

# PSİKROMETRİK DİYAGRAM VE UYGULAMALARI

CELALİTTİN KIRBAŞ  
Mak. Müh.

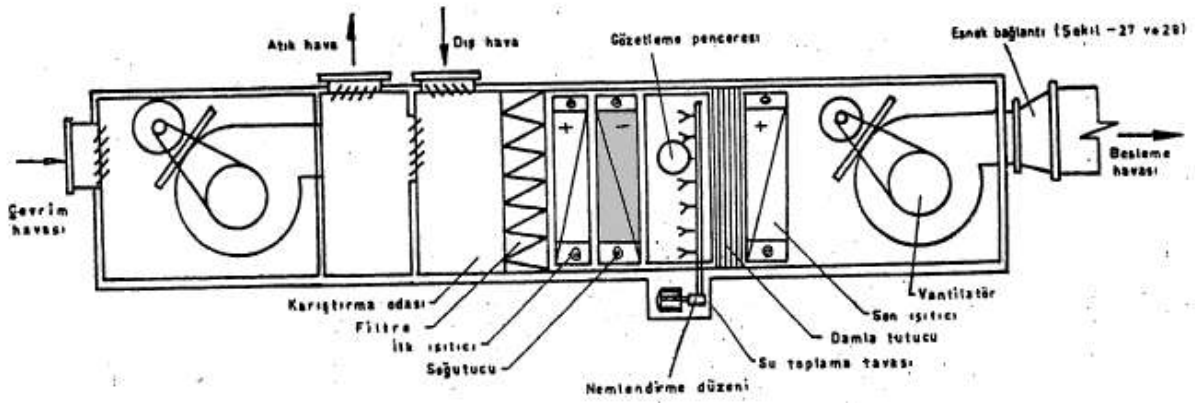
MMO 2013 KOCAELİ ŞUBESİ

## 1- HAVA DEBİLERİNE AİT KAVRAM VE TANIMLAR

- a- Mahale verilen toplam hava miktarı giriş havası
- b- Mahalden atılan toplam hava miktarı çıkış havası
- c- Çıkış havasının bir kısmı tekrar mahal içine verilirse buna çevrim /resirküle havası,
- d- Çıkış havasının dışarıya atılan kısmına egzost havası,
- e- Giriş havasının dışarıdan alınan kısmı çevrim havası ile karşılaşınca kadar dış hava deyimiyile adlandırılır.

## 2- KLİMA / İKLİMLENDİRME / HAVA ŞARTLANDIRMA TESİSATI

Kapalı bir ortamın **Sıcaklık, Nem, Temizlik ve Hava Hareketini** insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır.



### 2.1 Nerelerde uygulanır.

#### A- Konfor maksatlı uygulamalar

- Konutlar,
- Mağaza ve dükkanlar,
- Ticari büro ve kamu hizmet binaları,
- Toplantı mahalleri,
- Okullar,
- Sağlık yapıları,
- Ulaşım vasıtaları,
- Uçaklar,
- Gemiler,
- Uzay araçları,
- Sığınaklar.

#### B- Hassas ortam veya hassas cihaz ve makinaların bulunduğu uygulamalar:

- Laboratuvarlar,
- Temiz ortam gerektiren işlemler,
- Makine ve cihaz test ve ayar odaları,
- Bilgi işlem merkezleri,
- Hassas alet imalat ve kalibrasyon odaları.

#### C- Endüstriyel uygulamalar.

- Proses ve imalat için iklimlendirme,
- Endüstriyel binaların iklimlendirilmesi,
- Matbaa ve basım işlemleri,

- Tekstil ve benzeri prosesler,
- Fotoğraf işlemleri ve depolama,
- canlı ve nebatatın korunması,
- Zirai maddelerin kurutma ve depolanması

## 2.2 TARİHÇESİ

Klimanın başlangıcı hiç şüphesiz ateşin bulunmasıyla başlayıp bundan ısınma için yararlanması olarak kabul edilebilir.

Asırlar boyunca ilk başlangıç yavaş yavaş ilerleyip bugünkü şeklini almıştır. Örneğin, Romalılar hamamlarını sıcak hava tünelleriyle ısıtıp havalandırmayı başarıyla uygulamışlar.

15. asrın sonunda Lenardo da Vinci'nin bir havalandırma vantilatörü yaptığı biliniyor.

17 ve 18. asırlarda fizikçiler hava ile ilgili geniş araştırmalar yaptılar (Boyle-Mariot.dalton gibi.)

19. asırda ısıtma ve havalandırma tekniğinin gelişmesi hızlandı: radyatör, sıcak su kazanı, vantilatör gibi elemanlar sıkça kullanılmaya ve ısıtma havalandırma konularında kitaplar yazılmaya (Robertson Buchanan, Thomas Treghold, Rolla C. Carpenter g.b.) başlandı.

Endüstride gelişmelere paralel olarak bu cihazları seri olarak imal etmeye başladı.

1790 senesinde Thomas Harris ve John Long İngilterede soğutma makinasına ait ilk patenti aldılar.

Soğutma teknolojisinin gelişmesi de ısıtma havalandırmayı takip ederek 1849 da Dr. John Gorri (ABD) Hava kompresyon makinası ile buz imal eden bir makinanın patentini aldı.

1851 de Fransız ferdinand Carre' ilk amonyaklı absorpsiyon soğutucusunu yaptı

1834 de Amerikalı jacop Perkins elle çalışan kompresörlü bir soğutma makinasının patentini aldı.

Jacop Perkins'in başarısız olarak nitelendirilen bu buluşunu kullanmak suretiyle 1853 yılında Prof. Alexander Twining günde 1600 lbs. Buz imal edebilen çift tesirli sülfirik eter akışkanlı bir vakum kompresyon makinası yaptı.

1860 yılında avusturyalı James Harrison sülfirik eter akışkanlı bir makine yaparak dünyada ilk defa bir meşrubat soğutulması uygulamasını gerçekleştirdi.

1861 de ingiliz Dr. Alexander Kirk, Dr. Gorrie'nin yaptığına benzer bir hava kompresyonlu soğutma makinası yaparak buz imal etti.

1872 de david Boyle Amonyak kompresyon makinasını gerçekleştirerek bununla buz imal etti.

Soğutma imalat sanayi de gelişerek 1853 de Frick Co. Kuruldu ve sırayla York Corp. , de Lavergne, Vogt, carbondale, Creamery Packkage, kroeschelle, Brunswick gibi firmalar takip etti.

19. yüzyılın sonuna doğru tekstil endüstrisinin gelişmesine paralel olarak düşük nem seviyesinin imalatı bozucu etkisini önlemek için muhtelif nemlendirme usulleri geliştirilerek havayı yıkayıcı ve filtre edici tip hava arıtıcılar yapıldı.

Bu gelişmelere paralel olarak sıcaklık, rutubet, basınç hava hızı ölçen cihazlar geliştirildi.

1900 yılına girildiğinde daha sonra iklimlendirme ilmi adı altında toplanan ilmin bütün temel katkı unsurları meydana gelmişti, fakat bugünkü haline gelmesi için hava, soğutucu akışkan(refrijeran), su gibi maddelerin fiziksel, termodinamik ve akışkan karakteristikleri tam olarak bilinmiyordu, ısı transferi tam olarak gelişmemiş ve kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon ısı transfer şekilleri tam olarak belirlenememiş ve gerekli doneler yayınlanamamıştı.

## 3 NEMLİ HAVANIN TERMODİNAMİĞİ

### 3.1-PSİKROMETRİ

Nemli havanın termodinamik özellikleri ile bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen termodinamiğin bir dalıdır.

### 3.2 Kuru ve nemli havanın bileşimi :

**Atmosferik hava:** Çok sayıdaki gaz (Azot, oksijen, argon, karbondioksit, neon, helyum, kükürtdioksit, hidrojen, ksenon, kripton, ozon) ve su buharının karışımı ile çeşitli kirli gaz, çiçek tozları ve dumandan oluşur. Genelde kirletici kaynaklardan uzakta atmosferik hava içinde duman ve kirli gaz bulunmaz.

**Kuru hava:** İçindeki su buharı tamamen alınmış atmosferik havadır. İçindeki bileşenler, coğrafi bölgelere, yüksekliğe ve zamana bağlı olarak çok az değişebilmektedir. Hacimsel olarak kuru havada yaklaşık olarak %78 azot, %20 oksijen, %0,93 argon, %0,03 carbon dioksit, %0,0018 neon, %0,0005 helyum, %0,0002 metan, %0 ila 0,0001 kükürt dioksit, %0,0005 hidrojen, ve toplam %0,0002 kripton, ksenon, ozon gazlarından oluştuğu kabul edilir. Kuru havanın mol kütlesi 28,965 Kg/kmol ,

$$\text{gaz sabiti } R = \frac{8314 \text{ J/Kmol } ^\circ\text{K}}{28,965 \text{ Kg/kmol}} = 287,055 \text{ J/kg K}$$

### 3.3 ISLAK VE NEMLİ HAVA

**Islak hava:** kuru hava ile su karışımından oluşur.

Kuru hava ile su buharının karışımı olarak iki bileşenden meydana geldiği kabul edilir. Hava içindeki su buharının miktarı, sıfırdan (kuru hava) sıcaklık ve basınca bağlı olarak bir maksimum değere kadar değişir. Bünyesinde kütleli olarak en fazla %3, hacimsel olarak en fazla %4 oranında su buharı bulunduran atmosfer havası ıslak veya nemli hava diye adlandırılabilir.

Suyun mol kütlesi: 18,01528 Kg/kmol

Subuharı Gaz Sabiti  $8314,41/18,01534 = 461,52 \text{ J/Kg } ^\circ\text{K}$

Bulunma şekilleri

a-Su buharı şeklinde

b-Sis, yoğun sis veya yağmur gibi, havada süspansiyon yani askı halinde bulunan su damlacıkları şeklinde,

c-Kırağı veya kar gibi buz partikülü yada parçacıklar halinde görülen ıslaklıklar.

Havanın ıslaklık özelliğini oluşturan faktör su buharıdır.

Su buharından başka havada askı halinde bulunması muhtemel olan su damlacıkları ile buz partikülleri sadece ayrıcalıklı bir hal olarak düşünülecektir.

**Doymuş hava:** Hava içinde su buharının maksimum olma durumu doymuş olarak adlandırılır ve nemli hava ile yoğunlaşmış suyun (sıvı veya katı) doğal denge halidir.

**Standart / Normal atmosfer:** Atmosferik havanın barometrik basıncı ve sıcaklığı esas olarak deniz seviyesinden olan yükseklikle değiştiği gibi, coğrafi durum ve hava şartları ile de değişir. ABD 'de deniz seviyesinde standart havanın sıcaklığı  $15 ^\circ\text{C}$  , standart barometrik basıncı 101325 Pa (1,01325 Bar) değerlerindedir. Avrupada  $0 ^\circ\text{C}$ 'de 101300 Pa (1,013 Bar)

### Havanın özellikleri

#### İdeal Gaz Kanunları:

**PV = MRT**

**Havanın gaz sabiti:** 29,27 kgm/Kg <sup>0</sup>K

**Havanın molekül ağırlığı :** 28,94 kg

**Mutlak basınç:** 76 cm \*13,595 gr/cm<sup>3</sup> =1033,22 gr/cm<sup>2</sup>= 10332 kg/m<sup>2</sup>

Havanın ölçülen barometrik basıncı; kuru hava ile su buharı kısmi basınçlarının toplamına eşittir. ( Gibbs-Dalton Kanunu)

**Mutlak sıcaklık :** 0<sup>0</sup>C = 273,16 <sup>0</sup>K

Deniz seviyesinde, yani 760 mm-Hg basınçta 0<sup>0</sup>C'de 1 molekül Kg ağırlığındaki bir gaz 22,415 m<sup>3</sup> hacim işgal eder.

**Kuru havanın ağırlığı/Havanın özgül ağırlığı**

Havanın ağırlığı, sıcaklık ve barometrik basınç ile bulundurduğu nem miktarı ile değişir.

Saf kuru havanın 1 m<sup>3</sup>'ünün ağırlığı barometre basıncı ile doğru orantılı, mutlak sıcaklık ile ters orantılı olarak değişmektedir.

0 <sup>0</sup>C ve 760 mm-Hg basınç şartlarında deniz kenarında:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{RT} = \frac{760 \text{ mm-Hg} * 13,595 \text{ gr/cm}^3}{29,27 \text{ kgm/ kg}^0 \text{K} * 273,16^0 \text{K}} = 1,29226 \text{ Kg/m}^3$$

40 <sup>0</sup>C sıcaklıkta 670 mm-Hg basınçta kuru havanın ağırlığı/Özgül ağırlığı:

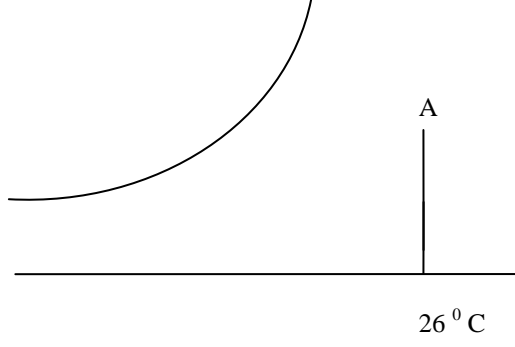
$$\rho = 1,293 \frac{273,16}{273,16+40} * \frac{670}{760} = 0,9942 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.4 TARİFLER

**Rutubet (Nem) :** Havanın bulunduğu koşullarda içinde bulundurduğu maximum su buharı miktarı.

**Buhar basıncı:** Serbest yüzeyleri olan sıvılar adi/normal sıcaklıkta sıvı halden gaz haline geçebilirler. Su da buharı ile etrafındaki boşluğu doyurma özelliğine sahiptir. Doyma işlemi hava içinde olduğu zaman ki basınç, (ki buna barometrik basınç denilir) buhar basıncı ile kuru havanın basınçları toplamıdır.

**Kuru termometre sıcaklığı:** Termometreden okunan havanın sıcaklığıdır.



Şekil 1

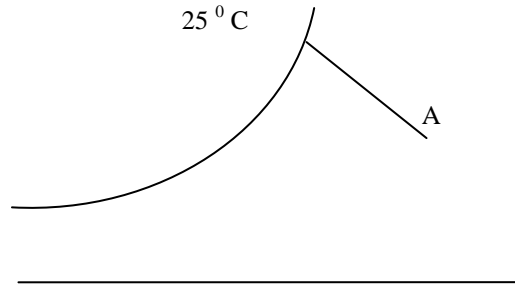
### Yaş termometre sıcaklığı:

Haznesi ıslak pamuk v.b madde ile örtülü ve yaklaşık olarak 2m/sn hava akımı içinde bulunan bir termometreden okunan sıcaklığa denir.

Nemli havanın öyle bir sıcaklık değeri vardır ki; bu sıcaklık ve basınçtaki sıvı/veya katı su, göz önüne alınan bu havayı doymuş hale getirir.

Bu işlemde havayı doymuş hale getiren su ile hava aynı sıcaklık derecesindedir.

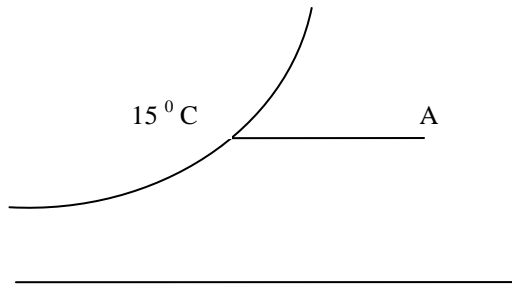
Doymuş halde bulunan bir havanın yaş ve kuru termometre sıcaklıkları eşit olur.



Şekil 2

### Çiğlenme noktası:

Soğutulan bir havanın içinde bulunan nemin yoğuşmaya başladığı sıcaklığa denir. Bu sıcaklıktaki hava su buharına doymuş haldedir.



Şekil 3

Başlangıçta sadece  $t^{\circ}\text{C}$  sıcaklık duyulur olarak azalacak ve özgül nem miktarı sabit kalacaktır.

Sıcaklık derecesi çığ noktasından daha düşük seviyeye inerse, doymuş ıslak havada oluşan hal değişimi bundan sonra doyma eğrisini izler, özgül nem değeri azalır, bu durumun sonucu olarak su buharı yoğuşuma uğrar.

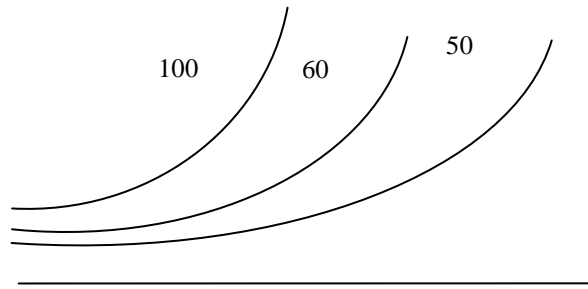
### İzafi nem: nem oranı:

Islak hava içindeki su buharının kısmi basıncının aynı sıcaklıkta doymuş su buharının kısmi basıncına oranına denir.

$$\Phi = \frac{\text{Havadaki mevcut su buharı basıncı}}{\text{Havanın aynı sıcaklıkta ve aynı atmosferik basınçta doymuş su buharı basıncı}}$$

$$\Phi = \frac{P_b}{P_s}$$

$P_s$  = Havanı herhangi bir şarttaki max. Basıncını yani doyma basıncı.



Şekil 4

$$\Phi = \frac{100 \cdot x \cdot P}{(0,622+x) \cdot P_{db}} = \frac{100 \cdot 101300}{(0,622+0,00726) \cdot 2338} = 50$$

### Mutlak nem-

Birim hacimdeki nemli havanın içinde bulundurduğu su buharı veya rutubet miktarına mutlak nem denir.

Belirli bir koşuldaki hava içinde bulunan su buharı miktarının, kuru hava miktarına oranı (kg/kg, gr/kg).

Su buharı kütlesinin toplam hava kütlesine oranı. Herhangi bir durumdaki havanın 1m<sup>3</sup> 'nün içinde bulunan su buharı miktarının gr veya kg olarak ifadesidir. Kg/m<sup>3</sup>

### Özgül nem:

Nemli hava içindeki nem kütlesinin kuru hava kütlesine oranı.

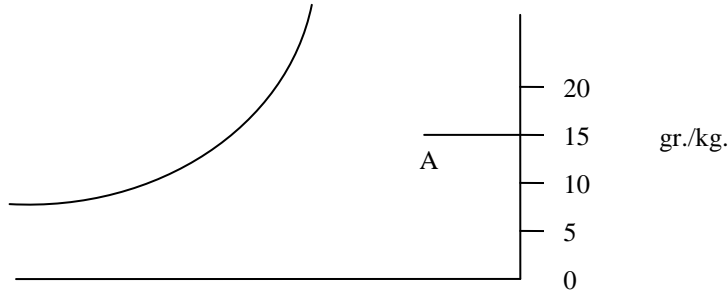
Birim ağırlıktaki nemli havanın ihtiva ettiği su buharı veya rutubetin miktarına (Özgül nem) denilir. Birimi gr/Kg (kuru hava)'dır.

Nemli havanın nemi her zaman değişebileceğinden birimlerde kuru havaya izafe edilen değerler kullanılır.

Nemli hava için alınan birim ağırlıkta, nemin haricinde kalan net kuru hava kısmı 1 Kg olur. X gr/kg (kuru hava) 'lı nemli hava (1+ x/1000) kg.'dır.

Nemli hava içindeki nem kütlesinin kuru hava kütlesine oranı 1 kg hava ile karışmış su buharı ağırlığı.  $X = 7 \text{ gr/ kg}$  demek 1 kg kuru hava 7 gr su buharı ile karışmış demektir. Yani  $1000+7 = 1007 \text{ gr}$  nemli havadır.

Şekil 5



**Özgül nem miktarının hesabı:**

$$x(r) = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{db} \cdot P_{su \text{ buharı doyma}}}{(100 \cdot p) - (\varphi \cdot P_{db}) \cdot P_{kuru \text{ hava}}} = \frac{m_{su \text{ buharı doyma}}}{m_{kuru \text{ hava}}} \text{ kg/kg kh}$$

$$x(r) = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{db} \cdot 50 \cdot 2337}{(100 \cdot p) - (\varphi \cdot P_{db}) \cdot (100 \cdot 101325) - (50 \cdot 2337)} = 0,0072585 \text{ Kg/Kg kuru hava}$$

$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$\varphi = \%50$

$p = \text{Atmosfer basıncı } 101325 \text{ Pa.}$

$P_{db}(\text{su buharı doyma}) = 2337 \text{ Pa}$  Yoğuşmuş su buhar basıncı (Nemli havanın termodinamik özellikleri tablosu)

$$r_{doyma} = \frac{m_{su \text{ buharı, doyma}}}{m_{kuru \text{ hava}}} = 0,622 \cdot \frac{P_{su \text{ buharı doyma}}}{P - P_{su \text{ buharı doyma}}} \text{ kg/kg kuru hava}$$

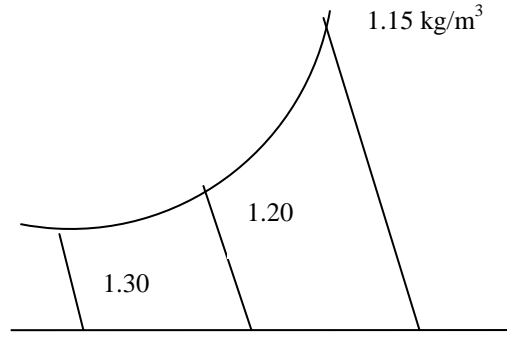
**Örnek :**  $10^\circ\text{C}$  sıcaklığındaki havanın mutlak doyma nem miktarı

$$r_{doyma} = 0,622 \cdot \frac{P_{su \text{ buharı doyma}}}{P - P_{su \text{ buharı doyma}}} = \frac{1227 \text{ Pa(Tbl.)}}{101300 - 1227} = 0,007626 \text{ kg/kg kuru hava}$$

**Yoğunluk:**

Birim hacimdeki ıslak havanın bileşiminde bulunan kuru hava ile su miktarının toplam kütlesidir ( $\text{kg/m}^3$ )





Şekil 6

### Özgül hacim:

Islak havanın hacminin kuru hava ağırlığına oranına denir ( $m^3/kg$ ).

$$V_{1+r} = 461,414791 \cdot \frac{T}{P} \cdot (0,622+r) = \approx 461,5 \cdot \frac{T}{P} \cdot (0,622+r)$$

$$v = 462 \cdot (0,622+x) \cdot \frac{273,15+20}{101300} = 462 \cdot (0,622+0,00726) \cdot \frac{273,15+20}{101300} = 0,841 m^3/Kg$$

### Doyma derecesi:

Nemli havanın özgül neminin doymuş havanın özgül nemine oranıdır.

Verilen şartlardaki bir havanın özgül neminin, aynı kuru termometre sıcaklığı ve barometrik basınç şartlarındaki doymuş havanın özgül nemine oranına doyma derecesi denir. Kuru hava için doyma derecesi (0)'dır. Tamamen doymuş hava için ise bu değer (1)'e eşittir.

### Çiğ noktası:

Belirli şartlarda bulunan bir hava+buhar karışımının ihtiva ettiği subuharı ağırlığı değişmeksizin aynı barometrik şartlarda tamamen doymuş hale geldiği sıcaklık derecesine çiğ noktası denir.

Bir hava+subuharı karışımının sıcaklığında bir azalma olduğu takdirde, öyle bir an gelirken içindeki subuharının bir miktarı yoğuşmaya başlar yani nem havayı doyurmuş olur ve fazlası yoğuşur.

Bu takdirde çiğ noktası, aşırı bir soğutma yapılması halinde yoğuşmanın başladığı doyma derecesi olarak da tarif edilebilir.

Çiğ noktasının altında yapılan soğutma işleminde, hava içerisindeki subuharının tümü hemen yoğuşup geriye kuru hava kalmaz.

Çiğ noktasının altına inildiğinde yoğuşma henüz başlar ve yoğuşan buharın miktarı soğutmanın miktarına bağlıdır.

Bu halde dahi hava çiğ noktasının altına inilen noktaya tekabül eden sıcaklık derecesindeki doyma durumundadır.

Ancak; havanın özgül nemi yani birim ağırlığındaki nem miktarı yoğuşan miktar kadar azalmıştır.

### Adyabatik doyma sıcaklığı:

Nemli havanın her hangi bir durumu için öyle bir sıcaklık derecesi vardır ki, sıvı veya katı halde bulunan su, hava içerisinde buharlaşmasıyla havayı tamamen aynı sıcaklıkta adyabatik olarak doymuş hale getirebilir. Bu sabit sıcaklık derecesine Adyabatik doyma derecesi denir.

Psikrometrik diyagram üzerinde adyabatik doyma derecesi yaş termometre sıcaklığı olarak ifade edilir. Adyabatik doyma derecesi teorik veya idealda olması gereken bir sıcaklık derecesidir, bunun pratikte ölçülen değeri yaş termometre sıcaklığıdır.

### **Duyulur ısı :**

Herhangi bir cismin sıcaklığını yükseltmek için verilen ısı miktarıdır.

Havanın nem miktarını değiştirmeden sıcaklığını değiştiren ısıya duyulur ısı denir.

Bir odaya ,bir sisteme ısı verildiğinde sıcaklık artışını termometre ile ölçmek mümkün oluyorsa duyulur ısı artıyor denir.Bu durumda özgül nemde herhangi bir artış veya eksilme olmaz.

### **Gizli ısı:**

Herhangi bir cismin sıcaklığı değişmeksizin faz durumunu değiştirmek için verilen veya alınan ısı miktarına gizli ısı denir.

Bir sisteme ısı (enerji) verildiği halde sıcaklık artışı kuru termometre ile tespit edilemiyorsa gizli ısı artışı var demektir.

Bir miktar suyu, sıcaklığı ve basıncı değişmeden su buharı haline getiren ısıya gizli ısı denir.

Bir açık kaptaki kaynayan su, 760 mm-Hg (Deniz seviyesinde) basınç altında 100 °C'de buharlaşmaya başlar. Bütün kaptaki su tamamen buharlaşana kadar sıcaklık 100 °C'de sabit kalır.

Buharlaşmak için gerekli ısı, kabı kaynatan ısı kaynağından alınır. 1 Kg suyun 100 °C'de buhar olması için gerekli gizli ısı doyma konumunda bulunan doymuş suyun özgül entalpi miktarı: 419,16 KJ/Kg K,

Aynı koşullarda doymuş kuru buharın özgül entalpisi 2675,44 KJ/Kg K

Bu durumda 1 kg su kütlesi doymuş su halinden bütünüyle doymuş kuru buhar haline dönüşmesi için

2675,44- 419,16= 2256,28 KJ/Kg K buharlaşma entalpisi

r = 538.9 Kcal/Kg veya 2252,6 KJ/Kg'dır.

Aynı şekilde kaynama noktası altında da normal sıcaklık koşullarında hava içerisindeki buharlaşmada da bu ısıya ihtiyaç vardır.

Mesela yaş termometre sıcaklığının ölçümünde keçe sathında buharlaşan su, gerekli ısıyı havadan almıştır, ve hava bu ısıyı vererek kendisi soğumuştur. Havanın soğumak suretiyle verdiği duyulur ısı suyun buharlaşması için lüzumlu gizli ısıya dönüşmüştür. Bu işlemde duyulur ısı gizli ısıya eşittir, dolayısıyla işlem adyabatiktir.

Suyun 760mm-Hg basınç altında 0 °C'de buharlaşma gizli ısı r<sub>0</sub>= 597,2 Kcal/Kg veya 2496,46KJ/Kg

**Adyabatik olay:** Toplam ısıyı değiştirmeyen olaylara adyabatik olay denir.

**İzotermik olay:** Kuru termometre sıcaklığında değişikliğe sebep olmayan olaylara denir.

**Entalpi** ıslak havanın sahip olduğu termal potansiyel enerjidir (Kcal/kg),KJ/sn .

### **Enerji eşitliği**

Entalpi değişimi = (Hava Yoğunluğu ) x (hava debisi) x (sıcaklık farkı) x (havanın sabit basınçta özgül ısı)

$$Q = V * \rho * c * \Delta t$$

KJ/sn-KW	=	Kg/m <sup>3</sup>	*	m <sup>3</sup> /sn	*	°C	*	KJ/ Kg °K
Kcal/ h	=	Kg/m <sup>3</sup>	*	m <sup>3</sup> /h	*	°C	*	Kcal/Kg °C

## 20 °C 101325 Pa (1,013 bar) Havanın fiziksel ve kimyasal özellikleri

1 Mol kuru hava 28,96 (28,94) kg  
R= 8320 (8314) J/ kilomol °K veya 286,9 J /kg °K

### Kuru havanın özgül ağırlığı

$$\rho_{kh} = m_{kh} / V \text{ kg/m}^3$$

$$P_{kh} * V = (m_{kh}/M_{kh}) RT$$

$m_{kh}$  = kg cinsinden kuru havanın bu koşullardaki kütlesi

$M_{kh}$  = kg cinsinden kuru havanın molekül kütlesi

R= 8320 J/kilomol °K

$$\rho_{kh} = m_{kh} / V = P_{kh} / 287 T = 101325 / 287 ( 273,15+20) = 1,2 \text{ kg/m}^3$$
$$M P_{kh} / RT = (29*101325) / 287*293 = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

### Kuru havanın özgül hacmi

$$V_{kh} = 1 \text{ Kg} / \rho_{kh} = V/m_{kh} \text{ m}^3/\text{kg} = 287 T / P_{kh} = 1\text{Kg} / 1,2 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 0,835 \text{ m}^3/\text{kg}$$
$$287*293,15/101325 = 0,83 \text{ m}^3/\text{kg}$$

### Kuru havanın kütleli özgül ısı

$$c_{kh} = \Delta h / m_{kh} t$$

$\Delta h$  = kütlesi  $m_{kh}$  olan kuru havanın sıcaklığını  $\Delta t$  °C derece yükseltmek için gereken ısı miktarıdır (kJ veya kcal)

Göz önüne alınan sıcaklık aralığı  $-40^\circ\text{C} \leq t \leq 100^\circ\text{C}$

20 °C için  $c_{kh} = 1,007 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$  veya  $0,241 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

### Kuru havanın entalpisi

Kütlesi  $m_{kh}$  olan kuru havanın herhangi bir t sıcaklık aralığında sahip olduğu toplam ısı miktarına kuru havanın entalpisi denilir.

$$Q (H_{kh}) = m_{kh} * c * \Delta t \text{ KJ veya kcal}$$

$$= 0,24 * m_{kh} * \Delta t \text{ kcal}$$

$$= 1,007 * m_{kh} * \Delta t \text{ kJ}$$

### Kuru havanın kütleli özgül entalpisi

Birim kütleyle sahip kuru havanın entalpisidir.

$$h_{kh} = H_{kh} / m_{kh} \text{ kJ/ kg veya kcal/kg}$$

$$h_{kh} = 0,24 * t^\circ\text{C kcal/kg}$$

$$= 1,007 * t^\circ\text{C kJ/kg}$$

Kütlesi 0,5 kg olan kuru havanın 50 °C sıcaklıkta entalpisi 6 kcal , 25,175 kJ

$$Q (H_{kh}) = 6 \text{ kcal} , m_{kh} = 0,5 \text{ kg} \quad h_{kh} = 6/0,5 = 12 \text{ kcal/kg}$$

$$Q (H_{kh}) = 25,175 \text{ kJ} , m_{kh} = 0,5 \text{ kg} \quad h_{kh} = 25,175 / 0,5 = 50,35 \text{ kJ/kg}$$

$$h = t+x*(2500+1,86t)$$

$$h = t+x*(2490+1,96t)$$

$$h = t+x*(2500+1,9t)$$

$$h = t+x*(2501+1,93t)$$

20 °C sıcaklıkta özgül nem 0,00726 Kg/ Kg ise

$$h = 20 + 0,00726 ( 2490 + 1,96 * 20) = 38,361922 \text{ KJ/Kg kuru hava}$$

### Su buharının kısmi basıncı

$$P_v = 462 * (m_v * T) / V \text{ Pa.}$$

$$P_v = \text{Su buharının kısmi basıncı} \text{ Pa.}$$

$$m_v = \text{Nemli/Islak hava içinde bulunan su buharının kütlesi.} \text{ Kg}$$

$$V = \text{Nemli/Islak havanın kapladığı hacim} \text{ m}^3$$

$$T = \text{Nemli/Islak havanın mutlak sıcaklık derecesi} \text{ }^\circ\text{K}$$

**Örnek** : Hacmi 5 m<sup>3</sup> olan ve içinde 1 gr nem(su) bulunduran havanın 25 °C sıcaklıktaki kısmi buhar basıncı ?

$$P_v = 462 ( 0,001 * 273 + 25 ) / 5 = 276 \text{ Pa.}$$

### Su buharının özgül kütlesi ve özgül hacmi

$$\rho_v (\text{kg/m}^3) = P_v (\text{Pa}) / 462 T \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$v_v (\text{m}^3/\text{kg}) = 1 / \rho_v = 1 / 1,2 = 0,83 \text{ veya } 462 T / P_v$$

Nemli Havanın entalpisi

1-1Kg kuru havayı 0 °C'den itibaren t °C'ye getirmek için verilmesi gereken ısı miktarı kuru havanın entalpidir.  $i = c_h t = 0,24 \text{ tKcal/kg}$

2- t °C'deki 1 Kg su buharının sahip olduğu ısı miktarı

a- 1 Kg suyun 0 °C'de buharlaşması için gereken ısı miktarı (Buharlaşma gizli Isısı)

$$r_0 = 597 \text{ Kcal/kg}$$

b- 0 °C'deki 1 kg su buharının t °C'ye kadar ısıtılması ile alacağı ısı miktarlarının toplamından ibarettir.  $i_b = r_0 + c_b t$

$$c_b = \text{Su buharının özgül ısı } 0,46 \text{ Kcal/kg}$$

$$c_b = \text{Su buharının özgül ısı } 0,46 \text{ Kcal/kg}$$

$$\text{Kuru havanın özgül ısı } c_h = 0,24 \text{ Kcal/ kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Su buharının ortalama özgül ısı } c_b = 0,46 \text{ Kcal/ kg } ^\circ\text{C}$$

$$0 \text{ } ^\circ\text{C buharlaşma gizli ısı } r_0 = 597 \text{ Kcal/kg}$$

$$\text{Nemli havanın Özgül Isısı } c_p = 0,24 + 0,46 X \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

Nemli Havanın entalpisi  $i = (0,24 + 0,46X) t + 597X$  (0°C'den t °C'deki buhar haline getirmek için verilmesi gereken ısı miktarı.)

t °C'deki suyu t °C'deki buhar haline getirmek için verilmesi gereken ısı miktarı

$$Q = 597 + 0,46 t$$

Özgül nemin uygulamada sık söz konusu olan 0,01 kg/kg değeri için

$$\rho c_p \text{ çarpımı: } 1230 \text{ J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{veya } c_p = 1010 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{K}$$

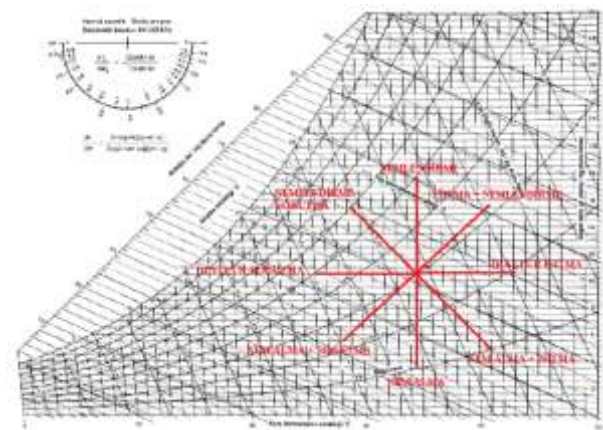
$$q_{\text{duyulur hava}} = 1230 Q \Delta t$$

$$\text{veya } q_{\text{duyulur hava}} = V_{\text{dış}} * \rho * 1010 * \Delta t$$

$$q_{\text{gizli hava}} = V_{\text{dış}} * \rho * 2500 * \Delta W$$

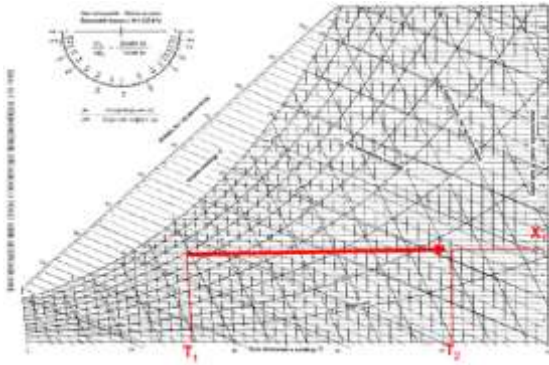
2500 KJ/Kg= 24°C sıcaklıkta %50BN'deki su buharının antalpisi ile 10°C sıcaklıktaki suyun antalpisi arasındaki farktır.

## 4. PSİKROMETRİK İŞLEMLER



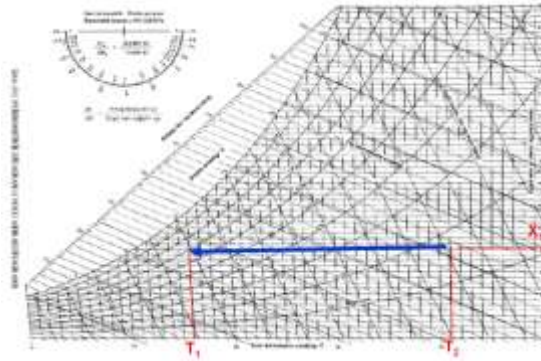
**Duyulur ısıtma:** KT sıcaklığında artışa sebep olan ısıtma işlemidir.

**Havanın Çiğ Noktası altında Soğutulması** : Havanın çiğ noktası altında soğutularak neminin azaltıldığı işlemidir.

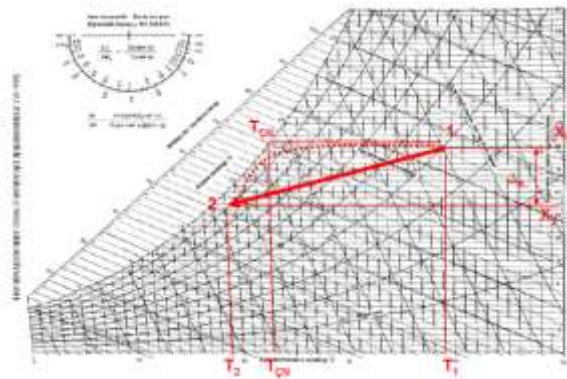


**Havanın Çiğ Noktası altında Soğutulması** : Havanın çiğ noktası altında soğutularak neminin azaltıldığı işlemidir.

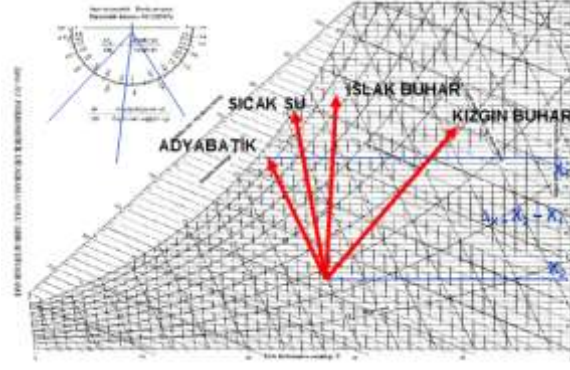
**Duyulur soğutma:** KT sıcaklığında azalışa sebep olan ısıtma işlemidir.



**Havanın Çiğ Noktası altında Soğutulması** : Havanın çiğ noktası altında soğutularak neminin azaltıldığı işlemidir.

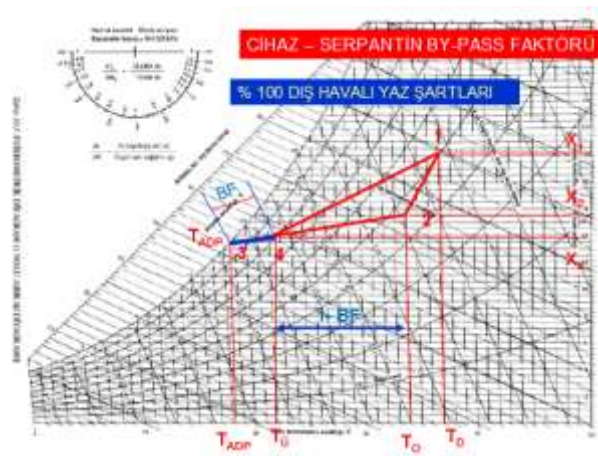


**Nemlendirme İşlemleri:** Havanın bulunduğu konumundaki özgül nem miktarının artırılması için su ve buharla havanın neminin artırılması işlemidir.

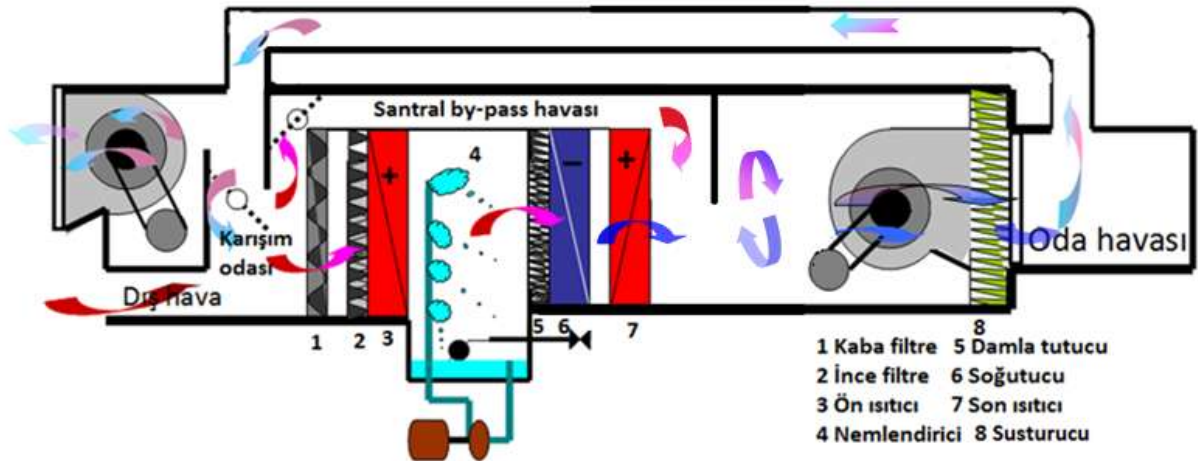


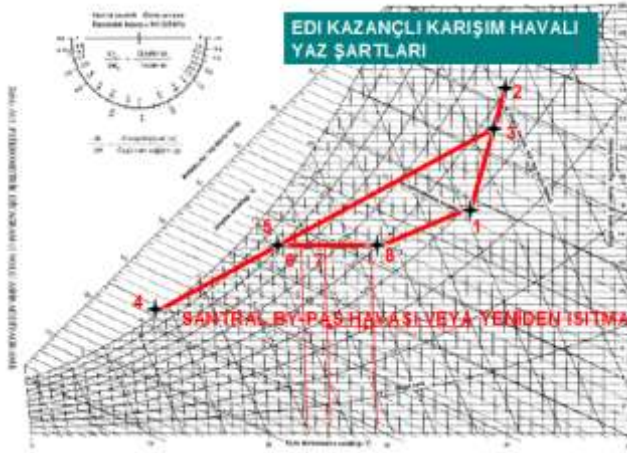
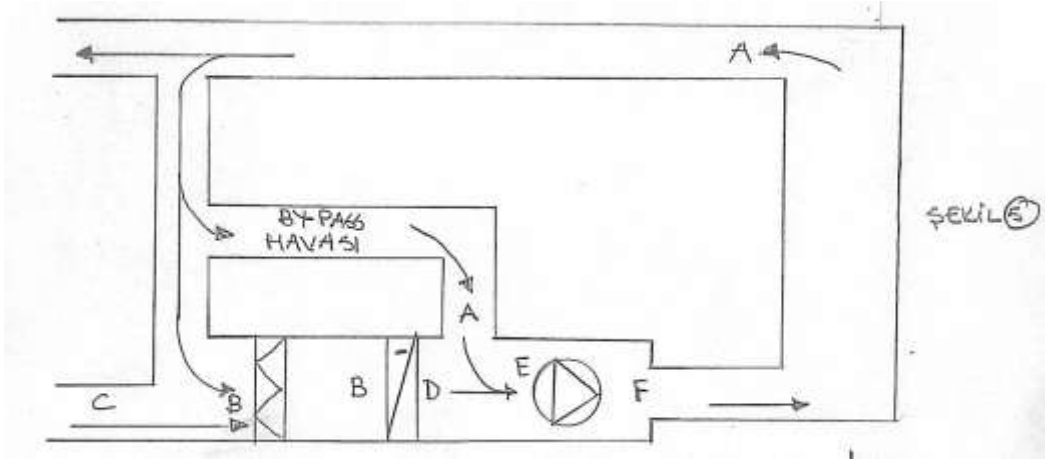
## 5. BY-PASS KAVRAMI:

- 1- Cihaz by-pass havası/Temas faktörü:** Soğutucu ve ısıtıcı serpantinlerden havanın işleme tabi tutulması esnasında ısı ve nem yönünden hiçbir değişikliğe uğramadan havanın cihazdan geçen miktarını belirtir.



- 2- Santral by-pass havası/ Yeniden ıstma işlemi :** Mahal şartları ile üfleme/menfez sıcaklığı arasında konfor bozucu fark olması halinde havanın uygun sıcaklık farkı ile üflenmesi için havanın; karışım/dış veya mahal havasından bir miktarının soğutucu serpantine girmeden santral içinde by-pass edilerek üfleme havası ile karıştırılıp menfez şartlarında mahale üflenmesidir.

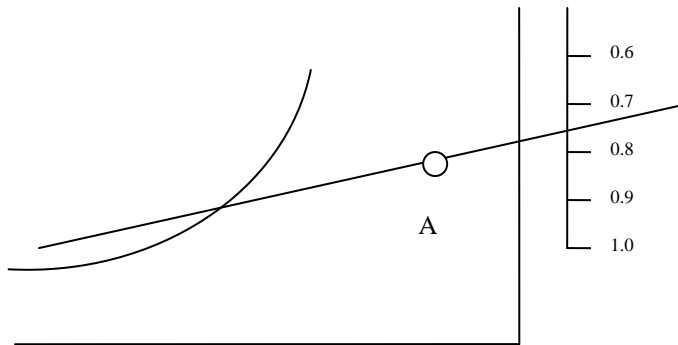




7-8 arası santral by-pass havası veya yeniden ısıtma işlemi, 8 noktası mserpantine girmeden santral içinde by-pass edilerek üfleme havası ile karıştırılıp menfez şartlarında mahale üfleme şartları.

## 6. DUYULUR ISI ORANLARI:

1- Oda duyulur ısı oranı ODIO : Oda duyulur ısı yükü ile oda toplam ısı yükünün birbirlerine oranıdır.



Örnek:

- $QD = 9 \text{ kW}$

- $QG = 2,8 \text{ kW}$

- $ODI = \frac{9}{9 + 2,8} = 0,76$

## ODA DUYULUR ISI KAZANCI

$$\text{ODIO} = \frac{\text{ODA DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{ODA GİZLİ ISI KAZANCI}}{\text{ODANIN SAATLİK ANTALPİ DEĞİŞİMİ (KJ/KG)}}$$

VEYA

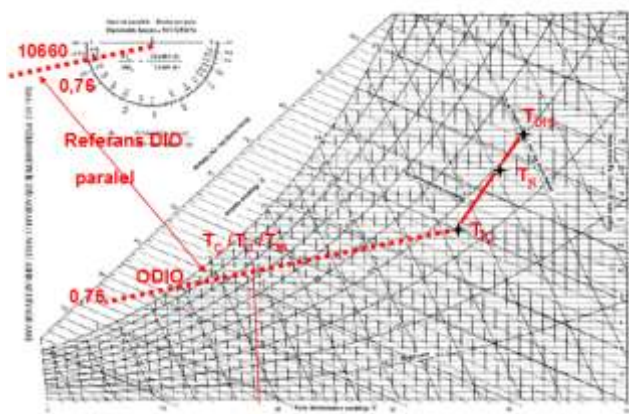
$$\frac{\Delta \dot{I}}{\Delta X} = \frac{\text{ODANIN SAATLİK NEM DEĞİŞİMİ (KG)}}{\text{ODANIN SAATLİK ANTALPİ DEĞİŞİMİ (KJ/KG)}}$$

$$\frac{\Delta \dot{I}}{\Delta X} = \frac{2500}{1 - \text{DIO}} \text{ Enerji birimi kJ ise}$$

$$\frac{\Delta \dot{I}}{\Delta X} = \frac{597}{1 - \text{DIO}} \text{ Enerji birimi kcal ise}$$

- QD = 9 kW
- Odaya saatte 4 kg yaş buhar veriliyor.
- QG = 4 \* 2560 = 10 240 Kj/h
- 9 kW = 9 kJ/s → 9 \* 3600 = 32400 kj/h
- (9 kW = 9 \* 860 = 7740 kcal/h)

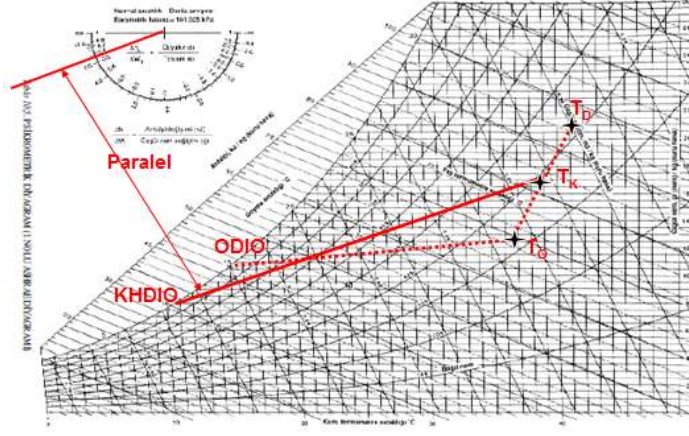
$$\frac{\Delta \dot{I}}{\Delta X} = \frac{32400 + 10 240 \text{ kJ/h}}{4 \text{ kg/h}} = 10 660 \text{ kJ/ kg}$$



**Karışım Havası Duyulur Isı Oranı:** Tüm yüklerin karşılandığı duyulur ısı oranı gösteren doğrunun eğimidir.

$$\text{KHDİO} = \frac{\text{ODANIN DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{ODAYA DIŞ HAVADAN GELEN DUYULUR ISI KAZANCI}}{\text{ODANIN DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{ODAYA DIŞ HAVADAN DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{ODANIN GİZLİ ISI KAZANCI} + \text{ODAYA DIŞ HAVADAN GELEN GİZLİ ISI KAZANCI}}$$

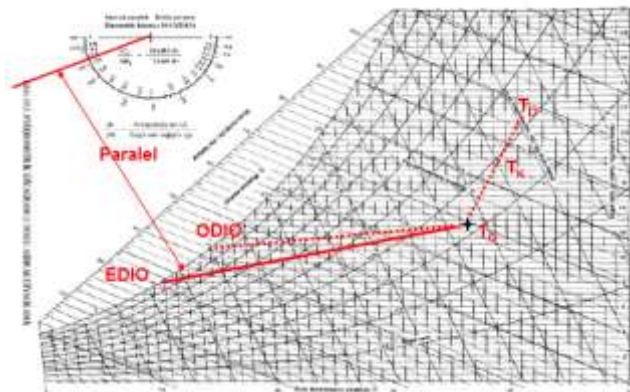




**Konum özelliği:** KHDIO doğrusunun; ODIO doğrusu ile kesiştiği nokta cihaz çıkış / teorik olarak üfleme sıcaklığını, doyma eğrisini kestiği nokta ise adyabatik cihaz sıcaklık noktasını verir.

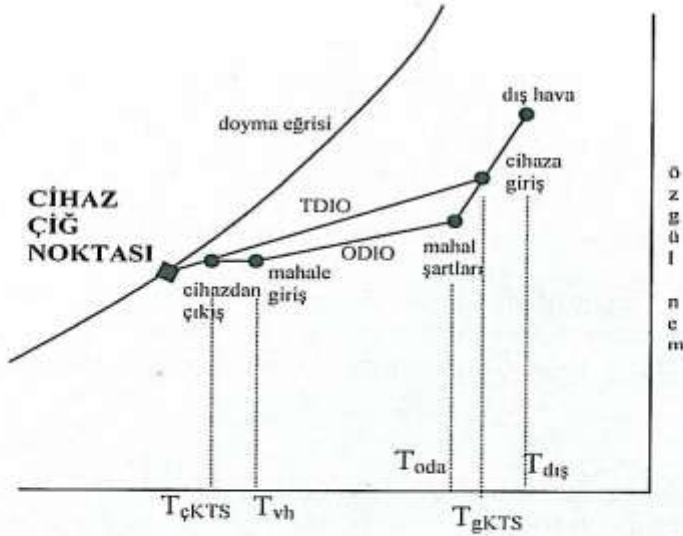
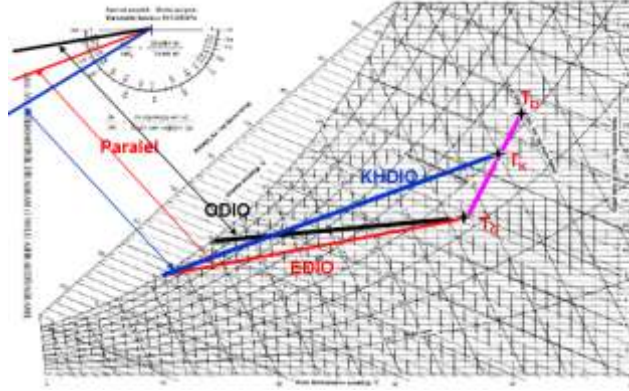
**Ektif Duyulur Isı Oranı:** Oda havasına tesir eden tüm yüklerin karşılandığı doğrunun eğimini gösterir.

$$\begin{aligned}
 & \text{ODANIN DUYULUR ISI KAZANCI} \\
 & + \\
 & \text{ODAYA BF DIŞ HAVASINDAN GELEN DUYULUR ISI KAZANCI} \\
 & + \\
 & \text{KANAL DUYULUR ISI KAZANCI} \\
 & + \\
 & \text{FAN DUYULUR ISI KAZANCI} \\
 \text{EDIO} = & \frac{\text{ODANIN DUYULUR ISI KAZANCI}}{\text{ODANIN DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{ODAYA BF DIŞ HAVASINDAN GELEN DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{KANAL DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{FAN DUYULUR ISI KAZANCI} + \text{ODANIN GİZLİ ISI KAZANCI} + \text{ODAYA BF DIŞ HAVASINDAN GELEN GİZLİ ISI KAZANCI}}
 \end{aligned}$$

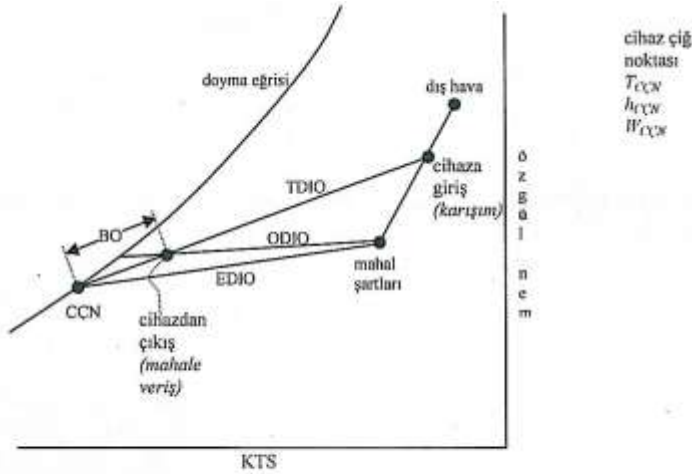


**Konum özelliği:** EDIO doğrusunun, doyma eğrisini kestiği nokta ise adyabatik cihaz sıcaklık noktasını verir.

Duyulur ısı oran doğrularının toplu gösterilişi.



Şekil 12.1 Tipik bir iklimlendirme uygulaması için ODIO ve TDIO doğruları.

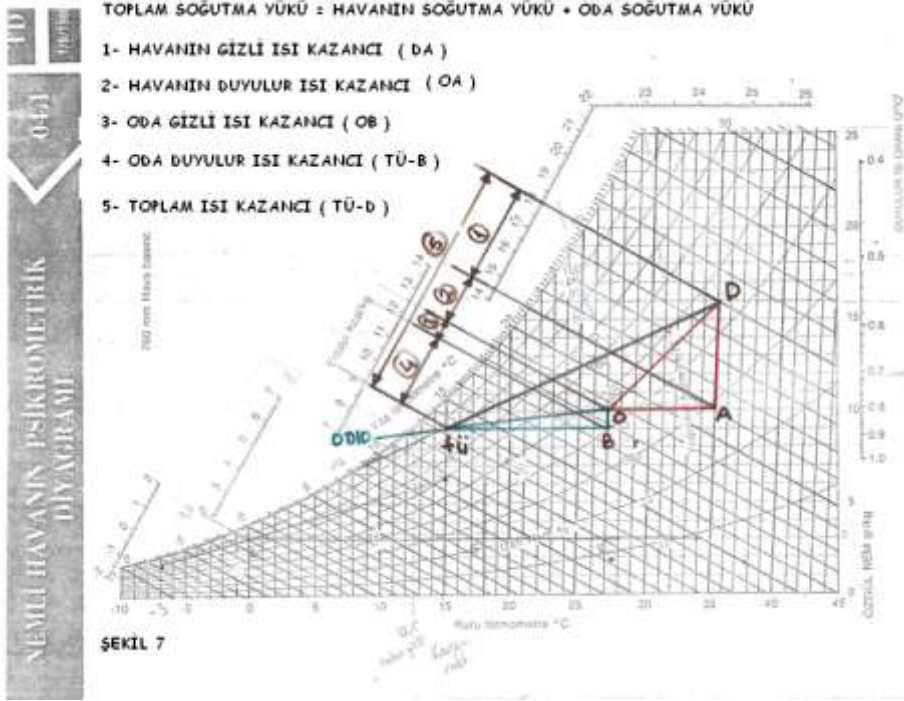


Şekil 12.4 Psikrometrik diyagramda ODIO, TDIO ve EDIO doğruları.

### Referans noktası:

101.3 kPa için hazırlanan psikrometrik diyagramda 24 °CKT ve  $\Phi = \%50$  izafi nem eğrisinin kesiştiği nokta oda duyulur ısı oranı doğrusunun tespitinde referans noktası olarak kabul edilir.

## 7. -HAVA ŞARTLANDIRMA PROSESİ



2.3.5 Duyulur ısıtma – duyulur soğutma

2.3.6 Adyabatik nemlendirme

2.3.7 Soğutma ve nemi yoğunlaştırma

2.3.8 İki ayrı havayı karıştırma

### 7.1 PSİKROMETRİK DİYAGRAMDA İŞLEMLER

**Örnek** 40 °C KT, 20° C YT sıcaklığındaki nemli havanın Psikrometrik diyagramda

Özgül nemi : 6,5 gr (Nem) /Kg (kuru hava)

Antalpi: 56,7 KJ/Kg

Bağıl nem = % 14

Çiğ noktası = 7 °C

Özgül hacim = 0,896 m<sup>3</sup> /Kg

**Örnek** Deniz kenarında 25 °C KT, 19 °C YT sıcaklığındaki havanın Psikrometrik diyagramda

Yoğunluk= 1,18 Kg/ m<sup>3</sup>

Bağıl nem = % 57

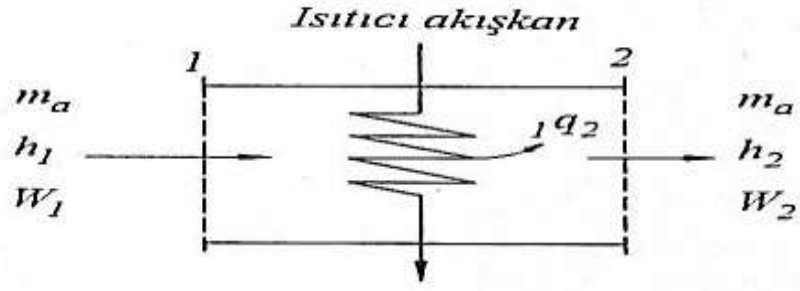
Özgül nem= 11,3 gr/Kg

Çiğ noktası= 16° C

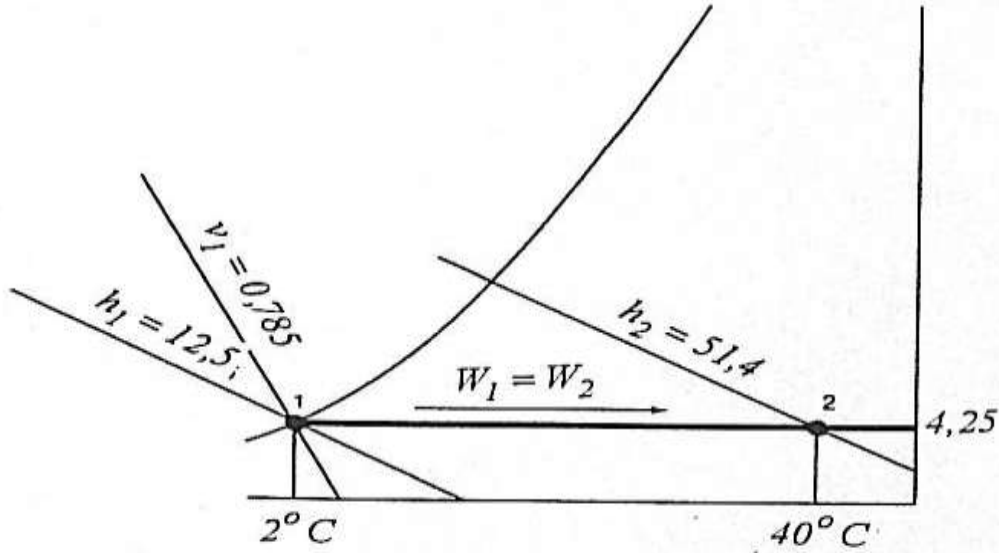
Antalpi= 53,7 KJ / Kg

**Örnek = Nemli havanın duyulur ısıtılması**

3000 m<sup>3</sup> / h debide, 2° C sıcaklıktaki doymuş hava ısıtıcı serpantinde 40° C'ye kadar ısıtılmaktadır. Serpantine verilmesi gereken ısı miktarını bulunuz?



Şek.2 Nemli havanın duyulur olarak ısıtılması.



Şek.3 Örnek 2'nin psikrometrik diyagram yardımı ile çözümü.

$$h_1 = 12,5 \text{ KJ/Kg} \quad h_2 = 51,4 \text{ KJ / Kg} \quad w = 4,25 \text{ gr/Kg} \quad v = 0,785 \text{ m}^3/\text{Kg} \text{ kuru hava}$$

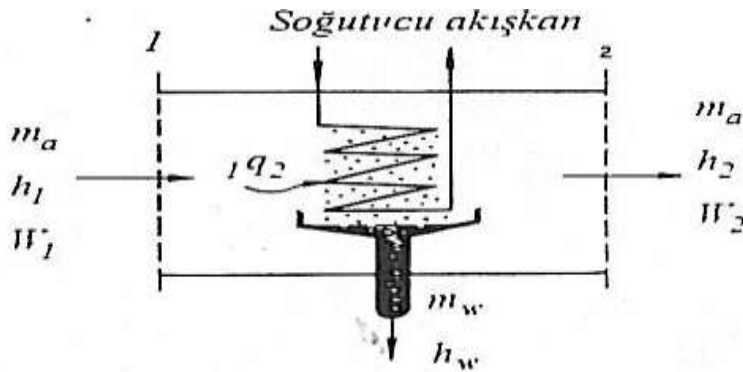
$$Q = m (h_2 - h_1)$$

$$m = 3000 / 0,785 = 3822 \text{ kg}$$

$$Q = 3822 (51,4 - 12,5) = 148 676 \text{ KJ / h} = 41,3 \text{ kW}$$

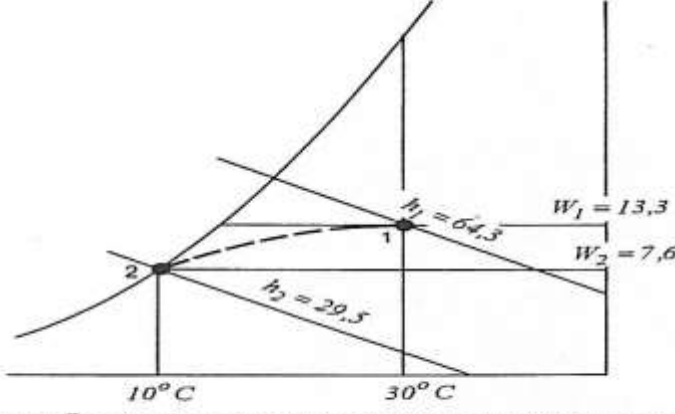
$$\text{Veya } Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) = 3822 \cdot 1025 \cdot (40 - 2) = 148866 \text{ KJ} = 41,35 \text{ kW}$$

**Örnek = Nemli havanın soğutulması**

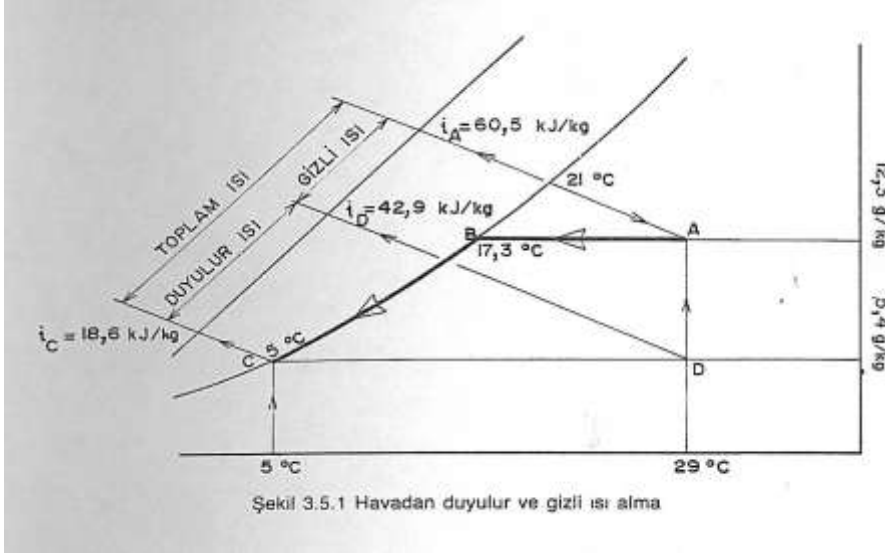


Şek.4 Nemli havanın çığ noktası altındaki bir sıcaklıkta soğutulması.

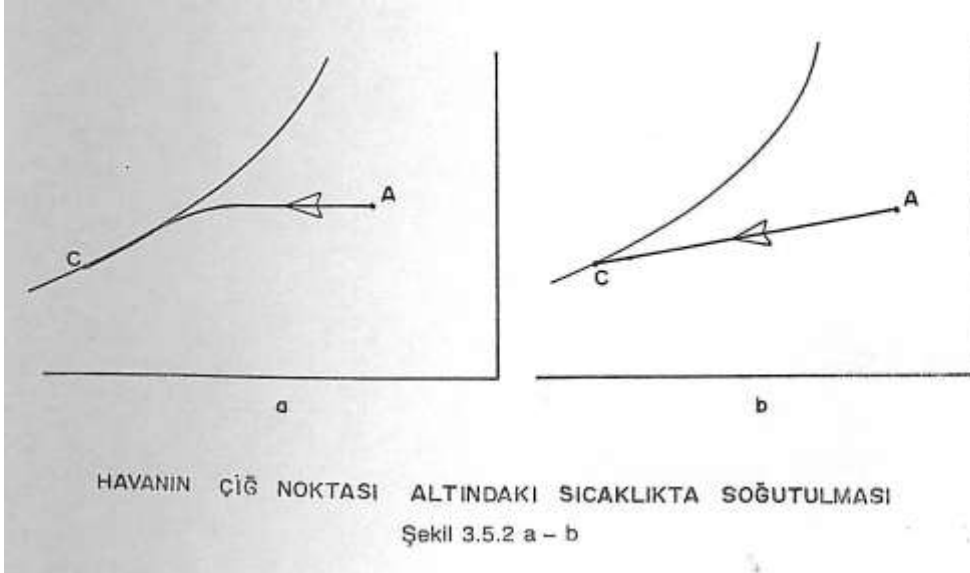
## Psikrometri



Şek.5 Örnek 3'ün psikrometrik diyagram yardımı ile çözümü.



Şekil 3.5.1 Havadan duyulur ve gizli ısı alma



Nemli hava, başlangıçtaki çığ noktasının altındaki bir sıcaklığa soğutulduğunda, içindeki nem sıvı fazında bu havadan ayrılır.

Havadan ayrılan suyun sıcaklığı, başlangıçtaki çığ noktası sıcaklığı ile son sıcaklık olan doyma noktası sıcaklığı arasında bir miktar değişmesine rağmen, sistemden damlalar halinde yoğunlaşarak ayrılan suyun sıcaklığı, havanın sistemi terkettiği  $t_2$  sıcaklığı olarak kabul edilir.

Çiğ noktası sıcaklığı öyle bir sıcaklıktır ki, soğutucunun yüzeyinde su zerrecikleri belirmeye başlar. Buna çiğlenme denir.

Bu sıcaklıktan daha aşağı indikçe su zerrecikleri iyice belirgin şekilde ve damlacıklar halinde havadan ayrılır. Bu sebepten klima santralında soğutucu serpantin altına yoğuşan suları toplamak için tava yapılır ve tavada toplanan sular drenaj borusu ile uzaklaştırılır.

Bazen yoğuşan suların hava ile sürüklenmelerini önlemek için soğutucu serpantininden sonra damla tutucu koyulur.

**17000 m<sup>3</sup> /h debisinde** % 50 bağıl nem, 30<sup>0</sup> C KT sıcaklığı koşullarındaki nemli hava 10<sup>0</sup> C sıcaklığında doymuş hale getirilene kadar bir soğutucu serpantin üzerinden geçiriliyor. Gerekli soğutma kapasitesini bulunuz?

30<sup>0</sup> C KT sıcaklığı koşullarında serpantine giren havanın

$h_1 = 64,3$  KJ/kg (Kuru hava)  $W_1 = 13,3$  gr (nem)/kg (kuru hava)  $v_1 = 0,877$  m<sup>3</sup>/Kg

10<sup>0</sup> C sıcaklıkta serpantininden çıkan doymuş havanın

$h_2 = 29,5$  KJ/kg (Kuru hava)  $W_2 = 7,6$  gr (nem)/kg (kuru hava)

$Q = m (h_1 - h_2) - (w_1 - w_2) i_3$

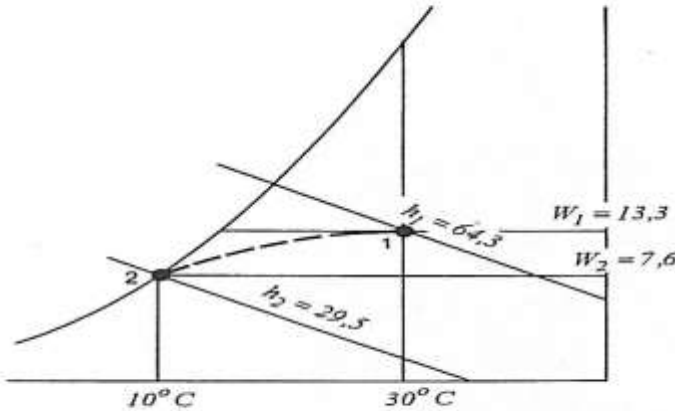
$i_3 =$  Havadan  $t_2$  sıcaklığında ayrılan suyun entalpisi

Sistemi terkeden yoğuşmuş suyun entalpisi **tabl.1 42,01 kJ/kg (su)**

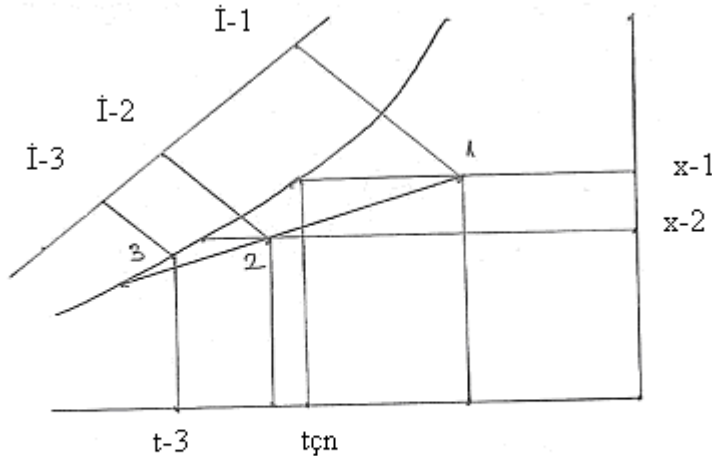
$m = 17000/0,875 = 19\ 384$  kg ( kuru hava) / h

$Q = 19384 * ((64,3 - 29,5) - ( 0,0133 - 0,0076 ) 42,1) = 675$  MJ/h= 187,37 kW

### Psikrometri



Şek.5 Örnek 3'ün psikrometrik diyagram yardımı ile çözümü.



$$Q = \{I_1 - I_2\} - (x_1 - x_2) I_3$$

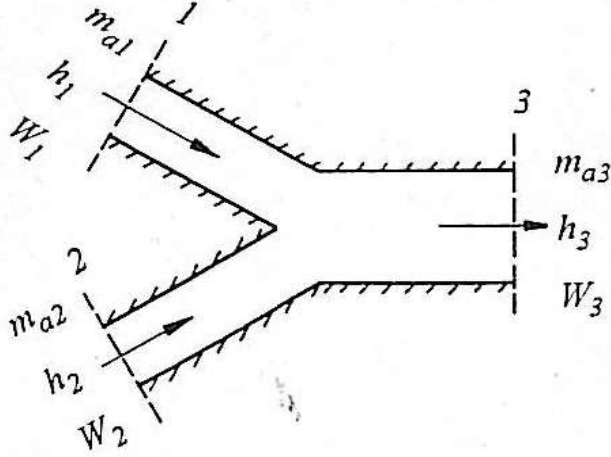
$I_3 =$  İbuhar- İsu

$$Q = m (h_1 - h_2) - (w_1 - w_2) i_3$$

$I_3 =$  Havadan  $t_3$  sıcaklığında ayrılan suyun entalpisi

### Nemli havanın karışımı

İklimlendirme sistemlerinde sık karşılaşılan bir durum farklı iki özellikteki nemli havanın adyabatik olarak karıştırılmasıdır.



Şek.6 Farklı şartlarda iki nemli havanın adyabatik karıştırılma işlemi.

**Örnek** 8000 m<sup>3</sup> / h debisinde, 4<sup>o</sup>CKT sıcaklığındaki dış hava ile 25000 m<sup>3</sup> /h debide 25<sup>o</sup> C KT sıcaklığında ve % 50 bağıl nem şartlarındaki iç hava adyabatik olarak karıştırılmaktadır. Karışım havasının KT ve termodinamik YT sıcaklıklarını bulunuz?

$$v_1 = 0,789 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (kuru hava)}$$

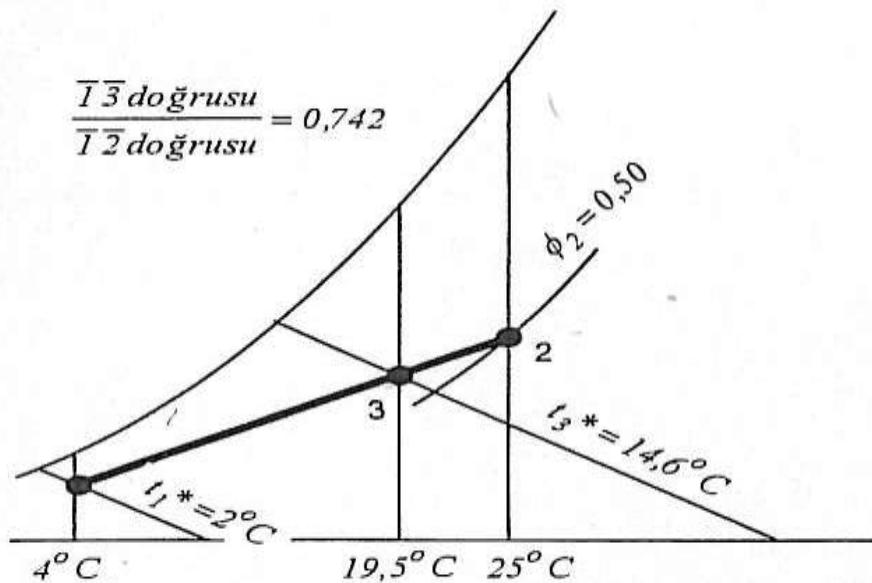
$$v_2 = 0,858 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (kuru hava) olduğundan kütleli debileri için}$$

$$m_{a1} = 8000/0,789 = 10140 \text{ kg(kuru hava)/h dış hava}$$

$$m_{a2} = 25000/0,858 = 29140 \text{ kg (kuru hava) /kg iç hava}$$

$$m_{a3} = m_{a1} + m_{a2} = 39280 \text{ kg/h}$$

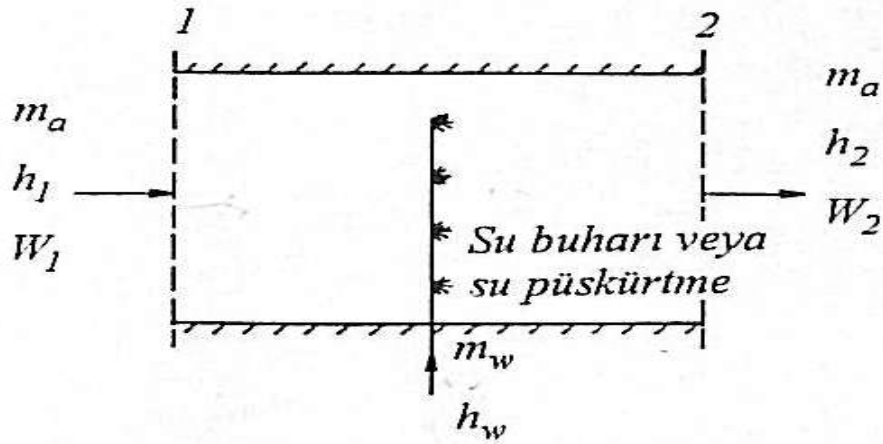
$$291140/39280 = 0,742, 10140/29280 = 0,258$$



Şek.7 Örnek 4'ün psikrometrik diyagram yardımı ile çözümü.

## NEMLENDİRME İŞLEMİ

Nemli hava içine adyabatik su veya buhar püskürtme



Şek.8 Nemli hava içine su veya buhar püskürtülmesi işlemi.

$$m_a h_1 + m_w h_w = m_a h_2$$

$$m_a W_1 + m_w = m_a W_2$$

denklemleri yazılabilir. Bu denklemler yardımı ile de

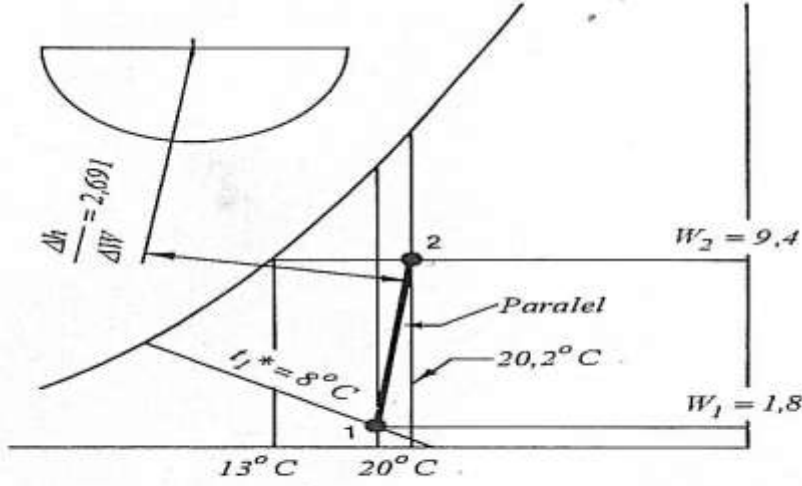
$$\frac{h_2 - h_1}{W_2 - W_1} = h_w \quad (44)$$

elde edilir. Psikrometrik diyagramda bu bağıntı, bu olaydaki değişimin, havanın cihaza giriş noktasından itibaren doyma eğrisine doğru, doğrusal bir değişim gösterdiğini vermektedir. Bu doğrunun eğimi de püskürtülen suyun veya buharın  $h_w$  entalpisine eşittir.

### A- Buhar püskürtülmesi

**Örnek 5 :** Kuru hava kütleli debisi  $100 \text{ kg/dak.}$ , kuru termometre sıcaklığı  $20^\circ \text{C}$ , termodinamik yaş termometre sıcaklığı  $8^\circ \text{C}$  olan hava Şek.8'deki bir cihaza benzer bir tesisatta,  $110^\circ \text{C}$  sıcaklıktaki doymuş buhar ile nemlendiriliyor. Nemlendirici çıkışındaki havanın çiğ noktası sıcaklığının  $13^\circ \text{C}$  olması istendiğine göre, bu işlem için gerekli buhar debisini bulunuz.





Şek.9 Örnek 5'in psikrometrik diyagram yardımı ile çözümü.

**Çözüm :** Problemin psikrometrik diyagramdaki çözümü Şek.9'da görülmektedir. Tablo 2'den bu şartlardaki doymuş su buharının entalpisi  $h_g = 2691 \text{ kJ / kg (su)}$  olduğundan, psikrometrik diyagramda 1 ile 2 noktası arasındaki doğrunun eğimi için

$$\frac{\Delta h}{\Delta W} = 2,691 \text{ kJ / g (nem)}$$

yazılabilir. Bu eğimdeki doğru, psikrometrik diyagramdaki yarım daire üzerindeki ölçek yardımı ile çizilebilir. İlk olarak bu yarım dairede, bu eğimdeki doğru çizilir, sonra havanın nemlendirici cihaza girişini gösteren 1 noktasından bu doğruya paralel bir doğru

Bu işlem için gerekli buhar miktarı =  $m_w = m_a (W_2 - W_1)$

$$M_w = \{ 100 \cdot 60 (9,4 - 1,8) / 1000 \} = 45,6 \text{ kg / h}$$

$$h_1 = 24,5 \text{ kJ/kg} \quad \Delta h / \Delta w = (44,95 - 24,5) / (9,4 - 1,8) = 2,691 \text{ kJ/gr (nem-su)}$$

$$h_2 = 44,9$$

## 8.İÇ ORTAM KOŞULLARINA İLİŞKİN ORTALAMA SICAKLIK DEĞERLERİ

$\Delta t = T_{DİŞ} - T_{İÇ} = 8 - 11^\circ\text{C}$  insan fizyolojisi açısından uygun görülen bir sıcaklık derecesidir.

Veya

Dış sıcaklık	< 32	32 ila 35	35 ila 38	>38
İç sıcaklık	25	26	27	28

Kışın  $22^\circ\text{C}$  , yazın  $22 - 26^\circ\text{C}$  BN %40-60 seviyelerinde olması Türkiye'nin içinde bulunduğu iklim koşullarına göre uygun olmaktadır.

Ancak; ortamda bulunan insan fizyolojisi dikkate alınarak, örneğin: Kadınların erkeklere nazaran daha hafif giyimli olmaları nedeniyle, kadınların bulunduğu resepsiyon salonları, biçki-dikiş atölyelerinde sıcaklık değerlerinin  $23 - 24^\circ\text{C}$ 'ye çıkarılması KONFOR duygusu bakımından uygun sonuçlar vermektedir.

Yaşlıların barındığı yapı içi hacimlerinde de aynı sonuç geçerli olmaktadır.

Buna karşılık içinde gençlerin bulunduğu yapı içi hacimlerinde sıcaklık büyüklüğünün, örneğin koğuş ve kışlalarda  $18^\circ\text{C}$  KT sıcaklığı,

Yatak odalarında  $15 - 18^\circ\text{C}$  aralığında tutulması

BN min %30'un altında olması solunum işlevini güçlendirir, %70'in üzerinde olması terleme yoluyla yitirilen ısı enerjisi kaybına yol açar. Ayrıca nem oranı arttıkça koku alma duyusunda azalma gözlenir.

BN miktarı oranının %60 olması halinde terleme olayı 25°C sıcaklığında başladığı halde BN miktarı oranının %50'ye gerilemesi halinde insan ancak, 28°C ortam sıcaklığında terlemektedir.

İnsan tarafından algılanan konfor ve rahatlık duygusunun bozulmasının önlenmesi için yapı içi ortam sıcaklığı 26°C seviyesine kadar yükseldiği zaman BN miktarı oranının %58 sınırı düzeyine kadar erişmesine ancak izin verilmektedir.

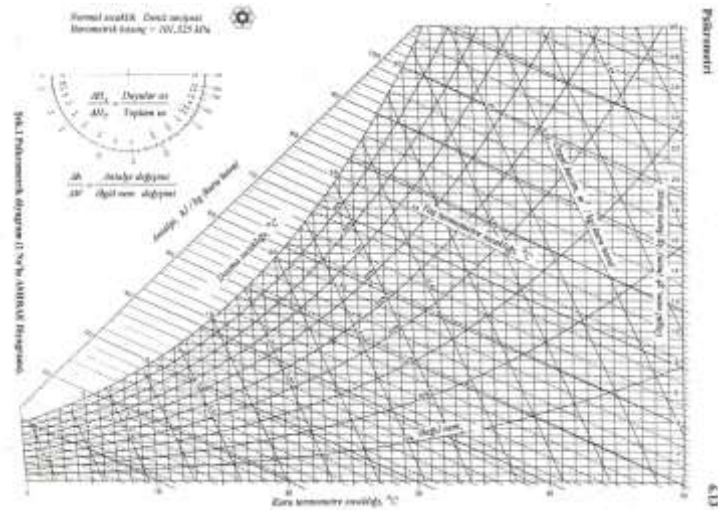
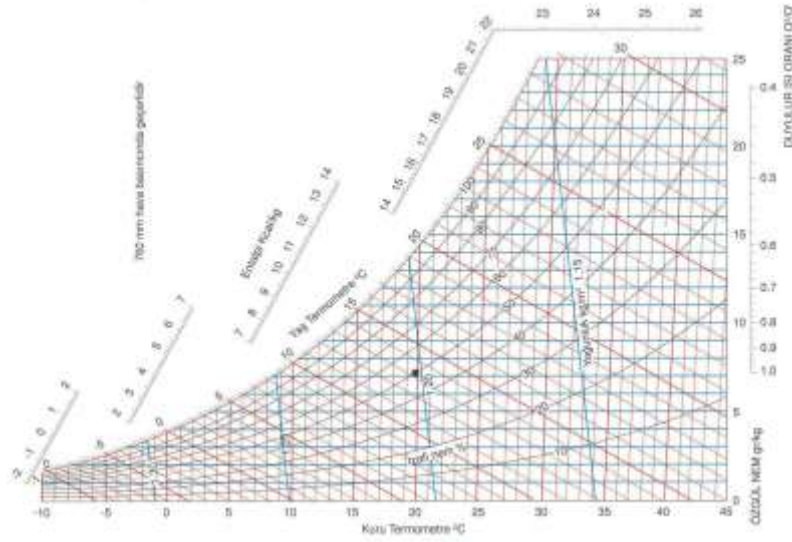
Yapı içi sıcaklığının 20-24°C aralığı içindeki normal nitelikli ortam sıcaklıklarında BN miktarı oranının üst sınırı yaklaşık %67-60 aralığında uygun olduğu halde, ortam sıcaklığı 26°C seviyesine yükseldiği zaman bu üst sınırı %58 seviyesine indirmek gerekir.

Yapı içi ortam sıcaklığı ne olursa olsun BN miktarı oranının alt sınırının %30 oranına kadar inilmesinde bir sakınca bulunmamaktadır.

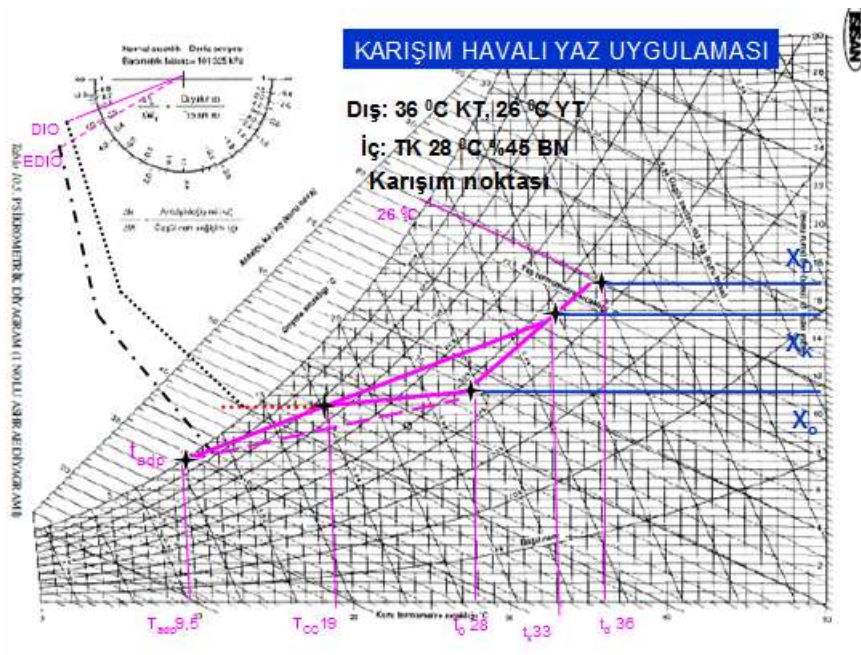
(Uğur Köktürk Klima Tesisatı tekniği- Klima Teorisi ve Klima Tesisatı Hesabı)  
Tablo.31 Shf.354

Tablo 12.1 İklimlendirme Yükü Hesap Çizelgesi				
SAYFA HAZIRLAYAN MÜHÜRLENEN KİMLİKLERİNİN AMACI BOYUTLARI			SİZİN ADI SİZİN YERİ	
YÜK İZLEŞENİ	ALANI VEYA MİKTARI	EŞDEĞER SICAKLIK FARKI VEYA BİRİM SOĞUTMA YÜKÜ	CARPAN VEYA KATSAYI	WATT SOĞUTMA YÜKÜ
<b>CIHAZLARDAN GELEN İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
CAMI				
CAMI				
CAMI				
CAMI				
DIŞERLENEBİLİR				
<b>DIŞERLENEBİLİR VE ÇATIYAN İLETİMLİLİK İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
DUVAR				
DUVAR				
DUVAR				
DUVAR				
ÇATI-GÜNEŞLİ				
ÇATI-GÜLGELİ				
<b>DIŞERLENEBİLİR VE ÇATIYAN İLETİMLİLİK YERLEMLERDEN İLETİMLİLİK İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
TÜM ÇATI				
BÖLÜMLER				
TAVAN				
DÖŞEME				
HAVA SIZMASI				
<b>İÇERİ İLETİMLİLİK İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
INSANLAR				
EYİLEKLER				
AKTİFELER				
ÇERİZELER vs.				
DEĞER				
<b>ARA TOPLAM EMİNYET CARPANI</b>				
<b>{(OD) ODA DUYULUR İSİSİ</b> ①				
<b>POMPA KAYBI VE FAN KAZANCI</b>				
KANAL İSİTİLİŞ KAZANCI				
KANAL HAVA KAYIPLARI				
FANLAR				
<b>BAŞPOMPA VE FANLARIN İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
DİŞ HAVA				
<b>{(EOD) ETKİN ODA DUYULUR İSİSİ</b> ②				
<b>GİZLİ İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
HAVA SIZMASI				
İNSANLAR				
SUHA				
CIHAZLAR vs.				
SAĞIR				
BULGAR GECİSİ				
<b>ARA TOPLAM EMİNYET CARPANI</b>				
<b>{(OG) ODA GİZLİ İSİSİ</b> ③				
<b>DIŞERLENEBİLİR VE ÇATIYAN İLETİMLİLİK İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
KANAL HAVA KAYIPLARI				
DİŞ HAVA				
<b>{(EOG) ETKİN ODA GİZLİ İSİSİ</b> ④				
<b>{(EOT) ETKİN ODA TOPLAM İSİSİ</b> ⑤				
<b>DIŞERLENEBİLİR VE ÇATIYAN İLETİMLİLİK İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
DUYULUR				
GİZLİ				
<b>BAŞPOMPA VE FANLARIN İSİTİLİŞ KAZANCI</b>				
KANAL İSİTİLİŞ KAZANCI				
KANAL HAVA KAYIPLARI				
FANLAR				
BOBİL KAYIPLARI				
<b>ARA TOPLAM</b> ⑥				
<b>{(TS) TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ</b> ⑦				

## 9. PSİKROMETRİK DİYAGRAM ÇEŞİTLERİ



## 10. PSİKROMETRİK DİYAGRAMDA İŞLEM ÖRNEKLERİ



## KIŞ ŞARTLARI / KARIŞIM HAVALI / SULU NEMLENDİRMELİ

Dış şartlar:  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  / %70 BN

İç şartlar :  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  / %50 BN

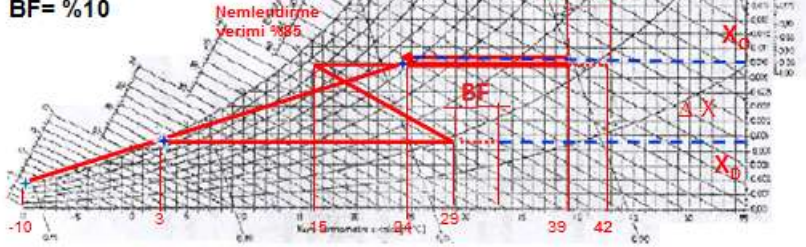
Karışım noktası  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$

BF = %10

$T_M - T_O = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_U = 24 + 15 = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$

BF = %10



## KIŞ ŞARTLARI / %100 DİŞ HAVALI BUHARLI NEMLENDİRMELİ

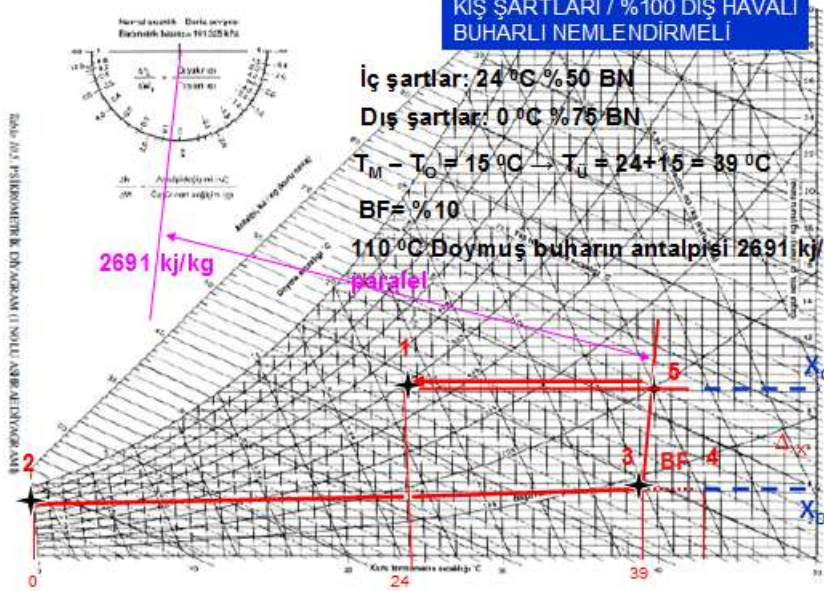
İç şartlar:  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  / %50 BN

Dış şartlar:  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  / %75 BN

$T_M - T_O = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow T_U = 24 + 15 = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$

BF = %10

$110\text{ }^{\circ}\text{C}$  Doymuş buharın entalpisini  $2691\text{ kJ/kg}$



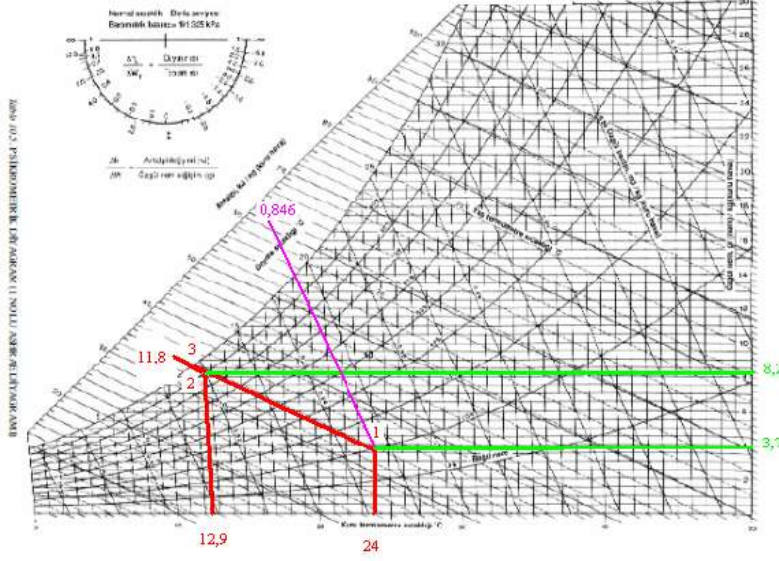
## 11. ÇÖZÜM ÖRNEKLERİ

### 1- ISITILMAMIŞ ATOMİZE SU İLE NEMLENDİRME

$24\text{ }^{\circ}\text{C}$  KT sıcaklığında ve %20 BN şartlarındaki  $3\text{ m}^3/\text{s}$  hacimsel debideki havaya ısıtılmamış su atomizasyonu ile sis nozulları kullanılarak nemlendirilmektedir. Nemlendirme verimi %88 olup, BN son değeri %88 olması istenmektedir.

- Havanın başlangıç şartlarını psikrometrik diyagram üzerinde işaretleyiniz?
- Nemlendirme işlemi sonundaki koşulları bulunuz?
- Kuru hava başına eklenen nem miktarını bulunuz?
- Birim saatte eklenen nem miktarını bulunuz?

## ISITILMAMIŞ ATOMİZE SU İLE ADYABATİK NEMLENDİRME



Su ısıtılıp soğutulmaksızın devamlı olarak sirküle edilirse, bu taktirde havanın adyabatik olarak nemlendirilmesi sağlanmış olur.

Devamlı sirkülasyon neticesinde suyun sıcaklığı havanın yaş termometre sıcaklığına getirilmiş olur.

Değişim, (1) noktasındaki havanın sabit yaş termometre doğrusu boyunca olur. (3) noktası, (1) havasının yaş termometresini belirtir doğrunun doyma eğrisini kestiği nokta olup, su sıcaklığını belirtir. Hava (1-3) doğrusu boyunca rutubetlenir ve (2) noktasında yıkayıcıyı terkeder.

(2) noktasının pozisyonu nemlendiricinin konstrüksiyonuna ve karakteristiğine bağlıdır.

Havanın su ile daha fazla temasının sağlanması (2) noktasının (3) noktasına daha fazla yaklaşmasının sağlar.

Havanın değişimi esnasında, ısı tutumunda sıvının ısısı kadar bir artma meydana gelecektir.

$\Delta i / \Delta x = i_w$  olduğundan 1 kg kuru havanın havanın (1) noktasından (2) noktasına gelmesi halinde entalpisindeki artma:

$\Delta i = i_2 - i_1 = (x_2 - x_1) i_w$  Bu entalpi artış miktarı küçük olduğundan pratik hesaplarda dikkate alınmaz.

### ÇÖZÜM

A) Havanın nemlendiriciden çıkış noktası 24 °C KT, 11,8 °C YT sıcaklığında 0,0037 kg su/ kg kuru hava. 1 noktası

B) 11,8 °C YT sıcaklık doğrusu ile %88 BN eğrisinin kesişme noktası (2) havanın nemlendiriciden çıkış koşullarını verir.

12,9 °C KT sıcaklığı, ,0082 kg su/ kg kuru hava

24-12,9 = 11,1 °C sıcaklık düşmesi buharlaşmanın soğutma etkisini gösterir.

C) Havaya ilave edilen su miktarı  $m_{su} = 0,0082 - 0,0037 = 0,0045$  kg su/kg kuru hava

(kg hava başına eklenen kg su miktarı.) havanın kazandığı nem miktarı.

D) Özgül hacim psikrometrik diyagramdan 0,846 m<sup>3</sup>/ kg kuru hava olarak okunur.

Toplam hava ağırlığı = 3\*3600/0,846 = 12765,9 kg/h

E) Toplam eklenen nem miktarı

$M_{su} = [(3 * 3600) m^3/h / 0,0846 m^3/kg kh] * 0,0045$  kg su/kh = 57,4 kg su/h.

Hava akımı ile buharlaşır.

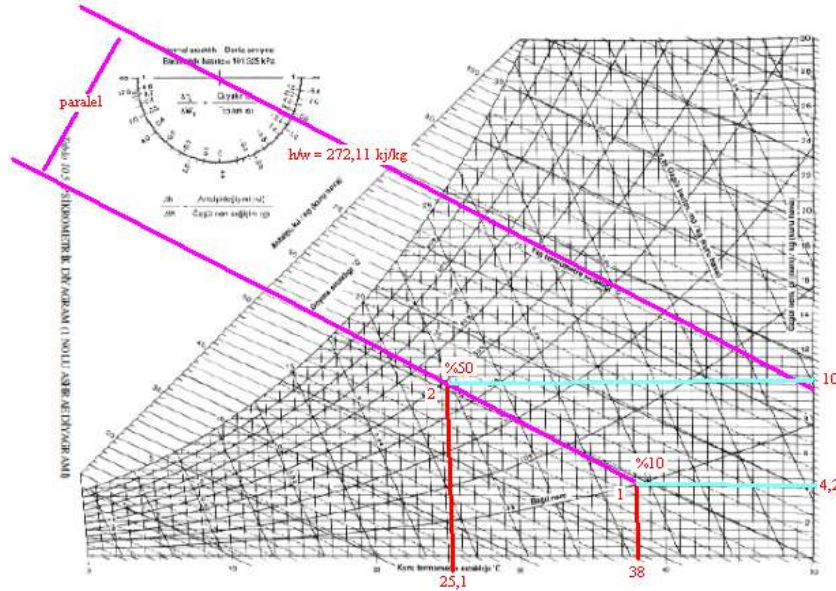
Birim havanın kaybettiği enerji  $Q_d = 1,006 \cdot 1 \cdot (24 - 12,9) = 11,16 \text{ kJ/kg}$   
Suyun kazandığı enerji  $Q_g = m_{su} \cdot h_{fg} = 0,0045 \cdot 2472,85 = 11,12 \text{ kJ/kg}$   
Hesap sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

11,8 °C YT sıcaklığında nemlendirme işlemine tabi tutulan hava ile suyun sıcaklığının aynı olması dolayısıyla bu sıcaklıktaki suyun buharlaşma entalpisi:  
Doymuş buhar-doymuş sıvı = 2472,85 kJ/kg (enterpolasyonla)

## ISITILMIŞ ATOMİZE SU İLE NEMLENDİRME

38 °C KT sıcaklığında ve %10 BN şartlarındaki hava 65 °C sıcaklıktaki su ile nemlendirilerek %50 bağıl nem koşullarına getirilmek istenmektedir.

- A) 65 °C sıcaklıktaki suyun entalpisini bulunuz?  
B) Başlangıç şartlarını psikrometrik diyagram üzerinde gösteriniz.  
C) Havanın çıkış noktasını diyagram üzerinde göstererek bu noktaya ilişkin özellikleri belirtiniz.  
D) Nemlendirme miktarını bulunuz?



## ÇÖZÜM

- A) 65 °C sıcaklığındaki doymuş suyun entalpisi tablolardan 272,11 kJ/kg olarak okunur.  
B) 38 °C KT sıcaklık doğrusu ile %10 nem eğrisinin kesiştiği (1) noktası bulunur.  
 $w_1 = 4,2 \text{ gr su / kg kh}$   
C) Diyagram üzerindeki iletkenlik merkez noktasından  $\Delta h / \Delta w = h = 272,11 \text{ kJ/kg} = 0,27211 \text{ kJ/gr}$  noktasına çizilen çizgi diyagram üzerine uzatılır. Bu çizgiye paralel olarak (1) noktasından geçen ikinci çizginin %50 BN eğrisini kestiği nokta (2) noktası bulunur.  
 $25,1 \text{ }^\circ\text{C KT}$ ,  $w_2 = 10 \text{ gr su / kg kh}$   
D) Havaya eklenen nem miktarı  $\Delta w = (10 - 4,2) / 1000 = 0,0058 \text{ kg su / kg kh}$ .  
E) Hava sıcaklığındaki düşme  $38 - 25,1 = 12,9 \text{ }^\circ\text{C}$

## BUHARLA NEMLENDİRME

24 °C KT sıcaklığında ve %10 BN koşullarında hacimsel debisi 170 m<sup>3</sup>/dk olan havanın bağıl nemini %55 değerine getirmek için sisteme 74 kPa basınç değerinde (Veya 74+101,325 kPa mutlak basınç) buhar eklenmektedir.

A- Başlangıç şartlarındaki havanın içindeki buharın entalpisini bulunuz?

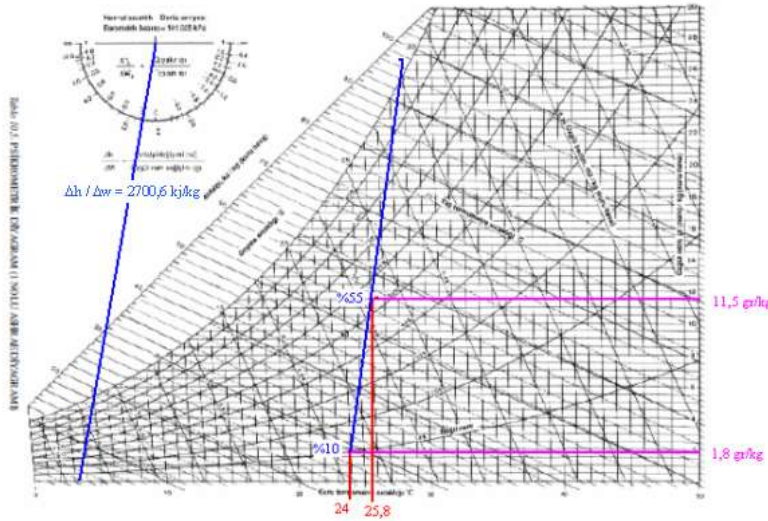
B- 1 noktasını diyagram üzerinde işaretleyiniz.

C- 2 noktasına ilişkin özellikleri ve sıcaklık artışını diyagram üzerinde gösteriniz.

D- Süreç boyunca saatte ilave edilen nem miktarını kg olarak bulunuz?

**ÇÖZÜM:**

A- Doymuş su tablosundan 74 + 101,325 = 175,325 kPa basınca denk gelen doymuş buharın entalpisini 2700,6 kJ/kg = 2,7006 KJ/gr olarak bulunur.



B- 24 °C KT sıcaklık noktası ile %10 BN doğrusu kesiştirilerek 1 noktası bulunur.

C- Psikrometrik diyagram üzerinde proses doğrusu olan  $\Delta h/\Delta w=2700,6$  kJ/kg doğrusu çizilir. Proses çizgisine paralel olarak 1 noktasından geçen 2. proses doğrusu çizilir.

2. proses doğrusunun %55 BN eğrisini kestiği nokta havanın son durum noktasını verir. 25.8 °C

Sıcaklık artışı = 25.8-24= 1.8 °C

C- Havaya ilave edilen nem miktarı

$\Delta w = (11.5 - 1.8) / 1000 = 0,0097$  kg buhar/kg kuru hava.

$M_{\text{hava}} = 170 \text{ m}^3 / 0,843 \text{ m}^3 / \text{kg} = 201$  kg kuru hava/dk

$M_{\text{buhar}} = 201 * 0,0097 * 60 = 117,4$  kg buhar/saat

### KIŞ ÇALIŞMASI ÖRNEĞİ (Karışım havalı)

Klima sistem tasarımlarında kışın havanın mahalın kullanım amacına göre belirlenen sıcaklık ve nem oranlarındaki konfor şartlarına getirilmesi gerekmektedir.

Mahal içine üflenen ısıtılmış toplam hava debisi, ya doğrudan dışarıdan alınan %100 dış hava veya dış havaya ilave olarak iç havanın santral karışım hücresinde dış hava ile karıştırılması ile sağlanır.

Örneğimizde karışım ve dış havalı sistem ısıtılmasına ait iki ayrı işlem diyagram üzerinde gösterilmektedir.

Örnek çözümlerde özellikle vurgulamak istediğimiz husus; çoğunlukla kış klima hesaplarında oda nem kazancı hesaba katılmadan hava odayla aynı özgül nem seviyesinde doğrudan istenilen oda sıcaklığına kadar ısıtılarak mahal içine üflenmektedir. Halbuki oda nem kazancını yani oda gizli ısı kazancını dikkate almadan bahsedilen şekilde hava oda içine üflenirse ve oda içinde nem kazancı varsa hiçbir zaman istenilen konfor şartlarına ulaşmak mümkün olmayacaktır. Bu nedenle eğer odanın gizli ısı kazancı ihmal edilebilecek seviyelerde değilse mutlaka nem miktarının dikkate alınarak konfor şartlarının arzu edilen koşullarda sağlanması doğru olacaktır.

### UYGULAMA ÖRNEĞİ

YER: RESEPSİYON SALONU / ANKARA

## TASARIM DEĞERLERİ

### KIŞ ŞARTLARI:

Dış sıcaklık -12 °C KT, φ % 85

Isı kaybı : 25 000 Kcal/h

Gizli ısı kazancı =15000 kcal/h

İç sıcaklık 22 °C KT, φ % 45

Salon ölçüleri : 30\*20\*4 mt.

Kişi sayısı : 200

Kanal kayıpları 2 °C

### **Mahal mimari konumu**

1- Salonun iki cephesi iç bölmelerle komşu ve bölmelerden birisi mutfak-kafeterya.

Diğer iki cephesi terasla ortak kullanılan açılabilir cam duvar, Mevsim koşullarına göre resepsiyon salonu ile teras alanı gerektiğinde birleştirilebiliyor.

- Bu cam duvarlar rüzgara maruz yönde değiller.
- Cam panoların ısı iletkenlik katsayıları 1,6 W/m<sup>2</sup> K.

2-Havalandırma yapılacak salonun koridoru mutfak-kafeterya ile ortak kullanılmaktadır. Mutfakta her türlü soğuk sıcak içecekler ile ızgaralı kırmızı ve beyaz et türü pişirme dahil hamburger, tost, sandviç türü yiyecekler hazırlanmaktadır.

### **ÇÖZÜM**

#### **1- Sistem tasarımı:**

a. Bu tür mahallerde aksine bir durumun olmaması halinde, karışım havalı sistem uygulaması yapılır.

b. Mahal konumu açıklamasında belirtildiği gibi resepsiyon salonu ile mutfak-kafeteryanın aynı bölümde bulunması nedeniyle istenmeyen yemek kokularının önce koridora ve sonrasında toplantı salonuna gitmemesi için sistemin %10-15 pozitif basınçlı tasarlanması gerekir.

c. İçerdeki nem kazancına göre gerekli olması halinde buharlı/sulu nemlendirmeli uygulama yapılacaktır.

#### **2. Konfor koşullarının tespiti:**

a. **İç sıcaklık değeri:** TS 2164 Kalorifer tesisatı Projelendirme Kuralları Standartı ile 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standartında tiyatro ve konser salonları için verilen 20 °C iç mahal sıcaklık değeri esas alınarak, hafif bedensel faaliyetlerin olduğu resepsiyon salonunda özellikle kadın katılımcıların toplanmanın amacına uygun şekilde daha ince giyinecekleri ve soğuktan daha çabuk etkilenen fizyolojik kadın yapısı da dikkate alınarak sıcaklığın en az 22 olmak üzere 22/26 °C aralıklarında seçilmesi uygun olacaktır.

Salonun mimari konumu, inşai ve meteorolojik özellikleri, insanlar ile yiyecek ve içecek ikramlarından meydana gelecek gizli ısı kazancı da dikkate alınarak 22°C mahal sıcaklığı seçildi.

Benzer amaçlı kullanım yerlerinin sıcaklık tasarımında;Yerin toplantı/konferans salonu olması ve katılımcılarında mevsim şartlarına uygun giyinecekleri ile salon içinde bulunana kişilerden gizli ısı kazancı artışı olacağı düşünüldüğünde 20 °C iç sıcaklık değeri uygun olabilirdi.



Veya yaşlılara yönelik toplantı veya benzer amaçlı bir yer ise, iç sıcaklık değerinin en az 24 olmak üzere 24/28 °C aralıklarında seçilmesi uygun olur. Zira, yaşlı insan vücudunun mahal içindeki sıcaklık farkından doğan hava akımlarından daha çok etkilenmesi ve dış deri yüzey sıcaklığının daha düşük olması sebebiyle kısa zamanda üşüme hissi uyandırır.

Bu şekilde bir tasarım esası çocukların bulunduğu ortamlarda da düşünülebilir.

#### **b. Nem oranı:**

İnsan fizyolojisi açısından en uygun iç bağıl nem oranı 8-19 mbar arasında 5-12 g/kg özgül nem miktarına göre; alt sınırı 20°C oda sıcaklığında %35, üst sınır ise %80 olarak düşünülebilir.

22 °C oda sıcaklığında %70

26 °C oda sıcaklığında %55

24 °C oda sıcaklığında %65

28 °C oda sıcaklığında %50

Bu termodinamik esaslarından hareket edilerek salonda gizli ısı kazancı oluşması dikkate alınarak %45 bağıl nem oranı seçildi.

#### **Hatırlatma/Not.1:**

- Kış mevsiminde ısıtılan ortamlarda genelde meydana gelen yaklaşık %35 'in altındaki nemde, elbise, halı, mobilya v.b. eşyaların kuruması nedeniyle toz oluşumunun kolaylaştığı, özellikle radyatörlerin üzerine yapışan tozların şişmesi ile solunum organlarını tahriş eden başta amonyak olmak üzere zararlı diğer gazların meydana gelmesi bilinmektedir..
- Her türlü sentetik maddeler kuru havada elektriksel olarak yüklenirler ve toz parçalarını toplarlar.

Bu sebepler nedeniyle, üst solunum yolu mukozasında kuruma olması nedeniyle solunum işlevine zarar verilebilir. Onun için ortam havası nem oranının min %35 olması tavsiye edilir.

- Soğuk bölgelerde nem oranının %70'in üstündeki oranlarda ortamda beyaz küf oluşumu ile koku alma organlarını etkileyen küf kokuları nedeniyle koku alma duyuları olumsuz etkilenir. Ayrıca yapı malzeme ve eşyalarında aşırı nem ve küfden zarar görür.
- Buna karşılık, yüksek oda sıcaklığı ciltteki nemin hızla buharlaşmasına sebep olur.

Bu sebeplerle vücudun terlemeye başladığı nokta konforun üst sınırı olarak belirlenir.

Örneğin; normal giyinmiş bir insan için bunaltıcı sıcaklık noktası 12 g/kg'lık nem miktarı olarak tespit edilmiştir.

%60'lık nem oranında ter oluşumu 25 °C'de,

%50'lik bir hava neminde ise 28°C'de başlar.

Üst konfor sınırının belirlenmesinde, hava sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, bağıl nemde o kadar az olması gerektiği bilinmelidir.

#### **3. Toplam hava debisi: $V_{th}$**

Salon hacmi :  $30*20*4= 2400 m^3$

Hava değişim sayısı : 6 defa/h

Toplam hava debisi  $V_{th} : 2400*6 = 14 400 m^3/h$

#### **3. Dış hava/Taze hava miktarı: $V_{dh}$**

Gerekli dış hava miktarı; hacimde bulunan şahısların adedi ile hacimde koku çıkaran veya kirlilik yaratan cihaz ve cisimlere bağlıdır.

Havalandırma dış hava debisi hiçbir zaman 1 hava değişiminden az olmamalıdır.

Tavan yüksekliği 3m. ve daha az olan hacimlerde toplam temiz dış hava miktarlarında hacim değişim sayısı dikkate alınmalıdır.

Tavan yüksekliği 3m.den daha yüksek olan yerlerde insan sayısı az ise tavan yüksekliği 3m. kabul edilerek hacim değişim sayısı kabul edilir.

**İnfiltrasyon hesabı:** Havalandırma için temiz dış hava miktarı ve infiltrasyon ayrı ayrı hesaplanmalı ve hangi hava debisi büyükse o değer hesaplarda dikkate alınmalıdır. Genel bir kaide olarak dış hava verilen bir hacimde ayrıca infiltrasyon göz önüne alınmayabilir. (Rüzgarsız sakin günlerde infiltrasyon çok az belki de hiç olmayabilir.)

35 m<sup>3</sup>/h kişi (tablodan seçim)  
 $V_{dh} = 35 \cdot 250 = 8750 \text{ m}^3/\text{h}$

#### 4. Karışım hava miktarı : $V_{kh}$

$V_{kh} = 14\ 400 - 8750 = 5650 \text{ m}^3/\text{h}$

Karışım oranı :  $5650 / 14\ 400 \approx \% 40$

% 60 taze hava, % 40 iç hava ( Resirküle hava)

#### 5. Karışım noktası sıcaklığının bulunması.

$$T_k = \frac{V_{dış} \cdot T_{dış} + V_{iç} \cdot T_{iç}}{V_{topl.}} = \frac{8750 \cdot (-12) + 5650 \cdot 22}{14\ 400} = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 6. Psikrometrik diyagramın hazırlanması

a. Salon koşullarını gösteren (1) noktası diyagram üzerinde işaretlenir ve özellikleri belirtilir.

$T_1 = 22^\circ\text{C}$  , %45 BN ,  $X_1 = 7,5 \text{ g/kg}$

b. Dış hava koşullarını gösteren (2) noktası ve özellikleri belirtilir.

$T_2 = -12^\circ\text{C}$ ,  $X_2 = 0,5 \text{ g/kg}$ , %85 BN

c. (1) ve (2) noktaları bir doğru üzerinde birleştirilir.

d. Bu iki hava 1-2 doğrusu üzerinde önceden hesaplanmış olan ( $T_3$ ) $1,3^\circ\text{C}$  KT sıcaklık noktasında karıştırılacak. (3) noktası işaretlenir ve özellikleri belirtilir.

$T_3 = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $X_3 = 3,5 \text{ g/kg}$

e. Konfor şartlarının sağlanması için (3) koşullarındaki havanın (1) koşullarına getirilmesi gerekir, zira iki hava arasında,

(1) havası  $T_1 = 22^\circ\text{C}$  , %50 BN ,  $X_1 = 7,5 \text{ g/kg}$

(3) havası  $T_3 = 1,3^\circ\text{C}$ , %85 BN,  $X_3 = 3,5 \text{ g/kg}$

$\Delta T = 20,07 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta X = 4 \text{ g/kg}$

fiziksel fark bulunmaktadır.

#### İzlenecek yöntem;

##### 1- Eğer gizli ısı kazancı yok veya ihmal edilebilecek seviyede ise;

Hava (1) noktasının özgül nem seviyesinde, oda ısı kaybı ile olası diğer kayıpları karşılayabilecek  $\Delta T$  sıcaklık farkına sahip bir dereceye kadar ısıtılıp oda içine üflenir.

$X_m = X_u$

**Hatırlatma/not.2:** salon içinde gizli ısı kazancı var ve bu ısı kazancı dikkate alınmadan, odanın nem seviyesindeki ( $X_m = X_u$ ) bir noktadan ısıtılarak salona üflenen hava ile hiçbir zaman istenilen konfor şartlarına ulaşamaz. Zira, salon içinde üretilen nem miktarı, mahallin BN oranını istenilen konfor şartlarının daha yukarisına

çekeceğinden, arzu edilen miktar ve oranın daha üzerinde nemli bir ortam oluşmasına sebep olunur.

**2- Gizli ısı kazancı var ise;** gizli ısı kazancını oluşturan nem miktarı , oda nem miktarından eksiltilecek üfleme noktası özgül nem seviyesi bulunur. Bulunan yeni nem seviyesindeki hava, oda ısı kaybı ile olası diğer kayıpları karşılayabilecek  $\Delta T$  sıcaklık farkına sahip bir dereceye kadar ısıtılıp mahal içine üflenir.

**f. (3) koşullarındaki havanın (1) koşullarına getirilmesi işlem süreci:**

(3) havasının duyulur ısıtılarak (5) haline, (5) havasının nemlendirilerek (6) haline, (6) havasının duyulur ısıtılarak (8) haline getirilmesi ve bu noktadan salona üflenerek hem salonu duyulur yönden ısıtması ile salon gizli ısı kazancını da bünyesine alarak salonu terketmesi işleminin gerçekleştirilmesi gerekir.

Bunun için başlangıç noktası olarak;

1. Karışım havasının (3) noktasından itibaren ilk ısıtıcı çıkış noktası sıcaklık değeri kabule dayalı olarak tespit edilir. Örn:30<sup>0</sup>

Kabul kriterinde iki ısıtıcı serpantin sıcaklık değerlerinin birbirlerine yakın olması; hem sıcak su kontrolünde, hemde imalat açısından kolaylık sağlaması gözönüne alınarak sıcaklık tespiti yapılır.

Bu durumda, önce (5) ön ısıtıcı çıkış/nemlendirici giriş noktasının tüm bileşenleriyle ( $T_5=?$ ,  $X_5=?$ ) belirlenmesi gerekir.

2. Veya üfleme noktası (8) özgül nem miktarını belirleyen yatay doğrusu yaş termometre eğrisine kadar uzatılarak, nemlendirici verimi %85 olduğu düşünülerek özgül nem doğrusunun %85 BN eğrisi ile kesiştiği nokta, (6) noktası olarak kabul edilir.

Bu durumda, önce (8) menfez üfleme noktasının tüm bileşenleriyle ( $T_8=?$ ,  $X_8=?$ ) belirlenmesi gerekir.

**g. Ön ısıtıcı çıkışı / nemlendirici girişi (5) noktasının bulunması:**

**By-pass (BF) Faktörü:** İster ısıtma ister soğutma olsun serpantinden (Isıtıcı veya soğutucu) geçen havanın ne kadarında entalpi değişikliği olmadığını anlatmak için kullanılan bir sayıdır.Örneğin; by-pass faktörü (BF) 0,10 denilince serpantinden geçen havanın %10'nda entalpi değişikliği olmadığı anlaşılır. Kalan %90 hava tasarım değerine kadar şartlandırılmıştır.

BF seçimi serpantin teknik özelliklerine bağlı olduğu gibi, binaların kullanım amaçlarına göre de oran seçimi yapılabilir.

Hastanelerde ve %100 dış hava uygulamalı yerlerde 0 - 0,10

Büyük mağaza, restoran, fabrikalar ile DIO yüksek olduğu veya dış hava oranının yüksek olduğu yer ve durumlarda: 0,05 – 0,10

Büyük mağaza, fabrikalar, bankalar veya tipik konfor uygulamaları: 0,10 – 0,20

Evler, küçük dükkanlar, küçük işyerleri veya küçük DIO olduğu haller: 0,20 – 0,30

Evler veya küçük toplam ısı yükü veya düşük DIO : 0,30 – 0,50

(5) noktası  $T_5 = 28^{\circ}C$  olmasının uygun olabileceği kabul edildi. Isıtıcı, toplam havayı (4)'e kadar ısıtmak isteyecek, fakat  $BF_1$  etkisi ile hava (5) şartlarını alacaktır. (4) noktası sıcaklığı:

$$T_4 - T_3$$

$$----- + T_3 =$$

$$T_4 = (30 - 1,3) / 0,90 + 1,3 = 33,18^{\circ}C$$

1- BF

(7) noktasının bulunması için DIO doğrusunu veya menfez şartlarını (8) bulmak gerekecektir.

#### **h. Nemlendirici çıkışı /son ısıtıcı girişi (6) noktasının bulunması:**

$$OGI = V_T * 0,71 * (X_1 - X_7)$$

(İnsanlardan gelen gizli ısı kazancı  $Q_{gins} = 200 \text{ kişi} * 42 \text{ kcal/h kişi} = 8400 \text{ kcal/h}$   
Salonda yiyecek ve içecek ikramından dolayı gizli ısı kazancı olacağı bilindiğinden toplam 15000 kcal/h gizli ısı kazancı tasarım değeri olarak verilmişti.)

(6) noktasının özgül nemi 6,01 g/kg (6) haline gelmeden evvel (5) halindeki havaya adyabatik nemlendirme yapılmış ve hava:

$$6,01 - 3,5 = 2,51 \text{ g/kg su ilave işlemi esnasında,}$$
$$1440 * 0,71 * 2,51 = 25 662,2 \text{ kcal/h gizli ısı kazanmıştır.}$$

Ancak bu gizli ısıyı kendi duyulur ısısından aldığı için kazandığı gizli ısı kaybettiği duyulur ısıya eşit olacağından,  
 $25 662,2 = 14400 * 0,29 * (T_5 - T_6) = 25 662,2 = 14400 * 0,29 (30 - T_6) = 23,85 \text{ } ^\circ\text{C}$

(6) noktası  $T_6 = 23,85 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $X_6 = 6,01 \text{ g/kg}$  şartlarında oluşmuştur.

#### **i. Üfleme/son ısıtıcı çıkışı (8) noktasının bulunması:**

Bunun için önce diyagramda  $T_m$  menfez üfleme sıcaklığı koordinantlarının bulunması gerekir.

##### **Hatırlatma/Not.3:**

1- Konfor uygulamalarında  $t_u$  yani menfez üfleme sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasında  $10 \approx 25 \text{ } ^\circ\text{C}$  fark olması üşüme (Şok) etkisini önleyeceğinden  $t_u$  sıcaklığı  $\Delta t_m = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$  kabul edilerek menfez üfleme sıcaklığı  $35 \text{ } ^\circ\text{C}$  seçilebilir.

İnsan fizyolojisi açısından dış deri yüzey sıcaklığı normal bir insanda  $32/33 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'dir. Dış deri yüzey sıcaklığı  $32 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'nin altına düştüğü anda insanda üşüme hissi uyandırır.

Hava hareketi ile ilgili ölçü: İklimlendirilen odanın orta noktasında ve yerden 75 cm. yüksekte ölçülen sıcaklığın  $24,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'dan farkı ile hava hızının  $0,15 \text{ m/sn}$  sınırını aşma durumudur. Yani  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$  sıcaklık düşmesi ile hava hızının  $0,135 \text{ m/sn}$  artışı aynı etkiyi yapar.

Kış konfor uygulamalarında menfez üfleme sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasında  $10 \approx 25 \text{ } ^\circ\text{C}$  fark olması üşüme (Şok soğukluk) etkisini önleyeceğinden sıcak havada olsa, havanın menfezden üfleme hızı dikkate alındığında ortamda üşüme hissi uyandırmaması için menfez ile oda arası  $10-25 \text{ } ^\circ\text{C}$  sıcaklık farkı dikkate alınarak üfleme sıcaklık değeri belirlenmesi uygun olur.

Son ısıtıcı havayı menfez üfleme noktası (7)'ye kadar ısıtmaya çalışacak, ancak,  $BF_2$  etkisi ile hava (8) değerini alacaktır.

$$T_{ü(8)} = T_1 + \Delta T_{(ısı kaybı)} + \Delta T_{\text{kanal+fan kaybı}}$$

#### **Salon ısı kaybını karşılaması gereken sıcaklık farkı $\Delta T$**

$$Q_{ISI} = V * \gamma * C_p * \Delta T$$

$$\Delta t = \frac{Q_k}{V \cdot \gamma \cdot C_p} = \frac{25\,000}{14\,400 \cdot 0,29} = 5,98 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

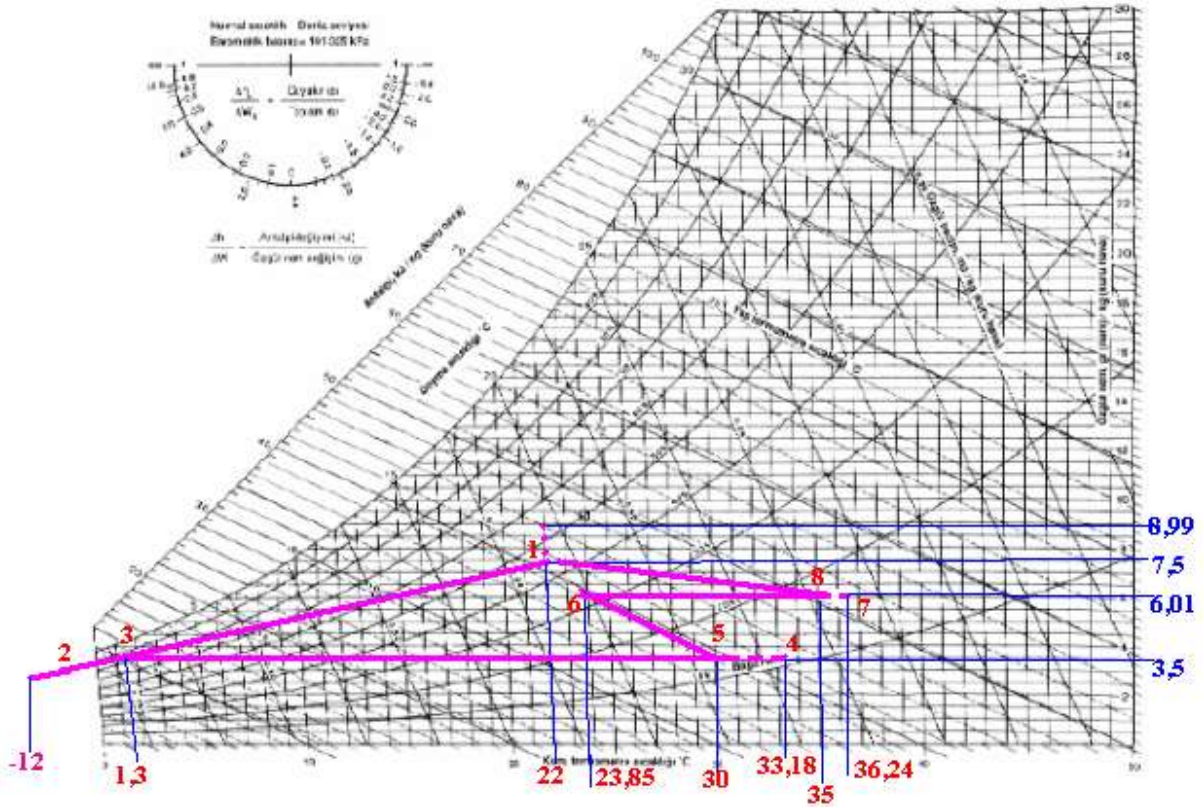
$\Delta T_{\text{kan-fan kaybı}} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$  olarak kabul edilmiştir.

$T_{\text{üf}} = 22 + 6 + 2 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$  → hatırlatma/not.3 doğrultusunda  $T_{\text{ü(8)}}$  sıcaklığı  $\Delta t_m = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$  kabul edilerek menfez üfleme sıcaklığı  $35 \text{ } ^\circ\text{C}$  seçildi.

**$T_{\text{üf(8)}} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$**

(8) noktası  $T_8 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$  olmasının uygun olabileceği kabul edildi. Isıtıcı toplam havayı (7)'ye kadar ısıtmak isteyecek fakat  $\text{BF}_2$  etkisi ile hava (8) şartlarını alacaktır. (7) noktası sıcaklığı:

$$\frac{T_8 - T_6}{1 - \text{BF}} + T_6 = (35 - 23,85) / 0,90 + 23,85 = 36,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Salon gizli ısı kazancının dikkate alındığı bu yöntemde odayı terkeden havanın şartları oda tasarım değerlerindedir. Yani arzu edilen konfor şartları sağlanmış demektir.

Eğer, gizli ısı kazançlarını dikkate almadan işlemi gerçekleştirmiş olsaydık, (5-6) aralığı nem miktarı yerine, (5-1) aralığı nem miktarı kadar su ilavesi gerekecekti. Bu durum fazladan nem ilavesi ile daha fazla enerji kaybına yolaçacağı gibi, salonu terkeden hava 1 noktasından değil, salon sıcaklığının  $8,99 \text{ g/kg}$  özgül nem miktarı ile kesiştiği noktadan odayı terkedecekti. Bu durumda salon havası konfor şartları (1) noktasında değil  $22 \text{ } ^\circ\text{C}$  KT,  $\%55\text{BN}$ ,  $X=8,99 \text{ g/kg}$  noktasında tasarım şartlarına uygunsuz olacaktı.

## 7. Cihaz kapasiteleri

### a. Ön ısıtma serpantini kapasitesi

$$Q_{\text{ISI}} = 0,29 \cdot 14400 \cdot (30 - 1,3) = 119\,851,2 \text{ Kcal/h}$$

**a. Son ısıtıcı serpantin kapasitesi**

$$Q_{\text{ısı}} = 0,29 * 14400 * (35 - 23,85) = 46 562,4 \text{ Kcal/h}$$

**a. Nemlendirici kapasitesi**

$$X_6 = 6,01 \text{ gr/kg kuru hava}$$

$$X_5 = 3,5 \text{ gr/kg kuru hava}$$

$$G = V_{\text{topl.}} * \gamma * \Delta X / 1000 = 14 400 * 1,2 * (6,01 - 3,5) / 1000 = 43,37 \text{ Kg/h}$$

**b- Nemlendirme suyu miktarı**

Tek sıralı yıkayıcılarda 1000 m<sup>3</sup>/h hava debisi için 500-750 lt/h

Çift sıralı yıkayıcılarda 1000 m<sup>3</sup>/h hava debisi için 100-150 lt/h alınabildiği gibi veya üretici firma bilgilerinden alınabilir.

**c. Üfleme fan kapasitesi**

$$V_T = 14 400 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kanal basıncı = 154,54 Pa

Panjur 75 Pa

Filtre 40 Pa

Serpantin 110 Pa

Yangın damperi 15 Pa

Volüm damperi 1 Pa

Üfleme menfezi 40 Pa

Nemlendirici 80 Pa

$\Sigma \Delta p = \text{Toplam fan basıncı} = 435,54 \sim 450 \text{ Pa}$

**d. Aspiratör kapasitesi**

$$\%10 \text{ pozitif basınçlı istem tasarımına göre } 14400 * 0,9 = 12960 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{asp}} = 12 960 \approx 13 000 \text{ m}^3/\text{h} \text{ seçildi}$$

Kanal basınç değerleri hesaplanarak seçim yapılır.

---