatik olarak alır. Tüm radyatörlerin havaları cihaz çıkışından itibaren su çıkana kadar alınır. Sistemde hava kalmadığına emin olduktan sonra ısıtıcı ünite düğmeleri (1) konumuna getirilir, oda termostadı, termostad ve zaman saati ayarlanır.

#### 4.6. Elektrik Montajı

- Cihazların arkalarındaki W otomat bağlantıları yapılır.
- Cihaza toprak hattı çekmeye gerek yoktur.
- Gerilim düşüklüğü olan yerlerde servo trafo takılmalıdır.

#### 4.7. Sıcak Sulu Sistemlerde Sıcak Su Alımı

##### 4.7.1. Yaz Konumunda

Radyatör tesisatının giriş – çıkış vanaları kapatılır, cihazın sağındaki 2 adet sıcak su düğmesine basılır, (I) konumuna getirilir, ışıkların üzerindeki sıcak su termostatu ve motor düğmesinin yanındaki termostat 90°C'ye getirilir, 1. ısıtıcı ünite düğmesine basılır, şayet sıcaklık yetersiz ise 2. ısıtıcı düğmeye basılır. Motor kumanda düğmesi ve yanındaki kış düğmesi (O) konumuna getirilir.

##### 4.7.2. Kış Konumunda

Radyatör tesisatının giriş – çıkış vanaları açılır, sağdaki sıcak su termostatu ve altındaki 1 ve 2 nolu sıcak su düğmesi (O) ve oda termostatının ısı ayarı ise istenilen dereceye (örneğin 22°C'ye) getirilir. Kış düğmesi ve motor düğmesi (I) konumuna getirilir. Radyatörlerin havası alınır, ondan sonra 1. 2. ve 3. ısıtıcı düğmeleri (I) konumuna getirilir. Isıtma başlamıştır. Kalorifer termostatu da istenilen ısıya ayarlanır.

**Çizelge 4.3.** Elektrikli kombi ve kazan elektrik sarfiyat listesi

UCUZLUK SIRASI	YAKIT ÇEŞİDİ	ALT ISIL DEĞERİ Kcal/Birim	12.09.2007 BİRİM FİYAT YTL/Birim (yeni)	ORLALAMA VERİM	YTL/1000 Kcal	YTL/1000 Kcal	12.09.2006 BİRİM FİYAT YTL/BİRİM (ESKİ)
1	ELEKTROHEAT	3050 Kcal/kwh**	0,158089 YTL/kwh	%99	$\frac{0,158089 \times 1000}{3050 \times 0,99}$	0,0524	0,158344 YTL/kwh
2	Doğalgaz Konut (İstanbul)İGDAŞ	8250 Kcal/m <sup>3</sup>	0,620394 YTL/m <sup>3</sup>	%93	$\frac{0,620394 \times 1000}{8250 \times 0,93}$	0,0809	0,517927 YTL/m <sup>3</sup>
3	İthal Kömür (İstanbul) Sibirya	7000 Kcal/kg	0,400000 YTL/kg	%65	$\frac{0,400000 \times 1000}{7000 \times 0,65}$	0,0879	0,243599 YTL/kg
4	Yerli Linyit Soma Yatağan	4640 Kcal/kg	0,269040 YTL/kg	%65	$\frac{0,269040 \times 1000}{4640 \times 0,65}$	0,0892	0,243599 YTL/kg
5	Fuel Oil No 4 Kalorifer Yakıtı (İstanbul Avrupa)	9875 Kcal/kg	1,540000 YTL/kg	%80	$\frac{1,540000 \times 1000}{9875 \times 0,80}$	0,1949	1,480000 YTL/kg
6	Dökme Gaz LPG-Propan Konut/Aygaz	11100 Kcal/kg	2,796600 YTL/kg	%92	$\frac{2,796600 \times 1000}{11100 \times 0,92}$	0,2739	2,572400 YTL/kg
7	LPG 12 kg. Ev Tüpü (İstanbul)	11000 Kcal/kg	3,166670 YTL/kg	%90	$\frac{3,166670 \times 1000}{11000 \times 0,90}$	0,3199	2,833300 YTL/kg
8	Motorin (İstanbul-Avrupa)	10256 Kcal/kg	2,674556 YTL/kg	%84	$\frac{2,674556 \times 1000}{10256 \times 0,84}$	0,3105	2,698224 YTL/kg
9	Elektrik Konut-TEDAŞ	860 Kcal/kwh	0,158089 YTL/kwh	%99	$\frac{0,158089 \times 1000}{860 \times 0,99}$	0,1857	0,158344 YTL/kwh

#### NOTLAR:

Bu tablo yakıtların yaklaşık işletme maliyetleri hakkında fikir verebilmek için hazırlanmış olup, birim fiyatlara %18 KDV dahildir.

Elektrik fiyatı tarihi itibarıyla olup, Son 4 senede değişmemiştir. Bu elektrik fiyatına %18 KDV'nin yanı sıra %5 Belediye Vergisi de dahil edilmiştir.

\*\*ELEKTROHEAT için TSE'nin yaptığı Kcal/kwh ölçümdür (12200/4 = 3050 Kcal/kwh)

Diğer yakıt karşılaştırmaları TESİSAT DERGİSİ dergisinden alınmıştır.

## 5. YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Termoşok ısıtma sisteminin çalışma prensibinin deneysel açıklanmasını sağlamak amacıyla, mevcut sistemden ayrı olarak şekil 5,1’de görülen bir deney tesisatı yapılmıştır. Ek deney düzeneği sisteminde tek bir radyatör kullanılarak, ısıtma rejiminde suyun hal değişimleri ve iç enerjideki artış ölçümleri ve hesaplamalarla karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Amacımıza uygun tasarlanan deney düzeneğinde sistemin sabit ısı ihtiyacı, önce düşük basınçta daha sonra yüksek basınçta çalıştırarak suyun basınç ve sıcaklık değerleri alındı.



Şekil 5.1. Basınçlı ısıtma sistemi deney düzeneği fotoğrafı

### Deney 1:

#### Giriş değerleri:

Oda sıcaklığı: 24°C

Basınç: 3 Bar

Su sıcaklığı: 11°C

Isıtıcı gücü: 2 kw

#### Çıkış değerleri:

Depo suyu sıcaklığı 5 dk sonra 18°C

Depo suyu sıcaklığı 10 dk sonra 24°C

Depo suyu sıcaklığı 13 dk sonra 25°C

**Deney 2:****Giriş değerleri:**

Oda sıcaklığı: 20°C

Basınç: 4 Bar

Su sıcaklığı: 11°C

Isıtıcı gücü: 2 kw

**Çıkış değerleri:**

Depo suyu sıcaklığı 5 dk sonra 25°C

Depo suyu sıcaklığı 10 dk sonra 30°C

Depo suyu sıcaklığı 13 dk sonra 33°C

Depo suyu sıcaklığı 15 dk sonra 35°C

Depo suyu sıcaklığı 19 dk sonra 38°C

**Deney 3:****Giriş değerleri:**

Oda sıcaklığı: 14°C

Basınç: 1,6 Bar

Su sıcaklığı: 11°C

Isıtıcı gücü: 2 kw

**Çıkış değerleri:**

Depo suyu sıcaklığı 6 dk sonra 21°C

Depo suyu sıcaklığı 11 dk sonra 28°C

Depo suyu sıcaklığı 15 dk sonra 31°C

Depo suyu sıcaklığı 22 dk sonra 35°C

Depo suyu sıcaklığı 25 dk sonra 39°C

**Deney 4:****Giriş değerleri:**

Oda sıcaklığı: 14°C

Basınç: 4,5 Bar

Su sıcaklığı: 11°C

Isıtıcı gücü: 2 kw

**Çıkış değerleri:**

Depo suyu sıcaklığı 5 dk sonra 24°C

Depo suyu sıcaklığı 6 dk sonra 25°C

Depo suyu sıcaklığı 11 dk sonra 30°C

Depo suyu sıcaklığı 15 dk sonra 32°C

Depo suyu sıcaklığı 19 dk sonra 35°C

Bu deney esnasında sistemin kapalı devre halinde (akışı durduğumuzda) suyun genişmesinin basıncı 16 bar (kurulu deney düzeneğinde manometrenin gösterebildiği son basınç değeri) 'a hızlı bir şekilde çıkması karşısında sistemi açarak suyun akışına izin verdik. Basınç yükselmesi önlenerek, oluşan bu basınç altında suyun genişme kuvvetiyle bu sistemin çalışabileceğini tasarladık. Yapılan deneysel çalışmamızda tasarıma uygun protatip bir model üzerinde çalışmamıza devam edildi.

Termodinamik bağıntılar kullanarak sistemde kullandığımız, 10 kg suda genişme miktarı 10°C ile 90°C arasındaki değişim hesaplandı.

$$T = 10^{\circ}\text{C}$$

$$M = 10 \text{ kg}$$

Akışkan = Su

Hali = Doymuş Sıvı (sistemde sıkıştırılmış sıvı)

Tablodan [6];

$$P_d = 1,23 \text{ kPa}$$

$$V_s = 1,0003 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V = 10 \times 1,0003 \times 10^{-3} = 0,010003 \text{ m}^3$$

$$T = 50^{\circ}\text{C}$$

$$M = 10 \text{ kg}$$

Akışkan = Su

Hali = Doymuş Sıvı (sistemde sıkıştırılmış sıvı)

Tablodan ;

$$P_d = 12,34 \text{ kPa}$$

$$V_s = 1,0121 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V = 10 \times 1,0121 \times 10^{-3} = 0,010121 \text{ m}^3$$

$$T = 90^{\circ}\text{C}$$

$$M = 10 \text{ kg}$$

Akışkan = Su

Hali = Doymuş Sıvı (sistemde sıkıştırılmış sıvı)

Tablodan ;

$$P_d = 70,11 \text{ kPa}$$

$$V_s = 1,0361 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

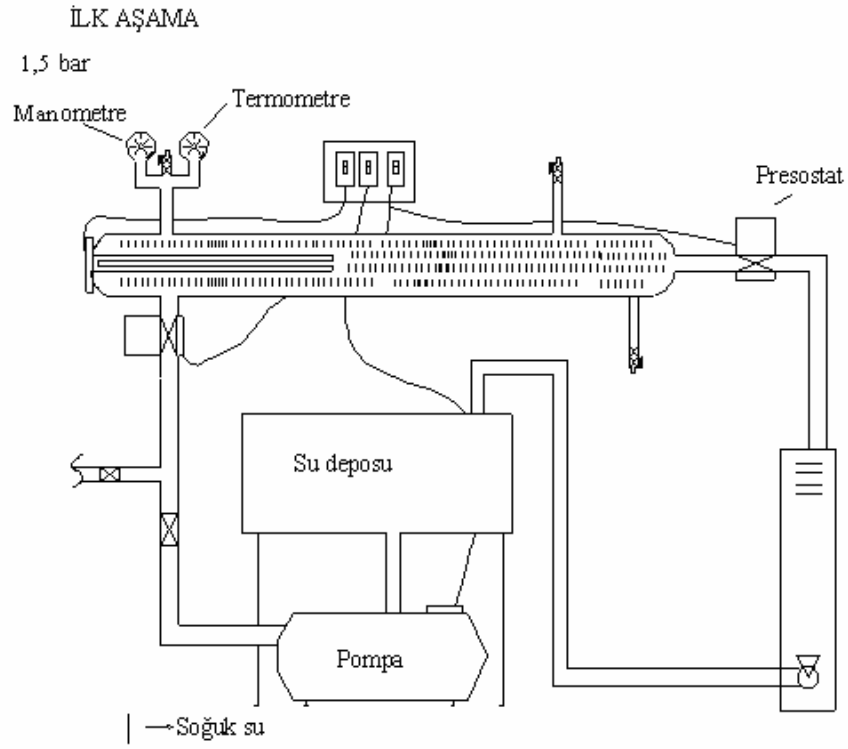
$$V = 10 \times 1,0361 \times 10^{-3} = 0,010361 \text{ m}^3$$

$$V_{90^{\circ}\text{C}} - V_{10^{\circ}\text{C}} = 0,010361 - 0,010003 = 0,000358 \text{ m}^3 = 0,358 \text{ litre}$$

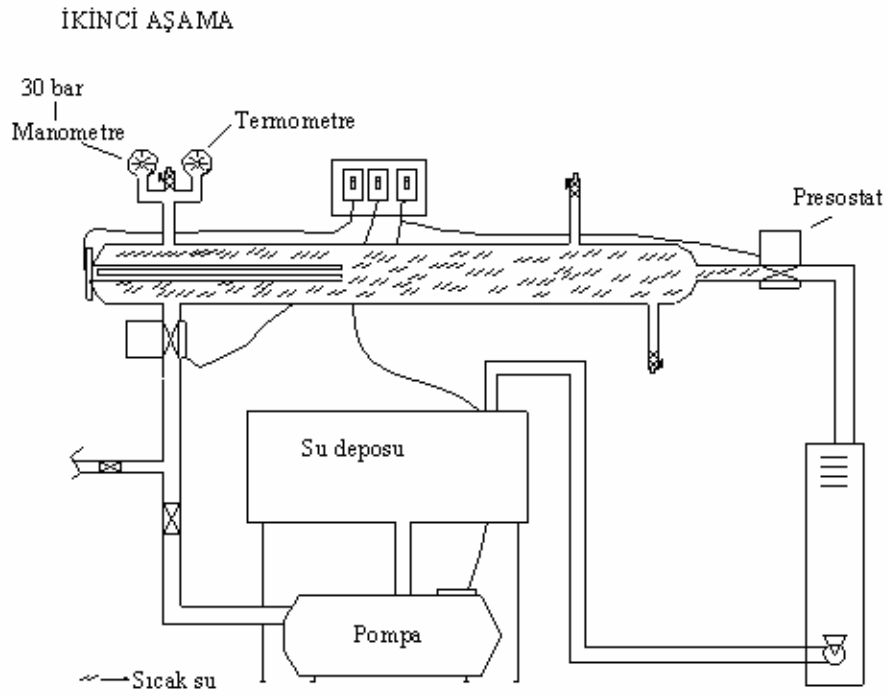
Bu sistemde yapılan kısa bir deneysel çalışma sonucunda, basıncın suyun genleşme kuvvetinden sağlanarak bir verim artışı olabileceği belirlendi. Ayrıca genleşme kuvvetinin yüksek gücü nedeniyle  $h=u+PV$  denkleminde de görülebileceği üzere basıncın artırılmasıyla, entalpi o kadar yükselecek ve bu enerji ısı enerjisine ilave ısınma süresini etkilemektedir.

Bu çalışmamızı detaylı olarak açıklayabilmek için farklı yaklaşımlarla deneysel çalışmamız tekrarlanmıştır. Tasarlanan ikinci deney düzeneğinde ilk aşamada sisteme şebekeden su girişi yapılmış ve sistem basıncı şebeke basıncı ile aynı tutulmuştur.

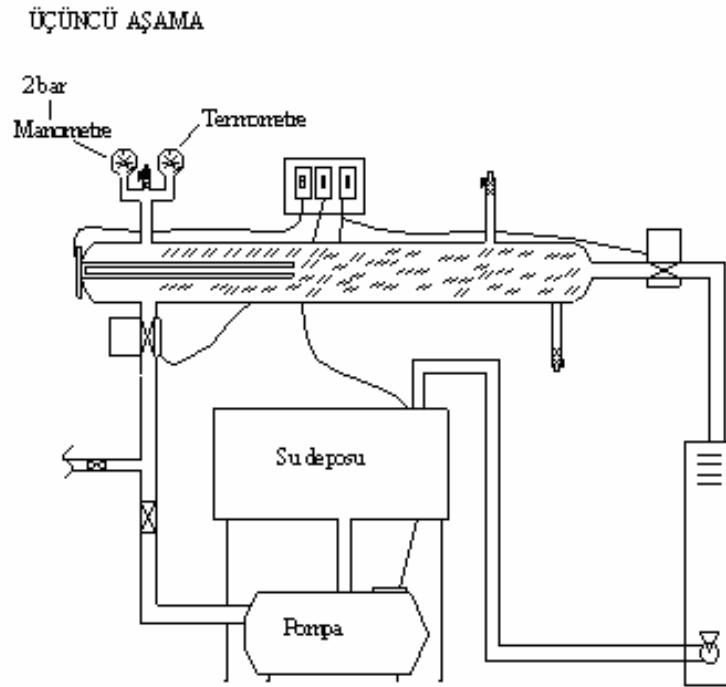
Deneysel çalışmamızın İkinci aşamasında sistem ile şebeke bağlantısı kesilir. Isıtıcı ünite(örn:rezistans, doğalgaz vb.)devreye girer. Suyun genleşmesi ile basınç artmaya başlar. Sistem 30 bara çıkar.(basınçlandırma ünitesinin dayanabileceği basınca göre daha yüksek olabilir.) çizimde 3 noktasıyla gösterilmiş presostat (basıncı sistemlerde sistemin alt ve üst basınç değerinde çalışmasını sağlayan cihazdır.) sistemi açar pompa basıncına düştüğünde çizimde 2 numarası verilmiş presostat açılarak sisteme su alınır. Daha önceden ölçülmüş basınçlandırma ünitesine su dolma süresi kadar pompa açık kalır, sıcak su tesisata ısınıp peteklerden ortama verir soğuk su ise ısıtma ünitesine girmiş olur. Basit şeması ve çalışma mantığını verdiğimiz sistem üretim esnasında yeni otomatik kontrol üniteleri, sıcaklık ve zaman ayarları vb. ekipmanların birleştirilmesiyle oluşmuştur.



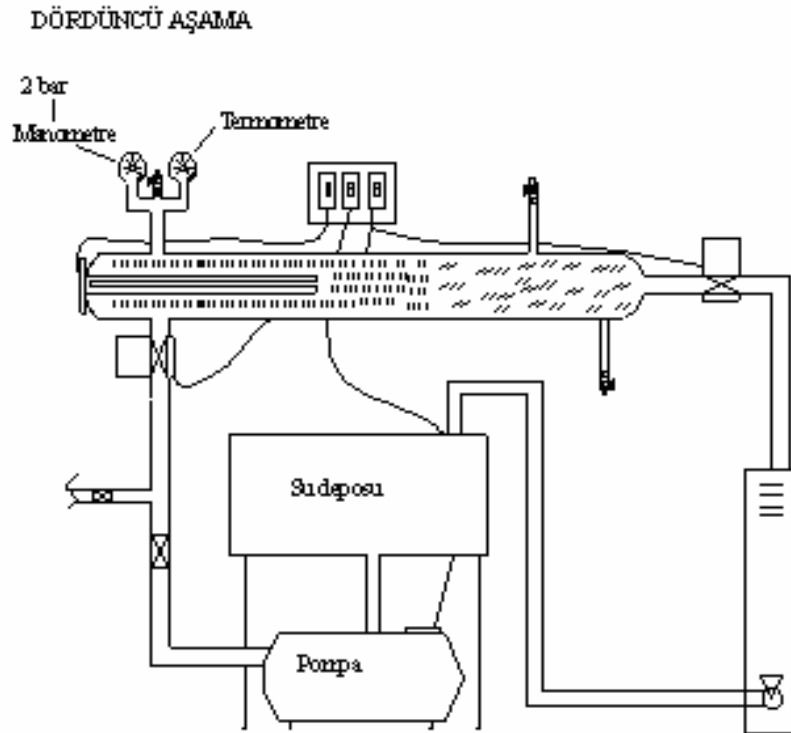
Şekil 5.2. Basınçlı ısıtma sistemi deney düzeneği ilk durum



Şekil 5.3. Basınçlı ısıtma sistemi deney düzeneği ikinci durum

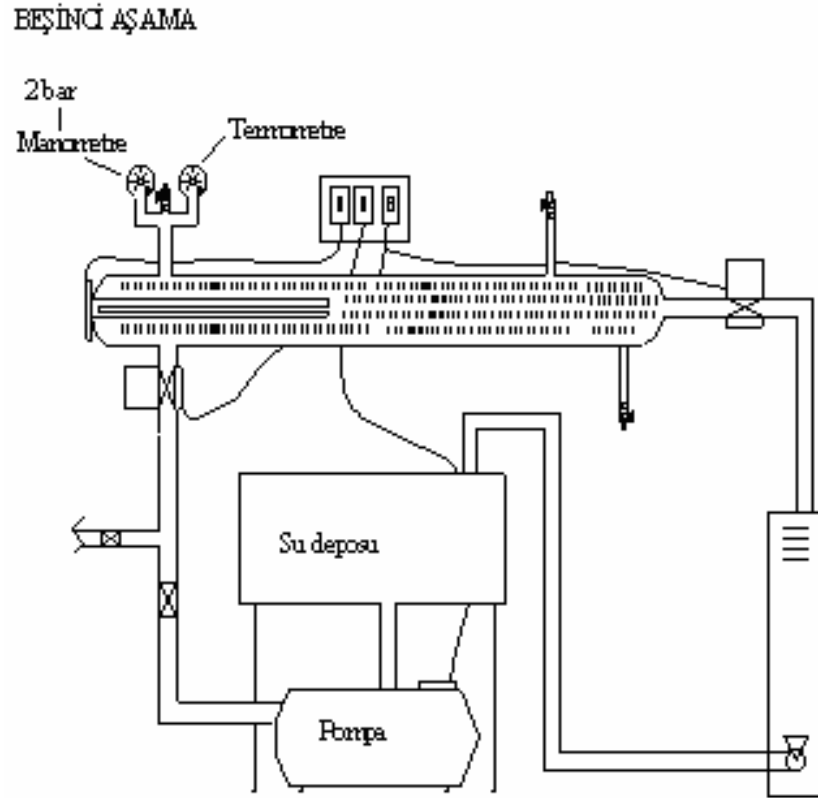


Şekil 5.4. Basınçlı ısıtma sistemi deney düzeneği üçüncü durum



Şekil 5.5. Basınçlı ısıtma sistemi deney düzeneği dördüncü durum





Şekil 5.6. Basıncılı ısıtma sistemi deney düzeneği beşinci durum

Basıncı ve sıcaklığın değişimiyle özgül hacim, iç enerji ve entalpinin değişimleri aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

**Çizelge 5.1.** Su Ve Su Buhari Tablosu Doymuş Haller [5]

SU VE SU BUHARI TABLOSU DOYMUŞ HALLER							
SICAKLIK	BASINÇ	ÖZGÜL HACİM		İÇ ENERJİ		ENTALPİ	
T (°C)	P (kPa)	$V_s \times 10^{-3}$ m <sup>3</sup> /kg	$V_b$ m <sup>3</sup> /kg	$u_s$ kJ/kg	$u_b$ kJ/kg	$h_s$ kJ/kg	$h_b$ kJ/kg
0	0,61	1,0002	206,3000	0,04	2375,59	0,04	2501,6
10	1,23	1,0003	106,4000	41,99	2389,35	41,99	2519,9
20	2,34	1,0017	57,8400	83,86	2403,03	83,86	2538,2
30	4,24	1,0043	32,9300	125,66	2416,74	125,66	2556,4
40	7,38	1,0078	19,5500	157,44	2430,32	157,45	2574,4
50	12,34	1,0121	12,0500	209,25	2443,56	209,26	2592,2
60	19,92	1,0171	7,6790	251,07	2456,73	251,09	2609,7
70	31,16	1,0228	5,0460	292,94	2469,67	292,97	2626,9
80	47,36	1,0292	3,4090	334,87	2482,35	334,92	2643,8
90	70,11	1,0361	2,3610	376,87	2494,57	376,94	2660,1
100	101,33	1,0437	1,6730	418,95	2506,47	419,06	2676,0
150	476,0	1,0908	0,3924	631,63	2558,62	632,15	2745,4
200	1554,9	1,1565	0,1272	850,57	2593,12	852,37	2790,9
238	3231,7	1,2249	0,0618	1024,14	2602,52	1028,10	2802,3
240	3347,8	1,2291	0,0597	1033,49	2602,50	1037,60	2802,2
250	3977,6	1,2513	0,0500	1080,82	2601,36	1085,80	2800,4
300	8592,7	1,4041	0,02165	1332,93	2564,97	1345,0	2751,0
350	16535,0	1,7411	0,00880	1643,11	2422,21	1671,9	2567,7
374	22081,0	2,8407	0,00346	1983,57	2078,64	2046,3	2155,0
374.15	22120,0	3,1700	0,00317	2037,28	2037,28	2107,4	2107,4

### 5.1. Termodinamik Tabloların Olusturulmasında Kullanılan Suyun Termodinamik Özelliklerinin Bilgisayar İle Hesaplanması İçin Hızlı Denklemler

Termodinamik sistemlerinin analizi ve simülasyonu yapılırken suyun termodinamik özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada suyun termodinamik özelliklerinin hızlı bir şekilde hesaplanmasına müsaade eden yaklaşık fonksiyonlar sunulmaktadır. Bütün fonksiyonlar aşırı sıkıştırılmış ve doymuş bölgeleri için geçerlidir.

Termodinamik özelliklerin hesaplanmasında kullanılan en yaygın metot buhar tablolarından istenilen değerlerin doğrusal interpolasyon ile bulunmasıdır. Fakat bu yol

hesaplamalı bir çalışmada çok önemli miktarda bilgisayar belleği ve zamanı harcamaktır. Esas tercih edilen yol termodinamik bağıntıları kullanarak formüller türetmek ve istenilen büyüklüğü bulmaktır. Fakat bu yolla türetilen denklemlerdeki kısmi türevli ifadelerin değerlerini bulmak çok zor ve hatta bazı haller için imkansızdır.

Bu çalışmada suyun termodinamik özelliklerini hızlı ve en az hata ile bulan yaklaşık fonksiyonlar incelenmiştir. Herhangi bir termodinamik özelliğe ait, mesala tüm basınç aralığında, yaklaşık bir fonksiyon bulmak çok zordur. Bu sebeple fonksiyonun tam olarak veya en az hata ile uyduğunu aralıklar tespit edilerek, bu aralıklarda uygun fonksiyonlar bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar en küçük kareler metodu kullanılarak seçilen aralıkta saptanmıştır. Suyun termodinamik özelliklerini hızlı bir şekilde hesaplayan fonksiyonlar aşırı sıkıştırılmış, doymuş ve kızgın buhar bölgeleri için mevcuttur. Çıkarılan tüm formüller mikrobilgisayarlarda kullanılacağı gibi programlanabilen hesap makinelerinde de kullanılabilir.

Böylece termohidrolik sistemlerin analizinde ve tasarımında suyun termodinamik özellikleri bir formülasyona bağlanmış ve direk olarak istenilen değere tablo kullanmadan erişme imkanı sağlanmıştır [15].

### 5.1.1. Doymuş Buhar Bölgesi

Aşağıda yapılan hesaplamalar ve kullanılan formüller [15]

#### 5.1.1.1. Özgül hacim (doymuş sıvı)

Geçerli basınç aralığı : 0,075-21,5 Mpa

**Yaklaşık fonksiyonlar :**

$$V_s = 1,2764977 \cdot 10^{-4} \cdot P^{0,4644339} + 0,001$$

$$0,075 \leq P \leq 1,0 \text{ MPa}$$

$$V_s = 1,0476071 \cdot 10^{-4} \cdot P^{0,5651090} + 0,001022$$

$$1,00 \leq P \leq 3,88 \text{ MPa}$$

$$V_s = 3,2836717 \cdot 10^{-5} \cdot P + 1,12174735 \cdot 10^{-3}$$

$$+3,88 \leq P \leq 8,84 \text{ MPa}$$

$$V_s = 3,3551046 \cdot 10^{-4} \cdot \exp(5.84035660 \cdot 10^{-2} \cdot P) + 0.00085$$

$$8.84 \leq P \leq 14,463 \text{ Mpa}$$

$$V_s = 3,1014626 \cdot 10^{-8} \cdot P + 0,00143$$

$$14,463 \leq P \leq 18,052 \text{ MPa}$$

$$V_s = 1,549078 \cdot 10^{-11} \cdot P^{5,7205} + 0,001605$$

$$18,052 \leq P \leq 20,204 \text{ MPa}$$

$$V_s = 4,1035988 \cdot 10^{-24} \cdot P^{15,03329} + 0,00189$$

$$20,204 \leq P \leq 21,5 \text{ Mpa}$$

### 5.1.1.2. Yoğunluk (doymuş buhar)

Geçerli basınç aralığı : 0,085-21,5 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar :**

$$db = 5,126076 \cdot P^{0,9475862} + 0,012$$

$$0,085 \leq P \leq 1,112 \text{ MPa}$$

$$db = 4,630832 \cdot P^{1,038819} + 0,52$$

$$1,112 \leq P \leq 3,932 \text{ MPa}$$

$$db = 2,868721 \cdot P^{1,252148} + 3,80$$

$$3,932 \leq P \leq 8,996 \text{ MPa}$$

$$db = 0,5497653 \cdot P^{1,831182} + 18,111$$

$$8,996 \leq P \leq 14,628 \text{ MPa}$$

$$db = 8,5791582 \cdot 10^{-3} \cdot P^{1,252148} + 50,0$$

$$14,628 \leq P \leq 18,21 \text{ MPa}$$

$$db = 3,5587113 \cdot 10^{-6} \cdot P^{5,660939} + 88,0$$

$$18,21 \leq P \leq 20,253 \text{ MPa}$$

$$db = 3,558734 \cdot 10^{-16} \cdot P^{13,03774} + 138,0$$

$$20,253 \leq P \leq 21,5 \text{ MPa}$$

### 5.1.1.3. Özgül Entalpi (Doymuş Sıvı)

Geçerli basınç aralığı : 0.075 – 21.7 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar :**

$$h_s = 912.1779 \cdot P^{0.2061637} - 150.0$$

$$0.075 \leq P \leq 0.942 \text{ Mpa}$$

$$h_s = 638.0621 \cdot P^{0.2963192} + 125.0$$

$$0.942 \leq P \leq 4.02 \text{ MPa}$$

$$h_s = 373.7665 \cdot P^{0.4235532} + 415.0$$

$$4.02 \leq P \leq 9.964 \text{ MPa}$$

$$h_s = 75.38673 \cdot P^{0.8282384} + 900.0$$

$$9.964 \leq P \leq 16.673 \text{ Mpa}$$

$$h_s = 0.1150827 \cdot P^{2.711412} + 440.0$$

$$16.673 \leq P \leq 20.396 \text{ MPa}$$

$$h_s = 9.1417257 \cdot 10^{-14} \cdot P^{11.47287} + 1752.0$$

$$20.396 \leq P \leq 21.70 \text{ MPa}$$

### 5.1.1.4. Özgül entalpi (doymuş buhar)

Geçerli basınç aralığı : 0,075-21,55 Mpa

**Yaklaşık fonksiyonlar :**

$$h_b : -4.0381938 \cdot 10^{-6} \cdot (3.0 - P)^{15.72364} - 2750.0$$

$$0.075 \leq P \leq 0.348 \text{ MPa}$$

$$h_b : -05767304 \cdot \exp(-1.66153 \cdot (P - 3.2)) + 2800$$

$$0.348 \leq P \leq 1.248 \text{ MPa}$$

$$h_b : -7.835986 \cdot (3.001 - P)^2 - 2934312x(3.001 - P) + 2803.7$$

$$1.248 \leq P \leq 9.955 \text{ MPa}$$

$$h_b = -1.347244.(P-2.99)^2 - 2.326913(P-2.99) + 2803.35$$

$$2.955 \leq P \leq 6.522 \text{ MPa}$$

$$h_b = -0.9219176(P-9)^2 - 16.38835(P-9) + 2742.03$$

$$6.522 \leq P \leq 16.497 \text{ MPa}$$

$$h_b = -3.532177(P-8)^2 - 29.81305(P-8) + 2565$$

$$16.497 \leq P \leq 20.193 \text{ MPa}$$

$$h_b = -22.92521(P-18)^2 - 23671(P-18) + 2415.01$$

$$20.193 \leq P \leq 21.55 \text{ MPa}$$

#### 5.1.1.5. Özgül entropi (doymuş sıvı)

Geçerli basınç aralığı : 0.065-21.25 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar :**

$$S_s = 3.340244.P^{0.125474} - 1.2$$

$$0.065 \leq P \leq 1.666 \text{ MPa}$$

$$S_s = 1.748203.P^{0.2275611} + 0.4$$

$$1.666 \leq P \leq 8.825 \text{ MPa}$$

$$S_s = 0.2549248.P^{0.6381866} + 2.25$$

$$8.825 \leq P \leq 16.66 \text{ MPa}$$

$$S_s = 4.3632383.10^{-5}.(P-0.4)^{3.153273} + 3.5$$

$$16.66 \leq P \leq 21.25 \text{ MPa}$$

#### 5.1.1.6. Özgül entropi (doymuş buhar)

Geçerli basınç aralığı : 0.025 – 21.50 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar :**

$$S_b = 6.58681 - 0.335924.\log(P)$$

$$0.025 \leq P \leq 1.48 \text{ MPa}$$

$$S_b = 7.80 - 1.227644 \cdot P^{0.2481072}$$

$$1.48 \leq P \leq 8.05 \text{ MPa}$$

$$S_b = 6.30 - 0.084638514 \cdot P^{0.9082161}$$

$$8.05 \leq P \leq 15.64 \text{ MPa}$$

$$S_b = 5.50 - 3.6897161 \cdot 10^{-3} \cdot (P - 7.8)^{2.012466}$$

$$15.64 \leq P \leq 20.00 \text{ MPa}$$

$$S_b = 5.00 - 0.042830642 \cdot (P - 18.7)^{1.779526}$$

$$20.00 \leq P \leq 21.50 \text{ MPa}$$

#### 5.1.1.7. Özgül ısı (doymuş sıvı)

Geçerli basınç aralığı : 0,03-20,3 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar:**

$$C_p = 0.247763 \cdot P^{0.5704026} + 4.15$$

$$0.030 \leq P \leq 0.671 \text{ MPa}$$

$$C_p = 0.179305 \cdot P^{0.8967323} + 4.223$$

$$0.671 \leq P \leq 2.606 \text{ MPa}$$

$$C_p = 0.09359843 \cdot P^{1.239114} + 4.340$$

$$2.606 \leq P \leq 6.489 \text{ MPa}$$

$$C_p = 0.01068888 \cdot P^{2.11376} + 4.740$$

$$6.489 \leq P \leq 11.009 \text{ MPa}$$

$$C_p = 1.33305 \cdot 10^{-4} \cdot P^{3.707294} + 5.480$$

$$11.009 \leq P \leq 14.946 \text{ MPa}$$

$$C_p = 6,635658 \cdot 10^{-3} \cdot (P - 10)^{3.223323} + 7.350$$

$$14.946 \leq P \leq 18.079 \text{ MPa}$$

$$C_p = 4,6844786 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(0.7396875 \cdot P) + 10.02$$

$$18.079 \leq P \leq 20.309 \text{ MPa}$$

### 5.1.1.8. Özgül ısı (doymuş buhar)

Geçerli basınç aralığı : 0,053-20,43 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar:**

$$CPb = 0.6471635 \cdot (P - 0.006)^{0.6400569} + 1.90$$

$$0.050 \leq P \leq 0.599 \text{ MPa}$$

$$CPb = 0.5560633 \cdot P^{0.8197355} + 2.00$$

$$0.599 \leq P \leq 2.391 \text{ MPa}$$

$$CPb = 0.3187082 \cdot P^{1.110271} + 2.30$$

$$2.391 \leq P \leq 5.661 \text{ MPa}$$

$$CPb = 0.064275995 \cdot P^{1.766106} + 3.12$$

$$5.661 \leq P \leq 9.458 \text{ MPa}$$

$$CPb = 3.8011048 \cdot 10^{-3} \cdot P^{2.816897} + 4.40$$

$$9.458 \leq P \leq 12.900 \text{ MPa}$$

$$CPb = 0.1876175 \cdot \exp(0.2466925 \cdot P) + 5.0$$

$$12.900 \leq P \leq 16.309 \text{ MPa}$$

$$CPb = 7.620756 \cdot 10^{-3} \cdot \exp(0.4117289 \cdot P) + 9.20$$

$$16.309 \leq P \leq 18.743 \text{ MPa}$$

$$CPb = 6.5162612 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(0.756211 \cdot P) + 17.10$$

$$18.743 \leq P \leq 20.40 \text{ MPa}$$

### 5.1.1.9. Dinamik viskozite (doymuş sıvı)

Geçerli basınç aralığı : 0,035-21,45 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar:**

$$\mu_s = 111.5993 \cdot P^{-0.3425488} + 38$$

$$0.035 \leq P \leq 0.960 \text{ MPa}$$



$$\mu_s = 134.5288.P^{-0.2848300} + 15$$

$$0.960 \leq P \leq 3.948 \text{ MPa}$$

$$\mu_s = 141.5415 - 25.1353.\ln(P)$$

$$3.948 \leq P \leq 9.514 \text{ MPa}$$

$$\mu_s = 113.4599.\exp(-0.03279562.P)$$

$$9.514 \leq P \leq 15.074 \text{ MPa}$$

$$\mu_s = 110.0 - 17.67922.\exp(-0.05556056.P)$$

$$15.074 \leq P \leq 18.868 \text{ MPa}$$

$$\mu_s = 9.12152.P^{-0.3159837} .P^2$$

$$18.868 \leq P \leq 20.430 \text{ MPa}$$

$$\mu_s = 64.0 - 0.00261596.\exp(0.4010038).P$$

$$20.430 \leq P \leq 21.45 \text{ MPa}$$

#### **5.1.1.10. Dinamik viskozite (doymuş buhar)**

Geçerli basınç aralığı : 0,04-21,35 MPa

**Yaklaşık fonksiyonlar:**

$$\mu_b = 7.473620.P^{0.2050149} + 7.6$$

$$0.04 \leq P \leq 2.207 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = 3.375163.P^{0.3916208} + 11.8$$

$$2.207 \leq P \leq 5.480 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = 0.916941.P^{0.7644731} + 15.0$$

$$5.480 \leq P \leq 9.585 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = 5.030544.\exp(0.5045239.P) + 12.0$$

$$9.585 \leq P \leq 14.351 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = 0.4423761 \cdot \exp(0.1458726 \cdot P) + 18.8$$

$$14.351 \leq P \leq 18.385 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = 0.01082229 \cdot \exp(0.3071918 \cdot P) + 22.2$$

$$18.385 \leq P \leq 20.347 \text{ MPa}$$

$$\mu_b = 6.6753655 \cdot 10^{-5} \cdot \exp(0.6347700 \cdot P) + 25.1$$

$$20.347 \leq P \leq 21.35 \text{ MPa}$$

### 5.1.2. Sıcaklığın Fonksiyonu Olarak Doyma Basıncı

**Yaklaşık fonksiyonlar:**

$$P_d = ((T+57)/236.2315)^{6.602972}$$

$$89.965 \leq T \leq 139.781 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_d = ((T+28)/207.9248)^{4.778504}$$

$$139.781 \leq T \leq 203.662 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_d = ((T+5.0)/185.0779)^{4.304376}$$

$$203.662 \leq T \leq 299.407 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_d = ((T+16)/195.1819)^{4.460843}$$

$$299.407 \leq T \leq 355.636 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_d = ((T+50)/227.2963)^{4.960785}$$

$$355.636 \leq T \leq 373.253 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 5.1.3. Basıncın Fonksiyonu Olarak Doyma Sıcaklığı

**Yaklaşık fonksiyonlar:**

$$T_d = 236.2315 \cdot P^{0.1784767} - 57.0$$

$$0.07 \leq P \leq 0.359 \text{ MPa}$$

$$T_d = 207.9248 \cdot P^{0.2092705} - 28.0$$

$$0.359 \leq P \leq 1.676 \text{ MPa}$$

$$T_d = 185.0779 \cdot P^{0.2323217} - 5.0$$

$$1.676 \leq P \leq 8.511 \text{ MPa}$$

$$T_d = 195.1819 \cdot P^{0.2241729} - 16.0$$

$$8.511 \leq P \leq 17.69 \text{ MPa}$$

$$T_d = 227.2963 \cdot P^{0.201581} - 50.0$$

$$17.69 \leq P \leq 21.85 \text{ MPa}$$

#### 5.1.4. Aşırı Sıkıştırılmış Bölge

Aşırı soğutulmuş veya sıkıştırılmış sıvı bölgesinde özellikler daha çok sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmektedir.

##### 5.1.4.1. Yoğunluk

$$\text{Geçerli sıcaklık aralığı} : 91.79-357.03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Geçerli basınç aralığı} : 0.075-21.5 \text{ MPa}$$

$$d(P,T) = d_s(P_d) + ((170/(375-T)) - 0.2) \cdot (P - P_d)$$

##### 5.1.4.2. Özgül entalpi

$$\text{Geçerli sıcaklık aralığı} : 91.79-357.03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Geçerli basınç aralığı} : 0.075-21.5 \text{ MPa}$$

$$h(P,T) = h_s(P_d) + (0.0004 - (0.325/(370-T))) \cdot (P - P_d)$$

##### 5.1.4.3. Özgül entropi

$$\text{Geçerli sıcaklık aralığı} : 89.96-357.03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Geçerli basınç aralığı} : 0.065-21.25 \text{ MPa}$$

$$s(P,T) = h_s(P_d) + (1.4 - (168/(369-T))) \cdot (P - P_d)$$

##### 5.1.4.4. Özgül ısı

$$\text{Geçerli sıcaklık aralığı} : 89.96-357.03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Geçerli basınç aralığı} : 0.03-20.30 \text{ MPa}$$

$$C_P(P,T) = C_{P_s}(P_d) + (0.0018 - (76/(364-T)))^{1.8} \cdot (P - P_d)$$

### 5.1.5. Kızgın Buhar Bölgesi

Kızgın buhar bölgesindeki özellikler basınç ve sıcaklığın kuvvetli bir fonksiyonudur.

#### 5.1.5.1. Özgül Hacim

Geçerli basınç aralığı: 0.085-21.5 °C Geçerli sıcaklık aralığı ise doyma basıncı ile 450°C sıcaklıkları arasında geçerlidir [15].

$$v(P,T) = v_b(P) + [(0.000466/P) - (0.012/(T+100) - 0.00106) \cdot P^{0.1} / ((1.96 \cdot 10^{-8} \cdot (T+8)^4 - P^2) \cdot (T-T_d))^{1/2}]$$

#### 5.1.5.2. Özgül entalpi

Geçerli basınç aralığı: 0.075-21.55 °C Geçerli sıcaklık aralığı ise doyma basıncı ile 450°C sıcaklıkları arasında geçerlidir [15].

$$h(P,T) = h_b(P) + [(4.5 \cdot P / (7.4529E-6 \cdot T^3 - P^2))^{1/2} + 0.28 \cdot \exp(-0.008(T-162)) - (100/T) - 2.225] \cdot (T-T_d)$$

#### 5.1.5.3. Özgül entropi

Geçerli basınç aralığı: 0.070-21.50 °C Geçerli sıcaklık aralığı ise doyma basıncı ile 450°C sıcaklıkları arasında geçerlidir [15].

$$s(P,T) = s_b(P) + [(0.004 \cdot P^{1/2} / (3.025E-11 \cdot (T+46)^5 - P^2))^{1/2} + 0.28 \cdot \exp(-0.008(T-162)) - (100/T) - 2.225] \cdot (T-T_d)$$

#### 5.1.5.4. Özgül ısı

Geçerli basınç aralığı: 0.07-20.4 °C Geçerli sıcaklık aralığı ise doyma basıncı ile 400°C sıcaklıkları arasında geçerlidir [15].

$$C_p(P,T) = C_{p_b}(P) - [(0.0011 \cdot P / ((0.0014 \cdot (T+8)^2 - P)^{1.5} + 21.5E-8) \cdot (655-T)^{2.1}) - (T-T_d)]$$

Mevcut tüm fonksiyonlar hafif suyun (H<sub>2</sub>O) termodinamik özelliklerini hızlı ve direkt olarak hesaplanmasını sağlamaktadır. Geçerli basınç aralığı bir atmosfer basınçtan 21.3 MPa basınca kadardır ve sıcaklık aralığı 90°C ile 450°C arasındadır İç enerji, mevcut formüllerden özgül hacim ve özgül entalpinin hesaplanması ile aşağıdaki denklemden hesaplanabilir

$$u = h - Pv.$$

Doymuş buhar bölgesi içerisinde tüm termodinamik özellikler eğer kuruluk derecesi (x) biliniyorsa aşağıda örnek olarak entalpi için yazılmış olan denkleme benzer denklemler diğer özellikler için de yazılarak bulunur.

$$h = xh_b + (1 - x) h_s$$

## 5.2. Doymuş Su Buharının Termodinamik Özellikleri İçin Basit Eşitlikler

Doymuş su ve su buharının termodinamik özellikleri, sıcaklığa bağlı olarak ampirik eşitlikler haline getirilmiştir. Eşitlikler, deneysel sonuçlara göre düzenlenmiş çizelgelerden alınan değerlerden elde edilmiştir.

Bütün eşitlikler; 0-100°C aralığında hesap ve deneysel değerler arasında, genelde bağlı hata %1 den az olacak şekilde belirlenmiştir.

Doymuş su ve su buharı gibi birçok akışkanın termodinamik özellikleri, sıcaklığa bağlı olarak düzenlenen tablolarda verilmektedir. Fakat bu özelliklerin tümünün sıcaklığa bağlı olarak değişimlerini veren , basit ve gerçek değerleri büyük bir doğrulukla veren bağıntılar bulunmaktadır. Bu nedenle, bilgisayar uygulamalarında rahatlıkla kullanılacak ampirik eşitlikler çıkarılmıştır [23].

### 5.2.1. Ampirik Eşitlikler

Eşitlikleri saptama amacıyla, termodinamik özelliklerin sıcaklığa bağlı değişimleri çizilmiştir. Gerekli değerler, deneysel sonuçlara göre düzenlenmiş doymuş su ve su buharı çizelgesinden alınmıştır.

Çizilen eğrilerden yaklaşık eşitlikler elde edilmiş ve deneysel değerlerle uyumu sağlanmıştır. Deneysel bulgulardan yaklaşık eşitlikler elde edilmesi(7)'de detaylı olarak açıklanmıştır.

#### 5.2.1.1. Doyma Basıncı

Doyma basıncı, doyma sıcaklığına bağlı olarak şu şekilde verilmiştir:

$$P_d = (0.782 + 2.962(t/100) + 6.290(t/100)^{2.325}) \times 2 \quad (1)$$

T(°C) doyma sıcaklığı ve P<sub>d</sub>(kPa) doyma basıncıdır. Eşit.(1)'e göre gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.1'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.2.** Hesaplanan ve gerçek doyma basınçlarının karşılaştırılması

Pd (kPa)						
T(°C)	0	20	40	60	80	100
Gerçek	0,6108	2,337	7,375	19,920	47,360	101,33
Hesap	0,6115	2,321	7,365	20,045	47,549	100,68
Maksimum Rölatif Hata : -%0,67 ; 20 °C'de						
Maksimum Absolut Hata : 0,64 kpa ; 100 °C'de						

**5.2.1.2. Doyma Sıcaklığı**

Doyma sıcaklığı – doyma basıncı ilişkisi için uygun bir bağıntı aşağıda verilmiştir:

$$t = 100 \left( (0,3376 Pd^{0,5} - 0,2638)^{-1,35} + 2,9116 Pd^{-2836} \right)^{-1/1,35} \quad (2)$$

t(°C) ve Pd(kpa) olarak alınmıştır. Eşit.(2)'ye göre, gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.2'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.3.** Hesaplanan ve gerçek doyma sıcaklıklarının karşılaştırılması

T(°C)							
Pd (kPa)	1	20	40	60	80	100	120
Gerçek	6,982	60,086	75,886	85,954	93,512	99,632	104,81
Hesap	6,941	60,109	75,866	85,940	93,516	99,656	104,85
Maksimum Rölatif Hata : - %0,59 ; 1 kPa'da							
Maksimum Absolut Hata : 0,16 °C ; 5 kPa'da							

**5.2.1.3. Doymuş Su Entalpisi**

Doymuş suyun entalpi – sıcaklık ilişkisi

$$h_s = -0,04 + 4,194t \quad (3)$$

Şeklinde verilmiştir. t(°C) ve h<sub>s</sub>(kj/kg) doymuş suyun entalpisidir. eşit.3'e göre, gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.3'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.4.** Hesaplanan ve gerçek doymuş su entalpilerinin karşılaştırılması

hs (kJ/kg)						
T(°C)	0	20	40	60	80	100
Gerçek	-0,04	83,86	167,45	251,09	334,92	419,06
Hesap	-0,04	83,84	167,72	251,60	335,48	419,36
Maksimum Rölatif Hata : -%0,21 ; 10 °C'de						
Maksimum Absolut Hata : 0,57 kpa ; 70 °C'de						

**5.2.1.4. Su Buharının Entalpisi**

Su buharının entalpi- sıcaklık ilişkisi için uygun bir bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$h_b = 250,6 + 1,83t - 7,80 (t/100)^{2,2} \quad (4)$$

t(°C), hb(kj/kg) su buharının entalpisidir. Eş.4' göre, gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.4'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.5.** Hesaplanan ve gerçek su buharı entalpilerinin karşılaştırılması

Hb (kJ/kg)						
T(°C)	0	20	40	60	80	100
Gerçek	2501,6	2538,2	2574,4	2609,7	2643,8	2676,0
Hesap	2501,6	2537,9	2573,7	2608,8	2643,2	2676,8
Maksimum Rölatif Hata : -%0,03 ; 60 °C'de						
Maksimum Absolut Hata : 0,83 kJ/kg ; 60 °C'de						

Buharlaşma ısısı

Buharlaşma ısısı –sıcaklık ilişkisi şu şekilde verilmiştir:

$$r = 2501,64 - 2,364 t - 7,80 (t/100)^{2,2} \quad (5)$$

t(°C), r (kJ/kg) buharlaşma ısısıdır. Eş. (5)'e göre, gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.5'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.6.** Hesaplanan ve gerçek buharlaşma ısılarının karşılaştırılması

r (kJ/kg)						
T(°C)	0	20	40	60	80	100
Gerçek	2501,6	2454,3	2406,9	2358,6	2308,8	2256,9
Hesap	2501,6	2454,1	2406,0	2357,3	2307,7	2257,4
Maksimum Rölatif Hata : -%0,06 ; 70 °C'de						
Maksimum Absolut Hata : 1,40 kJ/kg ; 70 °C'de						

**5.2.1.5. Doymuş Suyun Özgül Hacmi**

Doymuş suyun özgül hacim-sıcaklık ilişkisi için uygun bir bağıntı aşağıda çıkarılmıştır:

$$v_s = 10^{-6} (1000,2 + 43,8 (t/100)^{1/92}) \quad (6)$$

t(°C),  $v_s$  (m<sup>3</sup> /kg) doymuş suyun özgül hacmidir. Eş. (6)'ya göre, gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.6'da karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.7.** Hesaplanan ve gerçek doymuş su özgül hacim karşılaştırılması

vs (m <sup>3</sup> /kg)x10 <sup>-3</sup>						
T(°C)	0	20	40	60	80	100
Gerçek	1,0002	1,0017	1,0078	1,0171	1,0292	1,0437
Hesap	1,0002	1,0021	1,0077	1,0166	1,0287	1,0440
Maksimum Rölatif Hata : -%0,05 ; 70 °C'de						
Maksimum Absolut Hata : 5.10 <sup>-7</sup> m <sup>3</sup> /kg ; 70 °C'de						

**5.2.1.6. Su Buharının Özgül Hacmi**

Su buharının özgül hacim-sıcaklık ilişkisi için uygun bir bağıntı aşağıdadır.

$$v_b = R_o T / P_d (1 - (1 - ((R_{kr} / R_o) / (1 + 225(1/T^5 - 1)))) \quad (7)$$

$R_o$ (=0.46152 kJ/kgK) genel gaz sabiti,  $R_{kr}$ (=0,10832 kJ/kgK) su buharının kritik gaz sabiti,  $P_d$ (kpa) doyma basıncı, T(K) ve  $v_b$  (m<sup>3</sup> /kg) olarak su buharının özgül hacmidir. Burada boyutsuz sıcaklık T\*,



$$T^*=T/T_{kr} \quad (8)$$

Şeklinde tanımlanmış olup,  $T_{kr}$  doymuş suyun kritik sıcaklığıdır. Eş. (7)'ye göre gerçek ve hesap değerleri çizelge 5.7'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 5.8.** Hesaplanan ve gerçek su buharı özgül hacim karşılaştırılması

vb (m <sup>3</sup> /kg)						
T(°C)	0	20	40	60	80	100
Gerçek	206,30	57,84	19,55	7,679	3,409	1,673
Hesap	206,24	57,81	19,55	7,683	3,412	1,673
Maksimum Rölatif Hata : %0,10 ; 70 °C'de						
Maksimum Absolut Hata : 0,06 m <sup>3</sup> /kg ; 70 °C'de						

Enerji gereksiniminin güvenli, yeterli ve sürekli temininin doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılır, tükenir kaynakların korunur ve üretim-tüketim süreçlerinin çevresel etkilerinin azaltılır şekilde gerçekleştirilmesinde en temel gereklilik “toplumsal bilincin”, “çevre duyarlılığının” oluşması/oluşturulmasıdır. Gerekli ekonomik, yasal ve yönetsel değişimlerin gerçekleşebilmesi için karar vericilerin, politikacıların, yatırımcıların ve kullanıcıların bu bilince ve duyarlılığa sahip olması gerekmektedir. Sosyal yapıdaki direnç, bilinç düzeyinin zayıflığı projelerin hayata geçirilmesini yavaşlatmaktadır. Çevresel maliyetlerini içermeyen geleneksel enerji sistemlerine görece pahalı olan yeni ve yenilenebilir enerji sistemlerinin tercih edilebilirliği ancak çevre duyarlı toplumlarda önemli bir seviyeye ulaşabilmektedir. Çevresel duyarlılık bir yaşam biçimi haline geldiğinde, kişiler veya toplumlar eski alışkanlıklarından vazgeçebilmekte ve yenilikleri, teknolojik gelişmeleri benimseyebilmektedirler. Bu noktada, eğitim büyük önem kazanmaktadır. Bilinçli ve duyarlı kullanıcı tüketici piyasayı bu yönde canlandırabileceği, talepte bulunabileceği gibi, karar verme sürecinde de yer alarak gelişmelerde yönlendirici olabileceklerdir.

## 6. SONUÇLAR

Enerji, özellikle geride bıraktığımız yüzyılın başlarından itibaren ülkelerin rekabet üstünlüğü sağlamada istifade ettikleri en önemli unsurlardan biri olmuştur. İçine girdiğimiz yeni çağda ise, Dünyadaki teknolojik yenilikler,uluslar arası sınırların geçirgenliğinin artması, sermaye hareketleri için sınırların hemen hemen kalkmış bulunması ve iletişim alanındaki devasa gelişmeler hem dünyadaki enerji kullanımının miktar ve hızını arttırmış, hem de enerji üzerinde durulması gereken en önemli sorunlardan biri haline getirmiştir. Bir yandan enerjiyle ilgili olarak orataya çıkan ozon tabakasındaki incelmeye, sera gazı emisyonlarının insan yaşamını tehdit eder boyutlara ulaşması gibi sorunlar, diğer yandan dünyadaki doğal enerji kaynaklarının (özellikle fosil yakıtların) hızla tükenmesi gibi riskler hem birer müstakil varlık olarak devletleri, hem de insanlık adına düşünme sorumluluğunda olan bilim adamlarını ve aydınları enerji konusuna daha çok yoğunlaşmaya ve bu alan üzerinde daha çok araştırma yapmaya sevk etmektedir. Bütün dünyada ülkelerin enerji konusuyla ilgili birimleri, karar vericileri ve üst yöneticileri güvenli, çevre standartlarını dikkate alan ve riski en aza indirgenmiş enerji politikaları üretmek için çalışmaktadırlar.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmek kadar tüketilen enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarının ürünü olan enerjiler olması önemlidir. Halen çoğu ülkede enerji için ağırlıklı olarak kömür, petrol, doğalgaz kullanılmaktadır. Fosil yakıtlar denilen bu kaynaklar yenilenebilir değildir. Kömür yenilenebilir bir enerji kaynağı değildir. Büyük ölçüde çevre kirliliğine sebep olur. Yurt dışına bağımlıdır. Kömür yanması tam olarak kontrol edilemediği için otomatik kontrol cihazları ile hassas sıcaklık ayarları yapılamamaktadır. Soba veya kazanda kömür yakarak konfor sıcaklığını sürekli ve sabit tutmak çok zordur. Baca gazı atıkları yanı sıra kül olarak da atığı bulunmaktadır. Sürekli olarak kül alıp kömür atmak ve ısıyı kontrol etmeye çalışmak kullanım açısından çok zordur. Doğalgaz ise yurtdışından (Örn: Rusya, İran) ülkemize kadar boru hatları çekilmekte ve Türkiye’de de her eve kadar ayrı hatlar çekilmektedir. Bu bedel vatandaşlarımızdan ön abonelik bedeli olarak alınmaktadır. Bu doğalgaz hatları çekilirken tüm asfaltlar kesilmekte ve tüm yollar kazılmakta buda ülke ekonomisine zarar vermektedir. Bugün bir apartmanda doğalgaz kazan tesisi kurmanın her açıdan zorlu aşamaları vardır. Paslanmaz çelikten çift cidarlı bacalar yapılması gerekmektedir. Kazan dairesi alt havalandırma ve üst havalandırma yapılması, selenoid vana alarm cihazı gibi tedbirler alınması gerekmektedir. Bu ve benzeri aşamaların maliyeti yüksek olduğu gibi baca gazı ve doğalgazda kaçaklar oluştuğu takdirde risk oluşturmaktadır. Evlerde ise bacaların riski yüksek olduğu için gaz dağıtım şirketleri bacalı cihazları yasaklayıp hermetik cihazlara

yönlendirmekte bu ise evlerde ve apartmanlarda tadilatlarla sebebiyet vermekte hatta bazı binalarda mutfaklar atmosfere bakmadığı için doğalgaz tesisatı kullanılamamaktadır.

Bu kaynakların gerek sınırlı olması gün geçtikçe artan talebi karşılayamayacak oluşu gerekse rezervlerin azaldıkça fiyatının artacak oluşu risk oluşturmaktadır. Bunun aksine yenilenebilir enerji kaynakları sürekliliği olan enerjilerdir. Yenilenebilir enerjilerin çoğu direkt ya da indirekt olarak güneş kaynaklıdır. Güneş ışığı ya da güneş enerjisi ısınmak ve aydınlanmak için evlerde ve diğer binalarda doğrudan kullanılırken, elektrik üretmek, su ısıtmak, soğutmak ve çeşitli tacari ve endüstriyel amaçlarla da indirekt olarakta kullanılmaktadır. Güneşin Dünyamızı ısıtma esnasında yeryüzeyinde oluşan ısı farklılıkları sonucu rüzgarlar oluşur. Rüzgardaki enerji rüzgar türbünleri ile elektrik enerjisine çevrilir. Güneşin ısıtmasıyla okyanus ve diğer su kütleleri buharlaşır. Bu su buharı yağmur ya da kara dönüşüp tekrar okyanuslara ya da diğer su kütlelerine ulaştığı zaman, hidro enerji hidroelektrik santraller tarafından üretilebilir. Doğada örnek olarak verdiğimiz bu yenilenebilir enerji kaynakları gibi benzer başka yenilenebilir enerji kaynaklarında mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli avantajlarından bir tanesinde çevreyi kirletmemesidir. Sera etkisi ve küresel ısınma konuları sebebiyle önem verilmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji üretmek için yapılan yatırımların da sürekliliği vardır. Örneğin doğalgaz için yapılan yatırımlar doğalgaz rezervleri tükendiğinde atıl olacaktır ancak yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlarda böyle bir risk yoktur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerekliliği incelendikten sonra yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin tüketiminin yöntemlerini incelediğimizde bunun en kolay yollarından biri elektrik enerjisine dönüştürülüp kullanılmasıdır.

Enerjinin yoğun olarak tüketildiği ısıtma uygulamalarında ise verimlilik büyük önem arz etmektedir. Isıtma sistemlerinin ekonomiklik karşılaştırılmasını daha önceki bölümlerde yapılmıştır. Isıtma sistemleri arasında ekonomik olma sırasına göre ilk iki sırayı elektroşok ısıtma sistemi ile doğalgazlı ısıtma sistemi paylaşmaktadır. Bu iki sistem aşağıda Ocak 2008 de gelen %19 luk elektrik zammı ve %7,5 luk doğalgaz zammı ile karşılaştırılmıştır.

	Aralık 2007	Ocak 2008
	YTL / 1000 KCAL (YTL / 1162 W )	YTL / 1000 KCAL (YTL / 1162 W )
ELEKTROŞOK ISITMA SİSTEMİ	0.0524	0.0624
DOĞALGAZLI ISITMA SİSTEMİ	0.0809	0.0870

Görüldüğü üzere elektroşok ısıtma sistemi ısıtma sistemleri arasında ekonomiklik olarak birinci sıradaki yerini ülkemizde çok pahalı olmasına rağmen korumaktadır. Isıtma sistemlerinin karşılaştırılmalarında görüldüğü üzere dışa bağımlı olmama, atık madde bırakmama, baca istememesi, hava kirliliği yaratmaması, koku oluşturmaması, riski ve depozitosu olmaması gibi çok büyük avantajları bulunmaktadır. Bir dağ evinde dahi çok rahat kullanılabilir.

Yakıtın geleceğine bakacak olursak doğalgaz, kömür gibi ithal ettiğimiz ürünlerle ve dış ülkelerin politik yaklaşımlarına bağlı olarak ısınmak ileride ülkeyi çok zor durumlara sokabilir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynağı olmayan doğalgaz ve kömür gibi yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarıyla dışa bağımlı olmadan üretebileceğimiz elektriği kullanmak ülke çıkarları açısından büyük avantaj ve önem teşkil etmektedir.

Tüm bu avantajları göz önünde bulundurduğumuzda elektroşok sistemi ile ısınmak ve basınçlı ısıtma sistemlerinin kullanımına başlamak büyük önem taşımaktadır. Tarafımızdan basınçlı ısıtma sistemleri hakkındaki araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1.] Michele Fabbri, Falcemartello Ekim 2003
- [2.] Isısan No:265 ısıtma tesisatı kitabı
- [3.] <http://www.dosider.org/>
- [4.] KTH Kalorifer Tesisatı Hesabı Prof.Dr. T.Hikmet Karakoç teknik yayın no:9
- [5.] Elektrosan ısıtma san. ve tic.ltd. şti Kâğıthane cd. Sivas iş hanı no:125 d:3 İstanbul
- [6.] Çengel Y. A. / Boles M. A. Mühendislik Yaklaşımı İle Termodinamik McGraw-Hill-Literatür ortak yayını Ekim 2000, İstanbul
- [7.] Sıcak Sulu Kalorifer tesisatı, DemirDöküm, Teknik Yayınları No:6
- [8.] TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, TSE, Ankara, 1998.
- [9.] Dağsöz A.K. Doğal Gaz -2.Baskı, DemirDöküm Yayınları 1999
- [10.] Dağsöz A.K. Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı, DemirDöküm Yayınları 1998
- [11.] <http://www.enerji.gov.tr>
- [12.] Kalorifer tesisatı proje hazırlama esasları yayın no MMO/2002.259.3
- [13.] Kalorifer tesisatı yayın no MMO/352/4
- [14.] Isıtma Tesisatı, Isısan Çalışmaları No: 265
- [15.] Sıcak Sulu Kalorifer tesisatı, DemirDöküm, Teknik Yayınları No:6
- [16.] TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, TSE, Ankara, 1998.
- [17.] TUBİTAK, “Enerji Ve Doğal Kaynaklar Raporu”, Vizyon 2003 Teknoloji Öngörü Projesi, Ankara,2003.
- [18.] Baytaş, A.C. “Suyun Termodinamik Özelliklerinin Bilgisayar ile Hesaplanması İçin hızlı denklemler”Mühendis ve makina cilt:34, sayı: 400 Mayıs 1993 sayfa, 22–27.
- [19.] Sonntag R.E. and Van VVylen G. "Introduction to Thermodynamics Classical and Statistical", 2nd ed. John VViley and Sons, İne, 1982
- [20.] Garland Wm. J. and Hoskins J.D., "Approximate funetions for the fast calculation of l light-water properties at Saturation", Int. J. of, Mutiphose Flow 14, No:13, (1988) 333-348

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- [21.] Spiegel R.M., "Theory and Problems of Statistics", 1sted., McGraw-Hill Book Company, 1972
- [22.] Garland Wm. J., and Hand B.J., "Simple functions for the fast approximation of light water Thermodynamic properties", Nucl. Eng. & Desg. 113 (1989) 21–34
- [23.] Yılmaz. T, Oğulata. R.T."doymuş su ve su buharının Termodinamik Özellikleri İçin basit eşitlikler" M.M. O Mühendis ve Makina sayı 356 cilt 30 1989 sayfa 26–28
- [24.] Reid,R.C.Prausnitz, J.M.and Sherwood, T.K."The Properties of Gases and Liquids", 3rd ed.McGraw-Hill, N.Y.1977
- [25.] Cooper, J.R. and Fevre, E.J. "Thermophysical Properties of Water Substance", Edward Arnold (Publishers) Ltd, London, 1970
- [26.] Keenan, J.H. and Kayes, F.G, "Thermodynamic Properties of Steam", John Wiley and Sons, Inc., N.Y.,1961
- [27.] Keenan, J.H. and Kayes, F.G.,"Steam Tables-Metric Units", John Wiley and Sons, Inc.,N.Y.,1969
- [28.] National Bureau of Standards," Thermophysical Properties of Water", 1987
- [29.] Büyüktür, A.R, "Termodinamiğin Temel Yasaları", Termodinamik cilt 1, Uludağ Üniversitesi Basımevi, 1986
- [30.] Yılmaz, T, "Transfer Proseslerinde Deneysel ve Teorik Bulguların Yaklaşık İfadesinde Genel Esaslar", Isı Bilimi ve Tekniği cilt 2 ,sayfa 41-46, 1979

**EKLER****Ek 1 : Elektroşok ısıtma sisteminin fotoğrafı**

**Ek 2 :** Elektroşok ısıtma cihazının fotoğrafı





**Ek 3** : Elektroşok ısıtma cihazı ve tesisatın fotoğrafı

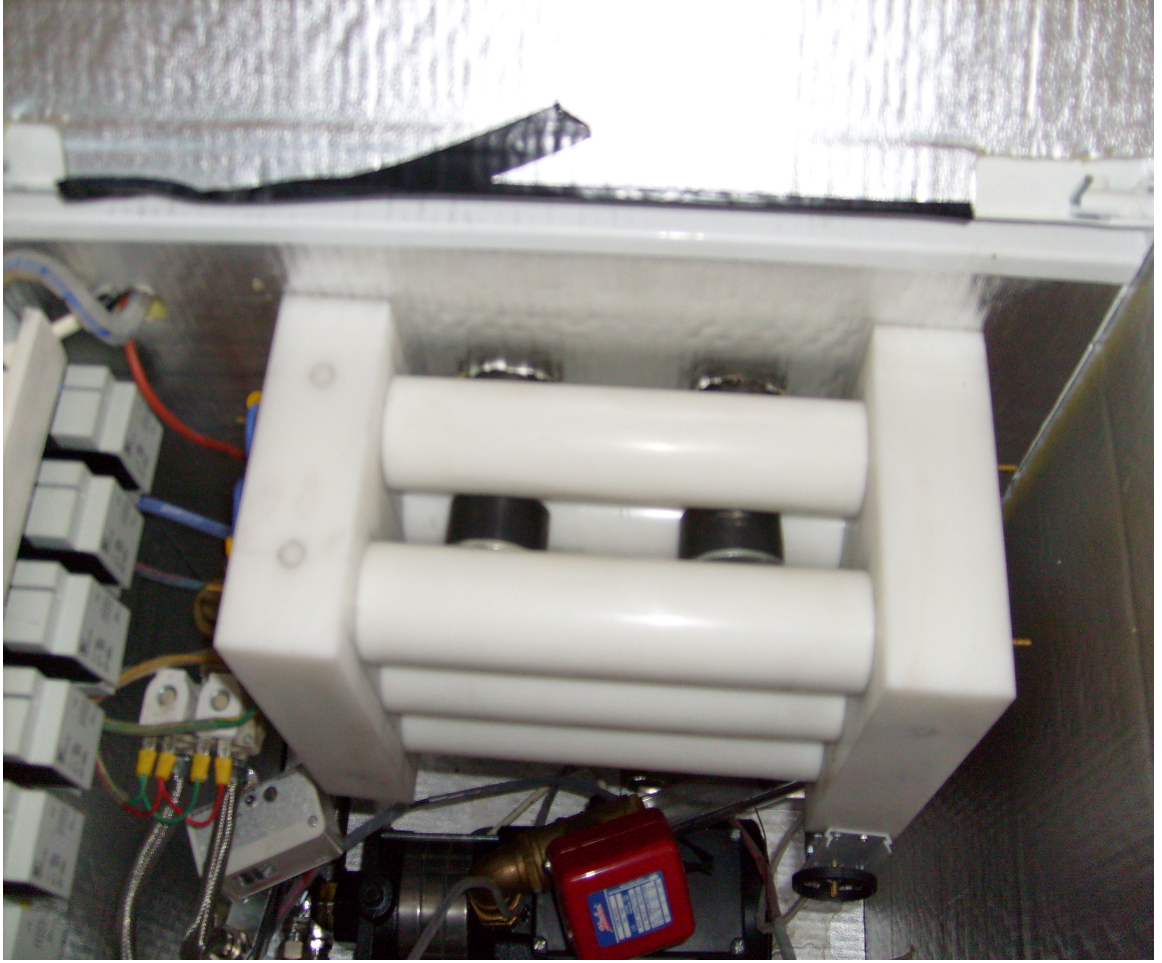


Ek 4 : Elektrosok ısıtma sistemi kontrol panosu fotoğrafı





**Ek 5 :** Elektroşok ısıtma ünitesi fotoğrafı

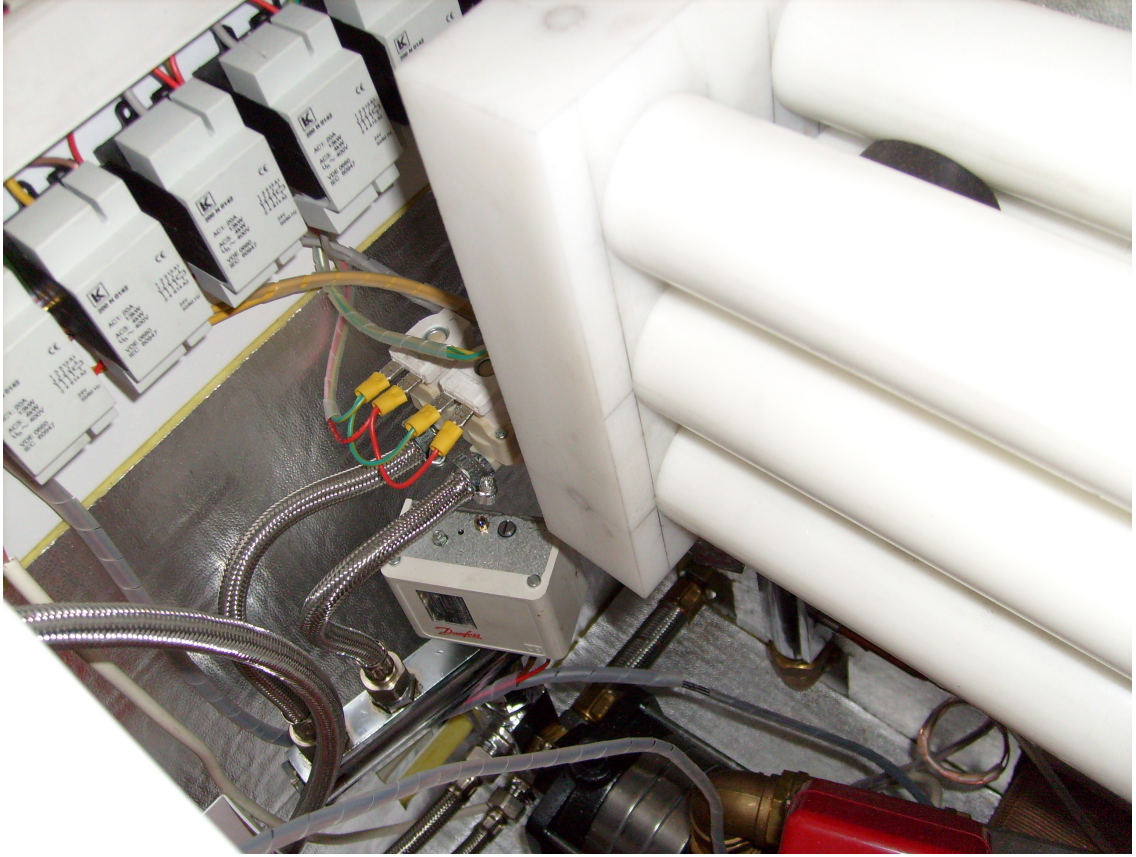


**Ek 6 :** Elektroşok ısıtma cihazının pompa ve presostat fotoğrafı





**Ek 7 :** Elektroşok ısıtma cihazının kolektör ve kontrol üniteleri fotoğrafı



**Ek 8** : Elektroşok ısıtma cihazının soğuk ve sıcak su bağlantı fotoğrafı





**Ek 9 :** Deney Düzenegi fotografi

