

# NEM ALMA SİSTEMLERİNDE NEM KAZANCININ HESABI

Ahmet ARISOY

## ÖZET

Nem alma, klima sistem tasarımında en az karşımıza çıkan konulardan birdir. Bu nedenle de az bilinmektedir. Cihaz seçimlerinde daha çok ampirik davranılmakta ve üretici firma tavsiyeleri doğrultusunda cihaz seçimi yapılmaktadır. Bu problem neme duyarlı maddelerin bulunduğu depolarda, kilise, saray vb. tarihi yapıların bodrum katlarında; özellikle dış havadaki nem oranının yüksek olduğu iklimler için; önem kazanır. Nem kazancının dış havadan enfiltrasyonla gelen nem, döşeme ve duvarlardan buhar difüzyonu biçiminde gelen nem ve kılcal yolla döşeme ve duvardan gelen nem olarak üç temel bileşeni vardır. Bu bildiride nem kazancının hesap yöntemleri ve bu hesabın yapılabilmesi için gerekli data verilecektir. Ayrıca nem alıcı cihaz tipleri, özellikleri, seçimleri ve karşılaştırılmaları üzerinde de durularak kısaca bilgi verilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Nem alma klima prosesleri içinde en az uygulananı ve bu nedenle de en az bilinenidir denilebilir. Sadece nem alma amaçlı uygulamalar kısıtlıdır. Daha çok endüstriyel alanda karşımıza çıkar. En yaygın uygulama alanı neme duyarlı maddelerin depolandığı hacimlerdir. Bazı hammadde, yarı mamul ve mamul maddeler belirli nem değerlerinin altında depolanmalıdır. Aksi halde ortamdan nem çekerek istenilen özelliklerini kaybetmektedirler. Kimya, gübre, ilaç, elektronik ve besin endüstrilerinde bunun örnekleri vardır. Diğer geniş bir alan askeri malzemenin, koleksiyonların ve tarihi eserlerin saklanmasıdır. Örneğin resim sergi salonları ve koleksiyonları belirli bir bağıl nem değerinde tutulmalıdır. Aynı şekilde saray, kilise v.b. yapılarda özellikle zemin ve bodrum katlarında nem kontrolü gereklidir. Nem almanın en bilinen uygulama alanlarından biri de kapalı yüzme havuzlarıdır. Ancak kapalı yüzme havuzlarında nem kaynağı havuz olup, buradan olan kazancın hesabı iyi bilinmektedir. Bu bildiride bu nedenle esas olarak diğer uygulamalar üzerinde durulacaktır. Yani toprak temaslı zemin ve bodrum katlarından oluşan depolarda ve yine aynı özellikteki korunmak istenen tarihi hacimlerdeki nem kazancı ve bu nemin alınması bu bildirinin esas konusudur.

Bu bildiride öncelikle ve esas itibarıyla nem kazancı hesabı üzerinde durulacaktır. Söz konusu hacimlerde bir iç nem kaynağı yoktur. Yani korunmak istenen malzemenin odaya bir nem kazancı yoktur. Yani saklanmak istenen malzeme bu hacimde kurutulmak istenmemektedir. Kurutma işlemi farklı bir konudur ve ayrı ele alınması gerekir. Burada dışarıdan nem kazancı söz konusudur. Ana problem içeride düşük bir değerde tutulan bağıl nem dolayısıyla, dışarıdan içeriye olan nem transferinin belirlenmesidir. İçeri olan nem kazancı belirlendikten sonra, bu nemi alacak cihaz seçilecektir. Bu bildiride nem alıcı cihazlar üzerinde de durulacak ve birbirleriyle karşılaştırılması yapılacaktır.

## 2. NEM KAZANCININ HESABI

İç ortam şartları saklanmak istenen malzeme özelliklerine göre belirlenir. Yapının korunması esas alındığında ahşap malzemenin ömür açısından %50 bağıl nem değerinin aşılması tavsiye edilmektedir. Aynı şekilde resim koleksiyonlarının saklanması ve sergi salonları için de %50 bağıl nem değeri yeterli olmaktadır. Diğer bazı uygulamalar için tavsiye edilen saklama ve imalat koşulları aşağıdaki gibidir:

- Metal malzeme %45
- Elektronik eşya %40
- İlaç imalatı%5-45
- Askeri cephane depolama %45

İç ortam için gerekli olan şart, genellikle bağıl nem değeridir. Sıcaklık kontrolü gerekli değildir. O halde sağlanması istenen şart, sıcaklık ne olursa olsun, bağıl nemin sabit tutulmasıdır. Bu durumda içerideki özgül nem değeri, dışarıdan daha düşüktür. İçerideki özgül nem hesap değerinin belirlenmesi için bağıl nem yanında sıcaklık değerinin de bilinmesi gerekir. Her ne kadar sıcaklık kontrolü söz konusu olmasa da, dizayn (hesap) değeri olarak kabul edilecek iç sıcaklık çok önemlidir. Hem nem kazancı değeri ve hem de nem alıcı cihaz kapasitesi (bağıl nem belli olduğuna göre) kabul edilen iç sıcaklığa çok bağlıdır. Nem alıcı cihaz kapasitesi tanımlanırken, mutlaka hangi bağıl nem ve sıcaklıktaki kapasite değerinden söz edildiği bilinmelidir. Genellikle nem alınacak depo hacimlerinde iç sıcaklık dış sıcaklıktan daha düşüktür. Ayrıca maksimum nem yükünün, maksimum dış kuru termometre sıcaklığında olmadığı bilinmektedir ve bu konu üzerinde durulacaktır. İç hesap sıcaklığını maksimum nem yüküne karşı gelen dış hava sıcaklığının 5 °C daha altında seçmek yeterince emniyetlidir.

Bir iç hacme dışarıdan nem transferi üç yolla gerçekleşir:

1. Enfiltrasyonla
2. Duvar ve döşemeden buhar difüzyonuyla
3. Toprak temaslı duvar ve döşemelerden kılcallık yoluyla su geçişiyle

## 2.1. Enfiltrasyonla nem geçişi

Dış ortamdan iç ortama infiltrasyonla hava girecektir. Enfiltrasyon miktarının hesabı üzerinde burada durulmayacaktır. Isı kaybı hesaplarında çok iyi bilindiği gibi, infiltrasyon iki biçimde tanımlanabilir:

- a. Oda hava değişim katsayısı yardımıyla

$$V_e = n \cdot V_{oda} \quad [m^3/h] \quad (1)$$

Hava değişim katsayısı, n değeri standartlar tarafından 0,5 ile 1 arasında tavsiye edilmektedir [3]. Ancak sızdırmaz yapılan ve pencere alanları az olan depolar için bu değer 0.1 ile 0.2 mertebelerine kadar inebilmektedir. Bu ifadede  $V_{oda}$  ise  $m^3$  olarak oda hacmini göstermektedir.

- b. Pencere sızdırma katsayıları yardımıyla

$$V_e = \sum a \cdot l \cdot R \quad [m^3/h] \quad (1')$$

Bu ifadede, a= sızdırma katsayısı, l= fuga uzunluğu ve R= oda durum katsayısı olup, değerleri örneğin [2]'den alınabilir. Buna göre infiltrasyonla odaya olan nem kazancı,  $M_{be}$  aşağıdaki ifadeyle belirlenebilir:

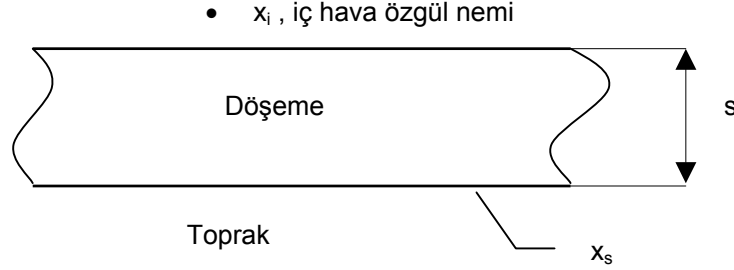
$$M_{be} = V_e \cdot \rho \cdot (x_d - x_i) \quad [gr/h] \quad (2)$$

Burada  $\rho$  dış hava yoğunluğu,  $x_d$  dış havanın özgül nemi,  $x_i$  iç havanın özgül nemidir.

İç özgül nem değeri yukarıda anlatıldığı gibi psikrometrik diyagramdan bulunur. Dış özgül nem değeri için ise, dış hesap iklim değerlerinin bilinmesi gerekir. [4]'te yaz iklim verileri arasında maksimum çiğ noktası sıcaklığı değerleri verilmiştir. Göz önüne alınan yer için bu veri mevcutsa, %0,4 risk kolonunda verilen değerlerin kullanılması önerilir. Türkiye'de hala eski iklim verileri kullanılmaktadır. Başka veri yoksa, yanıltıcı olmasına karşın yaz dış hesap kuru termometre ve buna karşı gelen yağ termometre sıcaklıkları yardımıyla psikrometrik diyagramdan özgül nem değeri okunacaktır.

## 2.2. Toprakla Temastaki Dış Duvar ve Döşemeden Difüzyonla Geçen Su Buharı

Döşeme veya dış duvar toprakla temasta ise, bu elemanların toprakla temas eden dış yüzeylerinde, döşeme (veya duvar) sıcaklığında doymuş buhar basıncı kabul edilebilir. Bu kabulü yaparken topraktaki nemin sıvı halde döşeme veya duvar dış yüzeyine ulaştığı, yani toprağın yaş olduğu kabulü yapılmaktadır. Bu noktada sıvı ve buhar denge halindedir. Dolayısıyla dış yüzeydeki doymuş buharın döşeme ve duvar malzemesi üzerinden difüzyonla iç yüzeye ulaşması, buradan da konveksiyonla iç oda havasına karışması söz konusudur.



Şekil 1. Toprakla temastaki döşemeden nem difüzyonu

$$m_{bd} = \frac{\rho}{\frac{1}{\beta} + \frac{\mu \cdot s}{D}} (x_s - x_i) \quad (3)$$

Bunun için,

veya kısmi basınç cinsinden

$$m_{bd} = \frac{1}{R \cdot T} \frac{1}{\frac{1}{\beta} + \frac{\mu \cdot s}{D}} (p_s - p_i) \quad (3')$$

yazılabilir. Burada;

$m_{bd}$ = difüzyonla geçen nem akısı (kg/m<sup>2</sup>h)

R= buharın gaz sabiti (m<sup>3</sup>.Pa/kg.K)

T= sıcaklık (K)

D= difüzyon katsayısı (m<sup>2</sup>/h)

$\beta$ = döşeme yüzeyinden kütle taşınım katsayısı (m/h)

$\mu$ = Duvar veya döşemenin difüzyon direnci (-)

s= duvar veya döşeme kalınlığı (m)

$p_s$ = duvar veya döşeme dışı veya altındaki doymuş buhar kısmi basıncı (Pa)

$p_i$ = iç hacimdeki havanın içindeki nemin kısmi basıncı (Pa)

$x_s$ = duvar veya döşeme dışı veya altındaki doymuş havanın özgül nemi (kg/kg)

$x_i$ = iç hacimdeki havanın özgül nemi (kg/kg)

$\rho$ = nemli havanın yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

Buhar difüzyonu problemlerinde genellikle  $1/\beta$  terimi,  $\mu \cdot s/D$  terimine göre çok küçüktür ve ihmal edilebilir. Bu durumda (3') ifadesi,

$$m_{bd} = \frac{1}{R \cdot T} \frac{1}{D \cdot \mu \cdot s} (p_s - p_i) \quad (3'')$$

haline gelir. Nemli hava için,  $R.T/D = 1,5 \cdot 10^6$  (m.h.Pa/kg) olarak verilmiştir. Çeşitli malzeme ve yapı elemanları için TS 825'ten alınan  $\mu$  difüzyon direnç değerleri Ek 2'de verilmiştir. Yine aynı kaynaktan alınan çeşitli haller için  $\beta$  kütle taşınım katsayıları Ek 3'de verilmiştir.  $x$  özgül nem değerleri psikrometrik diyagramdan okunabilir.  $p$  kısmi basınç değerleri kullanılmak istenirse, Ek 4'den yararlanılabilir. Bu tabloda doymuş hava için  $p_s$  değerleri verilmiştir.  $p_i$  için aynı sıcaklıktaki  $p_s$  ve bağıl nem  $\varphi_i$  değerleri çarpılmalıdır. Yani,  $p_i = p_s \cdot \varphi_i$  eşitliği geçerlidir. Bütün döşeme veya duvar yüzeyinden difüzyonla geçen toplam nem ise,

$$M_{bd} = F \cdot m_{bd}$$

olarak bulunur.

### 2.2.1. Havayla Temastaki Dış Duvardan Difüzyonla Geçen Su Buharı

Bu durumda toprakla temastaki dış yüzeydeki doymuş havanın özgül nem değeri yerine, dış hava özgül nem değeri (veya kısmi basınç değeri) alınacaktır. (3) No'lu ifade aşağıdaki hale dönüşür:

$$m_{bd} = \frac{\rho}{\frac{1}{\beta_i} + \frac{\mu \cdot s}{D} + \frac{1}{\beta_d}} (x_d - x_i) \quad (4)$$

Burada ilave terim  $1/\beta_d$  duvar dış tarafındaki kütle taşınım katsayısıdır. Dış hava özgül nem değeri ise  $x_d$  ile gösterilmiştir.

### 2.2.2. Çok Katmanlı Duvar Hali

Buhar difüzyonu için kullanılan (3) ve (4) ifadelerinde tek katman dikkate alınmıştır. Eğer çok katman söz konusu ise, eşdeğer difüzyon direnci kullanılmalıdır. Yani,

$$\mu \cdot s = \mu_1 \cdot s_1 + \mu_2 \cdot s_2 + \dots$$

ifadesi geçerlidir.

### 2.3. Döşeme Altından Kılcallıkla Suyun Döşeme Yüzeyine Taşınması

Poroz malzemeler içinde su kılcal yolla yükselir. Geniş bir kaptaki ince su tabakası üzerine poroz bir malzeme konursa, su bu malzeme içinde yukarı tırmanarak yükselir. Bu yükselme belli bir noktaya kadar gerçekleşir. Kılcal kuvvetle, yer çekimi kuvvetinin dengeye vardığı noktada su seviyesi sabit kalır. Düşey doğrultuda suyun yükselmesi,

$$X = B \cdot t^{1/2}$$

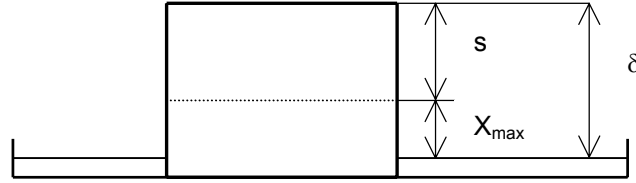
Şeklinde ifade edilebilir [1]. Aynı şekilde bu sırada emilen su miktarı,

$$G = A \cdot t^{1/2}$$

olacaktır.  $A$  [ $\text{kg}/\text{m}^2 \text{h}^{1/2}$ ] ve  $B$  [ $\text{m}/\text{h}^{1/2}$ ] boyutlu ampirik katsayılarıdır. Bu iki ifadeden yararlanarak,  $\delta$  kalınlığındaki bir levhada kılcallıkla iletilen su akışı,

$$m_{bk} = \frac{A}{\frac{\delta}{B} + \left[ \left( \frac{\delta}{B} \right)^2 - 1 \right]^{1/2}} \quad (5)$$

olarak belirlenebilir. Ancak bu ifade  $\delta$  malzeme kalınlığının maksimum su yükselme yüksekliğinden ( $X_{max}$ ) daha küçük olması halinde geçerlidir. Malzeme daha kalınsa, su  $X_{max}$  mesafesine kadar yükselir ve burada kalır. Bakınız Şekil 2.



Şekil 2. Poroz malzeme içinde suyun kılcallıkla yükselmesi

Su bu seviyede kalacaktır. Suyun üzerinde doymuş su buharı filmi kabul ederek, bu noktadan sonra nemin malzeme içerisinde buhar difüzyonuyla geçtiğini söylemek mümkündür. Böyle bir durumda toplam nem geçiş akısı için (3) ve (5) ifadelerinden yararlanarak,

$$m_{bt} = \frac{1}{\frac{1}{m_{bd}} + \frac{1}{m_{bk}}} \quad (6)$$

yazılabilir. Bu hesapta (5) ifadesinde  $\delta$  olarak  $X_{max}$  mesafesi kullanılacaktır. Genellikle  $m_{bk}$ ,  $m_{bd}$  değerinden çok daha büyük olduğundan, döşemelerde  $m_{bt} = m_{bd}$  almak, yani nem geçişi için s kalınlığındaki buhar difüzyonunu hesaplamak yeterlidir.

$m_{bk}$  değeri hesapta dikkate alınmak isteniyorsa, A ve B katsayılarının hesabı gerekir. Çeşitli malzemelerle ilgili olarak tarafımızdan yapılan deneylerde [6] bulunan değerler aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir. Bu katsayılarla ilgili literatürde verilen değerler ise Ek 1'de görülebilir.

Tablo 1. Tarafımızdan deneysel olarak bulunun su emme katsayıları

Malzeme	A [kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> ]	B [m/h <sup>1/2</sup> ]	X <sub>max</sub> [m]
Ytong	8	0.017	0.070
3 çimento+ 1 kum	13	0.024	0.080
2 çimento+ 3 kum	12	0.032	0.100
3 çimento+ 3 kum	10	0.028	0.100

### 2.3.1. Suyun Kılcallıkla Döşeme Yüzeyine Ulaşması Hali

$\delta$  döşeme kalınlığının  $X_{max}$  mesafesinden küçük olması durumunda, (3) No'lu ifade aşağıdaki şekle gelecektir:

$$m_{bt} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_i \cdot \rho \cdot (x_s - x_i)} + \frac{1}{m_{bk}}} \quad (7)$$

Burada  $x_s$  döşeme sıcaklığında doymuş havanın özgül nem değeridir. Bu durumda da genellikle (7) ifadesindeki  $1/m_{bk}$  değeri daha küçüktür ve ihmal edilebilir. Yani döşeme altındaki su kılcallıkla yüzeye ulaşabiliyorsa, ortama nem kazancını,

$$m_{bd} = \beta_i \cdot \rho \cdot (x_s - x_i) \quad (8)$$

ifadesiyle hesaplamak mümkündür.

### 2.3.2. Suyun Hidrolik Basınç Altında Duvar ve Döşemeden Geçiş

Eğer topraktaki su seviyesi döşemenin üzerindeyse veya suyla temastaki dış duvar halinde, suyun poroz ortamdan geçişi Darcy kanunuyla ifade edilebilir. Bu halde su geçişini doğuran kuvvet suyun hidrolik basıncıdır. Bu durumda odaya olan nem kazancı (8) ifadesiyle bulunabilir. Çünkü olayı kontrol eden esas mekanizma yine iç yüzeyden olan buharlaşma hızıdır. Ancak pratikte bu durumla geçici süreler dışında (yağmur yağması gibi) pek karşılaşılmaz. Topraktaki su seviyesi döşeme veya dış duvar seviyesine ulaşıyorsa, binaya dıştan bohçalama biçiminde su izolasyonu uygulanır.

### 3. ÖRNEK HESAP

Döşeme seviyesi toprak düzeyinin 1 m altında olan 2500 m<sup>2</sup> alana sahip depoda nem kontrolü yapılacaktır. Binaya ait bilgiler, iklim bilgileri ve içeride istenen dizayn şartları aşağıda verilmiştir.

$F_{dış} = 2500 \text{ m}^2$   
Tavan yüksekliği= 4.0 m  
 $F_{pencere} = 100 \text{ m}^2$   
Fuga uzunluğu, l= 500 m  
Döşeme kalınlığı= 20 cm  
Döşeme malzemesi= Beton (2 çimento+ 3 kum)  
Duvar kalınlığı= 50 cm  
Duvar malzemesi= Taş örgü duvar  
Dış hesap sıcaklığı= 33 °C  
Dış hesap yaş termometre sıcaklığı= 24 °C  
İç hesap sıcaklığı= 20 °C  
İç hesap bağıl nemi= %50

Hesapta dış duvardan olan nem kazancı ihmal edilecek, buna karşılık döşeme alt yüzeyinin suyla temas ettiği kabul edilecektir. Buna göre yapılan nem kazancı hesabı aşağıda verilmiştir.

#### 3.1. Enfiltrasyonla Nem Kazancı

Enfiltrasyon hesabı (1') ve (2) ifadeleri kullanılarak yapılacaktır. Bu ifadede a= 3, R= 0.9 ve  $\Sigma l = 500$  alınabilir.

$V_e = 3.500 \cdot 0,9 = 1350 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\rho = 1.16$  ,  $x_i = 0.0074 \text{ kg/kg}$  ,  $x_s = 0.014 \text{ kg/kg}$  ( $T_s = 20 \text{ °C}$  için)  
 $M_{be} = 1350 \cdot 1.16 \cdot (0.014 - 0.0074) = 10.336 \text{ kg/h}$

#### 3.2. Döşemeden Difüzyonla Olan Nem Kazancı

Döşeme altında su teması olduğundan, yukarıda verilen tablo yardımıyla  $X_{max} = 0.100 \text{ m}$  (=10 cm) okunur. Şekil 2 göz önüne alınarak,  $\delta = 20 \text{ cm}$ ,  $s = 10 \text{ cm}$  belirlenir. (3') ifadesinde  $RT/D = 1,5 \cdot 10^6$  ,  $\mu = 30$  alınabilir. Döşeme sıcaklığı 20 °C için,  $p_s = 2340 \text{ Pa}$  okunur. Buna karşılık  $\varphi_i = \%50$  için,  $p_i = 0.5 \cdot 2340 = 1170 \text{ Pa}$  değerindedir. Buna göre,

$$m_{bd} = \frac{1}{1,5 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 0,10} (2340 - 1170) = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}^2 \text{ h}$$

Öte yandan (5) ifadesinde Tablo 1'den alınan değerler yerine konarak,

$$m_{bk} = \frac{12}{\frac{0.10}{0.032} + \left[ \left( \frac{0.10}{0.032} \right)^2 - 1 \right]^{1/2}} = 1.97 \text{ kg / m}^2\text{h}$$

Bulunur. Her iki değer (6) ifadesine taşınırsa,

$$m_{bt} = \frac{1}{\frac{1}{0.26 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{1.97}} = 0.2599 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}^2\text{h}$$

Görüldüğü gibi, mbk teriminin etkisi hiç yoktur. Toplam döşeme yüzeyinden olan nem kazancı,

$$M_{bt} = 0.26 \cdot 10^{-3} \cdot 2500 = 0.65 \text{ kg/h}$$

### 3.3. Toplam Nem Kazancı

$$M_t = M_{be} + M_{bt} = 10,336 + 0,65 = 11 \text{ kg/h}$$

Genellikle nem alıcı cihaz kapasiteleri gün birimiyle tanımlandığından, günlük pik nem kazancı,

$$M_t = 11 \cdot 24 = 264 \text{ kg/gün}$$

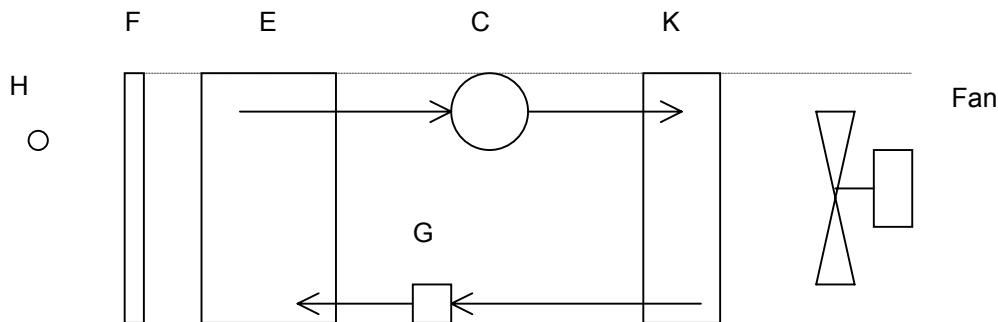
bulunur.

## 4. NEM ALICI CİHAZLAR

Nem alıcı cihazlar iki temel prensibe göre çalışan iki farklı tipte üretilmektedir. Bu iki tip burada kısaca;

- kompresörlü,
- tamburlu

olarak isimlendirileceklerdir. Kompresörlü sistemlerde cihaz içinde Şekil 3'de görüldüğü gibi bir soğutma devresi teşkil edilmiştir. Soğutma devresinin ısı çekilen evaporatör kısmındaki soğutucu yüzeylerinden nemli oda havası geçirilir. Bu yüzeylerde soğuyan hava nemini buraya bırakarak, soğuk ve kuru bir hava olarak bu bölümden çıkar. Soğutma devresinin kondenser kısmında ise dışarı ısı atılmak zorundadır. Evaporatörden çıkan soğuk ve kuru hava kondenserdan geçirilerek tekrar ısıtılır. Böylece yaklaşık oda sıcaklığında kuru hava haline gelir ve tekrar odaya üflenir. Bu cihazlarda elektrik enerjisi kompresör motoruna ve havayı hareket ettiren fan motoruna verilir. Cihazın hiçbir kanal bağlantı ihtiyacı yoktur.

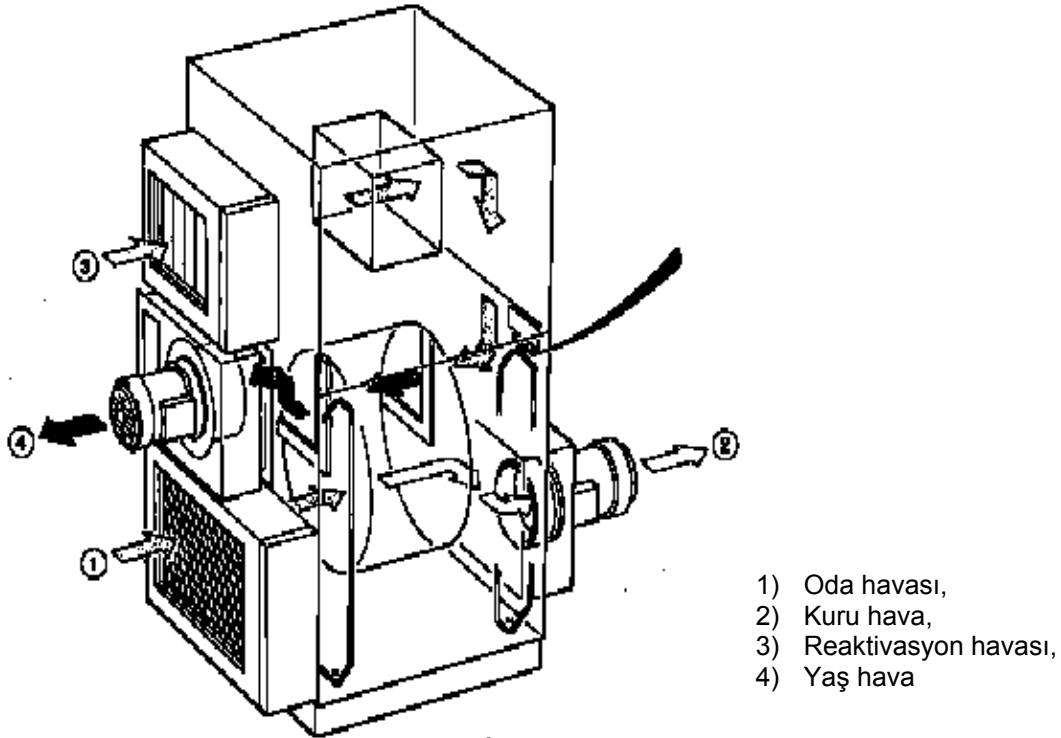


**Şekil 3.** Kompresörlü nem alma cihazları şematik gösterilimi. H: humistat, F: filtre, E: evaporatör, C: kompresör, K: kondenser, G: genişleme elemanı (kapiler boru)

Tamburlu sistemlerde Şekil 4'de gösterildiği gibi nem alıcı (higroskopik) madde emdirilmiş bir tambur bulunur. Bu tambur bir motorla çok yavaş döndürülmektedir. Tamburun iki yarısı farklı hava akımları içerisindedir. Tamburun birinci yarısı odadan emilip, tekrar odaya verilen kurutucu hava akımı içindedir. Nemli oda havası nem alıcı tambur üzerinden geçerken nemini burada bırakır, bir miktar ısınır ve bu kuru sıcak hava tekrar odaya verilir. Tamburun diğer yarısı ise odadan alınıp, dışarı atılan hava akımı içindedir. Odadan alınan hava elektrikli ısıtıcılardan geçerek önce ısınır. Sonra bu sıcak hava tamburun diğer yarısından geçer ve tambur üzerinde emilmiş suyu buharlaştırarak alır. Bu nemli ve sıcak hava bir kanalla dışarı atılır. Bu havaya reaktivasyon havası adı verilir. Böylece tambur bu bölgeden geçerken, üzerinde toplanan nem alınarak tekrar aktif hale getirilir. Eğer dışarı bir kanal bağlantısı istenmiyorsa, cihaza bir kondenser ünitesi ilave edilmelidir. Bu kondenser ünitesinde sıcak ve nemli hava, oda havasıyla soğutulurak içindeki nem yoğunlaştırılır. Bu durumda cihaz kompaktır. Dışarı bir hava bağlantısına gerek yoktur. Ancak kondenser ünitesi hem maliyeti yükseltmekte, hem de cihaz verimini bir miktar düşürmektedir. Bu cihazlarda elektrik enerjisi fan motorlarına, tambur motoruna ve elektrikli ısıtıcılara beslenmektedir.

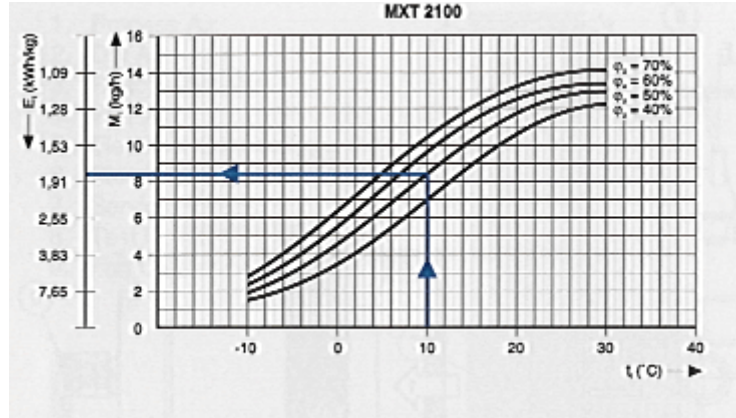
### 5. CİHAZ SEÇİMİ ve KARŞILAŞTIRILMASI

Nem alıcı cihaz seçimi cihaz kataloglarından yararlanarak yapılır. Şekil 5'te örnek olarak bir cihaz kapasite diyagramı verilmiştir. İçerideki sıcaklık ve nem değerleri belirlendiğinde, cihazın nem alma kapasitesi  $M(\text{kg/h})$  ve gerekli özgül elektrik enerjisi  $E(\text{kWh/kg})$  bu diyagramdan okunabilir. Odada istenen nem değeri ve sıcaklık değeri düştükçe, cihaz kapasitesi düşmekte ve özgül elektrik enerjisi gereksinimi artmaktadır.



Şekil 4. Tamburlu cihaz şematik gösterilimi.





Şekil 5. Örnek cihaz kapasite diyagramı

Nem alıcı cihazların çalışması bir humistat yardımı ile kontrol edilir. Oda içinde nem ayarlanan bağıl nem değerine ulaşınca, cihaz durur. Bağıl nem belirli bir değere ulaşınca, tekrar çalışmaya başlar. Soğutma kompresörlü tipler, belirli sıcaklıkların altında (5 °C mertebelerinde) etkin olarak nem alamazlar. Ayrıca her iki tipte de sıcaklık değeri düştükçe nem alma etkenliği azalır. Kışın ısıtılmayan depolarda iç ortam sıcaklığının 8 °C'nin altına fazla inmeyeceği tahmin edilebilir. Öte yandan kışın dış sıcaklık içe göre daha düşük olacaktır. Dolayısıyla dış ile iç arasında özgül nem farkı çok azdır. Dolayısıyla sistemin nem kazancı çok azalmaktadır. Bu nedenle her iki tip nem alıcı, İstanbul gibi iklimlerde, birbirine alternatif olarak bütün yıl çalışmak üzere seçilebilir. Kompresörlü tiplerin limit sıcaklık altında (örneğin 5°C) otomatik durması özelliği aranmalıdır.

Herhangi bir uygulamada farklı tip cihazlar birbirinin alternatifi olabilir. Bu cihazları karşılaştırmak üzere bir tablo hazırlanabilir. Tablo 2'de böyle bir örnek görülmektedir. Karar bu tabloya göre verilebilir. Öte yandan ihaleye çıkılacaksa, cihaza ait bir teknik şartname hazırlanır. Tablo 3'de örnek olarak hazırlanan bir şartname görülmektedir.

Tablo 2. Cihaz karşılaştırma tablosu

Konu	Kompresörlü cihaz	Tamburlu cihaz
İstenen özellik	Kanalsız	Kanalsız
20 °C sıcaklık, %50 nem şartlarında cihaz kapasitesi	70 kg/gün	78,3 kg/gün
10 °C sıcaklık, %50 nem şartlarında cihaz kapasitesi	53 kg/gün	62.5 kg/gün
0 °C sıcaklık, %50 nem şartlarında cihaz kapasitesi	5°C altında çalışmaz	38 kg/gün
Gerekli cihaz adedi	12 adet	11 adet
Toplam fiyat	149.820 SF	334.950 SF
Cihaz elektrik gücü	2200 W	4450 W
Toplam elektrik gücü	26,4 kW	50 kW
Yıllık enerji tüketimi	231.264 kWh	438.000 kWh
Yıllık elektrik gideri	26.335 SF	49.877 SF
Ses düzeyi	60 dBA	74 dBA
Toplam hava debisi	18.000 m <sup>3</sup> /h	8.800 m <sup>3</sup> /h
Gerekli elektrik fazı	Mono veya trifaze	Trifaze
Kontrol	Humistat	Humistat

**Tablo 3.** Örnek bir iş için hazırlanan şartname

Cihaz tipi	Tamburlu
Kanal gereksinimi	Kanallı
Dizayn oda şartı	20 °C sıcaklık, %50 nem
Toplam nem alma kapasitesi	260 kg/gün
Cihaz sayısı	2
Cihaz kapasitesi	130 kg/gün
Minimum nem alma sıcaklığı	5 °C
Maksimum toplam güç ihtiyacı	15 kW
Maksimum ses düzeyi	74 dBA
Yangın emniyeti	belgelenmeli
Çalışma süresi	sürekli
Ömür	10 yıl garanti
Kontrol	Humistat
Servis bakım sıklığı	3 ay ve yukarısı
Servis, yedek parça	Satıcı tarafından üstlenilen servis yedek parça garantisi

## 6. SONUÇ

Tek başına nem alma işlemi genellikle endüstriyel klimada ve depoculukta karşılaşılan bir işlemdir. Yaygın kullanma alanı olmadığından, sistem hesabıyla ilgili teori fazla bilinmemektedir. Cihaz seçimleri daha çok ampirik olarak yapılmaktadır. Cihaz seçimlerine esas olacak nem kazancı hesabında enfiltrasyon en büyük paya sahiptir. İkinci olarak ta topraktan olan nem kazancı gelir. Özellikle topraktan olan nem kazancının teorik hesabı ilginçtir. Burada buhar difüzyonu ve kılcallıkla sıvının taşınması ana mekanizmalardır. Uygulamada nem alma iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Her iki yöntem uygulamaya bağlı olarak farklı performanslar sergilemektedir. Bu nedenle cihaz seçiminde bir fizibilite çalışması yapmak gerekir.

## KAYNAKLAR

- [1] Borhan, B., Ytong El Kitabı-1, s.31-35, Türk Ytong San.A.Ş.
- [2] Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esasları, MMO. 84 No'lu yayın.
- [3] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Nisan 1998.
- [4] ASHRAE Handbook, Fundamentals,1997
- [5] Krischer, O., Kröll, K., Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Sprinkler Verlag, 1963.
- [6] Öker, E., Malzemelerden kılcallıkla nem geçişinin hesaplanması ve bir deponun nemli havasının kurutulması, Bitirme Çalışması, İTÜ Makina Fak., 1999
- [7] Arısoy, A., Dolmabahçe Sarayı Bodrum Kat Nem Kontrolü, İTÜ Geliştirme Vakfı Proje Raporu, 1998
- [8] Dry Air Methods, Munters
- [9] Firma Katalogları

## ÖZGEÇMİŞ

1950 yılı Ankara doğumludur. 1972 yılında İTÜ Makina Fakültesini Yüksek Mühendis olarak bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1979 yılında Doktor, 1984 yılında Doçent ve 1991 yılında Profesör ünvanını almıştır. Yanma ve ısı tekniği alanlarında çalışmaktadır.

**EK 1. Çeşitli malzemelerin su emme ve su nüfuz katsayıları**

Malzeme	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	A[kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> ]	B [m/h <sup>1/2</sup> ]
Ytong	500-600	4-8	0.015
Beton	2410		0.0054
Delikli tuğla	1070-1750	25	0.135
Alçı	900-1390	35	0.141
Kireç Kumtaşı	1770	4	0.0126

**EK 2. Çeşitli yapı malzemesinin difüzyon direnç faktörü,  $\mu$** 

Malzeme	Özgül ağırlık Kg/m <sup>3</sup>	difüzyon direnç faktörü, $\mu$
Tuğla	1360	6,8
Kiremit	1880	37-43
Kireçli kum, beton	1500	8
Kireçli kum, beton	1900	15
Kireçli kum, beton	2300	30
Pomza taşı, tahta	700	2
Alçı	1120	6,2
Asbest-çimento levha	1920	51
Cam %8 su	400	110
Kızıl kayın %15 su	600	11
PVC		8560
Polietilen		65000

**EK 3. Yüzey buhar geçiş katsayısı,  $\beta$** 

Yüzey	1/ $\beta$ (h)
Duvar iç yüzeyi ( $\Delta T= 4-6$ °C)	943-901
Dış duvar (rüzgarlı)	257
Dış duvar (rüzgarsız)	133

**EK 4. Doymuş hava içindeki su buharı basınçları**

Sıcaklık, (°C)	Doyma basıncı, (Pa)	Sıcaklık, (°C)	Doyma basıncı, (Pa)	Sıcaklık, (°C)	Doyma basıncı, (Pa)
30	4244	25	3169	20	2340
29	4006	24	2985	19	2197
28	3781	23	2810	18	2065
27	3566	22	2645	17	1937
26	3362	21	2487	16	1818