

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

34664

**TEKSTİL SANAYİNDE**  
**EKONOMİK KLİMA UYGULAMASI**

34664

**Mak.Müh. Murat GÜNERİ**

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında**  
**hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Eyüp AKARYILDIZ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU**  
**DOKÜMENTASYON MERKEZİ**

**İSTANBUL, 1994**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ

TABLO LİSTESİ

TEŞEKKÜR

TÜRKÇE ÖZET

YABANCI DİLDE ÖZET

1. TEKSTİL VE HAVA ŞARTLANDIRILMASI	1
1.1. Giriş	1
1.2. Dokuma Odasının Sıcaklığının ve Neminin Dokunabilirlik Üzerindeki Etkisi	3
1.3. Hava Şartlandırma Cihazları	3
1.3.1. Merkezi Nemlendirme, Nem Püskürtme ve Islak Kanal Sistemlerinin Kombinasyonu	4
1.3.2. Merkezi Nemlendirme Sistemleri	6
1.3.3. Mekanik Soğutmalı Sistemler	7
1.3.4. Condifil Çalışma Bölgesi Sistemi	8
2. ELYAF BİLGİSİ	10
2.1. Rutubetin Tekstil Endüstrisindeki Önemi	10
2.1.1. Elyaf Yapısının Tesiri	10
2.1.2. İzotermal Rutubet Absorbsiyonu	11
2.2. Rutubetin Mekanik Özellikler Üzerindeki Etkisi	14
2.2.1. Gerilme Özellikleri	15
2.2.1.1. Zorlama-Şekil Değiştirme İlişkileri	15
2.2.1.2. Kopma	16
2.2.2. Bükülme Özellikleri	17
2.2.2.1. Zorlama ve Şekil Değiştirme İlişkileri	18
3. ELYAF CİNSLERİNE GÖRE İŞLEME ÇEŞİTLERİ	19
3.1. Sentetik Elyaf Üretimi	19
3.2. İplik Üretimi	19
3.2.1. Pamuk Sistemi	20
3.2.1.1. Harman-Hallaç	20

	<u>Sayfa No</u>
3.2.1.2. Tarak	20
3.2.1.3. Vatkalama	22
3.2.1.4. Tarama	22
3.2.1.5. Cer	22
3.2.1.6. Fitol	22
3.2.1.7. Eğirme	22
3.2.2. Yün ve Bükülmüş Yün Sistemleri	23
3.3. Kumaş Üretimi	24
3.3.1. Hazırlık İşlemleri	24
3.3.2. Dolgu İpliği	25
3.3.3. Çözgü İpliği	25
3.3.4. Dokuma	25
4. HAVANIN PSİKOMETRİK ÖZELLİKLERİ	28
4.1. Kuru Termometre Sıcaklığı	28
4.2. Yaş Termometre Sıcaklığı	28
4.3. İzafi Nem	29
4.4. Özgül Nem	29
4.5. Mutlak Nem	29
4.6. Nemli Havanın Entalpisi	30
4.7. Yaş Termometre Depresyonu	30
4.8. Hissedilir Isı	30
4.9. Gizli Isı	31
4.10. Isı ve Kütle Transferi	31
4.11. Adyabatik Doyma Olayı ve Adyabatik Doyma Sıcaklığı	31
4.12. Psikometrik Tablo	33
5. HAVANIN ŞARTLANDIRILMASI	35
5.1. Duyulur Isıtma ve Soğutma	35
5.2. Adyabatik ve Adyabatik Olmayan Nemlendirme	35
5.3. Soğutma ve Nem Alma	36
5.4. Kimyasal Nem Alma	36
5.5. Karıştırma	37

	<u>Sayfa No</u>
6. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE UYGULANAN KLİMA SİSTEMLERİ	39
6.1. Projelendirme Esasları	39
6.2. Klima Sistemleri	39
6.2.1. Evaporatif Soğutmalı Sistemler	39
6.2.1.1. Evaporatif Soğutucuların Psikometrisi	40
6.2.1.2. Direkt Evaporatif Hava Soğutucuları	43
6.2.1.2.1. Su Püskürtmeli Tip Hava Yıkayıcı	43
6.2.1.2.2. Islatılmış Yüzeyle Tip Hava Serinleticiler	46
6.2.1.2.3. Döner Silindirli Hava Serinletici	48
6.2.1.3. İndirekt Evaporatif Hava Soğutucuları	49
6.2.1.4. Direkt/İndirekt Evaporatif Soğutucuların Kombinasyonu	51
6.2.1.5. Evaporatif Soğutucuların Yaz/Kış Çalışmasının Psikometrik Diagramda Gösterilişi	53
6.2.2. Mekanik Soğutmalı Sistemler	54
6.2.3. Süpersatürasyonlu Soğutma Sistemi	58
7. TİP PROJE	60
7.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler	60
7.1.1. Dış Hava Şartları	60
7.1.2. Seçilen Hava Şartları	60
7.1.3. Bina Özellikleri	61
7.1.4. Aydınlatma	61
7.1.5. Makina Güçleri ve Diversite Faktörü + Kişi Adedi	62
8. ISI KAZANCI HESAP METODLARI	66
8.1. Isı Kazancı Çeşitleri	66
8.1.1. Duvarlardan ve Çatılardan Olan Isı Kazancı	66
8.1.2. İnsanlardan Gelen Isı Kazancı	68

	<u>Sayfa No</u>
8.1.3. Aydınlatma Isı Kazançları	69
8.1.4. Motorlardan Olan Isı Kazançları	69
9. UYGULAMA PROJESİ	72
9.1. Proje Hesapları	72
9.1.1. Isı Kazançları ve Hava Miktarları Hesabı	72
9.1.1.1. Harman Hallaç Odası	72
9.1.1.1.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	72
9.1.1.1.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	73
9.1.1.1.3. Aydınlatma Isı Kazancı	73
9.1.1.1.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	73
9.1.1.1.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	73
9.1.1.1.6. Toplam Isı Kazancı	74
9.1.1.1.7. Hava Miktarı Hesabı	74
9.1.1.1.7.1. Evaporatif soğutma	74
9.1.1.1.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	76
9.1.1.1.7.3. Mekanik Soğutma	76
9.1.1.1.7.4. Mekanik Soğutma +Süpersatürasyon	77
9.1.1.2. Tarak Odası	77
9.1.1.2.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	77
9.1.1.2.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	77
9.1.1.2.3. Aydınlatma Isı Kazancı	77
9.1.1.2.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	78
9.1.1.2.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	78
9.1.1.2.6. Toplam Isı Kazancı	78
9.1.1.2.7. Hava Miktarı Hesabı	78
9.1.1.2.7.1. Evaporatif Soğutma	78
9.1.1.2.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	80

	<u>Sayfa No</u>
9.1.1.2.7.3. Mekanik Soğutma	80
9.1.1.2.7.4. Mekanik Soğutma+ Süpersatürasyon	80
9.1.1.3. Cer Odası	80
9.1.1.3.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	80
9.1.1.3.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	81
9.1.1.3.3. Aydınlatma Isı Kazancı	81
9.1.1.3.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	81
9.1.1.3.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	81
9.1.1.3.6. Toplam Isı Kazancı	81
9.1.1.3.7. Hava Miktarı Hesabı	83
9.1.1.3.7.1. Evaporatif Soğutma	83
9.1.1.3.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	83
9.1.1.3.7.3. Mekanik Soğutma	83
9.1.1.3.7.4. Mekanik Soğutma+ Süpersatürasyon	83
9.1.1.4. Open-end Odası	84
9.1.1.4.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	84
9.1.1.4.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	84
9.1.1.4.3. Aydınlatma Isı Kazancı	85
9.1.1.4.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	85
9.1.1.4.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	85
9.1.1.4.6. Toplam Isı Kazancı	85
9.1.1.4.7. Hava Miktarı Hesabı	85
9.1.1.4.7.1. Evaporatif Soğutma	85
9.1.1.4.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	87
9.1.1.4.7.3. Mekanik Soğutma	87
9.1.1.4.7.4. Mekanik Soğutma+ Süpersatürasyon	87
9.1.1.5. Haşıl Odası	88
9.1.1.5.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	88
9.1.1.5.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	88
9.1.1.5.3. Aydınlatma Isı Kazancı	88

	<u>Sayfa No</u>
9.1.1.5.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	89
9.1.1.5.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	89
9.1.1.5.6. Toplam Isı Kazancı	89
9.1.1.5.7. Hava Miktarı Hesabı	89
9.1.1.5.7.1. Evaporatif Soğutma	89
9.1.1.5.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	91
9.1.1.5.7.3. Mekanik Soğutma	91
9.1.1.5.7.4. Mekanik Soğutma+ Süpersatürasyon	91
9.1.1.6. Çözgü Odası	91
9.1.1.6.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	91
9.1.1.6.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	92
9.1.1.6.3. Aydınlatma Isı Kazancı	92
9.1.1.6.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	92
9.1.1.6.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	93
9.1.1.6.6. Toplam Isı Kazancı	93
9.1.1.6.7. Hava Miktarı Hesabı	93
9.1.1.6.7.1. Evaporatif Soğutma	93
9.1.1.6.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	93
9.1.1.6.7.3. Mekanik Soğutma	95
9.1.1.6.7.4. Mekanik Soğutma+ Süpersatürasyon	95
9.1.1.7. Dokuma Odası	95
9.1.1.7.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı	95
9.1.1.7.2. Tavandan Olan Isı Kazancı	96
9.1.1.7.3. Aydınlatma Isı Kazancı	96
9.1.1.7.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı	96
9.1.1.7.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı	96
9.1.1.7.6. Toplam Isı Kazancı	96
9.1.1.7.7. Hava Miktarı Hesabı	98
9.1.1.7.7.1. Evaporatif Soğutma	98
9.1.1.7.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma	98

	<u>Sayfa No</u>
9.1.1.7.7.3. Mekanik Soğutma	98
9.1.1.7.7.4. Mekanik Soğutma+ Süpersatürasyon	98
9.1.2. Santral Gruplarının Tayini	100
9.1.2.1. Evaporatif Sistem	100
9.1.2.1.1. I. Santral	100
9.1.2.1.2. II. Santral	100
9.1.2.1.3. III. Santral	100
9.1.2.1.4. IV. Santral	100
9.1.2.2. Mekanik Soğutmalı Sistem	101
9.1.2.2.1. I.Santral	101
9.1.2.2.2. II.Santral	101
9.1.2.2.3. III.Santral	101
9.1.2.2.4. IV.Santral	101
9.2. Soğutma Sistemlerinin Prensip Şemaları	102
9.2.1. Evaporatif Soğutmalı Sistem	102
9.2.2. Mekanik Soğutmalı Sistem	103
9.2.3. Süpersatürasyon Sistemi	103
10.MALİYETLER VE MUKAYESESİ	104
10.1. İlk Yatırım Maliyetleri	104
10.2. İşletme Maliyetleri	104
10.3. Mukayese	104

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Yaz ve Kış Şartları için Konfor Bölgeleri	2
Şekil 1.2. Merkezi Nemlendirmeli Adyabatik Soğutma ve Nem Püskürtme Kombinasyonu için Psikometrik Grafik	4
Şekil 1.3. Kuru Kanallı Havalandırma Ünitesi	5
Şekil 1.4. Atomize Suyun Mekanik Zorlamayla Doyma Ötesine Uzamasını Gösteren Psikometrik Grafik	6
Şekil 1.5. Adyabatik Soğutma Sistemi için Psikometrik Grafik	6
Şekil 1.6. Mekanik Soğutma Sistemi için Psikometrik Grafik	7
Şekil 1.7. Condifil Çalışma Bölgesi Sistemi	9
Şekil 2.1. Muhtelif Elyafların Değişen İzafi Rutubetlerde Alacağı Rutubet Miktarları	12
Şekil 2.2. Muhtelif Tekstil Malzemelerinin İzoterm Eğrileri	13
Şekil 2.3. Yıkanmış Pamuğun 10 <sup>o</sup> -50 <sup>o</sup> arasındaki İzoterm Absorbsiyon Eğrileri	13
Şekil 2.4. Yıkanmış Pamuğun 50 <sup>o</sup> C-110 <sup>o</sup> C Arasındaki İzoterm Absorbsiyon Eğrileri	14
Şekil 2.5. Nemin Çeşitli Elyafların Gerilme-Şekil Değişikliği Eğrileri Üzerindeki Etkisi	15
Şekil 2.6. Bağlı Nemin İplerin Gerilme Direnci Üzerindeki Etkisi	16
Şekil 2.7. 20 <sup>o</sup> C deki Suni İpek ve Naylon Elyafları için Bağlı Nemin Dönme Momenti-Bükülme Eğrileri Üzerindeki Etkisi	18
Şekil 3.1. Tekstil İşlemi Akış Tablosu ve Nem Oranları	21
Şekil 4.1. Yaş Termometre Sıcaklığının Ölçülmesi	28
Şekil 4.2. Adyabatik Doyurucu	33
Şekil 4.3. Psikometrik Tablo	34
Şekil 5.1. Duyulur Isıtma ve Soğutma	35
Şekil 5.2. Adyabatik ve Adyabatik Olmayan Nemlendirme	35
Şekil 5.3. Soğutma ve Nem Alma	36
Şekil 5.4. Kimyasal Nem Alma	37
Şekil 5.5. İki Havanın Karıştırılması	37

Şekil 5.6. Karışım Havaasının Psikometrik Gösterimi	37
Şekil 6.1. Psikometrik Diagramda Doğrudan ve Doğrudan Olmayan Serinletici Değişimler	41
Şekil 6.2. Tek Sıralı Bir Su Püskürtmeli Hava Yıkayıcı	44
Şekil 6.3. Islatılmış Yüzeyle Hava Serinletici	46
Şekil 6.4. Havalandırma Kanalına Monte Edilebilen Islatılmış Yüzeyle Evaporatif Hava Serinletici	48
Şekil 6.5. Su Sıçratmalı Paket Tipi Evaporatif Hava Serinletici	48
Şekil 6.6. Döner Silindirli Evaporatif Hava Serinletici	49
Şekil 6.7. İndirekt Evaporatif Serinleticinin Ön Soğutucu Olarak Kullanılması	50
Şekil 6.8. İndirekt Evaporatif Serinleticinin Bir İklimlendirme Santralının Ön Kademesi Olarak Kullanılması	51
Şekil 6.9. İndirekt/direkt Evaporatif Soğutma ile Gerçekleştirilen İklimlendirme Sistemi	52
Şekil 6.10. Evaporatif Soğutucuların Yaz/Kış Çalışmasının Psikometrik Diagramda Gösterilişi	53
Şekil 6.11. Mekanik Soğutmalı Sistemin Psikometrik Diagramda Gösterilişi	54
Şekil 6.12. Mekanik Soğutma ve Atomizörlü Sistem	55
Şekil 6.13. Mekanik Soğutmalı Sistemde Soğuksu Üretme Grubu	57
Şekil 6.14. Süpersatürasyonlu Soğutma Sisteminin Psikometrik Diagramda Gösterilişi	58
Şekil 9.1. Nemlendirici Su Akışı Kontrollü Evaporatif Soğutucunun Prensi Şeması	102
Şekil 9.2. Mekanik Soğutmalı Sistemin Prensi Şeması	103

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>	
Tablo 2.1. Muhtelif Elyafın Su Absorbe Edebilme Kabiliyeti	11	
Tablo 3.1. 12-13°C'te Yün İşlemleri için Önerilen Bağıl Nem Değerleri	24	
Tablo 3.2. Tekstil Endüstrisi Alanında Uygulanan Bağıl Nemlilik Değerleri	27	
Tablo 7.1. Sağlanması Planlanan Klima Şartları	61	
Tablo 7.2. Makina Güçleri ve Diversite Faktörleri + İşçi Adedi	62	
Tablo 8.1. İnsanlardan Gelen Isı Kazançları	67	
Tablo 8.2. Tekstil Makinaları İçin Uygulanan Nominal Yük Katsayıları	70	
Tablo 9.1. Harman Hallaç Odası İçin Psikometrik Tablo	75	
Tablo 9.2. Tarak Odası	" " "	79
Tablo 9.3. Cer Odası	" " "	82
Tablo 9.4. Open-end	" " "	86
Tablo 9.5. Haşıl Odası	" " "	90
Tablo 9.6. Çözgi	" " " "	94
Tablo 9.7. Dokuma	" " " "	97

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında tez süresince çalışmalarında yardımcı olan tez danışmanım Yard.Doç.Dr.Eyüp AKARYILDIZ'a, Prof.Dr.Doğan ÖZGÜR'e, ve Termas A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Mak.Mih. Gazanfer UĞURAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Şubat-1994

Murat GÜNERİ



## Ö Z E T

İçinde bulunduğumuz yüzyılda tükenen enerji kaynakları dolayısıyla, alternatif enerji kaynakları arayışına ve enerji tasarrufu uygulamalarına hız verilmiştir. Bunun neticesinde klima uygulamalarında evoparatif soğutmalı sistem oldukça geniş bir kullanım sahası bulmuştur.

Çok çeşitli endüstri uygulamalarında havanın şartlandırılarak kullanılması iyi kalitede bir ürün elde edilmesi için gereklidir. Tekstil endüstrisinde; nemin doğal ve sentetik fiberlerin ağırlığı, kalitesi ve mukavemeti üzerindeki etkisi, bu sahada klimanın kullanımını birinci derecede elzem bir hale getirmiştir. Tekstil proseslerinin bir çoğunda uygun bağıl nem değerinin sağlanmasına ihtiyaç vardır.

Bu tezde önce tekstil havalandırması, Tekstil elyaflarının özellikleri ve tekstil elyaflarına uygulanan işlemler hakkında genel bilgiler verildi. Sonra havanın psikometrik özellikleri ve havanın şartlandırılması açıklandı. Ve sonra tekstilde uygulanan klima sistemleri açıklandı. Türkmenistan'da uygulanan bir projeye ait hesaplar ve çizimler ele alınarak bu proje üzerinde farklı klima sistemlerinin mukayesesi yapıldı.

## S U M M A R Y

In this century, research of alternative energy sources and applications of energy saving have been speeded by reason of finishing energy sources. Therefore evaporative cooling system has found a wide using area in airconditioning applications.

The use of air conditioning is necessary in many kinds of industries. Because of the better grade of product obtained, in textile industry humidity has such a pronounced effect on the weight, strength and quality of both natural and synthetic fibers, air conditioning first become economically important in this field. Most steps of the textile processes require the maintenance of adequate value of relative humidity.

In this thesis, general information has been first given about textile air conditioning, characteristics of textile fibers and processes which is applied to textile fibers. Then psychrometric characteristics of air and processes, which are applied on air, have been explained. And then air conditioning systems, which are applied in textile industry, have been explained. After calculations and drawings which are belongs to a project which is applied in Turkmenia, are studied, comparasion of different air conditioning systems has been done on this project.

## BÖLÜM 1

### TEKSTİL VE HAVA ŞARTLANDIRILMASI

#### 1.1. GİRİŞ

Hava şartlandırılması yıllardan beri etkin tekstil üretimi için gerekli bir önkoşul olarak kabul edilmiştir. Bazı ülkelerde hava şartlandırılması ihtiyacı, kuru termometre sıcaklığının  $22^{\circ}\text{C}$ 'yi nadiren aştığı ılıman iklimlere göre daha fazla hissedilir, fakat tekstil ürünlerini maksimum etkinlikte işlemek için sürekli değişim göstermeyen hiç bir iklim bölgesine rastlanmaz. Tekstil ürünlerinin üretildiği bazı tropikal ülkelerde, kurutermometre sıcaklığı bir gün içinde  $25^{\circ}\text{C}$  değişim gösterir. Diğer bölgelerde kaydedilen kuru termometre sıcaklıklarının maximum ve minimum değerleri arasında  $67^{\circ}\text{C}$ 'lik bir fark vardır. Ekipmanların karakterindeki değişiklik ve işlem malzemelerine olan talep de önemli bir etkiye sahiptir. Son 125 yılda 100 m kumaş üretmek için gerekli çalışma saati 20'den 0.3'e ve son 40 yılda bu rakam 2.0'dan 0.3'e düşürülmüştür. 24 adet 388 cm'lik sulzer dokuma makinasını tek başına kullanabilen bir dokumacı çok küçük dokuma makinalarıyla çok daha fazla ipliği kumaşa dönüştürebilir. Eğer yüksek işçi ve makina etkenliği elde edilmek isteniyorsa, optimum dokuma koşullarının sağlanması gerekir.

En iyi işlem şartlarını sağlayan çevre koşulları, işçilerden yüksek verim elde etmek için sağlanması gereken şartlarla ilişkilidir. "American Society of Heating and Ventilating Engineers" ın Şekil 1.1'de gösterilen konfor-bölge diagramı,  $10^{\circ}\text{C}$  k.t. ve 75 % b.n. de çalışan dokuma fabrikalarının bölgenin dışında,  $13^{\circ}\text{C}$  k.t ve 50 % b.n.'deki iplik fabrikalarının bölgenin içinde kaldığını göstermektedir.



etkenlik farkı yüzde birden çok daha büyüktür.

Dokuma makinalarında bölgesel olarak ipliklere yönlendirilen şartlandırılmış hava uygulaması olan sulzerin "Condifil" sistemi, özellikle büyük miktarlarda havanın soğutulmasına ihtiyaç duyulan tropikal bölgelerde şu anda ticari olarak uygulanabilir durumdadır.

### 1.2. Dokuma Odasının Sıcaklığının ve Neminin Dokunabilirlik Üzerindeki Etkisi

Dokuma odasının hava şartlarının iplik bükümündeki hasar oranı üzerindeki etkisi konusunda, çeşitli tekstil araştırma dernekleri tarafından pekçok çalışmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan bir tanesi de "Shirley Institute" tarafından yapılanıdır. Araştırmalar şunları göstermektedir : Kumaş yapımında, bağıl nem arttıkça hasar oranı düşer. Fakat 70 % b.n.'in ötesindeki düşüşler bağıl olarak az ve ticari olarak önemsizdir. Bu sonuçlar yüksek dereceli bükülmelerle ilgilidir. Önemsiz boyuttaki bükülmeler daha düşük bağıl nemlerde daha iyi dokuma elde edilmesine olanak sağlar. Bu durum özellikle polyester ve nalyon gibi sağlam elyafların iplik haline getirilmesinde geçerlidir.

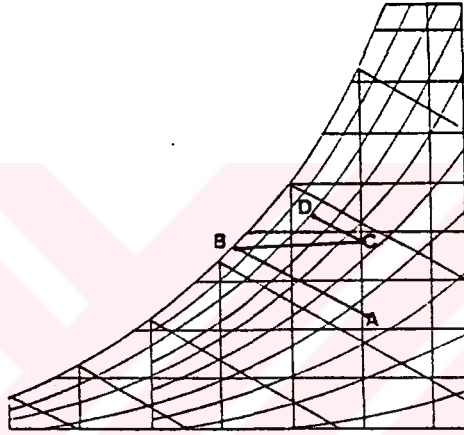
### 1.3. Hava Şartlandırma Cihazları

Havalandırma elemanlarını imal edenlerin hava yıkayıcılar veya ıslak kanal ünitesinden soğutmanın tamamını gerçekleştiren merkezi evaporatif soğutma sistemi istasyonlarına kadar geniş bir alternatif sistem sahası sunmaları, belki de havalandırma elemanlarının maliyetlerinin tüm proje içinde genellikle denge maliyeti olmasının bir sonucudur. Geniş sahalı bir ekipman sunmaya ilaveten bir çok üretici, müşterinin ne kadarlık bir havalandırma maliyetine gücünün yeteceğine dair fikrine uymak için her yıl müsaade edilen kontrol dışı günleri ve saatlik hava değişimlerini dikkate alacaktır. Teknik bir ihtiyaca değil de, belli bir maliyete göre yapılan tesisatta yüksek toz konsantrasyonu, yoğunlaşma problemleri, çeşitli malzeme bozuklukları, çalışanlar için istenmeyen motivasyon bozucu şartlar

ve yüksek bakım maliyetleri her zaman ortaya çıkabilecek sonuçlardır.

### 1.3.1. Merkezi Nemlendirme, Nem Püskürtme ve Islak Kanal Sistemlerinin Kombinasyonu

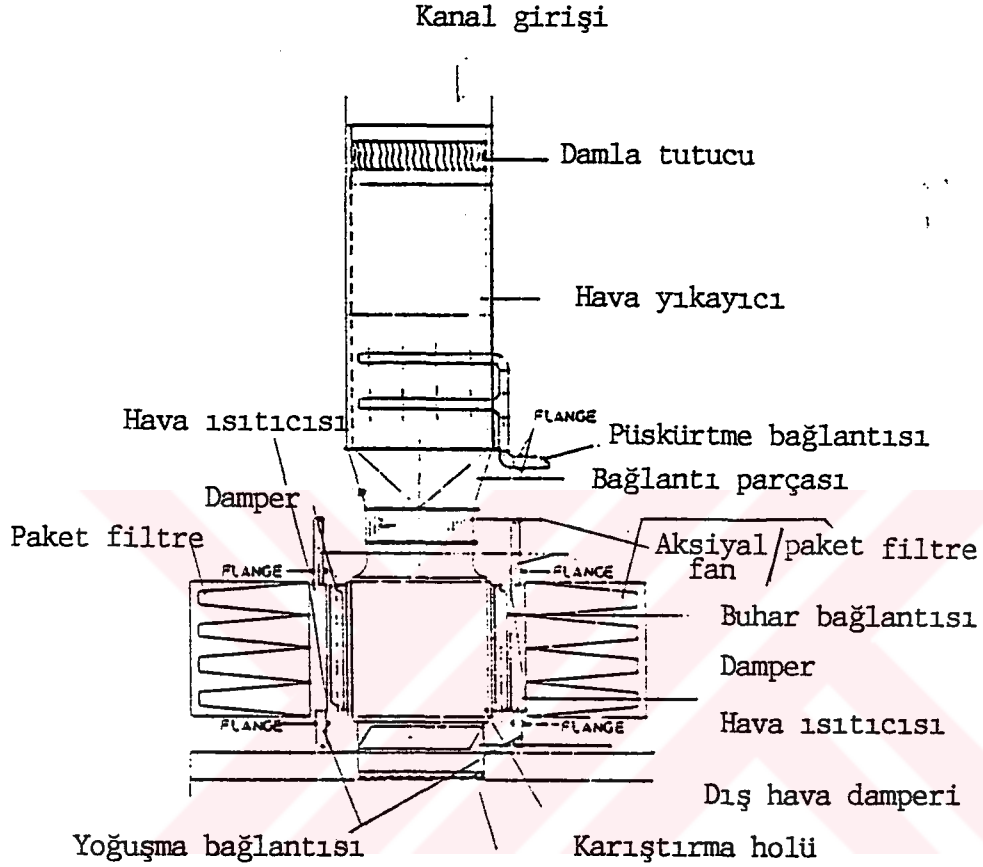
Merkezi nemlendirme ve nem püskürtme sistemi kombinasyonunun psikometrik grafiği Şekil 1.2'de görülmektedir.



Şekil 1.2. Merkezi nemlendirmeli adyabatik soğutma ve nem püskürtme kombinasyonu için psikometrik grafik.

Sistemde hava dış çevre şartı olan A'dan B şartına evaporatif olarak soğutulur ve C şartına varacak şekilde duyulur olarak ısı-nacağı dokuma alanına gönderilir. Ve sonra istenilen D şartına varılana kadar spreyleme ile nem ilave edilir. Atomize edilmiş olarak gönderilen her litre su, oda sıcaklığını 7,2 kg buzun erimesine eşdeğer bir oranda azaltır. Bu şartlara oldukça yüksek olan tesis masrafı ve hava akımı maliyeti olmaksızın sadece evaporatif soğutma tesisatı ile ulaşılamaz. Bununla birlikte püskürtücüler ayrı bir problemdir, bunların yüksek standartta bakımları yapılsa bile ürün kirlenmesi ve makina paslanması ihtimali vardır. Islak kanal sistemi ünitesi, havalandırmanın binanın bir iç parçası olarak inşa edilmediği dokuma odalarında sık sık yerleştirilen nispeten ucuz bir

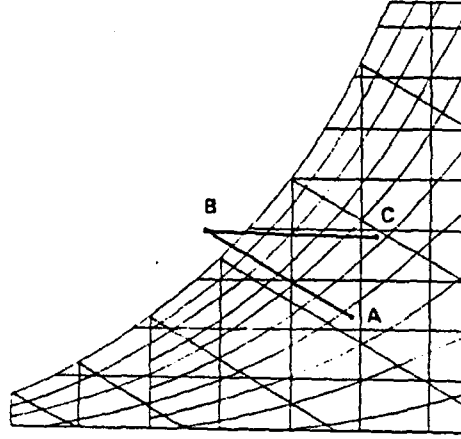
havalandırma metodudur. Şekil 1.3 bir kuru kanal sistemi ünitesini göstermektedir. Islak kanal sisteminin dizaynı eliminatörlü dönüşüm



Şekil 1.3. Kuru kanallı havalandırma ünitesi.

parçasının yapılmaması ve havanın besleme kanalının altından direkt olarak dışarı atılması dışında benzerdirler. Tesis evaporatif soğutma prensibiyle çalışır. Fakat atomizör havayı serbest kalmadan önce süper-doyurur.

Bu sistemler tavan yüksekliği 5 m veya daha fazla olan yüksek dokuma odalarında orta seviyede bir performans üretebilirler fakat düşük tavan yüksekliğine sahip odalarda pratik olarak uygun değildirler. Şekil 1.4 atomize edilmiş suyun mekanik zorlamayla doyma sınırının ötesine uzayan süpersatürasyon devresini gösterir.

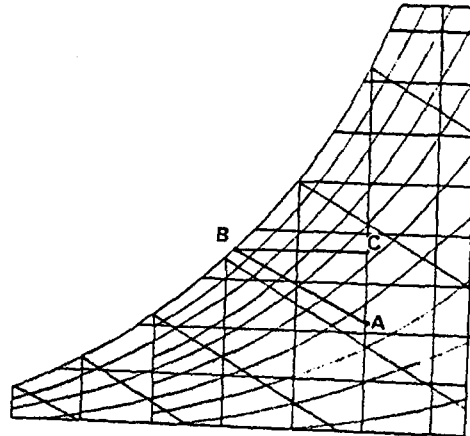


Şekil 1.4. Atomize suyun mekanik zorlamayla doyma ötesine uzamasını gösteren psikometrik grafik.

Şartlandırılan bölgeden kazanılan ısıyla C konumuna varılır. Şekil 1.3'ün tamamen bir kuru kanal sistemi olduğu iddia edilmesine rağmen, onu yarı ıslak kanal sistemi olarak tanımlamak teknik olarak daha doğru olacaktır.

### 1.3.2. Merkezi Nemlendirme Sistemleri

Şekil 1.5'te merkezi nemlendirme sistemi için uygun psikometrik grafik görülmektedir.

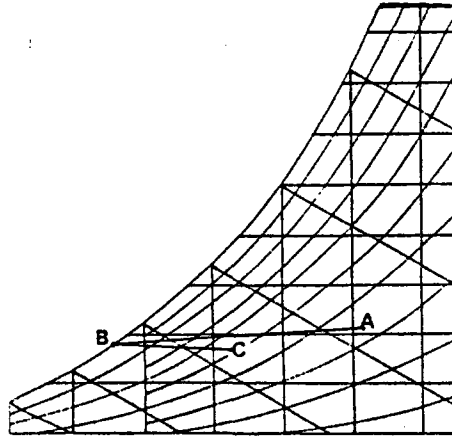


Şekil 1.5. Adyabatik soğutma sistemi için psikometrik grafik.

Hava kendisini kuşatan A şartından, B'deki doyma şartına adyabatik olarak soğutulur. % 100 doyma pratik olarak mümkün değildir. % 97'lik bir rakam tatmin edici olarak düşünülebilir. Dokuma odası şartı olan C'ye bilinen ısı kazançlarıyla varılır. Evaporatif soğutma sınırlı soğutma kabiliyetine sahiptir ve yüksek kuru termometre sıcaklığıyla düşük yaş termometre sıcaklığına sahip iklimlerde en etkili haldedir. Böyle bir tesise ileride mekanik soğutma ilave etmek kolaydır. Bu tesisler ılık ve hatta astropikal dokuma odası şartları için genellikle uygundur.

### 1.3.3. Mekanik Soğutmalı Sistemler

Bu sistemler soğutucuya soğutulmuş su sağlanması koşuluyla evaporatif soğutmalı merkezi Nemlendirme tesisleri gibi kabul edilebilirler. Atmosferik basınçta  $-30^{\circ}\text{C}$ 'de buharlaşan soğutucu akışkan mekanik kompresyonla yaklaşık  $49^{\circ}\text{C}$ 'ye yükseltilecek bir sıkıştırma aralığına sahiptir. Sıkıştırılmış soğutucu buhar yoğunlaştırıcuda ısı kaybeder, yoğunlaşır ve buradan genişleme valfine akar. Burada genişledikten ve basıncı düşürüldükten sonra uygun bir alanda soğumaya sebep olmak üzere soğutucu serpantilere akıtılır. Psikometrik grafik Şekil 1.6'da görülmektedir. A çevre şartlarındaki hava gerçekte nem kaybederek ve yatay mutlak nem çizgisinin altına düşerek



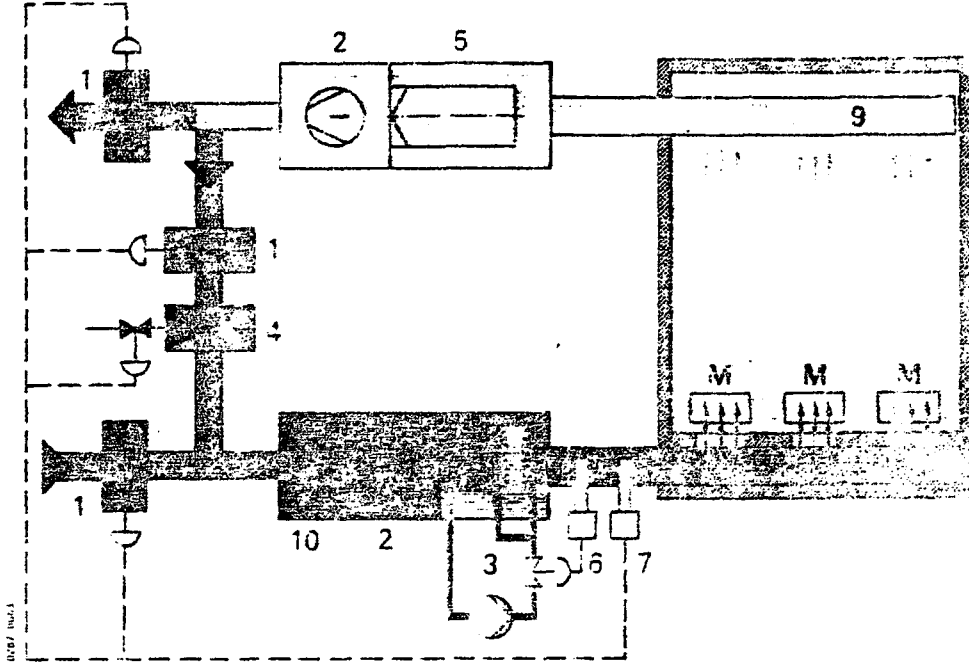
Şekil 1.6. Mekanik soğutma için psikometrik grafik.

B'deki doyma şartına soğutulur. Her zamanki ısı kazançlarıyla C şartına varılır.

#### 1.3.4. Condifil Çalışma Bölgesi Sistemi

Bu sistem ticari uygulamalarda önemli etkisi olan bir sistemdir. Şartlandırılmış hava işlenecek malzemelerin ve makinelerin yerleştirildiği yere direkt olarak gönderilir. İşlem sürecinin talep ettiği hava nemliliği yer seviyesindeki hava delikleri yoluyla alınır. Buna ilaveten doğal kaldırma kuvvetleri kullanılır. İplik kırılması ve lif aşınması azaltılır ve sirküle edilen havanın hacmi düşer. Bu daha düşük maliyetlerle beraber artan kaliteyi getirir.

Sıcak mevsimlerde dış hava adbayatik olarak yaş termometre sıcaklığına nemlendirilir ve aynı zamanda soğutulur. Tedarik havası yerdeki kanallar vasıtasıyla makinalara taşınır ve dokuma tezgahlarının altındaki özel delikler vasıtasıyla tezgahlara çıkışı sağlanır. Tedarik havasının bağıl nemi, otomatik olarak çalışan nem kontrolörü ile ayarlanır. Sistemin prensip şeması Şekil 1.7'de görülmektedir.



M:Tekstil makinası

1:Kontrol damperi

2:Vantilatör

3:Hava yıkayıcı

4:Hava ısıtıcısı

5:Dönüş havası filtresi

6:Nem kontrolörü

7:Sıcaklık kontrolörü

8:Besleme havası

9:Dönüş havası

10:Besleme havası  
filtresi

Şekil 1.7. Condifil çalışma bölgesi sistemi.

## BÖLÜM 2

### ELYAF BİLGİSİ

#### 2.1. Rutubetin Tekstil Endüstrisindeki Önemi

Tekstil elyafı yaşayan bir malzemedir. Dış atmosferin rutubetine bağlı olarak rutubeti artar veya azalır. Atmosferin rutubetine bağlı olarak tekstil elyafı ve malzemenin karakteristiklerinde bazı değişimler görülmektedir.

##### 2.1.1. Elyaf Yapısının Tesiri

###### a) Molekül Yapısının Tesiri

Elyaf tarafından absorbe edilen su elyafın yapısı ile yakından ilgilidir. Bu bakımdan önce elyafın yapısına değinelim. Rutubeti nasıl absorbe ettiğini görelim.

Bütün halinde olan elyaf, uzunluğuna sıralanmış benzer ünitelerden polimerizasyon suretiyle meydana gelmiştir. Tabii selüloz zincirinde 2000 - 3000 ünite olduğu halde, rejenere selüloz ve lemirize olmuştur.

Bütün tabii ve rejenere hayvani ve nebati elyaflar suyu kuvvetle çeken molekül gruplarını ihtiva ederler. Selülozda hidroksil gruplarının hidrojen bağları ile suya bağlanabilirler. Proteinde ise ana zincirdeki karbonil grupları ve kenar zincirdeki diğer aktif gruplardaki su ile birleşebilirler. Selüloz asetat elyafında hidroksil gruplarının bir çoğu asetat grupları ile değiştiğinden zincirdeki yan gruplar suyu kuvvetli olarak çekemezler. Bu sebepten dolayı selüloz asetat normal selüloza nazaran daha az su absorbe eder.

## b) Moleküllerin Dizilişinin Tesiri

Elyafın rutubet absorpsiyonuna tesir eden yalnız elyafın molekül yapısı değildir. Absorpsiyon moleküllerinin geometrik sıralanışı da büyük rol oynar. Elyafın ancak bir kısmı su moleküllerini alabilir. Elyafın kristali olan kısmı su almaz. Elyaf teşekkülünde kısmi kristalizasyon esas olup, iyi elyaf için malzemenin az çok birbirine paralel uzun zincirlerden meydana gelmiş olması zarureti vardır. X ışınları ile elyafın yapısı incelendiğinde küçük kristalin bölgenin uzunlukça molekülden daha kısa olduğu görülmektedir. Bu bize uzun bir zincirin bir çok kristalin bölgeden geçtiğini gösterir. Elyafın yapısında kristalin olmayan bölgeler rutubet absorpsiyonunda en mühim esas teşkil eder. Moleküller burada ancak bir kaç noktada birbirlerine bağlanmışlardır. Aşağıdaki tabloda muhtelif elyafın alabileceği max. su miktarı gösterilmiştir.

Elyafın Cinsi	Absorbe Edebileceği Su Miktarı
Pamuk	% 40
Merserize pamuk	% 50
Naylon	% 50
Viskon Rayon	% 67
Yün	% 80

Tablo 2.1. Muhtelif elyafın su absorbe edebilme kabiliyeti.

Elyafın molekül yapısı ve hidrofilik grup sayısı gibi iki faktör o elyafın rutubet alma kabiliyetini tayin eder.

### 2.1.2. İzotermal Rutubet Absorpsiyonu

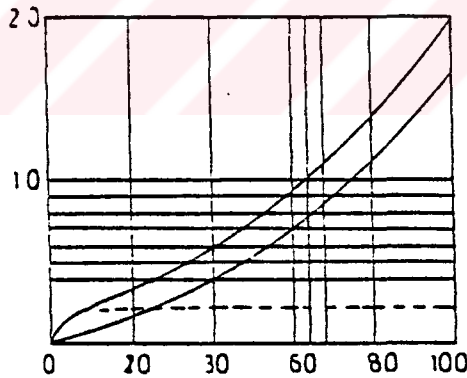
Elyaf malzemesi değişmeyen mahal şartlarında sabit miktarda rutubet ihtiva eder. Rutubetin sabit oluşu, dinamik bir denge halidir. Yani birim zamanda elyaftan buharlaşan su miktarı kadar su buharı elyaf üzerinde yoğunlaşır. Buharlaşma hızı elyafın emdiği su mik-

tarına ve sıcaklığına bağlı olup, kondensasyon hızı ise elyaf üzerindeki absorbe edici noktaların potansiyeline ve elyafın bulunduğu atmosferin su buharı basıncına bağlıdır. Böylece malzemedeki su miktarını kontrol eden ana faktörler; elyafın yapısı, molekül ve diziliş şekli ile elyafın bulunduğu havanın sıcaklığı ve su buharından ibarettir. Elyafın izotermal eğrisi, herhangi bir absorbe sıcaklıkta, elyaftaki su miktarı ile dış hava rutubeti arasındaki bağıntıyı gösteren bir eğridir. Elyaftaki su miktarı iki şekilde ifade edilir:

a) Elyafın ihtiva ettiği su miktarı kuru ağırlığa oranlanarak yüzdesi bulunursa buna rutubet yüzdesi,

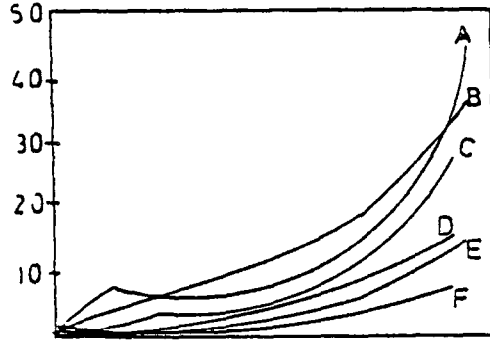
b) Elyafın ihtiva ettiği su miktarı yaş ağırlığa oranlanarak yüzdesi bulunursa buna nem yüzdesi denir.

Atmosferdeki su buharı konsantrasyonu da yüzde izafi rutubet olarak ifade edilir. Muhtelif elyafların değişen izafi rutubetlerde alacağı rutubet miktarları Şekil 2.1'de görülmektedir.



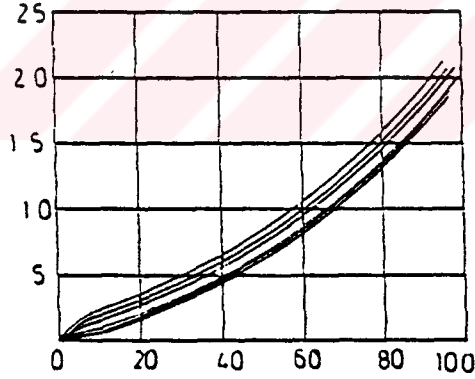
Şekil 2.1. Muhtelif elyafların değişen izafi rutubetlerde alacağı rutubet miktarları.

Şekil 2.2'de muhtelif malzemelerinin izoterm eğrileri görülmektedir. En büyük değerleri viskoz rayon en küçük değerleri naylon vermektedir.



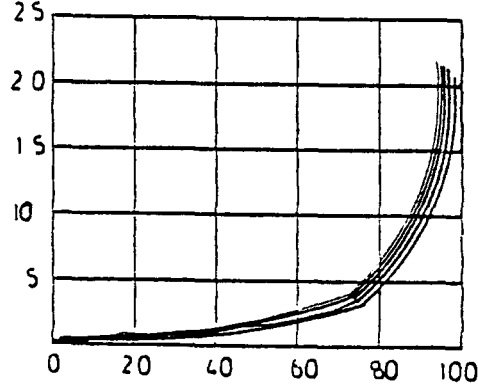
Şekil 2.2. Muhtelif tekstil malzemelerinin izoterm eğrileri.

Havadan rutubet alan her elyafta gizli ısının geri verilmesi neticesinde elyafın sıcaklığı yükselir ve aldığı su miktarı düşer. Bu hadise pamuk için Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Burada yıkanmış pamuğun  $10^{\circ}$  -  $50^{\circ}\text{C}$  arasındaki izoterm absorpsiyon eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yıkanmış pamuğun  $10^{\circ}$  -  $50^{\circ}\text{C}$  arasındaki izoterm absorpsiyon eğrileri.

Aynı halde  $50^{\circ}$  -  $110^{\circ}\text{C}$  arasında pamuk elyafının izoterm eğrileri Şekil 2.4'te gösterilmiştir. İzafi rutubetin takriben % 85 civarındaki değerine kadar hadise aynı şekilde meydana gelmekte bundan sonra yüksek sıcaklıkta artan izafi rutubetle rutubet miktarı da artmaktadır. Benzer hadise yünde de meydana gelmektedir.



Şekil 2.4. Yıkamış pamuğun 50° - 110°C arasındaki izoterm absorpsiyon eğrileri.

Elyafın muayyen bir sıcaklık ve izafi rutubette ihtiva ettiği rutubet yüzdesi eğri üzerinden derhal tayin edilebilir. Fakat elyafın ihtiva ettiği rutubet miktarı bu iki faktöre bağlı olmakla beraber bunların yanında yarıca daha önceden ihtiva ettiği rutubet miktarına da bağlıdır.

## 2.2. Rutubetin Mekanik Özellikler Üzerindeki Etkisi

Rutubetin tekstil ürünlerinin kullanımında ve işlenmesinde önemi olan birçok mekanik özellik üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip olduğu gerçeğine rağmen, belli başlı özellikler üzerindeki etkisiyle ilgili bilgiler hala kapalıdır.

Tartışılan özellikler iki ana sınıfta toplanabilir :

a) Gerilmeye ait özellikler ki bunlar elyaflar veya iplikler çekildiğinde ortaya çıkar.

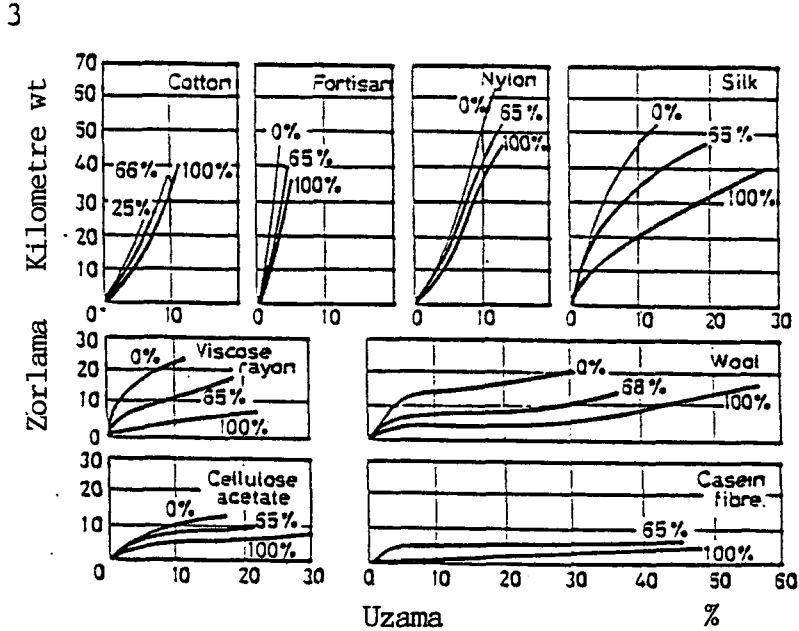
b) Bükülmeye ait özellikler ki bunlar ipliklerin bükülmesinden ve esasında rijitlik modülüne ve makaslama direncine bağlı olarak ortaya çıkar.

## 2.2.1. Gerilme Özellikleri

### 2.2.1.1. Zorlama-Şekil Değiştirme İlişkileri

Tekstil elyaflarının gerilmeye ait özellikleri sıcaklık, zaman ve de atmosferi kuşatan bağıl nem gibi faktörlere bağlı olduğu için çalışırken sıcaklığı sabit tutmak gerekir.

Örneğin çeşitli elyafların zorlama-şekil değişikliği eğrileri üzerindeki nem etkisi Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Bu eğriler 20°C sıcaklıkta ve kopmanın 10-30 saniye arasında olduğu uzama oranlarında elde edilmiştir. Bağıl nem artışlarında bütün elyaflar daha fazla uzatılabilir hale gelir, şöyle ki zorlama-şekil değiştirme oranı düşer ve kopma noktasına kadar olan uzama artar. Bu durum, elyafın düzensiz bölgelerindeki molekül zincirlerindeki bağıllığı azaltan absorbe edilmiş su ve kristal bölgelere atfedilebilir. Kıpıkuru bir malzemeyi % 2'lik bir şekil değişikliğiyle uzatmak için ihtiyaç duyulan kuvvetin  $\frac{1}{20}$ 'i ile ıslak viskoz suni ipek elyafı aynı miktarda uzatılabilir. İpek, naylon ve yün için ihtiyaç duyulan kuvvet, ıslak viskoz suni ipeği uzatmak için ihtiyaç duyulanın yaklaşık  $\frac{1}{3}$ 'dir.

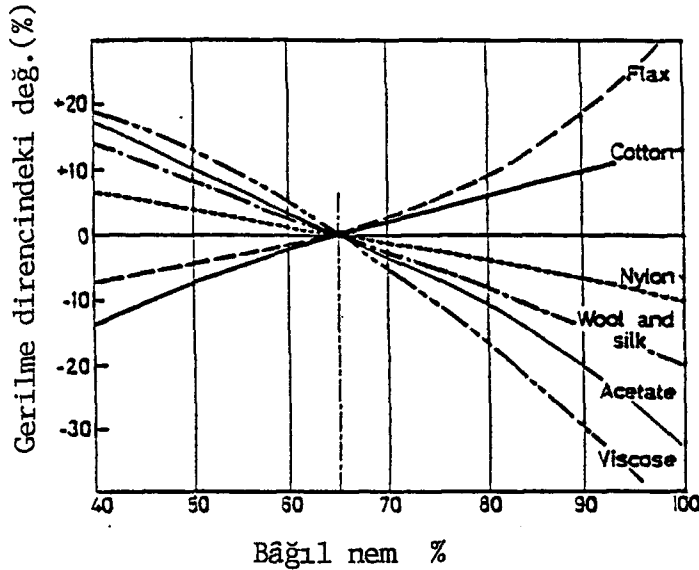


Şekil 2.5. Nemin çeşitli elyafların gerilme-şekil değişikliği eğrileri üzerindeki etkisi.

% 65 bağıl nemde test edildiğinde viskoz suni ipek, selüloz asetat, ipek, yün ve kazein elyafı gibi fazla uzayabilen elyaflar zorlamanın şekil değişikliğiyle orantılı olduğu lineer bir durum arzeden bir ilk zorlama-şekil değişikliği eğrisine sahiptirler. Bunu uygulanan kuvvetteki küçük bir artış için dikkate değer bir uzama artışına kadar elyaf yapısındaki kademeli bir değişim takip eder. Bu etki kazein ve yün gibi elyaflarda çoğunlukla belirgin-dir. Bağıl nemdeki bir artış; aşırı miktarda uzamalara sebep olan zorlamalarda büyük bir azalma meydana getirir ve viskoz suni ipekle kazein gibi bazı elyaflar için (% 100 bağıl nemde küçük bir zorlamayla kolaylıkla uzatılabilen elyaflar) bir "ürün" bölgesi oluşturur.

#### 2.2.1.2. Kopma

Bağıl nemin tabii ve suni selüloz elyaflarının gerilme mukavemetlerindeki etkileri arasında dikkate değer bir fark vardır. Bu durum Şekil 2.6'daki eğrilerle tanımlanabilir. Burada farklı ipliklerin % 65 bağıl nemde ölçülen mukavemetleri referans değerler olarak alınır ve nem dolayısıyla mukavemette oluşan değişiklikler bu değerlerin yüzdeleri olarak ifade edilirler.



Şekil 2.6. Bağıl nemin ipliklerin gerilme direnci üzerindeki etkisi.

Genel olarak tabii selüloz elyaflardan yapılan ipliklerde, nem girişiyle görülen mukavemet artışı suni elyaflarda görülmez. Diğer elyaflardan yapılan iplikler ya hiç etki göstermezler, (örneğin Terilen, orlon) ya da mukavemette bir düşüş gösterirler. % 65 bağıl nemden daha ıslak bölgeye geçildiğinde naylon yaklaşık % 10, yün ve ipek yaklaşık % 20, selüloz asetat yaklaşık % 30 ve viskoz suni ipek % 50 kadar mukavemet kaybeder.

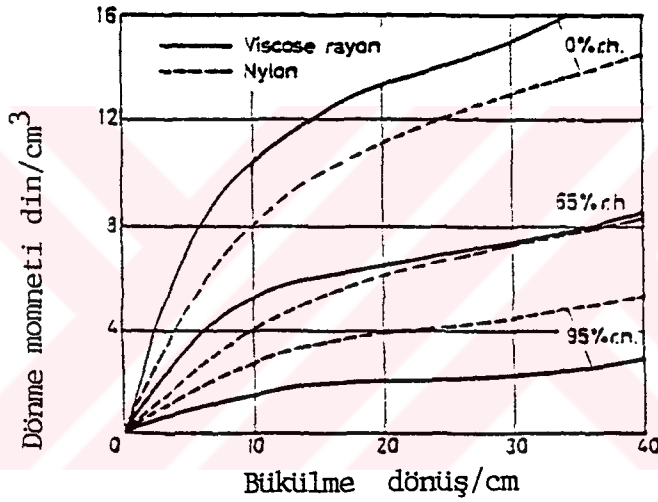
Tabii ve suni selüloz elyaflarının bu zıt davranışları, şişmeyle ortaya çıkan iç şekil değişikliği ve şişmeden dolayı zincir moleküller arasındaki bağ kuvvetlerinin azalmasına dayandırılabilir. Bu nedenle pamuk ve keten gibi tabii selüloz elyaflarında uzun zincir molekülleri arasında iç şekil değişikliği serbestiyeti üstün gelir. Ve bu durum iç basınç dağılımını daha düzenli hale soktuğu için elyaf mukavemetini arttırır. Bununla birlikte suni elyaflarda absorbe edilen su selüloz zincir moleküllerindeki bağ noktalarının sayısını azaltır. Ve basıncı kopmayla zayıflayan oldukça az sayıdaki molekül üzerinde yoğunlaştırır. Bu da mukavemeti düşürür. Netice olarak tabii selüloz elyaflarındaki her molekülün daha fazla bağ noktası olduğu ve bu yüzden daha büyük bir iç şekil değiştirme kabiliyeti olduğu söylenebilir.

### 2.2.2. Bükülme Özellikleri

Tekstil ürünlerinin gerilme özellikleri önem bakımından ilk sırada olmasına rağmen eğirme, yün elyaflarının katlanması ve krep ipliği üretimi gibi işlemlerde bükülme özellikleri de önem taşır. Örneğin eğirmede büküm, ipliğin bir yerinden diğer yerine geçirilir. Bunun dağılımı ipliğin birbirini izleyen parçalarındaki bükümün direncine bağlıdır. Çıkrık makinasında iplikte oluşan yüksek bükümler bükümün direncindeki zayıflıktan dolayıdır.

### 2.2.2.1. Zorlama-Şekil Değişikliği İlişkileri

Elyafaların çoğunda dönme momenti-bükülme eğrileri onların yerini tutan Çekme-uzama eğrileriyle benzerdirler. Bu yüzden, örneğin viskoz suni ipeğe büküm verildiğinde dönme momenti ilk önce bükümle orantılı olarak artar. Ve sonra dönüm noktasına gelindiğinde dönme momentinin artma hızı azalır. Bükme devam ettirilirse dönme momenti artış oranı elyaf kopana kadar artmaya devam eder. Nem Şekil 2.7'de görüldüğü gibi bükülmeye ve dönüm noktasına karşı başlangıç direncinde büyük bir etkiye sahiptir.



Şekil 2.7. 20°C'deki suni ipek ve naylon elyafları için bağıl nemin dönme momenti-bükülme eğrileri üzerindeki etkisi.

Her santimetrekarede bir dönüşlük büküm üretmek için ihtiyaç duyulan dönme momentine elyafın rijitliği denir. Bütün elyaflarda gözlenen rijitlik düşüşü kristal dışı bölgelerde zincir molekülleri arasındaki hidrojen bağlarının kopmasıyla alakalıdır.

### BÖLÜM 3

#### ELYAF CİNSLERİNE GÖRE İŞLEME ÇEŞİTLERİ

Tekstil fabrikasyon işlemlerinin çoğu şu üç genel sınıflandırmaya dahil edilebilir :

- 1) Sentetik elyaf üretimi,
- 2) İplik üretimi,
- 3) Kumaş üretimi

##### 3.1. Sentetik Elyaf Üretimi

Elyaf ekstrüzyonundan sonraki işlemler farklı havalandırma ihtiyaçlarına sahiptirler. Bununla beraber, kimyasal tesislerin havalandırılmasına ve şartlandırılmasına uygulanan prensipler ön işlemlere de uygulanır.

Sentetik elyaflar metalik memelerden ekstrüze edilirler ve kesiksiz paralel teller olarak katılaştırılırlar. Bu işlem elyafların mekanik eğirmesinden farklı olarak sürekli eğirme olarak adlandırılır.

Sentetik elyaflar eritilip eğirme, kuru eğirme ve ıslak eğirmeyle şekillendirilebilir. Eritilip eğirilen elyaflar eritilmiş polimerlerin soğutulmasıyla, kuru eğirilen elyaflar elyafın yapısındaki polimerden ayrılan bir solventin buharlaştırılmasıyla ve ıslak eğirilen elyaflar da bir sıvı banyosundan çekilen lifin sertleştirilmesiyle katılaştırılırlar. Hangi tip eğirmenin gerekeceğini ekonomik ve kimyasal koşullar belirler. Genellikle naylonlar ve polyesterler eritilip eğirilmişlerdir, asetatlar kuru eğirilmişlerdir, suni ipekler ıslak eğirilmişlerdir, akrilikler kuru veya yaş eğirilmişlerdir.

### 3.2. İplik Üretimi

Elyaf uzunluğu eğirme mi yoksa bükmenin mi kullanılması gerektiğini belirler. Eğirilen iplikler sentetik elyafların ve tabii elyafların gevşek olarak toplanmasıyla üretilirler.

Mekanik eğirme prensipleri üç farklı sistemde uygulanır: Pamuk, yün ve bükülmüş yün. Pamuk sistemi bütün pamuklar, sentetik elyafların çoğu ve birçok karışım için kullanılır. Yün ve bükülmüş yün sistemleri yün ipliklerinin çoğunu, bazı yün karışımlarını ve akrilik gibi sentetik elyafları eğirmek için kullanılırlar.

#### 3.2.1. Pamuk Sistemi

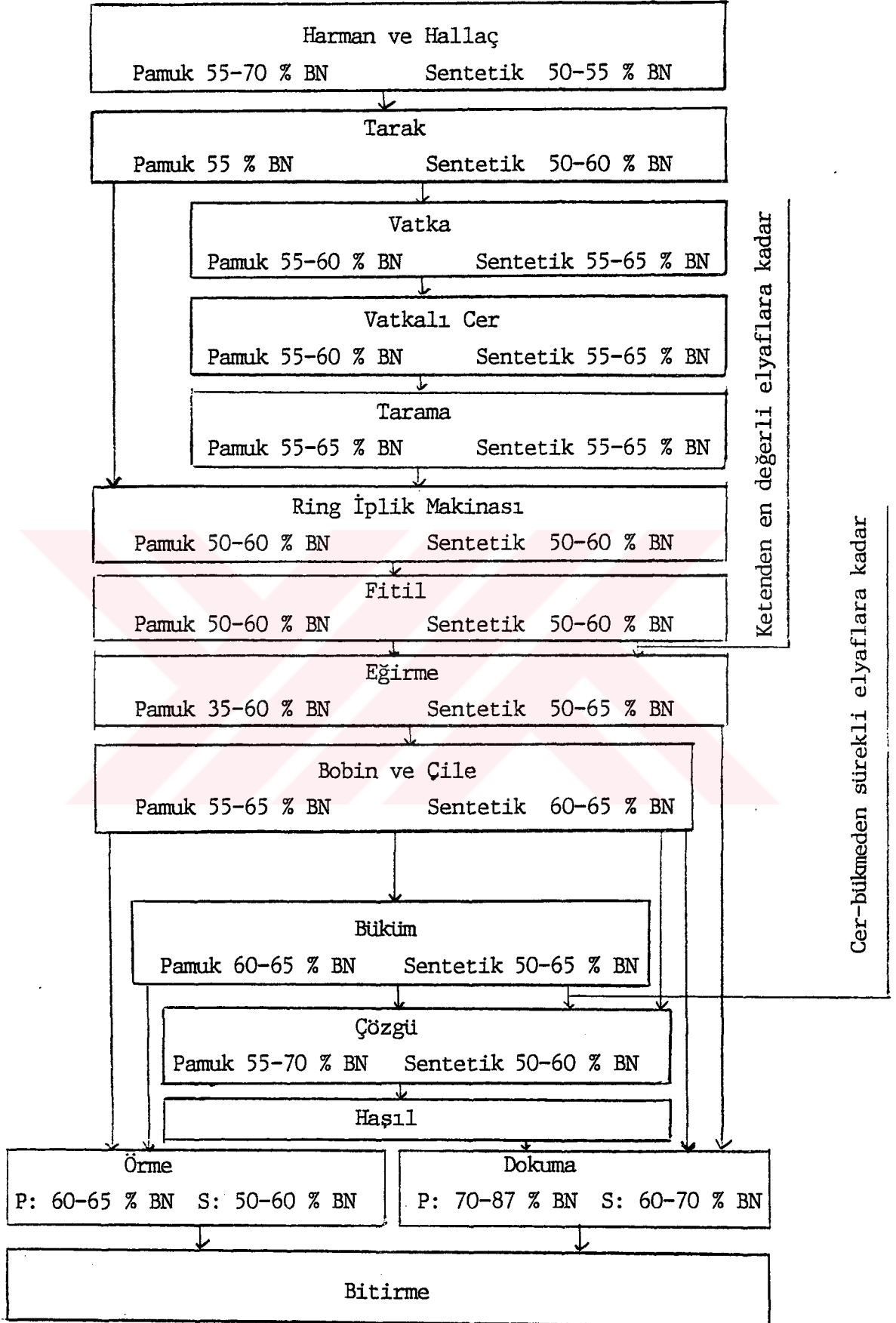
Pamuk sistemi ilk olarak pamuk ipliğini eğirmek için geliştirilmişti, fakat şu anda bu sistemin temel makinaları yün, polyester ve karışımları içine alan bütün elyaf çeşitlerini eğirmek için kullanılmaktadır. Hammaddeden kumaşa kadar işlem kademeleri bağıl nem değerleriyle birlikte Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

##### 3.2.1.1. Harman - Hallaç

Sıkıştırılmış kümeler kısmen yayılır, yabancı maddelerin çoğu ve bazı kısa elyaflar çıkartılır ve düzenli bir şekle sokulur. Balyalar arasındaki düzensizlikleri gidermek veya farklı tiplerdeki elyafları hazırlamak için biraz karıştırma gerekir. Daha temiz ve daha muntazam olan sentetik elyaf genellikle daha az hazırlık gerektirir. Toplayıcı ürünleri tarağın besleme merdanelerine pnömomatik olarak nakledilir.

##### 3.2.1.2. Tarak

Bu işlem vatkayı, fitil olarak adlandırılan bir halat şekline getirilen ince bir dokumaya kadar uzatır. İlave yayma ve elyaf ayırımı ve de kısa elyaflarla artıkların kısmi çıkarımı tamamlanır.



Şekil 3.1. Tekstil işleme akış tablosu ve nem oranları

### 3.2.1.3. Vatkalama

Vatkalamada birçok fitil yan yana gelecek şekilde yerleştirilir ve çekilir. Şerit vatkalamada sondaki şeritler bir sonrakinin üzerine koyulurlar ve tekrar çekilirler. Çekme elyaf paralelliğini arttırırken vatkalama fitil düzensizliklerini giderir.

### 3.2.1.4. Tarama

Vatkalamadan sonra elyaflar kaliteli metal taraklarla taranırlar. Taranmış kıvrımlar daha sonra çekme merdaneleriyle daraltılır ve tekrar tek bir fitile yoğunlaştırılır.

### 3.2.1.5. Cer

Cer taramayı takip eder ve bir çok serbest fitilin tek bir bileşik iplik teline çekilmesi ve katlanmasıyla üniformluğu ve elyaf paralelliğini arttırır. Çekme hareketi kalınlığı azaltıp, paralelliği arttırırken ikiye katlama zayıf ve ince kısımları ortalama bir kalınlığa getirir.

### 3.2.1.6. Fitol

Fitol, çekme ve paralelleştirme işlemi iplik telini çekme için uygun bir ölçüye getirdiği ana kadar sürer. Önce bir bükme yapılır, sonra iplik teli eğirme için kullanılan büyük bobinlere sarılır.

### 3.2.1.7. Eğirme

Mekanik eğirme çekme ve bükmeyi bir arada uygular. Bükme ünitesi tezgahın üst kısmına yerleştirilir. Bükülmemiş iplik teli kademeli olarak işletilen çekme merdanelerinden, bir iplik oluğundan ve C şekilli gezicilerden bobine geçer. Bileziğin dikey kuşağı ipliğin önceden saptanmış büküm tezgahlarına yerleştirilmesini sağlar.

Open-end veya türbin eğirmesi Cer, fitil, vatkalama ve eğirmeyi birleştirir. Tel şeklindeki elyaflar bir fitilden çekilirken parçalara ayrılırlar ve küçük santfrüj bir alet olan hızlı eğirmeye gönderilirler. Bu aletle elyaf yönlendirilir ve iplik olarak çıkar. Bükme dönen türbinle uygulanır. Bu sistem halkalı eğirmeye göre daha hızlı, daha sessiz ve daha az tozludur.

### 3.2.2. Yün ve Bükülmüş Yün Sistemleri

Bükülmüş yün sistemi biraz daha dayanıklı bükümler yaparken, yün sistemi genellikle daha kaba iplikler yapar. Bunların her ikisi de düşük karışımlı yünler için ve de yün karakterli sentetik elyaflar için kullanılabilir. Her iki sistemde kullanılan makina aynı çekme ve bükme prensiplerini uygular. Fakat detayda farklıdır ve pamuk için kullanılanlardan daha komplekstir.

Yün elyafları daha kirli, daha yağlı ve daha düzensizdir. Bunlar yağlarını çıkarmak için iyice temizlenmeli ve daha sonra elyaflar arası davranışlarda iyileşme sağlamak için kontrollü miktarda yağ ile doyurulmalıdır. Pul pul ve kıvrımlı olan yün elyaflar daha koheziftirler ve farklı işlemler gerektirirler. Pamuk ve sentetik elyaflardan farklı olarak yün elyafları daha yüksek bağıl nem değerlerine ihtiyaç duyarlar. Tablo 3.1'de yün işlemleri için önerilen bağıl nem değerleri görülmektedir.

İşlem Bölümleri	Nem Değerleri
Yün hammadde deposu	50-55
Karıştırma ve harmanlama	65-70
Karding - Bükülmiş yün	60-70
- Yün	60-75
Tarama, Bükülmiş yün	65-75
Çekme, Bükülmiş yün - Bradford sistemi	50-60
- Fransız sistemi	65-70
Eğirme - Bradford bükülmüş yün	50-55
- Fransız (mule)	75-85
- Yünlü (mule)	65-75
Bobin ve Makara	55-60
Çözgi, Bükülmiş yün	50-55
Dokuma, Yünlü ve Bükülmiş yün	50-60
Kumaş odası	55-60

Tablo 3.1. 12-13°C'ta Yün işlemleri için önerilen bağıl nem değerleri.

### 3.3. Kumaş Üretimi

#### 3.3.1. Hazırlık İşlemleri

Eğirme ve bükme tamamlandığında her iki tip iplik dokuma veya örme için hazırlanır. Asıl işlemler sarma, masuralama, çıkıklama, yayma, haşıl, ölçme, boyama vs. içine alır. Ana amaç ikiye ayrılır:

1) İpliği evvelki işlemlerle hazırlandığı paket tipinden ileri-deki uygun bir tipe transfer etmek,

2) Bazı iplikleri haşılılarla, zamklarla veya son üründe ayrıla-mayan diğer kimyasal maddelerle doyurmak.

### 3.3.2. Dolgu İpliği

Dolgu ipliği, bir dokuma tezgahındaki mekikte kullanılmak üzere makaralara sarılır. Makaraya sarılmadan önce bazen önboyama yapılır. Paketleme veya çile boyama için uygun bir şekle sokulmalıdır.

### 3.3.3. Çözgü İpliği

Çözgü ipliği geçici bir haşıl veya kola tabakasıyla doldurulur. Bu maddeler ipliğe dokuma tezgahında gördüğü aşınmaya dirençli olması için mukavemet kazandırır. İplik daha sonra konik bir makaraya sarılır. Buradan hızlı ve pürüzsüz bir şekilde çözülecektir.

### 3.3.4. Dokuma

En kompleks dokuma tezgahları jakarlılardır. Bunlarda çözgü iplikleri ayrı ayrı kontrol edilebilir. Dokuma tezgahında dar kumaşlar, halılar ve kadife kumaşlar dokunabilir.

Yüksek nem çözgünün aşınma direncini arttırır. Birçok dokuma odası % 80 - 85 B.N. gerektirir. Hatta pamuk için daha fazla ve sentetik elyaflar için % 70 B.N.'e ihtiyaç duyulur. Birçok dokuma tezgahı oda nemi ve sıcaklığı kontrol edildiğinde daha hızlı çalışır.

### 3.4. Tekstil Endüstrisi Alanında Uygulanan Bağlı Nemlilik Değerleri

İşlenen malzemenin Cinsi	En fazla uyg. değer	Normal sınır değerleri	İstisnai sınır değerleri
Saf Pamuk			
Harman-Hallaç (Bataj)	55	50-60	50-65
Kardaj (x) Cer ve fitil	50	48-55	45-65
İplik (Makaralı)	50	45-55	40-65
İplik (Serbest uçlu) (Open-end)	65	60-70	60-70
Bobin	70	65-75	60-80
Dokuma	80	75-85	70-88
Örgü	70	65-75	60-75

İşlenen Malzemenin Cinsi	En fazla uygu.değer	Normal sınır değerleri	İstisnai sını- r değerleri
<b>Pamuk-Polyester Karışımı</b>			
Kardaj,Cer ve fitil	48	45-55	40-55
İplik	45	40-55	35-55
Bobin	60	55-65	50-65
Dokuma-örme	70	65-75	60-75
<b>Saf Sentetik Malzeme (Kısa Elyafı)</b>			
<b>Harman-Hallaç</b>			
Hazırlama ve İplik	55	50-60	50-65
a) Repon	55	50-60	50-60
b) Polyester	60	55-65	50-65
c) Akrilik	55	50-60	50-65
Dokuma	65	60-70	60-70
<b>Yün ve Sentetik Malzeme (Uzun Elyafı)</b>			
<b>Hazırlama ve İplik</b>			
a) Kardajlı yün	70	65-75	65-75
b) Penyajlı yün (xx)	75	70-80	70-85
c) Saf snetetik malzeme	55	50-65	50-65
d) Sentetik malzeme ve yün	70	65-75	60-80
Dokuma-örme	65	60-70	60-70
<b>Jüt, Keten ve Kenevir</b>			
Hazırlama ve İplik	70	65-75	65-75
Dokuma	75	70-80	70-85

İşlenen Malzemenin Cinsi	En fazla uyg.değer	Normal sınır değerleri	İstisnai sınır değerleri
Sentetik Malzemeler (Sürekli elyaflı)			
Çekme, bükme	55	50-65	50-65
Tekstürasyon	55	50-65	50-65
Mulinaj	72	65-75	65-75
Dokuma-Örme	65	60-70	60-70
Crocking-Seydell	75	65-75	65-75

- (x) Kardöz adı verilen makinalar ile yapılan tarama işlemine kardaj denilmektedir.
- (xx) Penyöz adı verilen makinalar aracılığı ile gerçekleştirilen tarama işlemine penyaj denilmektedir.

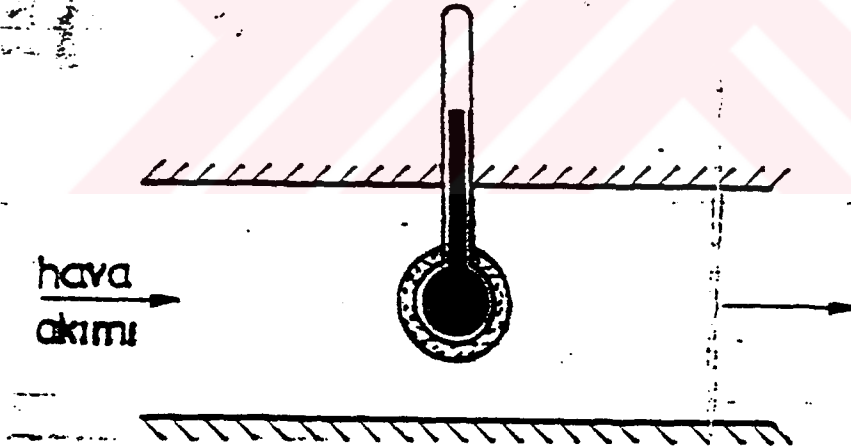
## BÖLÜM 4

## HAVANIN PSİKOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Evaporatif soğutucularda gerçekleşen olayları matematiksel olarak ifade edebilmek için bazı terimlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu terimler aşağıda verilmiştir.

4.1. Kuru Termometre Sıcaklığı ( $T$ )

Hava içindeki su buharının ve çevredeki güneş radyasyonunun etkisi olmadan, herhangi bir termometre veya termoeleman ile ölçülen sıcaklığa kurutermometre sıcaklığı denir. Aksi belirtilmediği sürece, sıcaklık denildiğinde kuru termometre sıcaklığı anlaşılmalıdır.

4.2. Yaş Termometre Sıcaklığı ( $T_y$ )

Şekil 4.1. Yaş termometre sıcaklığının ölçülmesi

Haznesi etrafına ıslak bez veya pamuk sarılmış ve havanın yeter hızda (5-10 m/s) aktığı bir ortama yerleştirilmiş termometre ile ölçülen sıcaklığa, havanın yaş termometre sıcaklığı denir.

### 4.3. İzafi Nem ( $\varphi$ )

Dalton Kanununa göre, kuruhava - subuharı karışımından oluşan nemli havanın basıncı, nemli havayı oluşturan kuruhava ve subuharı kısmi basınçlarının toplamına eşittir.

$P_h$  ve  $P_b$ , sırasıyla kuruhava ve subuharının kısmi basınçları olmak üzere nemli havanın basıncı,

$$P = P_h + P_b \quad (4.1)$$

eşitliğinden bulunur. İzafi nem ( $\varphi$ ) ise, T sıcaklığına sahip hava içindeki su buharı kısmi basıncının ( $P_b$ ), aynı sıcaklığa tekabül eden su buharı doyma basıncına ( $P_{dT}$ ) oranı olarak tanımlanır.

$$\varphi = P_b / P_{dT} \quad (4.2)$$

### 4.4. Özgül Nem ( $x$ )

Nemli havanın özgül nemi ( $x$ ), nemli hava içindeki su buharı kütlesinin ( $m_b$ ), kuru hava kütlesine ( $m_h$ ) oranı olarak tanımlanır.

$$X = m_b / m_h \quad (4.3)$$

Mükemmel gaz kanununun kuru hava ve su buharı için ayrı ayrı uygulanmasıyla,

$$X = 0.622 \frac{P_b}{P - \varphi \cdot P_{dT}} \quad (4.4)$$

eşitliği elde edilir.

### 4.5. Mutlak Nem ( $c$ )

Birim hacimdeki nemli hava içinde bulunan su buharı kütlesidir.

$$C = m_b / V \quad (4.5)$$

Mutlak nem, konsantrasyon olarak da isimlendirilebilir. Mükemmel gaz kanunu su buharı için uygulanırsa,  $R_b$  su buharının gaz sabiti olmak üzere,

$$C = P_b / (R_b T) \quad (4.6)$$

#### 4.6. Nemli Havanın Entalpisi (i)

(1 + x) kg nemli havanın entalpisi

$$i = C_{Ph} T + x (r + C_{Pb} T) \quad (4.7)$$

denklemleri ile ifade edilir. Bu denklemlerde,

$i$  = 1 kg. kuru hava ve x kg. su buharından oluşan (1 + x) kg. nemli havanın entalpisi

$C_{Ph}$  = kuru havanın özgül ısısı

$C_{Pb}$  = su buharının özgül ısısı

T = havanın sıcaklığı

x = havanın özgül nemi

r = suyun gizli ısısı

#### 4.7. Yaş Termometre Depresyonu

Havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasındaki farka, yaş termometre depresyonu adı verilir.

#### 4.8. Hissedilir Isı

Bir sisteme verildiğinde veya sistemden alındığında sıcaklık değişimine sebep olan ısıdır.

#### 4.9. Gizli Isı

Bir sisteme verildiğinde veya sistemden alındığında, sistemin sıcaklığını değiştirmeyen; sadece faz durumunun değişmesine neden olan ısıdır.

#### 4.10. Isı ve Kütle Transferi

Doymamış hava-su buharı karışımından oluşan bir nemli hava kütlesi ile bir su tabakası, diğer etkilerden termal yönden izole edilmiş bir şekilde, serbest olarak temas halinde olsun. Bu ikisi arasındaki sıcaklık farkına göre ısı transferi; su tabakası üzerinde oluşan doymuş hava filmi ile çevresindeki doymamış nemli hava arasındaki su buharı kısmi basınçlarının farkına göre kütle transferi meydana gelir. Isının sıcak bölgeden soğuk bölgeye akmasına benzer şekilde, kütlede su buharı kısmi basıncının yüksek olduğu bölgeden düşük olduğu bölgeye doğru transfer olacaktır. Birbirini etkileyen ısı ve kütle transferleri, sırasıyla sıcaklıklar ve su buharı kısmi basınçları birbirine eşit olana kadar devam eder. Bu denge halinde hava, su buharına doymuştur. Başka bir deyişle izafi nem bire eşittir. Doymuş hava içindeki su buharının miktarı, bu son andaki sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık arttıkça daha fazla su buharı hava içinde tutulabilir.

#### 4.11. Adyabatik Doyma Olayı ve Adyabatik Doyma Sıcaklığı

Düşük izafi neme sahip bir hava akımı, ince bir su filmi içeren ıslak bir yüzey üzerinden geçirilsin. Başlangıçtaki kütleli debisi  $m_h$  olan havaya, ıslak yüzeyden  $m_b$  kütleli debisinde su buharı katılsın. Sistem dışarıya karşı izole edilsin ve buharlaşan su yerine daima yenisi gelerek, yüzey işlem boyunca ıslak kalsın.

Bu durumda ıslak yüzey üzerinde, hava akımı türbülanslı bile olsa daima laminer bir doymuş hava filmi bulunur. Doymuş hava filmi ve hava akımı içindeki su buharı kısmi basınçları farklı olduğu müddetçe, doymuş hava filminden, dolayısıyla sudan hava akımına kütle transferi (buharlaşma) gerçekleşir.

Suyun buharlaşabilmesi için ısı alması gereklidir. Başlangıçta bu ısının bir kısmı sudan, bir kısmı da havadan çekilir. Fakat su miktarı sınırlı olduğundan, su, rejim haline tekabül eden bir sıcaklığa kadar derhal soğur. Rejim haline ulaşıldıktan sonra gerekli ısının tamamı havadan çekilecektir. Rejim halinde, yüzey üzerindeki doymuş hava filmi ile yüzeydeki su sıcaklığı birbirine eşittir. Bu durumda havadan çekilen ısı, yüzeydeki suyun buharlaşmasına harcanır.

Bu olay formüle edilirse,

$$h(T_{\infty} - T_y) = \dot{m}_b r \quad (4.8)$$

$h$  : Hava akımı ile ıslak yüzey arasındaki konveksiyonla ısı transferi katsayısı

$T_{\infty}$  : Hava akımının sıcaklığı

$T_y$  : Rejim halinde yüzeydeki doymuş hava filmi sıcaklığı

$\dot{m}_b$  : Birim alandan buharlaşan suyun kütleli debisi

$r$  : Suyun  $T_y$  yüzey sıcaklığındaki gizli ısısı

Birim alan başına buharlaşan suyun kütleli debisi, aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\dot{m}_b = h' \rho_h (x_y - x_{\infty}) \quad (4.9)$$

Burada;

$h'$  = Kütle geçiş katsayısı

$\rho_h$  = Havanın yoğunluğu

$x_y$  = Yüzeydeki doymuş hava filminin özgül nemi

$x$  = Hava akımının özgül nemi

Türbülanslı akışta, konveksiyonla ısı transferi katsayısı ve kütle geçiş katsayısı arasındaki andırım nedeniyle

$$h' = h / (\rho_h \cdot C_{pm}) \quad (4.10)$$

yazılabilir. Burada  $C_{pm}$ , nemli havanın özgül ısısıdır.

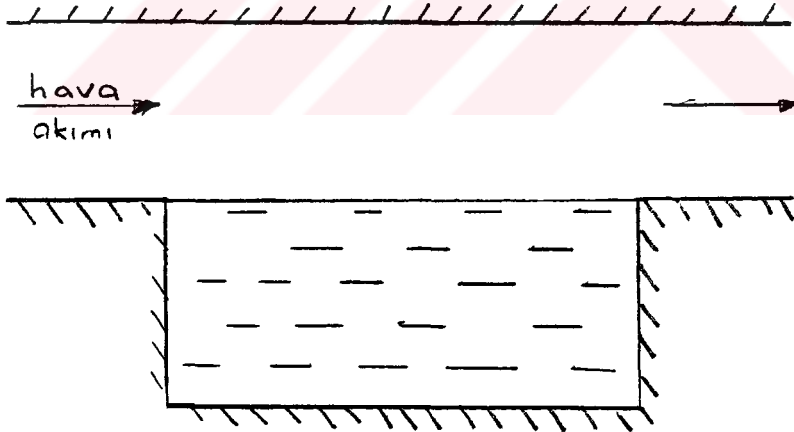
Denklem (4.10)'daki  $h'$  değeri, (4.9)'daki yerine konular ve (4.8) denklemi yeni hale göre tekrar düzenlenirse,

$$C_{pm} \cdot (T_{\infty} - T_y) = (x_y - x_{\infty}) \cdot r \quad (4.11)$$

elde edilir.

Bu şekilde tarif edilen  $T_y$  sıcaklığına, adyabatik doyma sıcaklığı adı verilir. Adyabatik doyma sıcaklığı, aslında yaş termometre sıcaklığının teorik değeridir. Bu nedenle adyabatik doyma sıcaklığına, termodinamik yaş termometre sıcaklığı da denir.

Adyabatik doyma işlemi, akan bir hava kütlesi içine su püskürtülerek de yapılabilir. Bu durumda hava, nozullardan püskürtülen atomize haldeki su tanecikleri arasından geçirilerek soğutulur. Devamlı aynı su kullanıldığı için, havuzda toplanan suyun sıcaklığı, havanın adyabatik doyma sıcaklığına eşittir. Aşağıdaki şekil, adyabatik doyma işleminde kullanılan bir adyabatik doyurucuyu göstermektedir.



Şekil 4.2. Adyabatik doyurucu.

#### 4.12. Psikometrik Tablo

İklimlendirme işlemlerinde hesapları kolaylaştırmak amacıyla, Dr. Carrier tarafından önerilen psikometrik tablo yardımıyla, iki özelliği bilinen havanın diğer gerekli özellikleri bulunabilir. Ayrıca diagram üzerinde havanın tabii tutulduğu çeşitli prosesler de gösterilebilir. Şekil 4.3 standart bir psikometrik tabloyu göstermektedir.

Table 4.1.

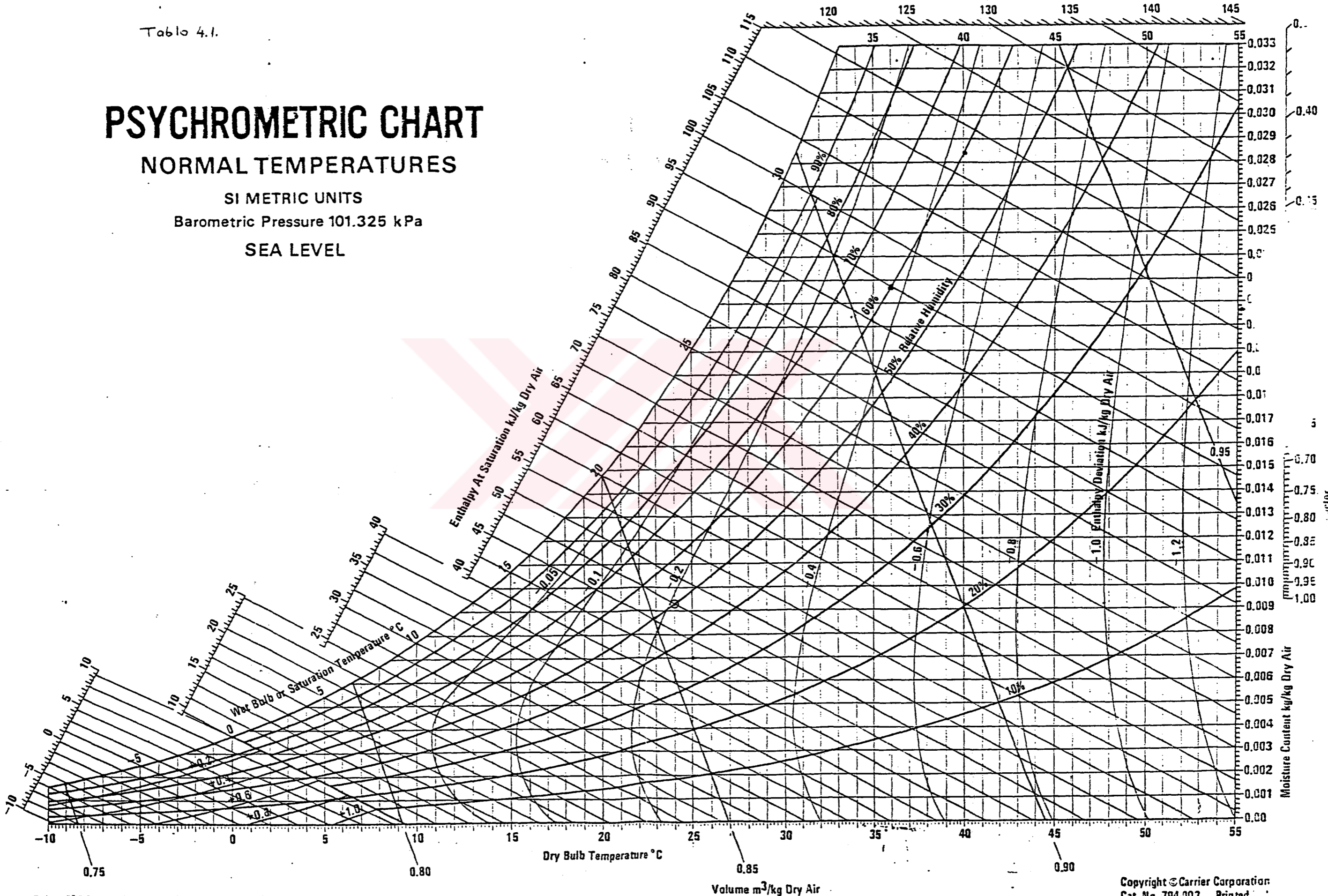
# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

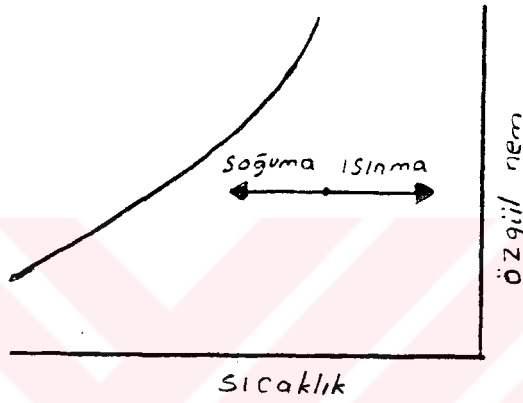


Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

BÖLÜM 5  
HAVANIN ŞARTLANDIRILMASI

5.1. Duyulur Isıtma ve Soğutma

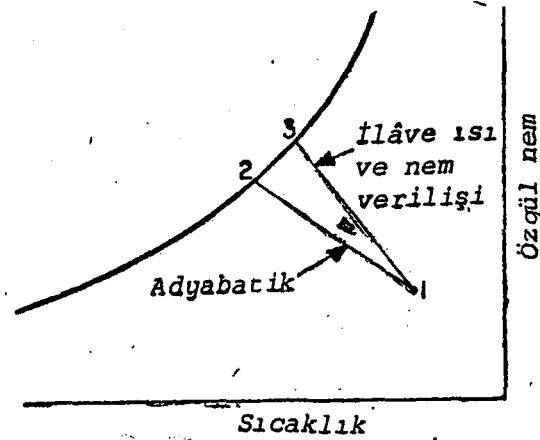
Özgül nemde hiçbir değişiklik olmadan kuru termometre sıcaklığın-  
daki değişimi gösterir.



Şekil 5.1.

5.2. Adyabatik ve Adyabatik Olmayan Nemlendirme

Şekil 5.2'de görülen nemlendirme işlemi adyabatik ise, 1-2 ara-  
sında sabit yaş termometre ile veya kapalı devre bir su püskürtme sis-  
temi ile olabilir. Eğer püskürtme suyu dışarıdan ilave olarak ısıtılır  
ise, nemlendirme işlemi 1-3 boyunca olacaktır.

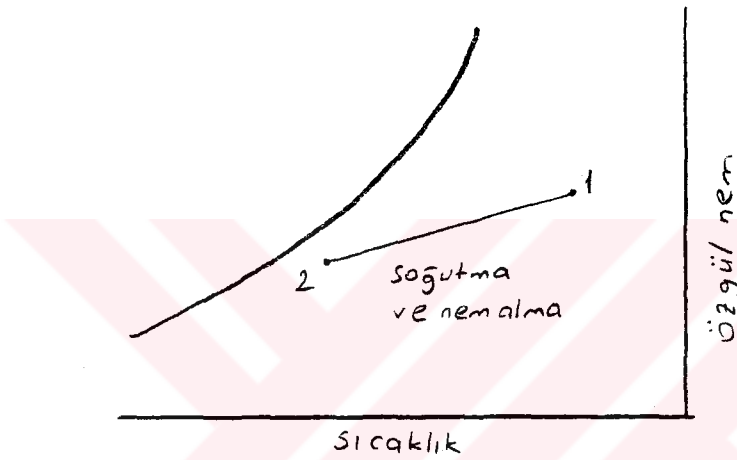


Şekil 5.2.

### 5.3. Soğutma ve Nem Alma

Soğutma ve nem alma işlemi, hem kuru termometre sıcaklığının hem de bağıl nem miktarının azaltılması ile sağlanır (Şekil 5.3). Bu işlem bir soğutucu ve nem alıcı serpantin ile yapılır. Soğutma ve nem alma işlemi esnasındaki soğutma kapasitesi;

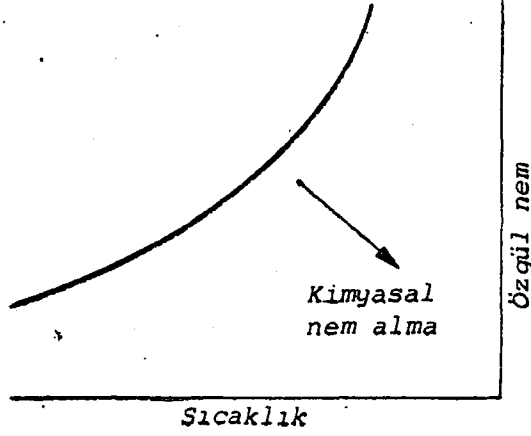
$$\text{kapasite} = (i_1 - i_2) \times (\text{hava debisi}) \quad (5.1)$$



Şekil 5.3.

### 5.4. Kimyasal Nem Alma

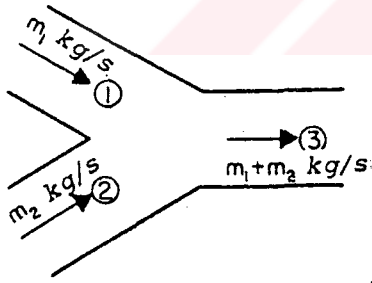
Kimyasal nem alma (Şekil 5.4), nem alan bazı kimyasal maddeler ile, hava içindeki nemin absorbe (emme) veya adsorbe (yüzeyde nemi yoğunlaştırarak toplama) edilme işlemleridir. Eğer bu işlem esnasında sistem ısıtılarak yalıtılmış ise, değişim esas olarak sabit entalpi doğrusu boyunca olur ve havanın özgül nemi azalırken kuru termometre sıcaklığı artar.



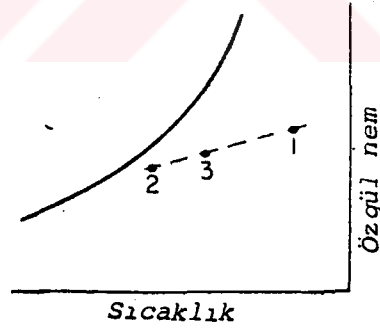
Şekil 5.4.

## 5.5. Karıştırma

İki havanın karıştırılması, hava şartlandırılmasında çok görülen bir işlemdir. Şekil 5.5'de 1 şartlarındaki  $m_1$  (kuru havaya göre tanımlanmış) hava debisi ile 2 şartlarındaki  $m_2$  (yine kuru havaya göre tanımlanmış) hava debisinin karıştırılması görülmektedir. Karışım



Şekil 5.5



Şekil 5.6

Şekil 5.6'da görüldüğü gibi, psikometrik diagramda 3 gibi yeni bir nokta belirleyecektir. 3 noktasının entalpisini bulabilmek için sistemde enerji ve kütle dengesi yazılmalıdır.

$$i_3 = \frac{m_1 i_1 + m_2 i_2}{m_1 + m_2} \quad (5.2)$$

3 noktasındaki bağıl nem ise, sistemdeki kütle ve nem dengesi yazılarak elde edilebilir.

$$W_3 = \frac{m_1 w_1 + m_2 w_2}{m_1 + m_2} \quad (5.3)$$



## BÖLÜM 6

### TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE UYGULANAN KLİMA SİSTEMLERİ

#### 6.1. Projelendirme Esasları

Yatırımın önce fizibilite etüdüleri yapılır. Bunu takiben kompleksin realizasyon safhasında klima konusu diğer faaliyetler ile sıkı ilişkileri nedeniyle öncelikle ele alınmalıdır. Klima tesisatı, inşaat ve diğer tesisatlar ile birlikte ve paralel yürütülmelidir.

#### 6.2. Klima Sistemleri

Tekstil endüstrisinde uygulanan klima sistemleri;

- a) Evaporatif soğutmalı sistem,
- b) Mekanik soğutmalı sistem,
- c) Süpersatürasyon sistemi.

##### 6.2.1. Evaporatif Soğutmalı Sistemler

Evaporatif serinleticiler tanım olarak hava akımı içine verilen suyun bu hava içinde buharlaşması olayıdır. Termodinamik açıdan bakıldığında havaya verilen suyun buharlaşması için gerekli gizli ısı, havanın duyulur soğuması ile sağlandığından bu olay adyabatik olarak varsayılır ve teknik olarak "Adyabatik Soğutma" adını alır. Eğer havaya verilen su sürekli olarak devrettirilirse havanın bu tip cihaza giriş ve çıkışı psikometrik diagramda havanın yaş termometre doğrusu boyunca olur. Bu esnada havanın yaş termometre sıcaklığının sabit kalmasına, bağıl ve özgül nemlerinin ise artmasına karşılık havanın kuru termometre sıcaklığındaki azalma nedeniyle bu olaya pratikte "buharlaşmalı serinletme" adı verilir.

Evaporatif soğutucular, insan tarafından bilinen en eski soğutma yöntemi olmasına rağmen, mekanik soğutma yöntemlerinin gelişmesi ile geçmiş yıllarda fazla tercih edilmemekteydi. Fakat son yıllarda enerji

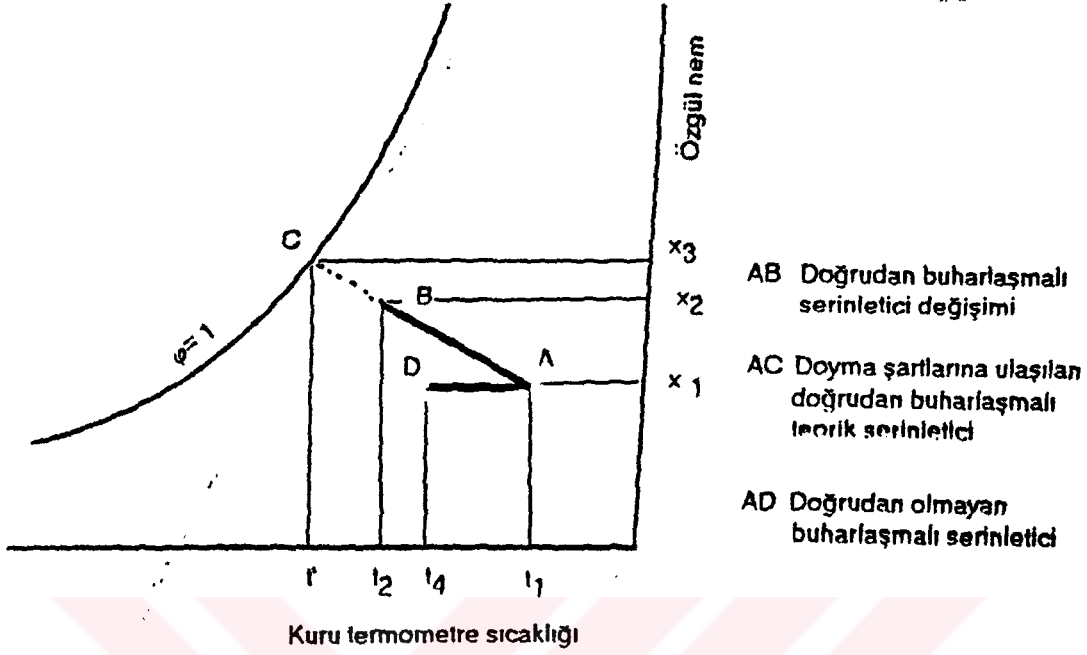
masraflarındaki artış, iç hava kalitesindeki iyileştirme istekleri, mekanik soğutmanın (kloroflorokarbonların) sebep olduğu ozon tabakasındaki incelme problemleri, evaporatif soğutmayı güncel hale getirmiştir. Pratikte evaporatif soğutucular iki grupta toplanabilir.

"Direk evaporatif soğutucular" adını alan birinci grupta su, doğrudan doğruya soğutulmak istenen hava içine püskürtme, damlama veya bu havanın ıslak yüzeylerden geçirilmesi ile verilir. "Doğrudan olmayan evaporatif soğutucular" adını alan ikinci grupta ise serinletilme yapılmak istenen havaya nem verilmeyip, bu hava, nemlendirilerek soğutulmuş ikinci bir hava akımı ile yüzeyli bir hava değiştiricisinde karşılaştırılarak soğutulur.

Evaporatif soğutucular sıcak ve kuru iklimlerde uygun bir işlem olmasına rağmen, gerçek bir iklimlendirme tesisatından beklenen fonksiyonları her zaman yerine getiremez. Havanın hem sıcaklığının hem de neminin kontrolü istenilen yerlerde bu cihazlar, mekanik soğutmalı sistemlerin bir ön kademesi olarak düşünülebilir. Bütün bu sakıncalarına rağmen, kurak ve sıcak iklimlerde evaporatif soğutucular başarı ile kullanılabilirler.

#### 6.2.1.1. Evaporatif Soğutucuların Psikometrisi

Havanın adyabatik soğutulması işleminde dışarı ile ısı alışverişi yoktur. Evaporatif soğutmalı sistemlerde havanın kuru termometre sıcaklığının düşmesi nedeniyle soğuma olur. Bu esnada havanın yaş termometre sıcaklığı sabit kalır. Pratik olarak psikometrik diagramda sabit entalpi doğrusu ile yaş termometre doğrusu aynı kabul edilebilir. Sistemde dışarı ile ısı alışverişi olmadığından soğutma işlemi cihazın içinde olur. Bu iç ısı transferi suyun buharlaşması ile gereken gizli ısının, havanın duyulur ısınması neticesinde gerçekleşir. Havayı evaporatif olarak soğutma işlemi Şekil 6.1'deki gibidir.



Şekil 6.1. Psikometrik diagramda doğrudan ve doğrudan olmayan serinletici değişimler

Adyabatik nemlendiriciye A şartlarında giren hava, nemlendirici-den pratikte B şartlarında çıkarken, teorik olarak C doyma şartlarında çıkmaktadır. Doyma şartlarına ulaşıldığı C durumu için olaydaki ısı transferi mekanizması 1 kg kuru hava için matematik olarak

$$C_p (t_1 - t') = r (x_1 - x_3) \quad (6.1)$$

şeklinde verilebilir. Burada,

$$C_p : \text{Nemli havanın özgül ısısı} \quad (C_p = C_{ph} + x c_w) \quad (6.2)$$

$C_{ph}$  : Kuru havanın özgül ısısı

$X$  : Havanın özgül nemi

$C_w$  : Su buharının özgül ısısı

$t_1$  : Giriş havası kuru termometre sıcaklığı

$t'$  : Giriş havası yaş termometre sıcaklığı

$r$  : Su buharının gizli buharlaşma ısısı

anlamlandırılır.

Havanın kuru termometre sıcaklığında olabilecek maksimum düşme, giriş havasının kuru termometre ile yaş termometre sıcaklıkları farkı kadardır. Eğer hava yaş termometre sıcaklığına kadar soğutulabiliyor ise doymuş hale gelir ve bu işlem % 100 etkenlik ile oluşur. Pratikte gözönüne alınan buharlaşmalı serinletici bir cihazın etkenliği cihazdan çıkan havanın kuru termometre sıcaklığı ile giriş havasının kuru termometre sıcaklığı arasındaki farkın, giriş havasının kuru ve yaş termometre sıcaklık farkına oranı olarak

$$\varepsilon = (t_1 - t_2) / (t_1 - t'_1) \quad (6.3)$$

şeklinde tanımlanır. Pratikte doğrudan buharlaşmalı cihazlarda % 85-90 etkenlik elde edilebilir.

Şekil 6.1'deki psikometrik diagramda havanın duyulur soğuması ile aynı anlamlı olan doğrudan olmayan buharlaşmalı serinletici cihazdaki değişimde gösterilmiştir. Literatürde doğrudan olmayan buharlaşmalı serinletici cihazların da etkenlikleri, doğrudan buharlaşmalı serinleticilerinkine benzer olarak verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, doğrudan olmayan serinletme işlemi sabit özgül nem doğrusu boyuncaadır. Bu durumdaki etkenlik tanımı, birinci devredeki havanın giriş ve çıkış kuru termometre sıcaklıklarındaki farkın, ikinci devredeki havanın girişteki kuru ve yaş termometre sıcaklıkları farkına oranı olarak

$$\varepsilon = (t_1 - t_4) / (t_1 - t'_1) \quad (6.4)$$

şeklinde verilir. Bu cihazlarda kullanılan ısı değiştiricilerinin konstrüksiyonlarına, birinci ve ikinci devredeki havanın şartlarına bağlı olarak etkenlik maksimum % 85 olabilir.

### 6.2.1.2. Direkt Evaporatif Hava Soğutucuları

Pratikte genellikle direk evaporatif soğutucuların üç tipi olan (1) Su püskürtmeli tip hava yıkayıcı, 2) Islatılmış yüzeyli tip ve 3) Döner silindirli serinletici tip ile karşılaşılır.

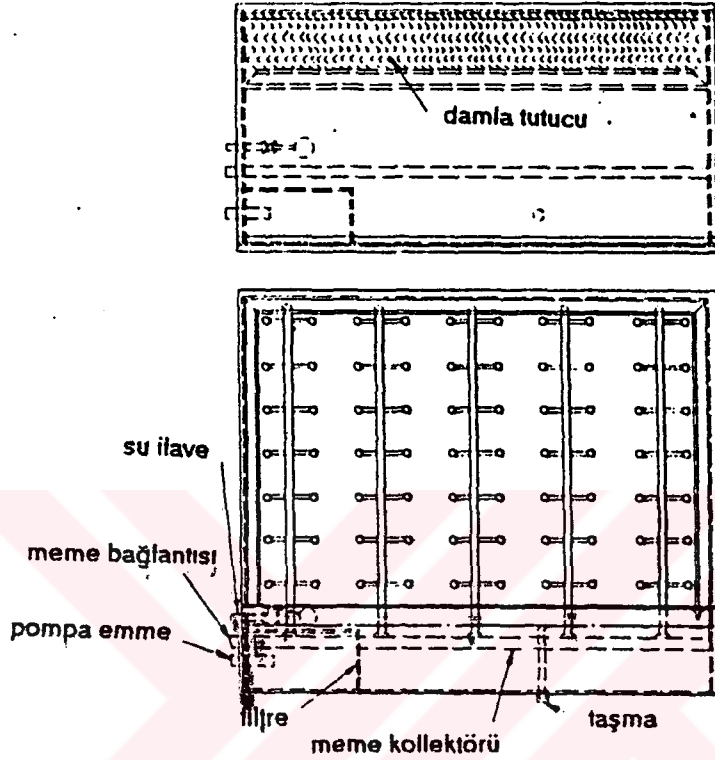
#### 6.2.1.2.1. Su Püskürtmeli Tip Hava Yıkayıcı

Bu tip evaporatif soğutucular korozyona dayanıklı çelik bir kasa içine yerleştirilmiş su püskürtücü memelerden oluşur. Bir aspiratör vasıtasıyla emilen hava, memelerden püskürtülen ince su zerreciklerinin arasından geçerken serinler. Cihaz içindeki yönlendirici ve damla tutucu elemanlar, hava akımı ile su zerreciklerinin sürüklenmesini önler. Suyu devrettiren pompanın debisi, suyun buharlaşma debisinden farklıdır. İyi dizayn edilmiş su püskürtmeli yıkayıcılarda havanın çıkıştaki kuru termometre sıcaklığı girişteki yaş termometre sıcaklığına  $1^{\circ}\text{C}$  fark olacak kadar yaklaşabilir. Bu tip cihazlar güvenilir, etkin ve ekonomiktir. Bunların ilk yatırım masraflarının fazla ağırlıklarının ve boyutlarının büyük olması en büyük sakıncalarıdır. Genel olarak, büyük ticari ve endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Bu tip cihazlar havanın serinletilmesi yanı sıra özellikle tozlu, kirli ortamlarda havanın temizlenmesi işlevini de başarı ile sağlar.

Hava yıkayıcılar için bir standartizasyon yoktur. Her imalatçı firma kendisine göre kapasite aralıklarını seçer ve her birinin hava hızı, su püskürtme yoğunluğu, püskürtme basıncı ve diğer dizayn faktörleri farklıdır. Pratikte 1 ila  $120\text{ m}^3/\text{h}$  kapasite aralığında imatlara rastlanabilir.

En basit bir dizayn su püskürtme memelerinin tek bir sıra halinde çoğunlukla 1 ila 2 m uzunluktaki bir kasa içine yerleştirilmesi ile elde edilir. Cihazın serinletme ve temizleme etkenliğini arttırmak için iki veya daha fazla sıra püskürtme memeleri kullanılmalıdır. İlk meme sırası, girişten 0,3 m öne konulurken, son meme sırası, çıkıştan 0,5 m geriye konulmalıdır.

Şekil 6.2 tek sıralı klasik bir su püskürtmeli hava yıkayıcının konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 6.2. Tek sıralı bir su püskürtmeli hava yıkayıcı.

Bu tip cihazdan esas olarak istenen özellikler sırasıyla (1) Cihaz içinde hava düzgün bir şekilde dağılmalıdır. (2) Yeterli miktardaki su zerrecikleri hava içine püskürtülmelidir, (3) Su zerreciklerinin dağılımı düzgün olmalıdır, (4) Isı ve kütle transferinin oluşabilmesi için yeterli uzunluk olmalıdır, (5) Çıkışta hava içinde su zerrecikleri bulunmamalıdır. Hava yıkayıcının kesiti hava debisi ve hava hızı yardımı ile bulunur. Özel damla tutucular kullanılması durumunda hava hızı 8 m/s değerine kadar çıkabilirse de genellikle hız için 1,5- 3 m/s değerleri aşılmaz.

Su püskürtmeli hava yıkayıcılarda memelerden püskürtülen su miktarı tek sıralı memelerde  $0,5 \text{ kg/m}^3$  (hava debisi) değerinden çok sıralı memelerde  $10,5 \text{ kg/m}^3$  (hava debisi) değerine kadar değişebilir. Memelerde istenen basınca cihazın yüksekliğine, su borusu hatlarındaki basınç kayıplarına bağlı olarak, su püskürtmeyi sağlayan pompa

basıncı 160 ila 300 kPa arasında değişir. Su buharlařtıķa gerideki su içindeki tuz derişikliğini azaltmak için, pompanın beslediği suyun % 10 kadarı sürekli dışarı atılır. Bu Şekilde ıslak yüzeylerde ve memelerde oluşabilecek kimyasal birikintilerin olumsuz etkileri azaltılabilir. Sert su kullanan cihazlarda dışarı atılan su yüzdesi bir miktar daha arttırılabilir.

Suyun pskrtldği memeler havanın geçtiği bölümlerde düzgün olacak Şekilde atomize su zerrecikleri sağlamalıdır. Memelerdeki basınç genelde 140 ila 180 kPa arasında değişir. Yüksek etkenliğin istendiği ince damlacıkların gerekli olduğu küçük çaplı memelerde basınç, 280 kPa değerine çıkabilirken, meme çapının nispeten büyük olduğu adi nemlendirme işlemlerinde kullanılan cihazlardaki memelerdeki basınç 170 kPa civarındadır. Kimyasal tuzların fazla olduğu sert suların kullanılması durumunda daha büyük bir pompa kapasitesi gerekse dahi büyük çaplı memeler kullanılmalıdır. Memelerden püskürtülen su kapasitesi, meme başına 60 ile 200 gr/s arasında değişir. Su püskürtme yoğunluğu ise genel olarak meme sırası başına 0,7 ila 34 kg/m<sup>2</sup> (akışa dik kesit) seçilebilir. Bu sıraya m<sup>2</sup> başına 8 ila 27 meme yerleştirilebilir. Meme yoğunluğunun küçük olduğu durumlarda havanın kısa devre yapmasını önlemek için küçük çaplı memeler kullanılmalıdır.

Su filtreleri genellikle ince delikli bakır ve pirinç eleklerden yapılır. Bunların delik çapları memelerin delik çaplarından daha küçük olmalıdır. Kontrolleri ve değiştirilmeleri kolay olmalıdır. Tekstil fabrikaları gibi yüksek oranda tozlu ortamlarda çalışan cihazların filtreleri sürekli olarak otomatik temizlenmeye imkan verecek Şekilde dizayn edilmelidir.

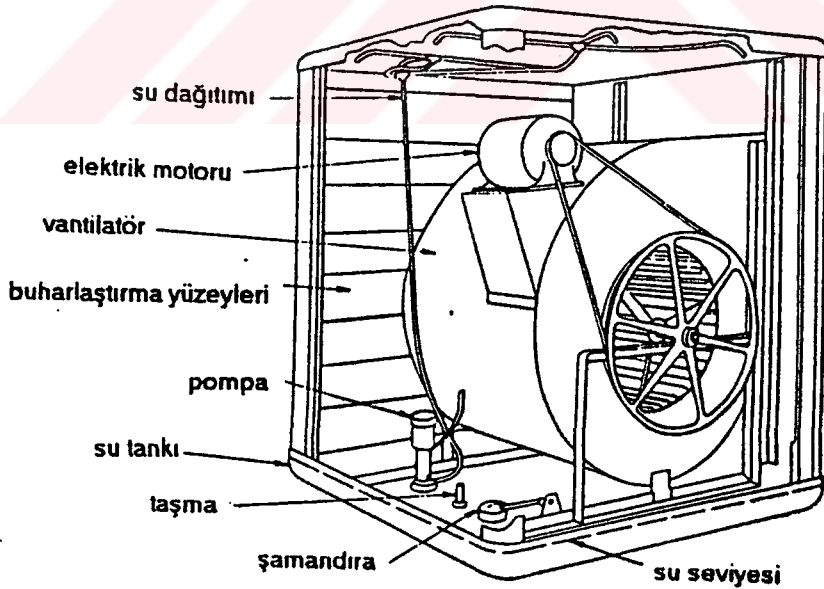
Hava tarafındaki yük kaybı kanatların, damla tutucuların, ıslak yüzeylerin konstrüksiyonuna, meme sıra sayısına, hava hızına ve cihazda varsa hava ısıtıcısı, hava soğutucusu gibi elemanlara bağlı olarak değişmektedir. Yük kaybı 60 ila 250 kPa arasında değişmektedir.

Cihazın kontrolü için bir veya iki kapısı bulunmalıdır. Su tankı en az 400 mm yksekliliğinde su seviyesi en az 350 mm olmalıdır. Damla

tutucular havayı yönlendirirken sağladığı ıslak yüzeyler ile su zerreciklerinin geçişine mani olmalıdır. Bunlar aralarında 20 ila 50 mm boşluk olacak şekilde yerleştirilir. Bazen yıkayıcı çıkışına delikli levha konularak havanın düzgün bir şekilde akması sağlanır.

#### 6.2.1.2.2. Islatılmış Yüzeyle Tip Hava Serinleticiler

Bu tip serinleticilerde çoğunlukla ağaç yongaları, cam, plastik veya porselenden yapılmış ıslatılmış yüzeyler bulunur. Yüzeylerin ıslatma kabiliyetini arttırmak ve bakteri, yosun gibi bazı mikroorganizmaların üremesine mani olmak için, bu yüzeylerin üzerine bazı kimyasal işlemler yapılır. Cihaz içindeki bir sirkülasyon pompası depodan aldığı suyu bu yüzeyler üzerine akıtarak ıslanmasını sağlar. Bir aspiratör yardımı ile emilen hava bu yüzeyler arasından geçerken serinler. Bu tip cihazlar havalandırma kanallarına konulabildiği gibi, bina içine, çatıya veya pencereye de monte edilebilir. Şekil 6.3'te karakteristik bir ıslatılmış yüzeyle serinletici görülmektedir.



Şekil 6.3. Islatılmış yüzeyle evoparatif hava serinletici.

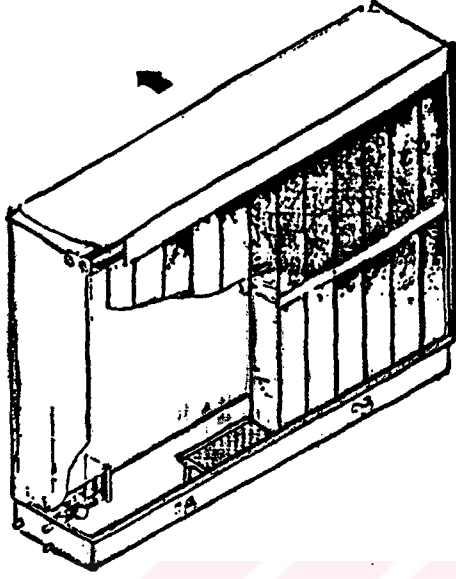
Su püskürtmeli hava yıkayıcılara göre bu cihazın etkinliği biraz daha küçüktür. Genel olarak bunların etkinliği en çok % 80 değerinde olup, bunlardan çıkan havanın k.T. sıcaklığı, giriş havasının Y.T.

sıcaklığına 2 ila 3°C yaklaşabilmektedir. Kapasiteleri 0,02 ila 10 m<sup>3</sup>/s arasında değişebilmektedir. Bina içindeki ıslak yüzeyli serinleticilerin kapasiteleri 0,02 ila 0,09 m<sup>3</sup>/s arasında değişirken, kanallara monte edilen tiplerde ise 2,5 ila 10 m<sup>3</sup>/s arasında değişir.

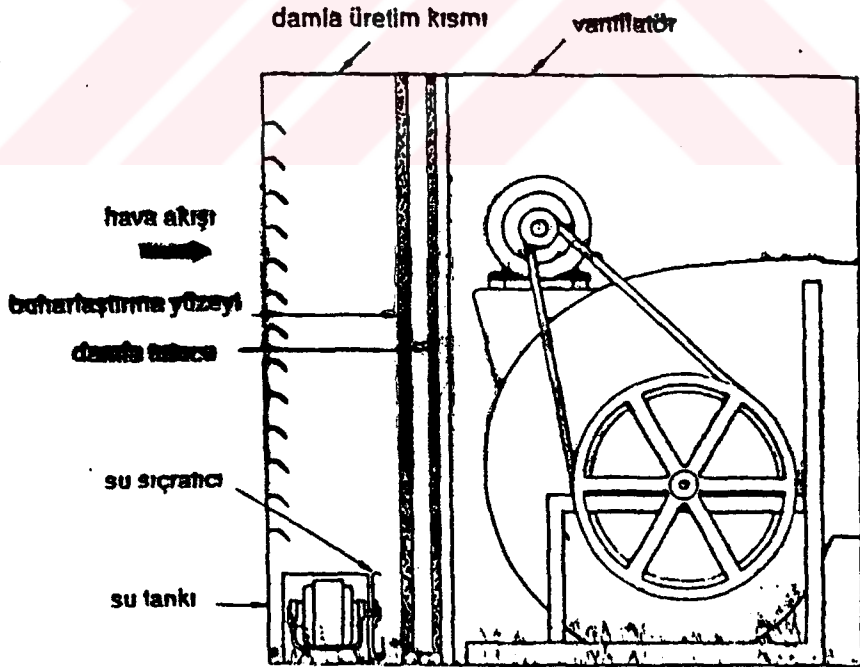
Bu tip cihazlarda buharlaştırıcı yüzeye havanın alın giriş hızı 0,5 ila 1,3 m/s arasındadır. Bunlardaki yük kaybı 25 Pa civarındadır. Kullanılan ıslak yüzey elemanının 50 mm kalınlığı için yaklaşık ağırlığı 1,5 ila 2 kg/m<sup>2</sup> değerindedir. Bu elemanlar kolayca değiştirilebilecek, pompadan gelen suyu her tarafa düzgün olarak yayabilecek bir şekilde imal edilmelidir.

Şekil 6.4'de görüldüğü gibi, doğrudan havalandırma kanalı üzerine monte edilebilen ıslatılmış yüzeyli evaporatif serinletici cihazlar da imal edilebilir. Bunlarda kullanılan yüzeyler tabakalar halinde sert ve dalgalı tipten selüloz veya cam yününden yapılmıştır. Sertliği sağlamak ve zamanla bozulmaları önlemek için bazı reçineler ile kimyasal işlemler yapılır. Hava ile suyun zıt yönde akışını sağlamak için tabakalara uygun açılar verilir. Tabaka kalınlığı 100 ila 600 mm arasında yapılabilmesine rağmen kalınlık için en çok 300 mm değeri kullanılır. Islatılmış yüzeylerin, hava akımına en az direnç göstermesi, yüksek etkenlik sağlayabilmesi ve kendi kendini temizleyebilme imkanının olması belli başlı karakteristik özellikleridir. Islak yüzeyin kalınlığına konstrüksiyonuna ve hava hızına bağlı olarak cihazın etkenliği % 70 - 95 arasında değişebilir. 280 m<sup>3</sup>/s hava debisine kadar kullanılabilir.

Islatılmış yüzeyli evaporatif hava serinleticilerinin diğer bir örneği Şekil 6.5'te görülen su sıçratmalı palet tipi hava serinleticisidir. Bir elektrik motoru ile tahrik edilen ve su içine daldırılan bir disk yardımı ile hava akımı içine su sıçratılır. Pratik olarak elde edilebilen etkenlik en fazla % 80, hava debisi ise 14 m<sup>3</sup>/s değerine ulaşabilmektedir. Buharlaştırıcı ve nem tutucu dolgu elemanları kauçuk veya cam elyafı ile demir olmayan metal konstrüksiyondan 20 ila 50 mm kalınlıkta yapılabilir. Girişteki hava hızı 1,5 ila 3 m/s arasında seçilebilir.



Şekil 6.4. Havalandırma kanalına monte edilebilen ıslatılmış yüzeyli evaporatif hava serinletici.

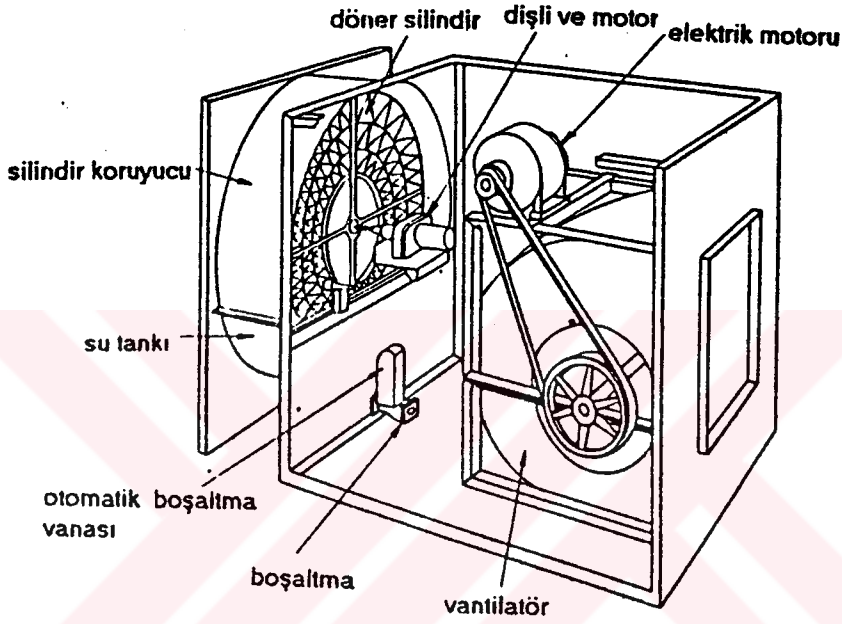


Şekil 6.5. Su sıçratmalı paket tipi evaporatif hava serinletici.

#### 6.2.1.2.3. Döner Silindirli Hava Serinletici

Bu tip serinleticilerde Şekil 6.6'da görüldüğü gibi esas olarak bir kısmı su içinde diğer kısmı serinletilmek istenen hava içinde

dönen silindirik gözenekli bir elemandan meydana gelir. Paket tipi olanlarda aspiratör ve bu aspiratörü tahrik eden elektrik motoru ve kayış kassak mekanizması bulunur. Silindirik elemanın dönme eksenini, hava akımına paralel veya dik olacak şekilde, iki tipte konstrükte edilebilir.



Şekil 6.6. Döner silindirik evoparatif hava serinletici

Her iki tipte de çıkış havası kuru termometre sıcaklığı, giriş havası yaş termometre sıcaklığının  $2^{\circ}\text{C}$  daha yukarısına yaklaşabilir. Bunların hava kapasitesi 1 ila  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  arasında değişebilir. Girişteki hava hızı 0,5 ila  $3 \text{ m/s}$ , yük kaybı ise 120 Pa değerlerindedir. Su içindeki tuz değişikliğinin artmasını önlemek bakımından zaman ayarlı bir otomatik vana ile periyodik olarak depodaki su değiştirilir.

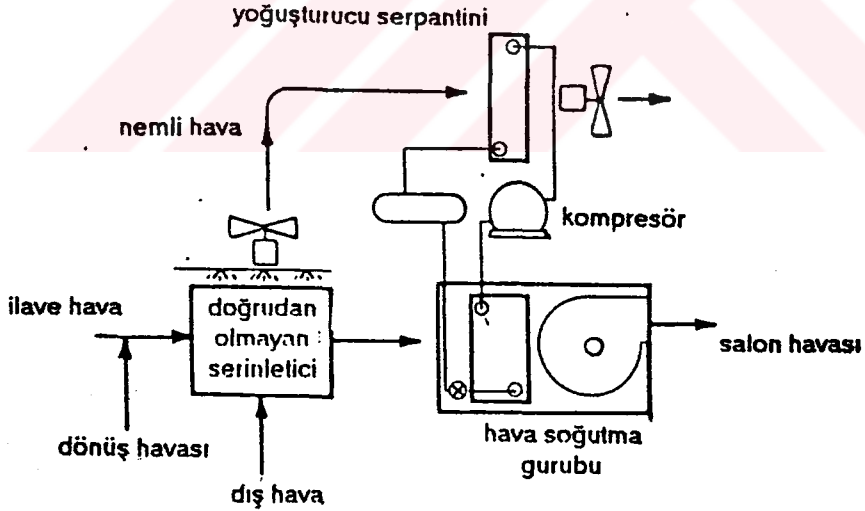
#### 6.2.1.3. İndirekt Evoparatif Hava Soğutucuları

İndirekt evoparatif hava soğutucularında, dış hava veya şartlandırılmış salondan atılan egzoz havası yüzeyli bir ısı değiştiricisinin bir tarafından geçirilir. İkinci devre havası olarak adlandırılan bu hava önce kısım 6.2.1.2'de incelenen doğrudan buharlaşmalı herhangi bir yöntem ile serinletildikten sonra ısı değiştiricisine gönderilir.

Isı değiştiricisinin diğer tarafında ise birinci devre havası olarak adlandırılan (şartlandırılmak istenen) hava duyulur olarak soğutulur.

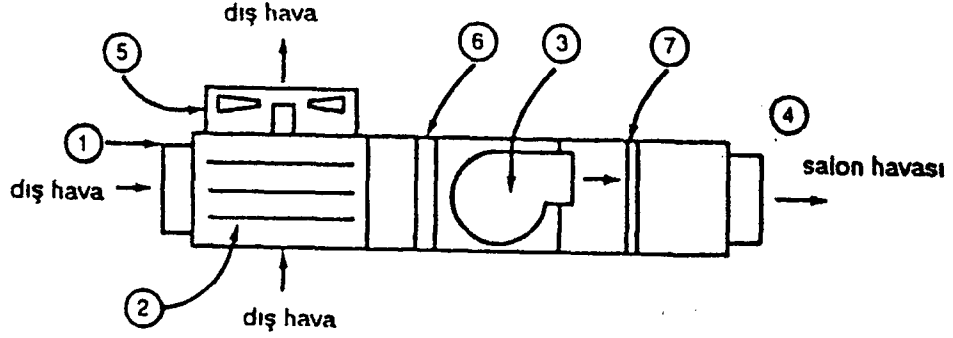
Görüldüğü gibi bu olayda birinci devredeki havanın soğutulması esas olarak buharlaşmalı bir serinletme yardımı ile olmasına rağmen, bu havanın özgül neminde hiçbir değişiklik olmamaktadır. Bu yüzden, bu işlem indirekt evaporatif soğutma olarak adlandırılır. Birinci devre havası istenirse iç hava veya dış hava ya da bu ikisinin karışımı olarak alınabilir. İşlem esnasında birinci devre havasına nem girişi olmadığından ve bu havanın entalpisi azaldığından bu işlem entalpinin sabit olduğu direkt evaporatif işlemden prensip olarak farklıdır.

Bu tip cihazlar kendi başlarına kullanılabildikleri gibi, mekanik soğutmali devrelerin bir ön kademesi olarak ta kullanılabılır. şekil 6.7'de indirekt evaporatif soğutmali bir paket tipi serinleticinin mekanik olarak soğutulan bir devrenin ilk kademesinde kullanılışı görülmektedir.



şekil 6.7. İndirekt evaporatif serinleticinin ön soğutucu olarak kullanılması.

şekil 6.8'de ise aynı cihazın tam şartlandırma yapabilen bir iklimlendirme santralinde ön kademe olarak kullanılışı verilmiştir.



- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1 Hava girişi                               | 5 Nemli kısım vantilatörü |
| 2 Doğrudan olmayan buharlaşmalı serinletici | 6 Soğutucu serpantin      |
| 3 Kuru kısım vantilatörü                    | 7 Isıtıcı serpantin       |
| 4 Salona giden hava kanal bağlantısı        |                           |

Şekil 6.8. İndirekt evaporatif serinleticinin bir iklimlendirme santralinin ön kademesi olarak kullanılması.

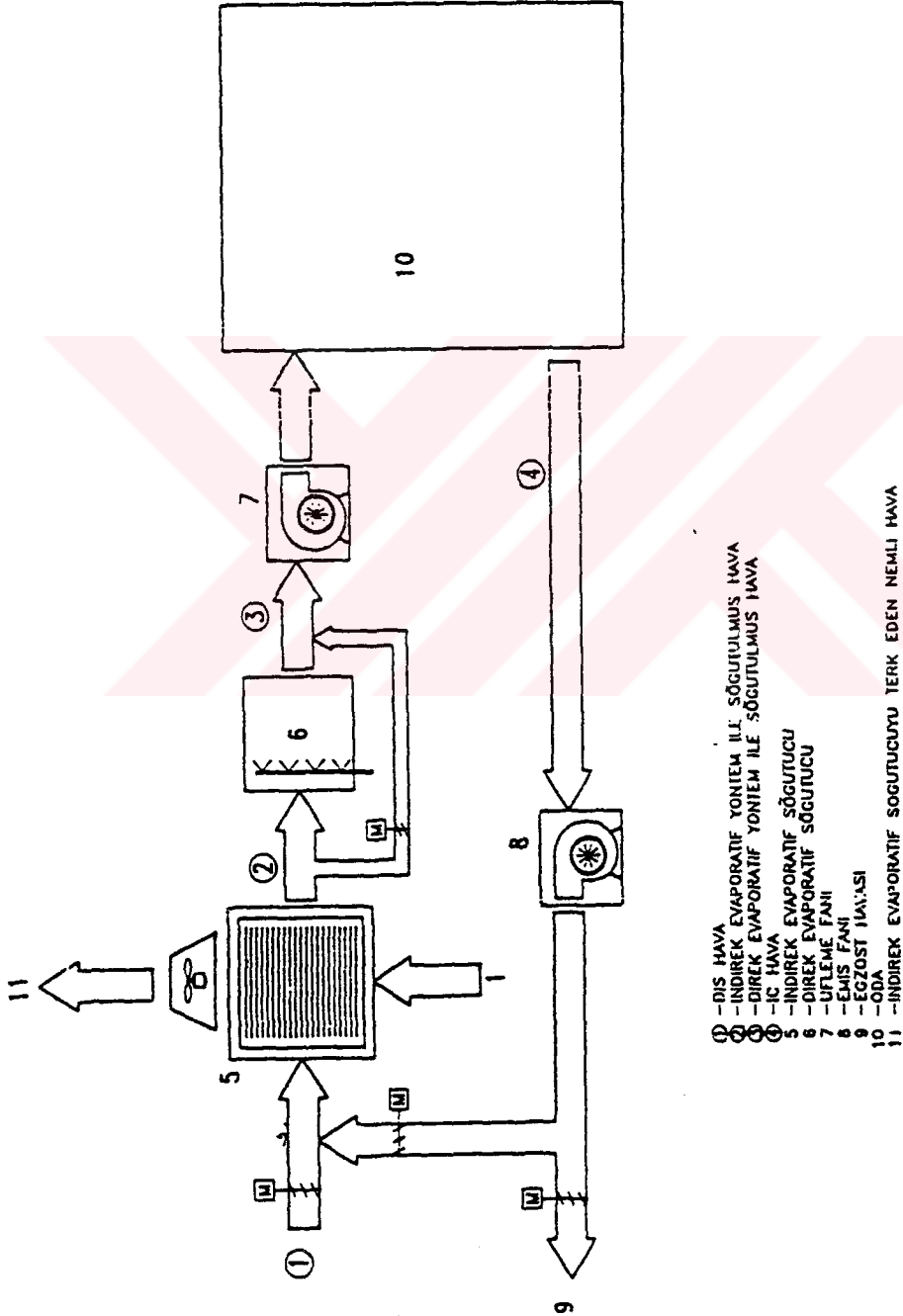
Klasik mekanik soğutma devrelerine göre, bu devrelerdeki cihazların fazladan olan enerji ihtiyaçları, su pompası ve ikinci devrede kullanılan vantilatör motoru ile ilave yük kayıpları nedeniyle birinci devredeki vantilatör gücündeki bir miktar artma kadardır. Bunların ilavesi ile mekanik soğutma devrelerinde tasarruf edilen enerji bu cihazların enerji sarfiyatları yanında çok büyüktür. Ayrıca birçok yerde bu indirekt ön serinletici, yıllık soğutma yükünün büyük bir kısmını, mekanik soğutma devresini çalıştırmadan tek başına karşılayabilir.

Tipik indirekt evaporatif serinleticilerin her iki hava devresindeki yük kaybı 50 ila 500 Pa arasında değişir. Etkenliğe bağlı olarak ikinci devredeki hava debisinin birinci devredeki hava debisine oranı 0,6 ila 1 arasındadır. Bu cihazların etkenlikleri ise, çeşitli firmalarca % 40 ile % 80 arasında verilmiştir.

#### 6.2.1.4. Direkt/İndirekt Evaporatif Soğutucuların Kombinasyonu

İndirekt/direkt evaporatif soğutma sisteminin bir mahal iklimlendirilmesi prosesinde kullanılması Şekil 6.9'da gösterilmektedir. Birinci kademede indirekt evaporatif soğutucuda sabit mutlak nemde

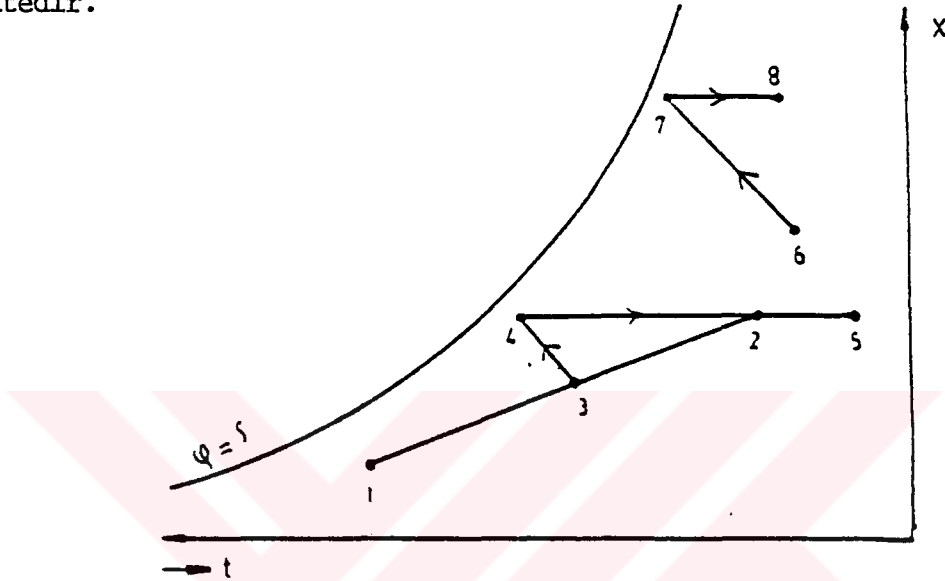
soğutulan dış havanın hem kuru termometre hem de yaş termometre sıcaklığı düşer. İkinci kademede direkt evaporatif yöntem ile soğutulan havanın yaş termometre sıcaklığı sabit kalır. Soğutulan hava üfleme fanı yardımıyla iklimlendirilecek mahale gönderilir. Mahalde ürtiyen ısı nedeniyle ısınan hava ise dönüş fanı yardımıyla dışarı atılır.



Şekil 6.9. İndirekt/direkt evaporatif soğutma ile gerçekleştirilen iklimlendirme sistemi.

### 6.2.1.5. Evaporatif Soğutucuların Yaz/Kış Çalışmasının Psikometrik Diagramda Gösterilişi

Evaporatif soğutucuların yaz/kış çalışmaları Şekil 6.10'da görülmektedir.



Şekil 6.10. Evaporatif soğutucuların Yaz/Kış çalışmasının psikometrik diagramda gösterilişi

Kış

Yaz

1 : Dış hava

6 : Dış hava

2 : İç hava

7 : Yıkayıcı çıkışı

3 : Karışım havası

8 : İç hava

4 : Yıkayıcı çıkışı

6-7 : Adyabatik nemlendirme

5 : Oda üfleme havası

7-8 : Odada ısınma

3-4 : Adyabatik nemlendirme

4-5 : Isıtıcıda ısıtma

5-2 : Odada soğutma

## a) Yaz Çalışması

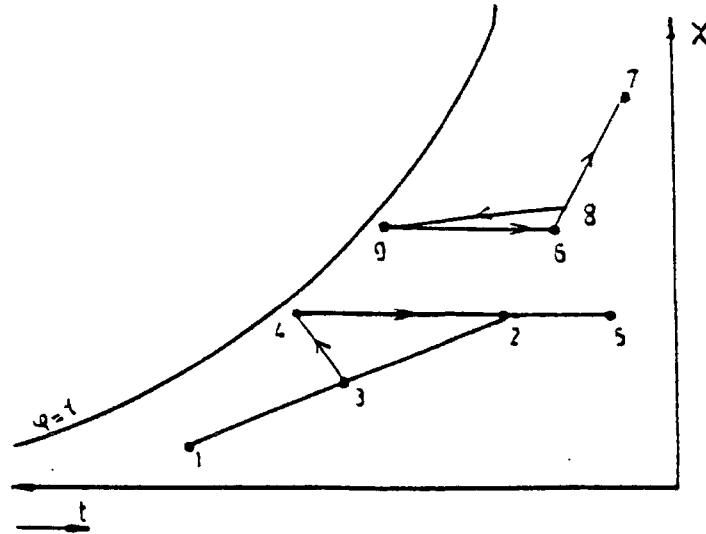
% 100 dış hava yıkayıcıdan takriben % 90-95 bağıl nemde çıkar ve mahale üflenir. Hava mahalde ısınarak içerisinin istenen bağıl nem değeri temin edilir. Bu sistemde mahaldeki termik yük ve hava miktarları ne olursa olsun iç K.T. sıcaklığını, dış havanın yaş termometre sıcaklığının altına düşürmek mümkün değildir. Mahalde yüksek bağıl nem istenmesi halinde t küçüleceği için büyük hava miktarları gereklidir. Bu bakımdan % 65'e kadar olan bağıl nem şartlarında ekonomiktir.

## b) Kış Çalışması

İç ve dış hava nemlendirildikten sonra ısıtılarak odaya üflenir hava mahalde soğuyarak istenen nem ve sıcaklık temin edilir.

## 6.2.2. Mekanik Soğutmalı Sistemler

Mekanik soğutmalı sistemler soğutulmuş su üretme ünitesi dışında evoparatif soğutmalı sistemlerle benzerdirler. Soğutma birimi kondenser, kompresör, evoparatör, soğutma kulesi, pompalar ve diğer teçhizatlardan meydana gelir. Mekanik soğutmalı sistemin psikometrik diagramdaki çevrimi Şekil 6.11'de görülmektedir.



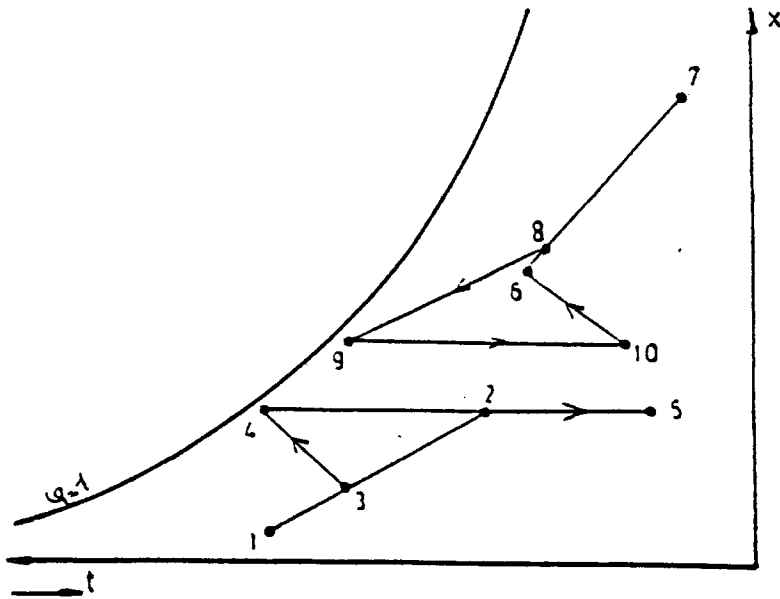
Şekil 6.11. Mekanik soğutmalı sistemin psikometrik diagramda gösterilişi.

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1 : İç hava         | 3-4 : Soğutma ve nem alma |
| 2 : dış hava        | 4-1 : Odada ısınma        |
| 3 : Karışım havası  |                           |
| 4 : Yıkayıcı çıkışı |                           |

(1) iç hava ve (2) dış havanın karışımı olan (3) karışım havası (4) noktasına kadar hem soğutulup hem de nemi alınarak odaya üflenir. Hava odada ısınarak istenen nem ve sıcaklık değerine ulaşır. Genellikle dış hava oranı % 5-10 kadardır. Bu sistem nemin yanı sıra iç sıcaklığında belirli bir değerde olması istenen tekstil proseslerinde uygulanır. Soğuk su hazırlama ünitesi dolayısıyla pahalı bir sistemdir.

Mekanik soğutmalı sistem dış koşullar ne olursa olsun mahalde istenen şartları en küçük limitlerde sağlar, fakat kompresör, evaporatör ve kondenserden oluşan Chiller grubunun işletme maliyetleri oldukça yüksektir.

Mekanik soğutmalı sistemlerde soğuk olarak püskürtülen su havayı soğutmakta, bağıl nemi arttırmakta ve özgül nemi azalmaktadır. Özgül nem ilavesi atomizörler vasıtasıyla olmaktadır. Atomizörlü mekanik soğutmalı sistem Şekil 6.12'de görülmektedir.



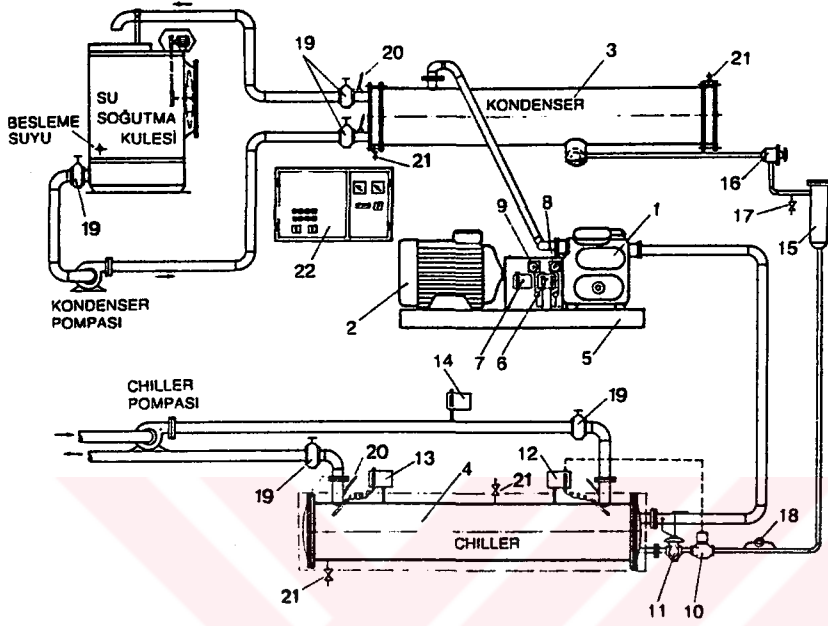
Şekil 6.12. Mekanik soğutma ve atomizörlü sistem.

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1 : İç hava         | 3-4 : Soğutma ve nem alma |
| 2 : Dış hava        | 4-5 : Odada ısıtma        |
| 3 : Karışım havası  | 5-1 : Atomizasyon         |
| 4 : Yıkayıcı çıkışı |                           |
| 5 : Atomizör girişi |                           |

Karışım havası yıkayıcıdan geçerken çığ noktası sıcaklığının altına soğutulursa, eğer oda özgül neminin korunması isteniyorsa atomizörler yerleştirilmelidir.

Atomizörsöz mekanik soğutma sistemleri karışım havasını bu havanın çığ noktası sıcaklığının altına soğutamaz. Çünkü nem kaybını giderecek bir pozisyonları yoktur. Hava odaya, istenen oda şartlarını sağlamak için daha yüksek sıcaklıkları, daha büyük fanları, motorları ve kanalları gerektirecek şekilde girmelidir.

Mekanik soğutmalı sistemde soğuk su üretme grubunun elemanları Şekil 6.13'de şematik olarak görülmektedir.

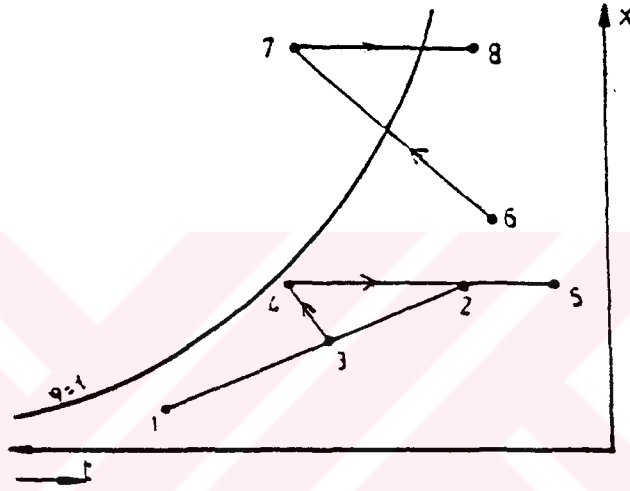


- 1- SOĞUTMA KOMPRESÖRÜ: JAPONYA Menşeli, MYCOM marka, J tipinde R12 R22 ve R502 ile çalışır.
- 2- ELEKTRİK MOTORU: Kapalı tip 380/660 Volt, 50 Hz, 1450 dev/dak. ve trifaze.
- 3- KONDENSER (Yoğuşturucu): Shell and tube tipinde, finli bakır boru ve çelik gövdeden mamuldür.
- 4- CHILLER (Su soğutucu): Shell and tube tipinde, bakır borulu ve çelik gövdeden mamuldür.
- 5- ÇELİK KAİDE: Kompresör, Motor, Kondenser, Chiller ve Elektrik panosunu kompakt bir ünite şeklinde monte etmeye yarar.
- 6- DUAL PRESOSTAT: Alçak ve yüksek basınç kontrol otomatığı.
- 7- DİFERANSİYEL YAĞ BASINÇ PRESOSTATI: Yağ basınç kontrol otomatığı.
- 8- ALÇAK BASINÇ MANOMETRESİ: Emme tazyiki göstergesi.
- 9- YÜKSEK BASINÇ MANOMETRESİ: Basma tazyiki göstergesi.
- 10- SOLENOİD VALF: Manyetik vana.
- 11- EXPANTİON VALF: Termostatik genişleme valfi.
- 12- CHİLLER TERMOSTATI: Soğuk su termostati. (İşletme termostati)
- 13- DONMA TERMOSTATI: Chillerin donmasını önler.
- 14- FLOW SWITCH: Su akış kontrol otomatığı.
- 15- DRIER FİLTRE: Kurutucu filtre.
- 16- STOP VALF: Soğutma vanaları.
- 17- ŞARJ VANASI: Gaz verme vanası.
- 18- SİHT GLASS: Gözetleme camı.
- 19- SU VANALARI.
- 20- TERMOMETRELER.
- 21- HAVA VE SU TAHLİYE VANALARI.
- 22- ELEKTRİK KUMANDA TABLOSU.

Şekil 6.13. Mekanik soğutmalı sistemde soğuk su üretme grubu.

### 6.2.3. Süpersatürasyonlu Soğutma Sistemi

Yüksek bağıl neme ihtiyaç duyulan veya makinalardan olan ısı kazançlarının çok yüksek olduğu tesislerde ekonomik olarak havalandırma yapmak için süpersatürasyonlu soğutma sistemi önerilir. Süpersatürasyonlu sistemin psikometrik diagramdaki işlemleri Şekil 6.14'de görülmektedir.



Şekil 6.14. Süpersatürasyonlu soğutma sisteminin psikometrik diagramda gösterilişi.

- |                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| 1 : dış hava                     | 1-2 : süpersatürasyon |
| 2 : süpersatürasyon cihaz çıkışı | 2-3 : Odada ısınma    |
| 3 : iç hava                      |                       |

Süpersatürasyonlu sistemde % 100 dış hava, hemen fan çıkışında özel nemlendiriciler vasıtasıyla doyma eğrisini geçerek, sis bölgesine kadar nemlendirilir ve odaya üflenir. Süpersatürasyon işleminde kullanılan atomizörler oda içinde kullanılanlardan daha büyük debili olmakta ve her hatta 2 veya 3 tane bulunmaktadır. Bu sistemde de ekonomik hava miktarları ile yüksek nem elde etmek mümkündür. Ancak üfleyci kanallar diğer sistemlerden farklıdır. Farklılık sis halindeki havanın taşınmasından ileri gelmektedir. Kanalda özel damla tutucular bulunur. Menfezlerde seperatörlerle teçhiz edilmiştir. Havanın ısındıkça nemini çabuk bırakma eğilimi nedeniyle bu kanallar uzun ola-

mayacağı gibi branşmanda alamazlar. Hava kanallarda dolaşırken yoğunlaşan su, kanalların alt kısmında bulunan savaklarda toplanıp tahliye edilmektedir. Bu sistemin önemli bir dezavantajı vardır ki bu birçok fabrikanın başına dert olmuştur, herhangi bir arıza sırasında - örneğin savaklardan su taşması veya savağın delinmesi- o andaki dokuma prosesine azımsanamayacak zararlar verir.



## BÖLÜM 7

### TİP PROJE

#### 7.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler

İncelenen proje Yazeks-Tekstil fabrikası iplik ve dokuma salonları klima sistemidir. Tesisin bulunduğu yer Ellikale/karakalpakistan (Özbekistan Cumhuriyeti)'dir.

##### 7.1.1. Dış Hava Şartları

###### YAZ

Kuru termometre sıcaklığı . . . . .	: K.T. = 43°C
Bağıl nem . . . . .	: B.N. = % 15
Mutlak nem . . . . .	: X = 0,008 kg/kg kuru hava

###### KIŞ

Kuru termometre sıcaklığı . . . . .	: K.T. = -20°C
Bağıl nem . . . . .	: B.N. = % 90 - % 100
Mutlak nem . . . . .	: X = 0,0006 kg/kg kuru hava

##### 7.1.2. Seçilen Hava Şartları

Kuruluş tarafından verilen bilgiler içinde, her makina holü için yaz ve kış değerleri belirtilmiştir. Bağıl nem değerleri kısmen farklılık göstermesine rağmen birbirine yakındır. Ancak sıcaklık değerleri seçilecek klima sistemine bağlıdır.

Klima sistemi için 2 ana çözüm vardır :

- a) Evaporatif soğutma (Nemlendirme) - Nem kontrolü (Yaz/Kış)
- b) Mekanik soğutma Sıcaklık ve nem kontrolü (Yaz/kış)

Hesaplara alınan iç hava şartları (KT ve BN) Tablo 7.1'de verilmiştir.

SALON İSMİ	Yaz Şartları		Kış Şartları	
	B.N. (Bağıl Nem)	K.T. (Sıcaklık)	B.N. (Bağıl Nem)	K.T. (Sıcaklık)
HARMAN HALLAÇ	% 50	Serbest max 34	% 50	22-24°C
TARAK	% 50	" max 34	% 50	22-24°C
CER.	% 50	" max 34	% 50	21-22°C
OPEN-END (Fıtıl/Ring/Bobin)	%50-60	" max 32	%50-60	22-24°C
DOKUMA	%80-82	" max 26	%80-82	22-24°C
HASIL-ÇÖZGÜ	%65-70	" max 25	%65-70	22-24°C

Tablo 7.1. Sağlanması planlanan klima şartları.

### 7.1.3. Bina Özellikleri

Asma tavan var kabul edilmiştir.

Dış duvar : İzoleli Panel :  $K_{max.} = 0,4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Çatı : İzoleli Panel :  $K_{max} = 0,4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Döşeme : (İzolesiz) :  $k = 2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Toprak sıcaklığı:  $t_{dış} = - 20^\circ\text{C}$  için  $t_{döş} = + 3^\circ\text{C}$

Dış kapı (İzoleli metal) :  $k = 3 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Pencere : Dış pencere hiç yoktur.

### 7.1.4. Aydınlatma

Floresant Armatir :  $12 \text{ watt/m}^2$  kabul edildi  
(balast faktörü :  $f = 1,25$  alınmıştır)

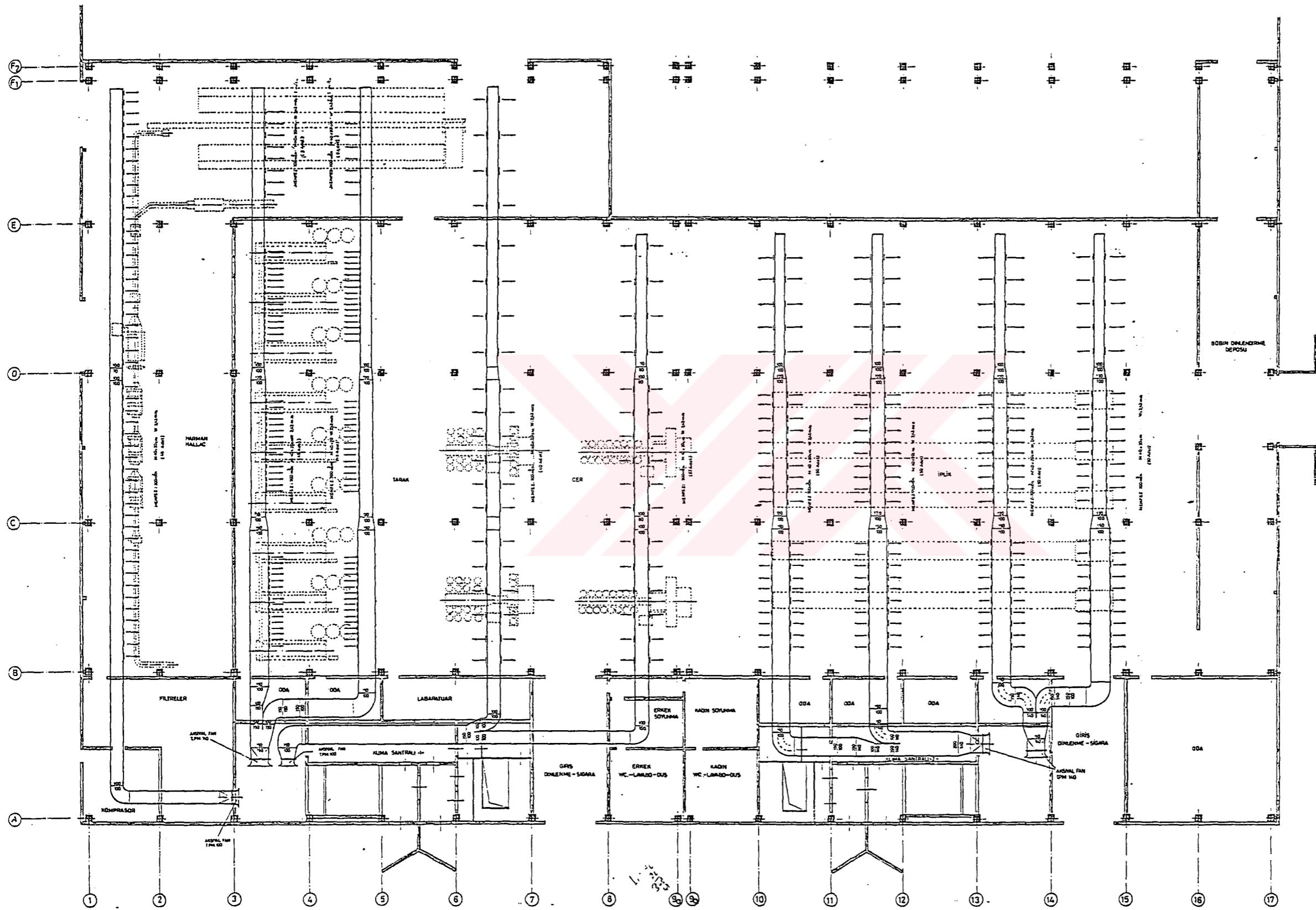
7.1.5. Makina Güçleri ve Diversite (eş zaman) Faktörü + Kişi Adedi

Tablo 7.2'de makina güçleri, diversite faktörleri ve birimlerde çalışan kişi adetleri gösterilmiştir.

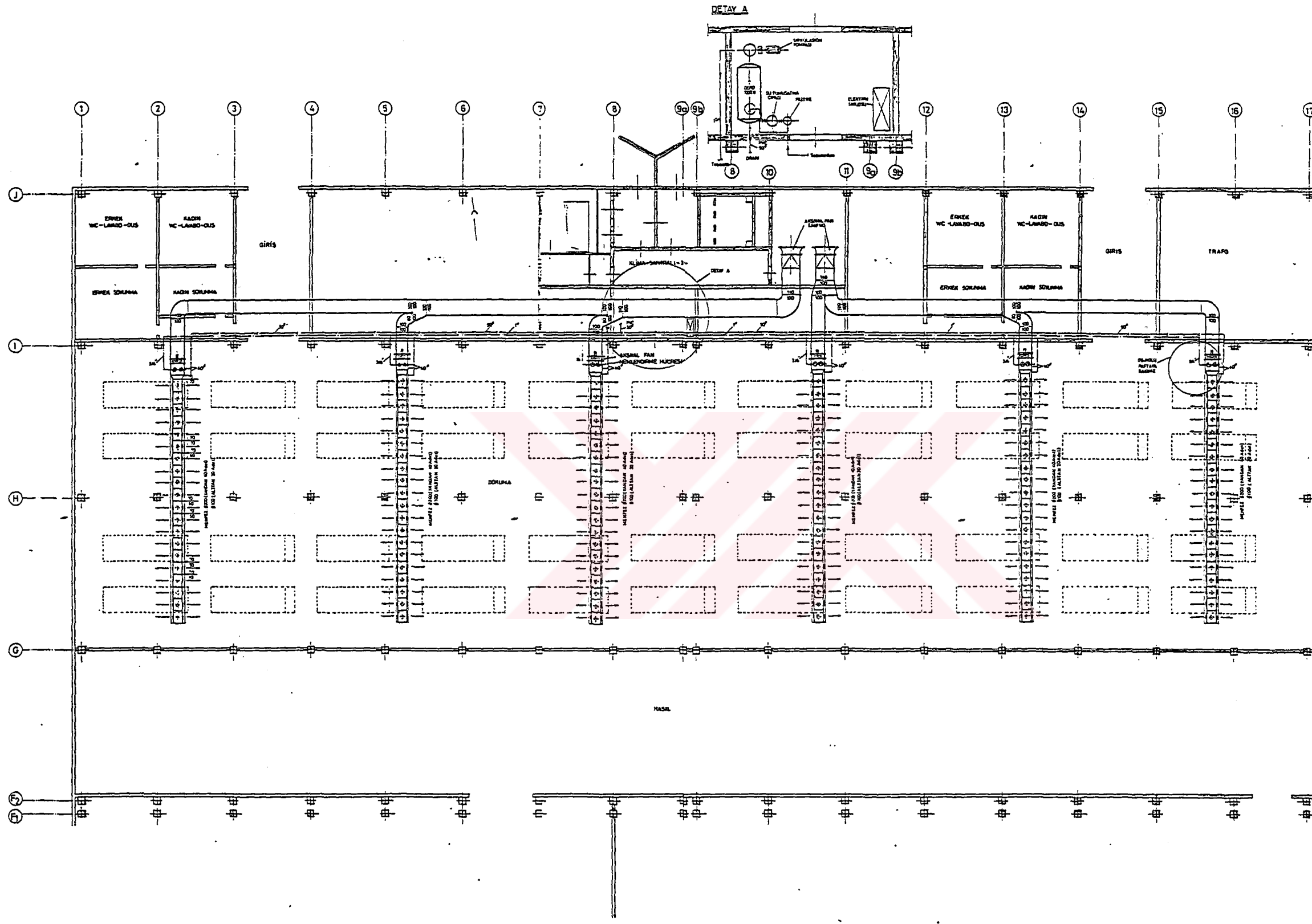
SALON	Makina Güçleri ve Diversite Faktörü					Kişi adedi max.
	Adet	Güç (kw)	Toplam Güç (kw)	D <sub>f</sub>	Hesaba konan kw	
Harman Hallaç	1 1	83 kw 10 mw	93 kw	% 85	79 kw	10 kişi
Tarak	8	-	205 kw	% 85	200 kw	10 kişi
Cer	6	-	168 kw	% 85	143 kw	15 kişi
Open-end	8	75 kw	600 kw	% 80	480 kw	15 kişi
Dokuma	40	6.0 kw	240 kw	% 90	216 kw	20 kişi
Çözgü	1	50 kw	50 kw	%100	50 kw	10 kişi
Haşıl Haşıl pişirme	1 1	100 kw 10 kw	100 kw 10 kw	%100	110 kw	10 kişi

Tablo 7.2. Makina güçleri ve diversite faktörleri + işçi adedi.





KARAKALPAKISTAN TEKSTİL FABRİKASI 2 (ELLİKALE)			
İPLİK SALONU		KİLİMA TESİSATI	
TERMAS		YERİN ÖZGİTİM KANALLARI KİLİMA SANTRALI	
ÖLÇEK	1/100	İKLİM	ORTA
YERİ	UZUNYOLU KENTİ	TARİHİ	25-6-1988
HAZIRLAYAN	SAZKANLAR	İNŞAATÇI	ÖZ



KARAKALPAKISTAN TEKSTİL FABRİKASI 2- (ELLİKALE)			
DOKUMLA VE HASKI SALONLARI		KİMLİK TESİSATI	
		HİSAR DAĞINDA KAPILAR KİMLİK SANDIKLARI	
ÖLÇÜ	1/100	YERİ	...
YERİ	...	YERİ	...
YERİ	...	YERİ	...
YERİ	...	YERİ	...

## BÖLÜM 8

## ISI KAZANCI HESAP METODLARI

## 8.1. Isı Kazancı Çeşitleri

Bu bölümde verilecek hesap yöntemleri, klima yapılan hacimdeki, duyulur ve gizli ısı olarak her iki türdeki çeşitli ısı kazancınının bulunmasını mümkün kılacaktır.

Toplam ani ısı kazancı, aşağıdaki kısımlara ayrılır;

- a) Duvar ve çatılardan gelen periyodik ısı kazancı,
- b) Camdan gelen ısı kazancı,
- c) İç bölmeler, tavan ve döşemelerden gelen ısı kazancı,
- d) Havalandırma için alınan dış havadan gelen ısı kazancı,
- e) İnsanlardan gelen ısı kazancı,
- f) Aydınlatma ısı kazancı,
- g) Makinalardan gelen ısı kazancı

## 8.1.1. Duvarlardan ve Çatılardan Olan Isı Kazançları

Bir binanın dış hava ile temastaki duvarından, içeriye doğru geçen ısı akışının hesabı; dış hava sıcaklığı ile güneş radyasyonunun periyodik değişimlerinin müştereken göz önünde bulundurulması sayesinde mümkün olabilir. Gerek dış hava sıcaklıklarındaki, gerekse güneş radyasyonundaki bu dalgalanmalar ve diğer faktörler, dış hava ile temastaki duvara ısı geçişinin, miktarlarında zamana göre periyodik bir değişmeye sebep olur. Duvar yüzüne transfer olan bu ısı, yapı cinsine göre belirli bir zaman gecikmesiyle, duvarı katederek klima yapılan hacme yine periyodik değişen değerler halinde intikal edecektir.

Duvar veya çatılardan olan ısı kazancı aşağıdaki eşitlikten bulunur :

$$Q = A \times k \times \Delta t \quad (8.1)$$

AKTİVİTE DERECESELİ	TİP UYGULAMA	Yetişkin erkek için ısı kazancı	Ortalama kişi başına ısı kazancı	ODA SICAKLIĞI (KT) C°											
				28°		27°		26°		24°		21°			
				W	Gizli	W	Gizli	W	Gizli	W	Gizli	W	Gizli		
Ötürmüş istirahat	Tiyatro, ilk, ortaokullar	114	102	51	57	45	61	59	67	35	76	26			
Ötürmüş çok hafif iş	Liseler	131	117	53	57	60	63	54	70	47	80	37			
Oluste çalışmaları	Ofisler, Ofisler, Apartmanlar, Kolejler	139		53	58	73	63	68	72	59	83	48			
Ayakta duruyor, ağır ağır yürüyor	Çeşitli mağazalar dükkanlar	161													
Ağır ağır yürüyor, oturuyor	Eczane	161	146	53	58	88	64	82	74	72	85	61			
Ayakta duruyor, ağır ağır yürüyor	Banka	161													
Ötürülerek yapılan işler	Restoran	146	161	55	106	97	70	91	82	79	93	68			
Hafif ağırlık işleri	Fabrika, hafif işler	234	219	55	164	155	72	147	86	133	107	112			
Orta danslar	Dans salonları	263	248	64	184	176	80	168	95	153	117	131			
Yürüyor, 5 km/h	Fabrika, oldukça ağır işler	292	292	79	213	204	96	196	111	181	134	158			
Ağır iş	Fabrika, spor salonları	438	423	131	292	287	142	281	153	270	177	246			

Tablo 8.1. İnsanlardan gelen ısı kazançları (w)

Burada;

$A$  = Duvar veya çatı alanı,  $m^2$

$k$  = Duvar veya çatının toplam ısı geçirme katsayısı,  $kcal/hm^2 \text{ } ^\circ C$

$\Delta t$  = Dış ortamla iç ortam arasındaki sıcaklık farkı,  $^\circ C$

$Q$  = Duvar veya çatıdan birim zamanda geçen ısı kazancı  $kcal/h$

### 8.1.2. İnsanlardan Gelen Isı Kazancı

İnsan vücudunda hasıl olan ısı; gizli ve duyulur ısı şeklinde, içinde bulunduğu hacme bir ısı kazancı olarak intikal eder. Tablo 8.1'de, klima hacminin çeşitli (K.T) sıcaklıklarında, hacimdeki topluluğun faaliyet durumlarına göre ortaya çıkan toplam ısılarla, bir toplam ısıyı oluşturan duyulur ve gizli ısı miktarları ayrı ayrı gösterilmiştir. Topluluğun oluşumunda erkek, kadın ve çocuklar için belirli yüzdeler kabul edilmiş ve yetişkin erkek için ortaya çıkan ısı kazancınının; bayan için % 85'i, çocuk için % 75'i alınmıştır.

İnsanlardan gelen ısı kazancı, aşağıdaki formüller ile belirtilir :

$$Q_d = n (\text{şahıs adedi}) \times \left( \begin{array}{l} \text{Tablo 8.1'den alınacak kişi} \\ \text{başına duyulur ısı miktarı,} \\ \text{w/şahıs} \end{array} \right) \quad (8.2)$$

$$Q_g = n (\text{şahız adedi}) \times \left( \begin{array}{l} \text{Tablo 8.1'den alınacak kişi} \\ \text{başına gizli ısı miktarı,} \\ \text{w/şahıs} \end{array} \right) \quad (8.3)$$

### 8.1.3. Aydınlatma Isı Kazançları

Klima yapılan hacimdeki aydınlatma tesisatından gelen ısı kazancı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q = \left( \begin{array}{c} \text{Aydınlatma yapılacak} \\ \text{mahalin alanı} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} \text{birim alandaki} \\ \text{aydınlatma gücü} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} \text{Özel arma-} \\ \text{tür faktörü} \end{array} \right) \quad (8.4)$$

Normal enkandesan lambalar için, özel armatür faktörü (1)'e eşittir. Floresan armatürlerde, lambaların wattlarına ayrıca balastlar içinde bir ilave gerekmektedir. Genel olarak floresan armatürler için, özel armatür faktörü olarak 1,25 değeri alınabilir. Bazı özel tip armatürlerde, ayrıca bir vantilasyon öngörülmüş olup, armatürün sıcaklığı dışarı atılır, bu taktirde faktör birden küçük bir sayı olacaktır.

### 8.1.4. Motorlardan Olan Isı Kazançları

Endüstriyel uygulamalarda; motorlardan gelen ısı, toplam duyulur ısı kazancının büyük kısmını oluşturur. Bu nedenle bu ısının olabildiğince kesin olarak hesaplanması gerekir. Kurulu gücün tümünü esas almak, bizi yanlış bir sonuca götürebilir. Eğer maximum yükün olduğu saatte; mevcut motorların sadece bir kısmı çalışıyor ve çalışan motorların da çalışma süreleri, bir saatlik bir sürenin bir kesri kadar oluyorsa, bir "kullanma faktörü" hesaba katılmalıdır. Diğer taraftan motorlar; plaka sınırlarının dışında aşırı olarak yüklenebileceklerinden icabı halinde bu hususun da araştırılması gerekir. Ayrıca sık sık durma ve çalışma halinde, elektrik motorlarının çektiği akımın, kısa sürede de olsa nominal değerinin birkaç katına çıktığı bir gerçektir. Pratik bakımdan sadece kurulu güç esas alınarak sık sık durma ve çalıştırmanın tesirlerini hesaplamak mümkün olmadığından, tahmini bir değerlendirme gerekir. Bütün bunları, bir "yük faktörü" kapsamında düşünebiliriz.

Yukarıdaki açıklamalarla, kullanılmaları zorunlu olan her iki faktörü, aşağıdaki şekilde tanımlayabiliriz.

Kullanma faktörü; hesaba alınan maximum yük saati süresince, motorların ortalama çalışma süresinin yüzde olarak karşılığıdır.

Yük faktörü; Hesaba esas alınan maximum yük saati süresince fiili olarak çekilen gücün, motor plakalarında belirtilen kurulu güce oranıdır.

Kullanma faktörü, yük faktörü ve motor veriminin motordan olan ısı kazancına etkileri diversite faktörü ( $D_f$ ) denilen bir faktörle gösterilir. Tekstil makinaları için uygulanan nominal yük katsayıları Tablo 8.2'de gösterilmiştir.

#### TEKSTİL MAKİNALARI İÇİN UYGULANAN NOMİNAL YÜK KATSAYILARI

MAKİNA TİPİ (P: Motor gücü)	(c) Motor yük katsayısı	(v) Kullanma katsayısı	( $\eta$ ) Motor Verimi	$\frac{C.u}{\eta}$
Harman-Hallaç	-	-	-	0,85
Kardaj, Cer ve fitil				
P < 1 kw	0,85	0,85	0,75	0,95
1 < P < 2 kw	0,85	0,85	0,80	0,90
P > 2 kw	0,85	0,85	0,85	0,85
Yün işleyen kardaj				
Makinaları	0,65	0,90	0,90	0,65
İplik ve büküm				
P < 11 kw	0,90	0,90	0,85	0,95
11 < P < 18 kw	0,85	0,90	0,90	0,85
P > 18 kw	0,80	0,90	0,90	0,80
Bobin ve hazırlama				
Makinaları				
P < 2 kw	0,90	0,85	0,80	0,95
2 < P < 7 kw	0,85	0,85	0,85	0,85
7 < P < 15 kw	0,85	0,85	0,90	0,80
P > 15 kw	0,80	0,85	0,90	0,75

Dokuma tezgahları				
P < 0,75 kw	0,95	0,92	0,72	1,20
0,75 < P < 1,5 kw	0,90	0,92	0,75	1,10
P > 1,5 kw	0,88	0,92	0,80	1,00
Örgü tezgahları (Dairesel tip)				
P < 0,75 kw	0,95	0,90	0,68	1,25
P > 0,75 kw	0,90	0,90	0,75	1,10
Örgü tezgahları (Doğrusal tip)				
P < 1,5 kf	0,90	0,90	0,75	1,10
P > 1,5 kw	0,85	0,90	0,80	0,95
Mulinaj Makinaları	0,85	0,90	0,85	0,90
Tekstürasyon				
a) Motorlar	0,80	0,90	0,90	0,80
b) Fırınlar	1	0,70	1	0,70
Cracking-Seydell				
a) Motorlar	0,75	0,90	0,90	0,75
b) Fırınlar	1	0,60	1	0,60

Tablo 8.2. Tekstil makinaları için uygulanan nominal yük katsayıları.

## BÖLÜM 9

## UYGULAMA PROJESİ

## 9.1. Proje Hesapları

## 9.1.1. Isı Kazançları ve Hava Miktarları Hesabı

## 9.1.1.1. Harman Hallaç Odası

## 9.1.1.1.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$Q_{\text{Duv}} = K.A. \Delta T \quad (\text{Eşitlik 8.1'den})$$

$$K = 0,4 \text{ kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Bölüm 7.1.3'den})$$

$$A_1 = 48 \cdot 4,5 = 216 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_1 = T_d - T_i = 43 - 33,5 = 9,5^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_1} = K.A_1 \cdot \Delta T_1 = 0,4 \cdot 216 \cdot 9,5 = 820 \text{ kcal/h}$$

$$A_2 = 54 \cdot 4,5 = 243 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_2 = 33,5 - 25 = 8,5^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_2} = K.A_2 \cdot \Delta T_2 = 0,4 \cdot 243 \cdot 8,5 = 826 \text{ kcal/h}$$

$$A_3 = 12 \cdot 4,5 = 54 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_3 = 38,5 - 33,5 = 5^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_3} = K.A_3 \cdot \Delta T_3 = 0,4 \cdot 54 \cdot 5 = 108 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{Duv}} = Q_{\text{Duv}_1} - Q_{\text{Duv}_2} + Q_{\text{Duv}_3} = 820 - 826 + 108 = 102 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.1.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$Q_{\text{Tav}} = K.A. \Delta T \quad (\text{Eşitlik 8.1'den})$$

$$K = 0,4 \text{ kcal/h} \quad (\text{Bölüm 7.1.3'den})$$

$$\Delta T = T_d - T_i = 43 - 33,5 = 9,5^\circ\text{C}$$

$$A = 792 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{Tav}} = 0,4.792.9,5 = 3009 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.1.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 792 \text{ m}^2$$

$$\text{Aydınlatma gücü} = 12 \text{ W/m}^2 \quad (\text{Bölüm 7.1.4'den})$$

$$\text{Balast faktörü} = f = 1,25 \quad (\text{Bölüm 7.1.4'den})$$

$$Q_A = 792.12.1,25 = 11880 \text{ W}$$

## 9.1.1.1.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$Q_M = \text{Motor gücü (M.G.)} \times \text{Diversite faktörü (D}_f\text{)}$$

$$\text{M.G.} = 93 \text{ kw} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_f = 0,85 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 93.0,85 = 79 \text{ kw}$$

## 9.1.1.1.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$Q_i = n (\text{Kişi adedi}) \times (\text{kişi başına duyulur ısı miktarı}) \quad (\text{eşitlik 8.1'den})$$

$$n = 10 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

Kişi başına  
duyulur ısı miktarı =  $q = 131$  w/kişi (Tablo 8.1'den)

$$Q_i = 10 \times 131 = 1310 \text{ w}$$

#### 9.1.1.1.6. Toplam Isı Kazancı

$$Q_{\text{Top}} = Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} + Q_A + Q_M + Q_i$$

$$Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} = 102 + 3009 = 3111 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 3609 \text{ w}$$

$$Q_{\text{Top}} = 3609 + 11880 + 79000 + 1310 = 96673 \text{ w}$$

#### 9.1.1.1.7. Hava Miktarı Hesabı

##### 9.1.1.1.7.1. Evaporatif Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 96.673 \text{ w} \times 0,86 = 83.203 \text{ kcal/h}$$

Toplam ısı kazancı mahale gönderilen havanın soğutma yüküne eşittir.

$$Q_{\text{Top}} = M \times C_p \times \Delta t \quad (9.1)$$

M : Mahale gönderilen havanın kütleleş debisi, kg/h

$C_p$  : Havanın ısınma ısısı, kcal/kg<sup>o</sup>C

$$\Delta t = t_{i\check{c}} - t_N \quad (9.2)$$

$t_{i\check{c}}$  = Mahal sıcaklığı, <sup>o</sup>C

$t_N$  = Soğutucudan çıkan hava sıcaklığı, <sup>o</sup>C

$$Q_{\text{Top}} = M \times C_p \times \Delta t \rightarrow M = \frac{Q_{\text{Top}}}{C_p \cdot \Delta t}$$

Tablo 9.1.

# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

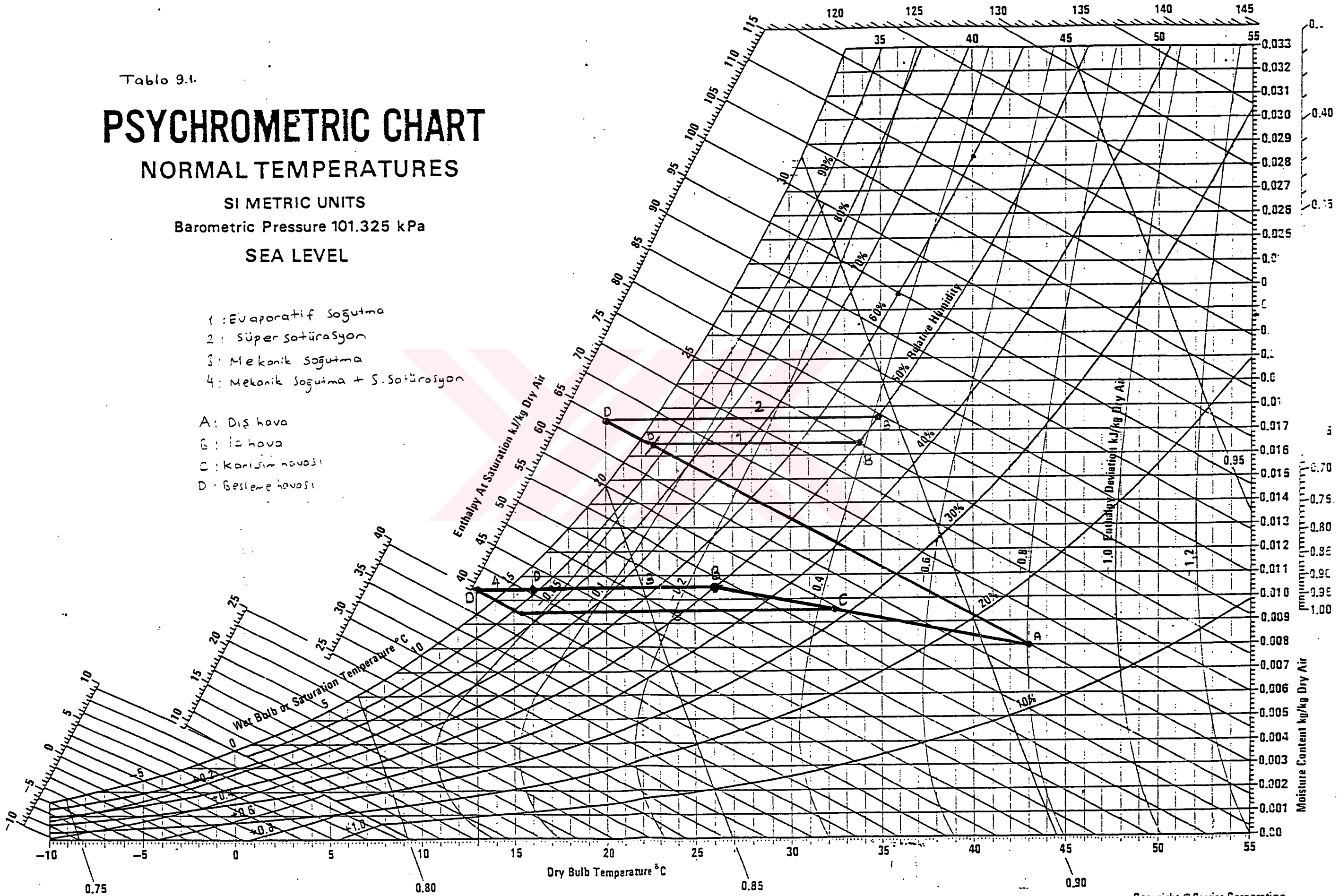
SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

- 1: Evaporatif Soğutma
- 2: Süper saturasyon
- 3: Mekanik Soğutma
- 4: Mekanik Soğutma + S. Saturasyon

- A: Dış hava
- B: İç hava
- C: Karışım havası
- D: Besleme havası



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

$$C_p = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_{i\check{C}} - t_N = 33,5 - 22,5 = 11^\circ\text{C} \quad (\text{Tablo 9.1})$$

$$M = \frac{Q_{\text{Top}}}{C_p \cdot \Delta t} = \frac{83203}{0,24 \cdot 11} = 31516 \text{ kg/h}$$

$$V = \frac{M}{\rho}, \quad \rho = 1,2 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Nemli hava yoğunluğu})$$

$$V = \frac{31516}{1,2} = 26.263 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.1.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 83203 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = t_{i\check{C}} - t_N = 34,8 - 20 = 14,8^\circ\text{C} \quad (\text{Tablo 9.1})$$

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{Q_{\text{Top}}}{0,24 \cdot 1,2 \cdot \Delta t} = \frac{Q_{\text{Top}}}{0,29 \Delta t} = \frac{83203}{0,29 \cdot 14,8} = 19385 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.1.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 83203 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 16 = 10^\circ\text{C} \quad (\text{Tablo 9.1})$$

$$V = \frac{83.209}{0,29 \cdot 10} = 28690 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.1.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 83203 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 13 = 13^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.1})$$

$$V = \frac{83203}{0,29 \cdot 13} = 22070 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.2. Tarak Odası

## 9.1.1.2.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$A = 12 \times 4,5 = 54 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = T_d - T_i = 38,5 - 33,5 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}} = K \cdot A \cdot T = 0,4 \cdot 54 \cdot 5 = 108 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.2.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$A = 12 \times 36 = 432 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = T_d - T_i = 43 - 33,5 = 9,5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Tav}} = K \cdot A \cdot \Delta T = 0,4 \cdot 432 \cdot 9,5 = 1555 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.2.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 432 \text{ m}^2$$

$$Q_A = 432 \cdot 12 \cdot 1,25 = 6480 \text{ W}$$

## 9.1.1.2.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$M.G = 205 \text{ kW} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_f = 0,85 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 205 \times 0,85 = 174,25 \text{ kW}$$

## 9.1.1.2.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$n = 10 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$q = 131 \text{ w/kişi} \quad (\text{Tablo 8.1'den})$$

$$Q_i = 10 \times 131 = 1310 \text{ W}$$

## 9.1.1.2.6. Toplam Isı Kazancı

$$Q_{Duv} + Q_{Tav} = 108 + 1555 = 1663 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 2028$$

$$Q_{Top} = Q_{Duv} + Q_{Tav} + Q_A + Q_M + Q_i$$

$$Q_{Top} = 2028 + 6480 + 174.250 + 1310 = 184.868 \text{ W}$$

## 9.1.1.2.7. Hava Miktarı Hesabı

## 9.1.1.2.7.1. Evoparatif Soğutma

$$Q_{Top} = 184.868 \text{ W} \times 0,86 = 159,368 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = t_{iç} - t_N = 33,5 - 22,5 = 11^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.2})$$

$$V = \frac{Q_{Top}}{0,29 \cdot \Delta t} = \frac{159368}{0,29 \cdot 11} = 49,958 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tablo 22.

# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

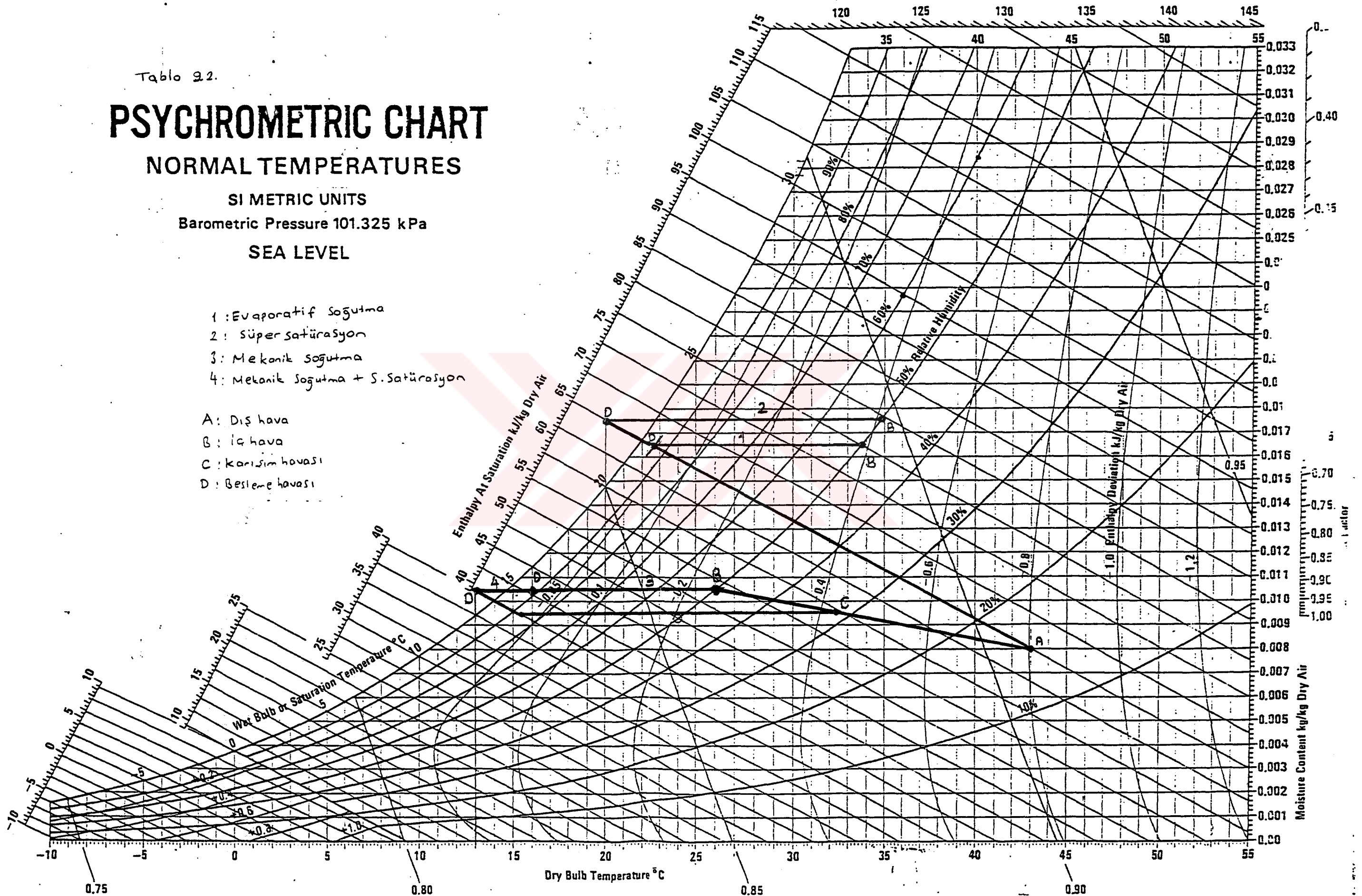
SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

- 1: Evaporatif soğutma
- 2: Süper satürasyon
- 3: Mekanik soğutma
- 4: Mekanik soğutma + S. Satürasyon

- A: Dış hava
- B: İç hava
- C: Karışım havası
- D: Besleme havası



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

Volume m³/kg Dry Air

## 9.1.1.2.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 159.368 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 34,8 - 20 = 14,8^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.2})$$

$$V = \frac{159.368}{0,29.14,8} = 37.131 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.2.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 159.368 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26-16 = 10^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.2})$$

$$V = \frac{159.368}{0,29.10} = 48.434 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.2.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 159.358 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26-13 = 13^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.2})$$

$$V = \frac{159.368}{0,29.13} = 42.272 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.3. CER Odası

## 9.1.1.3.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$A = 24 \times 4,5 = 108 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = T_d - T_i = 38,5 - 33,5 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}} = K.A. \Delta T = 0,4.108,5 = 216 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.3.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$A = 24 \times 36 = 864 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 - 33,5 = 9,5^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Tav}} = k.A. \Delta T = 0,4.864.9,5 = 3110 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.3.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 864 \text{ m}^2$$

$$Q_A = 864.12.1,25 = 6480 \text{ W}$$

## 9.1.1.3.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$M.G = 168 \text{ kW} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_f = 0,85 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 168.0,5 = 142,8 \text{ kW}$$

## 9.1.1.3.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$n = 15 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$q = 131 \text{ W/kişi} \quad (\text{Tablo 8.1'den})$$

$$Q_i = 15 \times 131 = 1965 \text{ W}$$

## 9.1.1.3.6. Toplam Isı Kazancı

$$Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} = 216 + 3110 = 3326 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 3858 \text{ W}$$

$$Q_{\text{Top}} = Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} + Q_A + Q_M + Q_i$$

$$Q_{\text{Top}} = 3858 + 6480 + 142800 + 1965 = 162.932 \text{ W}$$

Tablo 9.3.

# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

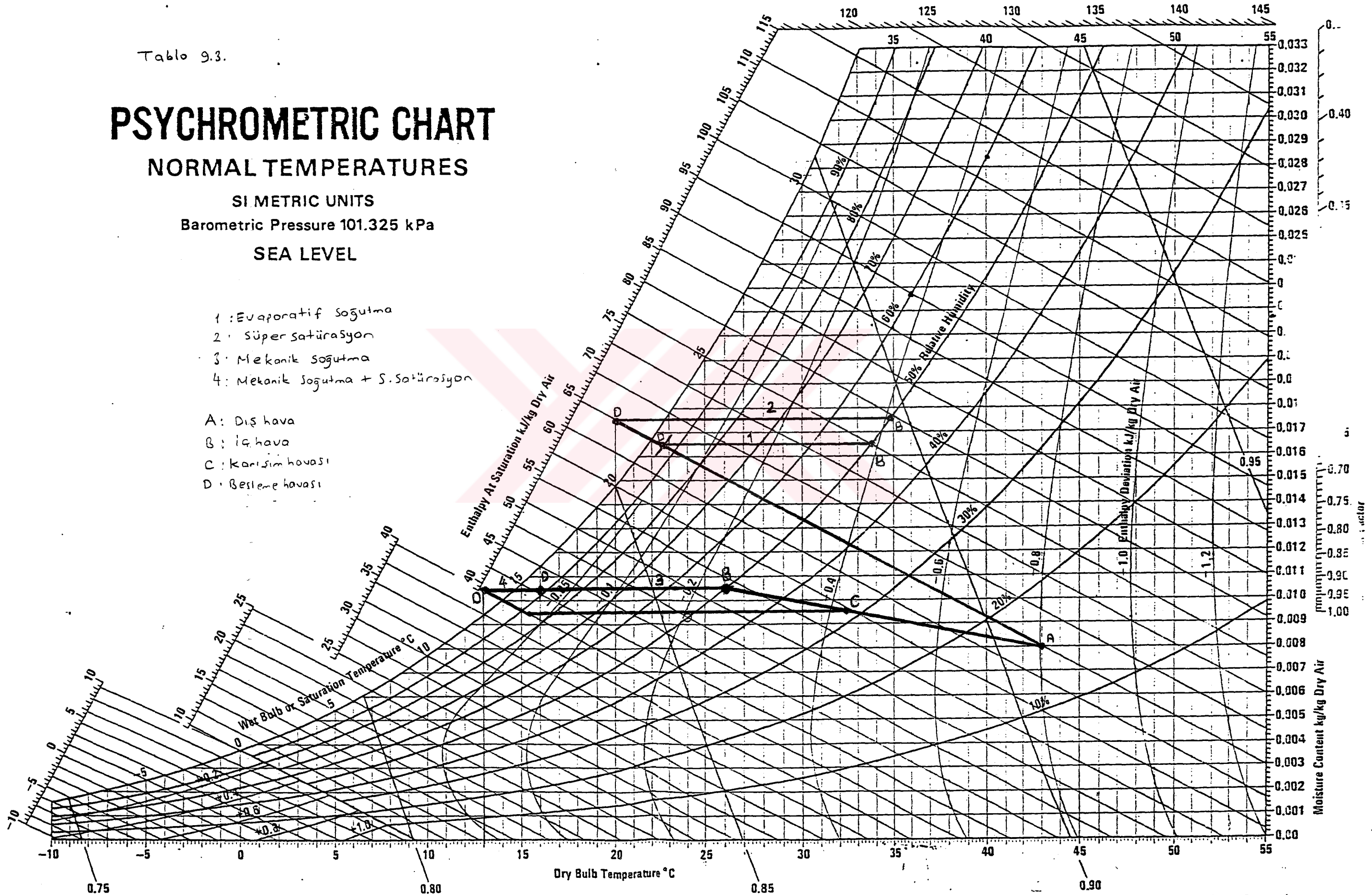
SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

- 1: Evaporatif soğutma
- 2: Süpersatürasyon
- 3: Mekanik soğutma
- 4: Mekanik soğutma + S. Satürasyon

- A: Dış hava
- B: İç hava
- C: Karışım havası
- D: Besleme havası



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

### 9.1.1.3.7. Hava Miktarı Hesabı

#### 9.1.1.3.7.1. Evaporatif Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 162.932 \text{ W} \times 0,86 = 140.458 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = t_{i\text{ç}} - t_{\text{N}} = 33,5 - 22,5 = 11^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.3})$$

$$V = \frac{Q_{\text{Top}}}{0,29 \cdot \Delta t} = \frac{140.458}{0,29 \cdot 11} = 44.030 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.3.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 140.458 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 34,8 - 20 = 14,8^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.3})$$

$$V = \frac{140.458}{0,29 \cdot 14,8} = 32.704 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.3.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 140.458 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 16 = 10^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.3})$$

$$V = \frac{140.458}{0,29 \cdot 10} = 54.954 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.3.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 140.458 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 13 = 13^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.3})$$

$$V = \frac{140.458}{0,29 \cdot 13} = 37.256 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.4. OPEN-END Odası

## 9.1.1.4.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$A_1 = 36 \times 4,5 = 162 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_1 = 43 - 32 = 11^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_1} = 0,4 \cdot 162 \cdot 11 = 713 \text{ kcal/h}$$

$$A_2 = 40 \times 4,5 = 180 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_2 = 32 - 25 = 7^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_2} = 0,4 \cdot 180 \cdot 7 = 504 \text{ kcal/h}$$

$$A_3 = 42 \times 4,5 = 189 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_3 = 38,5 - 32 = 6,5^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_3} = 0,4 \cdot 189 \cdot 6,5 = 491 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{Duv}} = Q_{\text{Duv}_1} - Q_{\text{Duv}_2} + Q_{\text{Duv}_3} = 713 - 504 + 491 = 701 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.4.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$A = 42 \times 36 = 1512 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta T = 43 - 32 = 11^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Tav}} = 0,4 \cdot 1512 \cdot 11 = 5443 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.4.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 1512 \text{ kcal/h}$$

$$Q_A = 1512 \cdot 12 \cdot 1,25 = 22680 \text{ W}$$

## 9.1.1.4.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$M.G = 600 \text{ kW} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_F = 0,80 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 600 \cdot 0,80 = 480 \text{ kW}$$

## 9.1.1.4.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$n = 15 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$q = 131 \text{ W/kişi} \quad (\text{Tablo 8.1'den})$$

$$Q_i = 15 \cdot 131 = 1965 \text{ W}$$

## 9.1.1.4.6. Toplam Isı Kazancı

$$Q_{Duv} + Q_{Tav} = 701 + 5443 = 6144 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 7127 \text{ W}$$

$$Q_{Top} = Q_{Duv} + Q_{Tav} + Q_A + Q_M + Q_i$$

$$Q_{Top} = 7127 + 22680 + 480 \cdot 1000 + 1965 = 513.122 \text{ W}$$

## 9.1.1.4.7. Hava Miktarı Hesabı

## 9.1.1.4.7.1. Evaporatif Soğutma

$$Q_{Top} = 513.122 \text{ W} \times 0,86 = 441.284 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = t_{iç} - t_N = 32,2 - 22,6 = 9,6^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.4})$$

Table 9.4.

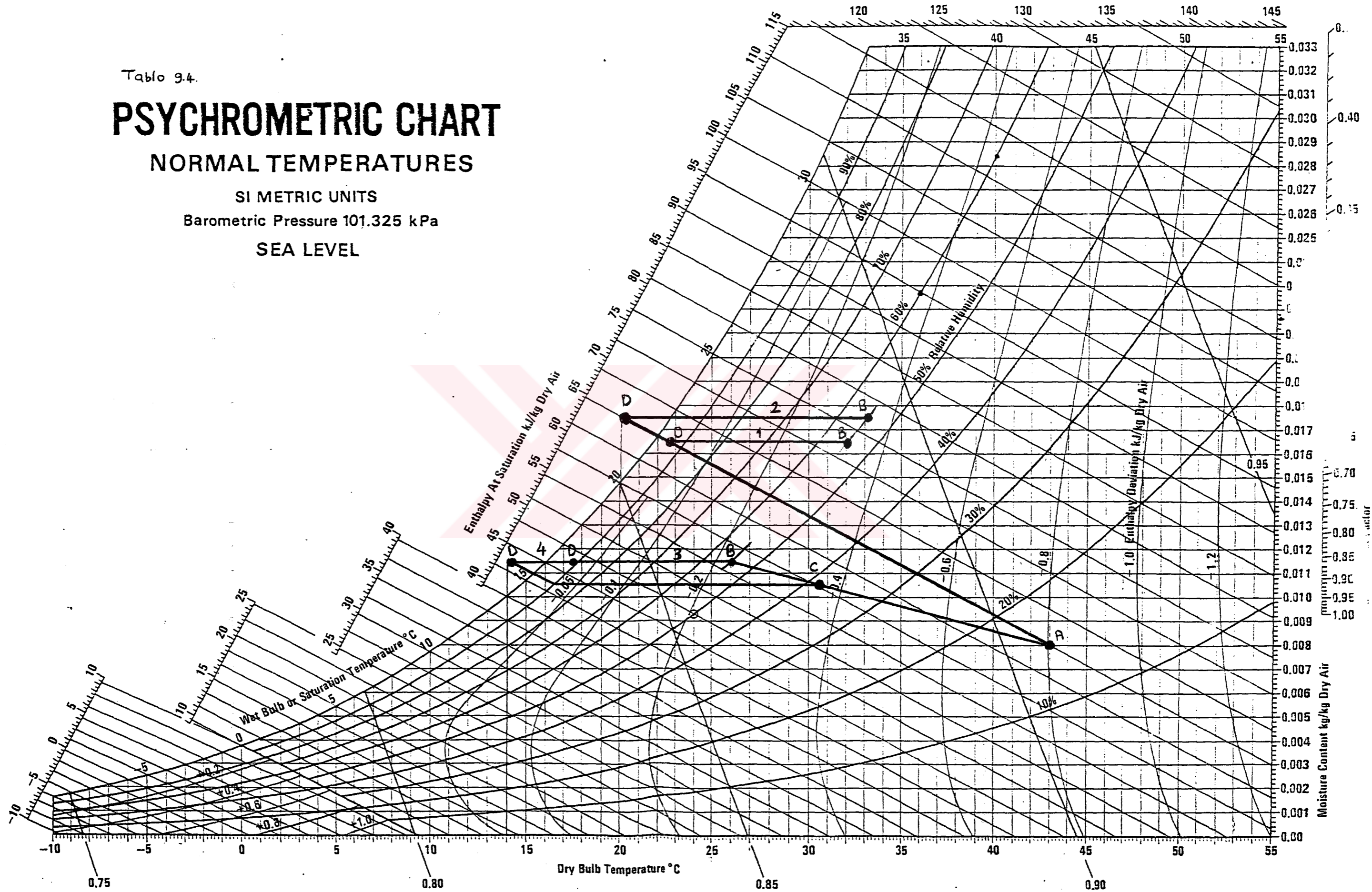
# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

$$V = \frac{Q_{\text{Top}}}{0,29 \cdot \Delta t} = \frac{441.284}{0,29 \cdot 9,6} = 158.507 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.4.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 441.284 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 33-20 = 13^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.4})$$

$$V = \frac{441.284}{0,29 \cdot 13} = 117.051 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.4.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 441.284 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26-17,5 = 8,5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.4})$$

$$V = \frac{441.284}{0,29 \cdot 8,5} = 179.020 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.4.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 441.284 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26-14 = 12^{\circ}\text{C}$$

$$V = \frac{441.284}{0,29 \cdot 12} = 126.805 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.5. Haşıl Odası

## 9.1.1.5.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$A_1 = 66 \times 4,5 = 297 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_1 = 32 - 25 = 7^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_1} = 0,4 \cdot 297 \cdot 7 = 831 \text{ kcal/h}$$

$$A_2 = 12 \times 4,5 = 54 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_2 = 43 - 25 = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_2} = 0,4 \cdot 54 \cdot 18 = 389 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{Duv}} = Q_{\text{Duv}_1} + Q_{\text{Duv}_2} = 831 + 389 = 1220 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.5.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$A = 54 \times 12 = 648 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 - 25 = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Tav}} = 0,4 \cdot 648 \cdot 18 = 4666 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.5.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 648 \text{ m}^2$$

$$Q_A = 648 \cdot 12 \cdot 1,25 = 9720 \text{ W}$$

## 9.1.1.5.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$M.G. = 110 \text{ kW} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_f = 1 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 110 \text{ kW}$$

## 9.1.1.5.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$n = 10 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$q = 131 \text{ w/kişi} \quad (\text{Tablo 8.1'den})$$

$$Q_i = 10 \times 131 = 1310 \text{ W}$$

## 9.1.1.5.6. Toplam Isı Kazancı

$$Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} = 1220 + 4666 = 5886 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 6828 \text{ W}$$

$$Q_{\text{Top}} = 6828 + 9720 + 110.000 + 1310 = 128.758 \text{ W}$$

## 9.1.1.5.7. Hava Miktarı Hesabı

## 9.1.1.5.7.1. Evaporatif Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 128.758 \text{ W} \times 0,86 = 110.732 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 27,5 - 22,5 = 5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.5})$$

$$V = \frac{110.732}{0,29.5} = 76.267 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tablo 9.5.

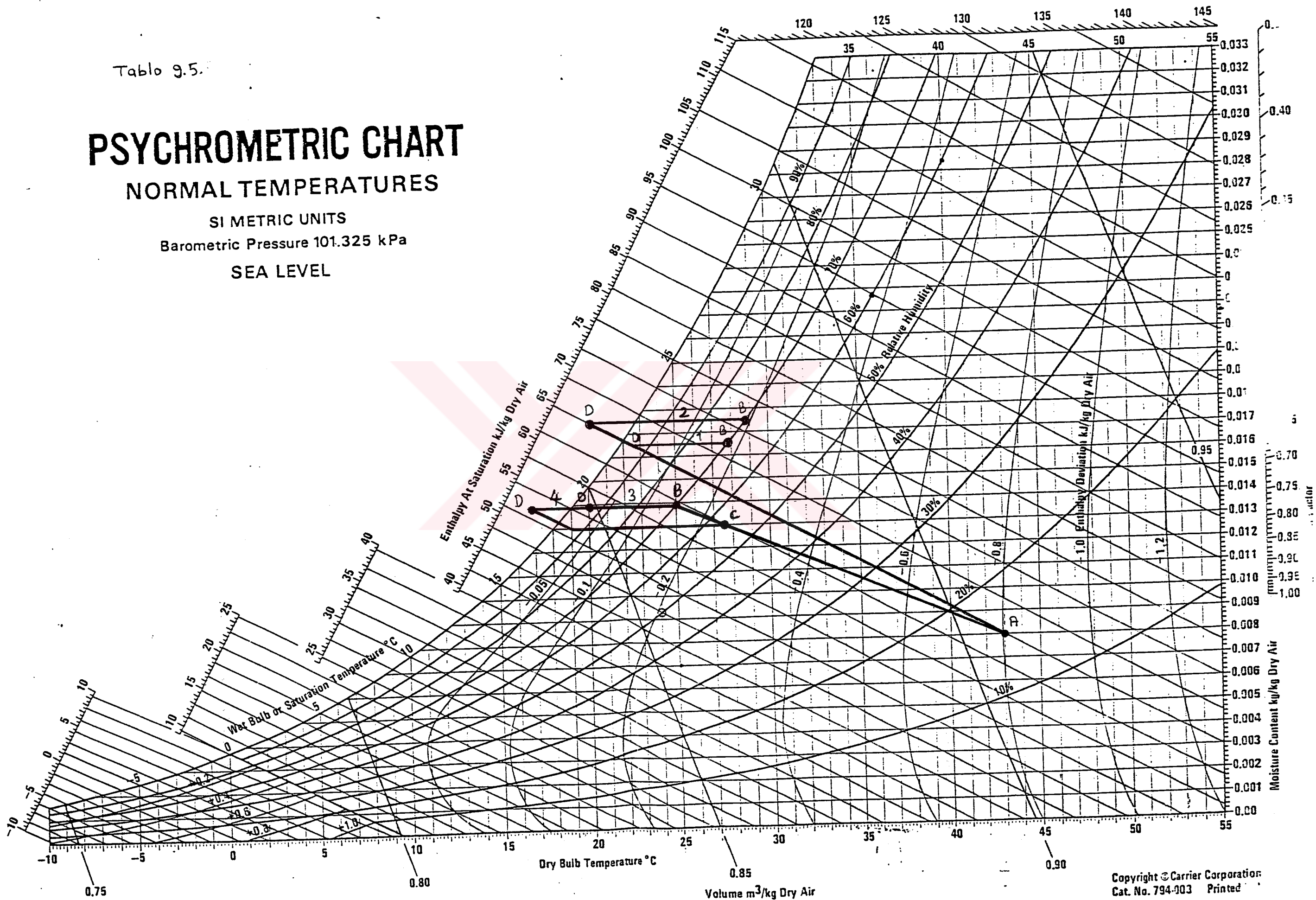
# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

#### 9.1.1.5.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 110.732 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 28-8-20 = 8,8^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.5})$$

$$V = \frac{110.732}{0,29.8,8} = 43.390 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.5.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 110.732 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 25-20 = 5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.5})$$

$$V = \frac{110.732}{0,29.5} = 76,367 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.5.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 110.732 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 25-16,5 = 8,5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.5})$$

$$V = \frac{110.732}{0,29.8,5} = 44.921 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 9.1.1.6. Çözgü Odası

##### 9.1.1.6.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$A_1 = 42 \times 4,5 = 189 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_1 = 33,5 - 25 = 8,5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_1} = 0,4 \cdot 189 \cdot 8,5 = 643 \text{ kcal/h}$$

$$A_2 = 24 \cdot 4,5 = 108 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_2 = 43 - 25 = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_2} = 0,4 \cdot 108 \cdot 18 = 778 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{Duv}} = Q_{\text{Duv}_1} + Q_{\text{Duv}_2} = 643 + 778 = 1421 \text{ kcal/h}$$

#### 9.1.1.6.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$A = 96 \times 12 = 1152 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 - 25 = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Tav}} = 0,4 \cdot 1152 \cdot 18 = 8924 \text{ kcal/h}$$

#### 9.1.1.6.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 1152 \text{ m}^2$$

$$Q_A = 1152 \times 12 \cdot 1,25 = 17280 \text{ W}$$

#### 9.1.1.6.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$M.G. = 50 \text{ kW} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_f = 1 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 50 \text{ kW}$$

## 9.1.1.6.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$n = 10 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$q = 131 \text{ W/kişi} \quad (\text{Tablo 8.1'den})$$

$$Q_i = 10 \cdot 131 = 1310 \text{ W}$$

## 9.1.1.6.6. Toplam Isı Kazancı

$$Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} = 1421 + 8294 = 9715 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 11270 \text{ W}$$

$$Q_{\text{Top}} = 11270 + 17280 + 50.000 + 1310 = 80.760 \text{ W}$$

## 9.1.1.6.7. Hava Miktarı Hesabı

## 9.1.1.6.7.1. Evaporatif Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 80.760 \text{ W} \times 0,86 = 69.453 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = t_{\text{iç}} - t_{\text{N}} = 27,5 - 22,5 = 5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.6})$$

$$V = \frac{Q_{\text{Top}}}{0,29 \cdot \Delta t} = \frac{69.453}{0,29 \cdot 5} = 47.900 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.6.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 69.453 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 28.8 - 20 = 8.8^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.6})$$

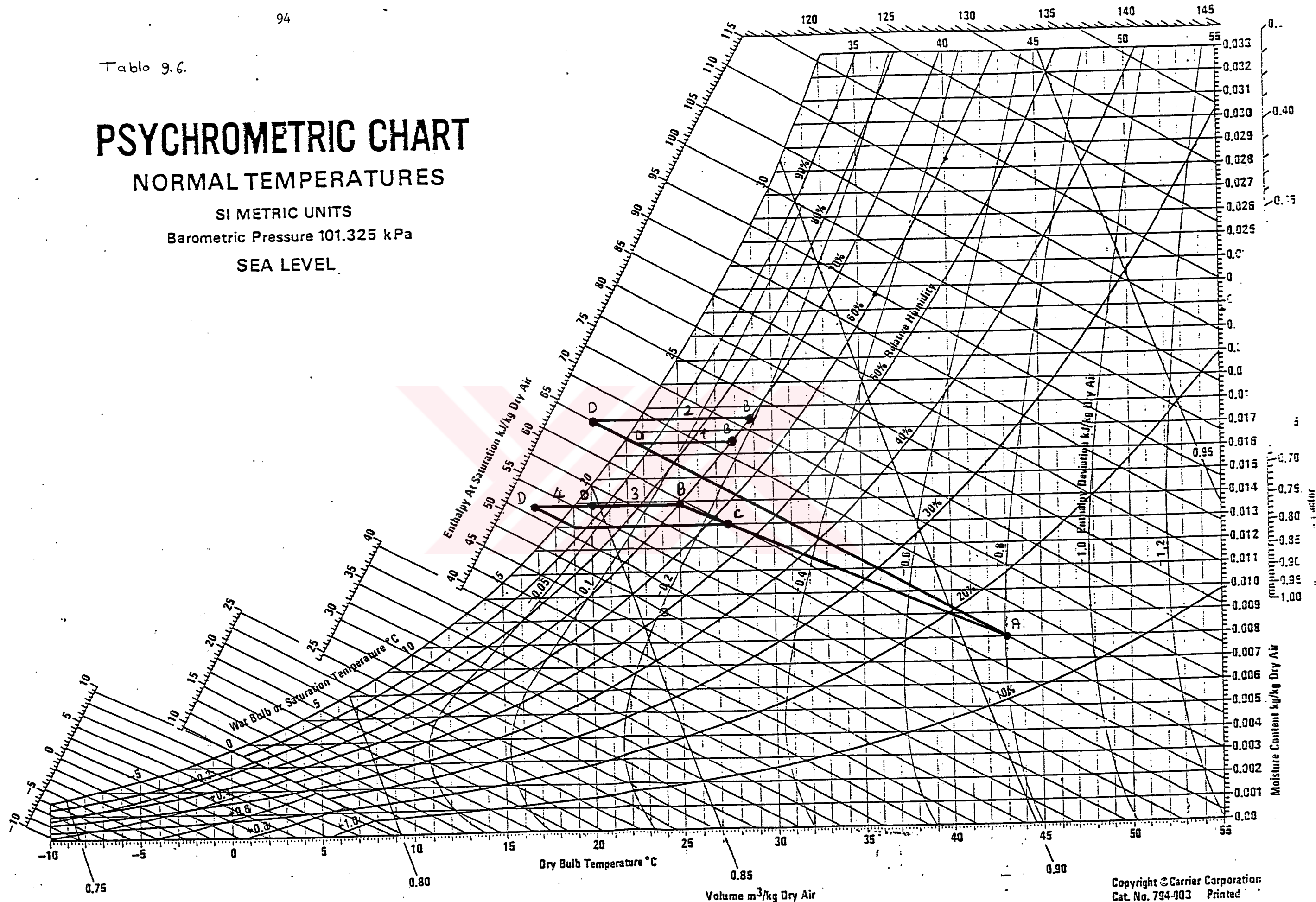
$$V = \frac{69.453}{0,29 \cdot 8,8} = 27.215 \text{ m}^3/\text{h}$$

Table 9.6.

# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS  
Barometric Pressure 101.325 kPa  
SEA LEVEL



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

## 9.1.1.6.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 69453 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 25 - 20 = 5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.6})$$

$$V = \frac{69453}{0,29 \cdot 5} = 47.900 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.6.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 69.453 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta T = 25 - 16,5 = 8,5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.6})$$

$$V = \frac{69.453}{0,29 \cdot 8,5} = 28.176 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 9.1.1.7. Dokuma Odası

## 9.1.1.7.1. Duvarlardan Olan Isı Kazancı

$$A_1 = 48 \times 4,5 = 216 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_1 = 43 - 26 = 17^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_1} = 0,4 \cdot 216 \cdot 17 = 1468 \text{ kcal/h}$$

$$A_2 = 96 \times 4,5 = 432 \text{ m}^2$$

$$\Delta T_2 = 34,5 - 26 = 8,5^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Duv}_2} = 0,4 \cdot 432 \cdot 8,5 = 1468 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{Duv}} = Q_{\text{Duv}_1} + Q_{\text{Duv}_2} = 1468 + 1468 = 2936 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.7.2. Tavandan Olan Isı Kazancı

$$A = 24 \times 96 = 2304 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 43 - 26 = 17^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Tav}} = 0,4 \cdot 2304 \cdot 17 = 13823 \text{ kcal/h}$$

## 9.1.1.7.3. Aydınlatma Isı Kazancı

$$A = 2304 \text{ m}^2$$

$$Q_A = 2304 \cdot 12 \cdot 1,25 = 34560 \text{ W}$$

## 9.1.1.7.4. Motorlardan Olan Isı Kazancı

$$M.G. = 240 \text{ kW} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$D_f = 0,9 \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$Q_M = 240 \times 0,9 = 216 \text{ kW}$$

## 9.1.1.7.5. İnsanlardan Olan Isı Kazancı

$$n = 20 \text{ kişi} \quad (\text{Tablo 7.2'den})$$

$$q = 131 \text{ W/kişi} \quad (\text{Tablo 8.1'den})$$

$$Q_i = 20 \times 131 = 2620 \text{ W}$$

## 9.1.1.7.6. Toplam Isı Kazancı

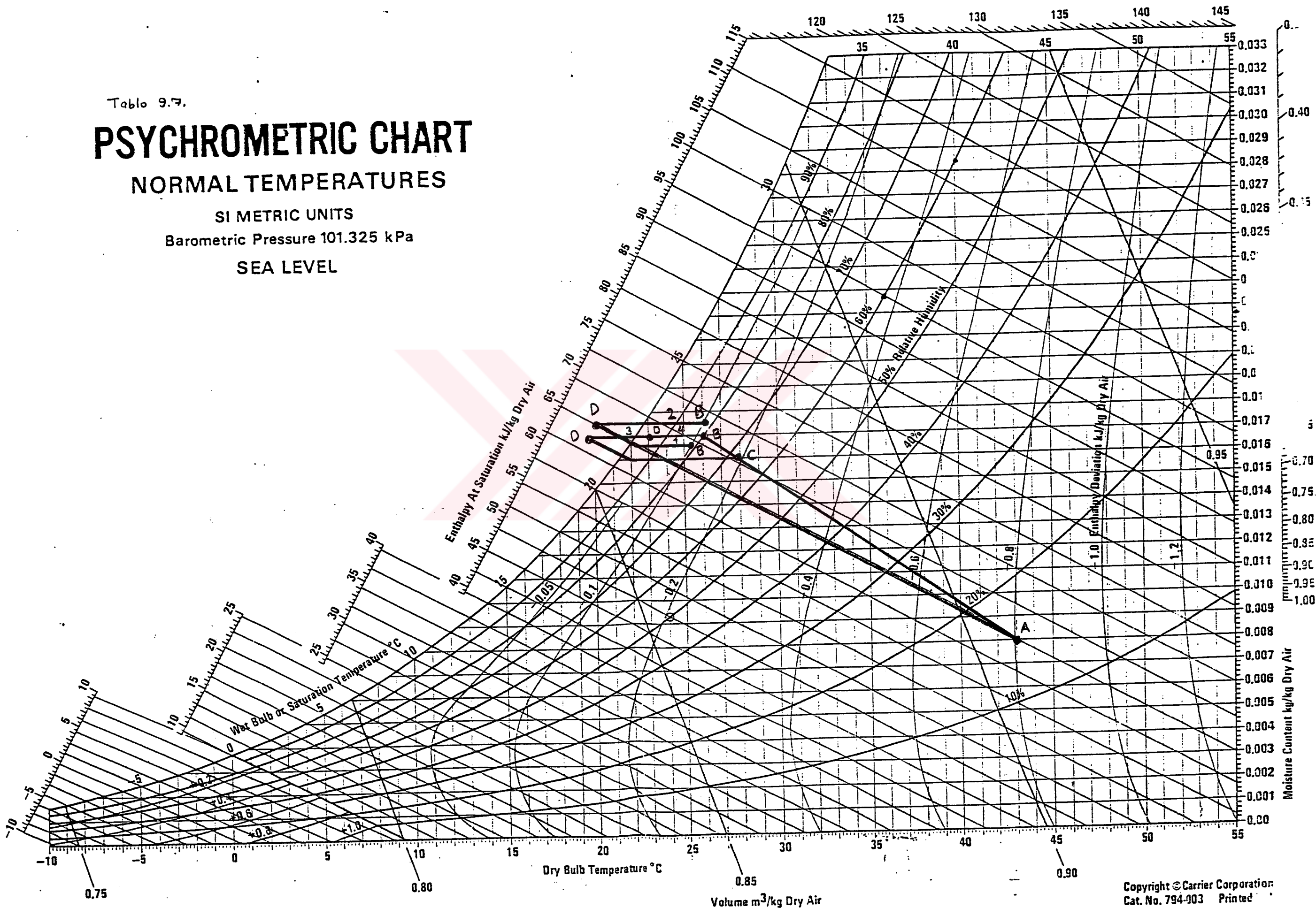
$$Q_{\text{Duv}} + Q_{\text{Tav}} = 2396 + 13823 = 16759 \text{ kcal/h} \times 1,16 = 19440 \text{ W}$$

$$Q_{\text{Top}} = 19440 + 34650 + 216.000 + 2620 = 274.511 \text{ W}$$

# PSYCHROMETRIC CHART

## NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS  
Barometric Pressure 101.325 kPa  
SEA LEVEL



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

#### 9.1.1.7.7. Hava Miktarı Hesabı

##### 9.1.1.7.7.1. Evaporatif Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 274.511 \text{ W} \times 0,86 = 236.647 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = t_{\text{iç}} - t_{\text{N}} = 25 - 22,5 = 2,5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.7})$$

$$V = \frac{Q_{\text{Top}}}{0,29 \Delta t} = \frac{236.647}{0,29 \cdot 2,5} = 326.410 \text{ m}^3/\text{h}$$

##### 9.1.1.7.7.2. Süpersatürasyonlu Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 236.647 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 20 = 6^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.7})$$

$$V = \frac{236.647}{0,29 \cdot 6} = 136.004 \text{ m}^3/\text{h}$$

##### 9.1.1.7.7.3. Mekanik Soğutma

$$Q_{\text{Top}} = 236.647 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 23 = 3^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.7})$$

$$V = \frac{236.647}{0,29 \cdot 3} = 272.008 \text{ m}^3/\text{h}$$

##### 9.1.1.7.7.4. Mekanik Soğutma + Süpersatürasyon

$$Q_{\text{Top}} = 236.647 \text{ kcal/h}$$

$$\Delta t = 26 - 19,5 = 6,5^{\circ}\text{C} \quad (\text{Tablo 9.7})$$

$$V = \frac{236.647}{0,29 \cdot 6,5} = 125.542 \text{ m}^3/\text{h}$$

Salon Adı	B.N (%)	Evaporatif soğutma Hava miktarı (m <sup>3</sup> /h)	Süper satürasyon Hava miktarı (m <sup>3</sup> /h)	Mekanik soğutma Hava miktarı (m <sup>3</sup> /h)	Mekanik s. +s. satürasyon Hava miktarı (m <sup>3</sup> /h)
Harman-Hallaç	50	26.263	19.385	28.690	22.070
Tarak	50	49.958	37.131	54.954	42.272
Cer	50	44.030	32.704	48.434	37.256
Open-end	55	158.507	117.051	179.020	126.805
Haşıl	70	76.367	43.390	76.367	44.921
Çözgü	70	47.900	27.215	47.900	28.176
Dokuma	82	326.410	136.004	272.008	125.542

Tablo 9.8. Hava miktarları tablosu

## 9.1.2. Santral Gruplarının Tayini

### 9.1.2.1. Evaporatif Sistem

#### 9.1.2.1.1. I.Santral

Harman-Hallaç .....	26.000 m <sup>3</sup> /h
Tarak .....	50.000 m <sup>3</sup> /h
Cer .....	45.000 m <sup>3</sup> /h

Toplam hava debisi = 121.000 m<sup>3</sup>/h

2 x 70.000 m<sup>3</sup>/h = 140.000 m<sup>3</sup>/h'lik Santral seçilir.

#### 9.1.2.1.2. II.Santral

Open-end - 158.000 m<sup>3</sup>/h

2 x 80.000 m<sup>3</sup>/h 'lik santral seçilir.

#### 9.1.2.1.3. III.Santral

Dokuma - 136.000 m<sup>3</sup>/h

2 x 70.000 m<sup>3</sup>/h 'lık evaporatif soğutma + süpersatürasyon santrali seçilir.

#### 9.1.2.1.4. IV.Santral

Haşıl .....
 43.000 m<sup>3</sup>/h |

Çözgü .....
 27.000 m<sup>3</sup>/h |

1 adet 45.000 m<sup>3</sup>/h 'lık evaporatif soğutma + süpersatürasyon paket cihaz seçilir.

1 adet 30.000 m<sup>3</sup>/h'lık evaporatif soğutma + süpersatürasyon paket cihaz seçilir.

### 9.1.2.2. Mekanik Soğutmalı Sistem

#### 9.1.2.2.1. I.Santral

Harman-Hallaç . . . . .	28.000 m <sup>3</sup> /h
Tarak . . . . .	54.000 m <sup>3</sup> /h
Cer . . . . .	48.000 m <sup>3</sup> /h

Toplam hava debisi = 130.000 m<sup>3</sup>/h

2 x 70.000 m<sup>3</sup>/h = 140.000 m<sup>3</sup>/h'lık santral seçilir.

#### 9.1.2.2.2. II.Santral

Open-end . . . . . 179.000 m<sup>3</sup>/h

2 x 90.000 m<sup>3</sup>/h'lık santral seçilir.

#### 9.1.2.2.3. III.Santral

Dokuma . . . . . 125.000 m<sup>3</sup>/h

2 x 70.000 m<sup>3</sup>/h 'lık mekanik soğutma + süpersatürasyon santrali seçilir.

#### 9.1.2.2.4. IV.Santral

Haşıl . . . . . 45.000 m<sup>3</sup>/h

Çözgi . . . . . 28.000 m<sup>3</sup>/h

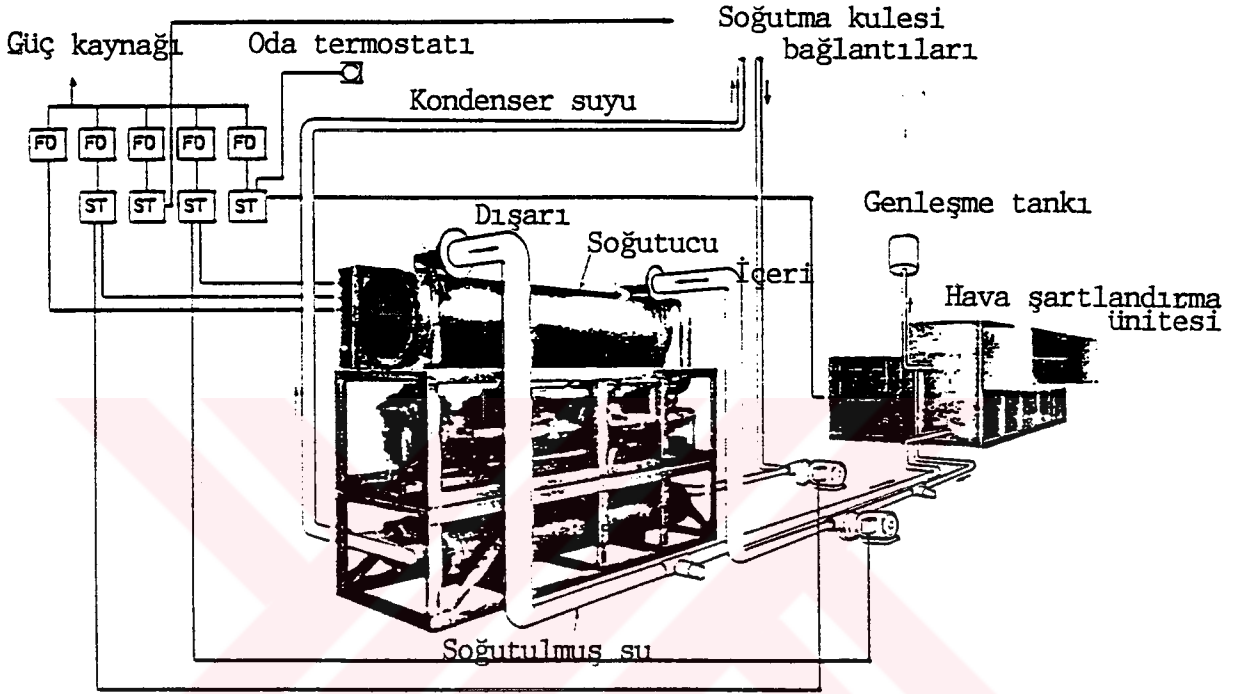
1 adet 45.000 m<sup>3</sup>/h 'lık mekanik soğutma + süpersatürasyon paket cihaz seçilir.

1 adet 30.000 m<sup>2</sup>/h'lık mekanik soğutma + süpersatürasyon paket cihaz seçilir.



### 9.2.2. Mekanik Soğutmalı Sistem

Şekil 9.2'de mekanik soğutmalı sistemin prensip şeması görülmektedir.



Şekil 9.2. Mekanik soğutmalı sistemin prensip şeması.

### 9.2.3. Süpersatürasyon Sistemi

Süpersatürasyonlu sistemin prensip şeması kanal girişlerine konulan özel ilave nemlendiriciler dışında evaporatif sistemle aynıdır.

## BÖLÜM 10

## MALİYETLER VE MUKAYESESİ

## 10.1. İlk Yatırım Maliyetleri

Sistemlerde kullanılan cihazların maliyetleri hesaplandığında;

Evaporatif sistem + hava dağıtım ve toplama sisteminin toplam maliyeti ilgili kuruluş tarafından 450.000 \$ olarak hesaplanmıştır.

Mekanik soğutmalı sistemin maliyeti 350.000 \$ olarak hesaplanmıştır.

## 10.2. İşletme Maliyetleri

İşletme maliyetleri açısından incelersek mekanik soğutmalı sistem 1.500.000 kcal/h'lık bir soğuk su hazırlama ünitesinden dolayı oldukça yüksek bir elektrik sarfiyatına sebep olur. Bu ünitenin kompresörlerinin çektiği elektrik enerjisi yaklaşık 400 kW civarındadır. Sistem günde 24 saat ve yılda 365 gün çalıştırıldığı düşünülürse sarfedilen elektrik gücü  $400 \times 24 \times 365 = 3.532.800$  kwh'ttir. Elektriğin kwh'i 1400 TL = 0,075 \$ kabul edilirse elektrik maliyeti 270.000 \$ civarında olacaktır.

## 10.3. Mukayese

Evaporatif sistemde bulunan cihazlarla, mekanik soğutmalı sistemde bulunan cihazlar, mekanik soğutmalı sistemde bulunan su soğutma grubu dışında benzerdirler. Ve işletme maliyetleri açısından soğuk su hazırlama ünitesi dışında birbirlerine yakındırlar. Fakat mekanik soğutmalı sistem'de bulunan soğuk su hazırlama ünitesi oldukça yüksek miktarda bir elektrik tüketimine sebep olmaktadır. Bu elektrik tüketimi 1,5 yılda sistemin maliyetini geçmektedir. Bu olumsuz durum tesiste evaporatif soğutmanın kullanımını cazip hale getirir.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tekstil sanayiinde özellikle kuru ve sıcak iklimlere sahip bölgelerde bulunan mahallerin şartlandırılmasında evaporatif soğutma en pratik ve ekonomik yöntemdir. En büyük dezavantajı, ancak belirli iklim özelliklerine sahip olan bölgelerde başarılı olarak kullanılabilmesidir.

Yapılan hesaplamalarda evaporatif soğutmalı sistem ve mekanik soğutmalı sistem için gerekli hava debileri birbirlerine yakın çıkmıştır. Fakat sistemlere işletme maliyetleri açısından baktığımızda mekanik soğutmalı sistemin soğuk su hazırlama ünitesi oldukça yüksek giderlere yol açmaktadır.

Mekanik soğutmalı sistem tüm iklim koşullarında kullanılabilme ve dış koşullar ne olursa olsun mahalde istenen şartları en küçük limitlerde sağlayabilme avantajına sahiptir. Oysa evaporatif soğutmalı sistem yaş termometre sıcaklığı ile kuru termometre sıcaklığı arasındaki farkın yüksek olduğu iklimlerde ekonomik olarak uygulanabilir. Ve iç şartlar dış ortam şartlarına göre değişir.

Tekstil sanayiinde iç sıcaklığın küçük limitler arasında olması gerekmez. Yani kesin bir sıcaklık değeri istenmez. Bundan dolayı evaporatif soğutmalı sistemi kullanmakta bir sakınca yoktur.

Yukarıda yapılan mukayeselerden sonra incelenen sistemde evaporatif soğutmayı kullanmanın daha ekonomik ve pratik olacağı ortaya çıkar.

## KAYNAKLAR

- 1- ASHRAE Handbook, 1983, Equipment, Chapter 36.
- 2- ASHRAE Handbook, 1984, Systems, Chapter 36.
- 3- ASHRAE Handbook, 1989, Fundamentals.
- 4- ASHRAE Handbook, 1990, Refrigeration Systems and applications
- 5- ASHRAE Handbook, 1991 Hvac applications, Chapter 19.
- 6- ASHRAE Handbook, 1992 Hvac Systems and equipment.
- 7- Çırmıktılı, Y., 1970, İplikçiliğin esasları, Sümerbank Yayınları
- 8- Harris, N.C., Conde, D.F., 1980. Modern air conditioning Practice, M.Graw-Hill Book CO.
- 9- Hearle, J.W.S., Peters, R.H., 1960 Moisture in textiles
- 10- Ormerod, A., 1983 Modern preparation and weaving machinery
- 11- Stoecker, W.F.'den Genceli, O.F. tercümesi, 1984. İklimlendirme esasları, İ.T.Ü. Matbaası, Gümüşsuyu.
- 12- Supple, R.G. 1982, Evaporative Cooling for Comfort, ASHRAE Journal 24 (8) 42
- 13- Tamer, Ş., 1990 Klima ve havalandırma, Meteksan Baskı Tesisleri.

## ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 26 Nisan 1968  
Doğum Yeri : İstanbul  
İlk öğrenim : İ.Alaattin Gövsa İlkokulu (1974-1979)  
Orta öğrenim : Fatih Vatan Lisesi (1979-1985)  
Lisans : İ.T.Ü.Makina Müh. (1986-1990)  
Yüksek lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi (1991- )