

**İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ TASARRUFU
ve SİSTEMDEKİ AKIŞKANA KATKILI SIVI İLAVESİNİN ISI
TRANSFERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

Haldun SÜLÜK

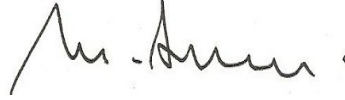
Danışman: Prof. Dr. Rasim KARABACAK

Ocak, 2010

DENİZLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

Haldun SÜLÜK tarafından Prof. Dr. Rasim KARABACAK yönetiminde hazırlanan “İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Tasarrufu ve Sistemdeki Akışkana Katkılı Sıvı İlavesinin Isı Transferine Etkisinin İncelenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Mustafa ACAR

Jüri Başkanı



Prof. Dr. Rasim KARABACAK

Jüri Üyesi (Danışman)



Yard. Doç. Dr. Fevzi KÖSEOĞLU

Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Halil KARAHAN
Müdür

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya beni yönlendiren, değerli bilgilerini, ilgi ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen ve çalışmanın ortaya çıkmasında büyük katkısı bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Rasim KARABACAK'a, ayrıca yardımlarından ve katkılarından dolayı Araş. Gör. Dr. Gülay YAKAR'a ve Araş. Gör. Öner ATALAY'a, deneyler için bize katkılı akışkan sağlayan Hydromx firmasına ve Makina Mühendisi İsmail ÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Haldun SÜLÜK

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.



İmza :
Öğrenci Adı Soyadı : Haldun SÜLÜK

ÖZET

İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ENERJİ TASARRUFU ve SİSTEMDEKİ AKIŞKANA KATKILI SIVI İLAVESİNİN ISI TRANSFERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Sülük, Haldun
Yüksek Lisans Tezi Makina Mühendisliği ABD
Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Rasim KARABACAK

Ocak 2010, 87 Sayfa

Artan enerji maliyetleri nedeniyle enerjinin kullanıldığı tüm sektörlerde enerji tasarruf çalışmaları zorunlu hale gelmiştir. Enerjiden yapılan tasarruf ile bireyler bu tasarrufu yaşamlarının başka bölümlerinde değerlendirebilir, işletmeler ise tasarruf sayesinde daha da rekabetçi olabilirler. Enerji tasarrufu sayesinde doğanın daha temiz olacağı da unutulmamalıdır.

Bu çalışmada, iklimlendirme sistem elemanlarında yapılan enerji tasarruflarının yanı sıra, sulu ısıtma sistemlerinde kullanılan katkılı bir akışkanın enerji performansı incelenmiştir. Önce uygun karışım oranı tespit edildi, daha sonra kanatlı borulu ısıtıcıya sahip bir deney düzeneğinde su giriş-çıkış sıcaklığı, hava giriş-çıkış sıcaklığı, süre ve enerji tüketim değerleri ölçülmüştür. Enerji tasarrufu için kullanılan bu katkılı akışkanın daha erken ısındığı ve daha geç soğuduğu gözlemlenmiştir. Daha erken hedef sıcaklığına ulaştığı ve daha geç soğuduğu için enerji tasarrufu sağladığı, yapılan deneylerle ölçülmüştür. %50 katkılı akışkanın ve %50 şebeke suyu karışımının ideal olduğu, ve bu karışımın %100 şebeke suyu ile karşılaştırıldığında ısıtmada enerji tasarrufunun % 17 olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklimlendirme, Enerji Tasarrufu, Katkılı akışkan

Prof. Dr. Rasim KARABACAK

Prof. Dr. Mustafa ACAR

Yard. Doç. Dr. Fevzi KÖSEOĞLU

ABSTRACT

ENERGY SAVING AT AIR CONDITIONING SYSTEMS AND ANALYZING THE EFFICIEINCY ON HEATING TRANSFER USING FLUID WITH ADDITIVE IN THE SYSTEMS

Sülük, Haldun
M. Sc. Thesis in Mechanical Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Rasim KARABACAK

January 2010, 87 Pages

In all industrial and residential, energy saving is an important subject due to increasing energy cost. Also, it helps to avoid environmental pollution. Thanks to energy saving, people and companies can reap a profit. Companies can more compete.

In this study, energy performance of a fluid with additive used in heating system with water has been analyzed, beside energy saving doing thanks to air-conditioning system components. First of all, suitable mixture rate has been determined during experimental. After that, air enter-exit, water enter-exit, time and energy consumption values has been measured. As a result, the fluid with additive is heating earlier and cooling later than water. Thus, energy saving is done. 50% fluid with additive and 50% water mixture is ideal. When compare this mixture according to 100 % water , energy saving rate is 17%.

Keywords: Air-conditioning, Energy saving, Fluid with additive.

Prof. Dr. Rasim KARABACAK

Prof. Dr. Mustafa ACAR

Asst. Prof. Dr. Fevzi KÖSEOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Yüksek Lisans Tezi Onay Formu.....	i
Teşekkür.....	ii
Bilimsel Etik Sayfası.....	iii
Özet.....	iv
Abstract	v
İçindekiler	vi
Şekiller Dizini	vii
Tablolar Dizini.....	viii
Simge ve kısaltmalar dizini.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Üretimi ve Tüketimi.....	1
1.2. Enerji Tasarrufu ile İlgili Çalışmalar.....	3
2. İKLİMLENDİRME SİSTEMİ ÇEŞİTLERİ ve CİHAZLARI.....	5
2.1. İklimlendirme Sistemlerinin Uygulama Alanları.....	5
2.1.1. Endüstriyel iklimlendirme sistemi uygulama alanları.....	5
2.1.2. Konfor iklimlendirme sistemi uygulama alanları.....	5
2.2. Fan-coil Sistemleri.....	6
2.2.1. İki borulu fan-coil sistemler	7
2.2.2. Dört borulu fan-coil sistemler.....	8
2.3. Kanallı Havalandırma Sistemleri.....	8
2.4. Split Sistemler.....	9
2.4.1. Split sistem elemanları.....	10
2.4.2. Split sistemlerde inverter kontrollü sistemler	11
2.5. Sıcak Sulu Kalorifer Sistemleri.....	12
2.5.1. Merkezi kalorifer sistemi.....	12
2.5.2. Bireysel kalorifer sistemi.....	13
3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN ISI YÜKLERİNİN HESAPLANMASI... ..	15
3.1. Psikrometri ve Psikrometrik Diyagram.....	15
3.2. İklimlendirme İşlemleri.....	15
3.2.1. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma (özgül nem=sabit).....	17
3.2.2. Nemlendirme ve ısıtma.....	18
3.2.3. Soğutma ve nem alma.....	18
3.2.4. İki farklı hava akışlarının adyabatik olarak karıştırılması.....	20
3.3. İklimlendirme sistemlerinin projelendirilmesi.....	20
3.3.1. Isı kazançları hesabı.....	21
3.3.1.1. Dış ısı kazancı.....	21
3.3.1.1.1. Güneşten radyasyonla olan ısı kazancı.....	21
3.3.1.1.2. Çatıdan gelen ısı kazancı.....	22
3.3.1.1.3. Duvar ve Pencereleden olan ısı kazancı.....	22
3.3.1.1.4. İklimlendirme yapılmayan mahallerden dolayı ısı kazancı.....	24
3.3.1.1.5. Havalandırmadan dolayı gelen ısı yükü.....	25
3.3.1.2. İç ısı kazancı.....	27
3.3.1.2.1. İnsanlardan gelen ısı kazancı.....	27

3.3.1.2.2. Aydınlatmadan oluşan ısı kazancı.....	27
3.3.1.2.3. Makinalardan oluşan ısı kazancı.....	28
3.3.1.2.4. Kanallardan olan ısı kazancı.....	28
3.3.2. Isı Kayıpları Hesabı.....	28
3.3.3. Sistemde dolaşacak hava miktarının hesaplanması.....	30
3.3.4. Santral elemanlarının hesabı.....	31
3.3.4.1. Hava panjurları.....	31
3.3.4.2. Hava damperleri.....	31
3.3.4.3 Filtre.....	32
3.3.4.4. Yıkayıcı hücre.....	32
3.3.4.5. Su pompası.....	32
3.3.4.6. Aspiratör.....	33
3.3.4.7. Vantilatör.....	33
3.3.4.7. Hava Kanalları.....	33
4. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE CİHAZLARIN DOĞRU KULLANIMI ve ENERJİ TASARRUFU	35
4.1. Vantilatörlerde ve Pompalarda Enerji Ekonomisi.....	35
4.1.1. Vantilatör Tipleri.....	35
4.1.1.1. Merkezkaç vantilatör.....	35
4.1.1.1.1. Öne eğik kanatlı tip.....	37
4.1.1.1.2. Düz kanatlı kanal merkezkaç vantilatör.....	37
4.1.1.1.3. Arkaya eğik kanatlı kanal merkezkaç vantilatör.....	38
4.1.1.1.4. Uçak kanadı kesitli merkezkaç vantilatör.....	38
4.1.1.2. Eksenel vantilatör.....	39
4.1.1.2.1. Uçak pervaneli eksenel vantilatörler	40
4.1.1.2.2. Kovanlı eksenel vantilatörler.....	40
4.1.1.2.3. Ayarlanabilir kanatlı eksenel vantilatörler.....	41
4.1.2. Vantilatör kanunları.....	41
4.1.3. En uygun kanal tasarımı.....	43
4.1.4. İşletme sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar.....	45
4.1.5. Vantilatör kontrolü sırasında enerji ekonomisi.....	47
4.2. Isı Geri Kazanma Sistemleri.....	54
4.2.1. Rotatif depolayıcı kütleli rejeneratif ısı geri kazanım sistemi.....	54
4.2.2. Dolaşıma bağlı rejeneratif ısı geri kazanım sistemi	55
4.2.3. Reküperatif plakalı ısı geri kazanım sistemi	56
4.2.4. Isı boruları ile ısı geri kazanım sistemi.....	57
4.3. Termostatik Vanalar ve Oda Termostatları.....	58
5. SİSTEMDEKİ AKIŞKANA KATKILI SIVI İLAVE UYGULAMASIYLA ENERJİ TASARRUFU.....	60
5.1. Deney 1.....	60
5.2. Deney 2.....	66
5.2.1. Sadece Şehir Şebeke Suyu ile Deney Çalışması.....	70
5.2. 2. Şehir Şebeke Suyu ve Katkılı Sıvı ile Deney Çalışması.....	72
6.SONUÇ.....	75
KAYNAKLAR.....	76
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Türkiye'deki birincil enerji kaynakları üretim- tüketim ilişkisi.....	1
Şekil 2.1 Çeşitli fan-coil üniteleri.....	6
Şekil 2.2. Fan-coil detayı.....	7
Şekil 2.3. İki borulu fan-coil sistemi	7
Şekil 2.4. Dört borulu fan-coil sistemi.....	8
Şekil 2.5. Tek zonlu havalandırma sistemi.....	9
Şekil.2.6. Split sistemin iç ünitesi	10
Şekil.2.7. Split sistemin dış ünitesi.....	11
Şekil 2.8. İnverterli DC motor ve kompresör uygulaması	12
Şekil 2.9. Merkezi sistem bir kalorifer	13
Şekil 2.10. Bireysel sistemde kombi kullanımı.....	14
Şekil 3.1. Psikrometrik diyagram (Çengel-Boles 1996).....	15
Şekil 3.2. Değişik iklimlendirme sistemleri.....	16
Şekil 3.3. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma; özgül nem=sabit.....	17
Şekil 3.4. Duyulur soğutma	17
Şekil 3.5. Nemlendirme ve ısıtma	18
Şekil 3.6. Soğutma ve nem alma	19
Şekil 3.7. Havanın adyabatik olarak karıştırılması.....	20
Şekil 4.1. Merkezkaç vantilatör.....	36
Şekil 4.2. Merkezkaç vantilatörün yapısı ve ana parçaları	36
Şekil 4.3. Öne eğik kanatlı tip	37
Şekil 4.4. Düz kanatlı kanal merkezkaç vantilatör	37
Şekil 4.5. Arkaya eğik kanatlı kanal merkezkaç vantilatör.....	38
Şekil 4.6. Uçak kanadı kesitli merkezkaç vantilatör.....	39
Şekil 4.7. Eksenel vantilatör.....	39
Şekil 4.8. Uçak pervaneli eksenel vantilatörler	40
Şekil 4.9. Kovanlı eksenel vantilatörler.....	41
Şekil 4.10. Ayarlanabilir kanatlı eksenel vantilatörler	41
Şekil 4.11. Ekonomik analizin grafik çözümü.....	43
Şekil 4.12. Frekans kontrollü sistem ile normal sistemin akım karşılaştırması.....	49
Şekil 4.13. Frekans kontrol cihazının çalışma prensibi.....	49
Şekil 4.14. Kontrol sistemlerinin karşılaştırılması.....	51
Şekil 4.15. Pompalara frekans konvertör uygulaması.....	52
Şekil 4.16. Frekans konvörter sisteminin karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.17. %60 debide hız kontrol ile kısma kontrolünün karşılaştırılması.....	53
Şekil 4.18. Pompalardaki tipik yaşam devresi maliyetleri.....	53
Şekil 4.19. İçeriye verilen hava ve içeriden alınan hava için rejeneratif ısı değiştiricisi.....	55
Şekil 4.20. Su dolaşım sistemi ile havalandırma tesisatlarından ısı geri kazanımı	56
Şekil 4.21. Hava akış yönleri	57
Şekil 4.22. Reküperatif plakalı ısı geri kazanım sistemi	57
Şekil 4.23. Isı boruları ile ısı değiştirici.....	58
Şekil 4.24. Termostatik vana.....	58
Şekil 4.25. Termostatik vana yapısı.....	59
Şekil 4.26. Çeşitli oda termostatları.....	59

Şekil 5.1. Etüv.....	60
Şekil 5.2. İçinde akışkan bulunan beherler.....	61
Şekil 5.3. Etüv'de akışkanların ısınma grafiği.....	63
Şekil 5.4. Dış ortamda akışkanların soğuma grafiği.....	64
Şekil 5.5. Çalışmada kullanılan kanat – boru tipi ısı değiştiricisi ile ilgili deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	65
Şekil 5.6. Testo 950 sıcaklık ölçer.....	67
Şekil 5.7. Deney düzeneğinin resmi.....	69
Şekil 5.8. Deney düzeneğinin içindeki kanatlı boru.....	69
Şekil 5.9. %100 saf şebeke suyu ile %50 katkılı sıvı ve %50 saf şebeke suyu karışımının 25°C başlangıç sıcaklığından başlayarak 5°C'lik sıcaklık artışları için gerekli süre ve akışkan sıcaklığı grafiği.....	73
Şekil 5.10. %100 saf şebeke suyu ile %50 katkılı sıvı ve %50 saf şebeke suyu karışımının 25°C başlangıç sıcaklığından başlayarak 5°C'lik sıcaklık artışları için gerekli enerji tüketim ve akışkan sıcaklığı grafiği.....	73

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye'nin birincil enerji kaynakları tüketim-üretim hedefleri.....	2
Tablo 3.1. Güneş radyasyonuyla çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı yükü; 40°C kuzey enlemi, W/m ²	21
Tablo 3. 2. Eş değer sıcaklık farkı, ΔT_{es} , 40°C Kuzey enlemi.....	23
Tablo 3.3. İç ve dış hava tarafındaki ısı taşınım katsayıları.....	23
Tablo 3. 4. Pencere ve kapıların ısı iletim katsayıları.....	25
Tablo 3.5. İklimlendirilmeyen mahaller ile olan sıcaklık farkları	25
Tablo 3.6. İnsan başına gerekli hava miktarı (m ³ /h)	26
Tablo 3.7. İnsanlardan gelen ısı kazancı	27
Tablo 3.8. Isı kaybı hesabı cetveli.....	29
Tablo 5.1. Etüv'de ele alınan farklı akışkanların ısınma süreleri.....	62
Tablo 5.2. Dış ortamda akışkanların soğuma tablosu.....	64
Tablo 5.3. 200 kg %100 saf şebeke suyu ile 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları, Zaman-Sıcaklık ilişkisi	70
Tablo 5.4. 200 kg %100 saf şebeke suyu ile 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları, Enerji tüketim-Sıcaklık ilişkisi	70
Tablo 5.5. 200 kg karışımli akışkan ile (%50 saf şebeke suyu ve %50 katkıli sıvı) 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları, Zaman-Sıcaklık ilişkisi.....	72
Tablo 5.6. 200 kg karışımli akışkan ile (%50 saf şebeke suyu ve %50 katkıli sıvı) 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları, Enerji tüketimi-Sıcaklık ilişkisi.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
TEP	Ton eşdeğer petrol
m	Metre
α	Isı taşınım katsayısı ,W/m ² K
d	Duvar kalınlığı, m
λ	Isı geçirgenliği hesap değeri, W/mK
ρ	Havanın yoğunluğu, kg/m ³
Q _o	Zamsız ısı kaybı, W
K	Isı iletim katsayısı, W/m ² K
A	Yapı bileşeni alanı, m ²
Q _R	Pencerelerden olan ısı kazancı, W
A	Pencere alanı, m ²
Q _G	Birim alana radyasyonla olan ısı ışınmımı, W/m ²
Z _D	Birleştirilmiş artırım katsayısı
Z _H	Yön artımı kat sayısı
Z _W	Yüksek kat artımı kat sayısı
Q _S	Hava sızıntısı kaybı, W
Z _e	Köşe arttırım kat sayısı, birimsiz
h	Entalpi
Δt	Sıcaklık farkı °C
$\Delta t_{eş}$	Eş değer sıcaklık farkı °C
n _p	Panjur adeti
n _i	İnsan sayısı
D	Vantilatör boyutu, m
Q _D	Duyulur ısı kazancı, W
Q _G	Gizli ısı kazancı, W
v	İnsan başına gerekli hava miktarı (m ³ /h)
Q ₀	Debi m ³ /h
P	Basınç, kPa
N	Güç, kW
n	Devir sayısı, d/d
η	Verim
M _t	Sistem maliyeti
M _p	İşletme maliyeti
M _s	Yatırım maliyeti
E _p	Senelik işletme gideri
E _L	Elektrik birim fiyatı
COP	Soğutma performans kat sayısı
η_{cop}	Vantilatör performans katsayısı
T	Sistem çalışma süresi
i	Senelik faiz
j	Senelik enflasyon
P _s	Başlangıç sistem maliyeti
CRF	Geri kazanma kat sayısı
U	Gerilim (volt)
Z	Empedans (Ω)

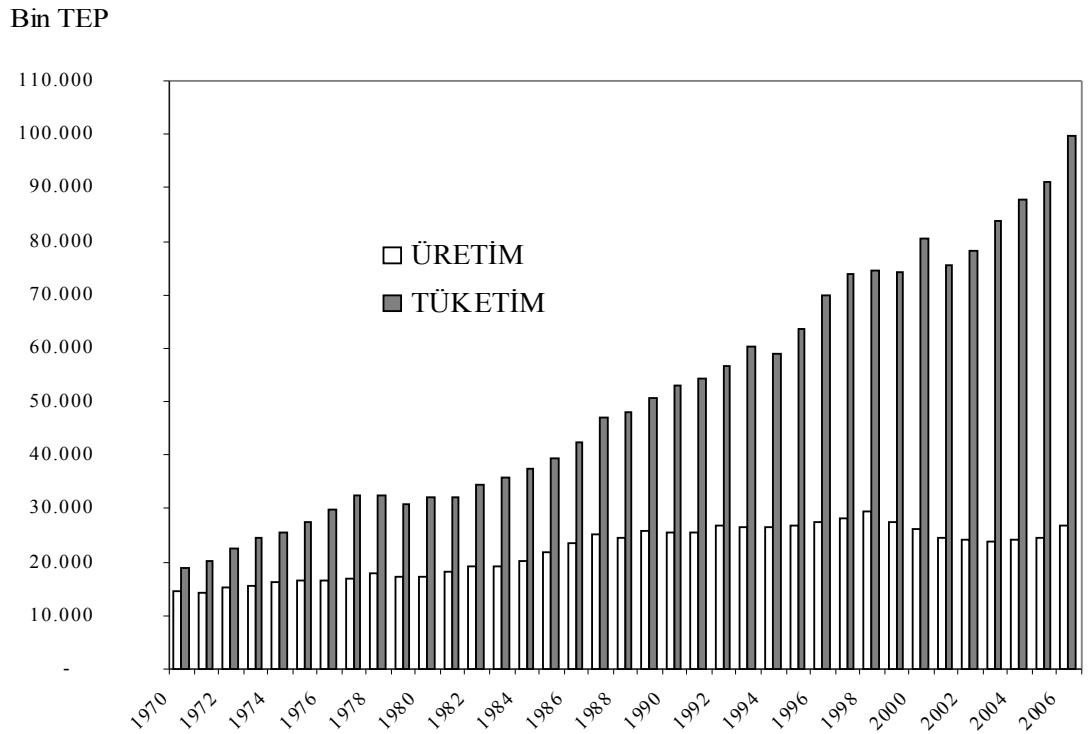
ω	Açısal frekans (rd/s)
L	Endüktans
I	Akım, A
Φ	Magnetik akı
f	Frekans
k	Motor sabiti
G	Yıkama suyu miktarı (kg/h)
M	Kilogram hava başına düşen su (kg su /kg hava)

1. GİRİŞ

1.1. Enerji Üretimi ve Tüketimi

Hem yaşam alanlarında hem de endüstriyel alanlarda belli bir konfor sağlanması için iklimlendirme sistemleri gereklidir. Mevcut sistemlerde belirli bir konfor için belirli bir enerji kullanılmalıdır. Gün geçtikçe, hem birey olan insanların sosyal yaşantısındaki gelişme nedeniyle daha fazla enerji ihtiyacı hem de sanayisi gelişen ülkelerin enerji ihtiyacı artmaktadır.

Bugünkü rezervlere göre petrol 40 yıl, doğalgaz 64 yıl, kömür 200 yıl sonra tükenecektir (Anonim 2006). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre 1970 yılından bu yana Türkiye'nin birincil enerji kaynağı üretimi ve tüketimi Şekil 1.1. karşılaştırılmıştır. (WEB_1 2008)



Şekil 1.1 Türkiye'deki birincil enerji kaynakları üretim- tüketim ilişkisi (WEB_1 2009)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın enerji talep ve üretim tahminlerine göre Tablo 1.1 oluşturulmuştur (WEB_1 2009). Tablo 1.1'de görüldüğü gibi 2009 yılında 112 Milyon TEP olan birincil enerji tüketiminin 2020 Yılında 222 Milyon TEP olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 1.1.Türkiye'nin birincil enerji kaynakları tüketim-üretim hedefleri (WEB_1 2009)

YILLAR	TÜKETİM	ÜRETİM		İTHAL EDİLECEK	
	(Bin TEP)	(Bin TEP)	%	(Bin TEP)	%
2009	119.026	37.076	% 31	81.950	% 69
2010	126.274	37.516	% 30	88.759	% 70
2011	133.982	39.269	% 29	94.714	% 71
2012	142.861	43.218	% 30	99.644	% 70
2013	150.890	45.278	% 30	105.612	% 70
2014	160.211	49.842	% 31	110.369	% 69
2015	170.154	54.514	% 32	115.640	% 68
2016	178.455	56.634	% 32	121.821	% 68
2017	187.923	59.024	% 31	128.899	% 69
2018	198.911	61.989	% 31	136.921	% 69
2019	210.236	64.163	% 31	146.073	% 69
2020	222.424	66.094	% 30	156.330	% 70

Türkiye'nin artan nüfusu ve gelişen sanayisi ile nedeniyle enerji tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye enerjisinin %70 'ini dışarıdan aldığı için ekonomisini de kötü yönlü etkilemektedir. Yıllık ortalama enerji tüketimi 100 Milyon TEP'yi bulmuştur.

Fosil yakıtların yakın zamanda tükeneceği tahminleri ve bu yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan zararlı gazların çevreye verdiği zarar nedeniyle alternatif enerjiler araştırılmaktadır. Bu alternatif enerji çalışmalarının yanı sıra mevcut olan en iyi şekilde değerlendirmek üzerine yapılan çalışmalardır; enerji tasarruf çalışmalarıdır.

Sürekli artan enerji fiyatları, enerji tasarruf yöntemlerine olan ilgiyi arttırmıştır. Konfor şartlarını değiştirmeden mevcut iklimlendirme sistemlerinde bazı değişiklikler sonucu tasarruf yapmak mümkün olabilmektedir. Enerji tasarrufu yapılırken sadece enerji faturalarındaki toplam bedeller aşağı çekilmez, bununla beraber enerji kaynakları

verimli kullanılmış olur. Bunun sonucu gelecek nesillere mevcut enerji kaynaklarını iletebilmek daha da mümkün olabilecektir. Öte yandan, enerji tasarrufu ile özellikle özellikle katı yakıt tüketiminde ortaya çıkan atık baca gazlarındaki yüksek oranlı zararlı maddelerin atmosfere salınımı daha az olacak ve daha yaşanabilir bir dünya sağlayacaktır.

1.2. Enerji Tasarrufu ile İlgili Çalışmalar

“Sanayide Enerji Yönetimi Esasları” isimli yayının 4.Cildinde atık ısıdan geri kazanım sistemleri ve enerji tasarruf yatırımları mali analiz yöntemleri ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Karagözyan (2002) çok üniteli klima sistemlerinin kanallı tip split klima cihazları ile karşılaştırılması, maliyet analizlerinin yapılması, optimum şartların belirlenmesi ve enerji tüketim karşılaştırmasını yapmıştır. Soğutma yükü artıkça çok üniteli klima sistemlerini kullanmak kanallı tip split klimalara göre maliyet açısından daha avantajlı bir durumu gelmektedir.

Akkaya (1998) Adana’da 1 zemin, 4 normal katlı bir binanın merkezi ısıtma ile kat bazında ısı pompasıyla iklimlendirmenin yatırım ve işletme masrafları yönünden incelenmemiştir. Örnek bir binada ısı kayıpları hesaplanmış sonrasında merkezi ısıtma ve duvar tipi klimayla soğutmayı, ısı pompalı iklimlendirme sistemine göre kıyaslama yapılmıştır. Isı pompalı sistemler çevreye daha duyarlı olmasını rağmen ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Gültekin (2001) bina iklimlendirmesinde enerji tasarrufu, verim ve maliyet analizini yapmıştır. Isı geri kazanım cihazları ile enerji tasarrufunu incelemiştir. Enerji tasarruf uygulamaları sonucu yatırımın geri dönüş süreleri hesaplanmıştır.

Ergin (2000) merkezi klima sistemlerinin uygulama ve enerji tüketimleri yönünden karşılaştırmıştır. Bina tipine göre hangi iklimlendirme sisteminin uygun olacağı karşılaştırmalı olarak belirtilmiştir.

Mathews, Botha, Arndt ve Malan (2001) yazmış oldukları makalede iklimlendirme

tesisatlarındaki elemanların kontrolü sonucu tüketilen enerjinin minimize edilebileceğini belirtilmiştir. Sistem elemanları olan vantilatör, pompa, ısıtma ve soğutma cihazlarının ayrı ayrı tükettikleri enerjiler hesaplanmış ve bunlar üzerinde yapılabilecek kontrol anlatılmıştır.

2. İKLİMLENDİRME SİSTEMİ ÇEŞİTLERİ ve CİHAZLARI

İnsanlar kendilerini rahatsız etmeyen ortam koşullarında yaşamak veya çalışmak ister. Bununla beraber belirli malzemelerin üretimini, daha kaliteli ve daha verimli yapabilmek için belirli bir ortam şartı istenmektedir. Bu şartları sağlayan sistemlere iklimlendirme veya klima sistemleri denir. Bir iklimlendirme sisteminde aşağıdaki hususlar kontrol altına alınmalıdır.

- Sıcaklık
- Nem
- Basınç
- Hava hızı
- Gürültü

2.1. İklimlendirme Sistemlerinin Uygulama Alanları

2.1.1. Endüstriyel iklimlendirme sistemi uygulama alanları

- Tekstil
- Tütün
- Şekercilik
- İlaç
- Gıda
- Kimya
- Madenler

2.1.2. Konfor iklimlendirme sistemi uygulama alanları

- Hastaneler
- Konutlar
- Bankalar
- Tiyatro ve sinemalar
- Büyük mağazalar
- Terminaller

- Uçak, gemiler, arabalar, uzay araçları
- Oteller

Gelişmekte olan iklimlendirme sektöründe, tanımlanan ısı yüklerini karşılayıp istenen konfor şartlarını sağlayan sistemler aşağıdaki gibidir:

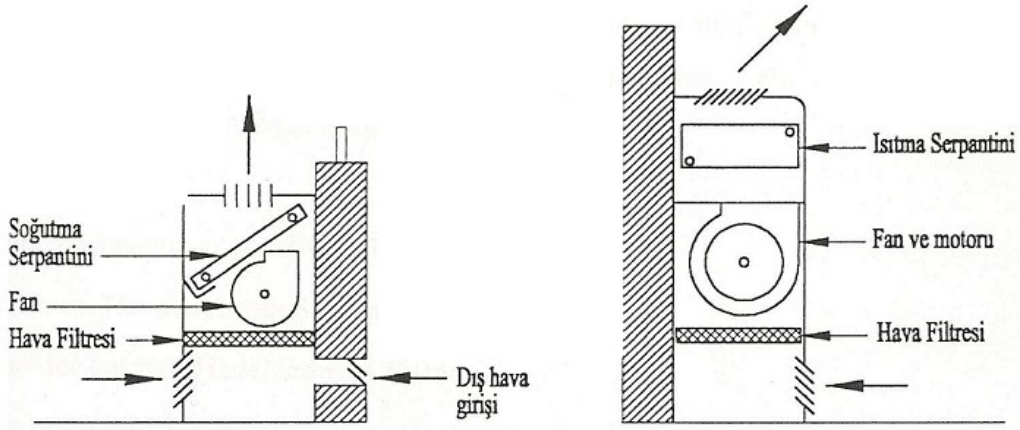
- Fan-Coil Sistemleri
- Kanallı havalandırma Sistemleri
- Split sistemler

Ve ayrıca sadece ısıtma ihtiyacını gideren;

- Sıcak sulu kalorifer sistemleri (radyatörlü sistemler, yerden ısıtma sistemleri) 'dir.

2.2. Fan-coil Sistemleri

Fan-coil cihazı, diğer adıyla üfleme konvektör veya salon tipi sıcak hava cihazı, kanatlı borulardan serpantini üstte, altta ise hava hareketini sağlayan radyal fan ve filtresi bulunan bir ısıtma ve soğutma elemanıdır. (Tuncay 1999)



Şekil 2.1 Çeşitli fan-coil üniteleri (Tuncay 1999)

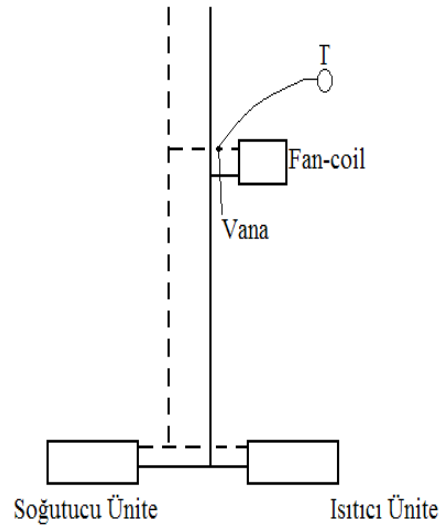
Fan-coil sistemi, fan-coil cihazı, primer hava sistemi ve kanallaması, hava filtresi, egzost sistemi ve kanallaması, üfleme ve emiş menfezleri, otomasyon sistemi, soğutma ve ısıtma suyu dağıtım sistemlerinden oluşmaktadır. Fan-coil sistemi 2 borulu ve 4 borulu olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 2.2. Fan-coil detayı (WEB_2 2010)

2.2.1. İki borulu fan-coil sistemler

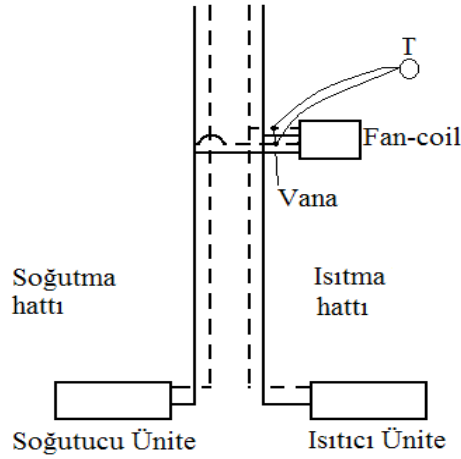
Bu sistemlerde mevsimlik ısıtma veya soğutma yapılabilmekte her mahal aynı anda ya ısıtılmakta ya da soğutulmaktadır. Mahaller arasındaki ısıtma veya soğutma derecelerindeki farklılık, otomatik kontrol sistemleri ile kontrol edilen 3 yollu motorlu vanalar ile sağlanır.



Şekil 2. 3. İki borulu fan-coil sistemi (Karagözyan 2002)

2.2.2. Dört borulu fan-coil sistemler

Bu sistemde soğutma hattı gidiş-dönüş ve ısıtma hattı gidiş-dönüş boruları olmak üzere 4 tane boru vardır. Yoğuşma suyunu almak için bunlara ilaveten drenaj borusu da çekilir. Fan-coil ünitesinde biri ısıtıcı biri soğutucu olmak üzere 2 serpantin vardır. Dört borulu sistemlerin en önemli özelliği aynı anda farklı mahallere ön görülen konfor şartlarına ulaşabilir olmasıdır.



Şekil 2. 4. Dört borulu fan-coil sistemi (Karagözyan 2002)

2.3. Kanallı Havalandırma Sistemleri

Bu sistemlerde, mahallin ısıtma ve soğutma yükleri ve konfor şartları ortalama üflenen taze hava ve ortamdaki çekilen egzost sayesinde sağlanır.

Üfleme havasında istenilen konfor şartları, santral denilen cihazda sağlanır. Santral fan, ısıtma serpantini, soğutma serpantini, filtre, karışım hücresi, ayar damperi, sıcaklık ve basınç ölçüm cihazları gibi bölümlerden oluşan bir cihazdır.

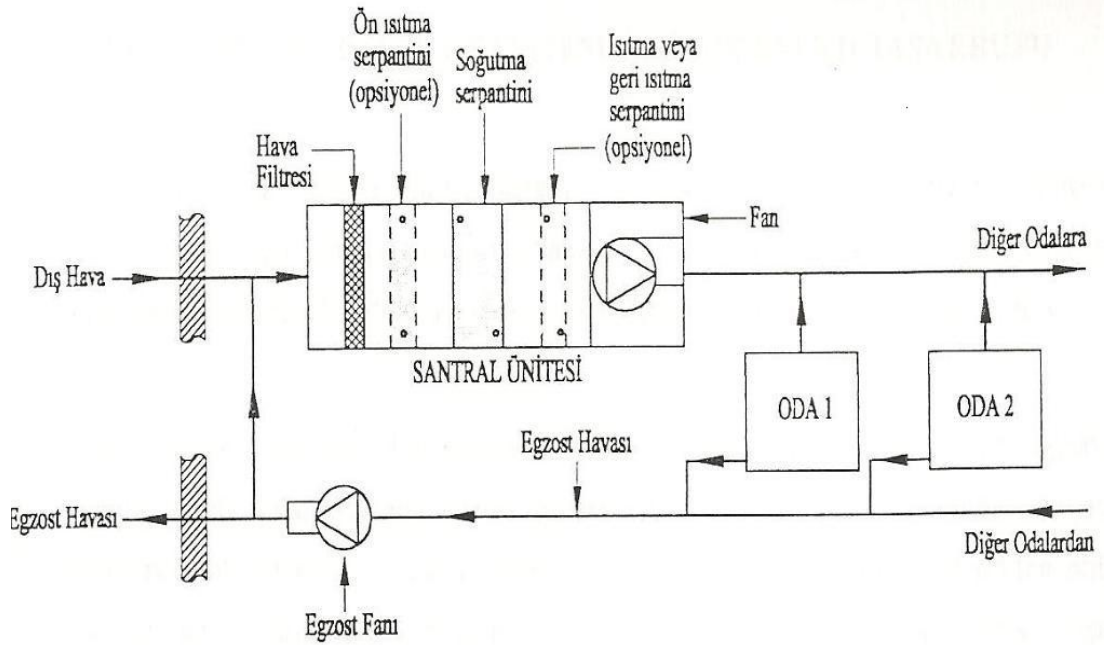
Şartlandırılan üfleme havası kanallarla santrallerden mahallere taşınır. Aynı şekilde mahaldeki egzost havasının bir kısmı atmosfere, bir kısmı da taze havayla karıştırılmak üzere santrale gönderilir.

Bazı sistemlerde kalabalık ortamlardaki ısınmış egzost gazının ısısından

faaydalanmak üzere santrale ısı geri kazanım cihazları konulmaktadır. Bu sistemler sonraki bölümlerde kapsamlı olarak ele alınacaktır.

Havalandırma sistemleri çeşitli sınıflara ayrılmaktadır;

- Tek Zonlu Havalandırma Sistemi
- Sekonder Isıtmalı Havalandırma Sistemi
- Hava Karışımllı Sistemler
- Hava Karışımllı – Çift Kanallı Sistemler
- İndüksiyonlu Sistemler
- Değişken Hava Hacimli Sistemler`dir (VAV-Variable air volume).



Şekil 2.5. Tek zonlu havalandırma sistemi (Gültekin 2001)

2.4. Split Sistemler

Split sistemlerin en önemli özellikleri; istenilen mahali istediğin sıcaklıkta, istenilen fan hızında ısıtma veya soğutma yapabilmeleridir. Isıtma veya soğutma yapmak için cihaz üzerinden veya kumandasından gerekli düğmelere basmak yeterlidir.

Son yıllarda üretilen yüksek teknoloji ürünü split sistemler ısıtma-soğutmanın yanı sıra, mahalın nemini almak ve filtreizasyon da yapabilmektedirler.

2.4.1. Split sistem elemanları

Split sistemler; iki adet ısı değıştirci (kondenser ve evaporatör), kompresör, bakır boru bağlantıları, genişleme vanası veya kılcal borular, kontrol elemanları ve fanlardan oluşur. Split sistemlerde kompresör dış ünite de bulunur. İç ünite, yere, duvara, pencereye ve tavana sabitlenebilir. Kanal tipli olanları da vardır. En yaygın olanı duvar tipidir. Bir iç ünite ve bir dış ünite vardır. Bir dış ünite ile birden fazla iç ünite kontrol edilebilmektedir; bunlara multi sistemler denir. Bu iki ünitenin arasında akışkanın geçtiği bakır borular ve elektrik bağlantısı vardır. Bu sistemde kullanılan akışkan freon gazıdır. Split sistem üreticileri, son yıllarda, doğayla dost olan R410 tipi freonu tercih etmektedirler. Soğutma çevriminde; iç ünite de bulunan ısı değıştirci evaporatör, dış ünite de ısı değıştircisi ise kondenser olarak adlandırılır. Soğutma çevriminde ısı içeriden dışarı pompalanır. Fakat ısıtma çevriminde, akış ters çevrilir; iç ünite kondenser, dış ünite evaporatör vazifesi görür. Bu durumda ise ısı dışarıdan içer pompalanır.

Duvar tipi olanlarda, iç ünitenin üzerinde olan kanatlar ile hava akışı yönlendirilir. Ayrıca üfleme fanının hızı kademeli olarak ayarlanabilir. Cihazlarda filtre bulunur, bu sayede mahal havasının fitrelenmesi sağlanır.

Dış ünite de bulunan kondenser serpantin yüzeylerinin büyük olması cihaz verimini artırır. Dış ünitelerin montajı yapılırken, ısıtma sırasında yoğuşma olacağı için montaj yeri ona göre belirlenmelidir.



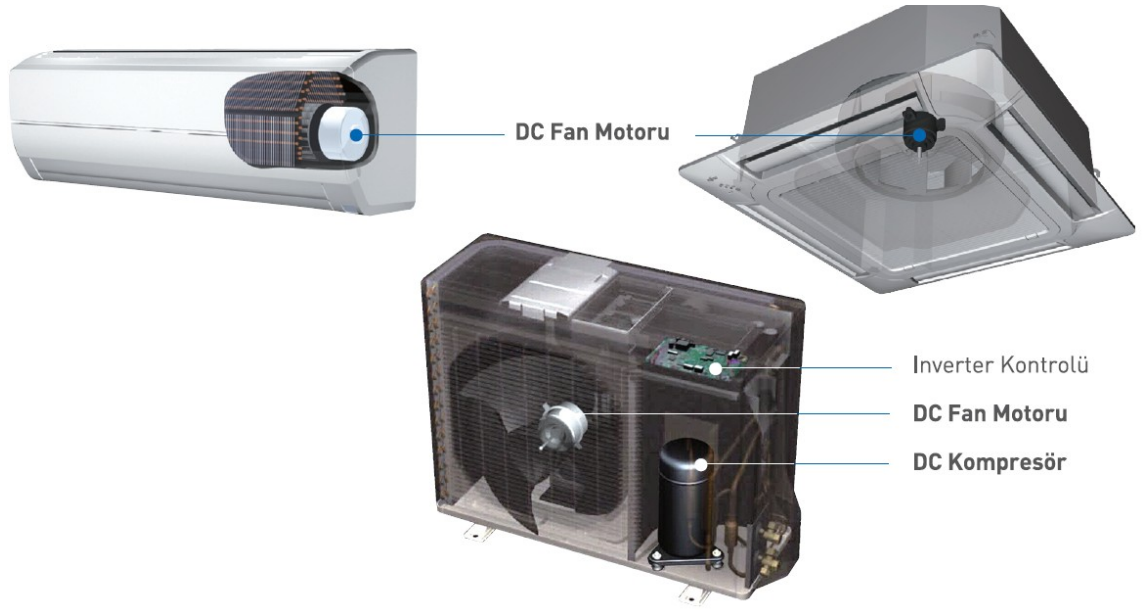
Şekil.2.6. Split sistemin iç ünitesi (WEB_3 2009)



Şekil.2.7. Split sistemin dış ünitesi (WEB_3 2009)

2.4.2. Split sistemlerde inverter kontrollü sistemler

İnverterli split sistemler büyük enerji tasarrufu sağlamaktadır. Normal sistemlere hedef mahal sıcaklığına ulaşınca kendini kapatır. Ama inverterli sistemler DC motor ve DC kompresörler ile belirli hedef sıcaklığa ulaşmak için yüksek performansla çalışmaya başlar, hedefe ulaştıktan sonra motor devirlerini düşürür ama sistemi kapatmaz. Mesela; nominal çalışması 22.000 BTU olan bir sistem, inverter kontrol özelliği sayesinde 4.000-30.000 BTU arasında çalışabilmektedir. Sistemde dur-kalklar olmadığı için daha verimli çalışma olmaktadır. Motorların GC olması nedeniyle elektrik kaybı azalmış ve güç tüketimi büyük ölçüde düşürülmüştür. Bunun yanı sıra motor devri mümkün hale geldiği için, ısı transferi verim ve yıllık güç tüketimi hava akışı artırılarak düşürülmüştür.



Şekil 2.8. İverterli DC motor ve kompresör uygulaması (WEB_3 2009)

Yeni kanunlara göre cihazların enerji tüketim değerlerinin cihaz üzerinde belirtilmesi zorunlu bir hale gelmiştir. Bunun amacı, tüketiciye enerji tüketimine yönelik doğru ve objektif bilgi sağlamak amacıyla, ayrıca tüketiciyi çevre dostu ürünleri kullanımına yönlendirmektir. (EK 12)

2.5. Sıcak Sulu Kalorifer Sistemleri

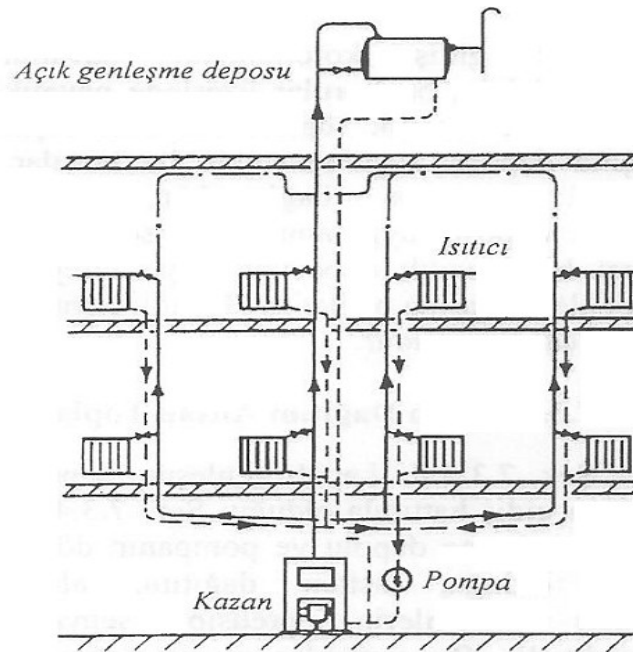
Çoğunlukla konutlarda kullanılan sistemlerdir. Bireysel veya merkezi olarak sistemler kurulur. Sıvı, gaz veya katı yakıtlı kazanlar ile ısıtma sağlanır. Bu sistemde yakacak türü , yatırım maliyeti, çevre etkileri, işletme maliyeti, konfor ve mevcut enerji kaynaklarına göre belirlenir.

2.5.1. Merkezi kalorifer sistemi

Isıtıcı akışkan olarak, sıcak hava, buhar, kızgın su ve kızgın yağ kullanılabilmesine rağmen günümüzde en çok kullanılan sıcak sudur. Merkezi sistemin avantajı tüm bağımsız birimler aynı anda ısıtıldığı için konfor şartları daha iyi yakalanır.

Tam kontrol sağlanamayan katı yakıtlar kullanıldığında mutlaka açık genleşme deposu kullanılmadır. Sıvı ve gaz yakıtlarda tam kontrol sağlandığından kapalı

genleşme depoları kullanılabilir.

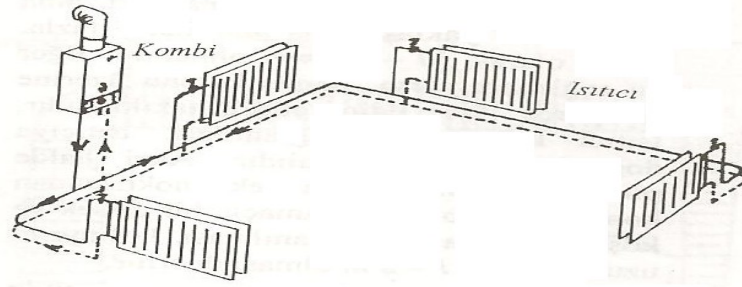


Şekil 2.9. Merkezi sistem bir kalorifer (Genceli-Parmaksızoğlu 2006)

Sirkülasyon pompaları yüksek sıcaklıklarda sorun yaratabildiği için, önceden daha soğuk olan dönüş hattına bağlanıyordu; şimdi ise sıcak suya daha dayanıklı pompalar üretildiğinden gidiş hattına bağlanması daha faydalıdır.

2.4.2. Bireysel kalorifer sistemi

Özellikle doğalgazın yaygınlaşması ile bireysel kalorifer sistemleri artmıştır. Hem mahal ısıtması hem de kullanım için sıcak su üreten cihazlara kombi denir. Özellikle sobalı evler doğalgaz yakan kombi veya kazan sistemleri kullanılmaya başlamıştır. Kombiler bacalı veya hermetik cihazlardır.



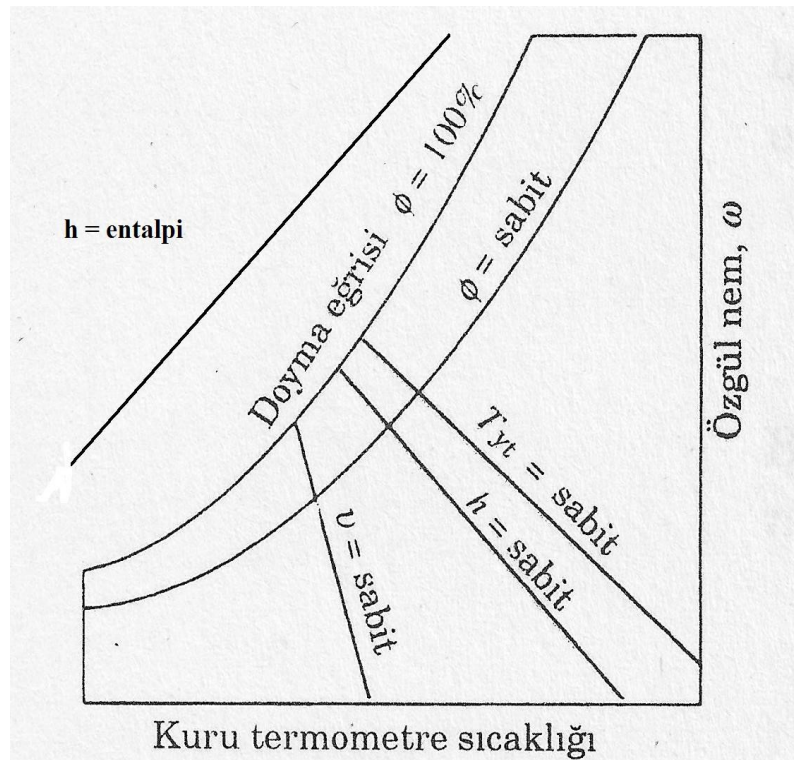
Şekil 2.10. Bireysel sistemde kombi kullanımı(Genceli-Parmaksızoğlu 2006)

3. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNİN ISI YÜKLERİNİN HESAPLANMASI

3.1. Psikrometri ve Psikrometrik Diyagram

Psikrometri, kuru hava ve su buharının özelliklerini inceleyen bilim dalıdır.

Psikrometrik diyagram, atmosferik havanın fiziksel özelliklerini veren bir diyagramdır.



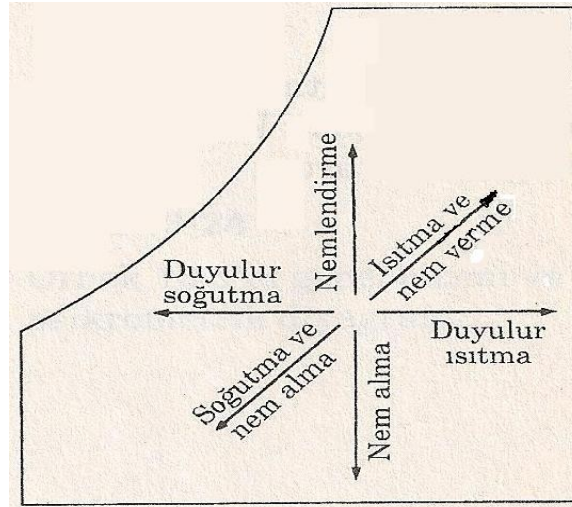
Şekil 3.1. Psikrometrik diyagram (Çengel-Boles 1996)

Kuru termometre sıcaklıkları yatay eksen, dikey eksen ise özgül nem yer almaktadır. Diğer parametreleri psikrometrik diyagram üzerinde görebiliriz.

3.2. İklimlendirme İşlemleri

İklimlendirme, bir ortamda istenilen sıcaklık ve nem değerlerine ulaşılabilmesi için, ısıtma, soğutma, nemlendirme veya nem alma işlemlerinin yapılmasıdır.

Bu işlemler psikrometrik diyagramında şöyle gösterilir.



Şekil 3.2. Değişik iklimlendirme sistemleri (Çengel-Boles 1996)

İklimlendirme işlemleri genellikle sürekli akışlı açık sistemlerde gerçekleşir. Bu nedenle işlemlerde sürekli akışlı açık sistemler için kütlelerin (hem kuru hava hem de su) ve enerjinin korunumu denklemleri uygulanmalıdır.

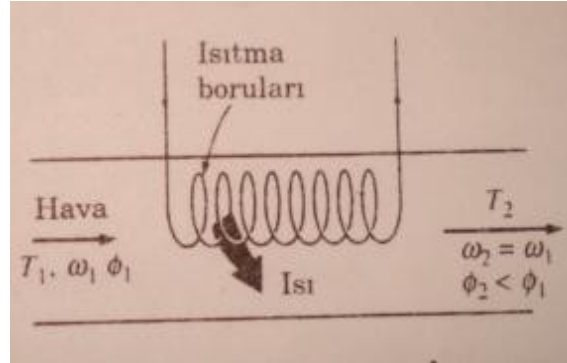
Kuru hava kütlesi
$$\sum \dot{m}_{a,g} = \sum \dot{m}_{a,\zeta} \quad (3.1)$$

Su kütlesi
$$\sum \dot{m}_{a,g} \omega_g + \dot{m}_{su,g} = \sum \dot{m}_{a,\zeta} \omega_\zeta + \dot{m}_{su,\zeta} \quad (3.2)$$

Enerji
$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_\zeta h_\zeta - \sum \dot{m}_g h_g \quad (3.3)$$

3.2.1. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma (özgül nem=sabit)

Duyulur ısıtma işlemi sırasında havadaki nem miktarı değişmez;



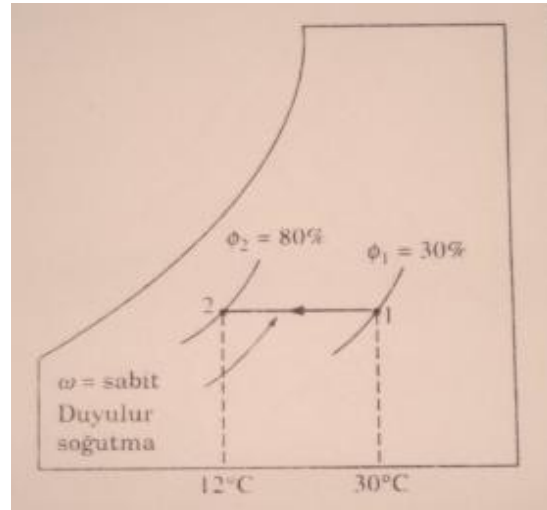
Şekil 3.3. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma; özgül nem=sabit (Çengel-Boles 1996)

ω =sabit

ϕ =azalıyor

Bunun nedeni bağıl nemin havadaki nem miktarının, havada aynı sıcaklıkta bulunabilecek en çok nem miktarına oranı olarak tanımlanması ve havada bulunabilecek nem miktarının sıcaklıkla artmasıdır.

Duyulur soğutma;



Şekil 3.4. Duyulur soğutma (Çengel-Boles 1996)

Özgül nem=sabit

Bağıl nem=artıyor

$$\dot{Q} = \dot{m}_a (h_2 - h_1)$$

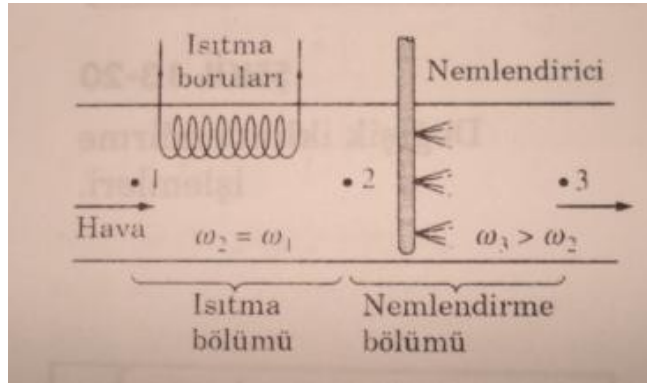
(3.4)

Giren ve çıkan hava eşit olduğundan;

$$q = (h_2 - h_1) \quad (3.5)$$

3.2.2. Nemlendirme ve ısıtma

Bu işlem havayı önce bir ısıtma bölümünden ardından da nemlendirme bölümünden geçirilerek elde edilir. 3 hali nemlendirmenin nasıl yapıldığına bağlıdır. Eğer nemlendirme buhar püskürtülerek gerçekleştirilirse beraberinde sıcaklık artar. Eğer nemlendirme su püskürtülerek yapılırsa hava sıcaklığı azalacaktır. Bu durumda hava, bu sıcaklık düşmesini karşılamak için ısıtma bölümünde daha fazla ısıtılmalıdır.



Şekil 3.5. Nemlendirme ve ısıtma (Çengel-Boles 1996)

Isıtma bölümü için kütle ve enerjinin korunumu denklemleri belirtildiği gibi olur.

$$\text{Kuru hava kütlesi} \quad \dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad (3.6)$$

$$\text{Su kütlesi} \quad \dot{m}_{a1}\omega_1 = \dot{m}_{a2}\omega_2 \quad \text{veya} \quad \omega_1 = \omega_2 \quad (3.7)$$

$$\text{Enerji} \quad \dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_c h_c - \sum \dot{m}_g h_g \quad \rightarrow \quad \dot{Q} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (3.8)$$

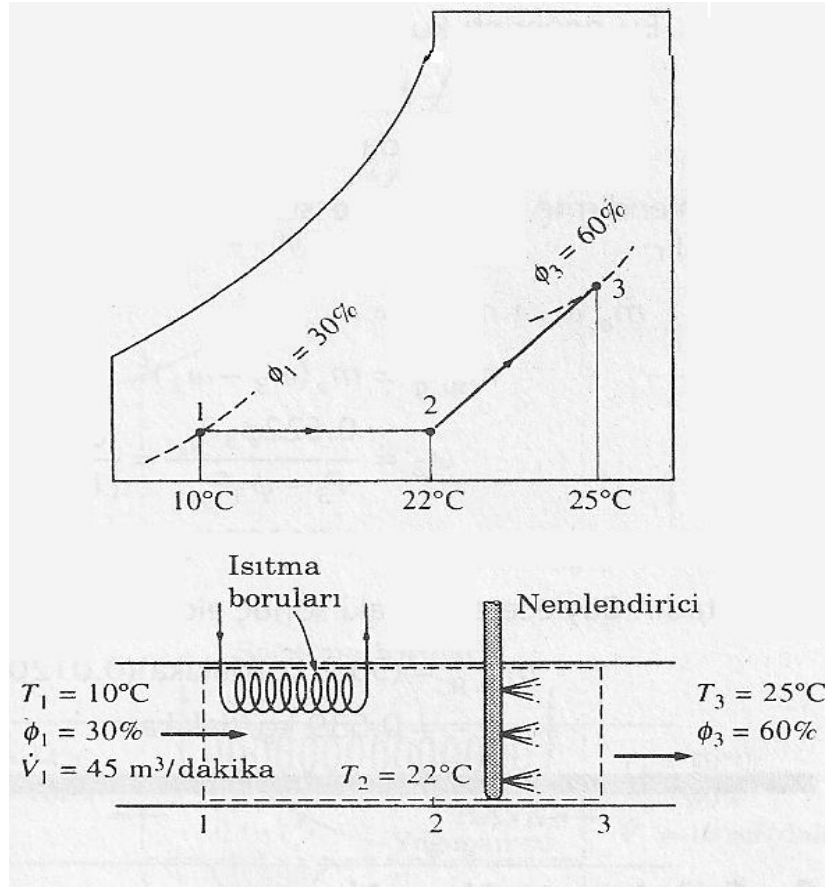
Nemlendirme bölümü için kütle korunumu denklemi aşağıdaki gibi olur.

$$\dot{m}_{a2}\omega_2 + \dot{m}_{su,g} = \dot{m}_{a3} \quad (3.9)$$

3.2.3. Soğutma ve nem alma

Duyulur soğutma sırasında, havanın özgül nemi sabit kalır ama bağıl nem artar. Eğer, bağıl nem istenmeyen ölçüde artarsa havadaki su buharının bir miktarını almak

gerekir. Bunu gerçekleştirmek için havanın çığ noktası sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa soğutmak gerekir.



Şekil 3.6. Soğutma ve nem alma (Çengel-Boles 1996)

Kütlenin ve enerjinin korunumu denklemleri belirtildiği gibi olur.

$$\text{Kuru hava kütlesi } \dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad (3.10)$$

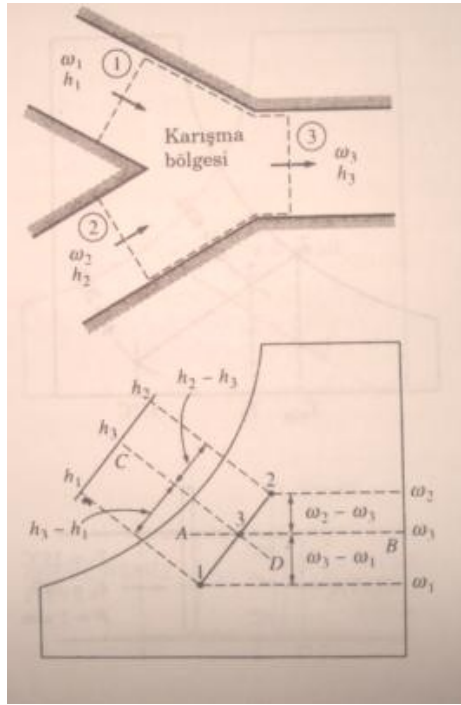
$$\text{Su kütlesi } \dot{m}_{a1}\omega_1 = \dot{m}_{a3}\omega_3 + \dot{m}_{su} \quad (3.11)$$

$$\text{Enerji } \dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_c h_c - \sum \dot{m}_g h_g \longrightarrow \dot{Q} = \dot{m}_{a3} h_3 - \dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_{su} h_{su} \quad (3.12)$$

3.2.4. Hava akışlarının adyabatik olarak karıştırılması

İklimlendirme uygulamalarında iki hava akışının karışması gerekebilir. Karıştırma işlemi sırasında çevreye olan ısı geçişi genellikle azdır, bu nedenle işlem adyabatik olarak kabul edilir. Karıştırma işlemi sırasında iş etkileşimi yoktur, kinetik ve potansiyel ihmal edilebilir. Bu kabullerle 2 hava akışının adyabatik olarak karıştırılması sırasında

kütlenin ve enerjinin korunumu denklemleri belirtildiği gibi olur.



Şekil 3.7. Havanın adyabatik olarak karıştırılması (Çengel-Boles 1996)

$$\text{Kuru hava kütlesi} \quad \dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3} \quad (3.13)$$

$$\text{Su kütlesi} \quad \dot{m}_{a1}\omega_1 + \dot{m}_{a2}\omega_2 = \dot{m}_{a3}\omega_3 \quad (3.14)$$

$$\text{Enerji} \quad \dot{m}_{a1}h_1 + \dot{m}_{a2}h_2 = \dot{m}_{a3}h_3 \quad (3.15)$$

3.3. İklimlendirme sistemlerinin projelendirilmesi

Bir mahalın yaz ve kış koşullarında sağlanması gereken koşulların bu ortamın hangi amaçla kullanılması gerektiğine bağlıdır. Bir ortam genelde konfor yada bir endüstriyel üretim için kullanılmaktadır. Dolayısıyla kullanılma gerekçesine bağlı olarak iç ortam koşulları değişkendir. Dış ortam koşulları ise meteorolojik verilere bağlı olup bunlarda uzun yıllar meteorolojik verilere bağlı olarak tablolar halinde verilmiştir. Bir sistem kışın ısı kaybederken yazın da ısı kazanmaktadır. İklimlendirme hem soğutma ve hem de ısıtmayı sağlayan bir sistem olduğundan sistemin ayrı ayrı ısı kaybı ve ısı kazancı hesaplanmalıdır. Hangisi daha büyük ise ona göre sistem dizayn edilmelidir.

3.3.1. Isı kazançları hesabı

Gerekli havalandırma havası miktarını belirlemek için bütün kaynaklardan gelen gizli ve duyulur ısı kazançlarının hesabı gereklidir.

Isıl hesapları yapılacak hacimlerin dış ortam koşulları o yerin enlem, boylam, dış günlük sıcaklık farkı ve rüzgar durumunu veren tablolar yardımıyla belirlenir. İç ortam koşulları ise o mahalin kullanılma gerekçesine bağlı olarak belirlenmelidir. Eğer hacim konfor koşullarına yönelik olarak değerlendirilecek ise iç ortam koşulları dış ortam koşullarına bağlı olarak hazırlanmış tablolardan belirlenir. Kliması yapılacak hacme komşu klimatize yapılmayan hacimlerin sıcaklıkları da yine tablolardan belirlenir. Eğer o mahalin içinde endüstriyel bir işlem yapılacaksa endüstriyel işlem için ön görülen koşullar iç ortam koşulu olarak ele alınır.

3.3.1.1. Dış ısı kazancı

3.3.1.1.1. Güneşten radyasyonla olan ısı kazancı

Güneşten radyasyonla ısı kazancı pencerelerden meydana gelmektedir. Proje üzerinden pencere yön ve büyüklüklerinin belirlenmesi gerekir. Mahallin güneş radyasyonundan kaynaklanan soğutma yükünü bulmak için pik yükün olduğu saati bulmak gerekir.

Tablo 3.1. Güneş radyasyonu ile çeşitli yöndeki düşey pencerelere gelen ısı yükü; 40°C kuzey enlemi, W/m² (Anonim 2001)

YÖN	SAAT 08:00	SAAT 12:00	SAAT 16:00
BATI	50	50	500
DOĞU	500	50	50
GÜNEY	50	200	50
KUZEY	50	50	50
KUZEY DOĞU	350	50	50
GÜNEY DOĞU	350	150	50
GÜNEY BATI	50	150	350
KUZEY BATI	50	50	350

$$Q_R = A.Q_G \quad (3.16)$$

Q_R : Pencerelerden olan ısı kazancı, W

A : Pencere alanı, m²

Q_G : Birim alana radyasyonla olan ısı ışıınımı, W/m²

3.3.1.1.2. Çatıdan gelen ısı kazancı

Çatıdan gelen ısı yükleri gün içinde değişim gösterir. Çatıdan gelen ısı kazancı belirtilen formül ile bulunabilir. (Anonim 2001)

$$Q_{\text{çatı}} = K.F.\Delta T_{eş} \quad (3.17)$$

K : Isı geçirgenlik katsayısı, W/m²K

F : Çatı veya teras alanı, m²

$\Delta T_{eş}$: Eş değer sıcaklık farkı olup gün içinde zamana bağlı olarak değişir, °C (tablo 3.2. den okunur)

Isı geçirgenlik katsayısı K değerinin çatı yapı bileşenlerine bağlı olarak hesaplanması gereklidir. Yapı bileşenleri bilinmiyorsa pratik olarak aşağıdaki ısı geçirgenlik katsayıları kullanılabilir.

İzolesiz düz çatılarda veya eğimli çatılarda $K=2.20$ (W/m²K)

İzoleli (2.5cm) düz veya eğimli çatılarda $K=1.0$ (W/m²K)

İzoleli (5 cm) düz veya eğimli çatılarda $K=0.6$ (W/m²K)

3.3.1.1.3. Duvar ve Pencerelerden olan ısı kazancı

Duvarlardan konveksiyonla olan ısı kazancı:

Proje üzerinden duvar yön ve büyüklüklerin çıkarılması gerekmektedir. Duvar detayı çıkartılırken binanın iç mimarisi dikkat edilmelidir. (Anonim 2001)

$$Q_{\text{duvar}} = K.F.\Delta T_{eş} \quad (3.18)$$

K : Isı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

F : Duvar alanı (m²)

$\Delta T_{eş}$: Eş değer sıcaklık farkı olup gün içinde zamana bağlı olarak değişir (°C)

Tablo 3.2. Eş değer sıcaklık farkı, $\Delta T_{eş}$, 40°C Kuzey enlemi (Anonim 2001)

Çatı konstrüksiyonunun cinsi	Güneş zamanı								
	öğleden önce			öğleden sonra					
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Hafif konstrüksiyonlu çatılar - Güneşe maruz									
2,5 cm tahta veya 2,5 cm tahta + 5 cm izolasyon	6,7	21,1	30,0	34,4	27,8	14,4	5,6	2,2	0,0
Orta konstrüksiyonlu çatılar - Güneşe maruz									
5 cm betonarme veya 5 cm betonarme+ 5 cm izolasyon	3,3	17	27	28	32	18	7,8	3,3	1,1
5 cm alçı veya 5 cm alçı + 2,5 cm izolasyon	0,0	11,1	22,2	28,9	30,0	23,3	11,1	5,6	3,3
5 cm tahta veya 5 cm betonarme + 10 cm cam yünü kaplı tavan.									
Ağır konstrüksiyonlu çatılar - Güneşe maruz									
15 cm betonarme	2,2	3,3	13,3	21,1	23,6	24,4	17,8	10,0	6,7
15 cm betonarme+5 cm izolasyon	3,3	3,3	11,1	18,9	23,3	24,4	18,9	11,1	7,8
Gölgedeki çatılar									
Hafif konstrüksiyonlar	-3,2	0,0	3,3	6,7	7,8	6,7	4,4	1,1	0,0
Orta konstrüksiyonlar	-2,2	-1,1	1,1	4,4	6,7	6,7	5,6	3,3	1,1
Ağır konstrüksiyonlar	-1,1	-1,1	0,0	2,2	4,4	5,6	5,6	4,4	2,2

Isı geçirgenlik kat sayısı, yapı elemanları biliniyorsa aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_d} \quad (3.19)$$

α = Isı taşınım katsayısı ,W/m²K

d = Duvar kalınlığı, m

λ = Isı geçirgenliği hesap değeri, W/mK

α değeri ısı geçiş yönüne bağlı olarak tablo 3.3' den alınabilir.

Tablo 3.3. İç ve dış hava tarafındaki ısı taşınım katsayıları (Anonim 2001)

Yüzey ve ısı akım yönü		Isı taşınım katsayısı (kcal/m ² h°C)
1	Duvar yüzeyleri iç tarafında	7
2	Dış pencere yüzeyleri iç tarafında	10
3	Isı akımı aşağıdan yukarıya olan döşeme yüzeyleri	7
4	Isı akımı yukarıdan aşağıya olan döşeme yüzeyleri	5
5	Dış yüzeylerde	20

Duvar yapı bileşenleri bilinmiyorsa ısı geçirgenlik katsayısı için pratik olarak

aşağıdaki değerler alınabilir. (Anonim 2001)

20 cm İzobims / Ytong duvarlarda $K=0.75 \text{ W/m}^2\text{k}$

İzolesiz 20cm delikli tuğla duvarlarda $K= 1.6 \text{ W/m}^2\text{k}$

İzolesiz 20cm dolu tuğla duvarlarda $K= 2.3 \text{ W/m}^2\text{k}$

İzolesiz 20cm betonarme duvarlarda $K= 2.9 \text{ W/m}^2\text{k}$

Pencerelerden konveksiyonla olan ısı kazancı:

$$Q_{pen} = K.A.\Delta T \quad (3.20)$$

K : Pencere ısı iletkenlik katsayısı, $\text{W/m}^2\text{K}$

A : Toplam pencere alanı, m^2

ΔT : İç - dış sıcaklık farkı. Pratikte bu değer $8 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak kabul edilir.

Tablo 3. 4. Pencere ve kapıların ısı iletim katsayıları (Anonim 2001)

Pencereler ve Kapılar	Isı geçirme katsayısı ($\text{kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)
Ahşap pencere ve kapılar	
Basit tek camlı pencere ve dış kapı	4.5
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 6 mm)	2.8
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 12 mm)	2.5
Camsız dış kapı	3.0
Kasalı çift kanatlı pencere ve dış kapı	2.2
Metal pencere ve kapılar	
Basit tek camlı pencere ve dış kapı	5.0
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 6 mm)	3.4
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 12 mm)	3.1
Kasalı çift kanatlı pencere ve dış kapı	2.8
Plastik (PVC) pencereler	
Basit tek camlı pencere	4.3
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere	2.2

3.3.1.1.4. İklimlendirme yapılmayan mahallerden dolayı ısı kazancı

$$Q = K.A.\Delta T \quad (3.21)$$

K : Isı iletim katsayısı, W/m²K

A : Komşu duvar alanı, m²

ΔT : Sıcaklık farkı. (Tablo 3.5. den alınır)

Tablo 3.5. İklimlendirilmeyen mahaller ile olan sıcaklık farkları (Anonim 2001)

Cinsi	ΔT Sıcaklık farkı °C
İklimlendirilmeyen mahallere bitişik duvarlar	5,5
Mutfak, kazan dairesi, çamaşırhane gibi mahallere bitişik duvarlar	14
İklimlendirilmeyen mahallerin üstündeki döşemeler	5,5
Toprak üstündeki döşemeler	0
Mutfak, kazan dairesi, çamaşırhane gibi mahallerin üstündeki döşemeler	19,5
Üstünde iklimlendirilmeyen mahal bulunan tavanlar	5,5
Üstünde mutfak, çamaşırhane gibi mahal bulunan tavanlar	11

3.3.1.1.5. Havalandırmadan dolayı gelen ısı yükü

Dış hava sıcaklıklarının düşük olduğu gece ve bahar aylarında daha fazla taze hava olarak soğutma kapasitesini arttırmak mümkündür. (Anonim 2001)

$$\text{Duyulur ısı kazancı} \quad Q_d = 4.n.v \text{ (Watt)} \quad (3.22)$$

$$\text{Gizli ısı kazancı} \quad Q_g = 3.n.v \text{ (Watt)} \quad (3.23)$$

$$Q_T = 7.n.v \text{ (Watt)} \quad (3.24)$$

n = İnsan sayısı

v = İnsan başına gerekli hava miktarı (m³/h)

Tablo 3.6. İnsan başına gerekli hava miktarı (m³/h) (Anonim 2001)

Mahal	İnsan Sayısı	Kişi başına en az taze hava miktarı
Lokantalar	80-100	50-60
Barlar, kokteyl salonları	100	50-60
Konferans, toplantı salonları	80	35
Ofisler	10-15	35
Kumarhaneler	120	50
Mağazalar	20	20
Süpermarketler	20	25
Tiyatro ve sinemalar	150	25
Kütüphaneler	20	25
Sınıflar (okullar)	50	25
Spor salonları	40	50
Diskotekler, balo salonları	100	50
Ocak başı	35	50-60
Sinema	Koltuk sayısına bağlı	25-50
Berber	25	50

3.3.1.2. İç ısı kazancı

İç ısı enerji kaynakları, bir alanın toplam ısı kazancını oldukça arttırabilirler. İç ısı kaynakları, insanlar, aydınlatma ve makinalardır.

3.3.1.2.1. İnsanlardan gelen ısı kazancı

İnsandan gelen ısı kazancı duyulur ve gizli ısı olarak 2 bölüme ayrılır. Duyulur ve gizli ısının toplamı yapılan hareket durumuna göre değişir. Değer Tablo 3.7.'den okunur.

Tablo 3.7. İnsanlardan gelen ısı kazancı (Anonim 2001)

MAHALLER	DUYULUR	GİZLİ	TOPLAM
Okullar, tiyatro, sinema	70	40	110
Ofisler, konutlar, oteller	70	60	130
Mağazalar, dükkanlar	70	60	130
Bankalar	75	70	145
Restoranlar	80	80	160
Diskotekler, barlar	95	150	245
Spor salonları	150	275	425

3.3.1.2.2. Aydınlatmadan oluşan ısı kazancı

Aydınlatmadan gelen genel olarak iç ısı kazancının en önemli elmanı olduğundan, doğru bir iç ısı kazancı hesabı için aydınlatma yükünün iyi hesaplanması gerekir. Aydınlatmadan gelen ısının ana kaynağı ışık yayan elementler veya lambalardır. İklimlendirme yapılan hacimlerde aydınlatma tesisatından gelen ısı kazancı, Q_A :

$$Q_A = Q_{TA} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (3.25)$$

Q_{TA} : Mahaldeki toplam aydınlatma gücü, W

k_1 : Kullanma faktörü

k_2 : Özel armatür faktörü 1,0-1.2

k_1 ; ofis, mağaza, konferans, salonları için 1 alınır. Konut ve otel odalarında güneş yükünün en fazla olduğu saatlerde çok düşük aydınlatma yapıldığı için ihmal edilebilir.

3.3.1.2.3. Makinalardan oluşan ısı kazancı

İklimlendirme yapılan hacimdeki bir ekipman elektrik motoru ile çalışıyorsa ısı değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$q_m = (P / E_m) \cdot F_1 \cdot F_u \quad (3.26)$$

q_m : motor ısı eşdeğeri, kW

P : motor gücü, kW

E_m : motorun verimi, ondalık oran olarak $< 1,0$

- F_1 : motor yük faktörü
 F_u : motor kullanma faktörü

3.3.1.2.4. Kanallardan olan ısı kazancı

İklimlendirme yapılmayan ortamlardan geçen şartlandırılmamış havayı taşıyan kanallardaki akışkan ile çevre havası arasında meydana gelen ısı kazancıdır. (Anonim 2001)

$$Q_g = \sum (V \cdot 0,24 \cdot \rho \cdot \Delta T_k \cdot L) \quad (3.27)$$

- V : Kanal hacmi, m³
 ΔT_k : Kanal içindeki sıcaklık değişimi, °C
 L : İklimlendirme yapılmayan hacimlerden geçen kanal uzunluğu, m
 ρ : Havanın yoğunluğu, kg/m³

3.3.2. Isı Kayıpları Hesabı

Isı kayıplarının hesabı, bir ısı kaybı cetveli oluşturularak kış dış ortam koşullarına göre yapılır.

Isı kaybı hesabı cetvelinde yapı bileşeninin simgesi, bulunduğu yön, kalınlığı, boyu ve eni yazılarak metrekare cinsinden bulunur. Hesaplanan ısı iletim katsayısı (K) ile iç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark Tablo 3.8'de yerine yazılır.

Tablo 3.8. Isı kaybı hesabı cetveli (Genceli-Parmaksızoğlu 2006)

ISI KAYBI HESABI																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	ALAN HESABI							ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR				
Yapı bileşeni işareti	Yönü	Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya genişlik	Toplam	Miktar	Çıkarılan alan	Hesaba girilen alan	Toplam ısı iletim katsayısı	Sıcaklık farkı	Zamsız ısı kaybı Q_o	Birleştirilmiş artırım katsayısı	Yön artırımı katsayısı	Kat yükseklik artırım katsayısı	Toplam artırım katsayısı	Toplam ısı ihtiyacı
								A	K	ΔT	Q_o	Z_D	Z_H	Z_W	Z	Q_H
		m	m	m	m^2	tane	m^2	m^2	W/m^2K	$^{\circ}C$	W	%	%	%	%	W

İletimsel ısı kaybı aşağıdaki formül ile bulunur.

$$Q_i = Q_o \cdot (1 + \%Z_D + \%Z_H + \%Z_W) \quad (3.28)$$

$$Q_o = K \cdot A \cdot \Delta T \quad (3.29)$$

Q_o : Zamsız ısı kaybı, W

K : Toplam ısı iletim katsayısı, W/m^2K

A : Yapı bileşeni alanı, m^2

ΔT : Yapı bileşenin iki tarafındaki sıcaklık farkı, $^{\circ}C$

Z_D : Birleştirilmiş artırım katsayısı, EK 9'dan alınır

Z_H : Yön artırımı kat sayısı, EK 10'dan alınır

Z_W : Yüksek kat artırımı kat sayısı, EK 11'den alınır

Artırımsız ısı kaybı da denen bu ısı kaybına, birleştirilmiş artırım katsayısı Z_D , yön artırımı Z_H ve yüksek kat artırımı Z_W , yüzde olarak eklenerek artırılmış iletimsel ısı kaybı Q_i bulunur. Bulunan değer cetvelde yerine yazılır.

Dış hava ile iç hava arasındaki basınç farkından dolayı aralıklardan soğuk hava sızar. İçeriye sızan dış hava aynı miktarda iç havanın dışarıya sızmasına neden

olmaktadır. Bu durumda içeriye sızan dış havanın ortam sıcaklığına kadar ısıtılması gerekmektedir. Bu soğuk ısıtma havasını ısıtmak için gereken ısı miktarına hava sızıntısı ısı kaybı (enfiltasyon, Q_s) denir.

$$Q_s = \sum (aI)R.H.\Delta T.Z_e \quad (3.30)$$

- Q_s : Hava sızıntısı kaybı, W
 a : Birim aralık sızdırganlığı, $m^3/m.h$ (EK 12'den alınır)
 I : Sızıntı aralık çevre uzunluğu, m (EK 13'den alınır)
 ΣaI : Rüzgarın üflediği kapı ve pencerelerden giren toplam hava miktarı, m^3
 R : Oda özelliği, birimsiz, normal kapı-pencere için 0,9, büyük kapı-pencere için 0,7.
 H : Yapının ısı özelliği, $Wh/m^3 K$ (EK 14'den alınır)
 Z_e : Köşe arttırım kat sayısı, birimsiz, her dış duvarında kapı veya pencere olan odalar için 1,2 diğer hacimler için 1 alınır.

Yapının toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_H = Q_I + Q_s \quad (3.31)$$

şeklinde hesaplanır.

3.3.3. Sistemde dolaşacak hava miktarının hesaplanması

$$V_h = \frac{Q}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta T} \quad (3.32)$$

V_h : Sitemde dolaşacak hava debisi (m^3/h)

Q : Isı kazancı yada ısı kaybı miktarı (kcal/h)

c_p : Özgül ısınma ısı $cal/kg^\circ C$

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

ΔT : Sıcaklık farkı ($^\circ C$), (üfleme sıcaklığı - iç sıcaklık)

Hesaplanan ısı kazanç ve ısı kayıplarından hangisi büyükse o değer kullanılarak

hesaplama yapılır. Üfleme sıcaklığı ile ortamda istenilen sıcaklık arasındaki farkın büyüklüğü, sistemde dolaşacak hava miktarının belirlenmesinde ve dolayısıyla iklimlendirme tesisinin boyutlandırılmasında önemli bir rol oynar. Fark küçüldükçe sistemdeki hava miktarı artmaktadır. Bu da vantilatör gücünün artmasına ve kanal boyutlarının büyük olmasına neden olur. Tam tersi durumda ise sistemdeki hava azalırken, ortamda ısıtma tesiri ortaya çıkacaktır. Bu nedenle uygulamada genellikle;

Soğutma için,	$\Delta T : 6-8 \text{ }^\circ\text{C}$ (konfor iklimlendirmesi)
Soğutma için,	$\Delta T : 12 \text{ }^\circ\text{C}$ (endüstriyel iklimlendirmesi)
Isıtma için,	$\Delta T : 10-25 \text{ }^\circ\text{C}$ (konfor iklimlendirmesi)
Isıtma için,	$\Delta T : 20-40 \text{ }^\circ\text{C}$ (endüstriyel iklimlendirmesi)

değerleri kullanılır.

Böylece sistemde kullanılacak hava miktarı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$m_h = V_h \cdot \rho \quad (3.33)$$

3.3.4. Santral elemanlarının hesabı

3.3.4.1. Hava panjurları

- Taze hava panjuru
- Egzost panjuru

$$\text{Panjurdan geçecek hava debisi} = V_h / n_p \quad (3.34)$$

V_h : sistemdeki hava debisi (m^3/h)

n_p : Panjur adeti

Panjur yüzey alanı;

$$A : (V_h / n_p) / 3600 \cdot v \quad (3.35)$$

v : Hava hızı, (m/s)

3.3.4.2. Hava damperleri

- Taze hava damperi
- Egzost damperi
- By-pass damperi

$$\text{Damperden geçecek hava debisi} = V_h / n_p \quad (3.36)$$

Damper yüzey alanı

$$A = (V_h / n_p) / 3600.v \quad (3.37)$$

3.3.4.3 Filtre

$$\text{Filtreden geçecek hava debisi} = V_h/n_p \quad (3.38)$$

Filtre yüzey alanı

$$A = (V_h / n_p) / 3600.v \quad (3.39)$$

3.3.4.4. Yıkayıcı hücre

$$\text{Hücreden geçecek hava debisi} = V_h/n_p \quad (3.40)$$

Hücre yüzey alanı

$$A = (V_h / n_p) / 3600.v \quad (3.41)$$

3.3.4.5. Su pompası

$$G = V_h \cdot \rho \cdot M \quad (3.42)$$

G : Yıkama suyu miktarı (kg/h)

M : Kilogram hava başına düşen su (kg su /kg hava)

V_h : Sistemde dolaşacak hava debisi (m³/h)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

$$\text{Pompa debisi} = G/1000 \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (3.43)$$

3.3.4.6. Aspiratör

$$P_{as} = \frac{(V_h / n) \cdot H}{102 \eta \cdot 1000} \quad (3.44)$$

P_{as} : Aspiratör gücü (kW)

H : Statik basınç (mmss)

η : Verim

3.3.4.7. Vantilatör

$$P_{van} = \frac{(V_h / n) \cdot H}{102 \eta \cdot 1000} \quad (3.45)$$

P_{van} : Vantilatör gücü (kW)

3.3.4.7. Hava Kanalları

Yuvarlak kanal sistemlerinin elemanları standartlaştırılmıştır. Böylece kolaylıkla standart seri üretim yapmak ve üretimi stoklamak mümkündür. Dikdörtgen kanallı kesitlerde ise bağlantı elemanları için bir standartlık yoktur. Dikdörtgen kesitli kanallar müşterinin isteğine göre üretilir. Prensip olarak kanal sisteminin kesiti ne kadar küçük tutulursa kanal yatırım maliyeti azalır. Buna karşılık yıllık enerji maliyeti arar, fan yatırım maliyeti artar. Bunlar ters yönlerde işleyen temel parametrelerdir.

Kanal tasarımında ilk yatırım maliyetini azaltıcı yönde hareket edilmelidir. Ses limitlerini aşmayacak şekilde mümkün olduğunca yüksek hızlara çıkmak ve yuvarlak kanallar kullanmak temel önerilerdir. Eğer dikdörtgen kanal kullanılacaksa kenar oranı 1'e yakın tutmaya çalışmak gerekir.

Yuvarlak kanalların avantajları:

- Yuvarlak kanallar sınırlı sayıda standardize edilmiş elemanlardan ve belirli sayıda standart boyuttan oluşur.
- Kanalların ve bağlantı elemanlarının üretimi tamamen otomatik ve seri olarak yapılır.
- Yuvarlak kanalların tesis zamanı, benzer bir dikdörtgen kanallın üçte biri kadar olabilmektedir.
- İzolasyon malzemesinin maliyetleri daha düşüktür. Birinci nedeni uygulaması daha kolay ve daha az izolasyon malzemesi harcanmasıdır.
- Gerekli kanal mesnet ve askıların sayısı ve boyutları daha azdır.

Kanal dizayn yöntemleri aşağıdaki gibidir.

- Eş sürtünme yöntemi
- Statik geri kazanma yöntemi
- Uzatılmış plenumlar
- T yöntemi
- Hız yöntemi
- Sabit hız yöntemi
- Toplam basınç yöntemi

4. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE CİHAZLARIN DOĞRU KULLANIMI ve ENERJİ TASARRUFU

Genel olarak bir iklimlendirme sistemi vantilatörler (fan), serpantinler, filtreler, kanallar gibi temel elemanlardan oluşmaktadır. Bunlar içinde, vantilatörlerde enerjinin iyi kullanımı ve enerji ekonomisi için gerekli yöntemler bu bölümde incelenecektir.

İklimlendirme sisteminin bir parçası olan havalandırma sisteminde, enerji tasarrufu sağlanmasında atılan enerjinin (sıcak egzost gazlarının) geri kazanılması (taze havanın ısıtılması) çok önemlidir. Bu nedenle, bu bölümde havalandırma tesislerinden atılan enerjinin geri kazanılması konusunda yararlanılan devre ve cihazlar tanıtılarak çalışma prensipleri açıklanacak ve daha önemlisi de doğru kullanımın nasıl olacağı anlatılacaktır.

4.1. Vantilatörlerde ve Pompalarda Enerji Ekonomisi

4.1.1. Vantilatör Tipleri

Vantilatör istenen gaz debisini, gazı hareket ettirebilecek kadar enerji vererek sağlayan cihazdır. Daima mevcut olan atalet ve sürtünme kuvvetlerini yener. Vantilatörün döner çarkından sağlanan mekanik enerji gaza geçerken, gazın hızını ve gerekli debi için yük kayıplarını yenecek kadar basıncını artırır.

Vantilatörler genel olarak 2 tiptir.

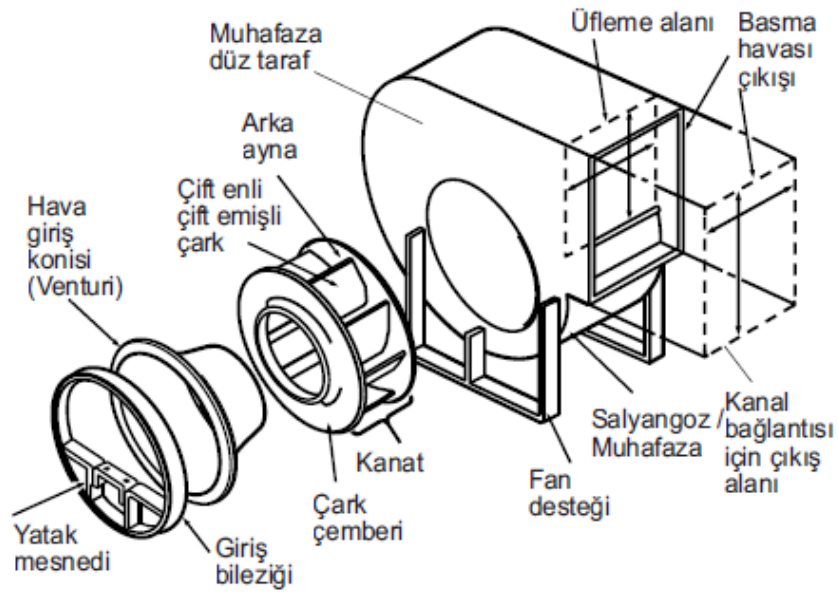
4.1.1.1. Merkezkaç vantilatör

Gaz, vantilatör çarkının yarı çapı doğrultusunda akıyorsa merkezkaç (santrifüj, radyal) vantilatör denir. Konfor hava koşullandırmasında en fazla kullanılan bu vantilatörler; öne eğik kanatlı, geriye eğik kanatlı ve uçak kanatlıdır.

Hava, merkezkaç vantilatör çarkının bir ya da her iki tarafından emilir ve mile dik bir açı ile basılır. Merkezkaç vantilatör çarkı genellikle salyangoz veya vantilatör gövdesi ile çevrelenmiştir. Çarktan basılan hava, salyangozun çıkış ağzından geçerek dışarı atılır.



Şekil 4.1. Merkezkaç vantilatör (WEB_4 2010)

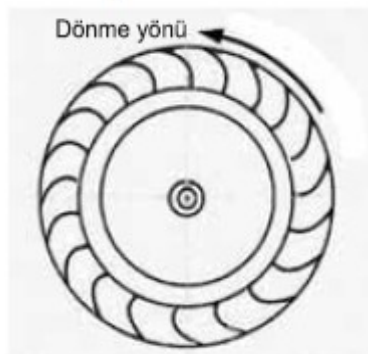


Şekil 4.2. Merkezkaç vantilatörün yapısı ve ana parçaları (WEB_4 2010)

4.1.1.1.1. Öne eğik kanatlı tip

Özellikleri:

1. Düşük ve orta basınçta çok iyi verim.
2. Aşırı yükte statik basınç düşerken hava miktarının artmasıyla güç de sürekli artar.
3. Geriye eğik kanatlı ve uçak kanatlı vantilatöre göre ekonomik.
4. Göreceli olarak devri küçüktür; 800-1.200 d/d
5. Kanatların eğimi dönme yönündedir.



Şekil 4.3. Öne eğik kanatlı tip (WEB_4 2010)

Uygulama: Düşük ve orta basınçlı klima santrali uygulamaları içindir.

4.1.1.1.2. Düz kanatlı kanal merkezkaç vantilatör

Özellikleri:

1. Kendini temizleyen kanatlar; toz ve kir kanatlarda birikmez.
2. Aşırı yükte statik basınç düşerken hava miktarının artmasıyla güç de sürekli artar.
3. Yüksek hız ve basınçta çalışır. 2.000-3.000 d/d.
4. Kanatlar fanın yarıçapı boyunca merkezden düz olarak çıkar.



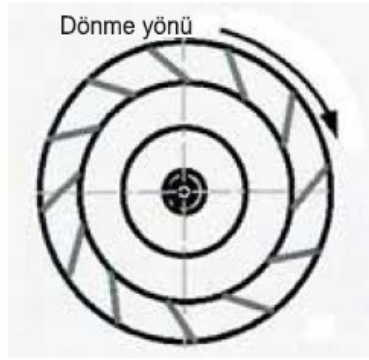
Şekil 4.4. Düz kanatlı kanal merkezkaç vantilatör (WEB_4 2010)

Uygulama: Havalandırma amaçlı veya tozlu ortamlarda kullanılır.

4.1.1.1.3. Arkaya eğik kanatlı kanal merkezkaç vantilatör

Özellikleri:

1. Orta basınçta en iyi verim.
2. Aşırı yükte statik basınç düşerken hava miktarının artmasıyla güç de sürekli artar.
3. Öne eğik kanatlı tipe göre pahalıdır.
4. Yüksek hız ve basınçta çalışır; 2.000-3.000 d/d
5. Kanatların eğimi dönme yönünün tersindedir.



Şekil 4.5. Arkaya eğik kanatlı kanal merkezkaç vantilatör (WEB_4 2010)

Uygulama: Orta basınçlı klima santrali için uygundur.

4.1.1.1.4. Uçak kanadı kesitli merkezkaç vantilatör

Özellikleri:

1. Yüksek kapasite ve yüksek basınçlı uygulamalarda en iyi verim.
2. Yüksek kapasitede güç tepe noktasında.
3. Yüksek hızda çalışır.
4. Kanatlar uçak pervaneleri ile aynı kesite sahiptir. Kanatların eğimi dönme yönünün tersine ve arkaya doğrudur.



Şekil 4. 6. Uçak kanadı kesitli merkezkaç vantilatör (WEB_4 2010)

Uygulama: Orta ve yüksek basınçlı klima santrali için uygundur.

4.1.1.2. Eksenel vantilatör

Gaz, vantilatörün eksenine doğrultusunda akıyorsa eksenel vantilatör denir. Diğer bir anlatımla; eksenel vantilatörde hava, fan miline, merkezkaç vantilatördeki gibi dik açıda değil, paralel olarak akar ve dışarıya atılır. Eksenel vantilatörler; pervaneli, kovanlı tip ve yönlendirici kanatlı olarak sınıflandırılır. Kovanlı ve yönlendirici kanatlı eksenel tip vantilatörlere, boru biçiminde bir düzenlemeye sahip oldukları için “kanal tipi, in-line” da denir. Kanatlı ya da kovan tipi eksenel vantilatörler içeriye yerleştirilmiş vantilatöre doğrudan bağlantılı ya da dışarıda boru kılıfına yerleştirilmiş motor ile çalıştırılabilir.



Şekil 4.7. Eksenel vantilatör (WEB_4 2010)

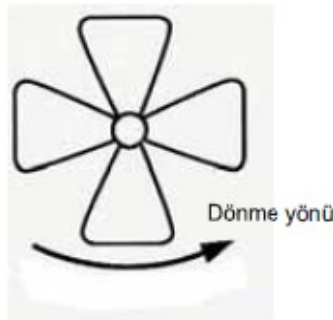
Bir vantilatör seçimine başlamadan, imalatçı firma kataloğuna ve vantilatör ile ilgili değerlere el atmadan önce bu vantilatörün kullanılacağı sistemi ve bu sistemin

özelliklerini tespit etmek atılması gereken en önemli adımdır. Yine vantilatörün çalışma, işletme şartları olarak çalışma süresi, duruş-kalkış periyotları, soğukta yol alma durumu, yol verme ve otomatik kontrol durumları bilinmelidir. Kullanılacak motor tipi ve kapasite değerleri ön prensip kararlarında belirlenmiş olmalıdır. Tatbiki sistem özellikleri, vantilatör tahrik şekli ve sistemdeki bütün elemanların karakteristikleri (vantilatör emiş damperi, çıkış damperi, by-pass damperi, filtre cinsi ve filtrenin temizlik-kirlilik basınç kaybı) gibi bilgileri de kapsamaktadır.

4.1.1.2.1. Uçak pervaneli aksenal vantilatörler

Özellikleri:

1. Serbest çıkışta yüksek verimli.
2. Hava direnci artarken hava debisi azalır.
3. Ucuz.
4. Düşük hızda çalışır.
5. Kanatların dönme yönü hava akış yönüne diktir.



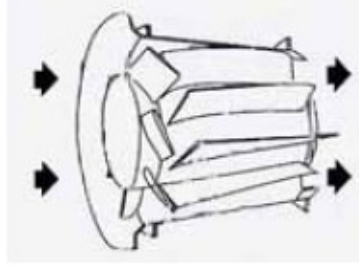
Şekil 4.8. Uçak pervaneli aksenal vantilatörler (WEB_4 2010)

Uygulama: Kanalsız veya düşük dirençli sistemler içindir.

4.1.1.2.2. Kovanlı aksenal vantilatörler

Özellikleri:

1. Yüksek hava hacminde pervaneler daha yüksek verimli.
2. Gürültü seviyesi yüksektir.
3. Yüksek hızda çalışır. 2.000 – 3.000 d/d



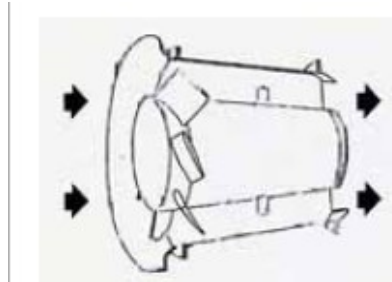
Şekil 4.9. Kovanlı aksenal vantilatörler (WEB_4 2010)

Uygulama: Yüksek hava hacimli boru veya kanal tiplerinde kullanılır.

4.1.1.2.3. Ayarlanabilir kanatlı aksenal vantilatörler

Özellikleri :

1. Kovanlı aksenal tip vantilatör benzer. Ancak verimi iyileştirmek için çıkış tarafında kılavuz kanatlara sahiptir. Ayarlanabilir kanatlar havanın yeniden yönlendirilmesini sağlar.
2. Pahalıdır.



Şekil 4.10. Ayarlanabilir kanatlı aksenal vantilatörler (WEB_4 2010)

Uygulama: Kovanlı aksenal vantilatöre göre verimi yüksektir. Ama pahalıdır.

4.1.2. Vantilatör kanunları

Herhangi bir vantilatör serisi için karakteristik değişkenler arasında belirli bağıntıları vardır. Kullanılan değişkenler;

D : Vantilatör boyutu

n : Devir adedi

ρ : Gaz yoğunluğu

Q : Debi

P : Basınç

N : Güç

η : Verim

I. Kanun : Boyut, yoğunluk veya hız değişiminin, debi basınç ve güce etkisini gösterir.

$$Q_1 = Q_2 [D_1/D_2]^3 [n_1/n_2] \quad (4.1)$$

$$P_1 = P_2 [D_1/D_2]^2 [n_1/n_2]^2 [\rho_1/\rho_2] \quad (4.2)$$

$$N_1 = N_2 [D_1/D_2]^5 [n_1/n_2]^3 [\rho_1/\rho_2] \quad (4.3)$$

II. Kanun : Boyut, basınç veya yoğunluk değişiminin, debi hız ve güce etkisini gösterir.

$$Q_1 = Q_2 [D_1/D_2]^2 [P_1/P_2]^{1/2} [\rho_1/\rho_2]^{1/2} \quad (4.4)$$

$$n_1 = n_2 [D_1/D_2] [P_1/P_2]^{1/2} [\rho_1/\rho_2]^{1/2} \quad (4.5)$$

$$N_1 = N_2 [D_1/D_2]^2 [P_1/P_2]^{3/2} [\rho_1/\rho_2]^{1/2} \quad (4.6)$$

III. Kanun : Boyut, debi ve yoğunluk değişiminin hız basınç ve güce etkisini gösterir.

$$n_1 = n_2 [D_2/D_1]^3 [Q_1/Q_2] \quad (4.7)$$

$$P_1 = P_2 [D_2/D_1]^4 [Q_1/Q_2]^2 [\rho_1/\rho_2] \quad (4.8)$$

$$N_1 = N_2 [D_1/D_2]^4 [Q_1/Q_2]^3 [\rho_1/\rho_2] \quad (4.9)$$

Vantilatör kanunları, deney verileri mevcut ise aynı serideki ve verimdeki diğer bir vantilatörün çalışma karakteristiklerini bulmak için kullanılabilir. Vantilatör kanunları ancak akış şartları benzer ise kullanılabilir.

4.1.3. En uygun kanal tasarımı

Kanal projesi için seçilecek başlangıç değerleri en az toplam maliyet (en uygun kanal tasarımı) verecek şekilde olmalıdır.

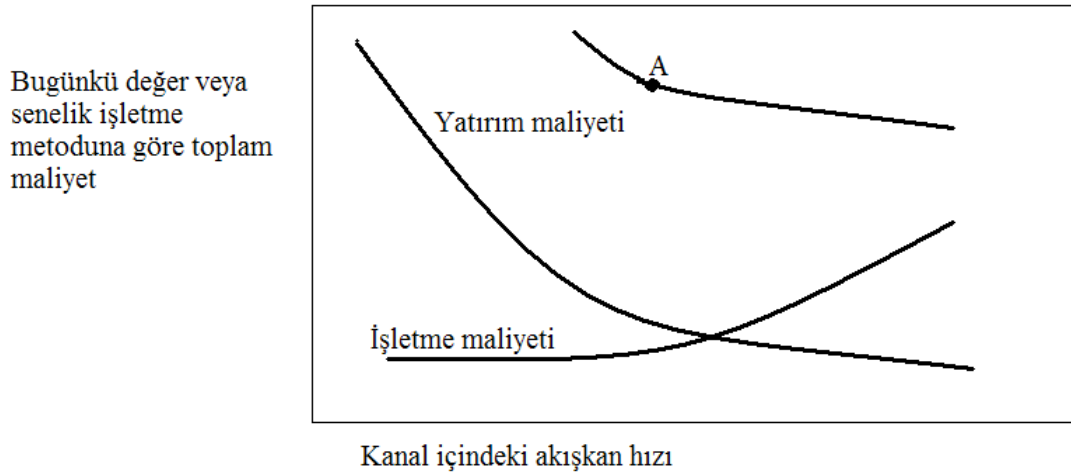
Başlangıç değerlerini seçmek için kullanılan ekonomik analiz metotları “Bugünkü değer” ile “Senelik yatırım ve işletme maliyeti” olmak üzere iki tanedir. Bugünkü değer metodu, seçilen sürede sahip olmak ve işletmek için gerekli nakitti karşılaştırır ve programın başında bir değer bulur. Senelik yatırım ve işletme maliyeti metodu yatırım ve işletme maliyetlerini senelik olarak karşılaştırır.

Sistem maliyeti :

$$M_t = M_p + M_s \quad (4.10)$$

M_p : Bugünkü değer veya senelik işletme maliyeti, TL

M_s : Bugünkü değer veya senelik yatırım maliyeti, TL



Şekil 4.11. Ekonomik analizin grafik çözümü (Gültekin 2001)

Sistem hızı azalır, yatırım maliyeti artar, işletme maliyeti azalır. Sistem maliyetinin en uygun olduğu (A) noktası sistemi veya kanal hızını belirler. (Şekil 4.11.)

Senelik işletme gideri, kanal sistemi için;

$$E_p = \frac{E_L \cdot P_T \cdot T \cdot Q}{\eta_m \cdot \eta_{cop}} \quad (4.11)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte,

E_p : Senelik işletme gideri, TL

E_L : Elektrik birim fiyatı, TL/kWh

Q : Debi, m³/h

P_T : Vantilatör toplam basıncı, Pa

η_m : Vantilatör mekanik verimi

η_{cop} : Vantilatör performans katsayısı

T : Sistem çalışma süresi, h

olmaktadır.

η_{cop} (COP, coefficient of performans) vantilatörde harcanan enerjinin verimini gösteren bir ifadedir.

$$\eta_p = \frac{\text{çıkan güç}}{\text{giren güç}} \cdot 100 \quad (4.12)$$

Bu oran sayesinde, cihazın performansının sistemin ilk yatırım maliyeti ile işletme maliyetlerini nasıl etkilediği görülmektedir.

Diğer hesaplar her iki metot için aşağıda açıklandığı gibi yapılır.

- Bugünkü değer metodu :

$$M_p = E_p \cdot PWEP \quad (4.13)$$

- Bugünkü değer çarpanı;

$$PWEP = \frac{[(1+j)/(1+i)]^n - 1}{1 - [(1+i)/(1+j)]} \quad (4.14)$$

n : amortisman yılı
 i : senelik faiz
 j : senelik enflasyon

- Yıllık işletme ve yatırım gideri metodu :

n : amortisman yılı
 i : senelik faiz
 j : senelik enflasyon

- Yıllık işletme ve yatırım gideri metodu :

$$M_s = P_s \cdot CRF \quad (4.15)$$

M_s : Yıllık sistem maliyeti, TL
 P_s : Başlangıç sistem maliyeti, TL
 CRF : Geri kazanma katsayısı

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4.16)$$

Yıllık işletme gideri,

$$M_p = M_{pi} \cdot CRF \quad (4.17)$$

M_p : Yıllık işletme gideri, TL
 M_{pi} : Yıllık işletme giderinin bugünkü değeri, TL

4.1.4. İşletme sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar

Projelendirme ve tesisat ne kadar iyi yapılmış olursa olsun enerji ekonomisi için işletme sırasında da yapılması gereken işlemler vardır.

- Çarkın dönüş yönü doğru olmalıdır. Bu durum aşağıdaki vantilatör tiplerini gösteren

şekillerde gösterilmiştir. Ve ayrıca uygulama tipine göre doğru vantilatör tipi seçilmelidir.

- Kanal sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Hava kaçakları ısı kaybı, enerji kaybı, ile kontrol ve konfor şartlarının bozulmasına yol açar. Kanal sızdırmazlığı, hıza değil statik basınca ve sistem konstrüksiyonuna boyutlarına ve bağlantılarındaki aralıklara bağlıdır. Vantilatörlerin kontrol sırasında güç kaybı azaltılmalıdır.

- Titreşim önlenmelidir, vantilatörlerde mekanik veya aerodinamik kaynaklı kuvvetler titreşimlere yol açmaktadır. Vantilatörün verimine ve ömrüne olumsuz yönde etkileyebilecek derecede aşırı titreşimlere izin verilmemelidir.

- Dağıtıcı kanallarda ısı yalıtımı yapılmalıdır. Kanallarda ısı ekonomisini sağlamak üzere ve yoğuşmayı önlemek için ısı yalıtımı yapılır. Kanallar yalıtımlı boşluklardan geçiyorsa, kanallardan olan ısı geçişi binanın ısı kaybı veya kazancını değiştirmiyorsa ve toplama kanallarında ısı yalıtımı yapılmaz. Yoğuşma, kanal içinden soğuk gaz akışkan geçtiğinde, kanal dış yüzey sıcaklığının çevre havasının çığ nokta sıcaklığının en düşük değeri veya yalıtım kalınlığı ;

$$k(t_a-t)=h_d(t_s-t_{ky}) \quad (4.18)$$

eşitliğinde bulunur. Bu eşitlikte k, toplam ısı geçiş katsayısı, t_{ky} kanalın dış yüzey sıcaklığı veya çevre havasının çığ nokta sıcaklığı, t_a kanal içindeki akışkan sıcaklığı, t çevre havasının kuru termometre sıcaklığıdır. Yoğuşma olmaması için, kanal içindeki akışkan sıcaklığı, özellikle dirsek ve geçişlerde yeterince yüksek olmalıdır. Bazen sadece dirsek ve geçişlerin yalıtılması yeterli olmaktadır. Kanal dışındaki ısı taşınım katsayısı h_d veya $(h_d/k-l)$ büyük, k küçük olmalıdır.

Kayış-kasnak tahrikinde, kasnak hızları aynı olmalı kayış gerginliği doğru ayarlanmalıdır. Hizalanmamış kasnaklar güç kaybına neden olur. Gevşek kayış kaymaya, düşük vantilatör hızlarına ve yatak, mil ve motor aşınmasına sebep olur. Kayışın gergin olması vantilatör, motor ve yatak ömrünü azaltır. Akışkan yüzeyleri temiz olmalıdır, giriş,çark,kanatlar,gövde içi gibi akış yüzeylerindeki kir verimi düşürür. Filtrelerin periyodik olarak temizlenmesi gerekir. Aksi halde sistemin karşı

basıncı artır. Kayış, kasnak ve yatakların uyarıcı bakımı yapılmalıdır. Uyarıcı bakım için vantilatörün kritik noktalarından alınacak titreşim sinyalleri çözümlenir ve tanı tabloları kullanılarak tek bir sinyalin spektrumunun çıkartılması ile beklenen arızanın tanınması sağlanabilir. Böylece bakım ve işletme masrafları azalır.

Vantilatörler çok değişik büyüklük ve tiplerde olmak üzere sanayi, iş yeri ve konutlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, vantilatörler fabrika gibi büyük hacimlerin ısıtılmasında ve soğutucularda sadece ısı ekonomisi sağlamak amacı ile kullanılmaktadır.

4.1.5. Vantilatör kontrolü sırasında enerji ekonomisi

Elektrik enerjisinin önemli bir kısmı pompa, vantilatör ve kompresörleri çalıştırmak için kullanılmaktadır. Bu yükün çoğu maksimum gücün çalışma süresi boyunca çok az gerektiği düşünülerek anlaşılabilir.

Değişken hız cihazları kayışlar, kasnaklar, dişliler, mekanik kavramalar ve hidrolik sürücülerdir. Fakat bunlar pahalı, büyük, bakımı pahalı ve enerji kayıpları fazladır. Doğru akım hız sürücüleri de akışı ayarlamak için kullanılmaktadır. Fakat doğru akım motoru aynı güçteki alternatif akımlı motorun üç katına kadar ilk yatırımın artmasına sebep olmaktadır. Büyük ve ağırdır. Bakımı pahalıdır ve kirli, yanabilen, buharlı ortamlarda kullanmak alternatif akımlı motorlardan zordur.

Sonuç olarak alternatif akımlı motorların frekans ayarı ile kontrolü en mantıklı yoldur ve güç sarfiyatını azaltır. Vantilatör kanunlarından hatırlanacağı üzere güç devrin küpü ile orantılı olarak artmaktadır. Kısılma ile kontroldeki kayıpların ve maliyetlerin azalmasını dolayısı ile enerji ekonomisi sağlar. Frekans kontrolü, ucuzdur, sessizdir, mekanik aşınması ve bakımı azdır. Diğer özellikler ise;

-PWM (Pulse Width Modulation) prensibi ile hızı kademesiz olarak ayarlayan frekans çeviricilerdir.

-Çıkış frekansları 2-100 Hz arasında ayarlanabilir.

-Alternatif akım motorlarının her tipine, sincap kafesli asenkron motorlara, asenkron motorlara uygulanabilir.

- Mikro işlemci kontrollüdür, programlanabilir. Birden çok motorun bağlanabildiği bu cihazlar iki ayrı moment-hız karakteristiğine programlanabilir. Sipariş verirken uygulanacak makine tipi belirtilmelidir.

a-) Moment hızdan bağımsız ve sabit (örnek: konveyör, mikser)

b-) Moment hızın karesi ile orantılı (örnek: pompa, vantilatör)

- Akış algılayıcıları yardımıyla programlanmış kontrol veya bilgisayar yardımıyla kontrol imkanı sağlar.

- Kısa bir süre aşırı yüklenebilir.

- Kısa devreye, topraklama hatalarına karşı korumalıdır.

- Devreye alınması basittir.

- Verimi yüksektir.

- Düşük hızda bile moment kaybı düşüktür.

- Bu cihazlarda transistör kullanıldığından gücü 100 kW'a kadar olan motorlara uygulanabilir.

- Elektronik termik şalter olarak da çalışır.

- Frekans kontrolü, vantilatörleri devreden çıkarmadan, elektrik tüketimini azaltarak çalıştığından enerji ekonomisinde önemli bir rol oynar.

- Ayrıca sistemi düşük hızda çalıştırarak uzun ömür,

- Düşük bakım, uzun yatak ömrü,

- Dişli kutusunda ve kayışta uzun ömür,

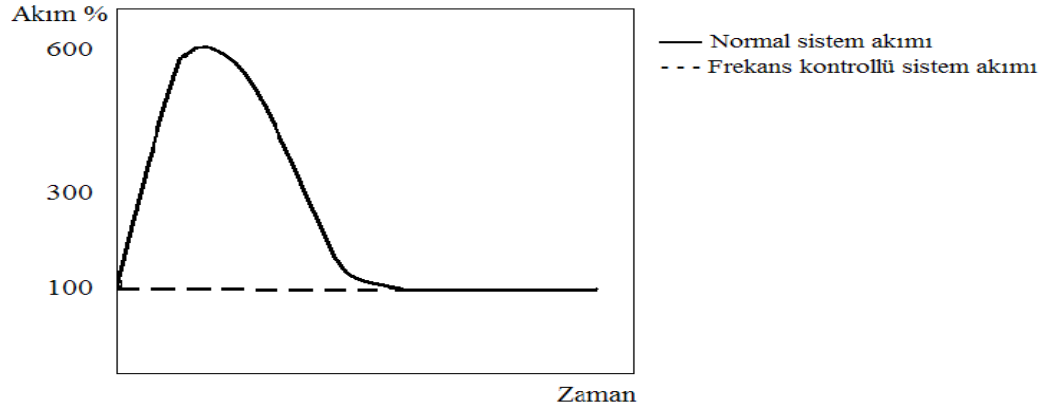
- Sessiz ve titreşimsiz çalışma,

- Mekanik kontrol cihazlarının devreden çıkartılması,

- Yüksek verim ve düşük işletme maliyeti,

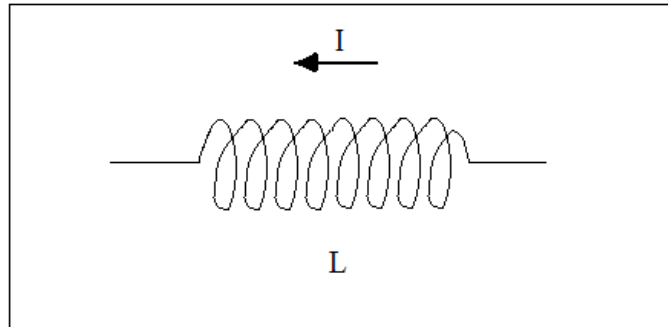
- Kapalı alternatif motorlar ile korozif ve patlayıcı (tehlikeli) ortamlarda çalışma kolaylığı sağlarlar.

Frekans kontrolü kademesiz hız ayarının yanı sıra, yumuşak kalkış, ivmelenme ve yavaşlama sağlar. Frekans kontrolü ile vantilatörlerde kalkış için gerekli olan % 600 akım yerine, tam yükte çekilen akımdan fazla olmayan bir akımla kalkış yapılabilir. Büyük güçlerde 850 kW'a kadar tristörlü yol vericiler kullanılır. Tristörlü yol vericiler motora düşük gerilimle yol verirler. Frekansın sabit oluşundan dolayı moment kaybı söz konusudur. Bu yol vericiler kalkış momentinin düşük olduğu vantilatörlerde kullanılabilir.



Şekil 4.12. Frekans kontrollü sistem ile normal sistemin akım karşılaştırması (Gültekin 2001)

Frekans kontrolü, yol verme için kullanıldığında zaman, klasik yol vermede kullanılan elektrikli yol verme cihazlarını ortadan kaldırır. Frekans kontrol cihazlarının çalışma prensibi aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4.13. Frekans kontrol cihazının çalışma prensibi (Gültekin 2001)

P : Motor aktif gücü (watt)

U : Gerilim (volt)

Z : Empedans (Ω)

ω : Açısal frekans (rd/s)

L : Endüktans (henry)

I : Akım (amper)

Φ : Magnetik akı (weber)

f : Frekans (Hz)

k : Motor sabiti

olmak üzere,

$$U = Z.I \quad (4.19.)$$

$$Z = L.\omega = L.2.\pi.f \quad (4.20.)$$

$$I = k.\Phi \quad (4.21.)$$

$$U = L.2.\pi.f.k.\Phi \quad (4.22.)$$

$$\Phi = U / f(2.\pi.L.k) \quad (4.23.)$$

ile verilir ve motor aktif gücü,

$$P = U.I. \text{Cos}\varphi \quad (4.24.)$$

olarak bulunur.

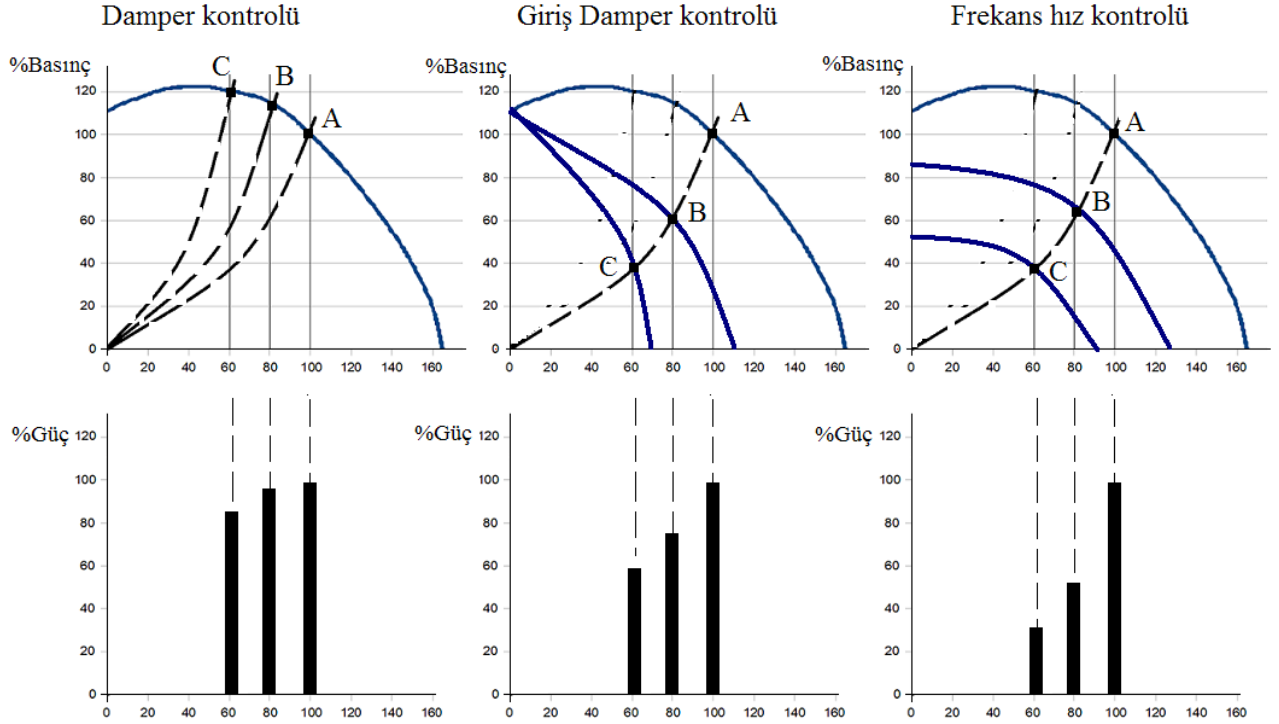
Şekil 4.14.`den frekans kontrolünün, diğer metotlara göre ne kadar enerji ekonomisi sağlayan bir yol olduğu görülmektedir. Şekilde sürekli çizgiler vantilatör eğrilerini, kesikli çizgiler sistem eğrisini göstermektedir. Çalışma noktası bu iki eğrinin kesim noktasıdır. Bar grafikler %60, %80 ve %100 akış için her kontrol metodu için gerekli gücü göstermektedir. Eğrilerde en yüksek çalışma debisi %100, maksimum %160 debi ile gösterilmiştir. Yine şekillerde %100 debiye karşı gelen %100 güç olmaktadır. Bu debilere karşılık gelen güç (debi x basınç) ifadesinden bulunur.

Damper, vantilatör çıkışına konur. Damper kapanırken basınç artar, debinin azalmasına sebep olur. A, B, C akışın iç değişik konumuna karşılık gelmektedir.

Giriş damperinde kontrol prensibi, vantilatör çarkına giren havanın kanat aralıklarına göre dönmesidir. Bu statik basıncı azaltır ve kanat açısına bağlı olarak vantilatör eğrilerini oluşturur. Şekil 4.14, A, B, C noktaları değişik kanat açıları için basınç-debi eğrisini göstermektedir.

Akış, sabit hızlı motorlarda ayarlamak için damperler, giriş damperleri, difüzörler, mekanik hız değiştiriciler kullanılmasının yanı sıra akış by-pass edilir. Akışı engelleyerek kontrol eden sistemler sürtünme ile enerji kaybına neden olurlar. Bu arabaya gaz vererek aynı anda hızı frenle kontrol etmeye benzer. Pahalı ve verimsizdir. Mekanik cihazların ömrünü azaltır. Vantilatör karakteristiklerinin değişmesi ile yapılan kontrol güç tasarrufu sağlar. En çok kullanılan metot vantilatör hızını değiştirmektir.

Vantilatör ve pompalar proje debisinin % 40 ile % 70 arasında çalışır. Motor gücü bütün çalışma süresi içindeki maksimum yük olarak seçilir. Sabit hızlı vantilatörler her zaman bu güce yakın çalışır ve maksimum enerji harcarlar. Kısılma ile kontrolde debi çok düşerken güç çok az düşer.



Şekil 4.14. Kontrol sistemlerinin karşılaştırılması (Gültekin 2001)

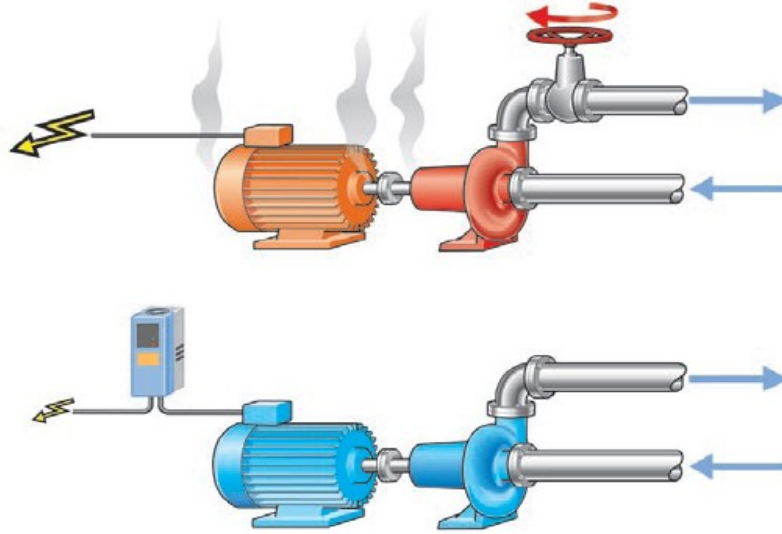
Aynı konu pompalar üzerinden de anlatılabilir;

Vantilatör kanunları aşağıdaki gibi basitleştirilebilir.

- Hava debisi; vantilatör devri ile doğru orantılı olarak,
- Statik basınç; vantilatör devrinin karesi ile doğru orantılı olarak,
- Güç; vantilatör devrinin küpü ile doğru orantılı olarak,

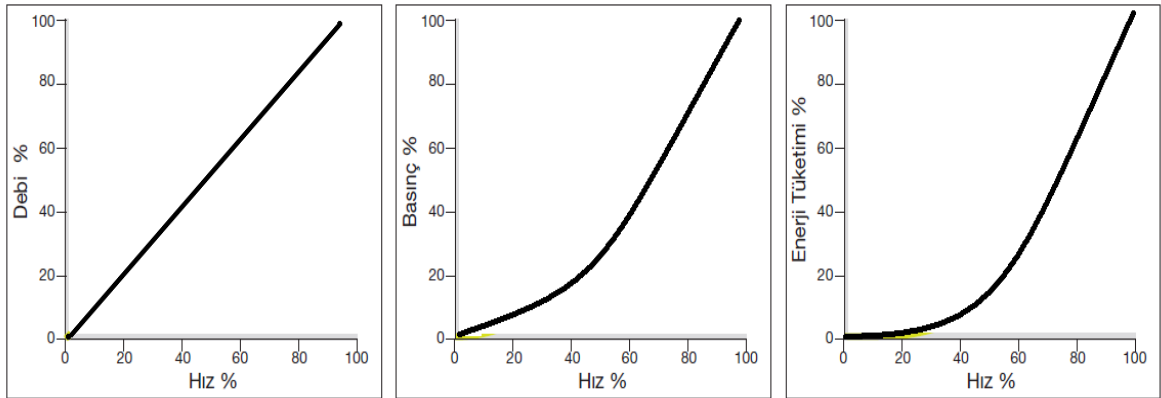
değişir.

Basınç, basma yüksekliği, debi, devir sayısı, ve güç gibi değişkenler kendi aralarındaki ilişki, benzerlik kanunları aracılığıyla da ifade edilebilmektedir. Bu kanunlar hem merkezkaç hem de aksenal vantilatör ve pompalar için kullanılır.



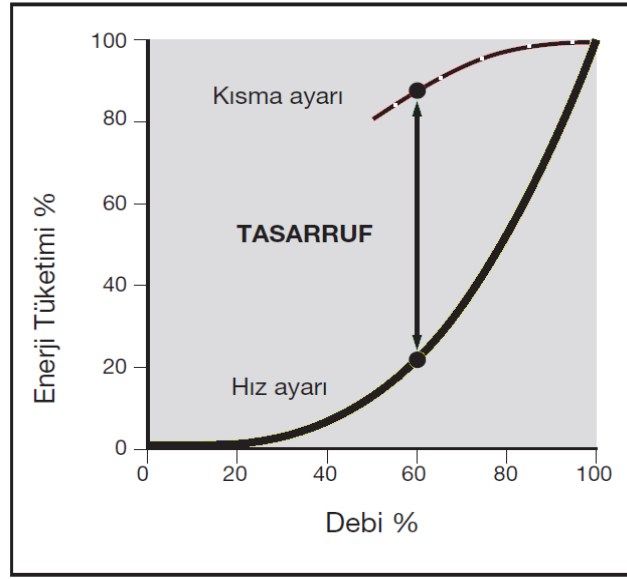
Şekil 4.15. Pompalara frekans konvertör uygulaması (Ristimaki 2008)

Enerji tasarrufu bakımından en önemli nokta, güç tüketiminin hızın küpü ile orantılı olarak artmasıdır. Bunun anlamı, devir sayısının en küçük seviyede azalmasının dahi elektrik tüketiminde büyük tasarruflara sebep olacaktır. Şekil 4.16 'dan da anlaşılacağı gibi, hızı %75 mertebesine çekmek, debiyi %75'e çekerken harcanan güç tam hızda çalışan motorun enerjisinin %42 'sidir. Debi %50'ye çekildiğinde bu güç tüketimi %12,5 seviyesine iner.



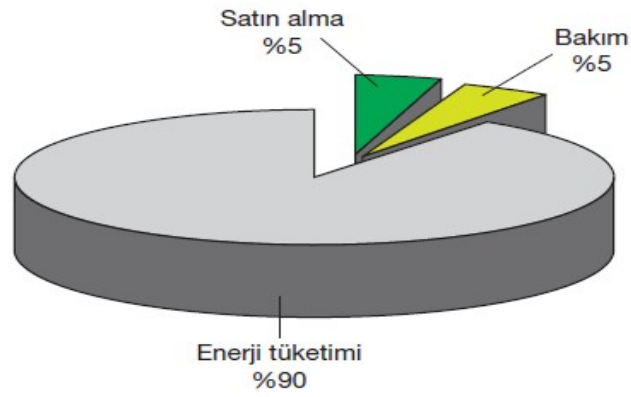
Şekil 4.16. Frekans konvertör sisteminin karşılaştırılması (Ristimaki 2008)

Burada, %70'e kadar olabilecek enerji tasarruflarının, yaşam devresi maliyetlerine yönelik olarak ne kadar önemli açıkça belli olmaktadır. Vantilatörler için olan tipik yaşam devresi maliyetleri buradaki pompalar için belirtilmiş olan ile son derece benzerdir.



Şekil 4.17. %60 debide hız kontrol ile kısma kontrolünün karşılaştırılması (Ristimaki 2008)

Vantilatör ve pompalar satın alma fiyatları, toplam yaşam devresi maliyetlerinin sadece küçük bir parçasıdır. Bakım giderleri, önemli ölçüde olsa da, işletme giderlerinin büyük kısmı enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır. Aşağıdaki şekil bir pompanın tipik yaşam devresi maliyetlerini göstermektedir. (Ristimaki 2008)



Şekil 4.18. Pompalardaki tipik yaşam devresi maliyetleri (Ristimaki 2008)

4.2. Isı Geri Kazanım Sistemleri

Havalandırma ve klima tesisatları, havayı işlerken ısıtma ve soğutma enejisine ihtiyaç duyarlar. Bu işlemler sırasında kullanılan enerjilerin ve yıllık enerji tüketiminin azaltılması dışarı atılan havanın içerdiği enerjinin geri kazanımı ile mümkün olur. Bunlar için değişik teknolojik cihazlar mevcuttur.

Isı geri kazanımının başlıca faydaları:

- Isıtma ve nemlendirme tesisatlarının kapasitelerinin azalması ve buna bağlı olarak da kullanılan kazan tesisatları ve boru hatlarının maliyetinin azaltılması,
- Isınma için gereken enerji tüketiminin azalması ve böylece işletme masraflarının düşmesi,
- Tesisatın ilgili kapasitelerinin düşmesi ve böylece soğutma makinaları, soğutma kuleleri ve boru hatları için gerekli masrafların azaltılması,
- Enerji üretimi-tüketimi sırasında oluşan zararlı madde emisyonunun azalması.

Isı geri kazanım sistemleri aşağıdaki bölgelerde kurulabilir :

- Yerleşim bölgesindeki yapılar (büro, okul, hastane, otel, alışveriş merkezi, konutlar, v.s.)
- Sanayici yapıları (imalathane, atölye örnek; otomobil, ilaç, elektronik)
- Prosesinde hava kullanan tesisatlar (boyama, kurutma, endüstriyel emici)

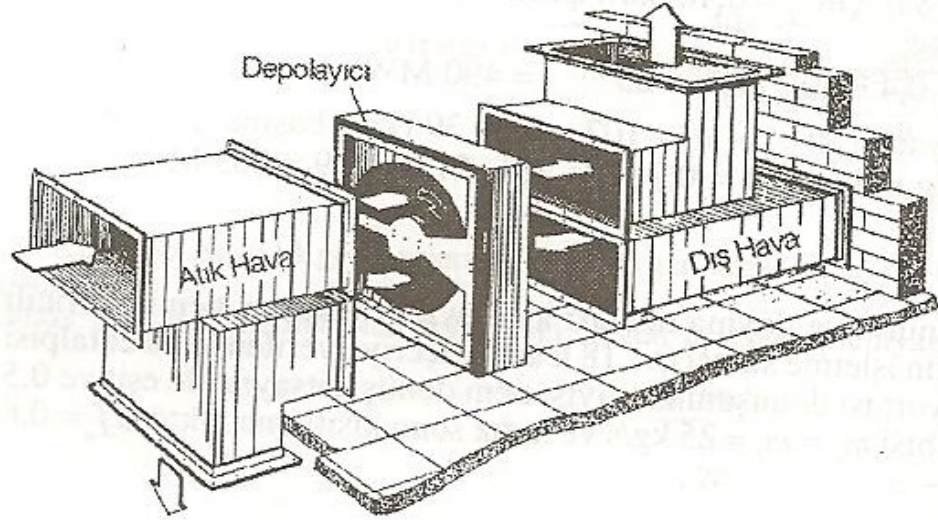
Isı geri kazanım sistemleri :

- Rejeneratif : Bu yöntemde depolama kütleleri kullanılmaktadır. Bunlar sıvıyı, nemi, ya da her ikisini depolayıp tekrar verirler. Dönen ısı geri kazanım cihazında depolama kütlesi katıdır, dolaşımly ısı ısı geri kazanım cihazında ise sıvıdır.
- Reküparatif : Bu yöntemde sabit sabit değiştirme alanları kullanılır. Sadece duyulur ısı aktarılır. (Ayırıcı alan-eşanjör)
- Isı boruları : Bu yöntemde enerji girişi ile ısı aktaran bir soğutucu madde kullanılır.

4.2.1. Rotatif depolayıcı kütleli rejeneratif ısı geri kazanım sistemi

Yavaş dönen bir depolayıcının bir yönü atık havadan, diğer yönü de dış hava akımından etkilenir. Depolama kütleline, sırasıyla bir sıcak hava akımı ve bir de soğuk hava akımı

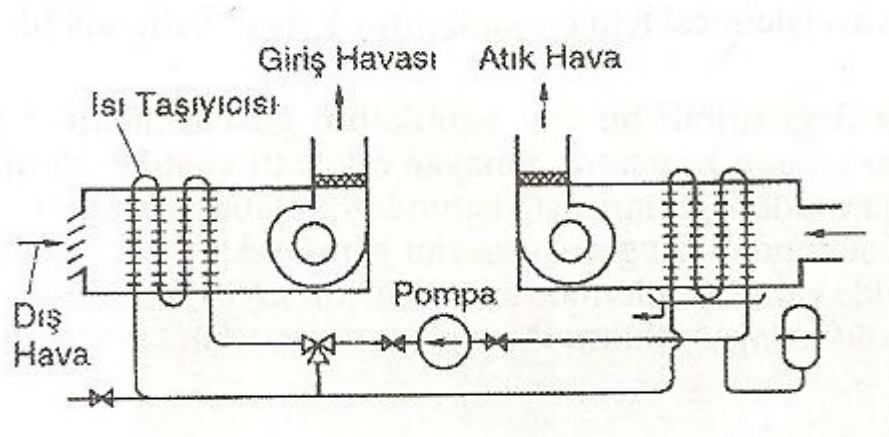
etki eder. Depo, higroskopik yüzeyi olmayan, dalgalı alüminyum folyodan oluşmaktadır. Rotor kılcallarının hidrolik çapı yaklaşık 1,5 mm'dir. Nem gibi duyulur ısının alış-verişi gerçekleşir. Isı dönüş ve nem dönüş katsayıları hava hızına ve basınç kaybına bağlı olarak %70-90 etkilenmektedir. Sonucunda ısıtma-soğutma için masraf azalmaktadır. İçeriden alınan havanın içeriye geçişini engellemek için bir durulama bölgesi bulunur. Burada içeriden alınan hava, dış hava tarafından dışarıya üflenir.



Şekil 4.19. İçeriye verilen hava ve içeriden alınan hava için rejeneratif ısı değiştiricisi (Schramek 2003)

4.2.2. Dolaşıma bağlı rejeneratif ısı geri kazanım sistemi

Sıvı ısı taşıyıcıları ile dolaşımli ısı geri kazanım sistemidir. Burada içeriden alınan havanın kanalına borulu ısı değirticisi yerleştirilir. Bu ısı değirticisi, içeriden alınan hava ısısını, dolaşımdaki suya aktarır. Bu ısı, bir hava ısıtıcısında havanın ısıtılmasını sağlar. Özellikle kurulu olan tesisatlara sonradan eklenebildiğinden çok uygundur. Sadece duyulur ısıyı aktarır. Dolaşıma bağlı sistemler tek tek kapanabilir değirtirici birimlerden oluşturulabilir. Böylece ayarlanabilir tek tek su akıları ile yüksek ısı dönüşüm kat sayılarına ulaşılabilir.



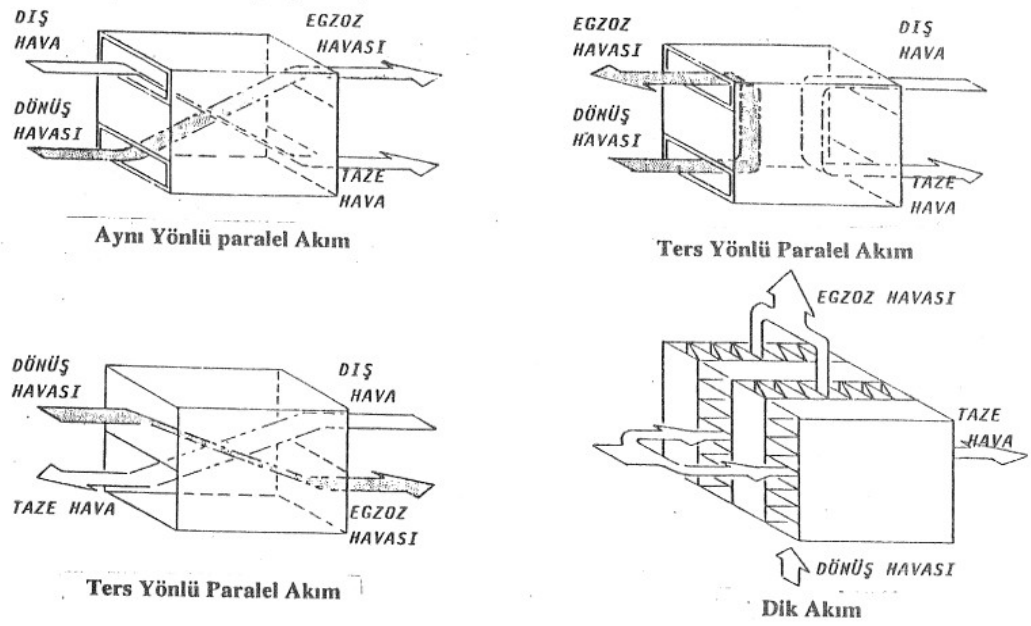
Şekil 4.20. Su dolaşım sistemi ile havalandırma tesisatlarından ısı geri kazanımı (Schramek 2003)

4.2.3. Reküperatif plakalı ısı geri kazanım sistemi

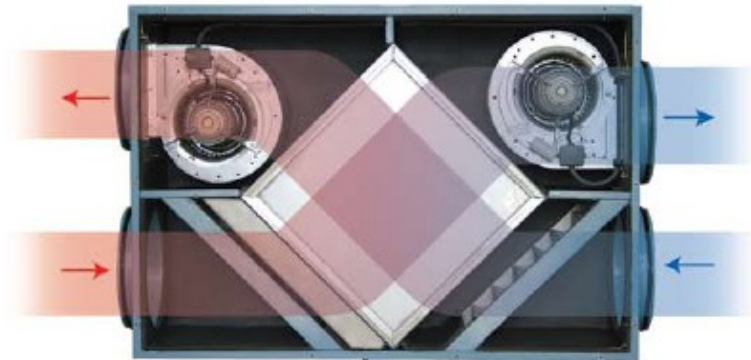
Hava akımı ince plakalarla birbirinden ayrılır. Plakalar kısa aralıklı ve paralel olarak düzenlenmiştir. İki hava akımı da, plakalar arasında ters olarak akar. Hava karışmaz ve nem aktarılmaz. Su püskürtülerek kolayca temizlenir. Kubik veya diagonal şekilli imal edilir.

İçeriden alınan havada, dış havadan fazla su buharı varsa, o zaman içeriden alınan hava kondensasyon olur. Bu sırada ısı kazanım kat sayısı artar, çünkü dış havanın kondensasyon ısısı emilir ve dış hava ve içeriden alınan hava arasındaki sıcaklık farkı büyür. Çok düşük dış sıcaklıklarda kondens suyu donabilir ve hava direnci yükselir.

Isı değiştirici olarak plakaların yerine plastikten veya camdan borular kullanılabilir.



Şekil 4.21. Hava akış yönleri (Schramek 2003)

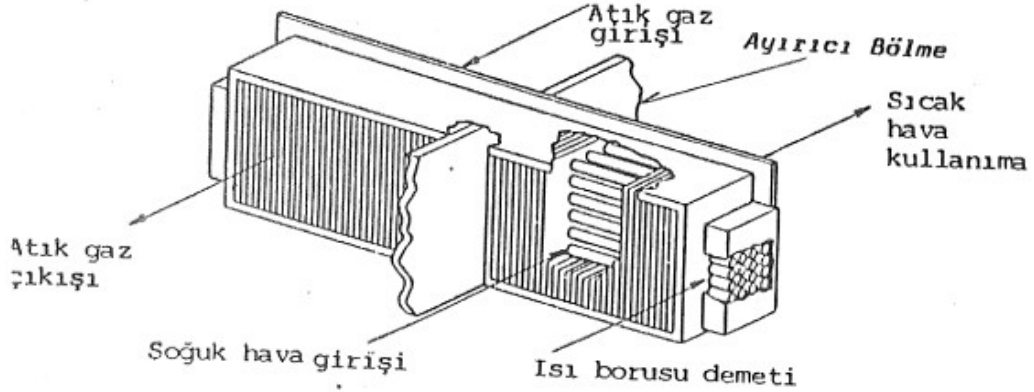


Şekil 4.22. Reküperatif plakalı ısı geri kazanım sistemi (WEB_5 2010)

4.2.4. Isı boruları ile ısı geri kazanım sistemi

Bu sistemde havası alınmış lamelli borular kullanılır ve bunlarda sıvı (genelde soğutucu madde) sabit sıcaklık derecesinde buharlaşmakta ve sıvılaşmaktadır. Sıcak mahalden alınan hava, soğutma maddesini borunun alt yarısında buharlaştırır. Bu sırada borunun üst yarısında soğuk dış havadan dolayı kondens suyu meydana gelir ve yer çekimi ile tekrar aşağı düşer. İçeriden alınan hava soğur ve dış hava ısınır.

Her bir boru veya her boru düzeneği başlı başına bir birim sayılır. Birkaç boru veya boru düzeneği, ısı değiştiricisine beraber takılır. Her arka arkaya takılan boru düzeneği bir başka sıcaklık seviyesinde çalışır.



Şekil 4.23. Isı boruları ile ısı değitirici (Schramek 2003)

4.3. Termostatik Vanalar ve Oda Termostatları

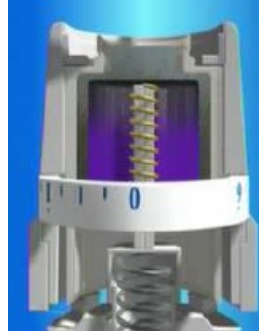
Termostatik vanalar, sahip olduğu hassas termostat grubu ile oda sıcaklığındaki değişiklikleri algılayarak, radyatör geçen akışkan miktarını değiştirir. Böylelikle debi kontrolü yapılarak ortam istenilen değerde sabit tutulur.



Şekil 4.24 Termostatik vana (Anonim 2009)

İki ana parçadan oluşur; vana ve ayarlayıcı. Ayarlayıcıda, bir kap içinde sıvı, buhar veya macun gibi bir madde içinde bulunan bir termostat vardır. Bu, ısı yoluyla genişir ve yay basıncına karşı gelerek vanayı kapatır. Vana yuvası mümkün olduğunca

yatay konulmalı ki hissedici oda sıcaklığına maruz kalsın aksi halde oda sıcaklığı doğru hissedilemez ve verimsizlik olur. Her hissetme sıcaklığı için bir vana ayarı vardır. Yükselen sıcaklıkta vana kapanır, alçalanda ise vana açılır.



Şekil 4.25.Termostatik vana yapısı (Anonim 2009)

Termostatik vanaların yanı sıra, mikro işlemcili oda termostatları da vardır. Bunlar, gece sıcaklık düşmesi veya ısıtma molaları için ayarlama imkanı veren mikro işlemcili devrelerdir. Her gün ayrı ayrı programlanabilir. Hem ısıtma hem de soğutma için ayarlanabilirler.

Bu termostatlar, bireysel konut, apartman ve ofis bölümlerinde, bağımsız odalarda, ticarethanelerde ve hafif endüstriyel binalarda kullanılır.

Oda termostatlarının kumanda ettiği yerler:

- Bölge (zone) vanaları,
- Isıl vanalar,
- Gaz ya da yağ brülörleri,
- Vantilatörler,
- Pompalar.



Şekil 4.26. Çeşitli oda termostatları (WEB_6 2010 ve WEB_7 2010)

5. SİSTEMDEKİ AKIŞKANA KATKILI SIVI İLAVESİ UYGULAMASIYLA ENERJİ TASARRUFU

Katkılı akışkan; kaloriferli ısıtma sistemlerinde (bireysel ısıtma, merkezi ısıtma, yerden ısıtma ve benzeri) sistem içerisindeki su ile belli oranda karıştırılarak kullanılan kimyasal bir solüsyondur.

Bu çalışmada katkılı akışkanın, ilave edildiği sıcak sulu sistemler ile yapılan ısıtma kıyaslaması yapılmıştır.

5.1. Deney 1

Birinci deney; sadece ısıtma yapabildiğimiz bir etüvden oluşmaktadır. Bu cihazın özelliği hedef ortam sıcaklığını yavaş yavaş ulaşması ve iç ortamda homojen bir sıcaklık meydana getirmesidir.



Şekil 5.1. Etüv

Aşağıda belirtilen oranlarda akışkanlar ölçekli 4 tane beher içine konulmuştur.

400 ml %100 saf şebeke suyu

100 ml (%25) şebeke suyu + 300 ml (%75) katkılı sıvı

200 ml (%50) şebeke suyu + 200 ml (%50) katkılı sıvı

300 ml (%75) şebeke suyu + 100 ml (%25) katkılı sıvı

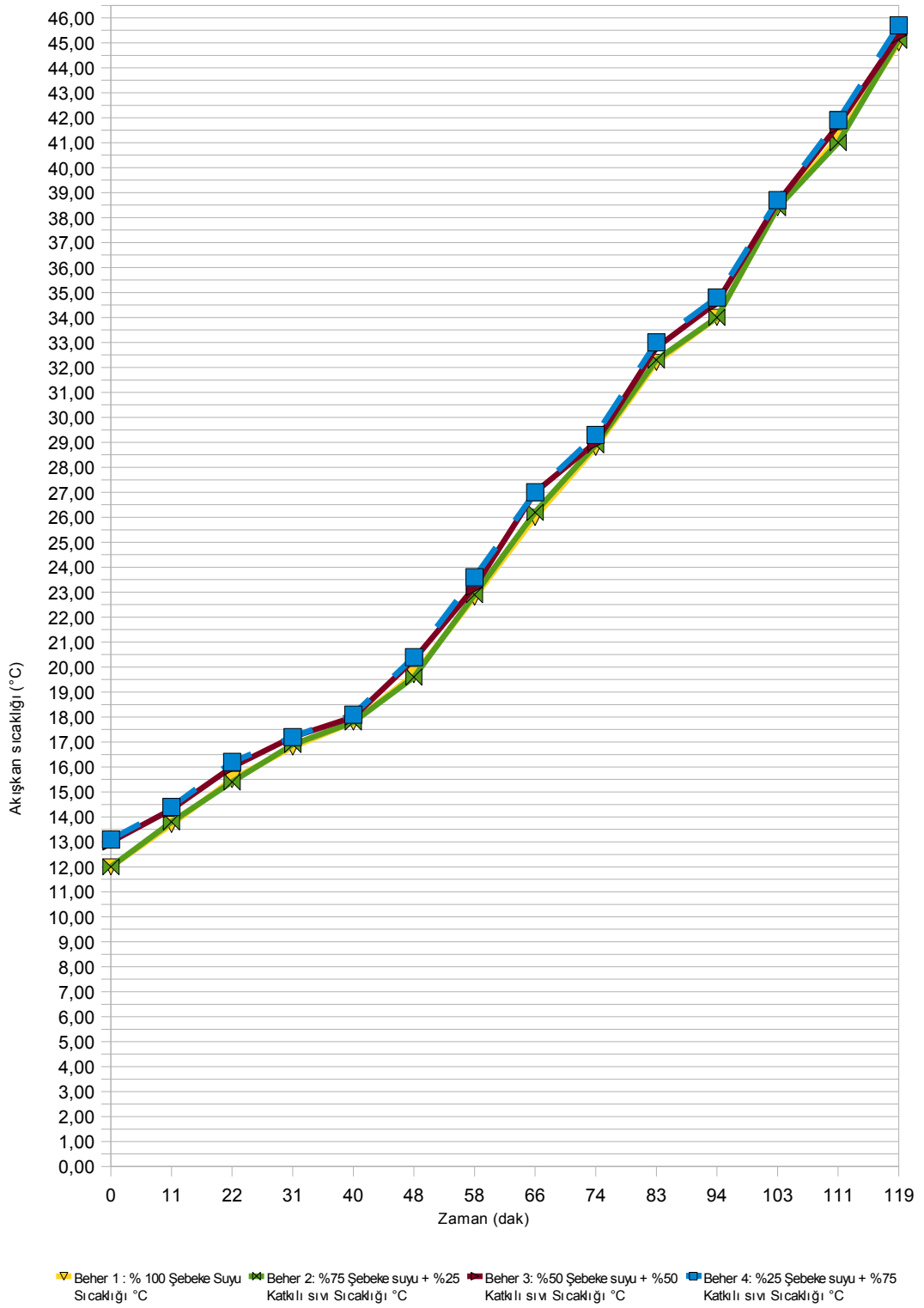


Şekil 5.2. İçinde akışkan bulunan beherler

Etüv içlerine aynı anda 4 farklı oranlarda akışkan içeren 4 tane beher yerleştirilmiştir. Etüv 25°C 'ye ayarlanmış ve iç ortam 25°C ulaştıktan sonra 4 akışkanın sıcaklık değerleri termometre ile ölçülmüştür. 5°C'lik aralıklarla iç ortam sıcaklığı 90°C 'ye çıkarılmış ve akışkan sıcaklıkları yazılmıştır. Daha sonra soğuma için 13°C olan bir dış ortama beherler konmuş soğuma süreleri ve soğuma sıcaklıkları ölçülmüştür.

Tablo 5.1. Etüv'de ele alınan farklı akışkanların ısınma zamanları

Toplam Zaman	Zaman farkları (dak)	Ortam Sıcaklığı °C	Beher 1 : % 100 Şebeke Suyu Sıcaklığı °C	Beher 2: %75 Şebeke suyu + %25 Katkılı sıvı Sıcaklığı °C	Beher 3: %50 Şebeke suyu + %50 Katkılı sıvı Sıcaklığı °C	Beher 4: %25 Şebeke suyu + %75 Katkılı sıvı Sıcaklığı °C
0	0	25	12,00	12,00	13,00	13,10
11	11	30	13,70	13,80	14,30	14,40
22	11	35	15,50	15,40	16,00	16,20
31	9	40	16,80	16,90	17,20	17,20
40	9	45	17,80	17,80	18,00	18,10
48	8	50	19,70	19,60	20,30	20,40
58	10	55	22,80	22,90	23,20	23,60
66	8	60	26,00	26,20	27,00	27,00
74	8	65	28,80	28,90	29,00	29,30
83	9	70	32,20	32,30	32,80	33,00
94	11	75	34,00	34,00	34,60	34,80
103	9	80	38,40	38,40	38,60	38,70
111	8	85	41,20	41,00	41,70	41,90
119	8	90	45,00	45,10	45,30	45,70

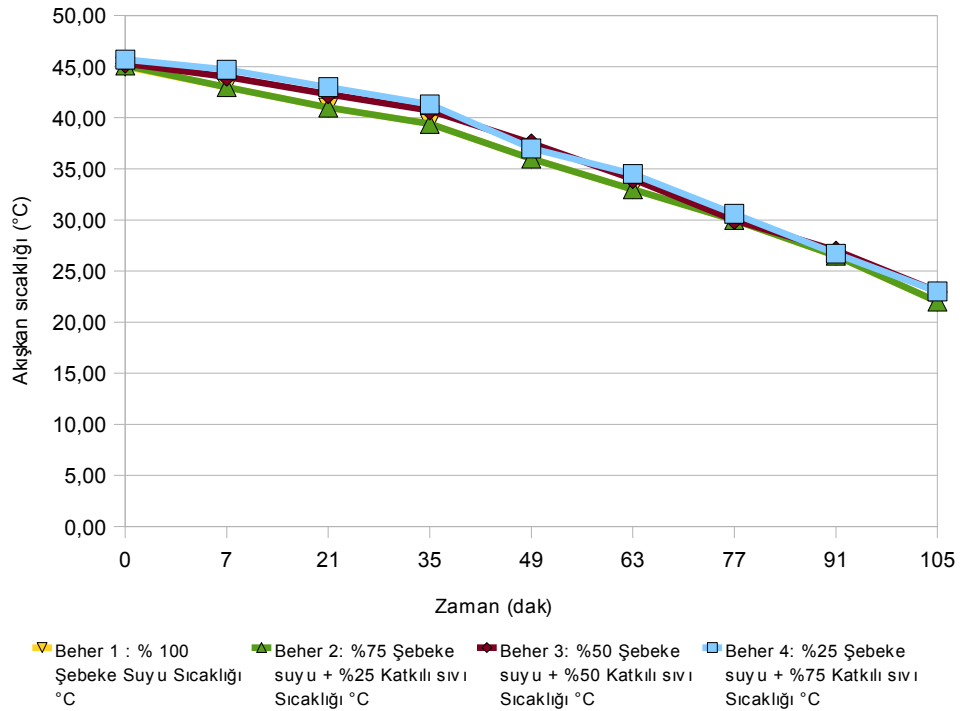


Şekil 5.3. Etüv'de akışkanların ısınma grafiği

90°C'de iç ortam sıcaklığına sahip olan Etüv'ün içinden alınan akışkanlar, 13°C'lik bir dış ortama alınmıştır.

Tablo 5.2. Dış ortamda akışkanların soğuma tablosu

Toplam Zaman	Zaman farkları (dak)	Ortam Sıcaklığı °C	Beher 1 : % 100 Şebeke Suyu Sıcaklığı °C	Beher 2: %75 Şebeke suyu + %25 Katkılı sıvı Sıcaklığı °C	Beher 3: %50 Şebeke suyu + %50 Katkılı sıvı Sıcaklığı °C	Beher 4: %25 Şebeke suyu + %75 Katkılı sıvı Sıcaklığı °C
0	0	13	45,00	45,10	45,30	45,70
7	7	13	43,00	43,00	44,00	44,70
21	14	13	41,00	41,00	42,30	43,00
35	21	13	39,40	39,40	40,70	41,30
49	28	13	36,00	36,00	37,50	37,00
63	35	13	33,00	33,00	34,00	34,50
77	42	13	30,00	30,00	30,00	30,60
91	49	13	26,50	26,50	27,00	26,70
105	56	13	22,00	22,00	23,00	23,00

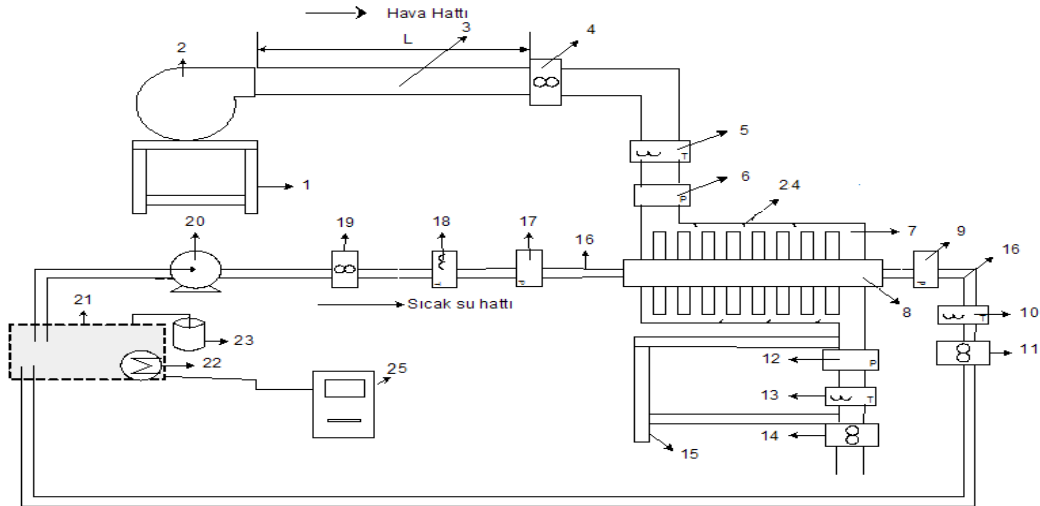


Şekil 5.4. Dış ortamda akışkanların soğuma grafiği

Etüv'de aynı iç ortam sıcaklıklarında şebeke suyu ile katkılı akışkanın sıcaklık performansları karşılaştırılmıştır. Şekil 5.3.'den de anlaşıldığı gibi aynı sıcaklıktaki ortamda %100 şebeke suyuna göre, katkılı sıvı karışimli akışkanlar daha fazla ısınıyor. Hangi karışım oranının daha performanslı olduğunu tespit edebilmek için tablo 5.1, tablo 5.2 değerleri, 5.3 ve 5.4'teki grafikler incelendiğinde; %25 şebeke suyu + %75 katkılı sıvı karışımının performansı, %50 şebeke suyu + %50 katkılı sıvı karışımına göre yaklaşık %2 daha performanslıdır. Ancak yüksek oranlı katkılı sıvının bir maliyeti olduğu düşünülduğünde bu performans farkı ihmal edilir. Ayrıca katkılı sıvının bir kimyasal solüsyon olduğu dikkate alınarak, bunun sistem elemanlarına zarar verebileceği ihtimali de düşünülerek yüksek oranlı karışımların kullanımına hassasiyet gösterilmelidir. Sonuçta %50 şebeke suyu + %50 katkılı sıvı karışımının maliyet ve performans açısından daha kullanılabilir olduğu kanaatine varılabilir.

5.2. Deney 2

Deney setinde, kanatlı borulu bir ısıtma sistemi vardır. Boru içinden su ve boru dışından hava geçmektedir. Deney düzeneğinin tüm kontrolleri bilgisayar ortamında



Şekil 5.5. Çalışmada kullanılan kanatlı boru tipi ısı değiştiricisi ile ilgili deney düzeneğinin şematik gösterimi (Yakar 2007)

yapılmıştır. Bu düzenek 5.5.'da gösterilmektedir.

Burada;

1- Deneysel seti sehpa, 2- Fan, 3- Hava kanalı, 4 ve 14- Hava debisi ölçeri, 5 ve 13- Hava tarafı sıcaklık ölçeri, 6 ve 12- Hava tarafı basınç ölçeri, 7- Isı değiştiricisinin dış gövdesi, 8- Isı değiştiricisinin kanatlı iç borusu, 9 ve 17- Su tarafı basınç ölçeri, 10 ve 18- Su tarafı sıcaklık ölçeri, 11 ve 19- Su debisi ölçeri, 15- Deneysel seti sehpa, 16- Siyah boru, 20- Pompa, 21- Sıcak su tankı, 22- Termostat rezistanslı ısıtıcı, 23- Genleşme deposu, 24- Saptırıcı, 25-Dijital elektrik sayacı ve bunların gerekli teknik özellikleri ise;

1. Deneysel Seti Sehpa: Fan girişindeki havanın ortam koşullarından etkilenmemesi için, havayı emen fan zeminden 1 m mesafedeki sehpa üzerine yerleştirilmiştir.

2. Fan: Ortam havasının hava kanalına girmesini sağlamaktadır.

3. Hava Kanalı: Fan tarafında temin edilen ve ısıtıcıda ısıtılan havanın geçtiği kanaldır. Kanaldan geçen havanın ısı değiştiricisine girişteki debisi tam gelişmiş koşullarda ölçülmelidir. Bu nedenle fan ile debi ölçer arasındaki mesafe (L), bu durum dikkate alınarak 3 m değerinde alınmıştır.

5 ve 13. Hava Tarafı Sıcaklık Ölçeri: Hava tarafının girişteki ve çıkıştaki sıcaklıklarını ölçmektedir. Pratikte ısıtılmış havanın, evsel veya endüstriyel ısıtma, iklimlendirme sistemleri, sera ve kurutma işlemlerinde kullanımı göz önüne alınarak havanın maksimum çıkış sıcaklığı olarak 80°C alınması uygun görülmüştür. Bu sıcaklık aralığında, en uygun ölçme hassasiyetine sahip, $\pm 0,5(-200^{\circ}\text{C} \dots \dots +300^{\circ}\text{C})$ ölçüm aralığında çalışan T tipi bakır constant termocouple havanın giriş ve çıkış sıcaklıklarının tespitinde kullanılmıştır.

7. Dış gövde: Isı değiştiricisinde kanat dış çapı ile ısı değiştiricisi gövdesinin iç yüzeyi arasındaki toplam çevresel dik hava akış yüksekliğidir. Bu mesafe $h = 0,25D$ 'ye göre belirlenmektedir. Bu mesafe saptırıcıların ve kanatlı ısıtıcının dış gövde içine yerleştirilmesi açısından gerekli görülmüştür.

Burada;

h – Kanat dış çapı ile dış gövde arasındaki mesafe (m)

D – Kanat dış çapı (m)

göstermektedir.

8. İçinden ısıtıcı suyun geçtiği dış yüzeyi kanatlandırılmış borudur. Boru malzemesi galvanizli su borusu ve kanat malzemesi ise galvanizli sac'dır. Borunun dış çapı 29 mm olarak ve kanat malzemesinin dış çapı da 87 mm olarak alınmıştır.

10 ve 18. Su Tarafı Sıcaklık Ölçer: Çalışmamızda, suyun ısı değiştiricisine giriş ve çıkıştaki sıcaklıklarını ölçmek için $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ($-50\text{.....}+100^{\circ}\text{C}$) aralığında çalışan Testo 950 sıcaklık ölçeri kullanılmıştır. Bu sıcaklık ölçer 5.6'da gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Testo 950 sıcaklık ölçer

11 ve 19. Su Debisi Ölçeri: Isıtıcı suyun, ısı değiştiricisine girişteki ve çıkıştaki debisi ölçülmektedir.

15. Deney Seti Sehпасı: Test edilen ısı değiştiricisinin, ekipmanları ile birlikte üzerinde bulunduğu sehpaдır.

16. Havayı ısıtan suyun ısı değiştiricisine kadar taşınmasını sağlayan siyah borudur.

20. Pompa: Havayı ısıtan sıcak suyun, su tankından ısı değiştiricisine taşınmasında, devri ayarlanabilen, 5 m³/h debi ve 6 – 7 mss basınç aralığında çalışan bir pompa kullanılmıştır.

21. Sıcak Su Tankı: Isı değiştiricisinden geçerken havayı ısıtan suyun yeniden ısıtıldığı tanktır ve 250 kg hacminededir.

22. Termostat Rezistanslı Isıtıcı: Su tankında bulunan suyu ısıtmak için kullanılmaktadır.

23- Genleşme Deposu: Su tankında bulunan suyun ısıtılması durumunda, su hacminde oluşacak hacimsel genleşmenin toplanmasını sağlamaktadır.

24- Saptırıcı: Dış gövdenin iç yüzeyine yerleştirilmiş, bu elemanlarla havanın ısıtıcı boru içindeki gidiş yolu uzatılmış ve sıcak yüzeylerle temas süresi artırılmıştır. Böylece ısı transferi artırılmıştır.

25. Dijital Elektrik Sayacı: Düzeneğin elektrik tüketimini ölçmektedir.

5.7'da deney düzeneğinin resmi görülmektedir.



Şekil 5.7. Deney düzeneğinin resmi



Şekil 5.8. Deney düzeneğinin içindeki kanatlı boru

5.2.1. Sadece şehir şebeke suyu ile deney çalışması

İlk önce deney düzeneğinde su tankının içine 200 kg sadece şehir şebeke suyu doldurulmuştur. Sistemdeki elektrikli rezistans ile su tankındaki suyun sıcaklığında artış sağlanmaktadır. Hedef sıcaklık değerine ulaşıncaya sistem otomatik olarak sirkülasyon pompasını çalıştırır ve sirkülasyon başlar. Bu sırada, fan dış ortamdan havayı alır ve kanatlı boruların üzerinden geçirerek ısıtılacak olan mahale havayı gönderir; böylelikle boru içindeki sudan havaya ısı transferi meydana gelir. Deney sırasında su giriş ve çıkış sıcaklıkları, hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. 5°C aralıklarla ölçümler yapılmış ve geçen zaman (dakika) tablo 5.3'de ve elektrikli rezistansın, fanın ve sirkülasyon pompasının toplam tükettiği enerji (kWh) değerleri

tablo 5.4'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. 200 kg %100 saf şebeke suyu ile 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları, Zaman-Sıcaklık ilişkisi

25°C'den itibaren geçen toplam zaman	Zaman farkı	Süre başlangıcındaki su deposundaki sıcaklık	Süre bitimindeki su deposundaki sıcaklık	Sisteme hava giriş sıcaklığı	Sistemden hava çıkış sıcaklığı	ΔT_{hava}	Sisteme su giriş sıcaklığı	Sistemden su çıkış sıcaklığı	ΔT_{su}
dak	dak	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
14	14	25	30	21,0	22,9	1,9	29,50	29,45	0,05
28	14	30	35	21,2	24,0	2,8	34,60	34,50	0,10
43	15	35	40	21,4	24,3	2,9	39,80	39,69	0,11
57	14	40	45	21,6	26,4	4,8	44,60	44,42	0,18
72	15	45	50	21,8	27,8	6,0	49,89	49,69	0,20
87	15	50	55	21,9	28,9	7,0	54,75	54,54	0,21
102	15	55	60	22,1	30,3	8,2	59,90	59,64	0,26
117	15	60	65	22,4	31,7	9,3	64,90	64,60	0,30

Ort. Zaman 14,63

Tablo 5.4. 200 kg %100 saf şebeke suyu ile 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları, Enerji tüketim-Sıcaklık ilişkisi

25°C'den itibaren geçen toplam zaman	Tüketilen Enerji Farkı	Süre başlangıcındaki su deposundaki sıcaklık	Süre bitimindeki su deposundaki sıcaklık	Sisteme hava giriş sıcaklığı	Sistemden hava çıkış sıcaklığı	ΔT_{hava}	Sisteme su giriş sıcaklığı	Sistemden su çıkış sıcaklığı	ΔT_{su}
kWh	kWh	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1,29	1,29	25	30	21,0	22,9	1,9	29,50	29,45	0,05
2,60	1,31	30	35	21,2	24,0	2,8	34,60	34,50	0,10
3,98	1,38	35	40	21,4	24,3	2,9	39,80	39,69	0,11
5,29	1,31	40	45	21,6	26,4	4,8	44,60	44,42	0,18
6,79	1,50	45	50	21,8	27,8	6,0	49,89	49,69	0,20
8,20	1,41	50	55	21,9	28,9	7,0	54,75	54,54	0,21
9,66	1,46	55	60	22,1	30,3	8,2	59,90	59,64	0,26
11,09	1,43	60	65	22,4	31,7	9,3	64,90	64,60	0,30

Ort. Enerji tük. 1,39

5.2.2. Şehir şebeke suyu ve katkılı sıvı ile deney çalışması

Bölüm 5.1'deki deney sonuçlarından %50 karışımın daha performanslı ve ekonomik olduğu görüldüğü için deney seti 2'deki çalışma %50 karışımlı olarak yapılmıştır.

Deney düzeneğindeki su tankının içine 100 kg şehir şebeke suyu ve 100 kg katkılı sıvı doldurulmuştur. Sistemdeki elektrikli rezistans ile su tankındaki sıcaklık artışı meydana meydana gelmektedir. Hedef sıcaklık değerine ulaşılnca sistem otomatik olarak sirkülasyon pompasını çalıştırır ve sirkülasyon başlar. Bu sırada, fan dış ortamdan havayı alır ve kanatlı boruların üzerinden geçirerek ısıtılacak olan mahale havayı gönderir; böylelikle ısı akışkandan havaya ısı transferi meydana gelir. Deney sırasında su giriş ve çıkış sıcaklıkları, hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. Deney sırasında su giriş ve çıkış sıcaklıkları, hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. 5°C aralıklarla ölçümler yapılmış ve geçen zaman (dakika) tablo 5.5'de ve elektrikli rezistansın, fanın ve sirkülasyon pompasının toplam tükettiği enerji (kWh) değerleri tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.5. 200 kg karışimli akışkan ile (%50 saf şebeke suyu ve %50 katkılı sıvı) 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları,Zaman-Sıcaklık ilişkisi

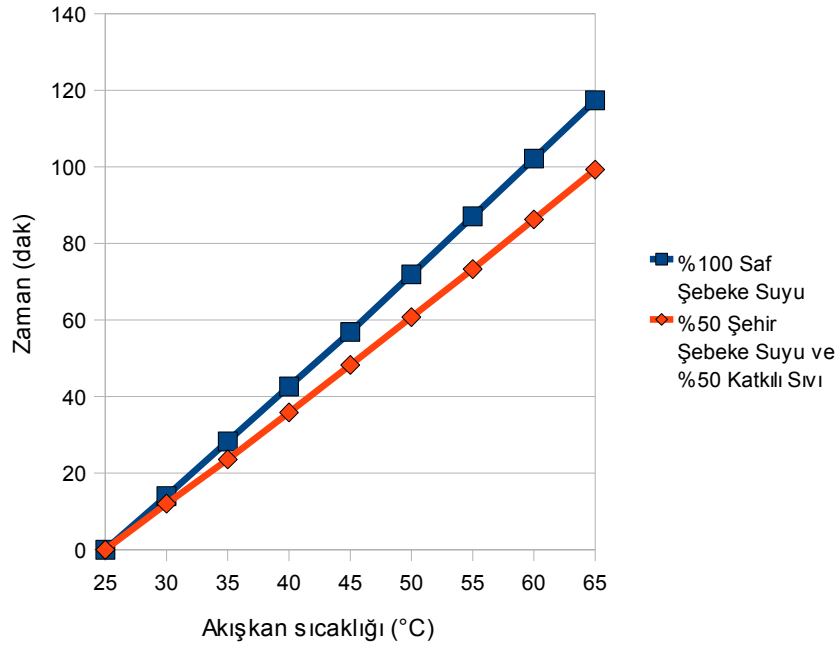
25°C'den itibaren geçen toplam zaman	Zaman farkı	Süre başlangıcındaki su deposundaki sıcaklık	Süre bitimindeki su deposundaki sıcaklık	Sisteme hava giriş sıcaklığı	Sistemden hava çıkış sıcaklığı	ΔT_{hava}	Sisteme su giriş sıcaklığı	Sistemden su çıkış sıcaklığı	ΔT_{su}
dak	dak	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
12,0	11,5	25	30	20,8	22,7	1,9	29,17	29,12	0,05
23,6	11,8	30	35	21,0	24,0	3,0	34,45	34,34	0,11
35,8	11,8	35	40	21,0	25,4	4,4	39,34	39,23	0,11
48,2	11,8	40	45	22,1	26,6	4,5	44,36	44,23	0,13
60,7	12,5	45	50	22,3	27,8	5,5	49,41	49,24	0,17
73,3	12,0	50	55	22,6	29,1	6,5	54,52	54,28	0,24
86,3	13,0	55	60	22,9	30,3	7,4	59,53	59,29	0,24
99,3	12,7	60	65	22,9	31,4	8,5	64,39	64,11	0,28

Ort. Zaman 12,14

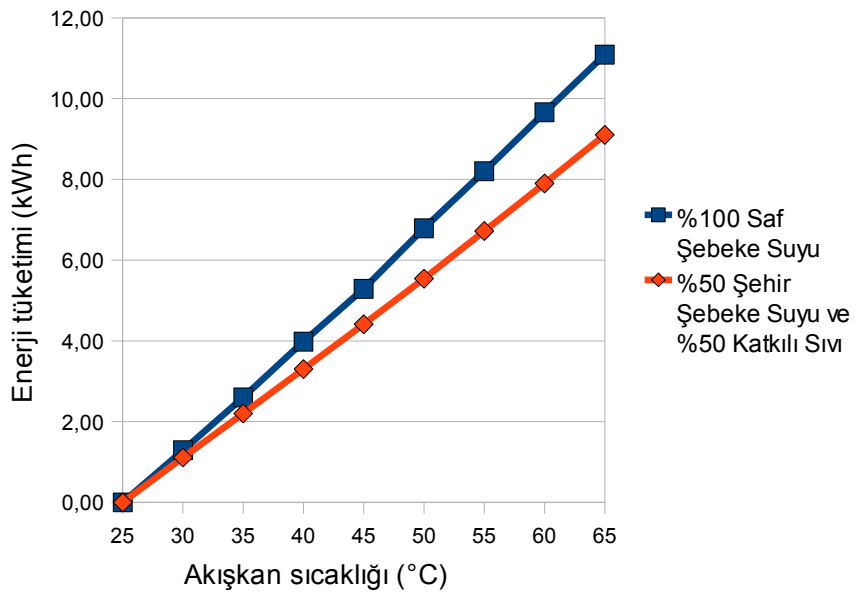
Tablo 5.6. 200 kg karışimli akışkan ile (%50 saf şebeke suyu ve %50 katkılı sıvı) 25°C'den itibaren 5°C'lik sıcaklık artışlarında ölçülen ısınmaya ait deney sonuçları-Enerji tüketimi-sıcaklık ilişkisi

25°C'den itibaren geçen toplam zaman	Tüketilen Enerji Farkı	Süre başlangıcındaki su deposundaki sıcaklık	Süre bitimindeki su deposundaki sıcaklık	Sisteme hava giriş sıcaklığı	Sistemden hava çıkış sıcaklığı	ΔT_{hava}	Sisteme su giriş sıcaklığı	Sistemden su çıkış sıcaklığı	ΔT_{su}
kWh	kWh	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1,11	1,11	25	30	20,8	22,7	1,9	29,17	29,12	0,05
2,2	1,09	30	35	21,0	24,0	3,0	34,45	34,34	0,11
3,3	1,10	35	40	21,0	25,4	4,4	39,34	39,23	0,11
4,41	1,11	40	45	22,1	26,6	4,5	44,36	44,23	0,13
5,54	1,13	45	50	22,3	27,8	5,5	49,41	49,24	0,17
6,72	1,18	50	55	22,6	29,1	6,5	54,52	54,28	0,24
7,9	1,18	55	60	22,9	30,3	7,4	59,53	59,29	0,24
9,1	1,20	60	65	22,9	31,4	8,5	64,39	64,11	0,28

Ort. Enerji tük. 1,14



Şekil 5.9. %100 saf şebeke suyu ile %50 katkılı sıvı ve %50 saf şebeke suyu karışımının 25°C başlangıç sıcaklığından başlayarak 5°C'lik sıcaklık artışları için gerekli zaman ve akışkan sıcaklığı grafiği



Şekil 5.10. %100 saf şebeke suyu ile %50 katkılı sıvı ve %50 saf şebeke suyu karışımının 25°C başlangıç sıcaklığından başlayarak 5°C'lik sıcaklık artışları için gerekli enerji tüketim ve akışkan sıcaklığı grafiği

Tablo 5.3., Tablo 5.4., Tablo 5.5., ve Tablo 5.6., ayrıca Şekil 5.9 ve 5.10 incelendiğinde %50 katkılı sıvı ve %50 şebeke suyu karışımının, %100 şebeke suyuna göre ısınma yönüyle zaman ve enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir. Tasarruf oranları aşağıda belirtilmiştir.

$$\text{Zaman tasarrufu} = \frac{\text{Saf akışkanlı deney ort. zaman} - \text{Karışımli deney ort. Zaman}}{\text{Saf akışkanlı deney ort. zaman}} \times 100$$

$$\text{Zaman tasarrufu} = \frac{14,63 - 12,14}{14,63} \times 100$$

$$\text{Zaman tasarrufu} = \% 17,02$$

$$\text{Enerji tasarrufu} = \frac{\text{Saf akışkanlı deney ort. enerji tük.} - \text{Kar. deney ort. enerji tük.}}{\text{Saf akışkanlı deney ort. enerji tük.}} \times 100$$

$$\text{Enerji tasarrufu} = \frac{1,39 - 1,14}{1,39} \times 100$$

$$\text{Enerji tasarrufu} = 17,98$$

6. SONUÇ

Bugünden yapılan tasarruflar yarınların enerji kaynağı olacaktır. Alternatif enerji kaynakları bulunsa da birincil enerji kaynakları olan fosil yakıtlardan vazgeçmek şu an için mümkün değildir. Dolayısıyla hayatın her yerinde enerji tasarrufu gereklidir.

İklimlendirme sistemleri, insanların belirli bir konfor şartında yaşamaları ve çalışmaları için gereklidir. Yatırım ve işletme şekli incelenerek iklimlendirme sistemlerinde bilinen enerji tasarruf yöntemleri uygulamaya mutlaka geçirilmelidir.

Hem merkezi iklimlendirme sistemlerinde hem de bireysel iklimlendirme sistemlerinde enerji tasarruf yolları vardır. Yatırım maliyetleri incelenerek, her çeşit iklimlendirme sistemine bir enerji tasarruf yöntemi uygulanabilir. Doğru olan yolu bulup uygulamayı almak gereklidir. Bu çalışmada yeni bir enerji tasarruf türü olan, sulu sistemlerde kullanılan katkılı akışkan incelenmiştir. Deney 2'deki tablolar ve grafikler yorumlandığında; katkılı akışkan, saf şebeke suyu ile %50 oranda karıştırıldığında, saf şebeke suyuna göre ısıtmada kazanılan tasarruf; zaman yönünden % 17,02 , tüketilen enerji yönünden %17,98 'dir. Bu değerler artan enerji maliyetleri düşünüldüğünde hiç de az bir değer değildir. Bu katkılı akışkan kullanıldığında hedef sıcaklık değerlerine daha erken ulaşıldığı için sistem daha rahat çalışacak ve dolayısıyla sistem elemanları daha uzun ömürlü olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2001) Klima Tesisatı, Isısan Çalışmaları No: 305, *ISISAN*, 648s.
- Anonim (2006) Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, *Elektrik İşleri Etüt Dairesi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi Yayınları*, Cilt 1-2-3-4, Ankara.
- Anonim (2009) Termostatik vana sunumu, ECA Emas A.Ş., 2009.
- Akkaya, A. (1998), Adana’da 1 zemin, 4 normal katlı bir binanın merkezi ısıtma ile kat bazında ısı pompasıyla iklimlendirmenin yatırım ve işletme masrafları yönünden incelenmesi., *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 184s.
- Arısoy, A. (1991) Isı Geri Kazanma Sistemleri, *Termas A. Ş. Teknik Yayınları 3.*, 220s.
- Bulak, S. (1999), Klima rehberi III, *Teknik Yayıncılık*, 230s.
- Çengel, Y., Boles, M. (1996) Mühendislik Yaklaşımı ile Termodinamik, *Literatür Yayıncılık*, 867s.
- Çınar, T. (2008), Tekstil sanayisinde enerji yönetimi ve enerji verimlilik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 186s.
- Ergin, A.G. (2000), Merkezi Klima Sistemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 215s.
- Genceli, O.F., Parmaksızoğlu, C. (2006) Kalorifer Tesisatı, *Makina Mühendisleri Odası Yayını*, 411s.
- Gültekin, T.(2001), Bina iklimlendirmesinde enerji tasarrufu, verim ve maliyet analizi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 76s.
- Karagözyan, A. (2002), Çok Üniteli Klima sistemlerinin kanallı tip split klima cihazları ile karşılaştırılması, maliyet analizlerinin yapılması, optimum şartların belirlenmesi., Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 111s.
- Kartun, M. (2000), Kanallı split klimaların ve çok üniteli karşılaştırılması ve ekonomik analizi ve uygulama projesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 49s.
- Mathews, Botha, Arndt ve Malan (2001) HVAC control strategies to enhance comfort and minimise energy usage. *Energy and Buildings*, 853-863s.
- Schramek, R.S. (2003), Isıtma ve Klima Tekniği, *Doğa Yayıncılık*, 1970s.
- Sunaç, B., Kenber, E., Çelimli, E., Bilge, E., Uzgur, S., Giray, S., Yücel, T. (2002) Klima Tesisatı, *Makina Mühendisleri Odası Yayını*, 458s.

- Ristimaki, T. (2008), Frekans konvertörü ile Enerji Verimliliği, *Honeywell A.Ş.*, 8s.
- Tarakçıoğlu, A. (2006), Sanayide atık ısıdan yararlanma yöntemleri., Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 114s.
- Yakar, G. (2007), Delinmiş kanatlı boru tipi ısı değiştiricisinde yaratılan türbülanslı ısı transferi ve başınç düşümüne etkisi, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- WEB_1. (2009) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi, http://www.enerji.gov.tr/EKLENTI_VIEW/index.php/raporlar/raporVeriGir/4314/2 (22.12.2009)
- WEB_2. (2010) Alarko-Carrier A.Ş. İnternet sitesi, Fan-coil ile ilgili broşürü. http://www.alarko-carrier.com.tr/AC_icerik.asp?ID=AC41b (02.01.2010)
- WEB_3. (2009) İklimsa klima kataloğu, General klima kataloğu, <http://www.iklimsa.com.tr/iklimsa/UrunGrubuListe.aspx?marka=GENERAL&grup=KLIMA> (01.12.2009)
- WEB_4. (2010) Alarko-Carrier A.Ş. İnternet sitesi, Fanlar ile ilgili broşür. <http://www.alarko-carrier.com.tr/eBulten/TekBulten/TekBulten24.htm> (02.01.2010)
- WEB_5. (2010) Venco havalandırma sistemleri internet sitesi <http://www.venco.com.tr/ısıgerikazanim> (01.01.2010)
- WEB_6. (2010) Viessmann ısı sistemleri internet sitesi <http://www.viessmann.com.tr/kombi> (01.01.2010)
- WEB_7. (2010) Siemens kontrol sistemleri internet sitesi <http://www.siemens.com.tr/odatermostatları/kombi> (02.01.2010)

EKLER

EK-1 Normal durumlar için kalorifer tesisatı ısı kaybı hesabına esas projelendirme dış sıcaklıkları ve rüzgar durumları.

İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C
ADAPAZARI	-3R	Araç	-15	Besni	-9	Çal	-9	Çüngüş	-9
Acıpayam	-6	Araklı	-3	Beşiri	-9	Çamardı	-15 R	Daday	-12
ADANA	0 R	Arapkir	-15	Beykoz	-3 R	Çameli	-6	Datça	+3 R
Adilcevaz	-15	Ardahan	-21	Beypazarı	-12 R	Çamlıdere	-15	Darende	-15
ADİYAMAN	-9	Ardanuç	-9	Beyşehir	-12	Çan	-3 R	Demirci	-6 R
Afşin	-15	Ardeşene	-3	Beytişebap	-18	ÇANAKKALE	-3 R	Demirköy	-9 R
AFYON	-12 R	Arhavi	-3	Biga	-3 R	Çankaya	-12 R	DENİZLİ	-6
Ağın	-15	Arpaçay	-27	Bigadiç	-6 R	ÇANKIRI	-15	Dereli	-6
Ağlasun	-9	Argüven	-12	BİLECİK	-9 R	Çardak	-9	Derik	-6 R
AĞRI	-24	Artova	-12	BİNGÖL	-18 R	Çarşamba	-3 R	Develi	-15
Ahlat	-15	ARTVİN	-9	Birecik	-6 R	Çat	-21	Devrek	-9
Akçaabat	-3	Aşkale	-21	Bismil	-9	Çatak	-21	Devrekani	-12
Akçadağ	-12	Avanos	-15	BİTLİS	-15	Çatalca	-6 R	Dicle	-9
Akçakale	-6 R	Ayancık	-3 R	Bodrum	+3 R	Çatalzeytin	-3 R	Digor	-27
Akçakoca	-3 R	Ayaş	-12 R	Boğazlıyan	-15	Çay	-12	Dikili	-3 R
Akdağmadeni	-15			BOLU	-15	Çaycuma	-6 R	Dinar	-9
Akhisar	-3 R	AYDIN	-3 R	Bolvadin	-12	Çayeli	-3	Divriği	-18
Akkuş	-6	Ayvacık	-3 R	Bor	-15 R	Çayıralan	-15	Diyadin	-24
AKSARAY	-15	Ayvalık	-3 R	Borçka	-3 R	Çayırılı	-18	DIYARBAKIR	-9 R
Akseki	-9 R	Azdavay	-9	Bornova	0 R	Çaykara	-9	Doğanhisar	-12
Akşehir	-12	Babaeski	-9 R	Boyabat	-9	Çekerek	-15	Doğanşehir	-12
Akyazı	-6 R	Bafra	-3 R	Bozcaada	-3 R	Çelikhan	-9	Doğubeyazıt	-27
Alaca	-15	Bahçe	-3	Bozdoğan	-3 R	Çemişgezek	-15	Dörtöy	+3 R
Alaçam	-3 R	Bala	-12 R	Bozkır	-9	Çerkezköy	-9 R	Durağan	-9
Alanya	+3 R			Bozkurt	-3 R	Çerkeş	-15	Dursunbey	-9 R
Alaşehir	-6	BALIKESİR	-3R	Bozova	-6 R	Çermik	-9 R	Düzce	-9 R
Almus	-12	Balya	-3 R	Bozüyük	-9 R	Çeşme	0 R	Eceabat	-3 R
Altınözü	0 R	Banaz	-3 R	Bucak	-9	Çiçekdağı	-15	EDİRNE	-9
Altıntaş	-12	Bandırma	-6 R	Bulancak	-3	Çifteler	-12 R	Edremit	-3 R
Aluçra	-12	BARTIN	-3 R	Bulanık	-21	Çınar	-6 R	Eflani	-12
		Başkil	-12	Buldan	-6	Çine	-3 R	Eğridir	-9
AMASYA	-12	Başkale	-27	BURDUR	-9	Çivril	-9	ELAZIĞ	-12
Anamur	+3	BATMAN	-9	Burhaniye	-3 R	Çıldır	-21	Eleşkirt	-24
Andırın	-9	Bayat	-15	BURSA	-6 R	Çorlu	-9R	Elmalı	-9
		Bayburt	-15	Bünyan	-15	Çoruh	-9	Elbistan	-17
ANKARA	-12 R	Bayındır	-3	Ceyhan	0 R	ÇORUM	-15	Emet	-9 R
ANTAKYA	0 R	Bayhan	-12	Cide	-3 R	Çubuk	-12R	Emirdağ	-12
ANTALYA	+3 R	Bayramiç	-3 R	Cihanbeyli	-12	Çukurca	-18	Enez	-9 R
Araban	-9	Bergama	-3 R	Cizre	-6	Çumra	-12	Erbaa	-12
Erdek	-6 R	Horasan	-27	Koyuhisar	-12	Palu	-15	Şefaati	-15
Erdemli	+3	Hozat	-18	Kozaklı	-15	Pasinler	-24	Şemdinli	-27
Ercis	-15	Iğdır	-18	Kozan	-3 R	Patnos	-21	Şenkaya	-21
Ereğli (Konya)	-15	Ilgaz	-15	Kozluk	-12	Pazar	-3	Şereflikoçhisar	-12
Ereğli(Zonguldak)	-3 R	Ilgın	-12	Köyceğiz	-3 R	Pazarcık	-9	Şile	-3 R
Ergani	-9	İdil	-6	Kula	-6	Pazaryeri	-9	Şiran	-15
Ermenek	-9	İliç	-18	Kulp	-15	Pehlivan köyü	-9 R	Şırnak	-6
Eruh	-6	İkizdere	-9	Kumluca	0	Perşembe	-3R	Şırvan	-12
ERZİNCAN	-18	İmranlı	-18	Kurşunlu	-15	Pertek	-12	Şuhut	-12 R
ERZURUM	-21	İmroz	-3 R	Kurtalan	-9	Pervani	-15	Tarsus	0
Espiye	-3	İncesu	-15	Kurucaşile	-3R	Pınarbaşı	-15	Taşköprü	-12
Eskipazar	-15	İnebolu	-3R	Kuşadası	0 R	Pınarhisar	-9 R	Taşlıca	-24
ESKİŞEHİR	-12	İnegöl	-9 R	Kuyucak	-3	Pülümür	-18	Taşova	-12
Eşme	-6 R	İpsala	-9 R	Küre	-6 R	Polatlı	-12 R	Tatvan	-15
Ezine	-3 R	İskenderun	+3	KÜTAHYA	-12	Posof	-15	Tavas	-3
Fatsa	-3 R	İskilip	-15	Ladik	-9	Pozantı	-9	Taşaanlı	-9 R
Feke	-9	İslahiye	-3	Lalapaşa	-9 R	Pütürge	-9	Tefenni	-9
Felahiye	-15	İSPARTA	-9	Lapseki	-3 R	Refahiye	-18	TEKİRDAĞ	-6 R
Fethiye	+3	İSTANBUL	-3 R	Lice	-15	Reşadiye	-12	Tekmen	-21
Fındıklı	-3	İspir	-18	Lüleburgaz	-9 R	Reyhanlı	-3 R	Tercan	-21
Finike	+3 R	İvrindi	-3 R	Maden	-9	RİZE	-3	Terme	-3 R
Foça	0 R	İZMİR	0	Maçka	-3	Safranbolu	-12	Tire	-3 R
GAZİANTEP	-9	İZMİT	-3 R	Mağara	-15	Saimbeyli	-12	Tirebolu	-3
Gazipaşa	+3 R	İznik	-3 R	MALATYA	-12	Salihli	-3	TOKAT	-15
Gebze	-3 R	Kadirli	-3 R	Mahmudiye	-12 R	Samandağ	+3 R	Tomarza	-15
Gediz	-9 R	Kadıköy	-3 R	Malazgirt	-21	SAMSUN	-3 R	Tonya	-3

EK 1. (DEVAM) Normal durumlar için kalorifer tesisatı ısı kaybı hesabına esas projelendirme dış sıcaklıkları ve rüzgar durumları.

İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C	İsim	Sıcaklık °C
Gelibolu	-3 R	Kadinhan	-12	Malkara	-6 R	Sandıklı	-12 R	Torbalı	0 R
Gelendost	-12	Kağızman	-24	Manavgat	+3 R	Sapanca	-3 R	Tortum	-21
Gemerek	-15	Kahte	-9 R	MANİSA	-3 R	Saray	-9 R	Torul	-9
GEMLİK	-3 R	Kalecik	-12	Manyas	-6 R	Sarayköy	-6	Tosya	-15
Genç	-15	Kaman	-12	MARAŞ	-9	Sarıcakaya	-9 R	Tozanlı	-12
Gecüş	-6	Kandıra	-3 R	MARDİN	-6	Sarıgöl	-6	TRABZON	-3
Gerede	-15	Kangal	-18	Marmaris	+3 R	Sarıkışımış	-27	TUNCELİ	-18
Gerger	-9	Karaburun	-3	Mazıdağı	-6	Sarıyer	-3 R	Turgutlu	-3
Germencik	-3 R	KARABÜK	-12	Mazgirt	-18	Sarız	-15	Turhal	-12
Gebze	-3 R	Karacabey	-6 R	Mecitözü	-15	Sason	-15	Tutak	-22
Gevaş	-15	Karacasu	-3	Menemen	0 R	Savaştepe	-3 R	Tuzluca	-18
Geyve	-6 R	Karahallı	-9	Mengen	-15	Savur	-6	Türkeli	-3 R
GİRESUN	-3	Karaisalı	-3 R	Meriç	-9 R	Seben	-12	Ula	-3 R
Göksun	-12	Karakoçan	-18	MERSİN	+3	Seferihisar	0 R	Ulubey	-9
Gölbahı	-9	Karaman	-12	Merzifon	-12	Selçuk	0 R	Uluborlu	-9
Gölcük	-3 R	Karamürsel	-3	Mesudiye	-12	Selendi	-6 R	Uludere	-12
Göle	-21	Karapınar	-12	Midyat	-6	Selim	-27 R	Ulukışla	-15
Göhlisar	-9	Karasu	-3 R	Mihalıççık	-12 R	Senirkent	-9	Ulus	-6 R
Gölköy	-6	Karataş	+3 R	Milas	0 R	Serik	+3 R	URFA	-6 R
Gölpazarı	-6	Karayazı	-23	Mucur	-12	Seydişehir	-12	Urla	0
Gönen	-6 R	Kargı	-12	Mudanya	-3 R	Seyitgazi	-12	UŞAK	-9 R
Görece	-3	Karlıova	-21	Mudurnu	-9	SİİRT	-9	Uzunköprü	-9 R
Gördes	-6 R	KARS	-27	MUĞLA	-3 R	Silifke	+3	Ünye	-3 R
Göynük	-9 R	Kartal	-3 R	Muradiye	-18	Silivri	-6 R	Ürgüp	-15
Gökücek	-15	KASTAMONU	-12	Muratlı	-6 R	Silvan	-9	Üsküdar	-3 R
Güdül	-12 R	KAYSERİ	-15	M.Kemalpaşa	-6 R	Simav	-9 R	Vakıfkebir	-3
Gülнар	-3	Kaş	+3 R	MUŞ	-18	Sincanlı	-12 R	VAN	-15
Gülşehir	-15	Kavak	-6	Mut	-9	SİNOP	-3 R	Varto	-21
Gümüşhacıköy	-12	Keban	-12	Mutki	-15	SİVAS	-18	Veziroköprü	-9
GÜMÜŞHANE	-12	Keçiborlu	-9	Nallıhan	-12 R	Sivaslı	-9 R	Viranşehir	-6 R
Gündoğmuş	-3 R	Keles	-9 R	Narman	-24	Sivrice	-12	Vize	-9 R
Güney	-6	Kelkit	-15	Nazilli	-3	Siverek	-6 R	Yahyalı	-15
Gürpınar	-18	Kemah	-18	Nazimiye	-18	Sivrihisar	-12 R	Yalvaç	-12
Gürün	-15	Kemaliye	-18	NEVŞEHİR	-15	Sındırgı	-6 R	Yapraklı	-15
Hacıbektaş	-12	Kemalpaşa	-3	NİĞDE	-15 R	Solhan	-18	Yayladağı	0 R
Hadım	-9	Kepsut	-6 R	Niksar	-12	Soma	-3 R	Yalova	-3 R
Hafik	-18	Keskin	-12	Nizip	-6 R	Sorgun	-15	Yatağan	-3 R
HAKKARİ	-24	Keşan	-3	Nusaybin	-6 R	Söğüt	-9 R	Yavuzeli	-9
Halfeti	-9 R	Kıbrısçık	-12	Of	-3	Söke	0 R	Yenice	-3 R
Hamur	-24	Kığı	-18	Oğuzeli	-9	Sultandağı	-12	Yenişehir	-6 R
Hanak	-21	Kilis	-6	Oltu	-24	Sultanhisar	-3	Yerköy	-15
Hani	-12	Kınık	-3 R	Olur	-18	Suluova	-12	Yeşilova	-9
Hasan	-3 R	Kiraz	-3	ORDU	-3	Suruç	-6 R	Yeşilhisar	-15
Havsa	-9 R	Kırıkhan	0 R	Orhaneli	-6 R	Sungurlu	-15	Yeşilyurt	-12
Havza	-9	Kırıkkale	-12	Orhangazi	-3 R	Susurluk	-6 R	Yığılca	-12
Haymana	-12 R	Kırkağaç	-3	Ortaköy	-15	Suşehri	-15	Yıldızeli	-18
Hayrabolu	-9 R	KIRLARELİ	-9 R	Osmancık	-12	Sürmene	-3	YOZGAT	-15
Hazro	-12	KIRŞEHİR	-12	Osmaneli	-6 R	Sütçüler	-9	Yunak	-12
Hekimhan	-15	Kızılcahamam	-12	Osmaniye	-3 R	Şabanözü	-15	Yusufeli	-12
Hendek	-6 R	Kızıltepe	-6	Ovacık	-18	Şarkikaraağaç	-12	Yüksekova	-27
Hilvan	-6 R	Koçanlı	-3 R	Ödemiş	-3	Şarkışla	-18	Zara	-18
Hizan	-18			Ömerli	-6	Şarköy	-3 R	Zile	-15
Hıms	-21	KONYA	-12	Özalp	-15	Şavşat	-12	ZONGULDAK	-3 R
Hopa	-3	Korkuteli	-9			Şebinkarahisar	-12		

EK 2. Kalorifer tesisatı projelendirme iç hava sıcaklık değerleri

ISITILACAK HACMİN ADI	T_i (°C)	ISITILACAK HACMİN ADI	T_i (°C)
1- KONUTLAR ¹⁾		7) CAMİ ve KİLİSELER ⁵⁾	
1.1 – Tam olarak ısıtılan konutlar:		- Cami ve kilise mahalleri genel	15
- Oturma ve yatak odaları	20 ²⁾	- Helalar, komşu mahaller ve merdiven boşlukları, yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	
- Mutfaklar	20	8) HASTAHANELER ⁶⁾	
- Banyo ve duşlar	24	- Ameliyathane, ön hazırlama ve anestezi mahalleri ile erken doğum odaları	25
- Helalar	20	- Geri kalan bütün mahaller	22
- Yan mahaller: Hol, sofa, antre, koridor ³⁾ vb.	15	9) İMALAT ve ATÖLYE MAHALLERİ	
- Merdiven, asansör vb. mahaller	10	- Genel olarak en az	15
1.2 – Sınırlı olarak kısmen ısıtılan konutlar ⁴⁾		- Oturularak çalışmada	20
a) Hesaplanması gereken mahallin sıcaklığı, gerektiğinde konutlar için verilen değerlerden alınmalıdır.		10) KIŞLALAR	
b) Komşu mahallere çevrili ısıtılmayan mahallin sıcaklığı, EK III-3'den alınmalıdır.		- Derslikler	20
2- YÖNETİM BİNALARI		- Geri kalan mahaller, yönetim binaları için verilen değerlerde alınmalıdır	
- Büro mahalleri, toplantı salonları, sergi mahalleri, giriş holleri vb. ile ana merdiven boşlukları	20	11) YÜZME HAVUZLARI	
- Helalar	15	- Holler (bununla birlikte su sıcaklığının en az 2 °C üstünde olmalıdır)	28
- Komşu mahaller ve komşu merdiven mahalleri, konutlar için verilen değerlerden alınır.		- Diğer banyo mahalleri (duş hacimleri, elbise değiştirme, komşu mahaller, merdiven boşlukları)	22
3- İŞ ve HİZMET BİNALARI		12- CEZA ve TUTUK EVLERİ	
- Satış mahalleri ve dükkanlar, genel olarak :		- Derslikler	20
- Ana merdiven mahalleri	20	- Geri kalan bütün mahaller, öğretim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	
- Besin maddesi satış mahalleri	18	13- SERGİ GALERİLERİ	
- Depolar, genel olarak	18	- Müşterinin verilerine göre en az	15
- Peynir depoları	12	14- MÜZE ve GALERİLER	
- Sucuk, salam depolar, et ürünleri hazırlama ve satış mahalleri vb.	15	- Genel olarak	20
- Helalar, komşu mahaller ve komşu merdiven boşlukları, yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.		15 – DEMİR YOLU GARLARI	
4- OTEL, MOTEL ve LOKANTALAR		- Yönetme olmaksızın durak mahallerinde olduğu gibi ve kapalı olmak üzere bütün mahaller	15
- Otel ve motel odaları	20	16 – HAVA LİMANLARI	
- Banyo ve duşlar	24	- Yolcu kabulü, işlem tamamlama ve bekleme mahalleri	20
- Otel holleri, toplantı mahalleri, sergi mahalleri, ana merdiven boşlukları vb.	20	17 – Don tutması istenmeyen bütün mahaller	5
- Helalar, komşu mahaller ve komşu merdiven boşlukları, konutlar için verilen değerlerden alınmalıdır.		1) TS 3419/06.79 kapsamına giren tesislerin bulunduğu mahaller için, anılan standarttaki kurallar geçerlidir.	
5) ÖĞRETİM BİNALARI		2) Aksi belirtilmedikçe verilen değerlerin işareti pozitifdir.	
- Derslik, kütüphane, yönetim mahalleri, tenefüs holleri, çok amaçlı avlular gibi öğretim mahalleri ve kapalı çocuk holleri	20	3) Apartmanların iç kısımlarında bulunan koridorların, kural olarak ısıtılmaları gerekmez.	
- Öğretim mutfakları	18	4) Sınırlı olarak kısmen ısıtılmış komşu mahallerin mevcut olması durumunda, mahal ısıtma gücünün belirlenmesi için, kullanım tarzı da göz önüne alınmalıdır.	
- Bedensel zorlamalara göre işlikler	15 - 20	5) Çok defa ve sürekli olarak en az 5 °C olarak tutulmalıdır.	
- Banyo ve duş mahalleri	24	6) TS 3419/06.79 hastahanelerle ilgili verilere de bakılmalıdır.	
- Hekim ve muayene odaları	24	Geri kalan bütün bina tiplerinde, hesaplama esas sıcaklıklar, müşteri ile birlikte tespit edilmelidir.	
- Jimnastik holleri	20		
- Beden eğitimi salonları	20		
- Helalar, komşu mahaller, merdiven boşlukları, yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.			
6) TİYATRO ve KONSER SALONLARI			
- Ön mahaller dahil, helalar, komşu mahaller ve merdiven boşlukları vb. yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.			

EK 3. Komşu hacimlerle çevrili ısıtılmayan hacimlerin sıcaklıkları

Komşu hacimlerle çevrili ısıtılmayan hacimlerin sıcaklıkları.

U (W/m ² .K)		Dış hava sıcaklığı, (°C)													
		+3	0	-3	-5	-9	-10	-12	-15	-18	-20	-21	-24	-25	-27
Çatı arası hacim	U < 2,3	+12	49	46	43	0	-1	-3	-6	-9	-12	-13	-15	-17	-18
	2,3 < U < 5,8	+9	+6	+3	0	-3	-4	-6	-9	-12	-13	-15	-15	-17	-18
	U > 5,8	+6	+3	0	-3	-6	-7	-9	-12	-15	-16	-18	-18	-20	-22
Isıtılmayan hacim, ısıtılan hacimler ile sınırlanıyor ise sıcaklığı, Denk. (6.1.1)'e göre hesaplanmalıdır.															
Isıtılmayan hacim, bodrum odalarını da kapsamak üzere dış hava ile sınırlı, kapılı ve kapısız yan hacimlerle bağlanıyor ise		+15	+12	+10	+9	+6	+3	0							
Isıtılmayan hacim, dış havayla sınırlı ve aynı zamanda kapılar ile, örneğin garaj, hol, merdiven boşluğu vb. bir hacme açılıyorsa		+9	+6	+3	0	-3	-6								
Döşeme altındaki toprak		+9			+6			+3			0				
2 m derinliğe kadar dış duvara bitişik toprak		+3			0			-3			-6				
Kaloriferle ısıtılan hacimlerle çevrili ısıtılmayan hacim sıcaklığı		+15 ¹⁾													
Soba ile ısıtılan hacimlerle çevrili ısıtılmayan hacim sıcaklığı		+10													
Kazan dairesi		+15 ila +20													
¹⁾ Tatil vb. nedenle uzunca bir zaman kesinti olmayacaksa															

EK 4. Ara boşluk dolgusuna göre çok katlı camların toplam ısı geçiş kat sayıları

Tip	Cam			Ara boşluk dolgusu cinsi (Gaz konsantrasyonu ≥ 90)			
	Cam	Işınım yayma oranı, ε	Ölçüler, (mm)	Hava	Argon	Kripton	SFB
Çift cam	Kaplamasız cam (Normal cam)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0
			4-9-4	3,0	2,8	2,6	3,1
			4-12-4	2,9	2,7	2,6	3,1
			4-15-4	2,7	2,6	2,6	3,1
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1
	Tek kaplamalı cam	≤ 0,4	4-6-4	2,9	2,6	2,2	2,6
			4-9-4	2,6	2,3	2,0	2,7
			4-12-4	2,4	2,1	2,0	2,7
			4-15-4	2,2	2,0	2,0	2,7
			4-20-4	2,2	2,0	2,0	2,7
	Tek kaplamalı cam	≤ 0,2	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3
			4-9-4	2,3	2,0	1,6	2,4
			4-12-4	1,9	1,7	1,5	2,4
			4-15-4	1,8	1,6	1,6	2,5
			4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5
	Tek kaplamalı cam	≤ 0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1
			4-9-4	2,1	1,7	1,3	2,2
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3
			4-15-4	1,6	1,4	1,3	2,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,3	2,3
Tek kaplamalı cam	≤ 0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	
		4-9-4	2,0	1,6	1,3	2,1	
		4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,2	
		4-15-4	1,5	1,2	1,1	2,2	
		4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	
Üçlü cam	Kaplamasız cam (Normal cam)	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	2,0
			4-9-4-9-4	2,0	1,9	1,7	2,0
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0
	İki kaplamalı cam	≤ 0,4	4-6-4-6-4	2,0	1,7	1,4	1,6
			4-9-4-9-4	1,7	1,5	1,2	1,6
			4-12-4-12-4	1,5	1,3	1,1	1,6
	İki kaplamalı cam	≤ 0,2	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3
			4-9-4-9-4	1,4	1,2	0,9	1,3
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,4
	İki kaplamalı cam	≤ 0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,2
			4-9-4-9-4	1,3	1,0	0,8	1,2
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2
	İki kaplamalı cam	≤ 0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,3	0,9	1,1
			4-9-4-9-4	1,2	0,9	0,7	1,1
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1

EK 5. Cam ve çerçevenin tipine ve toplam ısı geçiş kat sayılarına göre pencerenin toplam ısı geçiş kat sayıları.

Cam tipi	$U_g^{1)}$ ($W/m^2.K$)	U_f ($W/m^2.K$) ²⁾								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Tek cam	5,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9
Çift cam	3,3	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0
	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
Üçlü cam	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0

¹⁾ U_g : Camın toplam ısı geçiş katsayısı
²⁾ U_f : Çerçevenin toplam ısı geçiş katsayısı

EK 6. Dış ve iç kapılarda toplam ısı geçiş kat sayıları

KAPILAR	U ($W/m^2.K$)
DIŞ KAPILAR	
- Ağaç, plastik	3,5
- Metal (ısı yalıtımlı)	4,0
- Metal (ısı yalıtımsız)	5,5
İÇ KAPILAR	2,0

EK 7. Isı taşınım katsayısı ve ısı taşınım dirençleri

	α ($W/m^2.K$)	$1/\alpha$ ($m^2.K/W$)
<i>Doğal hava hareketlerine sahip, kapalı hacimlerin iç yüzeylerindeki ısı taşınım katsayısı</i>		
<i>Duvar yüzeyleri, iç ve dış pencereler, döşeme ve tavanlarda ısı geçişi aşağıdan</i>		
↑ <i>yukarı doğru</i>	$\alpha_i = 7,7$	$1/\alpha_i = 0,13$
↓ <i>Isı geçişi yukarıdan aşağı doğru</i>	$\alpha_i = 5,9$	$1/\alpha_i = 0,17$
<i>Ortalama rüzgar hızına uygun olarak dış yüzeylerde ısı taşınım katsayısı</i>	$\alpha_{d1} = 25$	$1/\alpha_{d1} = 0,04$

EK 8. Hava tabakalarının ısı geçiş dirençleri için hesap değerleri

No	Hava tabakasının durumu ve ısı geçişinin doğrultusu	Hava tabakası kalınlığı d (mm)	Isı taşınım direnci $1/\Lambda$ ($m^2.K/W$)
1	Hava tabakası düşey	10	0,14
		20	0,16
		50	0,18
		100	0,17
		150	0,16
2	↑ Hava tabakası yatay, ısı geçişi aşağıdan yukarı doğru	10	0,14
		20	0,15
		≥ 50	0,16
3	↓ Hava tabakası yatay, ısı geçişi yukarıdan aşağı doğru	10	0,15
		20	0,18
		≥ 50	0,21

EK 9. Birleştirilmiş artırım katsayısı Z_D Birleştirilmiş artırım katsayısı ($Z_D = Z_U + Z_A$).

İşletme durumu	İşletme biçimi	D (W/m ² .K) değeri			
		0,11 – 0,34	0,35 – 0,80	0,81 – 1,73	≥1,74
<i>Sürekli işletme : Konut, hastane vb. binalarda olduğu gibi ısı üreticisinin, yalnız geceleri ve en çok 8 saat hafifletilerek çalıştırılması</i>	I	7	7	7	7
<i>10 saat kesintili işletme : Okul, büro, işyeri vb. binalarda olduğu gibi, ısı üreticisinin günde 10 saat durdurulması</i>	II	20	15	15	15
<i>14 saat kesintili işletme : Cami, spor salonu vb. binalarda olduğu gibi, ısı üreticisinin günde 14 saat durdurulması</i>	III	30	25	20	15

EK 10. Yön artırım kat sayısı, Z_H Yön artım katsayısı (Z_H).

Yön	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
Artırım miktarı Z_H	-5	-5	0	+5	+5	+5	0	-5

EK 11. Önerilen kat yükseklik artımları, Z_W Önerilen kat yükseklik artımları (Z_W).

Bina Toplam Kat Adedi													Z_W (%)
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	4.3.2.1	5.4.3.2.1	0	
4	4	5.4	5.4	5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	7.6.5	8.7.6	5	
	5	6	6	7.6	8.7	9.8.7	9.8.7	9.8.7	9.8.7	10.9.8	11.10.9	10	
			7	8	9	10	10	11.10	12.11.10	13.12.11	14.13.12	15	
							11	12	13	14	15	20	

EK 12. Kaliteli ve normal boyutlu kapı ve pencereler için uzunluk (m^3/h) olarak aralıkların “a” sızdırganlık değerleri

Kaliteli ve normal boyutlu kapı ve pencereler için m uzunluk başına (m^3/h) olarak aralıkların a sızdırganlık değerleri.

		m uzunluk başına, a sızdırganlık değeri (m^3/h)
Ağaç ve plastik çerçeveli pencere	Tek pencere	3,0
	Muntabık pencere	2,5
	Sızdırmazlığı garantilenmiş tek ve çift camlı pencere	2,0
Metal çerçeveli pencere	Tek pencere	1,5
	Muntabık pencere	1,5
	Sızdırmazlığı garantilenmiş tek ve çift camlı pencere	1,2
İç kapılar ¹⁾	Sızdırmazlığı olmayan eşiksiz kapı	40
	Sızdırmaz eşikli kapı	15

¹⁾ Dış kapılar, pencere gibi hesaplanır.

EK 13. Aralık boylarının yaklaşık belirlenmesi için, l (m) aralık uzunluklarının, A (m^2) alanlarına oran değerleri.

Aralık boylarının yaklaşık belirlenmesi için, l (m) aralık uzunluklarının, A (m^2) pencere veya kapı yüzey alanlarına oranı olan $\omega = l/A$ değerleri.

Yapının şekli	Pencere veya kapının yüksekliği H (m)	$\omega = l/A$ (1/m)
Muhtelif çok kanatlı pencereler	0,50	7,20
	0,63	6,20
	0,75	5,30
	0,88	4,90
	1,00	4,50
	1,25	4,10
	1,50	3,70
	2,00	3,30
İki kanatlı kapı	2,50	3,00
Tek kanatlı kapı	2,10	2,60

EK 14. Yapı ısı özelliği

H ($W.h/m^3.K$), Yapı ısı özelliği.

		H ($W.h/m^3.K$), Yapı ısı özelliği		Rüzgar hızı (m/s)
		Sıra ev ¹⁾	Tek ev ²⁾	
Normal bölge	Korunmuş durum ³⁾	0,28	0,39	4
	Serbest durum ⁴⁾	0,48	0,67	6
	Olağanüstü serbest durum ³⁾	0,70	0,97	8
Rüzgarlı bölge	Korunmuş durum ³⁾	0,48	0,67	6
	Serbest durum ⁴⁾	0,70	0,97	8
	Olağanüstü serbest durum ³⁾	0,95	1,31	10

¹⁾ Sıra ev : Birden çok katlı üst üste ya da diletasyonla ayrılmış birden çok katlı yapılar

²⁾ Tek ev : Bir ya da iki katlı villa tipi yapılar

³⁾ Korunmuş durum : Normal genişlikteki cadde ve sokaklarla ayrılmış ve toplu halde inşa edilmiş, yüksekliği diğerlerine göre fazla olmayan yerdeki binalar

⁴⁾ Serbest durum : Bahçeli evler tipinde geniş araziye serpiştirilmiş veya şehir içinde, şehrin diğer kesimlerine göre daha yüksek kotta inşa edilmiş binalar

⁵⁾ Deniz, içdeniz, göl kıyıları, ırmak kenarları veya ağaçsız yüksek kotlu yerdeki binalar.

EK 15. Enerji verimliliği tablosu

Sınıflandırma

Enerji verimlilik sınıflandırmasında A'dan G'ye kadar 7 sınıf vardır. En verimli sınıf A, en düşük verimli sınıf G'dir.

Soğutma modunda enerji verimlilik sınıfları

A	$3.20 < \text{EER}$
B	$3.20 \geq \text{EER} > 3.00$
C	$3.00 \geq \text{EER} > 2.80$
D	$2.80 \geq \text{EER} > 2.60$
E	$2.60 > \text{EER} > 2.40$
F	$2.40 \geq \text{EER} > 2.20$
G	$2.20 \geq \text{EER}$

Isıtma modunda enerji verimlilik sınıfları

A	$3.60 < \text{COP}$
B	$3.60 \geq \text{COP} > 3.40$
C	$3.40 \geq \text{COP} > 3.20$
D	$3.20 \geq \text{COP} > 2.80$
E	$2.80 > \text{COP} > 2.60$
F	$2.60 \geq \text{COP} > 2.40$
G	$2.40 \geq \text{COP}$

Bu sınıflandırma split ve multi-split klimalar için geçerlidir.

ÖZGEÇMİŞ

01.09.1977 tarihinde Denizli-Merkez'de doğdu. 1999 yılında Pamukkale Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirdi. 1999-2000 yılları arasında J. İstihkam Grup Komutanlığı-Ankara'da Mühendis Yedek Subay olarak askerlik görevini yaptı. 2000-2008 yılları arasında bir İtalyan tekstil firması olan Smit Textile'in Türkiye servis firmasında çalıştı. 2008 yılından beri kendisine ait doğalgaz tesisat firmasında iş hayatına devam etmektedir. Evli ve 1 çocuk babasıdır.