

HİGRO-TERMİK DAVRANIŞLAR AÇISINDAN ZEMİNLE SINIRLI DUVAR

Erkin ERTEN

Yük. Müh. (Mimar)

KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜNCE

« DOKTOR »

ÜNVANININ VERİLMESİ İÇİN KABUL EDİLEN TEZDİR

Tezin Enstitüye verildiği tarih : 3 Ekim 1983

Tezin savunmasının yapıldığı tarih : 26 Nisan 1984

Doktora Yöneticisi : Prof. Dr. Turan ILGAZ (KÜ)

Jüri Üyesi : Prof. Lâmi ESER (KÜ)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Nihat TOYDEMİR (İTÜ)

Bula

İ Ç İ N D E K İ L E R

TÜRKÇE ÖZET
ALMANCA ÖZET
NOTASYON

Giriş	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
1. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINI ZORLAYAN ETKENLER	3
1.1. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINI ZORLAYAN SU VE NEME İLGİLİ ETKENLER	4
1.1.1. YAPIYI ZEMİN YÖNÜNDEN ZORLAYAN SU VE NEM TÜRLERİ	4
1.1.2. YAPI ELEMANI İÇİNDE VAR OLAN NEMLİLİK	7
1.1.3. İÇ ORTAMDAN KAYNAKLANAN NEMLİLİK	8
1.2. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANI ÜZERİNDEKİ ISIL ETKİLER	9
1.3. BÖLÜMÜN SONUCU	22
İKİNCİ BÖLÜM	
2. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINDA SU VE NEME KARŞI KORUNUM AMACIYLA KULLANILAN MALZEME VE ÖNLEMLER	25
2.1. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINDA SU VE NEME KARŞI KORUNUM AMACIYLA KULLANILAN MALZEME	25
2.1.1. KATI (RİJİT) MALZEME	25
2.1.2. YARI ELASTİK BİTÜMLÜ HARÇ	26
2.1.3. KATMANLARDAN OLUŞAN ELASTİK MALZEME	27

2.2. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINDA SU VE NEME KARŞI ÖNLEMLER	29
2.2.1. ZEMİN NEMİNE KARŞI KORUNUM.....	30
2.2.2. BASINÇSIZ SUYA KARŞI KORUNUM	35
2.2.3. BASINÇLI SUYA KARŞI KORUNUM	41
2.3. BÖLÜMÜN SONUCU	51
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
3. ISIL VE NEMSEL OLAYLAR AÇISINDAN ZEMİNLE SINIRLI DUVAR	53
3.1. ISIL AKIM VE ZEMİNLE SINIRLI DUVARIN İLİŞKİSİ	53
3.2. SU BUHARI DİFÜZYONU VE ZEMİNLE SINIRLI DUVAR	57
3.3. BÖLÜMÜN SONUCU	76
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
4.1. ZEMİNLE SINIRLI DUVARDA İÇ ORTAMDAN KAYNAKLANAN SU BUHARININ YOĞUŞMASINI VE KURUMASINI SAĞLAYAN FİZİKSEL KOŞULLAR	79
4.2. ZEMİNLE SINIRLI DUVARDA YOĞUŞMA VE KURUMA DÜZEYİNİN SAPTANMASINDA KULLANILABİLECEK BİR YÖNTEM	82
BEŞİNCİ BÖLÜM	
5. UYGULAMA	85
ALTINCI BÖLÜM	
6. TEZİN SONUÇLARI VE ÖNERİLER	109
NOTLAR	111
EKLER	121
YARARLANILAN KAYNAKLAR	131
ÖZGEÇMİŞ	135

ÖZET

Zemin altında yer alan ve insanlar tarafından sürekli kullanılan hacimleri kuşatan zeminle sınırlı duvarın higro-termik davranışı bu tezin konusunu oluşturmaktadır.

I. Bölümde, zeminle sınırlı yapı elemanını zorlayan etkenler iki grupta ele alınarak anlatılmaktadır.

1- Su ve nemle ilgili etkenler

- . Yapıyı zemin yönünden zorlayan su ve nem türleri (zemin nemi, basınç yapmayan yüzey ve sızıntı suyu, zemin suyu)
- . Yapı elemanlarında var olan nemlilik (yapı nemi, sürekli nem)
- . İç ortamdan kaynaklanan nemlilik (kullanma suyu, çiyleşme suyu, su buharının oluşturduğu nemlilik)

2- Isıl etkiler

II. Bölümde, zeminle sınırlı yapı elemanlarında su ve neme karşı korunum amacıyla kullanılacak malzemeye ve alınan önlemlere yer verilmiştir.

Bu amaçla kullanılan malzeme üç grupta toplanmaktadır:

- 1- Katı (rijit) malzeme
- 2- Yarı elastik bitümlü harç
- 3- Katmanlardan oluşan elastik malzeme

Zeminle sınırlı yapı elemanını korumak amacıyla alınan önlemler ise karşılaşılan su ve nem türüne göre üçe ayrılmıştır.

- 1- Zemin nemine karşı korunum
- 2- Basınsız yüzey ve sızıntı suyuna karşı korunum
- 3- Basıncılı zemin suyuna karşı korunum

III. Bölümde, ısıl ve nemsel olaylar ayrı ayrı ele alınmakta, zeminle sınırlı duvarın bu açıdan durumu açıklanmaktadır.

Yine bu bölümde, yapı elemanında yoğunlaşma ve kuruma miktarlarını süreye bağlı olarak grafik yolla bulmayı amaçlayan bir düzenleme önerilmekte, tezdeki uygulamalarda da keza bu düzenleme kullanılmaktadır.

IV. Bölümde, iç ortamdan kaynaklanan su buharının zeminle sınırlı duvarda yoğunlaşmasını ve kurumasını sağlayan fiziksel koşullar Glaser grafik yöntemi yardımıyla irdelenmekte, yoğunlaşma ve kuruma miktarlarının belirlenmesinde kullanılabilecek bir yöntem araştırılmaktadır.

Fiziksel koşulların irdelenmesi kısaca şöyledir:

Sürekli yaşanan iç ortamı kuşatan zeminle sınırlı duvarın dış etkilere karşı en azından bir kat yalıtım örtüsü ile korunmaları gerekmektedir. Difüzyon dirençleri çok yüksek olan yalıtım örtülerinin kalınlıkları az olduğundan ısıl dirençleri düşüktür. Dolayısıyla yalıtım-duvar temas yüzeyi zemin sıcaklığından öncelikle etkilenir. Aynı zamanda iç ortamdan gelen su buharı da yine burada büyük bir engelle karşılaşacağından yoğunlaşma burada başlar.

Glaser grafik yönteminde difüzyon dirençlerine göre oluşturulan duvarda görelî basınç gradyanı yatay durumda iken doyma eğrisini yalıtım-duvar temas yüzeyinde kesmekte, bu ise sözkonusu yüzeyde yoğunlaşma olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda, iç ortam görelî basıncı ile temas yüzeyindeki doyma basıncı eşittir. Dolayısıyla da yoğunlaşmanın yalıtım-duvar temas yüzeyinde başladığı söylenebilir. Temas yüzeyinde çiyleşme sıcaklığını oluşturacak zemin sıcaklığı ise o konstrüksiyon için kritik dış (zemin) sıcaklıktır. Bu sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda buharlaşma, altındaki sıcaklıklarda ise yoğunlaşma sözkonusu olacaktır.

Zeminle sınırlı duvarda yoğunlaşma ve kuruma miktarlarının saptanması amacıyla önerilen yöntem de bu esaslara dayandırılmaktadır.

Önerilen yöntemde sırasıyla:

- . Kritik zemin sıcaklığı bulunmakta,
- . Yoğunlaşma ve kuruma süreleri, yaz ve kış için hesap sıcaklıkları belirlenmekte, duvardaki ısıl dağılım saptanmakta,
- . Nem denetimi yapılmakta, yoğunlaşma ve kuruma miktarları saptanmaktadır.

V. Bölümde uygulamalar yer almaktadır.

Uygulama için dış taraftan yalıtım örtüsü ile korunmuş iki tür duvar seçilmiştir:

- Dolu tuğla duvar (A Duvarı)
- Beton 250 duvar (B Duvarı)

Bu duvarların, içinde sürekli oturulan ve higro-termik koşulları aşağıdaki gibi saptanmış bodrum hacimlerini sınırladıkları varsayılmaktadır.

İç ortam hava sıcaklığı $t_{ih} = 20^{\circ}\text{C}$,

İç ortam göreceli nemi $\phi_{ih} = \% 50$

Söz konusu duvarlar I., II., III. ve IV. Sıcaklık Dilimlerinde yer alan birer yerleşme merkezinde nemsel açıdan denetlenmektedir.

VI. Bölümde tezin sonuçları ve yapılan öneriler yer almaktadır.

Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- . Yoğuşma olayının başladığı "yalıtım-duvar" temas yüzeyi konstrüksiyonun en hassas noktasıdır. Bu kesimde sıcaklık düzeyinin ayarlanması gerekir.,
- . Yalıtım ile iç ortam arasında kalan duvar kesimi, yoğuşmayı etkilemesi açısından sanki mevcut değilmiş gibi düşünülebilir. Yalıtım ile iç ortam arasındaki duvar kesiminde iç ortam çiyleşme sıcaklığının altına düşülmemelidir.,
- . Sıcaklıkların nisbeten düşük olduğu zemin yüzeyine yakın duvar kesimlerinde yoğuşma da artacaktır. Bu kesimde, yoğuşma hesapları için zemin yüzeyine en yakın (0.05 m deki) Meteorolojik verilerin kullanılması doğru olacaktır.,
- . Duvar iç yüzeyine difüzyon direnci yüksek malzeme uygulanması halinde kuruma olayı engellenir. Dolayısıyla bu tür malzemenin, yoğuşmanın şiddetli olduğu duvar üst kesimlerinde kullanılması özellikle sakıncalıdır.,
- . Konstrüksiyon içinde yoğuşma yüksek düzeyde ise veya kuruyamama olasılığı varsa, ya iç ortam kullanım amacı değiştirilmeli, ya da duvarın zeminle ilişkisi kesilmelidir (örn. kuranglez vb.).

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wurde der Versuch unternommen, die hygro-termische Ereignisse in der Kelleraußenwände zu untersuchen. Es wurde hier angenommen, dass erdberührende Wände einen gewohnten oder bewirtschafteten Raum umgeben.

Im ersten Kapitel wurde die beeinflussende Faktoren der Kelleraußenwände in folgender 2 Gruppe untersucht:

1. Das Wasser und die Feuchtigkeit betreffende Faktoren:

- a) Die Feuchtigkeit, die von aussen auf die Kelleraußenwand einwirkt:
 - . Grundwasser
 - . Nichtdrückendes Oberflächen - und Sickerwasser
 - . Bodenfeuchtigkeit
- b) Die Feuchtigkeit, die in der Kelleraußenwand enthalten ist:
 - . Baufeuchtigkeit
 - . Dauerfeuchtigkeit
- c) Die Feuchtigkeit, die im Kellerraum entsteht und die Kelleraußenwand beeinflusst:
 - . Brauchwasser
 - . Tauwasser
 - . Wasserdampf

2. Die Wärme betreffende Faktoren

Die vom Erdreich beschränkte Kelleraußenwand beeinflusst sowohl von der Bodentemperatur als auch von der Grundwassertemperatur. Die Bodentemperatur ändert sich von der Tiefe des Erdreiches abhängig. Die Grundwassertemperatur kann dagegen überall im Erdreich $+10^{\circ}\text{C}$ angenommen werden.

Im zweiten Kapitel wurde erklärt, dass welche Baustoffe gegen das Wasser und die Feuchtigkeit gewählt sind und welche Massnahmen getroffen werden.

Die bei der Kellerwand verwendeten Baustoffe bilden 3 Hauptgruppen:

- Rigide Baustoffe: Sperrputz, Sperrbeton

- Halb elastische Baustoffe: Bituminöse Spachtelmassen
- Elastische Baustoffe: Bituminöser Voranstrichmittel, bituminöse Anstriche, bituminöse Klebmassen, bituminöse Dichtungsbahnen und termoplastische Kunststoff-Folien.

Gegen die Feuchtigkeit und das Wasser die Kelleraussenwand zu beschützen, werden verschiedene Massnahmen getroffen. Diese Massnahmen ändern sich nach den Arten der Beanspruchungen. Die Arten der Beanspruchungen können folgenderweise gruppiert werden:

- Bodenfeuchtigkeit
- Nichtdrückendes Wasser
- Druckwasser

Gegen die Bodenfeuchtigkeit werden waagrechte und senkrechte Abdichtungsweisen verwendet. Die senkrechte Abdichtung schützt die Kelleraussenwand gegen die Bodenfeuchtigkeit. Dagegen verhindert die waagrechte Abdichtung die kapillarische Steigung der Feuchtigkeit.

Im allgemeinen werden die senkrechten Abdichtungen, soweit sie vom Erdreich berührt werden, aus mehrfachen bituminösen Aufstrichen hergestellt. Der Sperrputz und -beton können zu diesem Zweck auch verwendet werden. Alle diese Baustoffe können keine hundertprozentliche Abdichtung herstellen und sie lassen Feuchtigkeit weiter ziehen, daher können solche Räume nicht gewohnt werden. Der gewohnte Kellerraum soll mit den einlagigen verklebten Dichtungsbahnen abgedichtet sein.

Für die Schutzmassnahmen der Kelleraussenwand wird gegen nichtdrückendes Wasser als erstens Dränagen gebaut. Grundsätzlich kann nur dann auf eine Dränage versichtet werden, wenn das Bauwerk in einem durchlässigen Boden, in dem keine horizontale Bewegung des in den Boden sickern den Niederschlags -bzw. Oberflächenwassers zu erwarten ist, errichtet wird. In allen anderen Fällen, insbesondere wenn hinsichtlich der unterschiedlichen Einflussfaktoren (Regenspende, Topografie, Grösse und Lage des Einzugebietes zum Gebäude; Bodenverhältnisse-Bodenart, -gefüge, schichtungsverlauf- auch in grösseren Tiefen) keine eindeutigen, in ihrer Auswirkung abschätzbaren Verhältnisse vorliegen, sollte eine dauerhaft wirksame Dränage angelegt werden. Die Dränage sollen unbedingt

mit den vertikalen Sickerschichten ausgestattet sein. Der vertikalen Sickerschicht (Dränagenschicht) als einem Teil des gesamten Dränsystems kommt die Aufgabe zu, das verfüllten Arbeitsraum anfallende Wasser flächig aufzunehmen und senkrecht nach unten dem Dränrohr zügig zuzuleiten. Um auf Dauer funktionsfähig zu bleiben, muss verhindert werden, dass dabei Bodenbestandteile in die Sickerschicht gelangen. Gegen Druckwasser wird die Wasserdruckhaltenden Aussenabdichtung, die sogenannte Abdichtungswanne gebaut.

Für diese Abdichtung sind die Dichtungsbahnen sehr gut geeignet. Lagenanzahl der Dichtungsbahnen hängt von der Höhe des hydrostatischen Druckes und von der Grösse der Einsperrung der Abdichtung.

Im dritten Kapitel wurde hygro-termische Ereignisse erklärt und ihre Verhältnisse zur Kelleraussenwand untersucht.

Wenn das Kellergeschoss gewohnt ist, gewinnt die hygro-termische Ereignisse die Bedeutung.

Im Kellerbereich sind besonders die sich durch die Wasserdampfdiffusion ergebenden Probleme zu beachten. Werden nämlich die Kellerwände auf der Aussenseite mit wasserdichten Sperrschichten verkleidet, dann sind diese Schichten auch wasserdampfdicht. Dies kann Tauwasserbildung in der Wand zur Folge haben, auch wenn die Dämmschicht auf Aussenseite angeordnet ist.

Im Erdreich beherrscht im dauerhaft der Sättigungsdampfdruck und dieser ist immer mit dem Wasserdampfteildruck übereinstimmend.

Ausserdem wird in diesem Kapitel für die Tauwassermenge und verdunstete Wassermenge in der Aussenwand eine neue graphische Methode vorgeschlagen und diese Methode in dieser Arbeit bei den allen Beispielen angewendet.

Im vierten Kapitel wurde den im Kellerraum entstandenen Wasserdampf untersucht und seine Austrocknung und sowie Kondensation verursachte physikalische Ereignisse in der Kelleraussenwand festgelegt.

Ausserdem wurde in diesem Kapitel für diese Feststellung der Austrocknung und Kondensation in der Kellerwand mit der Hilfe des Glaser-Verfahrens

einen neuen Vorschlag gemacht.

Diese Vorschlag folgenderweise erklärt werden :

- . Die Festlegung der kritischen Bodentemperatur,
- . Die Festlegung der Befeuchtungsperiode und Trocknungsperiode,
- . Die Festlegung der Bodentemperatur für den Winter und Sommer,
- . Die Festlegung der Temperaturverteilung in der Kelleraussenwand,
- . Die Feuchtigkeitskontrolle in der Wand,
- . Die Festlegung der Austrocknungs und Kondensationsmenge.

Im fünften Kapitel wurden die Beispielen durchgeführt.

Für die Beispielen wurden von zwei Arten der sehr viel verwendeten Materialien ausgewählt :

- Vollziegel
- Beton

Angenommen, dass die Vollziegelwand 0.19 m und die Betonwand 0.20 m dick sind und ausserdem diese Wände mit bituminösen Dichtungsbahnen verkleidet sind.

Dann wurde es angenommen, dass Kellerraum gewohnt ist und seine Temperatur 20°C und relative Luftfeuchtigkeit $\% 50$ beträgt.

In der verschiedene Städten der Türkei, die unterschiedliche Klimas haben, sind die beide Wände beobachtet und in 0.05 m, 0.50 m und 1.00 m Tiefe ständig unter Feuchtigkeitskontrolle gehalten.

Im sechsten Kapitel wurden die Folgerungen der Arbeit erläutert. Diese Folgerungen können folgenderweise gereiht werden:

- . Die Berührungsfläche der Dichtungsbahnen zu der Kelleraussenwand ist einer von den Schwachstellen der ganzen Konstruktion . Hier sollte die Trennfugentemperatur unbedingt kontrolliert werden.,
- . Wenn die Raumlufttemperatur den Taupunkt erreicht, entsteht in der Wand die Kondensation. Daher sollte die Raumlufttemperatur auch ständig unter Kontrolle gehalten werden.,

- . Die Kondensation erhöht sich am meistens an der oberen Stellen der Kellerwand. Deswegen soll man hier ständig die Kondensationskontrolle machen.,
- . Die auf die Innenseite der Kelleraussenwand angebrachte Dampfsperren schützt die Wand gegen die Kondensation. Es ist aber nicht vergessen werden, dass diese Dampfsperren auch die Austrocknung der Wand verhindern können. Deswegen soll man bei der Verwendung der Dampfsperren vorsichtig sein.,
- . Wenn die Kondensation in der Konstruktion ungeheuer viel ist und infolgedessen die Austrocknung der Wand verhindert ist, muss der Architekt entweder die Verwendung der Kellerräumen ändern, oder die Anordnung der Lichtschächten veranlassen.

NOTASYON

SİMGE	BİRİM	AÇIKLAMA
t_{dh}	$^{\circ}C$	Dış hava sıcaklığı
t_{ih}	$^{\circ}C$	İç hava sıcaklığı
t_{iy}	$^{\circ}C$	İç yüzey sıcaklığı
t_{dy}	$^{\circ}C$	Dış yüzey sıcaklığı
t_g	$^{\circ}C$	Çiyleşme sıcaklığı
t_z	$^{\circ}C$	Ortalama zemin sıcaklığı
t_{zk}	$^{\circ}C$	Kritik zemin sıcaklığı
Δt	$^{\circ}C$	Sıcaklık farkı
q	W/m^2	Isıl akım yoğunluğu
λ	W/mK	Isı iletkenlik katsayısı
Λ	W/m^2K	Isı geçirgenlik değeri
$1/\Lambda$	m^2K/W	Isı geçirgenlik direnci
α_c	W/m^2K	Havadan yüzeye ısı iletim katsayısı
$1/\alpha_c$	m^2K/W	Havadan yüzeye ısı iletim direnci
α_d	W/m^2K	Yüzeyden havaya ısı iletim katsayısı
$1/\alpha_d$	m^2K/W	Yüzeyden havaya ısı iletim direnci
k	W/m^2K	Isı geçirme değeri
$1/k$	m^2K/W	Isı geçirme direnci
d	m	Malzeme kalınlığı
P	N/m^2	Görelî (kısmî) buhar basıncı
P_i	N/m^2	İç ortam görelî buhar basıncı
P_d	N/m^2	Dış ortam görelî buhar basıncı
P_s	N/m^2	Doymuş buhar basıncı
P_{si}	N/m^2	İç ortam doymuş buhar basıncı
P_{sd}	N/m^2	Dış ortam doymuş buhar basıncı
P_{st}	N/m^2	Yapı elemanı katmanında doymuş buhar basıncı
P_f	N/m^2	Yapı elemanı katmanında görelî buhar basıncı
P_{sk}	N/m^2	Yapı elemanı içinde yoğunlaşma olan yerdeki doymuş buhar basıncı

<u>SİMGE</u>	<u>BİRİM</u>	<u>AÇIKLAMA</u>
Δp	N/m^2	Görelî buhar basınç farkı
ϕ	%	Görelî nem
ϕ_{ih}	%	İç ortam görelî nemi
g	$kg/m^2 h$	Difüzyon akım yoğunluğu
g_y	$kg/m^2 h$	Yoğuşma miktarı
g_k	$kg/m^2 h$	Kuruma miktarı
μ	-	Difüzyon direnç faktörü
r	m	Saf difüzyon direnci
β'_1	1/h	Havadan yüzeye buhar geçiş katsayısı
$1/\beta'_1$	h	Havadan yüzeye buhar geçiş direnci
β'_d	1/h	Yüzeyden havaya buhar geçiş katsayısı
$1/\beta'_d$	h	Yüzeyden havaya buhar geçiş direnci
ζ	m/h	Buhar iletim katsayısı
R_B	$mN/kg \text{ } ^\circ K$	Havanın su buharı gaz konstantı
T	$^\circ K$	Mutlak sıcaklık
δ	m^2/h	Havanın difüzyon katsayısı
N	h/m	Havanın difüzyon direnci
Λ_B	1/h	Buhar geçirgenlik değeri
$1/\Lambda_B$	h	Buhar geçirgenlik direnci
k_B	1/h	Buhar geçirme değeri
$1/k_B$	h	Buhar geçirme direnci

GİRİŞ

Kent merkezlerinde arsa fiyatlarının yüksek olması, arsadan daha fazla yararlanmayı zorunlu kılmaktadır. Bunun sonucu yapılar daha yükseklere tırmanırken yeraltına doğru gelişme eğilimi de artmaktadır. Günümüzde insanların sürekli buldukları çarşı, sinema gibi hacımların zemin altındaki yapı kesiminde yer aldığı sık görülmektedir.

Diğer yandan yurt, hastane, yemekhane vb. binalarda yıkama, kurutma, pişirme gibi yoğun su buharı barındıran hacımlar da tasarımcılar tarafından yapının genellikle zemin altındaki kesiminde düşünülmemektedir.

Zemin altındaki yapı kesiminde bu işlevlerin sağlanabilmesi için ortaya çıkan ilk sorun, zemindeki nem ve su türlerinin etkilerine karşı yapının korunmasıdır.

Sadece zeminden gelen etkiler gözönüne alınarak yapının korunması, ancak garaaj, depo vb. insanların sürekli bulunmadıkları hacımlarda yeterli olabilir.

Zemin altındaki yapı kesiminde insanların sürekli buldukları hacımların yer alması istendiğinde ise bu hacımlarda sağlıklı bir iç iklimin sağlanması gerekir. Buna paralel olarak sözkonusu hacımları kuşatan zeminle sınırlı duvarın (1) higro-termik davranışının bilinmesi önemlidir. Bu duvarlar, atmosferle temas eden duvarlardan farklı özellikler gösterirler. Dış ortamda atmosfer yerine doğal zemin (2) bulunmaktadır. Zeminin su ve nem etkilerine karşı duvarı korumak amacıyla, en uygun çözüm olarak duvarın dış yüzeyinde uygulanan yalıtım malzemesi, iç ortamdaki su buharı için güçlü bir engel oluşturur. Su buharının dış kesime yakın yerde (soğuk kesimde) engellenmesiyle iç ortam koşullarına (iç hava sıcaklığı ve bağıl nemi) bağlı olarak zeminle sınırlı duvarda yoğunlaşma önemli miktarlara ulaşabilir. Buharlaşma da dış ortama (zemine) doğru gelişmeyeceğinden yalnızca iç ortama doğru gerçekleşebilir.

Bu çalışmanın amacı da, sürekli yaşanılan ve zemin altında kalan hacımları kuşatan zeminle sınırlı (zemine temas eden) duvarda i ortamdan kaynaklanan su buharının yoğuşma ve kurumasının nasıl gelişebileceğinin ve bunların miktarlarının nasıl hesaplanabileceğinin araştırılmasıdır.

Bununla ilgili uygulamalarda ise yine bu çalışmanın 3. Bölümünde nerilen, yapı elemanlarında yoğuşma ve kuruma miktarlarını süreye bağlı olarak grafik yolla saptamayı amaçlayan düzenlemeden yararlanılmaktadır.

kışın buz basıncının, zemin neminin, bazan da doğrudan suyun etkisi altındadır.

Sınırlayıcı doğal zemin, çoğu kez yapı malzemesini etkileyen kimyasal maddeler içerir. Bunlar, ilişkili oldukları sınırlayıcı elemanlarda bozulmalara ve erken yapı hasarlarına yolaçarlar.

1.1. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINI ZORLAYAN SU VE NEMLE İLGİLİ ETKENLER

1.1.1. YAPIYI ZEMİN YÖNÜNDE ZORLAYAN SU VE NEM TÜRLERİ

Zeminde su ve nem, yapıya etkisi yönünden üç farklı biçimde görülür:

- Zemin nemi
- Basınç yapmayan yüzey ve sızıntı suları
- Zemin suyu (Basınçlı su - Yeraltı suyu)

. Z e m i n n e m i

Zemin nemi ile anlatılmak istenen; zemin daneleri üzerinde ve arasında adezyon (5) ya da kılcallık etkisiyle asılı kalarak akıp gidemeyen (damlayabilecek düzeyde akışkanlığı olmayan) küçük miktardaki sulardır.

Bütün zeminler az ya da çok boşluk içerirler. Bu boşluklarda her zaman için bir miktar su bulunur. Çünkü zemin danecikleri higroskopiktir. Suyun olmaması için, zeminin yapay olarak kurutulması ve hava almaz biçimde korunması gerekir. Zemin daneciklerine higroskopik olarak bağlı olan su (6), bütün danecikleri çok ince bir zar halinde kaplar.

Eğer suya doygun zemin sudan çıkarılacak olursa, boşluklardaki suyun bir kısmı akıp gider; fakat zemin boşluklarında bulunan ve higroskopik sudan daha büyük olan bir kısmı kalır.

Yeraltı suyu, kılcallıkla zeminin ince boşlukları içinde, yeraltı suyu düzeyinin çok yukarılarına kadar yükselir. Bu yükseliş, boşluklar ne kadar küçükse o kadar fazladır. Kohezyonlu (7) zeminlerde su, çok büyük yüksekliklere erişebilir.

Çeşitli zeminlerdeki kapiler yükselme düzeyleri şöyledir (8):

olarak onların filtrasyon gücünü azaltırlar. İnce bünyeli bir zeminin kilcal boru uçları, bu vurucu etkiyle kırılır ve kopan ince zerreciklerin sıçramasıyla bu borucuklar tıkanır, zeminin enfiltrasyon gücü böylece önlenmiş olur.

Zemine çarpan damlalarda bir sıçrama görülür, bununla birlikte ince zemin zerrecikleri de yaklaşık 0.60 m dikey ve 1.50 m yatay mesafe katederler. Özellikle eğimli arazilerin alt kısımlarında kuvvetli bir yağıştan sonra ince bir tabaka toplanır. İşte bu tabaka, damlaların etkisiyle eski yerlerinden koparılıp sıçrama ile buralara kadar gelip biriken toprak zerrecikleridir (15).

Zemin içerisine sızamayıp geçici olarak yüzeyde biriken su ve zemine çarparak sıçrayan, içinde toprak zerrecikleri içeren yağış suyu, yapıların eteğinde etkili olur.

Sızıntı suları ise, yağışlar ve karların erimesinden oluşan suların zemin içerisine girmesiyle oluşurlar. Sızıntı suları zemin zerrecikleri arasındaki gözenekleri az veya çok doldurarak kendi ağırlıkları ile daha derin tabakalara inerler. O halde sızıntı suyunun başlıca özelliği, zeminin hava içeren tabakalarından aşağıya doğru iniş durumunda olmasıdır (16).

. Z e m i n s u y u (Basıncılı su - Yeraltı suyu)

Sızıntı suyunun geçirgen olmayan bir tabakayla karşılaşılıp yükselmesi ve bulunduğu zeminin gözeneklerini tümüyle doldurmasıyla oluşur. Genellikle, yapı üzerinde hidrostatik bir basınç yapar.

Zemin suyunun zemin altındaki akış hareketi, geçirimsiz tabakanın eğimine, beslenme durumuna ve içinde bulunduğu strüktürün karakterine göre değişir (17).

Sızıntı suyu kesiminde zemin ne kadar iri gözenekli ise zemin suyunun varlığı ve nitelenmesi o kadar kolay olur. Zemin bünyesi, yüzeye yakın yerlerde ne kadar sık gözenekli ve su geçirimsiz ise, zemin suyunun varlığını anlamak zorlaşır. Örneğin balçık, kil ve kireçli balçık genellikle kum ya da çakıl damarları içerdiklerinden bunlar içinde çeşitli derinlikte küçük su birikintileri, su kuvvetleri ve su damarları

Y a p ı n e m i ; Uygulama sırasında ve özellikle bünyesinde mineral bulunduran yapı malzemesinde başlangıçta görülen, ancak zamanla buharlaşarak uzaklaşan nem olarak tanımlanmaktadır (20).

Gerçekleştirme esnasında kullanılan katkı suyu (beton, harç, sıva..) nedeniyle yapıda çok miktarda su bulunmaktadır. Yapı tamamlandıktan sonra uygun çevre koşulları bulunduğu oranda bu suyun büyük bir kısmı kurur. Yapı içinde kalan bu katkı suyu, malzemenin eriyebilen tuzlarını da eriterek yapı elemanı dış yüzeyine sürükler, kuruduktan sonra çökelek halinde çiçeklenme olayını meydana getirir (21).

Yapı nemliliği, zeminle sınırlı kabukta dış ortama (zemine) doğru kuruyamayacağından, kuruma olayı ancak iç ortama doğru gerçekleşebilir. Bu nedenle iç ortam havasının nemliliğini artırıcı rol oynar.

1.1.3. İÇ ORTAMDAN KAYNAKLANAN NEMLİLİK

Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, yapının içerisinde oluşan nemlilik türleri zeminle sınırlanan elemanları da içeriden zorlayan etkenler olarak ortaya çıkar.

Yapı içerisinde nemlilik üç türde oluşur:

- Kullanma suları
- Çiyleşme suyu
- Su buharının oluşturduğu nemlilik.

. K u l l a n m a s u l a r ı

Mutfak, banyo, tuvalet vb. ıslak ortamlardaki kullanma sularının neden olduğu nemlilik, zemin altındaki yapı kesimini içerden zorlar.

. Ç i y l e ş m e (t e r l e m e) s u y u

İç hava nem düzeyini % 100 (doymuşluk) düzeyine erdiren hava sıcaklığı, doyma başlangıcını (çiyleşme olayını) sağladığından dolayı "çiyleşme sıcaklığı" olarak tanımlanmaktadır. Bağıl nem düzeylerine göre çiyleşme sıcaklıkları Ek Tablo 1' de verilmektedir (22).

Bir yapı elemanının herhangi bir yüzeyinin sıcaklık düzeyi temas ettiği havanın çiyleşme noktasına eşit veya daha düşük olursa, hava içerisindeki

su buharının belirli bir miktarı, belirli koşullara bağlı olarak o yüzeyde su halinde açığa çıkar ve kapilarite veya termik difüzyon yoluyla sistem içinde hareket ederek yapı elemanını nemlendirir. Pratikte terleme, yapı elemanı üzerinde ince tabaka halinde yoğunlaşma biçiminde olur. Çok kez malzemenin içine nüfuz ederek yapı elemanında, ısı direncinin azalmasına, çürüme, pas, iç gerilme çatlakları gibi görünmeyen zararlara; küflenme, çiçeklenme, boya ve duvar kağıtlarında kabarmalar gibi çeşitli görünen zararlara neden olurlar (23).

Terleme olayının neden olduğu su, zeminle sınırlı yapı elemanında, ısı korunumunun yetersiz olması halinde, özellikle sıcaklığın daha düşük olduğu zemin yüzeyine yakın kesimlerde etkili olur.

. S u b u h a r ı n ı n oluşturduğu nemlilik

Piştirme, kurutma vb. eylemlerden ve kullanıcıların solunumlarından oluşan havanın bağıl nemliliği iç ortamda sürekli vardır. Bu nemliliğin yapı elemanına nüfuz etmesi ve istenmeyen koşullarla karşılaş-tığında yoğunlaşmaya uğraması sonucu nemlilik oluşur.

Zemin altındaki kapalı ortamlarda su buharı difüzyonundan dolayı ortaya çıkacak sorunlara özellikle dikkat edilmelidir. Bodrum duvarı dış taraftan su geçirmez yalıtım tabakaları ile kaplandığında, bu tabakalar normal olarak su buharını da geçirmeyeceklerdir. Bu, dış tarafta ısı tutucu düzenlense de duvar içerisinde yoğunlaşma suyunun oluşumuna neden olabilir. Eğer, hacımın havalandırılması iyi sağlanmışsa, dış taraftan ısı tutuculu, normal kullanımlı hacımlarda yoğunlaşma fazla büyük değildir ve yazın içeriye doğru tekrar kuruyabilir (24).

1.2. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANI ÜZERİNDEKİ ISIL ETKİLER

Zemin altında kalan kapalı ortamlarda dış ortamı doğal zemin oluşturduğundan, alışılmış dış hava sıcaklığı yerine zemin için geçerli sıcaklıklar etkilidir. Ancak, zemin ve zemin suyu altında kalan kapalı ortamlar sözkonusu olduğunda, binanın zemin suyu ile temasta bulunan kesiminde zemin suyu sıcaklığı etkili olur.

Doğal zemin sıcaklığı, zemin derinliklerine bağlı olarak değişme gösterirken, zemin suyu sıcaklığı değişmez, +10 °C dir (25-26).

Statik açıdan da, yapı temelleri zemin yüzeyinden en az 0.60 ile 1.50 m arasında değişen derinliklere indirilerek dona karşı önlem alınmaktadır.

Kışın en düşük hava sıcaklıkları ile ilişkili olarak, zemin üst yüzeyinden itibaren temellerin indirilmeleri gereken en az derinlikler şöyledir (27):

En düşük hava sıcaklığı (°C)	-7	-7,-18	-18,-27	-27
En az temel derinliği (m)	0.60	0.90	1.20	1.50

Hava sıcaklığının düştüğü oranda, zeminde donma olayı daha derinlerde olabileceğinden temelin, zemin yüzeyinden itibaren indirilmesi gereken derinliği de artmaktadır. Çünkü, yapı ömründe, temel derinliğinde bir kez bile zemin sıcaklığının donma düzeyi altına düşmesi, temelin statik işlevini sürdürebilmesi bakımından sakıncalı olabilir.

Ancak zemin sıcaklığı ile ilgili Meteorolojik verilere bakıldığında özellikle 1 m derinlikte 0 °C nin altındaki değerlere raslanmamaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce toprak termometreleriyle 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 ve 1.00 m derinliklerde ölçülen ortalama zemin sıcaklıklarına (28) ait değerler tüm illeri kapsamaktadır. Dört sıcaklık dilimindeki (29) bazı yerleşim bölgelerinde sözkonusu sıcaklıklar Tablo 1' de verilmektedir (30).

Yine Türkiye'deki 4 sıcaklık diliminden birer il seçilerek 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 ve 1.00 m derinliklerdeki aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları grafik anlatımla Şekil 3, 4, 5 ve 6 da verilmektedir (31).

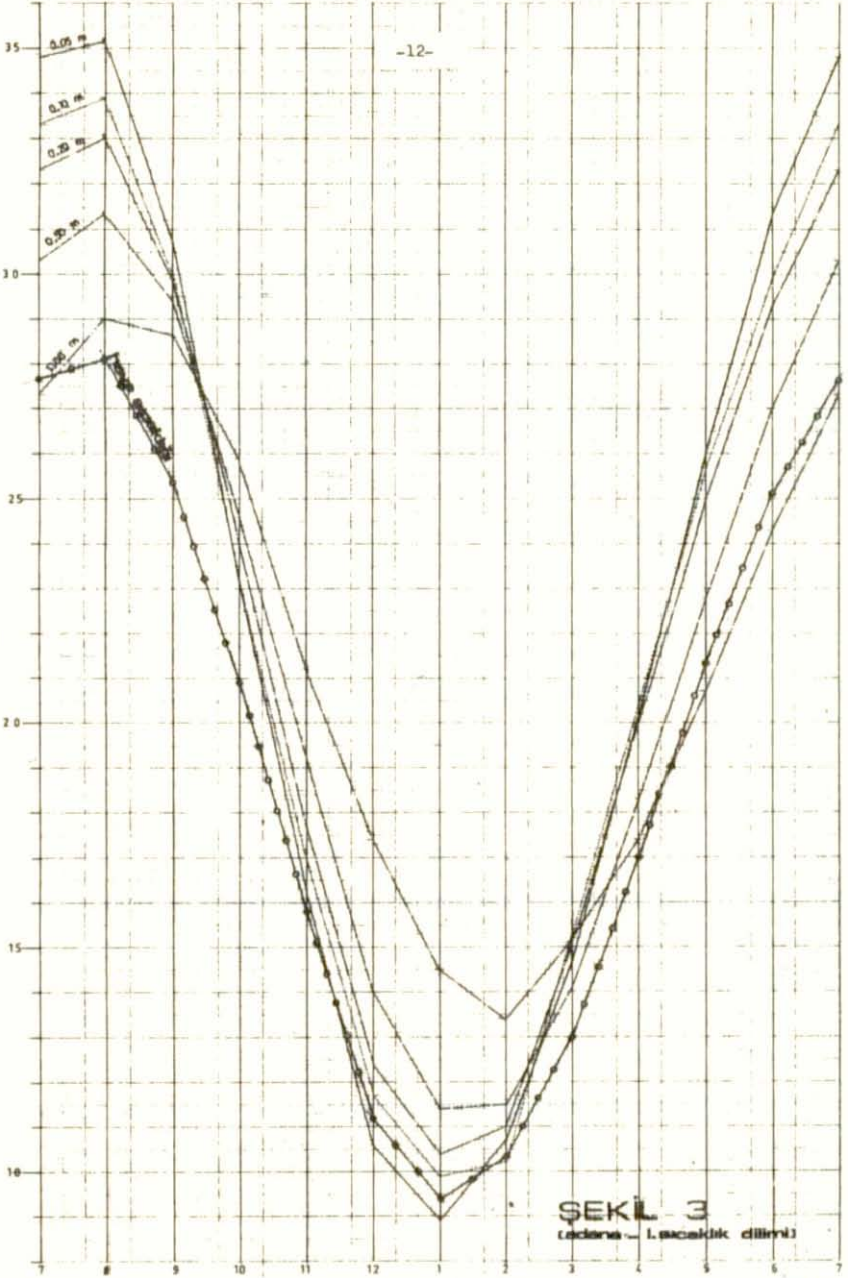
Bu grafiklerden de anlaşılacağı gibi, en düşük hava sıcaklıklarına Ocak, Şubat, Mart ve Aralık aylarında, en yüksek hava sıcaklıklarına ise Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşılmaktadır. Toprak sıcaklıkları ile hava sıcaklıklarının aylık değişimlerinde de bir paralellik görülmektedir.

SICAKLIK DİLİMİ	İLLER	DERİNLİKLERE GÖRE EN DÜŞÜK ORTALAMA TOPRAK SICAKLIKLARI (°C)					DERİNLİKLERE GÖRE EN DÜŞÜK TOPRAK SICAKLIKLARI (°C)				
		derinlikler (m)					derinlikler (m)				
		0.05	0.10	0.20	0.50	1.00	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00
I.	ADANA	8.9	9.9	10.4	11.4	13.4	-3.8	1.7	4.2	3.4	9.1
	ANTALYA	9.6	9.2	9.5	11.9	12.7	-1.5	0.3	1.7	8.9	10.6
	İÇEL	5.9	6.5	6.7	6.8	8.1	-7.7	0.2	3.5	8.5	11.7
	İZMİR	7.8	8.3	7.6	10.1	11.5	-3.0	-1.2	-0.4	4.6	8.9
II.	BURSA	4.7	4.9	5.4	6.8	8.0	-6.4	-3.0	-1.4	1.4	5.2
	İSTANBUL	5.0	5.5	5.8	7.5	9.1	-3.0	-2.2	0.4	0.6	1.0
	SAKARYA	5.0	5.5	6.1	7.8	9.3	0.2	1.0	2.0	4.5	8.1
	TRABZON	6.4	6.5	6.8	8.9	9.5	-0.6	0.3	1.4	4.8	7.1
III.	ANKARA	0.9	1.7	2.2	4.2	6.6	-15.8	-7.3	-4.4	-1.9	3.7
	ESKİŞEHİR	1.0	1.4	1.8	3.7	6.1	-10.4	-7.9	-4.8	-2.2	4.3
	KAYSERİ	0.4	1.2	1.3	3.3	6.1	-14.2	-9.8	-6.0	2.1	3.6
	MALATYA	0.7	1.8	2.4	4.1	6.2	-14.0	6.8	-4.9	-2.4	4.1
IV.	ERZURUM	-4.2	-2.8	-3.4	-2.0	1.1	-19.0	-11.0	-15.0	-3.0	0.0
	AĞRI	-1.5	-2.9	-1.8	-	-	-15.8	-7.6	-5.5	-	-
	KARS	-5.1	-4.3	-4.6	-1.7	1.2	-19.8	-14.2	-14.0	-4.0	0.1
	HAKKARİ	-1.4	-1.2	-0.8	0.4	2.9	-11.2	-9.6	-6.3	-2.0	1.5

TABLO 1. Bazı yerleşim bölgelerinde zemin sıcaklıkları

SICAKLIKLAR (°C)

-12-

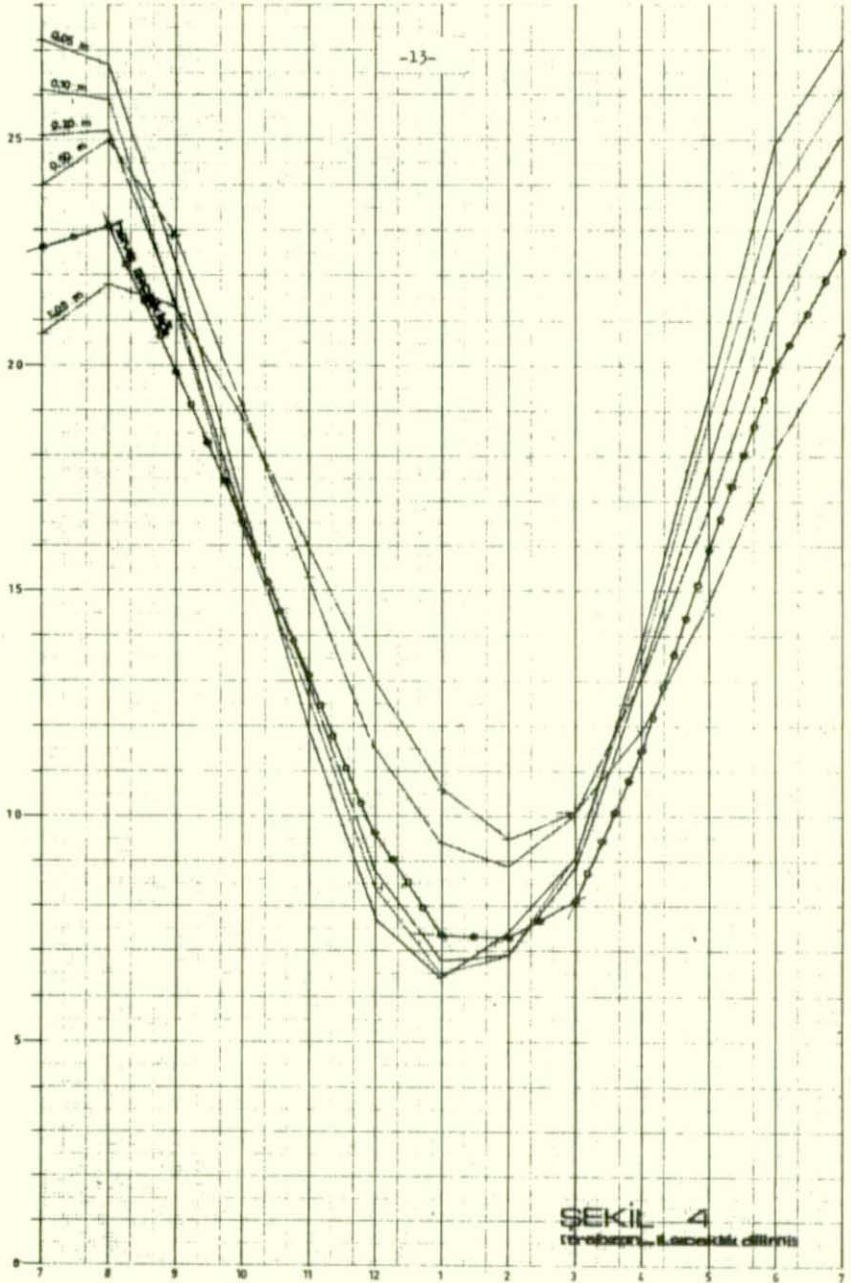


SEKİL 3
(cedana - I. saccalılık dilimii)

AYLAR

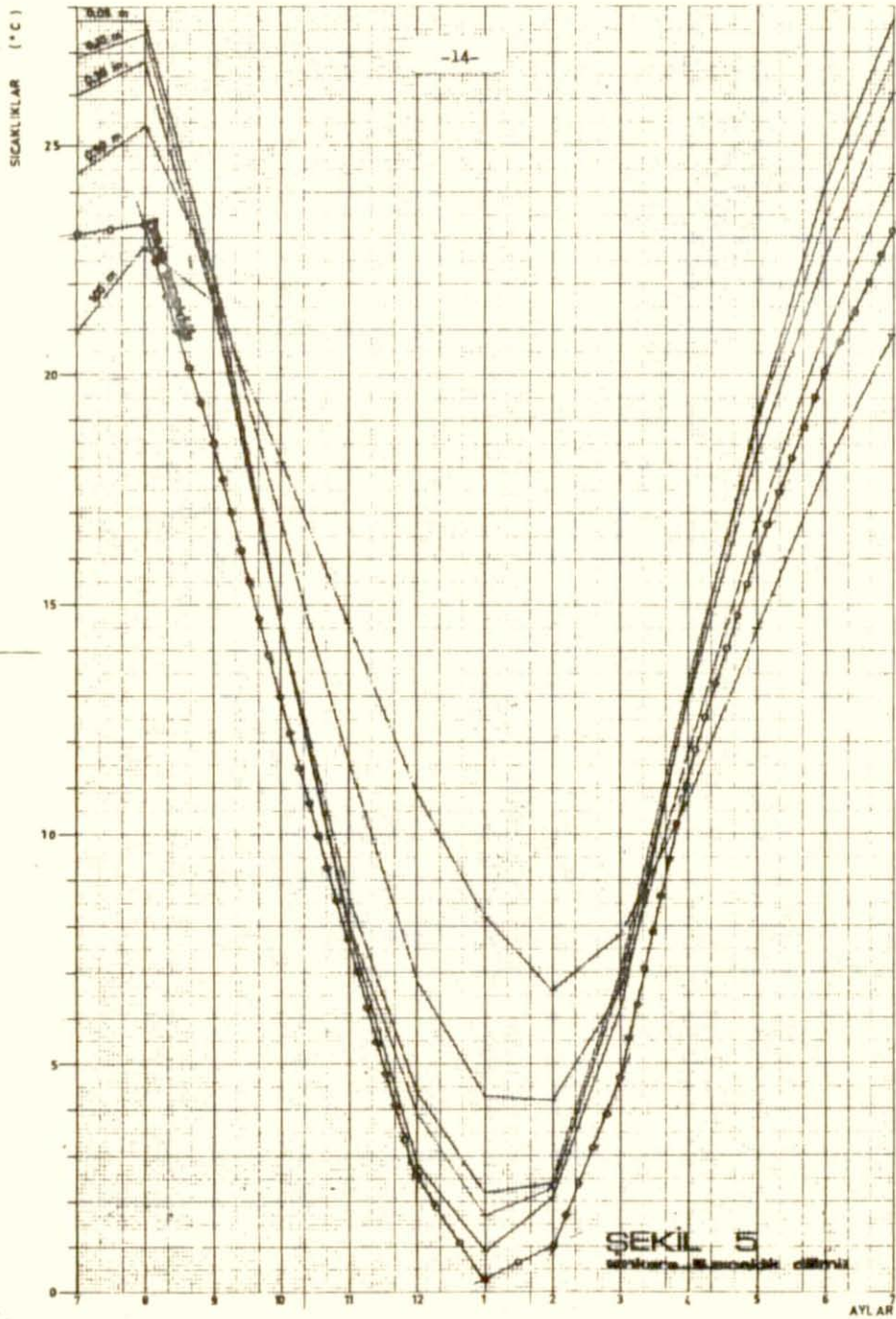
SICAKLIK (°C)

-13-

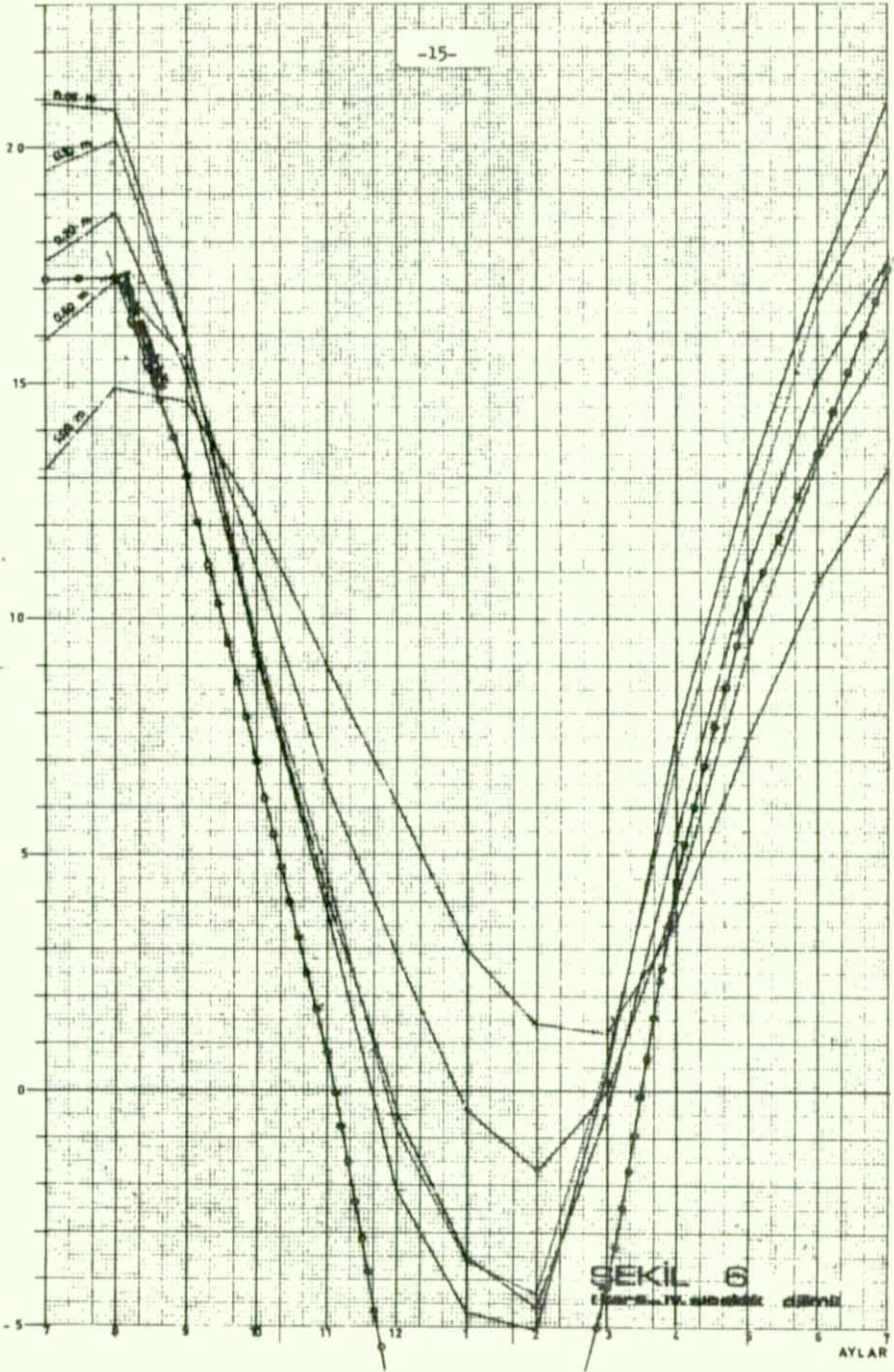


ŞEKİL 4
1970-1971 Yılı İçin Sıcaklık Değişimleri

AYLAR



SICAKLIKAR (°C)



Yine bu grafiklere göre ortalama zemin sıcaklıkları:

- Derinlere bağılı olmaksızın Eylül-Ekim ve Mart-Nisan ayları arasında birbirine yaklaşmaktadır.,
- Tüm derinliklerde en düşük değerlere Aralık, Ocak, Şubat aylarında, en yüksek değerlere ise Temmuz, Ağustos aylarında ulaşılmaktadır.,
- Kış mevsimine raslayan aylarda derinlere inildikçe artmakta, yaz aylarında ise alt katmanlara doğru azalmaktadır.,
- Hava sıcaklığının en fazla etkili olabildiği 0.05 m derinlikte I. Sıcaklık Dilimindeki Adana'da 9 °C nin, II. Sıcaklık Dilimindeki Trabzon'da 6.4 °C nin, III. Sıcaklık Dilimindeki Ankara'da 0.9 °C nin altına düşmemektedir.,
- Buna karşın, IV. Sıcaklık Dilimindeki Kars'ta 1.00 m dışındaki tüm derinliklerde 0 °C nin altına inebilmektedir.

Hava sıcaklığı yanında, zemin yüzeyindeki durum, zeminin çeşidi, yapısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi etkenler de zemindeki sıcaklık dağılımında etkilidir.

Yapılan bir araştırmaya göre zemin yüzeyindeki değişik koşullarda (yağmur, kar) zemin sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler şöyledir (32):

- Aynı gözlem saatinde (21⁰⁰) ve hava sıcaklığının $t_{dh} = -2.2$ °C gibi aynı, kar örtüsü kalınlığının farklı olduğu iki ayrı gün için zemin sıcaklıklarında farklılıklar olmaktadır:

	1. Gözlem günü Kar örtüsü 0.1 m	2. Gözlem günü Kar örtüsü 0.06 m
Hava sıcaklığı	$t_{dh} = -2.2$ °C	-2.2 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	$t_z = -0.8$ °C	-2.0 °C
0.10 m de " "	$t_z = -0.8$ °C	-1.2 °C
0.20 m de " "	$t_z = -0.7$ °C	1.2 °C
0.50 m de " "	$t_z = 1.5$ °C	1.2 °C

- Saat 14⁰⁰ gözleminde hava sıcaklıklarının aynı (-2.6 °C) olduğu, 0.08 m kar örtülü bir güne, güneşlenme süresi fazla, örtüsüz başka bir gündeki zemin sıcaklıkları:

	1. Gözlem günü <u>Kar örtüsü 0.08 m</u>	2. Gözlem günü <u>Örtüsüz - güneşli</u>
Hava sıcaklığı	t_{dh} -2.6 °C	-2.6 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	t_z -2.0 °C	-1.6 °C
0.10 m de " "	t_z -1.4 °C	-1.0 °C
0.20 m de " "	t_z -0.8 °C	0.0 °C
0.50 m de " "	t_z 1.5 °C	3.5 °C
1.00 m de " "	t_z 5.8 °C	8.1 °C

- aynı gözlem saatinde, hava sıcaklıklarının aynı olduğu ve 0.08 m kar örtülü bir günle, örtünün yer yer olduğu başka bir gündeki sıcaklıklar:

	1. Gözlem günü <u>Kar örtüsü 0.08 m</u>	2. Gözlem günü <u>Örtü yer yer</u>
Hava sıcaklığı	t_{dh} -9.2 °C	-9.4 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	t_z -2.0 °C	-4.0 °C
0.10 m de " "	t_z -1.4 °C	-1.4 °C
0.20 m de " "	t_z -0.8 °C	-0.1 °C
0.50 m de " "	t_z 1.5 °C	2.5 °C

- Hava sıcaklığının aynı (7 °C) olduğu 14⁰⁰ gözleminde, Ocak ayında yağışlı ve yağışsız olarak seçilen günlerde:

	1. Gözlem günü <u>yağışlı</u>	2. Gözlem günü <u>yağışsız</u>
Hava sıcaklığı	t_{dh} 7.0 °C	7.0 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	t_z 7.0 °C	6.9 °C
0.10 m de " "	t_z 5.9 °C	4.8 °C
0.20 m de " "	t_z 5.6 °C	4.4 °C
0.50 m de " "	t_z 7.1 °C	6.7 °C
1.00 m de " "	t_z 9.1 °C	9.4 °C

- Ağustos ayında yağışlı ve yağışsız iki ayrı günde, çeşitli saatlerde sıcaklığın derinliklere göre dağılımı:

Yağışsız gün	Gözlem saatleri		
	07 ⁰⁰	14 ⁰⁰	21 ⁰⁰
Hava sıcaklığı	$t_{dh} = 17.2$ °C	28.2 °C	24.0 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	$t_z = 20.2$ °C	34.2 °C	26.4 °C
0.10 m de " "	$t_z = 22.2$ °C	30.2 °C	28.8 °C
0.20 m de " "	$t_z = 24.4$ °C	26.2 °C	28.6 °C
0.50 m de " "	$t_z = 25.2$ °C	25.0 °C	24.8 °C
1.00 m de " "	$t_z =$	22.4 °C	

Yağışlı gün			
<hr/>			
Hava sıcaklığı	$t_{dh} = 10.4$ °C	20.2 °C	14.2 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	$t_z = 13.2$ °C	28.8 °C	18.8 °C
0.10 m de " "	$t_z = 17.8$ °C	25.0 °C	22.4 °C
0.20 m de " "	$t_z = 21.0$ °C	22.6 °C	23.4 °C
0.50 m de " "	$t_z = 24.5$ °C	24.0 °C	23.7 °C
1.00 m de " "	$t_z =$	20.2 °C	

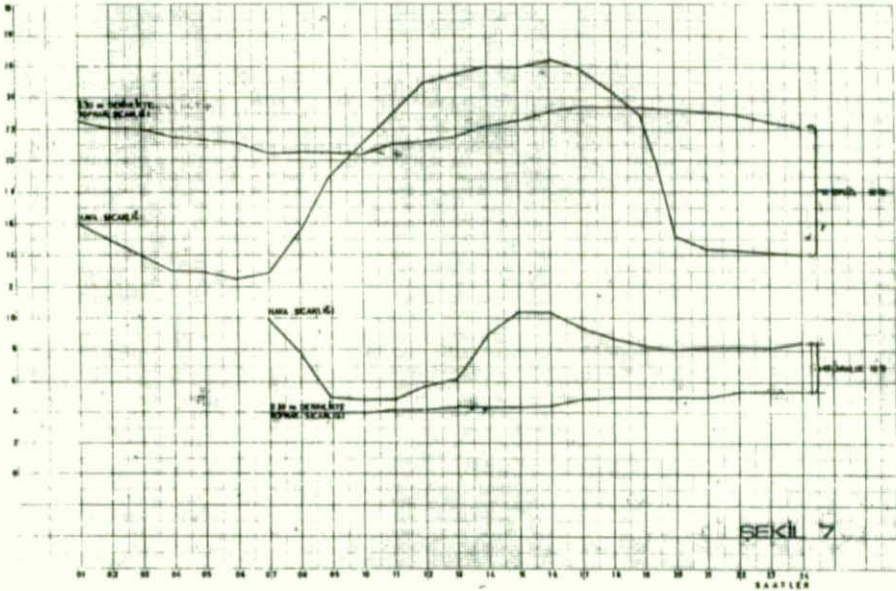
- Yağışlı ve yağışsız olarak seçilen Ocak ayındaki iki günde sıcaklıkların saatlere göre dağılımı:

Yağışsız gün	Gözlem saatleri		
	07 ⁰⁰	14 ⁰⁰	21 ⁰⁰
Hava sıcaklığı	$t_{dh} = 0.0$ °C	7.5 °C	4.4 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	$t_z = 0.6$ °C	6.2 °C	3.6 °C
0.10 m de " "	$t_z = 2.4$ °C	4.2 °C	4.4 °C
0.20 m de " "	$t_z = 3.5$ °C	3.8 °C	4.6 °C
0.50 m de " "	$t_z = 6.6$ °C	6.5 °C	6.4 °C
1.00 m de " "	$t_z =$	9.4 °C	

Yağışlı gün			
<hr/>			
Hava sıcaklığı	$t_{dh} = 5.8$ °C	2.7 °C	2.0 °C
0.05 m de zemin sıcaklığı	$t_z = 4.4$ °C	4.8 °C	3.0 °C
0.10 m de " "	$t_z = 4.6$ °C	5.0 °C	4.2 °C
0.20 m de " "	$t_z = 4.8$ °C	5.0 °C	4.8 °C
0.50 m de " "	$t_z = 6.4$ °C	6.4 °C	6.4 °C
1.00 m de " "	$t_z =$	9.4 °C	

Yine aynı araştırmada:

- Yaz aylarında hava sıcaklığının maksimum olduğu zamanlarda zeminin 0.05 m derinliği dışındaki tabakalarında sıcaklıkların dışuk olduğu, hava sıcaklığı minimum iken tđm katmanlardaki sıcaklıkların hava sıcaklığından fazla olduğu.,
- Kış aylarında hava sıcaklığının maksimum olduğu zamanlarda derinlere doğru sıcaklığın dıřtđđđ, hava sıcaklığının minimum olduğu hallerde de derinlere doğru zemin sıcaklığının arttığı.,
- 0.20 m derinlikte çalıştırılan yazıcı toprak termometresinin saatlik dđkđm değerleri ile hava sıcaklığının saatlik dđkđmlerinin karşılaştırılmasında, hava sıcaklığının çok fazla olan dalgalanmalarına karşın sđz konusu derinlikte zemin sıcaklığında çok az dalgalanmalar gđzlenmiřtir (şekil 7).



Bu araştırmadan özetle; zemin sıcaklıklarının derinliğe bağlı olarak değiştiği ancak, hava sıcaklığındaki günlük değişmelerin, zemin içerisinde fazla etkili olamadığı, derinlere inildikçe etkisini kaybettiği sonucu çıkmaktadır.

Dış hava koşullarının zeminle sınırlı yapı elemanlarına ısıl etkisini araştırmak amacıyla iki ayrı bodrum duvarında, 0.80 m derinlikte yapılan sıcaklık ölçümlerinde duvar dış yüzeylerindeki sıcaklık düzeylerinin sürekli ve düzenli değiştiği saptanmıştır (33).

0.25 m kalınlıkta ağır betondan yapılmış olan sözkonusu duvarlar, zemin nemine karşı 2 kat bitümlü yalıtım örtüsüyle korunmuştur. Bu koruyucu tabaka üzerine (dış tarafa) duvarlardan birine 0.04 m, diğerine de 0.08 m kalınlıkta su kabul etmeyen polistrol sert köpük malzemeden ısı tutucular uygulanmıştır.

Isı ölçümleri, her iki duvarda zemin yüzeyinden 0.80 m derinlikte, ısı tutucunun dış yüzeyinde (duvar dış yüzeyinde), beton duvar konstrüksiyonu dış yüzeyinde binanın yapımı sırasında, duvar iç yüzeyinde ise sonradan yerleştirilen ısı ölçen elemanlarla kış aylarında 3.5 ay (20.10.1981-05.02.1982 tarihleri arası) sürekli olarak yapılmıştır.

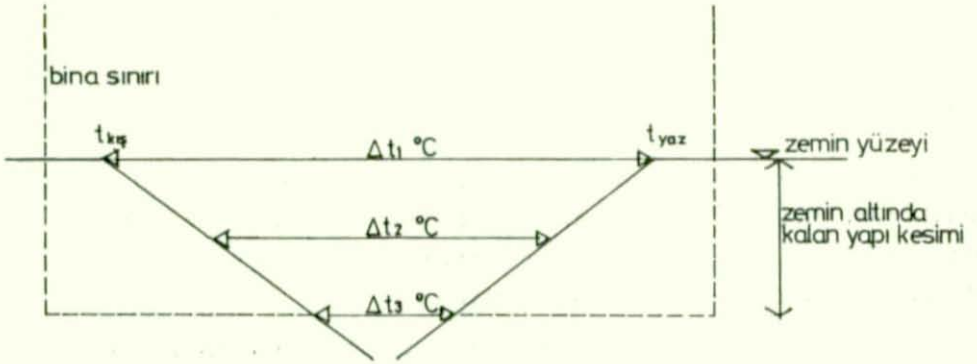
Isı ölçen elemanlar otomatik bir yazıcıya bağlanarak ölçülen sıcaklıklar saatte 20 kez olmak üzere grafiğe işlenmiştir. Diğer yandan da dış hava sıcaklıkları ve yağış durumu devamlı izlenmiştir.

iç hava sıcaklığı ise 20 °C de, iç hava bağlı nemi % 50 dolayında tutulmuştur.

Ölçüm süresince dış hava koşullarındaki değişmelere karşın iç yüzey ve beton duvar dış yüzeyinde (ısı tutucu uygulanması nedeniyle) çok az sıcaklık değişmeleri gözlenirken duvar dış yüzeylerinde, ölçüm bağlangıcından itibaren sürekli ve düzenli bir düşme saptanmıştır (şekil 8).

1.3. BÖLÜMÜN SONUCU

- . Zemin suyu ya da sızıntı suyuna bağlı olmaksızın her durumda ve koşulda zeminde nem düşünülmalıdır.
- . Yağmur damlaları zeminin türüne bağlı olarak zemindeki kılcal boru uçlarını az çok tıkırlar. Böylece zeminin geçirgenliğini geçici olarak azaltarak yapıyı çevreleyen zemin yüzeyine yakın dış kabuğu etkileyecek su birikintileri oluşturabilirler.
- . Zemin danecikleri içeren sıçrama suyu damları yapıya çarptıkları yerlerde lekelerin oluşmasına neden olabilirler.
- . Sıçrama suyu yüksekliğine göre saptanan subasman düzeyi, subasmana yakın bölgelerin sert yüzeyli olmaları durumunda daha yüksek tutulmalıdır. Sıçrama suyunun istenmeyen kirletme ve fazla yükselme etkisini azaltmak amacıyla yapı yakın çevresinde bir çakıl yatağı düzenlemeli, bu hususa rüzgarla itilen yağmur yönünde özellikle dikkat edilmelidir.
- . Farklı geçirgenlikteki zemin katmanları arasında suyun belli bir süre oyalanma olasılığı vardır. Bu sular, yeraltı su birikintilerinden daha küçük oldukları halde yapı üzerinde geçici hidrostatik basınç yaparlar.
- . "Zemin nemi" kavramı yalnızca geçirimli (kumlu-çakıllı) zeminler için sözkonusudur. Bunun dışında sözkonusu olanlar doğrudan "su" olarak tanımlanmalıdır.
- . Zemin altında kalan kapalı ortam dış kabuklarında difüzyon olayının engellenmesi sonucu yoğunlaşma olabilir ve yoğunlaşma suyu sadece iç ortama doğru buharlaşabilir.
- . Hava sıcaklığındaki günlük değişimler zemin içinde fazla etkili olmadığı gibi bu etkiyi derinlere doğru giderek yitirmektedir.
- . Zeminde kış ve yaz ayları arasındaki sıcaklık farkları zemin yüzeyine yaklaştıkça büyüyeceğinden, bu kesimle temasta bulunan duvarda değişik ısıl gerilimler ortaya çıkacak, zemin yüzeyine yaklaştıkça ısıl gerilimler de artacaktır (Şekil 9).



Şekil 9.

- . Dolayısıyla bu duvar üzerinde, derinlere doğru değişkenliği azalan ısı etkiler söz konusudur.
- . Zeminle sınırlı duvar, zemin suyuyla temas ettiğinde sürekli olarak bu suyun değişmeyen ısı etkisi altında kalacaktır. Ancak, zemin suyu ile zemin yüzeyi arasında kalan duvar kesimi, zemin sıcaklığından etkilenecektir.

İ K İ N C İ B Ö L Ü M

2. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINDA SU VE NEME KARŞI KORUNUM AMACIYLA KULLANILAN MALZEME VE ÖNLEMLER

2.1. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINDA SU VE NEME KARŞI KORUNUM AMACIYLA KULLANILAN MALZEME

Günümüzde geliştirilmiş birçok su yalıtım (34) malzemesi sözkonusudur. Bunların herbirinin yararlı ve sakıncalı yönleri zaman içerisinde ve çeşitli koşullar altındaki deneyimlerle ortaya çıkmaktadır.

Bir malzemenin sakıncalı yönlerinin, yenisinin geliştirilmesine olanak sağladığı bilindiği gibi, ilk kez karşılaşılan bir sorunun yeni malzemenin geliştirilmesine neden olduğu da söylenebilir. Amaç; her sorun için ekonomik ve teknik açıdan en uygun ve en az sakıncalı malzemeyi seçmektir.

Kullanılan su geçirimsizlik malzemesini üç esas grupta toplayabiliriz:

- Katı (rijit) malzeme
- Yarı elastik bitümlü harç
- Katmanlardan oluşan elastik malzeme.

2.1.1. KATI (RİJİT) MALZEME

Su ve nem girişinin önlenmesi amacıyla zemine bitişik kabuk, ya bizzat geçirimsiz hale getirilir veya bir başka geçirimsiz malzemeyle (sıva, çap) yüzeyden korunur.

Standartlarına uygun olarak yapılmış beton ve sıvalar belli bir süre ve düzeyde geçirimsizdirler. Geçirimsizlik açısından bunların daha yüksek düzeye (ya da yeterli duruma) getirilebilmeleri zorunludur. Bu amaçla bazı kimyasal katkı malzemesi kullanılır. Örneğin:

- Vinsol reçineleri,

- Sodyum ve potasyum silikatları ve çinko, magnezyum, kalsiyum fluosilikatları,
- Yağlar ve sabunlar,
- Alkali aluminatları.

Bunlar, çimentolu karışımların katkı suyuna ve çimento ağırlığının % 0.2-2 arası oranlarında katılır (35).

Geçirimsiz harç, olabildiğince az boşluk barındıran harç kumu ve boşlukları dolduran geçirimsizlik malzemesinin kullanılmasıyla su geçirimsiz duruma getirilen çimento harcıdır. Boşluk hacimlerinin az olması nedeniyle karışık daneli kumlar uygundur (36).

Geçirimsiz beton ise, beton asıllı yapı elemanının gözeneklerinin sızdırmazlık katkı malzemesi ile doldurularak geçirimsizleştirilmesiyle sağlanır.

Neme karşı korunumda, başlangıçta oldukça olumlu sonuç veren bu malzeme ana kitlenin tasmanı ya da çeşitli nedenlerle bünyesinde derin ya da kılcal çatlakların oluşması olasılığına açıktır ve sonunda etkinliğini tümüyle yitirebilir (37).

2.1.2. YARI ELASTİK BİTÜMLÜ HARÇ

Bunlar aslında katmanlardan oluşan elastik malzemeye göre yarı elastik, katı malzemeye göre elastik olarak tanımlanabilir.

Bitümlü (38) harç kendi içerisinde;

- Sıcak uygulamalı, sıcak karışımı (39),
 - Soğuk uygulamalı, soğuk karışımı (40)
- olmak üzere ikiye ayrılır.

Sıcak uygulamalı, sıcak karışımı bitümlü harç, ağırlıkça % 40-45 oranında asfalt çimentosu veya okside asfalt ya da kömür katranı zifti ile silis kumu ve fillerden oluşmuş agreganın ayrı ayrı 150-190 °C ye kadar ısıtılıp özel karıştırıcılarda ısı uygulanmadan sıcak halde karıştırılmalarıyla hazırlanır. Bu karışım, 150-190 °C arasında korunacak yüzeye sıva harcı biçiminde, boşluksuz olarak ve herbiri 6-10 mm kalınlıkta iki katman halinde uygulanır.

Yine sıcak karışımli bir harç olan mastik asfalt ise 20-25 mm kalınlıkta tek katman olarak mala ile uygulanır.

Soğuk uygulamalı, soğuk karışımli bitümlü harç, bitümlü eriyikler ve bitümlü emülsiyonlarla hazırlanır. Soğuk karışımli bitümlü harcın hazırlanmasında kilden arınmış, kum eşdeğeri ağırlıkça en az % 40 olan temiz ve kuru agrega kullanılmalıdır.

Soğuk karışımında bağlayıcı bitüm miktarı ise ağırlıkça en az % 12 dir.

Soğuk uygulamalı bitümlü harç en az 10-15 mm kalınlıkta 2 katman olarak uygulanır (41).

2.1.3. KATMANLARDAN OLUŞAN ELASTİK MALZEME

Bu malzeme türü, aynı zamanda yapının statığı ile ilgili gerilmelere de uyum gösterir.

Bu malzeme, işlevlerine göre dört grupta ele alınabilir (42):

- 1) Astar
- 2) Yapıştırıcı nitelikte ve geçirimsizlik sağlayan bitümlü malzeme
- 3) Donatı olarak kullanılan, bitümlü doyurulmuş örtüler
- 4) Asfaltla doyurulmuş ve kaplanmış haldeki yalıtım örtüleri ve plastik örtüler.

1) Astar :

Yalıtılacak yüzey ile yapışak katmanların birbirini tutma yeteneğini artırmak için uygulanır.

Yarı elastik malzemenin ve elastik malzemenin uygulamalarında astar olarak kullanılan malzeme asfaltik kökenli astar ile kömür katranı kökenli kreozottur. Her ikisi de soğuk uygulanır.

Asfaltik kökenli astar, doğal veya petrol esaslı yapıştırıcı ile birlikte kullanılır. Uygulama miktarı $0.4-0.5 \text{ kg/m}^2$ dir.

Yalıtım kömür katranı esaslı malzeme ile yapıldığında ise astar olarak kreozot kullanılır. Kreozotun uygulama miktarı 0.5 kg/m^2 dir.

Bitümlü emülsiyonlar da astar olarak kullanılabilir.

2. Y a p ı ę t ı r ı c ı nitelikte ve geçirimsizlik sağlayan bitümlü malzeme:

Bu amaçla okside asfalt ve kömür katranı zifti kullanılır. Okside asfalt neme karşı yalnız başına fırça ile sürme biçiminde "bitümlü sürme yalıtım" olarak kullanılabilceği gibi asfaltla kaplanmış yalıtım örtülerinin yapıştırılmasında da kullanılır.

Kömür katranı zifti de neme karşı yalnız başına fırça ile sürülerek uygulanabilir. Ayrıca, kömür katranı ve zifti ile doyurulmuş donatıların üretiminde ve yapıştırılmasında kullanılır.

3. D o n a t ı olarak kullanılan, bitümle doyurulmuş yalıtım örtüleri: Bitüm, su geçirimsizlik açısından mükemmel bir malzemedir. Ancak, sıcaklık etkisiyle akışkan duruma geçerek mekanik özelliğinde belirli bir yetersizlik gösterir. Bu nedenle 1-2 mm kalınlığın üstünde kendini taşıyamaz. Diğer yandan suya karşı geçirimsizlik istenen yüzeylerde bitüm katmanının kalınlığının artırılması gerekebilir. Bundan başka, bitüm katmanının uygulanacağı alt yapının hareketlerine uyum göstermesi gerekir. Dolayısıyla bitümün sözkonusu yetersizliklerini giderici, donatı niteliğinde yardımcı bir malzeme ile kullanılması zorunluluğu ortaya çıkar.

Bitümlü yalıtım örtüleri, donatı niteliği olan çeşitli malzemenin bitümlenmiş hali olarak tanımlanabilir.

Bitümlü katmanın iskeletini oluşturan donatının uzun süre su, hava, topraktaki mikroorganizmalar ve diğer etkenlere karşı korunması gerekir. Bu nedenle donatı malzemesi önceden doyurulur.

Bitümle doyurulmuş örtüler, bitümle doyurulmuş kanaviçe (TS-107), pamuk kanaviçe (TS-109), asfaltla doyurulmuş keçe (TS-110), katranla doyurulmuş keçe (TS-111) adıyla standartlarda tanımlanmaktadır.

4. Asfaltla d o y u r u l m u ę ve k a p l a n m ı ę haldeki yalıtım örtüleri ve p l a s t i k örtüler:

Yalıtım örtüleri, genellikle bitkisel ve hayvansal lifli organik malzeme ve inorganik kökenli çeşitli malzemenin donatı olarak kullanılmasıyla hazırlanırlar. Yapay termoplastik örtüler de yine bu grupta ele alınmalıdır.

O r g a n i k donatılı bitümlü yalıtım örtülerinin hazırlanmasında, bitkisel veya hayvansal esaslı taşıyıcı elemanlar kullanılır. Örneğin, jüt, pamuk kanaviçe, keçeleştirilmiş kağıt hamuru, plastik folyolar vb.

Bu organik taşıyıcılar, önce uygun bitümlü malzeme ile doyurulduktan sonra uygun görülen bitümle kaplanarak üzeri çeşitli boyutta mineral veya metal talaşı gibi malzemelerle korunur.

İ n o r g a n i k donatılı yalıtım örtüleri de inorganik kökenli elemanlar kullanılarak hazırlanır. Örneğin, asbest, cam dokuma, cam tülü, metal folyolar vb.

İnorganik donatılar genellikle yapısal karakterleri dolayısıyla kimyasal etkenlere, atmosferik koşullara, ısıya, neme, güneş ışınlarına ve mikroorganizmaya karşı dayanıklıdırlar.

P l a s t i k yalıtım örtüleri ise, üretildikleri ana malzemeye göre tanımlanırlar. Örneğin, polietilen esaslı plastik örtüler, Poli-İzobütülen esaslı plastik örtüler, Poli-Vinil-Klorür esaslı plastik örtüler, kauçuk esaslı plastik örtüler gibi.

Bu malzemeler, mutlak geçirimsiz olmalarına karşın, Poli-İzobütülen dışında, bitümle güven verici bir aderans yapamazlar. Ayrıca genleşmeleri sözkonusudur.

Poli-İzobütülen ise 180 °C ye kadar biçim değişikliği göstermez. Bitümle aderansı da güven vericidir.

2.2. ZEMİNLE SINIRLI YAPI ELEMANINDA SU VE NEME KARŞI ALINAN ÖNLEMLER

Doğal zemindeki "zemin nemi", "basıncsız su" ve "basıncılı su" diye tanımlanabilen su türlerinin, yapı kabuğundaki etkilerine paralel olarak üç farklı yalıtım ortaya çıkmaktadır:

- Zemin nemine karşı korunum
- Basıncsız (yüzey ve sızıntı) sulara karşı korunum
- Basıncılı suya (zemin suyu - yeraltı suyu) karşı korunum.

2.2.1. ZEMİN NEMİNE KARŞI KORUNUM

Zemin suyunun, sızıntı ve yüzey suyunun zemin altındaki yapıyı etki-lemeyeceği varsayılsa bile, zeminde sürekli nemin bulunduğu kabul edil-melidir (Bkz. BÖl. 1.1.1.)

Bu nedenle, doğal zemine bitişik tüm duvar yüzeylerinin yalıtılmaları gereği genel olarak geçerlidir. Yine binalarda zeminle temas eden ve kuru tutulması gereken yerlerin döşemeleri, döşeme altına yerleştirilen bloka (taşdöşek) ya da çakıl yatağının bu amaca yeterli olmadığı hallerde zemin neminden korunmalıdır (43).

Zemin nemine karşı yalıtım yapılırken, sonradan herhangi bir biçimde oluşabilecek birikinti sularının gözönünde bulundurulması ve önceden önlem alınması gereklidir. Çünkü, zemin nemine karşı çok iyi uygulama-larda bile birikinti suyunun hidrostatik basıncına karşı konulamaz.

. Yalıtımda kullanılacak malzeme

Bölüm 2.1. de değinilen tüm malzeme, yapının zemin neminden korunması amacıyla kullanılabilir.

Ancak, yük altında ezilme sakıncasından dolayı, yarı elastik malzeme duvardaki yatay yalıtımda kullanılamaz.

Öte yandan, aynı zamanda yapıştırıcı olarak kullanılan ve geçirimsizlik sağlayan fırçayla sürülen bitümlü yalıtım malzemesi, zemin nemine karşı uygulanabilir. Genellikle bu tür neme karşı bitümlü sürme yalıtım malzemesi ile yalıtım yapılmaktadır.

. Genel uygulama kuralları

Yalıtım çalışmaları, kural olarak +4 °C nin üzerindeki sıcaklıklarda, açıktaki yalıtım çalışmaları da yağışsız havalarda yapılabilir (44).

Yalıtım katmanlarının, düşey ve yatayda, birbirleriyle bağlantılı, sürekli bir tabaka oluşturmaları gereklidir.

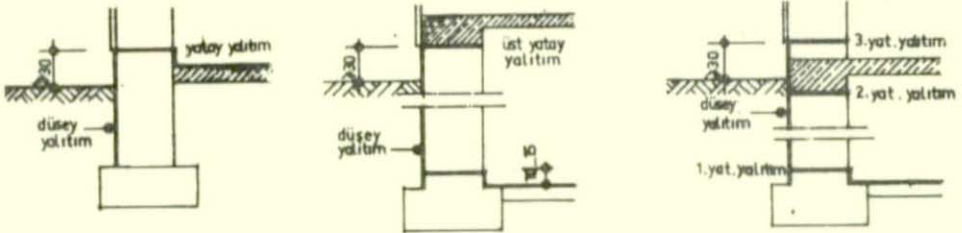
. Yalıtımın düzenlenmesi

- Duvarda y a t a y yalıtımlar

Yapı malzemesinde nemin kılcallıkla yükselmesini önlemek için, duvar-

larda yatay yalıtım tabakalarının yapılması gerekir. Bu yalıtım, kaba inşaat sırasında, duvar yapılırken uygulanabilir.

Bodrumsuz binalarda zemin neminin duvarlarda yükselmesini önlemek için, zemin yüzeyinden 0.30 m yükseklikte yatay bir yalıtım katmanı getirilir. Bodrumlu binalarda ise, dış duvarlarda biri alt, diğeri üst kesimde olmak üzere en az iki yatay yalıtım gereklidir. Altteki, bodrum döğemesinin 0.10-0.15 m yukarısında yer alır ve duvarı yükselen zemin nemine karşı korur. Üstteki yalıtım ise zemin üzerinde kalan yapı elemanlarını sığrama suyunun ve bodrum duvarlarından yükselebilecek olasılı nem etkilerinden korur. Bu yalıtım, zemin yüzeyi kotundan en az 0.30 m yüksekte bulunur. Tavan döğemesi alt yüzeyi, zemin kotundan 0.30 m den daha az yüksekte ise, yatay yalıtım da buna uygun olarak indirilir. Ancak, zemin yüzeyinden 0.30 m yükseklikte üçüncü bir yalıtım daha yapılır (Şekil 10).



Şekil 10. Duvarlarda yatay yalıtımlar

Yalıtım örtüleriyle yapılan yatay yalıtımlar, kılcal suyu kesmekle kalmayıp, üzerindeki duvarın yan taraflara hareketini önleyecek kadar bir sürtünmeyi de sağlayabilmelidir.

İki tabaka çıplak bitümlü kartonun sıcak bitümlle yapıştırılması ile yapılan yalıtım, gerekli geçirimsizliği en basit biçimde sağlamaya yeterli olabilir. Ancak, bina yükü altında yapıştırıcının yanlara fıkmaması yanında yalıtım üstündeki yapının yana kayması sözkonusudur. Bunun nedeni ise rüzgar basıncına karşı yeterli direnci gösteremeyen ve sanki bir yağlama tabakası gibi etki yapan yapıştırıcı katmandır. Bu sakıncadan dolayı iki tabaka bitümlü kartonun yapıştırıcısız olarak

kullanılması uygundur.

Bitümlü kartonların birbiri üzerine 0.10 m bindirilerek yapılan ek yerlerinde, kumun biraz kaba ve biraz sık olması olasılığı vardır. Bu durumda en ağır yük bile, bindirmelerdeki kılcal duvar çatlaklarına benzetilebilecek ince, yatay kanalcıkları ortadan kaldırmaya yeterli olamaz. Suyun, gözenekler içerisinde rahatlıkla yolabileceği ve önünde sadece 0.10 m lik yol bulunduğu düşünülürse, yalıtımın etkisiz kalacağı ortaya çıkar. Bu nedenle tek katman bitümlü karton kullanılarak yapılan yatay yalıtımların kılcal neme karşı koruyuculuğu güven verici değildir (45).

Yatay yalıtımlar, duvarın her iki tarafından dışarı, iç ve dış sıvaları da katedebilecek biçimde taşırılarak sıvalardan yükselebilecek nemi de önlemeli, olası bir düşey yalıtımla nem köprüsü oluşturmadan bağlanabilmelidir.

Yatay ve düşey yalıtımların aynı malzemeden olması, birleşme noktalarının sağlıklı olmasını sağlar. Farklı yalıtım malzemesi kullanılması halinde, malzemenin birbirine uygun seçilmesi gerekir.

Bodrum döşemesinin yerden yükselebilecek neme karşı yalıtılması halinde duvardaki 1. yatay yalıtımla birleşmesi de önemlidir. 1. Yatay yalıtım katmanının dışarıya taşırılan kısmı, sıvadan sonra döşeme yalıtımıyla birleşmeyi sağlayacak kadar (min. 3.5 cm) sürmelidir (46).

Katı malzemeden geçirimsiz harçla da yatay yalıtım yapılabilir. Ancak, düşey yalıtım ve döşeme yalıtımının geçirimsiz harçla yapılması durumunda, duvardaki geçirimsiz harcın yatay yalıtımla birleşmesi kritiktir. Sertleşen geçirimsiz harç su kabul etmeyeceğinden taze harç ile kolayca bağlantı yapamaz.

- Duvarda düşey yalıtımlar

Genellikle, doğal zemine bitişik duvarda düşey yalıtımlar üst üste çekilen bitüm katlarıyla sağlanır. Bu sürme yalıtım katmanları, ancak birkaç mm kalınlığında olan ve ana yapı gövdesi ile yapışan bir film tabakası oluştururlar. Yalıtım örtülerindeki çekmeye dayanıklı donatıların yerine burada tabakanın taşıyıcısı masif ana yapının kendisidir.

Bitümlü sürme yalıtımların koruyucu etkisi, donatılı örtülerin etkisi kadar uzun ömürlü olmayıp, koşullara göre iki ile üç yılda sona ermekte, fakat bu durum yapıya zarar vermemektedir. Beton ve harcın katılaşması (prizi) yıllarca sürmekte ve özellikle ilk iki yılda taze beton ve harç dış etkilere büyük duyarlık göstermektedir. Zamanla bu duyarlık azalmakta ve buna paralel olarak da nemsel sızmalara karşı direnç artmaktadır. Ancak, yalıtımın etkisi tamamen yok olmamakta, yapı elemanlarının dirençleri de korunum önlemlerini gerektirmeyecek kadar büyümektedir.

Sürme bitümün diğer bir özelliği de priz için gerekli suyun yapı elemanında kalmasını sağlamasıdır. Bilindiği üzere rötre görüntüleri, beton ve sıva belirli bir kuruluk derecesini bulduklarında ortaya çıkmaktadır. O halde, nem yapıda kaldığı ölçüde bu olayı da geciktirecektir. Ayrıca uzun zaman nemli kaldıktan sonra çok daha büyük dayanıklılık kazanan yapıda da rötre çatlakları artık beklenmemelidir (48).

Bitümlü sürme yalıtımların uygulanabilmesi için duvar yüzeyinin yeterince temiz, düzgün ve kuru olması gerekir. Bu tür yalıtımlar, önce uygulanan bir kat soğuk astar ile bunun üzerine uygulanan en az iki kat sıcak ya da üç kat soğuk bitüm katmanlarından oluşurlar. Astar, yapının gözeneklerine nüfuz ederek üzerine getirilen diğer katmanın yapıya sıkıca yapışmasını sağlar. Bitümlü yalıtım malzemesi ister sıcak ister soğuk uygulansın, üstteki katman bir önceki katmanın kurumasından sonra uygulanır.

Çok katlı sıcak ya da soğuk bitümlü sürme yalıtımlar altlığın gözeneklerini yüzeyel olarak kapatırlar. Dikkatli uygulandıklarında bu yalıtımlar nem geçişini o denli yavaşlatırlar ki duvardan iç ortama buharlaşan nem miktarı, kılcallıkla zeminden duvara nüfuz edenden daha fazladır. Bu nedenle alışıl gelmiş bodrum -sürekli ikamet işlevinde olmayan- duvarlarında yeterli kuruluk sağlanır. Ancak, su yapı elemanlarından kılcal yolla geçmiyor da zemin içerisinde oluşmuş bir su birikintisinin basıncıyla gözeneklerden ve çatlaklardan itilerek geçiyorsa, iç tarafta büyük miktarda su ortaya çıkabilir. Bu nedenle sürme yalıtımlar, yalnızca zemin nemliliği ve birikinti yapmayan sızıntı sularına karşı ve sürekli ikamet edilmeyen bodrum hacımlarının duvarları için uygundur (49).

Yalıtım örtüleriyle yapılan düşey yalıtım uygulamalarında da duvar yüzeyinin yeterince düzgün, temiz ve kuru olması gerekir. Soğuk sürülen astarın kurumasından sonra yalıtım örtüleri 0.10 m bindirmeler yapılarak bitümlü sıcak yapıştırıcı malzemeyle yapıştırılır, katmanların üzeri yine aynı malzeme sürülerek örtülür.

Yarı elastik bitümlü harçlar soğuk ya da sıcak olarak yukarıda belirtilen özellikleri gösteren altlık üzerine iki kat olarak uygulanırlar. Bitümlü harçlarla yapılan düşey yalıtımların, duvardaki yatay yalıtımlarla birleşmelerinde her iki yalıtımın, malzeme olarak birbirine uyum göstermesi esastır (50).

Geçirimsiz harçla yapılan yalıtımlarda harç 0.02 m kalınlıkta uygulanır. Yalıtım uygulamasının sürekli yapılması, kesintiye uğratılması halinde eklerin 0.20-0.30 m genişlikte bindirmelerle oluşturulması gerekir. Harç iki kat uygulanır. Üst katmanın uygulaması sırasında alttakinin sertleşmemiş olması gerekir (51). Aksi taktirde geçirimsiz malzemenin katkısı ile yapılmış alt sıva, bunu izleyen harcın suyunu artık çekemez. Bu nedenle alttaki sıva ile üstteki sıva yeterince bağlantı sağlayamaz. Küçük bir ısıl gerilim altında birbirinden ayrılır. Bir hata sonucu iki sıva katmanı arasına suyun girmesi ve yayılması, nem ve don hasarlarına yolaçabileceğinden sakıncalıdır.

Geçirimsiz sıva, çok az ve dar kılcal boşluklar barındıran bir malzemedir. Bitümlü sürme yalıtımlarda olduğu gibi nem geçişini çok yavaşlatırlar. Zeminden kılcal yolla duvara giren su, duvardan iç ortama buharlaşan su miktarından azdır. Ancak, herhangi bir şekilde basınçlı su sözkonusu olduğunda içeriye su girebilir. Bu nedenle bu malzeme de yalnız zemin nemine karşı ve ikamet edilmeyen bodrum hacimlerinin duvarlarının yalıtılmasında yeterli olabilir (52).

Doğal zeminle ilişkili dış duvar, subasman yüksekliğine kadar geçirimsiz betonla da yapılabilir. Burada, yatay ve düşey yalıtımlar olmaksızın duvarın kendisi doğrudan yalıtım görevini üstlenir.

Neme karşı yalıtılmış duvarın dış tarafındaki zemin dolgusu, yalıtım iyice kuruduktan ve sertleştikten sonra yapılır. Dolgu sırasında yalıtım

hasar görmemelidir. Dolgu, en çok 0.30 m kalınlıkta katmanlar halinde sıkıştırılarak yapılır. Dolgu malzemesi olarak, sivri uçlu kırma taşlar, yapı döküntüleri ve rasgele malzeme değil, daneleri sivri köşeler bulundurmeyen malzeme kullanılır (53).

2.2.2. BASINÇSIZ (YÜZEY VE SIZINTI) SUYA KARŞI KORUNUM

Yağış suyu, yer katmanlarından sızarak zemin altında bulunan yapı dış kabuğumu akabilir-damlayabilir durumdaki basınçsız suyun etkisinde bırakır. Özellikle eğimli arsada yapılan yapıların eğim tarafındaki duvarları bu tür suyun etkisinde kalırlar.

Yapı çevresinde arsa yüzeyinin hatalı düzenlenmesi, sudan arındırılmasının ve eğimlendirilmesinin yanlış yapılması sonucu yapı düşey dış kabuğuna suyun yönelmesiyle veya drenaj hattına bağlanmamış yağmur iniş borularının çatı suyunu yapı eteği yakınlarına akıtmasıyla yapı, yüzeysel suyun etkisinde kalır. Yüzeysel suyunun zemine sızması sonucu oluşan sızıntı suyu da zeminin geçirimli veya geçirimsiz olmasına bağlı olarak zemine bitişik yapıyı zorlar.

Zemin nemine karşı alınan önlemler bu tür suya karşı yeterli olamazlar. Burada sözkonusu olan akabilir-damlayabilir biçimdeki sudur.

. Yalıtımda kullanılacak malzeme

Bölüm 2.1' de değinilen tüm malzeme, bu tür suya karşı yalıtımda kullanılabilir. Ancak, katı malzeme ve bitümlü sürme yalıtımlar yalnız başlarına basınçsız suya karşı koyamazlar.

Amaca en uygun yalıtım türünün seçimi, yapı çukurunun ve basınçsız suyun durumuna, fiziksel - özellikle mekanik - ısıl ve kimyasal zorlamalara bağlıdır. Bunun yanında, örneğin dış iklimik etkiler, konstrüksiyonun etkileri veya yapının kullanımı sözkonusudur (54).

. Genel uygulama kuralları

Yalıtım katmanlarının, düşeyde ve yatayda birbirleriyle bağıntılı ve sürekli olmaları gereği, basınçsız suya karşı yalıtımda da doğal olarak geçerlidir.

Yapı çukurunun doldurulması, dolgu malzemesinin oturması ve ayrıca yalıtımın uygulandığı yapı elemanlarının hareketleri nedeniyle yalıtımda hasarlar ortaya çıkabilir. Bu hasarların ortadan kaldırılabilmesi için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesi gereklidir (55):

- Yalıtım katmanlarının altlığı sağlam, düzgün, çatlaksız olmalı ve öyle kalabilmelidir;
- Yalıtım katmanları boşluksuz olarak uygulanmalıdır;
- Basınçlar yalıtıma dik etki etmelidir;
- Yalıtım katmanları, yalıtım altlığında zamanla çıkabilecek 2 mm genişliğe kadar çatlakları, koruma işlevini yitirmeden karşılayabilecek esneklikte yapılmalıdır.

. Yalıtımın düzenlenmesi

Basıncsız suya karşı yalıtımın en önemli özelliği drenaj önlemleridir. Öyle ki bu önlemler olmaksızın yalıtım etkisiz kalır, çünkü sızıntı suyu, zemin ya da yapı çukurunun dolgu malzemesi türüne (geçirimli-geçirimsiz olması ya da sıkışma biçimi) zemin altındaki yapının önünde uzun süre birikebilir.

Sudan arınım drenajı, zemin altında sürekli veya süreksiz bir sızdırma hattı ya da suyu harekete geçiren hidrolik bir eğim oluşturan doğal veya yapay akıntılı (kanalizasyon veya dere vb.) sistemlerdir (56).

Bir drenajın etkili olabilmesi için önceden planlanması gerekir. Bunun için de (57);

- Yalnızca yapı alanında değil, komşu çevrede de zemin türünün, durumunun ve geçirimsizlik davranışının,
- Su miktarının niceliğinin (zemin suyu, eğim suyu, katman suyu ve bunların akış yönü),
- Suyun kimyasal niteliğinin (boru cidarında taşlaşma sakıncasının önlenmesi için) bilinmesi gerekir.

Ayrıca drenajın verimli olması için de gerekli koşullar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Suyun çabuk akabilmesi için drenaj borusu çevresinde yeterli büyüklükte filtre kesitinin bulunması (iri gözenekli malzemeden, örneğin çakıl, kırma taş vb. den filtre tabakası),

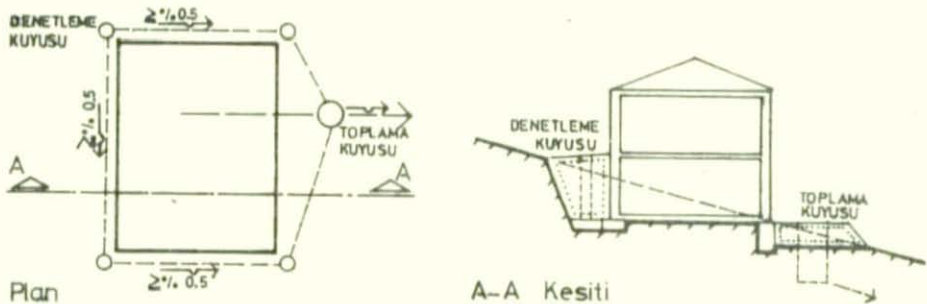
- Drenaj borusuna yeterli eğimin verilmesi (% 0.5.. % 2, normal % 1),
- Drenaj borusunun yeterli kesitte olması,
- Drenaj hattının konumunun binaya göre belirlenmesi (hattın en yüksek noktası bina tabanının en az 0.10 m altında duracak biçimde).

Drenajın gerekli olup olmadığı, zemin malzemesi cinsine ve yapının arsa üzerindeki konumuna bağlıdır. Şekil 11, hangi durumlarda drenajın gerektiğini göstermektedir (58).



Şekil 11. Yapıda drenaj gerektiren durumlar.

Drenaj, "Halka (ring) drenaj" ve "Yüzeysel drenaj" olmak üzere iki türlü yapılabilir. Halka drenaj, yapı çevresinde, bina tabanına göre belirlenen yükseklikteki bir noktadan başlayarak uygun bir eğimle toplama kuyusuna kadar süren bir borular sistemidir. Drenaj borularının 90° dirsekler yaptığı köşelerde, denetleme kuyularının düzenlenmesinde yarar vardır (Şekil 12)(59).

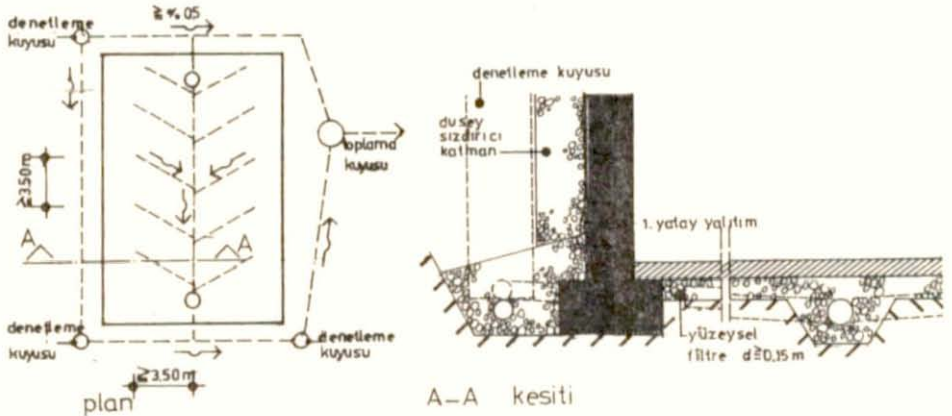


Şekil 12. Halka drenaj.

Drenaj boru hattı her tarafından geçirimli bir malzeme ile sarılmalıdır. Ancak, doğal zeminin ince daneciklerinin bu malzemeye nüfuz ederek çamurlaşmaya yolaçması, dolayısıyla işlevini azaltması sakıncası vardır. Bunun için, doğal zemin ve geçirimli malzeme arasında bir başka filtre katmanı (yapay malzemeden , örneğin cam yünü hasır) sürekli olarak yerleştirilebilir. Ayrıca geçirimli malzeme drenaj borusunu her taraftan en az 0.20 m kalınlıkta kuşatmalıdır (60).

Yüzeysel drenaj ise, tüm yapı tabanı altına en az 0.15 m kalınlıkta geçirimli malzemeden (kumlu çakıl, iri çakıl) yüzeysel bir filtre tabakası uygulanarak yapılır. Buna ek olarak bir halka drenaj yapılması, sistemin etkinliğini artırır.

Yüzeysel drenaj, boru hattı olmadan yapılırsa, geçirimli malzeme en az 0.20 m kalınlıkta uygulanır. Boru hattı olan yüzeysel drenajda ise borular, zeminle arasında en az 0.20 m kalınlıkta geçirimli malzeme bulunacak şekilde düzenlenir. Bu borular maksimum 3,5 m aralıkta ve en az % 0.5 eğimle toplama hattına yönlendirilerek yerleştirilirler (Sekil 13) (61).



Sekil 13. Yüzeysel drenaj

Sonradan doldurulan yapı çukurlarında suyun aşağıya, drenaj borusuna doğru engellenmeden kolayca iletilmesi, tüm drenaj sisteminin bir parçası olan düşey sızdırıcı katmanlarla sağlanır. Bu sızdırıcı katmanlar

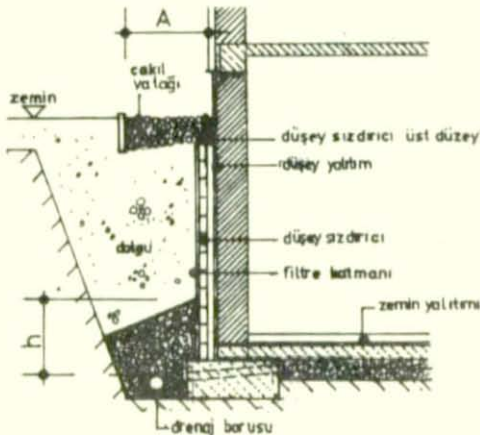
zeminle ilgili dış duvarın önüne geçirimli zemin malzemesi (kum-çakıl) getirilerek yapılabilir (Şekil 13, A-A kesiti).

Sızıntı suyunun etkisindeki tüm duvarları kesintisiz saran sızdıracı katmanların zamanla işlevlerini yitirmemeleri için, doğal zemin parçacıklarıyla tıkanmalarının önlenmesi gerekir. O halde bu katmanlar iki işlevi yerine getirmelidirler: Birincisi suyu almak ve düşey olarak drenaja iletmek, diğeri zeminin ince danelerinin katmana girmesini önlemek.

Sızdıracı katmanlar, içlerinde bulundurdıkları birbiriyle ilişkili boşlukların oranı arttıkça suyu daha iyi iletebilirler. Ancak bu, ince daneciklerin boşlukların içerisine uzanması ve sistemi tıkaması sonucunu da getirir.

Düşey sızdıracı katmanlar o kalınlıkta yapılmalıdır ki, dış bölgenin (zeminin) çamurlayıcı etkisine rağmen suyu iletebilecek büyüklükte temiz bir kısım kalabilsin. Bu nedenle, tüm yapı çukuru drenaj borusuna kadar geçirimli zeminle doldurmalı veya dış duvar önünde en azından 0.50 m kalınlıkta çakıl katmanı öngörülmelidir (62).

Zemin düzeyi altında kalan dış duvar önlerinde uygulanan harçsız yağma duvarlar veya profilli plaklardan yapılan sızdıracı duvarlar, yalnız başlarına su iletim işlevine yerine getiremezler. Doğal zeminden sızan kil vb. ince danelerin bu tabakalarla duvar arasında birikmesiyle suyun akması engellenebilir. Bu nedenle bu türden duvarlar zeminle aralarında filtre özellikli koruyucu bir katman gerektirirler (Şekil 14).



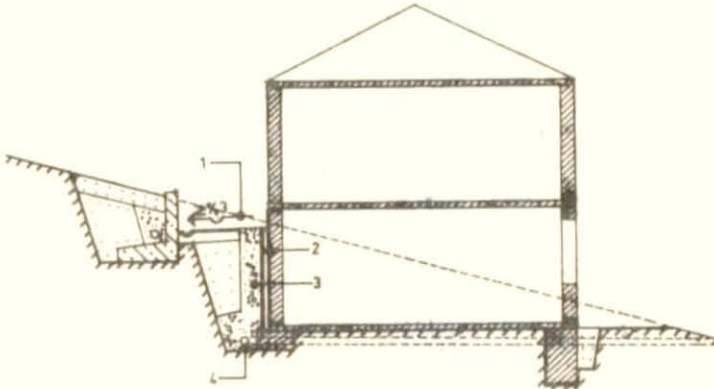
Şekil 14. Düşey sızdıracı katman ve drenajla bağlantısı.

Düsey sızdırma sisteminden halka drenaj sistemine geçiş asla kesintiye uğratılmamalıdır. Bunun için drenaj kanalını örten çakıl kitlesi, sızdırıcı duvarın alt kısmında da yeteri kadar yükselmelidir (temelden itibaren min. 0.50 m) (Şekil 14' te h yüksekliği).

Düsey sızdırıcı duvar üst seviyesi, zemin yüzeyinin yaklaşık 0.20 m altında bitirilmeli, zemin yüzeyine kadar olan kısımda 0.50 m genişlikte (Şekil 14' te A genişliği) bir çakıl yatağı düzenlenmelidir. Böylelikle atmosferik yağışın düsey sızdırıcı katmana, tıkayıcı başka malzeme ile karışmadan doğrudan sızması sağlanır. Bu önlem aynı zamanda subasman bölgesine gelen suyun çamurlanmamasını da sağlar (63).

Eğimli bir arsaya uygulanan binaların, arsanın yüksek tarafındaki zemin altı duvarları ve subasman bölgeleri, üst yüzey ve sızıntı sularıyla karşı karşıyadırlar. Bunlardan doğması olası bazı sakıncaların giderilmesi amacıyla aşağıdaki önlemlerden biri yada birkaçının alınması gerekebilir (Şekil 15) (64):

- 1) Olanaklar ölçüsünde istinad duvarının da suyunu alan ve yapı ile arasında en az 3 m mesafe kalacak biçimde düzenlenen açık bir toplama oluğuna doğru zemin yüzeyinin minimum % 3 eğimlendirilmesi,
- 2) Yalıtım katmanı uygulaması,
- 3) Duvar önünde düsey sızdırıcı katman düzenlenmesi (olanaklar ölçüsünde bu katman ile yalıtım arasında koruyucu bir duvar getirilmesi),
- 4) Duvar boyunca süren drenaj hattı yerleştirilmesi.



Şekil 15. Eğimli arsada uygulanan binalarda basınçsız suya karşı yapısal önlemler.

Basıncısız suya karşı yalıtımda, bitümlü sürme yalıtımların kullanılması, yeterli drenaj sistemi ile su birikmesi olasılığı tamamen ortadan kaldırılmış ise uygundur. Ayrıca, zemin altındaki iç ortamın yaşanılan ya da kuru tutulması gereken hacim olarak kullanılması halinde bitümlü sürme yalıtım seçilmemelidir. Bu durumda yalıtım örtüleri kullanılmamalıdır.

Yarı elastik bitümlü harçlarla da bina duvarı bu tür suya karşı korunabilir. Katı malzemeden geçirimsiz harçla basıncısız suya karşı korunumda ise sorunlar vardır. Yapı derzleri, birleşimler, geçişler gibi konstrüksiyonun zayıf noktalarında zorluklar çıkar. Buna harç içerisinde kılcal çatlakların oluşması olasılığını da eklemek gerekir. Çatlak oluşmasıyla birlikte harcın koruyucu etkisi ortadan kalkar. Geçirimsiz beton ile korunumda da benzer sorunlar ortaya çıkar (65).

2.2.3. BASINÇLI SUYA KARŞI KORUNUM

Su basıncına bağlı zorlama, yalıtım açısından çok önemlidir. Özellikle sahile yakın yerlerde yapılan bina projelerinde bodrum ünitelerinin karşılaşılabileceği zemin suyunun özelliğinin iyi anlaşılması zorunludur (66).

Yeraltı suyu gibi birikmiş su içinde bulunan bir yapının dış duvarlarında ve döşemelerinde, su içinde kalan yapı derinliği ile orantılı bir hidrostatik basınç oluşur. Bu nedenle zemin nemine ve basıncısız suya karşı alınan önlemler burada yeterli olamazlar. Su basıncına karşı koyabilecek malzeme ve yalıtım türü seçilmelidir.

. Yalıtımda kullanılacak malzeme

Basıncılı suya karşı yalıtımda kullanılacak malzeme;

- Uzun ömürlü,
- Çürümeye karşı dayanıklı,
- Humus asidinin zemin içindeki sulu dağılımına, çeşitli içerikteki tuz eriyiklerine, yanmış kireç, alçı, çimento vb. maddeler ve yapı malzemesine karşı dayanıklı olmalıdır (67).

Bu özellikler Bölüm 2.1' de belirtilen katı, yarı elastik ve elastik olarak nitelendirilen malzemeler tarafından yerine getirilebilir. Ancak,

katı malzemenin basınçlı suya karşı kullanılmasında zorluklar vardır. Bölüm 2.2.2' de basınçsız suya karşı yalıtımda harç ve betonun kullanılmasındaki sakıncalara değinilmişti. Bu sakıncalar basınçlı su yalıtımında daha büyük boyutlarda ortaya çıkarlar.

Bu tür suya karşı yalıtımda, amaca en uygun olması nedeniyle elastik nitelikteki yalıtım örtüleri kullanılmaktadır. Bu nedenle, yalnızca bu tür malzeme ile yapılan yalıtım ele alınacaktır.

. Genel uygulama kuralları

Zemin nemine ve basınçsız suya karşı yalıtımda, yalıtım katmanlarının birbiriyle bağlantılı, sürekli bir tabaka oluşturmaları kuralı burada daha fazla dikkate alınmak zorundadır, çünkü yalıtım su basıncına karşı koymak durumundadır.

Bitümlü bir yalıtım örtüsünü sürekli olarak görev yapabilir durumda tutabilmek için, basınçlı suya karşı yalıtımı yapılacak yapıda belirli kurallara uyulması zorunludur. Bu kurallar şunlardır (68):

1) Yalıtım masif yapı tarafından, boşluk kalmaksızın, her yönden sarılmalıdır.

Böylelikle bitümlü yalıtım malzemesinin kendi ağırlığı, diğer etki yapan ağırlıklar ve sıcaklık etkisiyle akması önlenir.

Bunlardan başka yalıtım üzerinde bir takım biyolojik etkenler de düşünülmemelidir. Yumuşak PVC örtülerin üzerinde ilkel mantarların üreyebildiği; ayrıca bitümün organizmalara karşı direncinin kısıtlı olduğu ve özellikle bitki köklerinin korunumsuz bitüm katmanları içerisinden geçerek büyüdükları bilinmektedir.

2) Yalıtımın sürtünmesi olmadığı ve sadece kendi yüzeyine dik gelen yükleri ilettiği kabul edilmelidir.

Yalıtıma paralel gelen kuvvetler kayma hareketine yolaçarlar. Pratikte bu tür yalıtımlara sürtünmesiz gözüyle bakmak gerekir. Bu nedenle kuvvetler yalıtım yüzeyine dik gelmelidir. Elbette tam bir sürtünmesizlik sözkonusu olamaz. Aslında sürtünme yüzeylerinin büyük olması halinde küçük bir sürtünme katsayısı büyük dirençlere yolaçabilmekle

beraber, bu direnç yetmemekte ve yapıştırıcı madde, yük alan yüzeyler arasında kaydırıcı görev yapmaktadır.

3) Yalıtım yüzeyine gelen yükler olabildiğince homojen, en azından sürekli olarak yayılmış bulunmalıdır.

Bitümlü malzemelerin bir özelliği de, bunların düşey olarak etki yapan yük altında yatay olarak akma eğilimi göstermesidir. Bu nedenle, basınçlı suya karşı yalıtımı yapılacak yapıların planlamasında, temel tabanında ortaya çıkabilecek basınç farklarının giderilmesine ve yalıtımın farklı yüklere maruz kalmamasına dikkat edilmelidir. Böylece bitümün yüksek basınç bölgesinden düşük basınç bölgesine doğru hareketi önlenmiş olur.

4) Yalıtım eğer çıplak bitümlü kartonlar kullanılarak yapılıyorsa sürekli olarak iki katı yapı elemanı arasında yeterli ve sürekli basınç altında tutulmalıdır ve en azından 0.1 kp/cm^2 lik bir basınç altında bulunmasının sağlanması zorunludur.

Bir yandan tüm organik folyo veya tabakalar, bu arada plastik örtüler ile bitüm tabakaları sınırlı ölçüde difüzyona yer verirken diğer yandan da, bitümlü kartonlar emdikleri bitüme rağmen su alabilir, şişer ve çürüyebilirler. Bunu önlemek için, bu tip yalıtımların kural olarak iki rijit yapı elemanı arasında gömülmüş olması ve en azından 0.1 kp/cm^2 lik bir basınç altında tutulması zorunludur.

5) Bitmiş yapıda yalıtımın sıcaklığı, yapıştırıcının yumuşama noktasının 30°C altından daha yüksek olmamalıdır. 40°C yi de geçmemelidir.

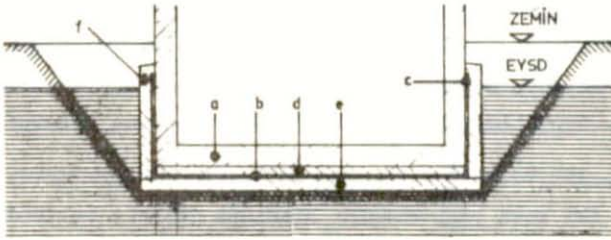
Sıcaklığın, bitümlü maddelerin akıcılığını ve bu yolla yapıştırma gücünü etkileyişi, yalıtımın maruz kalacağı ısıya bir üst limit saptanmasını gerektirir. Bu, yalıtılacak yapı kesiminin uzun süre (örneğin kalorifer yandığı sürece) sadece yüksek ısıya değil, ayrıca sürekli bir ısı birikimine maruz kalacağı hallerde özellikle gereklidir.

. Yalıtımın düzenlenmesi

Yalıtım, suyun zorlama yönüne uygun olarak, yapı elemanlarının dış yüzeylerine uygulanır. Ancak, yeraltı suyunun sonradan yükselmesi gibi nedenlerle ek önlem olarak iç yüzeyde yalıtımın uygulanması zorunlu olabilir. Böylece basınçlı suya karşı dıştan ve içten olmak üzere iki biçimde yalıtım uygulanabilmektedir.

- D i ŝ t a n uygulanan yalıtım

Yalıtım haznesi, yalıtım çanağı ya da yalıtım teknesi olarak adlandırılan, basınçlı suya dayanıklı yalıtımın basitleştirilmiş şekli aşağıda gösterilmektedir (Şekil 16) (69).



Şekil 16. Yalıtım teknesi

- a) Taşıyıcı yapı elemanları (taban ve duvarlar)
- b) Taban yalıtımı
- c) Duvar yalıtımı
- d) Koruyucu beton
- e) Alt betonu
- f) Sırt duvarı

Alt betonu ile sırt duvarının iki görevi vardır. Birincisi yalıtımı boşluksuz, her yönden sarmak, ikincisi ise gerektiğinde basıncı yalıtıma iletmek. Bu ikinci görevi yerine getirebilmesi için sırt duvarı, basıncı iletemeyecek kadar rijit yapılmamalıdır. Yalıtıma dik olmayan yüklerin ortaya çıkması durumunda bunları da karşılayabilmelidir.

Bu tür suya karşı dıştan uygulanan yalıtımın getirdiği çok sayıda yarar vardır:

- Öncelikle suyun zorlama yönü dikkate alındığında yalıtımın yapı elemanlarının dış yüzeyinde uygulanmasına amaca uygun ve doğal görünüşle bakmak gerekir.
- Dış yüzeylere gelen hidrostatik basınç yalnızca taşıyıcı yapı elemanlarını zorlamaktadır.
- Taban yalıtımı sürekli yapı yükü tarafından iyi bir şekilde sıkıştırılmakta, duvar yalıtımının sıkıştırılması için de dolgunun aktif

toprak basıncı yeterli olmaktadır.

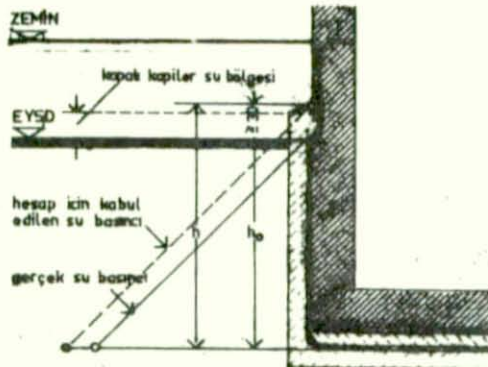
- Yapı iç duvarlarında yalıtıma gerek kalmamaktadır.
- Yalıtımın, kullanılmakta olan yapıda sonradan yapılabilecek değişiklik veya ilaveden zarar görme sakıncası en aza indirilmektedir.

Bu yararlarından dolayı dıştan yalıtım, basınçlı suya karşı en uygun çözüm olmaktadır.

Yalıtım açısından en yüksek su düzeyinin (EYSD) bilinmesi önemlidir. Sondaj ile belirlenen su düzeyinden çok, uzun bir zaman süreci içerisinde saptanmış EYSD' nin dikkate alınması gerekir.

DIN 4031 (70) su basıncına dayanıklı yalıtımların EYSD' den 0.30 m daha yüksek yapılmasını istemektedir. Henüz taslak halindeki "TS- Binalarda Yeraltı Suyuna Karşı Yapılacak Yalıtımlarda Tasarım ve Yapım Kuralları" ise bu yüksekliği 0.50 m olarak belirlemektedir. Böylelikle yapı, EYSD' nin üzerindeki kapalı kapiler su bölgesinden gelebilecek suya karşı da korunmuş olmaktadır.

Su, kılcallık etkisiyle toprağın gözeneklerinin inceliğine bağlı olarak, birlikte suyu düzeyinin de üstünde bir miktar yükselir. EYSD' nin üstünde, zeminin tüm gözeneklerinin su ile dolu olduğu kapalı kapiler su bölgesi bulunur. Bu bölgeyi hava içeren ve açık kapiler su bölgesi demilen bölge izler. Kapalı kapiler bölgesinde su eksi basınç altında bulunduğundan yalıtımın bu bölgede bulunan kısmı üzerinde hidrostatik basınç yoktur. O halde gerçek basınç yüksekliği EYSD' nin altında kalmaktadır. Bununla beraber yalıtımın tüm (h) yüksekliğinin (Şekil 17) hesaba katılmasında yarar vardır. Yalıtımın kat adedinin belirlenmesinde ise gerçek su basıncı yüksekliğinin (h_0) alınması yeterlidir (Şekil 17) (71).



Su basıncı büyük bir kuvvet yarattığından zemin plağının ve duvarların konstruktif yapımı statik olarak iyi tahkik gerektirir. Basit bir örnekle hangi yüklerin alınmasının zorunlu olduğu gösterilebilir. Örneğin, 1.00 m zemin suyu içinde duran bir yapıda 1.00 m yükseklikteki su 1.00 m² döşeme yüzeyi üzerine 1000 kg. lık basınç yapar. Bu kuvvet zemin plağını içe doğru kubbelendirmek ister, çünkü kuvvet yukarıya doğrudur ve plağın üst tarafında çekme gerilmeleri oluşturur. Bu nedenle plak eğilmeye karşı dirençli bir yapıda olmalı ve betonarmeden yapılmalıdır (72).

Su basıncına yalıtımı sıkıştıracak basınç gözüyle bakılmamalıdır. Bu basınç, yalıtımın dış katmanlarındaki ek yerlerine, katı cisimlerden beklenen sıkıştırıcı değil açıcı etki yapar. Yalıtımın, iki katı (rijit) yapı elemanı arasında sıkıştırılması bu nedenle önemlidir. Su tarafında bulunan yapı elemanlarında (alt betonu ve sırt duvarları) sıkıştırıcı olarak yalnızca toprak basıncı söz konusu olmakta, su basıncı ise bu elemanların içerisinden geçerek ilk önce yalıtımı zorlamaktadır (73).

Yapı yükü değişmemek koşulu ile, yapının yeraltı suyu içerisinde batış yüksekliği (h) ın giderek büyüdüğü durumda, yükleme düzeyi aynı kaldığından, suyun kaldırma gücünün etkisi, zemin gerilimini azaltarak bu değeri sıfıra düşürünceye kadar artar. Bu, yapının kararsız denge durumuna geldiğini ve yüzme üzere olduğunu gösterir (74). Bu nedenele, gerekli yapı yüküne erişilinceye kadar yeraltı su düzeyinin denetlenmesi gerekir. Yalıtımın uygulanabilmesi için suyun, taban betonunun alt yüzeyi, kapalı kapiler bölgesi üstünde kalancaya kadar düşürülmesi gerekir. Yalıtımın uygulanacağı alt betonu kuru olmalıdır.

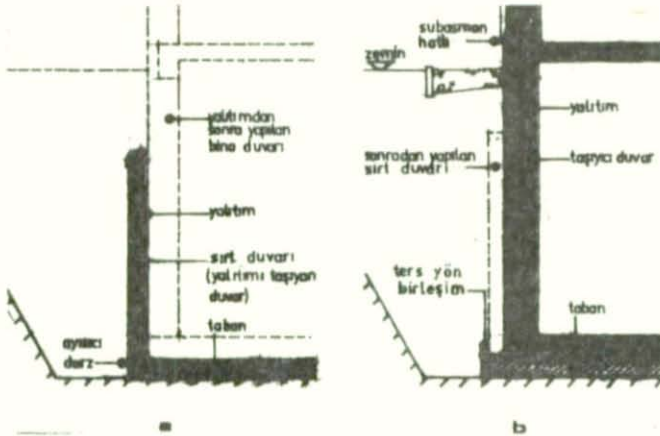
Yapı çukurundaki su düzeyi düşürüldükten sonra yalıtım teknesinin uygulanmasına geçilebilir. İşin akışına göre iki yapım tekniği ortaya çıkar (75):

1) Dışarıdan içeriye doğru yalıtım

Yalıtım katmanı ilk önce yapılan sırt duvarı üzerine getirilir ve buna bağlanır. Genellikle 1/2 tuğla duvar (veya 0.10 m lik beton) dan yapılan bu duvar, taban plağı üzerinde yükselir. Taban plağı ile duvarın birleşimi kayıcı derz olarak, ayırıcı bir katman (bitümlü karton vb.) yerleştirilerek yapılır (Şekil 18-a).

2) İçeriden dışarıya doğru yalıtım

Yalıtım katmanları yapının gövdesine doğrudan yapıştırılırlar. Sırt duvarı daha sonra yapılır. Bu yöntem, ters yön birleşimli dış yalıtım olarak da nitelendirilir (Şekil 18-b).



Şekil 18. Yalıtım teknesi yapım teknikleri

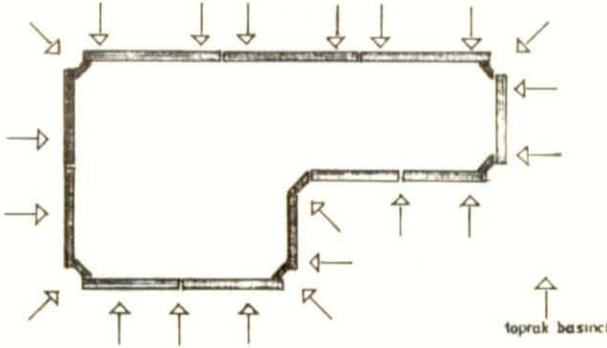
Her iki konstrüksiyonda da zemin plaklarının (alt betonu) yapımı, çalışma sırası bakımından aynıdır. Yalnızca yatay yalıtım katmanlarından düzeye geçişte farklılaşma vardır.

Uygulamada ilk soru, bu iki teknikten hangisinin seçilmesi gerektiğidir. Bu sorunun cevabı, binanın yapıldığı yerin durumuna ve yalıtımın yüksekliğine bağlıdır. Yapılmakta olan binanın çevresinde çalışma için yeterli alan varsa, içten dışa doğru yalıtım uygundur.

Dışarıdan içeriye doğru yalıtım seçilmiş ise ve duvar yalıtımının yüksekliği 4 m' yi geçmiyorsa yalıtım bir bütün olarak sürdürülebilir. Ancak, duvar yalıtımının yüksekliği fazla ise bu teknikte kural olarak yalıtım aralıklarla sürdürülebilir. Kuralda 8m koşul, duvar yalıtımının belirli bir yüksekliğe kadar olan birinci bölümü biter bitmez ana yapı duvarının alt kısmının yapılmasıdır. Daha sonra duvar yalıtımının ikinci kısmı yapılır, aynı şekilde ana yapı duvarı bundan sonra yükseltilir (76).

Zemin basıncının kısmi etkilerini yalıtıma gereği gibi iletilebilmesi için planda yalıtım teknesinin sırt duvarı, köşelerde ayırıcı derzlerle

donatılır. Aynı şekilde, uzun sırt duvarlarında da 5-10 m lik parçalar halinde ayırıcı derzler düzenlenir (Şekil 19) (77).



Şekil 19. Planda sırt duvarlarının düşey derzlerle donatılması

Yalıtımın uygulanacağı altlığın temiz, kuru, düzgün olması, yalıtımın gereği gibi yapılması için koşuldur. Bu nedenle tüm kovuklar, boşluklar doldurulur. Örme duvarlar da yalıtımın uygulanabilmesi için en az 0.01 m kalınlıkta çimento sıva ile düzeltilirler. Köşeler ve kenarlar yalıtım örtülerinin kırılmalarının önlenmesi amacıyla en az 0.04 m yarıçap ile yuvarlatılırlar.

Bu koşulları yerine getiren altlık üzerine soğuk olarak astar uygulandıktan sonra yalıtım katmanlarının yapıştırılmasına geçilir.

Yapı gövdesinin veya tekne plağının hareketlerinden yalıtımın hasar görmemesi için ayırıcı bir katman yerleştirilerek yalıtımın yapıştırılmayan tarafla ilişkisi kesilir.

Çıplak bitümlü kartonlarla yapılan yalıtımlarda katman sayısı, en yüksek su düzeyi altındaki yapı kesiminin derinliğine bağlıdır.

DIN 4031 (78), yapının su içindeki derinliğine bağlı olarak çıplak bitümlü kartonların kat sayısını şöyle belirlemiştir:

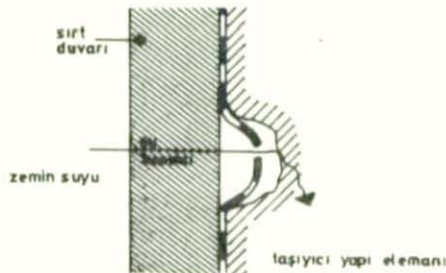
. EYSD üzerindeki bölge	3 kat
. EYSD altında	
3 m derinliğe kadar	3 kat
3 m ile 6 m arasında	4 kat
6 m ile 12 m arasında	5 kat
12 m den fazla	6 kat

Üzerlerine fırça ile bitümün sürülmesi ya da dökülmesi suretiyle yapıştırılan yalıtım örtüleri birbiri üzerine en az 0.10 m bindirilerek ve bu bindirmeler katlarda kaydırılarak uygulanır. Böylece oluşturulan yalıtım bohçasında kat sayısı arttıkça güvenlik de artar.

Mimari nedenlerle yapılan girinti ve çıkıntıların oluşturduğu tüm yüzeyler gereği gibi toprak basıncından pay alamazlar. Yalıtım çalışmalarını gereksiz yere zorlaştırmamak için, yapı gövdesini ve dolayısıyla yalıtım teknesini olabildiğince basit biçimlendirmek, girinti ve çıkıntı yapmayan, sivri köşeler bulundurmayan, temiz, kübik biçimler seçmek gereklidir. Kranglezlerin de yalıtım teknesinin üzerinde bulunmasında yarar vardır.

İki rijit yapı elemanı arasında sıkıştırılan yalıtımın su yönünde olmayan yüzüyle doğrudan temas durumunda olan yapı elemanlarında herhangi bir şekilde oluşabilecek boşluklar büyük sakınca yaratır. Bu boşlukların sakıncası, yalıtımın aylarca su basıncı altında kaldıktan sonra, bu basınca uyum göstererek boşluk içerisine doğru itilmesi ve sonunda yırtılması olasılığından gelmektedir (Şekil 20).

Bu durum yalnızca dışarıdan içeriye doğru uygulanan yalıtımda görülür. Çünkü içeriden dışarıya doğru uygulanan yalıtımda, su yönünde olmayan yapı elemanlarının üzerindeki girinti, çıkıntı ve boşlukları görebilme olanağı vardır (79).

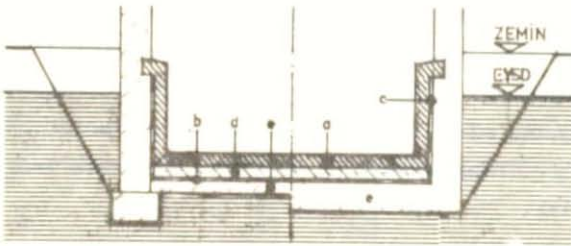


Şekil 20. Oyukta yalıtımın yırtılması.

- İ ç t e n u y g u l a m a n y a l ı t ı m

Yeraltı suyunun sonradan yükseldiği veya dışarıdan yapılmış yalıtımın herhangi bir nedenle yetersiz kaldığı durumlarda içten yalıtım yapılması zorunluluğu ortaya çıkar.

Su basıncına dayanıklı yalıtımın esas bir iç çanağıdır. İç çanağın ana biçimi Şekil 21' de gösterilmektedir (80).



Şekil 21. Basıncılı suya karşı içten yalıtımın ana biçimi

- Çanak tabanı ve çanak duvarı
- Taban yalıtımı
- İç duvar yalıtımı
- Koruyucu beton
- Taban altlığı

Dıştan yalıtımların doğal olarak nitelendirilen düzenlerine karşın içten yalıtımlar oldukça ters bir durum gösterirler. Zemin suyunun, yapıyı çevreleyen ve yalıtımın dışında kalan duvar ve kolonlar boyunca kılcal yolla yükselebile, hasarlara neden olabileme sakıncası vardır. Ayrıca bu tür yalıtımlarda, yalıtımın her yönden boşluksuz sarılması ve sıkıştırılması koşullarını yerine getirmek de güçtür.

İç çanağın kendi ağırlığı, suyun kaldırma gücünü karşılamaya genellikle yetmez. Bu nedenle yapı yükünü de bu amaçla kullanabilmek için iç çanak, duvar yalıtımının bittiği noktanın biraz üstünden taşıyıcı duvara sokulur, böylelikle yapının ağırlığının da suyun kaldırma kuvvetine karşı koymada katkısı sağlanır.

Su basıncı, yalıtımı sıkıştıran basınç olarak nitelendirilemeyeceğine göre, içten yalıtımlarda yalıtımı basınç altında tutma görevi, içten

uygulanacak konstrüksiyonlarla sağlamabilir. Tabanada bu, betonun zati ağırlığı ile bir dereceye kadar yerine getirilebilir. Ancak duvarların taşıyıcı yapıya bağlanmaları gerekir.

Suyun kaldırma kuvveti ve yapının durumu izin verirse donatısız fakat ağır bir taban yapılabilir. Bu durumda yalıtımın üzerindeki minimum basıncın sağlanabilmesi için taban betonu ağırlığı, suyun en yüksek düzeye varmasında bile yeterli basıncı sağlayabilmeli ve tabanı yüzmekten alıkoymalıdır.

2.3. BÖLÜMÜN SONUCU

- . Tasarım aşamasında, zemiende var olan su ve nem konusunda gerekli bilgiler tam olarak elde edilmelidir.
- . Yapıya temas eden zeminin üst kotu planlama aşamasında kesin olarak saptanmalı, uygulama sırasında daha üst düzeye çıkarılmamalıdır.
- . Zeminin her durumda az çok nemli olduğu kabulü ile zeminle sınırlı yapı elemanlarında en azından zemin nemine karşı bir yalıtım mutlaka yapılmalıdır.
- . Sıcak ve soğuk bitümlü sürme yalıtımlar, geçirimsiz harç, geçirimsiz beton, basınçlı ve basınçsız su sözkonusu olduğunda içeriye su geçirebilirler. Bu nedenle yalnızca zemin nemine karşı kullanılmaları uygundur.
- . Zemin nemine karşı yalıtım malzemesi seçilirken, zemin altındaki hacimlerin mimari kullanımları da gözönünde tutulmalıdır. Bitümlü sürme yalıtımlar, geçirimsiz harç ve beton az da olsa nem geçirdiklerinden iç ortamda nemlilik düzeyini yükseltebilirler ve sınırlayıcı yapı elemanlarında belirli miktarda nemliliğe neden olabilirler. Bundan dolayı insanların sürekli yaşamadığı bodrum kullanımları için yeterli görülebilirler. İnsanların sürekli buldukları ortamlar ise en az bir kat yalıtım örtüsü ile yalıtılmalıdırlar.
- . Atmosfer koşullarına uyum gösterebilen geçirimsiz harç, beton vb. malzeme ile yapılan düzey yalıtım işleri subasman bölgesinde de sürdürülebilirler. Diğer yalıtım malzemesi, örneğin bitümlü örtüler,

- atmosfer koşullarına ve mekanik dış etkilere karşı duyarlı olduklarından subasman bölgesinde bir koruyucu gerektirirler.
- . Zemin suyunun olmadığı durumlarda, zemin nemine karşı yapılan yalıtım yalnızca geçirimli zeminlerde yeterli olabilir. Geçirimsiz zeminlerde suyun birikinti yapabileceği dikkate alınarak drenaj önlemleri alınmalı, birikinti olasılıkları önlenmeli veya yalıtım güçlendirilerek kısa süre birikinti yapan suya karşı koyabilecek duruma getirilmelidir.
 - . Yapı çukuru geçirimli malzeme ile doldurularak yapı ile doğal zemin arasında düşey sızdırıcı bir katman oluşturulmalıdır. Bu katman, doğal zeminin çamurlayıcı etkisi nedeniyle zamanla etkinliğini yitirmeyecek genişlikte olmalı ve dane yapısı bakımından doğal zemine uyum gösterebilecek biçimde düzenlenmelidir. Bu uyum, doğal zemin sınırından ince daneli (kum-ince çakıl) başlayarak duvara doğru gittikçe irileşen (çakıl) geçirimli malzeme yerleştirilerek sağlanabilir. Böylelikle zeminden sızabilecek kil vb. ince danelerin sızdırıcı katmanı çamurlaması önenebilir ve düşey sızdırıcıların etki süresi uzatılabilir.
 - . Harçsız yağma duvarlardan veya profilli levhalardan (zemin etkilerine dayanıklı asbestli çimento levhalar vb.) yapılabilen düşey sızdırıcı katmanların da çamurlanmalarının ve tıkanmalarının önlenmesi gerekir. Bu amaçla, doğal zeminle bu elemanlar arasına süzgeç özelliği olan bir katman (örneğin cam tülü) sürekli olarak yerleştirilebilir.
 - . Basıncılı suya karşı yalıtım gerektiğinde, yalıtımın sağlıklı ve kolay uygulanabilmesinin sağlanması amacıyla, yapının biçiminin olabildiğince basit (geometrik) olması gerekir. Statik açıdan gerekme de basıncılı suya karşı bir yalıtım sözkonusu ise radye temel sisteminin seçilmesi, yalıtımın uygulanmasındaki sorunları azaltacaktır

Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

3. ISIL VE NEMSEL OLAYLAR AÇISINDAN ZEMİNLE SINIRLI DUVAR

3.1. ISIL AKIM VE ZEMİNLE SINIRLI DUVARIN İLİŞKİSİ

Yapı elemanlarında ısı akım, elemanın iki tarafı arasındaki sıcaklık farkının ısı geçirme direncine ($1/k$) bölünmesiyle hesaplanır:

$$q = \frac{(t_{ih} - t_{dh})}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda_1} + \frac{d}{\lambda_2} + \dots + \frac{d}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad W/m^2 \quad [1]$$

veya

$$q = \frac{(t_{ih} - t_{dh})}{\frac{1}{k}} = k \cdot \Delta t \quad W/m^2 \quad [2]$$

Yapı fiziği açısından yapı elemanının davranışının değerlendirilebilmesi için eleman içindeki ısı dağılımının önceden bilinmesi önemlidir.

Yapı elemanı iç, dış yüzeylerindeki ve katmanlarındaki sıcaklıklar analitik yöntemle bulunabilir, dolayısıyla da eleman içindeki ısı dağılımı saptanabilir.

Eleman iç yüzeyi ve iç hava sıcaklığı arasındaki fark:

$$\Delta t_i = \frac{1/\alpha_i}{1/k} (t_{ih} - t_{dh}) \quad ^\circ C \quad [3]$$

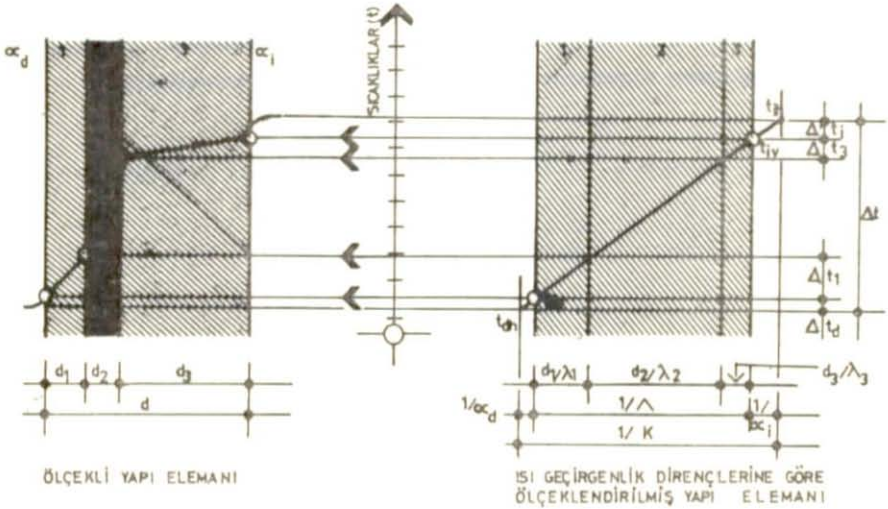
Eleman katmanlarının yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı:

$$\Delta t_n = \frac{d_n/\lambda_n}{1/k} (t_{ih} - t_{dh}) \quad ^\circ C \quad [4]$$

Eleman dış yüzeyi ile dış hava sıcaklığı arasındaki fark:

$$\Delta t_d = \frac{1/\alpha_i}{1/k} (t_{ih} - t_{dh}) \text{ } ^\circ\text{C} \quad [5]$$

Saptanan sıcaklık farklarıyla, yapı elemanının yüzeylerindeki ve içerisindeki sıcaklıklar bulunabilir.



Şekil 22. Sıcaklık grafiği aracılığıyla ısı dağılımının saptanması

Analitik yöntem yerine, ordinatta sıcaklıkların, apsiste (d/λ) ısı geçirgenlik dirençlerinin yer aldığı sıcaklık grafiğinin (Şekil 22) kullanılmasıyla da ısı dağılımı elde edilebilir. Bunun için yapı elemanı kesiti, bu kesiti oluşturan malzeme ısı dirençleri ve yüzeyel ısı iletim dirençleri ile sözkonusu grafikte oluşturulur. İç ve dış hava sıcaklıkları belirtilir ve bunlar bir doğru ile birleştirilir. Elemanın herhangi bir yerindeki sıcaklık düzeyi bu eğik doğru üzerinden okunabilir.

Zeminle sınırlı duvarda, doğal zemin dış ortam yerine geçtiğinden, dış yüzeyel ısı iletim katsayısı sözkonusu değildir (sıfırdır). Isıl alış-

veriş doğrudan zeminle duvar dış yüzeyi arasında gelişir. Duvar iç yüzeyinde ise normal yüzeyssel ısı iletim dirençleri geçerlidir (Bkz. Ek Tablo 2) (81).

Zeminle sınırlı yapı elemanlarındaki ısı kayıpları (82);

- 1) Zeminle sınırlı döşeme ve duvardan zemin kanalı ile havaya geçen ve
- 2) Zeminle sınırlı döşeme ve duvardan zemin kanalı ile yeraltı suyuна geçen ısı miktarlarından oluşur.

Zeminle sınırlı yapı elemanlarında ısı kaybı hesapları için çeşitli kabuller sözkonusudur. Örneğin:

- 1) Kalorifer kazan hesaplarında 0°C ile -5°C arasında bir sıcaklığın kullanılması öngörülmektedir (83).
- 2) Zeminde soğuk dönem hesap sıcaklıkları, zemin üst yüzeyinden 1 m derinliğe ve kabul edilen hava sıcaklıklarına bağımlı olarak şu şekilde verilmektedir (84):

Dış hava sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$)	-10	-15	-20
\leq 1 m derinlik için ($^{\circ}\text{C}$)	- 2	- 5	- 8
\geq 1 m derinlik için ($^{\circ}\text{C}$)	+ 3	\mp 0	- 3

- 3) Hava sıcaklığına bağımlı olarak zemindeki duvar ve döşeme için hesap sıcaklıkları ise şöyle belirlenmektedir (85):

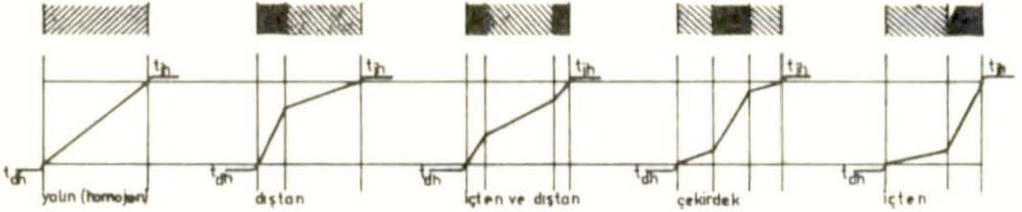
Hava sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$)	-9,-12,-15	-18,-21,-24	-27,-30,-33
Döşeme altındaki zemin ($^{\circ}\text{C}$)	+ 6	+ 3	\mp 0
Dış duvarı sınırlayan zemin ($^{\circ}\text{C}$)	\mp 0	- 3	- 6

Bu kabule paralel olarak, Türkiye için kabul edilen sıcaklık dilimlerine (86) göre, zemin hesap sıcaklıkları aşağıdaki gibi belirlenebilir:

Sıcaklık dilimleri	Dış duvarı sınırlayan zemin	Döşeme altındaki zemin
I. S.D. (+3, \mp 0 $^{\circ}\text{C}$)	+6 $^{\circ}\text{C}$	+12 $^{\circ}\text{C}$
II. S.D. (-3, -9 $^{\circ}\text{C}$)	+3 $^{\circ}\text{C}$	+ 9 $^{\circ}\text{C}$
III. S.D. (-12, -18 $^{\circ}\text{C}$)	\mp 0 $^{\circ}\text{C}$	+ 6 $^{\circ}\text{C}$
IV. S.D. (-21, -27 $^{\circ}\text{C}$)	-3 $^{\circ}\text{C}$	+ 3 $^{\circ}\text{C}$

Zemin suyunun sözkonusu olması halinde, dış sıcaklık $+10^{\circ}\text{C}$ kabul edilmelidir. Çünkü, zemin suyu sıcaklığı $+10^{\circ}\text{C}$ dir ve değişmez (87, 88).

Isı geçirgenlik dirençleri ve yüzeysel ısı iletim dirençleri eşit olan yapı elemanları, aynı çevre koşullarında, aynı yüzey sıcaklıklarına sahiptirler. Eleman içindeki ısıl dağılım ise katmanların düzenlenmesine bağlıdır. Şekil 23' te katmanları farklı biçimde düzenlenmiş, eşit ısı geçirme direncine sahip 5 yapı elemanı, aynı çevre koşullarında, birbirinden kolayca ayırdedilebilen ısı akımlarıyla belirtilmişlerdir.



Şekil 23. Katmanların konumlarına göre yapı elemanında ısıl akımlar.

Isıl akımın, katmanların eleman içindeki konumlandırılmasına olan bu bağımlılığı, elemanın su buharı dolayısıyla kondansasyon, ısı depolama ve her bir katmanın ısıl biçim değiştirme davranışları bakımından büyük önem taşır (89).

Isı tutucu malzemenin zeminle sınırlı duvarda uygulanmasında, atmosfere açık elemanlarda bulunmayan sorunlar vardır. Isı tutucuların duvarın dış kesiminde yer alması yapı fiziği açısından doğrudur. Ancak, bu malzemenin zemin içindeki maddelere dayanıklı olması, zamanla özelliklerini yitirmemesi ve su kabul etmemesi ya da ek önlemlerle bu etkilere karşı korunması gerekir (örneğin su geçirmeyen malzemeyle kaplanması gibi).

Su kabul etmeyen polistrol sert köpükten ısı tutucular, herhangi bir önleme gerek kalmaksızın zeminle sınırlı duvarın dış kesiminde kullanılabilirler. Bu tip sert köpük ısı tutucular (Extrudierte Polistrol Hartschaum Platten) zeminle sınırlı duvarın dış kesiminde yalnızca zemin neminde ve basınçsız suda kullanılabilirler. Sürekli veya uzun süre birikinti yapan basınçlı sularda kullanılamamaktadırlar (90).

Bu kesimdeki duvarın iç yüzeyinde ısı tutucuların yerleştirilmesinde yapı fiziği açısından sakıncalar vardır. İç ortandan kaynaklanan su buharının ısı tutucu ile duvar arasında yoğunlaşması, bunun sonucu duvarın ve ısı tutucunun ıslanarak ısı geçirgenliklerinin artması ve nem hasarlarının ortaya çıkması sakıncaları sözkonusudur.

3.2. SU BUHARI DİFÜZYONU VE ZEMİNLE SINIRLI DUVAR

Yapı elemanı bünyesindeki su buharı hareketleri, fiziksel bir değişiklik oluşturmadıkları sürece "buhar difüzyonu" olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, bu kural su buharı yoğunlaşarak su şekline dönmüşünceye kadar geçerlidir (91).

Difüzyon olayını:

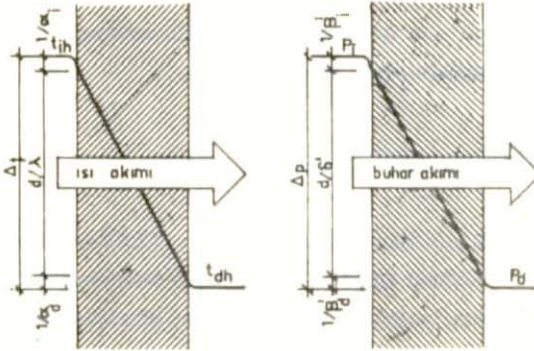
- . Sınırlayıcı elemanı kuşatan ortamlar arasındaki basınç farkı,
- . Sınırlayıcı elemanı oluşturan malzeme katmanlarının ısı akım (eleman içindeki ısı dağılımı) içindeki yeri,
- . Nemsel akıma karşı sınırlayıcı eleman tarafından ortaya konulan difüzyon dirençleri ve bunların yapı elemanı içindeki yeri etkiler (92).

Bir yapı elemanı içinde sözkonusu olabilecek su buharı difüzyonu, komşu iki ortam arasındaki sıcaklık ve göreceli nem farkından oluşan basınç farkının, ayırıcı yapı elemanı bünyesinde su buharı ile ilgili moleküller bir hareket doğurmasıyla başlar ve her iki ortam arasında buhar basınçları dengeleninceye kadar sürer. Difüzyon şiddeti ile ilgili ana eşitlik, ısı akım eşitliği ile analog durumundadır (93). Su buharı difüzyonu, ısı akıma paralel olarak geliştiğinden, difüzyon olayı da aynı yönde ele alınarak, aynı biçimde hesaplanır (ısı akım eşitliği için Bkz. Bölüm 3.1., eşitlik 1).

Su buharı difüzyonu için temel eşitlik (94):

$$g = \frac{P_i - P_d}{\frac{1}{\beta_i} + \frac{d_1}{\zeta_1} + \frac{d_2}{\zeta_2} + \dots + \frac{d_n}{\zeta_n} + \frac{1}{\beta_d}} \quad \text{kg/m}^2 \text{ h} \quad [6]$$

Burada (g), 1 m² duvardan bir saatte geçen su buharı miktarını, yani difüzyon akım yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 24. Yapı elemanlarında ısı akım ve su buharı difüzyonunun analojisi

Buhar iletim katsayısı (δ'),

$$\delta' = \frac{\delta_n}{\mu \cdot R_B \cdot T_n} \quad \text{kg/m h N/m}^2 \quad [7]$$

olarak hesaplanır. Havanın difüzyon katsayısı (δ) ile ilgili değerler çeşitli basınçlarda, bazı sıcaklıklar için Ek Tablo 3' te verilmektedir (95). [6] Eşitliğinde (δ') yerine [7] bağıntısı yazılırsa

$$g = \frac{P_i - P_d}{\frac{1}{\beta_i'} + \frac{d_1}{\frac{\delta_1}{\mu_1 \cdot R_B \cdot T_1}} + \dots + \frac{d_n}{\frac{\delta_n}{\mu_n \cdot R_B \cdot T_n}} + \frac{1}{\beta_d'}} \quad \text{kg/m}^2 \text{ h} \quad [8]$$

$$g = \frac{P_i - P_d}{\frac{1}{\beta_i'} + \frac{d_1 \cdot \mu_1 \cdot R_B \cdot T_1}{\delta_1} + \dots + \frac{d_n \cdot \mu_n \cdot R_B \cdot T_n}{\delta_n} + \frac{1}{\beta_d'}} \quad \text{kg/m}^2 \text{ h} \quad [9]$$

Duvarın buhar geçirgenlik direnci:

$$\frac{1}{\Lambda_B} = \frac{d_1 \mu_1 R_B T_1}{\delta_1} + \dots + \frac{d_n \mu_n R_B T_n}{\delta_n} \quad \text{m}^2 \text{ h N/m}^2 / \text{kg} \quad [10]$$

Buhar geçirme direnci ise:

$$\frac{1}{k_B} = \frac{1}{\beta'_1} + \frac{1}{\Lambda_B} + \frac{1}{\beta'_d} \quad \text{m}^2 \text{ h N/m}^2 / \text{kg} \quad [11]$$

Yüzeysel buhar geçiş katsayıları (β'), sıcaklığa bağlı olarak Ek Tablo 4' te (96) verilmektedir. Tablodan da görülebileceği gibi bu değerler, ısı taşınımında önemli rol oynayan yüzeysel ısı iletim katsayılarının aksine çok küçük olduklarından, malzemenin kendi içinden geçecek buhara karşı gösterdikleri direnç yanında dolayısıyla da difüzyon hesaplarında önem taşımazlar.

[11] Eşitliği, yüzeysel buhar geçirgenlik dirençlerinin ($1/\beta'$) ihmal edilmesiyle:

$$\frac{1}{k_B} = \frac{1}{\Lambda_B} \quad \text{m}^2 \text{ h N/m}^2 / \text{kg} \quad [12]$$

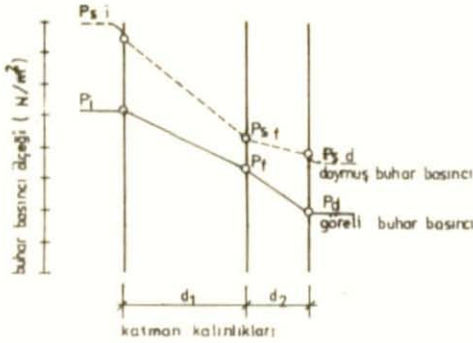
olarak yazılabilir.

Bu büyüklükler yardımıyla çok katmanlı bir yapı elemanının içindeki buhar basınç dağılımı, her bir katman yüzeylerindeki buhar basınç farkı, tüm yapı elemanının iki yüzeyi arasındaki basınç farkı ile ve bu katmanın kısmi buhar geçirgenlik direnci, yapı elemanının buhar geçirme direnci ile orantılanarak bulunabilir (97).

Örneğin Şekil 25' deki iki katmanlı dış duvarda bu orantı kurulursa

$$\frac{P_i - P_f}{P_i - P_d} = \frac{\frac{d_1 \mu_1 R_B T_1}{\delta_1}}{\frac{1}{k_B}} \quad [13]$$

$$P_i - P_f = \frac{(P_i - P_d) \cdot \frac{d_1 \mu_1 R_B T_1}{\delta_1}}{\frac{1}{k_B}} \quad [14]$$



Şekil 25. Çok katmanlı yapı elemanında buhar basınç dağılımı

Birinci katmanın iki yüzeyi arasındaki buhar basınç farkı:

$$P_i - P_t = (P_i - P_d) \cdot k_B \cdot \frac{d_1 \cdot \mu_1 \cdot R_B \cdot T_1}{\delta_1} \quad \text{N/m}^2 \quad [15]$$

İkinci katmanın yüzeyleri arasındaki basınç farkı ise:

$$P_t - P_d = (P_i - P_d) \cdot k_B \cdot \frac{d_2 \cdot \mu_2 \cdot R_B \cdot T_2}{\delta_2} \quad \text{N/m}^2 \quad [16]$$

Hesaplanan buhar basınç farklarıyla, yapı elemanı içindeki buhar basınç dağılımı saptanabilir ve Şekil 25' deki gibi grafik anlatımla gösterilebilir. Doymuş buhar basınç eğrisinin bu grafiğe eklenmesiyle elemanın difüzyon tekniği açısından davranışı hakkında ilk bilgi elde edilmiş olur.

Doymuş buhar basınç eğrisi, Bölüm 3.1' de belirtildiği şekilde yüzeylerdeki ve katmanlardaki sıcaklıklar bulunduğundan sonra bu sıcaklıklara ait doymuş buhar basınçlarının grafiğe işlenmesiyle bulunabilir. Doymuş buhar basınçları Ek Tablo 5' te (98) sıcaklığa bağlı olarak verilmektedir

Diğer yandan, havanın difüzyon katsayısının (δ), ($R_B \cdot T$) ye bölümü, her iki tarafında buhar basınç farkı 1 kg/m^2 olduğunda 1 m kalınlı-

ğındaki hava katmanınının 1 m^2 sinden difüze eden su buharı miktarını verir (99).

$$\frac{\delta}{R_B \cdot T} = \frac{1}{N} \quad \text{m kg / N h} \quad [17]$$

$$N = \frac{R_B \cdot T}{\delta} \quad \text{N h / m kg} \quad [18]$$

N = Havanın difüzyon direnci ya da buhar geçirgenlik direnci.

[9] Eşitliğinde $(R_B \cdot T / \delta)$ yerine (N) yazılır ve yüzeysel buhar geçirgenlik dirençleri ihmal edilirse

$$g = \frac{P_i - P_d}{d_1 \cdot \mu_1 \cdot N_1 \dots d_n \cdot \mu_n \cdot N_n} \quad \text{kg / m}^2 \text{ h} \quad [19]$$

yazılabilir.

0°C ($T = 273^\circ \text{K}$) sıcaklık ve $735.5 \text{ mm Hg} = 10\,000 \text{ kp/m}^2$ hava basıncına uygun olan (δ) değeri Ek Tablo 3' ten alınarak (N) değeri hesaplanırsa:

$$N = \frac{R_B \cdot T}{\delta} = \frac{462 \times 273}{0.083} \cong 1519590 \quad \text{N h / m kg} \quad [20]$$

bulunur.

(N) Değeri için esasen önemsiz olan sıcaklık ve hava basınç salınımlarının dikkate alınmadığı ve bu değerler için 0°C sıcaklık ile $760 \text{ mm Hg} = 10\,332 \text{ kp/m}^2$ lik hava basıncınının kabul edildiği Cammerer düzenlemesine göre bir basitleştirmeye gidilebilir (100):

$$N = \frac{462 \times 273}{0.080} = 1600000 = 1.6 \times 10^6 \quad \text{N h / m kg} \quad [21]$$

Böyle bir değer, 45 ° enlemde, deniz seviyesindeki basınç 760 mm Hg, ve 0 °C sıcaklık standart seçilerek Türkiye için de kabul edilebilir (101).

Havanın difüzyon direnci (N) nin 1.6×10^6 N h/m kg olarak sabitleştirilmesiyle [19] eşitliği bugün pratikte kullanılan aşağıdaki basit biçimini alır:

$$g = \frac{P_i - P_d}{1.6 \times 10^6 (d_1 u_1 \dots d_n u_n)} = \frac{P_i - P_d}{1.6 \times 10^6 (r_1 \dots r_n)} \quad \text{kg/m}^2\text{h} \quad [22]$$

. Yapı elemanında kondansasyonun saptanması

Kondansasyonun saptanmasında amaç (102):

- Bir yıllık periyotta kondansasyon dolayısıyla yapı elemanı içinde kalan su miktarının büyüklüğünün.,
- Nemliliğin eleman içinde hangi noktada olduğunun.,
- Eleman içinde kalan ve biriken suyun yıllık periyot içerisinde tekrar kuruyup kuruyamayacağını.,
- Yapı elemanı içinde kalan su miktarının, eleman ısı korunumunu azaltıcı, korozyon dolayısıyla elemanı tahrip edici ya da küflenmeyi kolaylaştırıcı vb. zararlı etkiler yapıp yapmayacağını belirlenmesidir.

Bu amaçlara paralel olarak yapı elemanının kondansasyon denetimi açısından yeterli olup olmadığının saptanmasında aşağıdaki kriterler gözönüne alınır (103, 104):

- Nemlenme periyodu sırasında (kışın) yoğunlaşma miktarı duvarda 0.500 kg/m^2 den fazla olamaz.
- Kuruma periyodu (yazın) sırasında kışın giren nem kuruyabilmelidir.
- Nemlenme periyodu sonunda (kış sonu) nem miktarının yükselmesine rağmen minimum ısı korunumu muhafaza edilmelidir.
- Nemle temas eden malzemeler nemden dolayı hasara uğramamalıdır.

Yapı elemanında kondansasyonun saptanması için analitik ve grafik yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, analitik yöntemler kondansasyon sorunu tam çözemediklerinden ve karmaşık olduklarından, bu nedenle de

pratik olmadıklarından daha çok grafik yöntemler kullanılmaktadır.

Bu gün için iki grafik yöntem bilinmektedir:

- Çiy noktası yöntemi
- Glaser grafik yöntemi

- Ç i y n o k t a s ı y ö n t e m i

Bu yöntem, belirli iç çevre koşullarına (iç sıcaklık ve bağıl nem) göre saptanan çiyleşme sıcaklığının, yapı elemanı içindeki yerinin grafik yolla saptanmasını öngörür.

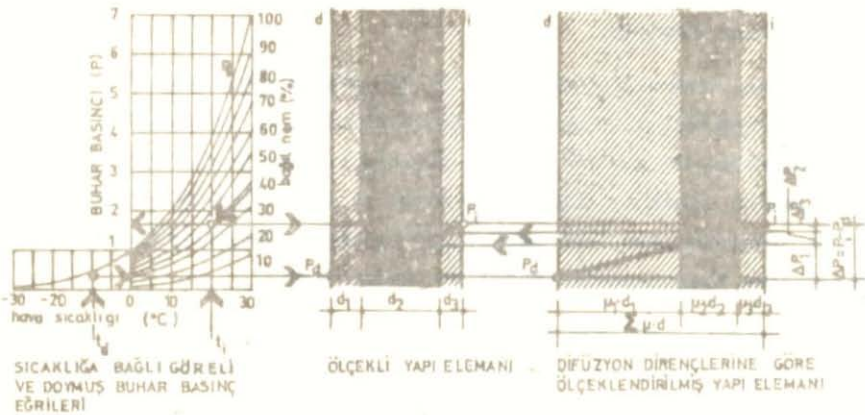
Yöntem bu amaçla, bölüm 3.1' de Şekil 22' de gösterilen, apsiste ısı geçirgenlik dirençlerinin, ordinatta sıcaklıkların belirlendiği sıcaklık grafiğini kullanır. Bu grafikte iç ve dış sıcaklıkların birleştirilmesiyle elde edilen sıcaklık doğrusu üzerinde iç ortam çiyleşme sıcaklığı saptanır. Bu yönteme göre, çiy noktasının bulunduğu katmanda veya daha soğuk taraflarda kondansasyon tehlikesi vardır (105).

Ancak kondansasyon olayı, çiy noktası ile hesaplanabilecek terleme olayından farklıdır. Terleme olayında doyma sıcaklığı ile karşılaşan su buharı derhal yoğunur. Buna karşılık kondansasyonda bu böyle olmaz. Yapı elemanını oluşturan katmanların sıralanmaları ve ısı iletkenlikleri ile difüzyon dirençlerinin çarpımları veya oranları gibi bir takım etkenler kondansasyon oluşunda büyük rol oynar. Kondansasyon ancak, buhar transferini belirli miktarda yavaşlatan ve çiyleşme sıcaklığından düşük sıcaklıklardaki malzeme katmanlarında oluşur (106). Örneğin, iç ortam havasının sıcaklığı $+20^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nemi % 80 ise, bu $+16.2^{\circ}\text{C}$ lik sıcaklık için % 100 lük bir bağıl nemliliğe karşılıktır. Oysa duvar içerisinde $+16.2^{\circ}\text{C}$ lik sıcaklık varsa bu çiy noktası olarak belirtilmez. Çünkü, her bir katmanın farklı buhar iletim dirençleri dolayısıyla iç ortamdaki hava durumu burada ölüpü değildir. Bu nedenle iki terimi karıştırmamak için çiyleşme noktasının kabul edilebileceği terleme olayı ile, çiyleşme noktası kavramından kaçınılması gereken duvar içinde buhar difüzyonu nedeniyle ıslanma olayı arasında olabildiğince kesin ayırım yapmak gerekir (107).

Yukarıdaki açıklamalar gözönünde tutulduğunda, çiy noktası yöntemi ile elde edilecek sonuçların yanıltıcı olabileceği derhal anlaşılmaktadır.

- Glaser grafik yöntemi

Bölüm 3.1' de Şekil 22' deki sıcaklık grafiğinde sıcaklık doğrusunun sabit eğimli tek bir doğru olacağı görüşünden hareketle, apiste saf difüzyon dirençlerinin, ordinatta buhar basınçlarının gösterildiği bir koordinat sisteminde saf difüzyon dirençlerine göre oluşturulan yapı elemanının iki tarafındaki buhar basınçlarını birleştiren basınç doğrusu da sabit eğimli tek bir doğru olur (Şekil 26).



Şekil 26. Çok katmanlı yapı elemanında buhar basınç doğrusu

Bu grafik üzerinde, yapı elemanı katmanları arasındaki basınçlar saptanabilir. Ayrıca grafiğe doyma basınçları da eklenebilir.

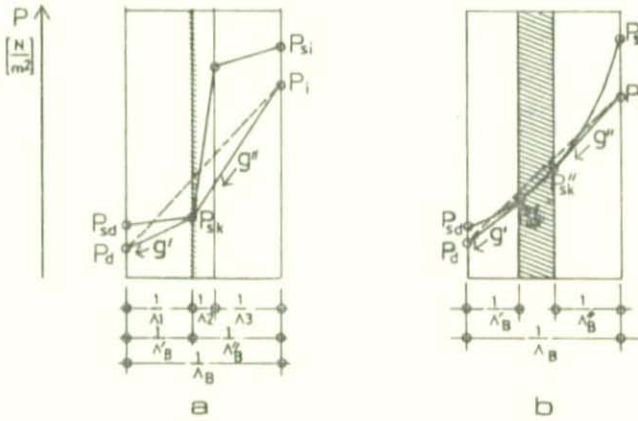
Çok katmanlı bir yapı elemanında kondansasyon sırasındaki buhar difüzyonu ile ilgili esas prensipler şunlardır (108):

- Herhangi bir noktadaki göreceli buhar basıncı, o noktadaki sıcaklığa bağlı olan doyma basıncını aşamaz ($P \leq P_g$),
- Difüzyon akım şiddeti (yoğunluğu), yapı elemanı içinde nem kaynakları bulunmadıkça, denge rejiminde difüzyon yönü boyunca sabit kalır veya azalır, fakat hiçbir zaman artmaz,
- Göreceli (yürürlükteki) buhar basıncı, o noktadaki doymuş buhar basıncından küçük olduğu sürece, difüzyon akımı sabit kalmak zorundadır.

Yapı elemanında kondansasyon olmazsa basınç doğrusu, P_i ve P_d yi birleştiren bir doğru olur. Bu doğrunun doyma eğrisini kesmesi halinde

yukarıdaki prensiplerden ilki bozulur. Bu nedenle, görelî buhar basıncı, sıcak yüzeydeki P_i den doyma eğrisine çizilen teğetin değme noktasına kadar doğrusal durumunu koruyacaktır. Bu noktaya kadar difüzyon akımı sabit ve $P \leq P_B$ olduğuna göre prensipler yürürlüktedir. Görelî basınç eğrisi ile doyma eğrisinin çakışık olduğu yerde yoğuşma vardır. Su buharı, bu kesişme noktasında 0°C ye kadar olan sıcaklıklarda su, daha düşük sıcaklıklarda ise buz olarak ortaya çıkar.

P_i ve P_d noktalarından P_B eğrisine çizilen teğetler, bu eğriye tek noktadan değiyorsa yüzeysel, iki noktadan değiyorsa bölgesel yoğuşma vardır (Şekil 27).



Şekil 27. Yapı elemanında yoğuşma şekilleri

Yüzeysel yoğuşma olduğunda yoğuşma miktarı (Şekil 27-a):

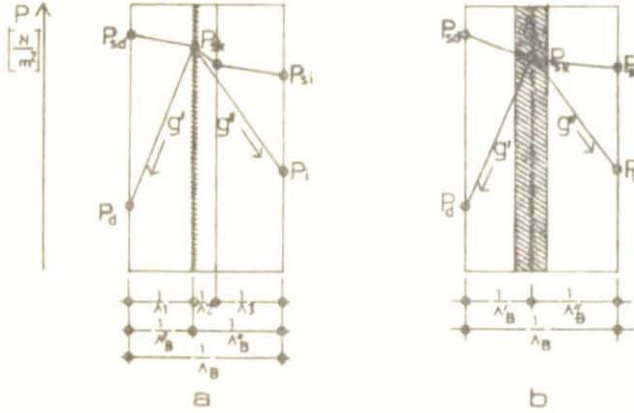
$$g_y = g'' - g' = (P_i - P_{sk}) \div 1 / \Lambda_B'' - (P_{sk} - P_d) \div 1 / \Lambda_B' \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

Bölgesel yoğuşma olduğunda ise yoğuşma miktarı (Şekil 27-b):

$$g_y = g'' - g' = (P_i - P_{sk}'') \div 1 / \Lambda_B'' - (P_{sk}' - P_d) \div 1 / \Lambda_B' \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

olarak hesaplanır (109).

Kuruma olayında ise yoğuşma bölgesindeki doyma basıncı ile iç ve dış ortamlarda geçerli basınçlar arasındaki farklar rol oynar (Şekil 28).



Şekil 28. Yapı elemanlarında kuruma şekilleri.

Yüzeysel yoğuşma olan yapı elemanında kuruma miktarı (Şekil 28-a):

$$g_k = g'' + g' = (P_{sk} - P_i) \div 1 / \Lambda_B'' + (P_{sk} - P_d) \div 1 / \Lambda_B' \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

Bölgesel yoğuşma olan yapı elemanında ise kuruma miktarı (Şekil 28-b):

$$g_k = g'' + g' = (P_{sk} - P_i) \div 1 / \Lambda_B'' + (P_{sk} - P_d) \div 1 / \Lambda_B' \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

olarak hesaplanır (110).

. Yoğuşma ve kuruma miktarlarının saptanmasında kullanılabilen grafik bir düzenleme önerisi

Bu düzenlemeyle, yoğuşma ve kuruma miktarlarının hesapsal işlemlere gerek kalmadan grafik yolla daha basit saptanması amaçlanmıştır.

Bu bölümde değinildiği gibi difüzyon akım yoğunluğu [22] eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$g = \frac{P_i - P_d}{\frac{1}{\Lambda_B}} = \frac{P_i - P_d}{16 \times 10^6 (r_1 \dots r_n)} \quad \text{kg/m}^2\text{h} \quad [22]$$

Örneğin saf difüzyon direnci $r = 1$ m, basınç farkı $P_i - P_d = 100$ N/m² alınarak

$$g = \frac{100}{1 \times 1.6 \times 10^6} = 0.0000625 \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

$r = 2$ m, $P_i - P_d = 100$ N/m² alınarak

$$g = \frac{100}{2 \times 1.6 \times 10^6} = 0.0000312 \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

$r = 1$ m, $P_i - P_d = 200$ N/m² alınarak

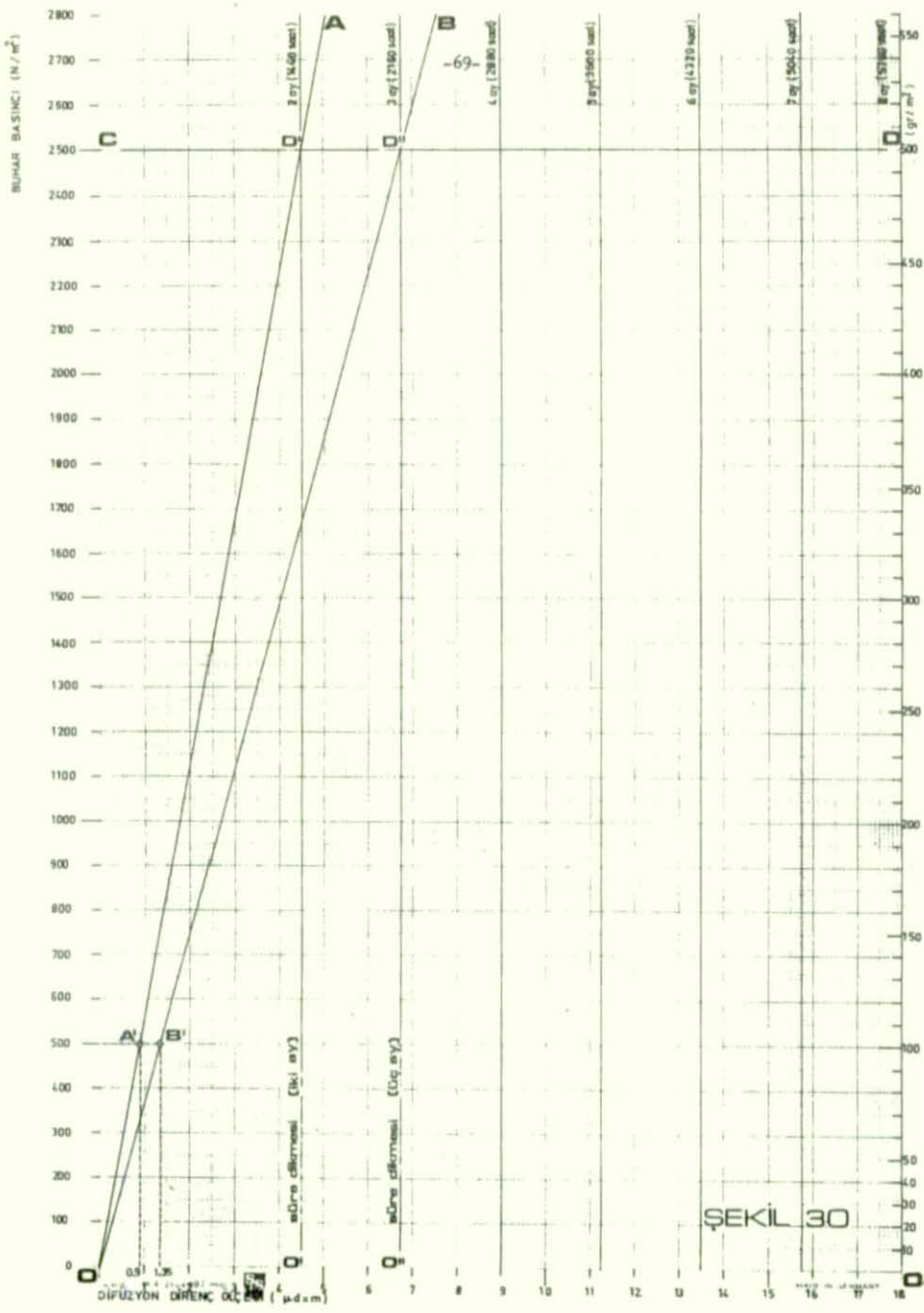
$$g = \frac{200}{1 \times 1.6 \times 10^6} = 0.000125 \quad \text{kg/m}^2\text{h}$$

bulunur.

Bir koordinat sisteminde buhar basınçları ve saf difüzyon dirençleri ölçeklendirilirse, [22] eşitliği ile hesaplanan bu difüzyon akım yoğunlukları grafik olarak anlatılabilir (Şekil 29).

Şekil 29' daki koordinat sisteminde, basınç farkları ve difüzyon dirençlerine göre belirlenen noktaları (0) orijin noktasına birleştiren doğruların herbiri 1 saatteki çeşitli difüzyon akım yoğunluklarını belirtmektedir. Dolayısıyla bu doğrular üzerindeki her nokta, ait oldukları doğrunun difüzyon akım yoğunluğunu gösterir. Noktaların doğru üzerindeki yerleri değiştikçe, koordinatta bu noktayı belirleyen basınç farkı ve difüzyon direnci değişir, difüzyon akım yoğunluğu değişmez.

Şekil 29' da apsisten çıkılan bir (AB) dikmesi ile difüzyon akım yoğunluklarını belirleyen doğruların kesiştikleri (A_1 , A_2 , A_3) noktaları da ait oldukları doğrunun akım yoğunluğunu verecektir. O halde böyle bir dikme ölçeklendirilirse, koordinatta basınç farkı ve difüzyon direncine göre belirlenen bir noktayı (0) noktasına birleştiren doğrunun bu dikmeyi kestiği yerden bir saatteki akım yoğunluğu okunabilir. Bu ölçeklendirme belirli sürelerle göre de yapılabilir.



ŞEKİL 30

Şekil 30' daki koordinat sisteminde $r_1 = 0.9$ m değerinin apsiste, 500 N/m^2 değerinin de ordinatta alınmasıyla koordinatta belirlenen (A') noktasını (O) orijin noktasına birleştiren (OA) doğrusu, 2 ay süre için 0.500 kg/m^2 difüzyon yoğunluğunu gösteren doğrudur.

Süre 3 ay (2160 saat) kabul edilerek 0.500 kg/m^2 difüzyon akım yoğunluğunu 500 N/m^2 basınç farkında sağlayan saf difüzyon direnci $r_2 = 1.35$ m olarak hesaplanır.

1.35 m değeri ile 500 N/m^2 değerinin koordinatta belirledikleri (B') noktasının (O) noktasına birleştirilmesiyle elde edilen (OB) doğrusu da 3 ay süre için 0.500 kg/m^2 difüzyon yoğunluğunu gösterir (Şekil 30). Aynı yolla 4, 5, 6, 7, ... aylar için de bu eğik doğrular elde edilebilir. Bu eğik doğrular yatay bir (CD) doğrusu ile kesilirlerse, her kesim noktası (D', D'', ..) ait oldukları doğruya göre değişen sürelerdeki 0.500 kg/m^2 difüzyon akım yoğunluğunu verir.

Bu kesişme noktalarından apsise (O'D') ve (O''D'') dikmeleri (süre dikmeleri) çizilerek, bu dikmelerin (CD) yatayı ile apsis arasındaki kısımları 500 eşit parçaya bölünürse, belirlenen süreler için 0.500 kg/m^2 ye kadar olan difüzyon akım yoğunluğu ölçeklendirilmiş olur. Bu ölçeklendirme Şekil 30' da (DO_1) doğru parçası 500 eşit parçaya bölünerek süre dikmelerinin tümü için ortak olarak düzenlenebilir.

Bu durumda, grafikte belli difüzyon direnci ve basınç farkına göre saptanan bir noktayı (O) noktasına birleştiren doğrunun, kabul edilen süre dikmesini kesme noktası yatay olarak (DO_1) ölçeğine taşınırsa, buradan gram/m^2 olarak difüzyon akım yoğunluğu okunur (Şekil 30).

Yoğuşma ve kuruma (buharlaştırma) olayını, yapı elemanı içerisinde yoğuşmanın olduğu yerdeki doymuş buhar basıncı ile iç ve dış ortamlardaki göreceli buhar basınçları arasındaki farka ve bu kısımlarda yer alan malzemenin difüzyon dirençlerine bağımlı olarak gelişen difüzyon akımı sağlamaktadır. Dolayısıyla, koordinat sisteminde difüzyon akım yoğunluğunu gösteren (OA) ve (OB) doğruları, aynı zamanda yoğuşma ve buharlaştırma miktarlarını da belirler. Süre dikmeleri bu amaçla kullanılabilir.

Bu bölümde açıklandığı gibi, Glaser grafik yöntemi saf difüzyon dirençlerini ve buhar basınçlarını gösteren ölçeklerin koordinat sisteminde

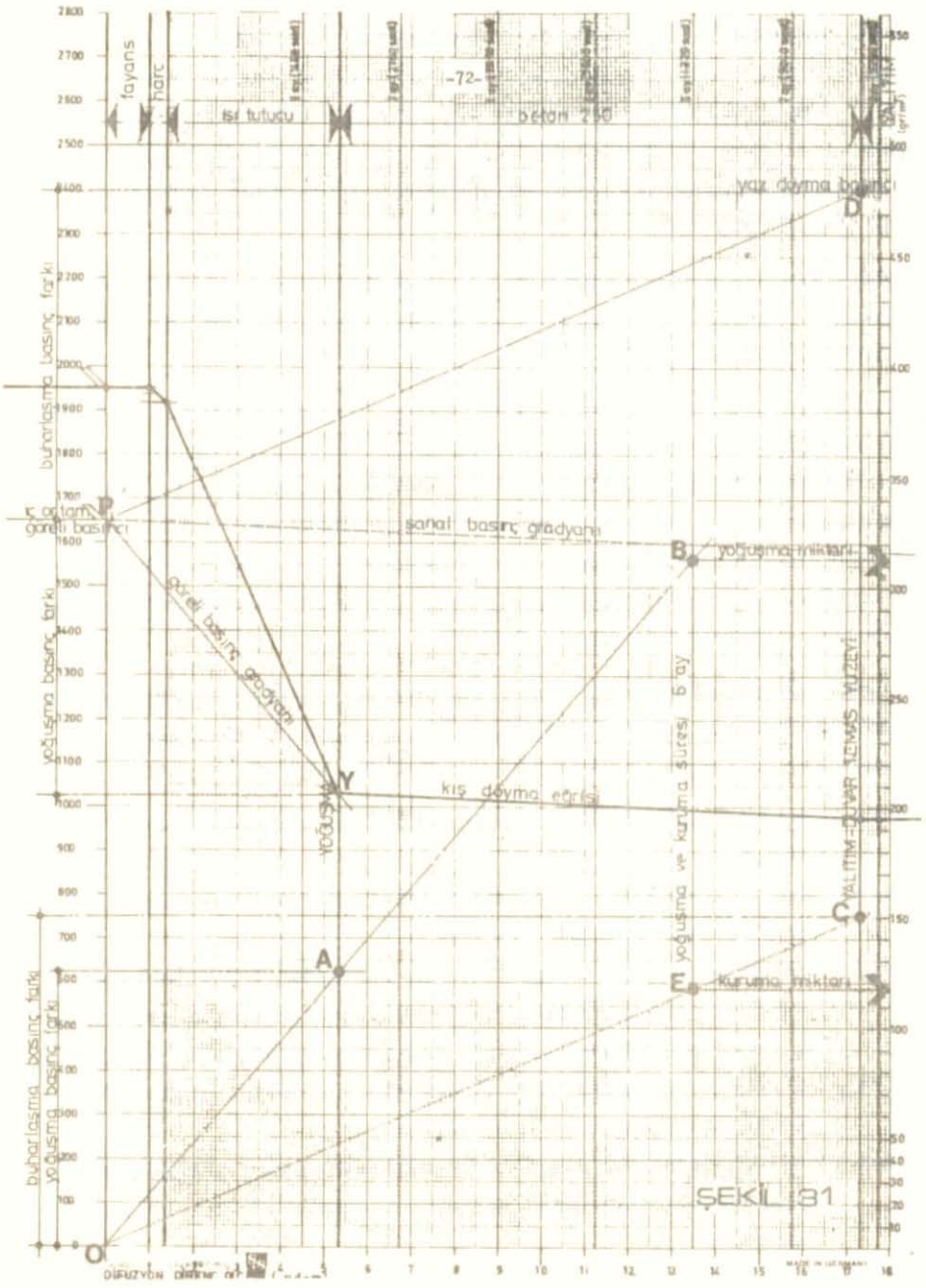
biraraya getirilmeleri esasına dayanır. Önerilen düzenlemede de apsiste difüzyon dirençleri, ordinatta da buhar basınçları yer almaktadır. Dolayısıyla, öneri düzenleme, Glaser grafik yöntemiyle karşılaştırılabilir. Böylece öneri grafik üzerinde difüzyon dirençlerine göre oluşturulan yapı elemanında yoğuşma olup olmadığının yanı sıra, varsa miktarı ve kuruma olanağı saptanabilir.

Bu amaçla grafik, çeşitli sürelerle göre saptanan dikmeler ve difüzyon akım yoğunluğunu gösteren skalanın yer aldığı Şekil 31' deki abaklar haline getirilebilir.

Dış etkilere karşı (su ve nem) yalıtılan zeminle sınırlı elemanın yalıtım katmanlarının iç kesiminde kalan herhangi bir yerinde doyma eğrisi ile görelî basınç doğrusunun kesişmesi halinde yoğuşma olacağı anlaşılır. Yoğuşan su buharı, dış ortama (zemine) doğru buharlaşamaz. Yazın kuruma olayı yalnızca iç ortama doğru gerçekleşebilir, yani tek yönlüdür. Ayrıca kuruma yüzeyi yalıtım-duvar temas yüzeyine kadar ulaşmak zorundadır. Aksi durumda tam olarak kuruma gerçekleşemez.

Bu elemanlarda yoğuşma ve kurumanın yalnızca iç ortamla ilişkili olması nedeniyle yoğuşma ve kuruma miktarları önerilen grafik yardımıyla tek aşamada, aşağıda belirtilen adımlarla saptanır (Şekil 31):

- 1 . Adım : Yapı elemanı saf difüzyon dirençlerine göre grafik üzerine çizilir.,
- 2 . Adım : Kış için saptanan hesap sıcaklıklarına göre doyma eğrisi yapı elemanı üzerinde belirlenir.,
- 3 . Adım : İç ortam görelî basıncı (P_1) ile dış ortam doyma basıncı bir doğru ile birleştirilir. Bunun doyma eğrisini yalıtımın iç tarafında kesmesi halinde yoğuşmanın olacağı anlaşılır.,
- 4 . Adım : İç görelî basınçtan (P_1), doyma eğrisine teğet çizilerek görelî basınç doğrusu elde edilir.,
- 5 . Adım : Teğetin değme noktasındaki (Y noktası) basınç ile iç görelî basınç arasındaki fark, basınç skalasında (0) dan itibaren işaretlenir.,
- 6 . Adım : Bu fark yatay bir doğru ile yoğuşma hattına taşınır (Şekil 31' de A noktası).,
- 7 . Adım : Bu nokta (0) ile birleştirilerek kabul edilen süre dikmesini



kesinceye kadar uzatılır (Şekil 31' deki örnekte süre 6 ay seçilmiştir)..

- 8 . Adım : (OA) doğrusunun dikmeyi kestiği (B) noktası yatay olarak sağdaki miktarları gösteren skalaya taşınır..
- 9 . Adım : Buradan yıllık yoğuşma miktarı gr/m^2 olarak okunur..
10. Adım : Yoğuşmanın $0.500 kg/m^2$ yi aşıp aşmadığı denetlenir, aşılıyorsa eleman yetersizdir. İşleme devam edilmez..
11. Adım : Yoğuşma bu limitin altında ise kuruma için de aynı şekilde hareketle, yaz için saptanan hesap sıcaklıklarına göre basınç farkı yoğuşma hattı (yalıtım-duvar temas yüzeyi) üzerinde belirlenir..
12. Adım : Burada belirlenen (C) noktası (O) ile birleştirilir..
13. Adım : (OC) doğrusu, kuruma için kabul edilen süre dikmesini (şekil 31' deki örnekte süre 6 ay kabul edilmiştir) kesinceye kadar uzatılır..
14. Adım : Kesişme noktası (E)den yatay çizilerek sağdaki skaladan yıllık kuruma miktarı gr/m^2 olarak okunur.

Atmosfere açık yapı elemanında ise soğuk dönemde yoğuşan su buharının bir kısmı, dış ortamla yoğuşma bölgesi arasındaki basınç farkından dolayı yine aynı dönemde dış ortama buharlaşabilmektedir. Bu nedenle sözkonusu denetleme, yoğuşma ve buharlaşma miktarları için ayrı ayrı olmak üzere iki aşamada yapılır ve farkları alınır.

Kuruma olayı de iç ve dış ortamlara doğru olmak üzere iki yönlü olduğundan buharlaşan miktarlar ayrı ayrı bulunup toplanır.

. Kondansasyon hesaplarında kullanılan d i ş s i n i r koşulları

Atmosferle ilişkili yapı dış kabuğu için bu amaçla değişik değerler kullanılmamış ve kullanılmaktadır. Zeminle sınırlı duvara geçmeden önce bunlara kısaca değinmekte yarar vardır.

Seiffert (111) ve Moritz (112) yıllık ortalama sıcaklığı $+10^{\circ}C$ ve dış görece nemi % 70-80 kabul ederek hesaplar yapmışlardır.

Başka bir kabulde, günlük ortalama değerlerden aylık ortalama değerler elde edilerek, bunlar dış sıcaklık kabul edilmiş, dış görece nem % 85

olarak sabit alınmıştır (113).

Diğer bir yöntemle göre, dış sıcaklık koşulu olarak ısı kaybı hesaplarında kullanılan dış hesap sıcaklığı, dış görelî nem olarak da aylık ortalama görelî nem ortalamaları (ocak-şubat) değerleri esas alınmaktadır (114).

Bir başka yöntem ise yaklaşık tahminlere göre kondansasyon için 2 aylık düşük kış sıcaklığını, kuruma için de günlük ortalama değerlere göre hesaplanmış 3 aylık yaz sıcaklığını hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Bu yöntem, kondansasyon için dış sıcaklığı -10°C , süreyi 2 ay (1440 saat), dış görelî nemi % 80, buharlaşma için yaz sıcaklığını içte ve dışta $+12^{\circ}\text{C}$ ve görelî nemi de % 70 olarak belirlemekte, kuruma süresini 3 ay (2160 saat) kabul etmektedir (115).

Bu konu ile ilgili olarak yurdumuzda yapılan bir çalışmada, sıcak yapı elemanlarının kondansasyon kontrolü hesaplarında kullanılacak dış sınır koşulları ve peryotlarını belirleyen bir yöntem ortaya konmuştur (116).

Bu yöntemle göre:

- . Yapı elemanında yoğuşmayı başlatan kritik sıcaklık belirlenmekte,
- . Bu kritik sıcaklığa göre, çeşitli mikroklimatik merkezlere göre düzenlenmiş kondansasyon periyodu diyagramlarından (kondansasyon periyodu/kritik sıcaklık) yoğuşma olup olmadığı, varsa süresi okunmakta, kondansasyon periyodunun 12 aydan farkı buharlaşma süresi olarak kabul edilmektedir.

Yoğuşma varsa yine mikroklimatik merkezler için düzenlenmiş;

- . Kış için dış hesap sıcaklığı diyagramlarından kış hesap sıcaklığı,
- . Yaz için dış hesap sıcaklığı diyagramlarından yaz hesap sıcaklığı,
- . Kış ve yaz için dış nemlilik diyagramlarından yoğuşma ve kuruma için dış görelî nem belirlenmektedir.

Zeminle sınırlı duvarın difüzyon hesaplarında kullanılan dış sınır koşullarına gelince:

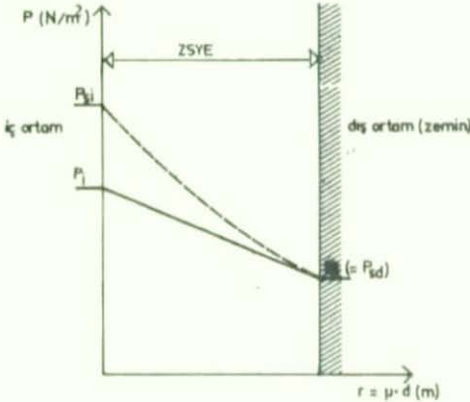
Bu tür duvarlarda difüzyon hesaplamaları için Almanya' da aşağıdaki dış sınır koşullarının geçerli olduğu belirtilmektedir (117):

- . Zemin sıcaklığı kışın $\mp 0^{\circ}\text{C}$ dir,
- . Zemin suyu olması halinde dış sıcaklık $+10^{\circ}\text{C}$ dir,
- . Zemin sıcaklığı yazın $+10^{\circ}\text{C}$ dir,

. Zeminde doymuş su buharı hüküm sürmektedir.

İklimsel koşulların farklı olması nedeniyle yaz ve kış için yukarıda verilen zemin sıcaklık değerlerinin ülkemiz için geçerli olup olmadığı tartışılabilir. Bununla beraber zemin suyu sıcaklığı değişmeyeceğinden + 10 °C lik sıcaklık ülkemiz için de geçerlidir.

Bölüm 1.1.1' de değinildiği gibi, bulunduğumuz enlemde zemin nemi daima vardır. Bu, zeminle sınırlı duvar dış yüzeyinde sürekli bir yoğuşma olayını da zorunlu kılar. Her yoğuşma olayının gerisinde doymuş su buharı basıncı söz konusudur. Dolayısıyla, zeminde doymuş su buharı basıncının hakim olduğu kabul edilebilir. Bu çalışmada da zeminde, doymuş su buharı basıncının sürekli hakim olduğu varsayılacaktır. Buna paralel olarak zeminde doyma ve görelî basınçların aynı olduğu da kabul edilmiş olmaktadır. Bu duvarda dış yüzeysel ısı iletim direncinin de olmaması nedeniyle buhar basınç grafiğinde dış yüzey doyma ve görelî basınçları çakışık durumda olacaklardır (Şekil 32, $P_d = P_{sd}$).



Şekil-32. Zeminle sınırlı duvarın dış yüzeyinde görelî ve doyma basınçlarının durumu.

Diğer yandan, atmosfere göre zeminde sıcaklığın mevsimlik, düzenli ve yavaş değişmesi, günlük sıcaklık farklarının az olması, derinlere doğru da farkların azalması, zeminle sınırlı duvar için sıcaklık bakımından kararlı bir dış ortam oluşturacaktır. Bu ise yoğuşmanın ve kurumanın,

atmosferdeki duvara göre daha düzenli gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Yurdumuzda, zemin sıcaklıkları ile ilgili Meteorolojik verilere bakıldığında, birçok yerde $\pm 0^{\circ}\text{C}$ (Almanya'da difüzyon hesapları için kabul edilen zemin kış sıcaklığı) ve altındaki sıcaklıklara raslanmaz, çok az da olsa raslansa bile zemin yüzeyine yakın kesimlerde kendini gösterir (Öz. Böl. 1.2.). Bu nedenle, Almanya' da zeminle sınırlı duvarın difüzyon hesapları için kabul edilen sıcaklıklar yerine Meteorolojik aylık ortalama değerlerden yararlanmak daha yerinde olacaktır. Ayrıca, zemin sıcaklığındaki düzenli değişimler, aylık ortalama değerlerin daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşüncesini desteklemektedir.

3.3. BÖLÜMÜN SONUCU

- Yapı fiziği açısından doğru olan, ısı tutucunun yapı elemanı dış kesiminde (soğuk kesimde) yer almasıdır. Bu nedenle zeminle sınırlı duvarda uygulanacak ısı tutucunun, su kabul etmeyen, zemin etkilerine karşı dayanıklı malzemeden seçilmesi gerekir.
- Zeminin "sürekli nemli" olarak varsayılma olgusu, zeminle sınırlı yapı elemanı dış yüzeyinde sürekli bir yoğuşma olayını da zorunlu kılar. Her yoğuşma olayının gerisinde kısa kısa sürelerle de olsa doymuş su buharı basıncının sözkonusu olacağı kabul edilebilir ve bu kabul, hesaplamalarda yapı dış kesimi (zemin) higro-termik verisi olarak kullanılabilir.
- Konstrüksiyonda yoğuşan su buharı dış ortama (zemine) doğru buharlaşmayacağından tümü konstrüksiyon içinde kalır. Buharlaşma da sadece iç ortama doğru gerçekleşebilir.
- Yalıtım ile duvar temas yüzeyinde ve bu yüzeyle iç ortam arasındaki kesimde görece (yürürlükteki) basınç doğrusunun doymuş basınç eğrisini aşması halinde (bunların kesişmesi) yoğuşma meydana gelir.
- Yoğuşma yoluyla ıslanan bir duvarda kuruma olayının tamamen gerçekleşebilmesi için buharlaşma yüzeyinin yalıtım-duvar temas yüzeyine kadar ulaşması, yalıtımın dışında kalan duvar konstrüksiyonunun tamamını terketmesi gerekir.

. Zemin suyu sözkonusu ise, bu suya temas eden duvar sürekli ve sabit + 10 °C lik ısı etkisi altında kalacaktır. Bu ısı etkisi sonucunda sözkonusu duvarda olasılı bir yoğuşma, gerek süre gerekse şiddet bakımından iç ortam koşulları ile bağımlı olacaktır.

D Ö R D Ü N C Ü B Ö L Ü M

4.1. ZEMİNLE SINIRLI DUVARDA İÇ ORTAMDAN KAYNAKLANAN SU BUHARININ YOĞUŞMASINI VE KURUMASINI SAĞLAYAN FİZİKSEL KOSULLAR

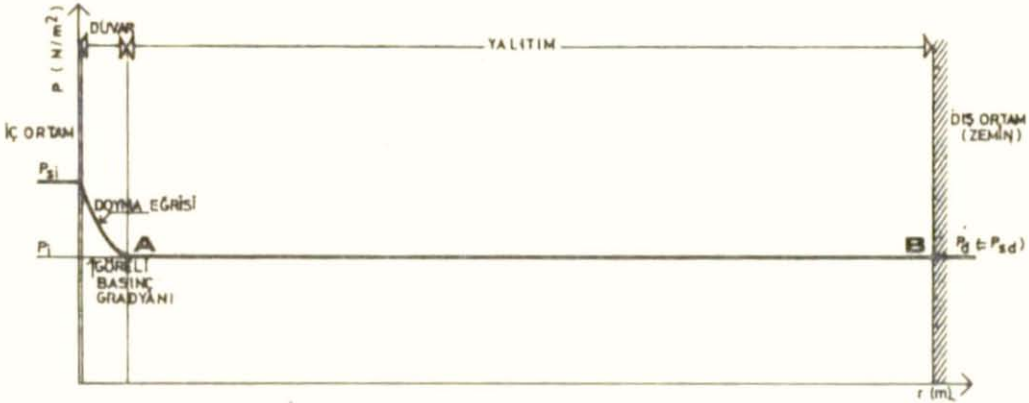
Doğal zeminle sınırlı duvar, zemin nemine, basınçsız ya da basınçlı suya karşı Bölüm 2' de değinilen önlemlerle korunmaktadır.

Bu duvar, sürekli yaşanan bir iç ortamı sınırlandırıyorsa, zemin nemi bile sözkonusu olsa dış etkilere karşı en azından bir kat yalıtım örtüsü ile korunmalıdır (Bkz. Böl. 2.3.). En uygun çözüm olarak da duvarın dış kesiminde yer alan bu malzeme, su geçirimsiz özelliği yanında su buharı için de güçlü bir engel oluşturur.

Zeminin su ve nem etkilerine karşı kullanılan yalıtım örtüsü, kalınlığının çok az (2..3 mm) olması nedeniyle çok düşük ısıl direnç gösterir. Dolayısıyla, duvarla yalıtım temas yüzeyi, dış ortam (zemin) sıcaklığından en fazla ve öncelikle etkilenecek yapı elemanı kesimidir. İç ortamdaki gelen su buharı, yalıtım malzemesine kadar geldiğinde engelleneceğinden ve yoğunlaşabileceği sıcaklığı ilk önce burada bulabileceği için yoğunlaşma olayı duvar-yalıtım temas yüzeyinden başlar. Zemin sıcaklığının giderek düşmesi durumunda, konstrüksiyonun daha iç kesimlerinde de sıcaklık düşeceğinden, yoğunlaşma iç ortama daha yakın kesimlerde olabilir. Yoğuşan su buharı, yalıtım malzemesinin su geçirimsiz olması nedeniyle dış ortama doğru gelişemez, yalnızca yalıtım ile iç ortam arasındaki duvar kesiminde yayılır.

Diğer yandan, yalıtım malzemesinin kalınlığının az, buna paralel olarak ısıl direncinin düşük olması nedeniyle, duvarda bu katmanın iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı da çok küçüktür. Buna bağlı olarak bu yüzeyler arasındaki doymuş buhar basıncı farkı da çok azdır. Bunun yanında malzemenin difüzyon direnci çok büyük (örneğin, sıcak bitümle yapıştırılmış

yüksek kaliteli bitümlü karton için $\mu = 50000$) olduğundan Glaser grafik yönteminde saf difüzyon dirençlerine göre oluşturulan duvarda doyma eğrisinin yalıtım katmanının iki yüzeyi arasında kalan kısmı, eğimi sıfıra yaklaşan bir doğru durumunu alır (Şekil 33' te A ile B arası). Duvar konstrüksiyonu içinde ise eğrisel durumu sürdürür.



Şekil 33. Zeminle sınırlı duvarda doyma eğrisi ve göreceli basınç gradyanının yalıtım-duvar temas yüzeyinde kesişmesi.

Yine sözkonusu grafikte, duvarın dış yüzeyinde göreceli basınç gradyanı ile doyma eğrisi her durumda çakışmıştır (Bkz. Böl. 3.2.).

Bu iki gradyanın yalıtım katmanı içinde kesişmesi bir sorun yaratmaz. Ancak, yalıtım-duvar temas yüzeyinde kesişme sözkonusu olduğunda konstrüksiyonda yoğuşma başlar.

Yoğuşma olmadıkça göreceli basınç gradyanı, iç (P_i) ve dış ($P_d = P_{sd}$) basınçlarını birleştiren bir doğru durumundadır (Bkz. Böl. 3.2.). Bu gradyan, doyma eğrisini yalıtım-duvar temas yüzeyinde kesinceye kadar, yani yoğuşma başlayıncaya kadar, doğrusal durumunu koruyacaktır. Kestiği anda ise bu durumu bozulacaktır (Şekil 33.).

Sözkonusu grafikte, göreceli basınç gradyanı ile doyma eğrisi, yalıtım-duvar temas yüzeyinde kesiştiklerinde, aynı zamanda dış yüzeyde de çakışık olacaklardır. Dolayısıyla yalıtım katmanı boyunca da çakışık devam edecek-

lerdir. Diğer yandan doyma eğrisi bu kesimde yataya çok yakın ve doğrusal durumda olduğundan buna çakışık olan görelî basınç gradyanı da burada yataya çok yakın bir doğrudur. Ayrıca temas yüzeyinde kesişme anında henüz yoğunlaşma olmadığından (P_i) ile (P_d) yi birleştiren doğrusal durumunu da koruyacaktır. Bu durumda görelî basınç gradyanı doyma eğrisini temas yüzeyinde ancak yatay bir doğru durumunda iken kesebilir (Sekil 33.).

Görelî basınçtan (P_i) geçen ve yatay doğru durumundaki görelî basınç gradyanının doyma eğrisini kestiği temas yüzeyindeki doyma basıncı ise iç ortam görelî basıncına eşittir. Bunu doymuş buhar basıncı kabul eden sıcaklık ise iç ortam çiyleşme sıcaklığıdır. Dolayısıyla iç ortam koşullarına göre çiyleşme sıcaklığının duvar-yalıtım temas yüzeyinde sözkonusu olması durumunda yoğunlaşmanın başladığı söylenebilir.

Ancak, grafikte doyma eğrisinin yalıtım katmanı içinde kalan kısmının eğimi sıfıra yaklaşan bir doğru durumunda olması nedeniyle (tamamiyle yatay olmaması), görelî basınç diyagramı ile temas yüzeyinde iç ortam çiyleşme sıcaklığının çok az da olsa altında kesişecektir. Yani konstrüksiyonda yoğunlaşma, çiyleşme sıcaklığının çok az da olsa altında başlayacaktır. Bununla beraber, aradaki fark ihmal edilebilecek kadar azdır ve yoğunlaşmayı başlatan bu sıcaklığın biraz fazla kabul edilmesi difüzyon hesapları açısından daha güvenceli olur.

Bu kabule göre, yalıtım-duvar temas yüzeyinde, iç ortam çiyleşme sıcaklığını sağlayan zemin sıcaklığı yoğunlaşma olayını belirler. Bu sıcaklığın altındaki sıcaklıklar hüküm sürdüğü sürece konstrüksiyonda yoğunlaşma olur. Dolayısıyla temas yüzeyinde, iç ortam çiyleşme sıcaklığını sağlayan zemin sıcaklığı konstrüksiyon için kritik sıcaklıktır. Bu sıcaklığın altındaki sıcaklıkların geçerli olduğu aylar yoğunlaşma, üzerindeki ise kuruma sürelerini belirler.

Ancak, zeminde sıcaklıklar derinliklere bağımlı olarak değişkenlik gösterir. Zeminle sınırlı duvar, aynı anda farklı sıcaklıkların etkisinde kalır. Bu nedenle yoğunlaşma ve kuruma, derinliklerde değişik şiddetlerde olur. Belirli bir derinlikte yoğunlaşma başlarken, daha derinlerde başlamayabilir ya da kuruma gerçekleşemez.

Burada hangi derinlikteki sıcaklığın difüzyon hesap sıcaklığı kabul edilebileceği sorunu ortaya çıkmaktadır.

Zemin üst yüzeyine yakın kesimlere binanın kat döşemelerinin gelmesi, dolayısıyla bu kısımlara bodrum katın üst köşelerinin raslaması olasılığı fazladır. Köşelerde hava hareketinin az olması nedeniyle nemle ilgili hasarlara da burada daha sık raslanmaktadır. Bu bakımdan, Meteoroloji Bültenlerinde verilen çeşitli derinliklerdeki zemin sıcaklık değerlerinden soğuk ve sıcak dönemlerde en uc sıcaklıkları içeren zemin yüzeyine en yakın (0.05 m derinlikteki) sıcaklıkların kabul edilmesi daha güvenceli görülmektedir. Bu derinlikteki sıcaklık, zeminle sınırlı duvarda en şiddetli yoğunlaşmayı sağlayan Meteorolojik veri olacaktır.

4.2. ZEMİNLE SINIRLI DUVARDA YOĞUSMA VE KURUMA DÜZEYİNİN SAPTANMASINDA KULLANILABİLECEK BİR YÖNTEM

Zeminle sınırlı duvarda yoğunlaşma ve kurumayı sağlayan koşullar gözönüne alınarak yoğunlaşma ve kuruma miktarlarını saptamayı amaçlayan yöntem aşağıda belirtilen adımlardan oluşmaktadır. Bu amaçla Bölüm 3.2' de açıklanan, yoğunlaşma ve kuruma miktarlarının grafik yöntemle bulunmasını amaçlayan öneri düzenleme kullanılacaktır.

- 1 . Adım : Zeminle sınırlı duvar, sıcaklık grafiğinde (Bkz. Böl. 3.1.) ısıl dirençlerine göre oluşturulur. İç yüzeysel ısı iletim direnci de grafiğe eklenir. Dış yüzeysel ısı iletim direnci yoktur, yani sıfırdır (Bkz. Böl. 1.2.),
- 2 . Adım : İç ortam sıcaklığı ve görece nemine göre çiyleşme sıcaklığı grafikte yalıtım-duvar temas yüzeyinde belirlenir.,
- 3 . Adım : Bu sıcaklık iç sıcaklıkla birleştirilerek uzatılır. Grafikte duvar dış yüzeyini kestiği yerden sıcaklık okunur. Bu, yoğunlaşmayı başlatan kritik sıcaklıktır.,
- 4 . Adım : Bulunan kritik dış sıcaklık altındaki ve üstündeki sıcaklıkların 0.05 m zemin derinliğinde, hangi sürelerde geçerli olduğu Meteorolojik Bültenlerden elde edilir.

Bu amaçla Meteorolojik veriler Bölüm 1.2' de verilen Şekil 3, 4, 5, 6' daki gibi grafikler haline getirilebilir. Yoğuşmayı belirleyen kritik sıcaklık bu grafikler üzerinde bir doğru ile belirlenerek, bu doğrunun altındaki sıcaklıkların geçerli olduğu aylar yoğuşma süreleri, üstündekiler de kuruma süreleri olarak alınır.,

- 5 . Adım : Bu sürelerde geçerli olan sıcaklık ortalamaları da yaz ve kış hesap sıcaklıkları kabul edilir.,
- 6 . Adım : Yaz ve kış için belirlenen sıcaklıklar sıcaklık grafiğinde belirlenir, iç ortam sıcaklığı ile birleştirilerek duvarda yaz ve kış sıcaklık dağılımları saptanır.,
- 7 . Adım : Bölüm 3.2' de önerilen grafik düzenleme üzerinde, zeminle sınırlı duvar difüzyon dirençlerine göre oluşturulur.,
- 8 . Adım : Duvarın dış yüzeyinde soğuk dönem (kış) hesap sıcaklığına göre doyma basıncı, iç yüzeyinde de kabul edilen sıcaklık ve göreceli neme göre göreceli buhar basıncı belirlenerek iki noktanın birleştirilmesi ile göreceli basınç gradyanı elde edilir.,
- 9 . Adım : Duvarda kış için belirlenen sıcaklık dağılımına göre doyma eğrisi çizilir.,
10. Adım : Göreceli basınç gradyanınının doyma eğrisini yalıtım-duvar temas yüzeyinde veya daha iç kesimlerde kesip kesmediği denetlenir, kesiyorsa yoğuşmanın olacağı anlaşılır.,
11. Adım : Bu durumda iç göreceli basınçtan doyma eğrisine teğet çizilerek yoğuşmanın olduğu yer bulunur.,
12. Adım : Yoğuşma miktarı Bölüm 3.2' de açıklanan biçimde öneri grafik yardımıyla saptanır.,
13. Adım : Yoğuşma miktarı 0.500 kg/m^2 limitini aşıyorsa duvar yetersizdir, işlem burada kesilir. Aşmıyorsa kuruma miktarını saptamak için işleme devam edilir.,
14. Adım : Kuruma miktarı da aynı yollar izlenerek bulunur.

Dış ortamda yaz için belirlenen sıcaklığa ait doyma basıncı

ile iç ortam görelî basıncı birleştirilerek yaz için görelî basınç gradyanı elde edilir. Bu gradyanın yalıtım-duvar temas yüzeyini kestiği noktadaki basınç ile iç ortam görelî basıncı arasındaki basınç farkı bulunur. Öneri grafik yardımıyla Bölüm 3.2' de açıklanan şekilde kuruma miktarı saptanır.

Kuruma olayının tam olarak gerçekleşebilmesi için kuruma yüzeyinin yalıtım-duvar temas yüzeyine kadar ulaşması zorunludur (Ekz. Böl. 3.3. Sonuçlar). Bu nedenle temas yüzeyi ile iç yüzey arasındaki tüm malzeme katmanlarının difüzyon dirençleri kuruma hesaplarında gözönünde tutulmalıdır.

B E Ő İ N C İ B Ö L Ü M

5. UYGULAMA

Uygulama için bodrum duvarlarında çok kullanılan iki tür konstrüksiyon malzemesi, dolu tuğla ve beton (B 250) seçilmiştir.

Bu iki konstrüksiyon malzemesi, fiziksel özellikleri bakımından birbirinden farklıdır. Örneğin, dolu tuğla oldukça düşük difüzyon direncine sahiptir ($\mu = 5$). Isı iletkenliği ise azdır ($\lambda = 52 \text{ W/mK}$) (Bakınız Ek Tablo 6).

Beton 250' nin difüzyon direnci yüksek ($\mu = 60$), bunun yanında ısı iletkenliği tuğlaya göre fazladır ($\lambda = 2.04 \text{ W/mK}$).

Tuğla duvar (A Duvarı) : 0.19 m,

Beton duvar (B Duvarı) : 0.20 m kalınlıktadır.

Bu iki duvarın, sürekli yaşanılan iç ortamları kuşattığı varsayılarak bu amaca en uygun yalıtım malzemesi olan bitümlü yalıtım örtüsü (sıcak bitümle yapıştırılmış bitümlü karton) ile dıştan korunduğu kabul edilmektedir. Örtünün, yapıştırıcı dahil difüzyon direnç faktörü 50 000 dir (Bakınız Ek Tablo 6, Sınıf: 7.4.).

Sözkonusu duvarlar I., II., III. ve IV. Sıcaklık Dilimlerinden seçilen birer merkez için, Meteoroloji Bültenlerinde verilen 0.05, 0.50 ve 1.00 m derinliklerdeki zemin sıcaklıklarına göre denetlenmektedir.

Seçilen merkezler :

- | | | |
|------|---------------------|---------|
| I. | Sıcaklık Diliminden | ADANA |
| II. | Sıcaklık Diliminden | TRABZON |
| III. | Sıcaklık Diliminden | ANKARA |
| IV. | Sıcaklık Diliminden | KARS |

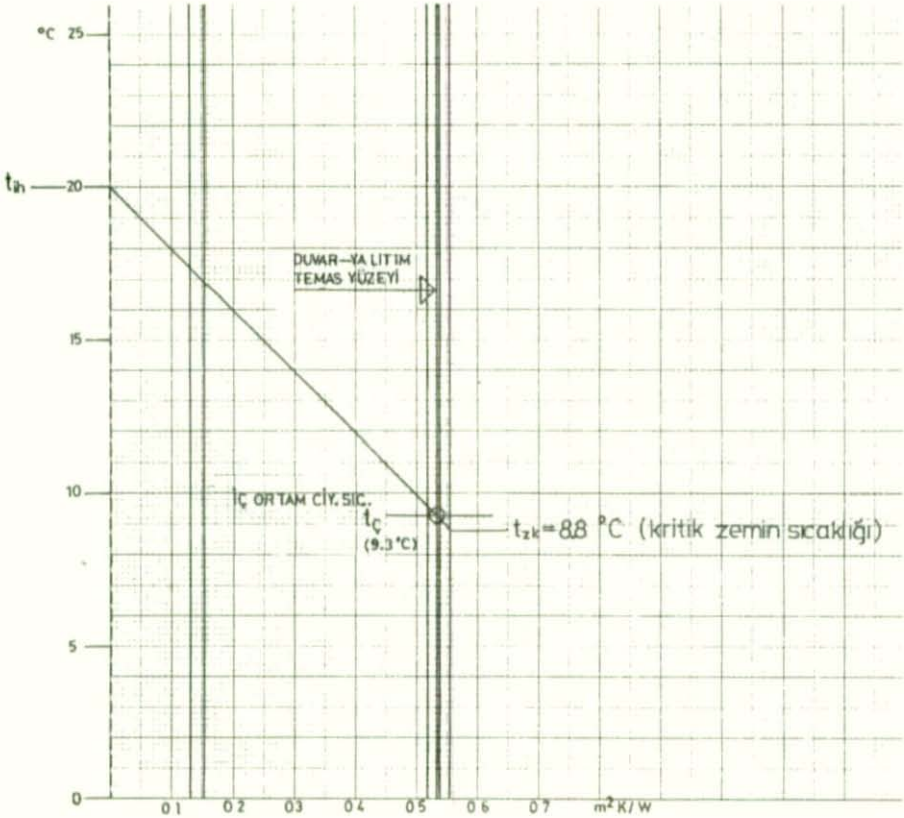
İç ortamda sürekli yaşanıldığı varsayımına uygun olarak

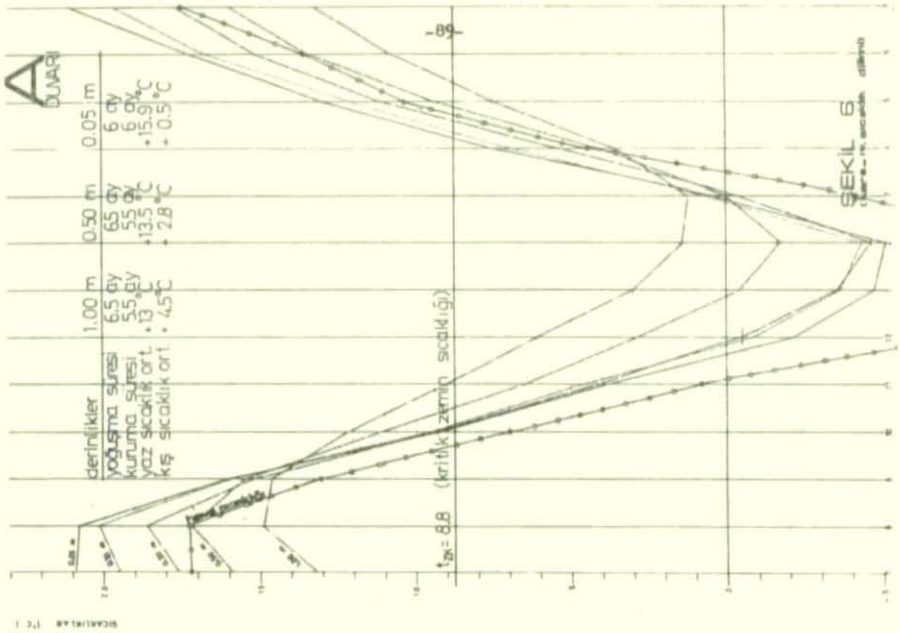
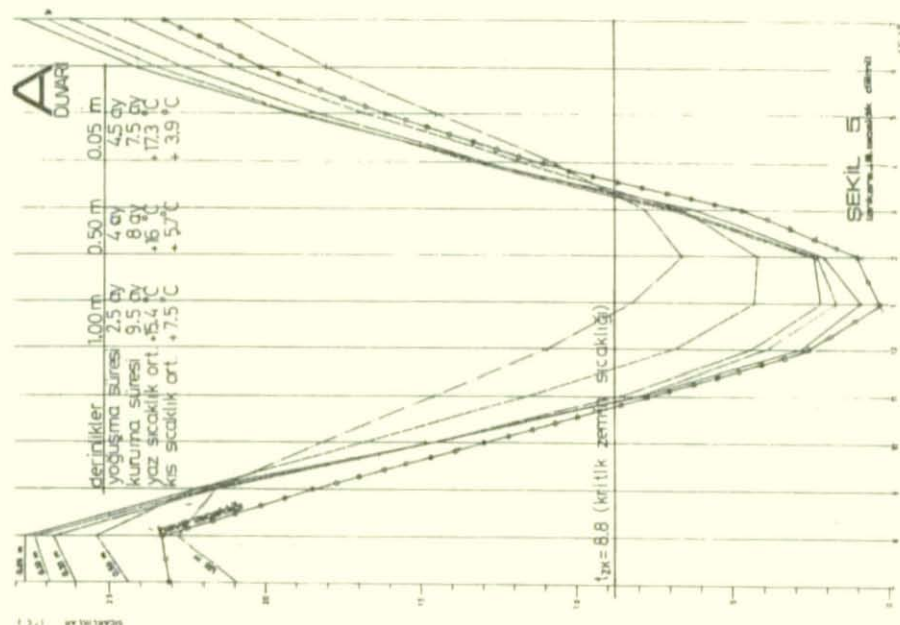
İç ortam hava sıcaklığı $t_{ih} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

İç ortam göreceli nemi ise $\phi_{ih} = \% 50$ kabul edilmektedir.

A DUVARI

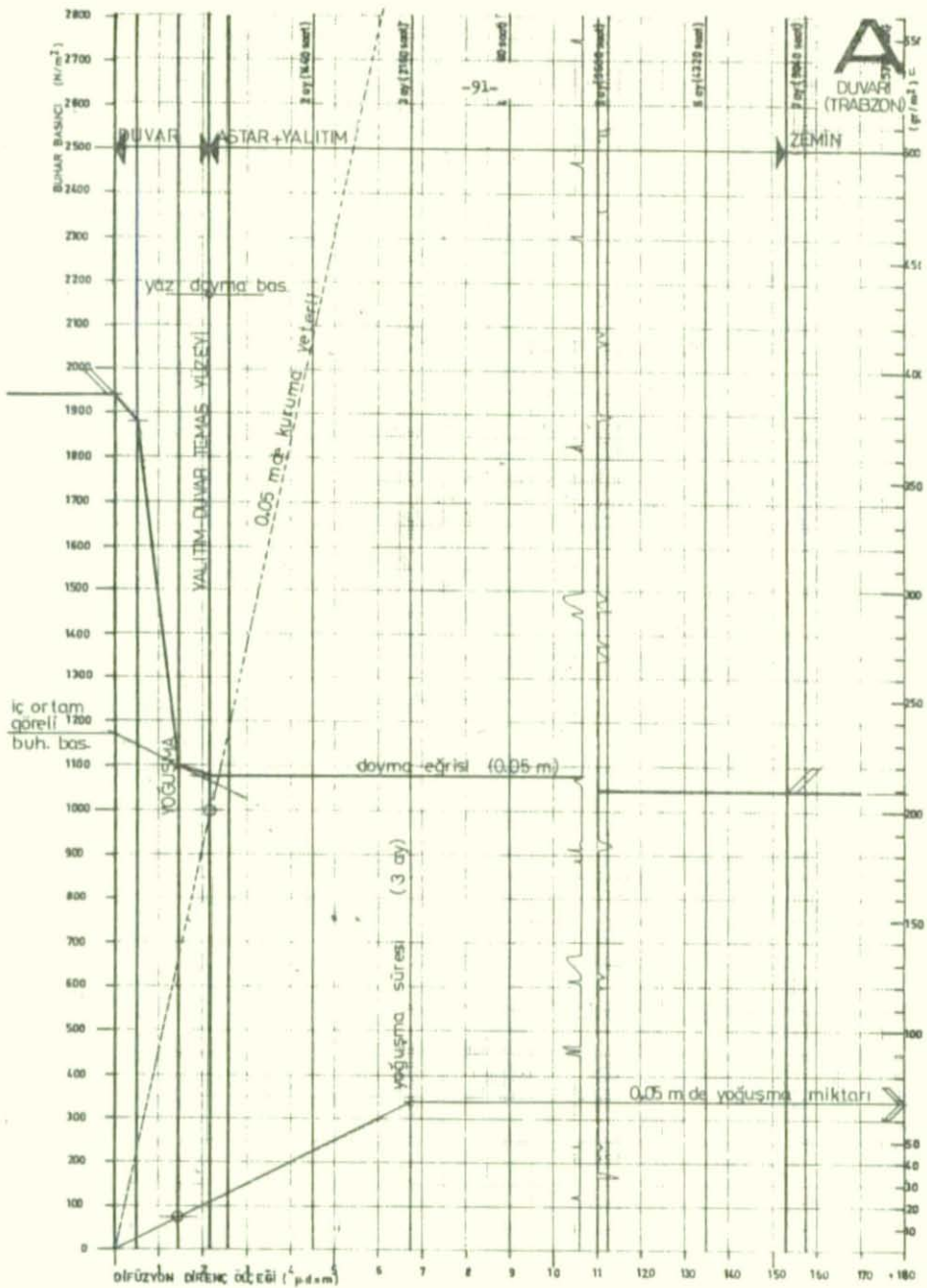
DUVAR KATMANLARI	d	λ	d / λ	μ	$r = \mu \cdot d$
	m	W / mK	$m^2 K / W$	-	m
İç yüz. geç. dir.			0.13		
İç sıva	0.02	0.87	0.023	25	0.5
Tuğla duvar	0.19	0.52	0.365	5	0.95
Çimento sıva	0.02	1.4	0.014	35	0.7
Astar	0.0005	0.17	0.003	800	0.4
Bitümlü örtü	0.003	0.17	0.018	50000	150
		$1 / k =$	0.553	$\sum r =$	152.55

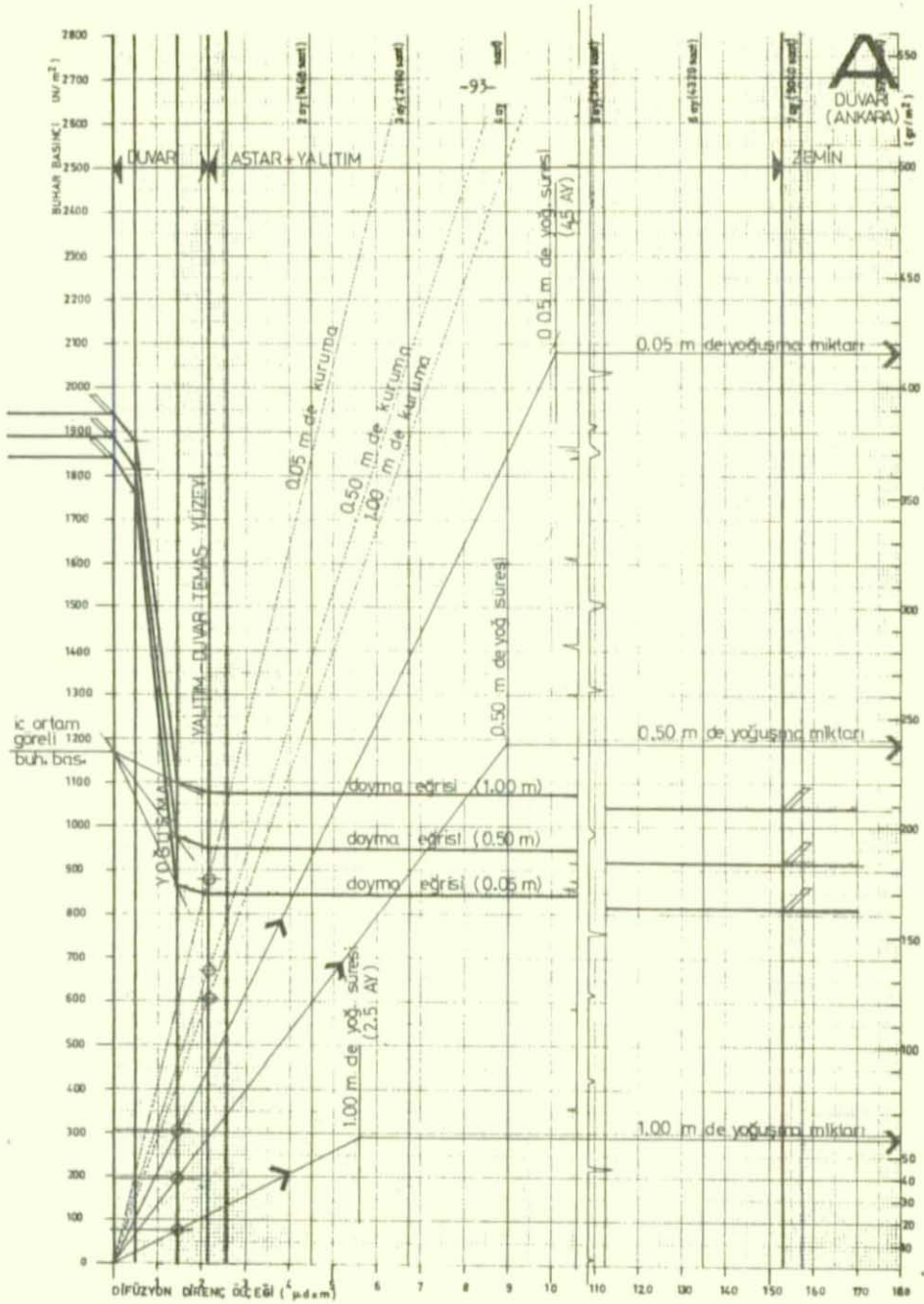


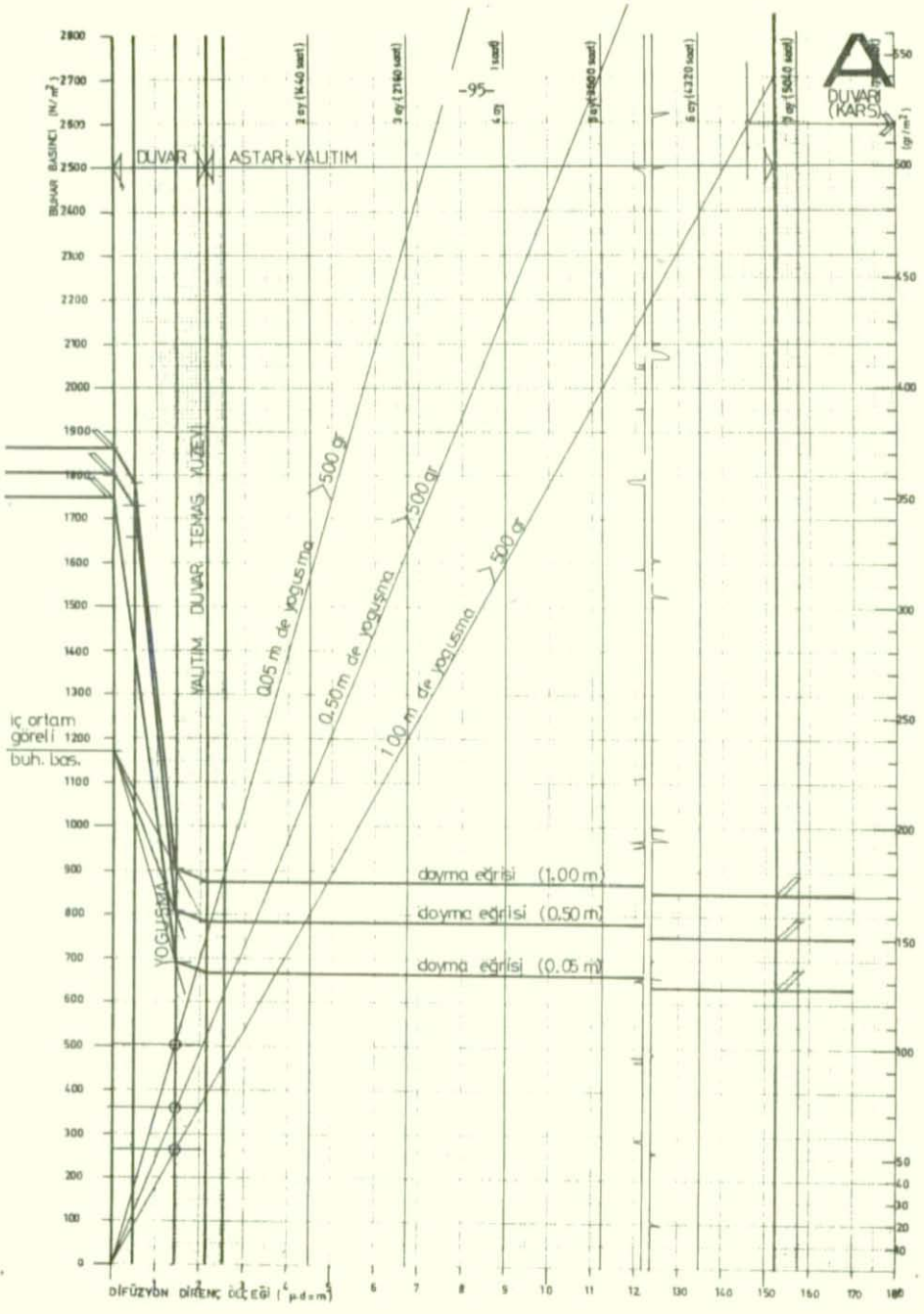


SEKİL 5

SEKİL 6

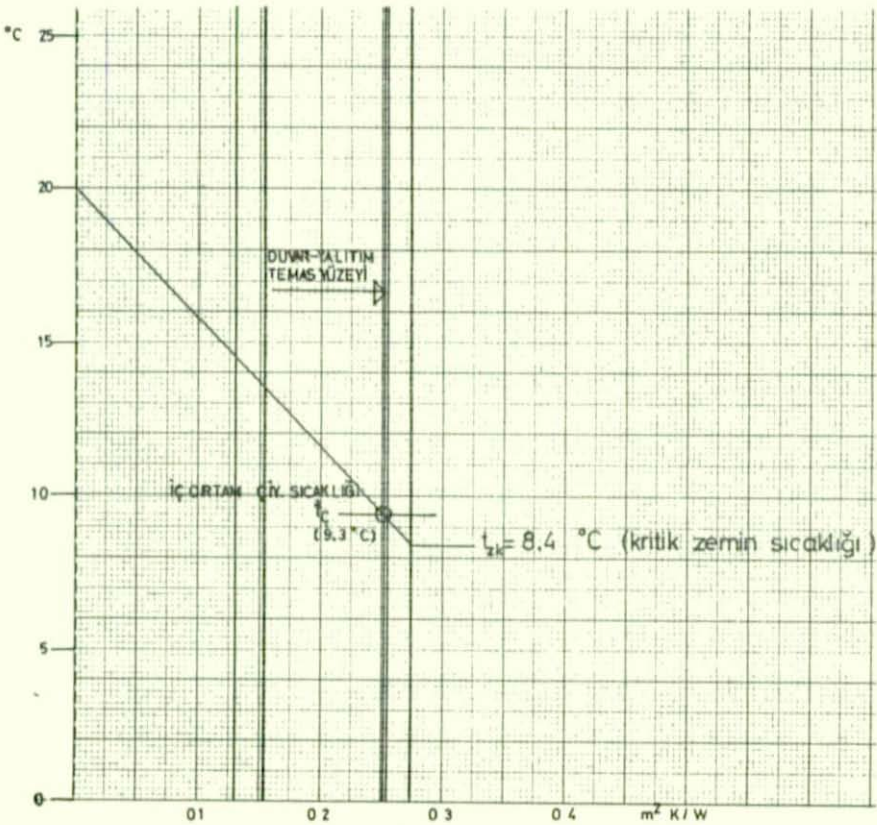




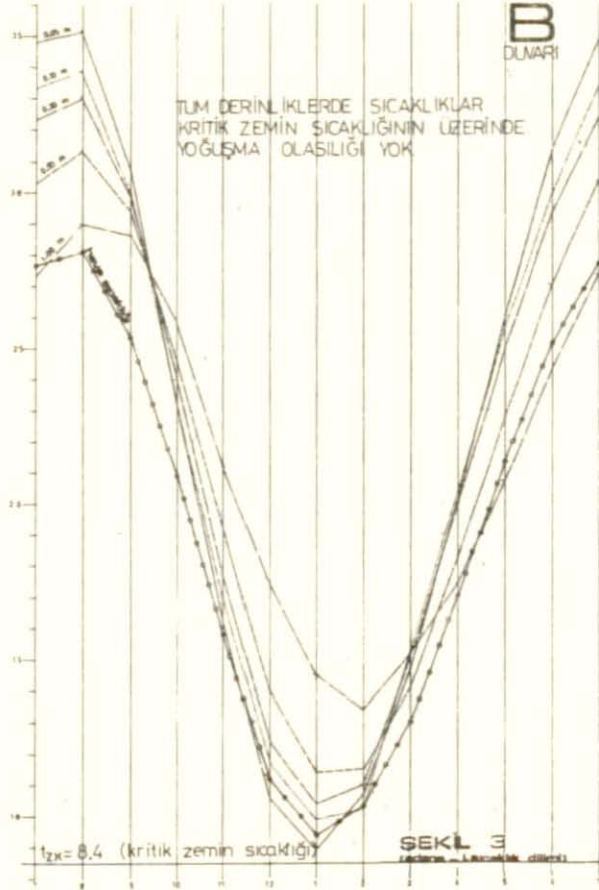


B DUVARI

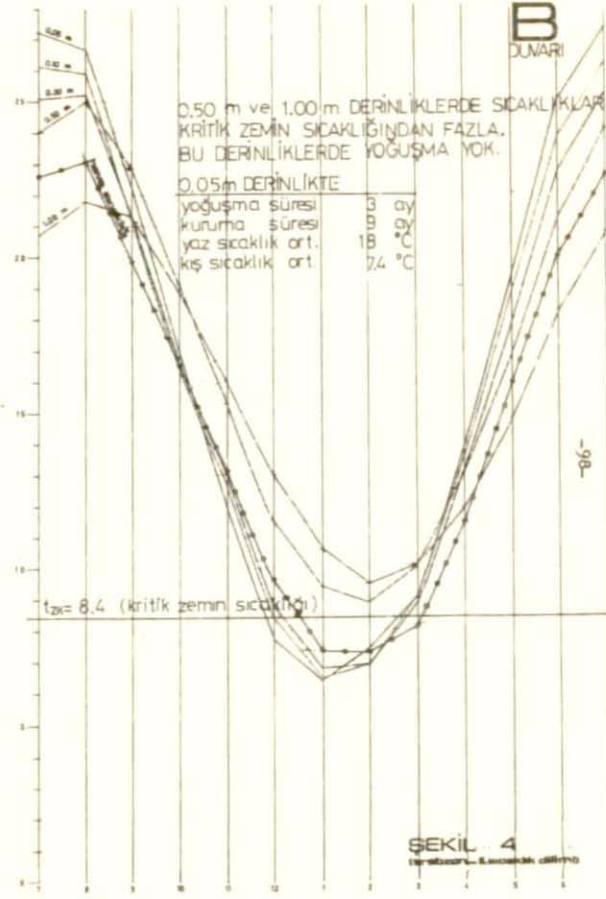
DUVAR KATMANLARI	d	λ	d / λ	μ	$r = \mu \cdot d$
	m	W/m K	m ² K / W	-	m
İç yüz. geç. dir.			0.13		
İç sıva	0.02	0.87	0.023	25	0.5
B 250 Duvar	0.20	2.04	0.098	60	12
Astar	0.0005	0.17	0.003	800	0.4
Bitümlü örtü	0.003	0.17	0.018	50000	150
			0.272		162.9

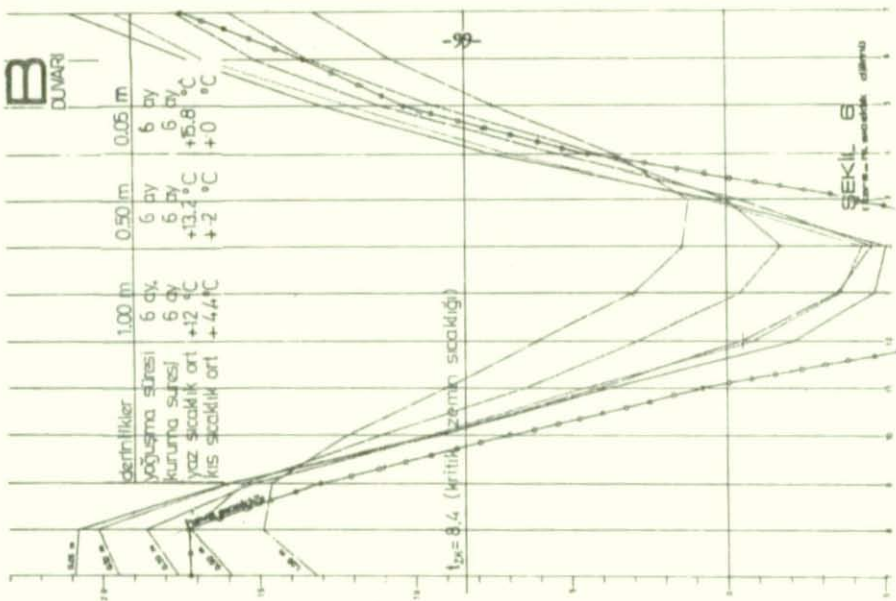


SICAKLIK (°C)

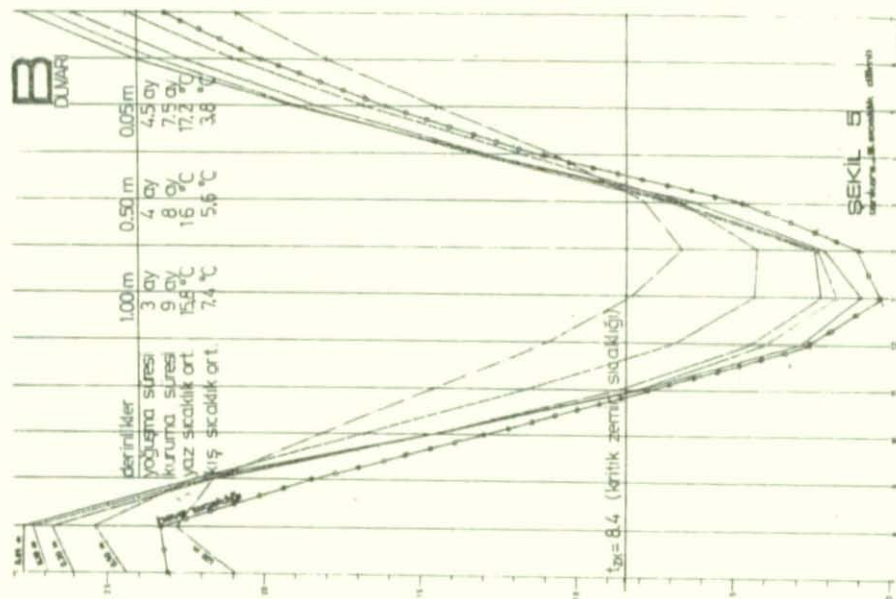


SICAKLIK (°C)

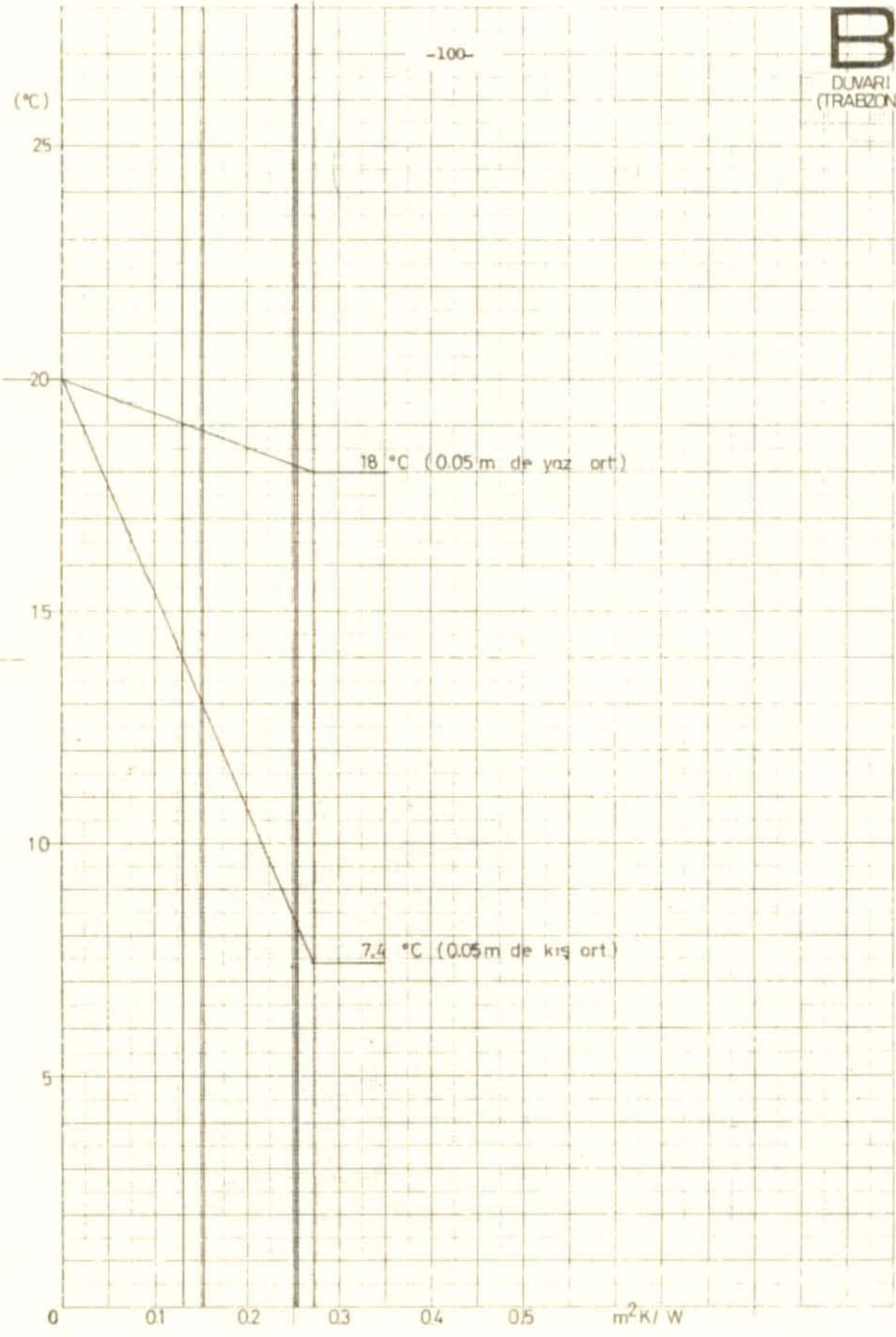


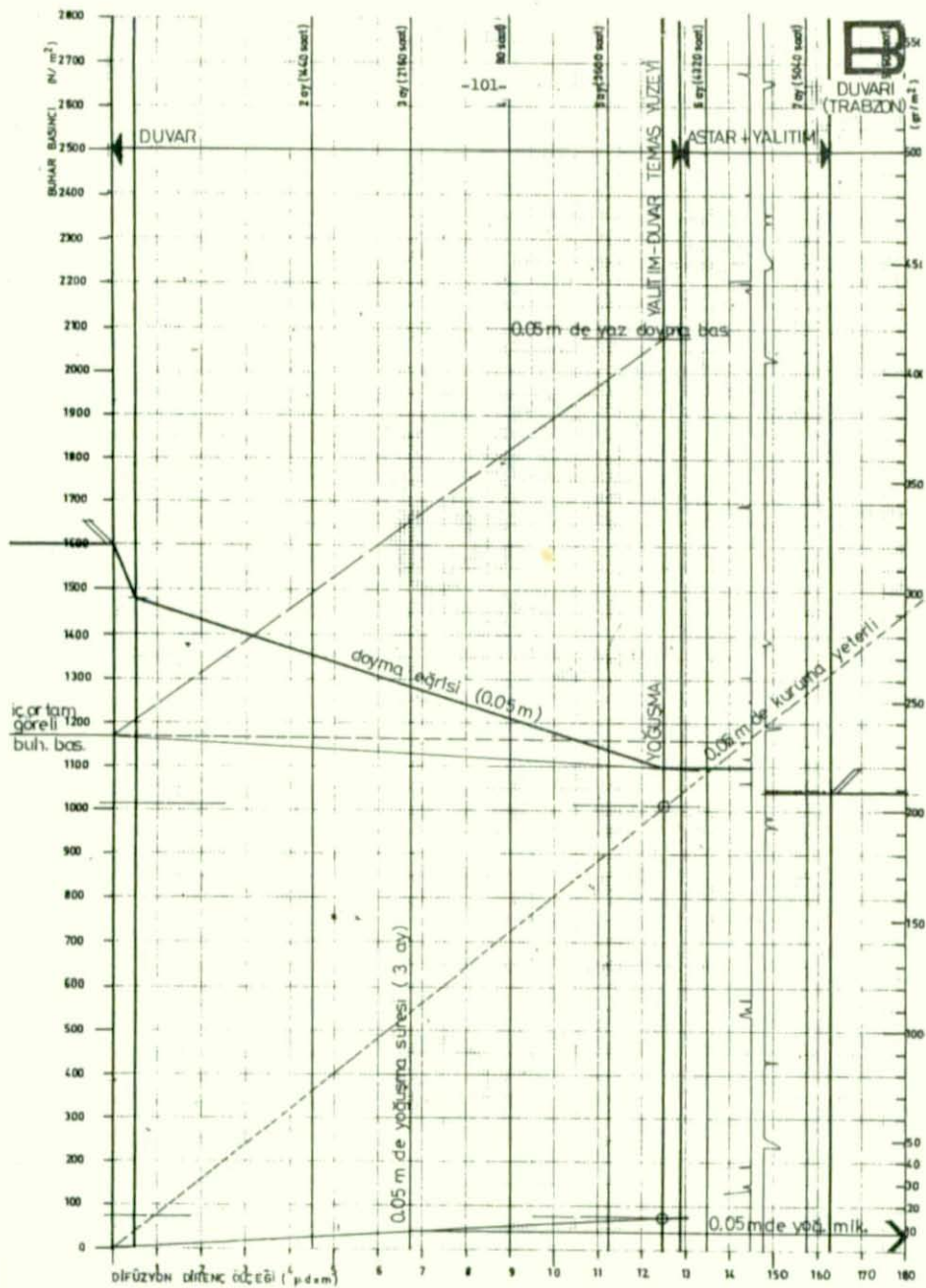


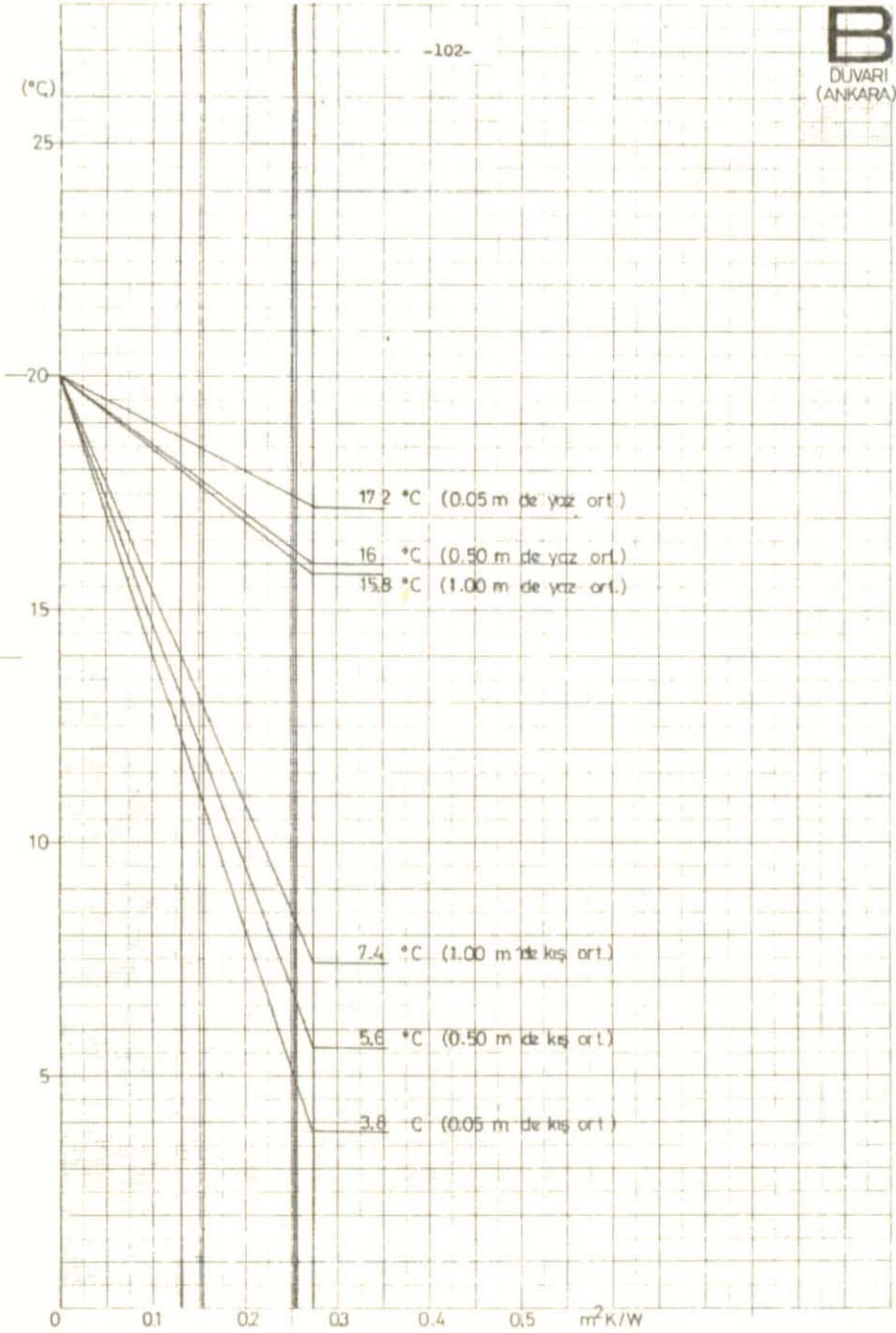
1.23 İç duvarlar

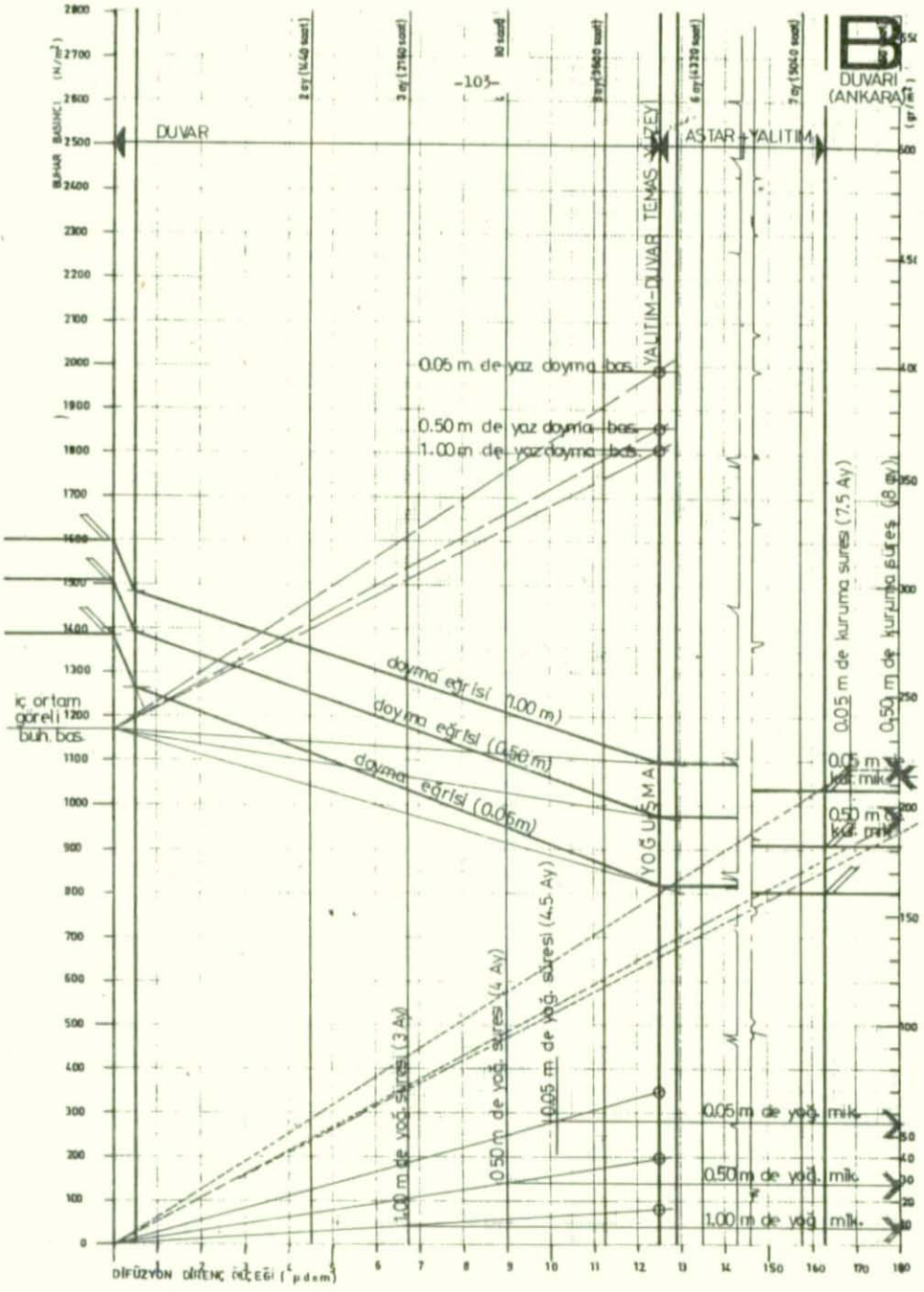


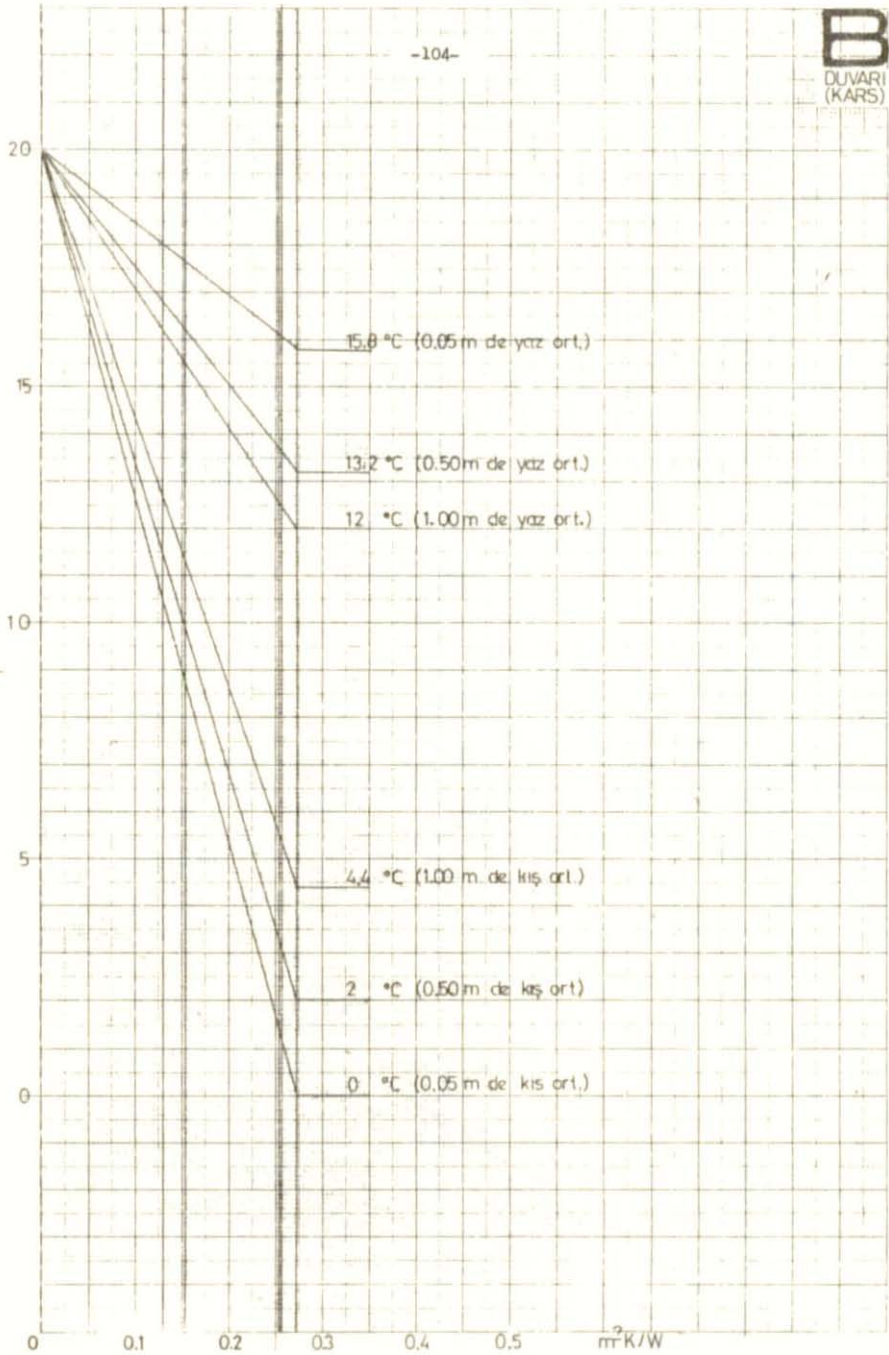
1.22 İç duvarlar

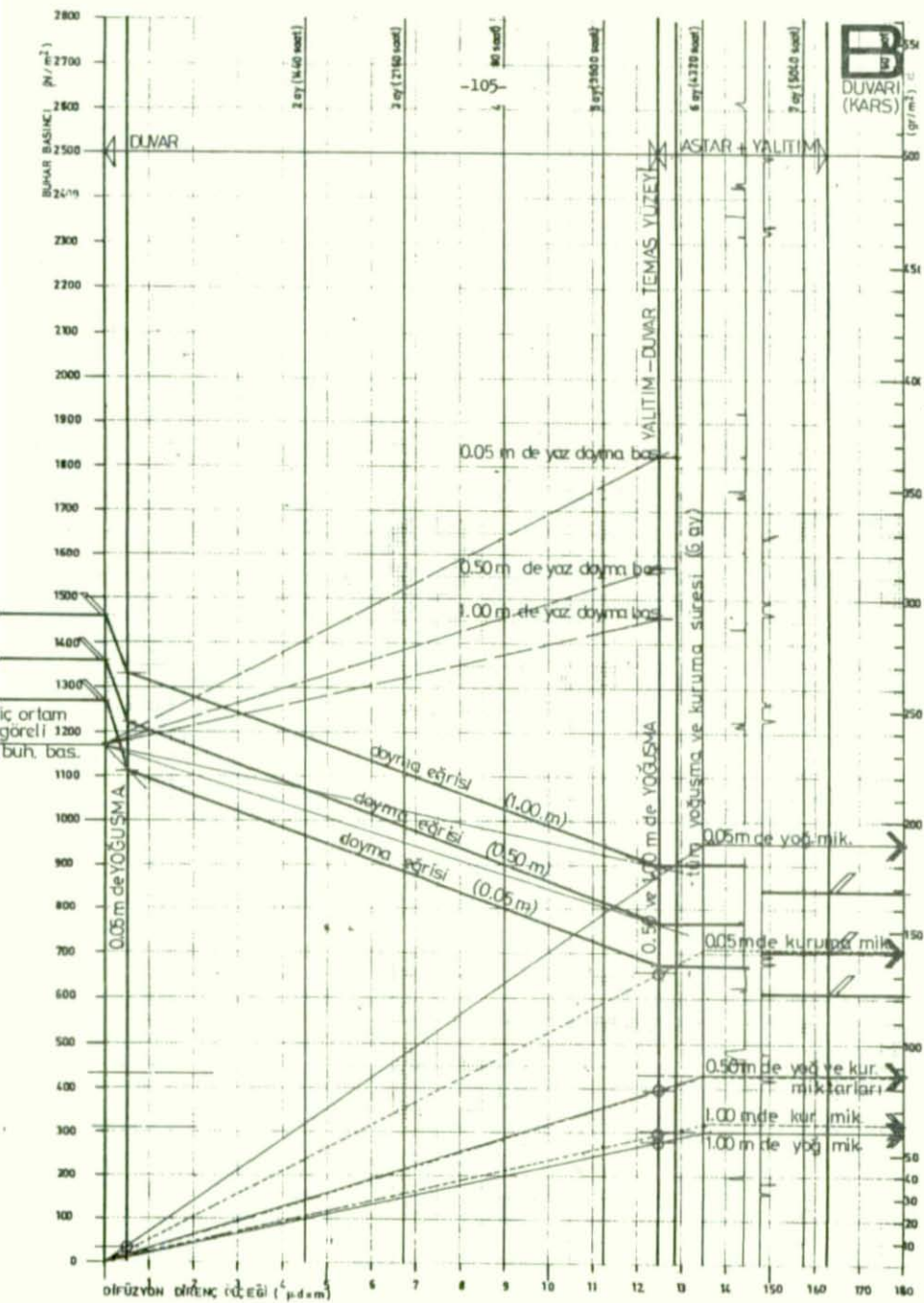












UYGULAMALARIN TOPLU DEĞERLENDİRİLMESİ

A DUVARI

Merkez (S.D.)	Derinlik (m)	Yoğuşma miktarı (gr/m^2)	Kuruma miktarı (gr/m^2)	Sonuç
KARS	1.00	500	-	YETERSİZ
(IV. S.D.)	0.50	500	-	YETERSİZ
	0.05	500	-	YETERSİZ
ANKARA	1.00	58	Yeterli	YETERLİ
(III. S.D.)	0.50	238	Yeterli	YETERLİ
	0.05	456	Yeterli	YETERLİ
TRABZON	0.05	68	Yeterli	YETERLİ
(II. S.D.)				

B DUVARI

Merkez (S.D.)	Derinlik (m)	Yoğuşma miktarı (gr/m^2)	Kuruma miktarı (gr/m^2)	Sonuç
KARS	1.00	60	64	YETERLİ
(IV.S.D.)	0.50	86	86	YETERLİ
	0.05	190	142	YETERSİZ
ANKARA	1.00	9	215	YETERLİ
(III. S.D.)	0.50	28	196	YETERLİ
	0.05	56	218	YETERLİ
TRABZON	0.05	9	Yeterli	YETERLİ
(II. S.D.)				

A L T I N C I B Ö L Ü M

6. TEZ SONUÇLARI VE ÖNERİLER

SONUÇ 1. İçinde insanın sürekli yaşadığı hacımları kuşatan zeminle sınırlı duvarda, iç ortam su buharından kaynaklanan ve özellikle düşük sıcaklıkların hüküm sürdüğü (III. ve IV. Sıcaklık Dilimleri) bölgelerde oluşan yoğuşma önemli miktarlara ulaşabilirken, kuruma olayı (ancak tek yönde gelişebildiğinden) yeterli düzeyde sağlanamayabilir.

ÖNERİ 1. Bu bölgelerde sözkonusu olabilecek bu tür duvar, higro-termik açıdan kesinlikle denetlenmelidir.

SONUÇ 2. Yoğuşma olayının başladığı "yalıtım-duvar" temas yüzeyi konstrüksiyonun olası erken yapı hasarları açısından en hassas noktadır.

ÖNERİ 2. Bu yoğuşma olayının önlenmesi, dolayısıyla da bu kesimdeki sıcaklık düzeyinin ayarlanması gerekir.

SONUÇ 3. Zeminle sınırlı duvarda yoğuşma olayının başlangıcında, yalıtım-duvar temas yüzeyindeki doymuş buhar basıncı ile iç ortam görelî buhar basıncı aynı olmaktadır. Yalıtım ile iç ortam arasında kalan duvar kesimi, yoğuşmayı etkilemesi ya da yoğuşma olayına katkısı açısından sanki mevcut değilmiş gibi düşünülebilir.

ÖNERİ 3. Kuruma olasılığı kesinlikle yoksa, ya da yoğuşma miktarı belirli düzeyin üzerinde ise, yalıtım ile iç ortam arasındaki duvar kesiminde çiyleşme sıcaklığının altına düşülmemelidir.

Bu husus, zemin suyuuna karşı yalıtılmış duvarda daha da önem kazanır. Çünkü, zemin suyu sıcaklığının sabit olması yoğuşmaya süreklilik kazandırır ve kuruma gerçekleşemez.

SONUÇ 4. Sıcaklıkların nisbeten düşük olduğu zemin yüzeyine yakın duvar kesimlerinde yoğuşma şiddeti daha da artacaktır.

ÖNERİ 4. Bu kesime kat döşemesinin, dolayısıyla da duvar-döşeme birleşim yerlerinin (köşelerin) raslaması olasılığı fazladır. Yoğuşma hesapları için, zemin yüzeyine en yakın (0.05 m derinlikteki) Meteorolojik verilerin kullanılması bu nedenle daha sağlıklı olacaktır.

SONUÇ 5. Duvar iç yüzeyine difüzyon direnci yüksek malzeme (fayans, seramik, buhar kesici vb.) uygulanması halinde, tek yönde (iç ortama doğru) gelişen su buharı difüzyonu engelleneceğinden kuruma olayı da engellenecektir.

ÖNERİ 5. Dolayısıyla bu tür malzeme, yoğuşmanın şiddetli olduğu duvar üst kesimlerinde özellikle kullanılmamalıdır.

ÖNERİ 6. Konstrüksiyon içindeki yoğuşma yüksek düzeylerde ise veya sürekli yoğuşma dolayısıyla kuruyamama olasılığı varsa;

a) Ya iç ortam kullanım amacında değişiklik yapılmalı, örneğin yoğuşma oluşturmayacak higro-termik koşullar veren başka hacimler düşünülmesi, ya da

b) Duvarın zeminle yapısal açıdan (örn. kuranglez vb.) ilişkisi kesilmeli, böylelikle duvar doğrudan serbest atmosferle komşu duruma getirilerek en azından nemsel solunumun sağlandığı bir çözüm düşünülmelidir. Bu durumda düşey yalıtıma gerek kalmayacak, dolayısıyla da araştırma konusu dışına çıkılacaktır.

N O T L A R

1. Bu çalışmada; zemin altındaki iç ortamla doğal zemin arasında tasarlanan, doğal zemin etkilerine karşı yapıyı korumakla yükümlü dış kabuk "zeminle sınırlı duvar" olarak anılacaktır.
2. Zemin (Doğal Zemin): Yeryüzü. HASOL, D., Mimarlık Sözlüğü, İstanbul, 1975, S. 482.
"Genel tanımıyla mühendislikte, içinde canlı buldurmeyen toprak zemindir. İçinde canlı ve organik malzeme bulduruyorsa topraktır. Zeminlerin içinde tüm jeolojik malzeme var, organik malzeme ise yoktur." ÖNALP, A., Yapı Bilimleri Doktora Semineri, KTÜ Mimarlık Bölümü, Trabzon, 1979.
"Orman ve tarım konularından ayırdetmek amacıyla mühendislerin toprak yerine kullandıkları z e m i n terimi, bir bağlayıcı maddeyle tamamen veya kısmen çimentolaşmamış değişik türden minerallerin su ve hava ile karışımından oluşan malzemedir." ÖNALP, A., İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, KTÜ İnşaat ve Mimarlık Fakültesi yayını, Trabzon, 1982, S. 135.
3. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln-Braunfeld, 1974, S. 31.
4. Bu çalışmada; zemin altındaki iç ortamla, doğal zemin arasında tasarlanan, doğal zemin etkilerine karşı yapıyı korumakla yükümlü dış kabuk (duvar ve döşemeler) bütünüyle "zeminle sınırlı yapı elemanı" olarak anılacaktır.
5. "Adezyon; farklı iki malzemenin molekülleri veya atomları arasındaki elektriksel çekici kuvvetlere denilmektedir." ÖZDENİZ, M., Rüzgarla İtilen Yağmurun Yapılardaki Sorunları ve Rüzgarla İtilen Yağmur Şiddetinin Hesaplanması İçin Bir Yöntem, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1978, S. 21.
6. "Higroskopik su, zemin danelerinin yüzeyine bağlanan sudur. Su daneden kaynama sıcaklığında ayrılabilir. Ters yönde düşünülürse, fırında kurutulmuş zeminin oda ortamında ağırlığında oluşacak artışla tanımlanabilir." ÖNALP, A., İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, KTÜ İnşaat ve Mimarlık Fak. yayını, Trabzon, 1982, S. 178.

7. "Kohezyon; aynı malzemenin atomları veya molekülleri arasındaki çekici kuvvete denilmektedir." ÖZDENİZ, M., Rüzgarla İtilen Yağmurun Yapılardaki Sorunları ve Rüzgarla İtilen Yağmur Şiddetinin Hesaplanması İçin Bir Yöntem, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1978, S. 21.
8. SCHOKLITSCH, A., Temel İnşaatı- Kısım I. -Çeviren: ACUN, N., İTÜ Yayını, İstanbul, 1977, S. 9.
9. TEZCAN, Y., Temel İzolasyonlarında Dizayn Sorunları, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 3.
10. ANONİM ., TS-3128, Binalarda Zemin Rutubetine Karşı Yapılacak Yalıtım İçin Yapım Kuralları, TSE, Ankara, 1978.
11. ÜRÜNAY, N., Zemin Rutubetine Karşı Temel Yalıtımı, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 1.
12. GENÇER, T., Yapıların Basınç Yapmayan Sızma Suyuna Karşı Korunumu, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 2.
13. Duvarlarda kapilarite yoluyla suyun yükselmesi konusu ile ilgili ayrıntılı bilgi için Bkz. WITMANN, W., DRÖGLER, O., Mauerfeuchteit, Wiesbaden, 1965, S. 41-55.
14. TEZCAN, Y., Temel İzolasyonlarında Dizayn Sorunları, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 2.
15. GAFUR, A., İklimin Toprağa Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Gıda - Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı - Meteoroloji Gn. Md., Ankara, 1975, S. 16.
16. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung , Stuttgart, 1975, S. 2.
17. BALDAŞ, A., KANTAR, F., Yapı Fiziği, İstanbul, 1975, S. 134.
18. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 183.
19. ILGAZ, T., Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, Trabzon, 1979, S. 8.
20. Aynı kaynak, S. 8.
21. ÖZER, M., Yapıların Isı, Su ve Buhar Yalıtımları, İstanbul, 1974, S. 142.

22. ILGAZ, T., Yapı Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, Trabzon, 1979, S. 14.
23. TEZCAN, Y., Sıcak Yapı Elimanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları ve Peryotların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul, 1970, S. 19.
24. HEBGEN, H., HECK, F., Aussenwandkonstruktionen mit optimalem Wärmeschutz, Braunschweig, 1977, S. 188.
25. ANONİM., TS-2164, Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, TSE, Ankara, 1976.
26. ANONİM., EWM (Erfahrungsaustausch für wärmetechnische Messen), Klimabedingter Feuchteschutz, Beschlüsse, Beschluss-Nr. 5.002, Sitzung:36., TOP 5., S.5, Datum: 9.-10.4.1981, Gräfelfing- München.
27. AKA. İ., KESKİNEL, F., ARDA, T.S., Betonarme Yapı Elemanları, İstanbul, 1977, S. 210.
28. ANONİM., Meteoroloji Bülteni, 1974, S. 6.
29. İmar ve İskan Bakanlığınca yayınlanan 30.10.1981 tarihli yönetmeliğe göre Türkiye 4 en az sıcak dönem sıcaklık dilimine ayrılmaktadır.

I. Sıcaklık Dilimi	+ 3 °C den	± 0 °C ye kadar,
II. Sıcaklık Dilimi	- 3 °C den	- 9 °C ye kadar,
III. Sıcaklık Dilimi	-12 °C den	-18 °C ye kadar,
IV. Sıcaklık Dilimi	-21 °C den	-27 °C ye kadar

yerleşme merkezlerini içermektedir.

Yine aynı yönetmelikte dış duvarlarda ve zemine oturan döşemelerde en az ısı geçirgenlik dirençleri sıcaklık dilimlerine göre şöyle belirlenmektedir:

Isı geçirgenlik dirençleri (m² K/W)

Yapı Elemanları	I. S.D.	II. S.D.	III. S.D.	IV. S.D.
Dış duvarlar	0.40	0.60	0.79	0.98
Zemine oturan döşemeler	0.56	0.80	1.30	1.55

ANONİM., İmar ve İskan Bakanlığı, Bazı Belediyelerin İmar Yönet-

meliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik, Ankara, 30.10.1981.

30. ANONİM., Meteoroloji Bülteni, 1974.
31. Aynı kaynak.
32. GAFUR, A., İklimin Toprağa Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bak.- Meteoroloji Gn. Md. Ankara, 1975, S. 24-39
33. Sözkonusu ölçümler Almanya' da Holzkirchen' deki Yapı Fiziği Enstitüsünde (Institut für Bauphysik) UNESCO bursundan yararlananlararak Ekim 1981- Şubat 1982 tarihleri arasında yapılmıştır.
34. "Yalıtım" Sözcüğü, bu çalışmada su ve neme karşı korunum anlamında kullanılmaktadır.
35. ÜRÜNAY, N., Zemin Rutubetine Karşı Temel Yalıtımı, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 4.
36. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln-Braunfeld, 1974, S. 26.
37. ÜRÜNAY, N., Zemin Rutubetine Karşı Temel Yalıtımı, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 5.
38. "Bitüm; doğal kökenli hidrokarbonların bir karışımı veya pirojenik kökenli hidrokarbonların bir karışımı veya bunların her ikisinin bir kombinasyonu olup çoğu kez bunların gaz, sıvı, yarı katı veya katı olabilen, metal dışı türevleri ile birarada bulunan, yapıştırıcı özellikleri olan ve karbon disülfürde tamamen çözünen maddedir." KEÇECİLER, A.F., AKYOL, G., Bitümlü malzemeler Laboratuvar Elkitabı, Bayındırlık Bakanlığı- Karayolları Gn. Md. Yayını, Ankara, 1979, S. 10.
"Bitümlü malzeme; asfalt ve katran grubu olmak üzere iki gruba ayrılır.
Asfalt grubu bitüm: Bu gruba giren bitümlü malzeme, yeryüzünde doğal olarak bulunmakta ayrıca ham petrolün arıtılması ile elde edilmektedir.
Katran grubu bitümler: Odun ve kömür gibi doğal olan organik maddelerin havasız bir ortamda kuru kuruya ısıtılmasıyla elde edilen

bitümlü sıvılardır. Bunların ısıtılması sonucu ziftler elde edilir." ÜRÜNAY, N., Bitüm ve Bitümlü Yalıtım Örtüleri, Bildiri, 1. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1974, S. 18.

39. "Sıcak karışım; karışımı oluşturan elemanların her birinin ayrı ayrı 100 °C nin üstünde ısıtılması yanında karışımın yine 100 °C üstünde pişirilerek veya karıştırılarak hazırlanmasına denir." ÜRÜNAY, N., Zemin Rutubetine Karşı Temel Yalıtımı, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 5.
40. "Soğuk karışım; karışımı oluşturan elemanlardan bir veya birkaçının gerektiğinde en çok 100 °C ye kadar ısıtılarak karışımın 100 °C altında veya atmosfer sıcaklığında hazırlanması olarak tanımlanır." Aynı kaynak, S. 6.
41. Aynı kaynak, S. 6-11.
42. Aynı kaynak, S. 11-23.
43. ANONİM., TS-3128, Binalarda Zemin Rutubetine Karşı Yapılacak Yalıtım İçin Yapım Kuralları, TSE, Ankara, 1978.
44. ANONİM., DIN 4117, Abdichtung von Bauwerken gegen Bodenfeuchteit, Berlin und Köln, 1960.
45. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 185-186.
46. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln - Braunsfeld, 1974, S. 41-54.
47. Aynı kaynak, S. 73.
48. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 188.
49. SCHILD, E., OSWALD, R., ROGIER, D., SCHWEIKERT, H., SCHNAPPAUFF, V., Schwachstellen - Band III, Keller- Dränagen, Wiesbaden und Berlin, 1980, S. 19.
50. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 51.
51. ANONİM., TS-3128, Binalarda Zemin Rutubetine Karşı Yapılacak Yalıtım İçin Yapım Kuralları, TSE, Ankara, 1978.

52. SCHILD, E., OSWALD, R., ROGIER, D., SCHWEIKERT, H., SCHNAPAUFF, V., Schwachstellen - Band III, Keller-Dränagen, Wiesbaden und Berlin, 1980, S. 19.
53. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln - Braunsfeld, 1974, S. 55.
54. ANONİM., DIN 4122, Abdichtung von Bauwerken gegen nichtdrückendes Oberflächenwasser und Sickerwasser mit bitüminösen Stoff-Folien, Berlin und Köln, 1968.
55. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 80.
56. Aynı kaynak, S. 110.
57. Aynı kaynak, S. 111.
58. MUTH, W., Bemessung der Dränagung zum Schutz erdberührter Bauteile, DBZ (Deutsche Bauzeitschrift), 7.1979, S. 1069.
59. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 112.
60. SCHILD, E., OSWALD, R., ROGIER, D., SCHWEIKERT, H., SCHNAPAUFF, V., Schwachstellen - Band III, Keller-Dränagen, Wiesbaden und Berlin, 1980, S. 30-33.
61. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 112.
62. SCHILD, E., OSWALD, R., ROGIER, D., SCHWEIKERT, H., SCHNAPAUFF, V., Schwachstellen - Band III, Keller-Dränagen, Wiesbaden und Berlin, 1980, S. 38.
63. Aynı kaynak, S. 46.
64. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 125.
65. Aynı kaynak, S. 131.
66. YALÇIN, Ş., Zemin Suyunun Temellere Etkisi, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 1.

67. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 135.
68. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 31-37.
69. Aynı kaynak, S. 49.
70. ANONİM., DIN 4031, Wasserdruckhaltende bitüminöse Abdichtungen für Bauwerke; Richtlinien für Bemessung und Ausführung, Berlin und Köln, 1960.
71. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 50.
72. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 138.
73. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 52.
74. Aynı kaynak, S. 57.
75. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 138-139.
76. KAKROW, H., Basınlı Suya Karşı Yalıtım, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978, S. 6.
77. REICHERT, H., Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau, Köln- Braunsfeld, 1974, S. 139.
78. ANONİM., DIN 4031, Wasserdruckhaltende bitüminöse Abdichtungen für Bauwerke; Richtlinien für Bemessung und Ausführung, Berlin und Köln.
79. LUFISKY, K., Bauwerksabdichtung, Stuttgart, 1975, S. 78.
80. Aynı kaynak, S. 82.
81. ANONİM., DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, Berlin, 1981, Teil:4.
82. ANONİM., TS-2164, Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, TSE, Ankara, 1976.
83. Aynı kaynak.
84. ILGAZ, T., Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, Trabzon, 1979, S. 101.

102. ANONİM., Der Bundesminister für Forschung und Technologie.,
Bauen und Energiesparen, Köln, 1981, Bölüm: 8.1.2.1.8.
103. WIESE, G., Wasserdampfdiffusion, Stuttgart, 1975, S. 136-137.
104. SCHILD, E., CASSELMANN, H., DAHMEN, G., POHLENZ, R.,
Bauphysik, Braunschweig / Wiesbaden, 1982, S. 37.
105. TEZCAN, Y., Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü
Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları ve Peryotların
Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul,
1970, S. 135.
106. Aynı kaynak, S. 23.
107. SEIFFERT, K., Wasserdampfdiffusion im Bauwesen, Wiesbaden,
1967, S. 15.
108. WIESE, G., Wasserdampfdiffusion, Stuttgart, 1975, S. 24.
109. SCHILD, E., CASSELMANN, H., DAHMEN, G., POHLENZ, R.,
Bauphysik, Braunschweig / Wiesbaden, 1982, S. 24-25.
110. Aynı kaynak, S. 26-27.
111. SEIFFERT, K., Wasserdampfdiffusion im Bauwesen, Wiesbaden,
1967, S. 33.
112. MORITZ, K., Richtung und Falsch, Wiesbaden, 1965, S. 104.
113. HAFFERLAND, F., Vergleichende Untersuchungen über das
diffusionstechnische Verhalten vorgefertigter Aussenwandelemente,
Doktora Tezi, Hannover, 1964.
114. TEZCAN, Y., Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü
Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları ve Peryotların
Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul,
S. 279-280.
115. ANONİM., DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, Berlin, 1981,
Teil: 3, S. 2.

t_{ih} °C	ϕ_{ih} BAĞIL NEM DÜZEYİNE GÖRE $t_{ç}$ ÇIYLEŞME SICAKLIĞI										
	% 50 °C	% 55 °C	% 60 °C	% 65 °C	% 70 °C	% 75 °C	% 80 °C	% 85 °C	% 90 °C	% 95 °C	% 100 °C
18	7.4	8.8	10.1	11.3	12.4	13.5	14.5	15.4	16.3	17.2	18
19	8.4	9.7	10.1	12.3	13.4	14.4	15.5	16.4	17.3	19.3	19
20	9.3	10.7	12.0	13.2	14.3	15.4	16.5	17.4	18.2	19.2	20
21	10.2	11.6	12.9	14.2	15.3	16.4	17.5	18.4	19.3	20.2	21
22	11.1	12.5	13.9	15.2	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3	21.2	22
23	12.0	13.4	14.9	16.1	17.2	18.4	19.3	20.3	21.2	22.1	23
24	13.0	14.4	15.8	17.0	18.2	19.3	20.3	21.2	22.2	23.1	24

EK TABLO 1. (t_{ih} ve ϕ_{ih}) Kapalı ortam iklim verilerine göre, çiyleşme olayını doğuran sınır sıcaklıklar.

YAPI ELEMANLARI	$1 / \alpha_i$ (m^2K/w)	$1 / \alpha_d$ (m^2K/w)
Dış duvarlar	0.13	0.04
Cephe kaplamaları arkadan havalandırılan dış duvarlar	0.13	0.08
Döşemeler		
. Isı akımı aşağıdan yukarı	0.13	-
. Isı akımı yukarıdan aşağı	0.17	-
Zeminle sınırlı duvarlar	0.13	0
Zemine oturan döşemeler	0.17	0

EK TABLO 2. Bazı yapı elemanlarında iç ve dış yüzeysel ısı iletim dirençleri.

Sıcaklıklar °C	Havanın difüzyon katsayısı δ (m^2/h)	
	P = 10 000 kp/m ² = 735.5 mm Hg	P = 10 332 kp/m ² = 760 mm Hg
-30	0.067	0.065
-25	0.070	0.067
-20	0.072	0.071
-15	0.075	0.073
-10	0.078	0.075
- 5	0.080	0.078
± 0	0.083	0.080
+ 5	0.086	0.084
+10	0.088	0.086
+15	0.091	0.089
+20	0.094	0.091
+25	0.97	0.093
+30	0.100	0.095

EK TABLO 3. Havanın difüzyon katsayıları

Hava ve duvar arasındaki sıcaklık farkı (°C)	... deki sıcaklıklarda β' yüzeyel buhar geçiş katsayıları (1/h)		
	0 °C	10 °C	20 °C
2	0.00096	0.00101	0.00106
4	0.00101	0.00106	0.00111
6	0.00106	0.00111	0.00117
8	0.00110	0.00116	0.00122
10	0.00115	0.00121	0.00127
12	0.00120	0.00127	0.00133
14	0.00125	0.00132	0.00138
16	0.00130	0.00137	0.00143
18	0.00135	0.00142	0.00143
20	0.00140	0.00147	0.00154

EK TABLO 4. Serbest hava akımında yüzeyel buhar geçiş katsayıları

EK TABLO 5. Sıcaklığa bağlı olarak doymuş buhar basınçları (N / m²)

Sıcaklık °C	doymuş buhar basıncı									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4244	4299	4294	4310	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3739	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	458	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

EK TABLO 6. Bazı yapı malzemesinin ısı iletkenlik katsayıları ve difüzyon direnç faktörleri

sınıf	malzeme	yoğunluk	ısı iletkenlik katsayısı	difüzyon direnç faktörü
		γ	λ	μ
		kg/m ³	W/mK	-
1.	AĞIR BETONLAR			
1.1.	Sıkıştırılmış B 150 (I)	2200	1.51	30
1.2.	Sıkıştırılmış B 250 (I)	2400	2.04	60
1.3.	Gevşek (I)	1700	0.81	4
1.4.	Cüruf betonu	1200	0.47	3
1.5.	(gevşek) (I)	1400	0.58	4
1.6.		1600	0.76	6
2.	HAFİF BETONLAR			
2.1.	Bims, kabartılmış kil köpük ya da granüle	800	0.29	3
2.2.	yüksek fırın cürufu (I)	1000	0.35	4
2.3.		1200	0.47	6
2.4.		1400	0.58	10
2.5.	Buharda sertleştirilmiş gaz ve köpük beton	400	0.14	2.5
2.6.	hafif kireç betonu (I)	500	0.19	3
2.7.		600	0.23	5
2.8.		800	0.29	7
3.	DUVAR TUĞLASINDAN DUVARLAR			
3.1.	Dolu tuğla (I)	1200	0.52	5
3.2.		1400	0.60	7
3.3.		1800	0.79	12
3.4.	Delikli tuğla (I)	1200	0.52	4
3.5.		1400	0.60	6
3.6.	Gözenekli hafif tuğla (I)	800	0.33	2.5

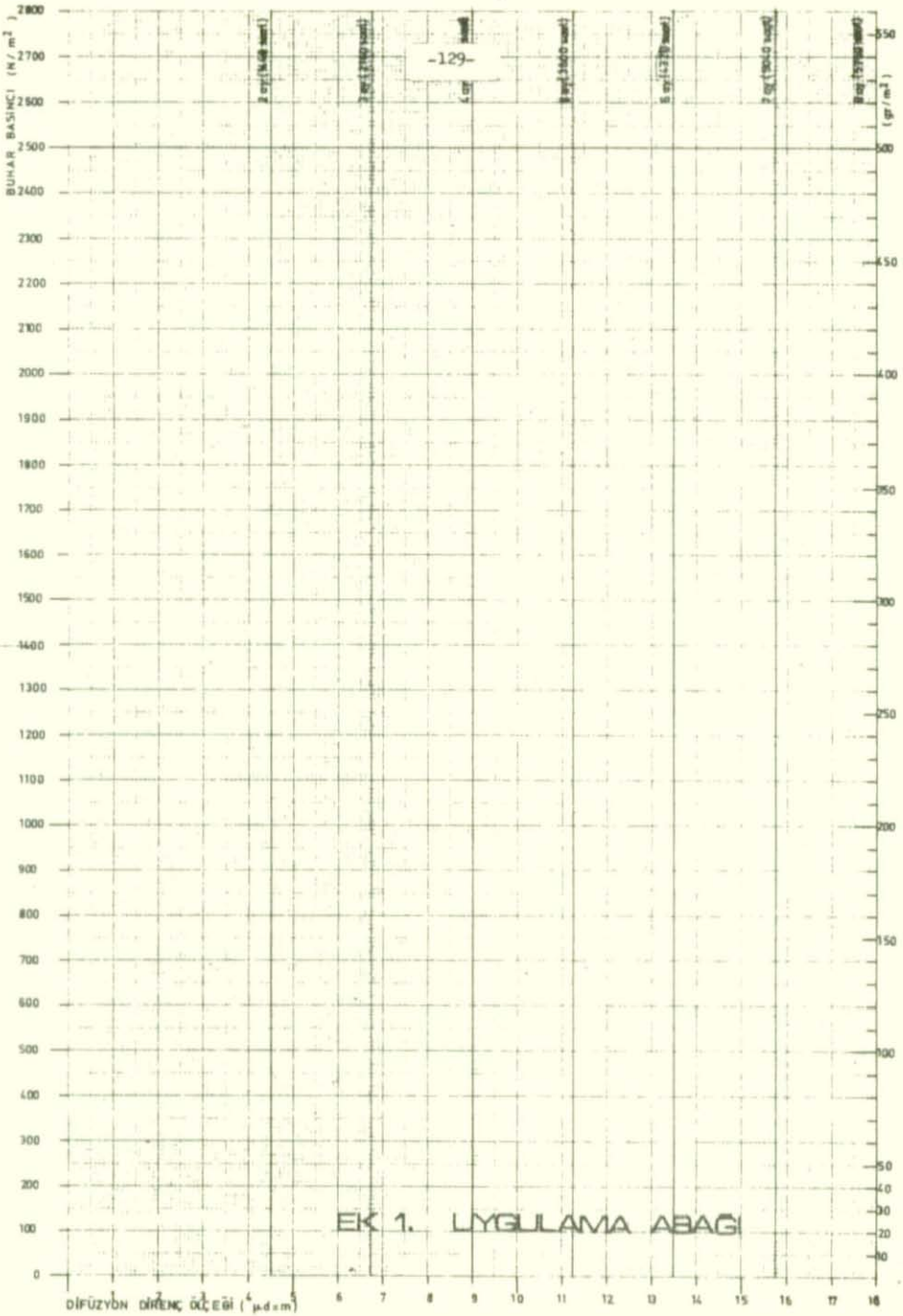
EK TABLO 6.

sınıf	malzeme	yoğunluk	ısı iletkenlik katsayısı	difüzyon direnci faktörü	
		γ	λ	μ	
		kg / m ³	W / mK	-	
4.	ISI TUTUCULAR				
4.1.	Anorganik Isı Tutucular				
4.1.1.	Mineral liflerden ısı tutucular (I)	30-200	0.04	1-1.4	
4.1.2.		300	0.04	4	
4.1.3.	Köpük cam plaklar (I)	145	0.04	10000	
4.2.	Organik Isı Tutucular				
4.2.1.	Ahşap yonga betonu ısı tutucular (heraklit vb.) (I)	550	0.13	5	
4.2.2.		650	0.15	6	
4.2.3.	Mantar plaklar (I)	120	0.04	10	
4.2.4.	genleştirilmiş, içirilmiş	160	0.044	22	
4.3.	Yapay Sert Köpük Plaklar (I)				
4.3.1.	Polistrol sert köpük plaklar	20	0.04	40	
4.3.2.	özel formlarda üretilmiş	25	0.04	50	
4.3.3.		30	0.04	60	
4.3.4.	Polistrol sert köpük ekstrudiert (I)	beyaz	30	0.04	150
4.3.5.		mavi	40	0.04	250
4.3.6.		yeşil	35	0.04	100
4.3.7.	Poliüretan sert köpük plaklar (I)	30	0.035	40	
4.3.8.		40	0.035	50	
4.3.9.	PVC- Sert köpük plaklar (I)	50	0.04	200	
5.	SIVALAR				
5.1.	Kireç, kireç-çimento sıva (II)	1800	0.87	15/35	
5.2.	Çimento sıva (II)	2000	1.4	15/35	
5.3.	Kireç-alçı, alçı sıva (II)	1400	0.70	10	

EK TABLO 6.

sınıf	malzeme	yoğunluk	ısı iletkenlik katsayısı	difüzyon direnç faktörü
		γ	λ	μ
		kg / m ³	w / mK	-
6.	FAYANS ve PLAK KAPLAMALAR			
6.1.	Karo fayans	1700	1.05	200
6.2.	karo seramik (III)	2000	1.05	300
6.3.	Seramik 50/50 mm - % 17 derzli	1900	0.99	140
6.4.	mozaik 20/20 mm - % 20 derzli (I)			100
6.5.	12/12 mm - % 26 derzli			60
6.6.	Asbest çimento plaklar (II)	2000	0.58	20/50
6.7.	Alçı karton plaklar (II)	900	0.21	8
7.	BITÜMLÜ MALZEMELER			
7.1.	Bitümlü astar (IV)	1000	0.17	800
7.2.	Düşük kaliteli bitümlü karton (TS-114, Tip 18) (IV)	1100	0.17	1300
7.3.	Yüksek kaliteli bitümlü karton (TS-114, Tip 36)(IV)	1100	0.17	3000
7.4.	Sıcak bitümle yapıştırılmış yüksek kaliteli bitümlü karton (IV)	1200	0.17	50000
7.5.	Bitümlü cam keşesi (II)			20000/ 60000
7.6.	Mastik asfalt, > 7 mm kalınlıkta	2000	0.70	~∞
8.	PLASTİK MALZEME			
8.1.	PVC folyo (II)			20000/ 60000
8.2.	Polietilen folyo (II)			100000

- (I) Hebgen, h., Heck, F., Aussenwandkonstruktionen mit optimalem Wärmeschutz, 1977.
- (II) DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, 1981
- (III) Ilgaz, T., Yapı Dışey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, 1979.
- (IV) Tezcan, Y., Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları ve Peryotların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, 1970.



EK 1. UYGULAMA ABAGI

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKA, İ./
KESKİNEL, F./
ARDA, T.S. : Betonarme Yapı Elemanları,
Arpaz Matbaacılık, İstanbul, 1977
- BALDAŞ, A./
KANTAR, F. : Yapı Fiziği,
Sermet Matbaası, İstanbul, 1975
- CAMMERER, J.S. : Wärme und Kälteschutz in der Industrie,
Springer Verlag, Berlin, 1962
- GAFUR, A. : İklimin Toprağa Etkisi Üzerine
Bir Araştırma,
Gıda - Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
Meteoroloji Genel Müdürlüğü,
Ankara, 1975
- GENCER, T. : Yapıların Basınç Yapmayan Sızma
Suyuna Karşı Korunumu,
Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği
Sempozyumu, İstanbul, 1978
- HAFERLAND, F. : Vergleiche Untersuchungen über das
diffusionstechnische Verhalten
vorgefertigter Aussenwandlemante,
Doktora tezi, Technische Hochschule,
Hannover, 1964
- HASOL, D. : Mimarlık Sözlüğü,
Yapı - Endüstri Merkezi Yayınları,
İstanbul, 1975
- HEBGEN, H./
HECK, F. : Aussenwandkonstruktionen mit optimalem
Wärmeschutz,
Vieweg Verlag, Braunschweig, 1977
- ILGAZ, T. : Rasyonel Dış Duvar,
Doçentlik Tezi, Trabzon, 1974
- ILGAZ, T. : Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı
Etkilerinden Korunması,
Trabzon, 1979
- KAKROW, H. : Basınçlı Suya Karşı Yalıtım
Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği
Sempozyumu, İstanbul, 1978

- KEÇECİLER, A.F./
AKYOL, G. : Bitümlü Malzemeler Laboratuvar
Elkitabı,
Bayındırlık Bakanlığı - Karayolları
Genel Müdürlüğü, Ankara, 1979
- LUFISKY, K. : Bauwerksabdichtung
Bitümen und Kunststoffe in der
Abdichtungstechnik,
B.G. Teubner, Stuttgart, 1975
- MORITZ, K. : Richtung und Falsch,
Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1965
- MUTH, W. : Bemessung der Dränagugung zum Schutz
erdberührter Bauteile,
DBZ (Deutsche Bauzeitschrift), 7.1979
- ÖNALP, A. : Yapı Bilimleri Doktora Semineri,
KTÜ Mimarlık Bölümü, Trabzon, 1979
- ÖNALP, A. : İnşaat Mühendislerine Geoteknik
Bilgisi,
KTÜ İnşaat ve Mimarlık Fakültesi,
Trabzon, 1982
- ÖZDENİZ, M. : Rüzgarla İtilen Yağmurun Yapılardaki
Sorunları ve Rüzgarla İtilen Yağmur
Şiddetinin Hesaplanması İçin Bir
Yöntem,
Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi,
İstanbul, 1978
- ÖZER, M. : Yapıların Isı, Su ve Buhar Yalıtımları,
İstanbul, 1974
- REICHERT, H. : Sperrschicht und Dichtschicht im Hochbau,
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller,
Köln - Braunsfeld, 1974
- SCHILD, E./
CASSELMANN, H./
DAHMEN, G./
POHLENZ, R. : Bauphysik,
Vieweg Verlag, Braunschweig - Wiesbaden
- SCHILD, E./
OSWALD, R./
ROGIER, D./
SCHWEIKERT, H./
SCHNAPAUFF, V. : Schwachstellen - Band III.,
Keller - Dränagen,
Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Berlin, 1980
- SCHOKLITSCH, A. : Temel İnşaatı, Kısım I.,
Çeviren: ACUN, N.,
İTÜ, İstanbul, 1977

- SEIFFERT, K. : Wasserdampfdiffusion im Bauwesen, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1967
- TEZCAN, Y. : Sıcak Yapı Elemanlarının Kondansasyon Kontrolü Hesaplarında Kullanılacak Dış Sınır Şartları ve Peryotların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Metod, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1970
- TEZCAN, Y. : Temel İzolasyonlarında Dizayn Sorunları, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978
- ÜRÜNAY, N. : Bitüm ve Bitümlü Yalıtım Örtüleri, Bildiri, I. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1974
- ÜRÜNAY, N. : Zemin Rutubetine Karşı Temel Yalıtımı, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978
- WITMANN, W. / DRÜGSLER, O. : Mauerfeuchtigkeit - Ursachen - Auswirkungen - Trockenlegung, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1965
- WIESE, G. : Wasserdampfdiffusion, B. G. Teubner, Stuttgart, 1975
- YALÇIN, Ş : Zemin Suyunun Temellere Etkisi, Bildiri, 3. Su Geçirimsizliği Sempozyumu, İstanbul, 1978
- ANONİM : Bazı Belediyelerin, İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1981
- ANONİM : Meteoroloji Bülteni, Gıda - Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md., Ankara, 1974
- ANONİM : Bauen und Energie Sparen, Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 1981
- ANONİM : Klimabedingter Feuchteschutz, EWM (Erfahrungsaustausch für wärmetechnische Messen), Beschlüsse, Beschluss-Nr. 5.002, Sitzung: 36., TOP 5. Datum: 9.-10.4.1981, Gräfelfing-München

- ANONİM : Zulassungbescheid,
Institut für Bautechnik,
Zulassungs-Nr. Z-23.2-43,
Berlin, 1.7.1980
- ANONİM : TS-3128, Binalarda Zemin Rutubetine
Karşı Yapılacak Yalıtım İçin Yapım
Kuralları,
TSE, Ankara, 1978
- ANONİM : TS-2164, Kalorifer Tesisatı Projelendirme
Kuralları,
TSE, Ankara, 1976
- ANONİM : DIN 4031, Wasserdruckhaltende bitüminöse
Abdichtungen für Bauwerke; Richtlinien
für Bemessung und Ausführung,
Beuth-Betrieb GmbH, Berlin, Köln, 1960
- ANONİM : DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau,
Beuth-Betrieb GmbH, Berlin, 1981
- ANONİM : DIN 4117, Abdichtung von Bauwerken
gegen Bodenfeuchtigkeit,
Beuth-Betrieb GmbH, Berlin, Köln, 1960
- ANONİM : DIN 4122, Abdichtung von Bauwerken
gegen nichtdrückendes Oberflächenwasser
und Sickerwasser mit bitüminösen Stoffen,
Metallbändern und Kunststoff-Folien,
Beuth-Betrieb GmbH, Berlin, Köln, 1968
- ANONİM : DIN 4701, Regeln für die Berechnung
des Wärmebedarfs von Gebäuden,
Beuth-Betrieb GmbH, Berlin, Köln, 1959

Ö Z G E Ç M İ Ş

Erkin ERTEN, 30 Ekim 1949 da Kars' ta doğdu. Orta öğrenimini Sivas ve Akşehir' de yaptı. 1967 de KTÜ İnşaat ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümüne girdi.

1972 de Mimarlık Bölümünü bitirdikten sonra Turizm ve Tanıtma Bakanlığı, Turizm Genel Müdürlüğünde mimar olarak göreve başladı.

1976 da bu görevinden ayrılarak KTÜ Mimarlık Bölümüne asistan olarak girdi.

1977-1978 de KTÜ olanaklarıyla bir yıl süreyle, yabancı dil ve mesleki bilgisini geliştirmek üzere Almanya' ya gitti.

1981 de Alman Hükümetinin (DAAD) 2 aylık, hemen ardından UNESCO' nun 6 aylık burslarını kazanarak yine Almanya' ya gitti. Holzkirchen' deki Yapı Fiziği Enstitüsünde (Institut für Bauphysik der Fraunhofer - Gesellschaft) 6 ay süreyle yapı fiziği (ısı - nem) ve doktora konusu ile ilgili araştırmalar yaptı.

KTÜ deki görevi sırasında Yapı Bilgisi, Yapı Kavramı, Yapı Elemanları derslerine katıldı. Ordu ve Gümüşhane Meslek Yüksek Okullarında Yapı Bilgisi ve Bina Bilgisi derslerini yürüttü.

Halen KTÜ Mimarlık Bölümünde, Yapı Bilgisi Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.