



#### TTMD

Adına Sahibi / Owner on Behalf of TTMD  
Abdullah Bilgin

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü /  
Responsible Editorial Manager  
Bora Türkmen

Genel Yayın Yönetmeni /  
Chief of Editorial Board  
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

#### Yayın Kurulu / Editorial Board

Abdullah Bilgin  
Ali Rıza Dağlıoğlu  
Aytekin Çakır  
Bora Türkmen  
Cafer Ünlü  
Faruk Çimen  
Fevzi Özel  
Fuzuli Topal  
Gürkan Arı  
İbrahim Çakmanus  
İsmet Taner  
Murat Gürenli  
Nazif Özakıncı  
Onur Başokur  
Prof. Dr. Hikmet Karakoç  
Refet Doruk Oflaz  
Seden Çakıroğlu  
Serhan Mumcu  
Yeşim Portakal  
Züleyha Özcan

Dernek Müdürü / TTMD Manager  
Selen Güngör

Dergi Yayın Sorumlusu /  
Responsible for Publication  
Gülten Acar  
İlknur Altınbaş

#### İletişim / Contact Info

Ankara : Beştekar Sokak Çimen Apt.  
No :15/2 06680 Kavaklıdere  
Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72  
Faks: 0.312. 419 58 51  
web: <http://www.ttmd.org.tr>  
e-mail: [ttmd@ttmd.org.tr](mailto:ttmd@ttmd.org.tr)

İstanbul : İnönü Caddesi, Mercan Sokak  
STFA Konutları B-8 Blok No:12/4 Kozyatağı  
Tel: 0.216. 464 93 50  
Faks: 0.216. 464 93 51  
web: <http://www.ttmd.org.tr>  
e-mail: [ttmd.istanbul@ttmd.org.tr](mailto:ttmd.istanbul@ttmd.org.tr)

#### TTMD Yönetim Kurulu / Executive Board of TTMD

Abdullah Bilgin (Başkan)  
Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç (Başkan Yrd.)  
Fevzi Özel (Başkan Yrd.)  
Hırant Kalataş (Başkan Yrd.)  
Dr. İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)  
Aytekin Çakır (Muhasip Üye)  
Cafer Ünlü (Üye)  
Levent Alatlı (Üye)  
Handan Özgen (Üye)  
Gürkan Arı (Üye)  
Tufan Tunç (Üye)  
Murat Gürenli (Üye)

49. Sayının Ekidir

## Psikrometri Nedir?

### What is Psychrometrics?

Atıla Çınar, Mak. Müh.

TTMD Üyesi

#### Giriş

Psikrometri, nemli havanın termodinamik özellikleri ile bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen, termodinamiğin bir dalıdır. Psikrometrik diyagram, genel itibariyle kapalı mahalleri istenilen (sıcaklık, nem) koşullara getirmek amacıyla gerekli hesapları yapabilmek için kullanılmaktadır. Bu mahaller, yaşama alanları veya özellikleri gereği belli koşullarda kalması gereken hacimler olabilir (bilgi işlem üniteleri, tekstil malzemeleri vb.).

#### Neden Psikrometrik Diyagram?

Dünyada kabul edilmiş araştırmalara göre, insanlar belli bir sıcaklık ve nem aralığında ve temiz havalı ortamlarda rahat etmektedir. Bu aralık konfor bölgesi olarak tanımlanmıştır. Konfor koşulları yaz ve kış olarak ayrılmıştır (nem %30 ile %60, sıcaklık 20 - 27 °C). Sıcaklığın gereğinden fazla veya az olması boğaz kuruluğu, gözlerde yanma gibi rahatsızlıklara yol açmasının yanında, fazla nem de terlemeye ve bunaltıcı bir sıcaklık hissine neden olur. Ayrıca ortamın havası temiz ve taze değildir, toz, duman, polen ve diğer zararlı maddelerin filtre edilmesi ve temiz havayı getirip kirli havayı götürerek bir hava dolaşımı gerekmektedir.

Günümüzde pek çok insanın yaşamının önemli bir bölümü kapalı mekanlarda geçmektedir. Bu mekanlar gerek hacim, gerekse barındırdıkları insan sayısı olarak büyük boyutlara ulaşmışlardır. Fuar, konferans, tiyatro, sinema salonlarının, alışveriş ve eğlence merkezlerinin, pencereleri açılmayan yüksek binaların vb. yaşanabilir halde tutulması için iklimlendirme (klima) şarttır. Oteller, hastaneler, gıda, tekstil, elektronik, kağıt, tütün, vb. endüstrileri de klimaya tam anlamıyla muhtaçtır.

Mahallerin iklimlendirilmesi için başlıca önemli iki metod vardır. Bunlar tüm havalı iklimlendirme ve primer havalı iklimlendirme olarak adlandırılır. Bu çalışma, psikrometrik diyagramla ilgili yapılan örneklemelerle konu ile ilgilenen meslektaşlarımızın teoriden biraz uzak pratik uygulamalar ile konunun daha iyi anlaşılabilmesini sağlamak için hazırlanmıştır.

#### Tüm Havalı İklimlendirme

Tüm havalı sistem; merkezi bir klima santralinde şartlandırılan havanın kanallarla yardımıyla iklimlendirilecek ortama gönderilmesidir.

#### Primer Havalı İklimlendirme

Statik ısıtma ve/veya soğutma yüklerinin mahallerde kullanılan cihazlardan (örneğin fan-coil veya radyatör) karşılanırken, mahal taze hava ihtiyacının klima santrali ile karşılanmasıdır.

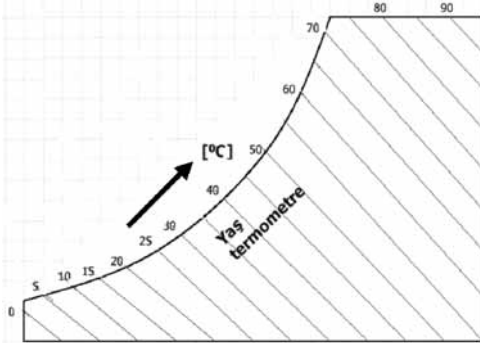
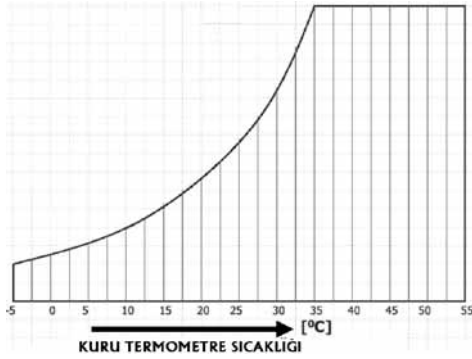
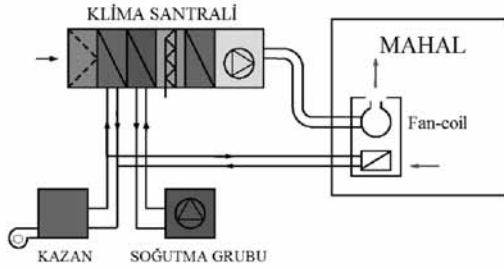
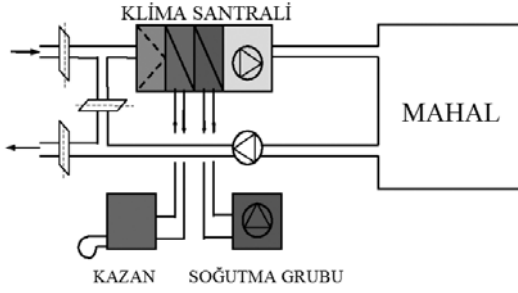
#### Tanımlar ve Psikrometrik Diyagramdaki Gösterimleri

##### Kuru Termometre Sıcaklığı (Kt °C)

Normal bir termometre ile yani haznesinin etrafı kuru olup hava ile temas halinde olan bir termometre ile ölçülen hava sıcaklığına denir.

##### Yaş Termometre Sıcaklığı (Yt °C)

Haznesinde ıslak bir bezle sarılı termometrenin, normal hava akımı sağlanıp, hazne etrafındaki hava doygunluk sınırına getirildiğinde termometrenin gösterdiği sıcaklıktır.



### Çiğ Noktası Sıcaklığı

Sabit basınçta soğutulan nemli havanın içerdiği su buharının yoğunlaşmaya başladığı sıcaklığa denir.

### Entalpi (h- kcal/kg)

Kuru hava - su buharı karışımına (ıslak havaya) ısıtılması esnasında verilmesi yada soğutulması esnasında alınması gereken ısı miktarıdır.

Havadaki ısı miktarını, belirlenmiş bir referans değerine göre gösteren bir ısıl özelliktir.

### Bağıl Nem ( $\varphi$ )

Mevcut havada bulunan su buharı miktarının aynı sıcaklıktaki doymuş havada bulunan su buharı miktarına oranına denir.

### Özgül Nem (gr/kg)

Mevcut havada bulunan birim miktardaki nemli havanın ihtiva ettiği su buharı miktarına denir.

Yani mevcut şartlarda 1 kg havadaki nemin gram cinsinden miktarıdır.

### Yoğunluk ( $\rho$ -kg/m<sup>3</sup>)

Nemli hava ağırlığının, kapladığı hacme oranı hava yoğunluğu olarak tanımlanır.

Hava yoğunluğunu etkileyen unsurlar, içindeki su buharı miktarı, havanın sıcaklığı, ve havanın bulunduğu rakım ve açık hava basıncı olarak sayılabilir. Psikrometrik diyagram üzerinde bu değişkenlere göre havanın yoğunluğu belirlenebilmektedir.

### Duyulur Isı ( $Q_d$ - kcal/kg)

Nemli havadan, kuru termometre sıcaklığını değiştirmek için verilmesi ya da alınması gereken ısı miktarıdır.

### Gizli Isı ( $Q_g$ - kcal/kg)

Nemli havadan, kuru termometre sıcaklığı değişmeksizin içeriğindeki su buharının yoğunlaştırılması yani faz durumunu değiştirmek için verilen veya alınan ısı miktarıdır.

### Duyulur ısı Oranı

Duyulur ısının ( $Q_{duyulur}$ ), toplam ısıya ( $Q_{duyulur} + Q_{gizli}$ ) oranıdır.

### Havanın Özgül Isısı (CP - Kcal/kg °C)

1 kg nemli havanın sıcaklığını 1 °C arttırmak için gereken ısı miktarına özgül ısı denir.

-100 ile + 100 °C aralığı için,  
 $C_p = 1,004 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C} = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

### Duyulur Isı Oranı Çizgisi (Doğrusu)

Duyulur ısı oranı ile referans noktasından geçen çizgiye duyulur ısı oranı çizgisi denir.

Referans noktası psikrometrik diyagram üzerinde bulunan ve rakıma bağlı olarak yer değişken olan bir noktadır. (Deniz seviyesine göre hazırlanmış psikrometrik diyagramda referans noktası yaklaşık olarak 20 °C KT ile % 50 Bağıl nem eğrisi üzerindedir.)

### Psikrometrik Diyagramda Yapılan İşlemlerin Yön Tanımlamaları

- A - Havanın KT sıcaklığının sabit kalıp nemini arttığı durum
- B - Isıtma ve buharlı nemlendirme

- C- Duyulur ısıtma
- D- Absorbent maddelerle nem alınması
- E- Sabit kuru termometre sıcaklığında bağıl ve özgül nemin düşürülmesi (nem alma)
- F- Soğutma ve nem alma (çiğ noktasının altında soğutulan havada görülür)
- G- Duyulur soğutma
- H- Evaporatif soğutma

### İklimlendirme İşlemleri İçin Kullanılan Formüller

#### Isıtma Kapasitesi

Sembol :  $Q_{ısıtma}$   
Birimi : Kcal/h

#### Soğutma Kapasitesi

Sembol :  $Q_{soğutma}$   
Birimi : Kcal/h

#### Nemlendirme Kapasitesi

Sembol :  $Q_{nem}$   
Birimi : Kg/h

#### Hava Debisi

Sembol : V  
Birimi :  $m^3/h$

#### Havanın Yoğunluğu

Sembol :  $\rho$   
Birimi :  $Kg/m^3$

#### Havanın Özgül Isısı

Sembol :  $C_p$   
Birimi : Kcal/Kg $^{\circ}C$

#### Sıcaklık Farkı

Sembol :  $\Delta T$   
Birimi :  $^{\circ}C$

#### Entalpi Farkı

Sembol :  $\Delta h$   
Birimi : Kcal/kg

#### Özgül Nem Farkı

Sembol :  $\Delta x$   
Birimi : Kg/kg

Not : Yapılacak hesaplarda yukarıda verilen birimler kullanılarak işlemler yapılacaktır.

#### Isıtma Kapasitesi

$$Q_{ısıtma} = V \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

#### Soğutma kapasitesi

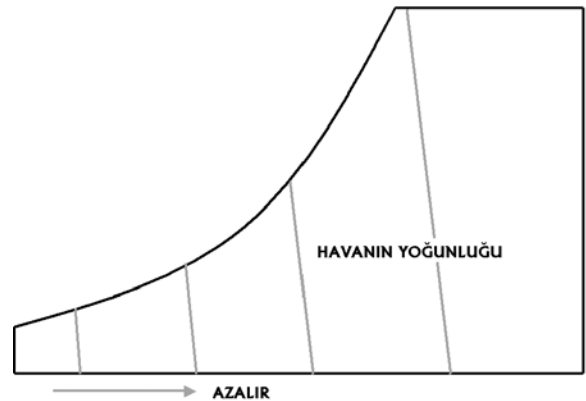
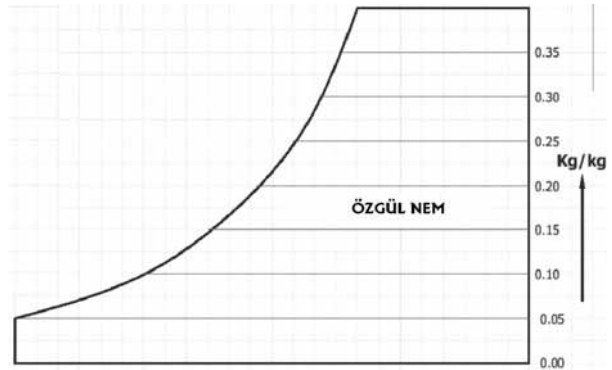
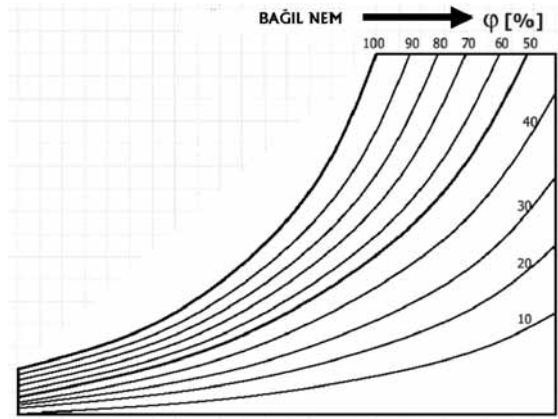
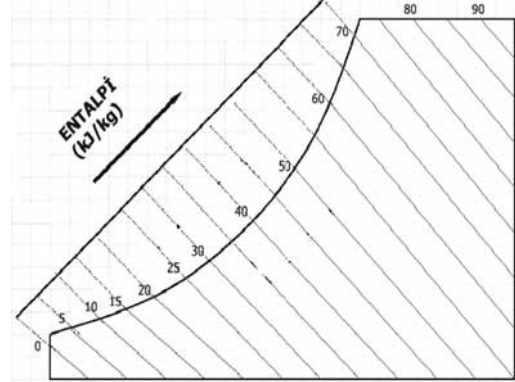
$$Q_{soğutma} = V \times \rho \times \Delta h$$

#### Nemlendirme kapasitesi

$$Q_{neml.} = V \times \rho \times \Delta x$$

#### Kabuller

- Havanın yoğunluğu: hava yoğunluğu sıcaklığa ve rakıma bağlı olarak değişmektedir.
- Örneğin deniz seviyesinde, 0  $^{\circ}C$  de yaklaşık 1,29  $kg/m^3$  iken 30  $^{\circ}C$  de yaklaşık 1,17  $kg/m^3$  değerindedir.
- Yapacağımız hesaplarda hava yoğunluğu ortalama olarak 1,2  $kg/m^3$  olarak alınacaktır.



- Projelerde net kapasiteler hesaplarken havanın yoğunluğu film sıcaklığındaki havanın yoğunluğu alınarak yapılmalıdır.
- Film sıcaklığı şartlandırmanın başlangıcındaki hava sıcaklığı ile havanın şartlandırmanın bitiş noktasındaki sıcaklığının ortalamasıdır.
- Havanın özgül ısısı : -100 ile +100 arasında çok fazla değişmediğinden 0,24 kcal/kg°C olarak alınacaktır.

### Psikrometrik Hesaplar İçin Ön Hesaplar

#### KIŞ için bilinenler

Kış Dış Ortam sıcaklığı (KT)	: 0 °C
Kış Dış Ortam Bağıl Nemi (j)	: 90 %
Kış İçin İstenen Mahal Şartları	: 20 °C - % 50 nem

#### YAZ için bilinenler

Yaz Dış Ortam sıcaklığı (KT)	: 33 °C
Yaz Yaş Termometre sıcaklığı (YT)	: 24
Yaz İçin İstenen Mahal Şartları	: 26 °C-% 50 nem

#### Mahal Isı Kazanç ve Kayıp Bilgileri

Mahal ısı kaybı	= 19.500 Kcal/h
Duyulur ısı kazancı	= 24.000 Kcal/h
Gizli ısı Kazancı	= 4.000 Kcal/h
Duyulur ısı oranı	= 24.000/(24.000+4.000)
DIO	= 0,857

#### Hava Debisinin Hesaplanması

- Hava debisinin tayin edilmesi için, yaz dış hava ve istenen iç hava şartları psikrometrik diyagramda işaretlenir. (Yaz dış hava şartımız 33 °C KT ve 24 °C YT, mahal şartımız 26 °C KT ve % 50 bağıl nem)
- Duyulur ısı oranı çizgimizi diyagram üzerinde çizilir.
- Bu çizgiye paralel olan ve mahal şartından geçen çizgi çizilir.
- Duyulur olarak soğuttuğumuz hava, % 90 bağıl nem eğrisi üzerinde, içinde bulunan su buharının yoğunlaşmasıyla sıcaklığı düşerek hareket eder. (Teorik olarak nemli havanın yoğunlaşması çığ noktası sıcaklığında (% 100 Bağıl nem eğrisi üzerinde) olmaktadır. Fakat pratikte yoğunlaşma %95 ile % 85 bağıl nem eğrileri arasında oluşmaktadır. Bu yüzden yapılan psikrometrik hesaplarda yoğunlaşma eğrisi olarak % 90 eğrisi kullanılmaktadır.)
- Mahal noktasından geçen DIO çizgisinin % 90 bağıl nem noktasını kestiği nokta bizim üfleme sıcaklığımız olacaktır.

**Hava debisi = duyulur ısı kazancı / (havanın yoğunluğu x havanın özgül ısısı x sıcaklık farkı)**

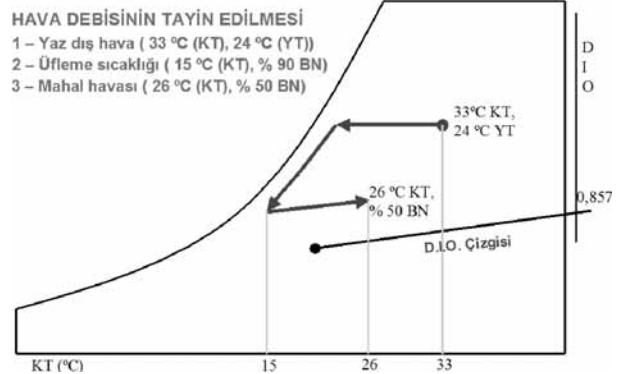
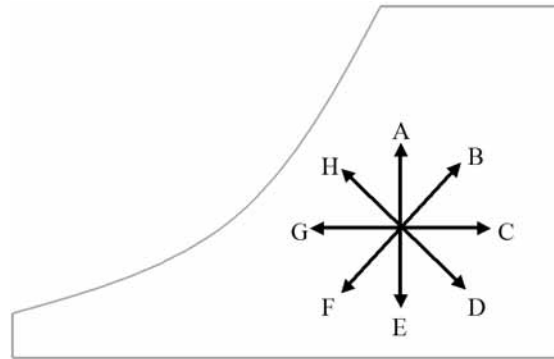
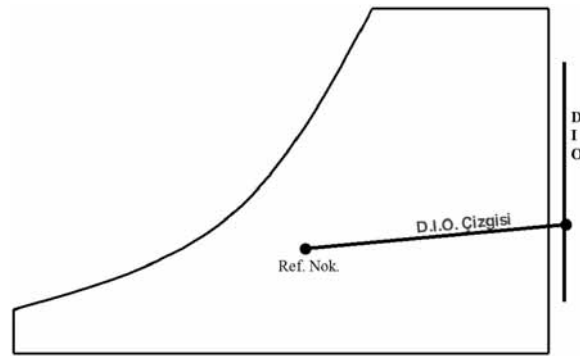
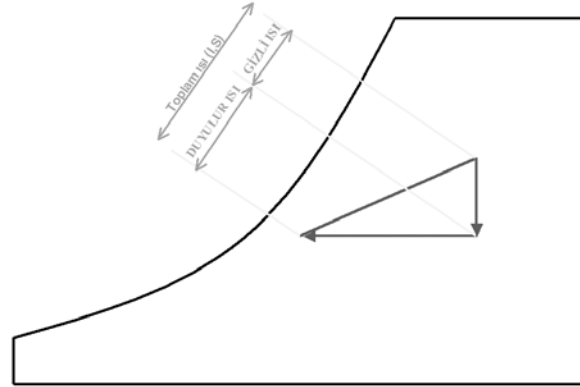
$$\text{Hava debisi} = 24.000 / (1,2 \times 0,24 \times (26 - 15))$$

$$V = 7.500 \text{ m}^3/\text{h}$$

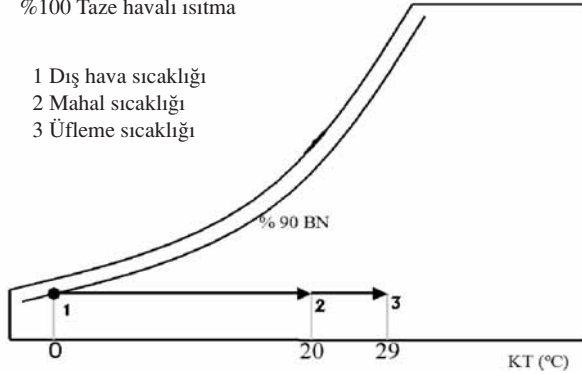
Klima-Havalandırma cihazımızın üfleme hava debisi (mahale verilmesi gereken hava debisi) 7.500 m<sup>3</sup>/h olarak bulundu. Bu hava debisini mahale verirken istenilen konfor şartlarına getirmek için, prosesin ihtiyaçları doğrultusunda, ısıtma, soğutma, nemlendirme kapasiteleri hesaplanacak ve bu hesaplar sonucunda ısıtma için kazandan besleme, soğutma için soğutma grubundan besleme, nemlendirme için buharlı olması durumunda, buharlı nemlendirme cihazından, sulu nemlendirme olması halinde gerekli su debisini sağlayacak pompalı bir sulu nemlendirme ünitesinden sistemin ihtiyaçları sağlayacaktır.

#### Psikrometrik Diyagramda Kış Uygulamaları

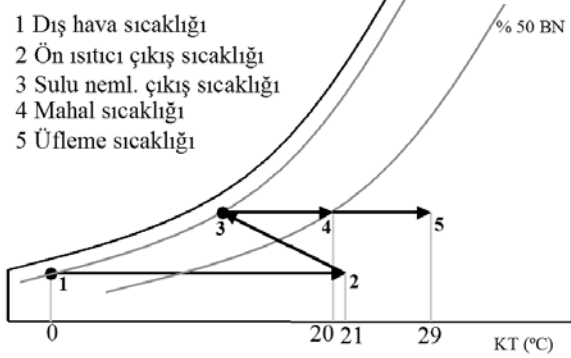
- 1- %100 Taze Hava Isıtma
- 2- %100 Taze Hava Isıtma + Sulu Nemlendirme
- 3- %100 Taze Hava Isıtma + Buharlı Nemlendirme
- 4- Karışım Havalı Isıtma
- 5- Karışım Havalı Isıtma + Sulu Nemlendirme
- 6- Karışım Havalı Isıtma + Buharlı Nemlendirme



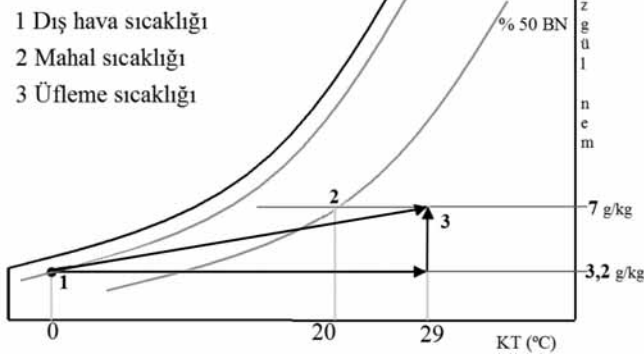
## % 100 Taze havalı ısıtma



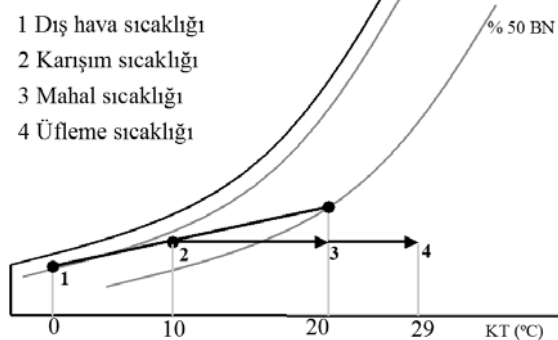
## % 100 T.H. Isıtma + Sulu Neml.



## % 100 T.H. Isıtma + Buharlı Neml.



## % 50 T.H. Isıtma



## Psikrometrik Diyagramda Kış Uygulamaları Sayısal Örnekler

- Hesaplama için kullanılacak sayısal veriler
- Hava debisi : 7.500 m<sup>3</sup>/h
- Dış Ortam sıcaklığı (tdış) : 0 °C
- Dış Ortam Bağıl Nemi (j) : 90 %
- Mahal Sıcaklığı (tiç) : 20 °C
- Mahalin ısı kaybının giderilmesi için gerekli üfleme havası sıcaklığının tayini
- 19.500 = 7.500 x 1,2 x 0,24 x (ΔT), ΔT = 9 °C
- Üfleme sıcaklığı : 20 + 9 = 29 °C

## % 100 Taze Havalı Isıtma

İlk önce dış ortam koşulları psikrometrik diyagramda işaretlenir (1). Hava ısıtıcı bataryadan geçerken duyulur olarak ısınır. Özgül nem sabit kalarak yatay eksene paralel olarak üfleme sıcaklığına (3) kadar ısıtılır. Genel olarak üfleme sıcaklığı ile bataryaya giriş sıcaklığı arasındaki fark (ΔT), formülde yerine konularak ısıtma kapasitesi hesaplanır.

$$Q_{\text{ısıtma}} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

tgi = % 100 taze havalı sistemlerde dış hava sıcaklığına eşittir.

$$Q_{\text{ısıtma}} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (29-0)$$

$$Q_{\text{ısıtma}} = 62.640 \text{ Kcal/h}$$

## % 100 Taze Havalı Isıtma, Sulu Nemlendirme

Dış ortam koşulları psikrometrik diyagramda işaretlenir (1). Yatay eksende (1) noktadan geçen bir doğru çizilir. Ardından mahal koşulları işaretlenir (4) mahal koşullarından havayı duyulur olarak ısıtıp üfleme sıcaklığına (5) ulaştırırız. Sulu nemlendirme işlemi esnasında havanın nem seviyesi artarken kuru termometre sıcaklığı azalır psikrometrik diyagramda sulu nemlendirme işlemi sabit yaş termometre sıcaklığında gerçekleşir. Kuru termometre sıcaklığında meydana gelen azalma (3) konfor şartlarından uzaklaşmamıza yol açar. Bundan dolayı havayı neme doyurduktan sonra tekrar ısıtıp istenen konfor şartlarını (4) sağlamış oluruz. Bu işlem yapılırken ön ısıtmanın hangi sıcaklığa kadar yapılması gerektiğini hesaplamak için mahal noktasından (4) geçen ve kuru termometre sıcaklığının azalması yönünde olan yatay doğru çizilir. Çizilen bu doğrunun % 90 bağıl nem eğrisini kestiği noktadaki yaş termometre sıcaklığına karşılık gelen kuru termometre sıcaklığı son ısıtıcıya giriş sıcaklığı olarak alınır (3). Bu noktadaki sabit yaş termometre doğrusunun yatay eksende (1) noktadan geçen doğruyu kestiği noktadaki kuru termometre sıcaklığı ön ısıtıcı üfleme sıcaklığı olarak alınır (2).

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (21-0)$$

$$Q_{\text{ısıtıcı}} = 45.360 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{sonısıtıcı}} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$Q_{\text{sonısıtıcı}} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (29-11)$$

$$Q_{\text{sonısıtıcı}} = 38.880 \text{ Kcal/h}$$

## % 100 Taze Havalı Isıtma, Buharlı Nemlendirme

Buharlı nemlendirme işlemi esnasında, buhar sıcaklığı ile üflenen hava sıcaklığı aynı kabul edilerek, psikrometrik diyagramda kuru termometre sıcaklığında değişiklik olmaksızın, havanın özgül nem miktarı artarak, düşeyde yukarı doğru hareket ettiği kabul edilir. Gerçekte konfor şartları için buhar sıcaklığı üfleme hava sıcaklığından yüksek olup, hem kuru termometre sıcaklığı hem de özgül nem miktarında artış meydana gelir. Yani üfleme sıcaklığından başlayan ve düşey eksende sağa eğimli bir doğru olarak hareket eder. Bu doğrunun eğimi buharlı nemlendirici içinde bulunan suyun ilk ve son hallerindeki enerjilerin hesaplanması



ile bulunur. Psikrometrik diyagramda işlemler gösterilerek dış ortam koşulları psikrometrik diyagramda işaretlenir (1). Üfleme sıcaklığına (3) kadar duyulur ısıtma yapılır. Mahalin ısı kayıplarını ekstra ısıtma ile sağladığımızdan özgül nem seviyesi sabit kalıp istenilen konfor şartları sağlanmış olur.

$$Q_{ısıtma} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$Q_{ısıtma} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (29-0)$$

$$Q_{ısıtma} = 62.640 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{neml.} = V \times \rho \times (X_{üf}-X_{gi})$$

$$Q_{neml.} = 7.500 \times 1,2 \times (7 - 3,2)$$

$$Q_{neml.} = 34.200 \text{ gr/h} = 34,2 \text{ kg/h}$$

#### Karışım (% 50 Taze) Havalı Isıtma

Dış ortam koşulları (1) ve istenen iç mahal koşulları (konfor şartları 20°C KT, %50 BN) psikrometrik diyagramda işaretlenir. Bu iki nokta cetvel yardımıyla birleştirilir. Karışım oranına bağlı olarak bu doğru üzerinde karışım noktası bulunur. % 50 taze hava için karışım noktası bu doğrunun orta noktasıdır. Taze hava yüzdesi arttıkça dış mahal noktasına, azaldıkça konfor noktasına yaklaşır. Örneğimiz için % 50 taze hava bu doğrunun orta noktasıdır. Bu nokta karışım havası sıcaklığıdır (2). Karışım havasını ısıtmaya başlayarak yatay çizgimizi çizip mahal sıcaklığımızı (3) ve üfleme sıcaklığımızı buluruz (4).

$$Q_{ısıtma} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$T_{gi} = \text{Karışım havalı sistemlerde karışım sıcaklığına eşittir.}$$

$$T_{gi} = t_{iç} \times \text{iç hava yüzdesi} + t_{dış} \times \text{dış hava yüzdesi}$$

$$T_{gi} = (20 \times 0,5) + (0 \times 0,5) = 10 \text{ °C}$$

$$Q_{ısıtma} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (29 - 10)$$

$$Q_{ısıtma} = 41.040 \text{ Kcal/h}$$

**Karışım (% 50 Taze) Havalı Isıtma, Sulu Nemlendirme**  
% 100 taze havalı ısıtma + sulu nemlendirme işleminin aynı söz konusudur. Tek fark ısıtma işlemine dış hava sıcaklığından değil karışım havası sıcaklığından başlamamızdır.

$$Q_{önısıtıcı} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$Q_{önısıtıcı} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (14,2-10)$$

$$Q_{önısıtıcı} = 9.072 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{sonısıtıcı} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$Q_{sonısıtıcı} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (29-11)$$

$$Q_{sonısıtıcı} = 38.880 \text{ Kcal/h}$$

**% 50 Taze Havalı Isıtma, Buharlı Nemlendirme**  
% 100 taze havalı ısıtma + buharlı nemlendirme işleminin aynı söz konusudur. Tek fark ısıtma işlemine dış hava sıcaklığından değil karışım havası sıcaklığından başlamamızdır.

$$Q_{ısıtma} = V \times \rho \times c \times x \text{ (tüf-tgi)}$$

$$Q_{ısıtma} = 7.500 \times 1,2 \times 0,24 \times (29 - 10)$$

$$Q_{ısıtma} = 41.040 \text{ Kcal/h}$$

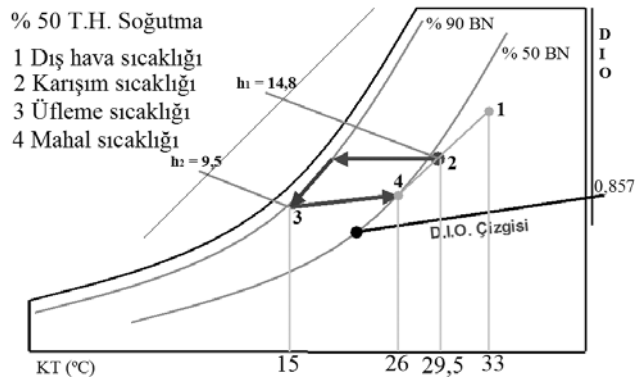
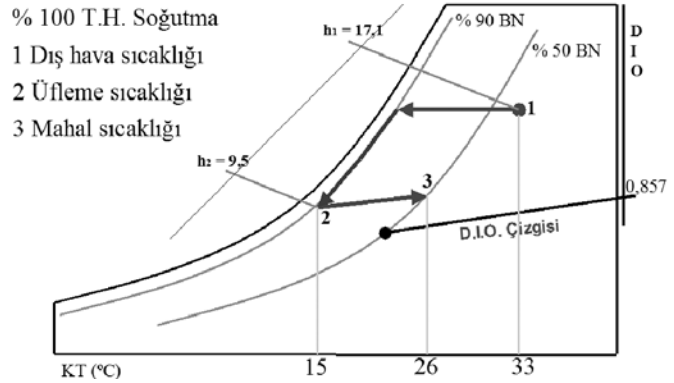
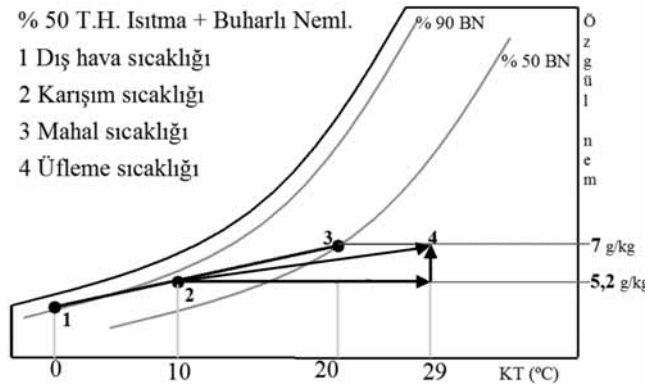
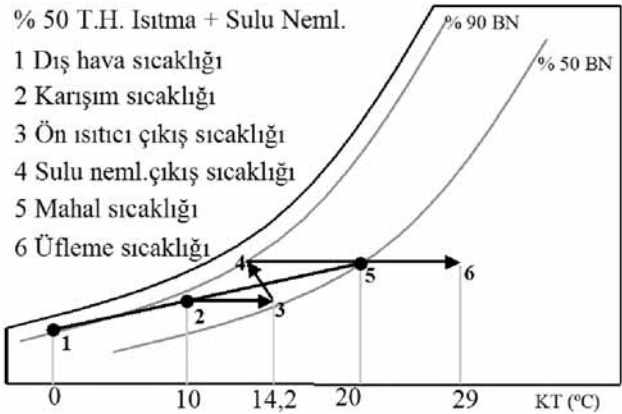
$$Q_{nemlendirme} = V \times \rho \times x \text{ (x}_{üf}-x_{gi})$$

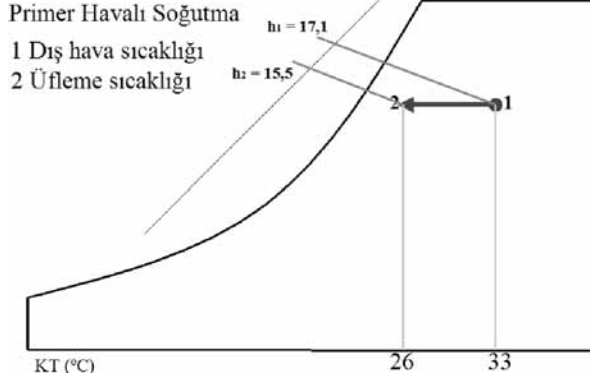
$$Q_{nemlendirme} = 7.500 \times 1,2 \times (7 - 5,2)$$

$$Q_{nemlendirme} = 16.200 \text{ gr/h} = 16,2 \text{ kg/h}$$

#### Psikrometrik Diyagramda Yaz Uygulamaları

- 1- %100 Taze Havalı Soğutma
- 2- Karışım Havalı Soğutma
- 3- Primer Havalı Soğutma





### Psikrometrik Diyagramda Yaz Uygulamaları Sayısal Örnekler

- Yapılan örnekler için verilen değerler
- Hava debisi (V) : 7.500 m<sup>3</sup>/h
- Dış Ortam sıcaklığı (tdış) : 33 °C
- Yaş Termometre sıc. (YT) : 24 °C
- Mahal Sıcaklığı (tiç) : 26 °C KT - % 50 BN
- Mahal Duyulur Isı Oranı : 0,857

#### % 100 Taze Havalı Soğutma

Yaz dış hava koşulları işaretlenir (1). Hava soğumaya başladığında özgül nem yoğunlaşmanın başladığı noktaya kadar sabit kalacak şekilde (duyulur soğutma) psikrometrik diyagram üzerinde hareket eder. Yoğuşmanın başladığı sıcaklıktan itibaren havanın hem nemi hem de kuru termometre sıcaklığı azalır. Yoğuşma % 90 BN eğrisi üzerinde gerçekleşir ve soğuyan hava % 90 BN eğrisini takip ederek sıcaklığı ve nemi azalır. % 90 eğrisi üzerinde hangi noktaya kadar soğutma yapacağımıza duyulur ısı oranı çizgisini kullanarak karar veririz. Duyulur ısı oranı ile referans noktasını birleştiren bir doğru çizilir. Çizilen bu doğru duyulur ısı oranı çizgisidir. Duyulur ısı oranı çizgisini paralel olarak öteleyip konfor noktamızı (3) kesen doğruyu çizip % 90 BN eğrisini kestiği nokta (2) üfleme sıcaklığımızdır. (1) noktası ile (2) noktasına karşılık gelen entalpi eğrileri çizilerek soğutma kapasitemizi hesaplamak için kullanacağımız entalpi değerlerini buluruz.

$$Q_{\text{soğutma}} = V \times \rho \times (h_1 - h_2)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 7.500 \times 1,2 \times (17,1 - 9,5)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 68.400 \text{ Kcal/h}$$

#### % 50 Taze Havalı Soğutma

Yaz dış ortam koşulları (1). ve istenen iç mahal koşulları (4) (konfor şartları 26°C KT, %50 BN) psikrometrik diyagramda işaretlenir. Bu iki nokta cetvel yardımıyla birleştirilir. Karışım oranına bağlı olarak bu doğru üzerinde karışım noktası bulunur. % 50 taze hava için karışım noktası bu doğrunun orta noktasıdır. Taze hava yüzdesi arttıkça dış mahal noktasına, azaldıkça konfor noktasına yaklaşır. Örneğimiz için % 50 taze hava bu doğrunun orta noktasıdır. Bu nokta karışım havası sıcaklığıdır (2). Karışım havasını soğutmaya başlayarak yoğuşma eğrisine kadar yatay çizgimizi çizip yoğuşma eğrisi üzerinde üfleme sıcaklığımızı (3) mahal noktamızdan (4)

geçen duyulur ısı oranı çizgisine paralel çizilen doğru yardımıyla buluruz. (2) noktası ile (3) noktasına karşılık gelen entalpi eğrileri çizilerek soğutma kapasitemizi hesaplamak için kullanacağımız entalpi değerlerini buluruz.

$$Q_{\text{soğutma}} = V \times \rho \times (h_1 - h_2)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 7.500 \times 1,2 \times (14,8 - 9,5)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 47.700 \text{ Kcal/h}$$

#### Primer Havalı Soğutma

Yaz dış ortam koşulları (1). psikrometrik diyagramda işaretlenir. Primer havalı soğutmada mahalın statik yükleri mahale konulan soğutma cihazları ile karşılandığından mahal sıcaklığına kadar klima santralinde soğutma yapmamız yeterli olacaktır. Bundan dolayı dış havanın entalpisi ile mahal sıcaklığına (2) tekabül eden entalpi kullanılarak soğutma kapasitesi hesaplanır.

$$Q_{\text{soğutma}} = V \times \rho \times (h_1 - h_2)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 7.500 \times 1,2 \times (17,1 - 15,5)$$

$$Q_{\text{soğutma}} = 14.400 \text{ Kcal/h}$$

#### Sonuç olarak;

Psikrometrik diyagram gerek konforal uygulamalarda gerekse endüstriyel uygulamalarda ortamların istenilen sıcaklık ve nem koşullarına getirilmesi için kullanmamız gereken en önemli materyaldir. Diyagramı iyi kullanabilmek için işlem yönlerinin iyi öğrenilmesi ve verilen - istenen koşulların diyagramda doğru olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir nokta da hesaplamaları yapacağımız yer neresi ise o yerin rakımına ait diyagramın kullanılması olacaktır. Deniz seviyesi için hazırlanmış bir diyagramda Ankara (895 m) için hesap yapılırsa yaptığımız hesaplarda belli oranlarda hata yapmış oluruz. Konu sadece ısıtma ise (havanın yoğunluğunun 1,2 kg/m<sup>3</sup> kabulü ile) bir problem teşkil etmeyecektir. Çünkü ısıtmada yaptığımız hesap sıcaklık farkı ve bunun için psikrometrik diyagram kullanmadan da aritmetik hesaplarla sonuca ulaşabiliriz. İşin içine nemlendirme, nem alma, soğutma gibi değerler girdiğinde hatalar kaçınılmaz olacaktır. Aynı dış ortam kuru ve yaş termometre sıcaklığı için, deniz seviyesi ile 895 m rakımı arasında, havanın entalpisi, özgül nemi, bağıl nemi ve yoğunluğu farklı değerler olacaktır. Soğutma ve nemlendirme-nem alma hesaplamalarında entalpi ve özgül nemi kullandığımızdan bu farklılık hesaplarımızın olması gerekenden farklı çıkmasına neden olacaktır. Eğer elimizde farklı rakımlar için psikrometrik diyagram mevcut değilse, rakımlar arası düzeltme faktörü tablosundan gerekli aritmetik işlem yapılarak doğru sonuca ulaşılmış olacaktır.

#### Yazar;

#### Atila Çınar,

1974 Ankara doğumludur. Ön lisans eğitimini Dokuz Eylül Üniversitesi İklimlendirme - Soğutma, lisans eğitimini ise Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Gürkomp A.Ş.'de (Gürmak&Class) Kaynaklı imalat bölümünde imalat şefliği, Form Tesisler Bakım Tic. A.Ş. Teknik servis ve bakım departmanında ve 2002 yılından itibaren ÜNTES Isıtma Klima Soğutma San. ve Tic. A.Ş. Müşteri Hizmetleri Müdürlüğünde görev yapmaktadır. MMO ve TTMD üyesidir.