

## DENEY 6 - HVAC SİSTEMLERİNDE ATIK ISI GERİ KAZANIMI

### Deneyin Amacı:

Kuru hava, atmosferik hava, özgül ve bağıl nem tanımları, çiğ noktası sıcaklığı, psikrometri tanımlarının verilmesi ve psikrometrik diyagram kullanılarak hava özelliklerinin bulunması ve temel iklimlendirme uygulaması ile hava özelliklerinin değişiminin gösterilmesidir. Atık ısı geri kazanımı sistemlerinin HVAC uygulamalarında kullanılmasının gösterimi de bir diğer amaçtır.

### 1. GİRİŞ

İklimlendirme, havanın istenilen sıcaklık, nem, temizlik ve sirkülasyon hızı bakımından kontrol altına alınması olarak tanımlanabilir. İklimlendirme prosesinin belli başlı uygulama alanları arasında, konutlar, hastaneler, toplantı salonları, maden ocakları, alışveriş merkezleri, ofisler, fabrikalar, kara, hava ve deniz taşımacılığı sıralanabilir. İnsanın vücut rahatlığı veya konforu temel olarak üç etkene bağlıdır. Bunlar, kuru termometre sıcaklığı (sıcaklık), bağıl (izafi) nem ve hava dolaşımıdır. Kişiden kişiye değişiklik göstermesine rağmen konfor için havanın, bağıl nemi %50, sıcaklığı 20°C olmalı ve ortam içerisindeki hava belirli hızlarda sirküle edilmelidir. Bunun yanında; insan konforunun öncelikli önem taşımadığı birçok iklimlendirme sahası da vardır. Üretim atölye ve fabrikaları, laboratuvarlar, veri işlem odaları, nükleer güç santralleri, fotoğraf ve ilaç endüstrisi, tekstil endüstrisi, hayvancılık, gıda ve çiçekçilik gibi endüstriyel tesisler doğru sıcaklık, nem, hava hareketi, hava kalitesi ve temizliği gibi karakteristikleri içeren proses ve çevre koşullarını sağlamak üzere tasarlanırlar. Örneğin bir dokuma fabrikasında, dokuma salonunun bağıl nemi, ipliklerin kopmaması ve ürün kalitesinin artırılması amacı ile %90 civarında tutulmalıdır.

### 2. TANIMLAR

#### Kuru Hava ve Atmosferik Hava:

Hava azot, oksijen ve küçük miktarlarda başka gazlardan oluşan bir karışımdır. Atmosferdeki hava bir miktar su buharı (veya nem) içerir, bu nedenle **atmosferik hava** diye adlandırılır. İçinde su buharı bulunmayan hava ise **kuru hava** olarak tanımlanır. Havayı su buharıyla kuru havanın bir karışımı olarak ele almak çözümlmeyi kolaylaştırır, çünkü kuru havanın bileşimi sabit kalırken, su buharının miktarı denizlerden, göllerden, duşlardan hatta insan vücudundan olan buharlaşma ve yoğuşma sonucu değişir. İklimlendirme uygulamalarında havanın sıcaklığı -10°C'den 50°C'ye kadar değişir. Bu aralıkta kuru hava mükemmel bir gaz olarak kabul edilebilir. Havadaki su buharı da (-10°C/50°C aralığında suyun doyma basıncı düşük olduğu için) mükemmel bir gaz gibi kabul edilir ve  $P_v = RT$  mükemmel gaz hal denklemini sağlar. Bu durumda atmosferik hava, basıncı kuru havanın ve su buharının kısmi basınçlarının toplamı olan, mükemmel bir gaz karışımı olarak incelenebilir.

$$P = P_a + P_v \quad [\text{kPa}] \quad (1)$$

Burada,  $P_a$ ; kuru havanın kısmi basıncını,  $P_v$ ; su buharının kısmi basıncını göstermektedir. Yukarıdaki denklemde,  $a$  indisi kuru havayı,  $v$  indisi de su buharını simgelemektedir. Havada bulunan su buharı miktar olarak çok az olmasına karşın, insan konforunu (rahatlığını) önemli ölçüde etkiler. Bu bakımdan iklimlendirme uygulamalarında göz önüne alınması gereken temel kıstaslardan biridir.

#### Havanın Özgül Nemi ve Bağıl (İzafi) Nemi:

Havadaki su buharı miktarı değişik biçimlerde belirtilebilir. Bunun en doğrudan yolu, bir birim kuru hava kütlelerinde bulunan su buharı kütlelerini belirtmektir. Bu değer **mutlak** veya **özgül nem** diye adlandırılır ve  $w$  ile gösterilir.

$$w = \frac{m_v}{m_a} \left[ \frac{\text{kgsuhari}}{\text{kghava}} \right] \quad (2)$$

Özgül nem, ideal gaz tanımı ile aşağıdaki bağıntıyla da ifade edilebilir.

$$w = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / R_v T}{P_a V / R_a T} = 0.622 \frac{P_v}{P_a} \quad (3)$$

P toplam basınç olmak üzere,

$$w = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \left[ \frac{\text{kgsuhari}}{\text{kghava}} \right] \quad (4)$$

1 kg *kuru hava* göz önüne alınsın. Tanımı gereği kuru havada su buharı yoktur ve bu nedenle özgül nemi sıfırdır. Kuru havaya su buharı eklendikçe özgül nemi artar. Fakat belirli bir hale رسیدikten sonra havaya daha çok su buharı katmak mümkün olmaz. Bu halde hava su buharına doymuştur ve **doymuş hava** diye adlandırılır. Doymuş havaya katılan su buharı yoğunlaşır. Belirli bir sıcaklık ve basınçtaki doymuş havada bulunan su buharı miktarı (4) numaralı denklemde  $P_v$ 'yi, belirtilen sıcaklıkta suyun doyma basıncı olan  $P_g$  ile değiştirerek hesaplanabilir. Bir ortamdaki rahatlığımız, havanın içerdığı su buharı miktarı ile yakından ilgilidir. Fakat bu rahatlığın ölçüsü daha çok havadaki su buharı miktarının (mv), aynı sıcaklıkta havada bulunabilecek en çok su buharı miktarına (mg) oranıyla ilgilidir. Bu orana **bağıl nem** adı verilir ve  $\phi$  ile gösterilir.

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / R_v T}{P_g V / R_v T} = \frac{P_v}{P_g} \quad (5)$$

Burada,

$P_g = P_{\text{doyma}@T}$  olarak ifade edilir . Eş. 4 ve 5 birleştirilirse bağıl nem;

$$\phi = \frac{wP}{(0.622 + w)P_g} \quad \text{ve} \quad w = \frac{0.622\phi P_g}{P - \phi P_g} \quad (6-7)$$

olarak ifade edilir.

Bağıl nem; kuru hava için 0, doymuş hava için 1 değerini alır. Havada bulunabilecek su buharı miktarı sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle özgül

nem sabit kalırken, bağıl nem sıcaklıkla değişir.

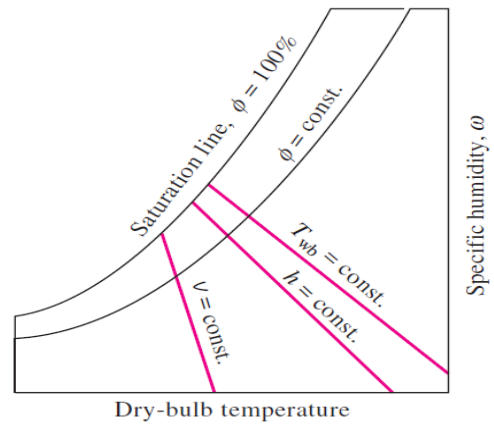
### Çiğ noktası sıcaklığı:

$T_{\text{çn}}$ , hava sabit basınçta soğutulduğu zaman havadaki su buharının yoğunlaşmaya başladığı sıcaklık diye tanımlanır. Başka bir deyişle  $T_{\text{çn}}$ , suyun buhar basıncındaki doyma sıcaklığıdır.

$$T_{\text{çn}} = T_{\text{doyma}@P_v} \quad (8)$$

### Psikrometrik diyagram:

Verilen bir basınçta atmosferik havanın hali, bağımsız iki yeğin (kütle ile değişmeyen) özellik tarafından kesin olarak belirlenir. Diğer özellikleri belirleyebilmek için psikrometrik diyagramlar, iklimlendirme uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. 1 atmosfer (101.325 kPa) basınç için SI birimlerinde hazırlanmış bir psikrometrik diyagram EK-1'de verilmiştir. Diğer basınçlar için (deniz düzeyinden çok yüksek yerlerde kullanılmak üzere) hazırlanmış psikrometrik diyagramlar da vardır. Psikrometrik diyagramın temel öğeleri Şekil 1'de verilmiştir. Kuru termometre sıcaklıkları yatay eksende, özgül nemler ise dikey eksende yer almaktadır. Diyagramın sol tarafında, bir doğru yerine doyma eğrisi adı verilen bir eğri vardır. Sabit yaş termometre sıcaklığı eğrileri sağa doğru eksi eğimli doğrulardır. Sabit özgül hacim doğrularının eğimleri daha dik olup, sabit entalpi doğruları hemen hemen sabit yaş termometre doğrularına paraleldir.

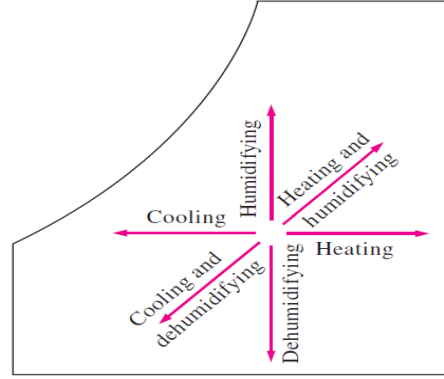


Şekil 1. Psikrometrik diyagramda özelliklerin gösterimi

### 3. İKLİMLENDİRME İŞLEMLERİ

Oturulan veya çalışılan bir ortamı istenilen sıcaklık ve nemde tutabilmek için iklimlendirme adı verilen işlemlere gerek duyulur. Bu işlemler duyulur ısıtma (sıcaklığın yükseltilmesi), duyulur soğutma (sıcaklığın düşürülmesi), nemlendirme (su buharının eklenmesi) ve nem almadır (su buharının havadan ayrılması). Havayı istenen sıcaklık ve nem düzeyine getirmek için bazen bu işlemlerden birkaçı birlikte uygulanır. Değişik iklimlendirme işlemleri Şekil 2’de, psikrometrik diyagramında gösterilmiştir. Duyulur ısıtma ve duyulur soğutma işlemleri bu diyagramda yatay birer doğru olarak görülmektedir, çünkü bu işlemler sırasında havadaki nem miktarı sabittir ( $w$ =sabit). Hava

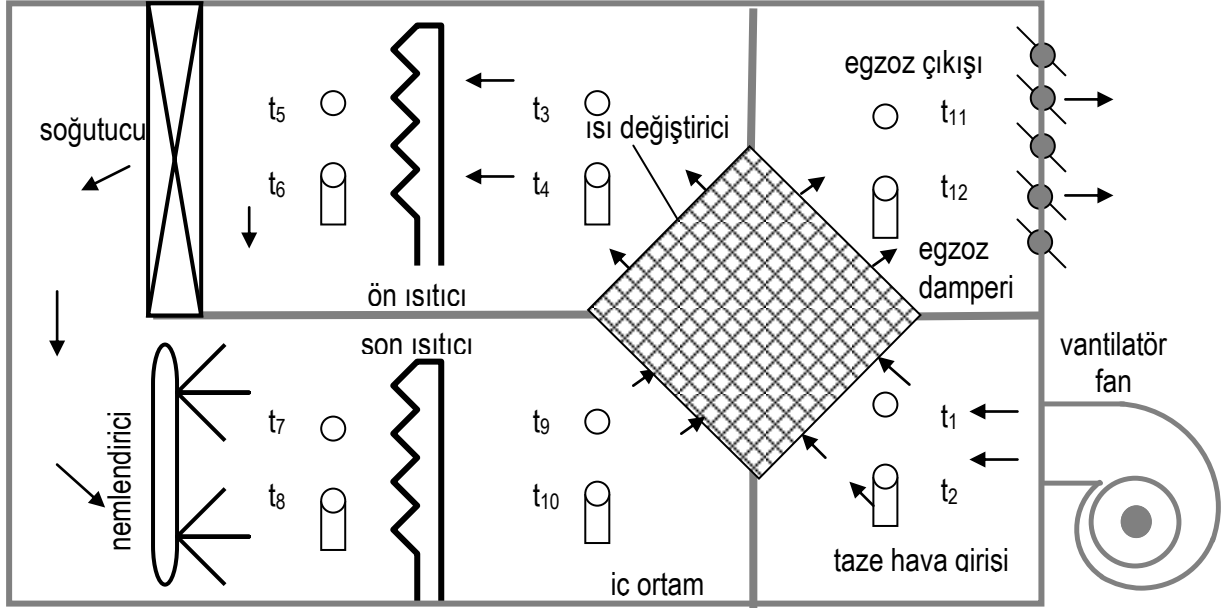
kış aylarında ısıtılır ve nemlendirilir, yaz aylarında ise soğutulur ve nemi alınır.



Şekil 2. Değişik iklimlendirme işlemleri

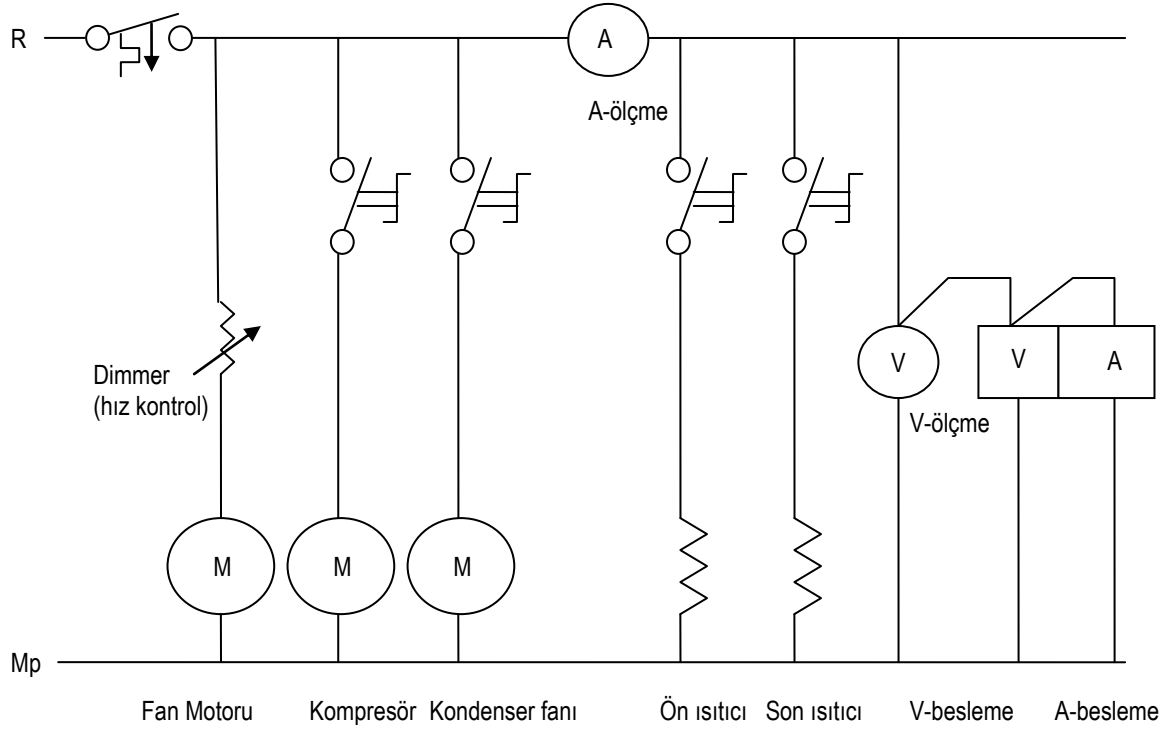
### 4. DENEY DÜZENEĞİ

#### GERİ ISI KAZANIMLI KLİMA SANTRAL EĞİTİM SETİ ŞEMASI



Şekil 3. Deney düzeneği şematik gösterimi

### ELEKTRİK KUMANDA ŞEMASI



### TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1	Fan markası ve modeli	Bahçıvan
2	Fan motor gücü ve devir sayısı	170 W, 2350 d/d
3	Fan debisi	650 m <sup>3</sup> /h
4	Ön ısıtıcı gücü	1100 W
5	Son ısıtıcı gücü	1100 W
6	Nemlendirici tipi	Su püskürtmeli dolgulu tip
7	Isı değiştirici tipi ve malzemesi	Plakalı (alüminyum)
8	Isı değiştirici modeli	BT AL 03 N 021 M T AZ SC
9	Isı değiştirici boyutları	300x300x350
10	Isı değiştirici sıra sayısı ve lamel aralığı	27 sıra-7,5 mm
11	Damper ölçüleri	200x230 mm

### ÇALIŞTIRMA VE BAKIM TALİMATNAMESİ

1. Kondenser lamelleri altı ayda bir basınçlı su ile temizlenmelidir.
2. Kompresör durdurulduktan sonra 5 dakika geçmeden tekrar çalıştırılmamalıdır.
3. Nemlendirici musluğu çok fazla açılmamalıdır. Aksi takdirde drenaj tavaşı taşabilir.
4. Fan düşük devirde iken ısıtıcıların aşırı yüklenmemesi gerekir.

A. DENEY NO: 01

B. DENEYİN ADI:

**Isıtma durumunda ısı geri ısı kazanım kapasitesinin ve veriminin hesaplanması**

C. DENEYİN AMACI:

Plakalı ısı geri kazanım cihazını tanımak ve verim hesaplamalarını yapmak

D. GEREKLİ ALET VE MALZEMELER:

- Hava hız ölçer (anemometre)

E. DENEYİN YAPILIŞI:

1. Sigortaları açarak fanı ve ön ısıtıcıyı çalıştırın.
2. Sistemdeki tüm sıcaklıkları ölçün.
3. Çevrimi psikrometrik diyagrama aktarın.
4. Isı değiştiriciden kazanılan ısı miktarını hesaplayın.
5. Isı değiştiriciden kazanılan ısı miktarını toplam ısı yüküne oranlayın.
6. Isı değiştiricinin ısıl verimini hesaplayın.

F. RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, temel işlemler, tablo değerleri ve hesaplamalar

Fan konumu	2	3	4
Giriş kuru termometre, $t_1$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Giriş yaş termometre, $t_2$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı kuru t., $t_3$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı yaş t., $t_4$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Ön ısıtma sonu kuru term., $t_5$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Ön ısıtma sonu yaş term., $t_6$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Soğ. Nem sonu kuru term., $t_7$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Soğ. nem sonu yaş term., $t_8$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Son ısıtma sonu kuru term., $t_9$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Son ısıtma sonu yaş term., $t_{10}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı kuru t., $t_{11}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı yaş t., $t_{12}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
*Hava hızı, $u$ [m/s]			
Giren havanın özgül hacmi, $v$ [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]			

\* Hava hızı fan girişinde 4 noktadan ölçülerek ortalaması bulunarak hesaplanacaktır.

A. DENEY NO: 02

G. DENEYİN ADI:

**Soğutma durumunda ısı geri ısı kazanım kapasitesinin ve veriminin hesaplanması**

H. DENEYİN AMACI:

Plakalı ısı geri kazanım cihazını tanımak ve verim hesaplamalarını yapmak

İ. GEREKLİ ALET VE MALZEMELER:

- Hava hız ölçer (anemometre)

J. DENEYİN YAPILIŞI:

1. Sigortaları açarak fanı ve kompresörü çalıştırın.
2. Sistemdeki tüm sıcaklıkları ölçün.
3. Çevrimi psikrometrik diyagrama aktarın.
4. Isı değiştiriciden kazanılan ısı miktarını hesaplayın.
5. Isı değiştiriciden kazanılan ısı miktarını toplam ısı yüküne oranlayın.
6. Isı değiştiricinin ısıl verimini hesaplayın.

K. RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı ve amacı, temel işlemler, tablo değerleri ve hesaplamalar

Fan konumu	2	3	4
Giriş kuru termometre, $t_1$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Giriş yaş termometre, $t_2$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı kuru t., $t_3$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı yaş t., $t_4$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Ön ısıtma sonu kuru term., $t_5$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Ön ısıtma sonu yaş term., $t_6$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Soğ. Nem sonu kuru term., $t_7$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Soğ. nem sonu yaş term., $t_8$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Son ısıtma sonu kuru term., $t_9$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Son ısıtma sonu yaş term., $t_{10}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı kuru t., $t_{11}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
Isı değiştirici çıkışı yaş t., $t_{12}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			
*Hava hızı, $u$ [m/s]			
Giren havanın özgül hacmi, $v$ [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]			

\* Hava hızı fan girişinde 4 noktadan ölçülerek ortalaması bulunarak hesaplanacaktır.