

# KONYA'DA KIŞ AYLARINDA YAPI MALZEMELERİNDE OLUŞAN BUHAR GEÇİŞİNİN ÖRNEKLE İNCELENMESİ

Ş. Ulaş ATMACA, Suna KARGICI

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Yapı malzemelerinde yoğuşma ya da terleme olayı birçoğu için zararlı sonuçlar doğurur. Yoğuşan suyun yapı malzemesine zarar vermemesi için yoğuşan suyun kurutma periyodunda bulunduğu bölgeden çıkması ya da malzemenin yoğuşma miktarı sınırını aşmaması gerekir. Isı yalıtımında izolasyon tabakalarının sırasına dikkat edilmediği takdirde veya aynı zamanda nem yalıtımı yapılmadığı zaman, katmanlar arasında veya duvar yüzeyinde su buharı yoğuşması olabilir. Bu yoğuşma olayı kontrol altına alınmazsa duvarlarda küf, mantar üremesi, koku veya boya bozulmalarına neden olur. Isı yalıtımının yanında su buharı yalıtımının da yapılması gerekir. Bu çalışmada Konya ikliminde kış ayında bir yapı konstrüksiyonunda buhar geçişi ve yoğuşma prosesi örnekler üzerinde incelenmiştir. TS 825'te belirtilen yöntemle yoğuşma halinde yoğuşan suyun miktarı belirlenmiştir. Ayrıca ekte, katmanlar arası sıcaklık ve basınç değerlerini bulan Pascal programlama dilinde yazılmış bir bilgisayar programı verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su buharı hareketi, Konya'da kış mevsimi, yalıtım tabakası

## ABSTRACT

The condensation and/or perspiration can constitute damages on many building materials. Condensed water should leave the condensation region in drying period or condensed water should not exceed the materials condensation limit for the protection of building material against condensed water. While insulating against heat if the order of the insulating layers were not cared or vapor insulation was not constructed simultaneously with heat insulation, water vapor could condense between the layers or on wall surfaces. If this condensation is not controlled, mold, fungus, bad smell or paint damages could occur. Heat and vapor insulation should be done simultaneously. Vapor transmission and condensation through building elements under winter conditions in Konya is studied with various examples in this study. The amount of condensed water determined by the method of TS 825. Also a computer program, written in Pascal language, for investigating the temperatures and pressures between the layers is given at appendix.

**Keywords:** Vapor behavior in building construction, winter season in Konya, order of insulation layers

## Giriş

Binalarda ısı yalıtımı daha çok enerji korunumu için düşünülmektedir. Yalıtım yapılırken su buharı hareketlerinin de göz önüne alınması gerekir.

Hava; azot, oksijen ve küçük miktarlarda başka gazlardan oluşan bir karışımdır [1]. Atmosferik hava, klima teknolojisinde iki kademeli ideal gaz karışımı olarak ele alınır. Bu bileşenlerden birincisi kuru hava (oksijen, azot ve diğer gazlar), ikincisi ise su buharıdır. Yapı malzemelerinde kışın ortaya çıkan yoğuşma ya da terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çiğ noktası sıcaklığının altında olması durumunda gerçekleşir [2]. Çoğu zaman yapı malzemelerinin yüzeyinde görülen yoğuşma kimi zaman da yapı malzemesi içinde kalabilir. Olayda etkili olan ana parametreler

- iç ve dış hava sıcaklıkları ve nem oranları
- duvarın ısı geçişine direnci
- ısı yalıtımının uygulandığı yer
- duvar bileşenlerinin diferansiyel dirençleri [6]

Yapı elemanının iki yüzeyi arasında farklı sıcaklık ve bağıl nem olması durumunda yüzeylerde farklı buhar basınçları oluşur. Kış mevsiminde iç ortamda bulunan su buharı ısı geçişi ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması durumunda yapı elemanı açısından bir problem yoktur. Ancak su buharı yapı elemanı içinden geçerken sıvı hale dönüşebilir. Bu durumda yoğuşan su duvarlarda küf, mantar üremesi, koku veya boya bozulmalarına neden olabilir. Yoğuşma olayının

önlenebilmesi için yapı bileşeninin su buharı hareketine karşı direnci artırılmalıdır. Yapı bileşenin yalıtımla su buharına ve ısı geçişine karşı direnci artırılabilir. Fakat ısı yalıtımı yaparken yalıtımın iç yüzeye ya da dış yüzeye yerleştirilmesi su buharının yoğuşacağı yer açısından önemlidir.

## TANIMLAR

### İletimle Isı Geçişi Kanunu, Ara yüzey Sıcaklıkları:

Tek boyutlu ısı geçişi temel kanunu Fourier tarafından belirtilmiş ve diferansiyel denklem olarak eşitlik (1) de gösterilmiştir.

$$q_x = k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Çok tabakalı bir yapı bileşeninin ısı geçirgenlik katsayısı

$$U = \frac{1}{\frac{1}{k_1} \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n} + \frac{1}{k_d}} \quad (2)$$

eşitliği ile ve yapı bileşeninin ısı kaybı da

$$q = U (T_i - T_d) \quad (3)$$

eşitliği ile bulunur.

Ara yüzey sıcaklıkları

- İç yüzey sıcaklığı

$$T_{yi} = T_i - \frac{1}{k_i} q \quad (4)$$

- Ortak yüzey sıcaklıkları

$$T_n = T_{n-1} + \frac{1}{k_n} q \quad (5)$$

ile bulunur.

## ISI TRANSFERİ İLE BUHAR DİFÜZYONU ARASINDAKİ BENZERLİK, SU BUHARI DİFÜZYON DENKLEMİ

Isının yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa akması gibi buhar molekülleri de basıncın yüksek olduğu yerden düşük olduğu bölgelere doğru akar [7]. Yapı

malzemeleri içindeki su buharı difüzyonu Fick tarafından ortaya atılmıştır.

Tek boyutlu buhar akışı için diferansiyel denklem

$$i = -D_p \frac{dP}{dx} \quad (6)$$

şekindedir. Kalınlığı d, su buharı kısmi basıncı iç tarafta  $P_i$ , dış tarafta  $P_d$  olan bir konstrüksiyonda buhar akışı

$$i = \frac{P_i - P_d}{d} \quad (7)$$

şeklinde ifade edilir.

Buhar geçirgenliği yerine yapı malzemesi buhar geçirgenlik direnci ( $\delta$ ) kullanılırsa ( $\delta = 1/\mu_p$ )

$$i = \frac{P_i - P_d}{\delta} \quad (8)$$

elde edilir.

$\mu$  yapı malzemesinin havaya göre direnç faktörüdür ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu = \frac{H}{\delta_n} \quad (9)$$

$\delta_n$ , 10 °C sıcaklıkta hava için yaklaşık olarak  $1.5 \times 10^6$  [mhPa/kg] değerindedir. Bu durumda (8) eşitliği

$$i = \frac{P_i - P_d}{1.5 \times 10^6 \delta} \quad (10)$$

haline gelir.

Bu eşitlik difüzyon akış yoğunluğu denklemdir.

## SU BUHARI DİFÜZYON EŞ DEĞER HAVA TABAKASI KALINLIĞI ( $S_d$ ) VE SU BUHARI DİFÜZYON DİRENCİ ( $1/\Delta$ )

Su buharı difüzyon eş değer hava tabakası kalınlığı ( $S_d$ )

$$S_d = d \quad (11)$$

ile hesaplanır.

Eşitlik (10)' da paydadaki ifadeye su buharı difüzyon direnci denir ve tek tabakalı konstrüksiyon için eşitlik

(12)'den, çok tabakalı konstrüksiyon için eşitlik (13)'ten hesaplanır.

$$\frac{1}{1.5 \cdot 10^6} \cdot d \quad (12)$$

$$\frac{1}{1.5 \cdot 10^6} \cdot (d_1 + d_2 + \dots + d_n) \quad (13)$$

Kış aylarında iç ortamdaki su buharı kısmi basıncı dış ortam su buharı kısmi basıncından büyük olmasından dolayı su buharı akışı iç ortamdan dış ortama doğru olacaktır. Yapı bileşenlerinde su buharı difüzyonu

$$i = \frac{P_i - P_d}{1} \quad (14)$$

şeklindedir.

## KİSMİ SU BUHARI BASINCI VE DOYMUŞ SU BUHARI BASINCI

Kısmi Su Buharı Basıncı  $P_i$ ,

$$P_i = P_s \quad (15)$$

şeklinde ifade edilir.  $P_s$ , T sıcaklığında doymuş su buharı basıncıdır, tablolardan veya eşitlik (16) dan hesaplanır. [8]

$$P_s = a \cdot b \cdot \frac{T^n}{100} \quad (16)$$

$$0 \leq T \leq 30 \Rightarrow a=288.68 \quad b=1.098 \quad n=8.02$$

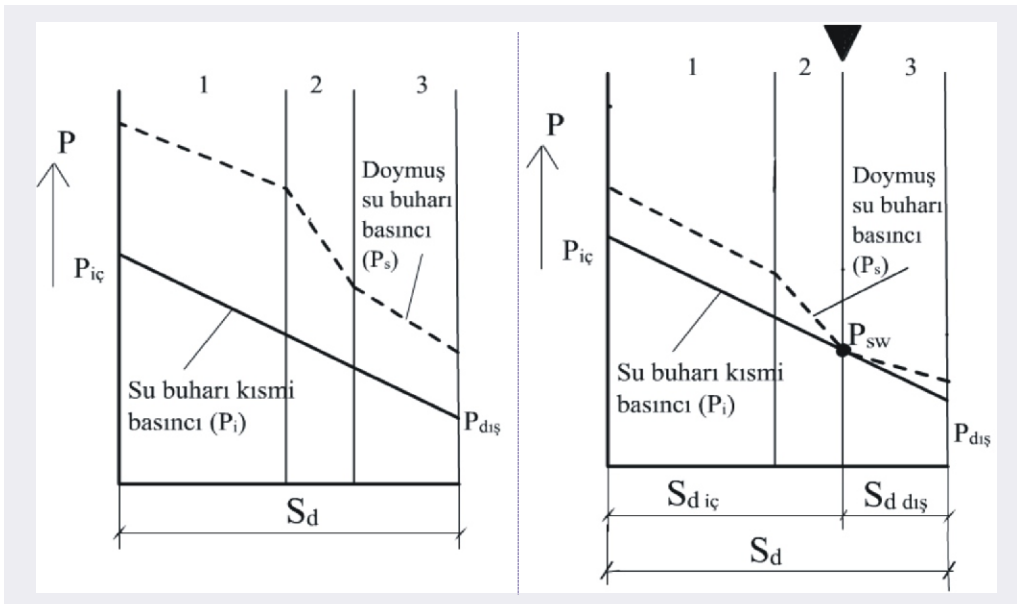
$$-20 \leq T < 0 \Rightarrow a=4.689 \quad b=1.486 \quad n=12.3$$

## YOĞUŞMA OLAYININ GRAFİKSEL İNCELENMESİ

Tabaka içinde kısmi su buharı basınçları doymuş su buharı basınçları ile karşılaştırılır.

Yapı bileşenlerinde su buharı hareketlerini izlemek için çizilen grafikte yatay eksen (x-ekseni) eş değer hava tabakası kalınlığını ( $S_d$ ), dikey eksen (y-ekseni) su buharı basınçlarını gösterir. Grafikte doyma basıncı eğrisi ile kısmi su buharı basıncı eğrilerinin kesişip kesişmediğine bakılır. Kesişme yoksa yoğuşma yoktur (Şekil 1). Eğer kesişme varsa yoğuşan suyun miktarı belirlenir (Şekil 2).

Şekil 1' de doymuş su buharı ve su buharı kısmi basınç eğrilerinin kesişmemesinden dolayı yoğuşma gözlenmemektedir. Şekil 2 de ise 2. ve 3. katmanlar arası yoğuşma gözlenmektedir. ( $P_{sw}$  noktası)



Şekil 1. Duvar Bileşenlerinde Doymuş Su Buharı ve Su Buharı Kısmi Basınçlarının Kesişmemesi Durumu

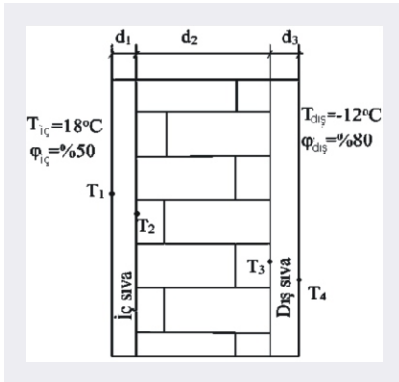
Şekil 2. Duvar Bileşenlerinde Doymuş Su Buharı ve Su Buharı Kısmi Basınçlarının Kesişmesi

### Yapı Malzemelerinde Yoğuşmanın Bir Örnekte İncelenmesi

Bu bölümde Konya şartlarında (-12 °C ve %80 bağıl nemde) bir dış duvar konstrüksiyonunda önce yalıtımsız daha sonra yalıtımın sırasıyla iç tarafa ve dış tarafa yerleştirilmesi ile oluşan su buharı hareketi ele alınmıştır.

#### Örnek 1 (Yalıtımsız durum)

Konya'da kış mevsimi için örnek bir yapı bileşeninin Şekil 3'teki gibi olduğu varsayalım.

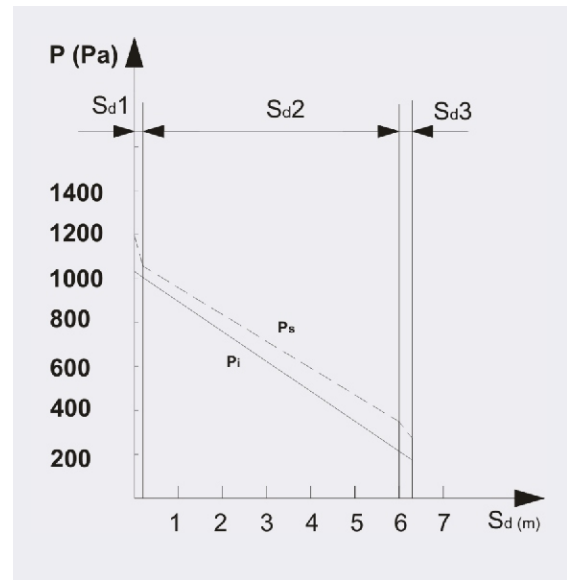


Şekil 3. Yalıtımsız Bir Dış Duvar Örneği

Tablo 1. Konya İçin Kış İklimi Dış ve İç Ortam İçin

	İç ortam şartları	Dış ortam şartları
<b>Yoğuşma periyodu</b>		
Hava sıcaklığı (°C)	18	-12
Bağıl nem φ (%)	50	80
Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)	2065	217
Su buharı kısmi basıncı Pi (Pa)	1032,5	173,6

Denklem (10)'dan difüzyon akış yoğunluğu  $i=9.088 \cdot 10^{-4}$  (kg/m<sup>2</sup>h) bulunur. Örnek 1 için, Tablo 1'deki verilere bağlı olarak, duvar elemanları için, hesaplanan basınç ve sıcaklık değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Her bir katman için Pi değerleri denklem (15), Ps değerleri denklem (16), T değerleri denklem (5) kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 4'te ise ilgili yoğuşma denetimi grafiği verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi yalıtımsız durumda duvarda yoğuşma yoktur.



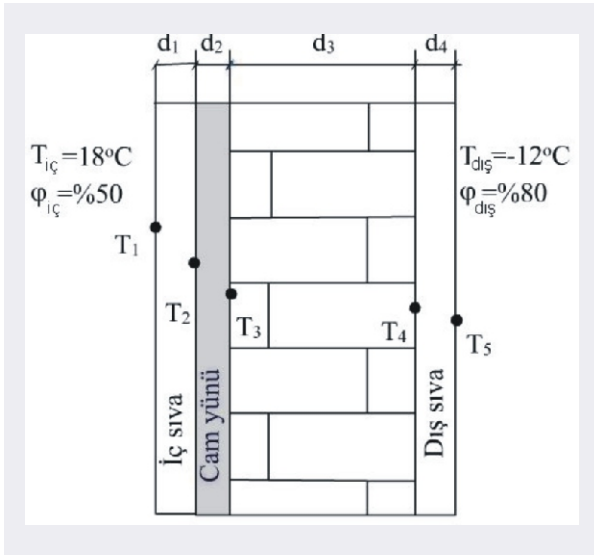
Şekil 4. Yalıtımsız Durum İçin Yoğuşma Difüzyon Grafiği

Tablo 2. Yalıtımsız Duvar Örneği İçin Difüzyon Grafiğine Ait Değerler

Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tabaka	Tabaka kalınlığı d	Su buharı difüzyon direnci katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Se	Isı iletkenlik hesap değeri kn	Yüzeysel ısı taşınım direnci, malzemenin ısı direnci 1/h, 1/λ	Ara Yüzeysel Sıcaklığı T	T sıcaklığında doymuş su buharı basıncı Ps	Su buharı kısmi basıncı Pi	
	m	-	m	W/m.K	m <sup>2</sup> K/W	°C	Pa	Pa	
	1/h <sub>e</sub> yüzeysel ısı taşınım katsayısı (iç)	-	-	-	-	18,0	2065	1032,5	
1	İç Sıva	0,020	10	0,2	0,7	9,6	1197	1032,5	
2	3 sıra boşluklu tıg (TS 825 Ek-5 S.4 7.5.2.2)	0,29	20	5,8	1,3	7,75	1056	1005	
3	Dış Sıva	0,03	10	0,3	0,7	-6,65	349	214,7	
4	1/h <sub>e</sub> yüzeysel ısı taşınım katsayısı (dış)	-	-	-	-	-9,4	274	173,6	
						-12	217	173,6	
			ΣS <sub>e</sub>	6,3	1/U=	0,464			

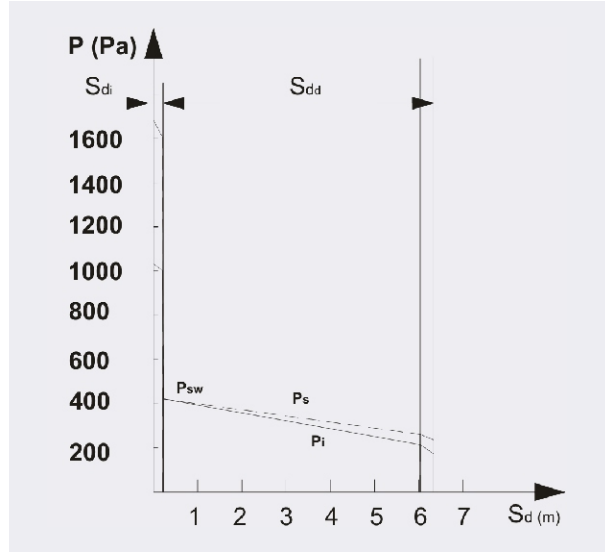
**Örnek 2 (Sıcak yüzde 3 cm kalınlığında cam yünü olması durumu)**

Örnek 1 deki yapı bileşeninin ısı kaybını azaltmak için iç tarafa 3 cm cam yünü ısı yalıtımı yapıldığı düşünülürse,



Şekil 5. Yalıtımın İç Tarafında Olması Durumu

$P_{s3} < P_3$  ( $421 < 1001$ ) olmasından dolayı konstrüksiyon içinde su yoğuşması vardır. Yalıtım yapmakla ısı kaybı oldukça azalmıştır fakat su buharı difüzyonu açısından yalıtım elemanı uygun konumda değildir. Yoğuşmayı önlemek için buhar kesici ile birlikte yalıtım yaparak



Şekil 6. Yalıtımın Sıcak Yüzeye Yakın Yerleştirilme Durumu İçin Yoğuşma Difüzyon Grafiği

Tablo 3. Yalıtımın Duvarın İç Tarafında Olması Durumunda Difüzyon Grafiğine Ait Değerler

Sıra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
No	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su buharı difüzyon direnci katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isı iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı taşınım direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı	Su buharı kısmi basıncı
		d	$\mu$	$S_d$	$k_h$	$1/h, 1/\Lambda$	T	$P_s$	$P_i$
		m	-	m	W/m.K	$m^2K/W$	$^{\circ}C$	Pa	Pa
	$1/h_i$ yüzeysel ısı taşınım katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,130	18,0	2065	1032.5
1	İç Sıva	0,020	10	0,2	0,7	0,029	14,78	1683	1032.5
2	Cam yünü	0,03	1	0,03	0,04	7.5	14,08	1608	1005
3	3 sıra boşluklu tgl (TS B25 Ek.5 S.N 7.5.2.2)	0,29	20	5.8	1.3	0.22	-4,44	421	1001
4	Dış Sıva	0,03	10	0,3	0,7	0,043	-9,95	261	214
	$1/h_d$ yüzeysel ısı taşınım katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,040	-11,01	237	173.6
				$\Sigma S_d$	6.33	$1/U=$	-12	217	173.6
						1.214			

duvarların, çatıların ve tavanların ısı direncini artırmak, aralarında hava boşluğu olan iki veya üç camlı pencere kullanarak pencerenin ısı direncini artırmak, oda içinde beklenen en düşük yüzey sıcaklığının altında bir çığ noktasına sahip oda tasarlamak ve yüzey üzerinden geçen havanın hızını artırarak yüzey direncini düşürmek uygulanan yöntemlerdendir.

Yoğuşma dönemi periyodu 1440 saat alınırsa yoğuşan su miktarı :

$$w_T = 1440 \frac{1032.5}{0.2} \frac{421}{0.03} \frac{421}{5.8} \frac{173.6}{0.3} 10^{-6} = 3.77 \text{kg/m}^2$$

Yapı bileşeninin içinde yoğuşma esnasında yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının buharlaşma süresince buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verilmesi sağlanmalıdır. Yoğuşma suyuyla temas eden yapı malzemesinde herhangi bir hasar meydana gelmemelidir.

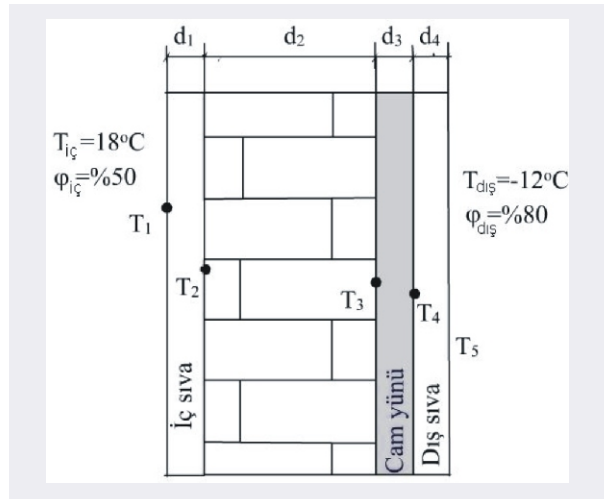
Tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesinin miktarı toplam olarak  $1.0 \text{kg/m}^2$  yi geçmemelidir. Yoğuşma suyu kılcal olay dolayısıyla suyu absorbe edemeyen yapı malzemesi tabakalarının birbirlerine temas etkileri yüzeylerde oluyor ise bu durumda suyun akma veya damlamasını önlemek amacıyla müsaade edilen yoğuşma suyu kütlesinin miktarı  $0.5 \text{kg/m}^2$  yi geçmemelidir. Bu husus bir tarafta mineral yün ısı yalıtım malzemesi veya hava tabakası ile

diğer tarafta buhar kesici veya beton tabakaları bulunan temas yüzeylerine uygulanır.

Ahşap malzemelerdeki nem muhtevasının kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5'ten daha fazla artmasına izin verilmez, işlenmiş ahşap ürünlerinde (sunta vb.) ise %3'ten daha fazla artmamalıdır.

Örnek 2'deki konstrüksiyonda cam yününün yeri örnek 3'deki gibi duvarda dış tarafa yerleştirilirse;

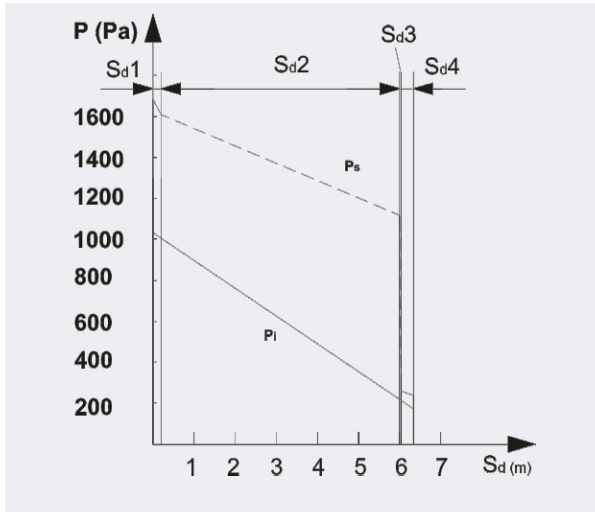
### Örnek 3 (Yalıtımın soğuk yüzde olması durumu)



Şekil 7. Yalıtımın Duvarın Dış Yüzeyine Yakın Yerleştirilmesi Durumu

Tablo 4. Yalıtımın Duvarın Dış Tarafında Olması Durumunda Difüzyon Grafiğine Ait Değerler

Sıra No	1 Tabaka	2 Tabaka kalınlığı	3 Su buharı difüzyon direnci katsayısı	4 Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	5 Isı iletkenlik hesap değeri	6 Yüzeysel ısı taşınım direnci, malzemenin ısı direnci	7 Sıcaklık	8 Doymuş su buharı basıncı	9 Su buharı kısmi basıncı
		d	μ	S <sub>d</sub>	k <sub>h</sub>	1/α, 1/Λ	T	P <sub>s</sub>	P <sub>i</sub>
		m	-	m	W/m.K	m <sup>2</sup> K/W	°C	Pa	Pa
	1/α <sub>i</sub> yüzeysel ısı taşınım katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,130	18,0	2065	1032,5
							14,78	1683	1032,5
1	İç Sıva	0,020	10	0,2	0,7	0,029			1005
2	3 sıra boşluklu tgl(TS 825 Ek.5 S.N 7.5.2.2)	0,29	20	5,8	1,3	0,22	14,08	1608	
3	Cam yünü	0,03	1	0,03	0,04	0,75	8,57	1117	218,6
4	Dış Sıva	0,03	10	0,3	0,7	0,043	-9,95	261	214,5
	1/α <sub>e</sub> yüzeysel ısı taşınım katsayısı(dış)	-	-	-	-	0,040	-11,01	237,5	173,6
							-12	217,3	173,6
			ΣS <sub>d</sub>	6,33	1/U=	1,214			



Şekil 8. Yalıtımın Soğuk Yüze Yakın Olması Durumu İçin Yoğuşma Difüzyon Grafiği

Tüm ara yüzeylerde doyma basınçları su buharı kısmi basınçlarından büyük olduğu için yapı malzemesi içinde yoğuşma olmamaktadır.

## SONUÇ

Yapılarda ısı kaybını azaltmak için yalıtım uygulamalarında su buharı hareketleri de göz önüne alınmalıdır. Yukarıdaki örnekten de görülebileceği gibi yalıtımlı durumda ısı kaybı yalıtımsız duruma göre %38 oranında azalmıştır. Fakat yalıtımın iç tarafa yerleştirilmesiyle yalıtım elemanının üzerinde su buharı yoğuşması olmuştur. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için yalıtım dış tarafa yerleştirilmiştir. Bazı konstrüksiyonlarda yalıtımın iç tarafa yerleştirilmesi gibi bir zorunluluk olabilir. Bu gibi durumlarda konstrüksiyonda buhar kesicilerin kullanılması yararlıdır. Yeterli buhar geçiş direncini oluşturmak için kullanılan buhar kesiciler daima sıcak yüzeyde bulunmalıdır.[3].

Yapı malzemelerinde oluşan yoğuşmayı en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için aşağıdaki önlemler alınabilir. [2]:

- Yapı elemanını oluşturan tabakaları difüzyon tekniğine uygun sıralanabilir.
- İç ortam bağıl nemini azaltılabilir.

- Yapıda sıcak tarafa uygun buhar kesiciler yerleştirilebilir.

## SEMBOLLER

- $q_k$  : Isı akısı ( $W/m^2$ )
  - $k$  : Isı iletim katsayısı ( $W/mK$ )
  - $i$  : su buharı akısı ( $kg/m^2h$ )
  - $\mu_p$  : buhar geçirgenliği (permeabilite)( $kg/hmPa$ )
  - $P$  : Su buharı kısmi basıncı (Pa)
  - $P_s$  : Su buharı doyma basıncı (Pa)
  - $P_{sw}$  : Doymuş su buharı basıncı (Pa)
  - $P_i$  : Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyi ile temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
  - $d$  : Yapı malzemesi kalınlığı (m)
  - $\delta$  : Buhar geçirgenlik direnci ( $Pa.mh/kg$ )
  - $\delta_{H_1}$  : Havanın buhar geçirgenlik direnci ( $Pa.mh/kg$ )
  - $1/\Delta$  : Yapı malzemesi özgül buhar direnci ( $Pa.m^2h/kg$ )
  - $\varphi$  : Bağıl nem (%)
  - $h$  : Isı taşınım katsayısı ( $W/m^2K$ )
  - $T$  : Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )
  - $U$  : Toplam ısı geçirgenlik katsayısı ( $W/m^2K$ )
- Alt indisler
- İç : iç ortam
  - Dış : dış ortam

## Ek- Bilgisayar PROGRAMI

```
uses crt;
Var
d,n,Sd,k,gma:array[1..3] of real;
T, P, Ps:array[1..4] of real;
I:byte;
TSd, Tgma, birboluU,gg:real;
q:real;
Tic,Tdis:real;
begin
clrscr;
write('İc sicakligi giriniz..');read(Tic);
```

```

write('Dis sicakligi giriniz..');
read(Tdis);for I:=1 to 3 do
begin
write(I, '. tabaka kalinligini
giriniz..'); Read(d[I]);
write(I, '. tabaka su buh. dif. direncini
giriniz..'); read(n[I]);
write(I, '. tabaka isi iletim katsayisini
giriniz..'); read(k[I]);
end;
for I:=1 to 3 do
begin
Sd[I]:=d[I]*n[I];
gma[I]:=d[I]/k[I];
end;
TSd:=0; Tgma:=0;
for I:=1 to 3 do
begin
TSd:=TSd+Sd[I];
Tgma:=Tgma+gma [I];
end;
birboluU:=0.13+0.04+Tgma;
q:=( (Tic-Tdis) /birboluU);
T[1]:=Tic-(q*0.13);
for I:=2 to 4 do
begin
T[I]:=T[I-1]-q*gma [I-1];
End;
for I:=1 to 4 do
begin
if (T[I]>=0) and (T[I]<=30) then
Ps[I]:=288.68*exp(8.02*ln(1.098+(T[I]/10
0)));
if (T[I]>=-20) and (T[I]<0) then
Ps[I]:=4.689*exp(12.3*ln(1.489+(T[I]/100
)));
End;
gg:=(1032.5-173.6) / (1500000*TSd);
P[1]:=1032.5;

```

```

for I:=2 to 4 do
begin
P[I]:=P[I-1]-1500000*Sd[I-1]*gg;
end;
for I:=1 to 4 do
begin
writeln(T[I]);
end;
for I:=1 to 4 do
begin
writeln(Ps[I]); end;
begin
for I:=1 to 4 do
writeln(P[I]); end;
End.

```

## KAYNAKÇA

1. **Derbentli, T.**, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Mc-Graw-Hill, LiteratürYay. (Çev.) 1996.
2. **Bilge, D., Bilge, M., Heperkan, H.**, "Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu Prosesinin İrdelenmesi" IV. Uluslararası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu, 17-19 Nisan 2000, İstanbul.s.149.
3. TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"
4. **Incropera&DeWitt**, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", JohnWiley Sons, 4th. Ed., 1990
5. "ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), Bölüm 22", Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınları, 1998.
6. "Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları", MMO Yay. No. 84, 14. Baskı, Makina Mühendisleri Odası, 2000, İstanbul.
7. **Özer, M.**, "Yapılarda Isı-Su Yalıtımları Yapı Fiziksel Tanım Hesaplama Esasları", ÖzerYay., No.13, 1982, İstanbul.
8. Treybal, Mass Transfer Operations, Mc-Graw Hill, 1978