

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA TERMAL ENERJİ DEPOLAMA İLE
YAPILAN ENERJİ TASARRUFU**

Makina Müh. Türkay YEŞİLKAYA

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Derya Burcu TÜMER ÖZKAN

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. TERMAL ENERJİ DEPOLAMA (TED)	3
2.1 Termal Enerji Depolama (TED) Nedir?.....	3
2.1.1 Termal Enerji Depolamanın Avantajları.....	4
2.1.2 Termal Enerji Depolamanın Dezavantajları.....	4
2.2 Depolama Malzemesi ve Mekanizmasına Göre TED Sistemleri	4
2.2.1 Yer Altında Termal Enerji Depolama Sistemleri	6
2.2.1.1 Akiferlerde Termal Enerji Depolama	8
2.2.1.2 Sondaj Çukurlarında (Kanal-Borehole) Termal Enerji Depolama	9
2.2.1.3 Çukurlarda ve Mağaralarda Termal Enerji Depolama.....	11
2.2.2 Soğu Depolama	11
2.2.2.1 Soğu Depolama Tasarımındaki Çeşitlilik	13
2.2.2.2 Soğu Depolamanın Uygulama Alanları	14
2.2.2.3 Soğu Depolamalı Sistemlerin Avantajları.....	15
2.2.2.4 Soğu Depolama Malzemeleri	17
2.2.2.4.1 Su.....	18
2.2.2.4.2 Ötektik Tuzlar.....	18
2.2.2.4.3 Buz.....	20
2.2.2.5 Soğu Depolama Tankları	21
2.2.2.5.1 Çelik Tanklar	21
2.2.2.5.2 Beton Tanklar	21

2.2.2.5.3	Plastik Tanklar.....	22
2.3	İşletme Tekniklerine Göre Soğu Depolama Sistemleri	22
2.3.1	Tam Depolama	22
2.3.2	Kısmî Depolama	23
2.3.2.1	Yük Seviyelemeli (Load Leveling) Kısmî Depolama	23
2.3.2.2	Talep Belirlemeli (Demand Limiting) Kısmî Depolama	24
2.3.3	Uygulamaya Göre Değişken Depolama.....	25
2.3.4	Soğu Depolamada Öncelik Belirleme.....	25
2.3.4.1	Su Soğutma Grubu (Chiller) Öncelikli Soğu Depolama.....	25
2.3.4.2	Depo Öncelikli Soğu Depolama	26
2.4	Buz Depolama Sistemi ile Termal Enerji Depolama.....	26
2.4.1	Buz Toplama İle Depolama.....	27
2.4.2	Serpantin Üzerinde Buz ile Depolama.....	31
2.4.2.1	İçten Eritmeli Sistem	31
2.4.2.2	Dıştan Eritmeli Sistem	32
2.4.2.3	Kapsüllenmiş Buz ile Depolama	33
3.	BUZ DEPOLAMA SİSTEMİ İLE BİR TERMAL ENERJİ DEPOLAMA	
	UYGULAMASI	35
3.1	Uygulamaya Giriş.....	36
3.2	Sistem Yükünün Hesaplanması.....	37
3.3	İşletme Teknikleri.....	39
3.4	Şarj ve Deşarj Saatleri.....	39
3.5	Boyutlandırma	41
3.5.1	Su Soğutma Grubu (Chiller)	41
3.5.2	Depo.....	42
3.5.3	Klima Santralleri.....	43
3.5.4	Pompalar	44
3.5.5	Yardımcı Sistemlerin Isı Kazançları.....	46
3.5.5.1	Klima Santrali Fan'ları	46
3.5.5.2	Pompa Motorları.....	47
3.5.5.3	Havalandırma Kanalları	47
3.6	İyi Bir Tasarım İçin Gerekenler	47
3.7	İşletme Maliyetleri.....	48
3.7.1	Buz Depolamalı Soğutma Sistemi ile Konvansiyonel Soğutma Sisteminin Maliyet Mukayesesi.....	52
4.	SONUÇLAR VE DEĞERLERNDİRME	57
	KAYNAKLAR.....	59
	EKLER.....	61
	Ek 1 Binanın Havalandırma Tablosu.....	62
	Ek 2 Isı Kazancı Hesapları (Hesaplara giriş)	69
	Ek 3 Su Soğutma Grubu (Chiller) Hesabı ve Seçimi.....	71
	Ek 4 McQuay ALS E SE ST 495.4 Su Soğutma Grubu Teknik Bilgileri.....	74
	Ek 5 B.A.C. TSU-370M 'Ice Chiller' Teknik Bilgileri	75
	Ek 6 Hesaplara Esas Alınan Değerler	76
	Ek 7 Bina Elemanlarının U Değerleri.....	78

Ek 8 Fan-Coil Hesabı ve Seçimi.....	85
Ek 9 Daraltılmış İşletme Maliyeti.....	88
Ek 10 İncelenen Binanın Dış Görünüşleri.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	91

SİMGE LİSTESİ

C_c	Chiller kapasitesi	(kW)
c_p	Havanın özgül ısısı	(J/kg.K)
CR	Kapasite oranı (Capacity ratio)	-
E_f	Fanın toplam verimi	(%)
E_p	Pompa verimi	(%)
E_m	Fanın motor verimi	(%)
F_{lm}	Motor yük faktörü	-
F_{um}	Motor kullanım faktörü	-
H_{dir}	Direkt soğutma yapılan saatler	(saat)
$H_{şarj}$	Şarj modundaki saatler	(saat)
L_f	Erime gizli ısısı	(kJ/kg)
L_v	Buharlaştırma gizli ısısı	(kJ/kg)
t	Fan'da hava sıcaklığında meydana gelen artış	(°C)
T_i	Depolama tankının içindeki suyun sıcaklığı	(°C)
T_o	Depolama tankından çıkan suyun sıcaklığı	(°C)
T_s	Karışım havasının kuru termometre sıcaklığı	(°C)
T_z	İç ortam sıcaklığı	(°C)
V	Depolama tankının hacmi	(m ³)
\dot{V}_a	İç ortama verilen havanın hacimsel debisi	(m ³ /s)
\dot{V}_w	Su soğutma grubundaki suyun hacimsel debisi	(m ³ /s)
YD	Yararlılık değeri	(%)
η_F	Fan verimi	(%)
\dot{Q}_m	Fan motorunun çalışmasıyla meydana gelen ısı kazancı	(W)
\dot{Q}_s	Karışım havasının duyulur ısı kazancı	(W)
\dot{Q}_p	Pompalarda meydana gelen ısı kazancı	(W)
ρ	Suyun yoğunluğu	(kg/m ³)
Δp_w	Pompaların toplam basıncı	(N/m ²)
Δp_a	Fanın toplam basıncı	(N/m ²)

KISALTMA LİSTESİ

AHU	Air Handling Unit (Klima Santrali)
CET	Buz Chiller'inin Enerji Tüketimi
ÇTED	Çukurlarda ve Mağaralarda Termal Enerji Depolama
DSS	Dönüş Suyu Sıcaklığı
DX	Direct Expansion (Direkt Genleşme)
FDM	Faz Değiştiren Malzemeler
FOM	Figure Of Merit (Yararlılık Değeri)
HDPE	High Density Poly Ethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
KTED	Kanalda Termal Enerji Depolama
NBD	Net Bugünkü Değer
PCM	Phase Changing Materials
PSDET	Pik Saatler Dışındaki Enerji Tüketimi
PSET	Pik Saatlerdeki Enerji Tüketimi
TED	Termal Enerji Depolama
TES	Thermal Energy Storage
TET	Toplam Enerji Tüketimi
YM	Yatırımın Maliyeti
YTED	Yer Altında Termal Enerji Depolama

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Yer altında termal enerji depolama teknikleri (Mazman, 2006).....	7
Şekil 2.2	Türkiye’de YTED potansiyeli (Paksoy vd., 1997).....	8
Şekil 2.3	Açık Döngülü KTED sistemi (Dikici, 2004).....	10
Şekil 2.4	Kapalı Döngü KTED sistemi (Dikici, 2004).....	11
Şekil 2.5	Modüler boru üzeri buz depolama tankları (kondenserleriyle birlikte).....	12
Şekil 2.6	Konvansiyonel sistemde soğutma profili (Andrews T., 2005).....	16
Şekil 2.7	Soğu depolamalı sistemde soğutma profili (Andrews T., 2005).....	16
Şekil 2.8	Deposuz bir sistemde elektrik kullanım profili.....	17
Şekil 2.9	Depolamalı bir sistemde elektrik kullanım profili.....	17
Şekil 2.10	Faz değişimi (Kanlıoğlu, 2007).....	19
Şekil 2.11	Tam depolama (TES for Space Cooling, 2006).....	23
Şekil 2.12	Yük seviyelemeli kısmî depolama (TES for Space Cooling, 2006).....	24
Şekil 2.13	Talep belirlemeli kısmî depolama (TES for Space Cooling, 2006).....	24
Şekil 2.14	Buz toplama sistemi (TES for Space Cooling, 2006).....	27
Şekil 2.15	Buz toplama sistemi (Optimal Control Of Harvesting Ice TES, 1988).....	28
Şekil 2.16	Buz toplama sistemi (TES for Space Cooling, 2006).....	28
Şekil 2.17	Buz toplama makinalarında kullanılan özel plakalar (Frigo Soğutma).....	29
Şekil 2.18	Buz toplama makinalarında kullanılan özel plakalar (Frigo Soğutma).....	29
Şekil 2.19	Buz toplama sistemi “Buz Soğutma” modu (Paul Mueller Company).....	30
Şekil 2.20	Buz toplama sistemi “Buz Toplama” modu (Paul Mueller Company).....	30
Şekil 2.21	Buz toplama sistemi merkezi soğutma ünitesi (Paul Mueller Company).....	31
Şekil 2.22	Serpantinin dış yüzeyinde buz oluşumu (Sebzali, 2007).....	31
Şekil 2.23	İçten eritmeli sistem (Sebzali, 2007).....	32
Şekil 2.24	İçten eritmeli sistem için modüler depolama tankı (Calmac).....	32
Şekil 2.25	Dıştan eritmeli sistem (TES for Space Cooling, 2006).....	33
Şekil 2.26	İçten eritmeli sistem çevrimi (TES for Space Cooling, 2006).....	33
Şekil 2.27	Bir kapsüllenmiş buz konteynırı örneği (Sebzali, 2007).....	34
Şekil 2.28	Kapsüllenmiş buz ile depolamada şarj ve deşarj (TES for Space Cooling, 2006).....	34
Şekil 3.1	Örnek bir ‘Bina Sistem Yüğü Profili’ (Ağustos ayı için).....	38
Şekil 3.2	Örnek bir sistemin Ağustos ayı için şarj ve deşarj saatleri.....	40
Şekil 3.3	Örnek bir buz depolama sisteminde su soğutma grubunun soğu üretimi.....	43
Şekil 3.4	Havalandırma sistem şeması.....	44
Şekil 3.5	Tesisat odasındaki makina ve ekipman yerleşimi.....	45

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Depolama malzemelerinin mukayesesi (HVAC..Cool Thermal Storage).....	5
Çizelge 2.2	Bazı depolama malzemelerinin ısı kapasiteleri (Chaichana vd., 2001).....	6
Çizelge 2.3	FDM'lerin sahip olması gereken özellikler (Mazman, 2006).....	19
Çizelge 2.4	Bazı maddeler için L_f ve L_v değerleri.....	20
Çizelge 3.1	Bina elemanlarının U ve R değerleri.....	35
Çizelge 3.2	Nisan ayı işletme maliyetleri.....	49
Çizelge 3.3	Mayıs ayı işletme maliyetleri.....	49
Çizelge 3.4	Haziran ayı işletme maliyetleri.....	50
Çizelge 3.5	Temmuz ayı işletme maliyetleri.....	50
Çizelge 3.6	Ağustos ayı işletme maliyetleri.....	51
Çizelge 3.7	Eylül ayı işletme maliyetleri.....	51
Çizelge 3.8	Aylara göre işletme maliyetleri.....	52
Çizelge 3.9	Elektrik Birim Fiyatları (01.04.2009 tarihli).....	53
Çizelge 3.10	Buz depolama uygulanan binanın günlük enerji tüketimleri.....	54
Çizelge 3.11	Enerji tüketim maliyetleri.....	54
Çizelge 3.12	Buz depolama sisteminin aylara göre işletme maliyetleri.....	55
Çizelge 3.13	Buz depolama sisteminin aylara göre işletme maliyetleri.....	55
Çizelge 3.14	Soğu depolama maliyetleri.....	55
Çizelge 3.15	Net bugünkü değer tablosu.....	56
Çizelge 3.16	Buz depolama sistemiyle binada oluşan ek maliyetler.....	58
Çizelge 3.17	Konvansiyonel sistemle buz depolama sisteminin işletme maliyetleri.....	58

ÖNSÖZ

“Başlangıcı olan her şeyin bir sonu vardır.”

Uzun sayılabilecek bir eğitim hayatının nihayetinde, bunu taçlandıran yüksek lisans tezini tamamlamış olmak benim için büyük bir memnuniyet kaynağı... Bu memnuniyetin oluşmasında, mensubu olmaktan şeref duyduğum Yıldız Teknik Üniversitesi'nin iyi bir eğitim-öğretim ortamı sunmasının çok büyük bir tesiri bulunuyor. Gerek lisans gerekse yüksek lisans eğitimim boyunca üniversitemi hep sevdim; aynı şekilde, bölümümü de çok sevdiğim için hakikaten güzel bir öğrencilik hayatı geçirdim...

Bununla beraber, (lisans tezimde de aynı sözlerle ifade ettiğim üzere) “Başlangıcı olan her şeyin bir sonu vardır.” Yüksek lisans eğitimimin sonuna gelmiş bulunuyorum artık; bu aşamaya gelmemde emeği olan birçok kişi var. Çok değer verdiğim bu muhterem kişilere teşekkür etmek istiyorum. En başta aileme teşekkür etmem gerekiyor, beni bu duruma onlar getirdi; hayatım boyunca elde ettiğim bir şey varsa bu onların sayesinde. Hem okulda hem de diğer hayatın diğer alanlarında dolaylı veya dolaysız olarak çok yardımını ve desteğini gördüğüm “çevre”me de samimi teşekkür ederim. Ayrıca, tezimin gerek hazırlanması gerekse teslim aşamasında çok büyük yardımlarını gördüğüm kıymetli büyüğüm Makina Yüksek Mühendisi Ecvet ÇELİK'e, Zambak Mimarlık A.Ş.'ye, Tanrıöver Mühendislik firmasına, Elazığ Ticaret ve Sanayi Odası'na ve çok kıymetli dostum Elektrik Yüksek Mühendisi İsmail NAKİR'e en kalbî teşekkürlerimi sunarım. Ve nihayet, tezin başlangıç sürecinden itibaren, hazırlanması ve neticelendirilmesine kadar hem bizzat hem de daha sonra yaptığımız görüşmelerde sürekli sıcaklığını ve yardımseverliğini gördüğüm değerli danışman hocam Sn. Derya Burcu TÜMER ÖZKAN'a çok teşekkür ederim.

ÖZET

BİNALARDA TERMAL ENERJİ DEPOLAMA İLE YAPILAN ENERJİ TASARRUFU

Türkay YEŞİLKAYA
Makina Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Ofis binalarında ve büyük ticari binalarda iklimlendirme sistemlerinin yaygın bir şekilde kullanımı, bu binalardaki gücün ve elektrik tüketiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Soğutma talebi, küresel ısınmanın bir sonucu olan sıcaklıkların yükselmesi sebebiyle yükselmiş, bundan dolayı enerji talebi de artmıştır.

Soğu depolama, maksimum güç tüketimini düşürmek amacıyla iklimlendirme sistemlerine uygulanabilen iyi bir yaklaşımdır. Farklı soğu depolama teknolojileri mevcuttur; bu teknolojiler, soğutmada kullanılacak enerjiyi depolamak ve iklimlendirme sistemine farklı işletme stratejileriyle adapte etmek gibi amaçlarla uygulanabilirler.

Bu tezin ana amacı, önceden belirlenmiş bir bina için soğu (buz) depolama teknolojilerini incelemektir. Tezin konusu, soğu depolama uygulamalarını açıklamak ve sistemin büyük bir ticari binada teknolojik açıdan uygulanabilirliğini araştırmaktır.

Termal enerji depolama sistemleri bu tezde, giriş, termal enerji depolama sistemleri ve örnek bir çalışma olmak üzere 3 bölüm halinde incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Termal enerji depolama, soğu depolama, buz depolama, ilk yatırım ve işletme maliyetleri, enerji tasarrufu.

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. Derya Burcu TÜMER ÖZKAN
2. Prof. Dr. Olcay KINCA Y
3. Yrd. Doç. Dr. Semra ÖZKAN

Kabul Tarihi: 05.03.2010
Sayfa Sayısı: 102

ABSTRACT

ENERGY SAVINGS IN BUILDINGS WITH A THERMAL ENERGY STORAGE

Türkay YEŞİLKAYA
Mechanical Engineering, M.S. Thesis

The extensive use of air conditioning for indoor cooling in offices and large commercial buildings represents a major part of the power and electricity consumption in those buildings. Cooling demand is increased with increasing temperatures as a result of global warming; hence increasing the energy demand even more.

Cool thermal storage is a good approach that can be implemented in the AC system to reduce the maximum power demand. Different cool storage technologies are available; they can be used to store cooling energy, and can be implemented within the AC system with different operating strategies.

The main objective of this thesis was to investigate cool (ice) thermal storage technologies in a specific building. The subject of the thesis is defining cool thermal storage applications and studying on the technologic feasibility for a large commercial building.

TES systems were explained in three chapters in this thesis which are introduction, TES systems and an example study.

Key words: Thermal energy storage, ice thermal storage, first cost, operation cost, energy savings.

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. Derya Burcu TÜMER ÖZKAN
2. Prof. Dr. Olcay KINCAY
3. Yrd. Doç. Dr. Semra ÖZKAN

Kabul Tarihi: 05.03.2010
Sayfa Sayısı: 102

GİRİŞ

Günümüze kadar, kullanılan en önemli enerji kaynağı fosil yakıtlardır. Dünyadaki petrol rezervlerinin giderek azalması hem alternatif enerji kaynakları hem de mevcut kaynakların daha verimli kullanılması üzerinde yapılan çalışmaları arttırmıştır. Alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalar, 1970’li yılların ilk yarısında bütün dünyayı etkisi altına alan enerji krizi sonrası belirgin bir ivme kazanmıştır. Bu süreç içerisinde yapılan araştırmalar, alternatif enerji kaynaklarının çevre ile dost ve ekonomik olduğu gerçeğini ortaya koymuştur. Enerjinin verimli kullanılması ve alternatif enerji kaynakları, insanoğlu için hayati ehemmiyeti haizdir; zira, günümüzde yoğun olarak kullanılan fosil yakıt rezervlerindeki azalma bilinen bir gerçektir. Hızla tükenmekte olan fosil yakıtların daha uzun bir süre kullanılabilmesi açısından bu yakıtlardan üretilen enerjiyi kullanan sistemlerin verimliliklerinin artırılması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, mevcut enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve özellikle de yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde daha yoğun çalışmalar yapılması dünyamızın ve insanlığın geleceği adına çok önemli bir gerekliliktir.

Alternatif enerji kaynaklarını kullanabilen ülkelerin enerjide dışa bağımlılıkları azalacaktır. Bu azalma, hem çevreyi korumaya yaptığı etki hem de ülke ekonomisine sağladığı katkı açısından büyük bir önem arz etmektedir. Dolayısıyla, alternatif enerji kaynaklarının kullanıldığı teknolojilerin gün geçtikçe daha da önemli hale geleceğini söylemek kehanet olmayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları, genel manada tükenmez oluşları ve adlarından da anlaşılacağı gibi yenilenebilir özellikleri açısından önemlidirler. Fakat, bu alandaki teknolojilerde yaşanan gelişimlerin yeni olması ve alışılmış yaygın enerji kaynaklarıyla şu an için ekonomik rekabetlerinin kolay olmadığı da bir gerçektir; bu durum ise hidrolik enerji dışında yer alan “yenilenebilir kaynaklar”ın kullanımlarının istenen seviyede olmasını önlemiştir. Bununla birlikte, birçok ülkede jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjileri ile ilgili yapılan çalışmaların hızlı bir gelişme gösterdiği ve yaygınlaşma sürecine girdiği gözlemlenmektedir.

Ülkemizde, artan nüfus ve sanayileşmenin getirdiği enerji ihtiyacındaki artışın kendi kaynaklarımızla karşılanamaması sebebiyle enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık gün geçtikçe büyümektedir. Bu açığın sadece dış kaynaklarla kapatılması yoluna gidilmesi ülke ekonomisine büyük yük getirmektedir. Bu bağlamda, 2020 yılında Türkiye’nin enerji ihtiyacının 3/4’ününün dış kaynaklardan temin edileceği tahmin edilmektedir (E.İ.E.İ. Enerji Raporu, 2000). Ekonomimizin artan yükünün yanında, bu durum enerji güvenliği açısından da birtakım endişelere yol açmaktadır. Bu sebeple, Türkiye’nin kendi öz kaynaklarını daha etkin

bir şekilde değerlendirebileceği ve enerji tasarrufunu arttırabileceği teknolojilerin kullanılmasına çok daha fazla önem verilmesi bir zorunluluktur. Enerji tkretiminde, evre üzerindeki olumsuz etkileri bilinen fosil yakıtların kullanılmalarının evre konusundaki uluslararası taahhütler sebebiyle de azaltılması gerekmektedir. Fosil yakıtlar dışında Türkiye'nin öz kaynaklarından olan doğal enerji kaynakları, toprak, yüzey ve yer altı suları ve havada doğal olarak bulunan enerji ile sanayideki atık ısı ve güneş enerjisi de değerlendirilmelidir. Bu enerji kaynaklarının kullanımı ve elde edilmesi arasındaki zaman farkı enerji depolamasıyla kapatılabilir. Bu kaynaklardan etkin bir şekilde yararlanılabilmesi için termal enerji depolama teknolojilerinin Türkiye'de yaygın olarak kullanılmaya başlanması gerekmektedir. Bu sistemlerin evsel, ticari, endüstriyel ve tarımsal uygulamaları mevcuttur.

Dünya genelinde enerji tknetimi her yıl artmaktadır. Binalarda çeşitli ihtiyaçlar için kullanılan elektrik enerjisinin birim maliyetleri arttırması sebebiyle, (sıcak iklimlerde toplam enerji maliyetinin %60'a ulaşabilen kısmı klima sistemlerinden kaynaklanır) enerji tasarrufu sağlayarak maliyetleri düşüren sistemler enerji ekonomisi açısından önem arz etmektedirler. Soğutma sistemleri için kullanılan elektrik enerjisi, ticari bir binanın enerji maliyetinin önemli bir kısmını teşkil etmektedir. İşte, termal depolama sistemleri kullanılarak enerji maliyeti hem düşürülebilir hem de enerji tknetimi gün içinde daha dengeli bir şekilde yayılabilir. Bu bakımdan, binalarda yapılan soğutma uygulamalarında termal depolama sistemlerinin kullanılması cazip bir seçenektir.

TERMAL ENERJİ DEPOLAMA (TED)

Termal Enerji Depolama (TED), ısıtma ve soğutmada enerji verimliliğinin artırılmasını, yerli ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılmasını sağlamak ve yeni çözümler sunmaktadır.

1.1 Termal Enerji Depolama (TED) Nedir?

TED sistemleri, termal enerjinin elde edildiği zaman ile kullanılacağı zaman arasındaki farkı kapatan, hem ısıtma hem de soğutma için kullanılabilen sistemlerdir. Kışın soğukluğunun uzun süreli (mevsimlik) depolanarak yazın soğutmada kullanılabilmesi, güneşten elde edilen termal enerjinin kısa süreli veya mevsimlik depolanıp güneşin olmadığı zamanlarda değerlendirilmesi, toprak altında belli bir derinlikten sonra mevsimlik değişimlerden etkilenmeden sabit kalan sıcaklıktan yazın soğutmada, kışın ise ısıtmada yararlanılabilmesi gibi misaller TED sistemlerine olarak verilebilirler.

Termal enerji, “duyulur ısı” olarak depolanabileceği gibi, “gizli ısı” veya “kimyevî reaksiyon ürünü (termokimyasal) ısı” olarak da depolanabilir. Duyulur ısı depolanmasına su; gizli ısı depolanmasına ise kar, buz ve ötektik tuzlar örnek olarak gösterilebilir. TED sistemleri, elektrik enerjisi tüketimini pik saatler dışına kaydırır ve kullanılacak cihazların daha küçük kapasitede seçilebilmelerini sağlarlar. Böylece, işletme maliyetini ve ilk yatırım maliyetini düşürürler; ayrıca, gün içinde bir talep dengesi oluşturmaları açısından elektrik dağıtım şirketlerine de avantaj sağlarlar. Ayrıca, Türkiye’de de uygulanmakta olan değişken elektrik fiyat tarifesine göre, elektrik talebinin fazla olduğu saatlerle az olduğu saatler arasındaki elektrik birim fiyatlarında %60’ı bulan bir fark vardır. Elektriğin ucuz olduğu saatlerde depolanan enerjinin elektriğin pahalı olduğu saatlerde kullanılmasıyla da, bu tezde incelenen ‘termal enerji depolama ile binalarda enerji tasarrufu’ sağlanabilmektedir.

Bu tezde, özel olarak üzerinde durulan soğu depolama sistemleri, pik saatlerdeki enerji tüketimini gece saatlerine kaydırarak bu saatlerde “soğu” üretme ve bunu depolamanın yapıldığı, bu “soğu”nun da genel elektrik tüketiminin yüksek ve dolayısıyla da maliyetinin fazla olduğu gündüz saatlerinde kullanıldığı sistemlerdir.

Termal enerji depolama sistemlerine olan ilgi yaklaşık son 50 yılda daha fazla artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında karşılaşılabilen süreksizlik durumu da termal enerji depolama sistemlerine olan yönelmenin diğer bir sebebidir. Türkiye’de, uygulanan TED sistemi sayısının çok artmamış olmasında bu sistemlerin çok iyi bilinmiyor olmaları, arıza çıkarıyor diye bilinmeleri ve bu sistemleri ekonomik ve güvenilir bir şekilde tasarlayacak,

uygulayacak ve işletecek tasarımcı, uygulayıcı ve işleticilerin azlığı etkili olmuştur. Ayrıca, TED sistemlerinde önemli bir maliyet kalemi olan depolama tanklarının ithal edilme mecburiyetinde olunması da sistemin ekonomik olma özelliği üzerinde olumsuz bir tesire sahiptir (Fertelli, 2008).

1.1.1 Termal Enerji Depolamanın Avantajları

- Daha az elektrik tüketimi sağlar.
- Enerjiyi daha verimli kullanmaya yarar ve daha az CO₂ salınımı yapar.
- Enerji iletiminde, gece saatlerinde gündüz saatlerine oranla %4-5 oranında daha az kayıp olur.
- İlk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürür.
- Kullanıldığı binanın prestijini artırır.
- Daha çevreci bir sistemdir.
- Yenilikçi bir sistem olduğu için rekabette avantaj sağlar.
- Elektrik tüketimini arttırmadan soğutma kapasitesini artırır.
- Son kullanıcıların, enerji dağıtım şirketlerinden dengeli bir enerji talebi yapmalarını sağlar.
- Kullanılan cihazlar ve tesisat donanımları küçüldüğü için mekândan kazanım sağlar.

1.1.2 Termal Enerji Depolamanın Dezavantajları

- Nispeten daha komplike bir tasarım gerektirir.
- Konvansiyonel sistemler kadar yaygın değildir.
- Sistemi, ekonomik ve güvenilir bir şekilde hayata geçirecek tasarımcı, uygulayıcı ve işletici personel sayısı azdır.

1.2 Depolama Malzemesi ve Mekanizmasına Göre TED Sistemleri

TED sistemlerinde depolama malzemesinin seçimi çok önemlidir; çünkü, depolama malzemesi depolama tankının büyüklüğünü ve HVAC sistemi ekipmanlarının boyutlarını ve konfigürasyonunu doğrudan etkilemektedir. Çizelge 2.1'de depolama malzemelerinin mukayesesi görülmektedir.

Çizelge 2.1 Depolama malzemelerinin mukayesesi (HVAC..Cool Thermal Storage)

Soğuk su depolama sistemleri, en büyük depolama tankı boyutlarının olduğu sistemler olmakla birlikte mevcut su soğutma gruplu (chiller'li) sistemler kullanılarak da kolayca kurulabilirler. Buz depolama sistemlerinde, küçük depolama tankları kullanılır ve düşük sıcaklıkta besleme havası avantajı değerlendirilebilir fakat daha karmaşık bir su soğutma grubu sistemi gereklidir. Ötektik tuzların kullanıldığı sistemlerde mevcut su soğutma grupları kullanılabilir ama genellikle diğer sistemlere göre en yüksek sıcaklıklarda işletilirler.				
Depolama Malzemesi	Hacim (m ² /ton-saat)	Depo Sıcaklığı (°C)	Deşarj Sıcaklığı (°C)	Açıklamalar
Soğuk Su	1-1,95	3,89-6,67	5-7,78	Mevcut su soğutma grupları kullanılabilir. Depolanan su, yangın söndürme sistemi için de kullanılabilir.
Buz	0,22-0,30	0	1,11-2,22	Yüksek deşarj hızı vardır. Düşük sıcaklıkta besleme havası kullanılabilir.
Ötektik Tuzlar	0,56	8,33	8,89-10	Mevcut su soğutma grupları kullanılabilir.

Çizelge 2.1'deki mukayeseden de anlaşılacağı gibi en çok termal depolama imkanı veren malzeme buz, en az veren ise sudur; ötektik tuzlar bu ikisinin arasında bir konumda yer almaktadırlar.

Depolama malzemesi olarak suyun kullanıldığı sistemlerde, termal enerji depolama için suyun duyulur ısı kapasitesinden, buzun kullanıldığı sistemlerde ise gizli ısı kapasitesinden yararlanılmaktadır.

TED sistemlerinde, duyulur ısı, faz değiştiren malzemelerin (FDM veya PCM-Phase Changing Materials) ergime ısısı veya kimyasal tepkimelerin ısısı şeklinde depolama yapılabilir. Bu tekniklerle, uzun süreli (yaz-kış) veya kısa süreli (gece-gündüz) depolama yapılabilmektedir.

Kısa süreli amaçlar için daha çok, istenilen sıcaklıkta faz değiştiren (katı-sıvı, katı-katı)

çeşitli organik ve inorganik maddelerden yararlanılmaktadır. En çok kullanılan maddeler, su, buz, parafinler ve çeşitli tuz hidratlarıdır.

TED sistemleri, yer altında termal enerji depolama sistemleri, soğu depolama sistemleri, faz değiştiren malzemelerle (ötektik tuzlar vs..) termal enerji depolama sistemleri gibi başlıklar altında toplanır.

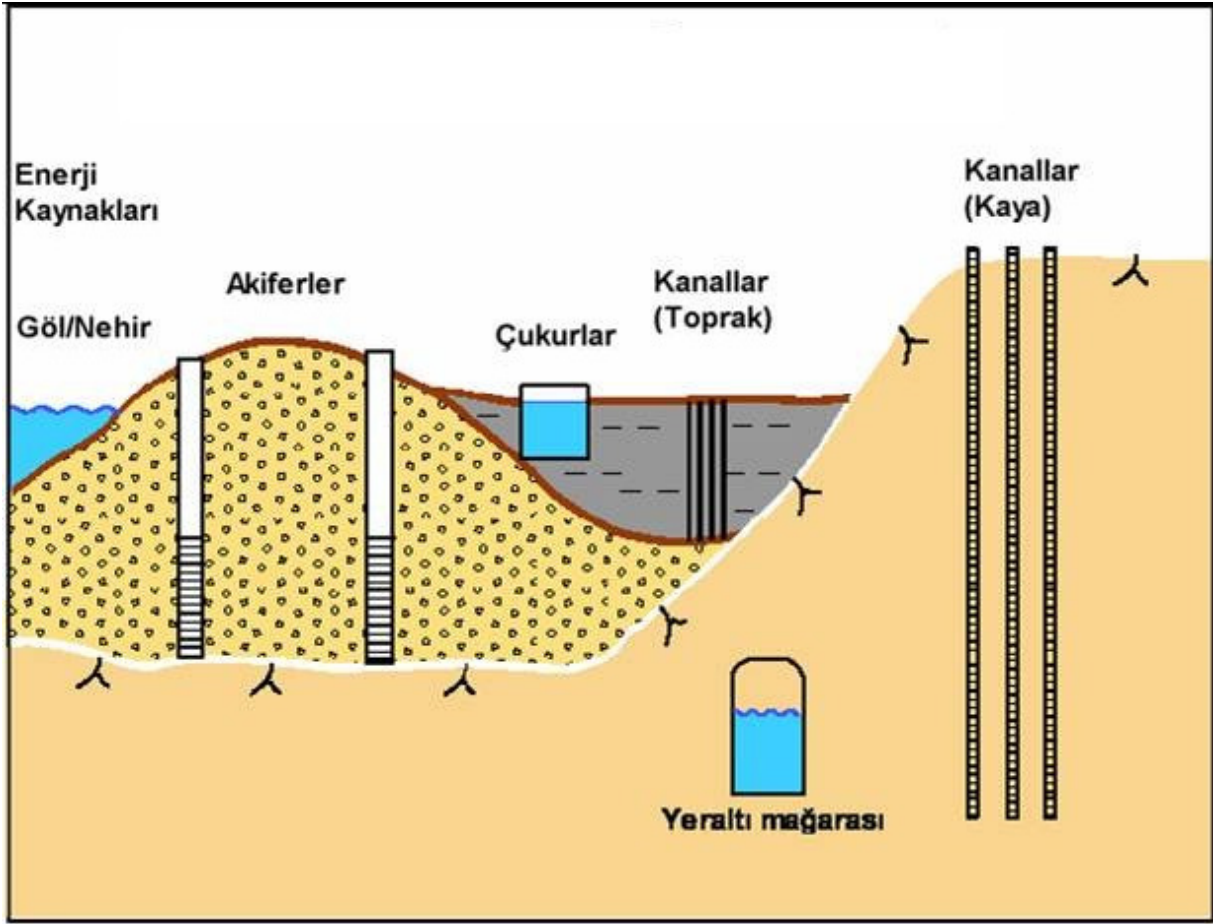
Çizelge 2.2 Bazı depolama malzemelerinin ısı kapasiteleri (Chaichana vd., 2001)

Sıvı	Su	%20 Tuz Çöz.	Metanol	Propilen Glikol
C_p (J/kg.K)	4.180	3.110	2.470	2.504

1.2.1 Yer Altında Termal Enerji Depolama Sistemleri

Isı enerjisinin yer altında mevsimlik depolanması üç ayı aşkın süreyi kapsamaktadır. Kısa süreli depolama ise bir haftadan az bir zaman içindedir. Mevsimlik depolamada, güneş enerjisi, iklimden kaynaklanan doğal ısı enerjisi (yüksek sıcaklıklı ve soğuk kökenli alçak sıcaklıklı) ve herhangi bir işlem sonucu atılan atık ısı depolanabilmektedir. Kısa süreli depolamada ise kullanılan kaynaklar, güneş enerjisi, çok tarifeli elektrik sisteminde puant yük dışında ucuz tarifeli elektrikle kazanılan ısı ve sanayi atık ısıdır. Isıtma amaçlı termal depolama, fosil yakıt yakımı ile sağlanacak ısıdan tasarruf oluşturduğundan, yanma emisyonlarının ortaya koyacağı kirliliği önleme avantajı da taşımaktadır. Böylece CO₂, SO₂ ve NO_x emisyonlarının sınırlandırılmasına katkıda bulunur. Soğutma amaçlı termal depolama, elektrik enerjisinden sağlanan tasarrufun yanı sıra ozon tabakasına zarar veren kloroflorokarbon gazlarının kullanımının sınırlandırılmasına da katkıda bulunur.

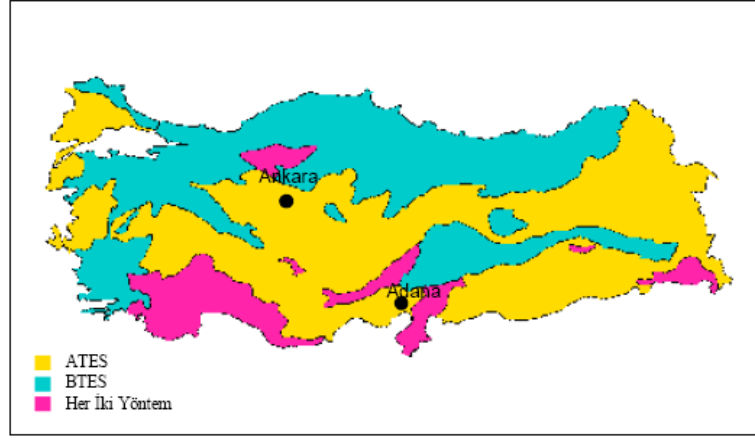
1970'li yıllardan beri yer altında ısı depolama çalışmaları sürdürülmektedir. Bu çalışmalar, üç yılda bir düzenlenen Uluslararası Isıl Enerji Depolama Konferansları'na sunulmaktadır.



Şekil 2.1 Yer altında termal enerji depolama teknikleri (Mazman, 2006)

Yer altında ısıl depolama sisteminin uygulanabileceği yerler, yapılar (konutlar, hastaneler, okullar, hava alanları, ticaret ve iş merkezleri), sanayi ve tarım (seracılık, kurutma, balık üretim çiftlikleri, tarımsal ürün depoları) biçiminde sıralanmaktadır.

Türkiye'de yer altında termal enerji depolama potansiyelini belirleme çalışmaları sürdürülmektedir. Türkiye'de yer altında termal enerjinin depolanabileceği alanlara ilişkin bir harita çalışması da yapılmış bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Türkiye’de YTED potansiyeli (Paksoy vd., 1997)

Ülkemizde enerji tüketiminde ilk iki sırayı paylaşan yapı ve sanayi sektöründe yer altında termal enerjinin depolanmasına uygun alanların çok geniş olduğu tahmin edilmektedir. Bu teknolojinin, özellikle güney illerimizde seracılık tarımının en önemli enerji girdisi olan ısı enerjisi için de kullanılması planlanmaktadır; Akdeniz Bölgesi’nde seracılık alanında termal enerji depolama ile yapılabilecek ısıtma ve soğutma uygulamalarının potansiyeli konusunda yapılmış bir çalışma mevcuttur: (Turgut, 2008). Ayrıca, yaygınlaştırılacak uygulamalarla büyük binalarda ısıtma ve iklimlendirmede bu teknolojiye yararlanılması, klasik enerji kaynaklarından tasarruf sağlayacaktır.

1.2.1.1 Akiferlerde Termal Enerji Depolama

Akiferde (tabii yer altı suyu havzası) termal enerjinin depolanması prensip olarak çok basittir; soğu depolama yapılacaksa, yer altı suyu, açılan depodan kış mevsiminde çekilip soğutulur ve tekrar kuyuya geri verilir. Soğutma için dış ortamın soğukluğundan, yüzey buz ve sularından yararlanılır; bu amaçla ısı değiştirgeçleri kullanılmaktadır. Yazın soğutma ihtiyacı olduğunda, yer altındaki soğuk su çekilerek kullanılır; bu kullanım yine ısı değiştirgeci yardımıyla ve soğutma sisteminden ısı aktarımıyla gerçekleştirilir. Hem soğutma ve hem de ısıtma amaçlı sistemlerde, kullanım sonucu ısınan yer altı suyu akiferde başka bir kuyu aracılığıyla tekrar depolanabilir. Bu yöntemde biri sıcak ve diğeri soğuk olmak üzere aralarında herhangi bir etkileşim bulunmayacak uzaklıkta iki kuyuya ihtiyaç vardır. Akiferde yüksek sıcaklıklı termal enerjinin depolanması, çekilen suyun ısıtılıp geri gönderilmesiyle gerçekleştirilir.

Ülkemizde bazı sanayi kuruluşları hal-i hazırda yer altı suyunu soğutma amaçlı olarak kullanmakta, kullandıktan sonra da bu suyu kontrolsüz bir şekilde dışarı atarak hem su rezervlerinin azalmasına hem de çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Akiferde termal enerji

depolama sistemlerinde ise yer altı suyu kapalı devre bir sistemde başka hiçbir su ile karışmadan kullanılıp tekrar yer altındaki aynı akifere beslenmektedir. Böylece, çevre kirlenmediği gibi, yer altı akiferi de korunmuş olmaktadır.

Akiferlerde termal enerji depolama sisteminde iki temel rejim vardır: Periyodik rejim, sürekli rejim. Sistem sadece iki kuyu ile kurulabileceği gibi bir grup kuyu ile de kurulabilir. Periyodik rejimle, ısı veya soğu yerin/zeminin tabii sıcaklığının altında veya üstünde depolanabilir. Sürekli rejim ise, yalnızca ısıtma veya soğutma yükünü karşılamak için kullanılacak sıcaklık değerinin yerin/zeminin mevcut tabii sıcaklığına yakın olduğu durumda kullanılabilir. Depo bölümü, bu yüzden yerin/zeminin tabii sıcaklığını daha çok kullanabilmektedir.

Periyodik rejimin dezavantajı, hem akiferden su alınması hem de suyun tekrar akifere verilmesi işlemleri için daha karmaşık bir kuyu tasarımı ve kontrol sistemine ihtiyaç duyulmasıdır.

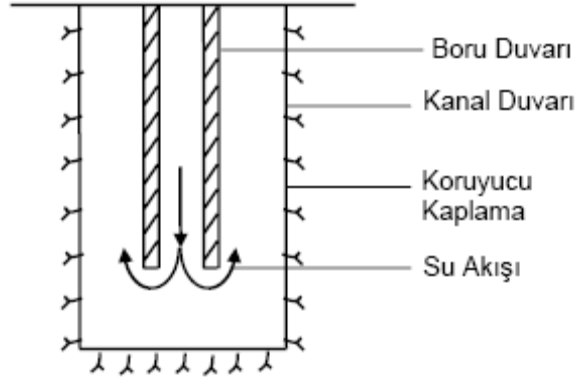
Sürekli rejim, sistem tasarımı ve kuyu kontrolü açısından daha basittir. Ayrıca, sadece bir kuyu veya bir kuyu grubuna pompa yerleştirilmesi yeterlidir. Sürekli rejimin dezavantajı ise, sınırlı sıcaklık farkı sağlayabiliyor olmasıdır.

1.2.1.2 Sondaj Çukurlarında (Kanal-Borehole) Termal Enerji Depolama

Kuyularda (kanallarda) termal enerji depolamada (KTED) yer altına borular döşenerek, uygun bir ısı taşıyıcı akışkan ile depolama yapılır. Kuyular yatay veya düşey olarak kullanılabilir. KTED sisteminde kuyu, bir ısı taşıyıcı akışkanla, etrafındaki jeolojik yapı arasında “ısı değiştiricisi” olarak kullanılır. Düşey KTED uygulaması için uygun bir sondaj tekniği kullanılarak bir kuyu açılır. Açılan kuyu içerisine ısı taşıyıcı akışkanın dolaştırılacağı bir boru sistemi yerleştirilir. Kuyu ve içindeki borular yer altı ısı değiştiricisi olarak kullanılır. Yer altı ısı değiştiricileri ısı taşıyıcı akışkan ile yer altı jeolojik formasyon arasında ısı aktarımını sağlar.

KTED sistemleri, ısıtma, soğutma veya her iki amaçlı uygulanabilirler. Her iki amaç için kullanılan KTED sistemlerinde ısıtma ve soğutma yüklerinin eşit olması istenir. KTED uygulaması sırasında depolama yapabilmek için ekonomik olabilecek, uygulama amacına göre, sıcak veya soğuk enerji kaynakları bulunmalıdır. Sıcak enerji kaynağı olarak güneş enerjisi, endüstriyel veya ısı pompası atık ısısı kullanılabilir. Soğutma amaçlı KTED kaynağı olarak ise kış ortam havası, soğuk yüzey suları (göl, nehir vb.) veya ısı pompası kullanılabilir.

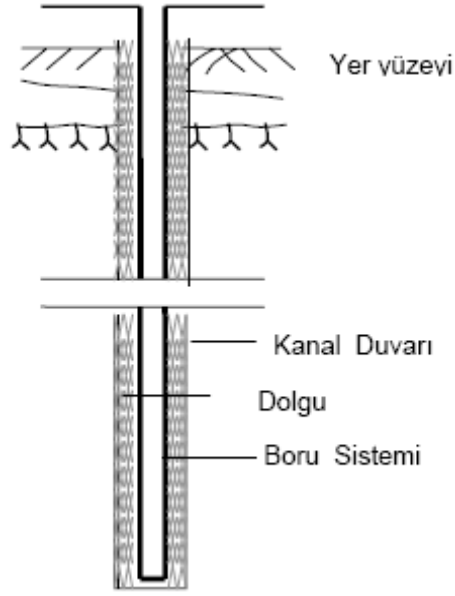
KTED açık veya kapalı döngülü sistem olarak uygulanabilir. Açık döngülü KTED sistemlerinde, ısı taşıyıcı akışkan kanalla doğrudan temas halindedir. Akışkan ve kayacın doğrudan temasından dolayı su kimyası önem teşkil eder. Isı değiştiricilerinde, çökeltmelerden kaynaklı kabuklaşma veya korozyon problemleri olabilir. Açık sistemin avantajı ise, yer altı yapısı ve ısı taşıyıcı akışkan arasında iyi bir ısı transferi gerçekleşmesidir.



Şekil 2.3 Açık Döngülü KTED sistemi (Dikici, 2004)

Kapalı döngü KTED sistemlerinin, uygulamaları açık sistemlere göre daha yaygındır. Genellikle kuyuya bir veya birden fazla U boru yerleştirilir.

En çok kullanılan boru tipi U borudur. Uygulama amacına yönelik sıcaklık aralığındaki ısı taşıyıcı akışkan, boru sisteminde pompa vasıtasıyla kapalı döngüde dolaştırılır. Böylece akışkan yer altını ısıtırken (soğuturken), kendisi soğuyarak (ısınarak) kanaldan dışarı çıkar. Tekrar ısıtılmak (soğutulmak) üzere bir ısı değiştiricisinden geçirilir. Isınan (soğuyan) akışkan tekrar yer altına yollanır. Isı taşıyıcı akışkan seçimi, çalışma sıcaklık aralığına bağlı olarak yapılır. Genellikle su veya farklı yüzeylerde alkol-su karışımları kullanılabilir. Kapalı KTED sistemlerinde açık KTED sistemlerine göre daha az ısı transferi gerçekleşir (Yılmaz, 2005).



Şekil 2.4 Kapalı Döngü KTED sistemi (Dikici, 2004)

1.2.1.3 Çukurlarda ve Mağaralarda Termal Enerji Depolama

Çukurlarda ve mağaralarda termal enerji depolama (ÇTED) sistemleri, zemine yakın çukurlar ve derin mağaralardan faydalanılarak enerji depolanan sistemlerdir.

1.2.2 Soğu Depolama

Dünyanın birçok bölgesinde kış sıcaklıkları, tabii ve/veya sun'i kar ve buz eldesi için gerekli sıcaklıklardan daha düşüktür. Kar/buz, yaz mevsimine kadar depolanabilir ve farklı soğutma uygulamaları için kullanılabilir. Soğutma uygulamaları için kar ve buz depolama eski devirlerde de kullanılmış bir tekniktir, en azından erken devir olarak antikitede kullanılmıştır. Buz, göllerden alınmış ve erimemesi için üzeri talaşla örtülmüştür (Taylor, 1985). Bu, 20. yüzyılın başlarında ısı pompası bulunana kadar dünyanın birçok yerinde uygulanmış yaygın bir metottur (MacCracken vd., 1987). Mesela, İsveç'te ve Japonya'da 100 yıldan daha fazla bir süredir kullanılmakta olan buz ve kar evleri vardır. Son 25 yılda mevsimsel buz ve kar depolama tekniklerinde Kanada, ABD, Japonya ve şimdilerde İsveç'te gelişmeler vardır.

Soğutma için termal enerji depolama, göreceli olarak olgunlaşmış bir teknolojidir denebilir. Yaygınlık olarak konvansiyonel sistemler kadar geniş bir şekilde kullanım alanına ulaşmamış olmasıyla birlikte tasarımındaki gelişmeler günden güne artmaktadır. Soğu depolama, elektrikle çalışan soğutma ekipmanlarını elektrik tarifesinin ucuz olduğu pik saatler dışındaki saatlerde devreye alarak enerjinin yoğun kullanımını bu saatlerde gerçekleştirir ve bu yolla

enerji maliyetini ciddi olarak düşürür. Ayrıca, kurulacak sistemlerin ilk yatırım ve işletme giderleri açısından karşılaştırıldığında depolama yapılan sistemler, depolama yapılmayan sistemlerden daha avantajlıdır.



Şekil 2.5 Modüler boru üzeri buz depolama tankları (kondenserleriyle birlikte)

Soğu depolama teknolojisi ilk olarak, soğutmada su soğutma grubu kullanılan geniş yapılar için geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda çatıya monte cihazlara ve DX (direct expansion) soğutma sistemlerine de adapte edilmiştir. Bu tezin son bölümünde, su soğutma grubu kullanılan sistemler nazar-ı itibara alınacaktır.

Soğu depolama sistemi, esas olarak yoğun elektrik kullanımını pik saatler dışına kaydırmak ve daha ucuz tarifeye elektrik kullanmak amacıyla ortaya çıkmıştır ve depolama yapılmayan sistemlere göre daha düşük ilk yatırım maliyeti gerektirir ve daha yüksek sistem verimine sahiptir. Diğer bir deyişle, soğu depolamada temel amaç enerji tüketimini düşürmek değil, pik saatlerdeki enerji tüketimini gece saatlerine kaydırmaktır; bu sebeple, soğu depolamanın sağladığı tasarruf, enerji tüketiminden ziyade ilk yatırım ve işletme maliyetlerinde ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber, sistemin gece saatlerinde daha çok çalışması sebebiyle enerji tüketiminde de bir düşüş sağlanmaktadır.

1.2.2.1 Soğu Depolama Tasarımındaki Çeşitlilik

Depolanan malzemedeki şarj ve deşarj mekanizmasındaki farklı kombinasyonlar sebebiyle soğu depolama sistemlerinin birçok değişik tipi vardır. Soğu depolamanın bir alt dalı olan buz depolama sistemi, buz toplama, boru demeti (serpantin) üzerinde buz, buz çözeltisi ve kapsüllenmiş buz gibi alternatiflere sahiptir. Boru demeti üzerinde buz sistemleri, dıştan veya içten erimeli olabilir ve soğutucu akışkanla veya tek fazlı bir akışkanla (tipik olarak su-glikol karışımı) şarj ve deşarj edilebilir. Soğu depolama sistemleri, tam ve kısmî depolama yapılacak şekilde tasarlanabilir ve soğutma yükünün tasarım şartlarındakinden düşük olduğu zamanlara göre su soğutma grubu öncelikli ve depo öncelikli olarak çalıştırılabilir.

Soğuk su depolama sistemleri, sırf suyun duyulur ısı kapasitesinin kullanılmasına dayanırlar (Faz değişimi veya gizli ısı kullanımı yoktur). Soğutma yükünü karşılamak için gidiş ve dönüş hatlarındaki su sıcaklığı arasındaki farkı kullanırlar. Bütün boru üzerinde buz sistemlerinde buz, bir ısı transfer yüzeyinde oluşturulur. Şarj modunda buz bu yüzeyde oluşur, deşarj modunda ise erir. “Buz toplama”da buz, boru demeti üzerinde veya soğutucu akışkanın buharlaştığı yüzeyde şekil alır. Buradan periyodik olarak içinde su-buz karışımı olan bir depoya bırakılır. Çamur/bulamaç halinde buz depolama sistemi ise bir glikol-su solüsyonu içinde küçük buz parçaları oluşmasıdır. Böylece pompalanabilen bir yarı erimiş buz karışımı oluşmuş olur. Kapsüllenmiş buz sistemi, soğutucuyla çevrelenmiş içi su dolu plastik küçük konteynırlar içeren bir sistemdir. Ötektik tuz sistemleri, kapsüllenmiş buz sistemlerine benzerler fakat kapalı plastik konteynırların içinde su yerine ötektik tuzlar vardır.

Tam depolama sistemleri, pik saatlerdeki bütün soğutma yükünü depodan karşılamak üzere tasarlanırlar. Kısmî depolama sistemleri ise, pik saatlerde soğutma yükünün bir kısmını depodan, bir kısmını da su soğutma grubundan sağlarırlar. Kısmî depolamada, yük seviyelemeli ve talep belirlemeli kısmî depolama olmak üzere iki tip tasarım söz konusudur. Yük seviyelemeli kısmî depolamada, su soğutma grubu pik tüketimin olduğu günde (yani tasarım/dizayn gününde) 24 saat tam kapasitede çalışacak şekilde tasarlanır. Talep belirlemeli kısmî depolama, tam depolama ile yük seviyelemeli kısmî depolama arasında orta bir yerde bulunmaktadır; burada, su soğutma grubu çalışma süresi düşürülmesine rağmen pik tüketim periyodunda tamamen sıfırlanamamaktadır. Kısmî depolama ile soğu depolama sistemleri tasarımı, depo öncelikli ve su soğutma grubu öncelikli olmak üzere iki alternatif işletme stratejisine sahiptir. İsimlerinden de anlaşılabilceği gibi soğutma, depo öncelikli sistemlerde depo ile, su soğutma grubu öncelikli işletmede direkt olarak su soğutma grubu ile sağlanır.

1.2.2.2 Soğu Depolamanın Uygulama Alanları

Soğu depolama, ortalama enerji maliyetini düşürür ve soğu depolama olmayan konvansiyonel soğutma sistemine kıyasla potansiyel olarak soğutma sisteminin enerji tüketimini ve ilk yatırım maliyetini düşürebilir. Bina soğutma uygulamalarında aşağıdaki şartlardan biri veya daha fazlası mevcutsa soğu depolama uygulamaları özellikle cazip olacaktırdır:

- Gün içinde elektrik enerjisi tüketimindeki değişim önemli miktardaysa
- Elektrığın ani tüketimi yüksekse veya bir mekanizmaya bağlanmışsa
- Ortalama soğutma yükü, pik soğutma yükünden önemli ölçüde az ise
- Elektrik sistemi (veya şebekesi) soğu depolama montajı için diğer ilave maliyetleri (oran yapısından başka) gerektiriyorsa
- Mevcut bir soğutma sistemi büyütölmüşse
- Yeni bir inşaat varsa
- Soğutma sisteminin eski ekipmanlarının değişmesi gerekiyorsa
- Soğuk hava dağıtımından fayda elde edilebilecekse

Genellikle, uygulamalarda yukarıda belirtilen şartların olmadığı durumlardan kaçınılmalıdır.

Ayrıca, yukarıdakilere ilave olarak aşağıdaki hususlar söz konusu ise bu halde de depolama uygulamalarından kaçınılmalıdır:

- Özellikle paket tip su soğutma gruplarından başka yeni (built-up) bir soğutma sisteminin kullanıldığı yerlerde sistem ekipmanlarıyla ilgili işletme, bakım tecrübesi veya eğitim eksikliği.
- Soğutma sisteminin, ömrü süresinceki (veya işler halde kalabilmesini sağlayan) maliyetlerini minimuma indirmek için işletmeci personelin işletme ve kontrol stratejileri hakkındaki eğitim eksikliği.
- Soğu depolama ekipmanları için uygun yerlerin sınırlı veya bu yerlerin diğer maksatlar için kullanılabilir değerli alanlar olması durumu.
- Mühendislikle ilgili fizibilite çalışmaları ve sistem tasarımı için sınırlı kaynak olması.

Soğu depolama sistemlerinin tabiatında, depolamanın olmadığı sistemlere göre daha karmaşık olma ve verilen şartlar için optimum sistemi bulabilme açısından daha fazla zamana ihtiyaç duyma özellikleri vardır.

Soğu depolamanın, kullanılan depolama malzemesi, şarj ve deşarj mekanizmalarının farklı kombinasyonlarına göre birçok farklı tipi vardır. Temel depolama malzemeleri, su, buz ve ötektik tuzlardır. Buz kullanılan sistemler, buz elde edilmesi, serpantin üzerinde buz, buz-su karışımı ve kapsüllenmiş buz seçeneklerinden oluşur. Serpantin üzerinde buz sistemleri, içten eritmeli veya dıştan eritmeli şekillerinde olabilir ve tek fazlı bir soğutucu akışkanla (tipik olarak su-glikol karışımı) şarj ve deşarj edilebilirler. Bu teknolojiadaki seçim serbestliği, soğu

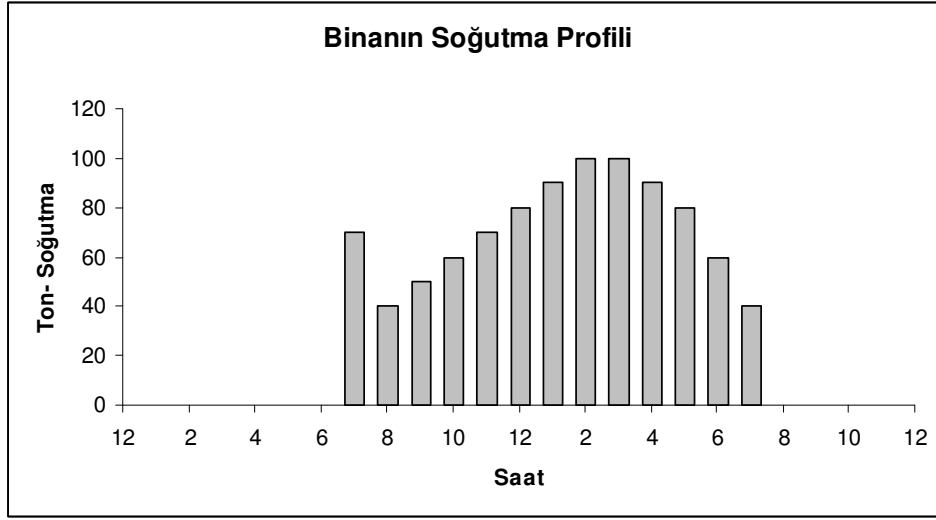
depolama sistemlerinin tam veya kısmî depolamayı gerçekleştirecek şekilde projelendirilebilmesinde kendini göstermektedir. Kısmî depolama için yük seviyelemeli veya talep (tüketim) belirlemeli olarak seçim yapılabilir. Netice olarak, bir soğu depolama sistemi, soğutma yükü ne zaman tasarım şartlarındakinden daha az olursa olsun su soğutma grubu veya depo öncelikli olarak işletilebilir.

Soğu depolama sistemlerinin farklı türleri, hava soğutmalı sistemler ile birçok binada maliyet açısından potansiyel olarak etkili biçimde kullanılabilir. Soğu depolama teknolojisi, başlangıçta tipik olarak büyük binalar için kullanılan soğutulmuş su ile soğutma sistemlerinin entegrasyonu için geliştirilmiştir. Soğu depolamada son yıllarda meydana gelen gelişmeler, çatı tipi direkt genişmeli (DX) soğutma sistemlerinin entegrasyonu için tasarlanan teknolojileri kapsamaktadır. Konut uygulamaları için boyutlandırılan soğu depolama teknolojileri, çatı tipi direkt genişmeli (DX) uygulamaları için tasarlanan ekipmanların küçük versiyonlarını içererek geliştirilmiştir fakat konut uygulamaları pazarındaki maliyet ekonomisinin üstesinden gelmek şu aşamada mümkün olmamıştır.

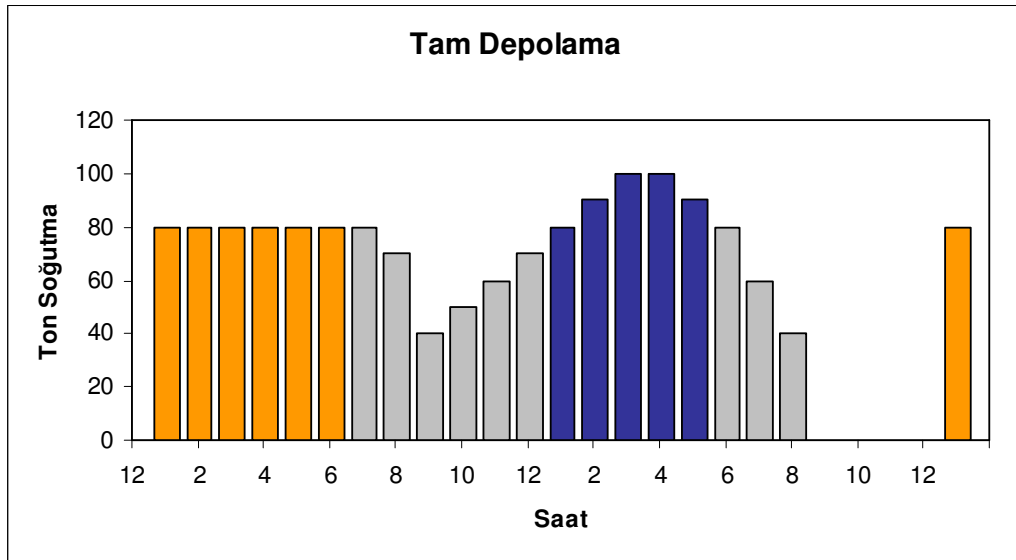
1.2.2.3 Soğu Depolamalı Sistemlerin Avantajları

Son elli yılda, kullanım alanı artmış bir enerji depolama yöntemi olan soğu depolama, alışlagelmiş soğutma yöntemlerine göre enerji tüketimi ve ilk yatırım maliyeti açısından avantajlıdır.

Dünyada ve ülkemizde elektrik tüketim fiyatları günün saatlerine göre değişiklikler göstermektedir. Elektrik, kullanımın çok olduğu gündüz saatlerinde pahalı, az olduğu gece saatlerinde ise ucuzdur (TEDAŞ, 2008). Bu durum, endüstriyel veya ticari işletmelerde soğutma yükünün fazla olduğu gündüz saatleri için gerekli olan enerjinin, elektriğin ucuz olduğu saatlerde depolanarak pahalı olduğu saatlerde kullanılmasını gündeme getirmiştir.(Şekil 2.6 ve 2.7)



Şekil 2.6 Konvansiyonel sistemde soğutma profili (Andrews T., 2005)

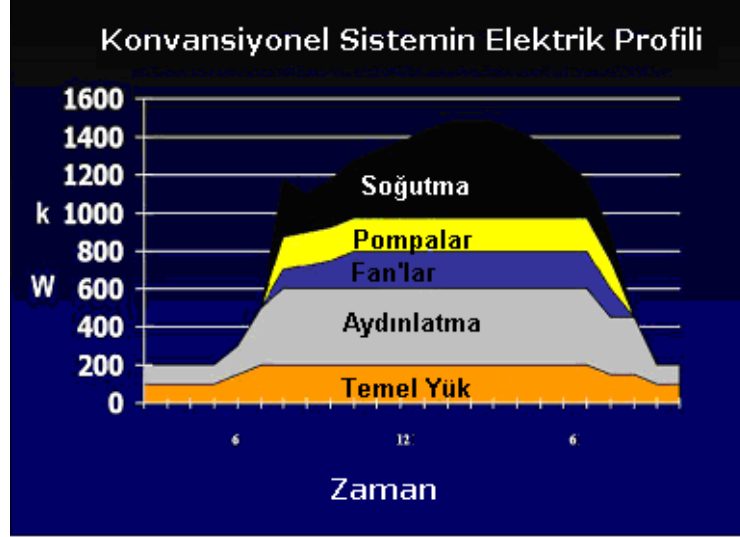


Şekil 2.7 Soğu depolamalı sistemde soğutma profili (Andrews T., 2005)

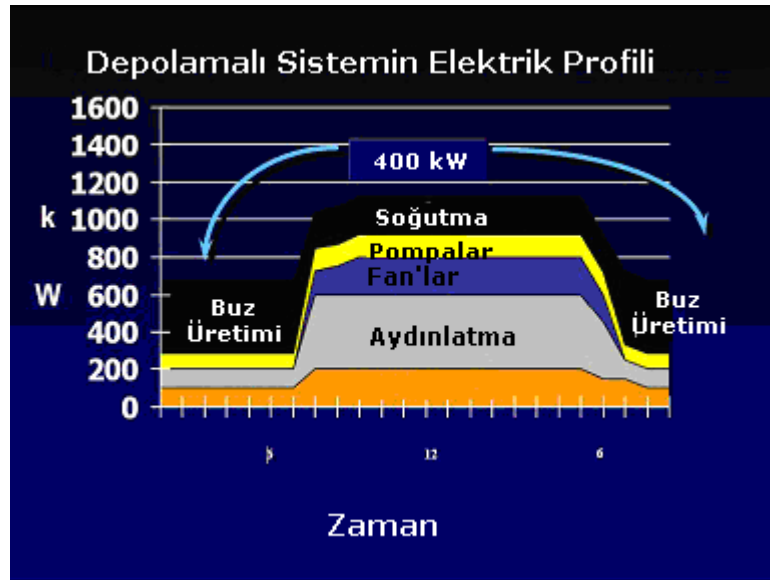
Depolamalı sistemlerde, cihaz-ekipman kapasiteleri, maksimum soğutma yüküne göre değil, daha düşük bir yüke göre seçileceğinden, soğutma elemanlarının boyutları ve ilk yatırım maliyetleri daha az olacaktır. Deposuz sistemlerde üretim ve tüketim aynı zamanda gerçekleşirken, depolu sistemlerin en önemli özelliği depolanan enerjinin istenilen zaman diliminde kullanılabilmesidir.

Depolu sistemlerin bir diğer avantajı da elektrik şebekesine fazla yük olmamalarıdır. Soğutma ihtiyacı genellikle gündüz saatlerinde olur; çoğu binanın, harcadığı elektrik enerjisini özellikle

öğleden sonraki vakitlerde harcaması elektrik dağıtım şirketini -aynı anda yüksek talebi karşılama durumuyla karşı karşıya bıraktığı için- zor durumda bırakır. Depolu sistemler elektrik ihtiyacının büyük bir kısmını gece karşılayacağı için gündüz saatlerinde şebekenin yükünü azaltır, şebekeye ilave hiçbir ek yük getirmez. (Şekil 2.8 ve 2.9)



Şekil 2.8 Deposuz bir sistemde elektrik kullanım profili



Şekil 2.9 Depolamalı bir sistemde elektrik kullanım profili

1.2.2.4 Soğu Depolama Malzemeleri

Depolama ortamı genellikle su, buz veya faz değiştiren ötektik tuzlar olarak bilinen faz

değişim malzemeleridir. Her bir ortamın birim hacim başına depoladıkları enerji miktarları birbirinden farklıdır.

2.2.2.4.1 Su

Depolama sistemlerinde su kullanılmasının en çekici yönü, alışlagelmiş su soğutucu sistemleri (chiller) ve dağıtma şebekeleri (boru ve kanal) ile uyum içerisinde olması, yeni soğutma sistemlerine ve dağıtım şebekesine ihtiyaç duyulmamasıdır.

Bu sistemler, özel ekipmana ihtiyaç duymadan standart su soğutucularını yüksek bir etkinlikle kullanırlar. Hem sıcak hem de soğuk suyu depolayacak şekilde düzenlenebilen depo, soğutma işlemi için kullanılmasının yanında aynı zamanda yangın için su deposu görevini de görebilir. Depo hacminin artmasıyla su depolamalı sistemler daha ekonomik hale gelirler ve ilk yatırım maliyetleri, 7.000 kWh (veya 760 m³) kapasitede alışlagelmiş sistemlerle yarışabilir haldedirler (Yılmaz, 1997). Bununla beraber, su depolamada depo hacminin büyük olması, depo için müsait bir yer bulmanın zorlaşması ve estetik kaygıların gündeme gelmesi gibi sebeplerden dolayı bazı dezavantajlar da mevcuttur.

Depolama ortamı olarak suyun kullanılmasında, suyun duyulur ısısından (4,184 kJ/kg.K) faydalanılır. Depolanan termal enerji, depolanan suyun sıcaklığı ile iklimlendirilecek ortamdaki suyun sıcaklıkları arasındaki farka bağlıdır. Birçok yapı soğutma uygulamasında, 11 °C'lik bir fark, pratik maksimum fark olarak kabul edilmektedir. Soğutulmuş su genellikle 4 ila 7 °C arasında değişen sıcaklıklarda depolanır. Bu sıcaklıklar pratikte kullanılan birçok su soğutucu sistemler ve dağıtım şebekeleri ile uyum içerisinde dirler.

2.2.2.4.2 Ötektik Tuzlar

Ötektik tuzlar, enerjiyi gizli ısı yoluyla depolayan faz değişim malzemeleri olup donma ve erime sıcaklıkları önceden belirlenerek üretilirler. İnorganik tuzlar, sıvı ve yapısal kararlılığı sağlayan bir ara maddeden oluşan karışımlardır. Bu karışım 8 °C civarında faz değiştirebilir. Genellikle bu karışım, belirli bir geometriye sahip plastik kapların içine doldurulur ve bu kaplar belirli bir düzen içerisinde içinden suyun geçebileceği depolama tankına yerleştirilirler. Bu tür bir depolama tankı için gerekli hacmin yaklaşık 0,048 m³/kWh olduğu belirlenmiştir; bu değer soğuk su depolama için gereken depo alanından küçük, buz depolama için gereken alandan büyüktür. Son zamanlarda faz değişim sıcaklığı 5 °C olan tuzlar da üretilmeye başlanmıştır. Bu şekilde 5-6 °C'lik bir depo çıkış sıcaklığı sağlanmakta ve konvansiyonel hava dağıtım sistemleri ile daha uyumlu bir işletim elde edilmektedir (Yılmaz, 1997).

Çizelge 2.3 FDM'lerin sahip olması gereken özellikler (Mazman, 2006)

Termal Özellikler	<ul style="list-style-type: none">➤ Uygun faz dönüşüm sıcaklığı➤ Yüksek ergime gizli ısı➤ İyi ısı transferi
Fiziksel özellikler	<ul style="list-style-type: none">➤ Uygun faz dengesi➤ Düşük buhar basıncı➤ Düşük hacim değişimi➤ Yüksek yoğunluk
Kinetik Özellikler	<ul style="list-style-type: none">➤ Aşırı soğuma göstermeme➤ Yeterli kristalleşme hızı
Kimyasal özellikler	<ul style="list-style-type: none">➤ Uzun süreli kimyasal kararlılık➤ Yapı malzemelerine uygunluk➤ Toksik olmama➤ Yanıcı olmama➤ Kimyasal sıkıntı yaratmamalı
Ekonomi	<ul style="list-style-type: none">➤ Bol,➤ Bulunabilir➤ Ucuz olmalı



Şekil 2.10 Faz değişimi (Kanlioğlu, 2007)

Çizelge 2.4 Bazı maddeler için L_f ve L_v değerleri

Madde	Erime (°C)	L_f (kJ/kg)	Kaynama (°C)	L_v (kJ/kg)
Alüminyum	659	399	2327	10530
Bakır	1083	207	2595	4730
Etil Alkol	-114	108	78,3	855
Altın	1063	64	2600	1577
Hidrojen	-259	58	-253	455
Kurşun	328	23	1750	859
Civa	-39	11	357	295
Nitrojen	-210	25,7	-196	200
Oksijen	-219	13,9	-183	213
Gümüş	962	111	1950	2356
Su	0	335	100	2272

2.2.2.4.3 Buz

Buz depolanan sistemlerde termal enerji, buz içerisinde gizli ısı olarak depolanır; bu enerji değeri 335 kJ/kg'dır. Kullanılacak soğutma grubu, 0 °C'de faz değişimini gerçekleştirebilmek için soğutucu akışkanı -3 °C ila -9 °C'de sağlamalıdır. Bu değerler konvansiyonel soğutma sistemleri için düşük değerler olduğu için özel buz yapma cihazları kullanılması gereklidir. Ayrıca depodaki suyun sıcaklığının (1 °C ila 3 °C), konvansiyonel sistemlerden elde edilecek hava sıcaklığına (13 °C) göre düşük olması, fan ve kanal boyutlarının küçülmesi gibi avantajlar sağlar.

Soğu depolama için buz kullanıldığında, soğuk su kullanılan duruma göre daha az bir depo alanına ihtiyaç duyulur. Çünkü, su kullanılarak termal enerji depolandığında duyulur ısıdan yararlanılırken buz depolamada gizli ısıdan yararlanır. 1 kg sudan (10 °C) elde edilen depolama enerjisi 42 kJ iken 1 kg buzdan (0 °C) elde edilen depolama enerjisi 335 kJ'dür.

Buz depolama sistemlerinin birkaç farklı türü mevcuttur:

- Dıştan eritmeli serpantin üzerinde buz sistemi
- İçten eritmeli serpantin üzerinde buz sistemi
- Kapsüllenmiş buz sistemi
- Buz toplama(harvester) sistemi
- Çamur/Bulamaç halinde buz sistemi

1.2.2.5 Soğu Depolama Tankları

Bir soğu depolama tankı; içerisinde bulunan su, su-buz karışımı veya diğer malzemelerden kaynaklanan basınç kuvveti ve diğer kuvvetlere dayanacak yapısal mukavemete sahip olmalıdır. Su geçirmez olmalı ve zamanla sızıntı yaratmayacak şekilde imal edilmelidir. Korozyon direnci yüksek olmalıdır. Yer üstüne yerleştirilen tanklar, hava koşullarına karşı dirençli olmalı, dış yalıtımları buhar difüzyonuna ve ısı transferine engel olacak yapıya sahip olmalıdır. Güneş ışığı etkisi altında kalan tanklarda ışıınım ile ısı transferi önemlidir. Bunu minimize etmek için açık renkli veya yansıtıcı bir dış yüzeyle izolasyon yapılmalıdır. Toprak altına gömülen tanklar üstlerindeki toprak ağırlığını ve buna ilaveten buldukları yere bağlı olarak (otopark, tenis kortu, helikopter pisti vb.) üstlerinde oluşabilecek ağırlıkları taşıyabilecek mukavemet değerlerine uygun imal edilmelidir. Kısmî veya tam olarak toprağa gömülmüş tanklar boşaltıldıkları takdirde doğabilecek yer altı sularının hidrostatik basıncına dayanıklı olmalıdır.

Depolama tanklarının şekli genellikle prizmatik veya silindriktir. Soğuk su depoları veya dökümlü buzlu depolarda tank geometrisi depodan geri kazanılacak kullanılabilir soğu miktarını önemli ölçüde etkiler. Soğu depolama tankları genellikle çelik, beton, fiberglas veya plastikten imal edilirler.

2.2.2.5.1 Çelik Tanklar

Çok farklı boyutlarda değişik geometrilerde çelik tank üretilebilir. Uygulamada küçük tankların (9-90 m³) kaynaklı galvaniz çelik saçtan üretildikleri, daha büyük (200 m³'e kadar) tanklarda ise silindirik geometrinin kullanıldığı görülmektedir.

Zeminde yükselen büyük çelik tanklarda, genellikle iç ve dış korozyon koruması, dış yalıtım ve sundurma yer alır. Zeminde yer alan silindirik tanklar ise çoğunlukla bir beton kaide üzerine konurlar. Korozyona karşı içten korumada genellikle epoksi kaplama kullanılır. Toprak altına gömülü tanklarda ise çoğunlukla katodik koruma tercih edilmektedir.

2.2.2.5.2 Beton Tanklar

Beton tanklar önceden imal edilmiş olabilecekleri gibi yerinde de imal edilebilirler. Ülkemizde ticari anlamda bu amaca yönelik bir imalat söz konusu olmadığından, tankın imalinin betonun yerinde dökülmesi ile yapılması tercih edilecek yöntem olarak gözükmektedir. Bu tanklardaki en önemli sorun oluşabilecek muhtemel bir sızıntıdır; beton tankın iç yalıtımında bu konuya çok dikkat edilmelidir. Mümkünse tank birkaç bölmeden oluşmalı; bakım esnasında veya herhangi bir sızıntı söz konusu olduğunda tankın tamamını

boşaltmaya gerek kalmamalıdır.

2.2.2.5.3 Plastik Tanklar

Uygulamada kullanılabilecek bir diğer tank çeşidi de plastik tanklardır. Yurt dışında, modüler birimler şeklinde üretilmiş her türlü kapasiteye uygun tank bulunmaktadır. Bina dışına yerleştirilen plastik tanklarda güneş ışığına karşı ultraviyole koruma veya opak kaplama gerekmektedir.

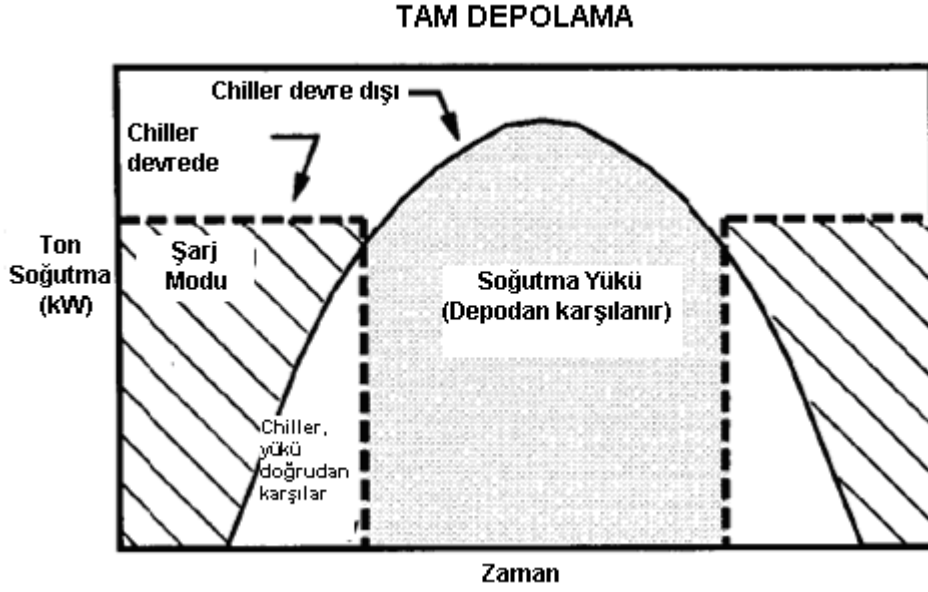
Tanklar, plastik yerine fiberglastan da imal edilebilirler. Aranılan ortak özellik ise, diğer tanklarda olduğu gibi, mukavemet, korozyon direnci ve iklim koşullarına dayanıklılıktır.

1.3 İşletme Tekniklerine Göre Soğu Depolama Sistemleri

Soğu depolama sistemleri tasarımında, “tam depolama” ve “kısmî depolama” olmak üzere iki farklı işletme tekniği vardır.

1.3.1 Tam Depolama

Binanın pik saatlerdeki soğutma yükünün (maksimum yükün) tamamının soğu deposundan karşılandığı tekniktir. Su soğutma grubu, en yüksek soğutma yükünün bu olduğu saatlerde çalışmamakta; günün diğer saatlerinde ise depolama malzemesini soğutmak ve/veya doğrudan binanın soğutma yükünü karşılamak için tam kapasitede çalışmaktadır. Görüldüğü gibi, su soğutma grubunun gün içinde sürekli bir şekilde çalışması söz konusu değildir; bundan dolayı, su soğutma grubunun binanın bütün yüküne cevap verebilmesi açısından yüksek kapasiteli olması ve aynı sebepten ötürü depo hacminin de büyük olması gerekir. Tam depolama, binanın pik saatlerdeki yükünün kısa bir süre için geçerli olması durumunda tercih edilen bir yöntemdir. Sistem kontrolü açısından tam depolama, kısmî depolamaya göre daha basit bir şekilde kontrol edilebilir. Tam depolama tekniğinin kullanıldığı bir işletme durumu Şekil-2.11’dedir.



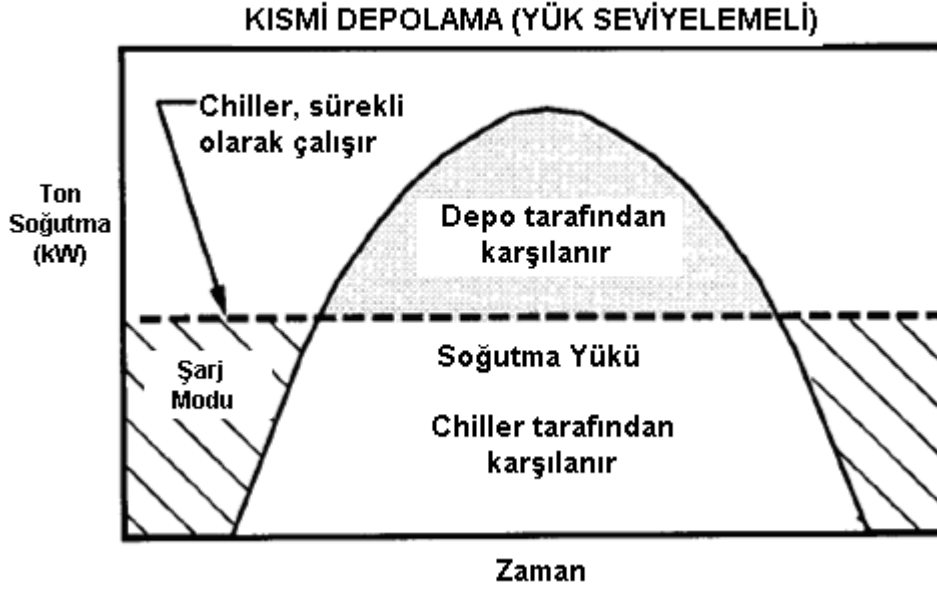
Şekil 2.11 Tam depolama (TES for Space Cooling, 2006)

1.3.2 Kısmî Depolama

Gün içinde, binanın soğutma yükünün bir kısmı depodan, bir kısmı ise su soğutma grubundan karşılanır. Kısmî depolamanın iki farklı tipi vardır:

1.3.2.1 Yük Seviyelemeli (Load Leveling) Kısmî Depolama

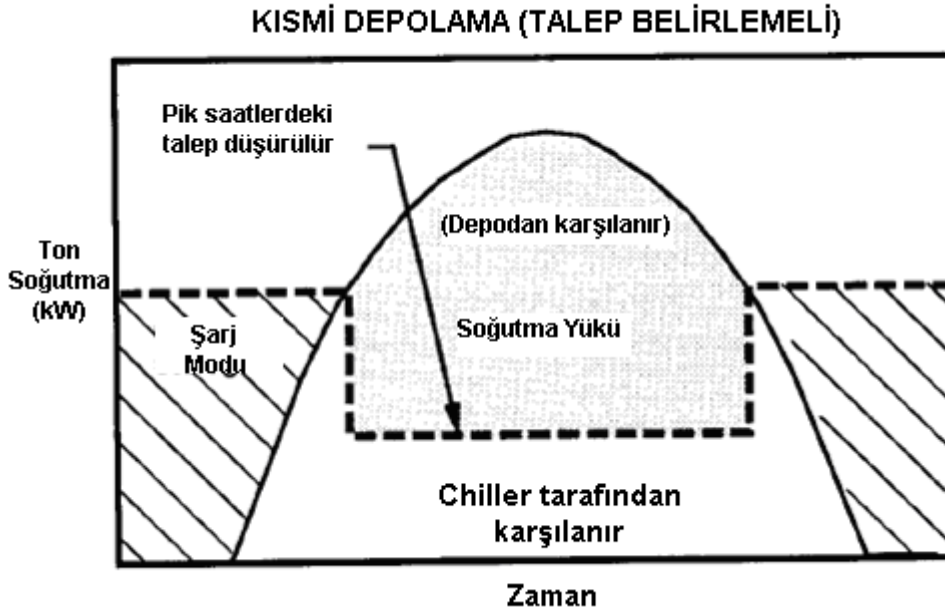
Bu tipte, binanın soğutma yükünü asıl karşılayan eleman su soğutma grubudur. Su soğutma grubu, 24 saat boyunca tam kapasite ile çalışır. Eğer, binanın soğutma ihtiyacı su soğutma grubu kapasitesinden daha düşük bir miktarda olursa su soğutma grubu bu süre boyunca artan kapasitesini depolama için kullanır. Depo ise, binanın soğutma yükünün su soğutma grubu kapasitesini aştığı vakitlerde devreye girer, diğer vakitlerde binanın soğutulmasına etki etmez. Yani, bu teknikte depolama aslında bir nevi “yedekleme” amaçlıdır ve yalnızca gerekli hallerde kullanılmaktadır. Yük seviyelemeli kısmî depolama, depo büyüklüğünü düşüren ve binadaki maksimum soğutma yükünün ortalama yükten daha uzun bir süre hâkim olduğu durumda kullanılan bir tipte bir uygulamadır.



Şekil 2.12 Yük seviyelemeli kısmî depolama (TES for Space Cooling, 2006)

1.3.2.2 Talep Belirlemeli (Demand Limiting) Kısmî Depolama

Bu tipte, binanın soğutma yükünü asıl karşılayan eleman depodur. Su soğutma grubunun binanın soğutulmasına yaptığı katkı, binanın yüküne göre depodan talep edilen soğutma ihtiyacına göre belirlenmektedir. Su soğutma grubunun devreye girişi ve devreden çıkışı, kontrol sistemi sayesinde gerçekleştirilir.



Şekil 2.13 Talep belirlemeli kısmî depolama (TES for Space Cooling, 2006)

1.3.3 Uygulamaya Göre Değişken Depolama

Bazı binalarda belli bir soğutma ihtiyacı bütün gün boyunca devam edebilir. Bu tür binalarda, birden fazla su soğutma grubu kullanılması gibi farklı alternatif uygulamalar yapılabilirler. Mesela, iki adet su soğutma grubunun kullanıldığı bir bina farz edelim. Büyük kapasiteli olan su soğutma grubu, bütün gün boyunca binadaki belli bir soğutma ihtiyacını karşılamak üzere çalışır durumda iken küçük olan su soğutma grubu belirlenmiş soğutma yükü değeri aşıldığında devreye girer. Bir diğer alternatif uygulama ise gündüz saatlerindeki soğutma yükü için ayrı, gece saatlerindeki soğutma yükü için ayrı su soğutma grubu kullanmak şeklinde olabilir.

Burada, depolama tipini belirleyen esas kriter, binadaki azami soğutma yükünün miktarı ve bu yükün oluşma süresidir. Binada, maksimum soğutma yükü gün içerisinde bazı saatlerde oluşuyorsa depolama günlük olarak planlanır ve depolanan termal enerji yine günlük olarak harcanır. Maksimum soğutma yükü, gün içinde değil de haftanın belli günlerinde oluşuyorsa bu durumda depolama haftalık olarak planlanır. Haftalık planlamada, işletme maliyetinin depolama ve su soğutma grubu için mukayeseli olarak hesaplanması gereklidir; çünkü, depolamanın mı yoksa su soğutma grubunun mu kullanılacağı işletme maliyetini ciddi manada etkilemektedir.

Depolama tipini belirlemede bir diğer belirleyici unsur, uygulamanın yapılacağı binanın kullanım amacıdır. Soğutma ihtiyacı, spor salonu, sinema veya eğlence merkezi gibi yerlerde hafta sonu, büro ve banka gibi yerlerde ise hafta içi maksimum seviyededir. Soğutma yükünü en az maliyetle karşılamak için seçim yapılırken bu hususlara dikkat edilmelidir.

1.3.4 Soğu Depolamada Öncelik Belirleme

Soğu depolamada soğutma ihtiyacı, depo veya su soğutma grubu öncelikli olarak karşılanabilmektedir.

1.3.4.1 Su Soğutma Grubu (Chiller) Öncelikli Soğu Depolama

Su soğutma grubu öncelikli bir sistemde, binadaki soğutma yükü su soğutma grubu kapasitesini aştığı zaman dönüş suyu sıcaklığı (DSS) olması gereken değerden daha büyük olur. DSS'nin olması gereken değere düşürülebilmesi için, depo önüne konulan sıcaklık sensörü devreye girer; ya DSS'nin bir kısmını depodan geçirmek için pompaları çalıştırır veya karışım vanalarını açar. Bu sayede, su soğutma grubu kapasitesini aşan yük depo tarafından karşılanmış olur.

1.3.4.2 Depo Öncelikli Soğu Depolama

Depo öncelikli bir sistemde, depolanan termal enerjinin maksimum olması istenir. Kontrol mekanizmaları bunu sağlayacak şekilde tasarlanırlar. Binanın soğutma ihtiyacı ilk planda depodan karşılandığı için, daha büyük bir soğutma ihtiyacı doğduğunda deponun bu yükü karşılamak için nasıl davranacağı, su soğutma grubunun nasıl devreye gireceği kontrol mekanizmalarında belirlenir.

1.4 Buz Depolama Sistemi ile Termal Enerji Depolama

Termal enerji depolama uygulamalarında buz, yüksek depolama kapasitesi dolayısıyla tercih edilen bir depolama malzemesidir. Sudan ve ötektik tuzlardan daha yüksek depolama kapasitesine sahip olması ve dolayısıyla daha düşük bir depolama alanı gerektirmesi önemli bir özelliğidir.

Buz depolamalı sistemler, ilk olarak süt işleme tesislerinde, kiliselerde ve tiyatrolarda kullanılmışlardır. Bu yerlerde kısa zaman aralıkları için yüksek soğutma yükü gerekir ve daha sonra kullanım dışında soğutmaya ihtiyaç duyulmaz veya çok az duyulur.

Buz depolamalı sistemlerin kullanılmasındaki öncelikli amaç, enerji maliyetini ve ilk yatırım maliyetini düşürmektir. Bu amaçla kurulan ilk kuşak sistemler karmaşık olmayan, özel soğutma ünitelerine ihtiyaç duyan ve enerji açısından fazla etkin olmayan sistemlerdir.

1970'lerde yaşanan enerji krizinden sonra soğu depolama daha çok ilgi çekmiş ve bu dönemde kurulan tesislerin büyük çoğunluğunda depolama ortamı olarak su kullanılmıştır. Fakat buz depolamalı sistemlerde yapılan iyileştirmeler, buz depolamalı sistemlerin yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Günümüzde buzlu sistemlerin sayısı sulu sistemlerden daha fazla olmakla birlikte toplam kapasite dikkate alındığında sulu sistemlerin bir üstünlüğü söz konusudur.

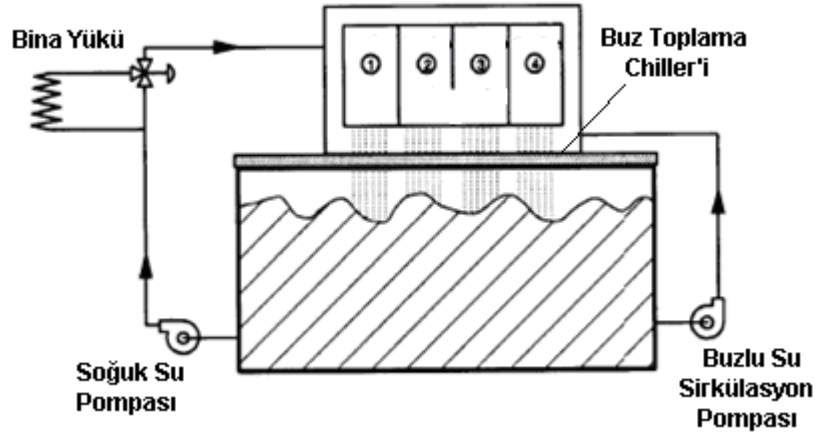
Depolama hacmi, tam şarj olmuş bir depoda buz miktarının su miktarına oranına bağlıdır. Kullanılan buz depolama tekniğine bağlı olmakla birlikte, depo hacmi 0.02 ile 0.03 m³/kWh arasında değişmektedir. (Yılmaz, 1997)

Buzlu sistemlerde, su ile birlikte buz depolandığı için depo sıcaklığı yaklaşık olarak 0 °C'dir. Buz elde etmek için soğutma sistemi, -3 ila -9 °C arasında değişen sıcaklıklarda bir akışkanı soğutmak zorundadır. Bu akışkan, ayrı bir soğutucu akışkan olabileceği gibi %25-30 oranında etilen glikol-su karışımı da olabilir. Konvansiyonel sistemlerle iklimlendirmede kullanılan

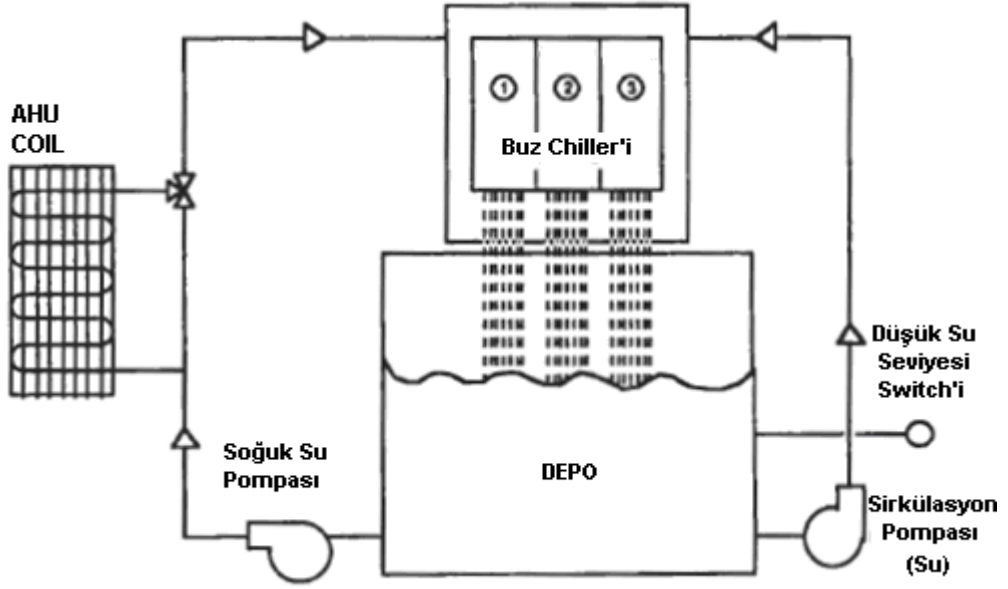
soğutma makinalarının çalışma sıcaklıkları yaklaşık olarak 6 ila 12 °C arasında değişir; bu sebeple buz depolama için ayrıca bir soğutma makinasına ihtiyaç vardır. Buz depolamalı sistemler statik ve dinamik sistemler olmak üzere genelde iki gruba ayrılırlar. Statik sistemlerde, su dolu bir tank içerisine daldırılmış serpantinlerin üzerinde ve etrafında buz oluşur. Dinamik sistemlerde ise değişik usullerle oluşturulan buz parçacıkları bir depoya gönderilerek, orada saklanır.

1.4.1 Buz Toplama İle Depolama

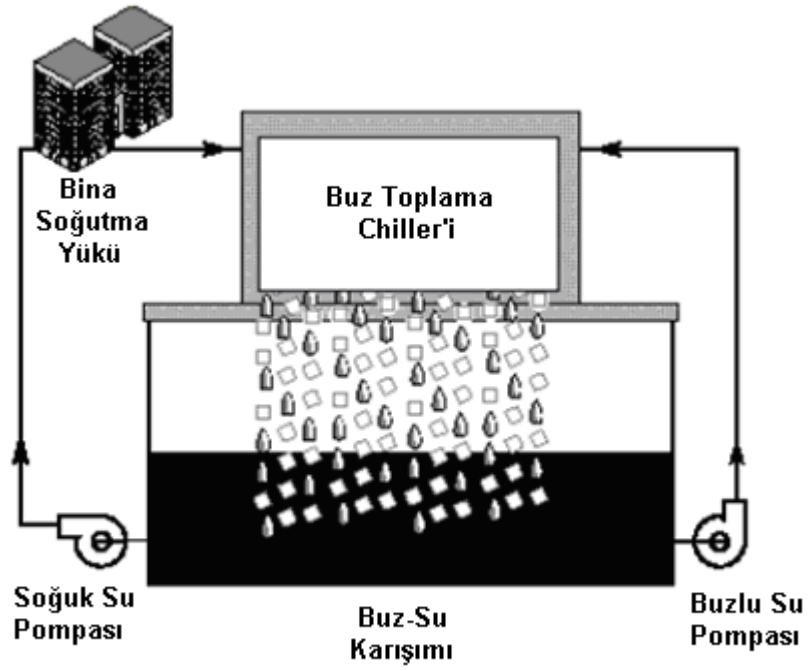
Bu tür sistemler, özel olarak tasarlanmış plakalı veya serpantinli bir evaporatör ile evaporatör yüzeyinden düşen buz ve soğuk su karışımını barındırmak için evaporatör altına yerleştirilmiş bir depolama tankından oluşur. Soğutma makinasından gelen soğutucu akışkan düz, düşey buharlaştırıcı levhalar içerisinden geçer ve bu sırada levhaların üzerine düşük basınçta pompalanan su bu levhalar üzerinde buz haline dönüşür. 0 °C sıcaklığındaki su, evaporatörün dış yüzeyine, bir sirkülasyon pompası vasıtasıyla 0,144 cm³/W.s ila 0,215 cm³/W.s debileri arasında gönderilir (Sebzali, 2007). Levhalar üzerinde belirli bir kalınlıkta (8-10 mm) buz oluştuktan sonra, evaporatörden geçirilen sıcak soğutucu akışkan yardımıyla evaporatör yüzeyi yaklaşık 5 °C sıcaklığına ulaşır ve buz evaporatörün altına yerleştirilen su deposunun içerisine düşer (Sebzali, 2007). Bu tankın altından alınan soğuk su iklimlendirilecek ortama gönderilir. Bu işlem periyodik olarak devam eder. (Şekil 2.14)



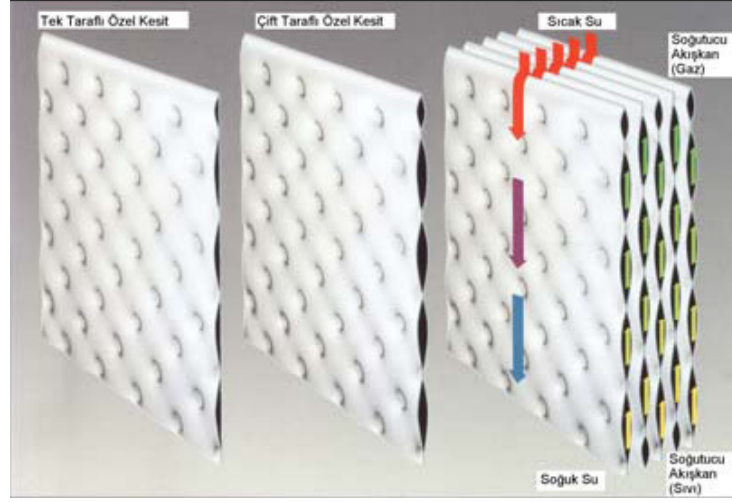
Şekil 2.14 Buz toplama sistemi (TES for Space Cooling, 2006)



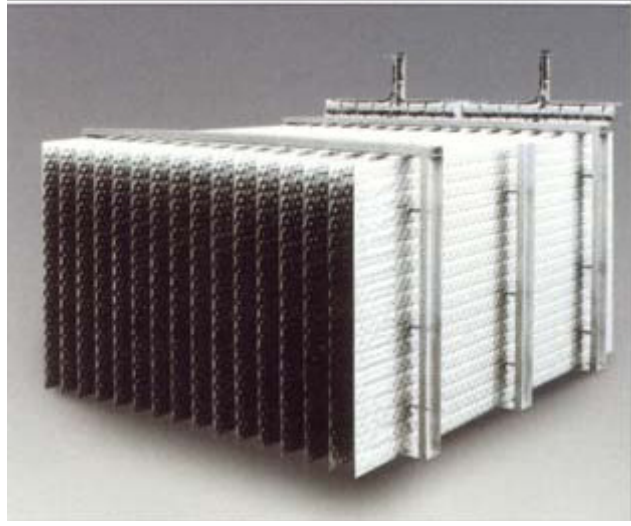
Şekil 2.15 Buz toplama sistemi (Optimal Control Of Harvesting Ice TES, 1988)



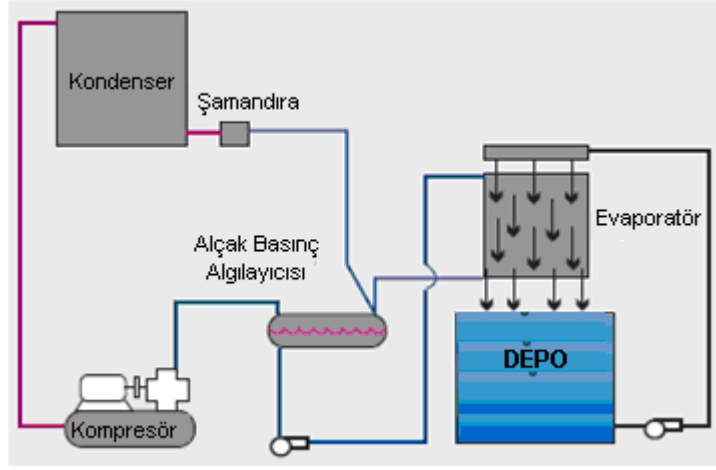
Şekil 2.16 Buz toplama sistemi (TES for Space Cooling, 2006)



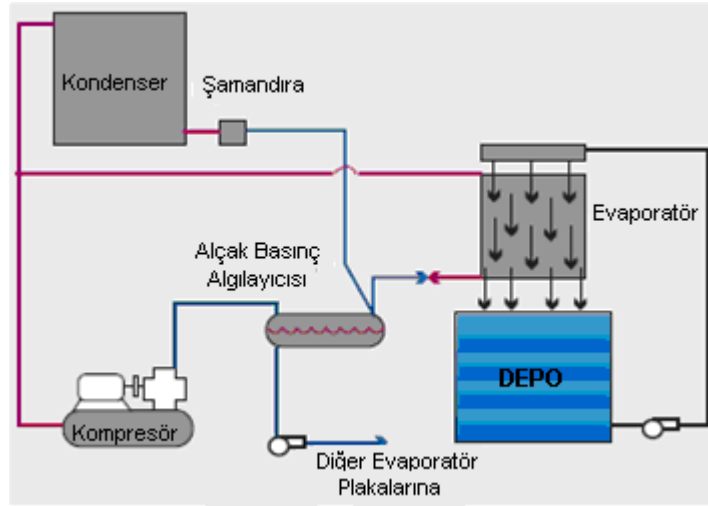
Şekil 2.17 Buz toplama makinalarında kullanılan özel plakalar (Frigo Soğutma)



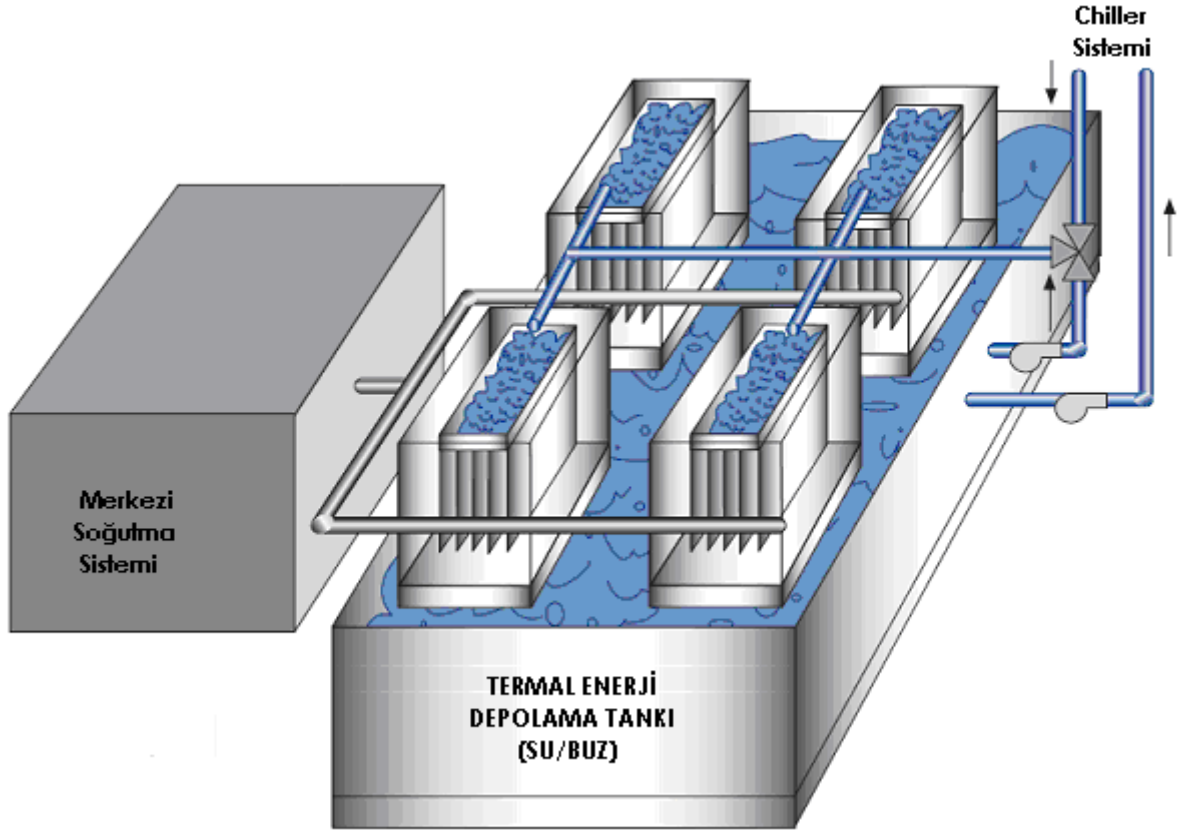
Şekil 2.18 Buz toplama makinalarında kullanılan özel plakalar (Frigo Soğutma)



Şekil 2.19 Buz toplama sistemi “Buz Soğutma” modu (Paul Mueller Company)



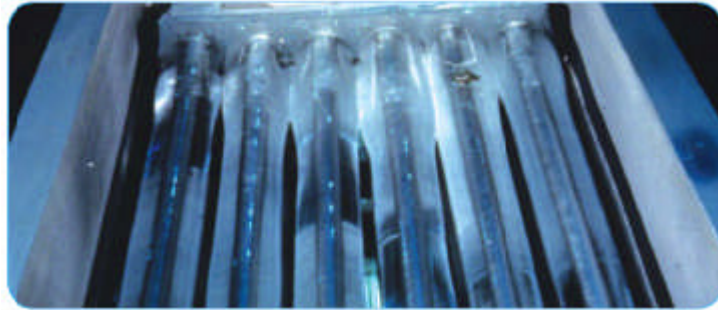
Şekil 2.20 Buz toplama sistemi “Buz Toplama” modu (Paul Mueller Company)



Şekil 2.21 Buz toplama sistemi merkezi soğutma ünitesi (Paul Mueller Company)

1.4.2 Serpantin Üzerinde Buz ile Depolama

İki farklı uygulaması vardır.

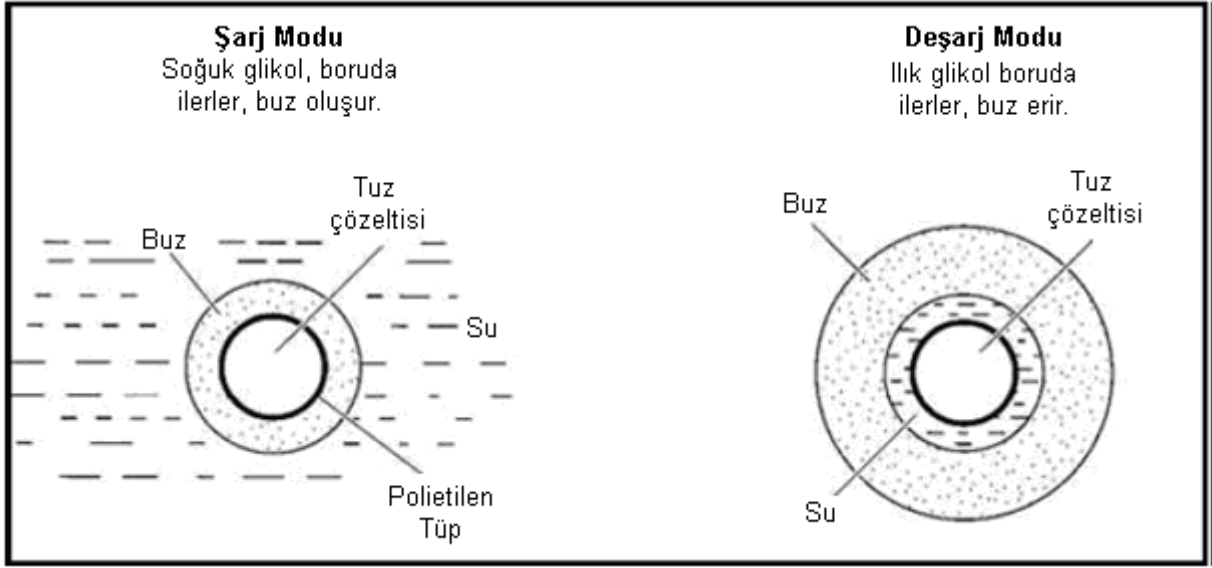


Şekil 2.22 Serpantin dış yüzeyinde buz oluşumu (Sebzali, 2007)

1.4.2.1 İçten Eritmeli Sistem

Bu türde, su ile doldurulmuş bir deponun içerisine serpantin yerleştirilerek bu serpantin içerisinden soğutucu akışkan geçirilir. Böylece, serpantin üzerinde buz oluşması sağlanır ve gizli enerji depolanmış olur. İklimlendirilecek ortamdan dönen sıcaklığı yükselmiş su, oluşan

buz tabakasının üzerine gönderilir ve buz erir; çevrim bu şekilde sürdürülür. (Şekil 2.23)



Şekil 2.23 İçten eritmeli sistem (Sebzali, 2007)

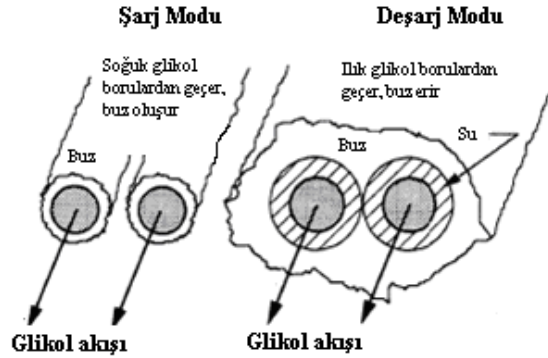


Şekil 2.24 İçten eritmeli sistem için modüler depolama tankı (Calmac)

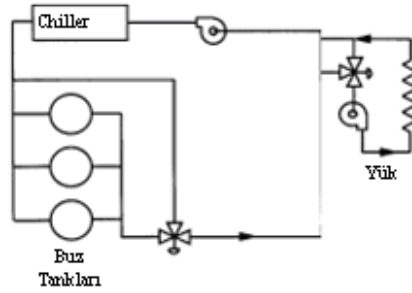
1.4.2.2 Dıştan Eritmeli Sistem

İkinci bir uygulama yönteminde ise boru içerisinde bir soğutma ünitesinin buharlaştırıcısında (evaporatör) soğutulmuş akışkan geçirilir. Böylece, boru yüzeyinde buz oluşturularak soğuk gizli enerjisi depolanır. Soğunun geri kazanım periyodunda ise bu kez

suyun erime sıcaklığından daha yüksek değere sahip ikinci akışkan boru içinden sirküle ettirilerek, boru dış çeperinde oluşan buzun erimesi sağlanır. Bu çevrim sayesinde iklimlendirme sağlanır. (Şekil 2.25)



Şekil 2.25 Dıştan eritmeli sistem (TES for Space Cooling, 2006)

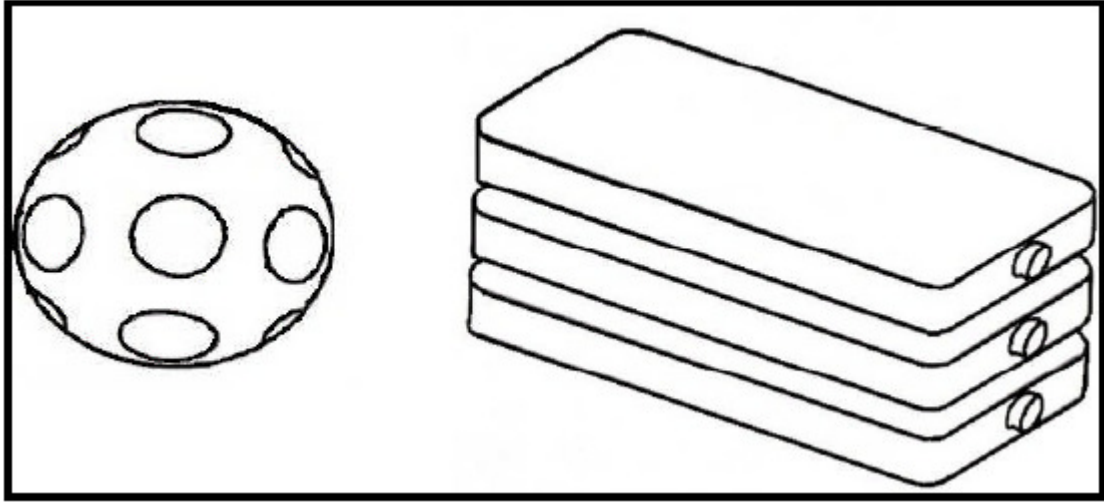


Şekil 2.26 İçten eritmeli sistem çevrimi (TES for Space Cooling, 2006)

1.4.2.3 Kapsüllenmiş Buz ile Depolama

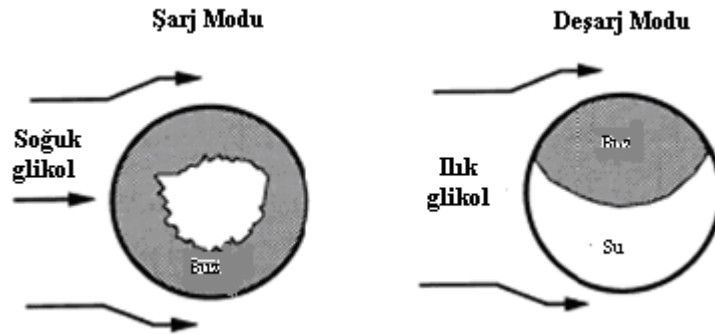
Bu sistemlerde iyonize edilmiş su ve buz çekirdeklendirici içeren plastik kapsüller kullanılır. Kullanılan kapsüller yüksek yoğunluklu polietilenden (HDPE-High Density Poly Ethylene) yapılmış olup, buz oluşumu esnasında genişmeden doğabilecek gerilmelere karşı dayanıklıdır. Standart olarak, silindirik ya da dikdörtgenler prizması şeklinde satılanları mevcuttur. Kapsüllerin boyutları depolayabilecekleri enerji miktarı açısından önem taşır. ABD’de çoğunlukla 0,017 ila 0,0042 m³ arasındaki kapasitelerde prizmatik konteynırlar kullanılmaktadır ve 100 mm çaplı dairesel kapsüller mevcuttur (Sebzali, 2007). Avrupa’da ise 75 ila 95 mm aralığındaki çaplarda dairesel kapsüller kullanılmaktadır (Dorgan, 1994). Kapsüllerin içindeki iyonsuzlaştırılmış suyun içersine katılmayı hızlandırmak amacıyla bazı katkı maddeleri de eklenir. Çoğunlukla standart olarak imal edilen bu kapsüller bir soğu depolama tankına mümkün olduğunca düzenli bir şekilde yerleştirilir. Şarj süresince bir

soğutucu üniteye soğutulan glikol-su karışımı (-3 ila 6 °C) bu soğu depolama tankı içerisine yerleştirilmiş plastik kapsüllerin üzerinden geçirilerek kapsüllerin içerisinde buz oluşumu gerçekleştirilir.



Şekil 2.27 Bir kapsüllenmiş buz konteynırı örneği (Sebzali, 2007)

İklmlendirilen ortamdaki dönen glikol-su karışımı kapsüllerin üzerine gönderilerek buzun erimesi sağlanır, böylece deşarj olayı gerçekleştirilmiş olur. Şarj ve deşarj işlemi Şekil 2.28’de gösterilmiştir.



Şekil 2.28 Kapsüllenmiş buz ile depolamada şarj ve deşarj (TES for Space Cooling, 2006)

BUZ DEPOLAMA SİSTEMİ İLE BİR TERMAL ENERJİ DEPOLAMA UYGULAMASI

İncelenen bina İstanbul Ümraniye'de yer alan bir iş merkezi binası olup 3 bodrum, zemin, 9 ve 11 normal katlı iki kule ve çekirdekte bulunan kazan dairesi katı ve teras katından oluşmaktadır (bkz. Ek 10). Binanın yaklaşık büyüklüğü 34.000 m² olup ana giriş zemin kattandır. 9 ve 11 katlı iki kulede açık ofisler, zemin katta bina ana girişi, açık ofisler ve banka şubesi, 1. bodrum katta mutfak, yemekhane, kafeterya, konferans salonu, eğitim odaları ve arşiv, 2. bodrum katta otopark, 3. bodrum katta ise otopark, su depoları ve hidrofor dairesi bulunmaktadır.

Kazan dairesi çekirdekte, 12. kattadır. Tüm dış duvarlar 5 cm EPS, toprak temaslı duvarlar 3 cm XPS, çıkımlar 5 cm EPS, ısıtılmayan ortama bitişik döşemeler 2 cm EPS, teras tavan ise 3 cm roofmate ile izole edilmiştir. Bütün dış pencereler alüminyum çerçeveli olup 12 mm boşluklu reflekte çift camlıdır. Bu ve benzeri değerler esas alınarak hesaplanan çeşitli bina elemanlarına ait U ve R değerleri Çizelge 3.1'de yer almaktadır. U ve R değerlerinin hesap akışı Ekler bölümünde bulunmaktadır (bkz. Ek 7).

Çizelge 3.1 Bina elemanlarının U ve R değerleri

BÖLÜM	U (K) [W/m ² K]	R (L) [m ² K/W]
P1	3	-
P2	5,9	-
P3	2	-
D1	0,68	1,31
D2	0,62	1,45
D3	0,64	1,4
D4	0,57	1,59
D4	0,61	1,48
D5	0,75	1,2
D6	0,78	1,15
D7	2,38	0,16
D8	2,5	0,14
D9	1,79	0,3
D10	2,04	0,23
Dö1	1,05	0,61
Dö2	0,64	1,36
T1	1,11	0,78
T2	2,7	0,11

Binanın tamamı ısıtılmakta, havalandırılmakta ve klimatize edilmektedir. Isı kayıpları kesintili işletme rejimine göre düşünülmüştür. Ofis ve benzeri kısımların 08.00-19.00, yemekhanenin ise 12.00-14.00 saatlerinde kullanımda olduğu (bkz. Ek 2) düşünülerek ısı kazancı hesapları, Carrier E20-II Hourly Analysis Program ile yapılmıştır.

Bina genel olarak 4 borulu fan-coil (bkz. Ek 8) ile soğutulacaktır. 2 adet hava soğutmalı su soğutma grubu (bkz. Ek 4), kazan dairesi üzerindeki terasa yerleştirilmiştir; pompaları ise kazan dairesindedir. Katlardaki ofisleri ayrı ayrı değerlendirmek üzere kata ayrılan fan-coil ve santral hatlarına kalorimetre konulmuştur. Mahallerdeki kişi sayılarına göre taze hava debileri belirlenmiştir.

Santral seçimlerinde de mahallerin kullanım amaçları göz önüne alınmıştır (bkz. Ek 1, Ek 6). Katlardaki ıslak mahallerden ve otoparktan cebri egzost yapılmaktadır. Ayrıca yangın durumunda dumanı tahliye edebilmek amacıyla yeterli sayıda yangına dayanıklı egzost fanı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, faal olarak kullanılan bu ticari binada soğu depolama sistemi kurulması adına tam olarak doğru hesaplar yapılabilmesi için, uygulamada hangi usuller takip edilmelidir, hangi parametreler dikkate alınmalıdır, hangi hesap yöntemleri kullanılmalıdır vb. gibi soruların cevabı aranacaktır.

1.5 Uygulamaya Giriş

Binanın soğutma yük profili, aydınlatma elemanları, elektrikle çalışan diğer cihazlar, duvarlar, pencereler, çatılar, döşemeler ve insanlardan kaynaklanan gizli ve duyulur ısı yükleri ile güneşten gelen ve havalandırmanın getirdiği ısı yüklerinin dikkate alınmasıyla oluşturulur. Ayrıca, binanın sistem yükünün ilk tespiti için, klima/iklimlendirme sisteminin çalışması neticesinde oluşan ve klima/iklimlendirme sistemi elemanlarının yükleri veya yardımcı sistemin yükleri diye adlandırılacak yükler de binanın toplam soğutma yüküne eklenmelidir. Yardımcı sistem yükü, aşağıdaki elemanlar sebebiyle gerçekleşen ısı kazançlarının oluşturduğu ısı artışı neticesinde oluşur:

- Klima santrallerinin (AHU) motorları
- Su soğutma grubu pompaları
- Havalandırma kanalları
- Borular

Yardımcı sistemlerden kaynaklanan ısı kazançlarının belirleyebilmek için klima/iklimlendirme sisteminin bütün bileşenleri yeterli büyüklükte boyutlandırılmalıdır.

Burada, her bir bileşenin, binanın konvansiyonel sistem, buz depolama sistemi ve soğuk su depolama sistemi yoluyla iklimlendirilmesindeki boyutlandırma usulü ve yardımcı sistemlerin ısı kazançlarından dolayı meydana gelen soğutma yükünün hesaplanması gösterilecektir.

1.6 Sistem Yükünün Hesaplanması

Bu bölümde açıklanmış olan, çeşitli ekipmanların konvansiyonel, buz depolama sistemi ve soğuk su depolama sistemi yoluyla soğutma sistemlerindeki tasarım, boyutlandırma ve seçim prosedürleri, bütün klima/iklimlendirme sistemlerinde kullanılabilir; sadece, su soğutmalı iklimlendirme sistemlerinde, soğutma kulesi ve kondenser pompalarının boyutlandırılması ve seçimi için ilave bazı bilgiler gereklidir.

Prosedürlerin tarif edilebilmesi için, öncelikle binanın soğutma yükü hesaplanmalı ve bu yükün gün içindeki dağılımı belirlenmelidir.

Binanın toplam soğutma yükünün hesaplanmasında, klima sistemlerinin elemanlarından biri olan klima santrali (AHU) fan motorlarının ısı kazançları, motor verimleri, fanların toplam verimleri, hacimsel hava debisi ve fanın toplam basınç kaybı gibi değerler dikkate alınmalıdır. İlk tahmin için, fan motorunun verimi %80, fanın toplam verimi %60 alınabilir. Fan tarafından, kendi içinden geçen havaya yüklenen ısı sonucu hava sıcaklığındaki artış aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

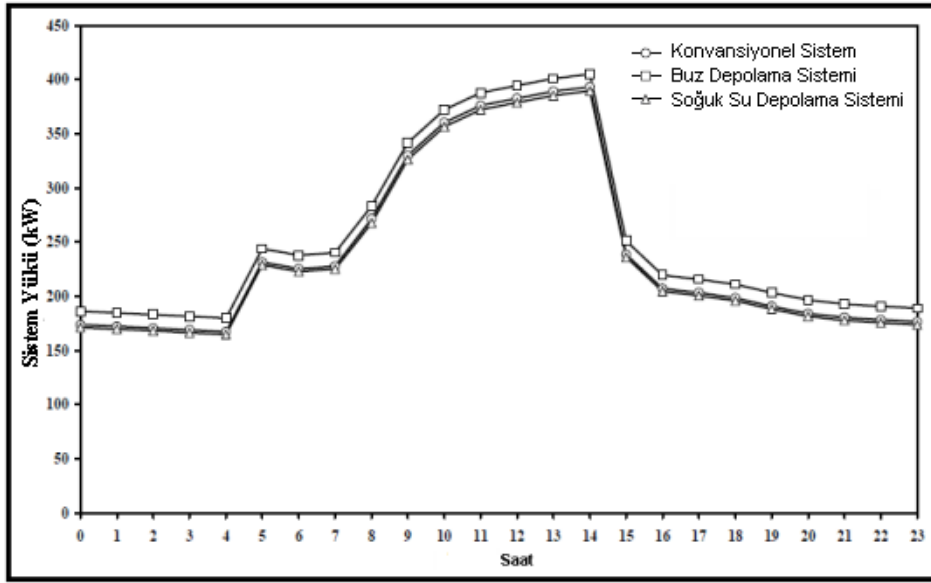
$$t = 0.008p / \eta_F$$

Burada p (mmSS) fan basıncı, η_F ise fan verimidir (Küçükçalı, 2003).

Aynı şekilde, sekonder su soğutma grubu pompalarından kaynaklanan ısı kazançları da toplam soğutma yüküne dâhil edilmelidir. Primer pompalardan kaynaklanan ısı kazançlarının ilk tasarım şartlarında tahmin edilebilmeleri mümkün değildir çünkü henüz ilk tahmin aşamasında bulunduğu için debi miktarları tam olarak belli değildir ve değerleri, binanın pik sistem yükünün bir yüzdesi olarak tahmin edilmişlerdir. Primer pompalardan kaynaklanan ısı kazançlarıyla ilgili miktar, konvansiyonel sistem ve soğuk su depolama sistemi için makul bir tahminle %2, buz depolama sistemi için %6 olarak alınabilir (Buz depolama sisteminde daha

yüksek bir oran alınmasının sebebi, buzun depolandığı tanktaki ekstra basınç düşüştür).

Yine benzer şekilde, 'borulama' (piping) da, sistemin binanın pik sistem yükünün bir yüzdesi olarak tahmin edilir. Borularda meydana gelen ısı kazançları konvansiyonel sistem ve soğuk su depolama sistemi için makul bir tahminle %2, buz depolama sistemi için %3 olarak alınabilir (Buz depolama sisteminde daha yüksek bir oran alınmasının sebebi, sistemde dolaştırılan suyun sıcaklığının düşük olmasıdır) (Maheswari vd., 2003). Şekil 3.1'de konvansiyonel sistem, buz depolama sistemi ve soğuk su depolama sisteminin gösterildiği örnek bir bina sistem yükü profili gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Örnek bir 'Bina Sistem Yükü Profili' (Ağustos ayı için)

Şekil 3.1'de gösterilen buz ve soğuk su depolama sistemlerinin yük profilleri, 'tam depolama' tekniğine göre elde edilmiştir. Bu profiller, bütün işletme tekniklerine göre binanın soğutma yükü profilleri aynı olduğu sürece (soğutma yükü profilleri arasındaki tek fark primer pompalardan kaynaklanan ısı kazançlarında ise), yük seviyelemeli ve %50 talep belirlemeli kısmî ve tam depolama sistemlerinde su soğutma grubu ve deponun kapasitelerinin belirlenmesi için geçerli kabul edilebilirler.

Şekil 3.1'de görüldüğü üzere, konvansiyonel sistem, soğuk su ve buz depolama sistemlerine ait profiller birbirinden biraz farklıdır. Bu durum, primer pompaların ve boruların ısı kazançlarını hesaplamak için yapılan kabuller ve sekonder pompalar için yapılan tahminlerden dolayı oluşmaktadır. Ayrıca, şekle göre buz depolama sistemi, diğer iki sistemden daha yüksek bir yüke sahiptir; bunun sebebi ise, yukarıda bahsi geçen ısı kazançları için yapılan tahminler ve borularda oluşan ilave ısı kazançlarıdır. Şekille ilgili bir diğer husus

da, her üç profil için maksimum soğutma yükünün saat 14.00'te oluşmasıdır.

Binanın soğutma sistemine yardımcı sistemlerinden kaynaklanan ve belli kabuller yapılarak tespit edilen ısı kazançlarının kullanılmasıyla oluşturulan Şekil 3.1'deki yük profilleri, bu ısı kazançlarının detaylı olarak hesaplanması sonucu bulunan değerlerle karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırmanın amacı, pik soğutma yükünün ve binanın toplam sistem yükünün şekildeki değerlerden yüksek olup olmadığının sağlanmasını yapmaktır. Düşük çıkarsa, farklı varsayımlar kullanılarak yardımcı sistemlerden kaynaklanan ısı kazançları yeniden hesaplanır.

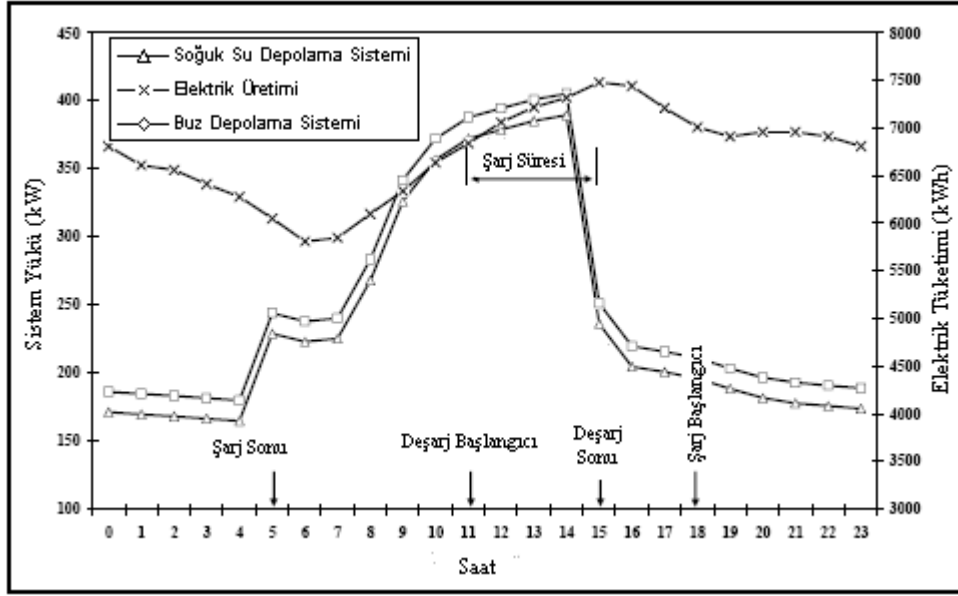
1.7 İşletme Teknikleri

Buz depolama sistemlerinde işletme tekniğinin, su soğutma grubu ve depo kapasitesinin tespitinde önemli bir etkisi vardır. Bu etki, aynı zamanda ilk yatırım maliyetlerinde de geçerlidir. Ayrıca, su soğutma gruplarının enerji tüketimleri de, büyük ölçüde sistemin işletme tekniğine bağlı olarak değişmektedir (Simmonds, 1994). Uygulanabilecek farklı işletme teknikleri Bölüm 2.3'te incelenmişti. (bkz. Sayfa 22)

1.8 Şarj ve Deşarj Saatleri

Şarj ve deşarj vakitlerinin seçimi, elektrik birim fiyatlarının ucuz olduğu saatler göz önüne alınarak yapılır. Elektrik birim fiyatları için gün içinde tek bir fiyat yerine üçlü birim fiyatların kullanıldığı yerlerde birim fiyatın en ucuz olduğu saatler, -ki bu saatler gece saatleridir- şarj modu olarak alınır (Beggs, 1992).

Buz (aynı zamanda, soğuk su vb.) depolama sistemlerinin kullanılma amacı, daha önce de belirtildiği üzere temel olarak binanın pik saatlerdeki elektrik tüketimini azaltmak ve elektrik üretim tesislerinden bu saatlerde daha az elektrik talep edilmesini sağlamaktır. Sistemin hangi saatlerde şarj, hangi saatlerde deşarj modunda çalışacağını belirlemek, bunu sağlayabilmede önemli bir yere sahiptir. Şekil 3.2'de, bir Ağustos ayında şarj ve deşarj sürelerinin gösterildiği örnek bir sistem görülmektedir.



Şekil 3.2 Örnek bir sistemin Ağustos ayı için şarj ve deşarj saatleri

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere, saat 16.00’da sistem yükü azalmıştır. Bunun sebebi, binanın havalandırma yükünün azalmış olmasıdır. Bu azalmanın sebebi de şudur: Bu saat, mesai saatinin bitimine yakın olduğu için, havalandırma santrallerinin (AHU) taze hava damperleri kapatılmakta ve iç ortama taze hava girişi olmamaktadır. Karışım havasıyla havalandırma yapılan binalarda, gereksiz yere maliyet oluşturmamak için, binada çalışan personelin çıkış saatlerine yakın vakitte iç ortama taze hava beslemesi yapılmamakta ve binada iç ortam havası dolaştırılmaktadır. Bunun için de, o saatlerde taze hava damperi kapatılmakta ve havalandırma için artık %100 iç ortam havası kullanılmaktadır. Bu sayede de, dış ortamdan alınacak havanın getireceği duyulur ve gizli ısı yükü olmayacağı için binadaki toplam soğutma yükü azalmış olacaktır. Havalandırmada bir diğer tasarruf yöntemi ise “free cooling” olarak isimlendirilen yöntemdir. Yaz şartlarında, hava sıcaklığının düşük olduğu (binada çalışan personelin mesai saatinin başlamasına yakın) gece saatlerinde havalandırma santralleri %100 taze havalı olacak şekilde çalıştırılır ve soğutma yükü düşürülmüş olur; buna “free cooling” adı verilir. Tekrar Şekil 3.2’ye dönecek olursak, şekle göre deşarj işleminin saat 11.00’da başladığı ve saat 15.00’a kadar devam ettiği görülmektedir. Çünkü, bu saatler arasında hem binanın elektrik tüketimi hem de elektrik üreticilerinden talep edilen elektrik miktarı artmaktadır.

Şarj işlemi ise, binanın kullanılmadığı saatler içinde, mesai saatinin bitiminden itibaren sabah saatlerine kadar olan sürenin bir kısmında veya tamamında yapılabilir. Şarj işleminin süresini uzun tutmak, depoda daha çok soğu depolama yapılabilmesini, dolayısıyla su soğutma grubu

kapasitesinin düşürülmesini temin eder.

1.9 Boyutlandırma

Diğer bütün sistemler gibi, termal enerji depolaması yapılacak sistemlerde de sistem elemanlarının uygun bir şekilde tasarlanması enerji verimliliği açısından çok büyük bir öneme sahiptir. İyi tasarlanmış bir sistem, hem montaj hem işletme hem de bakım maliyetlerini azaltır. Gereğinden az kapasitede seçilen elemanlar, binada istenen iç ortam sıcaklığını, nemi ve hava kalitesini sağlayamazlar. Gereğinden büyük kapasitede seçilen elemanlar ise, gereksiz ilave maliyetler, montaj zorlukları, büyük yerleşim alanına ihtiyaç duyulması ve tam kapasitede çalışmama gibi sebeplerle verim kaybı vb. olumsuzluklar doğururlar.

Bu bölümde, su soğutma grubu, depo, havalandırma santrali ve pompa gibi her bir sistem elemanının boyutlandırılması anlatılacaktır.

1.9.1 Su Soğutma Grubu (Chiller)

Buz depolama sisteminde glikol çözeltisi ile çalışan su soğutma grubu kullanılır.

Seçilen işletme tekniğine göre su soğutma grubu kapasitesi aşağıdaki formülle belirlenebilir (Dorgan, 1994).

$$C_c = \frac{\text{Toplam Sistem Yüğü (kWh)}}{H_{\text{şarj}} CR_{\text{şarj}} + H_{\text{dir}} CR_{\text{dir}}} \quad (3.1)$$

Su soğutma grubu kapasitesi, bazı standart büyüklüklerin yanında kondenser ve evaporatörün çalışma şartlarına göre de değişir. C_c , standart şartların yanında fiilen bu iki şarta bağlı olarak değişkenlik arz eder. Eğer gece saatlerinde depolama tankı hem şarj modunda çalışıyor hem de binanın soğutulması için devrede ise veyahut da gündüz veya gece saatlerinden birinde direkt olarak soğutma için çalışıyorsa (yani, sadece deşarj modunda ise) sadece bu iki şarta bağlı olmuş olur.

3.1 no'lu denklemde su soğutma grubu kapasite oranı (capacity ratio) olan CR, su soğutma grubunun herhangi bir saatte ürettiği soğutma miktarının su soğutma grubunun anma kapasitesine oranı olarak ifade edilmiştir.

Su soğutma grubunda soğuyan su, şarj modunda su soğutma grubunu -3 ila -6 °C arasındaki bir sıcaklıkta terk eder.

Bu durumda CR, 0,6-0,7 arasında bir değerdedir (Sebzali, 2007). Direkt soğutma süresince, su soğutma grubundan çıkış sıcaklığı 5,56 °C civarında ise CR_{dir} 1 değerini almaktadır. $CR_{şarj}$ 0,65, CR_{dir} ise 1 olarak kabul edilebilir. Bu değerlerin seçimi, 100 kW'lık kapasiteli bir su soğutma grubu, şarj modunda 65 kW'lık, direkt soğutmada ise 100 kW'lık soğutma sağlayabilir, anlamına gelmektedir.

Soğuk su depolama sistemlerinde, su soğutma grubundan çıkan suyun sıcaklığı gerek şarj modu, gerek deşarj modu, gerekse de direkt soğutma süresince genellikle 4 ila 6,67 °C arasında bir değerde olmaktadır. Bu sistemlerde, su soğutma grubu (chiller) kapasitesini (C_c) tespit etmek için kullanılan her iki CR değeri ($CR_{şarj}$, CR_{dir}) de 1 alınabilir.

3.1 no'lu denklem, aynı zamanda konvansiyonel sistemler için de su soğutma grubu kapasitesini belirlemede kullanılabilir. Bütün klima sistemleri için su soğutma grubu kapasitesini belirlemede kullanılan 3.1 no'lu denklem sonucu bulunan kapasite, direkt soğutmada gerçekleşen soğutma yünden büyük veya küçük olabilir. Bundan dolayı, denklem iterasyonlarla yeniden çözülmeli ve doğru su soğutma grubu kapasitesi tespit edilmelidir.

1.9.2 Depo

Depolama kapasitesi aşağıdaki formülle hesaplanır (Dorgan, 1994).

$$\text{Depo Kapasitesi} = C_{chil} \cdot H_{char} \cdot CR_{char} - TC_{char} \quad (3.2)$$

Bu denkleme göre depo kapasitesi, su soğutma grubu kapasitesinden şarj modundaki toplam bina soğutma yükünün çıkarılmasıyla elde edilir. Şarj modunda sistem yükü 0 (sıfır) ise bu durumda denklem, 3.3 haline dönüşür.

$$\text{Depo Kapasitesi} = C_{chil} \cdot H_{char} \cdot CR_{char} \quad (3.3)$$

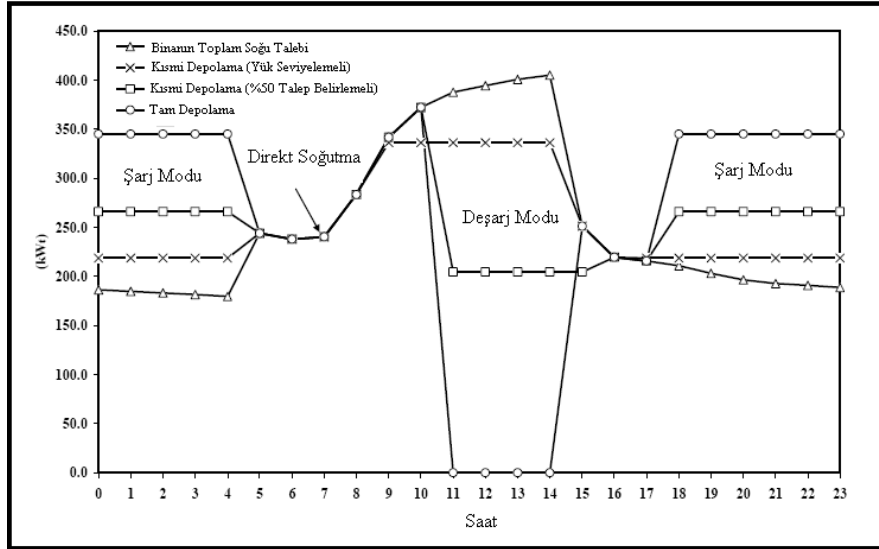
3.2 no'lu denklem sonucu bulunan depo kapasitesi, depolama tankının hacmini belirlemek amacıyla 3.4 no'lu denklemde kullanılır.

$$V = \frac{3600 \cdot \text{DepoKapasitesi}}{\rho \cdot c_p \cdot (T_i - T_0) \cdot YD} \quad (3.4)$$

İyi tasarlanmış bir soğu depolama tankı %90'lık bir YD (Yararlılık Değeri) ile çalışabilir. %90'lık bir YD şu manaya gelir: 100 kWh soğu depolayabilen bir soğu depolama tankından ancak 90 kWh'lik bir soğu elde edilebilir; 10 kWh'lik enerji, tank içindeki karışım etkisinden ve ortamla tank arasında gerçekleşen ısı transferinden dolayı kaybolur. YD, doğru olarak

ancak binayla ilgili alan/saha verileri veya benzer geometriler için yapılmış ölçekli test modelleri kullanılarak belirlenebilir. Bu tür verilerin olmadığı durumda, Dorgan (1994) tarafından YD için 0,85-0,90 arasında bir değer alınabileceği ifade edilmiştir.

Şekil 3.3'te örnek bir buz depolama sisteminde su soğutma grubunun saatlik soğu üretim profili görülmektedir.



Şekil 3.3 Örnek bir buz depolama sisteminde su soğutma grubunun soğu üretimi

Şekil 3.3 şöyle yorumlanabilir: Buz depolama sistemi, yük seviyelemeli kısmî depolama tekniğinde gün boyunca mümkün olduğu kadar tam kapasiteyle çalışır. Su soğutma grubu kapasitesinin bina ihtiyacından yüksek olduğu saatlerde aradaki fark kadar enerji depolama tankına aktarılır; az olduğu saatlerde ise aradaki fark kadar enerji depolama tankından çekilir. %50 talep belirlemeli kısmî depolama tekniğinde su soğutma grubu, şarj modunda binanın soğutma yükünü direkt olarak karşılamak ve aynı anda depoyu şarj etmek için tam kapasiteyle çalışır. Deşarj saatlerinde ise su soğutma grubu %50 kapasiteyle çalışır. Tam depolama tekniğinde su soğutma grubu, şarj modunda yine tam kapasiteyle çalışır; deşarj modunda ise tamamen devre dışı olur, binanın soğutma yükü sadece depodan karşılanır.

1.9.3 Klima Santralleri

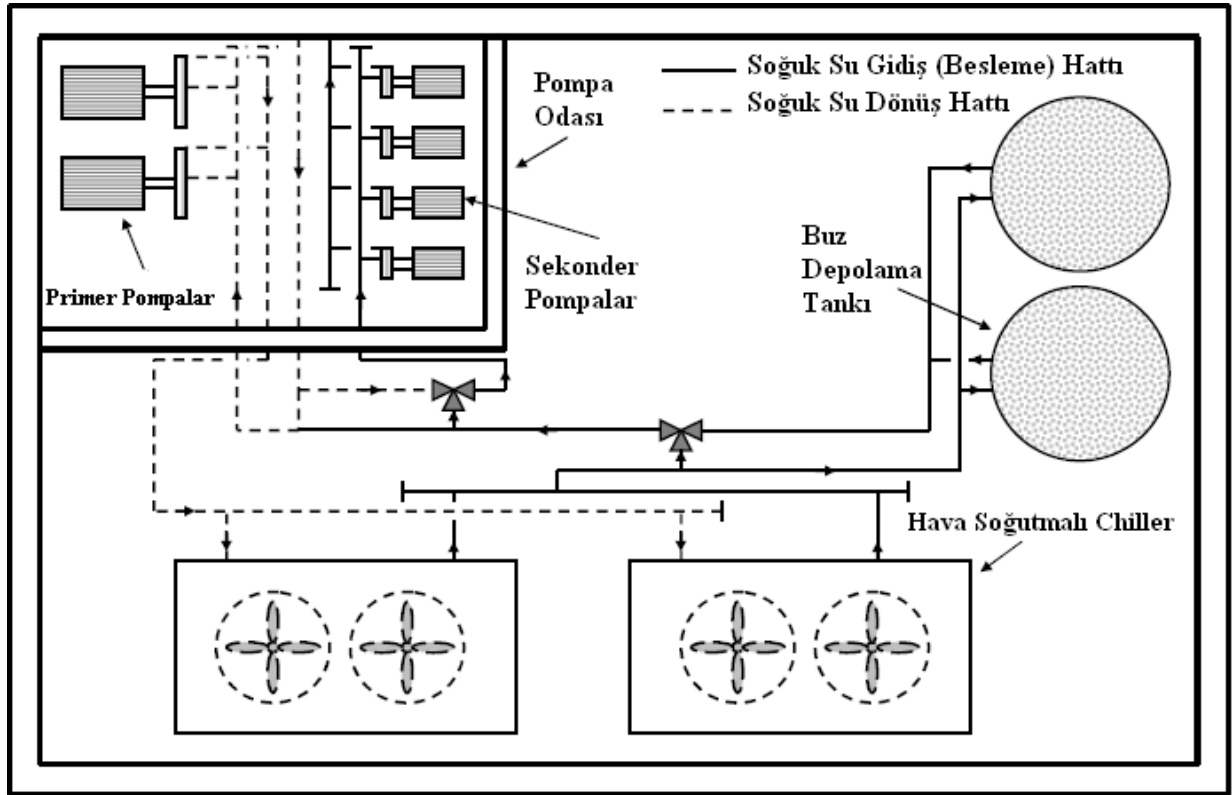
Bir klima santralinin (AHU) boyutları, temel olarak verdiği havanın debisine bağlıdır. Ayrıca, karışım hücresi, filtreler, ısıtıcı serpantin vb. gibi elemanlarda meydana gelen basınç düşüşü ne kadar yüksekse santraldeki fan boyutları da o kadar büyük olacaktır; bu sebeple, soğutucu serpantin kapasitesi de artacaktır. Soğutucu serpantinlerin kapasitesi, binada soğutma yapılan

primer ve sekonder devre tasarımlarına göre yapılmalıdır.

Primer devredeki hacimsel tasarım debisi, su soğutma grubundan geçirilen su debisine eşittir. Sekonder devredeki hacimsel tasarım debisi ise soğutucu serpantin kapasitesinin ve serpantinden geçen suyun sıcaklık farkının tasarım değerlerine göre hesaplanır.

Hacimsel debiyi ve boru çaplarını belirledikten sonra, borulardaki sürtünme kayıplarını bulabilmek için Colebrook denklemi kullanılarak sürtünme katsayısı hesaplanır. Ayrıca, her bir vana tipinin direnç katsayılarını bulmak için bu vanaların sürtünme kayıpları hesaplanmalıdır (Crane, 1988). Hesaplanan bu hacimsel tasarım debileri ve sürtünme kayıplarına göre de, imalatçı firma kataloglarından primer ve sekonder pompa seçimleri yapılır.

Buz depolama sisteminde, primer pompalar deşarj modunda tesisattaki suyu depolama tankına sirküle edebilecek kapasitede olmalıdır. Bunun için Şekil 3.5'te görüldüğü gibi üç yollu vanalar kullanılır. Üç yollu vanaların buradaki işlevi, glikol çözeltisini, tesisattaki suyun sıcaklığını düşürerek binanın soğutma yükünü karşılayabilmek amacıyla buz depolama tankına yönlendirmektir.



Şekil 3.5 Tesisat odasındaki makina ve ekipman yerleşimi

1.9.5 Yardımcı Sistemlerin Isı Kazançları

Bu kısımda, klima santrali (AHU) fan'ları, kanallar ve borular gibi sistem elemanları ele alınacaktır.

1.9.5.1 Klima Santrali Fan'ları

Klima santrallerindeki, besleme ve dönüş fanlarında meydana gelen ısı kazançları, direkt olarak santralden geçen havaya aktarılır. Bu ısı aktarımı, hava kanallarındaki statik basınca, verime ve fanların yerleşimine bağlı olarak değişkenlik arz eder. Verimsiz fan motorlarından kaynaklanan ısı kazancı binadaki pik sistem yükünün %15'ine bile varabilmektedir (Sebzali, 2007). Bu ısı kazançlarını hesaplarken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Fanın tip ve kapasitesine göre verim değerleri. İlgili verim değerleri için, ASHRAE Handbook'ta verilen değerler kullanılabilir. Bazı örnek verim değerleri şöyledir:
 - 0,037-0,56 kW güçteki motora sahip fan'ların verimi %35-%72 arasındadır.
 - 0,75-3,73 kW güçteki motora sahip fan'ların verimi %75-%82 arasındadır.
 - 7,47 kW ve üzerindeki güçteki motora sahip fan'ların verimi %85-%91 arasındadır.
- Fan motoru havayla direkt temasta ve fanın kendisi havayla temasta değilse sadece fan motorunun ısı kazancı dikkate alınmalıdır. Ters durumda ise motorun değil, sadece fan ısı kazançları dikkate alınmalıdır. Her ikisi de havayla direkt temasta olursa, iki elemanın toplam ısı kazancı hesaba dâhil edilmelidir.

Motorun ve fanın her ikisinin de santralde havayla temas halinde olduğu durumda ısı kazançları aşağıdaki formülle hesaplanır (ASHRAE, 2001c):

$$\dot{Q}_m = \frac{\Delta p_a \dot{V}_a F_{um} F_{lm}}{E_m E_f} \quad (3.5)$$

3.5 no'lu denklemde Δp_a , fanın toplam basıncı ve \dot{V}_a , iç ortama verilen havanın hacimsel debisidir. Fan motorunun gücü ise, hacimsel debinin (\dot{V}_a) fanın toplam verim değeri olan E_f 'ye bölümüdür. Fanın toplam basıncı olan Δp_a , santralde meydana gelen basınç kaybıyla santralden sonraki elemanlarda (hava kanalı vs.) oluşan basınç kayıplarının toplamıdır. Hava kanallarındaki basınç kaybı, kanalların yerleşimine ve hava hızına bağlı olarak değişir. Santral içindeki serpantin, filtreler ve karışım hücresi gibi elemanların basınç düşüşleri çeşitli yazılımlardan veya imalatçı kataloglarından alınabilir. Hacimsel debi 3.6 no'lu denklemle hesaplanabilir.

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{Q}_s}{\rho_c (T_z - T_s)} \quad (3.6)$$

Burada \dot{Q}_s , karışım havasının duyulur ısı kazancı, T_z iç ortam sıcaklığı, T_s ise ortamın kuru termometre sıcaklığıdır. T_s , T_z 'den 8 ila 11 °C daha düşük olup ortalama bir değer olarak, $T_s = T_z - 9,5$ alınabilmektedir (Jones, 1994).

Fanların motor verimleri E_m , imalatçı kataloglarından, fanın toplam verimi E_f ise seçim programından alınır.

1.9.5.2 Pompa Motorları

Bilindiği gibi, merkezi bir soğutma sisteminde pompaların işlevi, su soğutma gruplarından çıkan soğuk suyu borular aracılığıyla klima santrallerine göndermek ve bunun ters çevrimini yapmaktır. Bunu gerçekleştirmek için pompada harcanan güçten kaynaklanan ısı kazancı sisteme eklenir. Eklenen bu miktar, pompanın kapasitesi, toplam basma yüksekliği, pompanın verimi ve pompanın yerleşimine göre değişir. 3.5 no'lu denklem pompaların ısı kazancını belirlemek için de kullanılabilir. Bu durumda, denklemdeki \dot{V}_a yerine su soğutma grubundaki suyun hacimsel debisi olan \dot{V}_w ; E_f yerine pompa verimi olan E_p ; Δp_a yerine ise su soğutma grubundan çıkan suyun borularda uğradığı toplam basınç düşüşü olan Δp_w gelir ve denklem aşağıdaki hale dönüşür.

$$\dot{Q}_p = \frac{\Delta p_w \dot{V}_w F_{um} F_{lm}}{E_m E_p} \quad (3.7)$$

3.7 no'lu denklem hem primer hem de sekonder pompalar için kullanılabilir. Tabii olarak, \dot{Q}_p pompa sayısına bağlı olacaktır. Denklemdeki verim değerleri imalatçı kataloglarından alınır. F_{um} ve F_{lm} değerleri ise 1 alınır.

1.9.5.3 Havalandırma Kanalları

Kanallarda meydana gelen ısı kazancı, kanalın bulunduğu ortam havasıyla kanal içindeki havanın sıcaklık farkından kaynaklanır. Kanallardaki gidiş ve dönüş havası (*besleme ve egzost*) sıcaklıklarının yanında hava debileri de ısı kazancında etkilidir. Mesela kanal, çatıda veya sıcak bir asma tavan içindeyse kanaldan olan ısı kazancı duyulur yükün %25'i kadar artabilir (Harris, 1983).

1.10 İyi Bir Tasarım İçin Gerekenler

Bir soğu depolama sisteminin tasarımı, hem sistem ve elemanlarının tanımlanmasını hem de

detaylı hesaplamaları içeren bir süreç neticesinde yapılabilir. Ne kadar detaylı hesaplama yapılırsa o kadar iyi bir tasarım yapılabilmesi mümkün olur. İyi bir soğu depolama tasarımı şu unsurlara bağlıdır:

- Yük profilinin doğru bir şekilde hesaplanması
- Cihaz ve ekipman seçimleri için saatlik işletme profilinin kullanılması
- İşletme tekniğinin ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi
- Sistem performansının takibi için en baştan planlama yapılması
- Emniyet faktörlerinin dikkate alınması

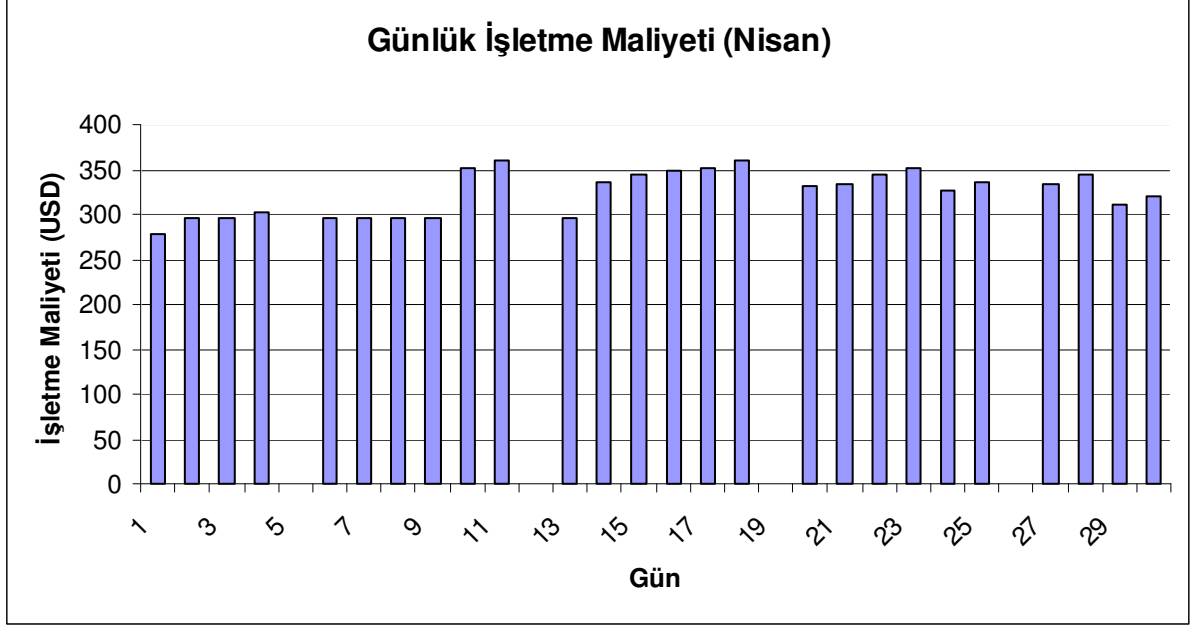
Yük profilinin doğru bir şekilde hesaplanması, tasarım aşamasında en kritik husustur denebilir. Çünkü, depolama kapasitesini belirlemek için toplam soğutma yükü bilinmelidir. Hesaplanan depolama kapasitesinin, ihtiyaç duyulduğu andaki muhtemel bir yeni talebe ne kadar cevap verebileceğini bilmek için binadaki yüklerin zamanla değişimleri önem arz etmektedir. Binanın 24 saatlik soğutma yükü ile ilgili bilgi, şarj ve deşarj modlarını tayininde ve optimum cihaz büyüklüklerinin tespitinde yanlış sonuçlara sebebiyet verilmemesi açısından önemlidir. Eğer, bir soğu depolama sisteminin tasarımında hatalı bir yük profili kullanılıyorsa ileride karşılaşılabilecek sorunun büyüklüğü konvansiyonel sisteme nazaran daha fazla olacaktır. Çünkü, konvansiyonel sistemde, gerçekleşen pik yükler tasarım değerlerinden bir miktar fazla olsa bile -ki bu fazlalık, ortam sıcaklığını kısa bir süre için 1-2 °C arttırır- binada bulunanlar bunu hiç hissetmeyebilirler. Böyle bir durum yılın ancak çok sınırlı sayıda gününde meydana gelebilir; bu günlerde de dış sıcaklıktaki bir düşüş veya binada bulunan insan sayısındaki bir azalma bu sınırlı sıcaklık artışını ortadan kaldıracaktır. Soğu depolama sisteminde ise ilave yükleri karşılayabilme imkanı yok gibidir; zira, soğu depolamada sadece o günün soğutma kapasitesini değil depolama yaparak ertesi günün de kapasitesinin karşılanmasını sağlar. Dolayısıyla, bu tarz bir ilave yük soğu depolama sistemini zorlayacaktır. Netice olarak tekrar diyebiliriz ki, binanın yük profilinin doğru bir şekilde bilinmesi sistem tasarımında en kritik husustur.

1.11 İşletme Maliyetleri

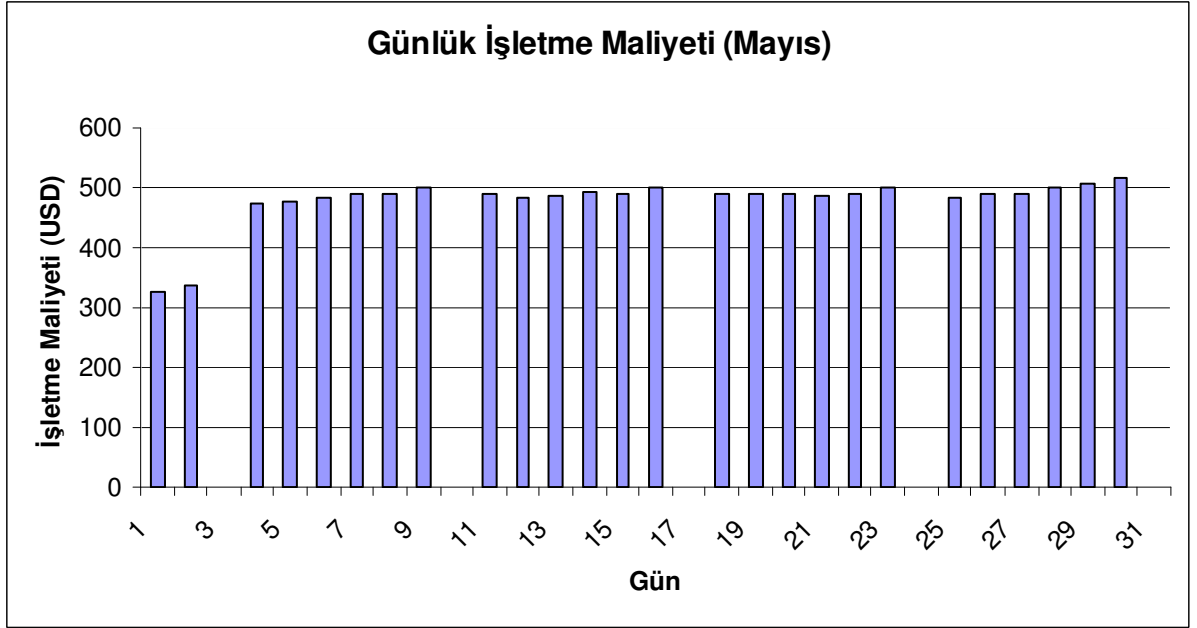
Bu tez çerçevesinde, konvansiyonel sistem ile soğutulan bir binaya soğu depolama sistemi kurulması durumundaki ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin hesabı sadece su soğutma grubu ve depolama tankı açısından yapılmıştır.

Yeni durumla kıyas yapılabilmesi için Nisan ve Eylül ayları arasında daraltılmış kullanımlı ekipman listesine göre tespit edilmiş işletme maliyetleri (bkz. Ek 9) aşağıda gösterilmiştir:

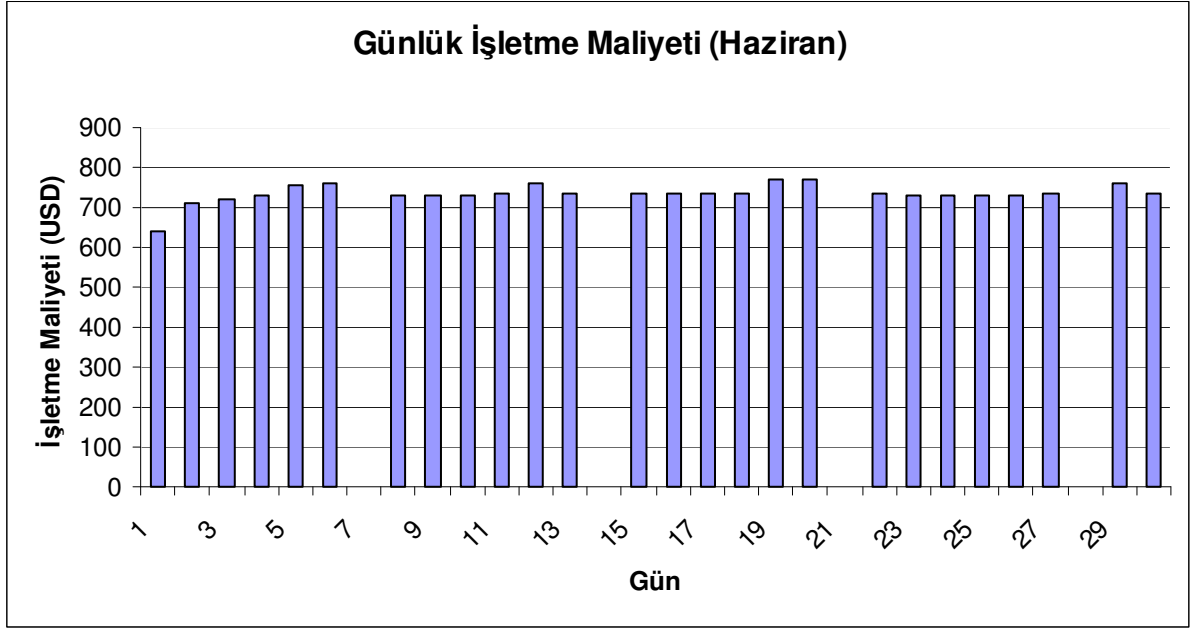
Çizelge 3.2 Nisan ayı işletme maliyetleri



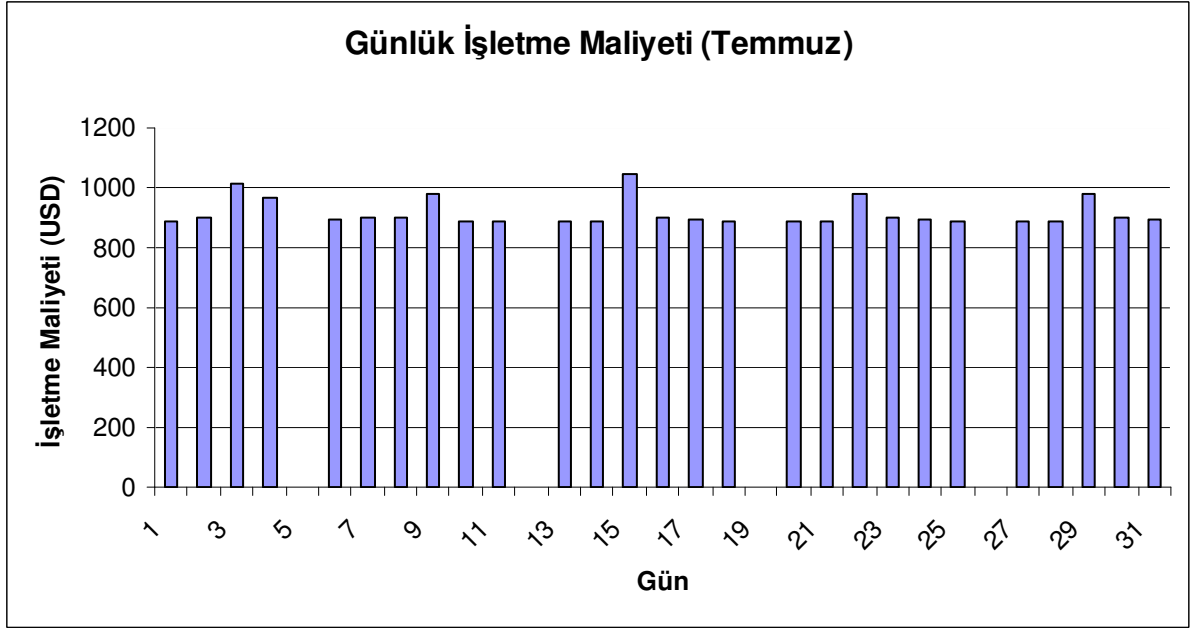
Çizelge 3.3 Mayıs ayı işletme maliyetleri



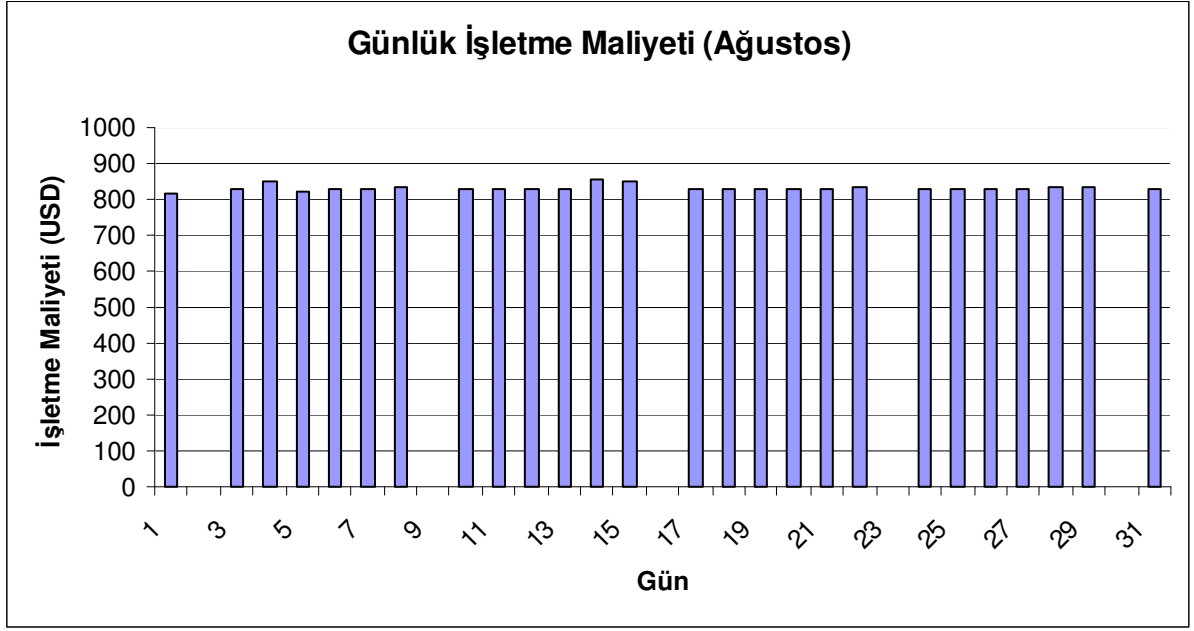
Çizelge 3.4 Haziran ayı işletme maliyetleri



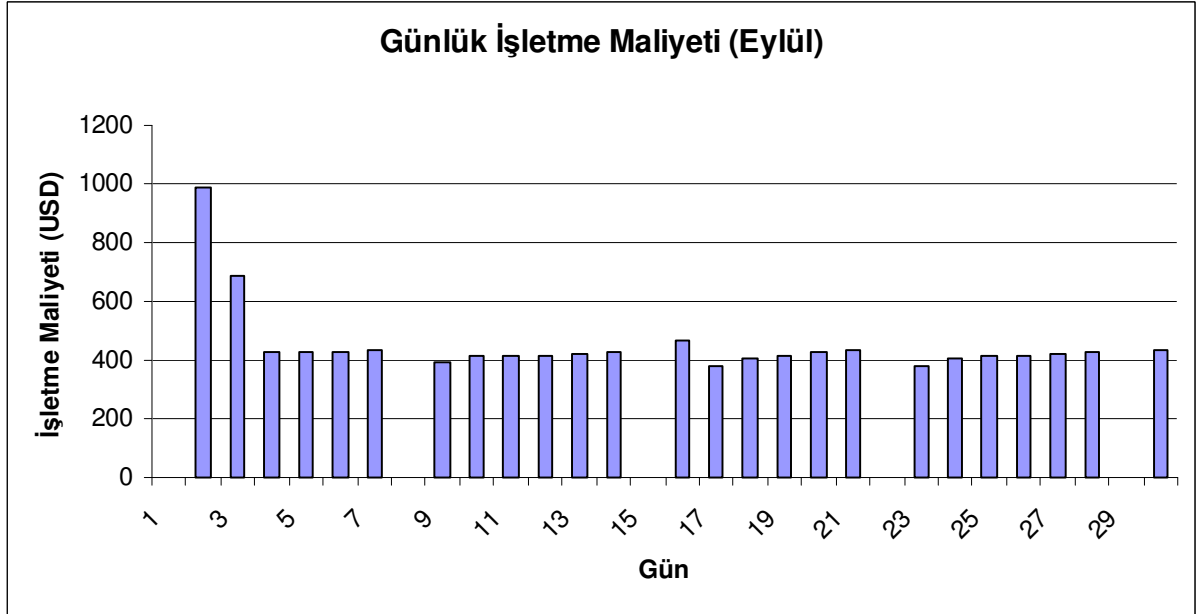
Çizelge 3.5 Temmuz ayı işletme maliyetleri



Çizelge 3.6 Ağustos ayı işletme maliyetleri

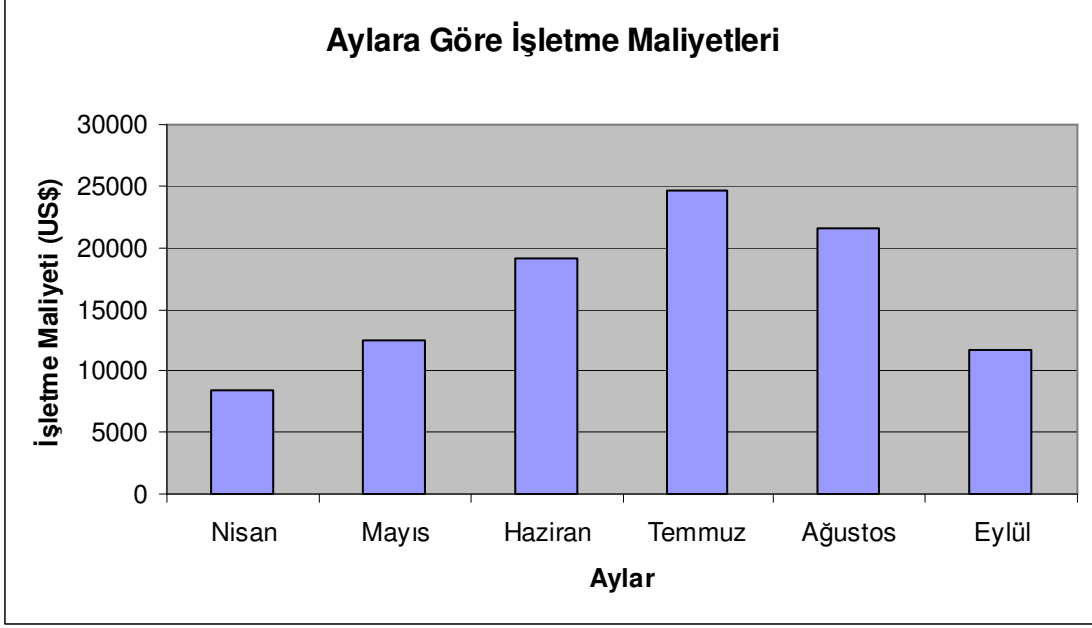


Çizelge 3.7 Eylül ayı işletme maliyetleri



Mukayeseye esas kabul edilen aylara ait toplam aylık işletme maliyetleri ise Çizelge 3.8'dedir.

Çizelge 3.8 Aylara göre işletme maliyetleri



1.11.1 Buz Depolamalı Soğutma Sistemi ile Konvansiyonel Soğutma Sisteminin Maliyet Mukayesesi

Binanın soğutulması için konvansiyonel soğutma sistemi çerçevesinde 2 adet McQUAY ALS E SE ST 426.4 model su soğutma grubu kullanılmaktadır. Her bir su soğutma grubunun kapasitesi 1.772 kWh, çektiği elektriki güç ise 604 kWh'tır. Cihazla ilgili teknik bilgiler Ek 4'te yer almaktadır.

Binanın soğutulmasında buz depolamalı soğutma sistemi kullanılırsa, binanın toplam soğutma yükünün yaklaşık %40 ila %50'si kadar kapasiteli su soğutma grubu ve ekipmanlarının kullanıldığı bir sistem tesis edilecektir. Depolu sistem için B.A.C. (Baltimore Aircoil, ABD) firması ürünlerinden TSU-L370M model ice chiller (buz chiller'i) kullanılacaktır. Bu chiller'in kapasitesi 492 ton soğutma (1.730 kW) olup ilgili teknik bilgiler Ek 5'te yer almaktadır.

Bina, günde 11 saat, ayda 26 gün çalışacaktır; bina çalışma saatleri 08.00-19.00 arasındadır. Elektrik birim fiyat tarifi, 01.04.2009 tarihinden itibaren geçerli olan fiyatlarla üçlü tarife alınmıştır; ilgili birim fiyatlar Çizelge 3.9'dadır.

Çizelge 3.9 Elektrik Birim Fiyatları (01.04.2009 tarihli)

Saat	USD/kWh
06.00-17.00 (Gündüz)	0,13829
17.00-22.00 (Puant)	0,20711
22.00-06.00 (Gece)	0,08880

Bu tez çerçevesinde, konvansiyonel sistem ile soğutulan bir binaya buz depolama sistemi kurulması durumundaki ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin hesabı sadece su soğutma grubu ve depolama tankı açısından yapılmış olup hesaplar neticesinde bulunan toplam maliyetler aşağıda açıklanmıştır.

Binada, talep belirlemeli (demand limiting) (bkz. Sayfa 24) kısmî depolama işletme tekniği uygulanacak olup gün içinde 3 saat süreyle pik yük oluşmaktadır. Binanın faal olduğu diğer saatlerde ise toplamda ortalama olarak maksimum soğutma yükünün %50'si kadar bir soğutma ihtiyacı olduğu (Ogunkoya, 2009 ve Andrepont, 2007) kabul edilmiştir. Binanın soğutma ihtiyacı toplam 3.431 kW olup bu değer yaklaşık 976 ton soğutma'ya tekabül etmektedir. Buz depolama sisteminde her 1 ton soğutma kapasitesi için 0,40 kW enerji tüketilmektedir (Ogunkoya, 2009). Buna göre buz depolama sisteminin işletme maliyetleri aşağıdaki yolla bulunur;

Pik saatlerdeki enerji tüketimi 3.8 no'lu denklemle hesaplanır.

$$\text{Pik Saatlerdeki Enerji Tüketimi} = \text{Pik Saatlerdeki Soğutma Yüğü} \times \text{Pik Saat Sayısı} \times \text{Aylık Faal Gün Sayısı} \times \text{Verim} \quad (3.8)$$

Binanın faal olduğu 11 saat boyunca 8 saatlik sürede pik yük oluşmamaktadır. Pik saatler dışındaki bu süredeki enerji tüketimi (3.9) no'lu denklem ile hesaplanır.

$$\text{Pik Saatler Dışındaki Enerji Tüketimi} = \text{Pik Saatler Dışındaki Soğutma Yüğü} \times \text{Saat Sayısı} \times \text{Aylık Faal Gün Sayısı} \times \text{Verim} \quad (3.9)$$

Sistemin işletme maliyetini oluşturan tüketimlerin bir diğeri olan buz chiller'inin enerji tüketim miktarı, cihazın soğutma kapasitesinden hareket edilerek bulunur. Seçilen cihazın kapasitesi 492 ton soğutma'dır. Buz chiller'inden kaynaklanan enerji tüketimi (3.10) no'lu denklemle bulunur.

$$\text{Buz Chiller'inin Enerji Tüketimi} = \text{Buz Chiller'inin Kapasitesi} \times \text{Aylık Faal Gün Sayısı} \times \text{Verim} \quad (3.10)$$

Her üç denklem neticesinde bulunan tüketim değerleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 Buz depolama uygulanan binanın günlük enerji tüketimleri

Enerji Tüketimi (\$)	Miktar (kWh/ay)
Pik Saatlerdeki Enerji Tüketimi (PSET)	30.451,2
Pik Saatler Dışındaki Enerji Tüketimi (PSDET)	40.601,6
Buz Chiller'inin Enerji Tüketimi (CET)	5.117

PSET, PSDET ve CET değerlerine karşılık gelen bedeller ise (3.11), (3.12) ve (3.13) no'lu denklemlerle hesaplanır.

$$PSET \text{ Bedeli} = PSET \times \text{Elektrik Birim Fiyatı} \quad (3.11)$$

$$PSDET \text{ Bedeli} = PSDET \times \text{Elektrik Birim Fiyatı} \quad (3.12)$$

$$CET \text{ Bedeli} = CET \times \text{Elektrik Birim Fiyatı} \quad (3.13)$$

Binanın Çizelge 3.10'da yer alan enerji tüketimlerinin maliyet olarak karşılıkları, Çizelge 3.9'tan alınan elektrik birim fiyatları kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11 Enerji tüketim maliyetleri

Enerji Tüketimi	Enerji Tüketim Miktarı (kWh/ay)	Elektrik Birim Fiyatı (\$/kWh)	Tüketim Bedeli (\$)
PSET	30.451,2	0,13829	4.211
PSDET (08.00-14.00)	10.150,4	0,20711	2.102
PSDET (17.00-19.00)	30.451,2	0,13829	4.211
CET	5.117	0,08880	454

Bu durumda, binanın toplam enerji tüketim bedeli (3.14) no'lu denklemdeki gibi olur.

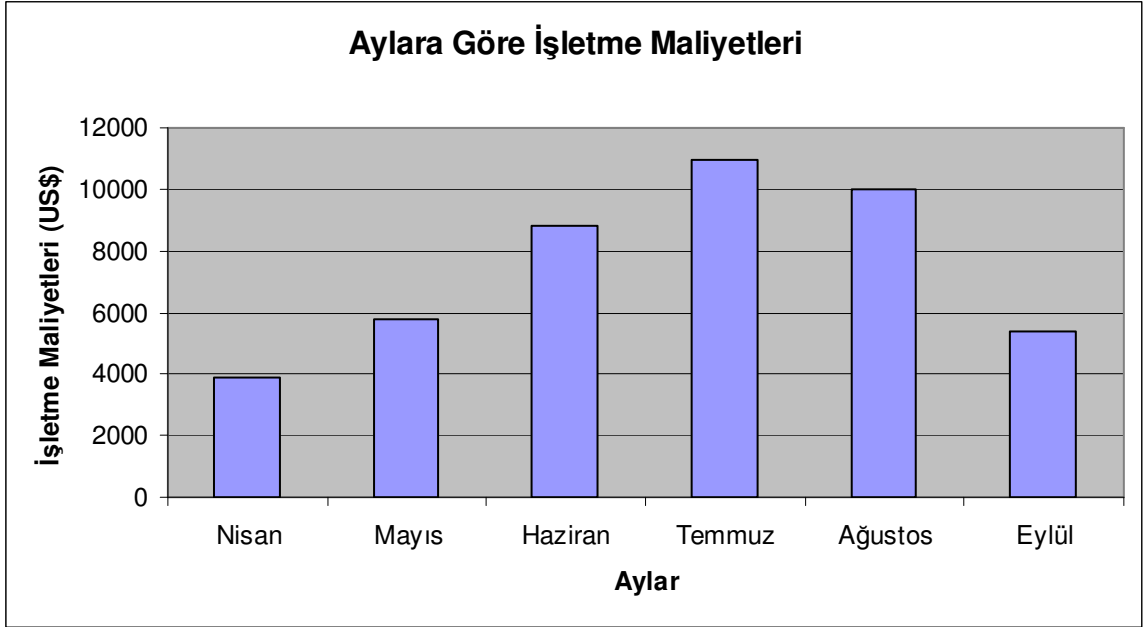
$$\text{Toplam Enerji Tüketim Bedeli} = PSET + PSDET + CET \quad (3.14)$$

Bulunan PSET, PSDET ve CET maliyetleri, binanın daraltılmış kullanımlı işletme maliyetleri ile kıyas edilerek yeni durum için soğu depolama sisteminin işletme maliyetleri çıkarılmıştır. Çizelge 3.12'de aylara göre soğu depolama sisteminin işletme maliyetleri görülmektedir.

Çizelge 3.12 Buz depolama sisteminin aylara göre işletme maliyetleri

Ay	İşletme Maliyeti (\$)
Nisan	3.934,27
Mayıs	5.817,74
Haziran	8.907,70
Temmuz	10.606,65
Ağustos	10.072,84
Eylül	5.460,79

Çizelge 3.13 Buz depolama sisteminin aylara göre işletme maliyetleri



Binaya buz depolama sisteminin uygulandığı durum için bulunan işletme maliyeti toplamı 44.800 \$'dır. Seçilen buz depolama sisteminin ilk yatırım ve işletme maliyetleri Çizelge 3.14'tedir.

Çizelge 3.14 Soğu depolama maliyetleri

Soğutma Sistemi	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti
Soğu Depolama	\$170.000	\$44.800

Konvansiyonel sistemin işletme maliyetinin yıllık 97.800 \$ (bkz. Ek 9) olduğu dikkate alınarak, binaya soğu depolama sistemi için kurulacak sistemin ilk yatırım ve işletme maliyetinin geri dönüş süresi basitçe aşağıda hesaplanmıştır:

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{İlave Gelen Maliyet}}{\text{İşletme Maliyetindeki Tasarruf}} \quad (3.15)$$

$$= \frac{170.000 + 44.800}{97.800 - 44.800} = 4,05 \text{ yıl}$$

Yapılan yatırımın net bugünkü değerini (NBD) hesaplamak için, 10 yıllık bir süre göz önüne alınmış ve yukarıda hesaplanan işletme maliyetlerindeki tasarruf miktarı, ilk yatırım maliyeti ve bakım maliyeti kullanılmıştır. Ayrıca, NBD bulunurken indirim oranı %15 alınmıştır. NBD için (3.16) no'lu denklem kullanılmıştır.

$$NDB = \sum_{i=1}^n \frac{(Degerler)_i}{(1 + Oran)_i} - YM \quad (3.16)$$

Bir yatırım projesinin kabul edilip edilmemesi için yapılan değerlendirmede, NBD pozitif ise proje kabul edilir, negatif ise kabul edilmez; sıfır ise projenin diğer avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek karar verilir (Gümüş, 2008).

Çizelge 3.15 Net bugünkü değer tablosu

Yıl	(1+i)-t i=%15	Bakım Maliyeti (\$)	Ödeme (\$)	Bugünkü Değer (\$)
0	1	0	36.000	36.000
1	0,87	1.550	34.450	29.972
2	0,756	1.550	34.450	26.044
3	0,658	1.550	34.450	22.668
4	0,572	1.550	34.450	19.705
5	0,497	1.550	34.450	17.122
6	0,432	1.550	34.450	14.882
7	0,376	1.550	34.450	12.953
8	0,327	1.550	34.450	11.265
9	0,284	1.550	34.450	9.784
10	0,247	1.550	34.450	8.509

Burada 10 yıllık süre sonundaki NBD, yaklaşık 38.905 US\$ (1 US\$ = 1,55 TL alınarak 60.303 TL) bulunmuş ve yatırım 'uygulanabilir' olarak değerlendirilmiştir.

SONUÇLAR VE DEĞERLERNDİRME

1. Ülkemizde gün geçtikçe elektrik tüketimi artmaktadır. Türkiye’de, resmi verilere göre 1984’ten 2007 yılına gelene kadar net elektrik tüketimi 5,6 kat artmıştır (TEİAŞ). Enerji talebinin artmasının yanında elektrik enerjisi birim fiyatlarının da arttığı dikkate alınırsa binalarda enerji tasarrufunun gerekliliği ortaya çıkmaktadır.
2. Soğu depolama sistemi, mevcut sistemler arasında hem yatırım maliyetlerinde avantajlı imkânlar sunabilmesi hem de elektrik tüketiminin dengelenmesini sağlaması açısından önemli bir alternatif çözüm olarak meydana çıkmaktadır. Çünkü, elektriği üretmek kadar bilinçli ve doğru bir şekilde tüketmek de önem arz etmektedir. Soğu depolama vb. nispeten yeni teknolojilerin özellikle mevcut binalarda kullanılması yoluna gidilirse, bina sahiplerine veya kullanıcılarına belki ilk başta fazladan bir yatırım maliyeti oluşacaktır fakat bu yatırımın geri dönüş süresi sonunda hem bina sahipleri veya kullanıcıları hem ülke hem de çevre açısından faydalı bir sistem meydana gelmiş olacaktır.
3. Konvansiyonel sistemle soğutulan bir binada, soğutma sisteminin soğu depolama sistemine çevrilmesi istendiğinde mevcut bütün tesisat bu değişiklikten etkilenmektedir. Basınç kayıpları, boru çapları, vanalar, pompalar, su soğutma grupları vb. bütün sistem elemanlarının büyüklükleri/kapasiteleri değişecektir.
4. Tamamen doğru bir tasarım yapılabilmesi için bunun dikkate alınması ve hesapların her bir elemanı içine alacak şekilde yapılması gerekmektedir; bu ise özellikle ilk yatırım maliyetlerinin artması anlamına gelmektedir. Buradan hareketle, soğutma yükü az olan binaların soğu depolama uygulamalarına geçişlerinin, maliyetlerin geri dönüş süresini çok uzatması sebebiyle ekonomik olmayabileceği söylenebilir.
5. Kaynaklarda, yaklaşık olarak 3.500 kW veya daha büyük bir soğutma ihtiyacı olan sistemler için yapılacak soğu depolama uygulamalarının işletme maliyetlerinde sağladığı tasarrufun, sisteme yapılacak ilk yatırım maliyetinin geri dönüş süresi açısından soğu depolamayı tercih ettirebilecek değere ulaşabildiği belirtilmiştir.
6. Bu tez çerçevesinde, binanın bütün sistem elemanları ele alınmamış, ilk yatırım ve işletme maliyetleri bulunurken soğutma sisteminin bu manada temel elemanı olan su soğutma grubu ve ekipmanları esas alınmıştır.
7. Binada, konvansiyonel sistemle soğutma yapıldığı durumda işletme maliyeti 97.800 \$’dır (bkz. Ek 9). Buz depolama sisteminin uygulandığı durum için ise, sistemin ilk yatırımın maliyeti 170.000 \$, yıllık işletme maliyeti 44.800 \$, bakım maliyeti ise 1.550 \$ olarak

bulunmuştur. Çizelge 3.16’da yeni durum için oluşan ilave maliyetler verilmiştir.

Çizelge 3.16 Buz depolama sistemiyle binada oluşan ek maliyetler

İlk Yatırım Maliyeti (\$)	İşletme Maliyeti (\$/yıl)	Bakım Maliyeti (\$/yıl)
170.000	44.800	1.550

8. Çalışma sonunda, söz konusu binada konvansiyonel sistem yerine soğu depolama sistemi ile soğutma yapılması durumunda, ilk başta yıllık 97.800 \$ olan işletme maliyetinin 44.800 \$ olacağı neticesine ulaşılmıştır. Bu durum, işletme maliyeti açısından yaklaşık olarak %55 oranında daha avantajlı bir durumla karşılaşılacağı manasına gelmektedir. Çizelge 3.17’de binada mevcut konvansiyonel sistemle buz depolama sisteminin işletme maliyetleri yer almaktadır.

Çizelge 3.17 Konvansiyonel sistemle buz depolama sisteminin işletme maliyetleri

Konvansiyonel Sistemin İşletme Maliyeti (\$)	Buz Depolamalı Sistemin İşletme Maliyeti (\$)	Tasarruf Oranı
97.800	44.800	%55

9. Binaya yeni sistem için yapılan yatırımın net bugünkü değerinin (NBD) 38.905 \$ (60.303 TL) (pozitif) olduğu sonucundan hareketle, buz depolama yolu ile yapılacak bir soğu depolama uygulamasının bu bina için, yukarıda açıklanan şartlar göz önünde bulundurularak makul ve uygulanabilir olduğu değerlendirilmiştir.
10. Bununla beraber, daha önce de açıklandığı üzere (Bölüm 3), sistem elemanları üzerinde daha ayrıntılı bir inceleme yapılırsa buz depolama sisteminin bütün yönleriyle tasarımı ve tesisi doğruya daha yakın olarak belirlenebilecektir.

KAYNAKLAR

- Andrepoint J. S. (2007), "Reducing Energy Costs and Minimizing Capital Requirements: Case Studies of TES", 29th Industrial Energy Technology Conference, Louisiana.
- Andrews T. (2005), Overview of Thermal Energy Storage: Concepts & Technologies, The Air Conditioning Contractors of America.
- ASHRAE (2001), "Non-Residential Cooling and Heating Load Calculation Procedures", ASHRAE Handbook, Fundamentals, 29.1-29.40, Atlanta.
- ASHRAE, 2004, "HVAC: Cool Thermal Storage", ASHRAE Design Guide for Cool Thermal Storage, Atlanta/USA.
- Başaran T. ve Erek A. (2003), "Bir Soğu Deposunun Ekonomik Analizi", VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir.
- Beggs C. B. (1992), "Ice Storage: Design Study of the Factors Effecting Installations", Building Services Engineering Research and Technology, 13, 49-59, Leicester.
- Chaichana C. vd. (2001), "An Ice Thermal Storage Computer Model", Applied Thermal Engineering, Volume 21, Issue 17, December 2001, 1769-1778, Victoria.
- Crane Co. (1988), "Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipes", Tech. P. No:410M, Connecticut.
- Dikici D. (2004), "Doğal Soğuk Kaynaklardan Yararlanan Yer Altı Kanallarında Termal Enerji Depolanması (KTED)", Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, Adana.
- Dorgan, C. E. ve James, S. E. (1994), Design Guide for Cool Th. Storage, ASHRAE, Atlanta.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi (2000), "Enerji Raporu", Ankara.
- Ercan M. S. (2009), "Bina Otomasyon Sistemi ve Isı Geri Kazanımı", Alarko-Carrier A.Ş.
- Fertelli A. (2008), "Air-Conditioning System With Ice Thermal Storage", Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, Adana.
- Gümüş B. (2008), "Bugünkü Değer Analizi", TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniv., Ankara
- Harris N. C. (1983), Modern Air Conditioning Practice, 3th Edition, McGraw-Hill.
- Jones W. P. (1994), Air Conditioning Engineering, 4th Edition, Oxford.
- Kanlıoğlu H. (2007), "Soğu Depolama", Dokuz Eylül Üniv. Müh. Fak. Bitirme Tezi, İzmir.
- Knebel, D. E., (1988), "Optimal Control of Harvesting Ice Thermal Energy Storage Systems", Turbo Refrigerating Company, 28-35, Texas.
- Küçükçalı R. (2005), "Klima Sistemlerinde Enerji Ekonomisi ve Uygulama Önerileri", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 88, 13-30, İstanbul.
- MacCracken, C. D. vd. (1987), "Charging and Discharging Long Term Ice Storage" ASHRAE Transactions, vol. 93, 1766-1772, New York.
- Maheswari G. P. vd. (2003), "Choice of Air- and Watercooled Air-Conditioning Systems (Element 2/Sub-Element 2.2.2, DOE-1)", Technical Report, KISR, Kuwait.
- Mazman M. (2006), "Gizli Isı Depolanması ve Uygulamaları", Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens.

Doktora Tezi, Adana.

Ogunkoya D. O. (2009), "Thermal Energy Storage: Analysis and Application", North Carolina State University Master Thesis, N.Carolina.

Paksoy H. vd. (1997), "The Underground Thermal Energy Storage (UTES) Potential in Turkey", 7th International Conference on Thermal Energy Storage, 949-954, Sapporo.

Sebzali M. (2007), "Assessment of Cool Thermal Storage Strategies in Kuwait", Cranfield Uni. School of Engineering PhD Thesis, Cranfield.

Simmonds P. (1994), "A Comparison of Energy Consumption for Storage Priority and Chiller Priority for Ice-Based Thermal Storage Systems", ASHRAE Transactions, Atlanta.

Taylor T. B. (1985), "Ice Ponds", AIP Conference Proceedings, New York.

The U.S. Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2006), "Thermal Energy Storage for Space Cooling", California.

Turgut B. (2008), "Akdeniz İkliminde Akifer Termal Enerji Depolaması İle Seralarda Isıtma-Soğutma Potansiyelinin Belirlenmesi", Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, Adana.

Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (2009), "Elektrik Tarifesi"

Yılmaz M.Ö. (2005), "Yeraltı Termal Enerji Depolamada Kullanılan Farklı Dolgu Maddelerinin Termal Özelliklerinin Araştırılması", Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Yılmaz T. (1997), "Su ve Buz Depolama Yöntemleriyle İklimlendirme", III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

ŞİRKETLER

Frigo Soğutma A.Ş.

Baltimore Air Company

Calmac Manufacturing Corporation

Paul Mueller Company

McQuay Air Conditioning

İNTERNET KAYNAKLARI

www.ashrae.com

www.frigo.info

www.reliant.com

www.eie.gov.tr, www.tedas.gov.tr, www.teias.gov.tr

www.calmac.com

www.baltimoreaircoil.com

www.muel.com

www.mcquay.com, www.airfel.com.tr

EKLER

- Ek 1 Havalandırma Tablosu
- Ek 2 Isı Kazancı Hesapları (Hesaplara giriş)
- Ek 3 Su Soğutma Grubu (Chiller) Hesabı ve Seçimi
- Ek 4 McQuay ALS S SE ST 495.4 Su Soğutma Grubu Teknik Bilgileri
- Ek 5 B.A.C. TSU-370M 'Ice Chiller' Teknik Bilgileri
- Ek 6 Hesaplara Esas Alınan Değerler
- Ek 7 Bina Elemanlarının U Değerleri
- Ek 8 Fan-Coil Seçimi ve Hesabı
- Ek 9 Daraltılmış İşletme Maliyeti
- Ek 10 İncelenen Binanın Dış Görünüşleri

Ek 1 Binanın Havalandırma Tablosu

HAVALANDIRMA TABLOSU											
Mah.	Mahal Adı	Alan m ²	Yük m	Hacim m ³	İnsan Ad	T. Ha. m ³ /h	Değ. Say.	Dö. Ha. m ³ /h	Değ. Say.	Eg. Ha. m ³ /h	Değ. Say.
	11. KAT										
1101	ASANSÖR HOLÜ	50,0	3,85	192,5	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1102	WC	14,0	3,85	53,9	0	0	0,0	0	0,0	300	5,6
1103	WC	14,0	3,85	53,9	0	0	0,0	0	0,0	300	5,6
1104	UPS	69,2	3,85	266,4	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1110A	VIP OFİS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	750	1,2
1110B	VIP OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	2.000	1,2
1110C	VIP OFİS	152,0	3,85	585,2	19	950	1,6	0	0,0	750	1,3
	11. KAT TOPLAMI :	875,2		3.370	90	4.500	1,3	0	0,0	4.100	1,2
	10. KAT										
1001	ASANSÖR HOLÜ	50,0	3,85	192,5	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1002	WC	14,0	3,85	53,9	0	0	0,0	0	0,0	300	5,6
1003	WC	14,0	3,85	53,9	0	0	0,0	0	0,0	300	5,6
1004	ELEKTRİK ODASI	69,2	3,85	266,4	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1010A	AÇIK OFİS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	750	1,2
1010B	AÇIK OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	2.000	1,2
1010C	AÇIK OFİS	152,0	3,85	585,2	19	950	1,6	0	0,0	750	1,3
	10. KAT TOPLAMI :	875,2		3.370	90	4.500	1,3	0	0,0	4.100	1,2
	9. KAT										
901	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
902	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0
903	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0

904	MUTFAK ÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0,0	0	0,0	400	20,7
910A	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	1,7	0	0,0	750	1,3
910B	AÇIK OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	1,6	0	0,0	2.000	1,2
910C	AÇIK OFİS	141,0	3,85	542,9	19	1,7	0	0,0	750	1,4
920A	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	1,7	0	0,0	750	1,3
920B	AÇIK OFİS	408,0	3,85	1.570,8	52	1,7	0	0,0	2.000	1,3
920C	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	1,7	0	0,0	750	1,3
9. KAT TOPLAMI:		1.545,8		5.952	180	1,5	0	0,0	8.400	1,4
8. KAT										
801	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
802	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0,0	0	0,0	500	5,0
803	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0,0	0	0,0	500	5,0
804	MUTFAK ÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0,0	0	0,0	400	20,7
810A	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	1,7	0	0,0	750	1,3
810B	AÇIK OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	1,6	0	0,0	2.000	1,2
810C	AÇIK OFİS	141,0	3,85	542,9	19	1,7	0	0,0	750	1,4
820A	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	1,7	0	0,0	750	1,3
820B	AÇIK OFİS	408,0	3,85	1.570,8	52	1,7	0	0,0	2.000	1,3
820C	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	1,7	0	0,0	750	1,3
8. KAT TOPLAMI:		1.545,8		5.952	180	1,5	0	0,0	8.400	1,4
7. KAT										
701	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
702	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0,0	0	0,0	500	5,0
703	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0,0	0	0,0	500	5,0
704	MUTFAK ÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0,0	0	0,0	400	20,7
709	ATRİUM	290,0	2,55	739,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
710A	AÇIK OFİS	160,0	3,85	616,0	19	1,5	0	0,0	0	0,0
710B	AÇIK OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	1,6	0	0,0	0	0,0

710C	AÇIK OFIS	152,0	3,85	585,2	19	950	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
720A	AÇIK OFIS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	750	0,0	750	1,2
720B	AÇIK OFIS	408,0	3,85	1.570,8	52	2.600	1,7	0	0,0	2.000	0,0	2.000	1,3
720C	AÇIK OFIS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	750	0,0	750	1,2
7. KAT TOPLAMI:		1.879,8		6.860	180	9.000	1,3	0	0,0	4.900	0,0	4.900	0,7
6. KAT													
601	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
602	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
603	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
604	MUTFAKÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	0,0	400	20,7
609	ATRIUM	290,0	3,85	1.116,5	0	0	0,0	0	0,0	7.000	0,0	7.000	6,3
610A	AÇIK OFIS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
610B	AÇIK OFIS	416,0	3,85	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
610C	AÇIK OFIS	152,0	3,85	585,2	19	950	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
620A	AÇIK OFIS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
620B	AÇIK OFIS	408,0	3,85	1.570,8	52	2.600	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
620C	AÇIK OFIS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6. KAT TOPLAMI:		1.879,8		7.237	180	9.000	1,2	0	0,0	8.400	0,0	8.400	1,2
5. KAT													
501	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
502	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
503	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
504	MUTFAKÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	0,0	400	20,7
509	ATRIUM	290,0	3,85	1.116,5	0	0	0,0	0	0,0	7.000	0,0	7.000	6,3
510A	AÇIK OFIS	149,0	3,85	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
510B	AÇIK OFIS	416,0	3,85	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
510C	AÇIK OFIS	141,0	3,85	542,9	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
520A	AÇIK OFIS	149,0	3,85	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0

520B	AÇIK OFİS	408,0	3,85	1.570,8	51	2.550	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
520C	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	20	1.000	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
5. KAT TOPLAMI :		1.835,8		7.068	180	9.000	1,3	0	0,0	8.400	0,0	8.400	1,2
4. KAT													
401	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
402	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
403	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
404	MUTFAKÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	0,0	400	20,7
409	ATRIUM	290,0	3,85	1.116,5	0	0	0,0	0	0,0	7.000	0,0	7.000	6,3
410A	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
410B	AÇIK OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
410C	AÇIK OFİS	141,0	3,85	542,9	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
420A	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
420B	AÇIK OFİS	408,0	3,85	1.570,8	51	2.550	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
420C	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	20	1.000	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4. KAT TOPLAMI :		1.835,8		7.068	180	9.000	1,3	0	0,0	8.400	0,0	8.400	1,2
3. KAT													
301	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
302	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
303	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	0,0	500	5,0
304	MUTFAKÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	0,0	400	20,7
309	ATRIUM	290,0	3,85	1.116,5	0	0	0,0	0	0,0	7.000	0,0	7.000	6,3
310A	AÇIK OFİS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
310B	AÇIK OFİS	416,0	3,85	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
310C	AÇIK OFİS	152,0	3,85	585,2	19	950	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
320A	AÇIK OFİS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
320B	AÇIK OFİS	408,0	3,85	1.570,8	52	2.600	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
320C	AÇIK OFİS	160,0	3,85	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0

		1.879,8	7.237	180	9.000	1,2	0	0,0	8.400	1,2
3. KAT TOPLAMI :										
2. KAT										
201	ASANSÖR HOLÜ	76,8	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
202	BAYAN WC	26,0	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0
203	BAY WC	26,0	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0
204	MUTFAK ÇIK	5,0	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	20,7
209	ATRIUM	290,0	1.116,5	0	0	0,0	0	0,0	7.000	6,3
210A	AÇIK OFİS	160,0	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0
210B	AÇIK OFİS	416,0	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	0	0,0
210C	AÇIK OFİS	152,0	585,2	19	950	1,6	0	0,0	0	0,0
220A	AÇIK OFİS	160,0	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0
220B	AÇIK OFİS	408,0	1.570,8	52	2.600	1,7	0	0,0	0	0,0
220C	AÇIK OFİS	160,0	616,0	19	950	1,5	0	0,0	0	0,0
2. KAT TOPLAMI :										
1. KAT										
101	ASANSÖR HOLÜ	76,8	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
102	BAYAN WC	26,0	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0
103	BAY WC	26,0	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0
104	MUTFAK ÇIK	5,0	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	20,7
109	ATRIUM	290,0	1.116,5	0	0	0,0	0	0,0	7.000	6,3
110A	AÇIK OFİS	149,0	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0
110B	AÇIK OFİS	416,0	1.601,6	52	2.600	1,6	0	0,0	0	0,0
110C	AÇIK OFİS	141,0	542,9	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0
120A	AÇIK OFİS	149,0	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0
120B	AÇIK OFİS	408,0	1.570,8	52	2.600	1,7	0	0,0	0	0,0
120C	AÇIK OFİS	149,0	573,7	19	950	1,7	0	0,0	0	0,0
1. KAT TOPLAMI :										

ZEMİN KAT													
Z01	GİRİŞ HOLÜ	310,0	3,85	1.193,5	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Z02	AŞANSÖR HOLÜ	76,8	3,85	295,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Z03	BAYAN WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0	500	5,0
Z04	BAY WC	26,0	3,85	100,1	0	0	0,0	0	0,0	500	5,0	500	5,0
Z05	MUTFAKÇIK	5,0	3,85	19,3	0	0	0,0	0	0,0	400	20,7	400	20,7
Z10	BANKA ŞUBESİ	149,0	3,85	573,7	19	950	1,7	760	1,3	0	0,0	0	0,0
Z11	AÇIK OFİS	557,0	3,85	2.144,5	70	3.500	1,6	2.800	1,3	0	0,0	0	0,0
Z12	AÇIK OFİS	195,0	3,85	750,8	24	1.200	1,6	960	1,3	0	0,0	0	0,0
Z13	AÇIK OFİS	195,0	3,85	750,8	24	1.200	1,6	960	1,3	0	0,0	0	0,0
Z14	AÇIK OFİS	440,0	3,85	1.694,0	55	2.750	1,6	2.200	1,3	0	0,0	0	0,0
Z15	AÇIK OFİS	293,0	3,85	1.128,1	37	1.850	1,6	1.480	1,3	0	0,0	0	0,0
Z16	AÇIK OFİS	241,0	3,85	927,9	30	1.500	1,6	1.200	1,3	0	0,0	0	0,0
Z17	AÇIK OFİS	228,0	3,85	877,8	29	1.450	1,7	1.160	1,3	0	0,0	0	0,0
Z18	AÇIK OFİS	557,0	3,85	2.144,5	70	3.500	1,6	2.800	1,3	0	0,0	0	0,0
Z19	AÇIK OFİS	149,0	3,85	573,7	19	950	1,7	760	1,3	0	0,0	0	0,0
ZEMİN KAT TOPLAMI :		3.447,8		13.275	377	18.850	1,4	15.080	1,1	1.400	0,1		
1. BODRUM KAT													
1B01	AŞANSÖR HOLÜ	76,8	5,35	410,9	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1B02	WC	25,4	5,35	135,9	0	0	0,0	0	0,0	500	3,7	500	3,7
1B03	WC	25,4	5,35	135,9	0	0	0,0	0	0,0	500	3,7	500	3,7
1B04	DEPO	5,0	5,35	26,8	0	0	0,0	0	0,0	80	3,0	80	3,0
1B09	BANKA ŞUBESİ	149,0	5,35	797,2	15	750	0,9	600	0,8	0	0,0	0	0,0
1B10	ARŞİV	287,0	5,35	1.535,5	29	1.450	0,9	1.150	0,7	0	0,0	0	0,0
1B11	MESCİT	107,0	5,35	572,5	150	4.500	7,9	3.600	6,3	0	0,0	0	0,0
1B12	HOL	39,0	5,35	208,7	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1B13	ARŞİV	770,0	5,35	4.119,5	77	3.850	0,9	3.100	0,8	0	0,0	0	0,0
1B14	MUTFAK	300,0	3,00	900,0	0	17.000	18,9	0	0,0	20.000	22,2	20.000	22,2
1B15	YEMEKHANE	855,0	5,35	4.574,3	540	16.200	3,5	18.000	3,9	0	0,0	0	0,0

1B16	KAFETERYA	227,0	5,35	1.214,5	125	6.250	5,1	7.000	5,8	0	0,0
1B17	FUAYE	265,0	5,35	1.417,8	100	3.000	2,1	6.000	4,2	0	0,0
1B18	EĞİTİM ODASI	40,4	5,35	216,1	30	900	4,2	700	3,2	0	0,0
1B19	EĞİTİM ODASI	80,0	5,35	428,0	60	1.800	4,2	1.450	3,4	0	0,0
1B20	EĞİTİM ODASI	78,0	5,35	417,3	60	1.800	4,3	1.450	3,5	0	0,0
1B21	KONFERANS SALONU	276,0	5,35	1.476,6	300	9.000	6,1	3.000	2,0	0	0,0
1. BODRUM KAT TOPLAMI:		3.606,0		18.588	1.486	66.500	3,6	46.050	2,5	21.080	1,1
2.BODRUM KAT											
2B01	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,10	238,1	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
2B02	GÜVENLİK ODASI	28,0	3,10	86,8	3	150	1,7	0	0,0	0	0,0
2B03	SANTRAL ODASI	28,0	3,10	86,8	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
2B04	DEPO	5,0	3,10	15,5	0	0	0,0	0	0,0	80	5,2
2B09	OTOPARK	3.830,0	3,10	11.873,0	0	0	0,0	0	0,0	55.000	4,6
2B10	DEPO	180,0	1,50	270,0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
2.BODRUM KAT TOPLAMI:		4.147,8		12.570	3	150	0,0	0	0,0	55.080	4,4
3.BODRUM KAT											
3B01	ASANSÖR HOLÜ	76,8	3,10	238,1	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3B02	TEKNIK HACİM	56,0	3,10	173,6	3	150	0,9	0	0,0	0	0,0
3B03	DEPO	5,0	3,10	15,5	0	0	0,0	0	0,0	80	5,2
3B08	OTOPARK	3.930,0	3,10	12.183,0	0	0	0,0	0	0,0	55.000	4,5
3B09	POMPA ODASI	50,0	3,10	155,0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3.BODRUM KAT TOPLAMI:		4.117,8		12.765	3	150	0,0	0	0,0	55.080	4,3
BİNA TOPLAMI:		33.188,0		125.617	3.669	175.650	1,4	61.130	0,5	212.940	1,7

Ek 2 Isı Kazancı Hesapları (Hesaplara giriş)

DESIGN WEATHER PARAMETERS & MSHGs

Location: Istanbul, Turkey

04-21-09

HAP v3.29

Page 1 of 1

DESIGN PARAMETERS

```

-----
City Name.....: Istanbul
Location.....: Turkey
Latitude.....: 40.6 degrees
Longitude.....: -29.0 degrees
Elevation.....: 40.0 m
Summer Design Dry-Bulb.....: 33.0 C
Summer Coincident Wet-Bulb.....: 24.0 C
Summer Daily Range.....: 10.5 K
Winter Design Dry-bulb.....: -3.0 C
Atmospheric Clearness Number.....: 1.00
Average Ground Reflectance.....: 0.20
Soil Conductivity.....: 1.385 W/m/K
Local Time Zone (GMT +/- N hours):: -3.0 hours
Consider Daylight Savings Time....? N
First Month for Daylight Savings...: -
Last Month for Daylight Savings...: -
Simulation Weather Data.....: (None)
Current data is.....: User Defined
-----
    
```

DESIGN DAY MAXIMUM SOLAR HEAT GAINS (W/SQM)

Month	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
January	60.6	60.6	60.6	248.0	470.0	651.1	751.7	787.7	800.0
February	74.8	74.8	138.8	404.4	590.9	730.9	781.4	775.7	762.1
March	90.2	90.2	317.4	512.6	685.2	751.7	748.6	690.9	653.9
April	105.4	217.7	440.4	611.0	688.6	711.4	638.8	544.5	488.3
May	116.1	325.9	507.3	648.9	693.1	655.5	547.0	424.0	357.7
June	142.9	360.3	532.2	654.9	680.1	627.8	504.1	372.2	306.0
July	119.2	316.7	508.5	637.2	671.0	643.5	536.9	414.5	350.5
August	110.7	205.7	430.9	587.1	669.1	686.1	618.9	527.4	473.5
September	93.4	93.4	296.8	488.6	642.3	721.5	715.5	666.9	631.2
October	77.3	77.3	160.3	361.2	576.7	699.4	759.9	753.6	737.5
November	61.2	61.2	61.2	250.8	458.4	634.4	740.1	783.9	785.5
December	53.9	53.9	53.9	192.4	410.4	603.2	719.6	776.3	789.3

Month	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	Mult.
January	797.5	756.5	640.7	474.1	249.8	60.6	60.6	406.9	1.00
February	776.7	784.9	733.4	596.2	386.4	165.3	74.8	557.4	1.00
March	687.4	740.1	758.0	666.2	531.2	310.4	90.2	692.1	1.00
April	543.5	636.0	710.1	694.6	612.0	436.3	223.0	782.7	1.00
May	423.7	547.6	655.2	693.7	648.6	506.6	326.2	826.8	1.00
June	368.8	508.8	623.3	683.9	651.4	528.7	363.1	837.5	1.00
July	408.5	537.9	636.6	682.0	633.8	497.8	326.5	820.5	1.00
August	524.3	612.9	684.9	670.7	591.5	423.0	220.5	770.4	1.00
September	667.8	717.7	718.0	647.0	478.6	297.2	93.4	666.6	1.00
October	752.4	755.8	701.0	569.4	386.1	129.7	77.3	546.4	1.00
November	777.0	735.3	640.1	456.8	249.2	61.2	61.2	403.5	1.00
December	779.5	715.1	604.4	403.8	196.8	53.9	53.9	338.8	1.00

SCHEDULE DATA

Prepared By: Türkyay Yeşilkaya
HAP v3.29

04-21-09
Page 1 of 1

Schedule Name: OFIS Hourly Percentages

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
DESIGN DAY	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
Weekday	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
Saturday	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
Sunday	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hour	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DESIGN DAY	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
Weekday	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
Saturday	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
Sunday	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Schedule Name: YEMEKHANE Hourly Percentages

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
DESIGN DAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weekday	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saturday	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sunday	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hour	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DESIGN DAY	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weekday	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saturday	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sunday	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ek 3 Su Soğutma Grubu (Chiller) Hesabı ve Seçimi

CHILLER HESAP VE SEÇİMİ									
SANTRALLARIN SOĞUTUCU SERPANTİN KAPASİTELERİ									
7.9.1 - ATRIUMSUZ NORMAL KAT TAZE HAVA SANTRALİ (THS 1)	:	7	x	41.410	Watt	=	289.870	Watt	
7.9.2 - ATRIUMLU NORMAL KAT TAZE HAVA SANTRALİ (THS 2)	:	13	x	41.410	Watt	=	538.330	Watt	
7.9.3 - ZEMİN KAT - 1 TAZE HAVA SANTRALİ (THS 3)	:	1	x	92.040	Watt	=	92.040	Watt	
7.9.4 - ZEMİN KAT - 2 TAZE HAVA SANTRALİ (THS 4)	:	1	x	92.040	Watt	=	92.040	Watt	
7.9.5 - 1. BODRUM KAT ARŞİV TAZE HAVA SANTRALİ (THS 5)	:	1	x	57.060	Watt	=	57.060	Watt	
7.9.6 - 1. BODRUM KAT MESCİT TAZE HAVA SANTRALİ (THS 6)	:	1	x	41.410	Watt	=	41.410	Watt	
7.9.8 - 1. BODRUM KAT YEMEKHANE TAZE HAVA SANTRALİ (THS 8)	:	1	x	149.100	Watt	=	149.100	Watt	
7.9.9 - 1. BODRUM KAT KAFETERYA TAZE HAVA SANTRALİ (THS 9)	:	1	x	57.520	Watt	=	57.520	Watt	
7.9.10 - 1. BODRUM KAT EĞİTİM SALONU TAZE HAVA SANTRALİ (THS 10)	:	1	x	41.410	Watt	=	41.410	Watt	
7.9.11 - 1. BODRUM KAT KONFERANS SALONU TAZE HAVA SANTRALİ (THS 11)	:	1	x	110.440	Watt	=	110.440	Watt	
SANTRALLARIN TOPLAM İHTİYACI :									
						=	1.469.220	Watt	
KATLARIN ISI KAZANÇLARI									
11. Kat ısı kazancı				78.250	Watt	=	67.295	Kcal/h	
10. Kat ısı kazancı				69.679	Watt	=	59.924	Kcal/h	
9. Kat ısı kazancı				141.240	Watt	=	121.466	Kcal/h	
8. Kat ısı kazancı				133.359	Watt	=	114.689	Kcal/h	
7. Kat ısı kazancı				170.097	Watt	=	146.283	Kcal/h	
6. Kat ısı kazancı				128.883	Watt	=	110.839	Kcal/h	
5. Kat ısı kazancı				125.519	Watt	=	107.946	Kcal/h	
4. Kat ısı kazancı				125.519	Watt	=	107.946	Kcal/h	
3. Kat ısı kazancı				129.129	Watt	=	111.051	Kcal/h	
2. Kat ısı kazancı				128.883	Watt	=	110.839	Kcal/h	
1. Kat ısı kazancı				127.541	Watt	=	109.685	Kcal/h	

Ek 4 McQuay ALS E SE ST 495.4 Su Soğutma Grubu Teknik Bilgileri

HAVA SOĞUTMALI 584 kW - 1.772 kW

HFC134a
Vidalı Kompresörlü



ALS E SE ST

Standart aksesuarlar

- Yıldız-üçgen çalıştırma • Kompresör termik rolesi
- Fan termik rolesi • Faz monitör • Elektrikli evaporatör ısıtıcısı
- Flow switch • Viktoalik su bağlantısı • Emme tarafı kapama vanası
- Çalışma sahayı • Genel arıza sinyali
- Lastik izolatör • Yüksek basınç manometresi

Ses seviyesi versiyonları

- ST standart tip 79,0 - 80,5 dB(A)*
- LN sessiz tip 73,5 - 76,5 dB(A)*
- XN ekstra sessiz tip 71,5 - 73,0 dB(A)*
- XXN süper sessiz tip 65,0 - 66,5 dB(A)*

Diğer versiyonlar

- %100 Heat Recovery
- %25 Parsiyel Heat Recovery
- Bir veya iki pompalı kit

ALS E SE ST	296.3	312.3	327.3	344.3	358.3	Note (4)	426.4	460.4	495.4	
Soğutma kapasitesi ¹	kW	1057	1109	1166	1226	1322		1520	1641	1772
Toplam güç (Fan güçleri dahil)	kW	372	396	417	435	451		540	580	604
Verim (COP) (Fan güçleri dahil)	—	2,8	2,8	2,8	2,8	2,82		2,81	2,83	2,93
Ses basınç seviyesi ²	dB(A)	79	79,5	79,5	79,5	80,0		79,5	79,5	80
Kompresör	—	McQuay vidalı								
Miktar	—	3								
Toplam yağ miktarı	l	42								
Kademe - Minimum kapasite	Oransal	% 8,3								
Soğutucu akışkan	—	R134a								
Devre sayısı	—	3								
Gaz miktarı	kg	162	172	182	192	192		236	256	256
Kondenser serpantini	—	Bakır boru - Alüminyum kanat								
Kondenser fanları	—	Aksiyal								
Miktar	—	16	16	18	18	18		22	24	24
Çekilen güç	kW	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7		1,7	1,7	1,7
Devir	RPM	860	860	860	860	860		860	860	860
Fan çapı	mm	800	800	800	800	800		800	800	800
Toplam hava debi	m ³ /s	86,0	84,5	89,7	95,0	96,7		116,1	126,7	129
Evaporatör	—	(Shell and tube) Bakır boru - zarf								
Miktar	—	1	1	1	1	1		2	2	2
Su debisi	l	415	402	402	402	402		254+246	246+246	246+246
Maksimum işletme basıncı	bar	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5		10,5	10,5	10,5
Su bağlantı çapı	mm	219,1	219,1	219,1	219,1	219,1		168,3	168,3	168,3
Boyut ve ağırlık	—									
Standart yüklem ağırlığı	kg	7830	7830	8420	8420	8570		9552	10632	10832
Standart çalışma ağırlığı	kg	8250	8250	8830	8830	8980		10024	11140	11340
Boy (B)	mm	8270	8270	9200	9200	9200		11000	11900	11900
Genişlik (G)	mm	2230	2230	2230	2230	2230		2230	2230	2230
Yükseklik (Y)	mm	2520	2520	2520	2520	2520		2520	2520	2520
Elektrik bilgileri	—									
Standart voltaj	V/ph/Hz	400/3/50								
Nominal cihaz akımı ¹	A	658	688	726	756	744		938	1004	994
Maksimum cihaz akımı ³	A	751	794	845	888	892		1090	1180	1192
Maksimum cihaz kalkış akımı	A	1022	1022	1055	1079	1079		1284	1292	1292

NOTLAR :

- (1) Soğutma kapasiteleri; 12/7 °C su şartı, 35 °C dış hava sıcaklığına göre verilmiştir.
- (2) 35 °C dış hava sıcaklığı, cihazdan 1 m uzakta, ISO 3744'e göre.
- (3) 14/9 °C giriş / çıkış su sıcaklığı, 44 °C dış hava sıcaklığı.
- (4) Soğutma kapasitesi 1322 kW ve 1520 kW arasındaki değerler için XE tipi daha uygundur.

Çalışma limitleri	ALS E SE ST	296.3	312.3	327.3	344.3	358.3	Note (4)	426.4	460.4	495.4
Dış hava sıcaklığı	—									
Maksimum dış hava sıcaklığı	°C	+44	+44	+44	+44	+44		+44	+44	+44
Minimum dış hava sıcaklığı	°C	-18(1)	-18(1)	-18(1)	-18(1)	-18(1)		-18(1)	-18(1)	-18(1)
Evaporatör su sıcaklığı	—									
Maksimum çıkış sıcaklığı	°C	+9	+9	+9	+9	+9		+9	+9	+9
Min. çıkış sic. (etiljen glikollü)	°C	-8	-8	-8	-8	-8		-8	-8	-8

NOT:

- (1) Düşük sıcaklık kitli.

McQuay
Air Conditioning

McQuay

XX

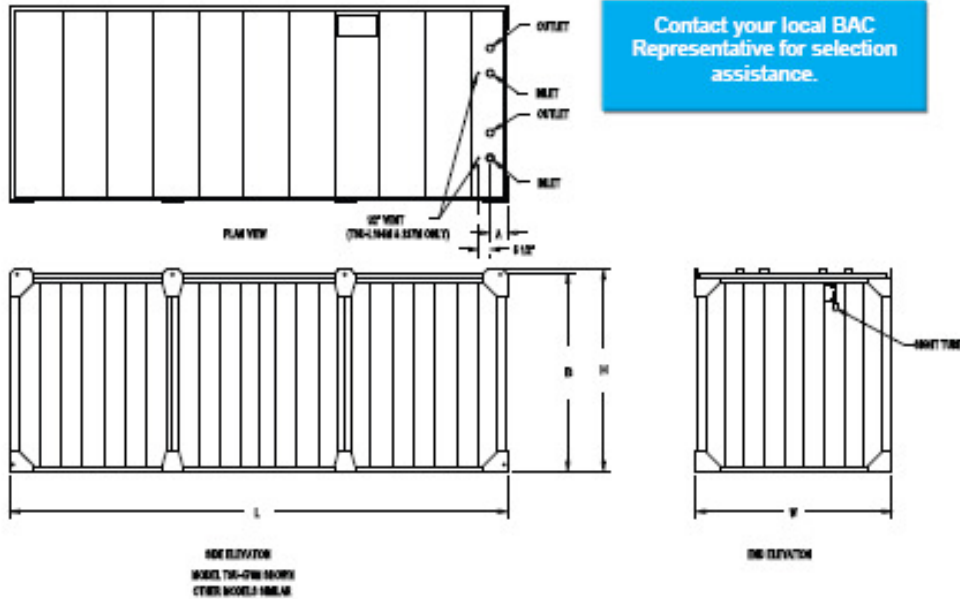
McQuay

XX

Engineering Data

Do not use for construction. Refer to factory certified dimensions. This handbook includes data current at the time of publication, which should be reconfirmed at the time of purchase. Up-to-date engineering data and more can be found at www.BaltimoreAircoil.com.

ICE CHILLER®



Model Number	Weights (lbs)		Volumes (GAL)		Dimensions					Connection Size
	Operating	Shipping	Tank Water	Coil Glycol	L	W	H	A	B	
TSU-237M	30,100	9,750	2990	260	10' 7-5/8"	7' 10-3/8"	8' 0"	8-5/8"	7' 10"	2"
TSU-476M	73,900	16,750	5840	405	10' 10-1/4"	7' 10-3/8"	8' 0"	9-3/4"	7' 10"	3"
TSU-594M	93,100	20,200	7460	610	10' 10-1/4"	9' 0-1/4"	8' 0"	9-3/4"	7' 10"	3"
TSU-761M	113,800	24,000	9150	790	10' 10-1/4"	11' 0-3/4"	8' 0"	9-3/4"	7' 10"	3"
TSU-L184M	31,700	8,300	2330	205	10' 7-5/8"	7' 10-3/8"	6' 6-3/4"	8-5/8"	6' 4-3/4"	2"
TSU-L370M	50,700	14,100	4560	385	10' 10-1/4"	7' 10-3/8"	6' 6-3/4"	9-3/4"	6' 4-3/4"	3"
TSU-L462M	75,000	17,000	5520	477	10' 10-1/4"	9' 0-1/4"	6' 6-3/4"	9-3/4"	6' 4-3/4"	3"
TSU-L592M	91,650	20,300	7140	602	10' 10-1/4"	11' 0-3/4"	6' 6-3/4"	9-3/4"	6' 4-3/4"	3"

Notes:

1. Unit should be continuously supported on a flat level surface.
2. All connections are grooved for mechanical coupling.

F14



Baltimore Aircoil Company

Ek 6 Hesaplara Esas Alınan Değerler

Binanın bulunduğu yer : İstanbul

Enlem ve boylam : 40 dr. 58 dk. K, 29 dr. 05 dk. D

Deniz seviyesinden yüksekliği : 28 m

YAZ İÇİN SICAKLIKLAR

Dış Hava:

KT = 33 °C

YT = 24 °C

İR = %48

I = 72,1 kJ/kg

x = 15,2 gr/kg

Çiğ Noktası = 20,4 °C

T_{gündüz} - T_{gece} = 10,5 °C

Soğutulmayan Mahallerin Sıcaklığı: 30 °C

İç Hava:

KT = 24 °C

YT = 17,05 °C

İR = 50%

I = 47,97 kJ/kg

x = 9,34 gr/kg

Çiğ Noktası = 12,95 °C

KIŞ İÇİN SICAKLIKLAR

Dış hava sıcaklığı: -3 °C

İçeriye kapı veya pencereli ısıtılmayan: +12 °C

Dışarıya kapı veya pencereli ısıtılmayan mahaller : +6 °C

Otoparklar : +9 °C

Döşeme altındaki toprak: +9 °C

Dış duvara bitişik toprak sıcaklığı: +3 °C

İç Hava Sıcaklığı:

Ofisler: +22 °C

Yemekhane: +20 °C

TAZE HAVA MİKTARLARI ve İNSAN SAYILARI

Taze hava miktarları, işverenin özel talepte bulunduğu yerler dışında ASHRAE'den alınmıştır.

Ofisler: 50 m³/h

Mescitler: 30 m³/h

Yemekhane ve Seminer Salonu: 30 m³/h

Kafeterya: 50 m³/h

Mahallerdeki insan sayıları tefrişlere göre alınmıştır. Tefriş olmayan mekânlarda ise işverenden alınan isteklere göre veya 8 m²'de 1 kişi kabulüne göre hareket edilmiştir.

AYDINLATMA VE İLAVE MOTOR YÜKLERİ

Aydınlatma elemanı olarak gömülü armatür kabul edilerek 20 W/m² alınmış ve balast çarpanı 1,25 kabul edilmiştir.

KLİMA HESAPLARINDA DÜZELTME FAKTÖRLERİ (F_T) VE DUVARLARIN EŞDEĞER SICAKLIKLARININ HESABI

Carrier E20-II programı tarafından hesaplanmaktadır.

Ek 7 Bina Elemanlarının U Değerleri

PENCERE VE KAPILAR

P1: Çift camlı alüminyum çerçeveli pencere ve dış kapı (İki cam arası 12 mm), $K = 3,00$ W/m²K

P2: Tek camlı alüminyum çerçeveli pencere ve dış kapı, $U = 5,90$ W/m²K

P3: İç kapı, $K = 2,00$ W/m²K

DIŞ DUVARLAR

D1: 5,0 cm giydirme cephe, 13 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,25 cm alçıpan	900	$k = 0,210$
5,0 cm EPS veya taş yünü	30	$k = 0,040$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,013}{0,210} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{23}$$

$$1/K = 0,13 + 0,06 + 1,25 + 0,04 = 1,48 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,31 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D2: 40,0 cm betonarme dış duvar, 980 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	$k = 0,870$
40,0 cm	2400	$k = 2,100$
5,0 cm EPS veya taş yünü	30	$k = 0,040$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,40}{2,10} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{23}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,19 + 1,25 + 0,04 = 1,62 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,45 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D3: 30,0 cm betonarme dış duvar, 740 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
30,0 cm betonarme	2400	k = 2,100
5,0cm EPS veya taş yünü	30	k = 0,040

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,30}{2,10} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{23}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,14 + 1,25 + 0,04 = 1,57 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D4: 70,0 cm betonarme dış duvar, 1700 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
70,0 cm betonarme	2400	k = 2,100
5,0 cm EPS veya taş yünü	30	k = 0,040

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,70}{2,10} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{23}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,33 + 1,25 + 0,04 = 1,76 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,59 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D4: 13,5 cm tuğla dış duvar, 256 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
13,5 cm tuğla	1600	k = 0,680

5,0 cm EPS veya taş yünü	30	k = 0,040
1,0 cm dış sıva	2000	k = 1,400

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,14}{0,68} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,01}{1,40} + \frac{1}{23}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,21 + 1,25 + 0,01 + 0,04 = 1,65 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,48 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D5: 40,0 cm toprak temaslı betonarme dış duvar, 979 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
40,0 cm betonarme	2400	k = 2,100
3,0 cm XPS	30	k = 0,031

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{6} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,40}{2,10} + \frac{0,03}{0,03} + 0,00$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,19 + 1,00 + 0,00 = 1,33 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D6: 30,0 cm toprak temaslı betonarme dış duvar, 739 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
30,0 cm	2400	k = 2,100
3,0 cm XPS	30	k = 0,031

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{6} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,30}{2,10} + \frac{0,03}{0,03} + 0,00$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,14 + 1,00 + 0,00 = 1,28 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$L = 1,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

İÇ DUVARLAR

D7: 30,0 cm betonarme iç duvar, 756 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
30,0 cm betonarme	2400	k = 2,100
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,30}{2,10} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{8}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,14 + 0,01 + 0,13 = 0,42 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D8: 25,0 cm betonarme iç duvar, 636 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
25,0 cm betonarme	2400	k = 2,100
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,25}{2,10} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{8}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,12 + 0,01 + 0,13 = 0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D9: 19,0 cm tuğla iç duvar, 340 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
19,0 cm tuğla	1600	k = 0,680
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,19}{0,68} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{8}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,28 + 0,01 + 0,13 = 0,56 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,79 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

D10: 13,5 cm tuğla iç duvar, 252 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870
13,5 cm tuğla	1600	k = 0,680
1,0 cm iç sıva	1800	k = 0,870

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,010}{0,870} + \frac{0,14}{0,68} + \frac{0,01}{0,87} + \frac{1}{8}$$

$$1/K = 0,13 + 0,01 + 0,21 + 0,01 + 0,13 = 0,49 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 2,04 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,23 \text{ m}^2\text{K/W}$$

DÖŞEMELER (TABAN VE TAVAN HALİ İÇİN)**Dö1: 15,0 cm izoleli ısıtılmayan mahale bakan döşeme (Isı akışı aşağı), 461 kg/m²**

	kg/m ³	W/mK
5,0 cm çimentolu şap	2000	k = 1,400
2,0 cm EPS	30	k = 0,040

15,0 cm betonarme 2400 k = 2,100

$$\frac{1}{K1} = \frac{1}{6} + \frac{0,05}{1,40} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,15}{2,10} + \frac{1}{6}$$

$$1/K = 0,17 + 0,036 + 0,500 + 0,071 + 0,17 = 0,95 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,61 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dö2: 15,0 cm harici döşeme, 437 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
5,0 cm çimentolu şap	1500	k = 1,400
15,0 cm betonarme	2400	k = 2,100
5,0 cm EPS veya taş yünü	30	k = 0,040

$$\frac{1}{K1} = \frac{1}{6} + \frac{0,05}{1,40} + \frac{0,15}{2,10} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{23}$$

$$1/K1 = 0,17 + 0,036 + 0,071 + 1,250 + 0,04 = 1,567 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,36 \text{ m}^2\text{K/W}$$

ÇATI ve TERAS TAVANLAR

T1: 15,0 cm teras tavan, 436 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
5,0 cm çimentolu	1500	k = 1,400
3,0 cm XPS	30	k = 0,028
15,0 cm betonarme	2400	k = 2,100

$$\frac{1}{K1} = \frac{1}{8} + \frac{0,05}{1,40} + \frac{0,03}{0,03} + \frac{0,15}{2,10} + \frac{1}{23}$$

$$1/K1 = 0,13 + 0,036 + 1,000 + 0,071 + 0,04 = 1,277 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

T2: 15,0 cm ısıtılmayan mahale bakan döşeme (Isı akışı yukarı), 460 kg/m²

	kg/m ³	W/mK
5,0 cm çimentolu	2000	k = 1,400
15,0 cm betonarme	2400	k = 2,100

$$\frac{1}{K1} = \frac{1}{8} + \frac{0,05}{1,40} + \frac{0,15}{2,10} + \frac{1}{8}$$

$$1/K = 0,13 + 0,036 + 0,071 + 0,13 = 0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 0,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

5 010C	AÇIK ÇEŞ	22	34	7343	14 926	1 199	16 125	0,93	3 900	15 900	16 300	0	0	FÇİ	30 125	16 730	20 130	640	00	22	155
6 030A	AÇIK ÇEŞ	22	34	7366	13 066	1 199	14 265	0,92	3 100	12 900	16 300	0	0	FÇİ	22 225	14 150	13 150	640	00	22	155
7 030B	AÇIK ÇEŞ	22	34	7422	22 316	3 320	31 496	0,90	11 300	27 900	36 600	0	0	FÇİ	60 360	30 660	40 200	640	00	22	155
8 030C	AÇIK ÇEŞ	22	34	8 272	16 271	1 199	17 470	0,93	9 700	16 100	19 200	0	0	FÇİ	35 070	18 200	3 760	640	00	22	155
KAT TOPLAM:				54 007	117 567	11 365	1 28 853	0,93	67 200	118 600	142 700	0	0		247 005	130 460	104 670	0	0		

4 7-5. KAT FARK-COLLEGE ÇİMİLERİ																					
1 301	KARŞI ÇEŞ	18	34	3 205	2 427	0	2 427	1,00	2 300	2 300	2 300	0	0	FÇİ	41 25	2 750	2 750	640	00	22	155
2 309	ARITIM	22	34	6 972	3 644	0	3 644	1,00	7 300	3 900	3 900	0	0	FÇİ	6 435	4 200	4 200	640	00	22	155
3 310A	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 452	11 716	1 199	12 915	0,91	7 300	12 100	15 600	0	0	FÇİ	35 740	13 300	17 100	640	00	22	155
4 310B	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 499	26 640	3 320	29 939	0,29	11 000	26 300	35 900	0	0	FÇİ	59 235	29 460	39 460	640	00	22	155
5 310C	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 957	13 242	1 199	15 041	0,92	7 900	14 100	17 100	0	0	FÇİ	22 215	15 500	18 500	640	00	22	155
6 310A	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 452	12 449	1 199	13 648	0,91	7 300	12 400	15 900	0	0	FÇİ	32 235	13 640	17 460	640	00	22	155
7 310B	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 422	22 316	3 320	31 496	0,90	11 700	27 900	36 700	0	0	FÇİ	60 565	30 470	40 370	640	00	22	155
8 310C	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 342	15 229	1 199	16 428	0,93	8 700	15 300	18 300	0	0	FÇİ	31 020	16 830	20 680	640	00	22	155
KAT TOPLAM:				50 007	114 105	11 365	1 25 519	0,93	65 400	114 800	142 400	0	0		24 900	12 820	16 140	0	0		

4 8-4. KAT FARK-COLLEGE ÇİMİLERİ																					
1 401	KARŞI ÇEŞ	18	34	3 205	2 427	0	2 427	1,00	2 300	2 300	2 300	0	0	FÇİ	41 25	2 750	2 750	640	00	22	155
2 409	ARITIM	22	34	6 972	3 644	0	3 644	1,00	7 300	3 900	3 900	0	0	FÇİ	6 435	4 200	4 200	640	00	22	155
3 410A	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 452	11 716	1 199	12 915	0,91	7 300	12 100	15 600	0	0	FÇİ	35 740	13 300	17 100	640	00	22	155
4 410B	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 499	26 640	3 320	29 939	0,29	11 000	26 300	35 900	0	0	FÇİ	59 235	29 460	39 460	640	00	22	155
5 410C	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 957	13 242	1 199	15 041	0,92	7 900	14 100	17 100	0	0	FÇİ	22 215	15 500	18 500	640	00	22	155
6 410A	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 452	12 449	1 199	13 648	0,91	7 300	12 400	15 900	0	0	FÇİ	32 235	13 640	17 460	640	00	22	155
7 410B	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 422	22 316	3 320	31 496	0,90	11 700	27 900	36 700	0	0	FÇİ	60 565	30 470	40 370	640	00	22	155
8 410C	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 342	15 229	1 199	16 428	0,93	8 700	15 300	18 300	0	0	FÇİ	31 020	16 830	20 680	640	00	22	155
KAT TOPLAM:				50 007	114 105	11 365	1 25 519	0,93	65 400	114 800	142 400	0	0		24 900	12 820	16 140	0	0		

4 9-3. KAT FARK-COLLEGE ÇİMİLERİ																					
1 301	KARŞI ÇEŞ	18	34	3 205	2 427	0	2 427	1,00	2 300	2 300	2 300	0	0	FÇİ	41 25	2 750	2 750	640	00	22	155
2 309	ARITIM	22	34	6 972	3 644	0	3 644	1,00	7 300	3 900	3 900	0	0	FÇİ	6 435	4 200	4 200	640	00	22	155
3 310A	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 316	12 431	1 199	13 630	0,91	8 200	12 800	16 300	0	0	FÇİ	22 225	14 080	13 150	640	00	22	155
4 310B	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 499	26 640	3 320	29 939	0,29	11 000	27 000	35 800	0	0	FÇİ	59 070	29 700	39 380	640	00	22	155
5 310C	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 293	14 951	1 199	16 150	0,93	8 900	15 300	18 300	0	0	FÇİ	30 125	16 830	20 130	640	00	22	155
6 310A	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 316	13 161	1 199	14 360	0,92	8 300	13 100	16 700	0	0	FÇİ	27 565	14 400	13 770	640	00	22	155
7 310B	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 422	22 316	3 320	31 496	0,90	11 300	27 900	36 600	0	0	FÇİ	60 360	30 660	40 200	640	00	22	155
8 310C	AÇIK ÇEŞ	22	34	8 272	16 271	1 199	17 500	0,93	9 700	16 700	19 200	0	0	FÇİ	35 070	18 370	3 760	640	00	22	155
KAT TOPLAM:				54 007	117 770	11 365	1 25 119	0,93	67 400	129 200	152 100	0	0		247 005	130 460	104 670	0	0		

4 10-3. KAT FARK-COLLEGE ÇİMİLERİ																					
1 301	KARŞI ÇEŞ	18	34	3 205	2 427	0	2 427	1,00	2 300	2 300	2 300	0	0	FÇİ	41 25	2 750	2 750	640	00	22	155
2 309	ARITIM	22	34	6 972	3 644	0	3 644	1,00	7 300	3 900	3 900	0	0	FÇİ	6 435	4 200	4 200	640	00	22	155
3 310A	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 266	12 357	1 199	13 556	0,91	8 100	12 600	16 300	0	0	FÇİ	28 385	13 900	17 500	640	00	22	155
4 310B	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 499	26 640	3 320	29 939	0,29	11 000	27 000	35 800	0	0	FÇİ	59 070	29 700	39 380	640	00	22	155
5 310C	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 243	14 926	1 199	16 125	0,93	8 900	15 900	18 300	0	0	FÇİ	30 125	16 730	20 130	640	00	22	155
6 310A	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 266	13 066	1 199	14 265	0,92	8 100	12 600	16 300	0	0	FÇİ	22 225	14 150	13 150	640	00	22	155
7 310B	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 422	22 316	3 320	31 496	0,90	11 300	27 900	36 600	0	0	FÇİ	60 360	30 660	40 200	640	00	22	155
8 310C	AÇIK ÇEŞ	22	34	8 272	16 271	1 199	17 470	0,93	9 700	16 600	19 200	0	0	FÇİ	35 070	18 200	3 760	640	00	22	155
KAT TOPLAM:				54 007	117 567	11 365	1 28 853	0,93	67 200	118 600	142 700	0	0		247 005	130 460	104 670	0	0		

4 11-1. KAT FARK-COLLEGE ÇİMİLERİ																					
1 101	KARŞI ÇEŞ	18	34	3 205	2 427	0	2 427	1,00	2 300	2 300	2 300	0	0	FÇİ	41 25	2 750	2 750	640	00	22	155
2 109	ARITIM	22	34	13 250	5 666	0	5 666	1,00	13 500	5 700	5 700	0	0	FÇİ	9 405	6 270	6 270	640	00	22	155
3 110A	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 452	11 716	1 199	12 915	0,91	7 300	12 100	15 600	0	0	FÇİ	35 740	13 300	17 100	640	00	22	155
4 110B	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 499	26 640	3 320	29 939	0,29	11 000	26 300	35 900	0	0	FÇİ	59 235	29 460	39 460	640	00	22	155
5 110C	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 957	13 242	1 199	15 041	0,92	7 900	14 100	17 100	0	0	FÇİ	22 215	15 500	18 500	640	00	22	155
6 110A	AÇIK ÇEŞ	22	34	6 452	12 449	1 199	13 648	0,91	7 300	12 400	15 900	0	0	FÇİ	32 235	13 640	17 460	640	00	22	155
7 110B	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 422	22 316	3 320	31 496	0,90	11 700	27 900	36 700	0	0	FÇİ	60 565	30 470	40 370	640	00	22	155
8 110C	AÇIK ÇEŞ	22	34	7 342	15 229	1 199	16 428	0,93	8 700	15 300	18 300	0	0	FÇİ	31 020	16 830	20 680	640	00	22	155
KAT TOPLAM:				57 285	116 155	11 365	1 25 519	0,93	67 200	116 600	142 400	0	0		24 900	12 820	16 140	0	0		

4.12. ZEMIN KAT FALCO II SİCİMLERİ																															
1.201	ÇERİŞ HÜJÜ	12	34	13.250	6.172	170	6.334	0,62	13.500	6.300	0	0	FCL	10.325	6500	6500	2.040	640	000	22	155										
2.202	AŞAĞI ÇEK HÜJÜ	12	34	1.300	1.120	0	1.120	1,00	1.400	1.300	0	0	FCL	3.795	2530	2530	2.040	640	000	22	155										
3.210	BANCA ÇÜREKİ	22	34	6.452	11.716	1.199	19.915	0,91	2.600	12.100	15.600	0	0	FCL	25.740	13.300	17.100	2.040	640	000	22	155									
4.211	AÇIK ÇERİŞ	22	34	5.557	3.284	4.416	2.762	0,22	11.700	33.300	45.500	0	0	FCL	76.075	36.000	50.050	2.040	640	000	22	155									
5.212	AÇIK ÇERİŞ	22	34	11.472	15.266	1.514	17.020	0,91	12.400	15.700	30.500	0	0	FCL	33.465	17.270	22.330	2.040	640	000	22	155									
6.213	AÇIK ÇERİŞ	22	34	8.200	15.925	1.514	17.449	0,91	10.300	30.300	31.100	0	0	FCL	34.815	12.150	23.200	2.040	640	000	22	155									
7.214	AÇIK ÇERİŞ	22	34	12.241	35.550	3.470	30.030	0,91	22.500	36.900	47.300	0	0	FCL	73.045	40.500	56.000	2.040	640	000	22	155									
8.215	AÇIK ÇERİŞ	22	34	15.115	26.326	3.234	29.070	0,92	17.200	27.300	34.100	0	0	FCL	56.225	30.000	37.500	2.040	640	000	22	155									
9.216	AÇIK ÇERİŞ	22	34	14.063	22.457	1.933	24.330	0,92	15.600	23.200	28.200	0	0	FCL	46.520	25.500	31.000	2.040	640	000	22	155									
10.217	AÇIK ÇERİŞ	22	34	15.113	31.928	1.879	32.815	0,92	16.300	31.900	27.100	0	0	FCL	44.715	24.000	29.500	2.040	640	000	22	155									
11.218	AÇIK ÇERİŞ	22	34	2.929	31.723	4.416	37.125	0,22	10.500	31.200	43.900	0	0	FCL	72.435	34.920	46.200	2.040	640	000	22	155									
12.219	AÇIK ÇERİŞ	22	34	4.427	10.493	1.199	11.672	0,90	5.800	10.400	13.700	0	0	FCL	22.625	11.440	15.070	2.040	640	000	22	155									
ZEMİN KAT TOPLAMI:												11.729	232.246	29.930	282.225	0,22	1.470	22.700	20.000	0	0	54.900	291.490	330.000	0	0	2.040	640	000	22	155

4.13.1. BODURUM KAT FALCO II SİCİMLERİ																															
1.1201	AŞAĞI ÇEK HÜJÜ	22	34	1.722	2.234	0	2.234	1,00	2.300	2.400	2.400	0	0	FCL	3.900	2.640	2.640	2.040	640	000	22	155									
2.1209	BANCA ÇÜREKİ	22	34	6.112	2.069	945	9.015	0,90	6.800	6.900	8.200	0	0	FCL	14.920	7.950	9.050	2.040	640	000	22	155									
3.1210	AŞAĞI	22	34	15.402	12.263	1.279	20.672	0,91	16.600	16.200	31.600	0	0	FCL	35.640	23.700	23.700	2.040	640	000	22	155									
4.1211	MERKİT	22	34	2.327	12.015	9.463	21.472	0,26	5.100	6.600	15.400	0	0	FCL	25.400	7.200	16.940	2.040	640	000	22	155									
5.1212	HÜJÜ	12	34	1.027	1.272	0	1.272	1,00	1.700	1.300	1.300	0	0	FCL	2.145	1.430	1.430	2.040	640	000	22	155									
6.1213	AŞAĞI	22	34	30.102	47.612	4.257	52.475	0,91	25.400	42.600	55.700	0	0	FCL	91.020	46.920	60.720	2.040	640	000	22	155									
7.1214	MOTİPAK	12	34	11.023	11.228	0	11.228	1,00	11.500	11.700	11.700	0	0	FCL	16.000	30.000	30.000	2.040	640	000	22	155									
8.1215	YEMERKANE	20	34	43.932	63.202	44.202	102.622	0,29	22.200	33.700	65.200	0	0	FCL	107.520	37.070	71.720	2.040	640	000	22	155									
9.1216	KARTEKAYA	20	34	14.641	12.121	10.326	22.507	0,64	17.200	2.200	12.900	0	0	FCL	3.125	9.020	20.700	2.040	640	000	22	155									
10.1217	HÜJÜ	20	34	7.257	14.202	2.209	22.271	0,64	11.500	7.400	16.900	0	0	FCL	27.225	21.40	25.920	2.040	640	000	22	155									
11.1218	BODURUM ÇEKİŞİ	22	34	3.440	3.440	1.122	4.542	0,76	2.600	1.900	3.900	0	0	FCL	6.435	2.000	4.250	2.040	640	000	22	155									
12.1219	BODURUM ÇEKİŞİ	22	34	3.074	6.231	2.216	2.447	0,74	4.200	3.200	7.100	0	0	FCL	11.715	3.520	7.820	2.040	640	000	22	155									
13.1220	BODURUM ÇEKİŞİ	22	34	3.031	6.172	2.216	2.294	0,74	4.200	3.200	7.100	0	0	FCL	11.715	3.520	7.820	2.040	640	000	22	155									
14.1221	KONTRBAN SALONU	22	34	12.252	22.233	11.072	32.311	0,70	16.100	15.400	20.500	0	0	FCL	50.225	16.940	33.580	2.040	640	000	22	155									
1. BODURUM KAT TOPLAMI:												156.222	232.246	29.930	282.225	0,71	122.600	124.300	265.000	0	0	464.925	1.04.920	1.207.200	0	0	2.040	640	000	22	155

4.14.2. BODURUM KAT FALCO II SİCİMLERİ																															
1.1201	AŞAĞI ÇEK HÜJÜ	22	34	4.023	2.223	0	2.223	1,00	4.100	2.700	2.700	0	0	FCL	4.425	2.270	2.270	2.040	640	000	22	155									
2.1202	GÜVENLİLİK KATI	22	34	1.255	1.421	129	1.672	0,29	1.400	1.700	1.600	0	0	FCL	2.640	1.220	1.220	2.040	640	000	22	155									
2. BODURUM KAT TOPLAMI:												5.278	4.289	129	4.546	0,25	5.900	3.900	4.300	0	0	7.065	4.220	4.720	0	0	2.040	640	000	22	155

4.15.3. BODURUM KAT FALCO II SİCİMLERİ																															
1.1201	AŞAĞI ÇEK HÜJÜ	22	34	5.001	3.228	0	3.228	1,00	5.700	3.000	3.000	0	0	FCL	4.950	3.200	3.200	2.040	640	000	22	155									
3. BODURUM KAT TOPLAMI:												5.001	3.228	0	3.228	1,00	5.700	3.000	3.000	0	0	4.950	3.200	3.200	0	0	2.040	640	000	22	155

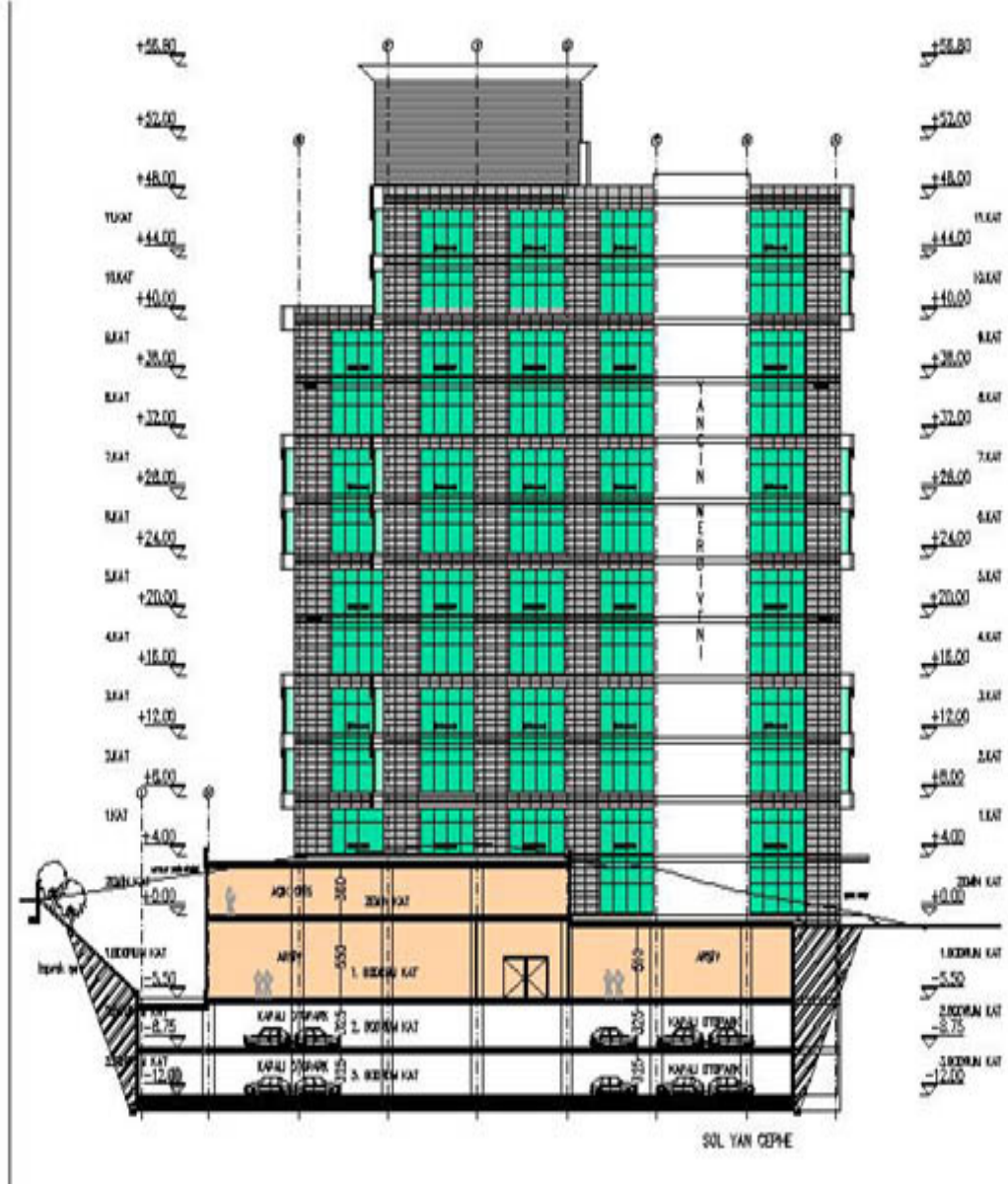
GENEL TOPLAM:												297.244	1.722.122	224.622	1.262.113	0,22	1.024.100	1.023.200	2.164.400	0	0	3.526.225	1.257.700	2.237.270	0	0	2.040	640	000	22	155
TOPLAM ARSIZ SAĞLAM:												FCL:	0 A.A.	FCC:	0 A.A.	FCS:	0 A.A.	FCS4:	0 A.A.	FCS:	0 A.A.	TOPLAM:	0 A.A.								
TOPLAM ARSIZ SAĞLAM:												FCC:	0 A.A.	FCS:	0 A.A.	FCS4:	0 A.A.	FCS:	0 A.A.	TOPLAM:	0 A.A.										

değer	Q1	Q4	Q6
FCL	2.040	640	900
FCC	2.200	220	1.120
FCS	3.610	1.620	2.020
FCS4	5.070	2.430	3.020
FCS5	6.340	2.720	3.250
FCS6	6.420	3.320	4.020
FCS7	2.220	2.720	4.200
FCS8	2.120	2.120	4.200
FCS9	2.120	2.120	4.200
FCS10	2.120	2.120	4.200

Ek 9 Daraltılmış İşletme Maliyeti

2008 NİSAN-EYLÜL DÖNEMİ DARALTIKMIŞ İŞLETME MALİYETİ (US\$)						
Gün ↓	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
1	278,108	327,186	638,013	883,403	816,512	0,000
2	294,468	335,366	711,630	899,762	0,000	985,027
3	294,468	0,000	719,810	1.014,277	828,800	684,046
4	302,647	474,420	727,989	965,199	851,344	424,109
5	0,000	477,692	752,528	0,000	821,502	424,109
6	294,468	482,600	760,708	891,582	825,312	424,109
7	294,468	490,779	0,000	899,762	825,312	432,317
8	294,468	490,779	727,989	899,762	831,464	0,000
9	294,468	498,959	727,989	981,559	0,000	391,274
10	351,725	0,000	727,989	883,403	825,312	410,428
11	359,905	490,779	736,169	883,403	825,312	410,428
12	0,000	482,600	760,708	0,000	825,312	410,428
13	294,468	487,507	732,897	883,403	825,312	418,636
14	335,366	494,051	0,000	883,403	858,132	426,845
15	343,546	490,779	732,897	1.046,996	852,773	0,000
16	348,453	498,959	732,897	899,762	0,000	465,151
17	351,725	0,000	732,897	891,582	826,129	383,066
18	359,905	490,779	736,169	883,403	826,017	404,955
19	0,000	489,143	768,888	0,000	825,312	410,428
20	332,094	490,779	768,888	883,403	825,312	426,845
21	333,730	487,507	0,000	883,403	825,312	432,317
22	343,546	490,779	732,897	981,559	831,464	0,000
23	351,725	498,959	727,989	899,762	0,000	380,330
24	327,186	0,000	727,989	891,582	827,999	407,692
25	335,366	482,600	727,989	883,403	825,312	415,900
26	0,000	490,779	727,989	0,000	825,312	415,900
27	333,730	490,779	736,169	883,403	825,312	418,636
28	343,546	498,959	0,000	883,403	831,464	424,109
29	310,827	507,139	760,708	981,559	830,791	0,000
30	319,007	515,318	732,897	899,762	0,000	432,317
31	-	0,000	-	891,582	828,149	-

Ek 10 İncelenen Binanın Dış Görünüşleri





ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 01.07.1982

Doğum yeri ELAZIĞ

Lise 1995-1998 Elazığ Lisesi

Lisans 1998-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Matematik Bölümü
2000-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Müh. Anabilim Dalı, Isı-Proses Programı

Çalıştığı Kurum

2004-2005 Promet İnş. Proje Kont. ve Enf. Tek. Tic. A.Ş.
2005-2007 Zambak Mimarlık Müh. İnş. San. Tic. A.Ş.
2007-2008 Kara Kuvvetleri Komutanlığı (Yedek Subay)
2008-Devam ediyor Elazığ Ticaret ve Sanayi Odası