

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OPTİMUM SOĞURMALI SOĞUTMANIN VE  
SOĞURUCU MALZEMESİNİN SEÇİMİ**

Makine Müh. Hakan ERTAN

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı :Prof Dr.İsmail TEKE**

**İSTANBUL,2009**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OPTİMUM SOĞURMALI SOĞUTMANIN VE  
SOĞURUCU MALZEMESİNİN SEÇİMİ**

Makine Müh. Hakan ERTAN

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı :Prof Dr.İsmail TEKE**

**İSTANBUL,2009**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	vi
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xi
ÖNSÖZ.....	1
ÖZET .....	2
ABSTRACT .....	3
1. GİRİŞ.....	4
1.1 Soğurucu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensipleri .....	4
1.1.1 Nem alma.....	6
1.1.1.1 Sıkıştırma.....	7
1.1.1.2 Soğutma .....	7
1.1.1.3 Soğurma.....	7
1.1.2 Havanın ısıtılması .....	8
2. SOĞURUCU MADDELER.....	9
2.1 Katı Soğurucular.....	10
2.1.1 Katı soğurucu maddeler.....	10
2.1.1.1 Silika jel.....	10
2.1.1.2 Montmorillonite kili .....	11
2.1.1.3 Moleküler elek.....	12
2.1.1.4 Kalsiyum oksit.....	14
2.1.1.5 Kalsiyum sülfat.....	14
2.1.1.6 Alümine, ( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	14
2.1.1.7 Polimer soğurucular.....	15
2.1.2 Katı soğurucu seçim kriterleri .....	15
2.1.3 Katı soğurucuların özelliklerinin karşılaştırılması .....	16
2.1.4 Katı soğurucuların kullanım alanları .....	18
2.2 Sıvı Soğurucular .....	19
2.2.1 Sıvı soğurucuların seçim kriterleri .....	21
3. SOĞURUCU MADDELİ SOĞUTMA SİSTEMLERİ.....	22
3.1 Katı Soğuruculu Sistemler.....	22
3.1.1 Katı soğurucu tanklı sistem .....	22
3.1.1.1 Sistemin çalışma şekli .....	22
3.1.1.2 Sistemin avantajları .....	23

3.1.1.3	Sistemin dezavantajları.....	23
3.1.2	Soğurucu tepsili sistem.....	23
3.1.2.1	Sistemin çalışma şekli .....	23
3.1.2.2	Sistemin avantajları .....	24
3.1.2.3	Sistemin dezavantajları.....	24
3.1.3	Çok bölmeli soğurucu sistem .....	24
3.1.3.1	Sistemin çalışma şekli .....	24
3.1.3.2	Sistemin avantajları .....	25
3.1.3.3	Sistemin dezavantajları.....	25
3.1.4	Soğurucu tekerlekli sistem.....	26
3.1.4.1	Sistemin çalışma şekli .....	26
3.1.4.2	Sistemin avantajları .....	26
3.1.4.3	Sistemin dezavantajları.....	26
3.1.5	Soğurucu tekerleğin seçimi .....	27
3.2	Sıvı Soğurucu Sistemler .....	28
3.2.1	Sıvı soğurucu sistemlerinin çalışması.....	28
3.2.1.1	Nem alma.....	30
3.2.1.2	Aktifleştirme .....	31
3.2.1.3	Sistemin avantajları .....	33
3.3	Hibrid Soğutucu Sistemler.....	33
3.3.1	Yapılan araştırmalar ve sonuçları .....	35
3.3.2	Sistemin avantajları .....	36
4.	UYGULAMA ALANLARI .....	37
4.1	Soğurucu Maddeli Nem Almanın Faydaları.....	37
4.2	Uygulama Konuları .....	38
4.2.1	Kurulacak soğurucu soğutma sisteminin seçimini etkileyen faktörler.....	39
5.	PERFORMANS ETKENLERİ.....	41
5.1	Besleme Havası .....	41
5.2	Aktifleştirme Havası.....	41
6.	SOĞURUCU SOĞUTMA SİSTEMİNİN BİNAYA UYGULANMASI .....	42
6.1	Uygulamanın Amacı.....	42
6.2	Sınırların ve Koşulların Belirlenmesi .....	42
6.3	Duyulur Isı ve Nem Yükünün Hesaplanması .....	42
6.3.1	Duyulur ısı yükünün hesaplanması.....	42
6.3.2	Nem yükünün hesaplanması .....	43
6.3.2.1	Difüzyon yoluyla gelen nem yükü ( $W_x$ ).....	43
6.3.2.2	İnsanlardan gelen nem yükü ( $W_i$ ).....	46
6.3.2.3	Ürünlerden ve malzemelerden gelen nem yükü ( $W_{ü}$ ) .....	46
6.3.2.4	Yanma kaynaklı nem yükü ( $W_G$ ).....	48
6.3.2.5	Islak yüzeylerden gelen nem yükü ( $W_l$ ) .....	48
6.3.2.6	Dış ortamdan sızıntı yoluyla gelen nem kazancı ( $W_S$ ) .....	48
6.3.2.7	Taze hava ihtiyacından gelen nem yükü ( $W_{Th}$ ) .....	49
6.4	Sistem Elemanlarının Seçimi.....	49
6.5	Kontrol Sisteminin Seçimi.....	49
6.6	Maliyet Hesabı.....	49

7.	SOĞURUCU TEKERLEK İLE NEM ALMA.....	50
7.1	DW Programının Tanıtılması ve Kullanımı .....	50
7.2	BH'nin Bağlı Neminin Nem Tutumuna Etkisi .....	52
7.3	ST Alanının Nem Tutumuna Etkisi .....	53
7.4	ST Hızının Nem Tutumuna Etkisi .....	54
7.5	Isıtıcı Gücünün ve Aktifleştirme Sıcaklığının Nem Tutumuna Etkisi .....	55
7.6	ST Aktifleştirme Sıcaklığının Optimum Soğurucu Tekerlek Dönme Hızına Etkisi.....	57
7.7	A/ST Oranın Nem Tutumuna Etkisi .....	59
8.	UYGULAMA .....	60
8.1	Uygulamanın Amacı.....	60
8.2	Sınır Koşulların Belirlenmesi .....	60
8.3	Taze Hava (Besleme Havası) İhtiyacının Bulunması ( $V_{Th}$ ).....	62
8.4	Duyulur Isı ve Nem Yükünün Hesabı .....	63
8.4.1	Duyulur ısı yükünün hesaplanması.....	63
8.4.2	Nem yükünün hesaplanması .....	63
8.4.2.1	Difüzyon yoluyla gelen nem yükü ( $W_x$ ) hesabı .....	63
8.4.2.2	İnsanlardan gelen nem yükü ( $W_i$ ) hesabı .....	64
8.4.2.3	Ürünlerden ve malzemelerden gelen nem yükü ( $W_{ii}$ ) hesabı .....	64
8.4.2.4	Yanma kaynaklı nem yükü ( $W_G$ ) hesabı.....	64
8.4.2.5	Islak yüzeylerden gelen nem yükü ( $W_l$ ) hesabı.....	64
8.4.2.6	Dış ortamdan sızıntı yoluyla gelen nem kazancı ( $W_s$ ) hesabı .....	64
8.4.2.7	Taze hava ihtiyacından gelen nem yükü ( $W_{Th}$ ) hesabı .....	64
8.4.2.8	Toplam nem yükü ( $W_T$ ) hesabı.....	65
8.5	Soğurucu Soğutma Sisteminin Dizaynı (Sistem 1) ve Sistem Parametrelerinin Belirlenmesi.....	65
8.5.1	Soğurucu tekerlek (ST) ve ısıtıcı seçimi.....	66
8.5.1.1	ST performanslarının belirlenmesi .....	66
8.5.1.2	ST ve ısıtıcı maliyet analizi .....	71
8.5.2	Diğer sistem elemanlarının seçimi .....	76
8.5.2.1	Isı değiştirici (ID) seçimi.....	76
8.5.2.2	Soğutucu batarya kapasitesi ve seçimi .....	77
8.5.2.3	Fanların seçimi .....	78
8.6	Soğurucu Soğutma Sistemiyle Klasik Soğutma Sisteminin Karşılaştırılması.....	79
8.6.1	Klasik soğutma sistemi dizaynı (sistem 2) .....	79
8.6.2	Klasik soğutma sistemi enerji analizi .....	80
8.6.3	Soğurucu soğutma sisteminde ısıtıcı olarak buharlaştırıcı kullanılması ve dizaynı (sistem 3) .....	82
8.6.4	Soğutma sistemlerin enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması .....	83
8.6.5	Soğutma sistemlerin yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması.....	83
8.6.6	Soğutma sistemlerin toplam maliyetlerinin karşılaştırılması .....	84
8.7	ST Ülkemizde Üretilmesi Durumunda Soğutucu Sistemlerin Karşılaştırılması ...	85
9.	SONUÇLAR.....	87
	KAYNAKLAR.....	88

İNTERNET KAYNAKLARI .....	90
EKLER .....	91
Ek 1 ASHRAE 62-1999 Standardına göre havalandırma tesisatlarında esas alınacak dış hava miktarları .....	92
Ek 2 Uygulamada Soğurucu Tekerlekle İlgili Kullanılan Veriler .....	93
ÖZGEÇMİŞ .....	100

## SİMGE LİSTESİ

$c_{hava}$	Havanın Özgül Isısı (sabit basınçta)
COP	Soğutma Performans Katsayısı
$\dot{m}$	Kütlesel Debi
$\rho_{hava}$	Havanın Yoğunluğu
$\eta_{ID}$	ID 'nin Verimi
$Q_s$	Soğutucu Batarya Kapasitesi
$Q_{D.I.K}$	Duyulur Isı Kazancı
$V_{Duyulur}$	Duyulur Isı Kazancına Esas Olan Havalandırma Debisi
$V_{İnsan}$	Taze Hava İhtiyacına Esas Olan Havalandırma Debisi
$W_x$	Difüzyon Yoluyla Gelen Nem Yükü
$W_i$	İnsanlardan Gelen Nem Yükü
$W_{\bar{u}}$	Ürünlerden ve Malzemelerden gelen Nem yükü Kritik oran
$W_G$	Yanma Kaynaklı Nem Yükü
$W_l$	Islak Yüzeylerden Gelen Nem Yükü
$W_s$	Dış ortamdan sızıntı yoluyla gelen nem kazancı
$W_{Th}$	Taze Hava İhtiyacından Gelen Nem Yükü

## KISALTMA LİSTESİ

A.ΔP	Aktifleştirme Havası Tarafında Soğurucu Tekerlekteki Basınç Kaybı
A/ST	Soğurucu Tekerleğin Aktifleştirme Bölümünün Soğurucu Tekerleğe Oranı
AÇ.E	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Entalpisi
AÇ.KT	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış K. Termometre Sıc.
AÇ.N	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Özgül Nemi
AÇ.Q	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Debisi
AÇ.RH	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Bağlı Nemi
AÇ.YT	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Y. Termometre Sıc.
AG.E	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Entalpisi
AG.KT	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş K. Termometre Sıcaklığı
AG.N	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Özgül Nemi
AG.Q	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Debisi
AG.RH	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Bağlı Nemi
AG.YT	Aktifleştirme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Y. Termometre Sıcaklığı
AH	Aktifleştirme Havası
AH/BH	Aktifleştirme havası debisinin besleme havası debisine oranı
B.NT	Soğurucu Tekerleğin Birim Nem Tutumu
B.ΔP	Besleme Havası Tarafında Soğurucu Tekerlekteki Basınç Kaybı
BÇ.E	Besleme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Entalpisi
BÇ.ID.KT	Besleme Havasının Isı Değiştiriciden Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı
BÇ.KT	Besleme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı
BÇ.N	Besleme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Özgül Nemi
BÇ.Q	Besleme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Debisi
BÇ.RH	Besleme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Bağlı Nemi
BÇ.YT	Besleme Havasının Soğurucu Tekerlekten Çıkış Yaş Termometre Sıcaklığı
BG.E	Besleme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Entalpisi
BG.KT	Besleme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Kuru Termometre Sıcaklığı
BG.N	Besleme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Özgül Nemi
BG.Q	Besleme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Debisi
BG.RH	Besleme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Bağlı Nemi
BG.YT	Besleme Havasının Soğurucu Tekerleğe Giriş Yaş Termometre Sıcaklığı
BH	Besleme Havası
BH	Besleme Havası
BH.DIK	Besleme Havasına Soğurucu Tekerlekten Gelen Duyulur Isı Kazancı
DH	Dış Ortam Havası
EH	Egzoz Havası (İç Ortamdan Tahliye Edilen Hava)
ES	Evaporatif Soğutucu
İÇ.E	Isıtıcı Çıkışında Aktifleştirme Havasının Entalpisi
İÇ.KT	Isıtıcı Çıkışında Aktifleştirme Havasının Kuru Termometre Sıcaklığı
İÇ.N	Isıtıcı Çıkışında Aktifleştirme Havasının Özgül Nemi
İÇ.Q	Isıtıcı Çıkışında Aktifleştirme Havasının Debisi
İÇ.RH	Isıtıcı Çıkışında Aktifleştirme Havasının Bağlı Nemi
ID	Isı Değiştirici
IG	Isıtıcı Gücü
SS	Soğutucu Serpantin
SSS	Soğurucu Soğutma Sistemi
ST	Soğurucu Tekerlek
ST.M	Soğurucu Tekerlek Modeli



ST.RPH Soğurucu Tekerleğin Dönme Hızı  
Sm<sup>3</sup>/h Standart koşullarda 1 atm 25°C'de havanın m<sup>3</sup>/h biriminden debisi

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Soğurucu soğutma sisteminin çalışma prensibinin psikometrik diyagramda gösterilmesi.....	5
Şekil 1.2	Soğurucu maddeli soğutma sistemi akış şeması.....	6
Şekil 1.3	Nem alma yöntemleri .....	6
Şekil 1.4	Hava sıcaklığı ile bağıl nemin arasındaki ilişki.....	7
Şekil 2.1	Tipik silika jel görünümü (www.bikodu.com) .....	10
Şekil 2.2	Silika jelin kullanım sonrası nem tutma kabiliyetindeki azalma .....	11
Şekil 2.3	Montmorillonite kilinin görünüşü (www.alibaba.com).....	12
Şekil 2.4	Çeşitli soğurucuların havanın bağıl nem oranına göre nemi soğurma miktarları [5]13	
Şekil 2.5	Çeşitli soğurucuların sıcaklıkla değişen nem tutma kapasiteleri [7] .....	13
Şekil 3.1	Katı Soğuruculu Nem Alma Sistemi .....	23
Şekil 3.2	Tepsili Soğuruculu Nem Alma Sistemi .....	24
Şekil 3.3	Çok Bölmeli Soğuruculu Nem Alma Sistemi.....	25
Şekil 3.4	Soğurucu Tekerlekli Nem Alma Sistemi.....	26
Şekil 3.5	Kalsiyum klorid – su çözeltisinin farklı konsantrasyonlarda ve farklı çözelti sıcaklıklarındaki su buhar basıncı değişim grafiği (Dow Chemical Company, Calcium Chloride Handbook, 1999.).....	29
Şekil 3.6	101.325 kPa basınçta beraber bulunan hava ve lityum klorid çözeltinin farklı sıcaklık ve çözelti oranlarında, dengelenmiş nem tutma miktarı (ASHRAE Handbook, Chapter 22, 2000).....	29
Şekil 3.7	Sıvı soğuruculu nem alma hava akış diyagramı (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000).....	31
Şekil 3.8	Hava temas yüzeyi artırılmış adsorbsiyonlu sıvı soğuruculu ünitelerin akış diyagramı (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000).....	31
Şekil 3.9	Sıvı soğuruculu çoklu soğurma üniteli sistem (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000) .....	33
Şekil 3.10	Psikometrik şekilde buharlaştırmalı soğutmada yapılan aşırı soğutma ve tekrar ısıtmanın gösterimi .....	34
Şekil 3.11	Tipik bir hibrid soğutma sistemi (Collins, T., 1997) .....	35
Şekil 7.1	DW programının ön yüzü .....	50
Şekil 7.2	DW programının ayarlar menüsü .....	51
Şekil 7.3	DW programının sistem değişkenlerinin girişlerin yapıldığı menüsü.....	52
Şekil 7.4	ST'ye giren besleme havasının nemindeki değişmeye göre ST'nin nem tutma grafiği.....	52
Şekil 7.5	ST alanlarının nem tutumuna etki grafiği.....	53
Şekil 7.6	Değişken ST dönme hızlarında ST'nin nem tutumu grafiği.....	54
Şekil 7.7	Değişken ST dönme hızlarında ve Değişken ST çaplarında ST'nin nem tutumu grafiği.....	55
Şekil 7.8	Optimum ST dönme hızlarında artan IG'lerde ST'nin nem tutumu grafiği.....	56
Şekil 7.9	Optimum ST dönme hızlarında farklı İÇ.KT sıcaklıklarında ST'nin nem tutumu grafiği.....	56
Şekil 7.10	ST'nin sabit dönme hızlarında, değişken IG ve ST çaplarında ST'nin nem tutumu grafiği.....	57
Şekil 7.11	ST'nin optimum dönme hızlarında değişken İÇ.KT sıcaklığında farklı ST çaplarında ST'nin nem tutumu grafiği.....	57
Şekil 7.12	Değişken IG ve ST çaplarında optimum nem tutumunu yakalamak için gerekli ST dönme hızları grafiği .....	58
Şekil 7.13	A/ST oranı 0,25 ve 0,5 olan ST ve ısıtıcı çiftinin gösterimi.....	59

Şekil 7.14	A/ST oranı 0,25 ve 0,5 olan 1,730m çaplı ST'ler için ısıtıcı gücüne göre nem tutumu grafiği .....	59
Şekil 8.1	Türkiye'de yaz dış hava dizayn şartları içi kuru termometre sıcaklıklarının değişimleri ( Buharlaşmak Serinletme Özellikleri ve Uygulaması,1993).....	61
Şekil 8.2	Türkiye'de yaz dış hava şartları için yaş termometre sıcaklıklarının değişimleri ( Buharlaşmak Serinletme Özellikleri ve Uygulaması,1993).....	61
Şekil 8.3	%100 Temiz hava ihtiyaçlı hibrid katı soğurucu tekerlekli bir soğutma sistemi (Sistem 1).....	65
Şekil 8.4	Grafikte silika jel kullanan ST ile moleküler elek kullanan ST'nin 25°C sıcaklıkta, artan bağıl neme göre nem tutumu grafiği ( Novel Aire DW brochure,).....	67
Şekil 8.5	Farklı ST çaplarında optimum ST hızlarında ısıtıcı gücüne göre nem tutumu değişimi .....	68
Şekil 8.6	ST.Ç 1,525m için, çizelge 8.3 teki verilere göre hazırlanmış soğutma sisteminin içinde yer alan ID giriş çıkış değerleri.....	70
Şekil 8.7	ST çaplarına göre ST maliyetleri.....	72
Şekil 8.8	IG'ye göre Isıtıcı maliyetleri .....	73
Şekil 8.9	ST.Ç'ye göre ısıtıcıda harcanacak yakıt maliyeti grafiği .....	74
Şekil 8.10	Farklı ST.Ç için geçen yıllara göre soğurucu sistemin toplam maliyeti gösteren grafik. (Veriler çizelge 8.6'dan alınmıştır.).....	75
Şekil 8.11	Soğuruculu soğutma sisteminde ST.Ç= 3,050 m için seçilen sistem elemanları ve giriş çıkış değerleri (sistem 1) .....	76
Şekil 8.12	Soğutma sisteminin soğutucu batarya bölümü ve havanın giriş çıkış özellikleri..	78
Şekil 8.13	Klasik Soğutma Sisteminin Dizaynı (Sistem 2) .....	80
Şekil 8.14	Klasik Soğutma Sisteminin Soğutma ve Isıtma Proseslerinin Psikometrik diyagramda gösterilmesi.....	81
Şekil 8.15	Soğurucu soğutma sistemi dizaynı (ısıtıcı olarak buharlaştırıcı kullanımı) (Sistem 3).....	82
Şekil 8.16	Soğutucu sistemlerin yatırım ve işletmeden oluşan toplam maliyetlerinin kullanım süresine göre grafik üzerinde karşılaştırılması. ....	85

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Çeşitli nem alıcıların nem alma kapasiteleri .....	16
Çizelge 2.2 Nem alıcı maddelerin diğer özellikleri .....	16
Çizelge 2.3 Soğurucuların özellikleri [7] .....	17
Çizelge 2.4 Nem alıcı ve taşıyıcı maddeler ile bunların kullanım alanları ( Tuncay, 1999 )...	18
Çizelge 5.1 Uygulamaya göre soğurucu nem alma sisteminin kullanılmasının yararlı olacağı yerler .....	39
Çizelge 6.1 Çok kullanılan bina malzemeleri için tipik su buharı geçirim ve geçirgenlik değerleri (Özdemir, E. , 2001) .....	44
Çizelge 6.1 Çok kullanılan bina malzemeleri için tipik su buharı geçirim ve geçirgenlik değerleri (devamı) (Özdemir, E. , 2001) .....	45
Çizelge 6.2 21°C için aktivitelere göre insanlardan havaya giden nem yükü ( Holcomb, F., 2000 ). .....	46
Çizelge 6.3 Higroskopik materyallerin ortamın bağıl nemine göre tuttukları nem miktarı (ASHRAE Applications Handbook,1999) .....	47
Çizelge 8.1 DW programı veri girişi değerleri .....	66
Çizelge 8.2 A/ST =0,25 B.NT=10.485gr/kg k.hava için farklı çaptaki ST'lere göre Isıtıcıda harcanacak enerji miktarları .....	69
Çizelge 8.3 Optimum A/ST oranında, ST.RPH değerinde farklı çaptaki ST için B.NT=10.485gr/kg k.hava nem tutumunu sağlayacak şekilde ısıtıcıda harcanacak enerji miktarları .....	69
Çizelge 8.4 $\eta_{ID}$ :0,80 için optimum A/ST oranında B.NT=10.485gr/kg k.hava için farklı çaptaki ST'lere göre ısıtıcıda harcanacak enerji miktarları .....	71
Çizelge 8.5 ST.Ç'ye göre ısıtıcıda harcanacak enerji miktarları (çizelge 8.4 ten alınmıştır)..	73
Çizelge 8.6 Farklı soğurucu tekerlek çapları için soğurucu sistemin (ST+Isıtıcı+Yakıt) yıllara göre toplam maliyetleri (€) gösterir .....	76
Çizelge 8.7 Soğutucu Sistemlerin Enerji Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Sistem 1: Şekil 8.11, Sistem 2: Şekil 8.13, Sistem 3: Şekil 8.15 ) .....	83
Çizelge 8.8 Soğutucu Sistemlerin Yatırım Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Sistem 1: Şekil 8.11, Sistem 2: Şekil 8.13, Sistem 3: Şekil 8.15 ) .....	84
Çizelge 8.9 Soğutucu Sistemlerin Toplam Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Sistem 1: Şekil 8.11, Sistem 2: Şekil 8.13, Sistem 3: Şekil 8.15 ) .....	85
Çizelge 8.10 Soğutucu Sistemlerin Yatırım Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Ülkemizde ST'nin yurtdışına oranla %50 oranında ucuz üretilmesi durumunda) .....	86
Çizelge 8.11 Soğutucu sistemlerin toplam maliyetlerin karşılaştırılması (Ülkemizde ST'nin yurtdışına oranla %50 oranında ucuz üretilmesi durumunda) .....	86

## ÖNSÖZ

Enerji talebinin arttığı dünyamızda, büyük oranlarda enerjiyi, fosil yakıtları kullanarak temin etmekteyiz. Fosil yakıtların doğadan çıkartılışı ve yakılışı sırasında yeterli önlemlerin alınamamasından dolayı doğayı geri dönülmeyecek şekilde bozmaktayız. Bizim ve gelecek nesillerimizin daha iyi bir dünyada yaşamaları için enerji üretim ve tüketiminde daha bilinçli olmalı ve üzerimize düşen sosyal sorumlulukları yerine getirmeliyiz. Bu amaçla ülkemizde kullanılan klasik soğutma sistemlerine nazaran enerji verimliği sağlayacak nem almalı soğurucu soğutma sistemleri üzerine bir çalışma gerçekleştirdim.

Çalışmam boyunca bilgi, yardım ve desteklerini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Ahmet KOYUN ve Prof Dr. İsmail TEKE' ye ve kardeşim Canan ERTAN' a, yardım ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Çalışmamın, konuyla ilgilenen meslektaşlarıma faydalı olmasını dilerim.

Hakan ERTAN

## ÖZET

# OPTİMUM SOĞURMALI SOĞUTMANIN VE SOĞURUCU MALZEMESİNİN SEÇİMİ

Hakan ERTAN  
Makina Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışmada soğurucu soğutma sistemleri ve soğurucu maddeler incelendi. Soğurucu maddelerin kullanım koşulları, avantaj ve dezavantajları belirtildi. Soğurucu sistemler, soğurucu maddenin fiziksel yapısına göre katı sıvı ve hibrid sistemler olmak üzere 3 gruba ayrılarak çalışma prensipleri, avantaj ve dezavantajları anlatıldı. Soğurucu soğutma sisteminin uygulama alanları belirtilerek sistemin binaya uygulanması için yapılması gerekenler anlatıldı.

Çalışmada katı soğuruculu bir sistem olan soğurucu tekerlek sisteminin yer aldığı bir hibrid soğuruculu soğutma sistemi teorik bir uygulamada ele alındı. Öncelikle soğurucu tekerlek incelendi. Bu inceleme için soğurucu tekerlek performansını yansıtan DW adlı bir program kullanıldı. Nem almaya etki eden faktörler (besleme ve aktifleştirme havası özellikleri, soğurucu tekerlek dönme hızı, ısıtıcı gücü, aktifleştirme bölümünün besleme bölümüne oranı, soğurucu tekerlek alanı) programda değiştirilerek elde edilen sonuçlar grafikler halinde ortaya kondu.

Soğurucu soğutma sistemini klasik soğutma sistemiyle karşılaştırmak için sinema salonu soğutulması uygulama konusu olarak seçildi. Sinema salonunun soğutma yükleri hesaplandı. Soğutma işlemini yapabilecek soğurucu tekerlekli hibrid bir soğutma sistemi tasarlandı. Yapılan tasarıma göre farklı boyuttaki soğurucu tekerleklerin yatırım ve işletme maliyetleri toplamları karşılaştırılarak optimum soğurucu tekerleğin seçimi yapıldı. Yatırım maliyeti için piyasadaki alınan ısıtıcı ve soğurucu tekerlek fiyat bilgilerini yansıtan grafik ve denklemler oluşturuldu. İşletme maliyetleri içinde soğurucu tekerlek performansına etki eden tasarım ve işletme faktörleri, DW programında en iyi verimi verecek şekilde seçilerek soğurucu tekerlekte harcanacak enerji bulundu. Daha sonra seçilen soğurucu tekerleğe göre ısıtıcı seçimi yapıldı. Tasarlanan sistemde yer alan ısı değiştirici, soğutucu batarya ve fanların seçimi yapıldı. Hibrid soğurucu soğutma sistemini klasik soğutma sistemiyle karşılaştırmak için, klasik bir soğutma sistemi tasarlandı. Ayrıca hibrid soğutma sisteminde ısıtıcı olarak kullanılan doğalgazlı ısıtıcı yerine yoğuşurucu kullanılması durumunda incelemek için ikinci bir hibrid soğutma sistemi tasarlandı. Tasarlanan 3 sistem yatırım ve işletme maliyetleri bakımından karşılaştırıldı. Sonuçlar grafik ve tablo halinde verildi. Soğurucu tekerleğin, yurtdışı satış fiyatına göre ülkemizde yarı fiyatına üretilip satılabileceği göz önünde bulundurularak, bu duruma göre sistemler tekrar karşılaştırılıp sonuçlar grafik ve tablo halinde verildi.

**Anahtar kelimeler:** soğurucu, nem alma, aktifleştirme, hibrid soğutma, soğurucu tekerlek

JÜRİ:

1. Prof.Dr.İsmail TEKE
2. Doç.Dr.Ahmet KOYUN
3. Prof.Dr.Tamer YILMAZ

Kabul tarihi: 05.03.2009  
Sayfa Sayısı: 103

## ABSTRACT

### SELECTION OF OPTIMUM DESICCANT COOLING AND DESICCANT MATERIAL

Hakan ERTAN

Mechanical Engineering, M.S. Thesis

In this study, desiccant cooling systems and desiccant materials are analysed. Desiccant materials' usage conditions, their advantages and disadvantages are discussed. Desiccant cooling systems are divided into 3 groups according to physical form of desiccant material, such as solid, liquid and hybrid, and then their operating principles, advantages and disadvantages are explained. The applicable areas of desiccant cooling systems and the requirements for application of the system to a building are pointed out.

The study includes a theoretical application of a hybrid desiccant cooling system that contains a desiccant wheel system which is a solid desiccant system. Firstly, desiccant wheel is analysed. In this analysis, a program called "DW" which reflects the performance of the desiccant wheel has been used. The factors effecting dehumidification process (make up air and regeneration air conditions, turn speed of desiccant wheel, heater power, desiccant wheel area) are changed in the program, and the results obtained are presented in graphic format.

For comparison of a desiccant cooling system with a conventional cooling system, the cooling of a movie theatre has been chosen as an application. The cooling loads of movie theatre have been calculated. A hybrid desiccant wheel cooling system that can perform cooling effectively has been designed. In accordance with the designed system, the selection of the optimum sized desiccant wheel has been made by comparing the sums of investment and operating costs of different sized desiccant wheels. For investment costs, graphics and equations that show the market prices of heater and desiccant wheels have been formed. For operating costs, with the help of DW program, design and operating factors that effect the performance desiccant wheel have been sorted out to ensure the optimum efficiency and the energy to be used for desiccant wheel has been calculated. Afterwards, in accordance with the selected desiccant wheel, the selection of heater has been made. The partaking components in the designed system i.e. plate heat changer, cooler battery and fans have been selected. To be able to compare the hybrid desiccant cooling system with the conventional cooling system, the same procedures have been executed for a designed conventional cooling system as well. Additionally, a second hybrid cooling system has been designed to analyse a case where instead of a natural gas heater, a condenser is used in the hybrid desiccant cooling system. After the three systems designed have been compared with each other in terms of their investment and operating costs. The results have been given in table and graphic forms. The systems have also been compared for the case the desiccant wheels could be produced and sold in Turkey at half of the foreign market prices. The results have been given in tables and graphics for this case as well.

**Key words:** desiccant, dehumidification, regeneration, hybrid cooling, desiccant wheel

JÜRİ:

1. Prof.Dr.İsmail TEKE
2. Doç.Dr.Ahmet KOYUN
3. Prof.Dr.Tamer YILMAZ

Kabul tarihi: 05.03.2009

Sayfa Sayısı: 103

## 1. GİRİŞ

Geleneksel buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri elektrik enerjisini kullanarak havayı soğutur ve nemini alırlar. Buda elektrik dağıtım hattına özellikle yaz aylarında büyük bir yük oluşturur. Bu yükten kurtulmak için soğutmanın elektrik haricinde alternatif olabilecek enerji kaynaklarıyla yapılması elektrik sistemimizi rahatlatacaktır.

Soğurucu soğutma sistemleri, soğutmada elektrik enerjisi bağımlılığını azaltan bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistem elektrik enerjisi yerine alternatif ısı enerjisi kaynaklarını kullanarak soğutma yapmamızı sağlar. Birçok uygulamada ise geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında toplam enerji tüketimi daha az olmaktadır. Soğurucu soğutmanın yararlarını sıralayacak olursak;

- Havanın sıcaklık ve nem oranları ayarlanmasında, bu iki özelliğin birbirine bağlı kalmadan ayarlanmasını olanak sağlar. Çok düşük sıcaklık seviyelerinde bile istenen nem oranlarına ulaşılmasına izin verir.
- Aynı soğutma miktarı için daha az soğutucu gaz kullanılır. Çevreye duyarlı bir sistemdir.
- Hava değişim sayısının artmasına izin verdiği için daha yüksek iç hava kalitesi sağlanmasına olanak verir.
- Nemden dolayı oluşacak zararları minimuma indirir.

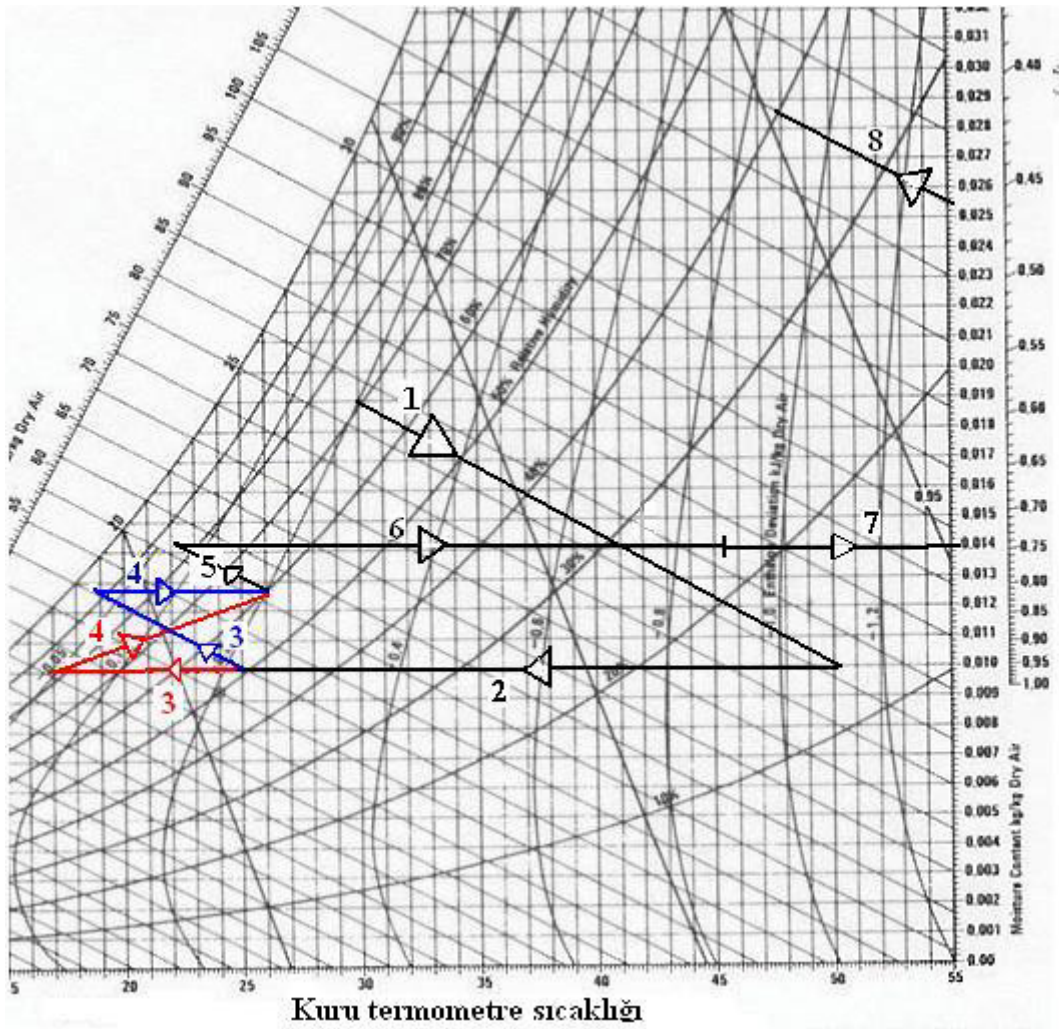
### 1.1 Soğurucu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Soğurucu soğutma sisteminin ana özelliği nem alma işlemidir. Bu özellik bu sistemi diğer soğutma sistemlerinden ayırır. Nem alma işlemi, proses havasının içinde bulunan gizli ısı deposu olan nemin, soğurucu özelliği olan bir madde yardımıyla proses havasından ayrılması olayıdır. Hava ile soğurucu madde arasındaki buhar basıncı farkından dolayı gerçekleşir. Nem almanın verimliliği, havanın gizli ısılarının duyulur ısılarına oranı ile doğru orantılıdır.

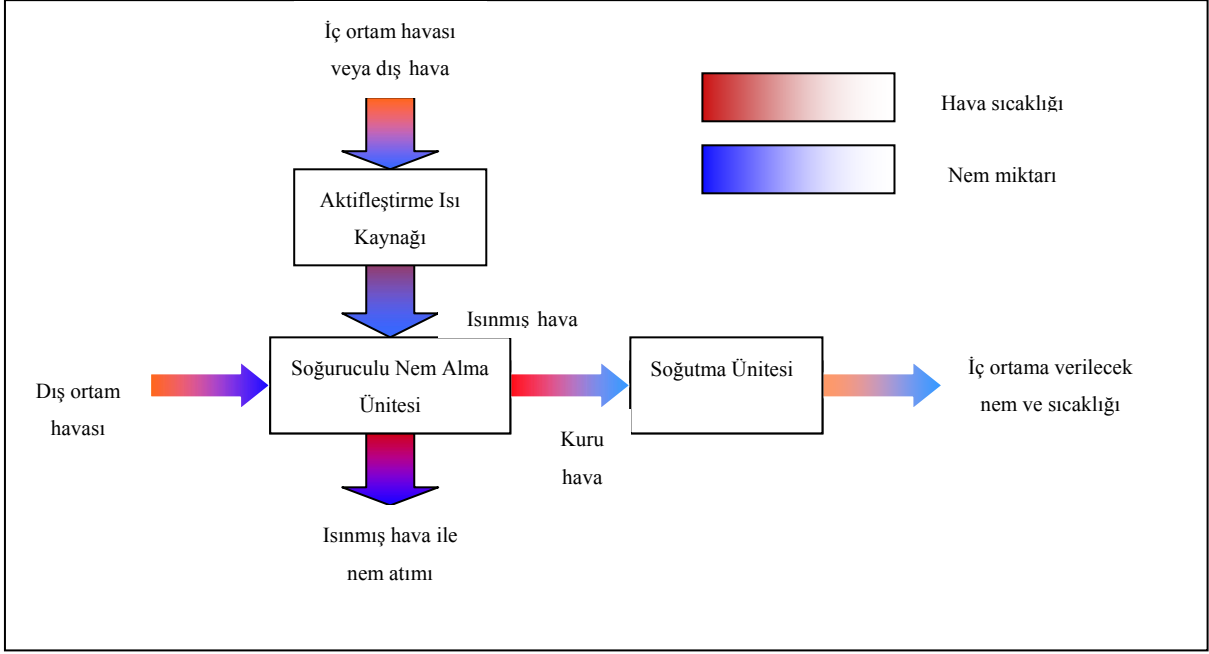
Soğurucu soğutma sistemini genel açıdan incelersek sistem, nem alıcı, aktifleştirme ve soğutma bölümlerinden oluşur. Bu sistemde soğutulacak şartlandırılmak istenen hava, ilk önce nem alıcıdan geçirilir, burada havanın nemi soğurucu madde yardımıyla tutulur (Şekil 1.1, 1.bölge). Nemi alınmış olan hava soğutucu sistemden geçirilir (Şekil 1.1, 2. ve 3.bölge). Bu işlemle beraber nemi ve sıcaklığı ayarlanmış olan hava soğutulacak mahalle gönderilir. Böylelikle istenen soğutma işlemi gerçekleştirilmiş olur. İç ortamda nem ve duyulur ısı kazancı olur (Şekil 1.1, 4.bölge). Sistemin periyodik olarak çalışabilmesi için, nem alıcıdaki



nemi tutan soğurucu maddenin tekrar aktifleştirilmesi gerekir. Bundan dolayı soğurucu madde aktifleştirme işlemine tabi tutulmalıdır. Bu işlem için iç ortamdan egzoz edilecek hava veya dış ortamdan alınan hava kullanılır. Egzoz havası, istenirse sistem besleme havası ile aktifleştirme sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkını artırmak için bir nemlendiriciden geçirilir (Şekil 1.1, 5.bölge). Bu havanın buhar basıncı soğurucu yüzeyindeki buhar basıncından düşük oluncaya kadar ısıtılarak (Şekil 1.1, 6.bölge), soğurucu malzemenin aktifleştirilmesi için gerekli sıcak hava elde edilir. Sıcak hava, soğurucu madde üzerinden geçirilerek (Şekil 1.1, 7.bölge), soğurucu maddenin tuttuğu nem, düşük buhar basıncına sahip ısıtılmış hava tarafından çekilir. Böylelikle soğurucu madde tekrar nem tutmaya hazır hale getirilir. Bu şekilde gerçekleşen soğutma işlemi bir soğutma çevrimi oluşturur. Şekil 1.2'de soğurucu soğutmanın akış şeması gösterilmiştir.



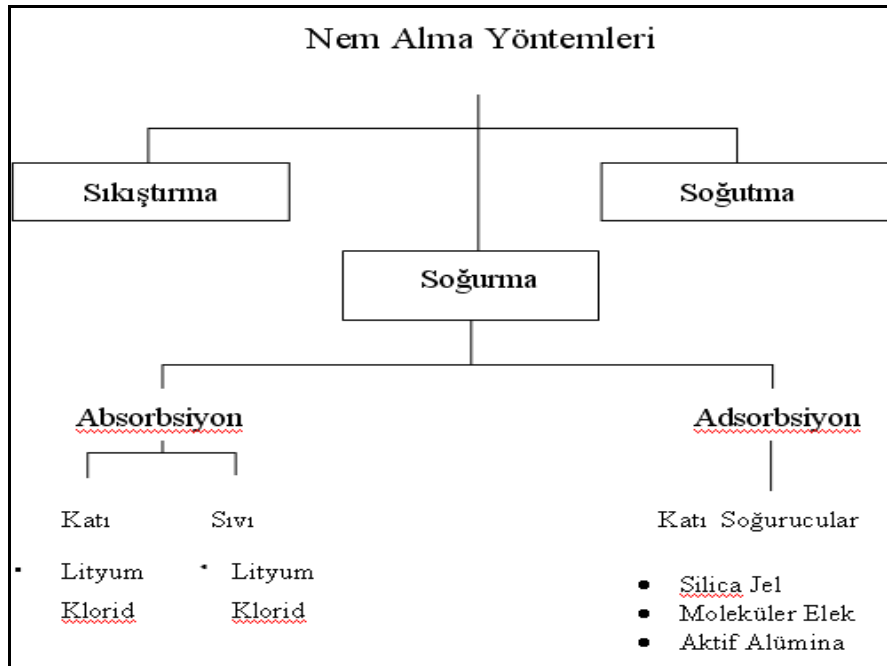
Şekil 1.1 Soğurucu soğutma sisteminin çalışma prensibinin psikometrik diyagramda gösterilmesi



Şekil 1.2 Soğurucu maddeli soğutma sistemi akış şeması

### 1.1.1 Nem alma

Havada su buharı şeklinde bulunan nemin yoğunlaştırularak havadan uzaklaştırılması olayına nem alma denir. Havada ki nemin alınması sıkıştırma, soğutma ve soğurma yoluyla olmak üzere 3 şekilde yapılabilir. (Şekil 1.3)



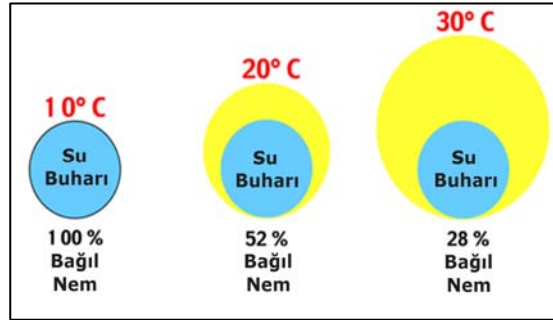
Şekil 1.3 Nem alma yöntemleri

### 1.1.1.1 Sıkıştırma

Hava sıkıştırıldığı zaman, havanın içinde bulunan su buharının kısmi basıncı artar. Su buharı, doyma basıncını geçmeye başladığı anda yoğuşur. Bu uygulama küçük boyuttaki hava hacimleri için oldukça uygundur. Fakat yüksek debili hava hacimleri için kompresör maliyetinin yüksek oluşu ve kullanılan soğutma suyunun fazlalığı yüzünden tercih edilmez.

### 1.1.1.2 Soğutma

Havanın soğutularak nemin uzaklaştırılması işlemine dayanır. Çok kullanılan bir sistemdir. Sabit bir basınçta havanın sıcaklığının düşmesi ile havanın taşıyabileceği nem miktarının azalması prensibine dayanır (Şekil 1.4'te sarı bölgeyle gösterilen alan havanın nem tutma kapasitesi olup sıcaklıkla azaldığı görülmektedir). Psikometrik tabloda, havanın sıcaklığı, taşıdığı nem değerine karşılık gelen çığ noktası sıcaklığının altına düştüğünde havanın taşıyabileceği nem miktarı azalacağından fazla olan su buharı yoğuşur. Bu sistem düşük sıcaklıklarda pek kullanışlı değildir. Bunun nedeni (0 derece ve yakın sıcaklıklarda) soğutucu serpantinlerinde yoğuşan nemin donma sıcaklığının altına düşerek burada donmasıdır. Bu handikabın önüne tuzlu su ve lityum klorid spreyi ile geçilmek istenmiş, fakat bu çözümden çok yer ve kompleks bir kontrol sistemi istediğinden ve yüksek bakım masraflarına yol açtığından efektif olamamıştır ([www.bryair.com](http://www.bryair.com)).



Şekil 1.4 Hava sıcaklığı ile bağıl nemin arasındaki ilişki

### 1.1.1.3 Soğurma

Havadaki nemin soğurucu maddeler tarafından tutulması olayına soğurma denir. Soğurucu maddeler katı veya sıvı fazda olabilirler. Bu maddeler havadaki nemi üzerlerindeki düşük buhar basıncı sayesinde kendilerine çekerler. Soğurucular iki şekilde havadaki nemi soğururlar.

**Absorbsiyon:** Nemin soğurucu madde tarafından alınıp verilmesi sırasında soğurucu maddenin fiziksel veya kimyasal olarak değişim göstermesi olayıdır (Sofra tuzunun nemlendiğinde katıdan sıvı hale gelmesi). Nem alma sırasında soğurucu çözeltisi, alınan nemle beraber seyrelir. Solüsyonun ısıtılmasıyla aktifleştirmeye uğrayan soğurucu aldığı nemi bırakır.

**Adsorbsiyon:** Soğurucu maddede kimyasal veya fiziksel bir değişim olmadan nemin soğurucu madde tarafından tutulmasıdır.

### **1.1.2 Havanın ısıtılması**

Havanın ısıtılmasının amacı soğurucu maddenin aktifleştirilmesi içindir. Isınan havanın buhar basıncı düşer ve nem tutmaya elverişli hale gelir. Soğurucu maddenin tuttuğu nemin soğurucu maddeden ayrılması için ısıtılan hava soğurucu madde üzerinden geçirilerek tutulan nemin havaya geçmesi sağlanır. Böylelikle soğurucu madde aktifleştirilmiş olur.

Havanın ısıtılması birçok yoldan yapılabilir. Atık ısı, gaz yakıt, sıvı yakıt, katı yakıt, güneş enerjisi gibi kaynaklar kullanılarak hava ısıtılabilir. Bu yakıtların avantaj ve dezavantajlarına göre karşılaştırırsak, sıvı ve katı yakıt taşıma ve bakım maliyetlerinin yüksek oluşu, özellikle sıvı yakıtların elektrik enerjisinden pahalı olmaları bu yakıtların kullanımı efektif olmaktan çıkarır. Atık ısı ise bedava bir yakıt olması bir ısı değiştiricisi yardımıyla kullanılacak bir ısı kaynağı oluşu, havanın bu yolla ısıtılması için ilk düşünülecek yollardan birisi olmasını sağlar. Güneş enerjisi, birçok çalışmaya konu olup, çevreci ve bedava bir yakıt olmasından dolayı tercih edilebilir. Ülkemizin birçok yerleşim yerinde bulunan gaz yakıt olan doğalgaz ise katı ve sıvı yakıtlara göre daha çevreci emisyon oranlarına sahip olması ve elektrik enerjisine göre ısınmak için daha ucuz bir yakıt olmasından dolayı ısıtmada gözde bir enerji kaynağıdır.

## 2. SOĞURUCU MADDELER

Kendine göre havada yüksek basınçta bulunan su buharını yüzeyindeki düşük su buhar basıncı sayesinde kendine çeken, yüksek su buharı tutma kapasite sahip sıvı veya katı fazda bulunan higroskopik maddelere soğurucu madde diyebiliriz. Pratik olarak bütün maddelerin, su buharını tutma kapasiteleri vardır. Fakat bu özellik onları soğurucu madde yapmaz. Soğurucu maddeler uygulanabilir olmaları için belirli özelliklere sahip olmalıdırlar, bu özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Kimyasal ve fiziksel kararlılık
- Soğurucu maddenin yüksek su tutma kapasitesi
- Su buharını diğer bileşenlerden ayırma gücü
- İstenilen basınçta su buharını çekme gücü

Soğurma sürecinde eğer maddenin yapısı değişirse, madde kararlı halde kalmaz. Su buharını çekebilen birçok madde de bu şekildedir. Örneğin kil içeren maddeler bu nedenden dolayı kullanışlı değildir. Kullanılan maddenin nemi birçok kere alıp verebilmesi gerekir.

Moleküler elek ağırlığının sadece %25 ini soğurabilirken, suda Lityum klorid ağırlığının birkaç katı soğurma özelliğine sahiptir. Ama sadece bu nedenden dolayı lityum klorid diğer soğurucu maddelerden üstün değildir. Önemli olan soğurucu maddenin yüksek su tutma kapasitesi olmasıdır. Su buharını diğer bileşenlerden ayırma gücü soğurucu madde seçiminde önemli bir rolü vardır. Örneğin lityum klorid moleküler eleğe göre birim zamanda su tutma kapasitesi daha güçlü olmasına rağmen, moleküler eleğin lityum kloride göre seçiciliği fazladır. Nemli hava içindeki su buharı kısmi basıncı, soğurucu madde üzerindeki su buharı basıncından daha fazla olunca havadan bu maddeye nem geçişi olur ve böylece havanın nemi azalır. Soğurucu maddenin ısıtılmasıyla soğurucu maddenin aldığı nemi vererek eski durumuna getirmek mümkündür.

Soğuruculu soğutma sistemi için gerekli olan ilk şey muhakkak ki dış hava neminin alınmasıdır. SSS' de dış havanın nemi sıvı veya katı nem alıcı maddeler kullanılarak azaltılmaktadır. Bu maddeler soğurucu olarak isimlendirilmektedir. Katı soğurucular genellikle bir taşıyıcı madde üzerine yerleştirilmektedirler. Bu katı nem alıcıların dışında sıvı nem alıcılar da bulunmaktadır.

## 2.1 Katı Soğurucular

Katı soğurucular, genellikle taşıyıcı bir madde ile bu madde üzerine getirilen nem alıcı maddeden oluşur. Katı taşıyıcı madde genellikle aşağıdaki maddelerden oluşur.

- Alüminyum folyo
- Plastik folyo
- Selüloz kâğıdı

Bu maddeler üzerine getirilen higroskopik (nem alıcı) katı maddeler ise aşağıda verilmiştir. (Orhan, 1999)

- Suda çözülen higroskopik tuzlar (LiBr, LiCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> gibi)
- Silika-Jel
- Moleküler elekler
- Higroskopik metal oksitler ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi)
- Higroskopik plastik folyolar
- Polimerler
- Aktif karbon
- Montmorillonite kili

### 2.1.1 Katı soğurucu maddeler

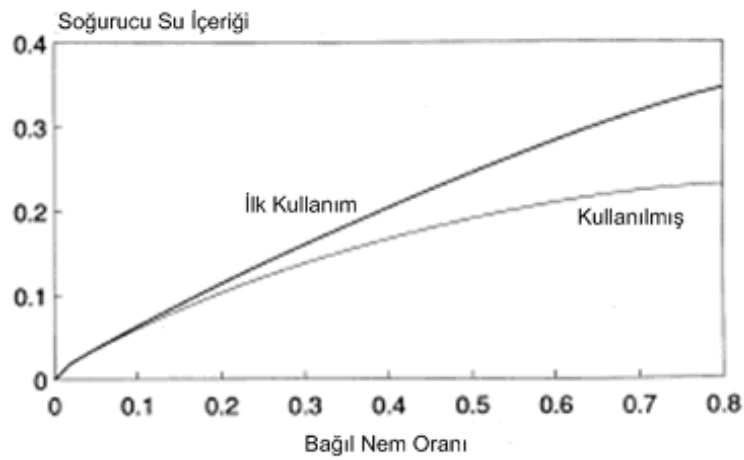
#### 2.1.1.1 Silika jel

Silika jeli, silikon dioksitin formu olan (SiO<sub>2</sub>) jeldir. Saflaştırılan doğal olarak meydana gelen bir mineraldir. Kabaca 3–60 angstromlu boyutlarının dağıtmasıyla biçimsiz mikro–gözenekli bir yapısı vardır. Silika soğurucu maddesi etkili olarak, sıkıştırılan hava ve doğal gazın kurutulmasında en çok kullanılan maddedir. Silika jeli, 20-30 °C oda sıcaklıklarında ve yüksek nemde (60- 90% RH) en iyi performansı gösterir. Silika jeli, 105 ° C sıcaklığa kadar nemi çekebilir.



Şekil 2.1 Tipik silika jel görünümü  
(www.bikodu.com)

Sıcaklığı, 38°C 'in üzerine çıktığında, nem tutma kapasitesi azalmaya başlar. Kurutucu silika jel boncukları, uzun vadeli ekonomi, daha yüksek kapasite, kaliteli performans ve enerji tasarrufunu gerektiriyor olan uygulamalar için mükemmel bir seçenektir. Silika jeli, yapısal olarak katı bir süngere benzeyen yüksek ölçüde gözenekli katı bir soğurucu malzemesidir. Bir çay kaşığı Silika jelinin, bir futbol sahası alanına yakın yüzey alanı vardır. Silika jelin 1 gramının çevresel yüzeyi 200-700 m<sup>2</sup> arasında değişir. Silika jelin su buharı soğurma kapasitesi ise kendi ağırlığının yaklaşık %40'ı kadar olabilir. Yaygın olarak bulunması diğer soğuruculara göre düşük fiyatı olması, aşındırıcılığının az olması, insan sağlığı için zehirli bir yapıya sahip olmaması avantajlarıdır.



Şekil 2.2 Silika jelin kullanım sonrası nem tutma kabiliyetindeki azalma

### 2.1.1.2 Montmorillonite kili

Montmorillonite kili, gözenekli olup, alt bentonite tipindeki magnezyum alüminyum silikatının kontrollü kurutulması ile yaratılan, doğal olarak meydana gelen bir soğurucudur. Bu kil şişme veya deformasyona uğramadan düşük sıcaklıklarda birçok kere başarılı bir şekilde, tekrar aktifleştirilebilir. Buna rağmen sıcaklık artışlarında çok çabuk aldıkları nemi bırakırlar. Küçük gri top şeklindedir.

Kil, normal sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde çok etkilidir. Kil, bu hususta silika jeline kabaca benzerdir. Tamamen doğal ve toksin etkisi olmayan, zararsız olan bu soğurucu içinde klorid gibi katkı maddesi bulundurmaz. Silika gel ile karşılaştırıldığında maliyeti daha ucuzdur.[8]



Şekil 2.3 Montmorillonite kilinin görünüşü (www.alibaba.com)

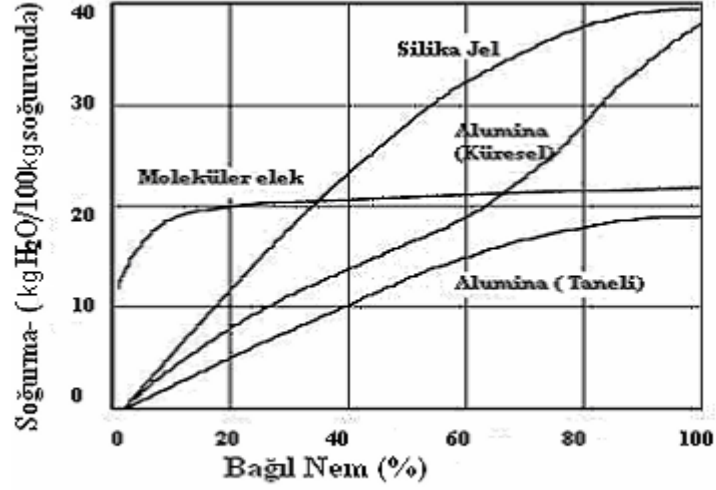
Bu kil, 50 °C'nin altında iyi temel bir kurutucudur. 50 °C'nin yukarısında, kil, nem soğurma özelliğini kaybetmektedir. Bu nedenle depolama ve taşımacılık koşulları, iyi düşünülmelidir.

### 2.1.1.3 Moleküler elek

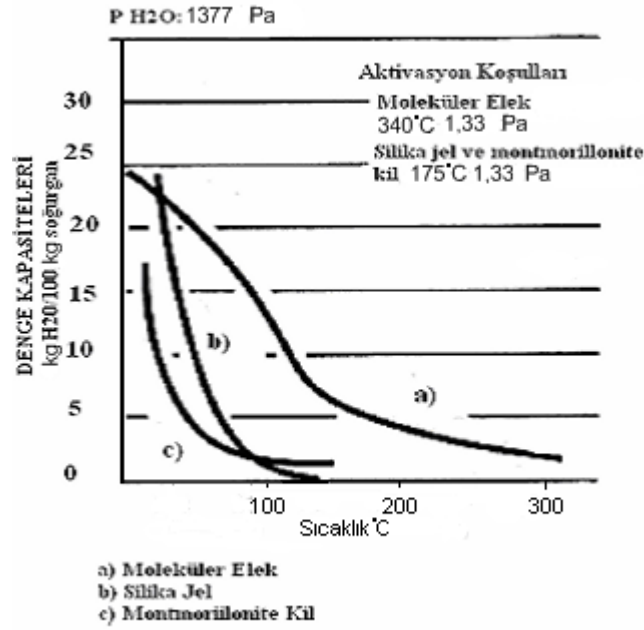
Moleküler elek sentetik zeolit olarak da bilinir. Silika jel veya kilden daha kuvvetli nemi soğuran bir maddedir. Düzenli bir kristal ve boşluk yapısı vardır. 700-800 m<sup>2</sup>/madde adsorbsiyon yüzey alanına sahiptir. Toplam kristal hacminin yarısı kadar boşluklu bir yapıya sahiptir. Havanın düşük bağıl nem oranlarında (0% - 35%) bile, diğer soğuruculara göre, yüksek bir soğurma kapasitesine sahiptir. Bu özelliği Şekil 2.4'te ki soğurma eğrisinde görülebilmektedir. Ayrıca, soğurucuların sıcaklıkla değişen soğurma kapasitesi gösteren eğrisinde de (şekil 2.5) bu özellik görülebilir. Moleküler elek, düzenli bir yapıya sahip olduğundan dolayı yüksek sıcaklık değişimlerinde silika jel veya kil gibi bulunmuş olduğu pakette nemi bırakmaz. Doğal olarak meydana gelmekten ziyade sentetik olarak ta oluşur ve pahalıdır ama oldukça soğurma kapasitesi yüksektir. Fakat sanayinin pahalı olmasından dolayı az tercih etmesiyle ve hükümet onayı eksikliğiyle kullanımı sınırlıdır.[1]

Moleküler elekler, gözenekli kristal alümine silikatlarıdır, nem molekülleri için çok kuvvetli bir yakınlığı olan sentetik bir soğurucudur. Moleküler elek yapısının ayırıcı özelliği, kristal kafes yapı silika jelinde gözenek boyut açıklıklarının düzenliliğinin, kobalt klorürünün bir konsantrasyonu ile yıkanan (Ağır bir metal tuzu) bir silika jel kolyesi veya tanecik olduğudur. Kobalt klorür, kuru olduğu zaman derin mavi bir renktir ve nemle doyurulduğunda maviden mora sonra pembeye döner. Tipik olarak, renk değişimi soğurucunun, (Ağırlık ile) 8% nem düzeyinin üzerinde olur.





Şekil 2.4 Çeşitli soğurucuların havanın bağıl nem oranına göre nemi soğurma miktarları [5]



Şekil 2.5 Çeşitli soğurucuların sıcaklıkla değişen nem tutma kapasiteleri [7]

Moleküler eleklerle hiçbir gözenek boyut dağıtması yoktur. İmal eden sürecin parçası olarak, gözenek, boyutlandırılır, moleküler elek tanecik boyutu kontrol edilebilir. Genellikle, gözenek boyutu, (3A) 3 angstrom kullanılmasına rağmen 4 (4A) angstrom, (5A) 5 angstrom ve 10 angstrom (13X) da kullanılır. Örneğin, moleküler eleğin yapısının, 3 angstrom gözenek açıklığıyla, hidrokarbonların çoğunu ayrı tutarsak nemi soğurması için 3A tipi kullanılır. Moleküler 4A daha yüksek nem kapasitesine sahip olan bütan gibi molekülleri soğurur. 13X

tipindeki moleküler elek 3A ve 4A'dan farklı bir kristal yapısı olup 10 angstrom civarı bir gözenek açıklığına sahiptir. Buda, organik moleküllerin geniş bir sahasında nemi soğurmasına izin verir. Moleküler eleklerin seçici soğurma özellikleri, sistemden diğer arzu edilir. Bileşikleri çıkarmadan bir paketi kurutmak için zorunlu olduğu zaman faydalı olabilir. Moleküler elek, yaklaşık 230 ° C den yüksek olan sıcaklıklarda nemi tutabilir.[2]

Avrupa'da moleküler elek ilaç sanayinde kullanılmasına rağmen, Birleşik Devletler FDA, tüketilebilir maddelerle direkt temas için moleküler eleği onaylamamıştır. Doğal olarak meydana gelmekten ziyade insan yapımı olan moleküler elek, ünite başına fiyatta daha yüksektir, ama nemin alanlarında aşırı derecede büyük soğurma sahası yeteneği yüzünden çoğunlukla en iyi değere sahiptir.

#### **2.1.1.4 Kalsiyum oksit**

“Kireç” veya “Sönmemiş kireç” olarak bilinen, kalsiyum oksit, yavaş ama kuvvetli bir soğurucudur. Fakat yakıcı ve dikkatli kullanım gerektiren, göz, deriye temas ettirilmemelidir. Su buharını emdiğinde genişler ve bunu paketlemede hesaba katılmalıdır. Nemde yaklaşık ağırlığının 28,5 %'una kadar soğurabilir ama maksimum kapasiteye ulaşmak için diğer soğurucular gibi birkaç saatte yaparken, yavaşça kalsiyum oksit birkaç günde yapar. Diğer maddelere göre düşük bağıl nem oranlarında bile yüksek adsorbsiyon oranına sahiptir. Düşük bağıl nem oranı gerekli olan alanlarda kullanımı efektiftir. Yüksek sıcaklıklarda nemi tutmada etkilidir Ve birçok diğer kurutucuya göre daha ucuzdur. [8]

#### **2.1.1.5 Kalsiyum sülfat**

Kalsiyum Sülfat ( $\text{CaSO}_4$ ) (ticari olarak Drierite olarak bilinen), alçıtaşı dehidrasyon sonucu oluşan bir doğal bir mineraldir, pahalı olmayan paketlemeye elverişli bir adsorbsiyonlu soğurucudur. Kalsiyum sülfatı, alçıtaşının kontrol edilen dehidrasyonu sonucunda oluşur. Kimyasal olarak kararlı, bölünmeyen, zehirli olmayan, aşındırıcı olmayan bir maddedir. Yüksek sıcaklıklara soğurması kapasitesi ise kötüdür. Kalsiyum sülfatının düşük fiyatı düşük soğurma kapasitesi ile ilişkilidir. Su buharında ağırlığının 10% una kadar soğurma yapabilir. Müsait olmasına rağmen, normal olarak paket formunda satılmaz.

#### **2.1.1.6 Alümine, ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )**

Alümine, alüminyum oksit olup silika gibi jelsi bir yapıya sahiptir. Kimyasal olarak alüminyum oksit ve hidritin reaksiyonu sonucunda silika jel gibi oluşmaktadır. Genellikle söylenen, alüminin silika jel kadar etkili bir soğurma özelliğine sahip değildir. Fakat ikinci

soğutucu olarak göz önünde bulundurulur.

### **2.1.1.7 Polimer soğurucular**

İleri soğurucu madde olarak plastik polimerleri diğer soğurucular gibi kullanmak için memnun edici olması gerekir. Bu nedenle maliyeti, performansına iyice bakılmalıdır. Polimer soğurucuların özellikleri şöyledir;

- Polimerler yaklaşık 2508 kJ / kg kadar soğurma kapasitesine ve istenilen şekle girme potansiyeline sahiptir.
- Polimerler, ağırlığının 5% ile 80% den fazlasına kadar suyu soğurma potansiyeli vardır.
- Polimerler, istenilen boyutta ve şekilde yapılabilmek özelliğine sahiptir.
- Polimer yapısı, sentezlenerek maddeden suyun buharının yüksek yayılımını sağlamak için potansiyele sahiptir.
- Polimerler, 80°C altındaki sıcaklıkta tekrar aktif olma potansiyeline sahiptir.
- Polimerler, uzun ömürlüdürler, binlerce defa soğurma ve tekrar aktif olma sürecinde özelliklerini yitirmezler.
- Polimerler, 440 dolar/kg' den az maliyetleri vardır.

### **2.1.2 Katı soğurucu seçim kriterleri**

- 1.Hızlı ısı transferi ve kütle transferi için yüksek yüzey alanına sahip olma
- 2.Aktifleştirme bölümünün daha küçük yer kaplaması için yüksek sıcaklıklarda bile aktifleşebilmesi
- 3.Yüksek adsorbsiyon için uygun buhar basıncı karakteristiği
- 4.Birim soğurucuya düşen yüksek yük oranı olmalı
- 5.Soğurucu düşük adsorbsiyon ısısına sahip olmalı veya düşük sıcaklık aralıklarında adsorbsiyon kapasitesi yüksek olmalı
- 6.Boylardan olabilecek verim kaybını önlemek için direk ateşli aktifleştirmeye dayanıklı olması
- 7.Sistemin kullanım ömrü içinde soğurucu maddenin özelliklerinde değişiklik olmaması, kararlı bir yapıya sahip olması
- 8.Temin edilebilirlik ve fiyat avantajı

### 2.1.3 Katı soğurucuların özelliklerinin karşılaştırılması

Çizelge 2.1 de 2.2 ve 2.3'te çeşitli soğurucu maddelerin soğurucu maddelerden istenen özelliklere göre sergilediği karakteristikler verilmiştir.

Çizelge 2.1 Çeşitli nem alıcıların nem alma kapasiteleri

MADDE	KAPASİTE [ g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> ]
Silika – Jel	11
Moleküler Elek	20
LiCl-Kâğıdı	50

Çizelge 2.2 Nem alıcı maddelerin diğer özellikleri

Özellik	Nem Alıcılar		
	LiCl	Moleküler Elek	Silika Jel
Aktifleştirme enerjisi	Az	Yüksek	Orta
Absorbsiyon hızı	Yüksek	Düşük	Orta
Özgül ısı	Düşük	Yüksek	Orta
Nem alma kapasitesi	Yüksek	Düşük	Orta

Çizelge 2.1 ve 2.2 (Tuncay, 1999)'de verilen değerlerden de en uygun olan nem alıcı maddenin LiCl olduğu görülmektedir. Fakat LiCl nem alıcılarının en büyük dezavantajı, yüksek nem oranlarında (%90-100) kullanılmaları durumunda, uzun süreli kapasitelerinde bir azalmanın ortaya çıkmasıdır. Ancak Silika jeli sistemleri su ile her zaman temizlemek mümkündür ve bu sistemleri çok yüksek nemlerde çalıştırmanın da bir sakıncası bulunmamaktadır. Ancak LiCl + Selüloz kâğıt çiftinin en büyük avantajı da kanserojen elyaf maddeleri ihtiva etmemesi özelliğidir. Soğurma, soğurma izotermiyle açıklanır. Soğurma izotermi, sabit bir sıcaklıkta nem alıcı madde içinde soğurulan su ile etrafındaki havanın bağıl nemi arasındaki bağıntıyı veren eğridir. Düşük bağıl nemlerde zeolitlerin, yüksek bağıl nemlerde de LiCl'lü kâğıdın daha yüksek nem alma özelliği olduğu görülmektedir. Silika jel ve LiCl yüksek bağıl nemler için uygunken, zeolitler düşük nemler için uygundur. Ancak zeolitlerin aktifleştirme sıcaklığının 150°C üstünde olması gereklidir. Nem alıcı maddeler için, katı nem alıcılarda yüzeyi arttırmak için taşıyıcı maddeler kullanılır.

Çizelge 2.3 Soğurucuların özellikleri [7]

	<b>Moleküler Elek</b>	<b>Silika Jel</b>	<b>Montmorillonite Kili</b>	<b>CaO</b>	<b>CaSO4</b>
Havanın düşük Nem oranlarında su soğurma kapasitesi	Çok iyi	Zayıf	Orta	Çok iyi	İyi
Soğurma oranları	Çok iyi	İyi	İyi	Zayıf	İyi
Su tutma kapasitesi (25°C, %40 RH )	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Düşük
Moleküler bölünme	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Yüksek sıcaklarda soğurma kapasitesi	Çok iyi	Zayıf	Zayıf	İyi	İyi

## 2.1.4 Katı soğurucuların kullanım alanları

Çizelge 2.4 Nem alıcı ve taşıyıcı maddeler ile bunların kullanım alanları ( Tuncay, 1999 )

Taşıyıcı madde	Nem alıcı madde	Kullanımı	Düşünceler
Alüminyum Folyo	Aktif Alümine ( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Gizli, duyulur ısı eşanjörü	Mahal nem alma, Kurutucu olarak kullanılmaz
	Plastik folyalar ( Selüloz Asetat)	Gizli, duyulur ısı eşanjörü	Mahal nem alma, Kurutucu olarak kullanılmaz
Selüloz Kâğıdı	LiCl	Gizli, duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Referans yaz sıcaklığı 80 C ye kadar
	Moleküler elek	Gizli, duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Uygulama çok az
	Silika Jel	Gizli, duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Uygulama çok az
Higroskopik plastik folyolar (Selüloz asetat ve selüloz sülfat)		Gizli, duyulur ısı eşanjörü	Mahal nem alma, Kurutucu olarak kullanılmaz
Cam Elyaf Kâğıdı	LiCl	Gizli, duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	En çok kullanılan sistem
	Moleküler elek	Gizli, duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Çok düşük çiğ nokta sıcaklıkları için
	Silika Jel	Gizli, duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Yüksek nemli havalar için uygun
Seramik kâğıdı	LiCl	Gizli, Duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Cam elyafı gibi
	Moleküler elek	Gizli, Duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Cam elyafı gibi
	Silika Jel	Gizli, Duyulur ısı eşanjörü, kurutucu	Cam elyafı gibi

## 2.2 Sıvı Soğurucular

Sıvı soğurucular prensip olarak kimyasal absorpsiyonla su buharını tutarlar. Sıvı soğurucular saf olarak kullanılabilirdiği gibi çözelti halinde de diğer sıvı soğurucularla beraber kullanılabilirler. Sıvı soğurucular katı soğuruculara göre daha düşük sıcaklıklarda aktive olurlar. Ticari olarak günümüzde kullanılan sıvı soğurucular aşağıdakilerdir;

- Tri etilen Glikol
- Di etilen Glikol
- Etilen Glikol
- Tuzlar ( beraber veya tek kullanım)
  - Kalsiyum klorid
  - Lityum klorid
  - Lityum bromid
  - Kalsiyum bromid

Sıvılı soğurucular hava neminin tutmaları sayesinde kullanılmaya başlamışlardır. Bu sıvıların zehirli olmamaları ve çevreyle uyumlu olma zorunluluğu vardır. Eskiden beri en çok kullanılan sıvılar suda çözünen tuzlardır. Bunlardan  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{LiCl}$  uygundur.  $\text{CaCl}_2$  daha ucuz,  $\text{LiCl}$  ise daha etkindir. Bu sebeple bunların karışımları da kullanılmaktadır. Sıvı nem alıcılarda madde içindeki su buharının buhar basıncı önemlidir. Buhar basıncının çözelti yoğunluğu ve sıcaklık ile değişimi  $\text{LiCl}$  ve  $\text{CaCl}_2$  için verilmiştir. Buradan çözelti sıcaklığının önemi açık bir biçimde görülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda nem alma kapasitesi önemli ölçüde azalmaktadır. Bu sıvı soğurucuları sıralayacak olursak, gliserol, trietilen glikol, polimerler, lityum klorid solüsyonları, lityum bromid solüsyonları gibi birçok soğurucu soğurma özelliğine sahiptir.

Sıvı soğurucunun seçimi, soğurucunun nem alma ve vermedeki performansının kararlı olmasına ve havadaki nemi etkili yani kısa sürede çekebilme özelliğine bağlıdır. Bunun yanında kaynama noktası, enerji depolama yoğunluğu, aktifleştirme sıcaklığı, termo fiziksel özellikler, kolay bulunabilirlik, maliyeti gibi çeşitli parametrelerde önemlidir. Bir önemli ve sorun teşkil edebilen parametreden biride yüzey buhar basıncıdır. Lityum bromid, lityum klorid, trietilen glikol çok kullanılan soğurucu maddeleridir ve onların yüzey buhar basıncı düşük sıcaklıklarda ve yüksek konsantrasyonda nemli havadan daha düşüktür. Bu soğurucuların termodinamik özellikleri birçok araştırmacı tarafından yayınlanmıştır.

Araştırmalar ve deneyler sonucunda sıvı soğurucular içinde kalsiyum klorid en ucuz ve en kolay temin edilebilir olanıdır. Fakat kullanılan sıcaklıkta diğler soğuruculara göre buhar basıncı yüksektir. Değışken giriş sıcaklıklarında ve soğurucu çözeltilsinin sınırlarında çok geniş kullanım alanı vardır.

Lityum klorid düşük buhar basıncılı ve diğler soğurucular içerisinde en kararlı yapıya sahip olan soğurucudur. Ama maliyet açısından diğler soğurucularla karşılaştırıldığında fiyatı biraz daha fazladır. Lityum bromid'in maliyeti ve buhar basıncı orta seviyededir. Trietilen glikol řu an için çok yeni bir soğurucu maddesidir. Bu madde çok düşük yüzey buhar basıncına sahiptir. Fakat yüksek viskozitesinden dolayı kararsız hale geçer ve nemi soğurma sırasında trietilen glikol buharlaşarak koşullandırılacak ortama verilecek proses havasına karışır. Lityum klorid ve kalsiyum klorid yaygın olarak kullanılan soğurucu olup, etkili fiyat ile farklı ağırlıktaki kombinasyonlar yapılmıştır. Conde, lityum ve kalsiyum klorid'in termal özellikleri için formülasyonlar geliştirmiştir (Conde, 2004). Bir grup araştırmacı termodinamik yöntemlerle sıvı soğurucuların buhar basınçlarını analiz edip, hesaplamışlar (Sun ve ar., 2006). McNeely, lityum bromid solüsyonunun sudaki termodinamik özelliklerini incelemiştir. Kaita, yüksek sıcaklıklarda lityum bromid ve su çözeltilsinin termodinamik özelliklerini yansıtan bir eşitlik geliştirmiştir. Bu eşitlik 40%- 65% konsantrasyon ve 40 – 210°C sıcaklıklar içindir. Ertas ve Kiris 99.3% saf Lityum klorid ile 90% saf Kalsiyum klorid'in karışımıyla oluşan sıvı soğurucu çözeltilsinin 26.6°C - 65.5°C sıcaklık aralığındaki özelliklerini vermişlerdir ve saf kalsiyum kloride göre karışımının düşük viskozite, dikkate alınan sıcaklık derecesinde yüksek çözünürlük özelliği bulunmuştur. Sahip olduğu düşük yüzey buhar basıncı, saf kalsiyum klorid solüsyonuyla 20°C - 30°C sıcaklıkta karşılaştırıldığında aynı yüzey buhar basıncı içi, saf lityum klorid solüsyonu ile 30 % tasarruf sağlanmıştır.

Birçok araştırmacı düşük yüzey buhar basıncı ve maliyetle karıştırmış soğurucu için çok araştırmalar yapıp, ilgilerini bu yöne çekmişlerdir. Younus Ahmed ve arkadaşları basit bir karışım uygulayarak sıvı soğurucuların termodinamik özelliklerini araştırmıştır. Araştırması sonucunda yoğunluk ve karışım buhar basıncının hesaplanması parametreler için gerekli olmadığını anlamış sadece viskozitenin önceden bilinmesi gerektiğini düşünmüştür. Lucas ve arkadaşları da su, lityum bromid, potasyum asetatı birlikte, su, lityum bromid, sodyum laktaki birlikte karıştırmak farklı yapıdaki soğurucu çözeltileri incelemişlerdir. Bu tip araştırmaların amacı optimal soğurucu karışım ile düşük yüzey buhar basıncı ve etkili maliyeti bulmaktır.



### 2.2.1 Sıvı soğurucuların seçim kriterleri

Pazarda birçok soğurucu madde bulunmaktadır. Önemli olan uygulamada en iyi performans için uygun soğurucu maddeyi seçmektir. Soğurucular inorganik tuzlar veya organik bileşik çözeltilerinden oluşurlar ve sistemde akışkandır. Soğurucu çözeltilerin buhar basıncı, sıcaklığının ve konsantrasyonunun bir fonksiyonudur. Soğutma uygulamalarında soğurucu maddelerden beklenen özellikler şunlardır;

- Yüksek çözünürlük ve düşük buhar basıncı
- Düşük viskozite ve çalışma koşullarında düşük ısı absorpsiyonu
- Yüksek ısı iletkenliği ve ısıl kararlılık
- Düşük yoğunluk, düşük donma noktası ve düşük aktifleşme sıcaklığı
- Düşük aşındırma ve zehirsiz olma
- Temin edilebilirlik ve düşük maliyet

### **3. SOĞURUCU MADDELİ SOĞUTMA SİSTEMLERİ**

Soğurucu madde fiziksel yapısı bakımından sıvı ve katı fazda olmak üzere iki şekilde olabilir. Soğurucu soğutma sistemlerini de soğurucunun fiziksel yapısına göre sıvı ve katı soğurucu soğutma sistemleri diye ikiye ayırabiliriz. Bu iki sisteme ek olarak buharlaşmalı soğutma sistemini de ekleyerek soğutma kapasitesini artırabiliriz. Bu şekildeki iki sistemin birleşmesiyle oluşan soğutma sistemlerine de hibrid soğutma sistemi diyebiliriz.

#### **3.1 Katı Soğuruculu Sistemler**

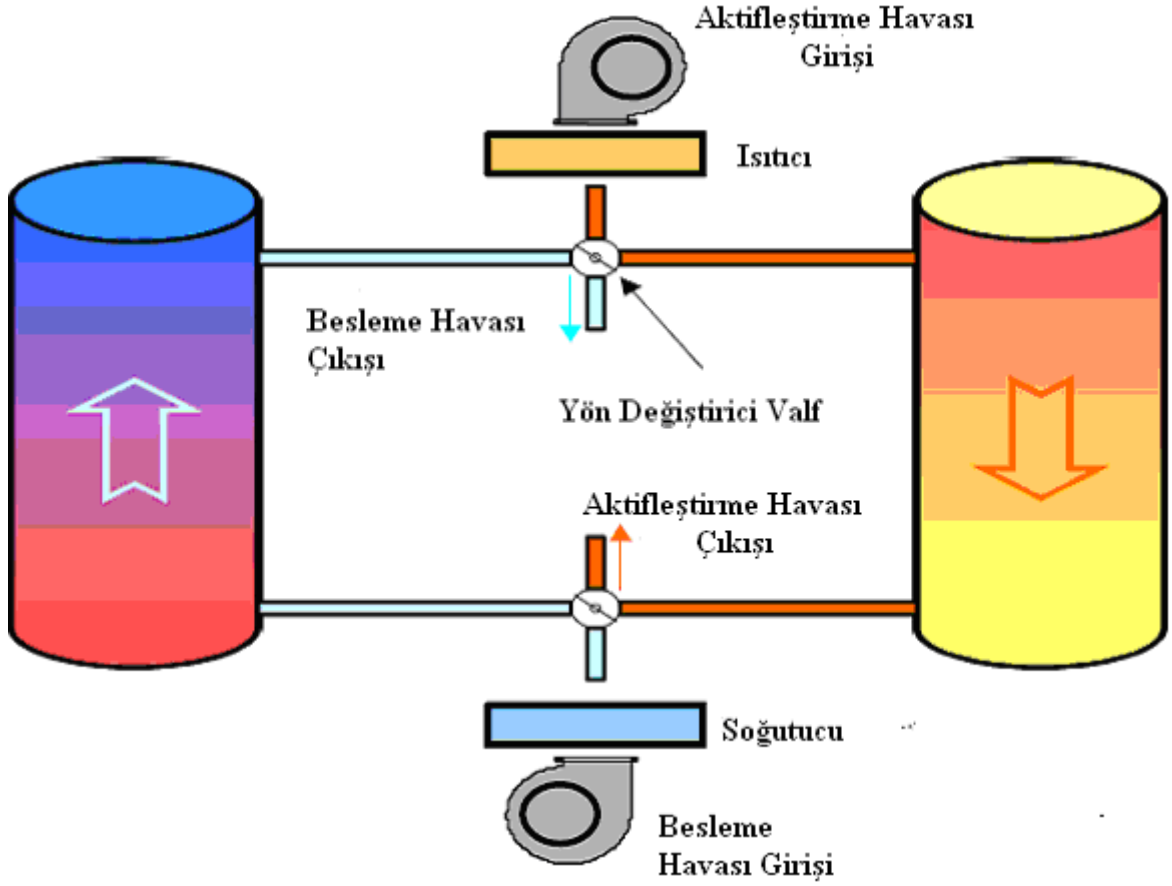
Katı soğuruculu sistemler absorpsiyonlu olarak nem alırlar. Gözenekli ve tanecikli yapıları sayesinde buhar basınçları havaya göre düşüktür. Uygulanmış birçok katı soğuruculu sistem dizaynı vardır. Bunlardan en çok tercih edileni soğurucu tekerlekli olan soğurucu sistemdir. Soğurucu maddenin içinde yer aldığı tekerlek kolay temin edilmesi ve basit dizaynı sayesinde diğer sistemlere göre üstünlük sağlar. Aşağıda katı soğuruculu sistemler sıralanmaktadır.

- Katı soğurucu tanklı sistem
- Tepsili soğurucu sistem
- Çok bölmeli soğurucu sistem
- Soğurucu tekerlekli sistem

##### **3.1.1 Katı soğurucu tanklı sistem**

###### **3.1.1.1 Sistemin çalışma şekli**

Soğurucu madde katı fazdadır ve bir tankın içine yerleştirilmiştir. Sistemde 2 soğurucu tank bulunur. Dış hava (BH) bir fan yardımıyla soğurucu madde dolu birinci tanktan geçirilir. Tanktaki soğurucu maddeler havanın nemini tutarlar. Nem tutma sırasında soğurucu tankın nem tutma kapasitesi sürekli düşer. Nem tutma kapasitesi belli bir oranın altına inince dış hava şekil 3.1 deki yön değiştirme valfi ile aktifleştirilmiş ikinci tanka gönderilir. Birinci tanktaki nem alma işlemi ikinci tankta da tekrarlanır. Bu sırada birinci tank aktifleştirme havası (ısıtılmış egzoz havası) ile aktifleştirme işlemine uğratılır böylelikle soğurucu madde tekrar soğurma özelliği kazanarak nem tutma kapasitesi artırılır. Sistemde bu şekilde iki tank kullanılarak bir tank nem tutarken diğer tank aktifleştirilerek sistemin kesintisiz çalışması sağlanmış olur.



Şekil 3.1 Katı Soğurucu Nem Alma Sistemi (Dehumidification Handbook, Munters/Cargocaire)

### 3.1.1.2 Sistemin avantajları

- Besleme havası çok düşük çığ noktalarına erişebilir.

### 3.1.1.3 Sistemin dezavantajları

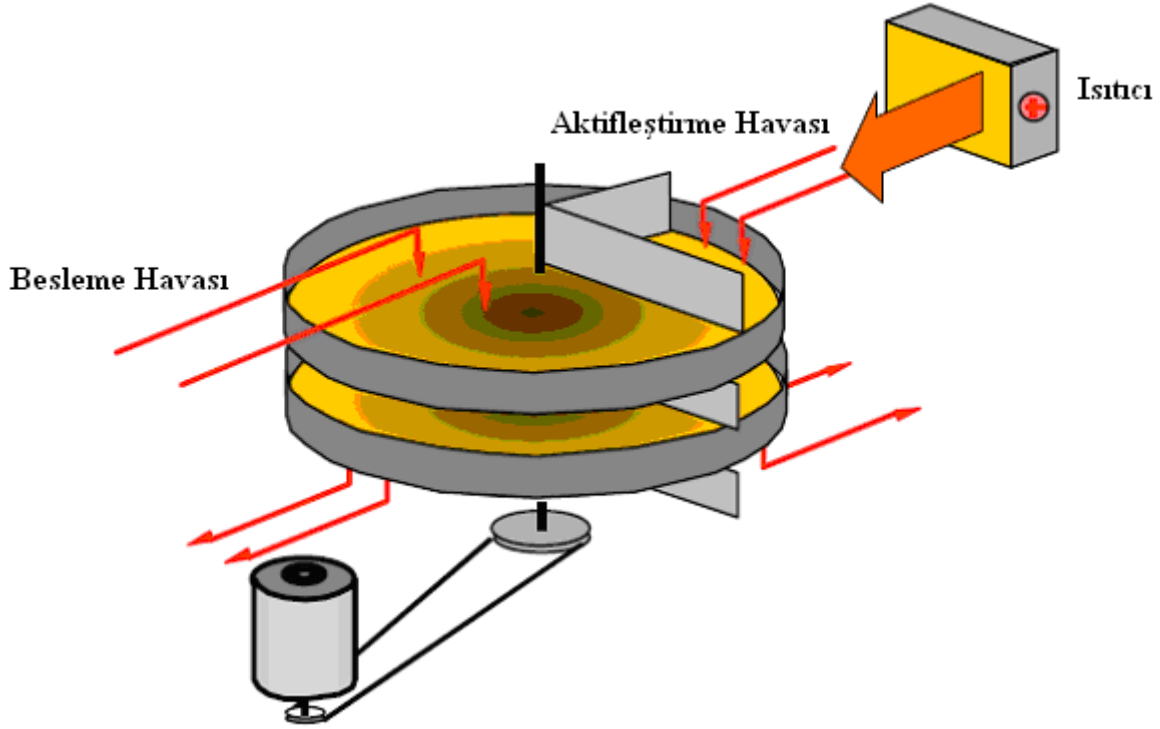
- Soğurucu maddenin tuttuğu nemin artmasıyla sürekli buhar basıncının artması bu yüzden sürekli düşen bir nem tutma kapasitesine sahip olması
- En optimum performans için tanktaki hava direncinin kritik olması.

## 3.1.2 Soğurucu tepsili sistem

### 3.1.2.1 Sistemin çalışma şekli

Soğurucu madde katı fazda, yatay bir tepsi üzerine yerleştirilmiştir. Besleme havası bir fan yardımıyla, sürekli dönen içinde gözenekli soğurucu madde bulunan bir tepsiye gönderilir. Havanın nemi soğurucu maddeler ile tutulur. Bu şekilde nemi besleme havasından ayrılması sağlanır. Soğurucunun aktifleştirme işlemi ise, dış hava veya iç ortam egzoz havası veya ikisinin karışımı havanın bir ısıtıcıdan geçirilerek sıcaklığı artırılarak, buhar basıncı düşürülür. Daha sonra sıcaklığı artmış aktifleştirme havası, aktifleştirme bölümü ile soğurma

bölümün arasında sabit engellerle sızdırmazlık sağlanmaya sağlanmış dönen soğurucu tepsinin aktiveleme bölümünden geçirilerek buradaki soğurucunun aktive edilmesi sağlanır. Tepsi sürekli döndüğünden sürekli tepsinin tamamındaki soğurucu aktifleşmiş olur. Bu sistemde bir veya birden fazla soğurucu tepsi seri olarak kullanılabilir.



Şekil 3.2 Tepsili Soğuruculu Nem Alma Sistemi (Dehumidification Handbook, Munters/Cargocaire)

### 3.1.2.2 Sistemin avantajları

- Modüler dizayna sahip olması
- Besleme havasının soğurucu madde çıkışında nem oranının değişmemesi
- Yüksek nem alma kapasitesi
- Düşük yatırım maliyeti
- Basit dizaynı

### 3.1.2.3 Sistemin dezavantajları

- Soğurucunun bir tepsiye yerleştirilmiş olmasından dolayı özel üretim gerektirmesi
- Besleme ile aktiveleme havası arasında sızıntı olabilmesi

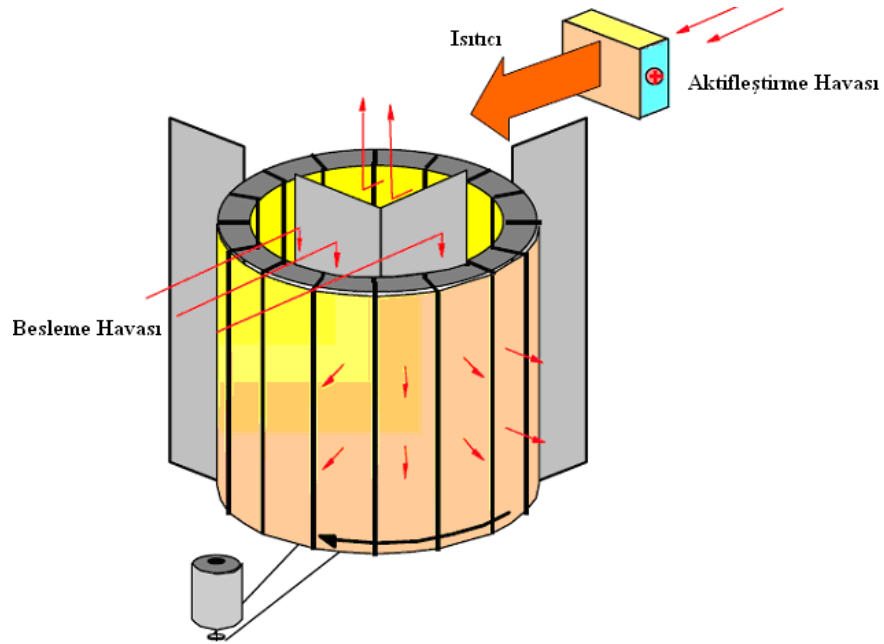
## 3.1.3 Çok bölmeli soğurucu sistem

### 3.1.3.1 Sistemin çalışma şekli

Bu sistemde soğurucu madde katı fazdadır ve çok bölmeli dikey yataklı bir simide benzer

(Şekil 3.3) bir yapıya yerleştirilmiştir. Bir fan yardımıyla besleme havası şekil 3.3 deki iç boşluktan doğru soğurucu yerleştirilmiş dilimli yapıdaki bölmelerden geçirilir. Soğurucu madenin bulunduğu gözenekli yapıdaki dilimlerde havanın nemi tutulur, bu nem alma işlemini havanın içindeki tozların bir süpürge'nin toz torbasında tutulmasına benzetebiliriz. Nem tutarak nem tutma kapasitesi azalmış dilimler, dilimli yapının dönmesiyle sabit engellerle ayrılmış aktifleştirme bölümüne geldiklerinde sıcak aktifleştirme havası bu dilimlerden geçirilerek bu dilimlerdeki soğurucu maddeler tekrar aktifleştirilir.

Bu sistemi ayrılmış soğurucu bölmelere sahip olduğundan katı soğurucu tanklı sistem ile yatay yatak tepsili soğuruculu sistemlerin bir kombinasyonu olarak gösterebiliriz.



Şekil 3.3 Çok Bölmeli Soğuruculu Nem Alma Sistemi (Dehumidification Handbook, Munters/Cargocaire)

### 3.1.3.2 Sistemin avantajları

- Besleme havasının soğurucu madde çıkışında nem oranının değişmemesi
- Yüksek performansı
- Havanın çok düşük çığ noktalarına erişilebilmesi

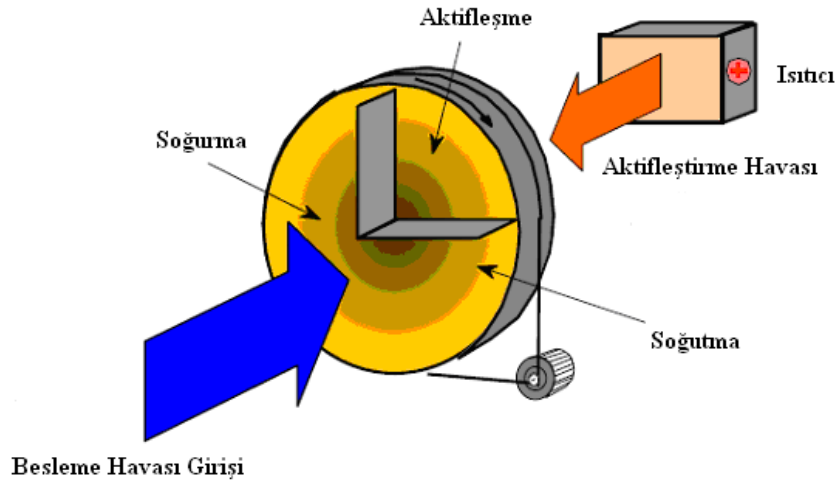
### 3.1.3.3 Sistemin dezavantajları

- Kompleks bir yapıya sahip oluşu
- Bakım maliyetinin fazla oluşu
- Yüksek ilk yatırım maliyeti

### 3.1.4 Soğurucu tekerlekli sistem

#### 3.1.4.1 Sistemin çalışma şekli

Bu sistem katı soğurucu sistemler içinde en çok kullanılan soğurucu dizayndır. Katı soğurucu maddeler yatay yataklı gözenekli yapıdaki bir tekerleğe yerleştirilmişlerdir. Besleme havası dönen, boşluklu bir yapıya sahip olan tekerleğe gönderilir. Hava nemini düşük buharlaşma basıncına sahip gözeneklerde bulunan soğurucu maddelere bırakır ve bu şekilde havanın nemi alınmış olur. Isıtılmış aktifleştirme havası tekerleğin sabit engellerle ayrılmış bölümünden geçirilerek, tekerleğin dönmesi sonucu bu aralığa gelmiş olan soğurucu tabakalarını, aktifleştirir. Tekerleğin sürekli dönmesiyle soğurucunun sürekli nem alıp vermesi gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 3.4 Soğurucu Tekerlekli Nem Alma Sistemi (Dehumidification Handbook, Munters/Cargocaire)

#### 3.1.4.2 Sistemin avantajları

- Hafif kütle ve gözenekli yapı
- Tekerlek yapısı sayesinde geçen havanın daha az basınç kaybı
- Havanın çok düşük çığ noktalarına erişilebilmesi
- Yüksek kapasite
- Basit sistem dizaynı
- Besleme havasının soğurucu madde çıkışında nem oranının değişmemesi

#### 3.1.4.3 Sistemin dezavantajları

- Yüksek ilk yatırım maliyeti

### **3.1.5 Soğurucu tekerleğin seçimi**

Soğurucu maddenin seçimi, büyüklük, çalışma aralığı (nem sıcaklık), verimlilik, giderler, servis ömrü gibi isteklere göre şekillenir. Ayrıca soğurucu maddenin geometrik yapısı basınç düşümü büyüklük ve giderlerini etkiler. Optimum soğurucu maddenin geometrisinin doğru seçimi nem alma sisteminin verimliliğini artırarak maliyeti düşürür. ( Belding ve ark., 1996 ). Soğurucu tekerleğin hava geçiş kanallarının dizaynında minimum basınç düşümü ve laminar akış ve maksimum yüzey alanı teması istenir. Aktifleştirme bölümü ile besleme bölümü arasında sızıntı istenmez.

Bir soğurucu tekerleğinde arzu edilen karakteristikler, nem almaya etki eden bazı değişkenler ASHRAE Equipment Handbook 1975’de şöyle listelenmiştir.

#### **A. Soğurucuyu belirleyen değişkenler**

1. Soğurucu maddenin çeşidi
2. Soğurucu maddenin kuru ağırlığı
3. Partikül boyutu
4. Hacimsel yoğunluğu
5. Yatağın geometrisi
6. Gaz akışının olduğu alan
7. Yatağın derinliği
8. Yatağa soğurucunun konuluş biçimi
9. Yataktaki basınç düşümü

#### **B. Kurutulan gazı belirleyen değişkenler**

1. Debisi
2. Sıcaklık
3. Nem içeriği
4. Basıncı
5. Gaz ile nem alıcı madde arasındaki temas süresi

#### **C. Aktifleştirmeyi belirleyen değişkenler**

1. Aktifleştirme sıcaklığı

2. Isı kaynağının büyüklük ve oranı
3. Yatağın ısı depolama kapasitesi
4. Yatağın sıcaklık gradyanı
5. Yalıtım kalınlığı
6. Gazın debisi

#### **D.Çeşitli değişkenler**

1. Çevrim zamanı veya tekerleğin dönüş hızı
2. Sistemden olan sızıntı

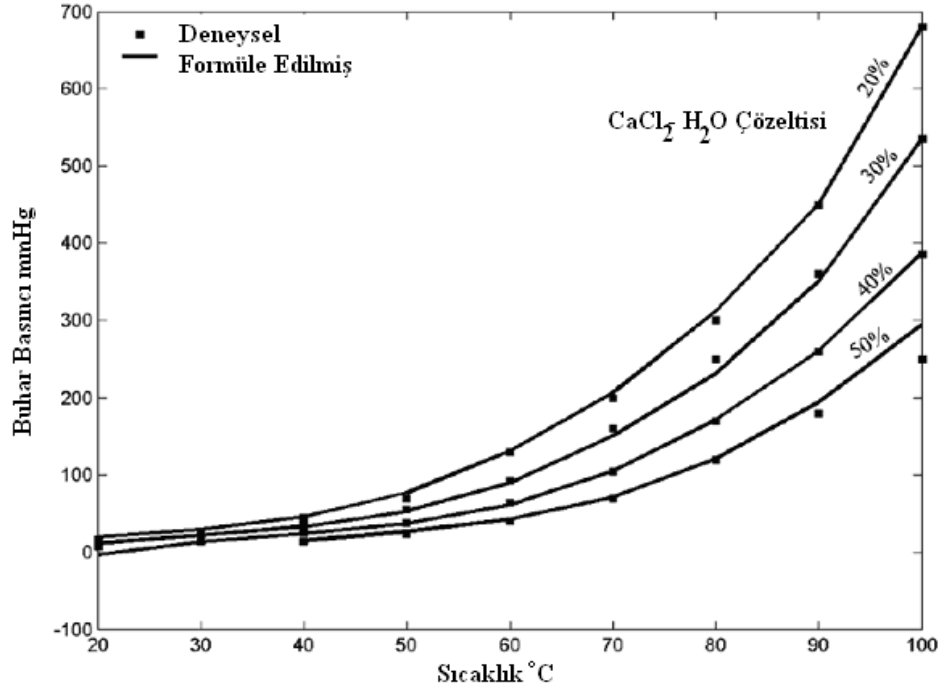
### **3.2 Sıvı Soğurucu Sistemler**

Son yıllarda sıvı soğurucu sistemler soğurucu pazarında katı soğurucu sistemlere göre artan bir pazar payına sahiptirler. Özellikle büyük kapasiteli sistemlerde sıvı soğurucu sistemler katı ve buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerine göre maliyet avantajı sunmaktadır. Yüksek gizli ısı yükünün olduğu, nemin sıkı limitlerde takip edildiği veya çok düşük nemin istendiği yerlerde çok yararlıdırlar.

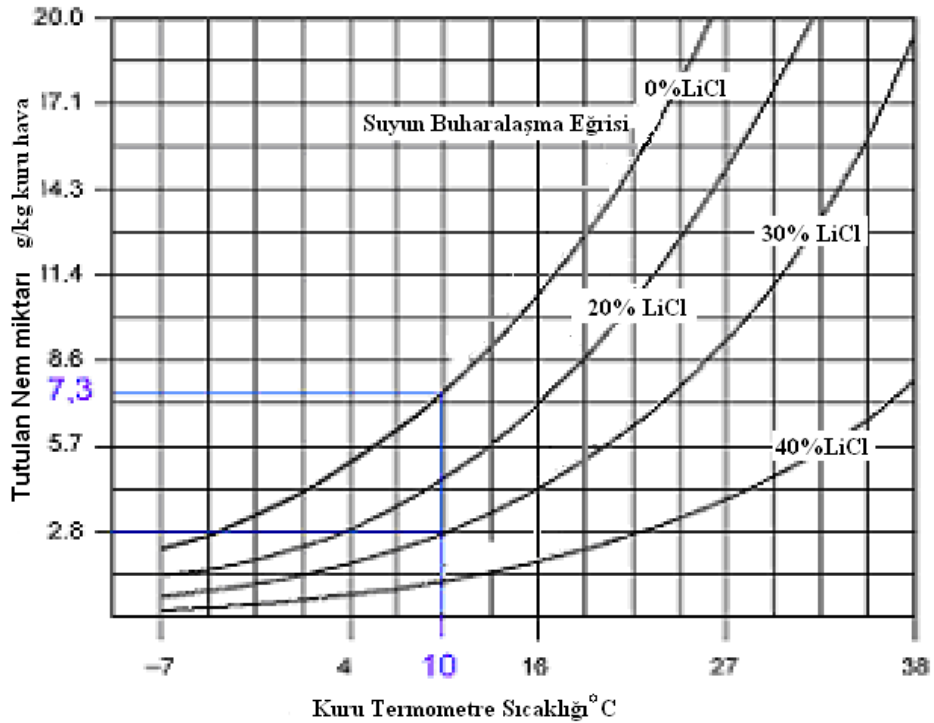
#### **3.2.1 Sıvı soğurucu sistemlerinin çalışması**

Sıvı soğurucu maddeler su ile çözelti yapılarak havadaki nemi tutmada kullanılırlar. Çözelti konsantrasyonu ve sıcaklığı sıvı soğurucu nem tutma kapasitesini belirler. Nem tutma kapasitesi ise hava ile soğurucu yüzeyi arasındaki su buharı basıncı farkından kaynaklanır. Şekil 3.5’de görüldüğü gibi sıvı bir soğurucu çözeltinin konsantrasyonu ve konsantrasyon sıcaklığının su buharı basıncını nasıl etkilediği gözükmemektedir. Çözeltinin sıcaklık artışının nem alma kapasitesini azalttığını çözelti konsantrasyonu artışının ise çözeltinin buhar basıncının azaltıp hava ile arasındaki buhar basıncının artmasından dolayı nem alma kapasitesini yükselttiğini anlaşılır. Şekil 3.6’daki grafikte ise bu sonuç daha açıkça görülmektedir. Grafikte farklı LiCl soğurucu maddeli çözelti konsantrasyonlarında hava ile çözelti arasındaki nem dengesi gösterilmiştir. Örneğin hava 10°C kuru termometre sıcaklığında en fazla 7.3 gr/kg hava nem taşıyabilirken, %30 LiCl – su soğurucu çözeltisiyle soğurulduğunda havadaki nem 2,8 gr/kg hava’ya kadar düşmektedir.





Şekil 3.5 Kalsiyum klorid – su çözeltisinin farklı konsantrasyonlarda ve farklı çözelti sıcaklıklarındaki su buhar basıncı değişim grafiği (Dow Chemical Company, Calcium Chloride Handbook, 1999.)

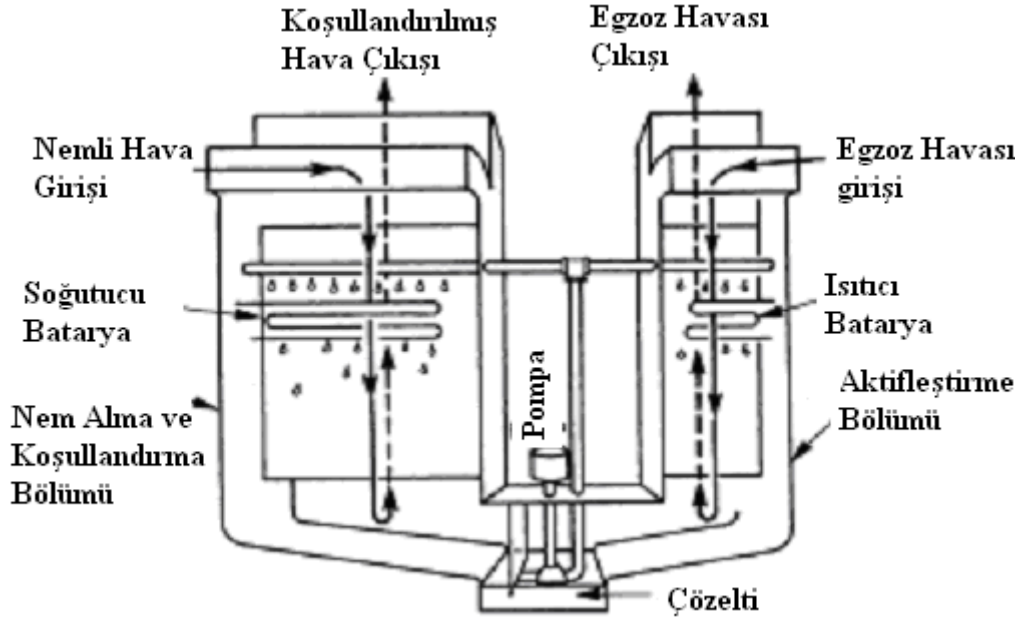


Şekil 3.6 101.325 kPa basınçta beraber bulunan hava ve lityum klorid çözeltisinin farklı sıcaklık ve çözelti oranlarında, dengelenmiş nem tutma miktarı (ASHRAE Handbook, Chapter 22, 2000)

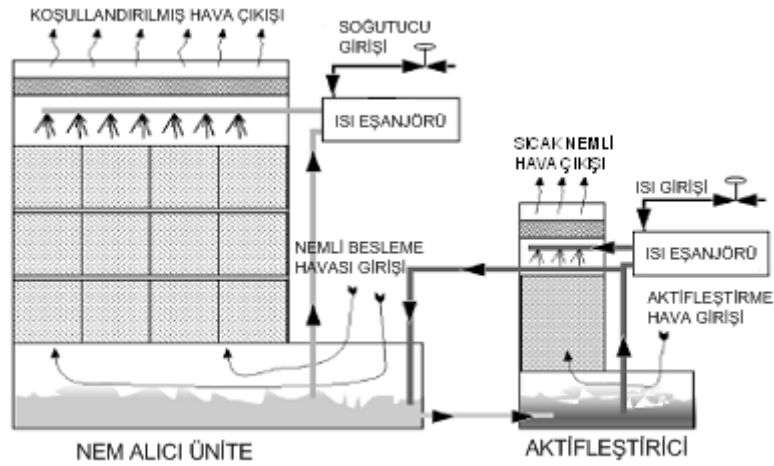
### 3.2.1.1 Nem alma

Hava ve sıvı soğurucunun giriş koşullarına bağlı olarak hava aynı anda soğutulabilir ve nemi alınabilir, ısıtılabilir ve nemi alınabilir, ısıtılabilir ve nemlendirilebilir, soğutulabilir ve nemlendirilebilir. Eğer havanın sıcaklığı artması gerekiyorsa havanın giriş yerine ön ısıtıcı konabilir veya soğurucu sıvıyı ısıtmak için bir ikinci bir ısı eşanjörü konabilir. Eğer hava nemlendirilmesi gerekirse otomatik olarak besleme suyu sıvı çözeltiye eklenerek çözelti seyreltilir.

Sıvı Soğurucu nem alıcılar şekil.3.7. ve şekil 3.8'da gösterilmiştir. Şekil 3.7'deki sıvı soğurucu sistemde soğutucu ve ısıtıcı batarya hava ile temastadır. Sıvı soğurucu havanın nemini tuttuğunda ortaya su buharının yoğunlaşmasından dolayı ısı çıkar bu ısı soğutucu batarya tarafından alınır. Şekil 3.8 deki sistemde ise spreylene sıvı soğurucu çözelti nemini alacağı hava ile daha geniş bir yüzey alanında karşılaşması ve daha iyi ısı ve kütle transferi yapabilmesi için delikli yapıdaki yüzey artırıcı plakalar spreyleme ünitesinin altına yerleştirilmiştir. Absorbsiyon sırasında çıkan duyulur ısıyı ve aktifleştirme bölümünden gelen konsantrasyonu artırılmış sıvı soğurucu çözeltinin getirdiği ısıyı uzaklaştırmak için soğurucu sıvı çözelti, nemli hava üzerine spreylenemeden bir ısı değiştiricisinden geçirilerek soğutulur. Kullanılacak soğutucu, kule suyu, yer altı suyu, şebeke suyu, deniz suyu, soğutucu akışkan olabilir. Aktifleştirme sırasında çıkan ısı, aktifleştirme bölümüne giren seyrelmiş sıvı soğurucu çözelti ile aktifleştirme bölümünden çıkan konsantrasyonu yüksek sıvı soğurucu çözelti arasında kullanılacak bir sıvı sıvı ısı değiştirici ile azaltılabilir. Bu işlem aktifleştirmenin verimliliğini artıracak, ısı girişini de %10-15 azaltacaktır. Nemli havanın sistemden yatay mı, dikey mi, zıt akışlı mı, paralel mi, geçip geçmeyeceği sistem ekipmanlarının nasıl kullanılacağına ve dizayna göre değişiklik gösterebilir. Genellikle en iyi seçim hava ile sıvı soğurucunun zıt akışlı şekilde karşı karşıya gelmesidir. (ASHRAE, Systems and Equipment Handbook, 2000)



Şekil 3.7 Sıvı soğurucu nem alma hava akış diyagramı (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000)



Şekil 3.8 Hava temas yüzeyi artırılmış adsorbsiyonlu sıvı soğurucu ünitelerin akış diyagramı (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000)

### 3.2.1.2 Aktifleştirme

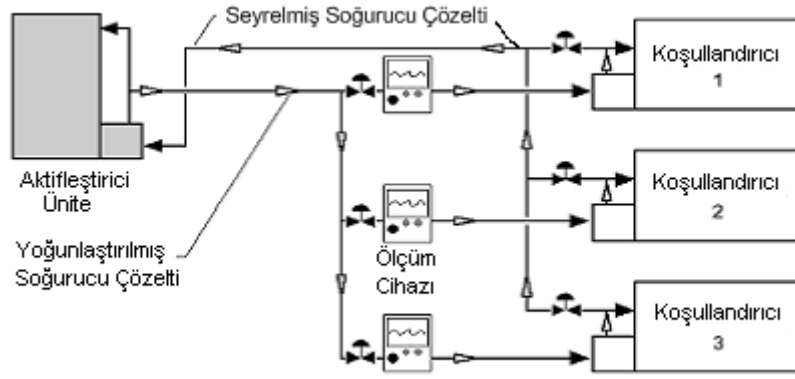
Seyrelmiş soğurucu çözeltinin tekrar kullanılması için konsantrasyonu artırılmalıdır. Konsantrasyonu artırmak çözeltinin soğurma sırasında tuttuğu suyu kaybetmesiyle olur. Bunun için %8 veya daha az bir seyrelmiş çözelti aktifleştirme ünitesine gönderilir. Aktifleştirme ünitesinde dağıtma pompası ile soğurucu çözelti, ısıtarak buhar basıncının

artırılması için ısı değiştiriciye yollanır. Isı değiştiriciye sağlanan ısının kaynağı sıcak su, buhar veya herhangi bir ısı kaynağı olabilir, sıcaklığı artan çözeltilerin buhar basıncı dış havanın buhar basıncından fazladır.

Çözelti aynı nem almadaki gibi yüzey artırıcı plakalara püskürtülür ve burada bir fan yardımıyla çekilmiş dış hava ile karşılaşır. Buhar basıncı farklılığından dolayı çözeltilerden havaya su buharlaşır. Sıcak ve nemli hava egzoz edilirken konsantrasyonu artan çözelti aktifleştirme soğurucu çözelti kabına geri döner. Buradan da nem alma ünitesine geri yollanarak çevrimin tamamlanması sağlanır.

Aktifleştirmede soğurucu çözeltilerden su uzaklaştırma miktarı ile nem alma ünitesinde havadan alınan nem miktarının dengesi kontrol altında olmalıdır. Bu denge havadan alınan nem miktarına göre aktifleştirme ısı değiştiricisinin ısıtıcı akışkan debisinin ayarlanmasıyla yapılır. Ne kadar nem tutulduğu ise genellikle aktifleştirme ünitesindeki çözelti kabına bir seviye kontrol cihazı konmasıyla yapılır. Kontrol cihazı ısı değiştiriciye giren havanın sıcaklığının ayarlayarak bu dengeyi sağlar. Böylelikle çözelti konsantrasyonu hep aynı seviyede kalacaktır.

şekil 3.8'deki sistemde nem alma ünitesi ile aktifleştirme ünitesinin arasında sadece soğurucu çözeltileri taşıyan gidiş dönüş boru hattı bağlantısı vardır. Boruların istediğimiz kadar uzatabileceğimiz için nem alma ünitesi ile aktifleştirme ünitesini ayrı yerlere yerleştirebiliriz. Ayrıca iklimlendirilecek binada farklı iklim koşulları isteniyorsa birden fazla nem alıcı cihazı tek bir aktifleştirme ünitesine bağlayarak çalıştırabiliriz (şekil 3.9). Aktifleştirme ünitesi kapasitesi ise nem alma ünitelerinin maksimum kapasiteleri toplamı kadar olmalıdır. Aktifleştirme kapasitesi ise ısı değiştiriciyi besleyen ısı kaynağına bağlıdır. Isı kaynağı ne kadar yüksek sıcaklıkta ise ekserjiside yüksek olacağından aktifleştirme ünitesinin kapasitesi o kadar artacaktır. aktifleştirme kapasitesi ayrıca sıvı soğurucunun konsantrasyonuna da bağlıdır. Ne kadar yüksek konsantrasyonlarda çözeltilerden su atmak istenirse o kadar fazla enerjiye ihtiyaçı olacaktır.



Şekil 3.9 Sıvı soğurucu çoklu soğurma ünitesi sistemi (ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2000)

### 3.2.1.3 Sistemin avantajları

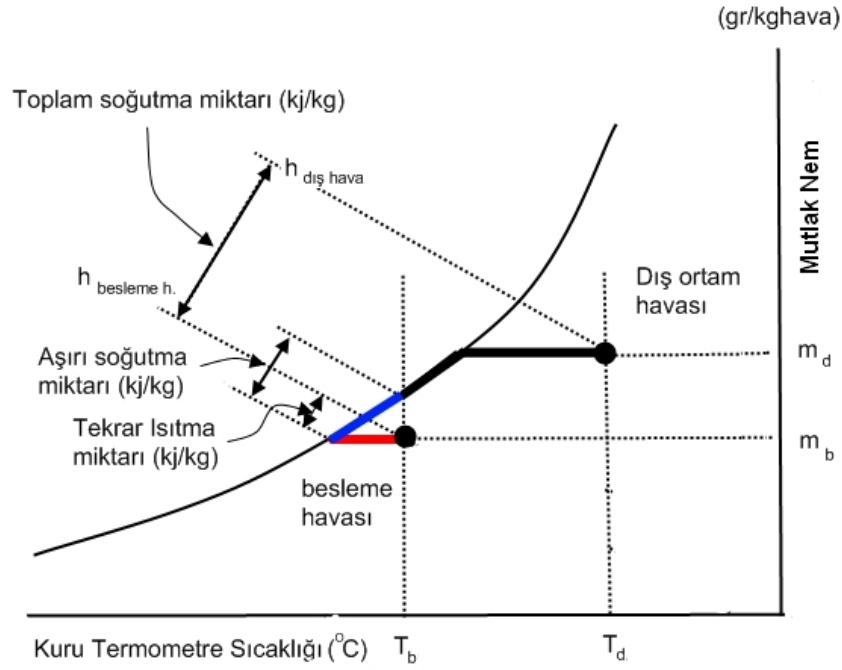
Sıvı soğurucu soğutma sistemlerinin diğer soğutma sistemlerine göre önemli avantajları bulunur. Bu avantajları sıralayacak olursak;

- Besleme havasını biyolojik olarak temizler. Bakteri ve virüsleri öldürür.
- Düşük aktifleştirme sıcaklıklarında (40-60°C) verimli olarak çalışır.
- Ek soğutma ihtiyacının olduğu birçok iklimlendirme sistemine eklenebilir. Böylelikle yüksek miktarda maliyet avantajı sağlanır.
- Soğurmadan kaynaklı duyulur ısı artışını düşük giderli soğutma kulesi suyu ile azaltılabilir. Böylelikle onun yerine kullanılacak ekipmanlardan tasarruf sağlanır.
- Sistemin aktifleştirme ünitesinde atık ısı kaynağı veya düşük maliyetli yakıt kullanılırsa sistem kendi maliyetini çok çabuk geri öder.
- Sıvı soğurucu kullanılan soğutma sistemleri geleneksel soğutuculara oranla %40 daha enerji tasarrufu sağlayabilirler.
- Nem alma ünitesi ve aktifleştirme ünitesi ayrı yerlere konabilir.

### 3.3 Hibrid Soğutucu Sistemler

Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimlerin kullanıldığı soğurucu sistemlere genel olarak kısaca hibrid soğutma sistemi denmektedir. Şekil 3.11 de sistemin hava akış şeması gösterilmektedir. Hibrid soğutma sistemi çok farklı soğutma isteklerine cevap verebilecek bir yapıdadır. Bunun nedeni havanın soğutmadaki iki temel özelliği olan sıcaklık ve nemin hibrid sistem ile ayrı

kontrol edilebilmesidir. Buhar sıkıştırılmalı sistemlerde sistemin istenen nem ve sıcaklık değerine gelmesi için havanın istenen sıcaklık değerinden daha düşük bir sıcaklık değerine soğutulması (aşırı soğutma) gerekir. Böylelikle hava öncelikle istenen nem değerine ulaşmış olur, daha sonra ise istenen sıcaklığı yakalayabilmesi için tekrar ısıtılması gerekir. Bu şekilde soğutmanın dezavantajı aşırı soğutma ve tekrar ısıtmadan (Şekil 3.10’da mavi ve kırmızı bölüm) kaynaklanan ekstra enerji ihtiyacıdır.



Şekil 3.10 Psikometrik şekilde buharlaştırılmalı soğutmada yapılan aşırı soğutma ve tekrar ısıtmanın gösterimi

Hibrid sistemin içinde yer alan soğurucu sistem, istenen nem miktarına gelmesi için fazla nemi tutarak havanın gizli ısı yükünü düşürür, fakat yoğuşan su buharı ısısını duyulur ısı olarak havaya verir. Hava giriş sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa çıkmış olur. Bu işlemin soğutmaya faydası havanın dış ortam sıcaklığının da üzerine çıkmasıyla diğer hava kaynakları arasındaki sıcaklık farkının oluşması ve böylelikle bir ısı değiştirici (şekil 3.11’de d ile görülen ünite) yardımıyla diğer hava kaynakları ile soğutulabilecek olmasıdır. Nemini ve sıcaklığını istenen miktarda kaybetmiş ve toplam enerjisi düşürülmüş hava, buharlaştırıcı soğutucuya gönderilir. Burada istenen sıcaklık değerine hava getirilir. İstenen nem ve sıcaklık değeri sağlanmış hava iç ortama gönderilmeye hazırdır. Yalnız buharlaştırıcılı soğutma yapan bir sisteme göre bu sistemde buharlaştırıcı soğutucunun yaptığı iş çok daha azdır. Çevrimin süreklilik kazanması için soğurucu maddenin tekrar aktifleşmesi gerekir. Bunun için nem kapasitesi dolmuş olan soğurucu madde üzerinden sıcak bir aktifleştirme havası geçirilmesi



verimsizliğinden bahsetmektedir (Burns ve ark.).

Hibrid soğurucu soğutma sistemlerinin süper market gibi yüksek gizli ısı yükü olan yerlerde enerjiden %70'lere varan tasarruf sağlandığını belirtmektedir. Yoğuşma ve buharlaşma ünitelerinin hacminde %80 oranında azalma olduğunu söylemektedir.

### **3.3.2 Sistemin avantajları**

- 1- İç ortam hava kalitesi nem kontrolü sayesinde yeterince artar.
- 2- Daha küçük boyutlarda iç ortam soğutma serpantini ve dış ortam yoğuşma ünitesi
- 3- Elektrik tüketiminden ve yıllık çalışma giderlerinden, önemli miktarda tasarruf sağlar.
- 4- Gizli ısı yükü çok olan ortamlarda konfor şartlarını sağlamakta buharlaştırılmalı sistemlere üstünlük sağlar (örn süper marketler).
- 5- CFC kullanımı daha azdır.



## 4. UYGULAMA ALANLARI

Soğurucu maddeli Soğurma sistemlerinin uygulandıkları alanlara göre pek çok yararı bulunmaktadır ( Holcomb, F., 2000 ).

### 4.1 Soğurucu Maddeli Nem Almanın Faydaları

#### Süpermarketler

- Soğutmada yapan ünitelerin kompresör yüklerinde azalmayla enerji tasarrufu
- Soğutma kısmında daha az buzlaşma
- Yoğuşmanın önüne geçilmesi
- Dondurulmuş gıda bölümde müşteri konforu



#### Buz Pateni Alanları

- Gizli ısının tutulmasından kaynaklanan enerji tasarrufu
- Daha az pist yüzeyinde istenmeyen hava kaynaklı buzlanma
- Sislenme etkisinin olmaması
- Pistte gereken bakımın azalması



#### Soğuk Hava Depoları

- Gizli ısının tutulmasından kaynaklanan enerji tasarrufu
- Sıcaklık dalgalanmalarının önüne geçmesi
- Yer kaynaklı kayma kazaların azalması



#### Hastane Ameliyat Odaları

- Operatörün terlemesini en aza indirmesi
- Havalandırma kanallarında oluşabilecek mantarların önüne geçmesi
- Odada oluşabilecek yoğuşmanın önüne geçmesi



#### Tiyatro ve Sinema Salonları

- Müşteri memnuniyetini artırması
- ASHRAE Standard 62'de belirtilen temiz hava miktarını sağlaması ve geçmesi
- Koltuk ve halıların yüksek nemden kaynaklı zararlarının önüne geçerek kullanım ömürlerini artırması

## Okullar

- Topluk içinde havadan bulaşabilecek sağlığa zararlı etkileri azaltması
- İç ortamdaki karbondioksit seviyesini azaltması
- Daha düşük enerji masrafları

## Lokantalar ve Kafeler

- Havalandırma miktarını ASHRAE Standard 62' deki oranlara kadar artırabilmesi
- Müşteri memnuniyetini artırması
- Daha düşük enerji masrafları

## Otel ve Pansiyonlar

- Müşteri memnuniyetini artırması
- ASHRAE Standard 62' de belirtilen temiz hava miktarını sağlaması ve geçmesi
- Halı, duvar kâğıdı, nevresim takımları gibi yüksek nemden etkilen eşyaların kullanım ömürlerini uzatma

## 4.2 Uygulama Konuları

Çizelge 5.1 deki tüm uygulamaların kendine özgü nem değerleri bulunur. Bu değerleri sağlamak için soğurucu sistemler kullanılmalıdır. Böylelikle azami verim elde edilecektir. ( Holcomb, F., 2000 ).

Çizelge 5.1 Uygulamaya göre soğurucu nem alma sisteminin kullanılmasının yararlı olacağı yerler

Gizli ısı yükünün toplam Soğutma Yüküne oranı > 30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek Dış hava miktarı</li> <li>• Prosesten kaynaklanan gizli ısı yükü</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiyatro Salonları</li> <li>• Okullar</li> <li>• Mağazalar</li> <li>• Restaurantlar</li> <li>• Toplantı Salonları</li> <li>• Buz kayağı pisti</li> </ul>
Kuru Hava Gereksinimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosesin gerektirdiği hava özelliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labarotuar</li> <li>• Bilgisayar odası</li> <li>• Kütüphaneler</li> <li>• Müzeler</li> <li>• Cepanelikler</li> <li>• Uzay Mekiği Üretim ve Servis yeri</li> </ul>
Yüksek dış hava gereksinimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASARAE Standard 62 ( 15cfm kişi başına)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiyatro salonları</li> <li>• Okullar</li> <li>• Mağazalar</li> <li>• Restaurantlar</li> <li>• Toplantı salonları</li> <li>• Hastaneler</li> <li>• Ofisler</li> </ul>
Yüksek Elektrik Tüketimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yaz aylarında elektrik talebinin artması</li> </ul>	Özel bir uygulama alanı yok
İç Hava Kalitesi Sorunları	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dış hava gereksinimi</li> <li>• Yüksek düzeyde solunum yolu bulaşıcı madde</li> <li>• İç ortamda yüksek seviyede CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Okullar</li> <li>• Yurtlar</li> <li>• Hastaneler</li> <li>• Toplantı salonları</li> <li>• Ofisler</li> </ul>

#### 4.2.1 Kurulacak soğuruculu soğutma sisteminin seçimini etkileyen faktörler

1. İç hava sıcaklığı ve bağıl nem gereksinimi
2. Mahal için tanımlanan dış hava miktarı
3. Yıllara göre dış havanın genel karakteristiği
4. Mahallin nem yükü
5. Duyulur soğutma yükünün gizli soğutma yüküne oranı
6. Enerji kaynaklarının durumu ( Elektrik, Doğalgaz, Buhar)

7. Enerji kaynaklarının fiyatları
8. Mevcut olan mekanik sistemlerin durumu
9. Soğutucu sistem yerleştirilmesi için boş alanın varlığı

## **5. PERFORMANS ETKENLERİ**

Soğuruculu soğutma sisteminin içinde yer alacak iki başlıktan söz edebiliriz.

1. Besleme hava yolu
2. Aktifleştirme hava yolu

Giriş ve çıkış havası için sınır koşulları soğurma maddesinin karakteristiği kadar soğurma sisteminin performansını etkiler.

### **5.1 Besleme Havası**

Giriş nemi, umulandan yüksek ise, çıkış besleme havası sıcaklığı umulandan yüksek olacaktır, umulandan az ise, çıkış proses havası umulandan daha kuru olacaktır.

Giriş sıcaklığı, umulandan fazla ise, nem alma performansı azalacaktır, umulandan az ise, nem alma performansı artacaktır.

Hava hızı, umulandan fazla ise; nem alma performansı azalacaktır, umulandan az ise, nem alma performansı artacaktır.

### **5.2 Aktifleştirme Havası**

Giriş nemi umulandan yüksek ise nem alma performansı azalacaktır. Umulandan az ise, nem alma performansı artacaktır.

Giriş sıcaklığı umulandan fazla ise, nem alma performansı artacaktır. Umulandan az ise, nem alma performansı azalacaktır.

Hava hızı, umulandan fazla ise; nem alma performansı azalacaktır, umulandan az ise, nem alma performansı artacaktır.

## **6. SOĞURUCU SOĞUTMA SİSTEMİNİN BİNAYA UYGULANMASI**

Soğurucu soğutma sistemi uygulanmak istenen bir yer için yapılması gerekenler

- 1-Uygulamanın amacı nedir?
- 2-Sınır koşulları nelerdir?
- 3-Duyulur ısı ve nem yükünün hesaplanması
- 4-Sistem elemanlarının seçimi
- 5-Kontrol sisteminin seçimi
- 6-Maliyet hesabı

### **6.1 Uygulamanın Amacı**

Koşullandırılacak ortama göre nem yükü ve sıcaklık belirlenmesi için nerenin koşullandırılacağı ve eğer varsa özel istekler, özel koşullar bilinmelidir. İç hava kalitesi artmalı mı, Endüstriyel gereksinim nedir, tarihi eserler mi nemden korunacak gibi.

### **6.2 Sınırların ve Koşulların Belirlenmesi**

Soğurucu sistemler çok hassas nem kontrolü yapabilirler. Sıcaklık ve nemin birbirinden bağımsız olarak değiştirilmesine imkân sağlarlar. Bu aşamada sistemin dizaynı için iç ortamın hangi sıcaklık ve nem aralıklarında çalışacağı dış ortamında maksimum sıcaklık ve nem değerleri belirlenir.

### **6.3 Duyulur Isı ve Nem Yükünün Hesaplanması**

Bir binanın ısı yükü hesabı iki kalemde oluşur. Bunlardan birisi duyulur ısı yükü diğeri ise gizli ısı yüküdür. Bu iki yükün toplanmasıyla toplam ısı yükü hesaplanmış olur.

#### **6.3.1 Duyulur ısı yükünün hesaplanması**

Duyulur ısı yükü, binaya güneş radyasyonu, iç dış ortam sıcaklık farkı dolayısıyla taşınım ve sızıntı yoluyla, iç ortamda bulunan ısı üreten cihaz veya canlılar yoluyla gelen ısı yüküdür. Bu çalışmada nasıl duyulur ısı yükünün nasıl hesaplanması gerektiği incelenmeyecektir.

## 6.3.2 Nem yükünün hesaplanması

### 6.3.2.1 Difüzyon yoluyla gelen nem yükü ( $W_x$ )

Nem binanın dış çeperinden su buharı fazında yüksek buhar basıncının olduğu yerden düşük buhar basıncının olduğu tarafa doğru geçer. Bu geçişin miktarı yapı elemanının buhar geçirgenliğine ve basınç farkına bağlıdır. Tek boyutlu su buharı difüzyon diferansiyel denklemi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$w_x = -\mu_p \frac{dp}{dx} \quad (6.1)$$

Eşitlikte;

$w_x$  : x yönünde, birim zamanda, birim yüzeyden geçen su buharı miktarı olup kısaca su buharı akısı ( $\text{kg/h m}^2$ )

$\mu_p$  : Yapı malzemesinin buhar geçirgenliği ( $\text{kg/h m mmSS}$ )

$dp/dx$  : Su buharı kısmi basınç gradyeni ( $\text{mmSS/m}$ )

olarak ifade edilir.

Isı iletimine benzer şekildedir su buharı birkaç katmanlı duvar için gerekli difüzyon denklemi aşağıdaki gibidir.

$$w_x = \frac{p_i - p_d}{\frac{1}{\beta_i} + \left( \frac{d_1}{\mu_{p1}} + \frac{d_2}{\mu_{p2}} + \frac{d_3}{\mu_{p3}} + \dots \right) + \frac{1}{\beta_d}} \quad (6.2)$$

Burada;

$\beta_i$  : İç ortam ile yapı malzemesi arasındaki buhar geçirgenlik katsayısı ( $\text{kg/h mmSS}$ )

$\beta_d$  : Dış ortam ile yapı malzemesi arasındaki buhar geçirgenlik katsayısı ( $\text{kg/h mmSS}$ )

6.2 eşitliğinin paydasındaki değerleri irdeleyecek olursak; buhar geçirgenliği  $\mu_p$  yerine yapı malzemesi buhar geçirgenlik direnci  $\delta$  ( $\text{pa m}^2\text{/s/kg m}$ ) kullanılır. Buradan 6.2 nolu denklem

$$w_x = \frac{p_i - p_d}{\frac{1}{\beta_i} + (d_1\delta_1 + d_2\delta_2 + d_3\delta_3 + \dots) + \frac{1}{\beta_d}} \quad \text{şeklinde düzenlenir.} \quad (6.3)$$

İç yüzey buhar geçirgenlik katsayısı  $\beta_i = 0.0015 \text{ kg/m h mmSS}$  [1], iç yüzey buhar geçirgenlik direnci  $\Delta_i = 670 \text{ mmSS m h/kg}$ , dış yüzey buhar geçirgenlik katsayısı  $\beta_d = 0.0033 \text{ kg/m h mmSS}$ , dış yüzey buhar geçirgenlik direnci  $\Delta_d = 300 \text{ mmSS m h/kg}$  olarak verilmiştir. Bu

değerlerin yapı malzemesi buhar geçirgenlik dirençlerinin yanında çok küçük olması nedeniyle pratik hesaplarda ihmal edilmektedir. 6.3 nolu denkleme yansıtılırsa bu ihmal denklem aşağıdaki gibi olur.

$$w_x = \frac{p_i - p_d}{(d_1\delta_1 + d_2\delta_2 + d_3\delta_3 + \dots)} \quad (6.4)$$

Çizelge 6.1 Çok kullanılan bina malzemeleri için tipik su buharı geçirim ve geçirgenlik değerleri (Özdemir, E. , 2001)

Malzeme	Kalınlık, mm	Geçirim, ng/(s.m <sup>2</sup> Pa)	Direnç <sup>h</sup> , Tpa m <sup>2</sup> s/kg	Geçirgenlik, ng/(s.mPa)	Direnç/m <sup>b</sup> , Tpa m <sup>2</sup> s/kg
<b>Konstrüksiyon malzemeleri</b>					
Beton (1:2:4 karışım)				4.7	0.21
Kagir tuğla	100	46 <sup>f</sup>	0.022		
Beton blok (hücreli, kireç agregası)	200	137 <sup>f</sup>	0.0073		
Kiremit kagir, camlı	100	6.9 <sup>f</sup>	0.14		
Asbest çimento levha	3	229-458 <sup>d</sup>	0.0017-0.0035		
Yağ esaslı bitim		17.29 <sup>d</sup>	0.0035-0.052		
Metal tiriz üzerine sıva	19	860 <sup>f</sup>	0.0012		
Ahşap tiriz üzerine sıva		630 <sup>e</sup>	0.0016		
Düz alçı tiriz üzerine sıva (dikmeli)		1140 <sup>f</sup>	0.00088		
Alçı duvar levhası (düz)	9.5	2860 <sup>f</sup>	0.00035		
Alçı kaplama (asfalt emdirilmiş)	13		29 <sup>d</sup>	0.038	
Yapısal yalıtım levhası (koruyucu kalitede)				29-73 <sup>f</sup>	0.038-0.014
Yapısal yalıtım levhası (dahili, kaplanmamış)	13	2860-5150 <sup>f</sup>	0.00035-0.00019		
Sert levha (standart)	3.2	630 <sup>f</sup>	0.0016		
Sert levha (temperlenmiş)	3.2	290 <sup>f</sup>	0.0034		
Mamur çatı (sıcak silinmiş)		0.0	∞		
Ahşap, seker çamu				0.58-7.8 <sup>fb</sup>	172.0-131
Kontrplak (douglas çamu, dış yapıştırma)	6.4	40 <sup>f</sup>	0.025		
Kontrplak (douglas çamu, iç yapıştırma)	6.4	109 <sup>f</sup>	0.0092		
Akrilik, cam elyaf takviyeli plaka	1.4	6.9 <sup>d</sup>	0.145		
Polyester, cam elyaf takviyeli plaka	1.2	2.9 <sup>d</sup>	0.345		
<b>Isı yalıtımları</b>					
Hava (durgun)				174 <sup>f</sup>	0.0057
Hücreli cam				0.0 <sup>f</sup>	∞
Mantar levha				3.0-3.8 <sup>d</sup>	0.33-0.26
				14 <sup>e</sup>	0.076
Mineral yünü (korumasız)				245 <sup>e</sup>	0.0059
Genleştirilmiş poliüretan levha (R-11 üfleli)				0.58-2.3 <sup>d</sup>	1.72-0.43
Genleştirilmiş polistren-ekstrude				1.7 <sup>d</sup>	0.57
Genleştirilmiş polistren-boncuk				2.9-8.4 <sup>d</sup>	0.34-0.12
Fenolik köpük (örtüsü kaldırılmış)				38	0.026
Eş hücreli sentetik esnek kauçuk köpük				0.029 <sup>d</sup>	34-4.61
<b>Plastik ve metal folyo ve filimler<sup>f</sup></b>					
Alüminyum folyo	0.025	0.0 <sup>d</sup>	∞		
Alüminyum folyo	0.009	2.9 <sup>d</sup>	0.345		
Poliyeten	0.051	9.1 <sup>d</sup>	0.110		2133
Poliyeten	0.1	4.6 <sup>d</sup>	0.217		2133
Poliyeten	0.15	3.4 <sup>d</sup>	0.294		2133
Poliyeten	0.2	2.3 <sup>d</sup>	0.435		2133
Poliyeten	0.25	1.7 <sup>d</sup>	0.558		2133
Polivinilklorid, plastik değil	0.051	39 <sup>d</sup>	0.026		
Polivinilklorid, plastik	0.1	46-80 <sup>d</sup>	0.032		
Polyester	0.025	42 <sup>d</sup>	0.042		
Polyester	0.09	13 <sup>d</sup>	0.075		
Polyester	0.19	4.6 <sup>d</sup>	0.22		
Selüloz asetat	0.25	263 <sup>d</sup>	0.0035		
Selüloz asetat	3.2	18 <sup>d</sup>	0.054		



Çizelge 6.1 Çok kullanılan bina malzemeleri için tipik su buharı geçirim ve geçirgenlik değerleri (devamı) (Özdemir, E. , 2001)

Malzeme	Birim kütle, kg/m <sup>2</sup>	Geçirgenlik Ng/(s.m <sup>2</sup> Pa)			Direnç <sup>b</sup> Tpa m <sup>2</sup> s/kg		
		Kuru-kap	Yaş-kap	Diğer	Kuru-kap	Yaş-kap	Diğer
<b>Bina kağıdı, keçeler, çatı kağıtları<sup>a</sup></b>							
Dupleks tabaka, asfalt lamine, bir taraf alüminyum folyo	0.42	0.1	10		10	0.1	
Doymuş ve kaplanmış rulo çatı mal	3.18	2.9	14		0.34	0.071	
Kraft kağıdı ve asfalt lamine, takviyeli 30-120-30	0.33	17	103		0.059	0.0097	
Şilte ısı yalıtımı destek kağıdı, asfalt kaplı	0.30	23	34-240		0.043	0.029-0.0042	
Asfalt-doymuş ve kaplanmış buhar kesici kağıt	0.42	11-17	34		0.091-0.059	0.029	
Asfalt-doymuş fakat kaplanmamış kağıt tabakası	0.21	190	1160		0.0053	0.00086	
0.73 kg/m <sup>2</sup> asfalt keçe	0.68	57	320		0.017	0.0031	
0.73 kg/m <sup>2</sup> katran keçe	0.68	230	1040		0.0043	0.00096	
Tek-kraft, çift	0.16	1170	2400		0.00056	0.00042	
<b>Sıvı-uygulanan kaplama malzemeleri</b>							
	Kalınlık, µm						
<b>Ticari lateks boyalar (kuru film kalınlıkları)<sup>1</sup></b>							
Buhar kesici boya	70			26			0.038
Primer-sızdırmaz	30			360			0.0028
Vinil asetat/akrilik primer	50			424			0.0024
Vinil-akrilik primer	40			491			0.0020
Yarı parlak vinil-akrilik emaye	60			378			0.0026
Dış akrilik ev ve süsleme	40			313			0.0032
<b>Boya-2 tabaka</b>							
Kontraplak üzerine asfalt boya			23				0.043
Ahşap üzerine alüminyum vernik		23			0.059-0.034		
Pürüzsüz sıva üzerine emaye				29-86			0.034-0.012
İç yalıtım levhası üzerine primer ve sızdırmazlar				51-20			0.020-0.0083
Sıva üzerine muhtelif primerler				91-172			0.011-0.0058
artı 1 kat düz yağlı boya				229			0.0044
İç yalıtım levhası üzerine düz boya				1716-4863			0.00058-0.00021
İç yalıtım levhası üzerine su emülsiyon							
<b>Boya-3 kat</b>							
Dış boya, ahşap cephe üzerine beyaz kurşun ve yağlı			17-57			0.0059-0.017	
Dış boya, ahşap üzerine beyaz kurşun-çinko oksit ve yağ			51			0.020	
Stiren-butadien lateks kaplama	0.6	629				0.0016	
Polivinil asetat lateks kaplama	1.2	315				0.0032	
Klorasülfonat polietilen mastik	1.1	97				0.010	
	2.2	3.4				0.29	
Asfalttan kesilmiş mastik, 1.6 mm, kuru		0.8				0.125	
4.8 mm, kuru		0				∞	
Sıcak ergitme asfalt	0.6	29				0.034	
	1.1	5.7				0.175	

### 6.3.2.2 İnsanlardan gelen nem yükü ( $W_i$ )

İnsan metabolizması sürekli çalışır ve ürettiği ısıyı terleme yoluyla (gizli ısı olarak) ve taşınım yoluyla (duyulur ısı) atar. Buda iklimlendirilen ortam için bir ısı yüküdür. Her insan yaptığı işe göre enerji harcar buda havaya verdiği nem yükünü belirler. Çizelge 6.2’de İnsanların yaptıkları işe göre ortama verdikleri nem yükleri verilmiştir.

İnsanlardan gelen nem yükünü, çizelge 6.2 deki insanların yaptığı aktivitelere göre havaya verdikleri nem yüklerini kullanarak aşağıdaki formülden hesaplayabiliriz.

$$W_i = I \times B \quad (6.5)$$

$I$  : İklimlendirilecek ortamdaki insan sayısı

$B$  : İnsanın aktivitesine göre havaya verdiği nem yükü (g/h)

Çizelge 6.2 21°C için aktivitelere göre insanlardan havaya giden nem yükü  
( Holcomb, F., 2000 ).

Aktivite	Nem yükü(g/h)
Oturan veya dinlenen kişi	80
Ayakta duran kişi	290
Çalışan kişi	460
Çalışan kişi (ağır iş)	770

### 6.3.2.3 Ürünlerden ve malzemelerden gelen nem yükü ( $W_{ii}$ )

Her ürün veya malzemenin bir nem tutuculuğu vardır. Buldukları ortamın sıcaklık ve bağıl nemine göre nem taşıma kapasiteleri vardır. Çizelge 6.3 de 24°C sıcaklık için hangi maddenin hangi bağıl nemde kendi ağırlığının yüzde kaçı kadar nem taşıyabileceği verilmiştir. Depolamadan veya üretimden dolayı ürünler bir yerden bir yere taşınır. Bu taşıma dolayı ürünler gittikleri ortama nem yükü getirirler. Getirdikleri nem yükü 6.6 nolu formülden hesaplayabiliriz.

$$W_U = m \times (p_{w2} - p_{w1}) \quad (6.6)$$

$m$  : Ürün giriş miktarı (kg/h)

$p_{w2}$  : Ürünün geldiği yerdeki nem içeriği ( $g_{su}/g_{madde}$ )

$p_{w1}$  : Ürünün kontrol edilen mahal içindeki nem içeriği ( $g_{su}/g_{madde}$ )

Çizelge 6.3 Higroskopik materyallerin ortamın bağıl nemine göre tuttıkları nem miktarı (ASHRAE Applications Handbook,1999)

Sınıflandırma	Materyaller	Tanımlama	BAĞIL NEM								
			10	20	30	40	50	60	70	80	90
Doğal tekstil fiberleri	Pamuk	Adalar – iplik bükme	2,5	3,7	4,6	5,5	6,6	7,9	9,5	11,5	14,1
	Pamuk	Amerika kumaşı	2,6	3,7	4,4	5,2	5,9	6,8	8,1	10	14,3
	Pamuk	Soğurgan	4,8	9	12,5	15,7	18,5	20,8	22,8	24,3	25,8
	Yün	Avustralya yünü çile	4,7	7	8,9	10,8	12,8	14,9	17,2	19,9	23,4
	İpek	Ham chevennes- çile	3,2	5,5	6,9	8	8,9	10,2	11,9	14,3	18,3
	Keten	Masa Örtüsü	1,9	2,9	3,6	4,3	5,1	6,1	7	8,4	10,2
	Keten	Kuru spun- iplik	3,6	5,4	6,5	7,3	8,1	8,9	9,8	11,2	13,8
	Hint Keneviri	Birkaç Cinsin Ortalaması	3,1	5,2	6,9	8,5	10,2	12,2	14,4	17,1	20,2
	Kenevir	Kahve Rengi Kalın Kağıt ve Liflerden Oluşan Halat	2,7	4,7	6	7,2	8,5	9,9	11,6	13,6	15,7
Yapay İpekler	Nitroselüloz Viskoz	Ortalama Çile	4	5,7	6,8	7,9	9,2	10,8	12,4	14,2	16
	Cuprammonium selüloz asetat		0,8	1,1	1,4	1,9	2,4	3	3,6	4,3	5,3
Kağıt	M.F.gazete kağıdı	Hamur Odunu-24% kül	2,1	3,2	4	4,7	5,3	6,1	7,2	8,7	10,6
	H.M.F. yazı	Hamur Odunu-3% kül	3	4,2	5,2	6,2	7,2	8,3	9,9	11,9	14,2
	Beyaz Senet	Adi Gazete -1% kül	2,4	3,7	4,7	5,5	6,5	7,5	8,8	10,8	13,2
	Ticari Ana Hesap Defteri	75% Adi Gazete -1% kül	3,2	4,2	5	5,6	6,2	6,9	8,1	10,3	13,9
	Ambalaj Kağıdı	Kozalaklı Ağaç	3,2	4,6	5,7	6,6	7,6	8,9	10,5	12,6	14,9
Çeşitli Organik Materyaller	Deri	Meşe Ağacı	5	8,5	11,2	13,6	16	18,3	20,6	24	29,2
	Çatgut	Racquet İpleri	4,6	7,2	8,6	10,2	12	14,3	17,3	19,8	21,7
	Tutkal	Deri	3,4	4,8	5,8	6,6	7,6	9	10,7	11,8	12,5
	Lastik, Kauçuk	Dış Lastik	0,11	0,21	0,32	0,44	0,54	0,66	0,76	0,88	0,99
	Tahta	Kereste	3	4,4	5,9	7,6	9,3	11,3	14	17,5	22
	Sabun	Beyaz	1,9	3,8	5,7	7,6	10	12,9	16,1	19,8	23,8
	Tütün	Sigara	5,4	8,6	11	13,3	16	19,5	25	33,5	50
Çeşitli İnorganik Materyaller	Yanmaz Taş Fiber	İyice ayrılmış	0,16	0,24	0,26	0,32	0,41	0,51	0,62	0,73	0,84
	Silika Jel		5,7	9,8	12,7	15,2	17,2	18,8	20,2	21,5	22,6
	Yerli Kok Kömürü		0,2	0,4	0,61	0,8	1,03	1,24	1,46	1,67	1,89
	Aktif Odun Kömürü	Dumanı Çıkarılarak aktifleştirilmiş	7,1	14,3	22,8	26,2	28,3	29,2	30	31,1	32,7
	Sülfürik Asit		33	41	47,5	52,5	57	61,5	67	73,5	82,5

24°C'de Maddelerin buldukları ortamın bağıl nemine göre tuttıkları nem miktarı

#### 6.3.2.4 Yanma kaynaklı nem yükü ( $W_G$ )

Eğer iklimlendirilecek ortam içinde pişirme veya bir şeyi ısıtmak için gaz kaynaklı bir ısı tüketimi var ise bundan dolayı iç ortama bir ısı kazancı ve nem yükü oluşur. Yanma kaynaklı nem yükünü 6.7 nolu formülü ( Holcomb, F., 2000 ) kullanarak hesaplayabiliriz.

$$W_G \cong G \times 1,5 \quad (6.7)$$

$G$  : Doğalgaz tüketim miktarı ( $m^3 / h$ )

1,5 : 1  $m^3$  yakılan doğalgaz için üretilen nem miktarı ( $kg/m^3$ )

#### 6.3.2.5 Islak yüzeylerden gelen nem yükü ( $W_I$ )

Birçok yerde periyodik olarak aletlerin veya yerin yıkanmasından dolayı su havaya buharlaşır buda iç ortam içi nem yüküdür. Bu nem yükünü 6.8 nolu formülü ( Holcomb, F., 2000 ) kullanarak hesaplayabiliriz.

$$W_I = \frac{H \times A \times (p_{b,d} - p_{b,h}) \times 3,6}{H_s} \quad (kg/h) \quad (6,8)$$

Bu denklemde;

$H$  : Gizli ısı transfer oranı ( $W/m^2kPa$ )

$A$  : Islak yüzey alanı ( $m^2$ )

$p_{b,d}$  : Su sıcaklığında doymuş buhar basıncı ( $kPa$ )

$p_{b,h}$  : Su sıcaklığında buhar basıncı ( $kPa$ )

$H_s$  : Su sıcaklığında buharlaşma gizli ısı ( $kJ/kg$ )

#### 6.3.2.6 Dış ortamdan sızıntı yoluyla gelen nem kazancı ( $W_S$ )

Dış hava nem miktarı iç hava nem miktarından yüksek olduğu zaman dış hava iç ortama kapı pencere aralıklarından kapının veya pencerenin açılıp kapanması sırasında girer. Buda iklimlendirilecek ortama sızıntı yoluyla nem yükü getirir. Bu nem yükünü 6.9 nolu formülü ( Holcomb, F., 2000 ) kullanarak hesaplayabiliriz.

$$W_S = A \times \rho \times V_h \times (w_d - w_i) \quad (6.9)$$

Bu denklemde;

$A$  : Açıklığın Alanı ( $m^2$ )

$\rho$  : Sızıntı havasının Yoğunluğu ( $kg/m^3$ )

$V_h$  : Havanın içeri girme hızı ( $m/sn$ )

$w_d$  : Dış ortam havasının özgül nemi ( $g/kghava$ )

$w_i$  : İç ortam havasının özgül nemi ( $g/kghava$ )

### 6.3.2.7 Taze hava ihtiyacından gelen nem yükü ( $W_{Th}$ )

İklimlendirilecek ortamın temiz hava ihtiyacını gidermek için dış ortamdan alınması gereken taze havayla beraber gelen nem yüküdür. Aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$W_{Th} = V_{Th} \times \rho \times (w_{Th} - w_i) \quad (6.10)$$

Bu denklemde;

$V_{Th}$  : Gerekli taze havanın debisi ( $g/kghava$ )

$\rho$  : Besleme havasının yoğunluğu ( $kg/m^3$ )

$w_{Th} = w_d$  : Dış ortam havasının (taze hava) özgül nemi ( $g/kghava$ )

## 6.4 Sistem Elemanlarının Seçimi

Her üreticinin kendi ekipmanlarının seçimini için farklı methodları bulunmaktadır. Birçok tedarikçi uygulamanın dizayn kriterlerine göre sistem elemanlarının seçimi için mühendislik hizmeti verir. Bazı tedarikçiler ise mühendislerin performans hesapları için ürünlerinin davranışlarını gösteren yazılım geliştirmiştir

## 6.5 Kontrol Sisteminin Seçimi

Birçok üretici ürünlerinde kendi kontrol sistemi bulunmaktadır.

## 6.6 Maliyet Hesabı

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1-Sistem dizaynı Ücreti             | 4-Enerji fiyatları (işletme için) |
| 2-Ekipman Maliyeti                  | 5-Bakım Masrafları                |
| 3-Gerekli Kanal ve boruların gideri | 6-Enerji Kazancı                  |

## 7. SOĞURUCU TEKERLEK İLE NEM ALMA

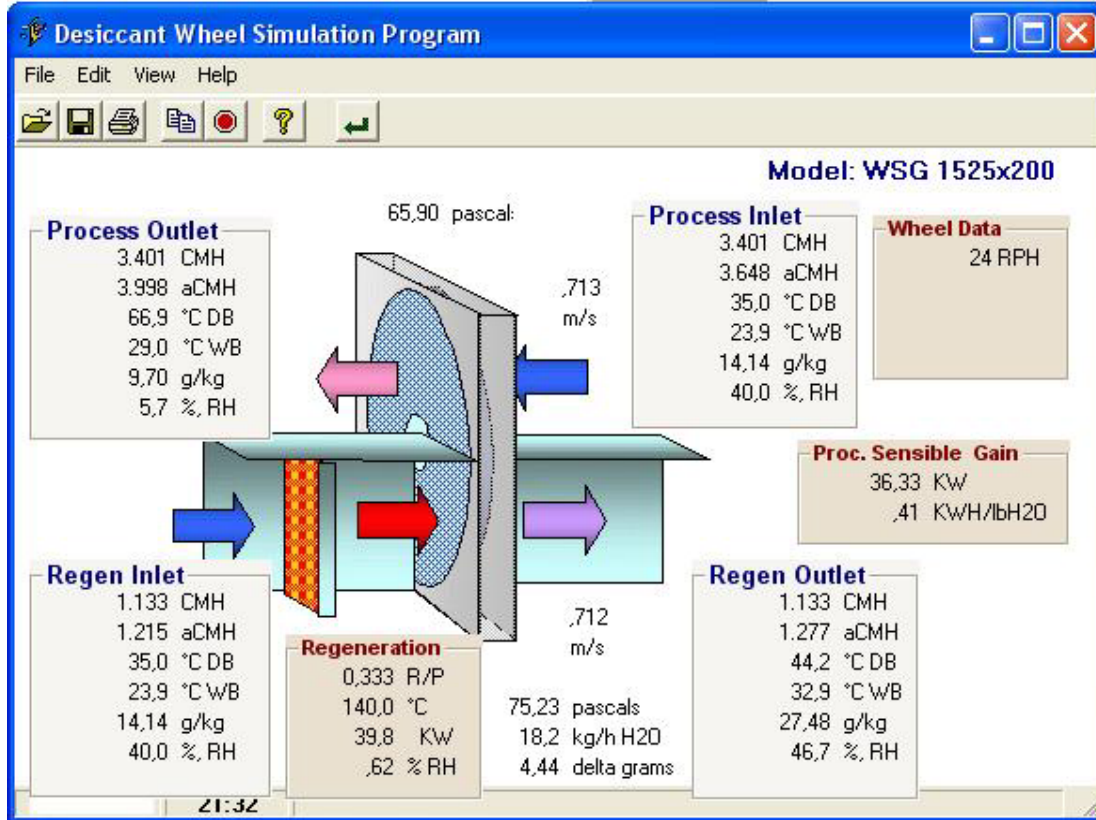
Soğurucu tekerlekli nem alma sistemi katı soğurucu sistemler içinde en çok kullanılan sistemdir. Daha sonraki bölümde yapılacak uygulamada bu sistem kullanılacaktır. Bu bölümde soğurucu tekerlekli sistemin dizayn ve işletme koşullarının nem almaya etkisi bir program yardımıyla incelenecektir.

Soğurucu tekerleğin nem alma performansının belirlenmesi için Novel Aire firmasının ürettiği soğurucu tekerleklerin performansını yansıttığı DW programını kullanılacaktır.

Bu program yardımıyla tekerlekte kullanılan soğurucu maddenin seçimi, soğurucu tekerleğin büyüklüğü, aktifleştirme ve besleme havasına ait büyüklükler, aktifleştirme alanının soğurucu tekerlek alanına oranı, ısıtıcı çıkış sıcaklığı, ST dönme hızı, gibi değişkenler değiştirilerek bu değişkenlerin nem almaya etkisi grafiksel olarak verilecektir.

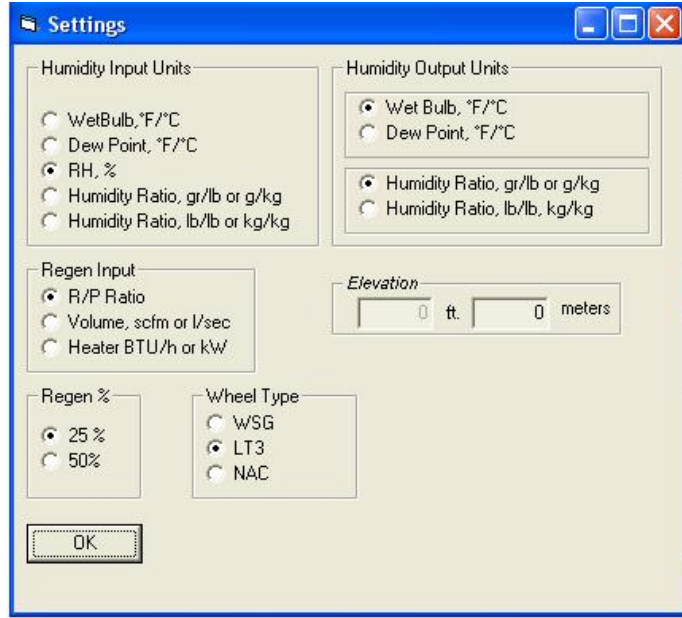
### 7.1 DW Programının Tanıtılması ve Kullanımı

DW (versiyon 25/9/2005 ) programı Novel Aire firmasının ürettiği ST'lerin, performansının modellendiği bir programdır.



Şekil 7.1 DW programının ön yüzü

Programın ön yüzünden (Şekil 7.1’de programın ön yüzünü görünüyor.) programla ilgi dosya kaydetme açma yazdırma, tüm verileri kopyalama işlemleri yapılabilir. Ayarlar ve değer girişleri menüsüne buradan ulaşılabilir. Ayrıca bu ön yüzde seçimini yapacağımız sistem girdilerinin sistem üzerindeki etkisini görebildiğimiz bir alan bulunmaktadır.



Şekil 7.2 DW programının ayarlar menüsü

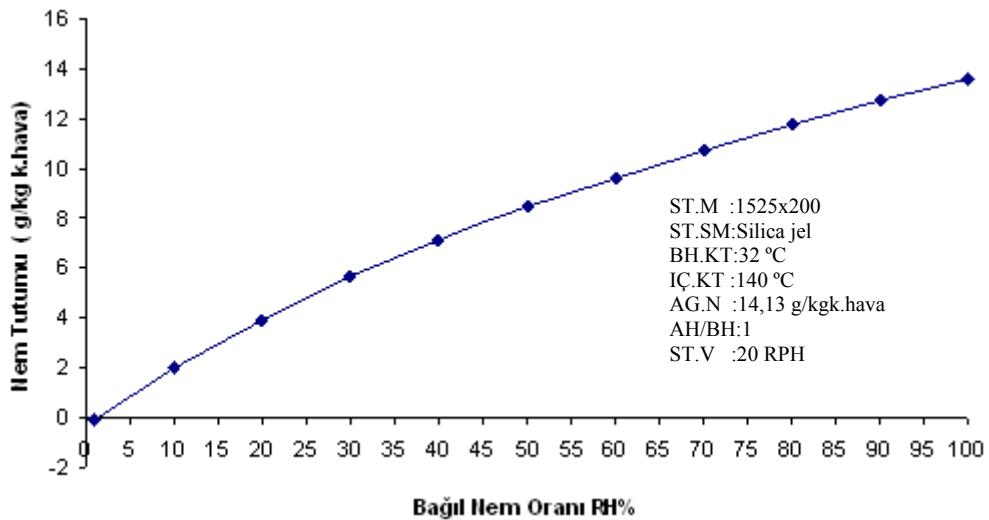
Şekil 7.2’de görülen ayarlar menüsünde, sisteme girilecek verilerin ne tür olacağı seçilebilmektedir. Hava nemini bulmamızı için, ıslak termometre sıcaklığı, çiğ noktası, bağıl nem veya özgül nem girişlerinden birini seçebilir. Aktifleştirme hava debisini bulmamız için aktifleştirme havasının besleme havasına oranı, aktifleştirme havasının debisi veya ısıtıcı gücü veri girişlerinden biri seçilebilir. Aktifleştirme alanının tekerlek alanına oranı (25% veya 50%) seçilebilir. Soğurucu tekerlekte kullanılan soğurucu madde tipi (silika jel, moleküler elek )seçilebilir. Sistemin kurulacağı rakım ve besleme havasının soğurucu tekerlekten çıkış neminin hangi birimde ifade edileceği seçilebilir.

Şekil 7.3’deki veri girişleri menüsünden kullanılacak birim sistemine göre ST’ye girecek besleme havasının özelliklerini (debi, kuru termometre sıcaklığı, özgül nem), ST’nin aktifleştirmesini sağlayacak aktifleştirme havasının özelliklerini (aktifleştirme havasının besleme havasına oranı, kuru termometre sıcaklığı, özgül nem), ısıtıcı çıkış sıcaklığını, ST dönme hızını ve ST modelini (hacimsel büyüklük ve soğurucu madde tipi) değiştirebiliyoruz.

Şekil 7.3 DW programının sistem değişkenlerinin girişlerin yapıldığı menüsü

## 7.2 BH'nin Bağıl Neminin Nem Tutumuna Etkisi

Şekil 7.4'deki grafik, DW programında sabit soğurucu tekerlek boyutu, ST.RPH, sistem dizayn ve değişkenleri için sadece ST'ye giren besleme havasının nemi değiştirilerek elde edilmiştir. Ek 2'de tüm kullanılan değerler tablo halinde verilmiştir.

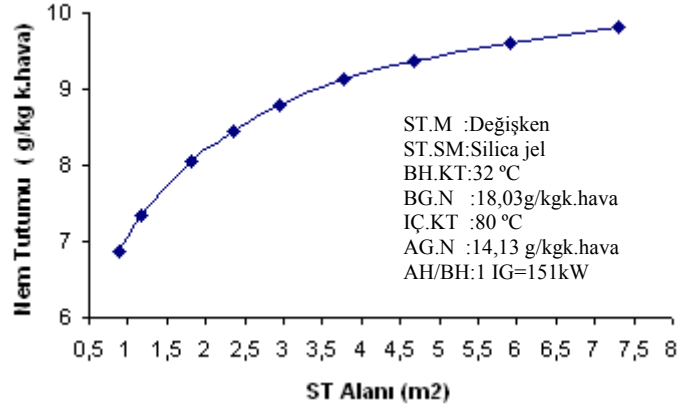


Şekil 7.4 ST'ye giren besleme havasının nemindeki değişmeye göre ST'nin nem tutma grafiği



Şekil 7.4'deki grafikten ST'ye giren besleme havası neminin, belli bir bağıl nem oranından sonra (şekil 7.4'de RH=2%'den sonra) tutulmaya başlandığı görülür. Bu orandan sonra besleme havasındaki nem, ST tarafından tutulmaya başlanır ve tutulan nem miktarı BH'daki nem miktarı ile orantılı olarak artar.

### 7.3 ST Alanının Nem Tutumuna Etkisi

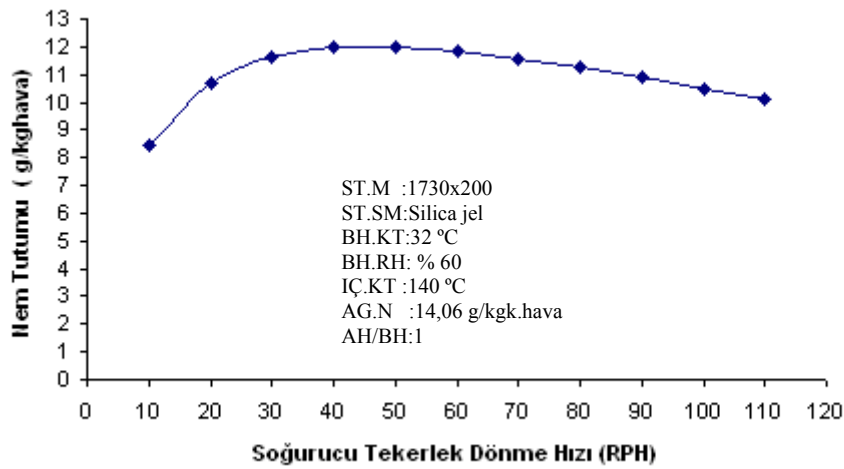


Şekil 7.5 ST alanlarının nem tutumuna etki grafiği

Şekil 7.5'deki grafik, DW programında ST boyutu ve ST hızının nem almaya etkisi optimum olacak şekilde her ST boyutu için farklı ST hızı seçilerek elde edilmiştir. Diğer dizayn ve işletme özellikleri aynı bırakılmıştır. Grafikte soğurucu sistemin dizaynı sırasında seçilecek ST boyutunun (ST alanı) nem tutmaya etkisi görülmektedir. Bu grafikte ST alanının nem tutmaya etkisi, artışı azalan bir eğri şeklinde olmaktadır. Soğurucu sistem dizaynında yatırım maliyetinin büyük bir kısmını oluşturacak ST'nin gereğinden büyük seçilmesi yatırım maliyetini arttıracaktır. Bu yüzden ST boyutunun seçimi yapılırken maliyet analizinin yapılması uygun olacaktır.

#### 7.4 ST Hızının Nem Tutumuna Etkisi

Şekil 7.6'daki grafik, DW programında sabit ST boyutu, sistem dizayn ve değişkenleri için sadece ST.RPH'nin değiştirilmesi ile elde edilmiştir. Şekil 7.6'da soğurucu tekerlek sisteminin işletme koşullarında değiştirilebilen değişkeni olan ST dönme hızının, nem tutmaya etkisinin çok fazla olduğu ( 30% ) ve bir noktada optimuma ulaştığı (şekil 8.6 için 50 RPH optimum ST dönme hızı) görülür. Şekil 7.6'daki grafik, şekil 7.5 teki grafikte birlikte ele alınarak yorumlandığında ise ST'nin dönme hızının doğru seçimi gerekli ST boyutunu azaltacak ve yatırım maliyetinin düşmesine neden olacaktır.



Şekil 7.6 Değişken ST dönme hızlarında ST'nin nem tutumu grafiği

Şekil 7.7'deki grafik DW programında farklı boyutlardaki ST'ler için sadece ST dönme hızları değiştirilmesi ile elde edilmiştir. Diğer sistem değişkenleri (besleme aktifleştirme hava özellikleri ve ısıtıcı gücü) aynı bırakılmıştır.

Şekil 7.7'deki grafikten ST boyutunu belirleyen, farklı ST çapları için, optimum ST.RPH'nin çap büyüdükçe azaldığı, çap azaldıkça arttığını görürüz.

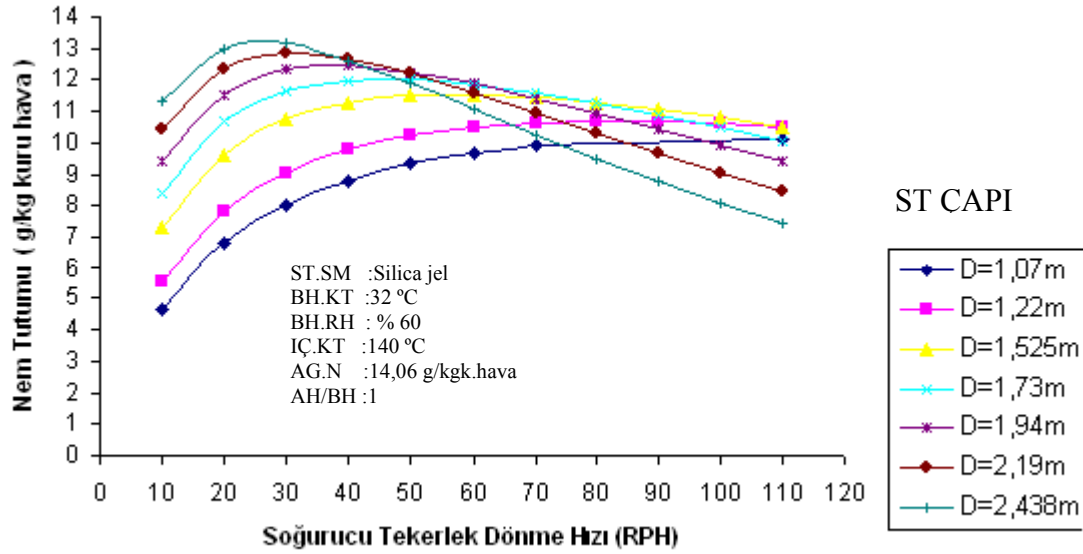
ST.Ç = 2,19 m için ST.RPH=30 RPH iken,

ST.Ç = 1,525 m için ST.RPH=60 RPH olur.

Şekil 7.6 de görülen ST alanının nem almaya etkisi de bu grafikte de açıkça görülür büyük çaplı ST daha çok nem tutarken daha küçük çaplı ST daha az nem tutar.

ST.Ç = 2,19 m ve ST.RPH=30 RPH için ST'in nem tutumu =12,88g/kg k.hava iken,

ST.Ç = 1,525 m ve ST.RPH=60 RPH için ST'nin nem tutumu =11,59g/kg k.hava olur.

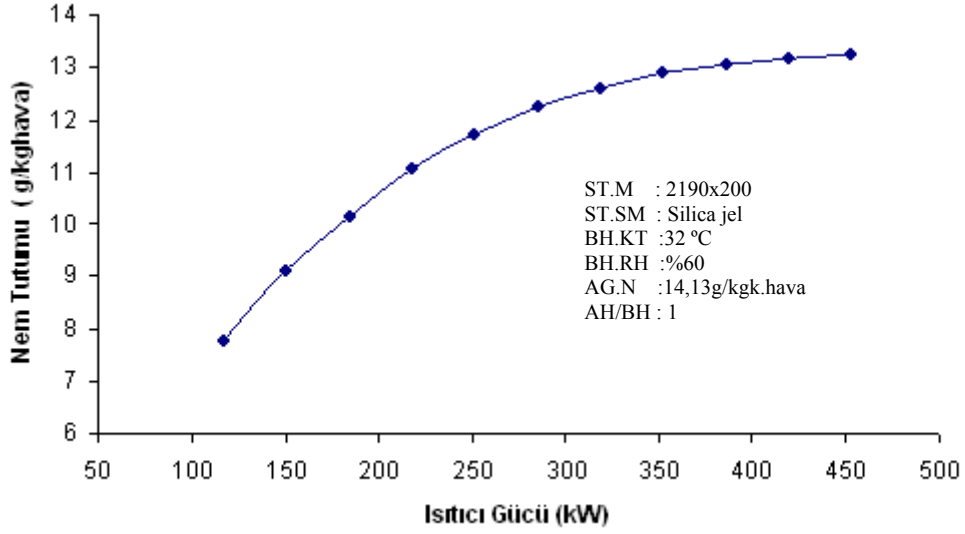


Şekil 7.7 Değişken ST dönme hızlarında ve değişken ST çaplarında ST'nin nem tutumu grafiği

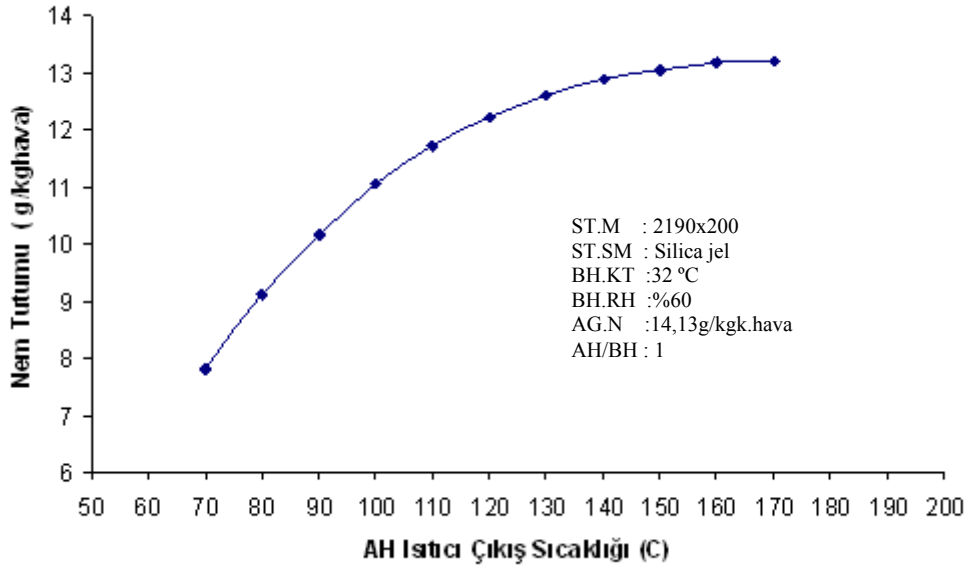
Şekil 7.7'deki grafikten ayrıca ST.RPH'nin ST alanına göre nem almaya etkisinin daha fazla olduğu görülür. Bu yüzden ST'nin nem alma performansını belirlerken sabit bir dönme hızında değerlendirmemiz yanlış olacaktır. ST boyut seçimi yapılırken dönme hızının optimum olmasına dikkat edilmelidir.

### 7.5 Isıtıcı Gücünün ve Aktifleştirme Sıcaklığının Nem Tutumuna Etkisi

Şekil 7.8 ve şekil 7.9'daki grafikler, DW programında farklı ısıtıcı güçleri ve farklı ısıtıcı çıkış sıcaklıkları için (Isıtıcı çıkış sıcaklığı ile ısıtıcı giriş sıcaklığı arasındaki farkla, IG arasında bire bir orantı vardır.) ST nem tutumunu maksimize eden optimum ST dönme hızlarında elde edilmişlerdir. Diğer sistem değişkenleri 2 grafik içinde aynıdır. Bu grafiklerden, IG'nin artmasının nem almaya etkileyen AH'nin sıcaklığını arttırdığı görülür. Şekil 7.9'daki grafikte başlangıçta AH ısıtıcı çıkış sıcaklığının artması ST'nin nem tutumunu yüksek oranda (70-110°C arası 4g/kg.k.hava nem tutumu) etkiler. Daha yüksek sıcaklıklarda nem tutumu artışı giderek azalmaya (130-170°C arası 0,6 g/ kgk.hava ) başlar. Bir noktadan (170°C) sonra IG'nin artışının sistemin nem tutumuna etkisi olmaz.



Şekil 7.8 Optimum ST dönme hızlarında artan IG'lerde ST'nin nem tutumu grafiği



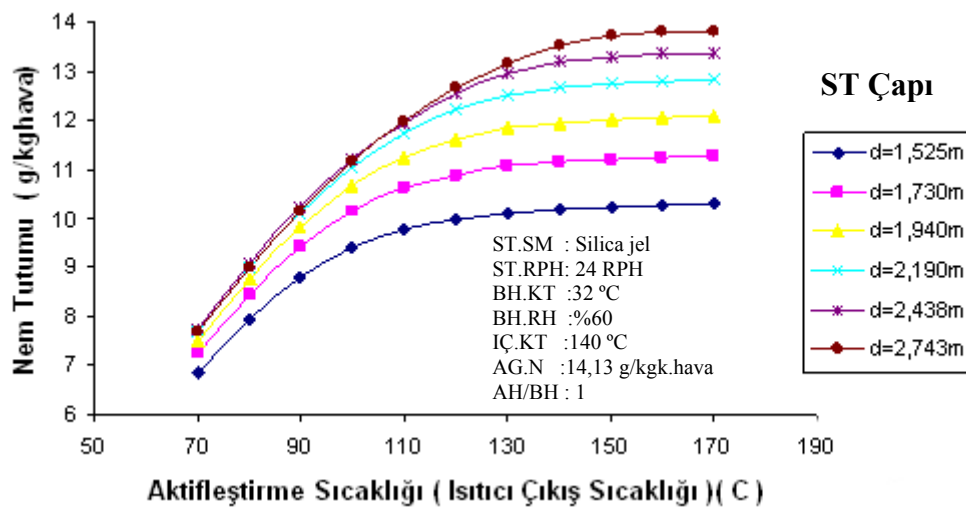
Şekil 7.9 Optimum ST dönme hızlarında farklı IÇ.KT sıcaklıklarında ST'nin nem tutumu grafiği

Bu sonuca göre nem tutumu, IG (şekil 7.8) veya ST boyutu artırılarak (şekil 7.5) artırılabilir. IG'yi artırarak nem tutumunu arttırmak sistemin harcadığı ısı enerjisini artırır. Harcanan enerjinin artışı sisteminin işletme maliyetini yükseltir. ST boyutunu artırarak nem tutumunu

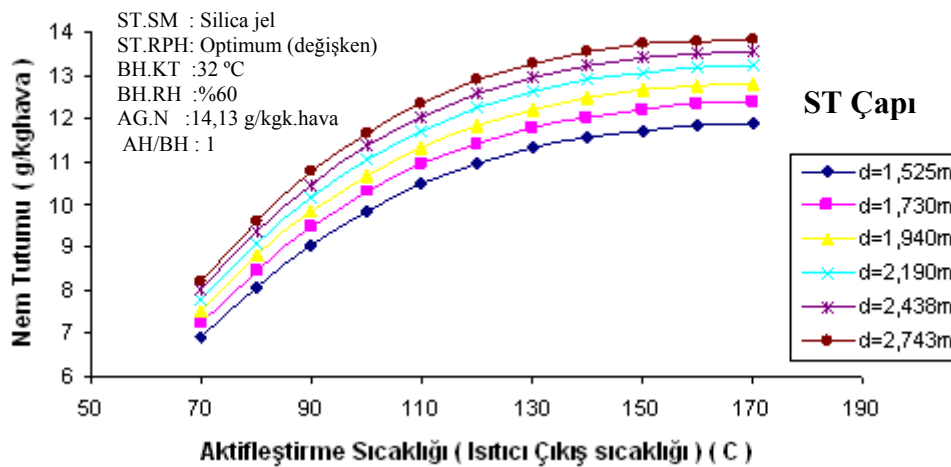
arttırmak ise yatırım maliyetini yükseltir. Bu yüzden sistemin istenen nem tutumunun sağlayabilmesi için IG ve ST boyutu seçimi maliyet analizi yapılarak en optimum şekilde seçebiliriz.

## 7.6 ST Aktifleştirme Sıcaklığının Optimum Soğurucu Tekerlek Dönme Hızına Etkisi

Şekil 7.10'daki grafik DW programında farklı boyuttaki ST'ler için sabit ST dönme hızında (24 RPH) ısıtıcı çıkış sıcaklıklarının değiştirilmesi ile elde edilmiştir. Şekil 7.11'deki grafik ise şekil 7.10'daki grafikten farklı olarak nem tutumunu en maksimum yapacak ST dönme hızlarında (şekil 7.12) elde edilmiştir.

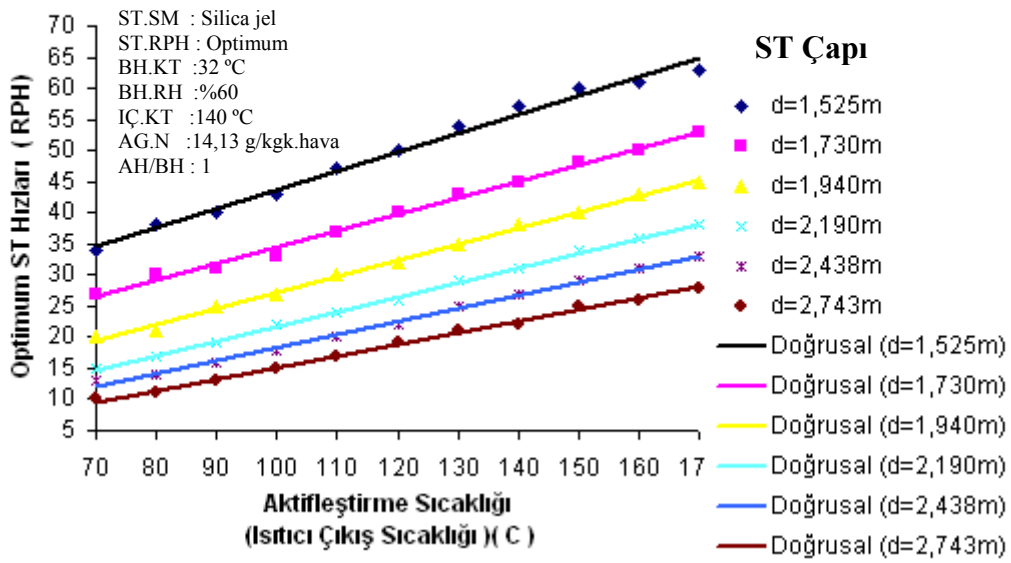


Şekil 7.10 ST'nin sabit dönme hızlarında, değişken IG ve ST çaplarında ST'nin nem tutumu grafiği



Şekil 7.11 ST'nin optimum dönme hızlarında değişken İÇ.KT sıcaklığında farklı ST çaplarında ST'nin nem tutumu grafiği

Şekil 7.10 ve 7.11'deki grafiklerde ST boyutunu artırmanın nem tutumunu arttırdığı görülür. Şekil 7.10'daki sabit ST dönme hızında elde edilen nem tutumu grafiklerin Şekil 7.11'deki optimum dönme hızlarındaki nem tutumuna göre nem tutumunu azalttığı görülür. Ayrıca bu iki grafiğin karşılaştırsak ST'nin ortalama sabit bir dönme hızıyla (24 RPH) döndürülmesi yerine nem tutumunu optimum yapacak dönme hızıyla döndürülmesi durumunda nem tutumunun %15 civarında iyileşeceğini görürüz. Bu sonuçla ST'nin sabit bir dönme hızlı motorla değil hız ayarlı bir motorla tahrik edilmesi gerektiğini ortaya koyar.

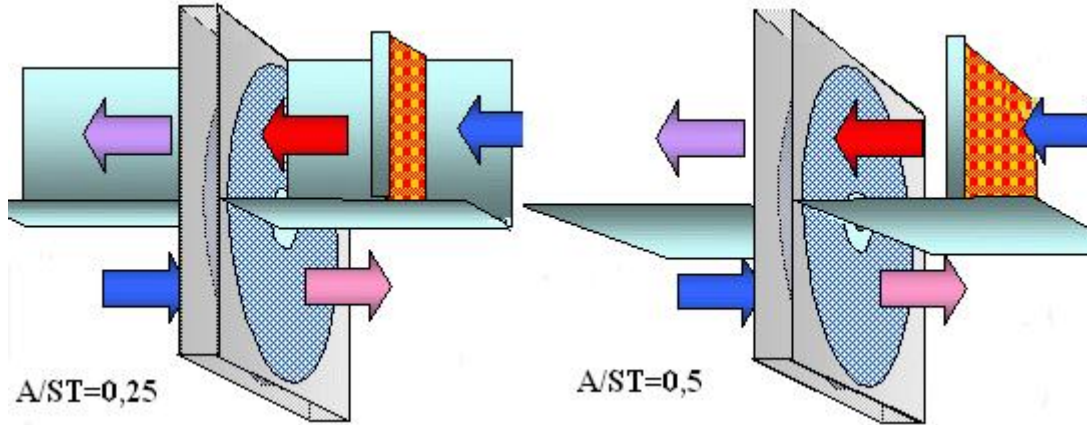


Şekil 7.12 Değişken IG ve ST çaplarında optimum nem tutumunu yakalamak için gerekli ST dönme hızları grafiği

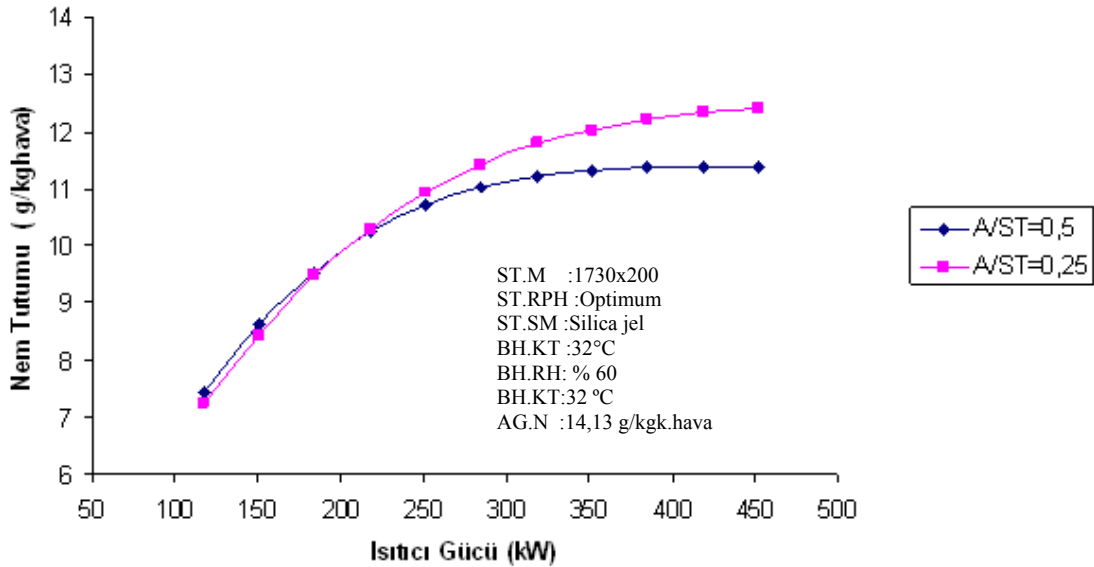
Şekil 7.12'de ki grafik, DW programında şekil 7.11'deki grafiğin elde edilmesinde kullanılan değerlerle elde edilmiştir. Bu grafikte nem tutumunu optimum yapan ST dönme hızının nasıl değiştiği gösterilmiştir. IG arttırıldıkça ST dönme hızlarının da sabit bir eğim oluşturacak şekilde arttırılması gerektiği, her ST boyutu için farklı optimum dönme hızları eğrilerin oluşacağı ve ST boyutu ile optimum dönme hızının birbirine ters orantılı olarak değiştiği görülür.

## 7.7 A/ST Oranın Nem Tutumuna Etkisi

ST’de aktifleştirme yapılan alanın büyüklüğünün ST alanına oranının nem tutumunu nasıl etkilediği DW programı yardımıyla incelenecektir. Şekil 7.13’te ST’nin aktifleştirme alanının soğurucu tekerleğe oranının 0,25 ve 0,5 olduğu durumlardaki çalışma şekilleri görülmektedir. Bu 2 duruma göre sistemin nem tutumu, aynı ST (ST.M:1730x200) için optimum ST hızlarında DW programı kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar şekil 7.14’de grafik halinde verilmiştir.



Şekil 7.13 A/ST oranı 0,25 ve 0,5 olan ST ve ısıtıcı çiftinin gösterimi



Şekil 7.14 A/ST oranı 0,25 ve 0,5 olan 1,730m çaplı ST’ler için ısıtıcı gücüne göre nem tutumu grafiği

Şekil 7.14’teki grafikte A/ST oranının nem tutumunu nasıl etkilediği görülmektedir. A/ST oranının düşük ısıtıcı güçlerinde düşük olması nem tutumunu artırırken belli bir noktadan sonra (IG=220 kW) A/ST oranının düşük seçilmesi (A/ST=0,25) nem tutma verimini düşürecektir. Soğurucu sisteme en uygun A/ST oranının belirlenmesi için sistemin 2 oran içinde çözülmesi uygun olacaktır.

## 8. UYGULAMA

Uygulama konusu duyulur ısı kazancı 40 kW olan, İstanbul'da 450 kişinin rahatça oturup film seyredebileceği bir sinema salonuna soğurucu soğutma sistemiyle yaz aylarında soğutulması istenmektedir. Bu problemin çözümünde aşağıdaki sıra takip edilecektir.

- Gerekli havalandırma debisinin ve nem yükünün bulunması
- Soğurucu soğutma sisteminin dizaynı ve sistem parametrelerinin belirlenmesi
- Maliyet analizi ile soğurucu tekerleğin seçilmesi
- Çok kullanılan bir soğutma sistemi ile katı soğuruculu soğutma sisteminin maliyetlerinin karşılaştırılması
- Sonuç

### 8.1 Uygulamanın Amacı

Yüksek nem yükünün olduğu bir mekânı %100 dış hava beslemeli katı soğurucu soğutma sistemiyle soğutarak, elektrik enerjisi tasarrufu sağlamak. Katı soğurucu sistemin kullanacağı optimum soğurucu tekerleğin boyutunu ve kullanılacak ısıtıcıyı maliyet analizi yaparak bulmak. Yapılacak enerji tasarrufun boyutunu bulmak için aynı mekânı çok kullanılan bir soğutma sistemi koyarak çözüp iki sistem arasında enerji maliyet analizi yaparak soğurucu soğutma sisteminin avantajlarını bulmak uygulamanın asıl amacı olacaktır.

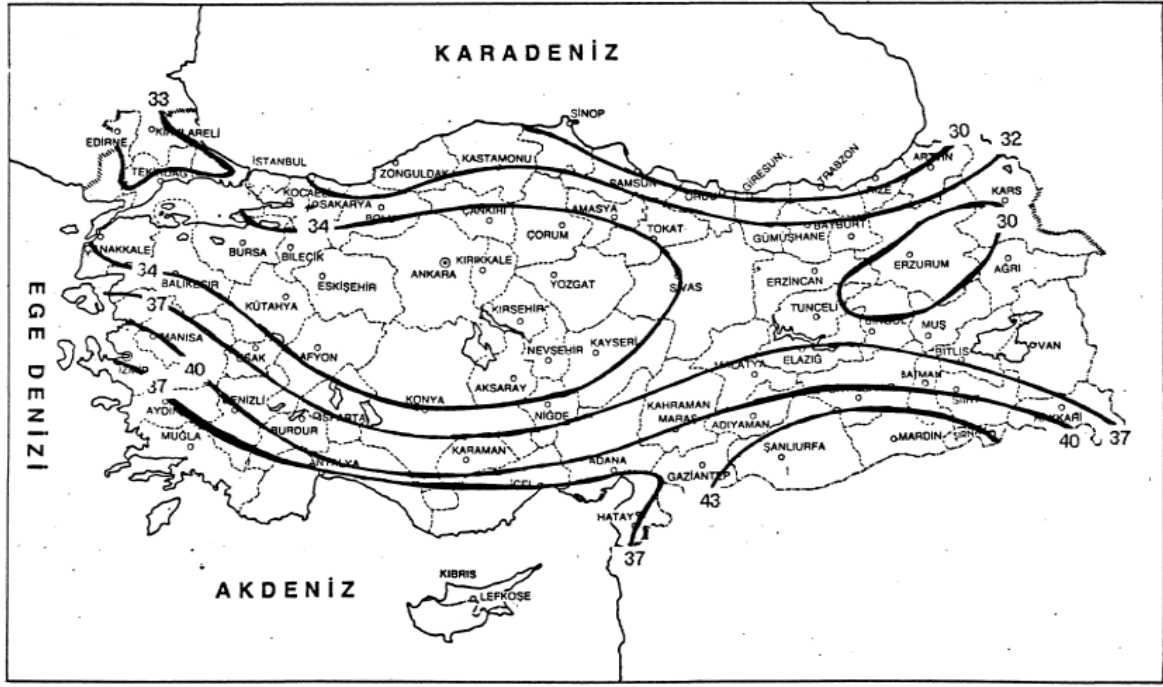
### 8.2 Sınır Koşulların Belirlenmesi

Minimum taze hava ihtiyacı 25m<sup>3</sup>/h kişi

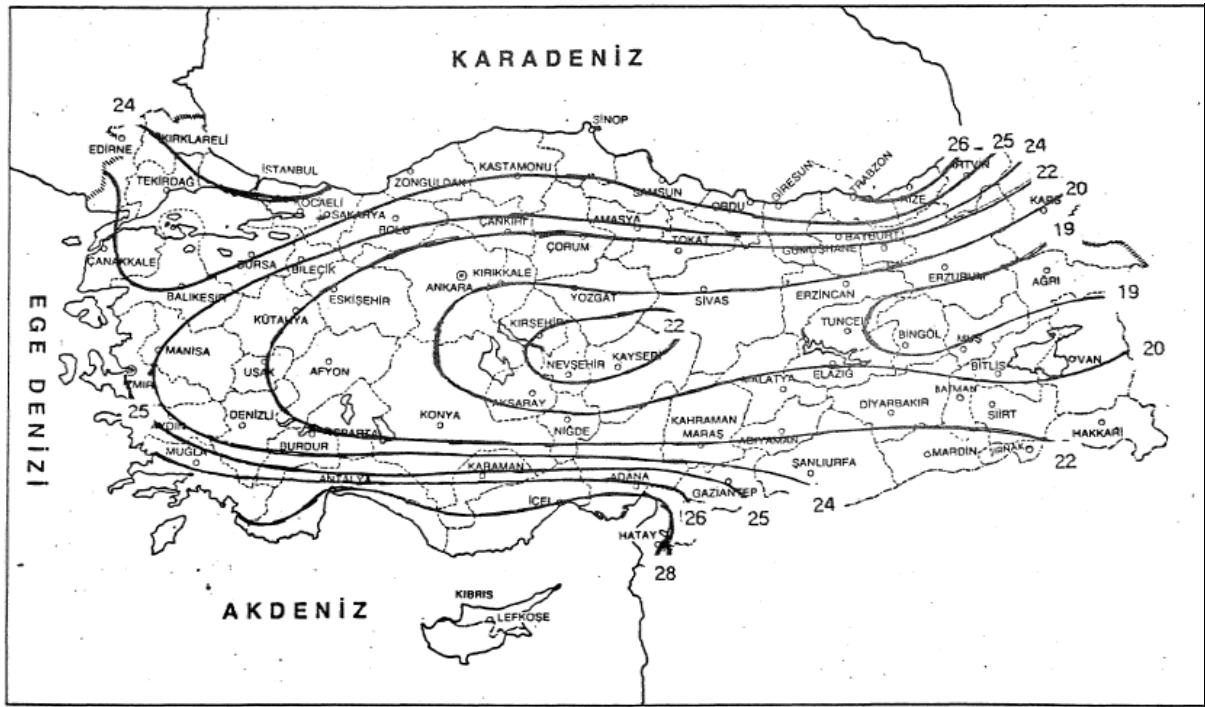
Sinema Salonu için Seçilen Konfor Şartları : KT=26 °C, RH=%50

İstanbul için yaz dizayn koşulları : KT=33 °C, YT=26 °C (şekil 8.1 ve 8.2'den alınmıştır.)





Şekil 8.1 Türkiye’de yaz dış hava dizayn şartları için kuru termometre sıcaklıklarının değişimleri ( Buharlaşmak Serinletme Özellikleri ve Uygulaması,1993)



Şekil 8.2 Türkiye’de yaz dış hava şartları için yaş termometre sıcaklıklarının değişimleri ( Buharlaşmak Serinletme Özellikleri ve Uygulaması,1993)

### 8.3 Taze Hava (Besleme Havası) İhtiyacının Bulunması ( $V_{Th}$ )

Soğutmaya esas olacak havalandırma debisi bulmak için aşağıdaki iki yöntemden yüksek çıkan kullanılır.

a.) İnsan sayısına göre konfor şartlarını sağlamak için gereken hava debisi.

b.) Mahaldeki duyulur ısı kazancını belirli bir dizayn sıcaklık farkında karşılaması için gerekli minimum besleme havası debisi

**a.) İnsan sayısına göre konfor şartlarını sağlamak için gereken hava debisi.**

$$V_{insan} = \text{Kişi sayısı} \times \text{Kişi başına düşen taze hava miktarı} \quad (8.1)$$

$$V_{insan} = 450 \text{ kişi} \times 25 \text{ m}^3/\text{h kişi} = 11250 \text{ m}^3/\text{h}$$

**b.) Mahaldeki duyulur ısı kazancını belirli bir dizayn sıcaklık farkında karşılaması için gerekli minimum besleme havası debisi**

$$Q_{D.I.K} = V_{Duyulur} \cdot \rho_{hava} \cdot c_{hava} \cdot \Delta t \quad (8.2)$$

Ortama verilecek besleme havasının dizayn sıcaklık farkı  $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  seçildi.

$$c_{hava} = 26 \text{ }^\circ\text{C için } 1,005 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C}$$

$\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  (Ortama verilecek besleme havasının ortama giriş sıcaklığı 16 derece olacaktır)

$$Q_{D.I.K} = 40 \text{ kW} = 40 \text{ kJ/s}$$

$$\rho_{hava} = 1,173 \text{ kg/m}^3 \text{ (Deniz seviyesinde, } 26 \text{ }^\circ\text{C, \%50 bağıl nem için)}$$

$$V_{duyulur} = Q_{D.I.K} / (\rho_{hava} \cdot c_{hava} \cdot \Delta t) \quad (8.3)$$

$$V_{duyulur} = 40 \text{ kJ/s} / (1,173 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,005 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ }^\circ\text{C}) = 3,393 \text{ m}^3/\text{s} = 12216 \text{ m}^3/\text{h}$$

$V_{duyulur} > V_{insan}$  olduğundan besleme havasının debisi ( $V_{Th}$ ) 12216 m<sup>3</sup>/h ( $V_{duyulur}$ ) seçilir.

## 8.4 Duyulur Isı ve Nem Yükünün Hesabı

### 8.4.1 Duyulur ısı yükünün hesaplanması

Duyulur ısı yükü hesabı, duyulur ısı yükü bilindiğinden yapılmayacaktır.

Duyulur ısı yükü = 40kW

### 8.4.2 Nem yükünün hesaplanması

#### 8.4.2.1 Difüzyon yoluyla gelen nem yükü ( $W_x$ ) hesabı

Bu yük önemsenmeyecek kadar olmasına rağmen örnek hesaplanacaktır.

Mahale dış ortamdan difüzyonla gelebilecek nem yüküne esas olan alanın büyüklüğü 650m<sup>2</sup> dir. Yapının bileşenleri 20 cm tuğla 5 cm extrude yalıtım levhası 2'şer cm olmak üzere iç dış sıva ve 2 cm ahşap levha'dır.

Difüzyon yoluyla gelen nem yükünü bulmak için 6.4'nolu denklem kullanılır.

$$W_x = \frac{p_i - p_d}{(d_1\delta_1 + d_2\delta_2 + d_3\delta_3 + \dots)}$$

Bu denklemde;

$p_i$  bulmak için mahal'in KT=26 °C için suyun özelliklerinden tablosundan doymuş buhar basıncı 3363 Pa bulunur. Buradan  $p_i = 3363 \times 0,5 = 1681,5$  Pa

$p_d$  bulmak için dış ortam sıcaklığı KT=33 °C için suyun özelliklerinden tablosundan doymuş buhar basıncı 5035 Pa bulunur.  $p_d = 5035 \times 0,58 = 2920,3$  Pa

$d_1 =$  Ahşap levha kalınlığı = 2cm

$d_2 =$  Tuğla kalınlığı = 20 cm

$d_3 =$  Extrude yalıtım levhası kalınlığı = 5cm

$d_4 =$  Sıva kalınlığı = 4 cm

$\delta$  değerleri çizelge 7.1 den bulunur

$\delta_1 = 1,72 \cdot 10^{12}$  Pa m<sup>2</sup>/kg m

$$\delta_2 = 0,022 / 0,10 = 0,22 \cdot 10^{12} \text{ Pa m}^2\text{/kg m}$$

$$\delta_3 = 0,57 \cdot 10^{12} \text{ Pa m}^2\text{/kg m}$$

$$\delta_4 = 0,21 \cdot 10^{12} \text{ Pa m}^2\text{/kg m}$$

$$w_x = \frac{1681,5 - 2920,3}{(0,02 \times 1,72 + 0,2 \times 0,22 + 0,05 \times 0,57 + 0,04 \times 0,21) \times 10^{12}}$$

$$w_x = 7,658 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2\text{s}$$

$$W_x = w_x \times A = 7,658 \times 10^{-6} \times 650 = 0,00498 \text{ g/m}^2\text{s}$$

#### 8.4.2.2 İnsanlardan gelen nem yükü ( $W_i$ ) hesabı

$W_i = \dot{I} \times B$  için Çizelge 7.2'den B değeri oturan ve dinlenen kişi için 80 g/h kişi seçilir.

$\dot{I}$  değeri 450 kişi olarak uygulama verilerinin içinde belirtilmiştir.

$$W_i = 450 \text{ kişi} \cdot 80 \text{ g/h kişi} = 36000 \text{ g/h} = 10 \text{ g/s}$$

#### 8.4.2.3 Ürünlerden ve malzemelerden gelen nem yükü ( $W_{ii}$ ) hesabı

Üründen dolayı gelebilecek nem yükü sinema için insanların giydikleri giysilerden dolayı olabilir. Bu yük ihmal edilecektir

#### 8.4.2.4 Yanma kaynaklı nem yükü ( $W_G$ ) hesabı

Mahal'de yakıcı bir ekipman bulunmadığından bu yük göz önüne alınmamıştır.

#### 8.4.2.5 Islak yüzeylerden gelen nem yükü ( $W_l$ ) hesabı

Mahal'de Islak Yüzey bulunmadığından bu yük göz önüne alınmamıştır.

#### 8.4.2.6 Dış ortamdan sızıntı yoluyla gelen nem kazancı ( $W_s$ ) hesabı

Dış ortamdan sızıntı yoluyla giren hava önemsenmeyecek kadar olduğundan bu yük göz önüne alınmamıştır.

#### 8.4.2.7 Taze hava ihtiyacından gelen nem yükü ( $W_{Th}$ ) hesabı

7.13 nolu denklem kullanılacaktır.  $W_{Th} = V_{Th} \times \rho \times (w_{Th} - w_i)$

$$\rho_{hava} = \text{KT:26 } ^\circ\text{C } \%50 \text{ bağıl nem için } 1,173 \text{ kg/m}^3$$

$$w_{Th} = \text{KT:33 } ^\circ\text{C YT:26 } ^\circ\text{C için } 18,46 \text{ gr/kg kuru hava}$$

$$w_i = \text{KT:26 } ^\circ\text{C } \%50 \text{ bağıl nem için } 10,49 \text{ gr/kg kuru hava}$$

$$W_{Th} = 12216 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,173 \text{ kg/m}^3 \cdot (18,46 \text{ gr/kg kuru hava} - 10,49 \text{ gr/kg kuru hava})$$

$$W_{Th} = 114204 \text{ g/h} = 31,723 \text{ g/s}$$

#### 8.4.2.8 Toplam nem yükü ( $W_T$ ) hesabı

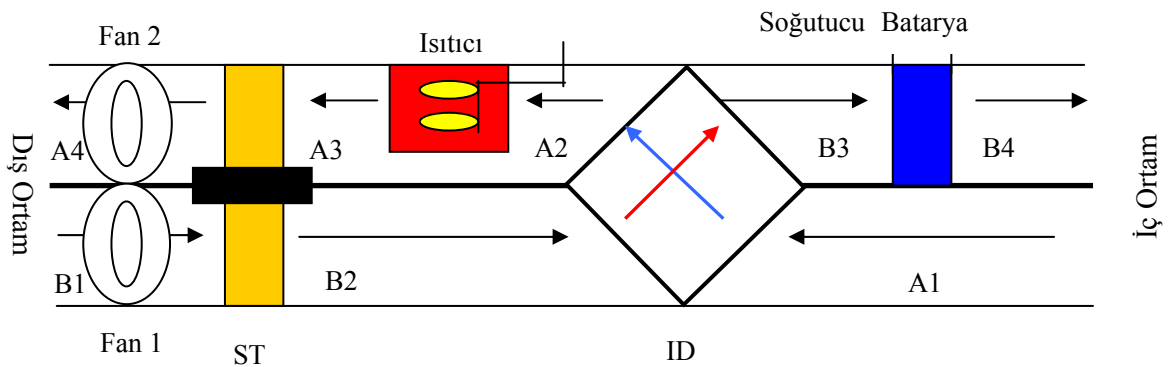
$$W_T = W_x + W_i + W_{\ddot{u}} + W_G + W_I + W_S + W_{Th} \quad (8.4)$$

$$W_T = 0,00498 + 10 + 0 + 0 + 0 + 0 + 31,723$$

$$41,73 \text{ g/s}$$

#### 8.5 Soğurucu Soğutma Sisteminin Dizaynı (Sistem 1) ve Sistem Parametrelerinin Belirlenmesi

Soğutma sistemi olarak %100 temiz hava ihtiyacı hibrid katı soğurucu tekerlekli bir soğutma sistemi (Şekil 8.3) kullanılacaktır. Soğurucu tekerlek nem yükünü almak için, ısı değiştirici enerji verimliliği için, soğutucu batarya ise duyulur ısı yükünü karşılaması için sistemde düşünülmüştür.



Şekil 8.3 %100 Temiz hava ihtiyacı hibrid katı soğurucu tekerlekli bir soğutma sistemi (Sistem 1)

### 8.5.1 Soğurucu tekerlek (ST) ve ısıtıcı seçimi

Soğurucu Tekerlek seçimi, kullanılabilir farklı boyuttaki ST'ye göre işletme ve yatırım maliyetlerinin, ST ömrüne göre karşılaştırılmasıyla yapılacaktır. ST performansları, Novel Aire firmasının ürettiği DW adlı soğurucu tekerlek programı kullanılarak hesaplanacaktır. Programa giriş değerleri ise optimum performansı yakalamak üzerine revize edilecektir.

#### 8.5.1.1 ST performanslarının belirlenmesi

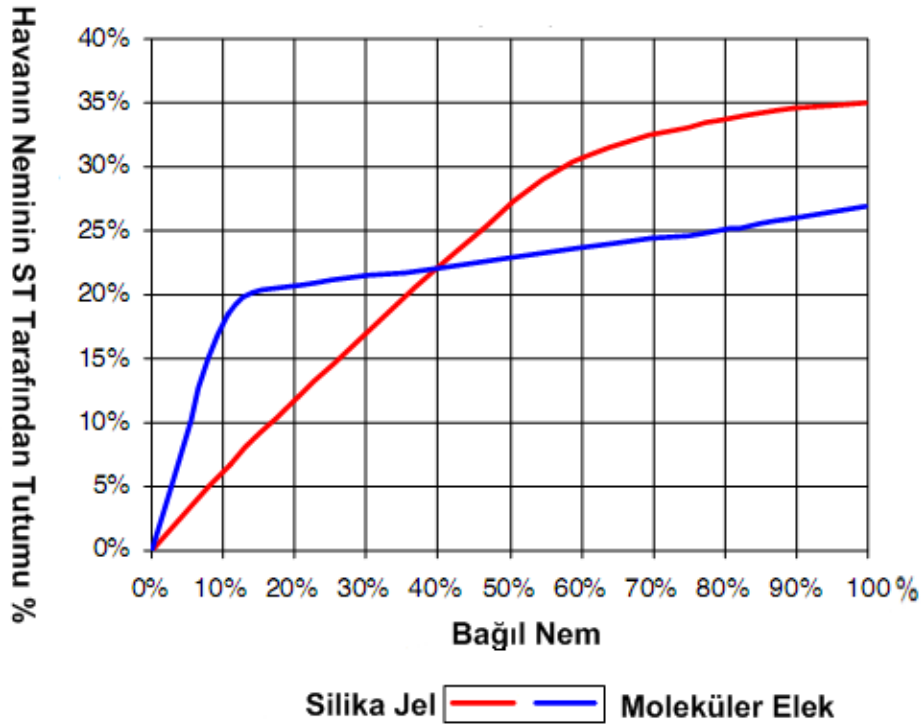
Optimum enerji sarfiyatıyla, ST'de 10,485g/kgk.hava nem tutumunu sağlamak için kullanılabilir ST hesaplamaları için, soğutma sistemin kurulduğu rakım, BH.Q, BG.KT, BG.RH, AG.N, İÇ.KT, B.NT, BÇ.N A/ST ve AH/BH oranı değerleri her bir ST için aynı olacaktır. AG.KT ve ST.RPH değerleri optimum nem tutumunu sağlamak için birbirinden farklılık gösterecektir.

#### Program Veri Girişleri (Dizayn Verileri)

Çizelge 8.1 DW programı veri girişi değerleri

ST PROGRAMI VERİ GİRİŞLERİ		
DEĞİŞKEN	DEĞER	BİRİM
SM	Silica Jel	
ST.M	Değişken	
Yükseklik	10	m
BH.Q	12216	Sm <sup>3</sup> /h
BG.KT	33	°C
BG.RH	57,7	%
AG.N	10,49	g/kgk.hava
İÇ.KT	26	°C
B.NT	10,485	g/kgk.hava
BÇ.N	7,975	g/kgk.hava
A/ST	0,25	birimsiz
AH/BH	1	birimsiz
AG.KT	Değişken	birimsiz
ST.RPH	Değişken	birimsiz

SM (soğurucu madde): Şekil 8.4'te ki grafik kullanılarak %57,7 bağıl nem oranında daha iyi nem tutumu sağlayan silika jelden üretilmiş ST seçilmiştir.



Şekil 8.4 Grafikte silika jel kullanan ST ile moleküler elek kullanan ST'nin 25°C sıcaklıkta, artan bağıl neme göre nem tutumu grafiği ( Novel Aire DW brochure,)

ST.M : 5 farklı tekerlek boyutundan biri seçilecektir.

Yükseklik: Sistemin kurulacağı yerin deniz seviyesinden yüksekliği olup bu uygulamanın deniz seviyesinde olduğu var sayılmıştır.

BH.Q:Besleme havası debisi 12216 m<sup>3</sup>/h 'dir.

BG.KT :Soğurucu tekerleğe girecek olan dış ortam havasının kuru termometre sıcaklığıdır. Şekil 8.1'den İstanbul ili için geçerli değer (33°C ) alınmıştır.

BG.RH : Soğurucu tekerleğe girecek olan dış ortam havasının bağıl nem değeridir. Şekil 8.2'den İstanbul ili için geçerli yaş termometre sıcaklığı 26°C ve BG.KT için psikometrik tablodan bağıl nem %57,7 bulunmuştur

AG.N : ST'ye girmeden önce ısıtıcıya girecek olan havanın nemi (AG.N) iç ortamın dizayn nemidir. Buradan  $w_{mahal} = 0,01049 \text{ kg / kg kuru hava} = \text{AG.N}$

İÇ.KT :Isıtıcıya giriş sıcaklığıdır ve iç ortamdan emilen havanın sıcaklığına (26°C) eşittir.

B.NT: ST'nin besleme havasından tutacağı nem miktarıdır. Tutulması gereken miktar 8.5

denklemleriyle bulunur.

$$B.NT = \frac{W_T \times 3600}{BH.Q \times \rho_{\text{hava}}} \quad (8.5)$$

$$B.NT = \frac{41,73 \text{ g/s} \times 3600 \text{ s/h}}{12216 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,173 \text{ kg/m}^3} = 10,485 \text{ g/kg.hava}$$

BÇ.N: ST'den çıkan besleme havasının özgül nemidir.

BÇ.N= BG.N-B.NT şeklinde hesaplanır.

BÇ.N= 18,46 gr/kg kuru hava-10,485g/kg kuru hava =7,975 gr/kg kuru hava

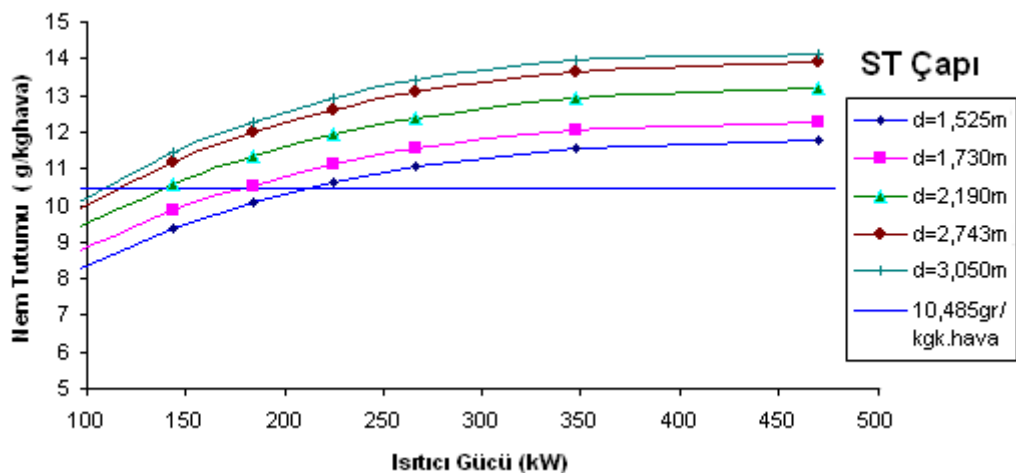
A/ST (aktifleştirme alanının ST alanına oranı): İlk etapta 0,25 seçilecektir. (DW programı 0,25 veya 0,50 seçilmesine izin veriyor)

AH/BH oranı: Soğutma sisteminde ID kullanıldığı için 1 seçilecektir.

ST.RPH : DW programındaki sonuçlara göre optimum değer bulunacaktır.

AG.KT: Mahalden uzaklaştırılan egzoz havasının ısı değiştiriciden geçtikten sonraki sıcaklığıdır. Hesap için başta 55°C olarak alınacaktır. ID'nin giriş çıkış ve verim değerlerine göre tekrar hesaplanarak revize edilecektir. Buna bağlı IG değeride revize edilecektir.

### DW Programı Sonuçları



Şekil 8.5 Farklı ST çaplarında optimum ST hızlarında ısıtıcı gücüne göre nem tutumu değişimi



Çizelge 8.1'deki veri değerlerine göre farklı çaptaki DW programında hesaplanan ST'lerin farklı ısıtıcı güçlerinde gösterdikleri nem tutumu performansları şekil 8.5'te görülmektedir. Soğutma sisteminde istenen 10.485gr/kg k.hava nem tutumu için ST'lere verilmesi gereken ısıtıcı güçleri bu grafikten okunarak hangi tekerleğin ne kadar enerji harcayacağı hesaplanabilir. 10.485gr/kg k.hava nem tutumu için gereken ısıtıcı güçleri çizelge 8.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 8.2 A/ST =0,25 B.NT=10.485gr/kg k.hava için farklı çaptaki ST'lere göre Isıtıcıda harcanacak enerji miktarları

ST.Ç	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.YT	BG.KT	BG.N	BÇ.N	BÇ.KT	AG.N	AG.KT	İÇ.KT	IG	B.NT--A.NU
1525	25	64	1	12.216	26	33	18,46	7,98	75,5	10,49	55	107,4	214	10,48
1730	25	48	1	12216	26	33	18,46	7,98	73,4	10,49	55	99	180,1	10,48
2190	25	29	1	12216	26	33	18,46	7,98	71,2	10,49	55	88,8	138,2	10,48
2743	25	17	1	12216	26	33	18,46	7,98	69,8	10,49	55	82,8	113,7	10,48
3050	25	15	1	12216	26	33	18,46	7,98	69,7	10,49	55	80,7	105,3	10,48
mm	%	RPH		m3/h	°C	°C	g/kg	g/kg	°C	g/kg	°C	°C	kW	g/kg

### A/ST Düzeltmesi

Eğer A/ST oranı 0,5 seçilseydi. Isıtıcı gücü nasıl değişirdi. Bu sorunun cevabı çizelge 8.1'deki kullanılan değerlerden sadece A/ST oranı 0,5 yaparak, 10.485gr/kg k.hava nem tutumu için tekrar DW programından ST performansı hesaplanarak bulunur. Bu şekilde hesaplanacak verilerle A/ST oranının 0,25 olarak hesaplandığı çizelge 8.1 deki verilerden ısıtıcı gücünün A/ST oranına göre en az olduğu sonuçlar çizelge 8.3'de tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 8.3 Optimum A/ST oranında, ST.RPH değerinde farklı çaptaki ST için B.NT=10.485gr/kg k.hava nem tutumunu sağlayacak şekilde ısıtıcıda harcanacak enerji miktarları

ST.Ç	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.YT	BG.KT	BG.N	BÇ.N	BÇ.KT	AG.N	AG.KT	İÇ.KT	IG	B.NT--A.NU
1525	50	64	1	12216	26	33	18,46	7,98	75,5	10,49	55	107,4	214,4	10,48
1730	50	52	1	12216	26	33	18,46	7,98	75,4	10,49	55	98,4	177,6	10,48
2190	50	32	1	12216	26	33	18,46	7,98	72,5	10,49	55	87,8	134,2	10,48
2743	50	18	1	12216	26	33	18,46	7,98	70,4	10,49	55	81,7	109,4	10,48
3050	50	15	1	12216	26	33	18,46	7,98	70	10,49	55	79,7	101,2	10,48
mm	%	RPH		Sm3/h	°C	°C	g/kg	g/kg	°C	g/kg	°C	°C	kW	g/kg

A/ST oranının 0,5 olması, 1,525m çaplı soğurucu tekerlekte harcanması gereken ısıtıcı gücünü artırmıştır fakat daha büyük boyuttaki ST'ler için ST'nin aktifleştirilmesi için gereken gücü azalmıştır. Buradan 1,525m den büyük çaplar için A/ST oranının 0,5 seçilmesi uygun olacaktır. Hesaplarda buna göre yapılacaktır.

## ID Düzeltmesi

Aktifleştirme bölümünde ısıtıcıya giren havanın sıcaklığı 55°C olarak alınmıştır. Fakat bu sıcaklık değeri ilk etapta bir sonuca ulaşılabilme içindi. Doğru Isıtıcı ihtiyacını bulabilmek için Çizelge 8,3 teki tabloyu veren dizayn değerleri ışığında her bir farklı boyuttaki ST için ID giriş ve çıkış sıcaklık değerleri hesaplanmalı ve aktifleştirme bölümünde ısıtıcıya hava kaç derece giriyor ve bunun ısıtıcıya verilmesi gereken gücü nasıl etkilediği tekrar hesaplanmalıdır. ID verimi bilinerek bu hesap yapılabilir.

Sistemde ID = 0,80 olan 2 kademeli bir plakalı ısı değiştirici seçilmiştir. ( seçimle ilgili ayrıntılar bölüm 9.5.2.1’de bulunabilir.)

Isı değiştiricide nem transferi olmadığından , giren hava debilerinin aynı kütleli debide olmalarından dolayı ID’nin verim ifadesi

$$\eta_{ID} = \frac{T_{G1} - T_{C1}}{T_{G1} - T_{G2}} = \frac{T_{C2} - T_{G1}}{T_{G1} - T_{G2}} \text{ şeklinde yazılabilir.} \quad (8.6)$$

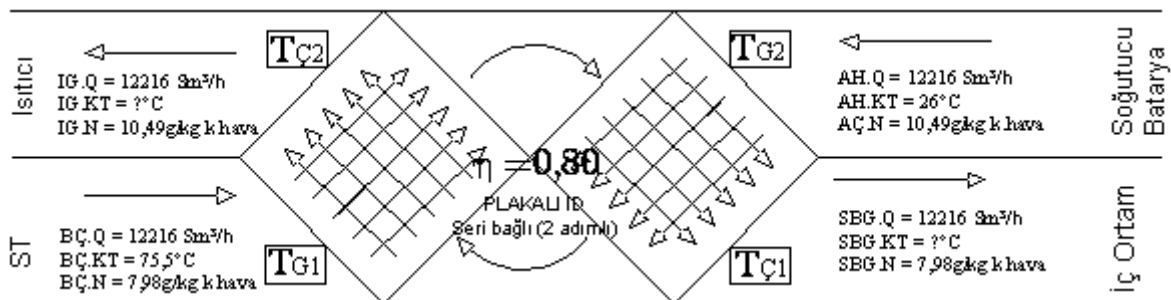
$T_{G1}$  :ID 1. kanaldan giren akışkanın sıcaklığı

$T_{G2}$  :ID 2.kanaldan giren akışkanın sıcaklığı

$T_{C1}$  :ID 1.kanaldan çıkan akışkanın sıcaklığı

$T_{C2}$  : ID 2.kanaldan çıkan akışkanın sıcaklığı

$\eta_{ID}$  :ID’nin verim değeri



Şekil 8.6 ST.Ç 1,525m için, çizelge 8.3 teki verilere göre hazırlanmış soğutma sisteminin içinde yer alan ID giriş çıkış değerleri

8.6 denklemleri yardımıyla her bir çaptaki ST için, ilk başta DW programına girilen IG.KT'nin sıcaklığının (55°C) kaç derece olması gerektiği hesaplanıp ısıtıcıda gerçekte ne kadar enerji harcanacağı bulunur.

Örnek olarak bu işleri ST.Ç=1,525m için hesaplayacak olursak;

$T_{G1}$  :BÇ.KT ye eşit olup çizelge 8.3 ten 1.525m çaplı ST ye karşılık gelen değeri 75,5 °C'dir.

$T_{G2}$  :İç ortam dizayn sıcaklığı olup, 26 °C dir.

$T_{C1}$  :BH ID çıkış sıcaklığı ve Soğutucu batarya giriş sıcaklığıdır, hesaplanacaktır.

$T_{C2}$  :AH ID çıkış sıcaklığı ve Isıtıcı giriş sıcaklığıdır (AG.KT), hesaplanacaktır

$\eta_{ID}$  :0,80

$$0,80 = \frac{75,5 - T_{C1}}{75,5 - 26} \Rightarrow T_{C1} = 35,9^\circ\text{C}$$

$$0,80 = \frac{T_{C2} - 26}{75,5 - 26} \Rightarrow T_{C2} = 65,6^\circ\text{C} = \text{AG.KT olarak bulunur.}$$

Diğer çaptaki ST'ler içinde aynı işlemi yapıp DW programına verileri girersek çizelge 8.4'teki değerleri elde etmiş oluruz.

Çizelge 8.4  $\eta_{ID}$  :0,80 için optimum A/ST oranında B.NT=10.485gr/kg k.hava için farklı çaptaki ST'lere göre ısıtıcıda harcanacak enerji miktarları

ST.Ç	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.YT	BG.KT	BG.N	BÇ.N	BÇ.KT	AG.N	AG.KT	BÇ.ID.KT	İÇ.KT	IG	B.NT--A.NU
1525	25	64	1	12216	26	33	18,46	7,98	65,60	10,49	65,60	35,90	107,4	172,01	10,48
1730	50	52	1	12216	26	33	18,46	7,98	65,52	10,49	65,52	35,88	98,4	135,50	10,48
2190	50	32	1	12216	26	33	18,46	7,98	63,20	10,49	63,20	35,30	87,8	101,35	10,48
2743	50	18	1	12216	26	33	18,46	7,98	61,52	10,49	61,52	34,88	81,7	83,29	10,48
3050	50	15	1	12216	26	33	18,46	7,98	61,20	10,49	61,20	34,80	79,7	76,38	10,48
mm	%	RPH		Sm3/h	°C	°C	g/kg	g/kg	°C	g/kg	°C	°C	°C	kW	g/kg

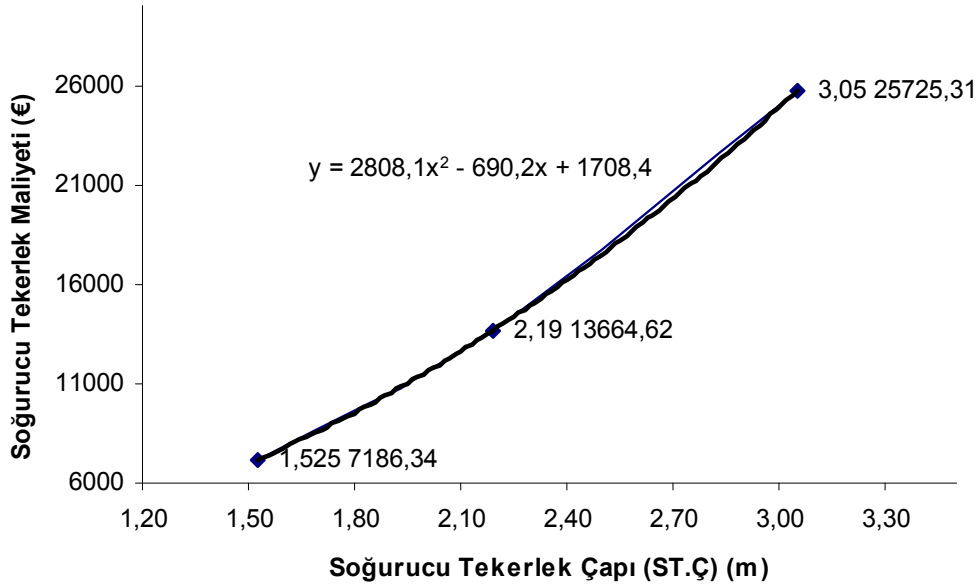
### 8.5.1.2 ST ve ısıtıcı maliyet analizi

DW programı optimum ST.RPH göre farklı ST çaplarında program oluşturulmuş ve çıkan sonuçlardan en son olarak Çizelge 8.4'teki değerler bulunmuştur. Bu çizelgeden sinema salonu için uzaklaştırılması gereken 10,485gr/kgk.hava nem tutumu değeri için kullanılacak ST çaplarına göre harcanması gereken ısı enerjisi değerleri okunacaktır. Hangi ST çapının en ekonomik olduğunu öğrenebilmek için maliyet analizi yapılacaktır. ST maliyeti, ST'ye

göre seçilecek ısıtıcı maliyeti ve yıllık yakıt maliyetinin yıllara göre toplam maliyetleri çıkarılacak grafik üzerinde ifade edilip en düşük toplam maliyetli olan ST tipi seçilecektir.

### ST Maliyeti (STm)

ST üreticisi olan Novel Aire firmasında çeşitli çaptaki ST ve bileşenleri olan motor kayış galvanize edilmiş çelik kaset ve sızdırmazlık elemanları için fiyatlar alınmış ve bu fiyatlardan 2'ci dereceden bir denklem elde edilmiştir. Bu denklemin grafiği şekil 8.7'de görülmektedir.

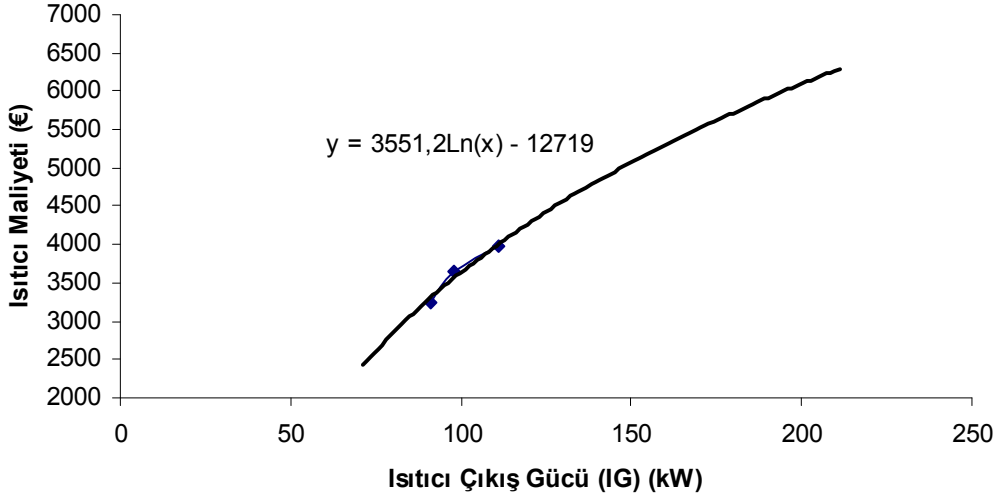


Şekil 8.7 ST çaplarına göre ST maliyetleri

### Isıtıcı Maliyeti (IM)

Isıtıcı tipi olarak elektrik maliyetlerini ve elektriğe olan bağımlılığı azaltmak için havayı dolaylı ısıtan doğalgazlı bir ısıtıcı kullanılacaktır. ST'ye karşılık gelen ısıtıcı gücü Isıtıcı kapasitesi olarak seçilecektir. (ek..da Isıtıcı tipi görülmektedir)

Bu tipte bir ısıtıcıyı satan firmadan alınan farklı güçteki ısıtıcı fiyatları kullanılarak şekil 8.8'de görülen ısıtıcı gücü fiyat ilişkisini gösteren bir grafik ve denklem elde edilmiştir. Isıtıcı maliyeti hesaplanırken bu denklem kullanılacaktır.



Şekil 8.8 IG'ye göre Isıtıcı maliyetleri

### Yıllık Yakıt Maliyeti (YYM)

Havayı ısıtmak için doğalgazlı bir ısıtıcı kullanılacaktır. Kullanılacak ST ye göre ısıtıcıda kullanılacak yakıt maliyeti olarak aşağıdaki denklem kullanılacaktır.

$$\text{Yıllık Yakıt Maliyeti (TL/yıl)} = \text{Doğalgaz birim fiyatı (TL/kWh)(KDV'li)} \times \text{Soğutucu sistemin kullanılacağı zaman (h/yıl)} \times \text{Isıtıcının verdiği enerji (kW)} / \text{Isıtıcı Verimi} / \text{TL/Euro paritesi} \quad (8.7)$$

Doğalgazın birim fiyatı ( İgdaş 1/1/2009): 0,08621 TL/kWh + %18 KDV = 0,10173 TL/kWh

Isıtıcı verimi =0,92 (Isıtıcı broşüründen alınmıştır.)

Soğutucu sistemin kullanılacağı zaman (h/Yıl) = 4 ay/yıl x 30 gün x 13 h = 1560h/yıl

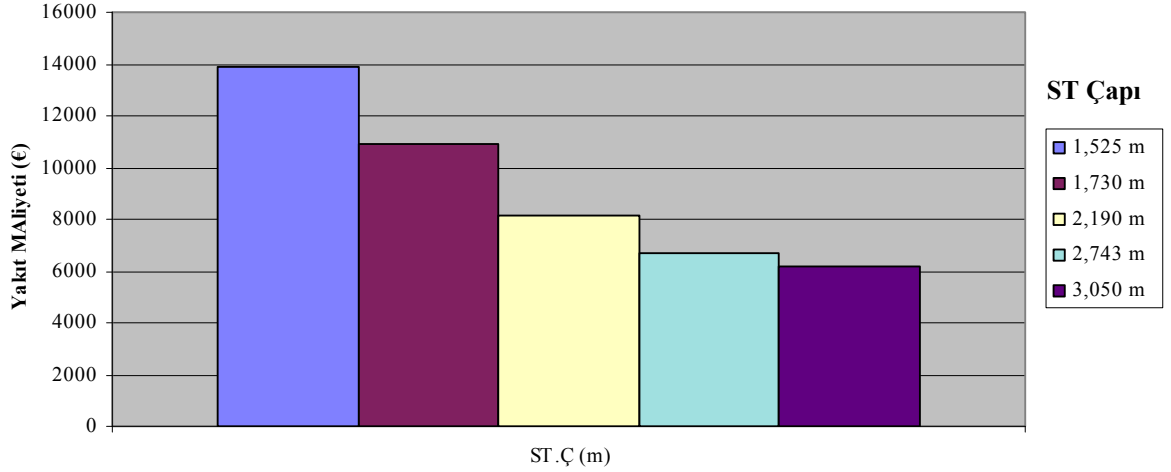
Isıtıcının çekeceği enerji (kW)= her bir ST için çizelge 8.5'de verilmiştir.

Çizelge 8.5 ST.Ç'ye göre ısıtıcıda harcanacak enerji miktarları (çizelge 8.4 ten alınmıştır.)

ST.Ç (mm)	1525	1730	2190	2743	3050
IG (kW)	172,01	135,5	101,35	83,29	76,38

Euro/TL paritesi 1/1/2009 için TCMB kuru =2,14 TL/€

YYM denklemin farklı çaptaki ST'ler için kullanılmasıyla elde edilecek sonuçlar grafik şekil 8.9'da gösterilmiştir.



Şekil 8.9 ST.Ç'ye göre ısıtıcıda harcanacak yakıt maliyeti grafiği

### Yıllara Göre ST Maliyet Analizi

Besleme havasından alınacak aynı nem tutumunu sağlamak için farklı çaplarda ST'ler için farklı güçlerde ısıtıcılar seçilmelidir. Seçilecek ısıtıcılara göre farklı enerji tüketimleri olacaktır. Hangi ST ve ısıtıcı cihaz seçiminin en iyi seçim olacağı maliyet analizi yapılarak bulunacaktır. Bunun için 8.9 nolu denklem kullanılacaktır.

$$\text{ToplamMaliyet} = \text{Yatırım} + \text{İşletme} \quad (8.8)$$

$$TM_{Y+j} = (STm + IM) \times (1 + Yf)^n + \sum_{n=1}^n YYM \times (1 + Yf)^{(n-1)} \quad (8.9)$$

$TM_{Y+j}$  : Yıllara göre toplam yatırım ve işletme maliyeti

$Yf$ : Yıllık euro faizi, 1/1/2009 tarihli TCMB faizi: 0,015

$n$  : Sistemin kullanılacağı zaman (yıl)

ST.Ç=1,525m için Toplam Maliyet Hesabı

$$STm = 2808 \times 1,525^2 - 690 \times 1,525 + 1708 = 7186,4 \text{ €} \quad (\text{şekil 8.6'da ki denklemden bulunur.})$$

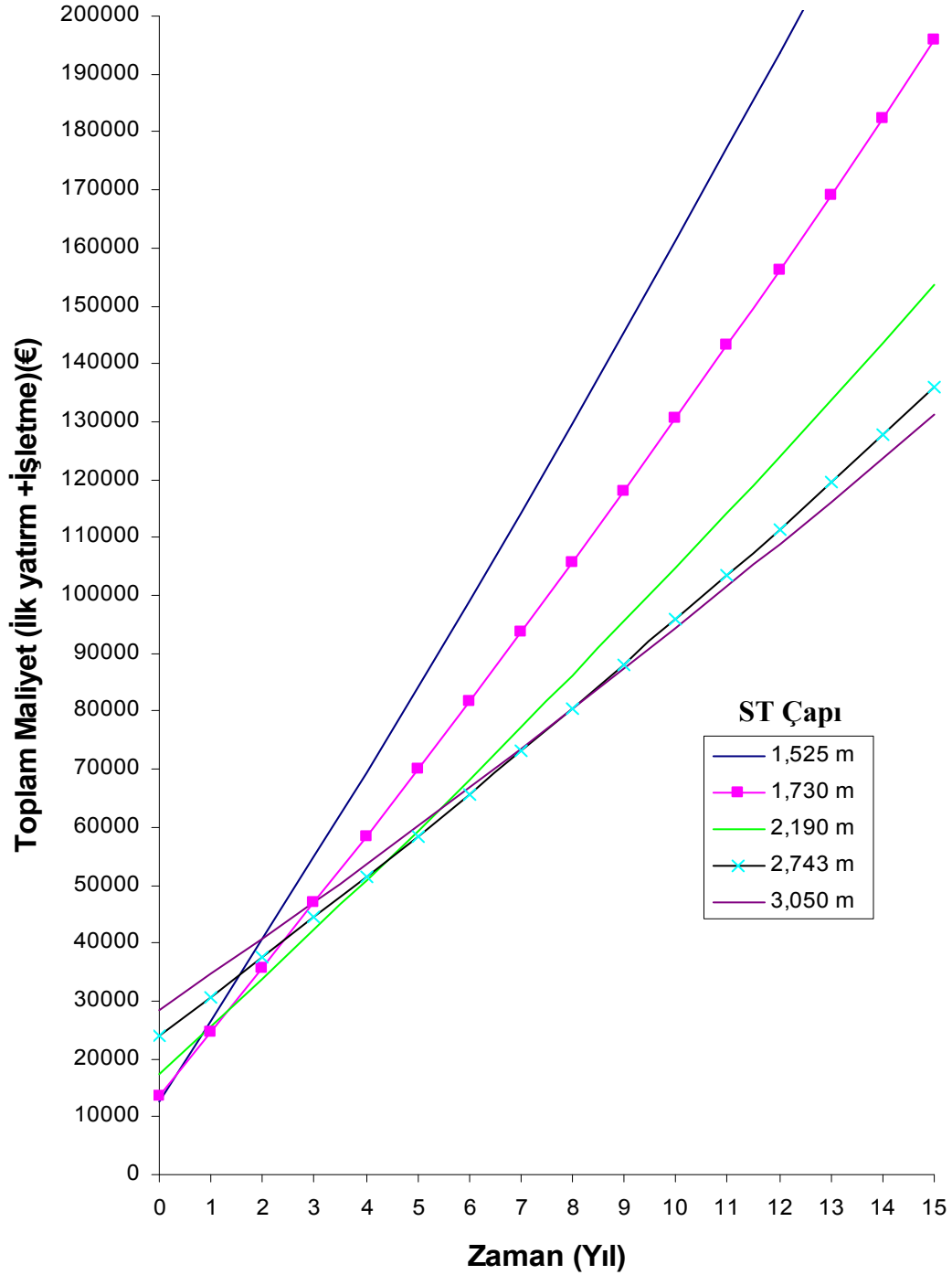
$$IM = 3551,2 \ln(172,01) - 12719 = 5561,05 \text{ €} \quad (\text{şekil 8.7'de ki denklemden bulunur.})$$

$$YYM = 0,10173 \times 1560 \times 172,01 / 0,92 / 2,14 = 13865,13 \text{ €}$$

ST ömrü 10 yıl verildiğinden  $n=10$  yıl için Soğurucu tekerlek maliyetini çıkartırsak  $TM_{Y+j}$  ;

$$TM_{Y+i} = (7186,4 + 5561,05) \times (1 + 0,015)^{10} + \sum_{n=1}^{10} 13865,13 \times (1 + 0,015)^{(n-1)} = 177233,18 \text{ €}$$

Tüm soğurucu tekerlek çapları için soğutma sisteminin farklı kullanım sürelerine göre yaparsak; çizelge 8.6 teki sonuçları buluruz.

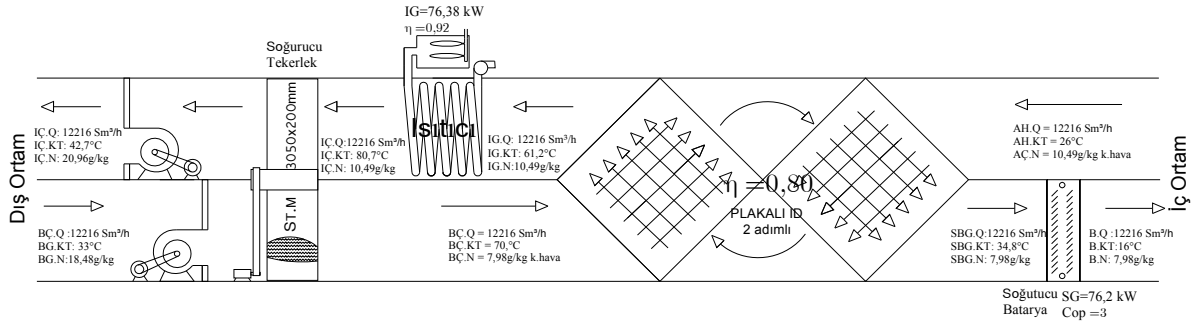


Şekil 8.10 Farklı ST.Ç için geçen yıllara göre soğurucu sistemin toplam maliyeti gösteren grafik. (Veriler çizelge 8.6'dan alınmıştır.)

Çizelge 8.6 Farklı soğurucu tekerlek çapları için soğurucu sistemin (ST+Isıtıcı+Yakıt) yıllara göre toplam maliyetleri (€) gösterir

ST.Ç	STm	İM	YYM	Zaman (Yıl)															
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1,525 m	7186,4	5561,1	13865	12747	26613	40686	54970	69468	84184	99121	114282	129670	145289	161142	177233	193566	210143	226969	244048
1,730 m	8918,6	4713,7	10922	13632	24554	35640	46892	58312	69905	81670	93613	105734	118038	130526	143201	156066	169125	182379	195832
2,190 m	13665	3682,5	8169,3	17347	25516	33808	42225	50767	59438	68238	77171	86238	95440	104781	114262	123885	133652	143566	153629
2,743 m	20943	2985,4	6713,3	23929	30642	37456	44372	51392	58517	65749	73090	80541	88103	95779	103570	111478	119505	127652	135921
3,050 m	25725	2678	6156,7	28403	34560	40809	47152	53590	60124	66757	73489	80322	87257	94297	101442	108694	116055	123526	131110

Şekil 8.10’da çizelge 8.6’daki değerlerden oluşturulmuş toplam maliyet grafikleri görülmektedir. Bu grafiklerden 1 yıl için 1,730m, 2-4 yıl arası için 2,190m, 5-7 arası için 2,743m, 7 yıldan fazla sistemin kullanım ömrü için 3,050m çaplı ST’nin en az toplam maliyetli seçim olacağı görülmektedir. Sistemin kullanım ömrünü ST’nin kullanım ömrü olan 10 yıl olarak kabul edersek, 3,050 m çaplı ST en ekonomik seçim olacaktır. Bu seçime göre sistem, Şekil 8.11’deki gibi çizilir. Bu çizimde ST’nin 3,050m seçilmesi ile sistemdeki cihazlara giren havanın, giriş çıkış özellikleri ayrıca gösterilmiştir.



Şekil 8.11 Soğuruculu soğutma sisteminde ST.Ç= 3,050 m için seçilen sistem elemanları ve giriş çıkış değerleri (sistem 1)

## 8.5.2 Diğer sistem elemanlarının seçimi

### 8.5.2.1 Isı değiştirici (ID) seçimi

ID seçiminde nem transferi olmayacak şekilde plakalı ısı değiştirici kullanılması uygun bulunmuştur. Isı değiştiricinin verimi yükselmesi içinde çapraz geçişli 2 plakalı ısı değiştirici seri bağlanmıştır. Buna göre plakalı ısı değiştiricilerin özellikleri;

12220 m<sup>3</sup>/h besleme ve egzoz hava debisi için (1 atm 25°C standart koşullarda)

2 adet seri bağlanmış plakalı ısı değiştirici verimi=η<sub>ID</sub>=%80

Besleme havası basınç kaybı=294 Pa (hava hızı=1,51 m/sn)

Egzoz havası basınç kaybı =269Pa (hava hızı=1,51 m/sn)



### 8.5.2.2 Soğutucu batarya kapasitesi ve seçimi

Soğurucu soğutma sisteminde seçilen ST, Isıtıcı ve ID için sistem parametreleri yapılan hesaplarla belli olmuştur. geriye sadece soğutucu batarya kapasitesinin hesaplanması ve seçilmesi kalmıştır. Buna göre soğutucu bataryanın soğutma kapasitesini hesaplırsak;

$$q = m_1 \times h_1 - m_2 \times h_2$$

$q$  : Soğutucu bataryanın soğutma kapasitesi (kJ/h)

$m_1$  : Soğutucu bataryaya giren havanın kütleli debisi (kg/h)

$h_1$  : Soğutucu bataryaya giren havanın entalpisi (kJ/kg)

$m_2$  : Soğutucu bataryadan soğuyarak çıkan havanın kütleli debisi (kg/h)

$h_2$  : Soğutucu bataryaya soğuyarak çıkan havanın entalpisi (kJ/kg)

$$m_1 = m_2 = 12216 \text{Sm}^3 / \text{h} \times 1,173 \text{kg} / \text{m}^3 = 14329 \text{kg/h}$$

$$h_1 = 55,45 \text{kJ} / \text{kg} \quad h_2 = 36,3 \text{kJ} / \text{kg} \quad (\text{psikometrik diyagramdan alınmıştır.})$$

$$q = 14329 \times 55,45 - 14329 \times 36,3 = 274400,4 \text{kJ/h} = 76,22 \text{kW}$$

olarak bulunur.

Soğutucu bataryanın seçimi.gaz soğutmalı veya su soğutmalı olmak üzere 2 şekilde olabilir.

Sistemde gaz soğutmalı batarya kullanılması uygun bulunmuş ve batarya sıcaklığı iç ortama verilecek hava sıcaklığının 10°C altında, 6°C olarak soğutucu bataryanın (yoğuşturucu) içinde yer aldığı soğutma çevrimindeki buharlaştırıcı sıcaklığında çevre sıcaklığının 10°C yukarısında, 43°C olarak dizayn edilmiştir. Şekil 8.12'de soğutucu bataryaya giren çıkan havanın özellikleri gösterilmiştir.



851 Pa basınç düşümü ve 12216 m<sup>3</sup>/h hava debisi için fan verimi (fan ve elektrik motoru verimi dahil) % 57 olan 5,79 kW güç tüketecek bir fan seçilmiştir.

Egzoz (aktifleştirme ) havası için;

$$P_{ETHBK} = P_{EK} + P_{EID} + P_{EI} + P_{EST} + P_{EF}$$

$P_{ETHBK}$  : Egzoz havasının toplam harici basınç kaybı (Pa)

$P_{EK}$  : Egzoz havasının havalandırma kanallarında uğradığı basınç kaybı (Pa)

$P_{EID}$  : Egzoz havasının plakalı ısı değiştiricide uğradığı basınç kaybı (Pa)

$P_{EI}$  : Egzoz havasının ısıtıcıda uğradığı basınç kaybı (Pa)

$P_{EST}$  : Egzoz havasının soğurucu tekerlekte uğradığı basınç kaybı (Pa)

$P_{EF}$  : Egzoz havasının filtrelerde uğradığı toplam basınç kaybı (Pa)

$$P_{ETHBK} = 300 + 269 + 30 + 89,93 + 60 = 749 \text{ Pa}$$

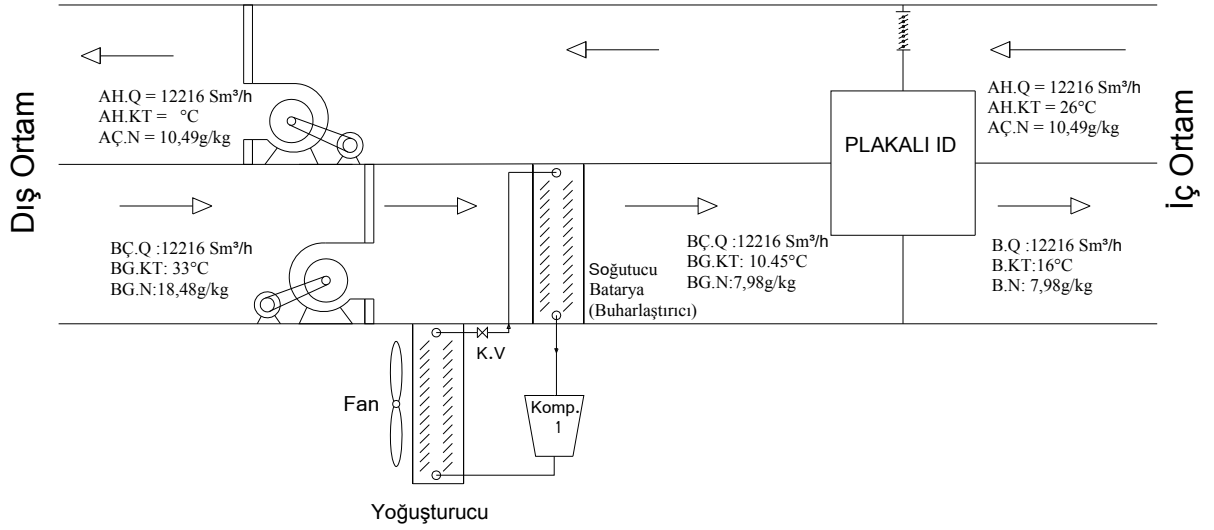
749 Pa basınç düşümü ve 12216 m<sup>3</sup>/h hava debisi için toplam fan verimi (fan ve elektrik motoru verimi dahil) % 55 olan 5,33 kW güç tüketecek bir fan seçilmiştir.

## 8.6 Soğurucu Soğutma Sistemiyle Klasik Soğutma Sisteminin Karşılaştırılması

Bu bölümde uygulama için dizayn edilen soğurucu soğutma sisteminin (sistem 1) klasik soğutma sistemiyle maliyet analizi yapılarak karşılaştırılacaktır. Bunun için Sistem (sistem 1) piyasada kullanılan gaz çevrimli klasik bir soğutma çevrimine göre çalışan klasik bir soğutma sistemine (sistem 2) ve sistem 1'deki ısıtıcı yerine yoğuşturucu kullanılması halinde dizayn edilecek bir soğurucu soğutma sistemine (sistem 3) göre maliyet karşılaştırması yapılacaktır. Bunun için sistem 2 ve sistem 3'ün dizaynları yapılacak ve daha sonra enerji tüketim ve maliyet analizleri yapılarak sistem 1 ile karşılaştırılacaktır.

### 8.6.1 Klasik soğutma sistemi dizaynı (sistem 2)

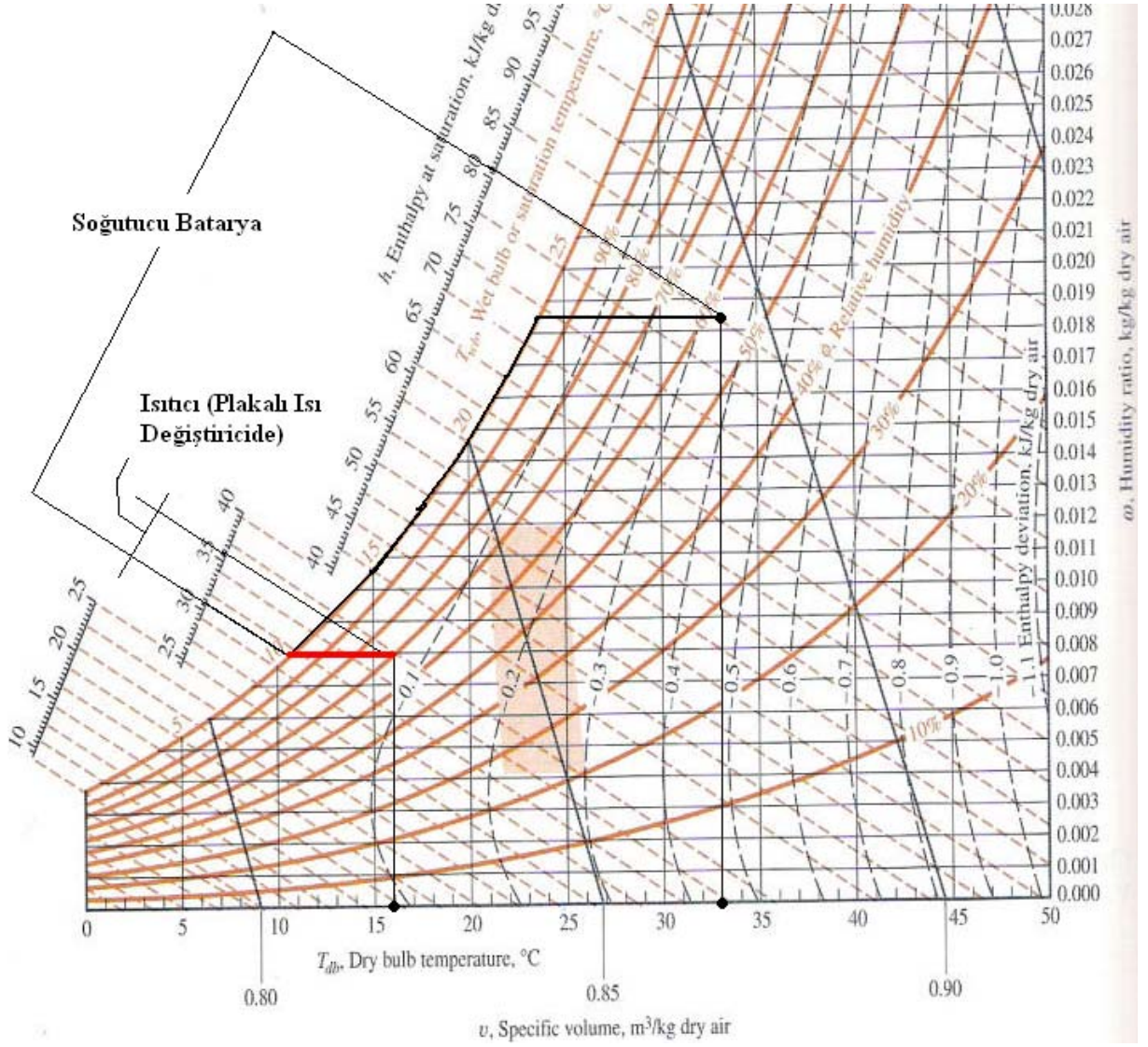
Soğurucu soğutma sistemiyle çözülmüş olan uygulama klasik yani soğutucu gaz sıkıştırımalı bir sistemle aynı performansı gösterecek şekilde yapılmış olsaydı nasıl bir enerji tüketimi olurdu. Bunu bilebilmek için şekil 8.13'deki gibi bir klasik soğutma sistemi dizayn edilmiştir.



Şekil 8.13 Klasik Soğutma Sisteminin Dizaynı (Sistem 2)

### 8.6.2 Klasik soğutma sistemi enerji analizi

Şekil 8.13'deki sistem dizaynına esas olacak proses şekil 8.14'teki psikometrik diyagramda gösterilmiştir. Soğutucu bataryaya girecek hava ilk önce sabit özgül nemde bağıl nemi %100 oluncaya kadar soğuyacak, daha sonra psikometrik tabloda %100 bağıl nem çizgisi üzerinde nem ve sıcaklık kaybederek istenen nem değeri (7.98g/kg k.hava) tutturuluncaya kadar soğutulacaktır. İç ortama verilecek havanın özgül nemi ayarlandıktan sonra, sıcaklığı iç ortamdan egzoz edilecek havanın bir kısmı ile ısıtılarak iç ortama verilecek sıcaklık şartlarına (16°C) getirilmiş olacaktır.



Şekil 8.14 Klasik Soğutma Sisteminin Soğutma ve Isıtma Proseslerinin Psikometrik diyagramda gösterilmesi

### Soğutucu batarya kapasitesi hesabı

İç ortama verilmesi gereken 16°C KT sıcaklığında 7,98g/kgk.hava özgül neminde 12216 m<sup>3</sup>/h BH için, dış ortam havası (33°C KT 26°C YT) 10,45°C (7,98g/kgk.hava için psikometrik diyagramdan okunur.) değerine kadar soğutulmalıdır. Soğutucu batarya kapasitesini 8.10'daki denklem yoluyla hesaplayabiliriz.

$$Q_s = \dot{m} \times (h_2 - h_1) \quad (8.10)$$

$Q_s$  :Soğutucu batarya kapasitesi

$\dot{m}$  :Soğutulacak ve Nemi alınacak havanın kütleli debisi (kg/h) (14329m<sup>3</sup>/h=3,98 m<sup>3</sup>/s)

$h_1$  :Dış ortam şartlarında (33°C KT 26°C YT) havanın entalpisi (Şekil 8.14'ten  $h_1 = 30,6$  kJ/kg okunur.)

$h_2$  :10,45°C sıcaklığında %100 bağıl nemde 7,98g/kg k.hava özgül nem değeri için havanın entalpisi (Şekil 8.14'ten  $h_2 = 30,6$  kJ/kg okunur.)

$$Q_s = 3,98 \times 81,2 - 30,62 = 201,3 \text{ kJ/s} = 201,3 \text{ kW}$$

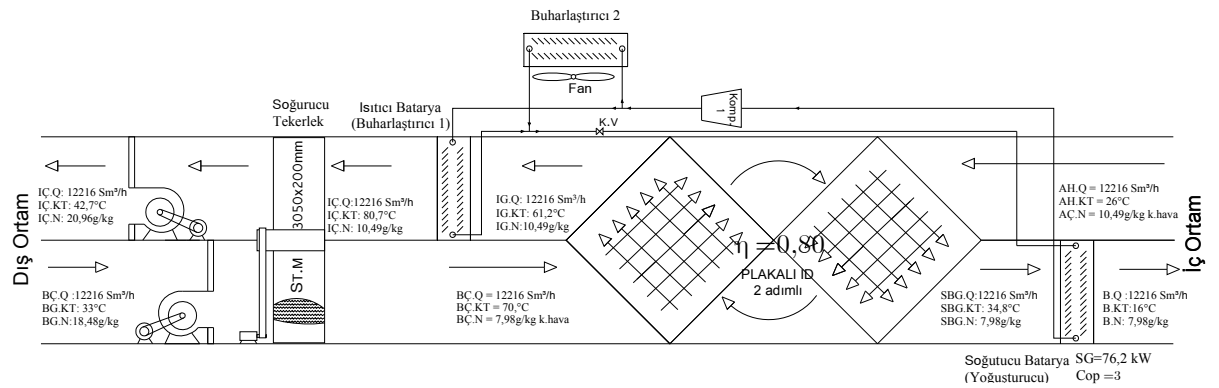
Soğutucu bataryasının havadan 201,3 kW'lık bir enerji çekmesi gerektiğini buluruz.

Isıtma enerjisini 8.10'nolu formülü kullanarak hesaplayabiliriz.

$$Q_I = 3,98 \times (36,27 - 30,6) = 22,56 \text{ kJ/s} = 22,56 \text{ kW}$$

### 8.6.3 Soğurucu soğutma sisteminde ısıtıcı olarak buharlaştırıcı kullanılması ve dizaynı (sistem 3)

Bu bölümde Şekil 8.3'teki soğurucu sistem dizaynında doğalgazlı ısıtıcı yerine sistemde kullanılan soğutucu bataryanın (yoğusturucu) içinde yer aldığı gaz sıkıştırmalı soğutma sisteminin dış ortama açık halde kullanılan buharlaştırıcı kısmının ısıtıcı yerine kullanılması düşünülmüştür. Buharlaştırıcının ısıtıcı yerine kullanılması durumunda dizayn edilene sistem şekil 8.15'te gösterilmiştir.



Şekil 8.15 Soğurucu soğutma sistemi dizaynı (ısıtıcı olarak buharlaştırıcı kullanımı) (Sistem 3)

Şekil 8.15'teki dış ortama açık 2.ısıtıcı batarya, 1.ısıtıcı bataryadan geçen havanın istenen sıcaklık değerini yakalaması için sisteme ilave edilmiştir. ST'ye girecek olan hava 80,7°C olması için ısıtıcı batarya (buharlaştırıcı) sıcaklığı yaklaşık 10 °C yüksek (90°C) alınmıştır.

#### 8.6.4 Soğutma sistemlerin enerji tüketim maliyetlerinin karşılaştırılması

Bu bölümde soğurucu tekerlek ve doğalgazlı ısıtıcı kullanılarak yapılan soğurucu soğutma sistemiyle (sistem 1), klasik soğutma sistemini (sistem 2) ve doğalgazlı ısıtma yerine kullanılan yoğuşturucunun buharlaştırıcı kısmının konması ile tasarlanan diğer soğurucu soğutma sisteminin (sistem 3) enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma çizelge 8.7 de gösterilmiştir.

Çizelge 8.7 Soğutucu Sistemlerin Enerji Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Sistem 1: Şekil 8.11, Sistem 2: Şekil 8.13, Sistem 3: Şekil 8.15 )

Sistem No	Cihaz İsmi	Enerji Cinsi	Cihaz Kapasitesi (kW)	Toplam Verim	Cop	Tükettiği Enerji (kWh)	Enerji Birim Fiyatı (€/kwh)	Enerji Tüketim Bedelleri (€/h)	Toplam Enerji Maliyeti (€/h)	Yıllık Kullanım Süresi (h/yıl)	Yıllık Enerji Tüketim maliyeti (€/yıl)	Enerji Maliyetlerini Karşılaştırması
sistem 1	Isıtıcı	Doğalgaz	76,4	0,92		83,02	0,047536	3,946551				
	Soğutucu	Elektrik	76,2		3	25,40	0,116235	2,952358				
	Buharlaştırıcı fanı	Elektrik	2,0	0,55		3,64	0,116235	0,422671				
	Fan (besleme)	Elektrik	3,3	0,57		5,79	0,116235	0,672708				
	Fan (egzoz)	Elektrik	2,9	0,55		5,33	0,116235	0,61953				
									8,613818	1560	13437,56	87%
sistem 2	Soğutucu batarya	Elektrik	201,3		3	67,10	0,116235	7,79934				
	Buharlaştırıcı fanı	Elektrik	5,0	0,6		8,33	0,116235	0,968621				
	Fan (besleme)	Elektrik	3,3	0,57		5,79	0,116235	0,672998				
	Fan (egzoz)	Elektrik	1,4	0,4		3,50	0,116235	0,406821				
									9,847781	1560	15362,54	100%
sistem 3	Isıtıcı ve Soğutucu	Elektrik	76,2	Soğutma	1,2	63,50	0,116235	7,380896				
	Fan (Soğutma Sis.)	Elektrik	0,8	0,6		1,33	0,116235	0,154979				
	Fan (besleme)	Elektrik	3,3	0,57		5,79	0,116235	0,672708				
	Fan (egzoz)	Elektrik	2,9	0,55		5,33	0,116235	0,61953				
									8,828113	1560	13771,86	90%

Not : Bu çizelge hazırlanırken sistemlerde kontrol için harcanacak enerji ve ST'nin dönmesini sağlayacak elektrik motorunun gücü ihmal edilmiştir. Sistem 3 de soğutucu gaz olarak R11 sistem 1 ve 2 de ise R22 kullanıldığı var sayılmıştır. 01/01/2009 tarihli enerji fiyatlarına göre düzenlenmiştir.

Çizelge 8.7'de soğurucu soğutma sistemlerinin klasik soğutma sistemlere göre enerji maliyet avantajı sağladıkları görülmektedir. Uygulama için tasarlanan klasik bir soğutma sistemine göre soğuruculu soğutma sistemi kullanması durumunda %13 oranında bir enerji tasarrufu sağlanacağı hesaplanmıştır. Ayrıca sistem 3'ünde klasik soğutma sistemine oranla %10 daha az enerji maliyeti olacaktır.

#### 8.6.5 Soğutma sistemlerin yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması

Karşılaştırılan 3 sistem için sisteme has olan cihazların toplam maliyetleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 8.8'de sistemde kullanılan cihazların kapasiteleri ve maliyetleri belirtilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere sistem 1 en pahalı sistemdir. Klasik soğutma sistemine (sistem 2 ) göre %25 daha pahalıdır. Sistem 3 de sistem 1 ile neredeyse aynı maliyettedir. İlk yatırım

maliyeti olarak klasik sistemin bir avantajı olduğu görülmektedir.

Sistem 1 ve Sistem 3’de göze çarpan en önemli maliyet kalemleri sırayla ST, gazlı soğutma sistemi, ısı değiştiricidir. Sistem 2 de ise sadece gaz soğutma sistemi, maliyeti büyük ölçüde belirlemektedir.

Çizelge 8.8 Soğutucu Sistemlerin Yatırım Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Sistem 1: Şekil 8.11, Sistem 2: Şekil 8.13, Sistem 3: Şekil 8.15 )

Sistem No	Cihaz İsmi	Cihaz Kapasitesi (kW)	Cihaz Fiyatı (€)	Toplam Sistem Maliyeti (€)	Yatırım Maliyetlerinin Karşılaştırması
Sistem 1	Soğurucu Tekerlek (ST)		25725	61342,43	125%
	Isıtıcı	76,4	2679		
	Gazlı Soğutucu Sistem	76,2	16338		
	Fan (besleme)	3,3	2400		
	Fan (egzoz)	2,9	2200		
	Plakalı Isı değiştirici		12000		
				61342,43	125%
Sistem 2	Gazlı Soğutucu Sistem	201,3	43162	49261,92	100%
	Fan (besleme)	3,3	2400		
	Fan (egzoz)	1,4	2000		
	Plakalı Isı değiştirici		1700		
				49261,92	100%
Sistem 3	Soğurucu Tekerlek (ST)		25725	60663,49	123%
	Gazlı Soğutucu Sistem	76,2	18338		
	Fan (besleme)	3,3	2400		
	Fan (egzoz)	2,9	2200		
	Plakalı Isı değiştirici		12000		
				60663,49	123%

#### 8.6.6 Soğutma sistemlerin toplam maliyetlerinin karşılaştırılması

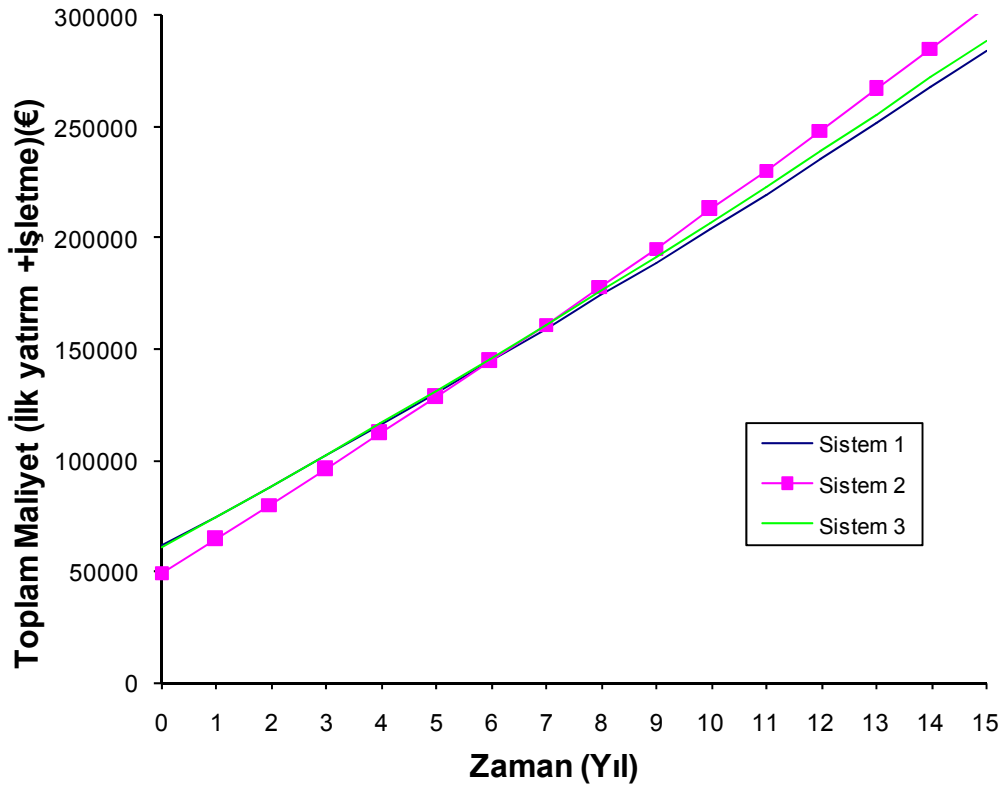
Sistem 1 ve 3 enerji maliyetleri ile öne çıkarken sistem 2 yatırım maliyeti ile avantaj sağlamaktadır. Kullanım sürelerine göre bir toplam maliyet analizi yapıp hangisinin toplamda daha efektif olacağını görmek için toplam maliyet analizinde 8.9 denklemini esas alan hesaplamalar sonucunda çizelge 8.9’daki sonuçlar ve bu sonuçların grafik üzerinde yansıtıldığı şekil 8.15’deki grafik elde edilmiştir.

Çizelge 8.9 ve Şekil 8.15’ten görüleceği üzere 6 yıla kadar klasik soğutma sistemi (sistem 2) kullanılması efektif iken 6 yıldan sonra soğurucu soğutma sistemi, sistem 1’in kullanılması daha efektif oluyor.



Çizelge 8.9 Soğutucu Sistemlerin Toplam Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Sistem 1: Şekil 8.11, Sistem 2: Şekil 8.13, Sistem 3: Şekil 8.15 )

Sistem No	CM (€)	YYM (€)	Yıl															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sistem 1	61342	13438	61342	74780	88419	102263	116314	130576	145052	159746	174659	189796	205161	220756	236584	252651	268958	285510
Sistem 2	49262	15363	49262	64624	80217	96044	112109	128414	144964	161762	178812	196118	213683	231512	249608	267976	286619	305542
Sistem 3	60663	13772	60663	74435	88414	102602	117003	131620	146456	161515	176799	192313	208060	224043	240265	256731	273444	290407



Şekil 8.16 Soğutucu sistemlerin yatırım ve işletmeden oluşan toplam maliyetlerinin kullanım süresine göre grafik üzerinde karşılaştırılması.

### 8.7 ST Ülkemizde Üretilmesi Durumunda Soğutucu Sistemlerin Karşılaştırılması

Uygulamada soğutucu sistemler birbiriyle karşılaştırılırken ST maliyeti yurtdışında satılan fiyatlar kullanılarak yapılmıştır. ST ülkemizde üretilmediğinden yurtdışından ithal edilmektedir ST'yi ülkemizdeki yetkili firmadan almamız durumunda ST'nin fiyatı yurtdışı fiyatının 3 katına kadar çıkabilmektedir. Eğer bu şekilde sistemlerin maliyet analizini yapacak olursak soğurucu tekerlekli soğutma sistemi parasal olarak efektif bir çözüm olmayacaktır. Bu bölümde ST'yi yurtdışına oranla ülkemizde %50 daha ucuza üretip satabileceğimizi varsayarak bir maliyet analizi yapılacaktır. Buna göre çizelge 8.8'i, ST maliyetinin yarısını alıp düzenlersek çizelge 8.10'u elde ederiz. Aynı şekilde çizelge 8.9'u düzenlersek çizelge

8.11'i elde ederiz.

Çizelge 8.10 Soğutucu Sistemlerin Yatırım Maliyetlerin Karşılaştırılması ( Ülkemizde ST'nin yurtdışına oranla %50 oranında ucuz üretilmesi durumunda)

Sistem No	Cihaz İsmi	Cihaz Kapasitesi (kW)	Cihaz Fiyatı (€)	Toplam Sistem Maliyeti (€)	Yatırım Maliyetlerinin Karşılaştırması
Sistem 1	Soğurucu Tekerlek (ST)		12863	48479,93	98%
	Isıtıcı	76,4	2679		
	Gazlı Soğutucu Sistem	76,2	16338		
	Fan (besleme)	3,3	2400		
	Fan (egzoz)	2,9	2200		
	Plakalı Isı değiştirici		12000		
				48479,93	98%
Sistem 2	Gazlı Soğutucu Sistem	201,3	43162	49261,92	100%
	Fan (besleme)	3,3	2400		
	Fan (egzoz)	1,4	2000		
	Plakalı Isı değiştirici		1700		
				49261,92	100%
Sistem 3	Soğurucu Tekerlek (ST)		12863	47800,99	97%
	Gazlı Soğutucu Sistem	76,2	18338		
	Fan (besleme)	3,3	2400		
	Fan (egzoz)	2,9	2200		
	Plakalı Isı değiştirici		12000		
				47800,99	97%

Çizelge 8.11 Soğutucu sistemlerin toplam maliyetlerin karşılaştırılması ( Ülkemizde ST'nin yurtdışına oranla %50 oranında ucuz üretilmesi durumunda)

Sistem No	CM (€)	YYM (€)	Yıl															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sistem 1	48480	13355	48480	61917	75557	89400	103452	117714	132190	146883	161797	176934	192298	207893	223722	239788	256095	272647
Sistem 2	49262	15279	49262	64624	80217	96044	112109	128414	144964	161762	178812	196118	213683	231512	249608	267976	286619	305542
Sistem 3	47801	13689	47801	61573	75551	89739	104140	118757	133593	148652	163937	179451	195197	211180	227403	243869	260581	277545

Ülkemizde ST'nin yurtdışına göre %50 ucuza üretilmesi durumunda soğurucu soğutma sisteminin yatırım maliyetleri (sistem 1 ve 3) klasik soğutma sisteminin yatırım maliyetinden (sistem 2 ) çok az daha (% 2-3) az olacaktır (çizelge 8.10). Bu sonuçla neredeyse aynı yatırım maliyetine mal olacak soğutma sistemlerinin seçiminde işletme maliyetlerin önemini artıracaktır. Çizelge 8.11'de ST kullanım ömrü 10 yıl için klasik sisteme oranla %10 tasarruf sağlayacağı görülmektedir.

## 9. SONUÇLAR

Bu çalışmada soğurucu soğutma sisteminin özelliklerini yansıtan soğurucu madde, soğurucu yüzey alanı, ısıtıcı gücü, tekerlek dönme hızı, ısıtıcı gücü gibi dizayn ve kullanım değerlerinin doğru seçilmesinin büyük enerji tasarrufları sağlayacağı ortaya konmuştur.

Yapılan uygulamada kullanılan soğurucu soğutma sisteminin (sistem 1), dizaynı verilen klasik bir soğutma sistemine (sistem 2) göre %13 daha az enerji tükettiği bulunmuştur. Soğurucu soğutma sisteminde buharlaştırıcı kullanılması durumunda (sistem 3) ise, enerji tasarrufu oranı, COP'un düşmesi nedeniyle aynı düzeyde (%10) kalmıştır.

Klasik soğutma sistemleri sadece elektrik enerjisiyle çalışırken soğurucu soğutma sistemleri ısı enerjisi kullanarak soğutmada kullanılacak pahalı olan elektrik enerjisi kullanımı azaltırlar. Bu çalışma yapıldığında kWh başına 2,47 seviyelerinde olan elektrik doğalgaz fiyat oranı artması durumunda soğurucu soğutma sisteminin klasik soğutma sistemine göre enerji tüketim maliyeti de azalacaktır. Isı kaynağının bedava olabileceği bir yerde bu sistemin kurulması ise soğutma enerji tüketim maliyetlerini %50 civarında düşürebilecektir.

Soğurucu tekerlek seçiminde yurtdışında üretim yapan firmadan alınan ST fiyatları kullanılmıştır. Fakat aynı tekerleğin yurtiçindeki fiyatı nerdeyse 3 katına kadar ulaşabilmektedir. Bu yüzden ST'nin ülkemizde yarı fiyatına üretilmesi durumunda (2009 satış fiyatının 6 da 1'i) ne olacağı incelenmiştir. Böyle bir durumda sistemin ilk yatırım maliyeti bakımından klasik sistemlerle yarışabilecek olması ortaya konulmuştur. Zaten enerji tüketimi klasik soğutma sistemine göre az olan bu sistemin ilk yatırım maliyetinin de düşük olması, soğurucu tekerlekli soğutma sisteminin ülkemizde kolaylıkla yaygınlaşabilir olabileceğini ortaya koymaktadır.

Ülkemizde az kullanılan soğurucu sistemlerin üretim tekniklerinin hakkında araştırmalar yapılması ve özellikle soğurucu tekerlek üzerine üretim çalışmaları yapılması hem soğutmada tüketilen enerji masrafları düşürecek, hem de yaz aylarında oluşan pik enerji tüketimlerini büyük ölçüde azaltacaktır. Ayrıca soğurucu soğutma sistemi, içerdiği ısıtıcı vasıtasıyla çok az bir maliyetle kış şartlarına da uyarlanabilecek bir yapıya sahiptir.

## KAYNAKLAR

Ali, A., (2003), “Analysis of Heat and Mass Transfer between Air and Falling Film Desiccant For Different Flow Configurations in The Presense of Ultrafine Particles”, Dissertation, 2003, The Ohio State University, Kuwai.

Bircan, M., Heperkan, H., Sevindir, K., “Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu Yoğuşma”, Sh. 461- 470, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

Büyükalaca, O., Orhan, T., 1999. Desisif-Evaporatif Soğutma Sistemleri, Sh. 165-179, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

Camargo, J.R., Godoy, Jr., E., Ebinuma, C., (2005), “An Evaporative and Desiccant Cooling System for Air Conditioning in Humid Climates”, 2005, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.

Chen, F.C., Mei, V.C., Lavan, Z., Collier, K., Meckler, G., (1992), “An Assessment Of Desiccant Cooling Dehumidification Technology”, July 1992, ORNL/CON-309, The U.S. Department of Energy.

Collins, T., (1997), “Two-Wheel Desiccant Dehumidification System, [www.pnl.gov/fta/8\\_tdd.htm](http://www.pnl.gov/fta/8_tdd.htm), April 1997, Federal Technology Alert.

Dai, Y.J., Jia, Y.K.C.X., Wu J.Y., Wang R.Z., (2006), “Analysis on a Hybrid Desiccant Air-Conditioning System”, Shanghai Jiao Tong University , 2006.

Dai, Y.J., Mei, L., (2006), “A Technical Review on Use of Liquid Desiccant Dehumidification for Air-Conditioning Application” Institute of refrigeration and cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China.

Daou, K., Wang, R.Z., Xia, Z.Z., (2004), “Desiccant Cooling Air Conditioning: A Review”, Shanghai Jiao Tong University, September 2004, China.

Federal Technology Alert, (1999), “Two-Wheel Desiccant Dehumidification System” [http://www.pnl.gov/fta/8\\_tdd.htm](http://www.pnl.gov/fta/8_tdd.htm), The U.S. Department of Energy.

Fischer, J., Sand, J., (2004), “Desiccant-Based Combined Systems: Integrated Active Desiccant Rooftop Hybrid System Development and Testing”, Final Report Phase 4, August 2004, The U.S. Department of Energy.

Frank Holcomb, (2000) Desiccant Cooling Technology Resource Guide, [www.wbdg.org/ccb/COOL/maindct1.pdf](http://www.wbdg.org/ccb/COOL/maindct1.pdf), U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory, January 2000.

Fumo, N., Goswami, D., (2001), “Study of an Aqueous Lithium Chloride Desiccant System: Air Dehumidification and Desiccant Regeneration”, University of Florida, USA.

Gandhidasan, P., Mohandes, Mohamed A., (2007), “Predictions of Vapor Pressures of Aqueous Desiccants for Cooling Applications by Using Artificial Neural Networks”, Mechanical Engineering Department, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran 31261, Saudi Arabia.

Harriman L., (1996), “American Gas Cooling Center, Applications Engineering Manual For Desiccant Systems, [www.agcc.org](http://www.agcc.org), May 1996.

Howell, J.R., Peterson, J.L., (1986), "Preliminary Performance Evaluation of a Hybrid Vapor Compression/Liquid Desiccant Air-Conditioning System", Anaheim: ASME Paper, 1986, 86-WA/Sol-9.

Kaushik, S.C., Yadav, Y.K., (1991), "Psychometric Technoeconomic Assessment and Parametric Studies of Vapor-Compression and Solid/Liquid Desiccant Hybrid Solar Space Conditioning Systems, Heat Recovery Systems and CHP 11", (1991), 563–572.

Pesaran, A., Bingham, C., (1989), "Testing of Novel Desiccant Materials and Dehumidifier Matrices for Desiccant Cooling Applications", March 1989, The U.S. Department of Energy, Solar Energy Research Institute Golden, CO.

Saidi, M.H., Vazirifard, S., (2006), "Hybrid Desiccant Cooling Systems", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE.

Özdemir, E., (2001), "Sorbsiyon Sistemine Göre Çalışan Nem Alıcıların Termoekonomik Yönden Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, 2001, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yadav, Y., (1995), "Vapor-Compression and Liquid - Desiccant Hybrid Solar Space-Conditioning System for Energy Conservation, Renewable Energy 6 (1995) 719–723.

Osman F. Genceli, (1993), "Buharlaşmak Serinletme Özellikleri ve Uygulaması" MMO Yayınları, 93 TESKON/SOĞ-014, 1993

## **İNTERNET KAYNAKLARI**

- [1][www.agmcontainer.com/desiccantcity/desiccant\\_bulkdesiccant.htm](http://www.agmcontainer.com/desiccantcity/desiccant_bulkdesiccant.htm)
- [2][www.ecompressedair.com/desiccant/silicagel.shtml](http://www.ecompressedair.com/desiccant/silicagel.shtml)
- [3][www.desiccant.mobi/Desiccant-Types.php](http://www.desiccant.mobi/Desiccant-Types.php)
- [4][www.fluidenergy.com/desiccant.html](http://www.fluidenergy.com/desiccant.html)
- [5][www.greenheck.com/technical/tech\\_detail.php?display=files/Product\\_guide/silicagel](http://www.greenheck.com/technical/tech_detail.php?display=files/Product_guide/silicagel)
- [6][www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [7][www.sorbentsystems.com/desiccants\\_charts.html](http://www.sorbentsystems.com/desiccants_charts.html)
- [8][www.sorbentsystems.com/desiccants\\_types.html](http://www.sorbentsystems.com/desiccants_types.html)
- [9][www.novelaire.com](http://www.novelaire.com)

## **EKLER**

- Ek 1 ASHRAE 62-1999 Standardına göre havalandırma tesisatlarında esas alınacak dış hava miktarları
- Ek 2 Uygulamada soğurucu tekerlekle ilgili kullanılan veriler

**Ek 1 ASHRAE 62-1999 Standardına göre havalandırma tesisatlarında esas alınacak dış hava miktarları**

Uygulama	100 m <sup>2</sup> için tahmin edilen max. insan sayısı	Dış Hava İhtiyacı	
		L/sn insan	L/s m <sup>2</sup>
<b>Kuru temizleme, Çamaşırhane</b>			
Ticari çamaşırhane	10	13	
Ticari kuru temizleme	30	15	
<b>Yiyecek ve İçecek Servisi</b>			
Yemek odaları	70	10	
Kafeterya, fast food	100	10	
Bar, kokteyl salonları	100	15	
Mutfaklar (pişirmeli)	20	8	
<b>Garajlar, Servis İstasyonlar</b>			
Kapalı garajlar			7.5
Araba tamir garajları			7.5
<b>Oteller, Moteller, Yatakhaneler</b>			
			<b>L/s oda</b>
Yatak odaları			15
Oturma odaları			15
Banyolar			18
Lobiler	30	8	
Konferans odaları	50	10	
Toplantı odaları	120	8	
Yatakhaneler	20	8	
Kumarhaneler	120	15	
<b>Ofisler</b>			
Ofis odaları	7	10	
Kabul mahalleri	60	8	
Telekomünikasyon merkezleri	60	10	
Konferans odaları	50	10	
<b>Halka Açık Mahaller</b>			
			<b>L/s m<sup>2</sup></b>
Koridorlar ve çevre odalar			0.25
WC' ler veya pisuarlar		25	
Soyunma odaları			2.5
Sigara içilen mahaller	70	30	
Asansörler			5.0



## Ek 2 Uygulamada Soğurucu Tekerlekle İlgili Kullanılan Veriler

**Şekil 7.4 'e ait sistem verileri**

ST.M	A/ST	ST.V	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BGN	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT--ANU	NT/BG.N	B.NT--ANU						
Model: 1525x200	25	20	1	10.000	1	0,29	11,7	32	21,83	10.000	0,5	0,36	17,9	48,6	29,05	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	1,4	16,12	40,3	118,3	77,64	72.702	352	2,1	6,29	186	728,6	-0,07	-24,13793	-0,789264						
	25	20	1	10.000	10	2,93	14,3	32	24,73	10.000	1	0,95	20,1	53,7	31,94	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	1,4	16,12	40,3	118,3	77,64	72.702	352	2,1	6,29	186	725,1	1,98	67,57679	23,82307						
	25	20	1	10.000	20	5,9	17	32	28	10.000	1,7	1,95	22,2	58,6	35,18	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	1,8	18,08	40,3	113,4	77,75	89.114	352	2,1	6,29	188	721,8	3,95	66,94915	47,41027						
	25	20	1	10.000	30	8,89	19,4	32	31,29	10.000	2,3	3,24	24,3	62,8	38,45	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	2,2	19,78	40,3	109,2	77,86	103.097	352	2,1	6,29	190	719	5,65	63,55456	67,75423						
	25	20	1	10.000	40	11,9	21,6	32	34,61	10.000	2,9	4,78	26,1	66,4	41,74	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	2,7	21,26	40,3	105,6	77,97	115.167	352	2,1	6,29	192	716,6	7,13	59,86566	85,58071						
	25	20	1	10.000	50	15	23,7	32	37,97	10.000	3,4	6,5	27,9	69,5	45,07	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	3,2	22,59	40,3	102,5	78,08	125.721	352	2,1	6,29	193	714,4	8,46	56,5508	101,4567						
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,9	8,39	29,5	72,3	48,42	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	3,7	23,78	40,3	99,7	78,21	135.055	352	2,1	6,29	195	712,6	9,64	53,46644	115,7859						
	25	20	1	10.000	70	21,1	27,3	32	44,78	10.000	4,4	10,4	31	74,8	51,8	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	4,2	24,87	40,3	97,2	78,34	143.391	352	2,1	6,29	196	710,9	10,73	50,75686	128,8587						
	25	20	1	10.000	80	24,3	29	32	48,23	10.000	4,8	12,5	32,4	77,1	55,21	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	4,8	25,89	40,3	94,9	78,49	151.043	352	2,1	6,29	198	709,4	11,76	48,43493	141,1422						
	25	20	1	10.000	90	27,5	30,5	32	51,72	10.000	5,1	14,8	33,8	79,1	58,66	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	5,4	26,83	40,3	92,9	78,64	157.883	352	2,1	6,29	199	708,1	12,7	46,26594	152,3824						
25	20	1	10.000	100	30,7	32	32	55,24	10.000	5,5	17,1	35,1	81	62,13	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	5,9	27,72	40,4	91	78,8	164.245	352	2,1	6,29	201	706,9	13,59	44,33931	163,11							
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	%	kg su/h

**Şekil 7.5 'e ait sistem verileri**

ST.M	ST.A	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BGN	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT--ANU	B.NT--ANU						
1070x200	0,8987	25	70	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	11,2	11,2	27,2	55,2	44	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	19,3	21,01	32,5	56,8	55,77	77,65	151	4,2	12,6	381	1237	6,88	82,58242						
1220x200	1,1684	25	57	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	9,8	10,7	27,3	57,1	44,3	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	21,5	21,48	32,3	54,9	55,46	83,96	151	3,2	9,74	295	955,3	7,35	88,22974						
1525x200	1,8256	25	38	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	8	9,97	27,6	59,9	44,76	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	25,5	22,2	32,1	52,1	54,97	93,52	151	2,1	6,29	191	614,3	8,06	96,81638						
1730x200	2,3494	25	30	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	7,2	9,59	27,8	61,5	45,02	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	28	22,58	32	50,5	54,69	98,79	151	1,6	4,85	148	473	8,44	101,3751						
1940x200	2,9544	25	21	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	6,7	9,23	27,7	62,3	44,99	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	29,7	22,94	32	49,7	54,71	101,61	151	1,3	3,84	117	373,9	8,8	105,716						
2190x200	3,7649	25	17	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	6,1	8,91	27,9	63,7	45,22	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	32,1	23,25	31,9	48,3	54,47	106,04	151	1	3	91,8	291,7	9,12	109,4628						
2438x200	4,6659	25	14	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	5,6	8,66	28	64,7	45,39	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	34,2	23,5	31,8	47,3	54,28	109,53	151	0,8	2,41	73,9	234,3	9,37	112,4565						
2743x200	5,9064	25	11	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	5,3	8,42	28	65,6	45,52	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	36,2	23,75	31,7	46,4	54,13	112,65	151	0,6	1,9	58,3	184,4	9,61	115,4321						
3050x200	7,3025	25	9	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	5	8,22	28,1	66,4	45,65	10.000	40	14,1	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	38	23,95	31,6	45,6	53,99	115,31	151	0,5	1,53	47,1	148,7	9,81	117,8135						
Birimler	m2	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**Şekil 7.6 'e ait sistem verileri**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BGN	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT--ANU	B.NT--ANU
Model: 1730x200	25	10	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	6,3	9,61	28,4	64,4	46,32	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	2,7	22,49	40,9	107,6	80,28	108,516	352	1,61544	4,849	148,66	554,78	8,42	101,1528	
	25	20	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	2,6	7,36	30,4	79,1	50,23	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	5	24,74	39,7	92,9	76,25	157,813	352	1,61544	4,849	151,8	545,46	10,67	128,146536	
	25	30	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	1,5	6,4	31,8	88,7	53,34	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	7,4	25,69	38,6	83,3	73	189,960	352	1,61544	4,849	153,9	539,14	11,63	139,59936	
	25	40	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	1,2	6,04	32,7	94,7	55,52	10.000																									

**Şekil 7.7 'e ait sistem verileri**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BGRH	BGN	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AGRH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1070x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	19	13,4	26,8	48,1	43,38	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	1,3	18,69	41,8	123,9	83,14	53,989	352	4,2	12,6	377	1465	4,63	55,59322
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	10,1	11,2	27,7	57,5	45,1	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	2	20,87	41,3	114,5	81,49	85,515	352	4,2	12,6	382	1450	6,82	81,81583
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	6,7	10	28,6	64,1	46,63	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	2,6	22,08	40,8	107,9	79,95	107,460	352	4,2	12,6	386	1440	8,02	96,25392
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	5	9,24	29,2	69	47,92	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	3,2	22,85	40,4	103	78,63	123,915	352	4,2	12,6	388	1432	8,79	105,521
	25	50	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	4	8,68	29,7	72,7	48,91	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	3,7	23,4	40,1	99,3	77,62	136,226	352	4,2	12,6	390	1426	9,35	112,1707
	25	60	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	3,4	8,35	30,1	75,4	49,73	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	4,2	23,74	39,8	96,6	76,77	145,390	352	4,2	12,6	392	1421	9,68	116,2259
	25	70	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	3	8,1	30,4	77,6	50,42	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	4,5	23,98	39,8	94,4	76,06	152,760	352	4,2	12,6	393	1417	9,93	119,1426
	25	80	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	2,8	7,96	30,7	79,4	51,04	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	4,9	24,13	39,4	92,6	75,41	158,831	352	4,2	12,6	394	1414	10,07	120,9025
	25	90	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	2,6	7,88	31	80,9	51,63	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	5,2	24,2	39,2	91,1	74,8	163,975	352	4,2	12,6	395	1411	10,15	121,7825
	25	100	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	2,4	7,86	31,2	82,3	52,2	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	5,5	24,22	39,1	89,7	74,22	168,436	352	4,2	12,6	396	1409	10,17	122,0003
	25	110	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	2,3	7,89	31,5	83,5	52,74	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	5,7	24,2	38,9	88,5	73,66	172,380	352	4,2	12,6	397	1407	10,14	121,71
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**ST.Ç=1,070m için**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BGRH	BGN	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AGRH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1220x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	14,8	12,5	27,1	51,7	43,96	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	1,5	19,62	41,6	120,3	82,62	66,141	352	3,2	9,74	293	1129	5,56	66,7926
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	7,3	10,2	28,3	62,4	46,11	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	2,4	21,91	41	109,6	80,49	101,947	352	3,2	9,74	298	1116	7,84	94,19004
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	4,7	8,98	29,3	69,8	48,01	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	3,3	23,11	40,4	102,2	78,55	126,748	352	3,2	9,74	301	1107	9,05	108,6191
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,4	8,26	30	75,2	49,55	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	4,1	23,84	39,9	96,8	76,96	144,790	352	3,2	9,74	303	1100	9,77	117,3554
	25	50	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,7	7,8	30,6	79,1	50,73	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	4,9	24,29	39,5	92,9	75,74	157,748	352	3,2	9,74	305	1095	10,23	122,8122
	25	60	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,4	7,53	31	82	51,68	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	5,5	24,57	39,2	90	74,75	167,459	352	3,2	9,74	306	1091	10,5	126,1235
	25	70	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	2,1	7,38	31,4	84,3	52,51	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	6	24,71	38,9	87,7	73,88	175,139	352	3,2	9,74	307	1088	10,65	127,8608
	25	80	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	1,9	7,32	31,7	86,2	53,28	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	6,5	24,76	38,7	85,8	73,08	181,493	352	3,2	9,74	308	1085	10,71	128,5003
	25	90	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	1,8	7,34	32	87,8	54,01	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	6,9	24,75	38,4	84,2	72,33	186,904	352	3,2	9,74	309	1083	10,69	128,3053
	25	100	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	1,8	7,41	32,3	89,2	54,7	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	7,3	24,68	38,2	82,8	71,62	191,622	352	3,2	9,74	310	1081	10,62	127,4979
	25	110	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	1,7	7,51	32,6	90,4	55,37	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	7,6	24,57	38	81,6	70,93	195,813	352	3,2	9,74	310	1079	10,52	126,2233
Birimler	%	RPH		m3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**ST.Ç=1,220m için**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BGRH	BGN	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AGRH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1525x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	8,9	10,7	27,8	59,2	45,27	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	2,1	21,38	41,2	112,8	81,33	91,118	352	2,1	6,29	191	723,1	7,33	87,93036
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	3,9	8,38	29,5	72,3	48,41	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	3,7	23,7	40,3	99,7	78,12	135,050	352	2,1	6,29	195	712,5	9,65	115,7769
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,35	10.000	2,4	7,29	30,7	81,2	51,06	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140															

**Şekil 7.7 'e ait sistem verileri (devam)**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU	
Model: 1730x200	25	10	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	6,3	9,61	28,4	64,4	46,32	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	3	22,49	40,9	107,6	80,28	108516,46	352	2	4,849	148,66	554,78	8,42	101,1528	
	25	20	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	2,6	7,36	30,4	79,1	50,23	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	5	24,74	39,7	92,9	76,25	157812,66	352	2	4,849	151,8	545,46	10,67	128,146636	
	25	30	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	1,5	6,4	31,8	88,7	53,34	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	7	25,69	38,6	83,3	73	189960,16	352	2	4,849	153,9	539,14	11,63	139,59936	
	25	40	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	1,2	6,04	32,7	94,7	55,52	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	10	26,06	37,9	77,3	70,72	209936,98	352	2	4,849	155,23	535,12	11,99	144,004392	
	25	50	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	1	6,02	33,4	98,6	57,21	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	11	26,07	37,3	73,4	68,97	222987,84	352	2	4,849	156,12	532,39	12,01	144,17676	
	25	60	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	0,9	6,19	34	101,4	58,65	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	13	25,9	36,8	70,6	67,49	232544,37	352	2	4,849	156,8	530,33	11,84	142,13556	
	25	70	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	0,9	6,46	34,5	103,7	59,95	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	14	25,63	36,3	68,3	66,16	240124,23	352	2	4,849	157,36	528,63	11,57	138,919536	
	25	80	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	0,9	6,79	35	105,6	61,15	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	15	25,31	35,9	66,4	64,94	248425,88	352	2	4,849	157,83	527,18	11,24	134,99136	
	25	90	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	0,9	7,15	35,4	107,2	62,28	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	16	24,94	35,5	64,8	63,8	251823,02	352	2	4,849	158,25	525,9	10,88	130,595976	
	25	100	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	0,9	7,54	35,8	108,6	63,35	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	17	24,55	35,1	63,4	62,72	256540,46	352	2	4,849	158,62	524,75	10,49	125,901216	
	25	110	1	10.000	60	18,03	25,6	32	41,36	10.000	0,9	7,95	36,1	109,8	64,37	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	140	84,85	10.000	17	24,14	34,7	62,2	61,7	260720,66	352	2	4,849	158,96	523,71	10,08	121,029552	
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	KW	KW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**ST.Ç=1,730 m için**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU	
Model: 1940x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	4,5	8,61	29	69,6	47,48	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	3,3	23,48	40,5	102,4	79,1	125.914	352	1,3	3,84	118	436,4	9,42	113,1097
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,8	6,49	31,3	85,8	52,18	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	6,6	25,6	39	86,2	74,2	180.353	352	1,3	3,84	121	428,1	11,54	138,543
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,1	5,7	32,8	95,8	55,63	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	10,2	26,39	37,8	76,2	70,59	213.731	352	1,3	3,84	123	422,9	12,33	148,0414
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	5,57	33,7	101,5	57,95	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	13	26,52	37	70,5	68,16	232.746	352	1,3	3,84	124	419,8	12,46	149,6109
	25	50	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	5,79	34,5	105,1	59,79	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	15,1	26,31	36,4	66,9	66,27	244.890	352	1,3	3,84	125	417,7	12,24	146,98
	25	60	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	6,16	35,1	107,8	61,38	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	16,8	25,94	35,8	64,2	64,65	253.815	352	1,3	3,84	125	416,1	11,87	142,5393
	25	70	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	6,62	35,6	109,9	62,86	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	18,2	25,48	35,3	62,1	63,16	261.052	352	1,3	3,84	126	414,8	11,41	137,019
	25	80	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	7,1	36,1	111,7	64,2	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	19,3	24,99	34,8	60,3	61,81	266.974	352	1,3	3,84	126	413,6	10,93	131,2356
	25	90	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	7,6	36,5	113,2	65,44	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	20,3	24,49	34,3	58,8	60,57	272.037	352	1,3	3,84	126	412,6	10,43	125,1936
	25	100	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	8,12	36,9	114,5	66,62	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	21,2	23,98	33,9	57,5	59,4	276.439	352	1,3	3,84	127	411,7	9,91	119,0519
	25	110	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	8,62	37,3	115,7	67,72	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	21,9	23,47	33,4	56,3	58,31	280.306	352	1,3	3,84	127	410,9	9,41	112,96
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	KW	KW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**ST.Ç=1,940 m için**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU	
Model: 2190x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,1	7,59	29,7	75,6	48,95	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	4,3	24,51	40,1	96,4	77,57	146.061	352	1	3	93,4	338,7	10,44	125,4113
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,1	5,66	32,3	93,5	54,57	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	9,2	26,43	38,2	78,5	71,68	205.932	352	1	3	95,8	331,5	12,37	148,486
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	5,15	33,9	103,2	58,23	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,3																				

### Şekil 7.7 'e ait sistem verileri (devam)

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 2438x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,2	6,73	30,5	81,4	50,51	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	5,5	25,37	39,6	90,6	75,94	165,464	352	0,8	2,41	75,7	270,6	11,3	135,7353
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	5,05	33,3	100,4	56,9	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	12,6	27,04	37,4	71,6	69,23	229,222	352	0,8	2,41	77,8	264,4	12,98	155,8297
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	4,87	34,8	109,4	60,6	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	18,9	27,23	36	62,6	65,36	259,275	352	0,8	2,41	78,8	261,3	13,16	158,0206
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,5	5,41	35,7	113,8	63,13	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	22,7	26,68	35,1	58,2	62,77	273,917	352	0,8	2,41	79,4	259,6	12,62	151,4979
	25	50	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	6,16	36,5	116,6	65,26	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	25,3	25,93	34,3	55,4	60,64	283,469	352	0,8	2,41	79,7	258,5	11,87	142,4758
	25	60	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	6,96	37,1	118,8	67,14	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	27,2	25,14	33,6	53,2	58,76	290,765	352	0,8	2,41	80	257,6	11,07	132,9456
	25	70	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	7,76	37,7	120,5	68,84	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	28,8	24,34	32,9	51,5	57,08	296,651	352	0,8	2,41	80,3	256,8	10,27	123,3611
	25	80	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	8,55	38,2	122	70,42	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	30	23,55	32,3	50	55,53	301,605	352	0,8	2,41	80,5	256,1	9,48	113,8808
	25	90	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	9,28	38,6	123,2	71,81	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	30,9	22,81	31,7	48,8	54,16	305,678	352	0,8	2,41	80,7	255,5	8,75	105,0356
	25	100	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	9,96	39	124,3	73,06	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	31,6	22,13	31,2	47,7	52,94	309,116	352	0,8	2,41	80,9	255,1	8,07	96,88442
	25	110	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	10,6	39,3	125,1	74,16	10.000	39,8	14,06	23,9	35	38,31	10.000	0,6	14,06	0	140	84,85	10.000	32,1	21,52	30,8	46,9	51,87	312,016	352	0,8	2,41	81	254,6	7,46	89,55425
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

ST.Ç=2,438 m için

### Şekil 7.8 ve 7.9 'e ait sistem verileri

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 2190x200	25	15	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	9,2	10,2	27,2	57,6	44,01	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	37	21,94	30,5	44,4	51,25	85,624	117	1	3	91	285,4	7,8	93,73
	25	17	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	6,1	8,91	27,9	63,7	45,22	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	32,1	23,25	31,9	48,3	54,47	106,040	151	1	3	91,8	291,7	9,12	109,46
	25	19	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	4,1	7,86	28,6	69,8	46,71	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	27,7	24,31	33,1	52,2	57,4	126,551	184	1	3	92,6	297,9	10,17	122,17
	25	22	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,8	6,98	29,6	76,3	48,57	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	2,2	14	0	100	67,2	10.000	24,2	25,19	34	55,7	59,95	148,406	218	1	3	93,4	304	11,05	132,68
	25	24	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,9	6,32	30,6	82,7	50,62	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,6	14	0	110	71,64	10.000	21	25,85	34,9	59,3	62,31	169,907	251	1	3	94,3	310	11,71	140,63
	25	26	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,4	5,8	31,6	89,3	52,9	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,1	14	0	120	76,07	10.000	18,3	26,37	35,7	62,7	64,44	191,980	285	1	3	95,2	315,9	12,23	146,88
	25	29	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1	5,43	32,8	96,7	55,71	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,8	14	0	130	80,5	10.000	16,5	26,74	36,3	65,3	66,04	216,778	318	1	3	96,2	321,5	12,6	151,33
	25	31	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	5,15	34	103,9	58,51	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	14,7	27,02	36,8	68,1	67,64	240,754	352	1	3	97,2	327,1	12,88	154,65
	25	34	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,5	4,98	35,3	112	61,85	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,5	14	0	150	89,37	10.000	13,6	27,19	37,2	70	68,68	267,986	385	1	3	98,4	332,3	13,05	156,74
	25	36	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,4	4,86	36,5	119,8	65,11	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,4	14	0	160	93,8	10.000	12,4	27,3	37,6	72,2	69,82	294,014	419	1	3	99,5	337,7	13,17	158,09
	25	38	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,3	4,81	37,6	127,8	68,55	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,3	14	0	170	98,24	10.000	11,4	27,35	37,9	74,2	70,77	320,945	452	1	3	101	342,9	13,22	158,70
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

### Şekil 7.11 ve 7.12 'e ait sistem verileri

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BGE	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DIK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1525x200	25	34	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	11,5	11,1	27	54,5	43,66	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	30,5	21,07	30,7	47,5	51,63	75,513	117	2,1	6,29	190	600,5	6,93	83,21
	25	38	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	8	9,97	27,6	59,9	44,76	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	25,5	22,2	32,1	52,1	54,97	93,523	151	2,1	6,29	191	614,3	8,06	96,82
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	5,7	8,97	28,2	65,1	45,92	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77														

**Şekil 7.11 ve 7.12 ‘e ait sistem verileri (devam)**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1730x200	25	27	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	10,5	10,8	27,1	55,8	43,85	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	33	21,4	30,6	46,2	51,43	79.752	117	1,6	4,85	147	462,6	7,26	87,18
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	7,2	9,59	27,8	61,5	45,02	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	28	22,58	32	50,5	54,69	98.791	151	1,6	4,85	148	473	8,44	101,38
	25	31	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	5	8,55	28,4	66,9	46,23	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	23,4	23,62	33,3	55,1	57,91	116.943	184	1,6	4,85	149	483,6	9,48	113,84
	25	33	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,6	7,75	29,2	72,4	47,74	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	2,2	14	0	100	67,2	10.000	19,6	24,42	34,4	59,6	60,84	135.412	218	1,6	4,85	150	494	10,28	123,46
	25	37	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,6	7,09	30,1	78,4	49,63	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,6	14	0	110	71,64	10.000	16,7	25,08	35,4	63,6	63,38	155.597	251	1,6	4,85	152	504,1	10,94	131,41
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,9	6,62	31,1	84,4	51,72	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,1	14	0	120	76,07	10.000	14,3	25,55	36,2	67,6	65,71	175.720	285	1,6	4,85	153	514,1	11,41	137,05
	25	43	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,4	6,25	32,1	90,7	54,01	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,8	14	0	130	80,5	10.000	12,3	25,92	36,9	71,3	67,85	196.532	318	1,6	4,85	154	523,9	11,78	141,48
	25	45	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,1	6	33,1	96,8	56,4	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	10,5	26,16	37,6	75,2	69,88	217.000	352	1,6	4,85	156	533,7	12,03	144,40
	25	48	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	5,82	34,2	103,5	59,12	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,5	14	0	150	89,37	10.000	9,2	26,35	38,2	78,5	71,59	239.465	385	1,6	4,85	157	543,1	12,21	146,64
	25	50	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	5,7	35,2	110	61,82	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,4	14	0	160	93,8	10.000	8	26,47	38,7	82	73,3	261.292	419	1,6	4,85	159	552,6	12,33	148,09
25	53	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,5	5,63	36,4	117,2	64,9	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,3	14	0	170	98,24	10.000	7,2	26,54	39,1	84,8	74,63	285.520	452	1,6	4,85	160	561,6	12,4	148,87	
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**ST.Ç=1,730 m için**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1940x200	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	9,9	10,5	27,2	56,7	43,92	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	35	21,67	30,5	45,3	51,35	82.659	117	1,3	3,84	116	365,6	7,54	90,51
	25	21	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	6,7	9,23	27,7	62,3	44,99	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	29,7	22,94	32	49,7	54,71	101.608	151	1,3	3,84	117	373,9	8,8	105,72
	25	25	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	4,5	8,2	28,6	68,5	46,53	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	25,6	23,97	33,1	53,5	57,6	122.227	184	1,3	3,84	118	381,9	9,83	118,06
	25	27	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,2	7,38	29,4	74,4	48,17	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	2,2	14	0	100	67,2	10.000	21,7	24,79	34,2	57,6	60,38	141.908	218	1,3	3,84	119	389,9	10,65	127,93
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,2	6,27	30,3	80,6	50,14	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,6	14	0	110	71,64	10.000	18,7	25,47	35,1	61,4	62,83	162.847	251	1,3	3,84	120	397,8	11,33	136,03
	25	32	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,6	6,22	31,3	86,7	52,27	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,1	14	0	120	76,07	10.000	16	25,95	36	65,3	65,12	183.423	285	1,3	3,84	121	405,6	11,81	141,84
	25	35	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,2	5,83	32,4	93,5	54,77	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,8	14	0	130	80,5	10.000	14,1	26,33	36,6	68,5	67,03	205.979	318	1,3	3,84	123	413,1	12,2	146,42
	25	38	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,9	5,56	33,6	100,5	57,54	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	12,5	26,6	37,2	71,5	68,67	229.620	352	1,3	3,84	124	420,3	12,47	149,67
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	5,39	34,7	107,4	60,33	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,5	14	0	150	89,37	10.000	11	26,78	37,7	74,6	70,3	252.606	385	1,3	3,84	125	427,7	12,64	151,79
	25	43	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,5	5,27	35,9	115,1	63,54	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,4	14	0	160	93,8	10.000	10	26,9	38,1	76,9	71,49	278.315	419	1,3	3,84	126	434,6	12,76	153,19
25	45	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,4	5,21	37	122,4	66,68	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,3	14	0	170	98,24	10.000	9	26,95	38,5	79,6	72,75	302.957	452	1,3	3,84	128	441,6	12,82	153,90	
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

**ST.Ç=1,940 m için**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 2190x200	25	15	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	9,2	10,2	27,2	57,6	44,01	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	37	21,94	30,5	44,4	51,25	85.624	117	1	3	91	285,4	7,8	93,73
	25	17	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	6,1	8,91	27,9	63,7	45,22	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	32,1	23,25	31,9	48,3	54,47	106.040	151	1	3	91,8	291,7	9,12	109,46
	25	19	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	4,1	7,86	28,6	69,8	46,71	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	27,7	24,31	33,1	52,2	57,4	126.551	184	1	3	92,6	297,9		

**Şekil 7.11 ve 7.12 ‘e ait sistem verileri (devam)**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 2438x200	25	13	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	8,6	10	27,3	58,5	44,18	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	39,2	22,15	30,4	43,5	51,07	88,741	117	0,8	2,41	73,3	229,3	8,02	96,27
	25	14	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	5,6	8,66	28	64,7	45,39	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	34,2	23,5	31,8	47,3	54,28	109,528	151	0,8	2,41	73,9	234,3	9,37	112,46
	25	16	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,7	7,58	28,8	71,2	47	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	29,9	24,59	32,9	50,8	57,08	131,183	184	0,8	2,41	74,6	239,2	10,45	125,47
	25	18	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,5	6,68	29,7	77,7	48,87	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	2,2	14	0	100	67,2	10.000	26,2	25,48	33,9	54,3	59,62	153,272	218	0,8	2,41	75,3	244,1	11,35	136,24
	25	20	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,7	6,01	30,8	84,6	51,08	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,6	14	0	110	71,64	10.000	23,1	26,16	34,7	57,4	61,82	176,118	251	0,8	2,41	76,1	248,8	12,02	144,37
	25	22	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,2	5,47	31,9	91,6	53,54	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,1	14	0	120	76,07	10.000	20,5	26,69	35,5	60,4	63,75	199,745	285	0,8	2,41	76,8	253,4	12,56	150,77
	25	25	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	5,1	33,2	99,7	56,62	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,8	14	0	130	80,5	10.000	19	27,07	35,9	62,3	65,06	226,683	318	0,8	2,41	77,7	257,7	12,93	155,24
	25	27	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	4,82	34,4	107,4	59,68	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	17,4	27,34	36,4	64,6	66,4	252,633	352	0,8	2,41	78,6	262	13,21	158,58
	25	29	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,4	4,64	35,7	115,5	62,98	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,5	14	0	150	89,37	10.000	16	27,53	36,8	66,5	67,48	279,662	385	0,8	2,41	79,5	266,2	13,39	160,75
	25	31	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,3	4,54	37	123,9	66,52	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,4	14	0	160	93,8	10.000	15	27,62	37	68,1	68,32	307,774	419	0,8	2,41	80,5	270,3	13,49	161,93
25	33	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,2	4,5	38,2	132,6	70,26	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,3	14	0	170	98,24	10.000	14,2	27,67	37,3	69,4	68,97	336,881	452	0,8	2,41	81,5	274,2	13,53	162,47	
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

ST.Ç=2,438 m için

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 2743x200	25	10	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	8,2	9,8	27,3	59,2	44,25	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	41,1	22,37	30,3	42,8	50,99	91,110	117	0,6	1,9	57,8	180,5	8,23	98,83
	25	11	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	5,3	8,42	28	65,6	45,52	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	36,2	23,75	31,7	46,4	54,13	112,652	151	0,6	1,9	58,3	184,4	9,61	115,43
	25	13	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,4	7,28	28,9	72,4	47,22	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	32,2	24,88	32,8	49,6	56,84	135,429	184	0,6	1,9	58,9	188,2	10,75	129,04
	25	15	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,2	6,39	29,9	79,5	49,29	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	2,2	14	0	100	67,2	10.000	28,8	25,77	33,7	52,5	59,17	159,045	218	0,6	1,9	59,5	191,9	11,64	139,74
	25	17	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,5	5,68	31,1	86,8	51,68	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,6	14	0	110	71,64	10.000	26	26,48	34,5	55,2	61,17	183,562	251	0,6	1,9	60,1	195,5	12,35	148,24
	25	19	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1	5,16	32,3	94,5	54,43	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,1	14	0	120	76,07	10.000	23,7	27,01	35,1	57,5	62,81	209,287	285	0,6	1,9	60,8	198,9	12,87	154,51
	25	21	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,7	4,77	33,6	102,5	57,47	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,8	14	0	130	80,5	10.000	21,9	27,4	35,6	59,5	64,15	236,156	318	0,6	1,9	61,5	202,3	13,26	159,20
	25	22	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,5	4,5	34,7	110	60,43	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	19,7	27,66	36,1	62	65,58	261,295	352	0,6	1,9	62,1	205,8	13,53	162,40
	25	25	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,4	4,33	36,2	119,7	64,45	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,5	14	0	150	89,37	10.000	19,5	27,83	36,2	62,3	65,92	293,696	385	0,6	1,9	63	208,6	13,7	164,43
	25	26	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,3	4,24	37,4	127,8	67,86	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,4	14	0	160	93,8	10.000	18	27,93	36,5	64,2	66,89	320,853	419	0,6	1,9	63,7	211,9	13,79	165,61
25	28	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,2	4,2	38,8	137,2	71,91	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,3	14	0	170	98,24	10.000	17,5	27,97	36,7	64,8	67,21	352,346	452	0,6	1,9	64,6	214,8	13,83	166,07	
Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

ST.Ç=2,743 m için

**Şekil 7.14'e ait sistem verileri**

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AGE	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	IG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT-A.NU	B.NT-A.NU
Model: 1730x200	50	27	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	9,8	10,6	27,2	56,9	44,11	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	35,3	21,59	30,4	45,1	51,16	83,425	117	2,4	2,43	221	230,9	7,45	89,51342
	50	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	6,7	9,4	27,9	62,7	45,35	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	30	22,76	31,8	49,3	54,35	102,882	151	2,4	2,43	222	236,1	8,63	103,5841
	50	31	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	4,7	8,51	28,7	68,2	46,74	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	24,9	23,66	33,1</										

Şekil 7.14'e ait sistem verileri (devam)

ST.M	A/ST	ST.RPH	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	İG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT--ANU	B.NT--ANU
Model: 1730x200	25	27	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	10,5	10,8	27,1	55,8	43,85	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	7,2	14	0	70	53,91	10.000	33	21,4	30,6	46,2	51,43	79.752	117	1,6	4,85	147	462,6	7,26	87,18
	25	30	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	7,2	9,59	27,8	61,5	45,02	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	4,7	14	0	80	58,34	10.000	28	22,58	32	50,5	54,69	98.791	151	1,6	4,85	148	473	8,44	101,38
	25	31	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	5	8,55	28,4	66,9	46,23	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	3,2	14	0	90	62,77	10.000	23,4	23,62	33,3	55,1	57,91	116.943	184	1,6	4,85	149	483,6	9,48	113,84
	25	33	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	3,6	7,75	29,2	72,4	47,74	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	2,2	14	0	100	67,2	10.000	19,6	24,42	34,4	59,6	60,84	135.412	218	1,6	4,85	150	494	10,28	123,46
	25	37	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	2,6	7,09	30,1	78,4	49,63	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,6	14	0	110	71,64	10.000	16,7	25,08	35,4	63,6	63,38	155.597	251	1,6	4,85	152	504,1	10,94	131,41
	25	40	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,9	6,62	31,1	84,4	51,72	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	1,1	14	0	120	76,07	10.000	14,3	25,55	36,2	67,6	65,71	175.720	285	1,6	4,85	153	514,1	11,41	137,05
	25	43	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,4	6,25	32,1	90,7	54,01	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,8	14	0	130	80,5	10.000	12,3	25,92	36,9	71,3	67,85	196.532	318	1,6	4,85	154	523,9	11,78	141,48
	25	45	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	1,1	6	33,1	96,8	56,4	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,6	14	0	140	84,94	10.000	10,5	26,16	37,6	75,2	69,88	217.000	352	1,6	4,85	156	533,7	12,03	144,40
	25	48	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,8	5,82	34,2	103,5	59,12	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,5	14	0	150	89,37	10.000	9,2	26,35	38,2	78,5	71,59	239.465	385	1,6	4,85	157	543,1	12,21	146,64
	25	50	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,6	5,7	35,2	110	61,82	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,4	14	0	160	93,8	10.000	8	26,47	38,7	82	73,3	261.292	419	1,6	4,85	159	552,6	12,33	148,09
	25	53	1	10.000	60	18	25,6	32	41,36	10.000	0,5	5,63	36,4	117,2	64,9	10.000	40	14,13	23,9	35	38,39	10.000	0,3	14	0	170	98,24	10.000	7,2	26,54	39,1	84,8	74,63	285.520	452	1,6	4,85	160	561,6	12,4	148,87
	Birimler	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg

A/ST=0,25

Şekil 8.5 'e ait sistem verileri

ST.Ç	A/ST	ST.RP	AH/BH	BG.Q	BG.RH	BG.N	BG.YT	BG.KT	BG.E	BÇ.Q	BÇ.RH	BÇ.N	BÇ.YT	BÇ.KT	BÇ.E	AG.Q	AG.RH	AG.N	AG.YT	AG.KT	AG.E	İÇ.Q	İÇ.RH	İÇ.N	İÇ.YT	İÇ.KT	İÇ.E	AÇ.Q	AÇ.RH	AÇ.N	AÇ.YT	AÇ.KT	AÇ.E	BH.DİK	İG	B.H	A.H	B.ΔP	A.ΔP	B.NT--ANU	B.NT--ANU
1525	25	64	1	12216	58	18,5	26	33	42,27	12216	3,3	7,98	29,9	75,5	49,36	12216	10,7	10,49	26,8	65,6	43,18	12216	1,3	10,49	0	107	66,25	12216	13,3	20,96	33,9	64,9	59,34	173925	172,0	2,6	7,68	240	791,8	10,48	153,616176
1730	50	52	1	12216	58	18,5	26	33	42,27	12216	3,3	7,98	29,9	75,4	49,33	12216	10,7	10,49	26,8	65,52	43,18	12216	1,8	10,49	0	98,4	62,28	12216	20	20,96	32,3	56	55,33	173630	135,5	3	2,96	277	297,9	10,48	153,552672
2190	50	32	1	12216	58	18,5	26	33	42,27	12216	3,7	7,98	29,3	72,5	48,04	12216	10,7	10,49	26,8	63,2	43,18	12216	2,6	10,49	0	87,8	57,61	12216	29,2	20,97	30,8	48,3	51,89	161661	101,3	1,8	1,83	171	179,4	10,48	153,661536
2743	50	18	1	12216	58	18,5	26	33	42,27	12216	4	7,98	28,9	70,4	47,12	12216	10,7	10,49	26,8	61,52	43,18	12216	3,3	10,49	0	81,7	54,94	12216	35,7	20,96	30	44,3	50,11	153081	83,3	1,2	1,16	108	112	10,48	153,629784
3050	50	15	1	12216	58	18,5	26	33	42,27	12216	4,1	7,98	28,8	70	46,95	12216	10,7	10,49	26,8	61,2	43,18	12216	3,6	10,49	0	79,7	54,06	12216	38,8	20,96	29,6	42,7	49,39	151440	76,4	0,9	0,94	87	89,93	10,48	153,602568
mm	%	RPH		Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	Sm3/h	%	g/kg	°C	°C	BTU / lb	kW	kW	m/s	m/s	Pa	Pa	g/kg	kg su/h

## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi : 09.04.1981  
Doğum yeri : İstanbul  
Lise : 1995-1999 Tuzla Anadolu Meslek Lisesi, Elektrik Bölümü  
Lisans : 1999-2003 Karadeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Makine Mühendisliği Bölümü  
Yüksek Lisans : 2004-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı