

İKLİMLENDİRME ESASLARI

A) İKLİMLENDİRMENİN ESASLARI

- GİRİŞ
- İklimlendirmenin Tanımı, İşlevleri ve Gelişimi :
 - a) **İklimlendirme** : Kapalı bir ortam havasının temizlenmesi, ısıtılıp soğutulması, nemlendirilmesi veya neminin alınması, hareketlendirilmesi ve hava karakteristiklerinin otomatik olarak istenen şartlarda sabit tutulması işlemleridir.
- Dilimize Almancadan geçen “Klima” ile İngilizceden geçen “Air Conditioning = Hava Şartlandırma” kelimeleri iklimlendirme ile eş anlamlıdır.

b) Ana işlevleri :

- Tam bir iklimlendirme tesisatı havalandırma tesisatından farklıdır. Şöyle ki :
- İklimlendirmenin dört unsuru vardır :

1) Sıcaklık

2) Rutubet

3) Hava hızı

4) Hava temizliği

- Havalandırmanın ise üç unsuru vardır :

1) Sıcaklık

2) Hava hızı

3) Hava temizliği

- İklimlendirme havalandırma ile karıştırılmamalıdır. Ancak iklimlendirme ile havalandırmanın müşterek tarafları vardır.
- İklimlendirme ve havalandırma tesisatı ile ilgili kaideler “VDI - Havalandırma Kuralları” adı altında birçok kitaplarda yer almaktadır.
- Projelendirme, imalat ve montaj, malzeme, ölçü ve tecrübe ile ilgili hususlar ise, Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliğinin (A.S.H.R.A.E.) GUIDE veya DIN esaslarından alınmalıdır.

c) **Gelişimi :**

- 1836 yılında, ilk iklimlendirme tesisatı İngiltere Millet Meclisi binasında yapılmıştır. Bu tesisatta ısıtma, vantilatörlerin önüne yerleştirilmiş bulunan ısıtma serpantinleri yardımı ile yapılmakta idi. İçeri sevk edilen taze hava duş altından geçirilerek yıkanmakta ve gerektiğinde buz kullanılmak suretiyle de soğutulmakta idi.
- 1895 yılında, Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisleri Birliği (A.S.H.V.E.) kurularak konfor ile ilgili bilim kolları inkişaf etmiştir.

- 1904 yılında, Amerikan Soğutma Mühendisleri Birliği (A.S.R.E.) kuruldu.
- 1911 yılında, Amerikan Makina Mühendisleri Birliği (A.S.M.E.) iklimlendirme tesisatının makina mühendisliğinin bir kolu olduğunu kabul ederek bu konu üzerinde çalışmalara başlamıştır.
- Daha sonra, bu kurulan bilim cemiyetlerinin çalışmaları, Amerikan Isıtma, soğutma ve iklimlendirme Mühendisleri Birliği (A.S.H.R.A.E.) (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tarafından geliştirilerek yapılan araştırma neticeleri standart el kitapları olarak neşredilmiş, böylece rasyonel usul ve metotlar teessüs etmiştir.

d) Merkezi iklimlendirme sistemlerinin genel sınıflandırılması

- Merkezi iklimlendirme sistemleri tesis bakımından iki ana grupta toplanabilir:

1) Konfor iklimlendirme tesisleri,

2) Endüstriyel iklimlendirme tesisleri,

- Sanayi iklimlendirme tesisleri endüstride bazı maddelerin fabrikasyonuna en uygun hava şartlarını temin etmektir. Tekstil, kimya, şeker, tütün, ilaç, gıda vb sanayi tesislerinde, hava belirli sıcaklık, nem ve temizlikte tutulduğu takdirde imalat daha verimli ve kaliteli olmaktadır.

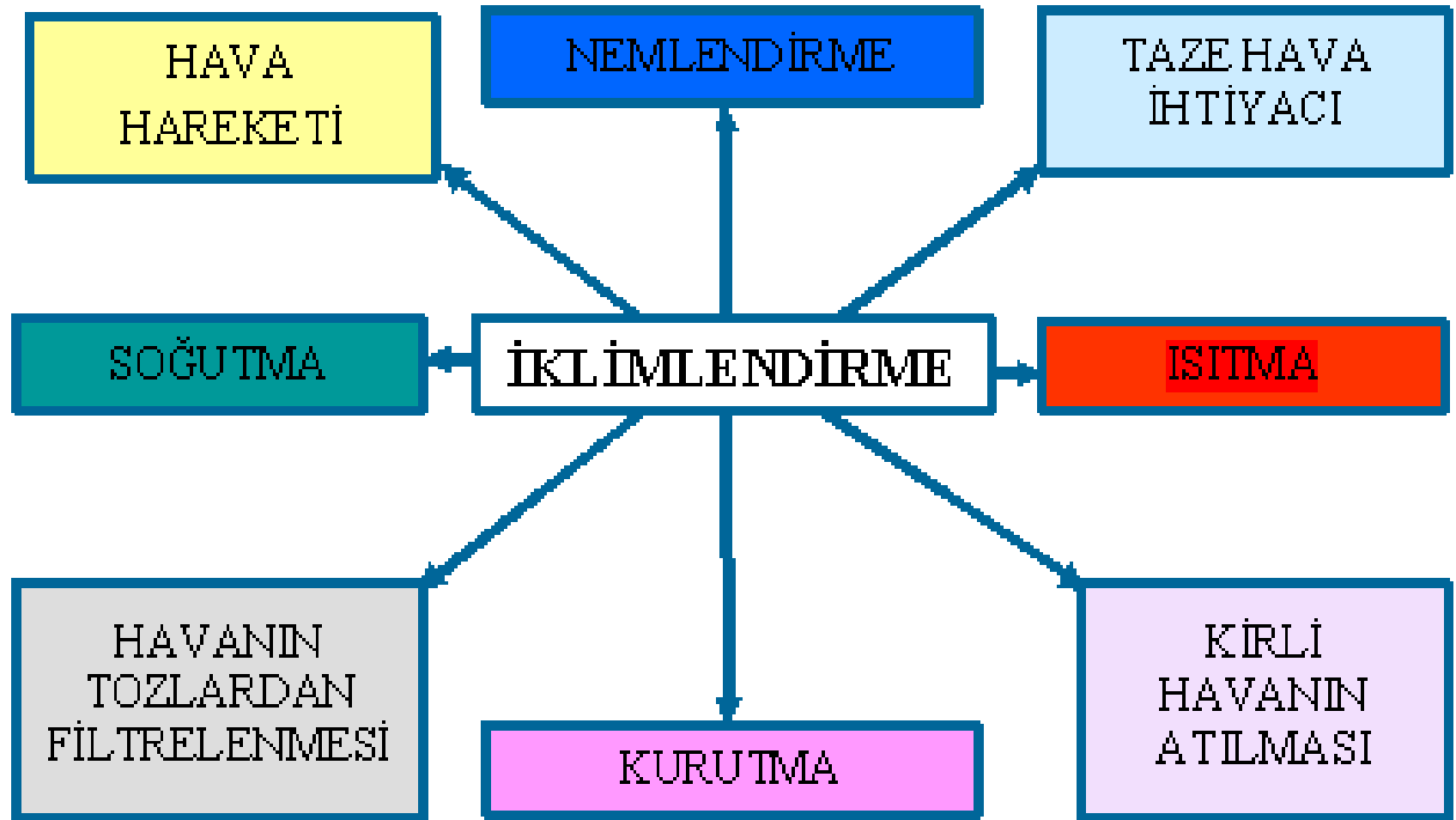
- Endüstriyel maksatlarla hazırlanan hava iyice süzülür ve temizlenir, böylece imalat havadaki pisliklerden korunmuş olur. Bu maksatla hazırlanan hava, konfor bakımından uygun şartlarda olmayabilir.
- Konfor iklimlendirmenin esası konut ve iş yerlerindeki insanların kullandıkları mekânların havasının şartlandırılmasıdır. Geleneksel konut havalandırması, kapı ve pencerelerin açılmasıyla veya buralardan sızan havalarla doğal olarak sağlanmaktadır. Enfiltrasyonla (sızıntı ile) olan hava değişimi normal hallerde 0,3 – 0,7 değişim/saat mertebesinde ve bu yeterli olmaktadır. Ancak çeşitli nedenlerle mekanik havalandırma ve bunun daha ileri bir uygulaması olan konfor iklimlendirme tesisleri, gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

- Konfor iklimlendime tesisleri ise aşağıdaki kısımlara ayrılır :
 - a) **Yaz iklimlendirme tesisleri,**
 - b) **Kış iklimlendirme tesisleri,**
 - c) **Yaz-Kış iklimlendirme tesisleri.**
- Genellikle son zamanlarda büyük tesislerde yaz-kış iklimlendirme tesisleri yapılmakta ve aynı tesisat ile her iki mevsimde de istenen konfor temin edilmektedir.

- Yaz-Kış iklimlendirme tesisinden beklenen özellikler şunlardır :

- 1) **Filtrasyon** : Kışın ve yazın havayı filtre ederek içeri almak, böylece bina içine toz, pislik ve hatta mikropların girmesini engellemelidir.
- 2) **Taze hava** : Bina içindeki sağlık ve konfor şartlarını engelleyen her türlü koku ve CO₂'i bertaraf edecek miktarda taze hava temin etmelidir.
- 3) **Sessiz hava nakli** : Hava naklinin titreşimsiz ve gürültüsüz yapılmasını, homojen ve rahatsız etmeyen bir emme-üfleme sağılanması temin etmelidir.

- 4) **Kış hava sıcaklığı:** Kışın havanın konfor sağlayan bir sıcaklığa ($21 \div 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$) kadar ısıtılmasını sağlamalıdır.
- 5) **Yaz hava sıcaklığı:** Yazın havanın dış hava sıcaklığından ($6 \div 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$) daha aşağı bir sıcaklığa kadar soğutulmasını temin etmelidir.
- 6) **Kış hava rutubeti:** Kışın içeri alınan havanın izafi rutubet (bağıl nem) derecesini en az **% 30** olmasını temin edecek şekilde nemlendirmelidir.
- 7) **Yaz hava rutubeti:** Yazın içeri alınan havanın soğutulduktan sonra izafi rutubet derecesinin **% 55**'in altında kalmasını temin etmek maksadı ile kurutma yapmalıdır.



B) TEMEL PSİKROMETRİ

- Psikrometri, nemli havanın termodinamik özellikleri ile, bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen, termodinamiğin bir dalıdır.
- **Havanın bileşenleri**
- Klimatizasyonla uğraşanları en çok ilgilendiren madde nemli havadır. İçinde su buharı bulunmayan havaya kuru hava denir.
- Dünyamızı saran atmosfer tabakası içindeki hava; Oksijen, Azot ve muhtelif gazların fiziksel bir karışımından meydana gelmiştir.

Hava içinde O_2 ve N_2 yanında az miktarda CO_2 , su buharı, bazı kirletici maddeler ve çok az miktarda muhtelif gazlar bulunmaktadır. Bu muhtelif gazların hava içindeki yüzdeleri sabit değildir. Sıcaklık, kullanma şartları ve bulundukları bölge itibariyle değişmektedir.

Hava	Hacim (%)	Ağırlık (%)
O_2	21	23,1
N_2 , Argon, vs	79	76,9

Su buharı (havadaki nem) oranı	: % 0 ÷ 4
CO_2 oranı	: % 0,03 ÷ 0,3
Argon, Neon, Helyum oranı	: Çok küçük % lerde
Toz zerrecikleri oranı	: Değişen oranlarda

**İKLİMLENDİRMEDE
HAVA**

```
graph TD; A[İKLİMLENDİRMEDE HAVA] --> B[KURU HAVA]; A --> C[SU BUHARI]
```

KURU HAVA

SU BUHARI

- **Temel Klima Terimleri**

- 1) **KURU HAVA:** İçindeki su buharı tamamen alınmış olan atmosferik havadır.
- 2) **NEM (Rutubet):** Havanın ihtiva ettiği su buharı nem (rutubet) olarak tanımlanır. Dalton'un kısmi basınçlar kanununa göre havanın ihtiva edebileceği maksimum su buharı miktarı, içerisine karışmış olan diğer gazlara tabi olmayıp, sadece sıcaklığın bir fonksiyonudur.
- 3) **NEMLİ HAVA:** Kuru hava ile su buharının karışımından meydana gelir.

4) **DOYMUŞ HAVA:** Hava içinde su buharının maksimum olduğu durumdur ($\phi = \% 100 = 1$).

5) **SU BUHARI KISMİ BASINCI (P_b) :** Su buharının rutubetli hava içindeki kısmi basıncına buhar basıncı denir.

- Rutubetli hava, su buharı ile kuru havanın karışımıdır. Normal binalar içindeki hava da kuru hava olmayıp az veya çok rutubetli hava olduğuna göre, bu gaz karışımının toplam basıncı atmosfer basıncı olacaktır.
- Dalton kanununa göre : $P = P_b + P_h$

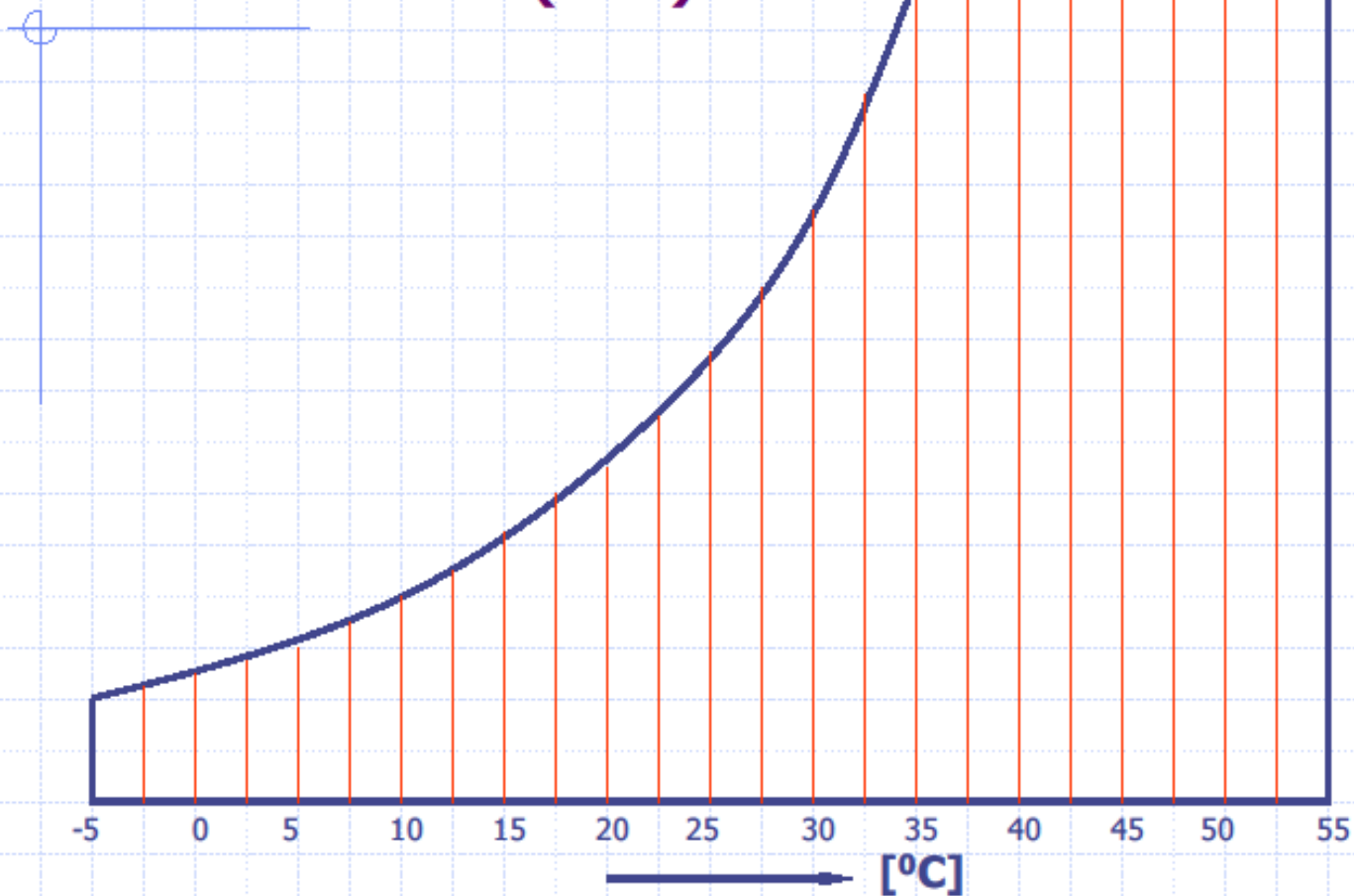
P : Atmosfer basıncı (rutubetli hava = normal hava),

P_b : Su buharının kısmi basıncı,

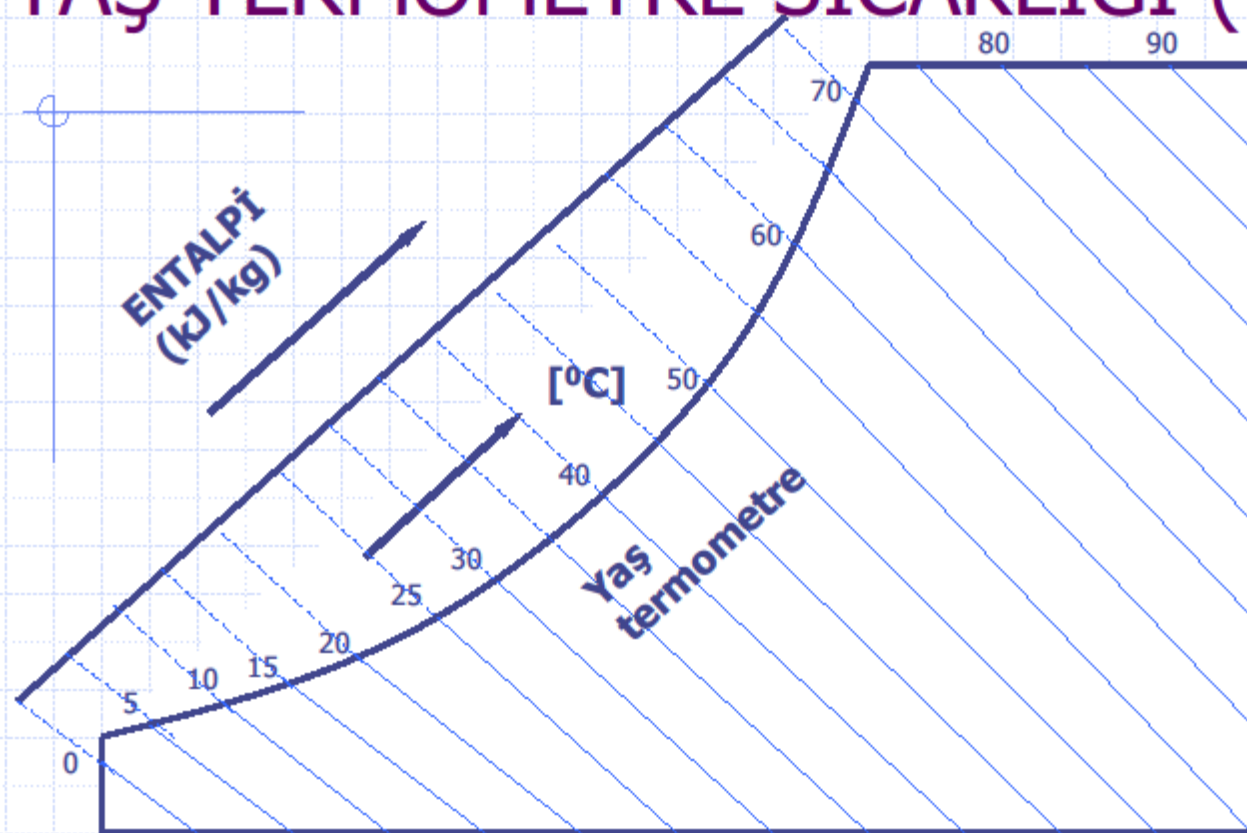
P_h : Kuru havanın kısmi basıncı.

- 6) KURU TERMOMETRE SICAKLIĞI (t_{kt}) :** Havanın içindeki su buharı veya radyasyon tesirinde kalmadan, herhangi bir termometre veya termo eleman ile ölçülen sıcaklıktır [$^{\circ}\text{C}$].
- 7) YAŞ TERMOMETRE SICAKLIĞI (t_{yt}) :** Standart bir termometrenin haznesi su ile ıslatılmış bir bezle sarılıp, bezin etrafından kafi miktarda bir hava akımı geçirildiğinde, termometrede sıcaklığın düştüğü görülür; Düşme sona erdiği zaman okunan sıcaklığa yaş termometre sıcaklığı denir. Bu sıcaklığa adyabatik doyma sıcaklığı da denir [$^{\circ}\text{C}$].

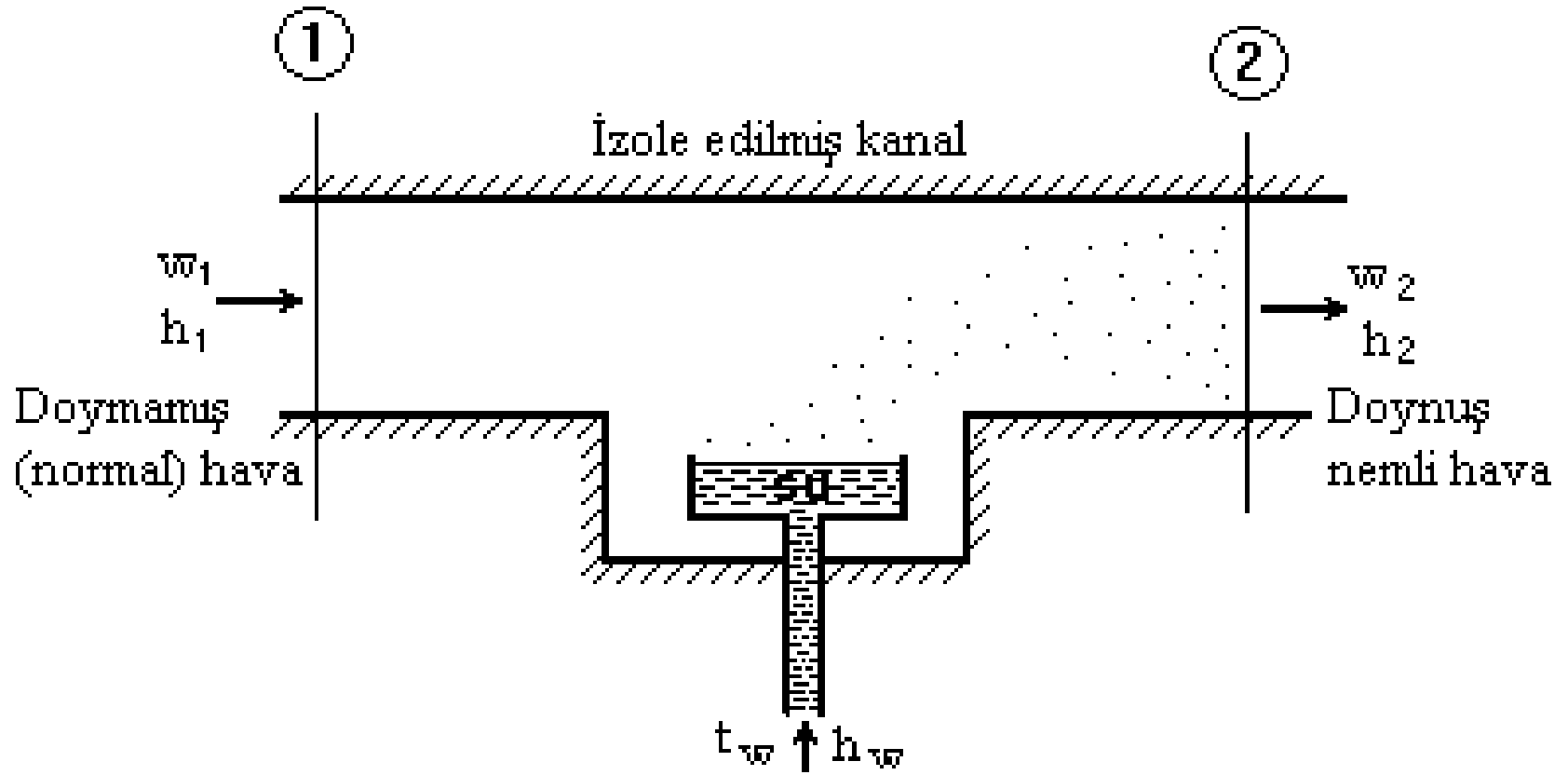
KURU TERMOMETRE SICAKLIĞI (KT)



YAŞ TERMOMETRE SICAKLIĞI (YT)



- Bir hava doymuş olmaktan ne kadar uzak ise kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasındaki fark da o kadar fazla olur.
- **DENEY** : Aşağıda görüldüğü üzere iyice izole edilmiş olan bir kanalın (1) kesitinden doymamış havanın x_1 , h_1 şartlarında girip, (2) kesitinden w_2 , h_2 şartlarında doymuş hava çıktığını kabul edelim. Cihazın altından ise, i_2 şartında çıkan hava ile aynı sıcaklıkta olan su girmektedir.



Şekil 2. Adyabatik olarak doymuş hale gelme.

- Sistemin enerji denklemini yazalım :

$$h_2 = h_1 + (w_2 - w_1) h_w$$

h_1, h_2 : giren ve çıkan havanın entalpileri
[kJ/kg],

w_1, w_2 : giren ve çıkan havanın özgül nemleri
[kg/kg],

t_w, h_w : giren suyun sıcaklık ve entalpisi
[°C],[kJ/kg]

- Burada, verilmiş olan h_1 , h_1 şartları için elde edilen h_2 entalpisine tekabül eden sıcaklığa **adyabatik doyma sıcaklığı** veya yaş termometre sıcaklığı denir.
- Pratikte, haznesi ıslak pamukla sarılarak, 5 m/sn hava akımı içinde ölçülen yaş termometre sıcaklığı, adyabatik doyma sıcaklığına yakındır.

8) **YOĞUŞMA NOKTASI SICAKLIĞI (t_{yn})** : Şartları verilmiş olan bir havanın yoğuşma noktası sıcaklığı, aynı barometrik şartlar altında aynı miktarda su buharı ihtiva eden doymuş havanın sıcaklığına denir [$^{\circ}\text{C}$].

- Nem ihtiva eden bir havayı soğutursak, belirli bir sıcaklığa kadar soğuyan havanın içerisindeki su buharı yoğuşmaya başlar. Bu sıcaklığa yoğuşma noktası sıcaklığı denildiği gibi **çiğ noktası sıcaklığı** da denir. Bu sıcaklıkta hava, su buharına doymuş durumdadır.

9) BAĞIL NEM = İzafi Rutubet = İR (φ): Verilen havadaki su buharının kısmi basıncının, aynı kuru termometre sıcaklığındaki doymuş havanın su buharının kısmi basıncına oranına denir.

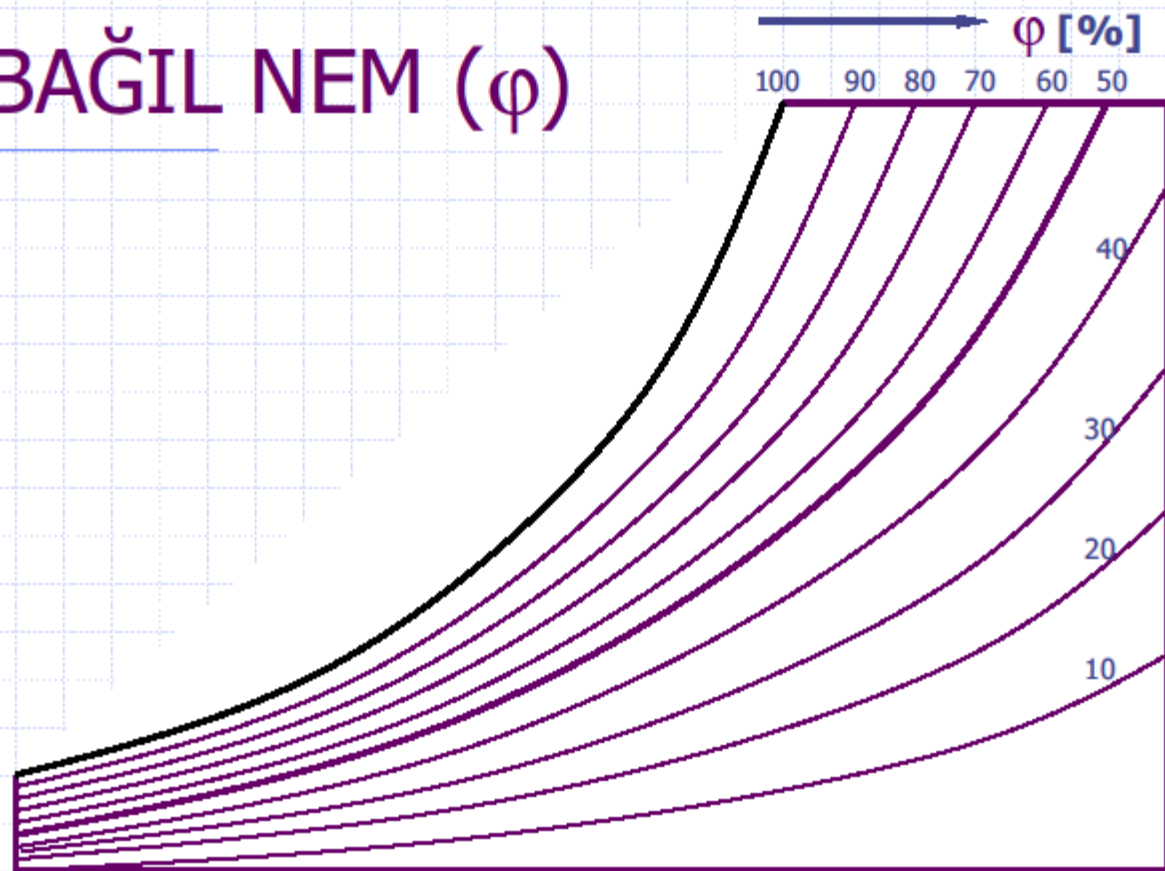
- Diğer bir ifade ile, verilen havanın içindeki su buharı ağırlığının, aynı şartlardaki havanın içinde bulunması mümkün olan max. Su buharı ağırlığına olan oranına denir.

$$\varphi = \left(\frac{P_b}{P_s} \right)_t = \left(\frac{M_b}{M_{bs}} \right)_t$$

$\varphi = 0$ ise : $M_b = 0$: Hava kuru demektir.

$\varphi = 1$ ise : $M_b = M_{bs}$: Hava doymuş demektir.

BAĞIL NEM (φ)



10) MUTLAK NEM (ε_b) : Birim hacimdeki nemli havanın ihtiva ettiği su buharı veya rutubetin miktarına mutlak nem denir. Birimi $[\text{kg}/\text{m}^3]$ dür.

$$\varepsilon_b = \frac{M_b}{V} = \frac{P_b}{R_b * T} \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$$

11) ÖZGÜL NEM (w) : Nemli hava içindeki, su buharı kütlelerinin kuru hava kütlelerine oranıdır. Birimi [kg nem/kg kuru hava], [kg/kg] veya [gr/kg] olarak ta ifade edilir.

$$w = \frac{M_b}{M_h} \quad [\text{kg/kg}]; [\text{kg-nem/kg-kuru hava}]$$

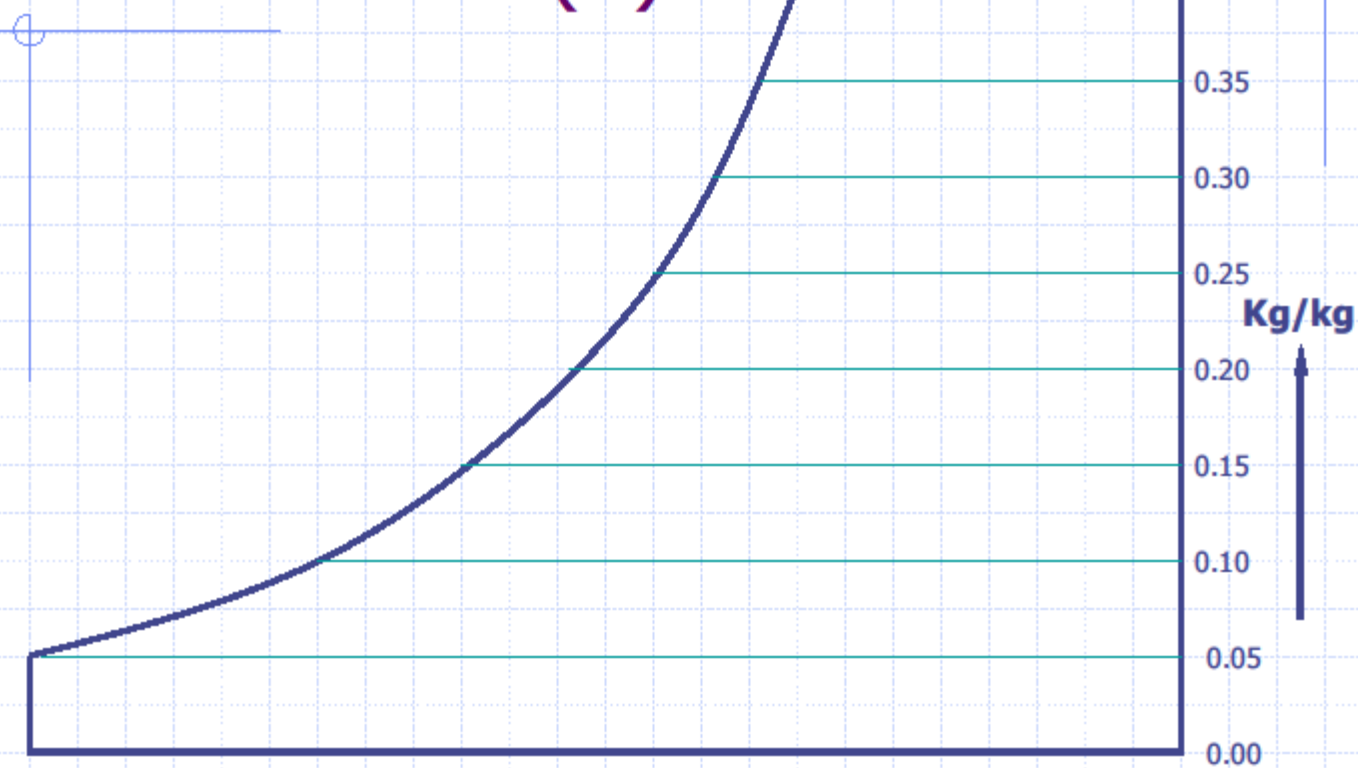
$M = M_b + M_h$ olup :

M_b : Nemli havadaki su buharının kütlesi [kg],

M_h : Kuru havanın kütlesi [kg],

M : Nemli havanın toplam kütlesi (nem+kuru hava) [kg]

ÖZGÜL NEM (X)



NOT : Termodinamikte ifade edilen mükemmel gaz kanunları çok yaklaşık sonuçlar verdiğiinden; kuru hava ile su buharı karışımından oluşan nemli havaya uygulanabilmektedir.

- Mükemmel gaz kanununa göre:

$$PV = MRT$$

- Bu kanunu nem ve kuru havaya uygulayalım:

$$P_b V = M_b R_b T_b$$

$$P_h V = M_h R_h T_h$$

$$w = \frac{M_b}{M_h} = \frac{R_h}{R_b} * \frac{P_b}{P_h}$$

R_h : Kuru havanın gaz sabitidir. $R_h = 29.27$
[kgm/kg°K]

R_b : Su buharının gaz sabitidir. $R_b = 47$
[kgm/kg°K]

$PV = MRT$ olduğundan, buradan hava için $R_h = ?$

$$R_h = \frac{P_h V_h}{M_h T_h} \quad \frac{M_h}{V_h} = \rho_h \quad \text{olduğundan;}$$

- **Deniz seviyesinde:**

$$P_h : 10333 \quad [\text{kg}_f/\text{m}^2 = \text{kg}/\text{m}^2],$$

$$T_h : 273 \quad [^\circ\text{K}],$$

$$\rho_h : 1.293 \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \text{ olduğundan};$$

$$R_h = \frac{P_h}{T_h} * \frac{1}{\rho_h} = \frac{10333}{273 * 1.293} = 29.27$$

$R_h = 29.27 \text{ [kgm/kg}^\circ\text{K]}$ olarak hesaplanabilir.

- Bu bilgiler ışığında özgül nem şöyle ifade edilebilir:

$$P_b = \varphi * P_s$$

$$P = P_b + P_h$$

$$P = \varphi P_s + P_h$$

$$P_h = P - \varphi P_s$$

- Şimdi “w” için bileşenleri yerine koyalım :

$$w = \frac{29.27}{47} * \frac{\varphi P_s}{P - \varphi P_s}$$

$$w = 0.622 * \frac{\varphi P_s}{P - \varphi P_s}$$

olur.

NOT : Goff, bu son ifadenin $f_s = 1.004$ (goff sayısı) ile çarpılarak rutubetli havanın ideal gazlar kanununa yaklaştırılmasını teklif etmiştir. Buna göre;

$$w = 0.622 f_s \frac{P_s}{P - P_s} \quad f_s = 1.004 \quad \text{olduğundan;}$$

- Nemli havanın ve doymuş havanın özgül nemi :

$$w = 0.625 \frac{\phi P_s}{P - \phi P_s} \quad w_s = 0.625 \frac{P_s}{P - P_s} \quad \text{elde edilir.}$$

12) NEMLİ HAVANIN YOĞUNLUĞU (ρ_φ) : Nemli hava kütlelerinin nemli hava hacmine oranıdır. φ izafi nemindeki nemli havanın yoğunluğu ρ_φ olmak üzere:

$$\rho_\varphi = \frac{M}{V} = \frac{M_b + M_h}{V}$$

M_b ve M_h yi bulup yerlerine koyalım:

Mükemmel gaz kanunundan :

$$P_h V = M_h R_h T$$

$$P_b V = M_b R_b T$$

$$M_h = \frac{P_h V}{R_h T} \quad ; \quad P_h = P - \phi P_s$$

$$M_b = \frac{P_b V}{R_b T} \quad ; \quad P_b = \phi P_s$$

Psikrometride basınçlar genel olarak [mm Hg] ile ifade edildiğinden dolayı 10333 kg/m² yerine 760 mmHg yazılırsa:

$$R_h = \frac{P_h}{T_h} * \frac{1}{\rho_h} = \frac{760}{273 * 1.293} = 2.15 \quad \text{olup; } \frac{1}{R_h} = 0,465$$

$$R_b = \frac{P_b}{T_b} * \frac{1}{\rho_b} = \frac{760}{273 * 0.806} = 3.46 \quad \text{olup; } \frac{1}{R_b} = 0,289$$

Şimdi bilinenleri yerine koyarak ρ_ϕ yi bulalım:

$$\rho_\phi = \frac{\frac{P_b V}{R_b T} + \frac{P_h V}{R_h T}}{V} = \frac{\frac{1}{R_b} P_b + \frac{1}{R_h} P_h}{T}$$

$$\rho_\phi = \frac{0.289 \phi P_s}{T} + \frac{(P - \phi P_s) 0.465}{T} = \frac{0.289 \phi P_s + 0.465 P - 0.465 \phi P_s}{T}$$

$$\boxed{\rho_\phi = \frac{0.465 P - 0.176 P_b}{T}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

Burada:

- P : Atmosfer basıncı (rutubetli hava) [mmHg],
 P_b : Su buharının kısmi basıncı [mmHg],
 T : Nemli hava kuru termometre sıcaklığı [°K].

- Özgül Hacim :

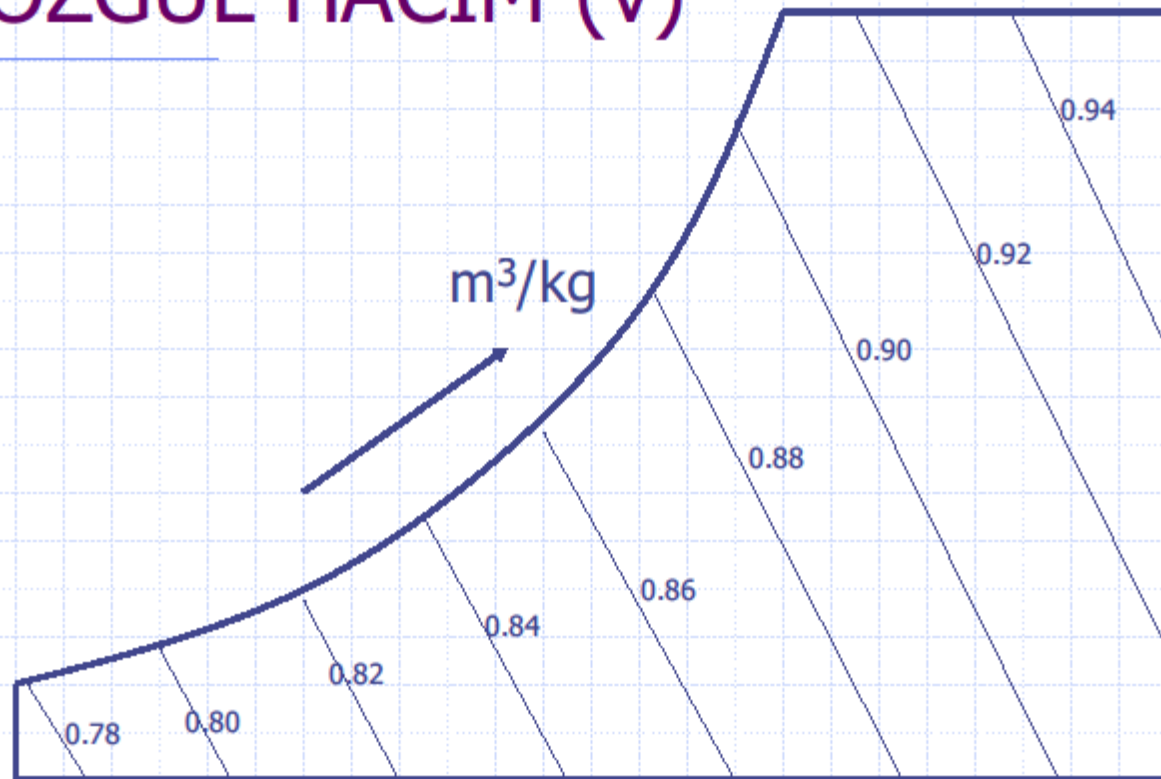
Özgül hacim yoğunluğun tersi olup;

$$v_{\varphi} = \frac{1}{\rho_{\varphi}} \quad [m^3/kg]$$

denklemini ile ifade edilebilir.

Not : Bazı psikrometrik diyagramlarda özgül hacim, bazılarında ise yoğunluk yer almaktadır.

ÖZGÜL HACİM (v)



13) NEMLİ HAVANIN ÖZGÜL ISISI (c_p) :

- Nemli havanın özgül ısısı, kuru havanın özgül ısısı ile w kg lık nemin özgül ısıları toplamıdır :

$$C_p = C_{pa} + W C_{pb}$$

- Deniz seviyesinde nemli havanın özgül ısısı :

$c_p = 1,003 \text{ [kJ/kg}^\circ\text{C]}$ alınabilir. Veya;

$c_p = 0,24 \text{ [kcal/kg}^\circ\text{C]}$ alınabilir.

14) NEMLİ HAVANIN ENTALPİSİ (h) :

- Bir ideal gaz-buhar karışımının entalpisi, bileşenlerin kısmi entalpilerinin toplamına eşittir.
- 0 °C sıcaklığındaki nemli havanın entalpisi 0 alınmak suretiyle 1 kg kuru hava içindeki ısı miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$h = c_{pa}t + wh_g \text{ [kJ/kg]}$$

c_{pa} : Kuru havanın özgül ısısı [kJ/kg°K]

0 °C de : 1,006 [kJ/kg°K]

80 °C de : 1,010 [kJ/kg°K]

Ortalama : 1,007 [kJ/kg°K]

t : Nemli hava kuru termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

w : Özgül nem miktarı [kg/kg]

h_g : Doymuş buharın entalpisi [kJ/kg]

veya ;

- $h = c_p t + 2501w$ [kJ/kg]

c_p : Nemli havanın özgül ısısı [$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{K}$]

- $c_p = c_{pa} + wc_{pw} = 1 + 1,805w$

w : Özgül nem miktarı [kg/kg]

$c_{pw} = 1,805$ [$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{K}$] : Sabit basınçta subuharının ortalama özgül ısısı

Örnek : 22 °C KT sıcaklığında % 50 izafi nemli havanın entalpisini hesaplayınız?

Çözüm : Psikrometrik diyagramdan $h = 43,01$ kJ/kg okunur. $w = 0,00825$ kg/kg okunarak hesapla bulalım :

- $c_p = 1 + 1,805w = 1 + 1,805(0,00825) = 1,015$ [kJ/kg°K]
- $h = c_p t + 2501w = 1,015(22) + 2501(0,00825) = 42,96$ kJ/kg

15) KÜTLE, KÜTLESEL DEBİ VE HACİMSEL DEBİ :

- **Kütle:** Akışkanın ihtiva ettiği değişmez madde miktarına kütle denir ($M : \text{kg}$).
- **Kütlesel debi:** Bir kesitten birim zamanda geçen akışkan kütlelerine kütlesel debi denir ($m : \text{kg/s}$)
- **Hacimsel debi:** Bir kesitten birim zamanda geçen akışkan hacmine hacimsel debi denir ($V : \text{m}^3/\text{s}$).
- Klimada hava zamana bağlı olarak ısı kazanmakta veya kaybetmekte olduğundan, ısı transferi denkleminde kütlesel debi, kütlenin yerini almaktadır.

16) DUYULUR ISI (Q_d) : Bir cismin sıcaklığını değiştirmek için verilen veya alınan ısı miktarıdır. Havanın nem muhtevasını değiştirmeden sıcaklığını değiştiren ısıya duyulur ısı denir.

$$Q = Mc_p \Delta t \quad [kJ]$$

M : Cismin kütlesi [kg]

c_p : Cismin özgül ısısı [kJ/kg°C]

Δt : Sıcaklık farkı [°C]

- Akış halinde bir kesitten birim zamanda geçen akışkandan alınan/verilen duyulur ısı sıcaklık ve entalpi farkları ile :

- $Q_d = mc_{pa}\Delta t$ veya $Q_d = m\Delta h$ [kW]

m : Havanın kütleli debisi [kg/s]

c_{pa} : Havanın özgül ısısı [kJ/kg°C]

Δt : Havanın sıcaklık farkı [°C]

Δh : Havanın entalpi farkı [kJ/kg]

17) GİZLİ ISI (Q_g) : Bir cismin sıcaklığını değiştirmeksizin sadece faz durumunu değiştirmek için verilen veya alınan ısı miktarıdır.

Kütlelesel debi dikkate alınarak hava içine buharlaşan suyun gizli ısı :

$$Q_g = m_w * h_w \quad [kW]$$

- Toplam Isı = Duyulur ısı + Gizli ısı ($Q_t = Q_d + Q_g$)
- Suyun atmosferik basınçta buharlaşma gizli ısı :
0 °C de : $h_b = 2500,81 \text{ kJ/kg}$ ($r = 597,2 \text{ kcal/kg}$)
100 °C de : $h_b = 2256,28 \text{ kJ/kg}$

18) DUYULUR ISI ORANI (F) : Havanın sahip olduğu duyulur ısı miktarının, toplam ısı miktarına oranıdır.

- Duyulur ısının toplam ısıya oranını ifade eden (F) oranı kullanıldığında, bu oranın her bir değeri, (t-w) eksen sisteminde eğimi belli bir doğru tayin eder. Psikrometrik tablolar da duyulur ısı oranına göre bu eğimler verilmiştir.

$$F = \frac{Q_d}{Q_t} \quad [birimsizdir]$$

19) DOYMA DERECEİ (s) : Verilen şartlardaki bir havanın özgül neminin, aynı kuru termometre sıcaklığı ve barometrik basınç altındaki doymuş havanın özgül nemine oranına doyma derecesi denilir.

- w : Normal (nemli) havanın özgül nemi,
- w_s : Doymuş havanın özgül nemi olmak üzere ;

$$w = 0.625 \frac{\phi P_s}{P - \phi P_s} \quad \phi = 1 \text{ iken; } w_s = 0.625 \frac{P_s}{P - P_s} \quad \text{olur.}$$

Doymuş buharın kısmi basıncı:

$$P_s = \frac{w_s P}{0.625 + w_s}$$

Kuru havanın kısmi basıncı:

$$P_h = \frac{0.625 * P}{0.625 + w_s}$$

veya

$$P_h = P - P_b \quad \text{dir.}$$

Örnek : 20 °C sıcaklığındaki doymuş nemli havanın 760 mmHg barometrik basınçta özgül nemi 14.7 gr/kg dır. Aynı havanın %50 izafi nemli halindeki buhar basıncını, kuru hava kısmi basıncını, özgül nemini ve özgül ağırlığını hesap ediniz.

Çözüm:

$$\frac{P_s}{P} = \frac{w_s}{0.625 + w_s} = \frac{0.0147 * 760}{0.625 + 0.0147} = 17.6 \text{ mmHg}$$

Nemli hava içindeki su buharının kısmi basıncı :

$$P_b = \phi P_s = 0.50 * 17.6 = 8.8 \text{ mmHg}$$

Kuru havanın kısmi basıncı:

$$P_h = P - P_b = 760 - 8.8 = 751.2 \text{ mmHg}$$

%50 izafi nemli havanın özgül nemi :

$$w = 0.625 \frac{\varphi P_s}{P - \varphi P_s} = 0.625 \frac{0.50 * 17.6}{760 - 0.50 * 17.6} = 0.0073 \text{ [kg/kg]}$$

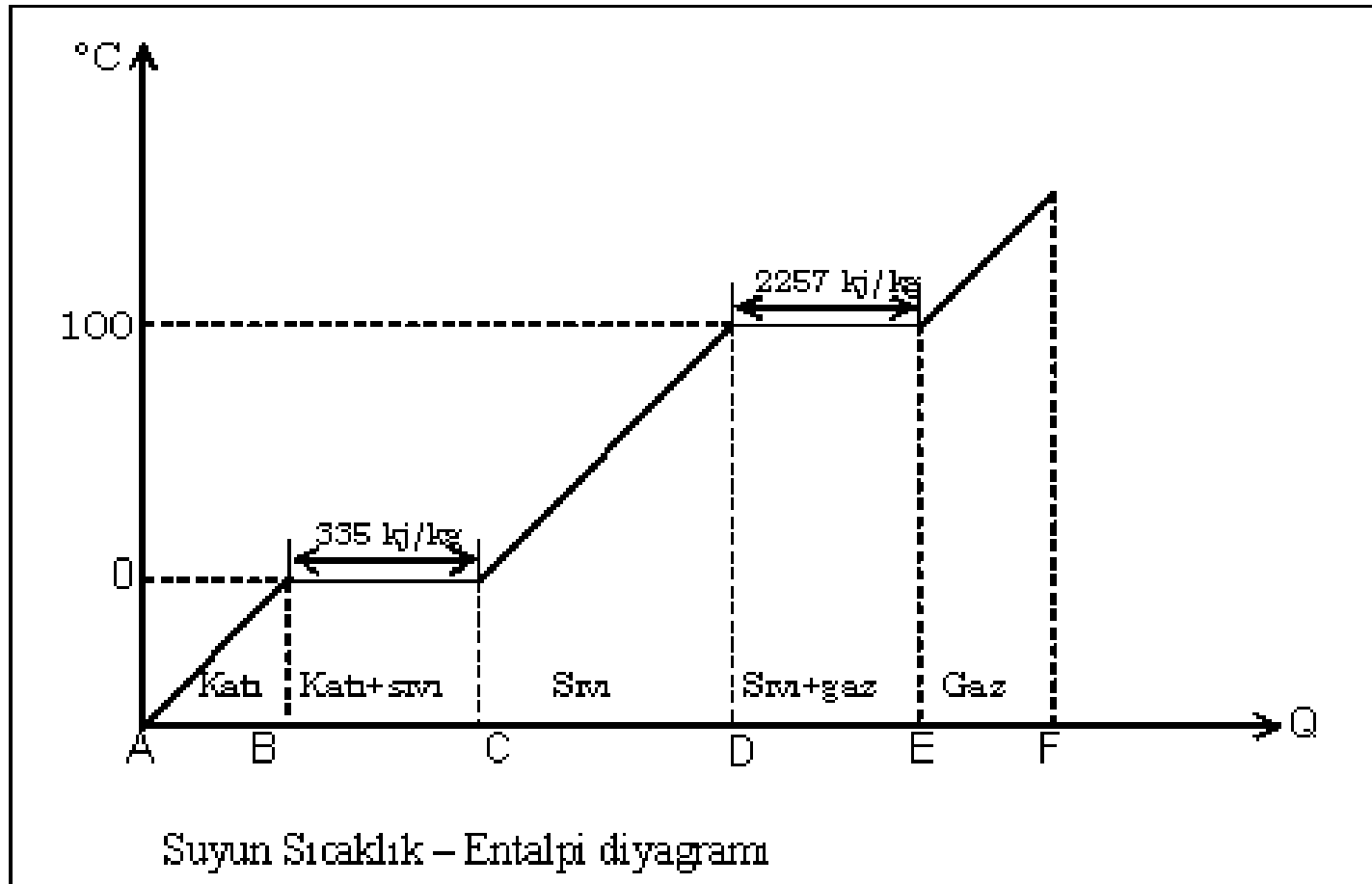
Nemli havanın özgül ağırlığı :

$$\rho_{*} = \frac{0.465 P - 0.176 P_b}{T} = \frac{0.465 * 760 - 0.176 * 8.8}{273 + 20} = \frac{353,4 - 1,6}{293} \cong 1,2$$

$$\rho_{*} = 1,2 \text{ [kg/ m}^3\text{]}$$

20) SUYUN SICAKLIK - ENTALPİ DİYAGRAMI

- a) Buzun ergime ısısı
- b) Suyun buharlaşma ısısı
- c) Duyulur ısı
- d) Gizli ısı



Örnek Problem : $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki 150 gr buzun 150°C sıcaklıkta buhar haline gelmesi için gereken ısı miktarını bulunuz?

- Buzun ergime ısısı : $L_E = 335\text{ kJ/kg}$
- Suyun buharlaşma ısısı : $L_B = 2257\text{ kJ /kg}$
- Buzun özgül ısı kapasitesi : $C = 2,14\text{ kJ /kg}^{\circ}\text{C}$
- Buharın özgül ısı kapasitesi : $C = 2,01\text{ kJ /kg}^{\circ}\text{C}$
- Suyun özgül ısı kapasitesi : $C = 4,19\text{ kJ /kg}^{\circ}\text{C}$

Çözüm :

-40 °C sıcaklıkta 150 gr buzun 150°C sıcaklıkta buhar haline gelmesi için suyun hal değişimi dikkate alınarak 5 kademede hesaplanabilir:

1) - 40°C buz 0°C 'ye çıkarmak için gereken ısı ;

$$Q = m \cdot c_{\text{buz}} (t_2 - t_1) \quad [\text{kJ}]$$

$$Q_1 = 0,15 * 2,14(0 - (-40))$$

$$Q_1 = 12,84 \text{ kJ}$$

2) Buzun tamamen ergimesi için gereken ısı ;

$$Q_2 = m * L_E$$

$$Q_2 = 0,15 * 335$$

$$Q_2 = 50,25 \text{ kJ}$$

3) Suyun sıcaklığını 0 °C'den 100 °C'ye çıkarmak için gereken ısı ;

$$Q_3 = m * c(t_2 - t_1)$$

$$Q_3 = 0,15 * 4,18(100-0)$$

$$Q_3 = 62,85 \text{ kJ}$$

4) Suyun 100°C 'de tamamen buhar haline gelmesi için gereken ısı;

$$Q_4 = m * L_B$$

$$Q_4 = 0,15 * 2257$$

$$Q_4 = 338,55 \text{ kJ}$$

5) Buharın 100°C 'den 150 °C çıkması için gereken ısı;

$$Q=m.c(t_2-t_1)=0,15.2,01.(150-100)=15,075 \text{ kJ}$$

• Toplam ısı: $Q_T=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5=479,6 \text{ kJ}$

$$1 \text{ Kcal}=4,187 \text{ kJ}$$

$$Q_T = 479,6/4,187=114,545 \text{ kcal}$$

Psikrometrik Diyagram :

- Nemli havanın termodinamik özelliklerinin grafik ile gösterilmiş şekline psikrometrik diyagram denir.
- Klima tesisatlarında önemli olan iki değer, **entalpi** ve **izafi nemdir**. Bu nedenle sıcaklıklara bağlı olarak bu iki değeri veren bir grafik, 1923 yılında Mollier tarafından (h - w) entalpi-özgül nem esas alınarak çizilmiştir. Bu diyagrama Mollier diyagramı denilmektedir.
- Daha sonra, bu diyagramdan da yararlanılarak, birbiri ile 90 °C den az büyük bir açı ile kesişen sıcaklığı (t) absis ve özgül nemi (w) ordinat kabul eden bir eksen takımı oluşturulmuştur.
- Böylece 760 mm Hg basıncında nemli havanın psikrometrik özelliklerini veren Psikrometrik diyagram termodinamik formüllerden yararlanılarak nokta nokta çizilmiştir.

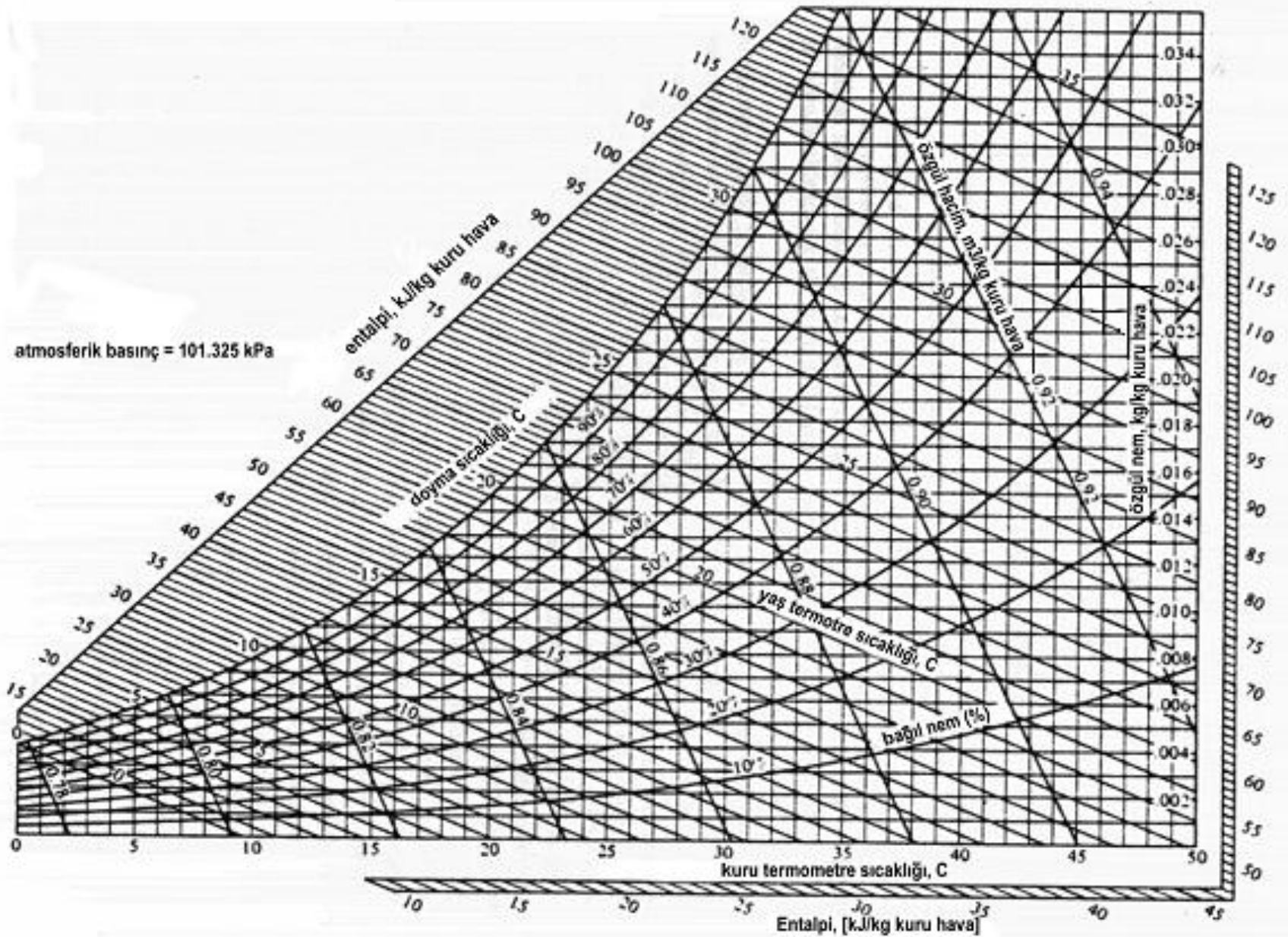
ASHRAE'nın hazırlamış olduğu yedi adet Mollier tipi psikrometrik diyagram vardır. Tablo 1.

Tablo 1. Psikrometrik diyagram türleri.

Psk.Dyg.No	Rakım [m]	Sıcaklık KT [°C]	Atm. Bas. [kPa]
ASHRAE 1	0	0 ÷ 50	101,325
ASHRAE 2	0	-40 ÷ 10	101,325
ASHRAE 3	0	10 ÷ 120	101,325
ASHRAE 4	0	100 ÷ 1200	101,325
ASHRAE 5	750	0 ÷ 50	92,66
ASHRAE 6	1500	0 ÷ 50	84,54
ASHRAE 7	2250	0 ÷ 50	77,04

Psikrometrik diyagram üzerinde :

- 1) Kuru termometre sıcaklığı (t_{kt}) [°C],
- 2) Özgül nem (w) [gr/kg] [gr nem/kg hava],
- 3) İzafi nem (ϕ) [%],
- 4) Entalpi (h) [kJ/kg] veya bazı diyagramlarda [kcal/kg],
- 5) Yaş termometre sıcaklığı (t_{yt}) [°C],
- 6) Yoğuşma noktası sıcaklığı (t_{yn}) [°C],
- 7) Havanın özgül hacmi (v) [m³/kg],
- 8) Duyulur ısı/Toplam ısı oranı (Q_d/Q_t).



Şekil 3. Psikrometrik Diyagram (1 Nolu ASHRAE Diyagr.)

Psikrometrik Diyagramın Okunması

- Aşağıda belirtilen, bir havaya ait altı değerden ikisi verildiğinde diğer bilinmeyenler psikrometrik diyagramdan okunabilir.

t_{kr} [KT] : Kuru termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$],

w : Özgül nem [kg/kg],

φ : İzafi nem [%],

h : Entalpi [kJ/kg],

t_{yt} [YT] : Yaş termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$],

t_{yn} [ÇN] : Yoğuşma noktası sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$].

Örnek : $t_{kt} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $w = 11 \text{ gr/kg}$ olarak verilen havanın diğer dört psikrometrik değerini psikrometrik diyagramı kullanarak bulunuz.

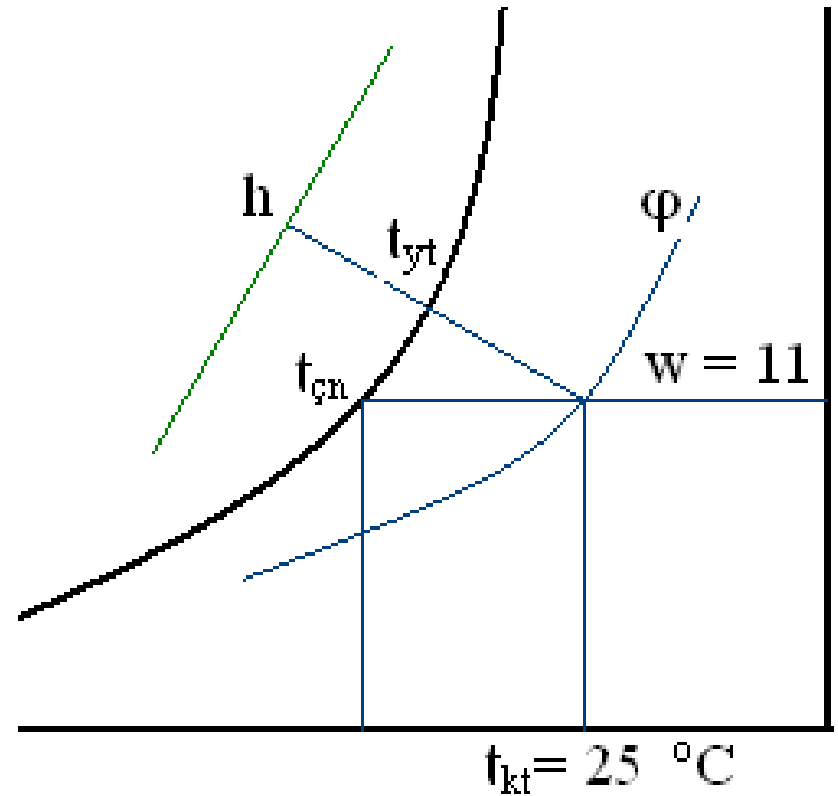
$$h = ? \quad h = 53 \text{ kJ/kg}$$

$$\phi = ? \quad \phi = 0.55$$

$$t_{yt} = ? \quad t_{yt} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{yn} = ? \quad t_{yn} = 15.5^{\circ}\text{C}$$

bulunur.



Şekil 4. Temsili Psikrometrik diyagram.

Örnek : $t_{yt} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $t_{kt} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak verilen havanın diğer dört psikrometrik değerini psikrometrik diyagramı kullanarak bulunuz.

Cevap : $\phi = 0.40$, $h = 57.11\text{ kJ/kg}$, $t_{yn} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $w = 10.6\text{ gr/kg}$ dır.

Örnek: $t_{yt} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $t_{kt} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak verilen havanın diğer dört psikrometrik değerini psikrometrik diyagramı kullanarak bulunuz.

Cevap : $\phi = 0.14$, $h = 56.7\text{ kJ/kg}$, $t_{yn} = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $w = 6.5\text{ gr/kg}$, $v = 0,896\text{ m}^3/\text{kg}$ dır.

Psikrometrik Diyagram Üzerindeki Değişim Doğrultuları

- Diyagramın sol üst köşesinde görülen yarım dairede iki ölçek vardır. Birinci ölçek duyulur ısıнын toplam ısıya oranını gösterirken, ikinci ölçek entalpi farkının özgül nem farkına oranını göstermektedir. Bu yarım dairedeki ölçekler, psikrometrik diyagramdaki değişimlerin doğrultusunu tespit etmek için kullanılır.

$$1) \frac{\Delta h}{\Delta W} = \frac{Q}{M_w} + h_w$$

- Bu denklemde; Q [kJ/h] toplam ısıyı, M_w [kg/h] toplam nem miktarını, h_w [kJ/kg] nem değişiminin veya gizli ısı değişiminin olduğu sıcaklık derecesindeki “suyun” antalpisini göstermektedir.

$$2) \frac{\Delta h}{\Delta W} = \frac{Q_d}{M_w} + h_g$$

- Bu denklemde; Q_d [kj/h] duyulur ısıyı, M_w [kg/h] toplam nem miktarını, h_g [kj/kg] t sıcaklığındaki “su buharının” entalpisini göstermektedir.

$$3) h_g = 2501 + 1,805 \cdot t$$

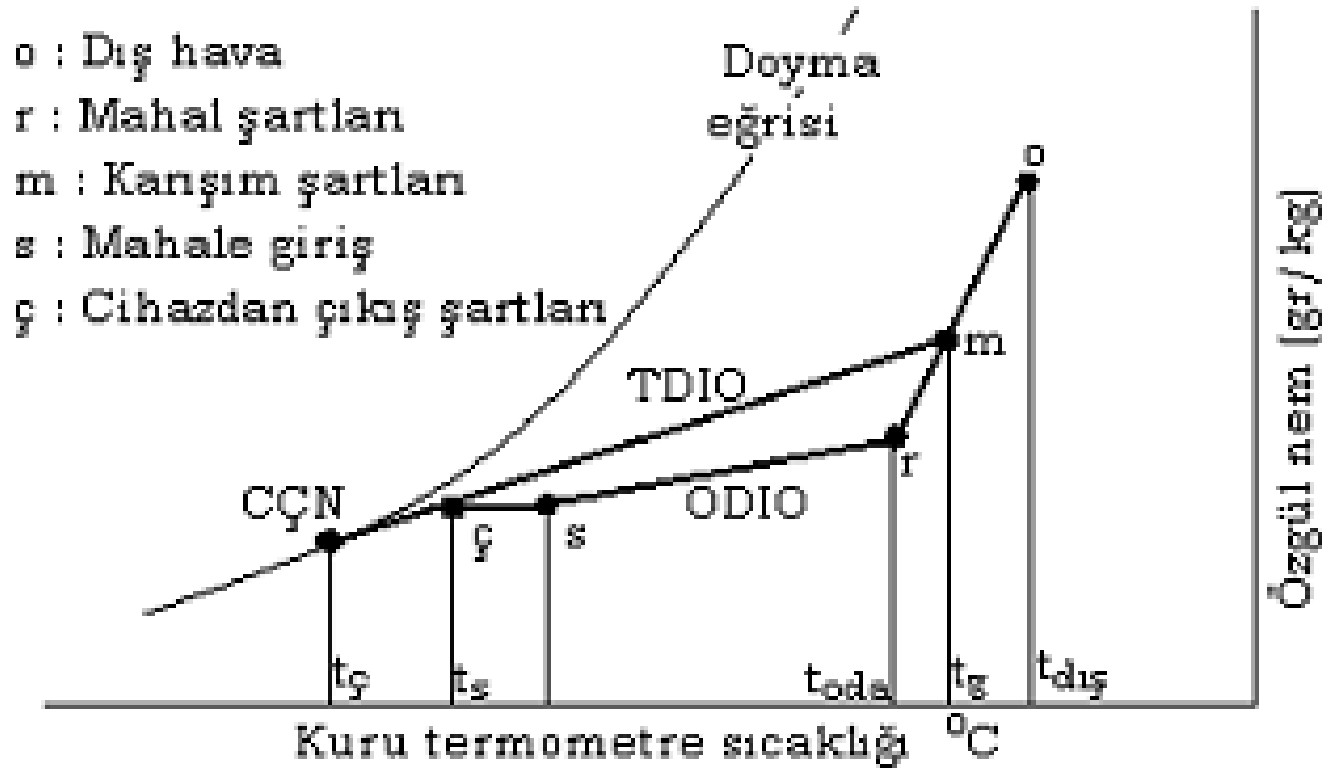
4) ODIO (Oda duyulur ısı oranı) : Oda duyulur ısısının, oda duyulur ve gizli ısılarının toplamına oranıdır.

$$ODIO = \frac{ODI}{ODI + OGI}$$

- Oda duyulur ısı oranı, psikrometrik diyagramda, iklimlendirme havasının mahale giriş noktası ile mahal şartları noktasını birleştiren doğrunun eğimini verir. Dolayısıyla mahale giriş havası noktası, mahal şartları noktasından geçen bu eğimdeki bir doğrunun üzerinde olmak zorundadır.

5) TDIO (Toplam duyulur ısı oranı) : Toplam duyulur ısının, toplam soğutma yüküne oranıdır.

- TDI değeri dış hava, dönüş kanalı, pompalar ve borulardan gelen duyulur ısı kazançları da eklenerek bulunur. TDIO, psikrometrik diyagramda, mahale giriş havasının iklimlendirme cihazından çıkış şartları noktası ile, dönüş havası + dış hava karışımının cihaza giriş şartları noktasını birleştiren doğrunun eğimini verir. Eğer TDI, TSY ve cihaza girişte, karışım havası şartları biliniyorsa, cihazdan havanın çıkış şartları, bu doğru üzerindeki bir noktada olmak zorundadır.



Şekil 5. Psikrometrik diyagramda ODIO ve TDIO doğruları.

Gerekli hava miktarlarının hesabı :

- a) Oda ısı yüklerini karşılamak üzere gereken hava miktarı:

$$V_s = \frac{ODI}{\rho * c_p * (t_r - t_s)} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

- b) Toplam klima yüklerini karşılamak üzere iklimlendirme cihazından geçirilmesi gereken hava miktarı :

$$V_{na} = \frac{TDI}{\rho * c_p * (t_m - t_{\zeta})} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

- Bu formüllerde; V_s sevk havası miktarını [m^3/h], V_{na} nemi alınmış hava miktarını [m^3/h], ρ havanın yoğunluğunu [kg/m^3], c_p nemli havanın özgül ısısını [$\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{K}$] ifade etmektedir.

Not : Yukardaki birinci ve ikinci formüller kanallardaki kaçaklar dışında eşit sayılırlar. Birinci formülde V_s ve t_s ; ikinci formülde ise V_{na} ile t_m biribine bağlı olduğundan deneme yanılma yöntemleri ile sonuca gidilebilir. Bu nedenle bu formüllerin yerine Baypas Oranı, efektif duyulur ısı ve CÇN kullanılarak yeni bir formül geliştirilmiştir.

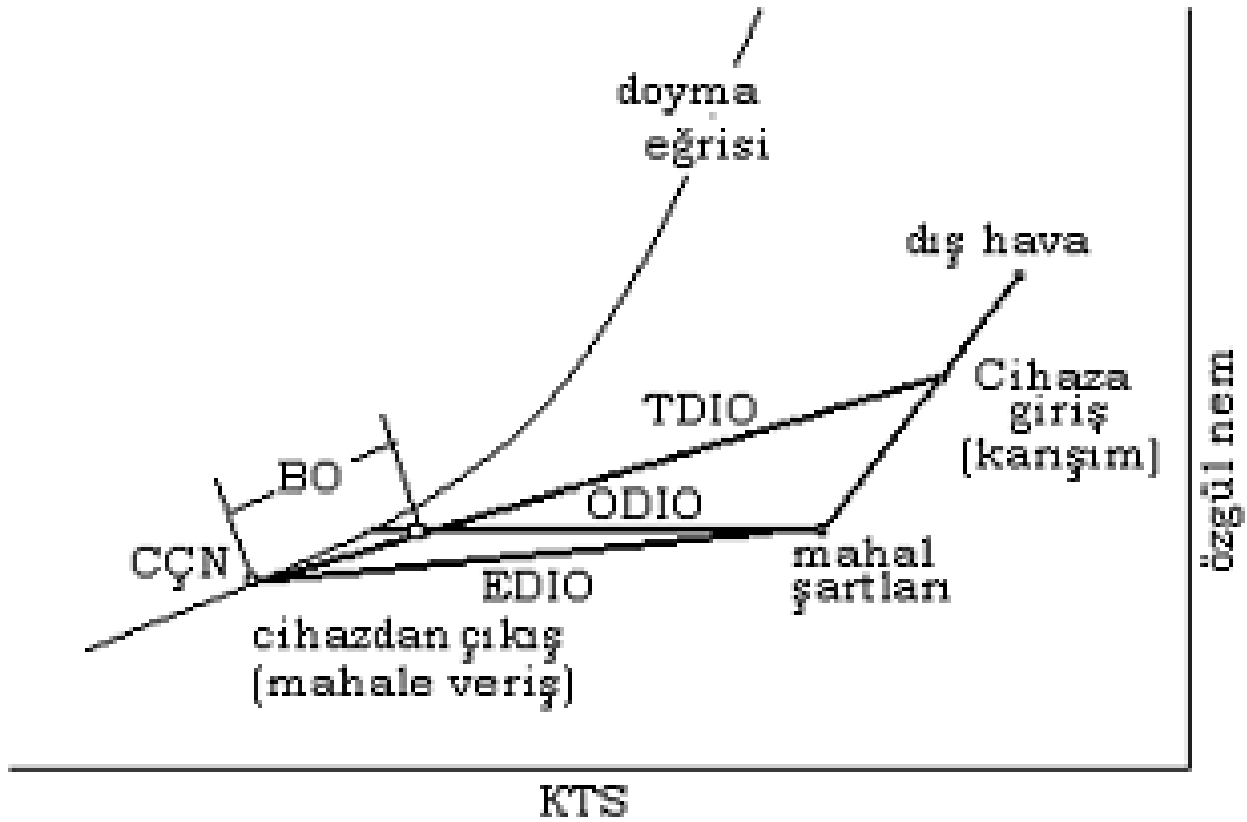
- 6) EDIO** (Efektif duyulur ısı oranı) : Efektif ısılar; oda ısılarına, veriş kanalı ve fanlardaki ısı kazançları ile baypas havasından olan kazançların eklenmesi ile elde edilirler. Buna göre ;

$$EDIO = \frac{EODI}{EOTI}$$

- EDIO CÇN ve BO yardımı ile hava miktarının hesabı :**

$$V_{na} = \frac{EODI}{\rho * c_p * (t_r - t_{c\check{c}n})(1 - BO)} \quad [m^3/h]$$

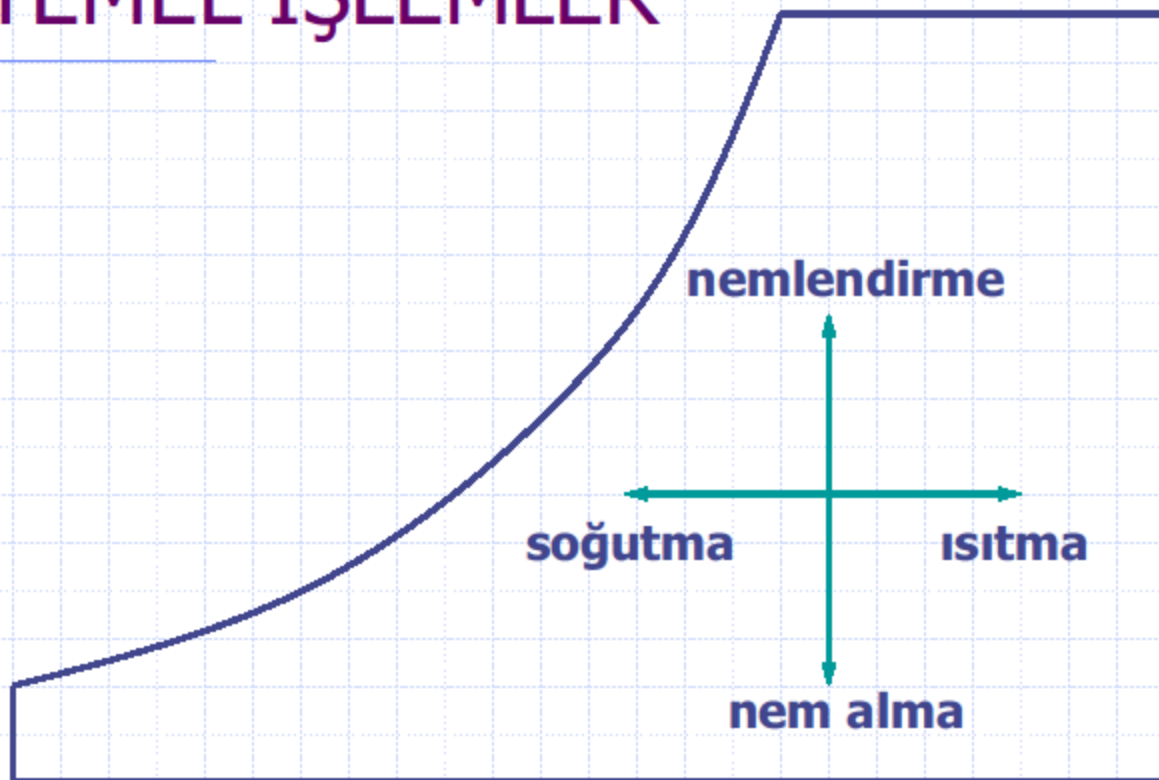
- Bu denklemde; $t_{c\check{c}n}$, EDIO kullanılarak bulunur. V_{na} nemi alınmış hava debisi $[m^3/h]$, EDIO $[kJ/kg]$, c_p nemli havanın özgül ısısı $[kJ/kg^{\circ}K]$, t_r , $t_{c\check{c}n}$ oda ve CÇN kuru termometre sıcaklıkları, BO baypas oranıdır.



Şekil 6. Psikrometrik diyagramda ODIO, TDIO ve EDIO doğruları.

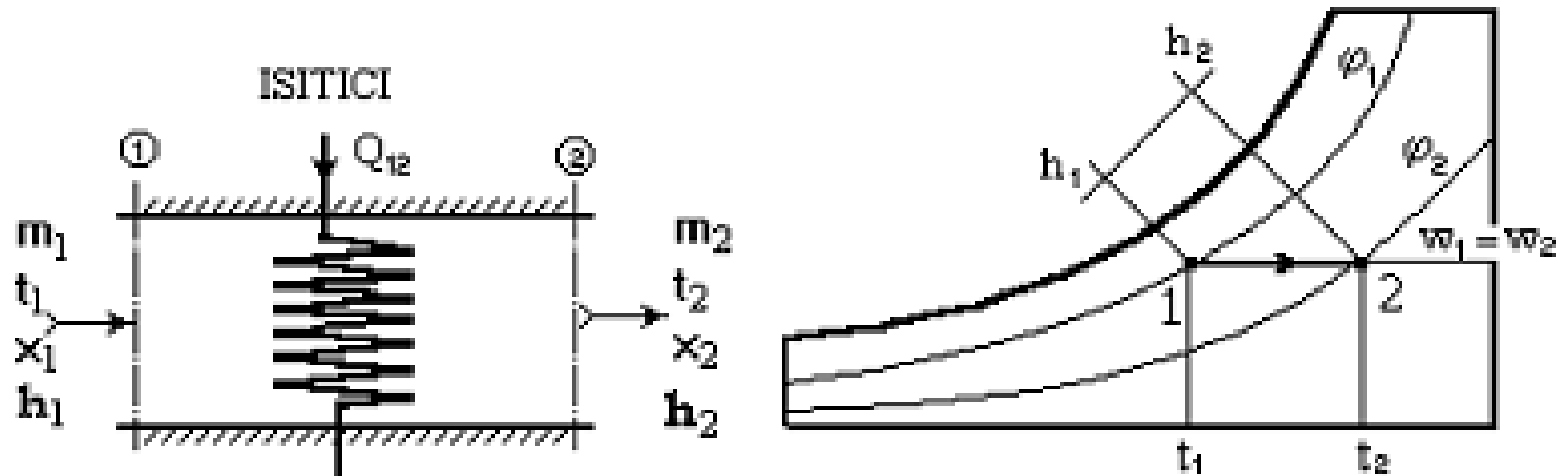
- Konfor uygulamalarında : $\Delta t = t_r - t_{c\grave{c}n} = 6 \div 8 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Endüstriyel uygulamalarda : $\Delta t = t_r - t_{c\grave{c}n} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Eğer $(t_r - t_{c\grave{c}n})$ sıcaklık farkı, istenenden büyük çıkarsa, sistemdeki toplam hava debisi, bir miktar hava, klima cihazına sokulmadan dolaştırılarak arttırılır.

TEMEL İŞLEMLER



1.1.1 Temel Psikrometrik İşlemler

1) Nemli Havanın Duyulur Olarak Isıtılması: Nemli havanın sabit basınç altında içine hiç rutubet eklenmeden ısıtılması aşağıdaki temsili psikrometrik diyagram üzerinde 1 - 2 yatay doğrusu ile gösterilmiştir ($x = \text{sabit}$). Burada verilen ısı duyulur ısı olup, kuru havanın ve nemin (nemli havanın) sıcaklığını değiştirmiştir.



Şekil 7. Nemli havanın duyulur olarak ısıtılması

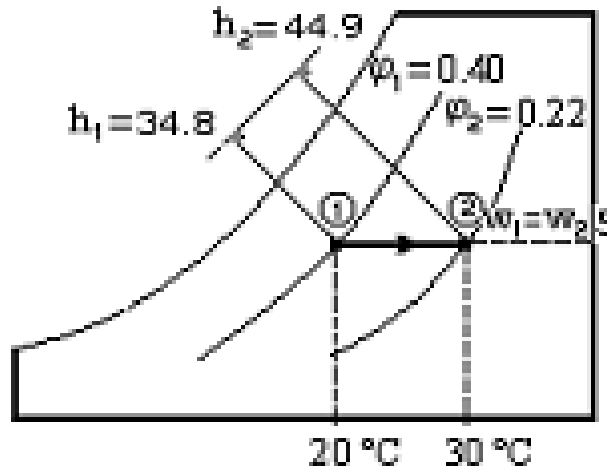
- Şimdi bu işlemin enerji denklemini yazalım :
(1) noktasındaki m kg/s havanın entalpisi
($m_1 = m_2$) dir :

$$m \cdot h_1 + Q_{12} = m \cdot h_2$$

$$Q_{12} = m \cdot (h_2 - h_1) \quad [\text{kW}] \text{ veya}$$

$$Q_{12} = m \cdot C_{ph} (t_2 - t_1) \quad [\text{kW}]$$

Örnek: 20 °C sıcaklığında % 40 izafi nemli 10000 kg/h hava ısıtıcı serpantin yardımı ile 30 °C sıcaklığına kadar duyulur olarak ısıtılmıştır. İkinci noktanın karakteristiklerini ve verilen ısı miktarını bulunuz.



1 noktasının karakteristikleri			2 noktası karakteristikleri		
t ₁ =	20	°C	t ₂ =	30	°C
φ ₁ =	40	%	φ ₂ =	22	%
w ₁ =	5.8	gr/kg	w ₂ =	5.8	gr/kg
h ₁ =	35	kJ/kg	h ₂ =	45	kJ/kg

Şekil 8. Temsili diyagram.

İlave edilen ısı miktarı ise :

$$Q_{12} = m(h_2 - h_1) = (10000/3600) \cdot (45 - 35) = 27,8 \text{ kW}$$

Bu ısı duyulur ısı olup şöyle de hesaplanabilir :

$$Q_{12} = m \cdot C_{p,h} (\Delta t) = (10000/3600) 1,003 (30 - 20) = 27,86 \text{ kW}$$

Örnek : 3000 m³/h debisinde, 2 °C sıcaklıktaki doymuş hava ısıtıcı bir serpantin yardımı ile 40 °C sıcaklığına kadar duyulur olarak ısıtılmaktadır. Serpantine verilmesi gereken ısı miktarını kW olarak hesaplayınız?

Çözüm : $v_1 = 0,785 \text{ m}^3/\text{kg}$, $h_1 = 12,5 \text{ kJ/kg}$, $h_2 = 51,4 \text{ kJ/kg}$ olarak psikrometrik diyagramdan okunur ve ;

$m = 3000/0,785 = 3822 \text{ kg/h}$ hesaplanır ve;

$$Q_{12} = m * (h_2 - h_1)$$

$$Q_{12} = 3822 (51,4 - 12,5) = 148676 \text{ kJ/h} = 148676/3600$$

$$Q_{12} = 41,3 \text{ kW}$$

Örnek: 1013,25 mbar barometre basıncında, giriş değerleri 21 °C kuru, 15 °C yaş termometre sıcaklığı olan 1,5 m³/s debideki nemli havayı 20 °C ısıtan bataryanın yükünü kW olarak hesaplayınız?

Çözüm: $v_1 = 0,8439 \text{ m}^3/\text{kg}$, $h_1 = 41,88 \text{ kJ/kg}$, $h_2 = 62,31 \text{ kJ/kg}$ olarak psikrometrik diyagramdan okunur ve ;

$m = 1,5/0,8439 = 1,7775 \text{ kg/s}$ hesaplanır ve ;

$$Q_{12} = m * (h_2 - h_1)$$

$$Q_{12} = 1,7775 (62,31 - 41,88) = 36,3 \text{ kW}$$

2) Nemli Havanın Soğutulması

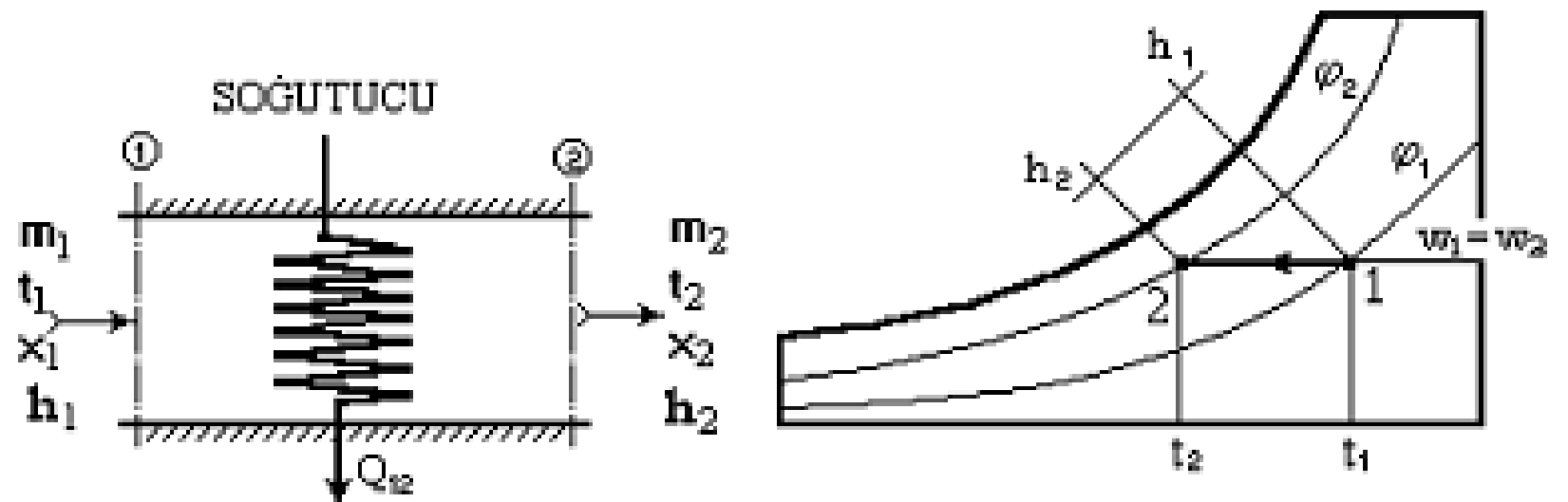
2.1. Kuru Soğutma

- Bu proses (işlem) yukarda görülen ısıtma prosesinin tam tersidir. Soğutucu yüzey sıcaklığı havanın çığ noktası (yoğuşma noktası) sıcaklığından büyük olduğu durumlarda geçerlidir. Hava aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi 1-2 yatay doğrusu boyunca soğur, bu proseste havadan çekilen ısı sadece duyulur ısıdır.
- Prosesin enerji denklemi aşağıdaki gibidir ($m_1 = m_2$) dir ve çekilen ısı negatif olacağından :

$$m_1 * h_1 - Q_{12} = m_2 * h_2$$

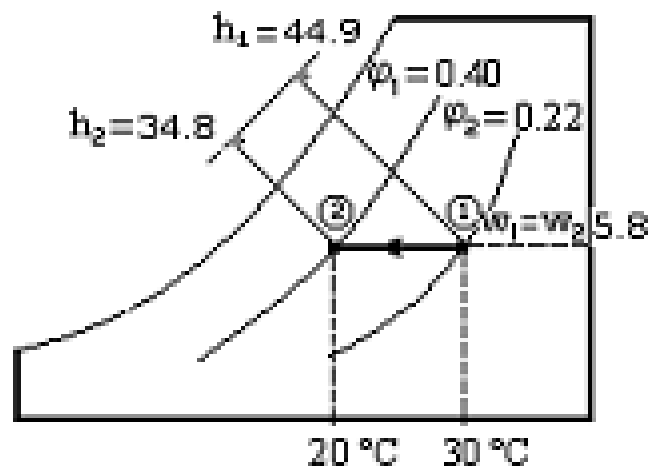
$$Q_{12} = m * (h_1 - h_2) \quad [\text{kW}] \quad \text{veya ;}$$

$$Q_{12} = m * c_{ph} (t_1 - t_2) \quad [\text{kW}]$$



Şekil 9. Havanın kuru olarak soğutulması prosesi.

Örnek: 30 °C sıcaklığında %22 izafi nemli 10000 kg/h kütleli debili hava 20 °C sıcaklığına kadar kuru olarak bir serpantinde soğutulmuştur. İkinci noktanın karakteristiklerini ve verilen ısı miktarını bulunuz.



1 noktasının karakteristikleri			2 noktası karakteristikleri	
$t_1 =$	30	°C	$t_2 =$	20 °C
$\phi_1 =$	22	%	$\phi_2 =$	40 %
$w_1 =$	5.81	gr/kg	$w_2 =$	5.81 gr/kg
$h_1 =$	44,92	kJ/kg	$h_2 =$	34,77 kJ/kg

Şekil 10. Temsili diyagramı.

İlave edilen ısı miktarı ise :

$$Q_{12} = m (h_1 - h_2) = (10000/3600)[44,92-34,77] = 28,19 \text{ kW}$$

Bu ısı duyulur ısı olup şöyle de hesaplanabilir:

$$Q_{12} = m^* c_{p,h} (t_1 - t_2) = (10000/3600)1.007(30-20) = 27,97 \text{ kW}$$

Örnek: 20000 m³/h debisinde, % 27 bağıl neminde ve 39 °C kuru termmetre sıcaklığındaki nemli hava, 26 °C sıcaklığına kadar soğutulmaktadır. Havadan soğutma serpantininde alınan ısıyı kW olarak hesaplayınız?

Çözüm: $v_1 = 0,901$ m³/kg, $h_1 = 70$ kJ/kg, $h_2 = 56$ kJ/kg olarak psikrometrik diyagramdan okunur ve;

$$m = 20000/0,901 = 22198 \text{ kg/h ve;}$$

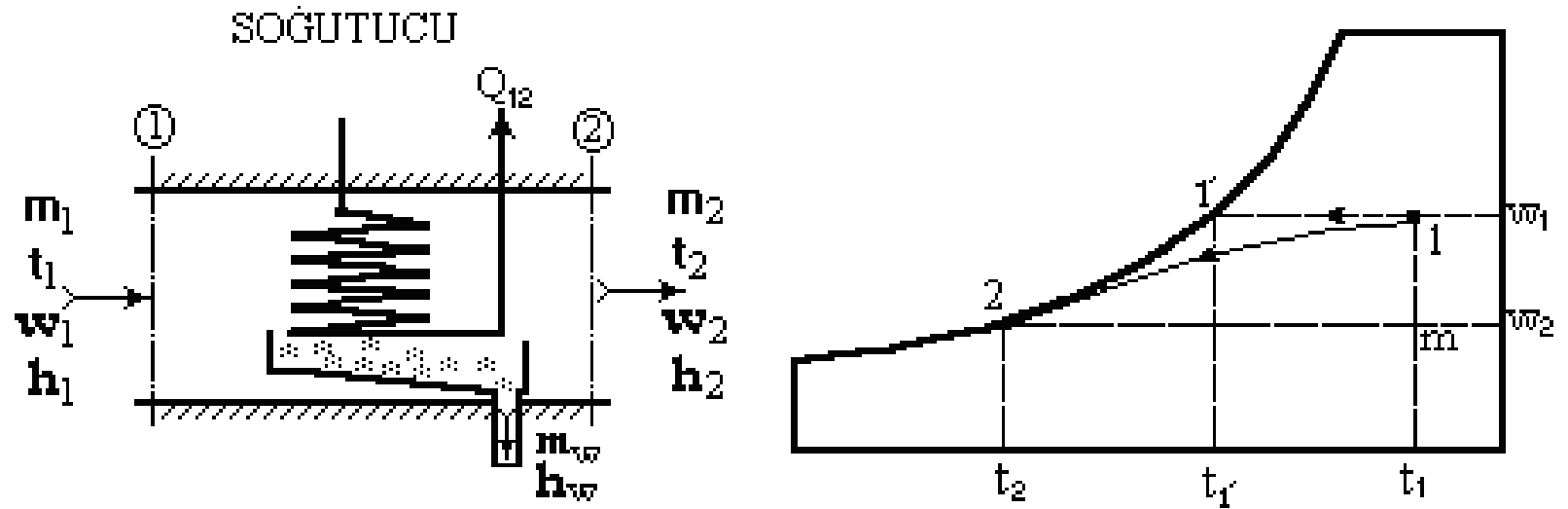
$$Q_{12} = m * (h_1 - h_2) \text{ olduğundan;}$$

$$Q_{12} = 22198(70 - 56) = 310772 \text{ kJ/h} = 310772/3600$$

$$Q_{12} = 86,3 \text{ kW}$$

2.2 Nem alarak soğutma

- Eğer hava kendi yoğuşma noktası sıcaklığının altında bulunan bir yüzey ile temas ettirilirse, hava soğurken neminin bir kısmı yoğuşur.
- Bu proseste nemli havanın soğutulması iki safhada incelenebilir. Aşağıdaki şekli inceleyelim:
- (1) noktasında bulunan hava önce 1-2 yatay doğrusu boyunca soğur ve bu kısımda sistemden çıkarılan ısı duyulur ısıdır (Kuru soğuma).
- Bu havanın daha düşük bir sıcaklığa kadar soğutulması istenirse, (2) noktasında doymuş hale gelen hava, buradan (3) noktasına kadar yoğuşarak soğur. 2-3 arasında hava $\phi = 1$ eğrisi üzerinde hareket eder.
- Bu sürede havadan çıkarılan ısı gizli ısıdır (Yoğuşarak soğuma).



Şekil 11. Nemli havanın neminin alınarak soğutulması.

Soğutma işleminin enerji denklemini yazalım :

Çıkarılan toplam ısı : $Q_{12} = Q_t = m (h_1 - h_2)$ [kW]

Çıkarılan duyulur ısı : $Q_d = m (h_m - h_2)$ [kW]

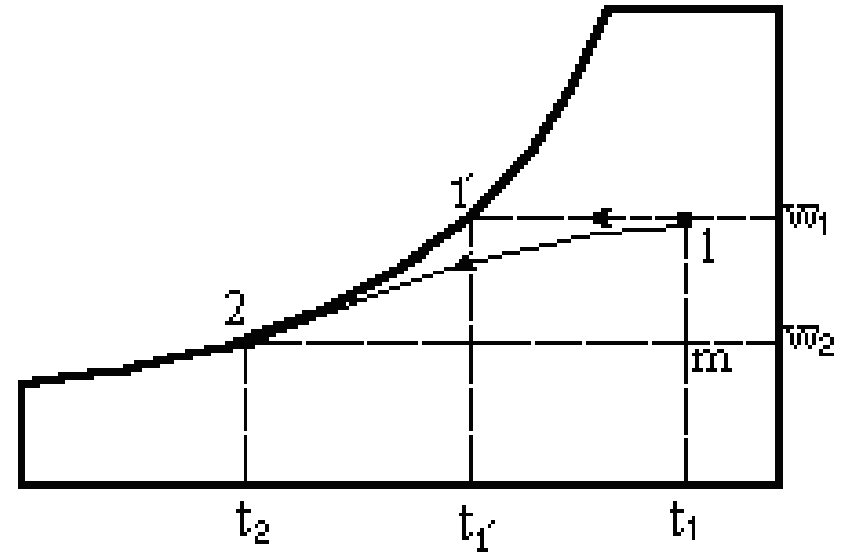
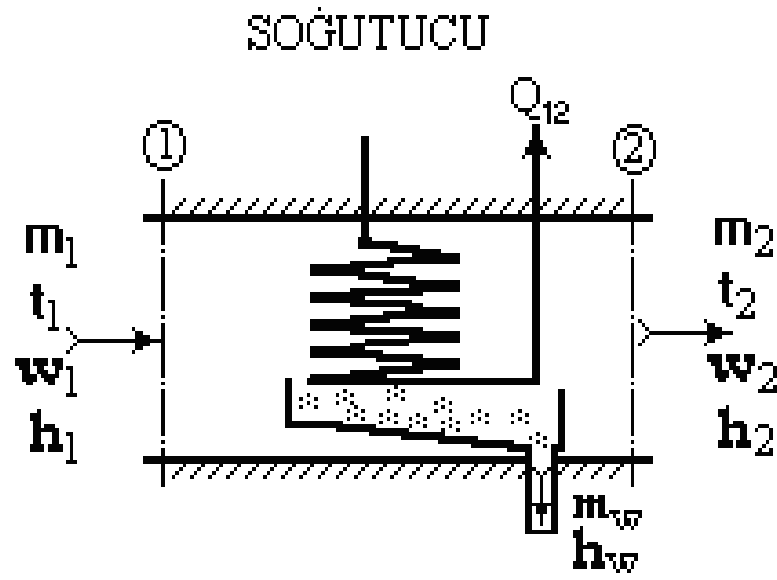
Çıkarılan gizli ısı : $Q_g = m (h_1 - h_m)$ [kW]

Yoğuşan su miktarı : $m_w = m (w_1 - w_2)$ [kg/h].

Not : Burada yoğuşan suyun taşıdığı enerji ihmal edilmiştir.

Örnek : 30 °C sıcaklığında %50 izafi nemli 10000 kg/h hava 15 °C sıcaklığına kadar soğutulacaktır. (1), (2) ve (m) noktalarının karakteristiklerini, çıkarılan duyulur, gizli ve toplam ısı miktarları ile yoğuşan su miktarını hesaplayınız?

Çözüm : (1), (2) ve (m) noktalarının karakteristiklerini psikrometrik diyagramdan bularak aşağıdaki tabloya yerleştirelim :



Şekil 12. Nemli havanın nem alınarak soğutulması.

(1) noktası		(2) noktası		(m) noktası	
$t_1 =$	30 °C	$t_2 =$	15 °C	$t_m =$	30 °C
$\varphi_1 =$	% 50	$\varphi_2 =$	100 %	$\varphi_m =$	% 40
$w_1 =$	13.36 gr/kg	$w_2 =$	10.68 gr/kg	$w_m =$	10.68 gr/kg
$h_1 =$	64.23 kJ/kg	$h_2 =$	42.02 kJ/kg	$h_m =$	57.38 kJ/kg

- **Çıkarılan toplam ısı miktarı :**

$$Q_t = m(h_1 - h_2) = (10000/3600)(64,23 - 42,02) = 61,7 \text{ kW}$$

- **Çıkarılan gizli ısı miktarı :**

$$Q_g = m(h_1 - h_m) = (10000/3600)(64.23 - 57.38) = 19 \text{ kW}$$

- **Çıkarılan duyulur ısı miktarı :**

$$Q_d = m(h_m - h_2) = (10000/3600)(57.38 - 42.02) = 42,7 \text{ kW}$$

- **Çıkarılan toplam ısı : $Q_t = Q_g + Q_d = 19 + 42,7 = 61,7 \text{ kW}$**

- **Yoğuşturulan su miktarı : $m_w = Y = ?$**

$$Y = m(w_2 - w_1) = 10000(0,01336 - 0,01068) = 2.68 \text{ kg/h}$$

Örnek : 17000 m³/h debisinde, % 50 bağıl neminde ve 30 °C sıcaklığındaki nemli hava, 10 °C sıcaklığında doymuş hale getiriline kadar bir soğutucu serpantin üzerinden geçiriliyor. Bu işlemin gerçekleşebilmesi için gerekli olan soğutma kapasitesini bulunuz?

Çözüm : $v_1 = 0,877$ m³/kg, $h_1 = 64,3$ kJ/kg, $h_2 = 29,5$ kJ/kg olarak psikrometrik diyagramdan okunur ve;

$$m = V/v_1 = (17000/0,877) = 19384 \text{ kg/h}$$

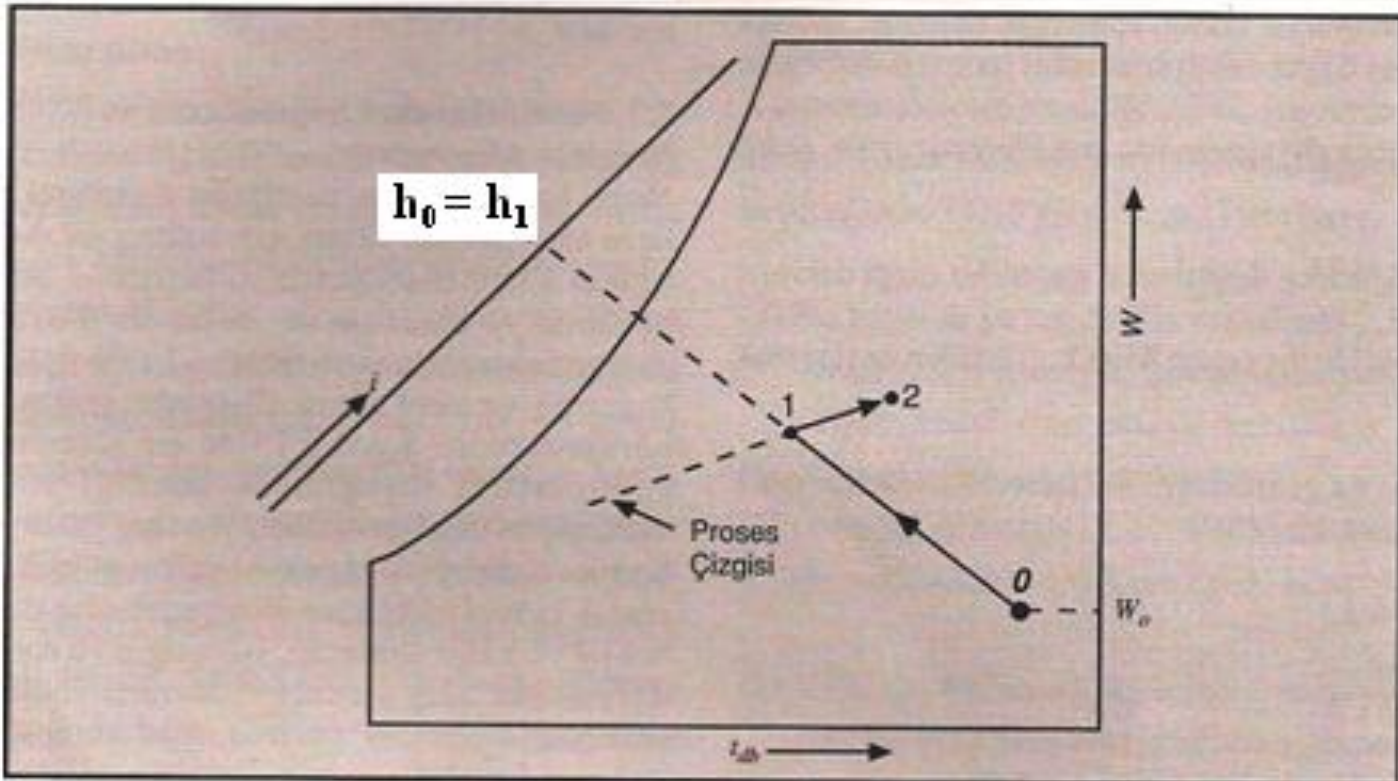
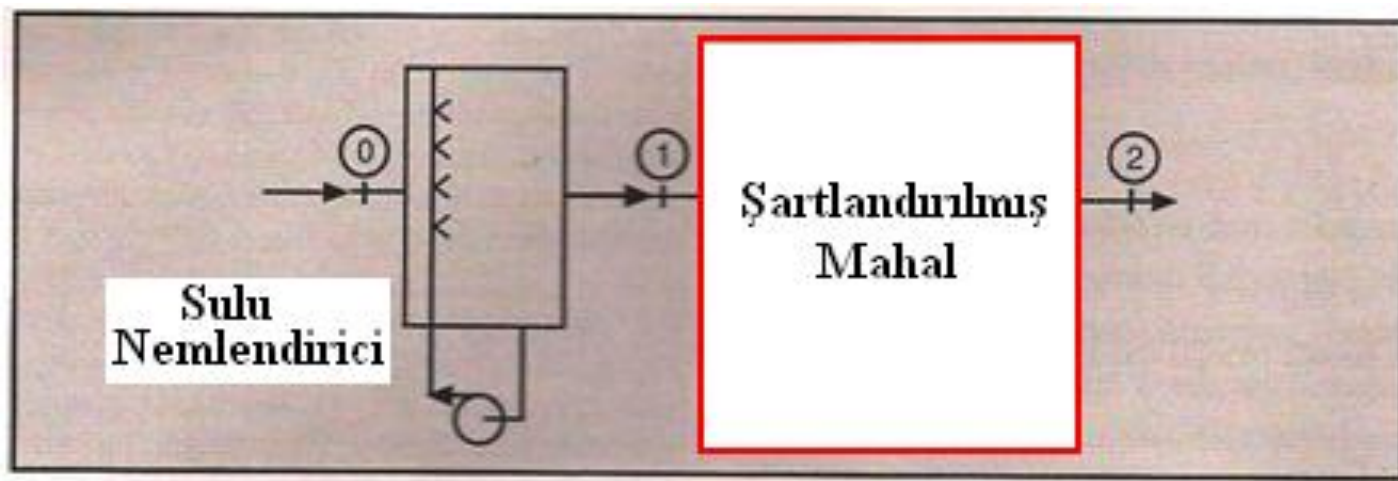
$$m = 19384/3600 = 5,385 \text{ kg/s}$$

$$Q_{12} = Q_t = m(h_1 - h_2) \text{ olduğundan;}$$

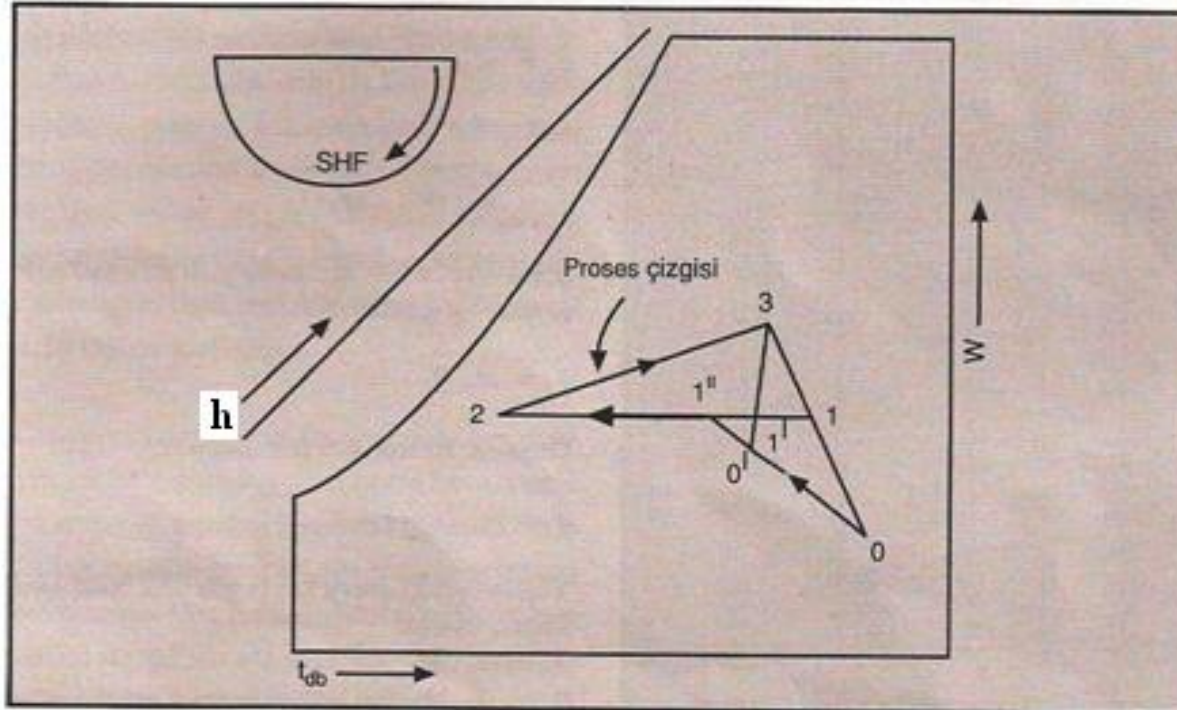
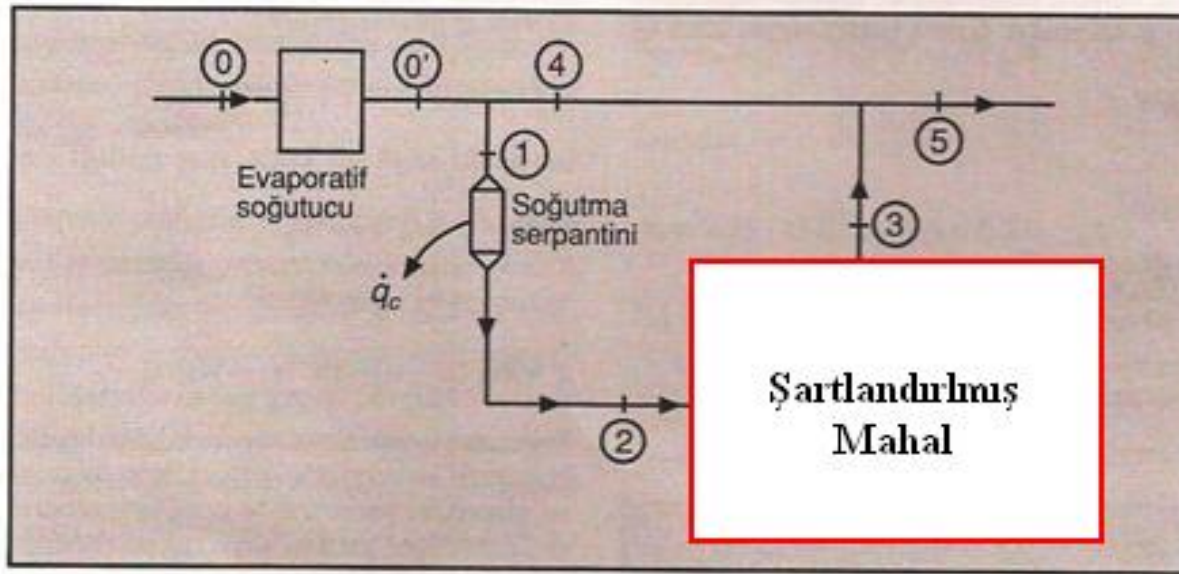
$$Q_t = 5,385(64,3 - 29,5) = 187,4 \text{ kW}$$

2.3 Evaporatif Soğutma

- Yaz aylarında, sıcak ve kuru iklim şartlarında klimada evaporatif soğutmadan yararlanılabilir..
- Dış ortamdan alınan kuru hava adyabatik bir püskürtme hücresinden geçerken nemlenir ve soğur.
- Bu proseste su püskürtmeli nemlendirici öncesi ve sonrasındaki havanın entalpileri eşittir ($h_0 = h_1$), Şekil 13.
- İdeal şartlarda soğutma süreci, şartlandırılan mahalle ait “şartlandırma çizgisi” üzerinde sona erer.
- Bu uygulamada yüksek miktarda havaya ihtiyaç duyulur. Ayrıca dış ortamdaki izafi nem yüksek olursa bu sistem tatmin edici sonuç vermez.
- Evaporatif soğutma, dış ortam şartları uygun olduğunda Şekil 14’de görüldüğü gibi başka bir konvansiyonel sistemle birleştirilebilir.



Şekil 13. Evaporatif soğutma sistemi ve psikrometrik diyagram

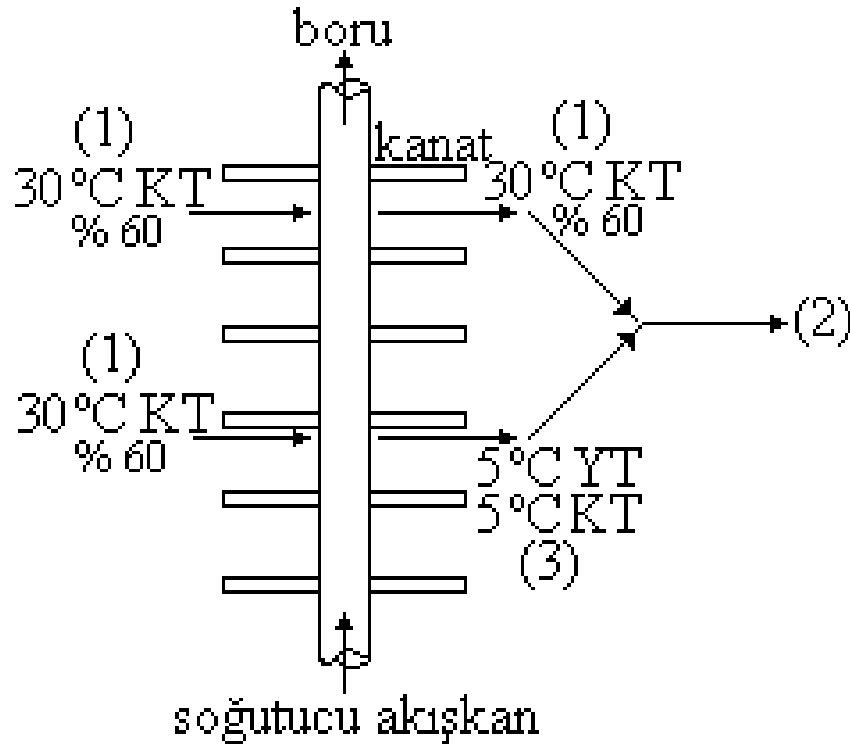


Şekil 14. Evaporatif ve konvasiyonel sistemin birleşimi ve psikrometrisi

2.4 CÇN ve BY-PASS FAKTÖRÜ

- Pratikte soğutucu serpantin çıkışında hava, bu problemde olduğu gibi doymuş hale getirilebiliyorsa; 2 noktasındaki sıcaklığa Cihaz Çiğ Noktası (CÇN) sıcaklığı adı verilir.
- Bu nokta ideal bir noktadır ve pratik serpantinlerde 2 noktasına ulaşılamaz. 2 noktasına ulaşılması halinde serpantin verimi % 100 olur. Pratikteki serpantinlerde ise **verim % 85 – 90** mertebesine ulaşabilir.
- Serpantinlerde verim tarifi yerine by-pass oranı tarifi daha yaygındır. Verimi % 85 olan serpantinin by-pass oranı % 15 demektir. Yani bu oranda hava şartlanmadan serpantini terk eder.

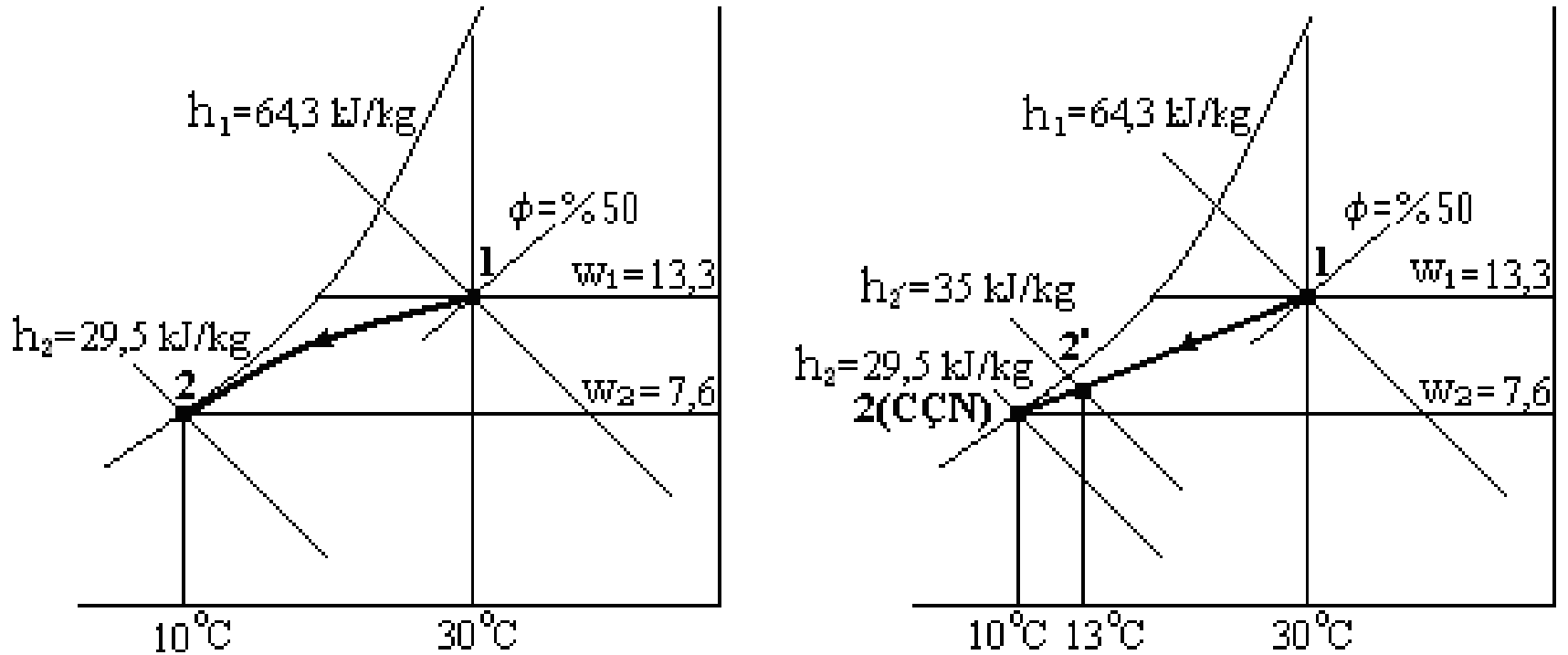
Cihaz üreticileri aynı zamanda by-pass oranını da verirler. CÇN sıcaklığı ve by-pass oranı verilen bir serpantinde, giriş şartlarını CÇN'na birleştiren doğruyu çizip bunu verim (veya by-pass) oranında bölmek yeterlidir.



Şekil 13. Baypass Faktörü

Örnek: Yukardaki örnekte CÇN sıcaklığı 10 °C ve by-pass oranı % 15 olan bir serpantinde gerçekleşebilecek gerçek soğutmayı bulunuz?

Çözüm: Aşağıdaki şekillerde görüleceği üzere;



Şekil 14. CÇN ve by-pass faktörü.

- 1 ve 2 noktalarını birleştiren doğru % 15 oranında bölünür. Bunun için örneğin kuru termometre sıcaklığından yararlanılabilir.

$(t_1 - t_{2'}) / (t_1 - t_2) = 0,85$ buradan $t_{2'} = 13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bulunur. Buna göre;

$h_{2'} = 35 \text{ kJ/kg}$ okunur.

$$m = V/v_1 = 17000/0,877 = 19384 \text{ kg/h}$$

$$m = 19384/3600 = 5,384 \text{ kg/s} \text{ olup,}$$

- Gerçekleşen soğutma:

$$Q_{12'} = 5,384 (64,3 - 35) = 157,8 \text{ kW olur.}$$

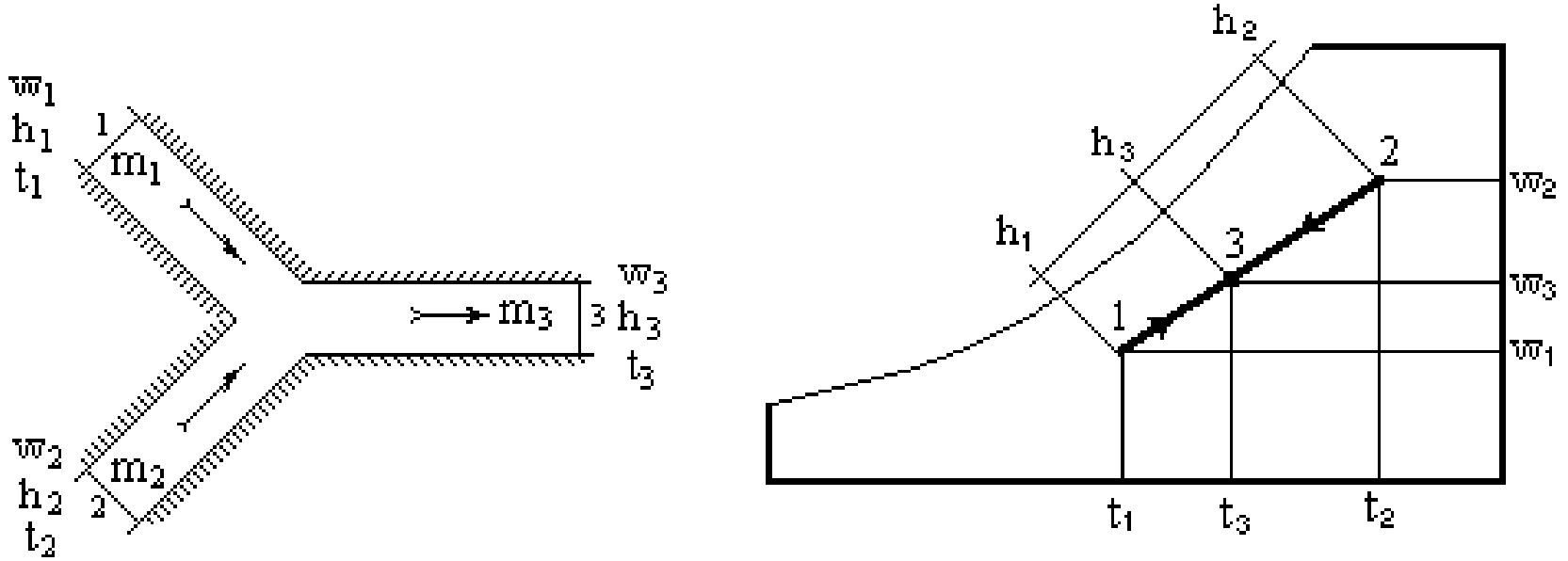
CÇN' nın soğutma su rejimine etkisi :

- Soğutma grubunun su rejiminin tespiti, cihaz çığ noktasının bulunması sureti ile yapılır. Cihaz çığ noktası, havayı şartlandıran cihazın (klima santrali vb.) serpantin yüzey sıcaklığını belirtir.
- CÇN(ADP), efektif duyulur ısı oranı doğrusunun doyma eğrisini kestiği nokta olarak tespit edilir.
- Mahallin psikrometrik diyagramı çizilirken CÇN çok düşük değerlere ulaşırsa, daha düşük bir nem oranı sağlanabilir ve soğutucu batarya küçülür. Ancak bu durumda soğutma yükü de arttığından, bunu temin edecek daha düşük sıcaklıkta soğutucu akışkan kullanılması zorunlu hale gelir. Bu nedenle genel kural olarak **konfor kliması** uygulamalarında istenilen oda şartlarını temin etmek üzere olabildiğince **yüksek CÇN** sıcaklığının seçimi en ekonomik yoldur.

- Pratik olarak CÇN'nin yaklaşık $1\div 1.5$ °C altında bir su rejimi kullanmak klima seçimlerinde iyi sonuç verir.
- Örneğin, tecrübi bilgilere göre;
CÇN = 11.5 °C ise su rejimi 6/10 °C
CÇN = 13.5 °C ise su rejimi 7/12 veya 6/12 °C
CÇN = 14 °C ise su rejimi 7/13 °C gibi alınabilir.

4) İki nemli havanın sabit basınçta adyabatik karışımı:

- Klima tekniğinde genellikle farklı şartlara sahip hava kütleleri belirli bir oranda karıştırıldıktan sonra klima santralında şartlandırılır. Dolayısıyla değişik sıcaklıklarda bulunan ve izafi (bağıl) nemleri farklı olan hava kütlelerinin adyabatik olarak karıştırılması sonucunda elde edilen karışımın sıcaklığının ve özgül neminin hesaplanması gerekir.
- Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere 1 ve 2 şartlarında bulunan iki hava karıştırılarak 3 şartlarında yeni bir hava elde edilmektedir.



Şekil 15. Adyabatik karışma prosesi.

Sistem izole edilmiştir ve karışım adyabatik olarak gerçekleşmektedir. Genellikle iklimizasyon işlemlerinde farklı şartlarda bulunan iki havanın karışımı söz konusu olur. Kütle ve enerjinin korunumu prensibine göre aşağıdaki denklemler yazılabilir :

- $m_3 = m_1 + m_2$ (maddenin korunumu kanunu),
- $m_3 * h_3 = m_1 * h_1 + m_2 * h_2$ (enerjinin korunumu kanunu),
- $m_3 * w_3 = m_1 * w_1 + m_2 * w_2$ (su buharının kütle denklemi).
- Kütle denklemindeki " m_3 " ün eşdeğeri diğer iki denklemde yerlerine yazılarak, " m_3 " yok edilirse:
- $(m_1 + m_2) h_3 = m_1 * h_1 + m_2 * h_2 \Rightarrow m_1 (h_3 - h_1) = m_2 (h_2 - h_3)$
- $(m_1 + m_2) w_3 = m_1 * w_1 + m_2 * w_2 \Rightarrow m_1 (w_3 - w_1) = m_2 (w_2 - w_3)$
- Bu iki denklemde karışımı teşkil eden havaların kütle oranları :
$$n = \frac{m_1}{m_2} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \quad \text{olur.}$$

$$w_3 = \frac{m_1 * w_1 + m_2 * w_2}{m_1 + m_2} \quad \text{veya} \quad w_3 = (\%m_1)w_1 + (\%m_2)w_2$$

$$h_3 = \frac{m_1 * h_1 + m_2 * h_2}{m_1 + m_2} \quad \text{veya} \quad h_3 = (\%m_1)h_1 + (\%m_2)h_2$$

$$t_3 = \frac{m_1 * t_1 + m_2 * t_2}{m_1 + m_2} \quad \text{veya} \quad t_3 = (\%m_1)t_1 + (\%m_2)t_2$$

Bu denklemlerden görüleceği üzere karışımı temsil eden nokta bu iki noktayı birleştiren doğru üzerindedir ve doğruyu öyle iki parçaya böler ki bunların karşılıklı parçaları karışan havaların kütle akımları ile ters orantılıdır.

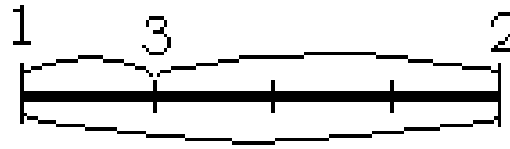
Örnek : 20 °C sıcaklığındaki % 50 izafi nemli iç hava ile 30 °C sıcaklığındaki % 40 izafi nemli dış hava sırası ile $\frac{3}{4}$ ve $\frac{1}{4}$ miktarlarında karıştırılacaktır. Karışım havasının karakteristiklerini bulunuz.

Not : Bileşenlerin $(\frac{3}{4})$ ve $(\frac{1}{4})$ miktarında karışıma katılması demek, Karışımın dörtte üçünü ve dörtte birini teşkil etmeleri demektir.

a) Diyagram yöntemi ile çözüm :

Psikrometrik diyagram üzerinde (1) ve (2) noktalarını bulup birleştirelim. (1) noktasına $\frac{1}{4}$ mesafede olan (3) noktasının karakteristiklerini okuyup aşağıdaki tabloda toplarsak çözüme ulaşmış oluruz.

(1) İÇ HAVA			(2) DIŞ HAVA			(3) KARIŞIM		
$t_1 =$	20	°C	$t_2 =$	30	°C	$t_3 =$	22.5	°C
$\phi_1 =$	50	%	$\phi_2 =$	40	%	$\phi_3 =$	47.8	%
$w_1 =$	7.29	gr/kg	$w_2 =$	10.64	gr/kg	$w_3 =$	8.13	gr/kg
$h_1 =$	38,52	kJ/kg	$h_2 =$	57,28	kJ/kg	$h_3 =$	43,2	kJ/kg



b) Formülasyon yöntemi ile çözüm :

$$w_3 = \left(\frac{1}{4}\right) * w_2 + \left(\frac{3}{4}\right) * w_1 = \left(\frac{1}{4}\right) * 10.64 + \left(\frac{3}{4}\right) * 7.29 = 8.13 \text{ gr/kg}$$

$$h_3 = \left(\frac{1}{4}\right) * h_2 + \left(\frac{3}{4}\right) * h_1 = \left(\frac{1}{4}\right) * 57.28 + \left(\frac{3}{4}\right) * 38.52 = 43.21 \text{ kJ/kg}$$

$$t_3 = \left(\frac{1}{4}\right) * t_2 + \left(\frac{3}{4}\right) * t_1 = \left(\frac{1}{4}\right) * 30 + \left(\frac{3}{4}\right) * 20 = 22.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Örnek : 34 °C sıcaklığında ve 18.5 gr/kg lık özgül neme sahip olan bir hava ile 21.5 °C sıcaklığında ve 8 gr/kg özgül neme sahip olan bir hava (m_1/m_2) = 0.40 olacak şekilde karıştırılmaktadır. Karışımın psikrometrik özelliklerini bulunuz?

a) Diyagram yöntemi ile çözüm : Psikrometrik diyagramda (1) ve (2) noktalarının yerleri bulunur ve bu iki nokta birleştirilir. (m_1/m_2) = 0.40 olacak şekilde (3) noktası bulunur.

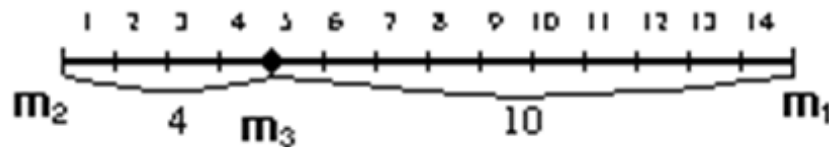
Not : Bileşenlerden biri 40 birim olarak karışıma iştirak ediyorsa diğeri 100 birim olarak karışıma iştirak ediyor demektir ki; burada karışım 140 birim olacaktır.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{40}{100} \quad \text{olduğuna göre;} \quad \frac{m_1}{m_3} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \quad \text{olur.}$$

Buna göre (1-2) doğrusu :

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{0.40}{0.40 + 1.00} = \frac{4}{14} = 0,286 \quad \frac{m_2}{m_3} = \frac{10}{14} = 0,714 \quad \text{olur.}$$

Yani, doğru parçası 14 parçaya bölünüp, 4 birimini m_1 temsil edecek şekilde (3) noktası belirlenmelidir. (3) noktasının yeri belirlendikten sonra karakteristikleri okunarak aşağıdaki tablo düzenlenir.



(1) NOKTASI			(2) NOKTASI			(3) KARIŞIM		
$t_1 =$	34	°C	$t_2 =$	21	°C	$t_3 =$	25	°C
$\phi_1 =$	54,76	%	$\phi_2 =$	51,54	%	$\phi_3 =$	55	%
$w_1 =$	18.5	gr/kg	$w_2 =$	8	gr/kg	$w_3 =$	11	gr/kg
$h_1 =$	81,53	kJ/kg	$h_2 =$	41,35	kJ/kg	$h_3 =$	53	kJ/kg

b) Formülasyon yöntemi ile çözüm :

$$t_3 = (\%m_2) * t_2 + (\%m_1) * t_1$$

$$t_3 = (0,714) * 21 + (0,286) * 34 = 24,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$w_3 = (\%m_2) * w_2 + (\%m_1) * w_1$$

$$w_3 = (0,714) * 8 + (0,286) * 18,5 = 11 \text{ gr/kg}$$

$$h_3 = (\%m_2) * h_2 + (\%m_1) * h_1$$

$$h_3 = (0,714) * 41,35 + (0,286) * 81.53 = 52,84 \text{ kJ/kg}$$

Örnek : 8000 m³/h debisinde, 4 °C kuru termometre ve 2 °C yaş termometre sıcaklığındaki dış hava ile 25000 m³/h debisinde, 25 °C kuru termometre ve % 50 bağıl nemindeki iç hava adyabatik olarak karıştırılmaktadır. Karışım havasının kuru ve yaş termometre sıcaklıklarını diyagram yöntemi ile bulunuz?

Çözüm : $v_1 = 0,789 \text{ m}^3/\text{kg}$ ve $v_2 = 0,858 \text{ m}^3/\text{kg}$ okunur.

Buna göre kütleli debiler :

$$m_1 = 8000/0,789 = 10140 \text{ kg/h}$$

$$m_2 = 25000/0,858 = 29140 \text{ kg/h} \text{ olarak hesaplanır.}$$

- $(32 \text{ doğrusu}) / (13 \text{ doğrusu}) = m_1 / m_3 = 10140 / 39280 = 0,258$ veya,
- $(13 \text{ doğrusu}) / (12 \text{ doğrusu}) = m_2 / m_3 = 29140 / 39280 = 0,742$ elde edilir.
- (12 doğrusu) psikrometrik diyagram üzerinde bir cetvel ile yukardaki oranlarda bölünerek karışımı teşkil eden 3 noktasının yeri tespit edilir. Karışım noktasının kuru ve yaş termometre sıcaklıkları okunur:

$$KT_3 = 19,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad YT_3 = 14,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

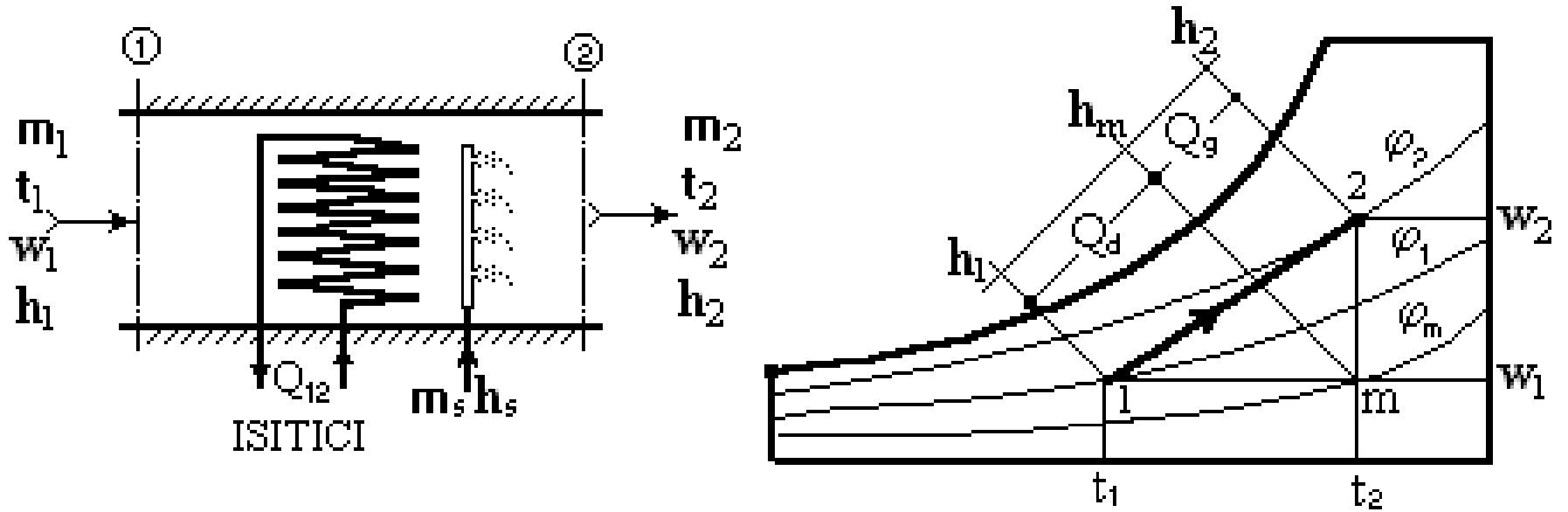
4) Havanın su akımı ile temasa getirilmesi

- Doymamış halde bulunan bir hava iyice pülverize edilmek suretiyle duş halinde püskürtülen su akımı ile temasa getirilecek olursa hava doymuş hale gelir veya bu hale yaklaşır.
- Ancak duş halinde dökülen suyun sıcaklığına bağlı olarak havanın özgül nemi artar veya azalır. Yani sevkedilecek su yeteri kadar soğuk olduğu zaman, hava doymuş hale gelmekle beraber bir miktar su terkeder. Diğer taraftan havanın bu şekilde ısıtılması ve soğutulması da mümkündür.

- **Duş altından geçirilmek suretiyle hava aşağıdaki işlemlere tabi tutulabilir.**
 - a) Adyabatik doyma,
 - b) Suyun sıcaklığının havanın kuru termometre sıcaklığından yüksek olması hali,
 - c) Suyun sıcaklığının havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasında olması hali,
 - d) Suyun sıcaklığının havanın yaş termometre ve yoğuşma noktası sıcaklıkları arasında olması hali,
 - e) Suyun sıcaklığının havanın yoğuşma noktasının altında bulunması hali.
- Yukardaki prosesler ile ilgili şekiller, psikrometrik işlemler ve örnekler aşağıda verilmiştir.

5) Isıtma ve nemlendirme

- Genellikle iklimlendirme tesislerinde havanın ısıtılması ve nemlendirilmesi söz konusu olmaktadır. Dışarıdan alınan soğuk bir hava yalnız ısıtılarak içeri verilirse, bu havanın izafi nemi ısıtma ile biraz daha düşeceğinden yetersiz olabilir.
- Isıtma ve nemlendirme birlikte yapıldığında verilen ısının bir kısmı havayı ısıtmaya, diğer bir kısmı da verilen nemi buharlaştırmada kullanılır.
- Bu proses şematik olarak aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 16. Isıtma ve nemlendirme prosesi.

- İlk şartlar belli iken (t_1, w_1) istenilen bir (t_2, w_2) son şartına varmak istenirse ;

$$m_1 * h_1 + m_s * h_s + Q_{12} = m_2 * h_2$$

$m_1 = m_2 = m$ olduğundan;

$$Q_t = Q_{12} = m * (h_2 - h_1) - m_s * h_s \quad [\text{kW}]$$

$$Q_d = m * c_p * \Delta t = m * 1.003 * (t_2 - t_1) \quad [\text{kW}]$$

$$m_s = m * (w_2 - w_1) \quad [\text{kg/s}]$$

olarak elde edilen denklemler kullanılır.

Örnek : Başlangıçta 12000 kg/h, 14 °C sıcaklığında ve % 60 izafi nemli bir havayı 25 °C sıcaklığında % 45 izafi nemli hale getirmek için ne kadar ısı ve nem eklenmelidir. Eklenen ısıнын duyulur ve gizli kısımları ne kadardır. Duyulur ısı oranı nedir?

Çözüm : Psikrometrik tablo veya diyagram yardımı ile her iki noktanın şartları bulunur.

1 noktası			2 noktası		
$t_1 =$	14	°C	$t_2 =$	25	°C
$\varphi_1 =$	60	%	$\varphi_2 =$	45	%
$w_1 =$	5,96	gr/kg	$w_2 =$	8,91	gr/kg
$h_1 =$	29,07	kJ/kg	$h_2 =$	47,75	kJ/kg

- Eklenmesi gereken ısı miktarı :

$$Q_t = Q_{12} = m (h_2 - h_1)$$

$$Q_t = (12000/3600) (47,75 - 29,07) = 62,27 \text{ kW}$$

- Duyulur ve gizli ısı miktarları :

$$Q_d = m c_p \Delta t$$

$$Q_d = (12000/3600) * 1.003 (25 - 14) = 36,78 \text{ kW}$$

$$Q_g = Q_t - Q_d = 62,27 - 36,78 = 25,49 \text{ kW}$$

- Duyulur ısı oranı (F) : $F = \frac{Q_d}{Q_t} = \frac{36,78}{62,27} = 0,59$

- Psikrometrik diyagram incelenecek olursa, 1-2 doğrusu yaklaşık % 60 eğimli duyulur ısı oranına paraleldir.

İkinci yol :

Psikrometrik diyagramda (m) ile iki noktanın eksenlere izdüşüm kesim noktası belirlenir ve bu noktanın psikrometrik değerleri okunur.

Bu nokta (1) ile aynı özgül nemde, (2) ile de aynı sıcaklıktadır. Şimdi bu noktanın psikrometrik değerlerini bir tabloda toplayalım :

m noktası					
$t_m = t_2 =$	25	°C	$w_m = w_1 =$	5,96	gr/kg
φ_m	30	%	$h_m =$	40,23	kJ/kg

Buna göre :

$$Q_d = m (h_m - h_1) = (12000/3600)(40,23 - 29,07) = 37,2 \text{ kW}$$

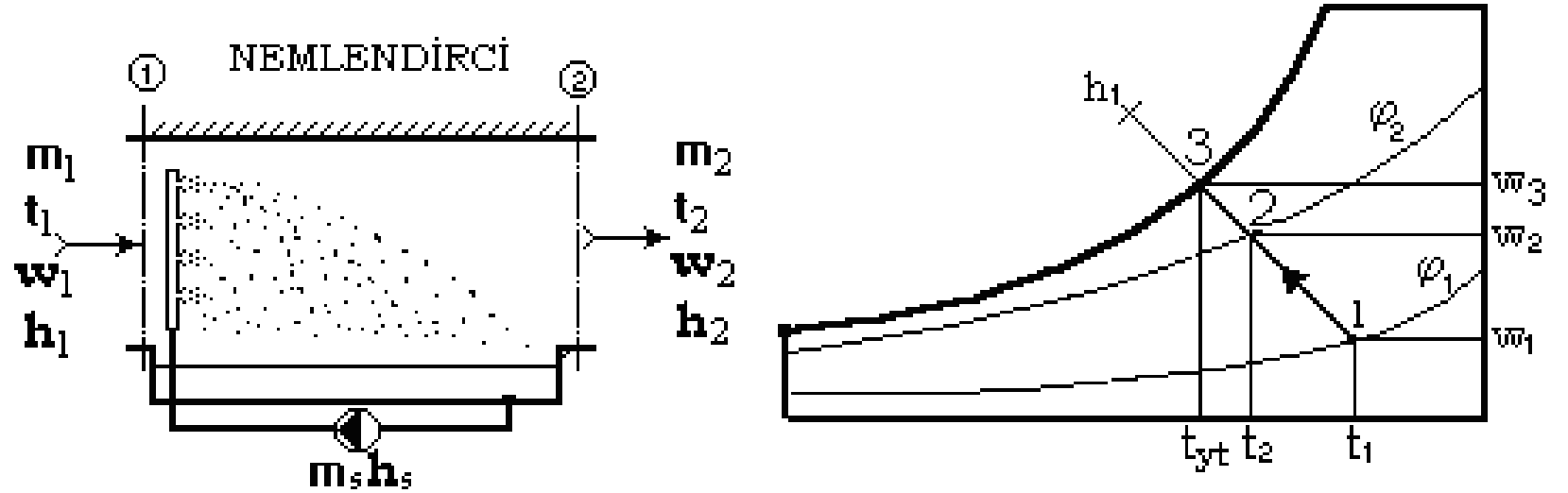
$$Q_g = m (h_2 - h_m) = (12000/3600)(47,75 - 40,23) = 25,07 \text{ kW}$$

$$Q_t = m (h_2 - h_1) = Q_d + Q_g = 37,2 + 25,07 = 62,27 \text{ kW}$$

olur.

6) Adyabatik Nemlendirme

Klima santralından geçen havanın içerisine, bu havanın yaş termometre sıcaklığındaki suyune püskürtülerek nemlendirilmesi işlemidir.



Şekil 17. Adyabatik nemlendirme.

- Nemlendirme hücreesindeki aynı su sürekli sirküle ettiğinden havanın yaş termometre sıcaklığı ile aynı sıcaklığa kısa sürede ulaşır. Bu durumda giren çıkan hava entalpi farkı:

$h_2 - h_1 = (w_2 - w_1)h_s$ olup; sağ taraf çok küçük olduğundan ihmal edilebilir ve; $h_2 = h_1$ alınabilir.

h_s : Suyun havanın yaş termometre sıcaklığındaki entalpisidir (kJ/kg).

- Nemli havaya adyabatik nemlendirme yöntemi ile eklenen nem miktarı ise aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$\Delta w = m(h_2 - h_1) \quad [\text{kg/h}]$$

- Nemlendiricinin verimi (η) : $\eta = \frac{w_2 - w_1}{w_3 - w_1}$

w_3 : Yaş termometre sıcaklığındaki özgül nemdir (doymuş havanın özgül nemidir).

Örnek : $m = 18000 \text{ kg/h}$ için, $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki, $w_1 = 12 \text{ gr/kg}$ ve şartlarındaki hava, adyabatik olarak nemlendirilmektedir. Nemlendirici çıkışındaki $\dot{I}R = \% 90$ olduğuna göre, havanın entalpisindeki artışı ve nemlendirici verimini bulunuz?

Çözüm : Psikrometrik diyagramdan $h_1 = 60,75 \text{ kJ/kg}$ ve $w_2 = 15,16 \text{ gr/kg}$ okunur. Havanın yaş termometre sıcaklığı $t_{yt} = 20,44 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğundan bu sıcaklıktaki suyun entalpisi de $h_s = 86 \text{ kJ/kg}$ alınabilir. Doymuş suyun entalpisi tablodan;

- $h_s = 83,90 \text{ kJ/kg}$ (20 °C YT sıcaklığındaki doymuş su için)
- $h_s = 88,08 \text{ kJ/kg}$ (21 °C YT sıcaklığındaki doymuş su için)
- $h_2 - h_1 = (w_2 - w_1)h_s = (0,01516 - 0,01200)86 = 0,272 \text{ kJ/kg}$ bulunur.
- $h_2 = h_1 + 0,272 = 60,75 + 0,27 = 61,02 \text{ kJ/kg}$
- Entalpi artışı $= 0,272/60,75 = 0,0046 = \text{\% } 0,45$ olup **ihmal edilebilir** değerde olduğu görülmektedir.

Nemlendirici verimi :

$$w_3 = 15,81 \text{ gr/kg} = 0,01581 \text{ kg/kg}$$

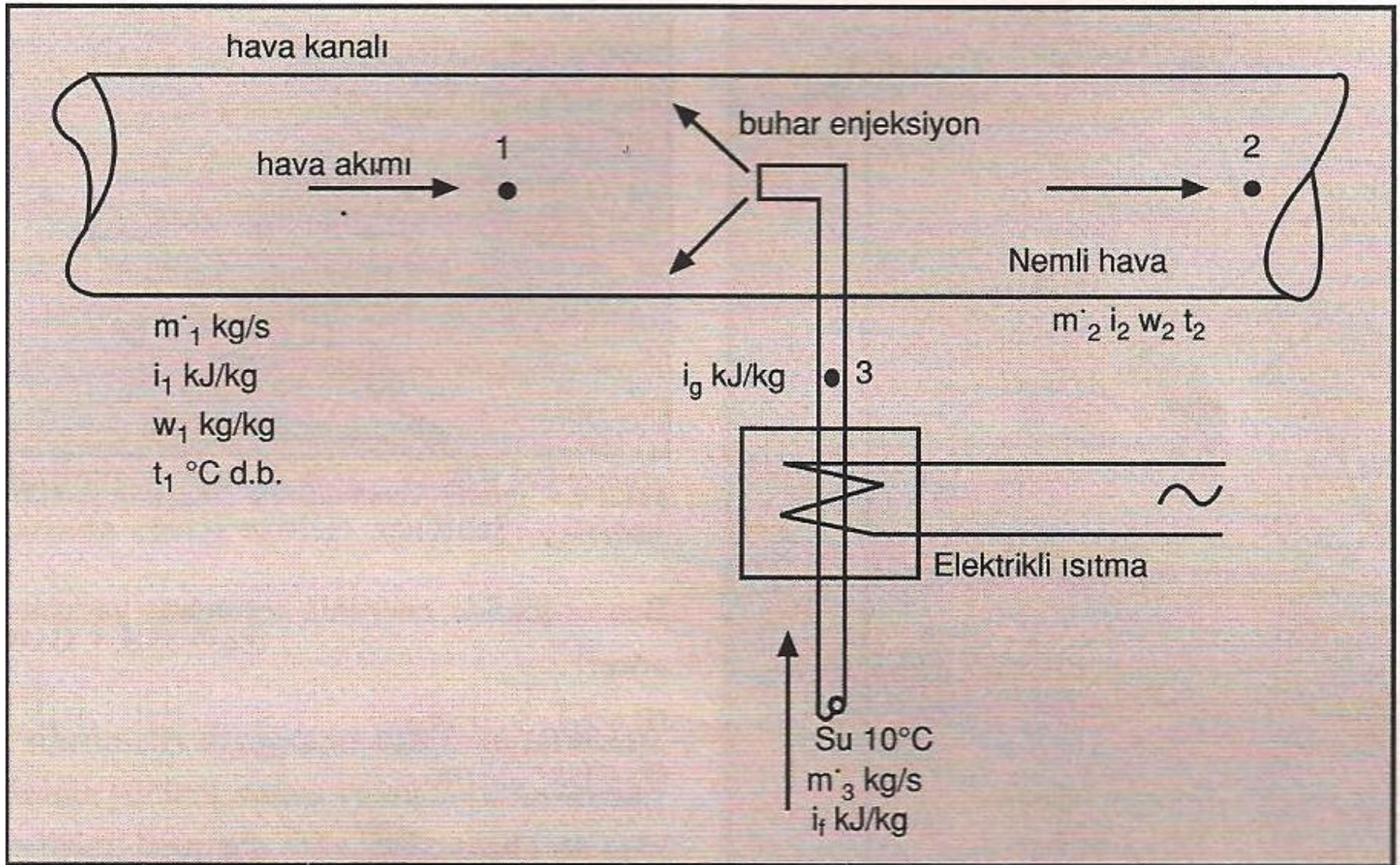
Olarak okunduğundan;

$$\eta = \frac{w_2 - w_1}{w_3 - w_1} = \frac{0,01516 - 0,0120}{0,01581 - 0,0120} = 0,83 = \% 83$$

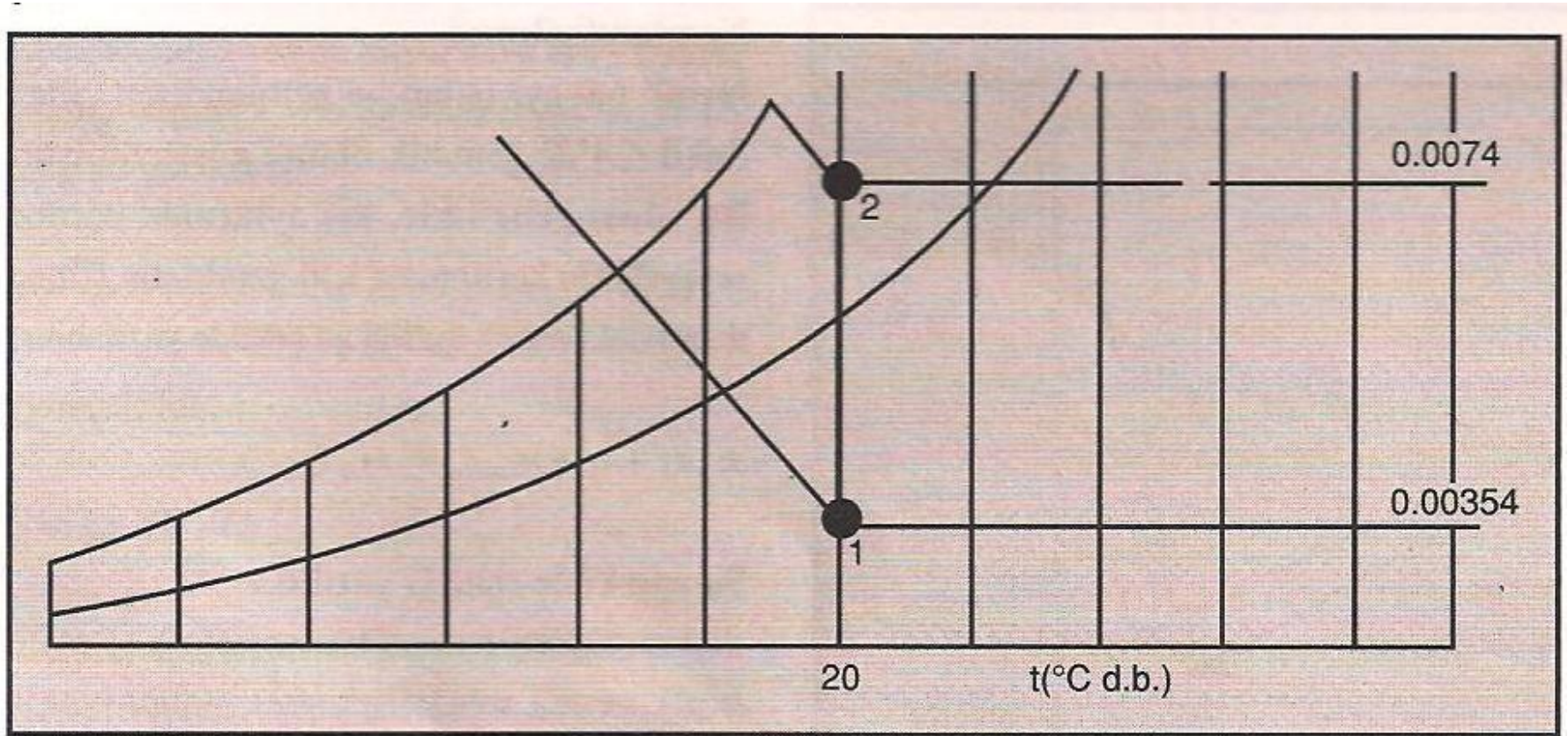
7) Buharla nemlendirme

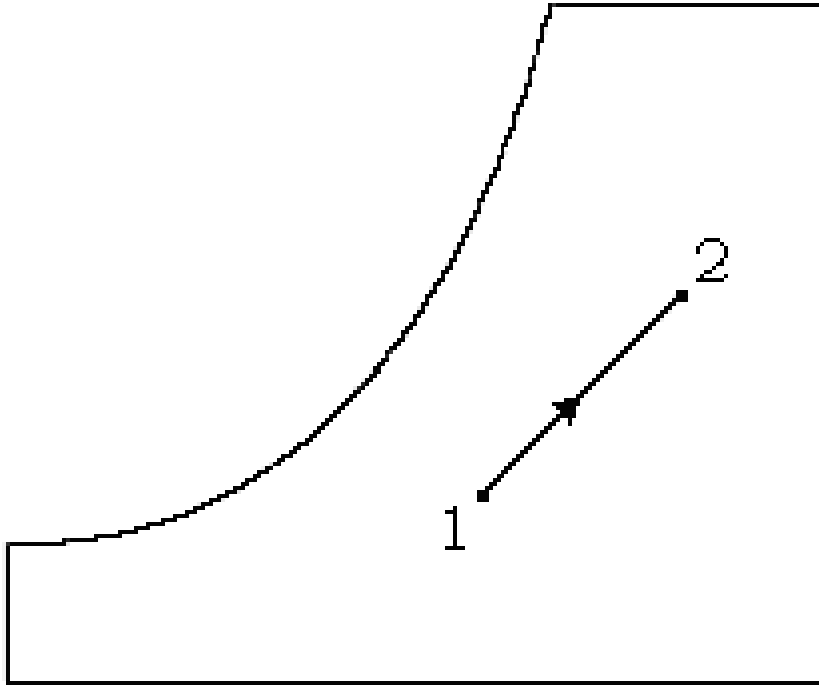
- Havaya nem eklemede **en hijyenik yöntem**, hava kanallarının yan taraflarında bulunan elektrik rezistanslı ısıtıcılardan buhar enjekte edilmesi ile uygulanır.
- İçme suyu şebekesinden alınan musluk suyunun sıcaklığı, mikro organizmaların aktif hale geçebileceği sıcaklığın altında, 10 °C civarındadır.
- Suyun 100 °C'ye çıkarılması ve atmosfer basıncında kaynatılarak buhar haline getirilmesi sayesinde, enjekte edilen nem hava kanalları içinde yoğuştuğu halde bile bakteri oluşumu önlenmiş olacaktır.

Buharla Nemlendirme Prosesi Şeması

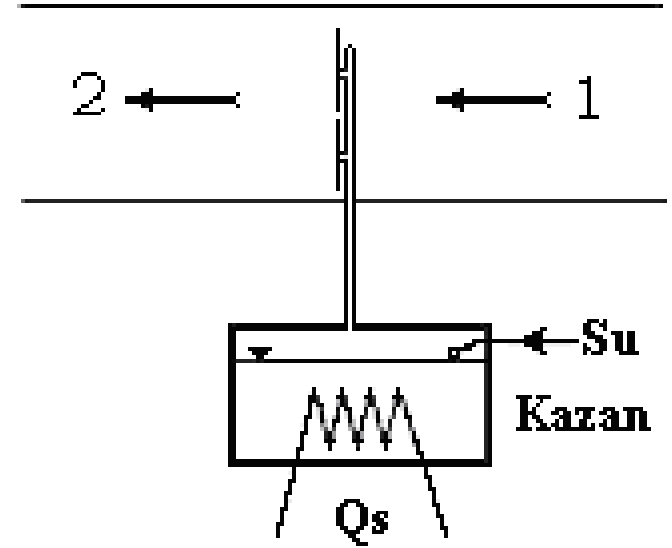


Psikrometrik Diyagramda Buharlı Nemlendirme





Buharlı Nemlendirme

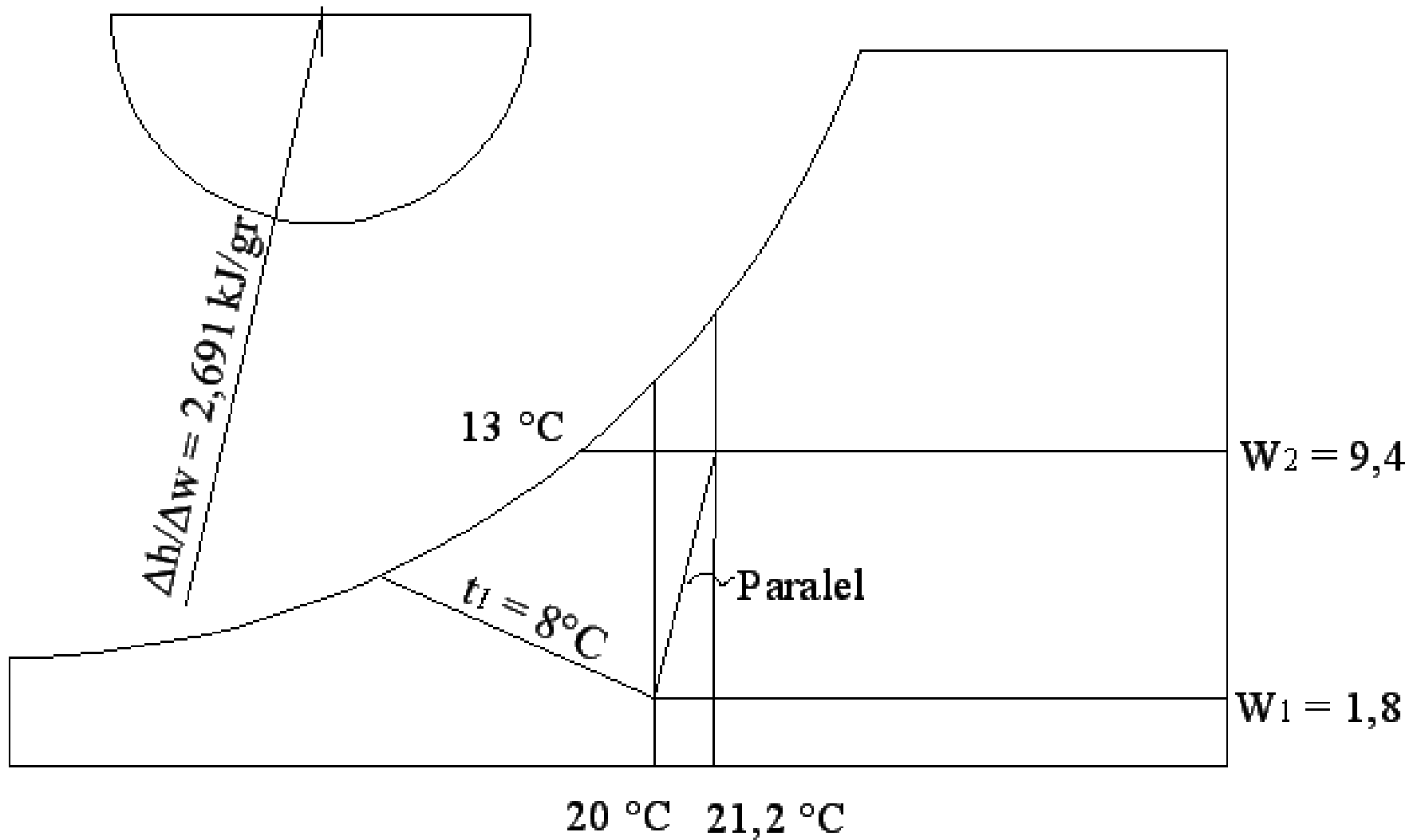


Şekil 18. Buharla nemlendirme.

Buharın özgül entalpisi, nemlendirilen havanınkinden daha yüksektir. Duyulur ısınma çok az miktarda gerçekleşir. Havanın nem içeriği artar. Kuru termometre sıcaklığı ise nem oranı alt sınırına yakınlığını korur.

Örnek : Kütlesel debisi 10 000 kg/h olan $t_{kt} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{yt} = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan hava, $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki doymuş buhar ile nemlendiriliyor. Nemlendirici çıkışındaki havanın çığ noktası $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması istendiğine göre, bu işlem için gerekli buhar debisini bulunuz ?

Çözüm : $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' deki doymuş su buharının entalpisi (tabodan) $h_s = 2691\text{ kJ/kg}$ olduğundan, psikrometrik diyagramda 1 ile 2 noktası arasındaki doğrunun eğimi; $\Delta h/\Delta w = 2,691\text{ kJ/gr}$ olup, bu eğimdeki doğru, psikrometrik diyagramdaki yarım daire üzerindeki ölçek yardımıyla çizilir, sonra 1 noktasından bu doğruya bir paralel doğru çizilir. $t_{d2} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan çığ noktası sıcaklığından çizilen yatayın söz konusu doğruyu kestiği nokta 2 noktası olup, w_2 okunur. Buhar debisi hesaplanır :



$$m_w = m_a(w_2 - w_1) = 10\,000(0,0094 - 0,0018)$$

$$m_w = 76 \text{ kg/h}$$

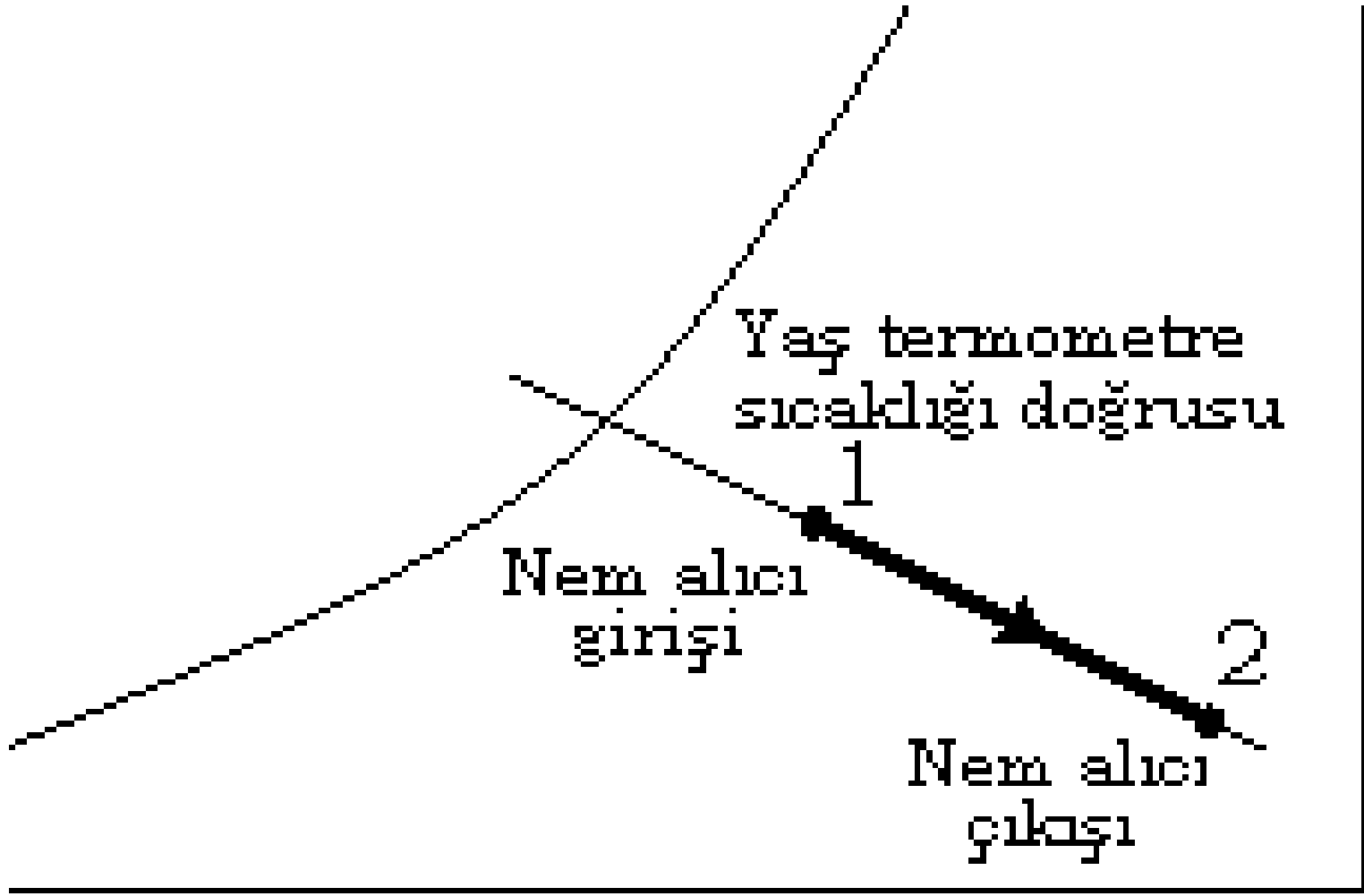
8) Nem alma işlemi

- Nem alma işlemleri, ortam havasının soğutulması veya nem alıcı kimyasal higroskopik maddeler ile gerçekleşir. Mutlak nemin alınması işlemleri şöyle sınıflandırılabilir:

1) Havanın çığ noktası altındaki sıcaklığına soğutularak mutlak neminin yoğunlaştırılması,

2) Cihazda Silikajel gibi nem alıcı maddelerin kullanılarak havanın mutlak neminin alınması.

- Nem alıcı maddeler ile nem alınması adyabatik bir işlem olarak kabul edilebilir. Bu durumda kurutucu yatak boyunca ilerleyen havanın değişimi, yaklaşık olarak sabit yaş termometre doğrusu boyunca aşağı yönde bir değişim olarak kabul edilebilir. Şekil 20.



Şekil 19. Nem alıcı maddelerle havanın neminin alınması.

2.4 Cihaz Çiğ Noktasının Tayini ($t_{c\check{c}n}$)

Klima soğutma serpantininin yüzey sıcaklığını belirten CÇN sıcaklığının, cihaz seçimi bakımından belirlenmesi gerekecektir. CÇN sıcaklığının tayini;

- 1) Hazırlanmış tablolarla,
- 2) Psikrometrik diyagramla,
- 3) Hesapla yapılabilir.

Göze de hitap etmesi bakımından psikrometrik diyagramla CÇN sıcaklığının tayinini inceleyelim;

- Psikrometrik diyagram üzerinde oda şartlarını belirten noktadan geçen; eğimi EDIO değerine eşit doğrunun, doyma eğrisini kestiği nokta, CÇN'nı tayin eder.
- Genellikle psikrometrik diyagram üzerinde ya $\Delta h/\Delta W$ değerleri ya da DIO (duyulur ısı oranı) değerleri işaretlenmiştir.

$$\frac{\Delta h}{\Delta W} = \frac{h_g}{1 - (EDIO)}$$

bağıntısı aracılığı ile, EDIO değerine karşılık gelen ($\Delta h/\Delta W$) eğimli doğru, diyagram üzerine çizilebilir.

- **Değişim Doğrusu–Duyulur Isı Oranı–Sevk Havası İlişkisi**

- **Değişim doğrusu** : Psikrometrik diyagram üzerindeki iki noktayı birleştiren doğrudur.

Bu doğru TDIO ve EDIO eğimli doğruları oluşturduğu zaman hava CÇN sıcaklığı ve hava miktarları hesabında belirleyici rol oynar.

3 ISIL KONFOR

3.1 İnsan vücudunun ısı değişimi

- İnsan vücudu metabolizma suretiyle ısı üretir. Bu ısı, gıdaların oksijenle yanması ile vücut içinde meydana gelir. Diğer taraftan insan vücudu muhtelif şekillerde sürekli ısı kaybeder. Vücut sıcaklığı, üretilen ısı ile dışarı verilen ısı miktarı arasındaki dengeye bağlıdır.

a) Bazal metabolizma : Yemek yedikten 14 ile 18 saat sonra, 30 ila 60 dakika dinlenmiş bir insanın metabolizma yolu ile ürettiği ısı miktarına Bazal Metabolizma adı verilir. Bu ısı deri yüzeyinin metrekaresi başına kaybedilen Kcal/h ısı miktarı ile ölçülür.

Vücut ısı kayıpları

Işınım

Buharlaşma

Taşınım

Yalıtım faktörleri

Giyim

Aktivite

Yaş

Sağlık durumu

Psikolojik faktörler

Hava sıcaklığı

Yüzey sıcaklığı

Hava hareketi

Bağıl nem

Termal konfor faktörleri

- İnsan vücudunun kaybettiği ısı miktarı şu yollarla olur :

1) Kondüksiyon,

2) Konveksiyon,

3) Radyasyon ve

4) Evaporasyon (buharlaşıma = terleme).

- Yaş cinsiyet ve faaliyet durumuna göre metabolizma ısısının nasıl değiştiğini aşağıdaki tablodan inceleyelim :

Tablo 2. İnsan vücudunun metabolizma ısısı.

YAŞ CİNSİYET VE FAALİYET DURUMU	Kcal/m ² h
Hafif spor yapan gençler	300
Oyun oynayan bir çocuk	100
Yazı makinesinde çalışan baba	90
Hareketsiz duran çocuk	55
Koltukta istirahat eden baba	50
Baba bazal durum	35
Büyük anne bazal ve uyur halde	30

Metabolizma suretiyle üretilen ısıнын bir kısmı vücut içinde depo edilerek vücut sıcaklığının 37 °C de sabit tutulmasını sağlar.

- Üretilen ve kaybedilen ısı miktarı arasında aşağıdaki gibi bir ilişki mevcut olup, bu dengenin korunması gerekir.

$$M = \pm S + E \pm R \pm C$$

- Burada:

M : Organlar içinde metabolizma suretiyle üretilen ısı,

S : Vücut içinde depo edilen ısı miktarı,

E : Buharlaştırma suretiyle oluşan ısı kaybı,

R : Radyasyon yolu ile oluşan ısı kaybı veya kazancı,

C : Konveksiyon yolu ile oluşan ısı kaybı veya kazancı.

- Vücutta depo edilen ısı miktarı konveksiyon, radyasyon veya evaporasyon yolu ile artar veya azalır ki bu vücut sıcaklığının dengesini bozarak hastalıklara neden olur.

b) Bitaraf nokta : E. F. Du Bois'in tecrübelerine göre 27 °C ile 30 °C arasındaki sıcaklıklarda bulunan bir havada, hava hareketsiz olmak üzere, çıplak bir insan için öyle bir denge noktası vardır ki, bu noktada vücut ısı dengesini hiç bir fizyolojik tedbir almaksızın muhafaza eder. Bu sıcaklık değerine Bitaraf Nokta denir.

c) Konfor hali : Bitaraf noktada insan ne fazla sıcaklık ne de fazla soğukluk hisseder. İşte bu hale Konfor Hali denir.

- İnsan vücudu soğuğa ve sıcağa karşı dar bir sıcaklık alanında (vazo-motör ayar bölgesinde) kan dolaşımı ile vücut ısının dengesini korumaya çalışır. Ayrıca artan metabolizma ve terleme yolu ile yine soğuğa ve sıcağa karşı vücut kendi ısı dengesini korumaya çalışır.
- Ancak, dış ortamdaki nispeten yüksek sıcaklık değişimlerine karşı koyamayan vücut hasta olur.

- Muhtelif yollarla vücudun kaybettiği ısı miktarları ve yüzdeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Dinlenmekte olan normal bir insanın ısı kaybı.

Isı kaybetme şekilleri	Kcal/h	% miktarı
Konveksiyon ile	30	35
Radyasyon ile	30	35
Terleme suretiyle	15	18
Nefes almak suretiyle	5	6
Diğer muhtelif şekillerle	5	6
Toplam	85 Kcal/h	% 100

3.2 Konfor ve konfora etki eden faktörler

Konfor : Kapalı bir mahalde havanın sıcaklığı, nemi, hızı, temizliği, radyant sıcaklığı ve diğer hava şartlarından ileri gelen bir rahatsızlık olmaması haline konfor denir.

- Bir insanın konfor halinde bulunması yalnız havanın kuru termometre sıcaklığına bağlı değildir. Fiziksel ve zihinsel konfor duygusunu etkileyen **akustik**, **aydınlatma** koşulları ve **hacmin rengi** gibi kavramlar da konforu etkileyen faktörlerdir.
- Konfor şartlarını etkileyen faktörleri kısaca inceleyelim. Bunlar :

- a) **Sıcaklık:** Vücudun denge denkleminde bitaraf noktaya etki eden en önemli husus dış sıcaklıktır. Dış sıcaklığın değişimine bağlı olarak vücudun ısı kaybı artar veya azalır. Bozulan dengeler hastalıklara neden olur.
- Yaşanılan hacmin eşdeğer sıcaklığını (hava sıcaklığı ve radyant sıcaklığı) göz önüne alan sıcaklığa oda operasyon sıcaklığı denir, ve aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$t_o = 0,5 (t_a + t_r) \text{ } [^{\circ}\text{C}] \text{ Burada;}$$

t_o : Oda operasyon sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

t_a : Yerel hava sıcaklığı (KT) [$^{\circ}\text{C}$]

t_r : $t_r = \sum S_k * t_k$ olup, yerel radyant sıcaklıktır. [$^{\circ}\text{C}$]

S_k : Yüzeyle göz önüne alınan noktalar olan P ve K noktaları arasındaki görme açısıdır.

t_k : Yüzeylerden her birini ifade eden K numaralı yüzeyin sıcaklığıdır [$^{\circ}\text{C}$]

- Oda operasyon sıcaklık (eşdeğer sıcaklık) aralıkları ASHRAE 55'e göre :
- Yazın : **23 ÷ 26 [°C]**
- Kışın : **20 ÷ 24 [°C]** olarak alınabilir.
- Ayrıca, iç ortam sıcaklığının **21 °C**'nin altına düşmesi halinde ortamda STATİK ELEKTRİKLENMENİN başladığı bilinmektedir.

- b) Nem :** Konfor hali üzerinde nemin etkisi de çok önemlidir. Vücudun ısı değişim denkleminde ($E = \text{buharlaşma ısısı}$)'nın değişimi, rutubetli sıcak havada solunumu güçleştirir, rutubetli soğuk havada vücudun mukavemetini kırar.
- Rutubetsizlik ağız ve boğazda kurumalara neden olur. Bağıl nemi % 75'i aşan ortamlarda bakteri ve virüslerin daha çok ürediği ve bulunduğu, bağıl nemi % 23'ün altında olan ortamlarda ise solunum yolu hastalıklarının daha sık görüldüğü bilinmektedir.
 - Konfor şartları için izafi nem : % 65 ÷ % 30 arasında olmalıdır.

- c) **Hava hareketi** : Hava hareketinin artması konveksiyon ve evaporasyon ısı kaybını arttırarak serinlemeyi temin eder. Bu nedenle serinlemek için bazı yerlerde vantilatör kullanılır. Ayrıca klimatize edilen hacimlerde havanın cereyanından, özellikle soğuk havanın cereyanından sakınılmalıdır.
- Aktivite durumuna göre hava hızı ISO 7730' dan alınabilir.
 - Mahallin konfor bölgesindeki hava hızı da aparey seçerken dikkat edilmesi gereken bir parametredir.
 - Özellikle **tavan tipi hava apareylerinin üfleme hızı ISO 7730' a göre yerden 2 m yüksekte max. $V = 0,2$ m/s olmalıdır.**

- d) Civar yüzeylerin ortalama sıcaklığı :** Civar yüzeylerin ortalama sıcaklığı da, kapalı mahaldeki hava sıcaklığından bağımsız olarak insana etki eder. Mahal havası sıcaklığı istenen düzeyde olsa dahi, civar yüzeyler soğuk ise vücut direkt olarak radyasyon ile ısı kaybeder ve mahal havası insana soğukmuş gibi gelir. Bu nedenle özellikle binaların dış cephelerinin izole edilmesine dikkat edilmelidir.
- e) Havanın terkibi :** Teneffüs edilen havanın yeterli düzeyde temiz olması gerekir.
- f) Ses ve titreşim :** Uygun ses seviyesi ortamın türüne göre **20 ÷ 60 dB** (desibel) değerleri arasında olmalıdır (10^{-12} Watt = 0 dB).
- g) Renklerin etkisi :** Genel olarak açık renkler insanları ferahlatmakta, koyu renkler sıkıkmaktadır. İçinde bulunulan ortamın duvar ve tavan renkleri açık renkler olmalıdır.

3.3 Havalandırmanın fizyolojik esasları

- **Havalandırma** : Tabii veya cebri olarak herhangi bir mahalle hava verme veya mahalden dışarı hava çıkarma işlemine Havalandırma denir.
- **Havanın daimi pisliği** : Hava içinde; O_2 , N_2 , CO_2 , su buharı, argon ve ihmal edilebilir ölçüde diğer inert gazlar mevcuttur. Havanın içinde askıda duran ve ayrılması mümkün olmayan çok küçük parçalara **havanın daimi pisliği** denir.

- **Havanın geçici pisliği** : Bizleri ilgilendiren havadan ayrılması mümkün olan ve ebatları 150 ila 0.2 mikron mertebesinde değişen aşağıdaki geçici pisliklerin (fiziksel ve biyolojik pisliklerin) temizlenmesidir :

- 1) Muhtelif tozlar,
- 2) İs ve dumanlar,
- 3) Bakteriler,
- 4) Sis, buhar ve gazlar.

- İçinde fazla miktarda insan bulunan bir mahallin havası teneffüs nedeni ile kirlenir. İçeriye taze hava verilmesi gerekir.

- Fizyolojik olarak, deniz seviyesinde bulunan normal bir insan her teneffüs devresinde 500 cm³ havayı ciğerlerine alır. Normal şartlarda dakikada 16 kez solunum yapıldığı zaman **8 litre/dk** hava kullanılmış olur.
- Deniz seviyesinde hafif çalışan bir insana verilmesi gereken hava **108 litre/dakdır.**
- Hareketli bir iş için ise bu miktar, **360 litre/dk'** ya çıkmaktadır.
- Burada önemli olan husus, kapalı bir mahal havası içindeki CO₂ miktarını zararsız bir değerde tutacak kadar içeriye temiz hava vermektir.

- Atmosferde normal olarak $\% 0.03 \div 0.04$ oranında CO_2 gazı bulunur.
- İnsan, teneffüs ettiği havanın $\% 4.3$ 'ünü CO_2 'e dönüştürür. Ancak tüm havanın CO_2 'e dönüşmesine kadar havanın teneffüsü mümkün değildir.
- CO_2 oranı $\% 5 \div 10$ arasında olan havada nefes almak zorlaşır, kalp çarpıntısı ve yorgunluk başlar.

- Yapılan deneylerde CO₂ oranının normal değeri olan % 0.03 den % 5'e çıkması ile insanların teneffüs etme derecesinin 4 misli arttığını göstermiştir. CO₂ yoğunluğunu % 0.5 mertebesinde tutmak için kapalı bir hacime insan başına verilmesi gereken hava ilk bakışta 114 lt/dk. olarak hesaplanabilir. Ancak insan vücudundan ve muhtelif organik maddelerden yayılan fena kokular ve sigara dumanı nedeni ile 100 ÷ 150 lt/dk taze hava miktarı bile konfor sağlayamamaktadır.
- Muhtelif uygulamalar için hacimlerin havasının saatte kaç defa değiştirilmesi gerektiği belirtilen tablolar yardımı ile bu hacmin taze hava ihtiyacı belirlenebilmektedir.
- Birçok uygulamalarda ise insan başına saatte kapalı mahalle verilmesi gereken taze hava miktarlarının belirlendiği tabloların kullanılması ile taze hava miktarlarının hesaplanmasıdır.

- Burada dikkat edilmesi gereken bir husus ta, bazı uygulamalarda kapalı mahaldeki insan sayısının değil, hacmin kullanım amaç ve özelliklerinin ön plana alınması gereğidir.
- Örneğin bir ameliyathanenin havalandırılmasında ya döşemenin m² 'si başına 36.6 m³/h lık bir taze hava miktarı esas alınacak veya söz konusu ameliyathanenin tüm havası saatte 8 ÷ 10 defa değiştirilecektir.
- İçinde az insan bulunan ve özellik arzetmeyen mahaller genellikle tabii olarak havalandırılırlar. Bu nedenle konutlarda havalandırma tesisatı bulunması zorunlu değildir. Muhtelif uygulamalar için düzenlenen tablolar ektedir.

3.4 İç Hava Kalitesi

a) Tanımı : Hiçbir kirletici madde içermeyen ve bu havayı soluyan insanların % 80 veya daha fazlasının hava kalitesiyle ilgili herhangi bir tatminsizlik hissetmediği havadır.

- İnsanlar zamanlarının % 90'ını iç hacimlerde geçirmektedirler. İç hacimlerdeki kirlilikten kaynaklanan hastalıklar da söz konusu olduğundan bu konuda bazı standartlar ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-89.

b) Hasta Bina Sendromu (HBS) : Görünür hiçbir hastalık nedeni olmayan bir binada, sakinlerin sadece binada geçirdikleri zamanla bağlantılı olarak sağlık ve konfor şikâyetleri olmasına denir.

- Bu şikâyetler ; baş ağrısı, göz, burun veya boğaz rahatsızlıkları, öksürük, kuru veya kaşıntılı bir cilt, baş dönmesi, mide bulantısı, konsantrasyon bozuklukları ve kokuya karşı aşırı duyarlılık şeklinde olabilir.

1) Bu hastalık belirtilerinin kaynağı tanımlanamamıştır.

2) Şikâyetçilerin çoğu binayı terk edişlerinden hemen sonra rahatladıklarını belirtmişlerdir.

c) İç Hava Kalitesini Bozan Hasta Bina Sendromunun Nedenleri :

- 1) Solunan havadaki CO₂ oranı (canlı solunumu ve yanmadan)
- 2) Kötü kokular (insanlardan)
- 3) Mikroorganizmalar (çevre ve insanlardan)
- 4) Nem (çevre ve pişirme faaliyetlerinden)
- 5) Radon gazı (topraktan)
- 6) Organik buharlar (kullanılan eşya ve bina elemanlarından)
- 7) Toz (çevre ve kullanılan eşyalardan)
- 8) Alerjen maddeler ve canlılar (çevreden)
- 9) Sigara dumanı (insanlardan)
- 10) Diğer kaynaklar (Elektronik kirlenme, radyasyon vs)

d) İç Hava Kalitesinin Geliştirilmesi

- 1) Kirletici madde kaynağının ortadan kaldırılması
- 2) Havalandırma oranının arttırılması

e) Havalandırma Miktarları

- Minimum enerji tüketimiyle kabul edilebilir bir iç hava kalitesine ulaşabilmek için ASHRAE kişi başına düşen dış hava miktarını bir standarda bağlamıştır. ASHRAE 62'ye göre, eğer dış hava kalitesi yeterli ise, aşağıdaki tablolarda gereken hava miktarları verilmiştir.
- Son zamanlarda geliştirilen tekniklerden biri **talep kontrollü havalandırmadır**. Bu sistemde hava kalite sensöründen veya CO₂ sensöründen kumanda alan bir havalandırma sistemi ihtiyaç olduğunda ve talep geldiğinde devreye girmektedir.

f) Hava Debisi ve Hava Değişim Sayısı

- Bir hacme gönderilecek veya çekilecek hava miktarı kirleticilerin veya kokunun yoğunluğuna bağlıdır. Endüstriyel ve ticari uygulamalarda üretilen ısı ve prosese bağlı olarak ilaveler gerekebilir.
- Saatteki hava değişimi sayısı, bir odaya beslenecek taze hava miktarının hesaplanmasında önemli bir faktördür. Aşağıdaki tablodaki değerler, Avrupa tarafından DIN 1976 T.2 çerçevesinde teklif edilmiştir. Bu hesaplarda kişi başına **20 ÷ 50 m³/h-kişi** dış hava dikkate alınmıştır.

ğ) Lejyoner Hastalığına Karşı Klima Tesisatlarındaki Önlemler

- Lejyoner hastalığı, Lejyonella bakterisi (Legionella pneumophilla) tarafından oluşturulan ve ölüme yol açabilen ciddi bir **zatürre** hastalığı biçimidir. Lejyonella nemli ve sulu ortamda yaşar ve çoğalır. En yaygın bulaşma yolu binalardaki sıhhi tesisat ve klima tesisatıdır.

Tesiatta Lejyonella potansiyeli olan yerler şunlardır :

- 1) Sıcaklık :** 25 ÷ 45 °C arası sıcaklıklı nemli, sulu yerler.
- 2) pH :** Suyun pH = 6,9 değeri en uygun değerdir.
- 3) Hijyen :** Kirler ve birikintiler kuluçka için uygun ortamlardır.

- Binalardaki klima tesisatlarında karşılaşılan tipik tasarım sıcaklıkları göz önüne alındığında, Lejyonella için en uygun büyüme ortamları :

- 1) Soğutma kuleleri
- 2) Buharlaşmalı kondenserler
- 3) Nemlendiriciler (özellikle sulu tip) olarak sayılabilir.

3.5 Efektif sıcaklık ve konfor alanı

- **Efektif sıcaklık** : Havanın sıcaklığı, rutubeti ve hava hareketinin muhtelif bileşenlerinde hissedilen sıcaklığa efektif sıcaklık denir. Bu sıcaklık:

Yaz (ET) Sıcaklığı : 21.5 °C (ET)da insanların % 98' i konfor halinde,

Kışın (ET) Sıcaklığı : 20.0 °C (ET) da insanların % 97.7' si konfor halinde, kendilerini hissetmişlerdir.

- Bu sonuçlar % 30 ÷ 70 izafi nemli hava ile yapılan deney sonuçlarıdır.
- Konfor alanları ise aşağıdaki efektif sıcaklık aralıkları ile ifade edilir :

Yaz konfor alanı : 19.5 ÷ 23.5 °C (ET),

Kış konfor alanı : 17.5 ÷ 21.5 °C (ET)

- Tablo 4. Konfor mıntakaları - bitaraf nokta mukayesesi.

Araştırmacılar	Efektif Sıcaklık		Sınırlar	Açıklama
	Ortalama	Sınırlar	Sıcaklık	
Konfor mıntakası (alanı)				
Houghten and Yaglow	19	17 - 21.5		Kışın, normal giyinmiş kadın ve erkek
Yaglow and Drinker	21.5	19 - 24		Yazın, normal giyinmiş istirahat eden erkek
Yaglow	22.5	19 - 28		Bütün sene, ceketsiz istirahat eden erkek
Keeton et all	24	23 - 24.5		Bütün sene, çıplak ve bazal şartlarda kadın ve erkek
Termik bitaraf nokta				
Du Bois and Hardy	24	23 - 25		Bazal halde çıplak erkek
	22	18 - 24.5		Bazal halde elbiseli erkek
Winslow, Herington and Gagge			29 - 31	İstirahatta çıplak erkek
			23 - 29	İstirahatta elbiseli erkek

3.6 Konfor efektif sıcaklığı üzerine etki eden faktörler

- Konfor efektif sıcaklığı insanların fizyolojik durumlarına bağlı olarak değişir. Fizyolojik bakımdan insanlar; çalışma ve dinlenme, giyinme ve gıda alma, iklim alışkanlıkları, yaş ve cinsiyetlerine göre birbirinden çok farklıdırlar.
- Bu bakımdan, tüm insanları değil çoğunluğunu konfor halinde bulunduran şartlar esas alınmaktadır.
- Şimdi konfor efektif sıcaklığını etkileyen faktörleri inceleyelim :

1) İklim ve mevsimler : İsveç'te sıcak bir gün, Mısır'da soğuk bir gün olabilmektedir. Dağlarda yaşayan insanlar için % 35 - 40 nem oranı konfor şartı olabilmektedir. Ancak insanların çoğunluğunun konfor halinde bulundukları sıcaklık alanları :

- Yaz konfor bölgesi : $19 \div 23$ °C (ET),
- Kış konfor bölgesi : $20.5 \div 23.5$ °C (ET),
olmaktadır.

2) Süre : İnsanların kapalı mahallerde kalma süreleri kısaltıkça konfor sağlayan ET sıcaklığı da o kadar dış sıcaklık derecelerine yaklaşır. Örneğin, mağazalarda müşteriler, kısa süreli kaldıklarından dolayı kışın $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında ısıtılırlar.

3) Elbiseler : Giyinme şekilleri de konfor efektif sıcaklığı üzerinde etkilidir. Elbiselerin izolasyon etkisini ölçmek için “ $\text{Klo} = 0.116\text{ }^{\circ}\text{C/Kcal m}^2\text{ h}$ ” denilen bir birim teklif edilmiştir. [$1\text{ clo} = 0,155\text{ m}^2\text{KW}$].

4) Yaş ve cinsiyet : Genel olarak konfor efektif sıcaklığı; kadınlar ve 40 yaşından fazla yaşlı insanlar için için, **0.5 °C ET** kadar fazla olur.

5) Şok tesiri : Dışarıdan iklimlendirilmiş bir mahalle aniden girildiğinde hissedilen ani sıcaklık değişimlerini azaltmak için iç ve dış sıcaklık farklarının makul ölçülerde tutulması ve koridorların bir ara sıcaklık değerinde tutulması düşünülmüştür.

6) Fiziki faaliyet : Vücudun fiziksel hareketliliği ne kadar fazla ise konfor efektif sıcaklığı o kadar düşük olmalıdır. **Atölyede** kuvvet sarfederek çalışan bir insan ile **sinema** salonunda film seyreden bir insanın konfor efektif sıcaklık ihtiyaçları farklı olacaktır.

7) Radyasyon tesiri : Yapılan deney sonuçlarına göre, civar ortalama radyasyon sıcaklığının **1 °C** değişmesi, konfor efektif sıcaklığının **0.5 °C** kadar değişmesini gerektirmektedir.

3.7 Eşdeğer sıcaklık

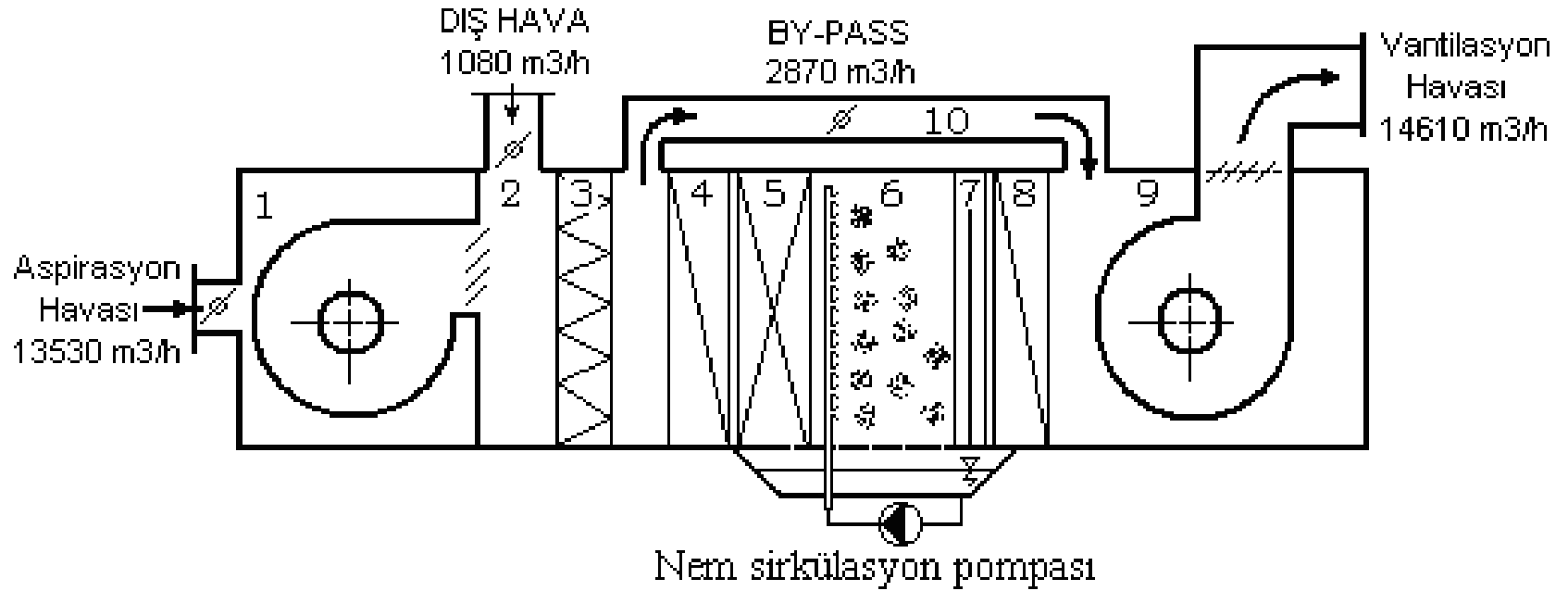
- **Amerikada** **efektif** **sıcaklık** endeksi uygulanırken, **İngilterede** **eşdeğer** **sıcaklık** kavramı uygulamaya konulmuştur.
- **Efektif sıcaklık**; sıcaklık, rutubet ve hava hareketinin bir fonksiyonu olup civar yüzeylerin **radyasyon** tesirini dikkate almamaktadır.
- **Eşdeğer sıcaklık** ise; sıcaklık, rutubet, hava hareketi ve civar yüzeylerin **radyasyon** etkisini de içine almaktadır.

3.8 Ekonomik konfor şartları ve konfor standartları

- Isıtma hesaplarında kışın en iyi konfor sağlayan iç sıcaklıklar esas alınır. Soğutma hesaplarında ise; en iyi konfor sağlayan şartlardan 1 ile 2 °C ET daha yüksek iç şartlarla yetinilir.
- Isıtma tesisatında 1-2 °C'lik fark tesis masraflarını pek etkilemezken, iklimlendirme tesislerinde bu farklar tesis masraflarını önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü iklimlendirme tesisatları çok pahalı tesisatlardır.

4 KLİMA SANTRALI

- Bir klima santralı, havanın hareketlendirilmesi, temizlenmesi, ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi ve kurutulması (neminin alınması) için gereken ünitelerden oluşur.
- Havanın klima santralı içindeki yolunu izlersek, aşağıdaki elemanlarla karşılaşırız:



Şekil 20. Klima santralı prensip şeması.

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1) Aspirasyon hücresi, | 6) Hava nemlendiricisi, |
| 2) Karışım odası, | 7) Damla tutucu, |
| 3) Toz filtresi, | 8) Son ısıtıcı (I ₂), |
| 4) Ön ısıtıcı (I ₁), | 9) Vantilatör (V), |
| 5) Soğutucu (S), | 10) By-pass hattı. |

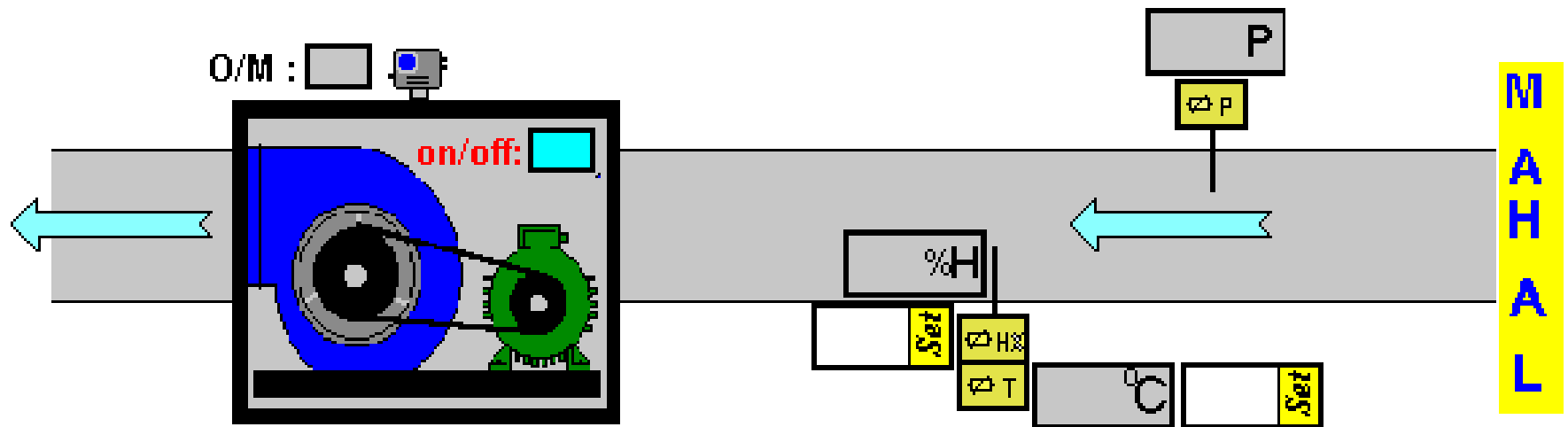
- Şimdi bu elemanları (üniteleri) kısaca açıklayalım :

- 1) Aspirasyon hücresi** : Radyal bir aspiratörle klimatize edilen hacimden kirli havayı emip, bunun bir kısmını gerekiyorsa karışım havası olarak karışım odasına gönderen ünedir.
- 2) Karışım odası** : Dış hava ile çevrim havası girişleri üzerinde karşı etki yapacak şekilde birbirine bağlı klapeler bulunur. Bu klapeler aracılığı ile, her iki havanın karışımı istenen oranlarda ayarlanabilir.
- 3) Toz filtresi** : Dış hava ile çevrim havasının temizlenmesi için, karışım odasının arkasına genellikle bir toz filtresi yerleştirilir.

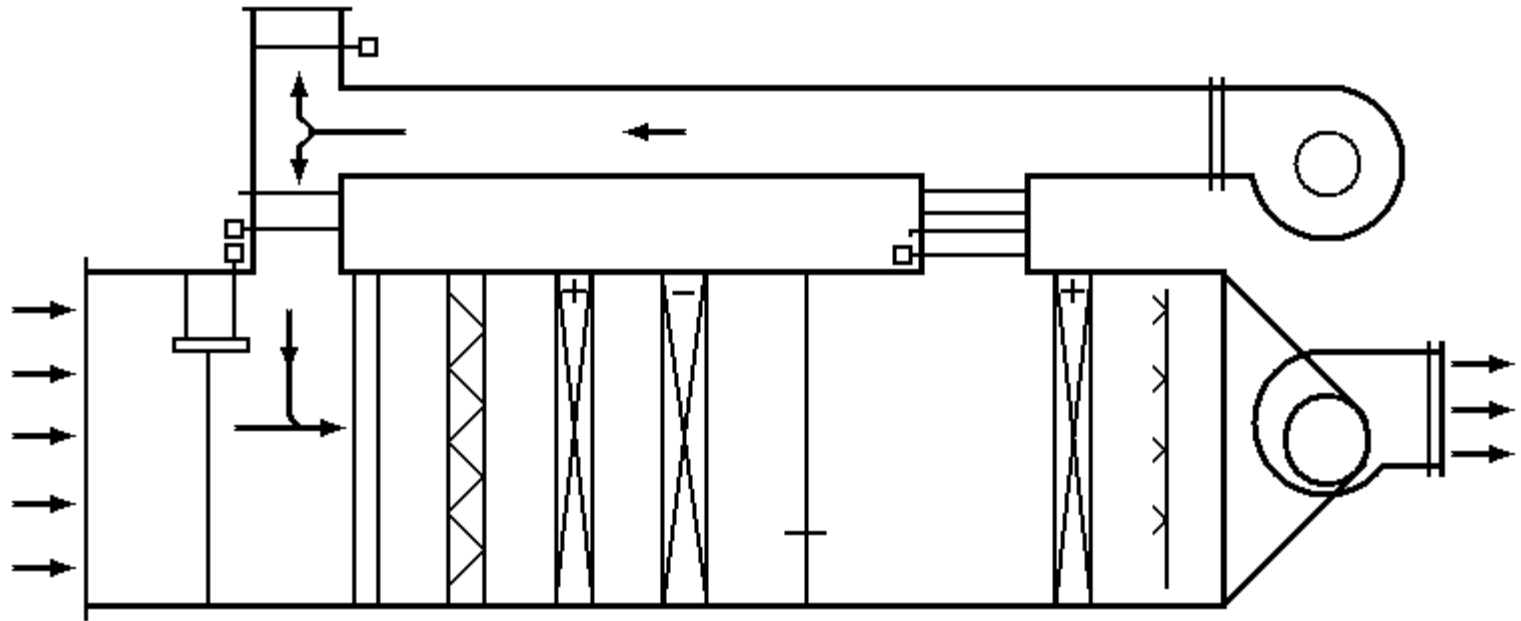
- 4) Ön ısıtıcı :** Ön ısıtıcı genellikle kışın gereken bir ısıtma ünitesidir. Dışarıdan emilen nemi düşük dış havanın nem alma kapasitesini nemlendirici girişinden önce arttırmak için ön ısıtıcı gereklidir.
- 5) Soğutma yüzeyleri :** Yazın ön ısıtıcının yerine yüzeyli bir soğutucu hizmete sokulur. Soğutucu akışkan olarak şehir suyu, derin kuyulardan çıkarılan su, soğutulmuş su ve bazen de bir soğutma grubuna ait salamura kullanılır.
- 6) Hava nemlendirici (Yıkayıcı) :** Bu apareyde (ünitede) hava, çok sayıda lüleler aracılığı ile pülverize hale gelmiş olan su ile temas eder. Böylece bu aparey, su ve ısı alış veriş için büyük bir yüzeyin oluşmasına sahne olur.

- 7) Damla tutucu :** Nemlendiriciden sonra yerleştirilen damla tutucunun görevi, yıkama ve nemlendirmede kullanılıp havanın bünyesine girmemiş olan su damlacıklarının çıkış havası devresine nüfuzunu engellemektir.
- 8) Son ısıtıcı :** Nemlendiriciden çıkışta hava, giriş havasının içermesi gereken su yüzdesine (özellik nemine) ulaşmış olması gerekir. Bu suretle bu ısıtıcıda yaz ve kış yeterli düzeyde ısıtılan havanın özellik nemi sabit kalır. İklima tesisatı bir mahalli ısıtma durumunda ise, giriş sıcaklığı mahall sıcaklığından yüksek, aksi halde yani iklim tesisatı bir mahalli serinletmek durumunda ise, giriş sıcaklığı mahall sıcaklığından daha düşük tutulur.
- 9) Vantilatör :** Hava iklim tesisatı içinde, santralin sonuna yerleştirilen ve bir elektrik motoru ile tahrik edilen bir vantilatör aracılığı ile harekete geçirilerek, mahallere kanallar vasıtasıyla sevk edilir.
- 10) By-pass hattı :** Genellikle ön filtrasyondan sonra operasyona tabi tutulmayacak olan üniteleri birleşen oranlarda atlayan hava hattıdır.

ASPIRATÖR :



Merkezi Klima Santrali



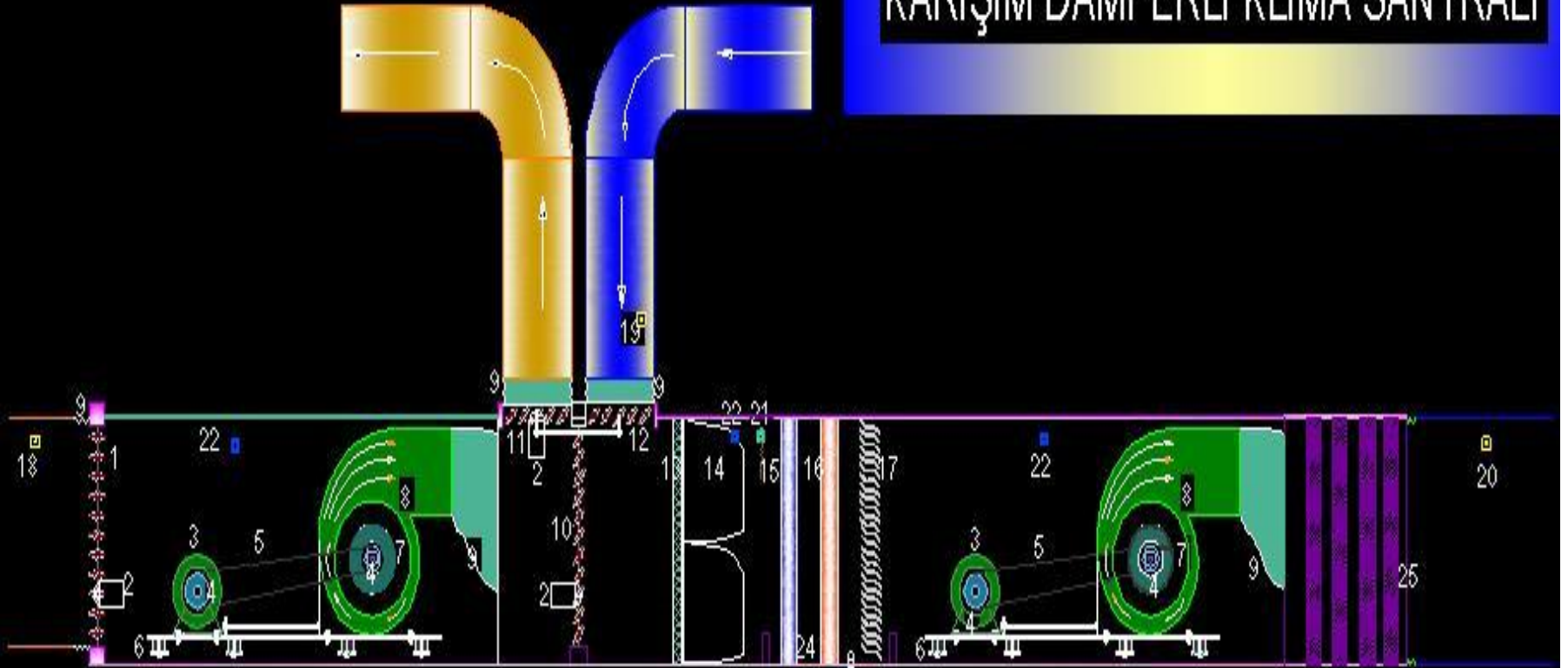








KARIŞIM DAMPERLİ KLİMA SANTRALİ



- | | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1. Emiş damperi | 5. Motor kayışı | 9. Kompansatör | 13. Ön filtre | 17. Damla tutucu | 21. Donma termistatı |
| 2. Damper motoru | 6. Lastik takoz | 10. Karışım damperi | 14. Torba filitre | 18. Emiş sensörü | 22. Prosestat |
| 3. Motor | 7. Fan | 11. Egzoz damperi | 15. Soğutma serpantini | 19. Taze hava sensörü | 23. Sifon |
| 4. Kasknak | 8. Salyangoz | 12. Taze hava damperi | 16. Isıtma serpantini | 20. Üfleme sensörü | 24. Terleme tavası |
| | | | | | 25. Ses sönümleyici |

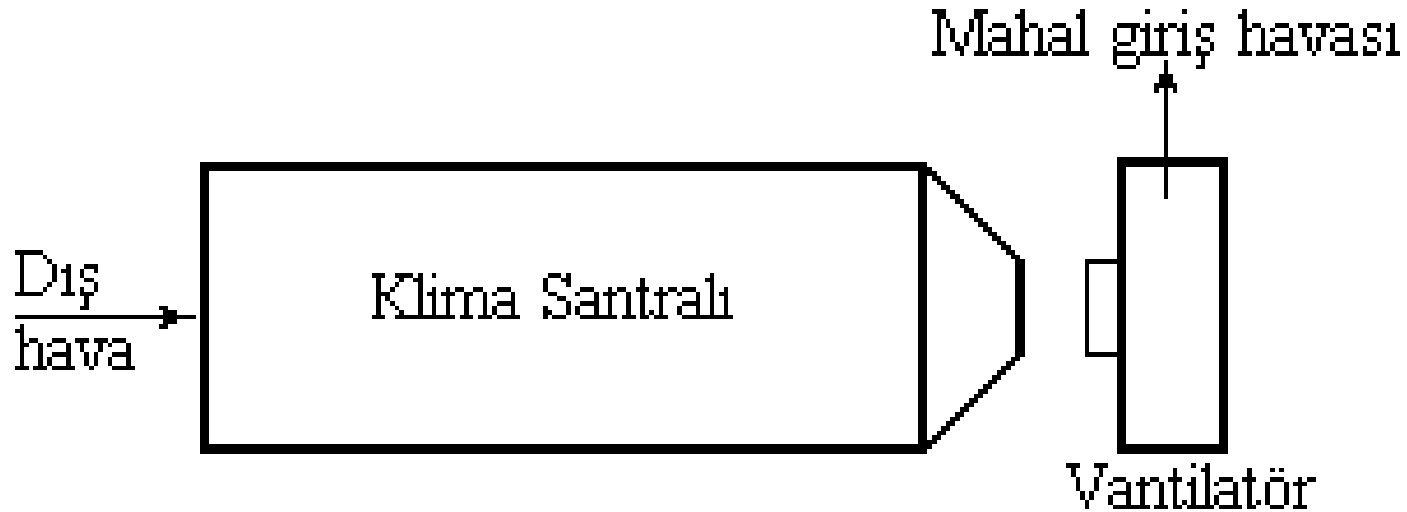
4.1 Hijyenik Klima Santralı Özellikleri :

- 1) Çift cidar konstrüksiyonlu olup kapalı profillerden yapılmalıdır.
- 2) İç cidar, tavan ve yan yüzeyler galvaniz, döşeme paslanmaz sac olmalıdır.
- 3) Oksitlenecek veya korozyona uğrayacak ve sterilizasyondan zarar görecekt malzeme kullanılmamalıdır.
- 4) Santral içinde keskin köşe, cıvata, somun başı, aralık vs. bulunmamalıdır.
- 5) Kontrol ve temizlik için fan, filtre, nemlendirici, soğutma serpantinleri için aydınlatma ve kapı bulunmalıdır.
- 6) Fan tamamen galvaniz sacdan mamul veya epoksi boyalı tercihen seyrek kanatlı veya serbest fan, dışarı çıkarılabilir tip olmalıdır.

- 7) Serpantinler seyrek hatveli, bakır boru-alüminyum kanatlı olmalıdır.
- 8) Damla tutucular kolay temizlenebilir ve çıkarılabilir olmalıdır.
- 9) Drenaj tavaları sökülebilir tip paslanmaz sacdan mamul, eğimli ve içinde su kalmayacak şekilde yapılmış olmalıdır.
- 10) Damperler sızdırmaz, alüminyumdan mamul, contaı olmalıdır.
- 11) Santral hava kaçaklarına karşı sızdırmaz, EN 1886'ya göre sızdırmazlık test sertifikasına haiz ve B-klass olmalıdır.
- 12) Filtre çerçevesi sızdırmaz, EN 1886' ya göre sızdırmazlık test sertifikasına haiz ve F9-Klass olmalıdır.

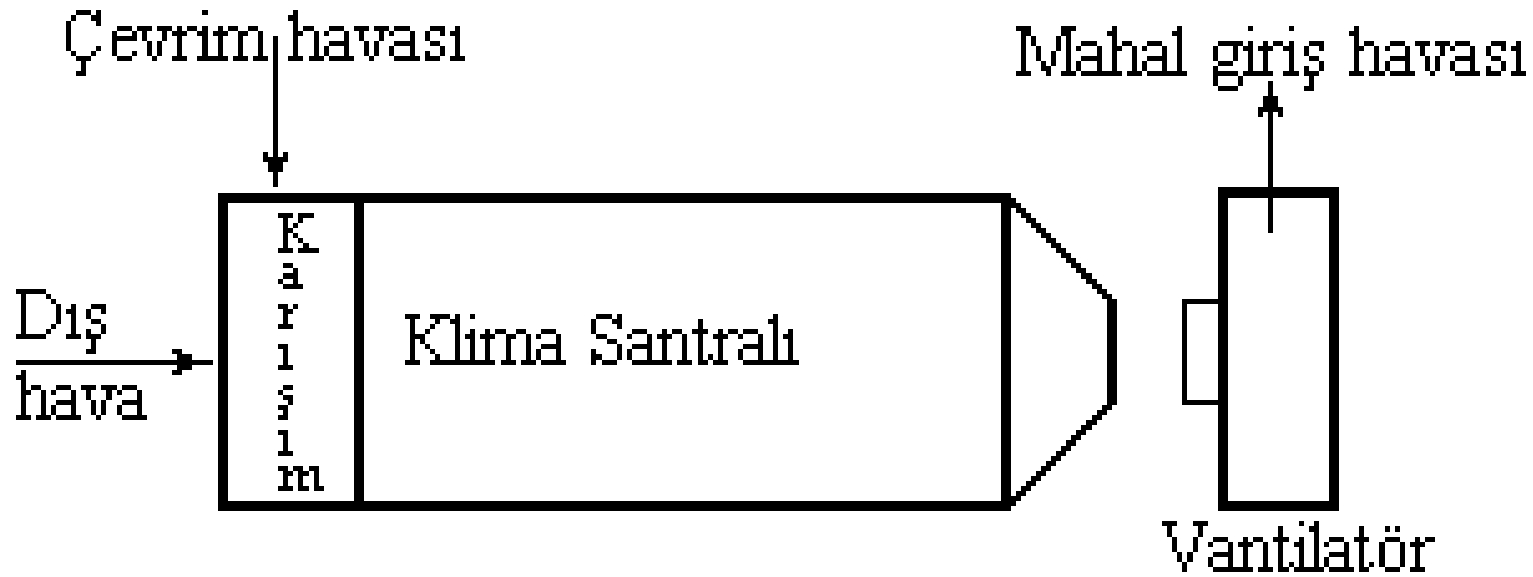
4.2 Klima tesisatlarında işletme şekilleri

- 1) **Sadece dış hava ile çalışma durumu** : Bu sistemler havanın yeniden kullanılmaması gereken yerlerde uygulanır. Örneğin, hastaneler, ameliyathaneler ve anfiler gibi.



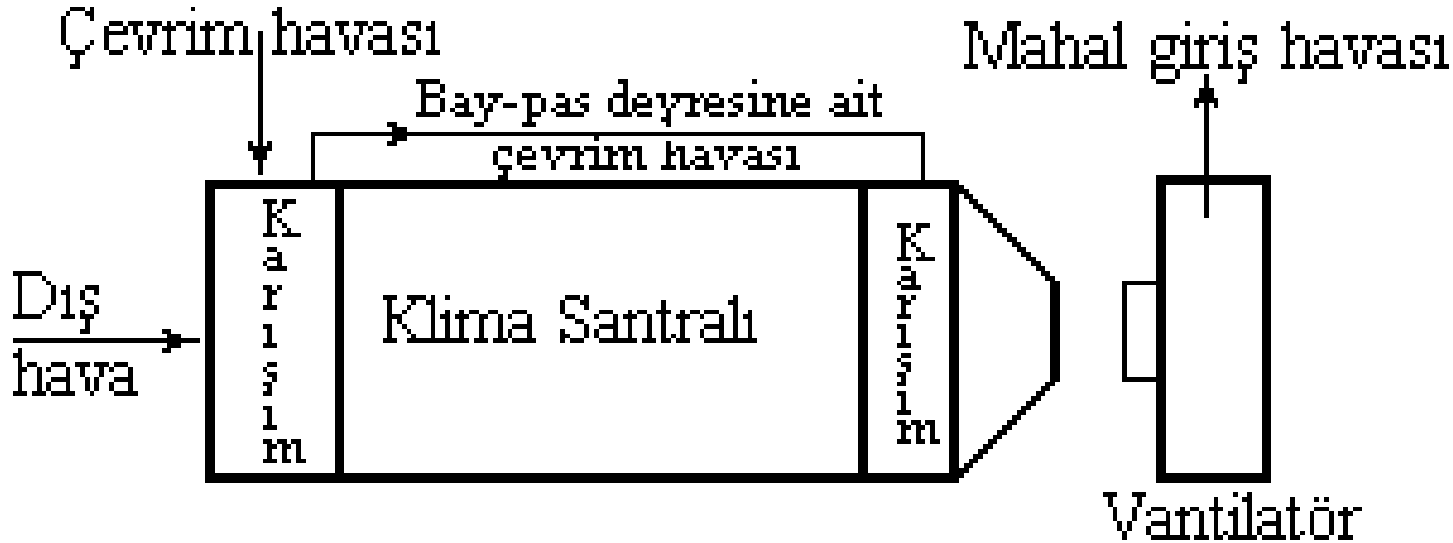
Şekil 19. % 100 taze havalı çalışma şekli.

2) Karma çalışma durumu : Bu uygulamada dış hava ile birlikte çevrim havasından da yararlanılır. Sadece dış hava ile çalışma durumuna göre, bu sistemde önemli bir ısı ve soğutma suyu ekonomisi sağlanır.



Şekil 20. Karma çalışma şekli.

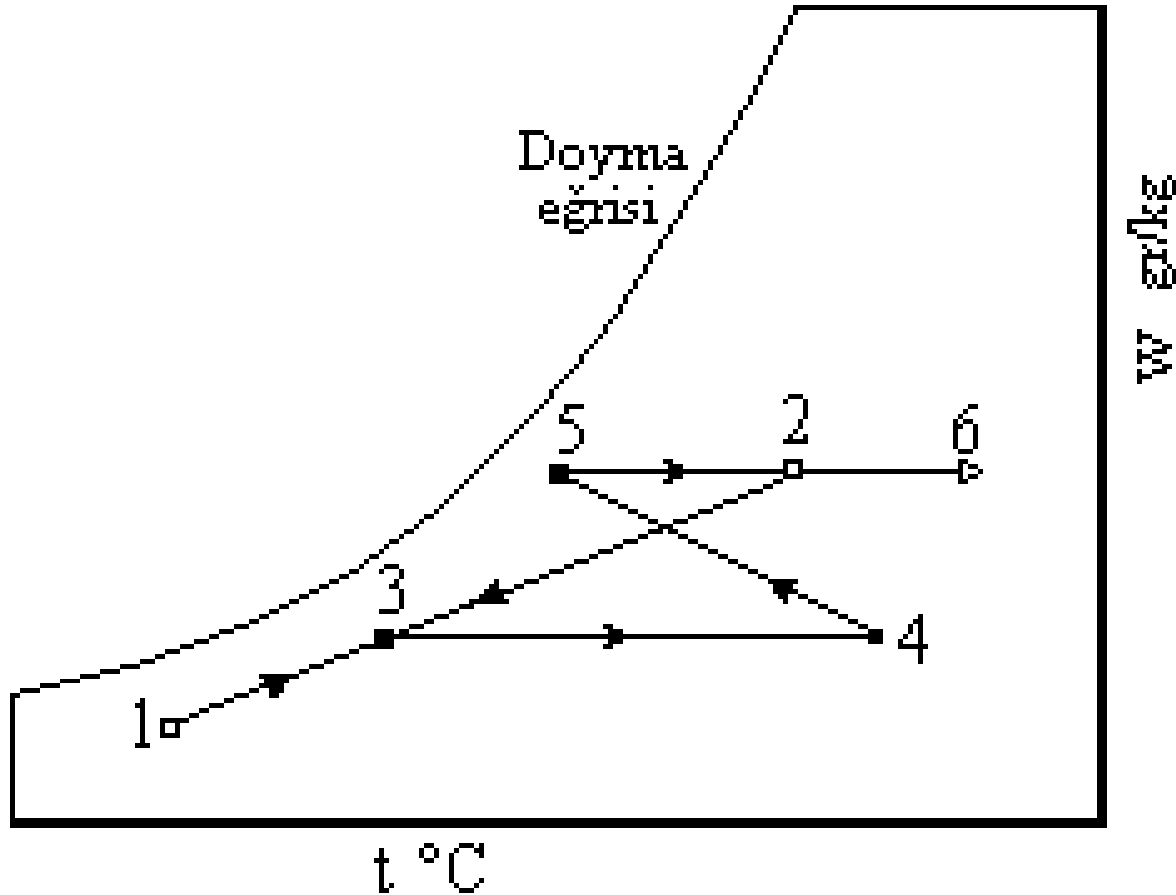
3) Bay-pas düzenli karma çalışma durumu : Bu uygulamalarda, karışım havasının tamamı veya bir kısmı doğrudan (başka bir işleme tabi tutulmadan) vantilatör hücreesine verilir. Bu tür uygulamalar daha çok endüstriyel tesislerde kullanılır.



Şekil 21. Bay-paslı karma çevrim şekli.

4.3 İşletme şekilleri ve havanın hazırlanması

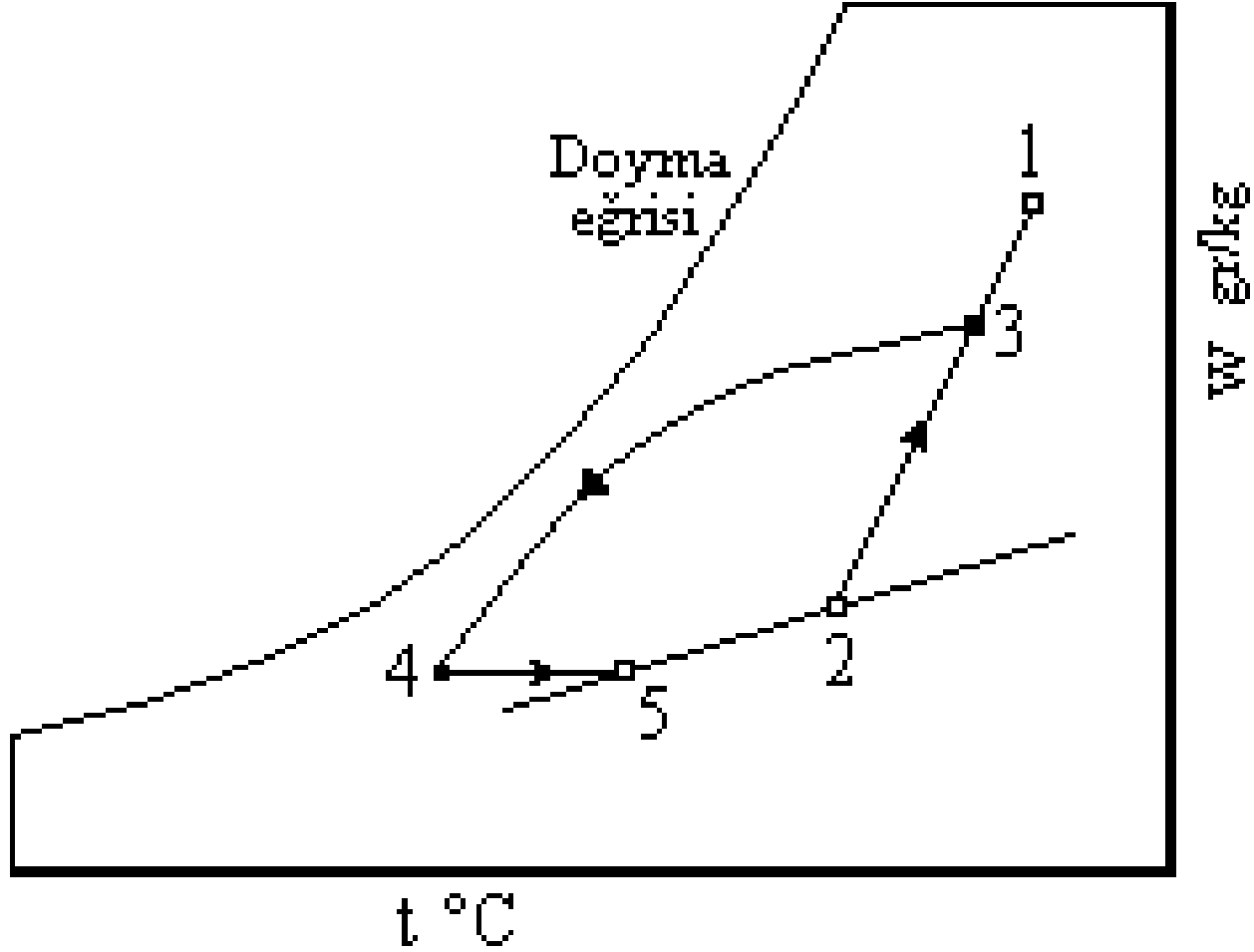
1) Kış işletmesi



Şekil 22. Kış işletmesinin (h-w) diyagramında gösterilişi.

- a) Karışım :** (1) şartlarındaki dış hava, (2) şartlarında bulunan iç hava ile belirli oranda karışım odasında karıştırılmakta ve (3) karışım havası meydana getirilmektedir. (3) noktası (1-2) doğru parçasını hava miktarlarıyla ters oranda böler (yani karışım adyabatiktir).
- b) Ön ısıtma :** (3) halindeki hava karışımı, ön ısıtıcı içinden geçmekte ve bu ısıtıcı içinde x_3 su miktarı sabit kalacak şekilde ısınarak, (4) haline gelmektedir.
- c) Nemlendirme :** (4) halindeki hava, nemlendiriciden geçerken hem nemlenir, hem de soğur. Nemlendirme işlemi $i = \text{sabit}$ doğrularına paralel düz bir çizgi boyunca oluşur ve (4) noktasını (5) noktasına bağlar. (5) noktasında havanın ihtiva ettiği (içerdiği) su miktarı giriş havasının (x_g) su miktarına ulaşmış olmak zorundadır. (5) noktası doyma eğrisi üzerinde değildir. Çünkü pratikte doyma haline erişilemez.
- d) Son ısıtma :** (5) noktasındaki hava, son ısıtıcıdan geçer. Isıtıcı, karışım havasını, sahip olduğu su miktarı sabit kalmak şartıyla, istenilen (6) noktasına yani giriş havası şartlarına getirir.

2) Yaz işletmesi

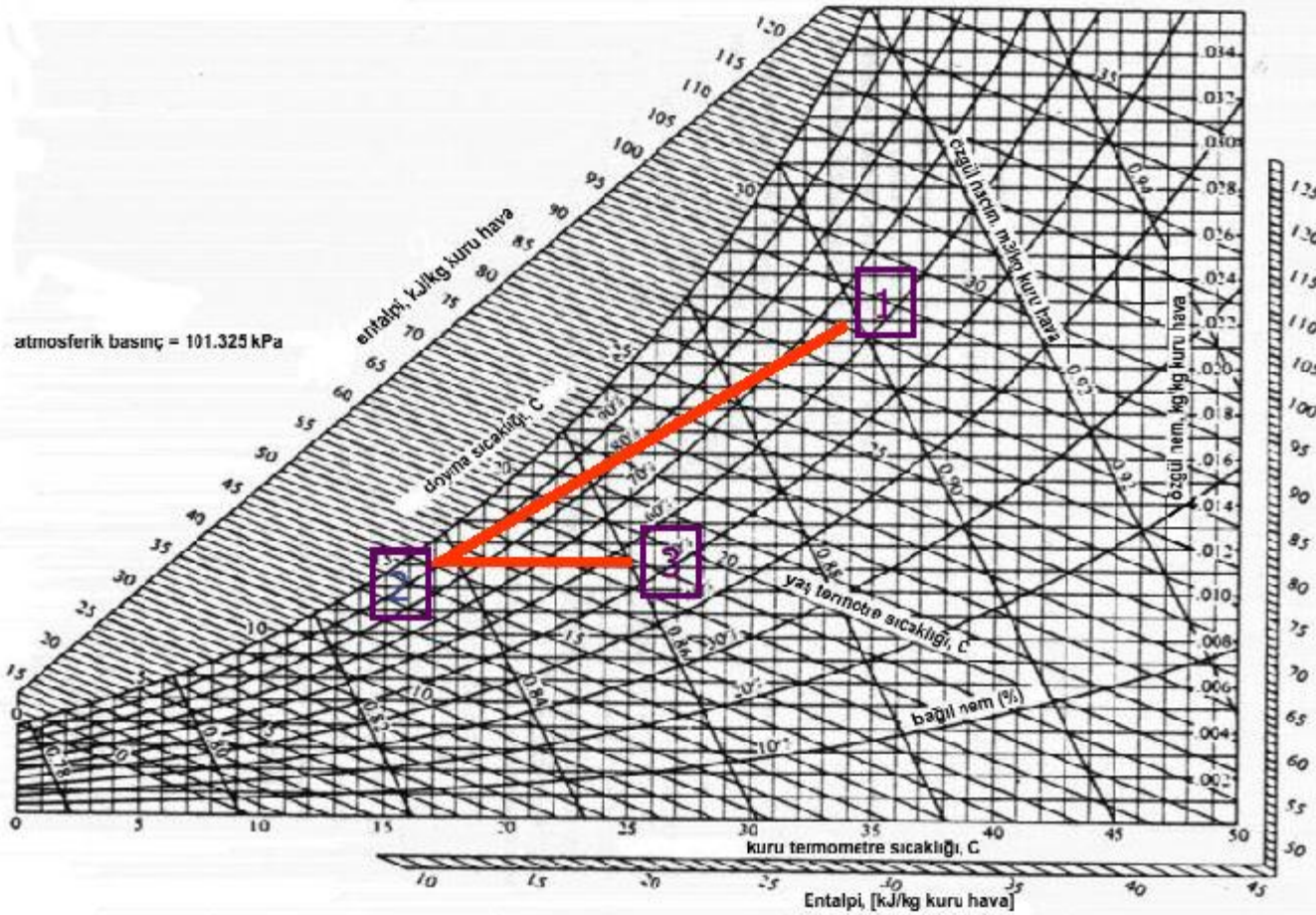


Şekil 23. Yaz işletmesinin (h-w) diyagramında gösterilişi.

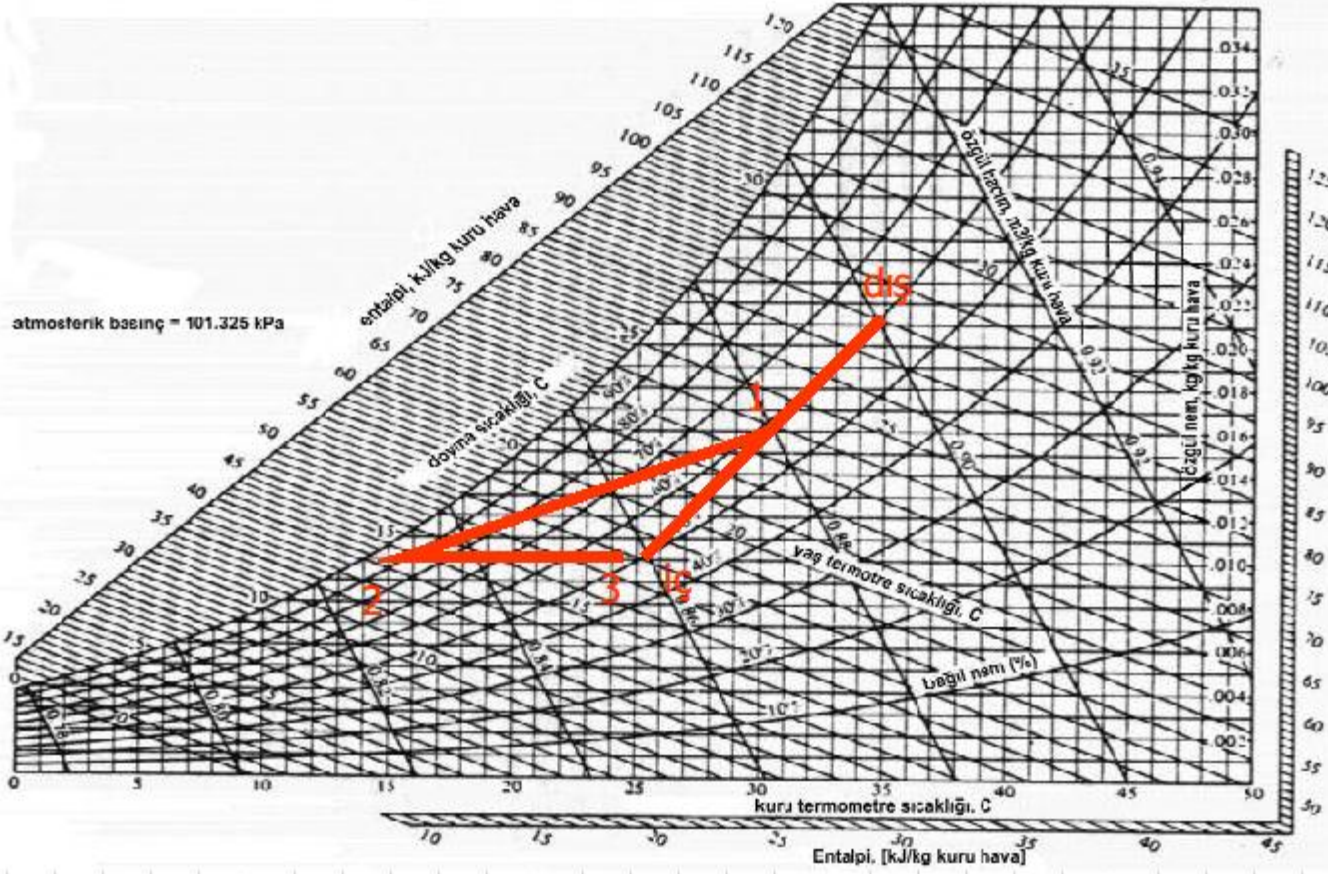
YAZ İŞLETMESİ :

- a) **Karışım** : (1) şartlarındaki dış hava, (2) şartlarındaki iç hava ile belirli oranda karışım odasında karıştırılarak (3) şartlarındaki karışım havası elde edilmektedir. Yine karışım adyabatik şartlarda gerçekleştirilmekte olup, (3) noktası doğru parçasını hava miktarlarıyla ters oranda böler.
- b) **Soğutma ve kurutma** : (3) halindeki karışım havası yüzeyli soğutucudan geçerken, hem soğutulmak hem de kurutulmak suretiyle (4) haline kadar ulaşır. Hava bu noktada, giriş havasında olması gereken (x_g) su miktarına sahip olmalıdır.
- c) **Mahalde ısı ve nem kazanımı** : (4) halindeki hava, daha sonra ısıtıcıya alınarak, su miktarı (x_g) miktarında sabit kalmak şartıyla, giriş havası için şart koşulan (5) noktasına kadar getirilir. (5) noktası (2) noktası ile aynı duyulur ısı oranı doğrusu üzerinde olmak zorundadır. Çünkü mahalle üflenen havanın, mahallin duyulur ve gizli ısılarını alabilmesi için mutlaka duyulur ısı oranı doğrusu üzerindeki bir noktadan verilmesi gerekmektedir.
- Konut mahallerinde $\Delta t = t_2 - t_5$ sıcaklık farkı 6 ila 8 °C olarak belirlenmiştir. Sıcaklık farkının küçük seçilmesi, mahalle verilen giriş havası miktarının artmasına (işletme masraflarının artmasına), büyük seçilmesi halinde ise mahalde rahatsızlık veren hava cereyanlarının meydana gelmesine sebep olmaktadır.

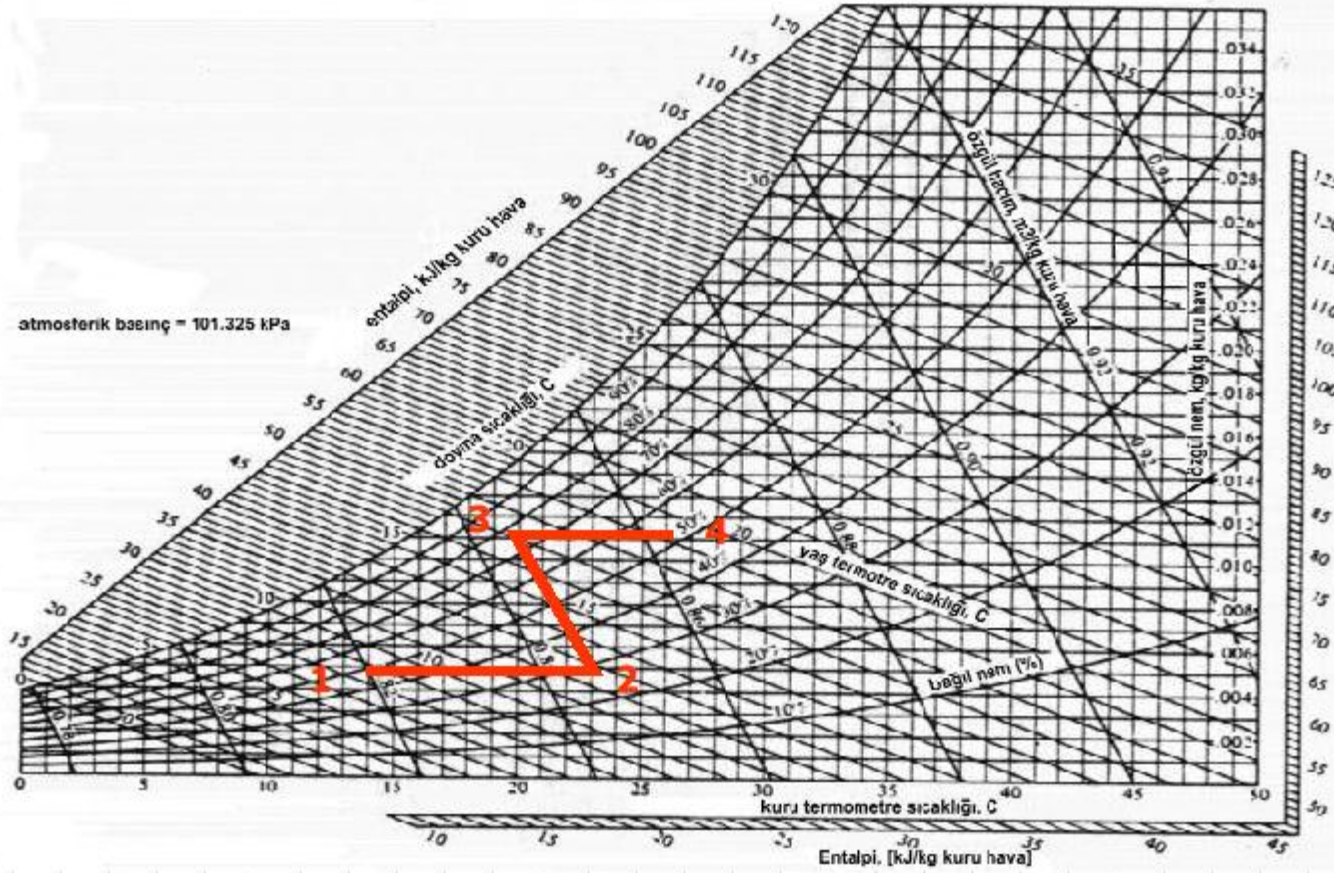
YAZ KLİMASI



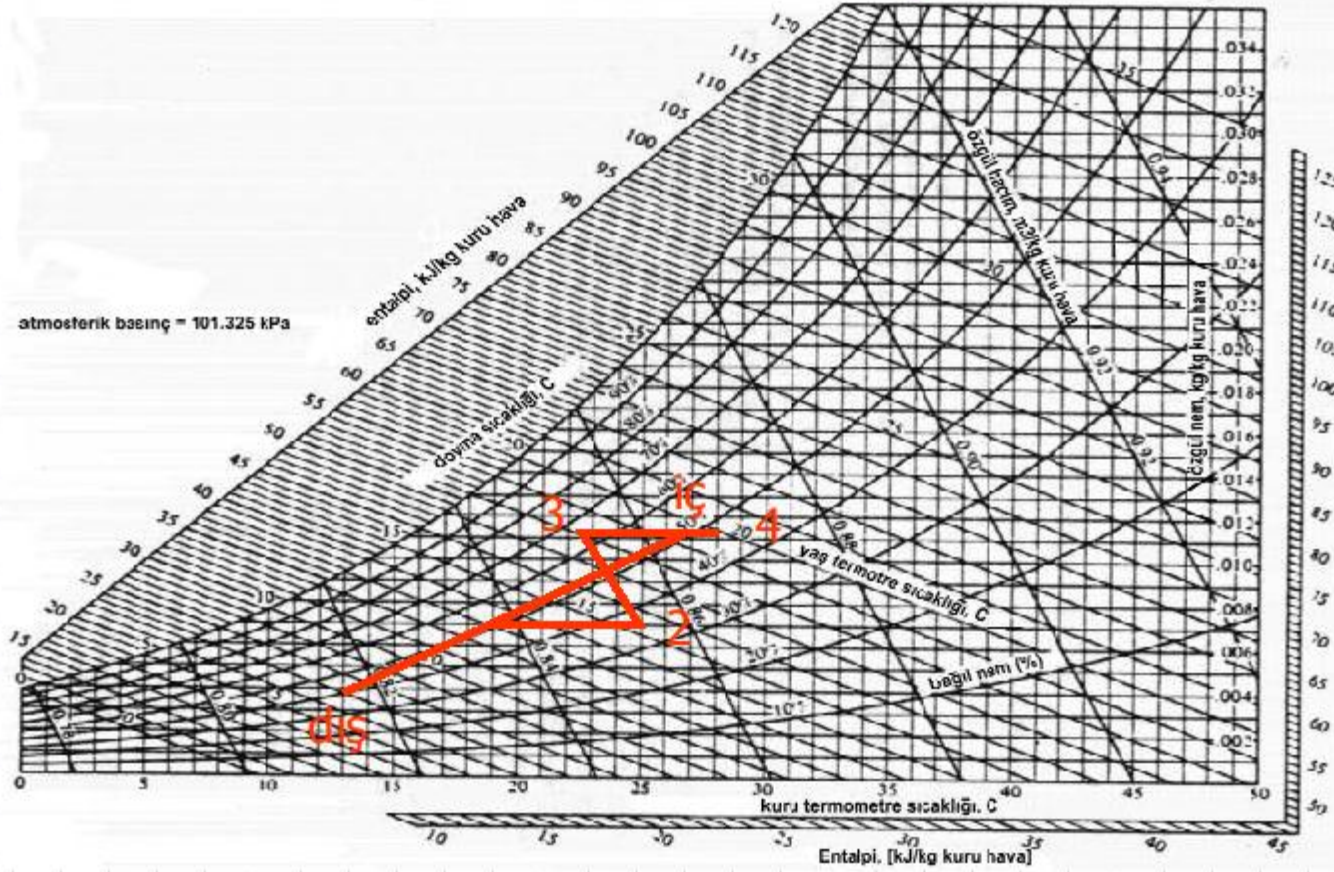
KARIŞIMLI YAZ KLİMASI



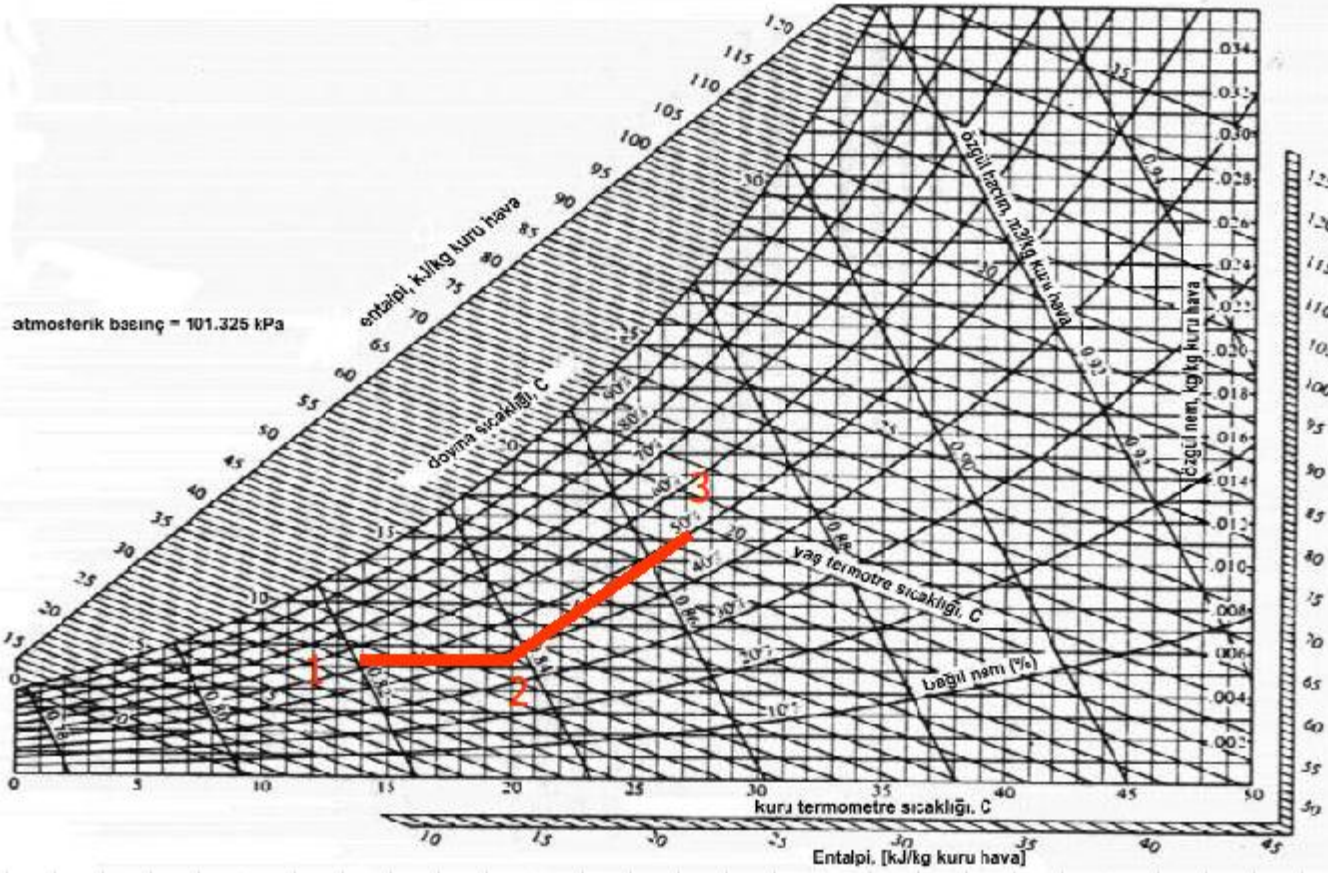
KIŞ KLİMASI (SULU NEMLENDİRME)



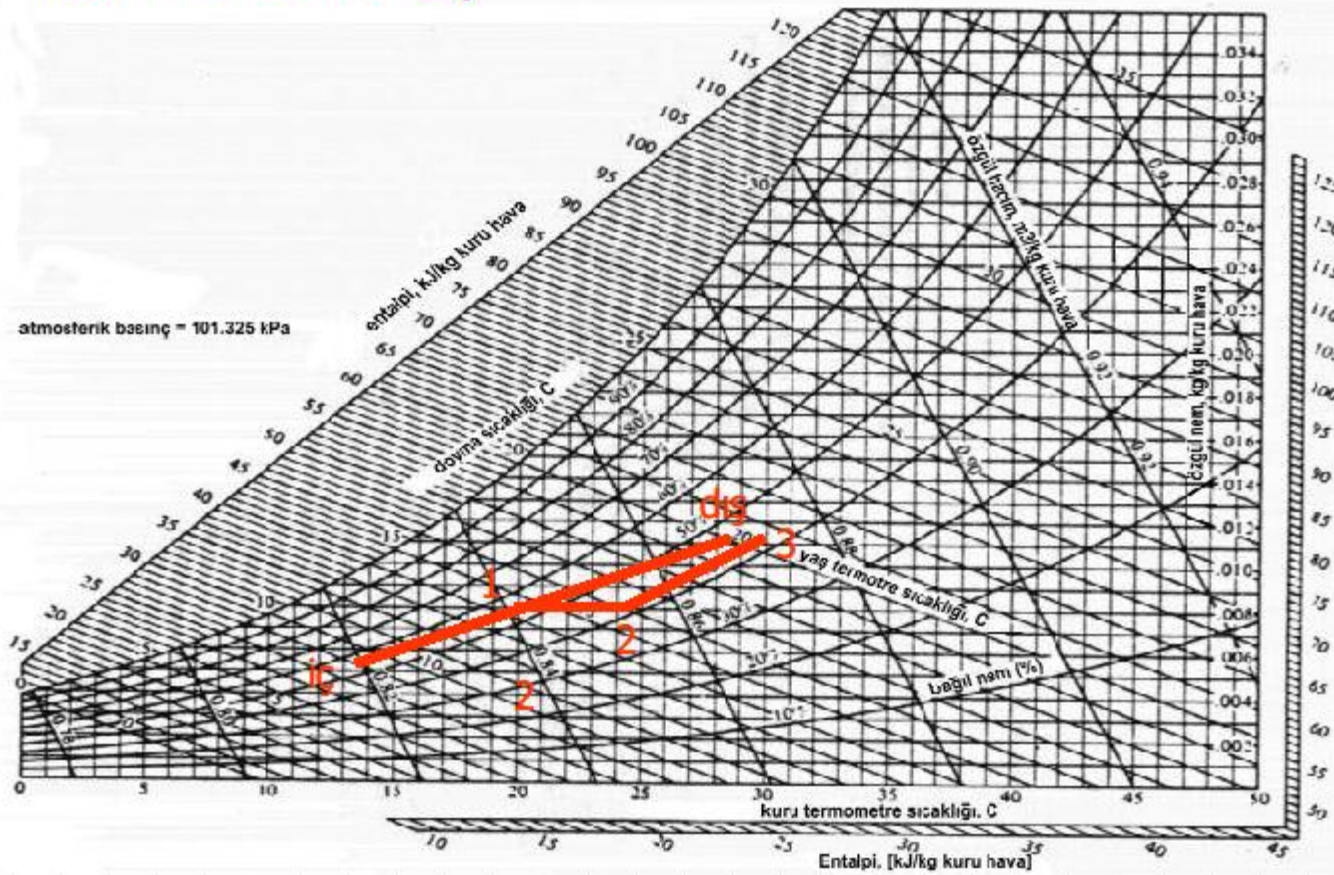
KARIŞIMLI KIŞ KLİMASI (SULU NEMLENDİRME)



KIŞ KLİMASI (BUHARLI NEMLENDİRME)



KARIŞIMLI KIŞ KLİMASI (BUHARLI NEMLENDİRME)

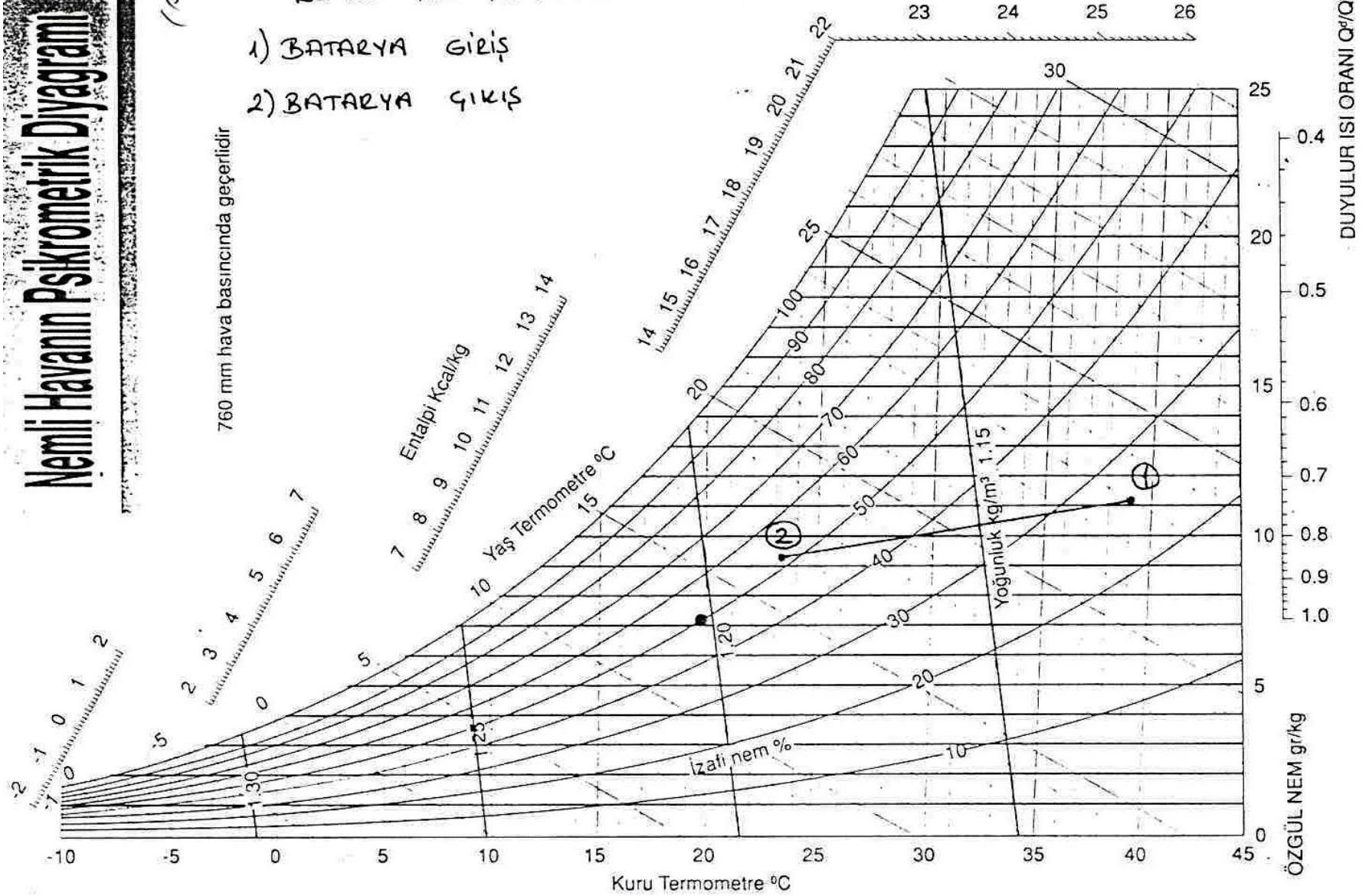


Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı

KS-25 YAZ GALIŞMASI

- 1) BATARYA GİRİŞ
- 2) BATARYA ÇIKIŞ

760 mm hava basıncında geçerlidir

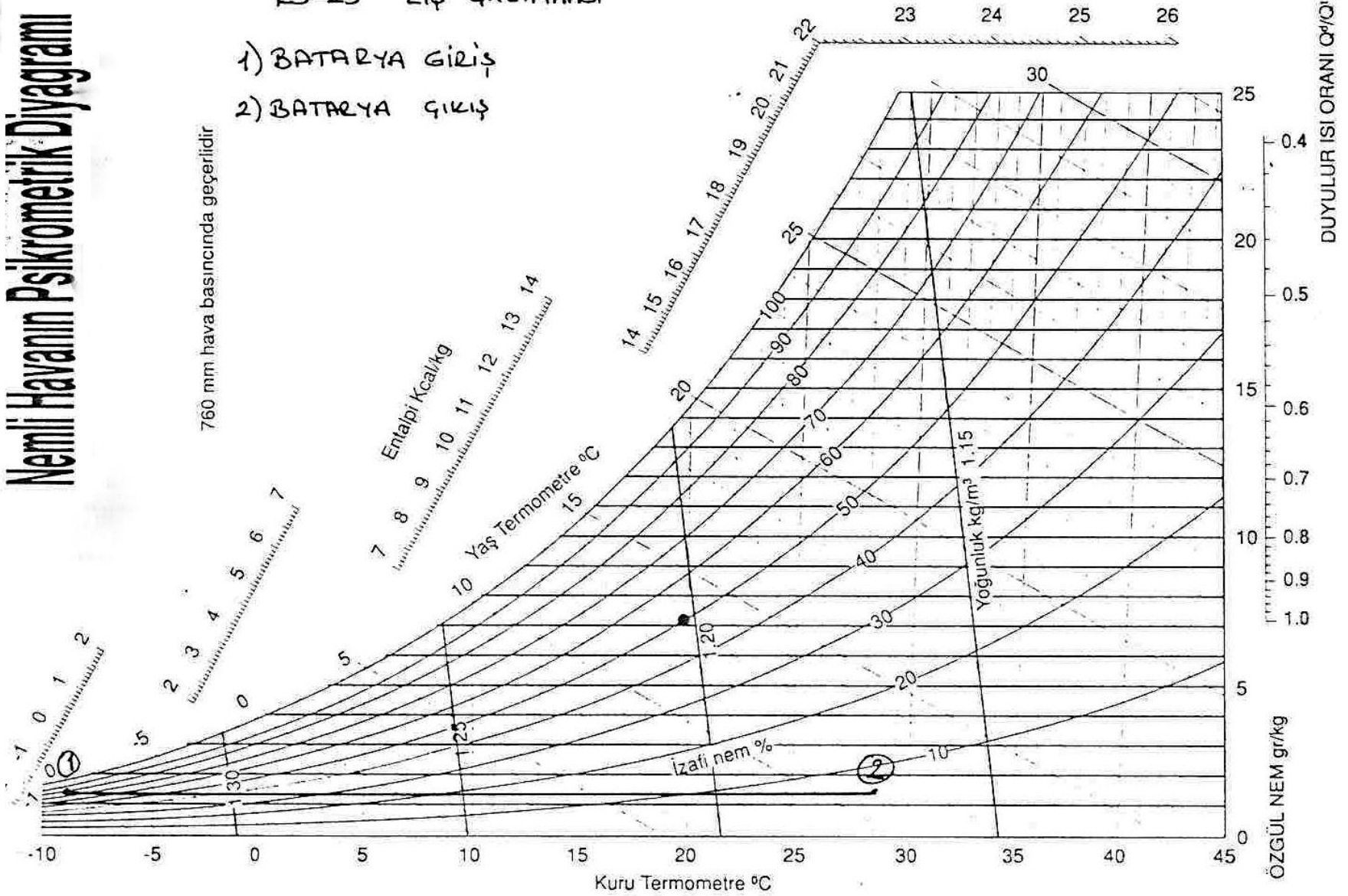


Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı

KS-25 KİŞİ GELİŞİMİ

- 1) BATERYA GİRİŞ
- 2) BATERYA ÇIKIŞ

760 mm hava basıncında geçerlidir



5) PRATİK ISI YÜKÜ HESABI

- Projelendirme teklifi veya yaklaşık sistem maliyeti çıkarmak amacıyla; yaklaşık ısı yükü ve buna bağlı olarak, klima ekipmanlarının sistem, kapasite, ölçü ve miktarlarının acilen çıkarılması gerekebilir.
- Bu maksatla, uygulamanın çeşidine göre bazı çabuk hesap usul ve donelerinin yer aldığı aşağıdaki tablolar geliştirilmiştir.
- Bir örnekle bu tabloyu kullanalım:

KLİMA AVAN VE TEKLİF.PROJELERİ İÇİN TAKRİBİ HESAP VE SİSTEM SEÇİMİ DONELERİ

Bina Cinsi	Takribi Kapasite ihtiyacı (1m ² Döşeme alanı için)		Uygun Klima Sistemleri	Uygulama özellikleri	isletme Sarfiyatı		Yıllık)
					Elektrik (Klima için)	Yakıt (Isıtma)	İşle.Tek.nin bakabilecek
OFİS-BÜRO	Soğutma gücü	90 Kcal/h	Tek ve Çift kanallı merkezi sistemler, multizone, paket tiol cihaz, endüksiyon, fan coil, müstakil kat cihazları. Soğutma Üreticiler:Her cins. Isıtma üreticiler; Her cins	Ekonomik konu Ön plandadır. Zon kontrolü gerekir. Oda şartları için talep çok katı değildir. Sistem, oda bölmelerinin değiştirilmesine uyabilmelidir,'	12-20 Kwh/m ² (Ort.15)	4-10 lt/m ² (Ort.7)	1800 ila 5000 m ² /kişi (Or.3400)
	Hava Debisi	18 m3/h					
	Klima için Top. Güç	0.07 KW					
	Aydınlatma	25 watt					
	İklim, alan/Top.aln.	70%					
	Cihaz odası ihtiyacı	Binanın %4-8					
Büyük mağaza	Soğutma gücü	150 Kcal/h	Tek kanallı sistemleri Müstakil kat cihazları. Isıtma ve soğutma ortamı üretme cihazları her cins olabilir.	Hacim içi klima yükü yüksektir. Soğutma yükündeki değişimler çok azdır. Hava kirlenmesi ve toz çoktur ve özel filtre gerektirir (Yüksek verimli)	15-40 Kwh/nr (Ort,30)	2.5-5 lt/m ² (Or.3.5)	2000 ila 10000 m2/kişi (Or.3900)
	Hav es Debisi	30 mVh					
	Klima için Top. Güç	0.09 Kv					
	Aydınlatma	45 Watt					
	İklim alan/Topl.	75%					
	Cihaz oda ihtiyacı	Binanın %5-8					
OTEL	Soğutma gücü	75 Kcal/h	Fan Coil, Endüksiyon, vs. Dış hava bir primer cihazda iklimlendirilerek verilmelidir. Isıtma ve soğutma ortamı üretme cihazları her cins olabilir.	Sıcaklık ve nemin her odada ayrı ayrı kontrolü mUmkün olabilmelidir. Ses seviyesi düşük (25-30 db yatak odaları.) (30-35 db genel alanlar) ¹ Sistem devamlı çalışacaktır. Estetik görünüm önemli	20-45 Kwh/m2 (Ort.30)	.6-45 lt/m ² (Ort.13)	1000 ila 5000 m2/kisi (Ort.2500)
	Hava Debisi	30 mVh					
	Klima Top. gOc	0.065 Kw					
	Aydınlatma	30 Watt					
	iklim/toplam alan	70%					
	Cihaz oda ihtiyacı	%4-6					
TİYATRO-STÜDYO	Soğutma gücü	105 Kcal/h	r(l) Tiyatro 15 Watt/m* .(2) Radyo Stüdyo 80 m2 ¹ -(3) TV StUdyo 150 m2 Tek kanallı merkezi sistem. Her türlü ısıtma ve soğutma Üretici cihaz olabilir. Heat Pump' uygulamasına müsait	Ses ve titreşimlerin önlenmesine özel dikkat gösterilmeli. Soğutma yükü çoğu hacmin içinde meydana gelir. Arka ve yüksek oturma mahallerinde sıcaklıkların fazla yükselme eğiliminde	14-55 Kwh/m2 (Ort.30)	6-45 lt/m2 (Ort.22)	1000-5000 m2/ki51 (Ort.2500)
	Hava Debisi	18 trVh					
	Klima fopl. _güç	0.090 Kw					
	Aydınlatma	(1)(2)(3)					
	İklim/Topl. alan	75%					

KLİMA AVAN VE TEKLİF PROJELERİ İÇİN TAKRİBİ HESAP VE SİSTEM SEÇİMİ DONELERİ

Bina Cinsi	Takribi Kapasite ihtiyacı (1m ² Döşeme alan için)		Uygun Klima Sistemleri	Uygulama Özellikleri	İşletme Sarfiyatı (Yıllık)		
					.Elektrik (Klima için)	Yakıt (Isıtma)	İşl. Tek.nin bakabileceği
APARTMAN	Soğutma gücü	75 Kcal/h	Paket cihazlar, fan coil,pencere tipi, direkt yakıcılı ısıtıcı.Her türlü ısıtma ve soğutma üretici cihaz uygulanabilir.	Her bir müstakil apartman ünitesi için ayrı bir sistem ve kontrol düşünülmelidir. Sistemi işletme basit olmalıdır. Ses ve titreşim az olmalıdır. İşletme masrafları az olmalıdır.	10-25 Kwh/m2 (Ort.20)	5-20 lt/m2 (Ort10)	
	Hava Debisi	15 m3/h					
	Klima Toplum güç	0.055 Kw					
	Aydınlatma	20 Watt					
	İklim/Toplam alanı	-					
	Cihaz oda ihtiyacı	%1-4					
HASTANE	Soğutma gücü	90 Kcal/h	Tek kanallı, çift kanallı sistemler, fan coil. paket cihaz, direkt ısıtma. Santrifüj, absorpsiyon, pistonlu, vida tipi kompresörlü soğutma jeneratörleri ile paket tipi cihazlar.	Mikrop ve benzeri zararlı bakterilerin dağılması önlenmelidir.Cihaz odası toz ve mikroptan.arıtılmış olmalı. Devamlı işletme beklenir. Her odanın hava sirkülasyonu ayrı olmalıdır.	20-45 Kwh/m2 (Ort.30)	10-50 lt/m2 (Ort.20)	1000 ila 5000 m2 kişi (Ort.2500)
	Hava Debisi	18 m3/h					
	Klima için Top. güç.	0.09 Kw					
	Aydınlatma	30 Wafitt					
	İklim.alan/Top.aln.	-					
	Cihaz odası ihtiy.	%5-10					
RESTORAN	Soğutma gtltti	120 Kcal/h	Tek kanallı sistem, fan coil, paket tipi cihaz. Isıtma ve soğutma gücü her türlü cihazla sağlanabilir.	İs saatleri dar ve günün muayyen zamanında olur. İçkili restoranlarda insanların soğutma isteği daha fazladır. Mutfak egzostu ayrı olarak Mütalaa edilip ihtiyacı hesaplanmalıdır.			
	Hava Debisi	24 m3/h					
	Klima için Top.güç	0.09 Kw					
	Aydınlatma	-					
	İklim.Top!. alan	-					
	Cihaz odası ihtiyacı	%1-5					
BİLGİSAYAR	Soğutma gücü	180 Kcal/h	Tek kanallı sis., paket cihaz, münferit kat üniti, soğutma gücü paket cihaz ve pistonlu soğutma kompresörü ile sağlanır. Isıtma sıcak su veya elektrikle.	Sıcaklık ve nem kontrolü çok iyi ve sıhhatli yapılmalı. Toz filtrasyonu iyi yapılmalıdır (%90 verimli filtre). Bilgisayar makinesinin yoğun nemden muhafazası			
	Hava Debisi	36 m3/h					
	Klima için topl. güç	0.125 Kw					
	Aydınlatma	-					
	İklim./Topl.alan	-					
	Cihaz odası ihtiyacı	%5-10					

MADEN OCAĞI	Çalışma sahası, ocak girişinden 500-1000 mt. derinde ve 1000 ila 3000 mt. mesafede olacaktır. Isı meydana gelmesi fazla ve bu ısıнын alınması zordur. Çalışma mahalli her gün ilerler ve klima cihazının da buna uygun ilerlemesi gerekir. Patlayıcı gazlar mevcuttur ve expl. proof malzeme ve cihaz gerekir.	
MAK. ATELYESİ	Tek kanallı sis. direkt ısıtma radyant (ışıtma) ısıtıcılar, fuel oil yakıcı-hava ısıtıcılar. So-ğutma ve ısıtma her türlü cihaz ile sağlanabilir.	Soğutma sadece özel ve hassas işlemlerin yapıldığı mahallere uygulanır. Bu mahaller çoğu zaman küçük oda şeklinde yapılmalıdır. Hava perdesi uygulanabilir.
MATBAA	Tek kanallı şist. ve direkt ısıtma sistemi. Her tür ısıtma ve soğutma cihazı uygulanabilir.	Sıcaklık 25-26ÖC ve nem %45-50 seviyelerinde tutulmalıdır. Mürekkep buharları ve kokunun atılması için özel havalandırma ve filtre gerekir.
TEKSTİL (H) (H)	Tek kanallı klimasistemi. Soğutma gücü santrifüj veya Absorpsiyonlu makina ile. Isıtma gücü alev veya su borulu buhar kazanları ile.	Sıcaklık 20-28 C, nem: İplik kısmında »60-00, doku-ma kısmında:%50-60 olmalı ve hassas olarak kontrol edilmeli. Çalışma hacminde büyük miktarda ısı üretilir. Ekonomi Önemli.
GIDA ENDÜST. (S) (S)	Tek ve çift kanallı şist. Paket cihazlar. Santrifüj, absorpsiyon, pistonlu ve paket soğutucular. Alev ve su borulu kazanlarla ısıtma.	İşlemin cinsine göre beyaz oda uygulaması gerekebilir. Sıcaklık ve nemin özel şartlarda tutulması gerekebilir. Prosesden çıkan tozun alınması gerekebilir.
ARAŞ. LAB. (S)	Tok kanallı, fan coil, müstakil paket cihazları. Isıtma ve soğutma üstte (gıda end.) gibi.	Oda içi ısı üretimi yüksektir. Isı ve nem seviye-leri için özel şartlar gerekebilir. Zararlı gaz ve kimyevi buharlar mevcut olabilir.

TABLO: Soğutma yapan klima cihazlarının takribi elektrik güç ihtiyacı

1. Percere tipi cihaz (Paket)
2. Duvara gönülü tip paket cihaz
3. Salon tipi cihaz
4. Merkezi sisten { 3- 25 Ton/Frigo) (H)
Merkezi Sistem (25-100 Ton/Frigo) (H)
Merkezi Sistem (25-100 Ton/Frigo) (S)
Merkezi Sistem (100'cen yukarı) (S)
(H): Havalı Kondensarlij
(S): Sulu Kondenserli

Kompresör için	Fan ve diğer aksara
1.46 Kw/Ton.Fri.	0.32 Kw/ton.Frigo
1.64 Kw/Ton.Fri.	0.30 Kw/ Ton.Frigo
1.49 Kw/Ton.Fri.	0.14 Kw/Ton.Frigo
1.20 Kw/Ton.Fri.	0.20 Kw/Ton. Frigo
1.18 Kw/Ton.Fri.	0.21 Kw/Ton. Frigo
0.94 Kw/Ton.Fri.	0.17 Kw/Ton.Frigo
0.79 Kw/Ton.Fri.	0.20 Kw/Ton.Frigo

ÇABUK HESAP YÖNTEMİ İLE KLİMA VERİLERİ

100 m ² lik bir ofis için çabuk hesap metodu ile proje verileri :			
1)Soğutma Gücü	90.100=9000 Kcal/h	6)Cihaz Odası İhtiyacı	0,06.100 = 6 m ²
2)Hava Debisi	18.100=1800 m ³ /h	7)Uygun klima sistemi	Müstakil Klima Cihazı
3)Klima için topl. güç	0,07.100= 7 kW	8)Klima İçin Elektrik	15.100= 1500 kWh/yıl
4)Aydınlatma Gücü	25.100=2500 W	9)Isıtma İçin Yakıt	7.100=700 lt/yıl
5)İklim Alanı/Top Alan	0,70.100= 70m ²	10)İşletme Teknisyeni	yok

- **Örnek** : Bir apartman dairesi salonu 50 m^2 olup klimatize edilecektir. Çabuk hesap metodu ile kullanılacak olan klimanın yaklaşık olarak seçimini yapıp kapasite ihtiyacı ve işletme sarfiyatını hesaplayınız?
- **Çözüm** : Çabuk hesap cetvelinden :
 - 1) Soğutma gücü : $50 * 75 = 3750 \text{ kcal/h}$
 - 2) Hava debisi : $50 * 15 = 750 \text{ m}^3/\text{h}$
 - 3) Klima toplam gücü : $50 * 0,055 = 2,75 \text{ kw}$
 - 4) Aydınlatma : $50 * 20 = 1000 \text{ Watt}$
 - 5) Cihaz oda ihtiyacı : Yok
 - 6) Uygun klima sistemi : Pencere tipi veya split tip
 - 7) Uygulama özellikleri : Tek cihaz konulup, montaj için gereken tedbirler alınacaktır
 - 8) Klima için elektrik iht. : $50 * 20 = 1000 \text{ kwh-yıl}$
 - 9) Klima ısıtma enerji iht. : $50 * 10 = 500 \text{ lt/yıl}$ (yakıt kullanılsaydı)
 - 10) İşletme teknisyeni iht. : Yok

6) YAZ KLİMASI ISI YÜKÜ HESABI

- Bu bölümde yaz kliması ısı yüküne etki eden faktörleri tanımlayıp, Carrier firmasınca hazırlanan “Air Conditioning System Design” adlı kitaptan uyarlanan ısı kazancı cetveli tanıtılacaktır. Bu cetvel aynı kitaptan alınmış olan ilgili tablolardan da yararlanılarak hazırlanmaktadır.
- Bir hacmin ısı kazancı iki grupta hesaplanır :
 - 1) Duyulur ısı kazançları
 - 2) Gizli ısı kazançları

6.1 DUYULUR ISI KAZANÇLARI

1) Camdan Güneş Radyasyonu ile Isı Kazancı :

$$Q_R = q_R * A_c * f$$

q_R : 1 m² cam yüzeyinden radyasyonla transfer olan ısı

A_c : Cam alanı

f : Gölgeleme faktörü

2) Duvardan veya Çatıdan Radyasyon + İletimsel Isı Kazancı :

Hesap kolaylığı için dış duvarlardan olan ısı kazancı şu şekilde hesaplanacaktır :

$$Q = A_d * k * \Delta t_{eş}$$

A_d : Duvar alanı

k : Duvar ısı transfer katsayısı

$\Delta t_{eş}$: Eşdeğer sıcaklık farkı, duvardan geçen radyasyon ve iletim ısını birlikt belirleyen bileşke sıcaklık farkı

3) İletimsel Isı Kazancı :

Camlardan ve klima edilmeyen mahallerden kazanılan ısılardır :

$$Q = A * k * \Delta t$$

A : Isı kazanılan alan

k : ısı transfer katsayısı

Δt : Sıcaklık farkı

4) İnsanlardan Gelen Duyulur Isı Kazancı :

Mahalde bulunan insanların vücut sıcaklıkları nedeniyle odaya verdikleri duyulur ısıdır :

5) Işık ve Cihazlardan Gelen Isı Kazancı :

Klima yapılan mahaldeki aydınlatma amacı ile kullanılan lambalar vb. ve özellikle mutfak klimasında, mutfakta kullanılan cihazlardan gelen ısı yükleridir :

6) Dış Hava Isı Yüğü :

$$Q = V_d * 0,29 * \Delta t$$

V_d : Dışardan alınan taze hava miktarı

0,29 : Katsayı

Δt : Sıcaklık farkı

Baypass faktörü nedeniyle bu ısının bir kısmının doğrudan oda duyulur ısını etkilediği kabul edilecektir.

6.2 GİZLİ ISI KAZANCI

1) İnsanlardan Gelen Gizli Isı Kazancı :

İnsanların terleme ve solunum yoluyla ortama verdikleri nem nedeniyle meydana çıkan gizli ısıdır.

2) Buhar Üreten Cihazlardan Gelen Gizli Isı :

Özellikle mutfak klimasında, mutfakta bulunan ve buharla çalışan cihazların çokluğu nedeniyle önemli bir yer tutar.

3) Dış Hava Gizli Isı Kazancı :

$$Q = V_d * 0,716 * \Delta w$$

V_d :

0,716 :

Δw :

Bu ısıнын bir kısmı BF nedeniyle oda gizli ısısını etkileyecektir.

Kaynak: <http://www1.gantep.edu.tr/~ugur/>